Bu kitaba sığmayan daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr

Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.

ISBN: 978-975-11-6360-8

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşıması Zorunlu Değildir.

UÇAK BAKIM ALANI | DİJİTAL UYGULAMALAR ATÖLYESİ | DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK
ANADOLU LİSESİ

UÇAK BAKIM ALANI

DİJİTAL
UYGULAMALAR ATÖLYESİ



DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

UÇAK BAKIM ALANI

DİJİTAL UYGULAMALAR ATÖLYESİ

DERS MATERYALİ

YAZARLAR

Ayşe ÜNAL ŞAHİN
İlhan DEMİR
Yalçın TIRAŞ

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI .....: 7931
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ .....: 1859

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Ders Materyalinin metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

HAZIRLAYANLAR

Dil Uzmanı	Mehmet ÖNER
Rehberlik Uzmanı	Elif BAYRAK
Grafik Tasarım Uzmanı	Cihan İNCEBEL
Görsel Tasarım Uzmanı	Seyfullah YENİ

ISBN
978-975-11-6360-8

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile
Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğünce ders materyali olarak hazırlanmıştır.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

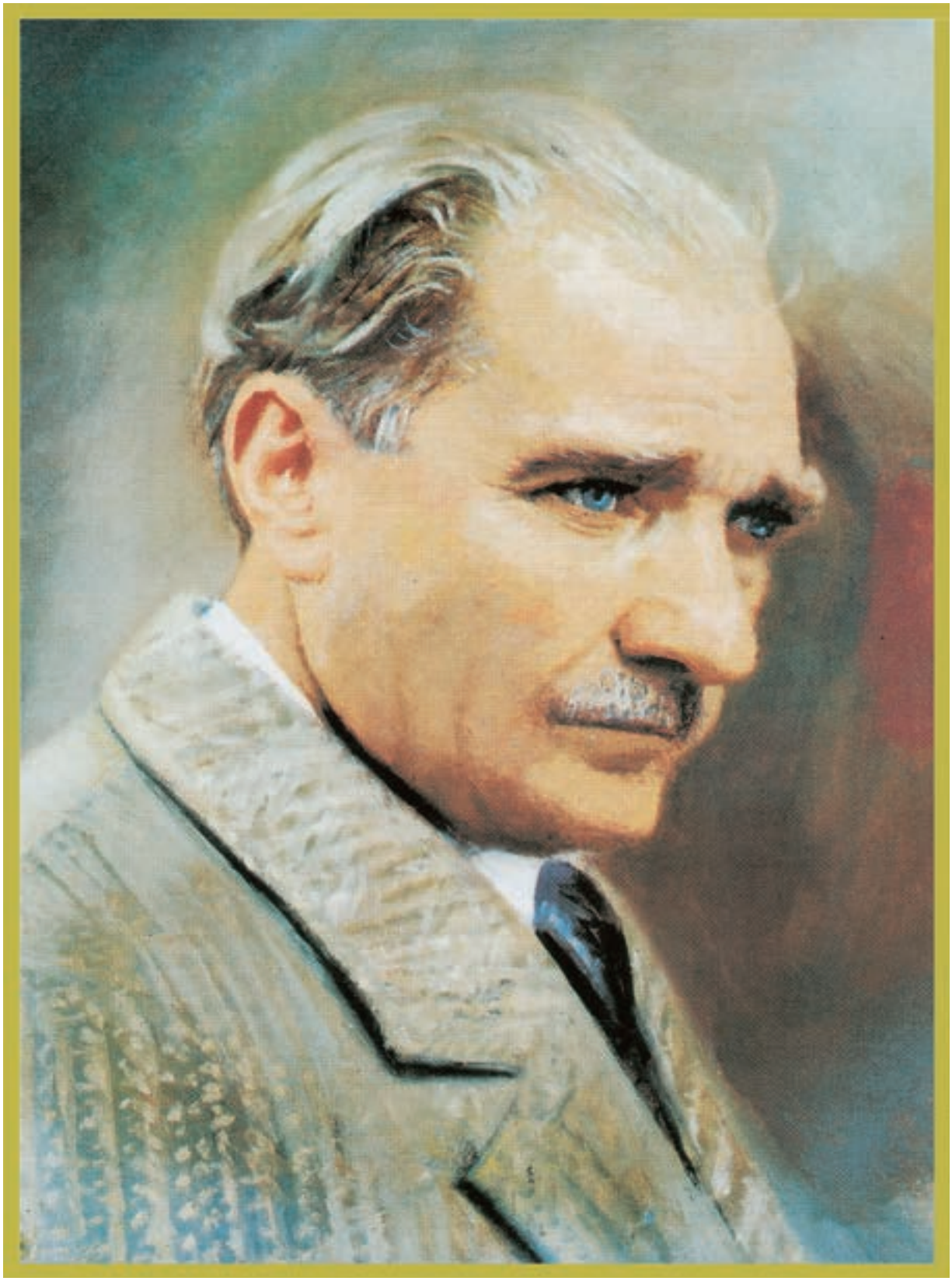
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

DERS MATERYALİNİN TANITIMI 14

1. SAYI SİSTEMLERİ VE DATA ÇEVİRİCİLER 16

1.1. SAYI SİSTEMLERİ 18
1.1.1. Genel Sayı Sistemleri 18
1.1.2. İkilik Sayı Sistemi Aritmetiği 19
1.1.3. Sayı Sistemleri Arasındaki Dönüşümler 22
1.1. Uygulama Sayı Sistemleriyle İlgili İşlemler Yapma 28

1.2. LOJİK KAPILAR 29
1.2.1. Lojik Kapı Özellikleri 29
1.2.2. Lojik Kapı Tasarımı ve Devre Çözümü 34
1.2.3. Hava Aracındaki Arıza ve Hataların Tespit Edilmesi 36
1.2. Uygulama VE Kapısının Çalıştırılması 38
1.3. Uygulama VE DEĞİL Kapısının Çalıştırılması 40
1.4. Uygulama VEYA DEĞİL Kapısının Çalıştırılması 42
1.5. Uygulama VE Kapılarıyla Lojik Devre Kurulmasıı 44

1.3. ANALOG BİLGİYİ DİJİTAL BİLGİYE ÇEVİRME 46
1.3.1. Analog Sinyal 46
1.3.2. Dijital Sinyal 46
1.3.3. Analog / Dijital / Analog Çevirme 47
1.3.4. Analog / Dijital Çeviriciler (ADC) 47
1.6. Uygulama OP-AMP ile Analog / Dijital Çevirici (ADC) Devre Kurma 49
1.7. Uygulama Entegre ile Analog / Dijital Çevirici (ADC) Devre Kurma 51

1.4. DİJİTAL BİLGİYİ ANALOG BİLGİYE ÇEVİRME 53
1.4.1. Dijital / Analog Çeviriciler (DAC) 53
1.8. Uygulama OP-AMP ile Dijital / Analog Çevirici (DAC) Devre Kurma 54
1.9. Uygulama Entegre ile Dijital / Analog Çevirici (DAC) Devre Kurma 57

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 59

2. DİSPLAYLER VE KOKPİT ALETLERİ 62

2.1. AVİYONİK GENEL TEST CİHAZLARI 64
2.1.1. ARINC 429 64
2.1.2. Aviyonik Genel Test Ekipmanları 70
2.1. Uygulama ARINC 429 Testinin Yapılması 74
2.2. Uygulama LRU'nun Bakımını Yapmak ve Arızasını Gidermek 76

2.2. EKRAN TİPLERİ 78
2.2.1. CRT [Cathode Ray Tube - Kathod Rey Tyub (Katot Işın Tüpü)] 78
2.2.2. LCD [Liquid Crystal Display (Sıvı Kristal Ekran)] 79

ÖĞRENME BİRİMİ 1.

ÖĞRENME BİRİMİ 2.

2. ÖĞRENME BİRİMİ

2.3. Uygulama Kokpitteki Ekranların Sökülüp Takılması 83
2.4. Uygulama Kokpitteki Ekranların Gerilim Değerinin Ölçülmesi 84
2.5. Uygulama EFIS Kontrol Paneli Sökme Takma İşlemi 85

2.3. ELEKTRONİK ALET SİSTEMLERİNİN TİPİK KOKPİT YERLEŞİMİ 87
2.3.1. Elektronik Alet Sistemi 87
2.3.2. EICAS [Engine-Indicating and Crew-Alerting System (Motor Gösterge ve Mürettebat Uyarı Sistemi)] 88
2.6. Uygulama ECIAS Panelindeki Kontrolleri Çalıştırmak 89

2.4. KOKPİTTEKİ ELEKTRONİK ALET SİSTEMLERİNİ ÇALIŞTIRARAK TEST ETME 91
2.4.1. Autopilot System (Otopilot Sistemi) 91
2.4.2. MCDU [Multi-foncstion Control and Display Unit (Çok Amaçlı Kontrol Ünitesi)] 92
2.4.3. ECAM [Electronic Centralised Aircraft Monitor (Elektronik Merkezî Uçak İzleme)] 93
2.4.4. Radyo Kontrol Paneli [Radio Control Panel (RCP)] 94
2.7. Uygulama Otopilot Sisteminin Kontrolleri 95
2.8. Uygulama MCDU ile Ekran Testinin Yapılması 96
2.9. Uygulama ECAM Panelindeki Kontrolleri Çalıştırmak 98
2.10. Uygulama Radyo İletişim Panelinin Test Edilmesi 100
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 103

3. ÖĞRENME BİRİMİ

3. ELEKTROSTATİK DEŞARJ VE ELEKTROMANYETİK ÇEVRE 106

3.1. ELEKTROSTATİK DEŞARJLARA KARŞI KORUMA ÜNİTELERİNİ KULLANMA 108
3.1.1. Statik Elektrik 108
3.1.2. Statik Elektrik Yüklerinin Meydana Geldiği Olaylar 109
3.1.3. Elektrostatik Deşarj ve Zararları 111
3.1.4. ESD Standartları 113
3.1.5. Antistatik Koruma Ekipmanları 114
3.1.6. Kısa Devreleme ve Topraklama 123
3.1.7. ESD Testi 123
3.1.8. ESD Duyarlı Ürünlerin Paketlenmesi, Taşınması ve Depolanması 124
3.1.9. Antistatik Koruma Ekipmanlarını Kullanma 125
3.1. Uygulama Elektrostatik Deşarjlara Karşı Korunma Uygulaması 127

3.2. ELEKTROMANYETİK GİRİŞİME KARŞI ÖNLEM ALMA 129
3.2.1. Elektromanyetik Girişim (EMI) 129
3.2.2. Elektromanyetik Uyumluluk (EMC) 132
3.2.3. Havalimanlarında Kullanılan Kablolar 135
3.2.4. Uçak Üzerindeki HIRF Bölgeleri 137
3.2.5. Statik Deşarj Püsküllerinin Görevleri ve Uçağa Yıldırım Çarpması Durumunda Yapılacak İşlemler 138
3.2.6. Statik Deşarj Püskülü Süreklilik ve İzolasyon Testi 139
3.2. Uygulama Yıldırım Çarpması Durumunda Yapılacak İşlemler ve Kontroller 140
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 142

4. DİJİTAL UÇAK SİSTEMLERİ 146

4.1. DALGA HAREKETİ VE ANALİZİ 148
4.1.1. Mekanik Dalga 148
4.1.2. Dalgalarda Girişim (Wave Interference) 151
4.1.3. Duran Dalgalar (Standing Wave) 151
4.1. Uygulama Desibelmetre ile Ses Şiddeti Ölçme 153

4.2. UÇAK SİSTEMLERİNDEKİ VERİ YOLLARININ BAKIMI 154
4.2.1. Veri İletim Yöntemleri 154
4.2.2. Veri İletim Yönleri 156
4.2.3. Veri İletim Kodları 157
4.2.4. Hava Aracı Sistemlerindeki Veri Yolu Standartları 158
4.2. Uygulama MIL-STD-1553 Ağ Kablosu Hazırlama 162
4.3. Uygulama ADFX Ethernet Kablosu Hazırlama 164

4.3. TİPİK ELEKTRONİK HAVA ARACI SİSTEMLERİNİ ÇALIŞTIRMA 166
4.3.1. Elektronik Uçuş Gösterge Sistemi [Electronic Flight Instrument System (EFIS)] 166
4.3.2. Elektronik Merkezî Uçak İzleme Sistemi (ECAM) 170
4.3.3. Uçuş Yönetim Sistemi [Flight Management System (FMS)] 171
4.3.4. Atalet Referans Sistemi [Inertial Reference System (IRS)] 172
4.3.5. Kablolu Uçuş [Fly by Wire (FBW)] 174
4.4. Uygulama Birincil Uçuş Ekranı (PFD) ve Navigasyon Ekranı Kontrol Panelinin Test Edilmesi 175
4.5. Uygulama Ecam Ekranları (E/WD, SD) Kontrol Panelinin Test Edilmesi 177
4.6. Uygulama ECAM Alt Ekranda (SD) Sistem Bilgilerinin Görüntülenmesi 179

4.4. ENTEGRE MODÜLER AVİYONİKLERİ ÇALIŞTIRMA 181
4.4.1. Haberleşme (Communication) 181
4.4.2. Navigasyon Sistemleri (Navigation System) 186
4.4.3. Trafik Uyarı ve Çarpışma Önleyici Sistemi (TCAS) 192
4.4.4. Otomatik Uçuş 193
4.7. Uygulama Çağrı Paneli (Call Panel) Testinin Yapılması 198
4.8. Uygulama Ses Kontrol Paneli (ACP) Testinin Yapılması 200
4.9. Uygulama Radyo Yönetim Paneli (RMP) Testinin Yapılması 202
4.10. Uygulama Kayıt Paneli (RCDR) Testinin Yapılması 204
4.11. Uygulama Uçuş Kontrol Ünitesi (FCU) Testinin Yapılması 206

4.5. KABİN SİSTEMLERİNİN BAKIM VE ONARIMINI YAPMA 209
4.5.1. Kabin Haberleşme Veri Sistemi [Cabin Intercommunication Data System (CIDS)] 209
4.5.2. Uçuş Eğlence Sistemi [In-Flight Entertainment System (IFE)] 212
4.5.3. Kabin İzleme Sistemi (CMS) 215
4.12. Uygulama Servis Dâhili Telefon Sisteminin Test Edilmesi 216
4.13. Uygulama Yolcu İletişim (PA) Sisteminin Test Edilmesi 218

4.6. ENFORMASYON SİSTEMLERİNİN BAKIM VE ONARIMINI YAPMA 220
4.6.1. ATSU İletişim Fonksiyonu 220
4.14. Uygulama TCAS/ATC Paneli Çalışma Testinin Yapılması 223
4.15. Uygulama Hava Yolu Operasyonel Kontrol (AOC) Sisteminin Test Edilmesi 225

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 227

5. ÖĞRENME BİRİMİ

5. FİBER OPTİK 230

5.1. OPTİK SİSTEMLERİ ÇALIŞTIRMA 232
5.1.1. Temel Kavramlar 232
5.1.2. Yapay Işık Kaynakları 233
5.1.3. Fiber Optik Aydınlatma 244
5.1.4. Yansıma ve Kırılma Kanunları 245
5.1.5. Aynalar 253
5.1.6. Mercekler 258
5.1.7. Renklerin Oluşumu 259
5.1.8. Uçaklarda Kullanılan Işık Kaynakları 260
5.1. Uygulama Işık Kaynaklarını Çalıştırıp Kırılma ve Yansıma Kanunlarına Göre Hesaplama Yapılması 265

5.2. FİBER OPTİK BAĞLANTILARI YAPMA 268
5.2.1. Fiber Optik Sistem 268
5.2.2. Fiber Optik Kablolar 270
5.2.3. Fiber Optik Kablo Çeşitleri 277
5.2.4. Fiber Optik Kablo Konnektörleri 282
5.2.5. Fiber Optik Kablo Test ve Ekleme İşlemleri 285
5.2. Uygulama Fiber Optik Kablo Bağlantısının ve Testlerinin Yapılması 290

5.3. FİBER OPTİK SİSTEMLERİ HAVA ARACI ÜZERİNDE KULLANMA 292
5.3.1. Uçuş Kontrol Sistemleri 292
5.3.2. Fly-By-Light Uçuş Kontrol Sistemleri 296
5.3.3. Fiber Optiklerin Uçak Sistemlerindeki Uygulamaları 303
5.3.4. Uçaklarda Kullanılan Sensörler 305
5.3.5. Uçak Bakım Kılavuzu 312
5.3. Uygulama Optik Sensör Ölçümlerinin Yapılması 313

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 316

6. ÖĞRENME BİRİMİ

6. KABİN BAKIM 320

6.1. TEMEL BİLGİSAYAR YAPILARINI ÇALIŞTIRARAK TEST ETME 322
6.1.1. Bilgisayar Donanım Birimleri 322
6.1. Uygulama Bilgisayar Kasasına Güç Kaynağı Montajı 334
6.2. Uygulama Anakart Üzerine Mikroişlemci Montajı 336
6.3. Uygulama Anakart Üzerine RAM Bellek Montajı 338
6.4. Uygulama Bilgisayar Kasasına Hard Disk Montajı 340
6.5. Uygulama Bilgisayar Kasasına DVD-ROM Montajı 342
6.6. Uygulama Anakart Üzerine Kasa Kablolarının Montajı 344
6.7. Uygulama Bilgisayar Kasasına Dış Donanımların Bağlantısının Yapılması 346

6.2. YERLEŞİK BAKIM SİSTEMLERİNİN BAKIM ONARIMINI YAPMA 348
6.2.1. Merkezî Bakım Bilgisayarı [(Central Maintenance Computer (CMC)] 348
6.2.2. Çok Amaçlı Kontrol ve Görüntüleme Ünitesi [(Multi Purpose Control and Display Unit, (MCDU)] 349
6.2.3. Yazıcı Ünitesi 355
6.2.4. Veri Yükleyici (Data Loader) 355
6.2.5. Hava Aracı Haberleşme Adresleme ve Raporlama Sistemi (ACARS) 356
6.2.6. Elektronik Kütüphane Sistemi [Electronic Library System (ELS)] 357
6.8. Uygulama Son Uçuş Raporunun (Post Flight Reports) Alınması 358
6.9. Uygulama Önceki Uçuş Raporlarının (Prev Flight Reports) Alınması 360
6.10. Uygulama Yer Tarama Raporunun (Ground Scanning) Alınması 362
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 364

EK 366
KAYNAKÇA 367
CEVAP ANAHTARI 370

* Bu ders materyalinde uluslararası ölçü birimleri kullanımı esas alınmıştır.

Öğrenme biriminin numarasını gösterir.

Öğrenme biriminin adını gösterir.

Etkileşimli ders materyali, video, ses, animasyon, uygulama, oyun, soru vb. ilave kaynaklara ulaşabileceğiniz tıklanabilir, taranabilir karekodu ve linki gösterir.



Öğrenme biriminin konularını gösterir.

Öğrenme birimi görselini gösterir.

Öğrenme biriminin temel kavramlarını gösterir.

Öğrenme birimi hazırlık çalışması sorularını gösterir.

Öğrenme birimi açıklamasını gösterir.

Ders materyalinin adını gösterir.

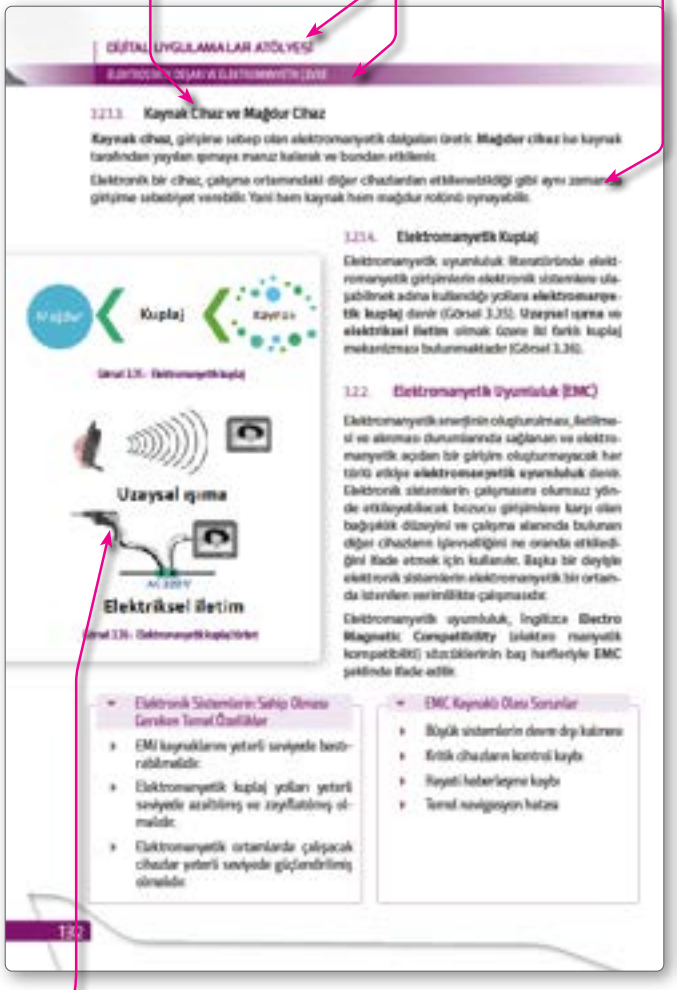
Konu anlatımını gösterir.

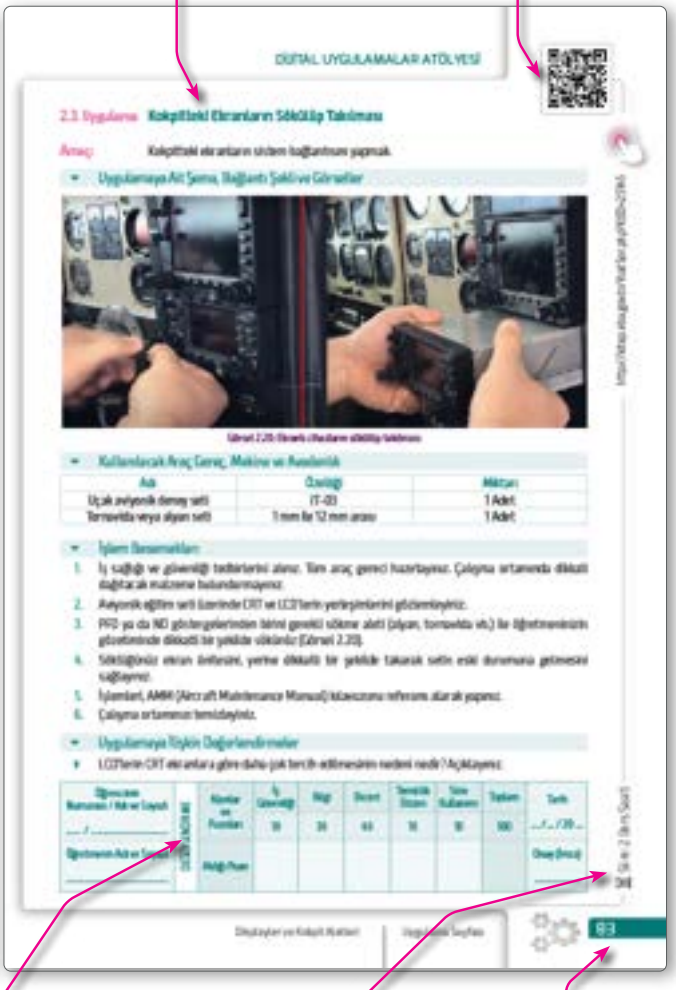
Öğrenme biriminin konu başlığını gösterir.

Öğrenme biriminin adını gösterir.

Öğrenme birimi uygulama konu başlığını gösterir.

Öğrenme birimi ile ilgili videolara ulaşabileceğiniz tıklanabilir, taranabilir karekodu ve linki gösterir.





Konu anlatımını destekleyen görselleri gösterir.

Uygulama değerlendirme ve puan tablosunu içerir.
Bu tablo EK-1
Uygulama Gözlem Formundaki ölçütlere göre doldurulur.

Öğrenme birimi uygulama süresini gösterir.

Sayfa numarasını gösterir.



uçak bakım alanı

1. ÖĞRENME BİRİMİ

SAYI SİSTEMLERİ VE DATA ÇEVİRİCİLER

KONULAR

1.1. SAYI SİTEMLERİ

1.2. LOJİK KAPILAR

1.3. ANALOG / DİJİTAL DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

1.4. DİJİTAL / ANALOG DÖNÜŞTÜRÜCÜLER



https://www.eba.gov.tr/c?q=U51076_e493fa09

Temel Kavramlar ve Terimler

- Sayı sistemleri, lojik kapı, ADC, DAC.

Öğrenme Birimi Açıklaması

- Bu öğrenme birimi; dijital devreler için sayı sistemleri dönüşümünü, lojik kapı devreleri çalıştırmayı ve analog bilgiyi dijitale, dijital bilgiyi analoğa çevirme işlemlerini içermektedir.

Hazırlık Çalışmaları

- Sayı sistemleri hakkında bilgilerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
- Bilgisayar sistemlerinde hangi sayı sistemleri kullanılıyor olabilir? Fikirlerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
- Günlük hayatta kullanılan fiziksel büyüklükler, elektriksel büyüklüğe nasıl çevrilir? Fikirlerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

1.1. SAYI SİSTEMLERİ

Rakamlar tek başına veya bir araya gelerek sayıları oluşturur. Sayıları temsil eden simgeler için geliştirilmiş matematiksel gösterime sayı sistemi denir.

1.1.1. Genel Sayı Sistemleri

Genel sayı sistemi olarak onluk sayı sistemi kullanılır. Onluk sayı sistemine **desimal sayı sistemi** de denir. Bilgisayar ve mikroişlemci tabanlı makineler farklı sayı sistemleri kullanır. Bunlar, ikilik (binari) ve onaltılık [hexadecimal (heksadesimal)] sayı sistemleridir. Sayı sistemlerinin örnekleri arttırılabilir fakat elektronikte en çok ikilik, onluk ve onaltılık sayı sistemi kullanılmaktadır.

Onluk Sayı Sistemi

Onluk sayı sistemi, günlük hayatta kullanılan 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ve 9 rakamlarından oluşur. Sistemin tabanı 10'dur.

Örneğin 10 tabanında 42 sayısı,

$4 \cdot 10^1 + 2 \cdot 10^0 = 40 + 2 = 42$

265 sayısı,

$265 = 2 \cdot 10^2 + 6 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0 = 200 + 60 + 5 = 265$

1340 sayısı,

$1340 = 1 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^2 + 4 \cdot 10^1 + 0.10^0 = 1000 + 300 + 40 + 0 = 1340$ şeklinde yazılabilir.

Uyarı: Sayı sistemlerinde çarpma işareti olarak çarpı (x) yerine nokta (·) kullanılacaktır**.**

İkilik Sayı Sistemi

İkilik sayı sistemi 0 ve 1'lerden oluşur. Bu sayı sisteminde taban 2'dir. Her sayı dijit olarak ifade edilir. Örneğin $(10101)_2$ dir. Burada dikkat edilecek husus, taban 2 olduğundan sayı sistemini oluşturan sayılar tabandan küçük olmak zorundadır. İkilik sayı sisteminde kullanılacak rakamlar örnekte görüldüğü gibi 0 ve 1'dir. Bu durum, diğer sayı sistemleri için de geçerlidir.

Onaltılık Sayı Sistemi

Onaltılık sayı sisteminin tabanı 16'dır. Bu sayı sistemi, 0'dan 15'e kadar olan sayıları kapsamaktadır. 0'dan 9'a kadar olan sayılar aynen kullanılır ama 10, 11, 12, 13, 14 ve 15 sayıları harflerle ifade edilir (Tablo 1.1).

Tablo 1.1: Desimal Sayıların Heksadesimal Karşılığı

Desimal (Onluk) Sayılar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Heksadesimal (Onaltılık) Sayılar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F

1.1.2. İkilik Sayı Sistemi Aritmetiği

İkilik sayı sisteminde toplama, çıkarma, çarpma, bölme ve tamamlayıcılarla toplama işlemi yapılır.

İkilik Sayılarda Toplama İşlemi

İkilik sayı sisteminde toplama işlemi dört farklı durumdan oluşur.

0 + 0 = 0 elde 0, toplam 0;

0 + 1 = 1 elde 0, toplam 1;

1 + 0 = 1 elde 0, toplam 1;

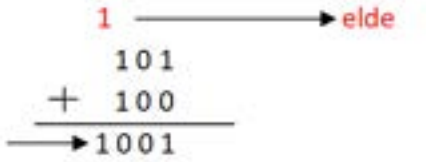
1 + 1 = 0 + C elde 1, toplam 0.

İkilik sayı sisteminde iki sayı toplandığında eğer sonuç bir haneye sığmıyorsa bir elde (cary), oluşur.

Örnek 1: Aşağıdaki ikilik sayılarda toplama işlemini yapınız.

$(101)_2 + (100)_2 = (?)_2$

Çözüm: $(101)_2 + (100)_2$ toplama işlemine desimal sayılarda olduğu gibi önce en düşük basamaktan başlanır.

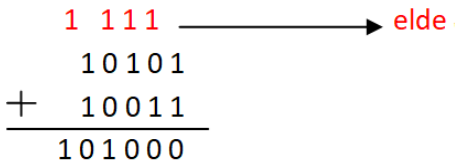


Elde, sayının en yüksek bitine yazılır.

Örnek 2: Aşağıdaki ikilik sayılarda toplama işlemi yapınız.

$(10101)_2 + (10011)_2 = (?)_2$

Çözüm :



İkilik Sayılarda Çıkarma İşlemi

İkilik sayı sistemindeki çıkarma dört farklı durumdan oluşur.

0 - 0 = 0 borç 0, sonuç 0;

0 - 1 = 1 borç 1, sonuç 1;

1 - 0 = 1 borç 0, sonuç 1;

1 - 1 = 0 borç 0, sonuç 0.

İkilik sayı sisteminde, iki sayı çıkarıldığında çıkarılan sayı çıkan sayıdan büyükse bir önceki haneden (soldan) borç (borrow) alınır.

Örnek 1: Aşağıdaki ikilik sayılarda çıkarma işlemi yapınız.

$(101)_2 - (100)_2 = (\ ?\ )_2$

Çözüm: $(101)_2 - (100)_2$ çıkarma işlemine desimal (onluk) sayılarda olduğu gibi önce en düşük basamaktan başlanır.

```
  1 0 1
- 1 0 0
-------
  0 0 1
```

Örnek 2: Aşağıdaki ikilik sayılarda çıkarma işlemi yapınız.

$(11101)_2 - (10111)_2 = (\ ?\ )_2$

Çözüm: $(10111)_2 - (10101)_2$ çıkarma işlemine desimal (onluk) sayılarda olduğu gibi önce en düşük basamaktan başlanır.

```
  1 1 1 0 1
- 1 0 1 1 1
-----------
  0 0 1 1 0
```

Burada borç işlemi uygulanır. 0-1işlemşinde 0'dan 1 çıkmayacağı için bir önceki basamaktan (soldan) bir ikilik borç alınır. 2-1= 1 olarak yazılır. Önceki basamaktaki bir sayısı borç alındığı için 0 olur.

Örnek 3:

```
  1 1 0 0 1
- 1 0 1 1 1
-----------
  0 0 0 1 0
```

Örnek 4:

```
  1 1 1 0 1 1 1
- 1 0 1 1 0 0 1
---------------
  0 0 1 1 1 1 0
```

İkilik Sayılarla Çarpma İşlemi

İkilik sayı sistemindeki çarpma işlemi dört farklı durumdan oluşur. İkilik sayılarda çarpma işlemi, günlük hayatta kullanılan sayı sisteminde (desimalde) olduğu gibi yapılır.

$0 \cdot 0 = 0$

$0 \cdot 1 = 0$

$1 \cdot 0 = 0$

$1 \cdot 1 = 1$ bulunur.

Örnek 1:

```
  1 1
x 1 0
-----
  0 0
+ 1 1
-----
  1 1 0
```

Örnek 2:

```
  1 0 1
x   1 1
-------
  1 0 1
+ 1 0 1
-------
  1 1 0 1
```

İkilik Sayılarla Bölme İşlemi

İkilik sayı sistemindeki bölme işlemi dört farklı durumdan oluşur. Bölme işlemi, onluk sayı sisteminde olduğu gibi yapılır.

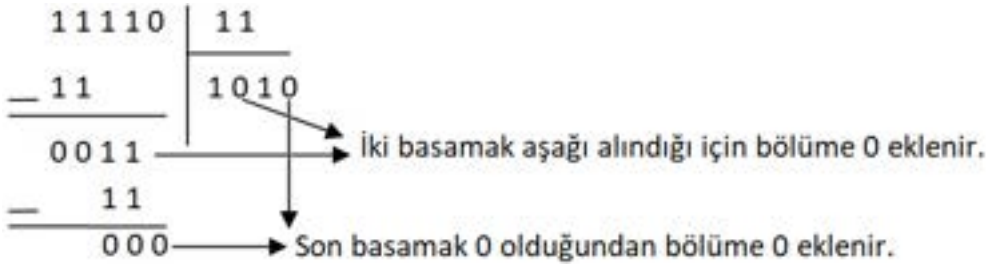
0 ÷ 0 = 0

0 ÷ 1 = 0

1 ÷ 0 = tanımsız,

1 ÷ 1 = 1 bulunur.

Örnek:



Örnekte görülen bölme işlemi, günlük matematiksel işlemlerdeki bölme işlemiyle aynıdır.

İkilik Sayılarda Tamamlayıcılarla (Komplementer) Toplama

Çıkarma işlemi, bir üstten (soldan) borç (borrow) almadan tamamlayıcı sayılarla yapılır. Bir ikilik sayının iki adet tamamlayıcısı vardır. Çıkarma işleminde çıkan sayının tamamlayıcı (komplementer) sayıya dönüştürüp çıkarılan sayı ile toplanması gerekmektedir. Tamamlayıcı sayılar **tümleyen** olarak da adlandırılır.

1 tümleyen : İkilik sayının her rakamının tersi alınır. 1 ise 0, 0 ise 1'dir.

Örneğin 1010111 ikilik sayısının birinci tümleyeni 0101000 olur.

2 tümleyen : İkilik sayıya 1 eklenir.

Örneğin 1011101 + 1 = 1011110 olur.

Konu, aşağıdaki çıkarma işlemi örnekleri ile pekiştirilecektir.

Örnek 1:

```
   101010
 - 110010
--------
```

Burada çıkarma işlemi, 1 tümleyen olarak yapılır. 110010 sayısının 1 tümleyeni 001101 olur.

```
   101010
 + 001101
--------
   110111 ⟶ Burada yapılan toplama işleminde en sol işlemde elde olmadığı için
```

sonucun negatif olduğu anlaşılır ve bulunan sonucun tekrar 1 tümleyeni alınır. Sonuç,

$-(001000)_2$ olarak bulunur.

Uyarı: Sonucun negatif olduğu biliniyorsa bu işlem uygulanır. Negatif olduğu bilinmiyorsa işlem, bir sonraki örnekteki gibi yapılır.

Örnek 2:

```
   1110000
 - 1100101 ⟶ İlk olarak sayının 1 tümleyeni alınır. 1 tümleyeni 0011010 bulunur.
---------
```

Daha sonra sayının 2 tümleyeni alınır. 0011010 + 1 = 0011011 bulunur.

```
   1110000
 + 0011011
---------
  1[0001011] ⟶ Yapılan toplama işleminde en sol işlemde elde olduğu için sonucun
```

pozitif olduğu anlaşılır. Elde dikkate alınmadan sonuç, $(0001011)_2$ olarak bulunur.

```
   1011001
 - 1111001 ⟶ Öncelikle sayının 1 tümleyeni alınır. Sayının 1 tümleyeni 0000110 bulunur.
---------
```

Daha sonra sayının 2 tümleyeni alınır. 0000110 + 1 = 0000111 bulunur.

```
   1011001
 + 0000111
---------
   1100000 ⟶ Burada yapılan toplama işleminde en sol işlemde elde olmadığı için so-
```

nucun negatif olduğu anlaşılır. 1 tümleyeni alınarak sonuç $-(0011111)_2$ olarak bulunur.

1.1.3. Sayı Sistemleri Arasındaki Dönüşümler

Sayılar, başka bir sayı sisteminde işleme alınacaksa işleme alınacağı sayı sistemine dönüştürülmesi gerekir.

İkilik Sayı Sisteminin Onluk Sayı Sistemine Çevrilmesi

İkilik sayıların onluk sayı sistemine çevrilmesi ve ikilik sayı sistemlerinin gösterimi örnekler üzerinden açıklanacaktır.

Örnek 1: $(1011)_2 = (?)_{10}$

Çözüm: İkilik sayıların en sağından başlanır. $2^0, 2^1, 2^2, 2^3, 2^4 \ldots$ şeklinde sayılarla tek tek çarpılarak toplamları bulunur.

$1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^3 = 1 + 2 + 0 + 8 = 11$ olarak bulunur. Burada $(1011)_2$ ikilik sayı sistemindeki sayı onluk sayı sisteminde $(11)_{10}$ olarak bulunur.

Uyarı: $2^0 = 1$ olduğu unutulmamalıdır.

Örnek 2: $(100101)_2 = (?)_{10}$

Çözüm: $1 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^5 = 1 + 0 + 4 + 0 + 0 + 32 = 37$ olarak bulunur. Burada $(100101)_2$ ikilik sayı sistemindeki sayı, onluk sayı sisteminde $(37)_{10}$ olarak bulunur.

Uyarı: İşlem yapılırken dikkat edilecek en önemli husus, ikilik sayı sistemindeki sayıların sağdan başlayarak yazılmasıdır. $(100101)_2$

Örnek 3: $(111)_2 = (?)_{10}$

Çözüm: $1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2 = 1 + 2 + 4 = 7$ olur.

Yukarıdaki örneklerde ikilik sayı sisteminin onluk sayı sistemine çevrilmesi gösterilmiştir. Ancak farklı bir yöntemle de çevirme işlemi yapılabilir.

Örnek 3: $(1011)_2 = (?)_{10}$

1	0	1	1
8	4	2	1

1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128… sayıları; görüldüğü gibi sağdan başlanarak ikinin katları biçiminde, ikilik sayı sistemindeki sayının her rakamına tek çarpan gelecek şekilde yazılır. Sayıda 0 olanlar dikkate alınmaz, 1 olanları toplanır ve çıkan sonuç onluk sayı sistemindeki karşılığını verir. Sonuç, $8 + 2 + 1 = 11$ olarak çıkar.

Örnek 4: $(100101)_2 = (?)_{10}$

Çözüm:

1	0	0	1	0	1
32	16	8	4	2	1

$32 + 4 + 1 = 37$ dir.

Örnek 5: $(111)_2 = (?)_{10}$

Çözüm:

1	1	1
4	2	1

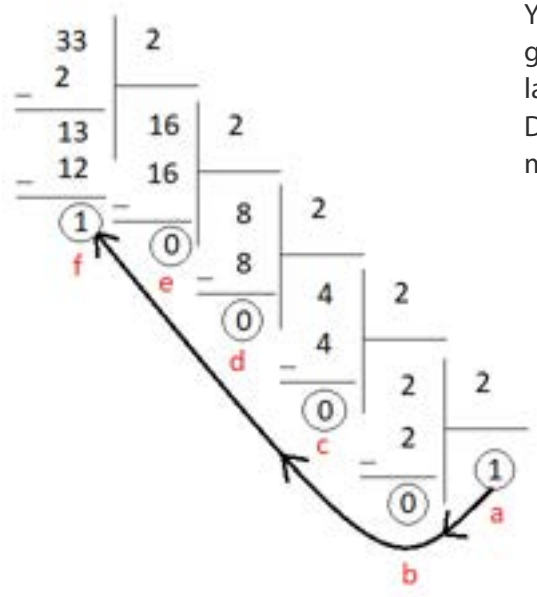
$4 + 2 + 1 = 7$ dir.

Onluk Sayı Sisteminin İkilik Sayı Sistemine Çevrilmesi

Onluk sayılar ikilik sayı sistemine çevrilirken 2'ye bölme metodu uygulanır. Çıkan sonuç tersinden yazılır.

Örnek 1: $(33)_{10} = (?)_2$

Çözüm: 2'ye bölme metodunda onluk sayı sisteminde verilen sayı, sürekli 2'ye bölünür. Bölme işleminin 2'ye bölünemez duruma gelene kadar yapılması gerekir.

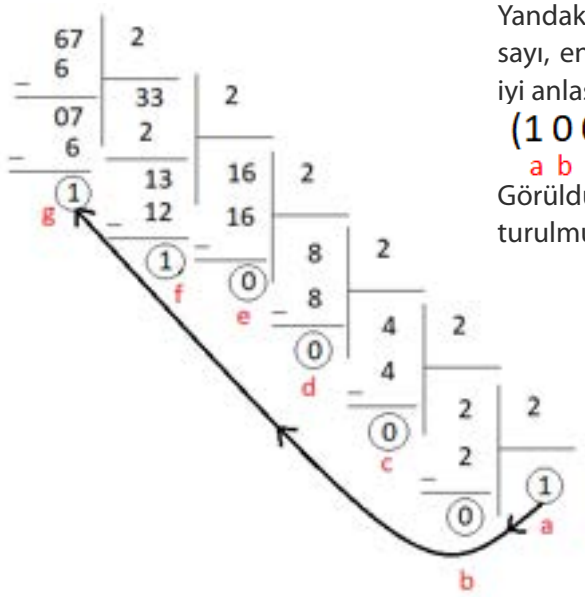


Yandaki bölme işlemi tamamlandığında şekilde görüldüğü gibi en son (en alttaki) bölümden başlanıp, kalanlar da alınarak soldan ikilik sayı yazılır. Daha iyi anlaşılması için sayılar harflerle işaretlenmiştir.

$(1\,0\,0\,0\,0\,1)_2$
a b c d e f

Örnek 2: $(67)_{10} = (?)_2$

Çözüm:



Yandaki bölme işleminde de görüldüğü gibi ikilik sayı, en alttan ve soldan başlanarak yazılır. Daha iyi anlaşılması için sayılar harflerle işaretlenmiştir.

$(1\,0\,0\,0\,0\,1\,1)_2$
a b c d e f g

Görüldüğü gibi a'dan başlanarak soldan sayı oluşturulmuştur.

BCD (Binary Coded Decimal) ile Onluk Sayı Sisteminin İkilik Sayı Sistemine Çevrilmesi

BCD sistemi, bir kodlama sistemidir. İkili kodlanmış onluk sistem olarak bilinir. Onluk sayının her basamağı için 4 bitlik ikilik sayı yazılır. Örneğin onluk sayı sisteminde $(33)_{10}$ ikilik sayıya çevrilirse $(0100001)_2$ olur. BCD olarak kodlanırsa (0011 0011) olur.

Örnek 1: $(25)_{10}$ sayısını BCD olarak kodlayınız.

Çözüm:



Örnek 2: $(249)_{10}$ sayısını BCD olarak kodlayınız.

Çözüm:



Bilgi Kutusu

Bit: İkilik sayı sisteminde 0 ve 1 rakamları kullanılır. Bu sistemde her bir rakama bir bit denir. Örneğin 001001001001 ikilik sayısı 12 bitlik bilgidir.

Byte (Bayt): 8 bitlik sayı, 1 byte olarak ifade edilir.

Word: 2 byte, 1 word olarak ifade edilir.

Kilobyte [Kilobayt (KB)]: 1024 byte, 1 KB olarak ifade edilir.

Megabyte [Megabayt (MB)]: 1024 KB, 1 MB olarak ifade edilir.

Gigabyte (GB): 1024 MB, 1 GB olarak ifade edilir.

Terabyte [Terabayt (TB)]: 1024 GB, 1 TB olarak ifade edilir.

Onaltılık Sayı Sisteminin Onluk Sayı Sistemine Çevrilmesi

Onaltılık sayıların onluk sayı sistemine çevrilmesi ve onaltılık sayı sistemlerinin gösterimi örneklerle açıklanacaktır.

Örnek 1: $(2A)_{16} = (?)_{10}$

Çözüm: Sayının birinci basamağından itibaren sayı sistemi ne ise üssü 0'dan başlanıp, rakamları çarpılarak toplanır. Bu durum şu şekilde formüle edilerek çözülür. $A.16^0 + 2.16^1 = 42$ olarak bulunur.

Bu işlemde A harfi heksadesimal sayı sisteminde gösterilmiştir. Tablo 1.1'de gösterildiği gibi A harfi 10 sayısına eşittir. Bu sebeple işlem, A harfi 10 sayısı olacak şekilde yapılmalıdır.

$A \cdot 16^0 + 2 \cdot 16^1 \rightarrow 10 \cdot 16^0 + 2 \cdot 16^1 = 10 + 32 = 42$ bulunur.

Birkaç örnekle konu pekiştirilecektir.

Örnek 2: $(9F)_{16} = (?)_{10}$

Çözüm: $F \cdot 16^0 + 9 \cdot 16^1 = 15 \cdot 1 + 9 \cdot 16 = 159$ bulunur.

Örnek 3: $(1BC)_{16} = (?)10$

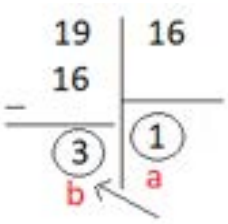
Çözüm: $C \cdot 16^0 + B \cdot 16^1 + 1 \cdot 16^2 = 12 \cdot 1 + 11 \cdot 16 + 1 \cdot 256 = 444$ tür.

Onluk Sayı Sisteminin Onaltılık Sayı Sistemine Çevrilmesi

Onluk sayıların onaltılık sayı sistemine çevrilmesi, örnekler üzerinden açıklanacaktır. Önceki konularda yapılan işlemlerden farklı olarak burada bölme işlemi yapılacaktır.

Örnek 1: $(19)_{10} = (?)_{16}$

Çözüm: Onluk sayı sisteminden ikilik sayı sistemine dönüştürmede olduğu gibi bölme işlemi yapılacaktır fakat burada, onluktan onaltılığa çevirme işlemi yapılacaktır. Onluk sayı (bölünen), 16'ya bölünmeyene kadar bölme işlemi devam eder.



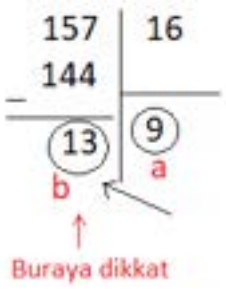
Yandaki bölme işleminde de görüldüğü gibi onaltılık sayı, en alttan ve soldan başlanarak yazılır. Yazım sırasının daha iyi anlaşılması için harfle gösterim yapılmıştır. Harf sıralamasına dikkat ediniz.

$(1\ 3)_{16}$
a b

Görüldüğü gibi a'dan başlanarak soldan sayı oluşturulmuştur.

Örnek 2: $(144)_{10} = (?)_{16}$

Çözüm:



UYARI: Kalan sayı 13'tür. Onaltılık sayı sisteminde 13 sayısının gösterimi **C** olarak ifade edilmişti. Bu sebeple heksadesimal sayı oluşturulurken 13 yerine **C** yazılır.

$(9\ C)_{16}$
a b

İkilik Sayı Sisteminin Onaltılık Sayı Sistemine Çevrilmesi

İkilik sayıların onaltılık sayı sistemine çevrilmesi, örnekler üzerinden açıklanacaktır. Bu dönüşümün iki yolu vardır.

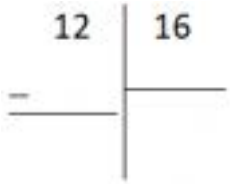
Örnek 1: $(1100)_2 = (?)_{10}$

Çözüm:

1. Yöntem: İkilik sayı öncelikle onluk sayıya çevrilir. Daha sonra onluk sayı onaltılık sayıya çevrilir.

$0 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^3 = (12)_{10}$ Bu sonuç onluk sayı sistemindedir.

Bulunan sonuç onluktan onaltılık sayı sistemine dönüştürülür.



12 sayısı 16'ya bölünmediği için 12'nin onaltılık gösterimi yazılır. ➔ C

Sonuç olarak $(1100)_2 = (C)_{16}$ bulunur. Bu işlem aşamalıdır. Bu işlemin bir çözüm yolu da aşağıdaki gibidir.

2. Yöntem: Bu yöntem daha kısa ve basittir. Öncelikle ikilik sayılar dörderli gruplar hâline getirilir.

1 1 0 0
8 4 2 1 ➔ 8 + 4 = 12 dir. Onaltılık sayılarda 12 sayısı **C** harfi ile gösterilir. Böylece $(1100)_2 = (C)_{16}$ olarak bulunur. Daha iyi anlaşılması için sonraki örnekler bu yöntemle çözülecektir.

Örnek 2: $(101011100101)_2 = (?)_{16}$

Çözüm: (1010), (1110), (0101) İkilik sayı sağdan itibaren dörderli gruplanır.

(1 0 1 0) ⟶ 8 + 2 = 10 = A
8 4 2 1

(1 1 1 0) ⟶ 8 + 4 + 2 = 14 = E
8 4 2 1

(0 1 0 1) ⟶ 4 + 1 = 5
8 4 2 1

(1010) (1110) (0101) ➔ sırasıyla yazılır. $(101011100101)_2 = (AE5)_{16}$ bulunur.
A E 5

Örnek 3: $(1100110110)_2 = (?)_{16}$

Çözüm: (11), (0011), (0110) burada dikkat edilmesi gereken husus, sağdan dörderli gruplamaya başlandığında son iki basamağın kalmasıdır. Bu basamaklar da aynen gruplanır ve sol tarafına, eksik basamak sayısı kadar 0 eklenir.

➔0011 o hâlde,

(0011) (0011) (0110) ➔ $(1100110110)_2 = (336)_{16}$ bulunur.
3 3 6

Örnek 4: $(11111000101)_2 = (?)_{16}$

Çözüm:

(0111) (1100) (0101) ➔ $(11111000101)_2 = (7C5)_{16}$
7 C 5

1.1. Uygulama: Sayı Sistemleriyle İlgili İşlemler Yapma

Amaç: Sayı sistemleri arasında aritmetik ve dönüştürme işlemleri yapmak.

$$\begin{array}{r} 1010111 \\ +\ 1001100 \\ \hline \end{array}$$

Binary toplamayı yapınız.

$(100111)_2 = (?)_{10}$ işlemini yapınız.

$(452)_{10} = (?)_2$ işlemini yapınız.

$(A5)_{16} = (?)_2$ işlemini yapınız.

$(01101011)_2 = (?)_{16}$ işlemini yapınız.

$(108)_{10}$ sayısını BCD olarak kodlayınız.

$(CF)_{16} = (?)_{10}$ işlemini yapınız.

$(724)_{10} = (?)_{16}$ işlemini yapınız.

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Kâğıt	A4	1 Adet
Kalem	Kurşun	1 Adet

İşlem Basamakları

1. Verilen örneklerin çözümlerini yapınız.
2. Bulduğunuz sonuçları öğretmeninize kontrol ettiriniz.
3. Bulduğunuz sonuçları arkadaşlarınızla karşılaştırınız. Farklılıklar varsa kontrol ederek tekrar hesaplayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... / .... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

Süre: 2 Ders Saati

1.2. LOJİK KAPILAR

Lojik kapılar, elektrik anahtarlama sistemiyle çalışan yapılardır. Genel olarak entegre biçiminde üretilir. Yapılarında transistör, diyot, kondansatör ve direnç vb. temel elektronik elemanları kullanılır. Mikroişlemci mimarisinin vazgeçilmez bir parçasıdır.

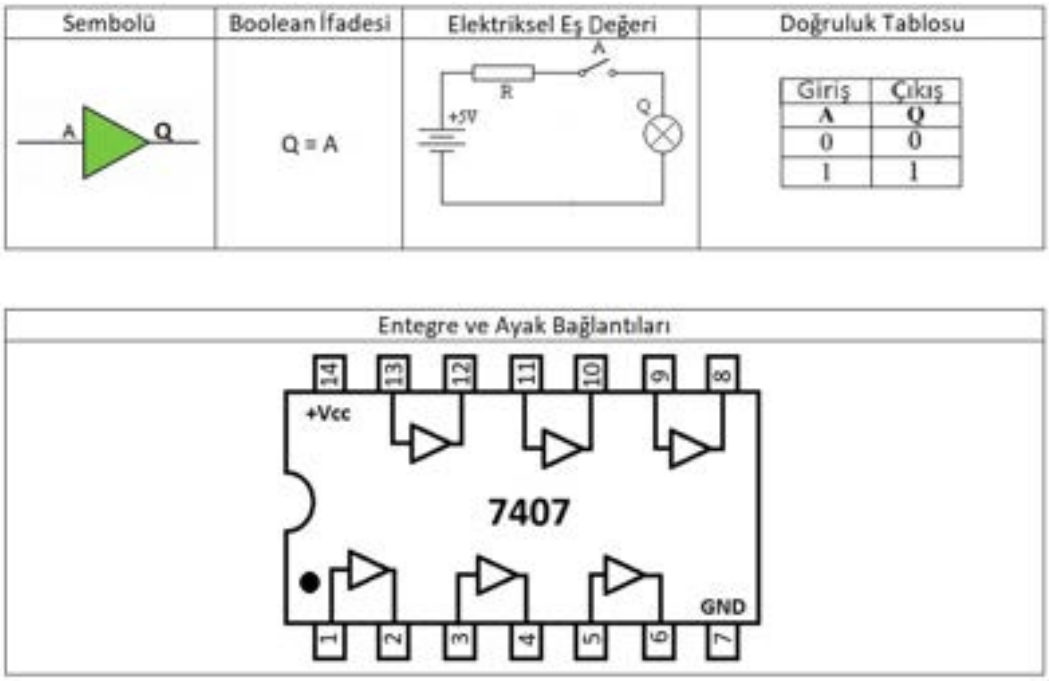
Lojik devrelerin yapı taşı olarak kullanılan lojik kapılarda iki gerilim düzeyi bulunur. Bu düzeylerden yüksek (high), diğeri ise düşüktür (low). İkilik sayı sisteminde yüksek düzey 1, düşük düzey ise 0 rakamlarıyla ifade edilir. Başka bir ifade ile 1 çalışıyor, 0 çalışmıyor ya da 1 açık, 0 kapalı olarak da ifade edilebilir. Devre pratiğe aktarılırken 1 düzeyi 5 volt, 0 düzeyi ise 0 voltla temsil edilir. 5 V'luk düzey **lojik 1**, 0 V'luk düzey ise **lojik 0** olarak adlandırılır.

1.2.1. Lojik Kapı Özellikleri

▸ Boolean İfadesi	Lojik kapıların matematiksel gösterimidir. Giriş ve çıkışların durumu bilinmediği için harflerle ifade edilir.
▸ Elektriksel Eş Değer	Kapı işlemlerinin basit elektrik devresi ile gösterimidir. Lojik kapıların daha net anlaşılması için anahtar, lamba, direnç ve pil ile oluşturulan devrelerdir. Lojik kapı girişleri anahtarlarla ifade edilir. Anahtar kapalıysa lojik 1, açıksa lojik 0'dır. Çıkış, lambadır. Lamba yanıyorsa çıkış lojik1, lamba yanmıyorsa çıkış lojik 0 kabul edilir.
▸ Doğruluk Tablosu	Lojik kapıların giriş ve çıkışları arasındaki ilişkiyi gösteren tablodur.
▸ Entegre	Kelime anlamı **tümleşiktir**. Bir işlemi gerçekleştirmek için üretilen elektronik devreler grubuna **entegre** denir. Birkaç lojik kapının bir arada bulunduğu yapıdır. İki çeşit entegre grubu vardır. Bunlar, TTL ve CMOS'tur.
▸ a) TTL Entegre	Transistör - transistör mantığına göre dizayn edilmiştir. 74xx serisi entegrelerdir. Besleme gerilimi 5 volttur. 5-3 volt arasını lojik 1, 3-0 volt arasında lojik 0 üretir.
▸ b) CMOS Entegre	Yapısında Fet tipi transistörler vardır. Besleme gerilimi 3-15 volt aralığındadır. Ayrıca TTL entegrelere göre güç kaybı daha azdır ama TTL'ye göre daha yavaştır.

TAMPON Kapısı (BUFFER Gate)

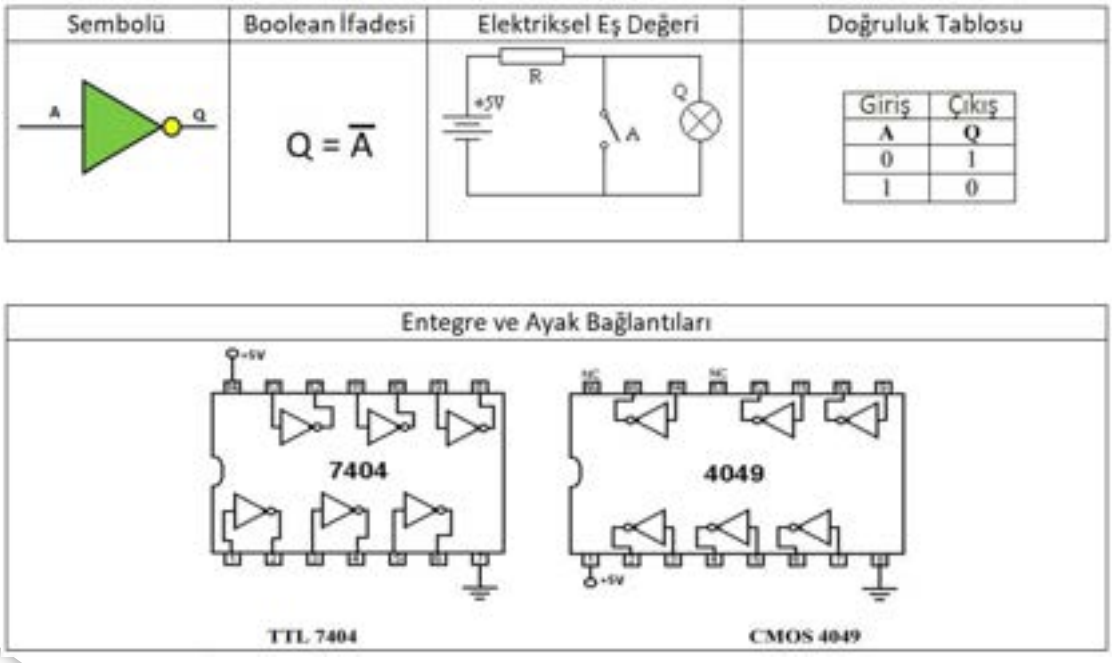
Devreler arasında ara eleman olarak kullanılır. Böylece devrelerin, lojik kapıların çıkışları diğer devre veya kapıların girişlerini etkilemesini önlemiş olur. Bu kapıda giriş işareti neyse çıkış işareti de o olur. Örneğin 1 işlemini 1, 0 işlemini 0 yapar (Görsel 1.1).



Görsel 1.1: Tampon kapısı

DEĞİL Kapısı (NOT Gate)

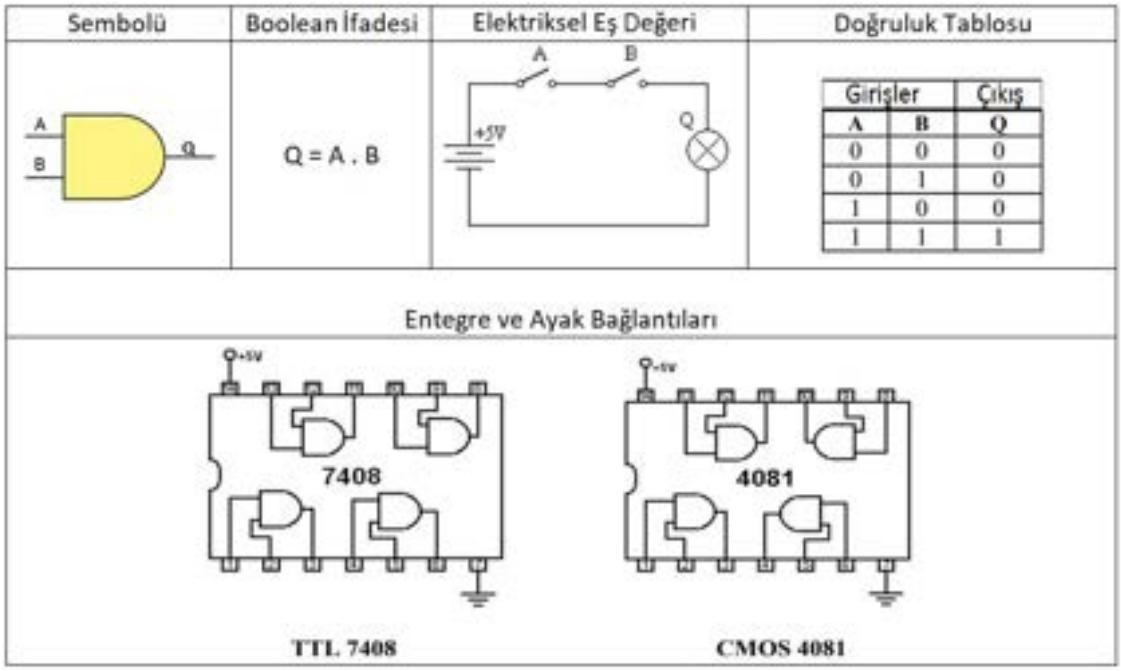
DEĞİL kapısı tersleme işlemi yapan bir yapıdır. Örneğin 1 işlemini 0, 0 işlemini 1 yapar (Görsel 1.2).



Görsel 1.2: DEĞİL kapısı

VE Kapısı (AND Gate)

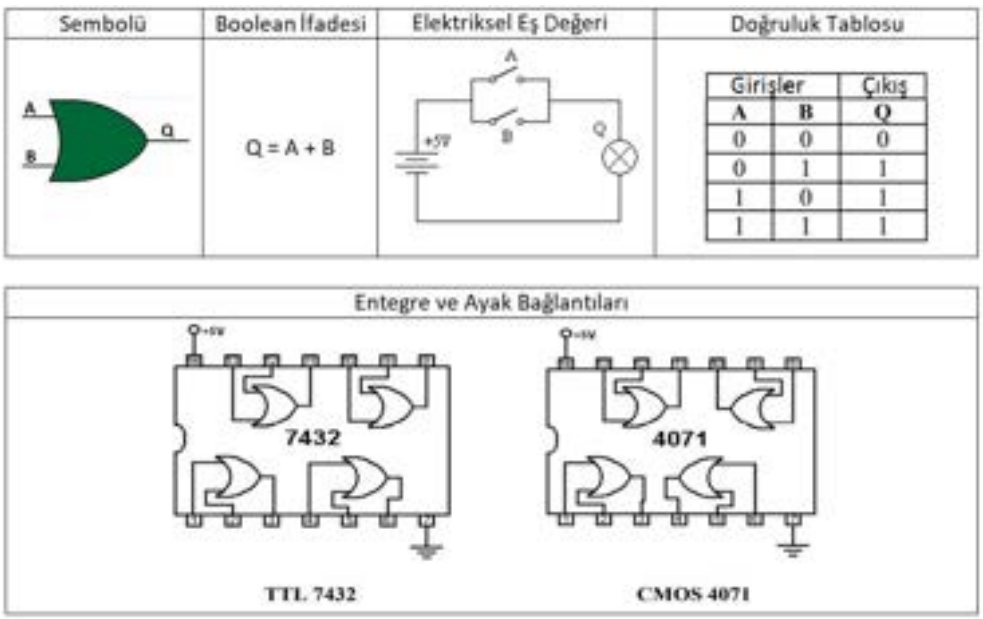
VE kapısının iki girişinden herhangi birine 0 uygulandığında çıkış 0 olur. Her iki girişe 1 uygulandığında ise çıkışı 1 olur. Başka bir deyişle girişleri çarpma işlemi yaparak çıkışa aktarır. VE kapısı, en az iki girişlidir (Görsel 1.3).



Görsel 1.3: VE kapısı

VEYA Kapısı (OR Gate)

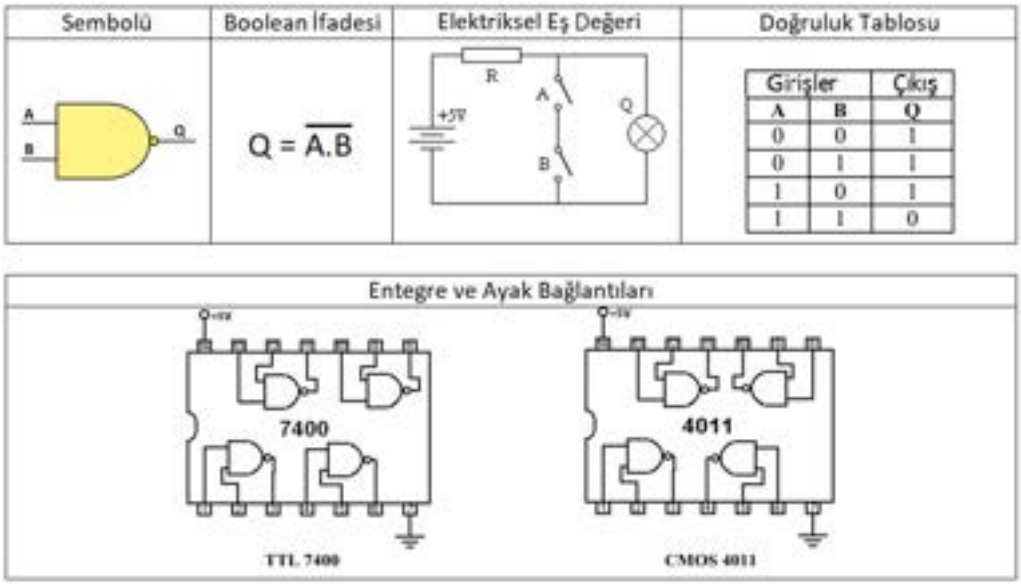
VEYA kapısının iki girişinden herhangi biri 1 olduğunda çıkışı 1 olur. Her iki girişe 0 uygulandığında ise çıkışı 0 olur. Başka bir ifadeyle girişler, toplama işlemi yapılarak çıkışa aktarılır. VEYA kapısı, en az iki girişlidir (Görsel 1.4).



Görsel 1.4: VEYA kapısı

VE DEĞİL Kapısı (NAND Gate)

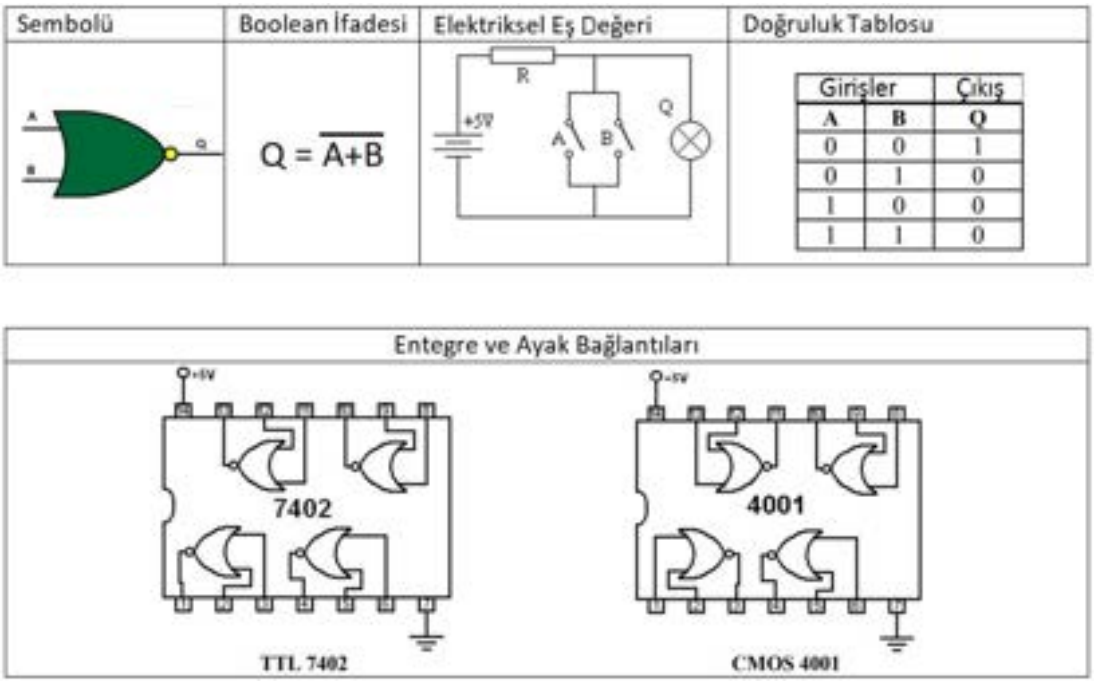
VE DEĞİL Kapısının iki girişi de lojik 1 olursa çıkış 0, girişlerden herhangi biri 0 ise çıkış 1 olur. VE DEĞİL kapısının ikiden fazla girişi olabilir. Bu durumda da tüm girişler 1 olursa çıkış 0, herhangi bir giriş 0 olursa çıkış 1 olur (Görsel 1.5).



Görsel 1.5: VE DEĞİL kapısı

VEYA DEĞİL Kapısı (NOR Gate)

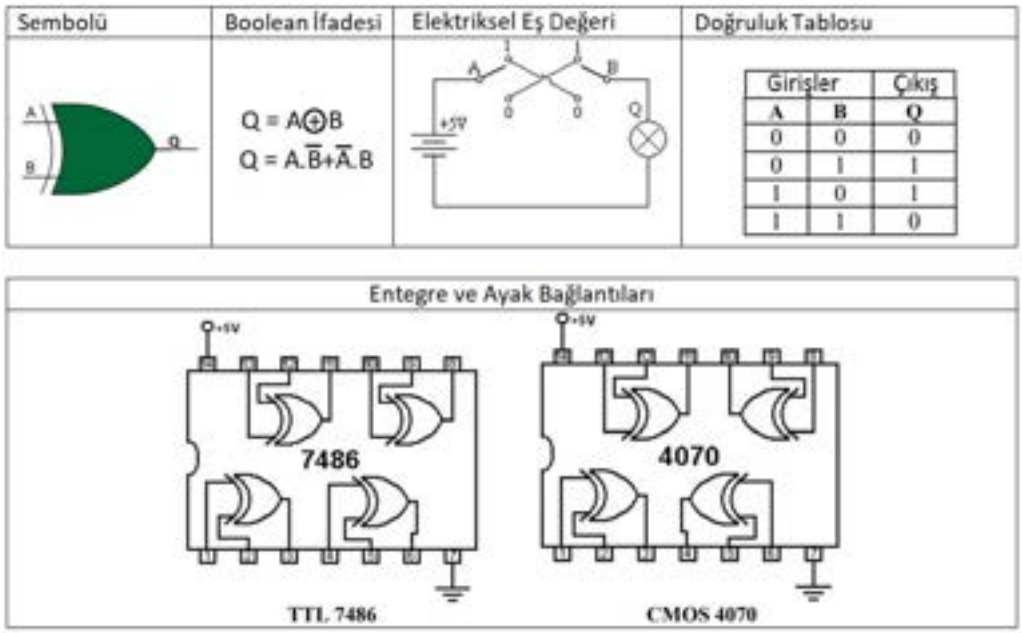
VEYA DEĞİL kapısının iki girişi de lojik 0 olunca çıkış 1, girişlerden herhangi biri 1 ise çıkış 0 olur. VEYA DEĞİL kapısı ikiden fazla girişe sahip olabilir. Bu durumda da tüm girişler 0 olursa çıkış 1, herhangi bir giriş 1 olursa çıkış 0 olur (Görsel 1.6).



Görsel 1.6: VEYA DEĞİL kapısı

ÖZEL VEYA Kapısı (EXOR Gate)

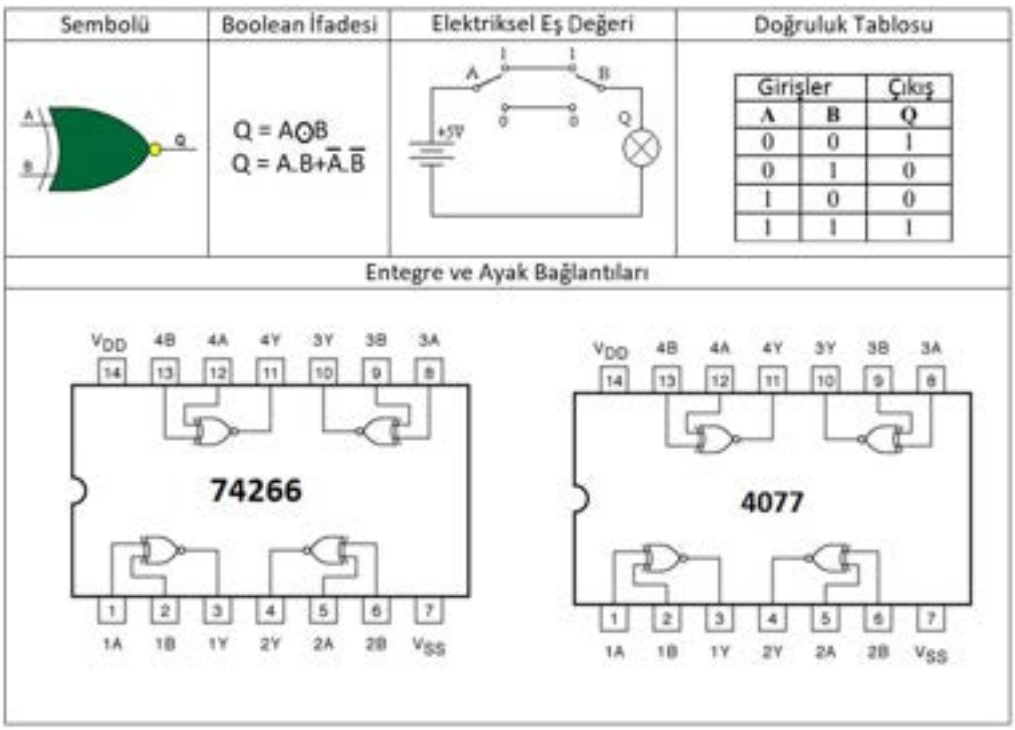
ÖZEL VEYA kapısının girişleri birbirinden farklı ise çıkış 1, girişler birbirinin aynısı ise çıkış 0 olur. Bu kapının işlevi DEĞİL, VE, VEYA kapıları ile de gerçekleştirilebilir (Görsel 1.7).



Görsel 1.7: ÖZEL VEYA kapısı

ÖZEL VEYA DEĞİL Kapısı (EXNOR Gate)

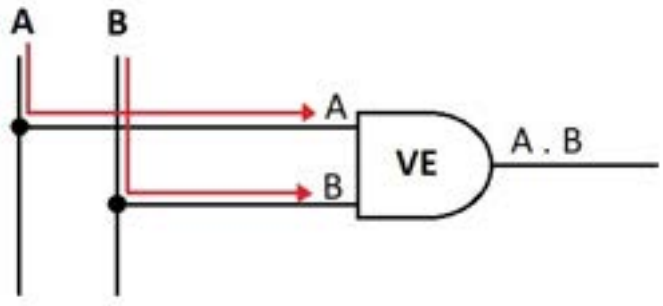
ÖZEL VEYA DEĞİL kapısının girişleri birbirinden farklı ise çıkış 0, girişler birbirinin aynısı ise çıkış 1 olur (Görsel 1.8).



Görsel 1.8: ÖZEL VEYA DEĞİL kapısı

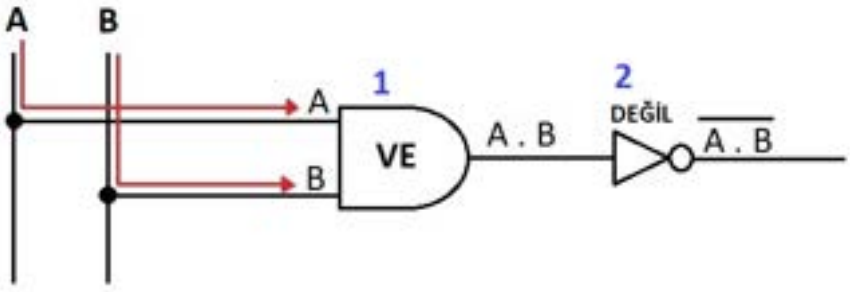
1.2.2. Lojik Kapı Tasarımı ve Devre Çözümü

Lojik kapılarla devre tasarımı ve çözümü yapılırken lojik kapıların yaptığı işlemlerin iyi bilinmesi gerekir. Öncelikle lojik ifadede kaç değişken olduğu belirlenir. Daha sonra değişkenlere isim verilir (A, B vb.). Değişkenlerin yolları takip edilir, lojik kapılar yapılan işleme göre (çarpma, toplama, DEĞİL vb.) kullanılır ve işlem yapılır (Görsel 1.9).



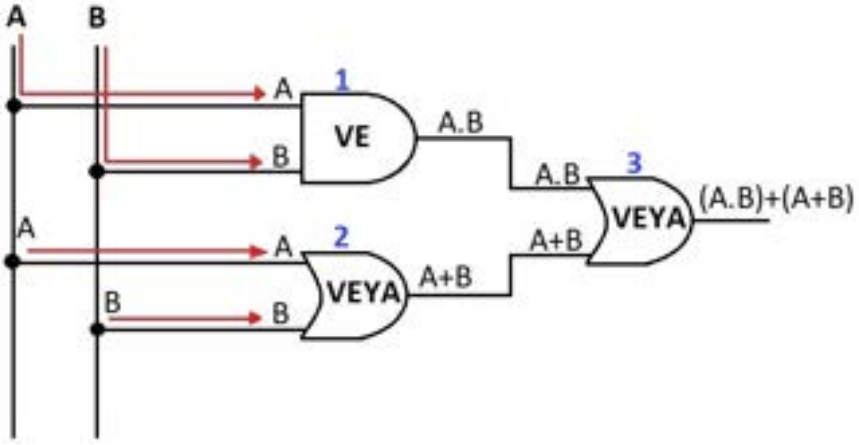
Görsel 1.9: VE kapısı devre takibi

A ve B değişkenleri, iki girişli devrede VE kapısının girişlerine uygulanır. VE kapısı, A ile B'yi çarparak çıkışa verir (Görsel 1.10).



Görsel 1.10: Lojik devre takibi

A ve B değişkenleri, iki girişli devrede VE kapısının girişlerine uygulanır. A ile B'yi çarparak çıkışa verir. Sonra DEĞİL kapısı, VE kapısının çıkışının değili alınarak nihai çıkış elde edilir (Görsel 1.11).



Görsel 1.11: Lojik devre takibi

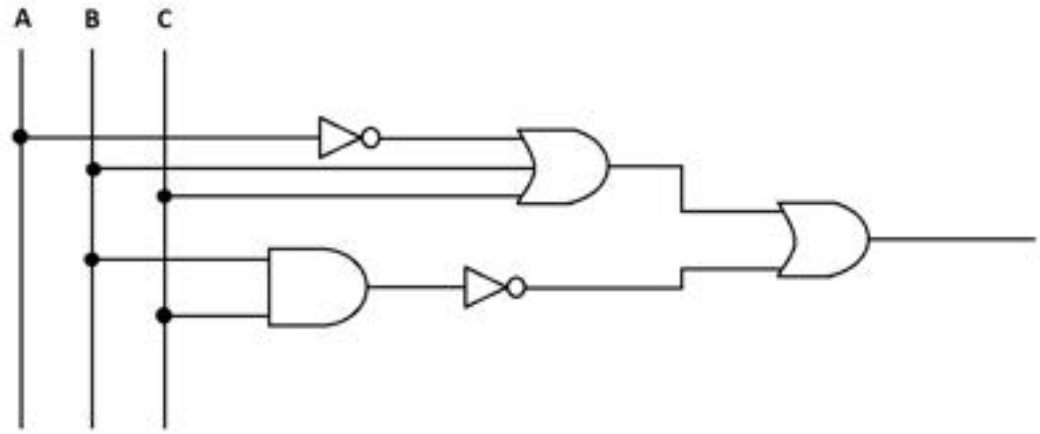
Devre çözümü, işlemlerin karışmaması için en üstten başlanarak yapılır. Daha sonra alttaki kapılar takip edilerek sağ tarafa doğru gidilir. Görsel 1.11'deki sıralama 1, 2, 3 şeklinde takip edilir. Bu, değişmez bir kural değildir. Kolaylık ve takip işleminin karışmaması için yapılır.

1. A ve B değişkenleri VE kapısının girişlerine uygulanmıştır. VE kapısı **A.B** işlemini yapar.

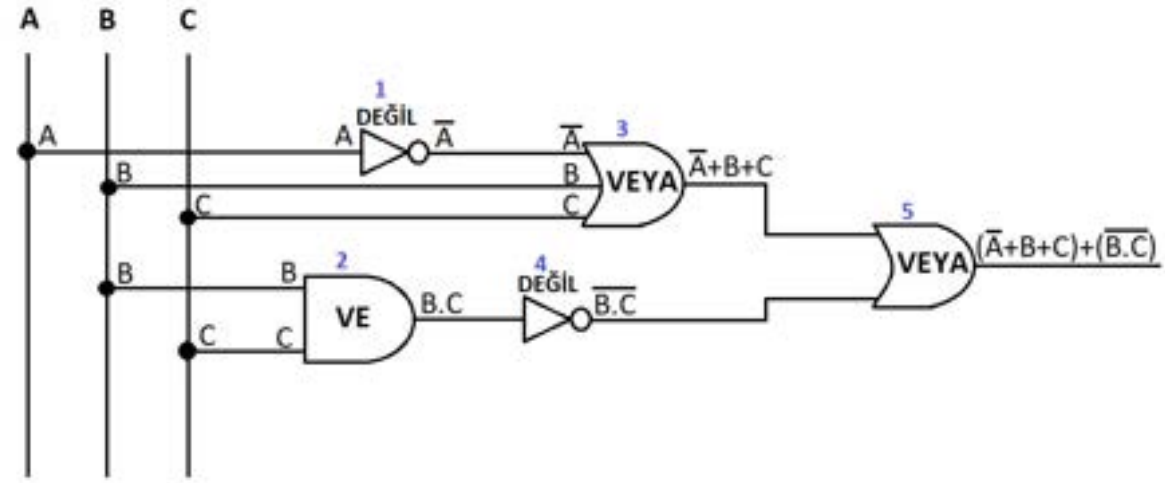
2. A ve B değişkenleri VEYA kapısının girişlerine uygulanmıştır. VEYA kapısı **A+B** işlemini yapar.

3. 1 No.lu kapının çıkışı **A.B** ile 2 No.lu kapının çıkışı **A+B**, 3 No.lu VEYA kapısı girişlerine uygulanmıştır. VEYA kapısı toplama işlemi **(A.B)+(A+B)** yaparak çıkışı verir.

Örnek 1:

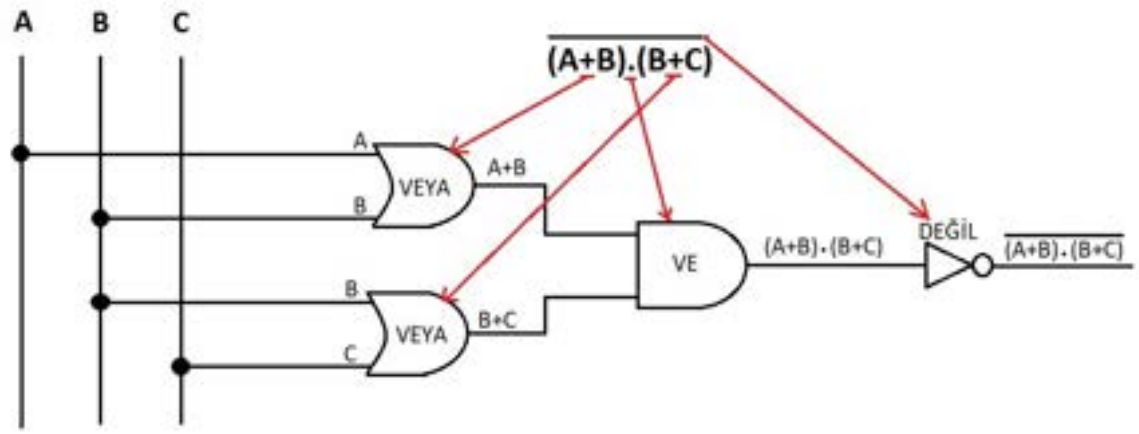


Çözüm:



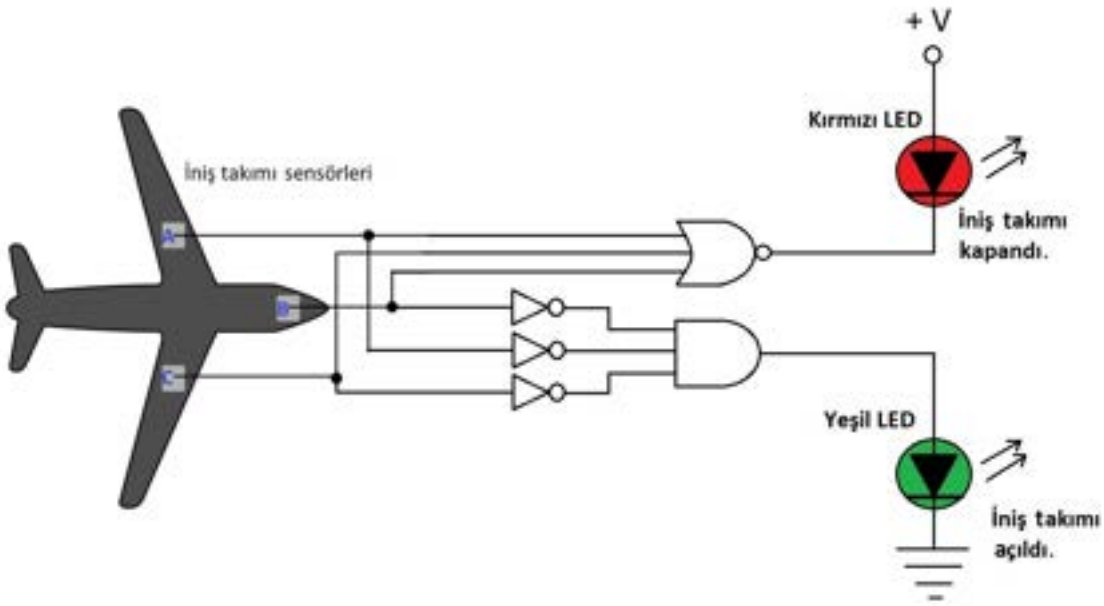
Örnek 2: (A+B).(B+C) işlemini gerçekleştiren lojik devre dizaynını yapınız.

Çözüm:



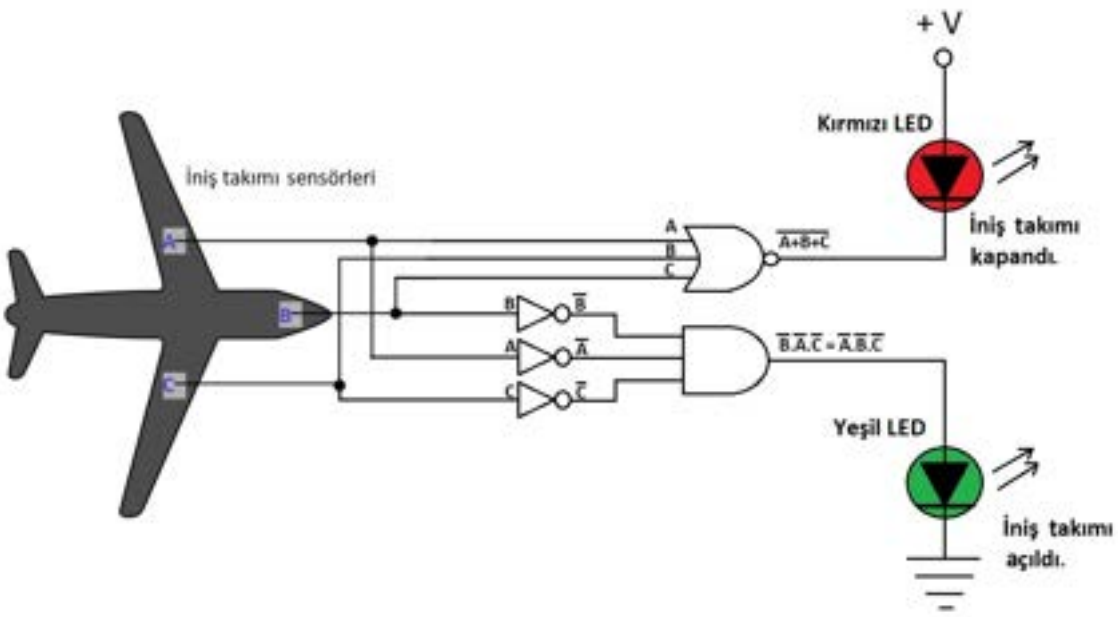
1.2.3. Hava Aracındaki Arıza ve Hataların Tespit Edilmesi

Lojik devreler, hava araçlarında elektronik sistemlerin temel devreleridir. Hava araçlarındaki otomatik pilot, hidrolik sistemler, iniş takımları, uçuş güvenlik sistemi vb. birçok sistemde kullanılır. Görsel 1.12'de hava aracının iniş takımı lojik diyagramı verilmiştir.



Görsel 1.12: Hava aracının iniş takımı lojik diyagramı

Görsel 1.12 üzerindeki devre çözümü incelendiğinde Tablo 1.2'deki durumlar oluşur.



Görsel 1.13: Hava aracının iniş takımı lojik diyagram çözümü

Tablo 1.2: Hava Aracının İniş Takımı Lojik Diyagramın Çıkış Durumları Tablosu

Sensörler (Girişler)			Çıkış	
A	B	C	Yeşil LED (İniş Takımı Açık) $\bar{A}.\bar{B}.\bar{C}$	Kırmızı LED (İniş Takımı Kapalı) $\overline{A+B+C}$
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	0	1
1	0	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	0	1

Tablo 1.2'de, sensörlerin hepsi lojik 0 olduğunda yeşil LED'in anoduna 1 bilgisi gelir ve LED yanar. Kırmızı LED'in katoduna 1 bilgisi gelir ve LED yanmaz. Bu durumda iniş takımlarının açık olduğu anlaşılır. Herhangi bir sensör lojik 1 olduğunda yeşil LED'e ve kırmızı LED'e 0 bilgisi gelir. Bu durumda da yeşil LED'in anoduna 0, kırmızı LED'in katoduna 0 gelir. Yeşil LED yanmaz, kırmızı LED yanar. Bu durum, iniş takımlarının kapalı olduğunu gösterir. Hava araçlarında lojik devrelerin takibi bu şekilde yapılır.

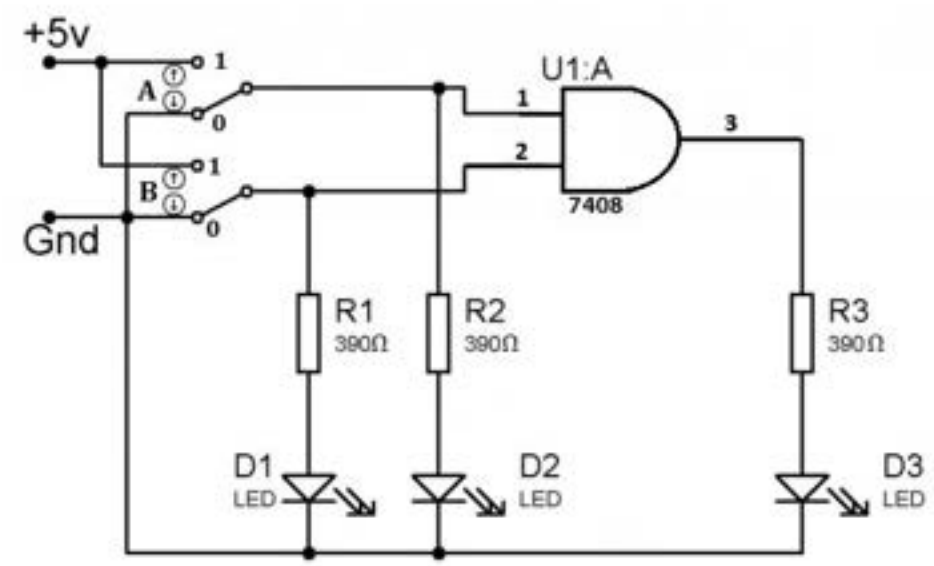
Devre takibi ve devrenin çalışmasını bilmek, hava araçlarındaki arızaların ve hataların giderilmesi için önemlidir. Çalışmayan sistemlerin arızaları, devre takibi yapılarak tespit edilebilir.

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25123

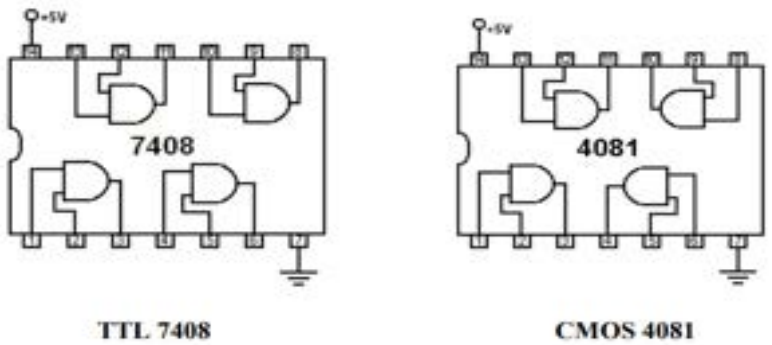
1.2. Uygulama: VE Kapısının Çalıştırılması

Amaç: VE kapısının çalışmasını incelemek.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 1.14: VE kapısı devre şeması



Görsel 1.15: VE entegresi ayak bağlantıları

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Güç kaynağı	220 / 5 volt	1 Adet
Direnç	3 x 390 Ω	3 Adet
LED	Kırmızı, Yeşil	3 Adet
Entegre	7408 veya 4081	1 Adet
Breadboard	Tekli	1 Adet

Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25123

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzemeler bulundurmayınız. Görsel 1.14'teki uygulama devresini breadboard üzerine kurunuz.
2. Atölye öğretmeninizin gözetiminde güç kaynağını açınız. Güç kaynağının gerilimini 0 volta getiriniz. Uygulama devresini güç kaynağına bağlayınız.
3. Güç kaynağının gerilimini 5 volta getiriniz.
4. Anahtar konumlarını Tablo 1.3'teki konumlara getirerek LED'in yanık olduğu durumlara 1, yanmadığı durumlara 0 yazınız.
5. Tabloda bulduğunuz değerleri atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.
6. Çalışma ortamı temizleyiniz.

Tablo 1.3: Çıktı Tablosu

Anahtar Konumları		LED Durumları		
A	B	D1	D2	D3
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Devrede kullanılan VE kapısı yerine VEYA kapısı kullanıldığında oluşacak çıkış tablosunu çiziniz

- Devrede kullanılan VE kapısı yerine VE DEĞİL kapısı kullanıldığında oluşacak çıkış tablosunu çiziniz.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

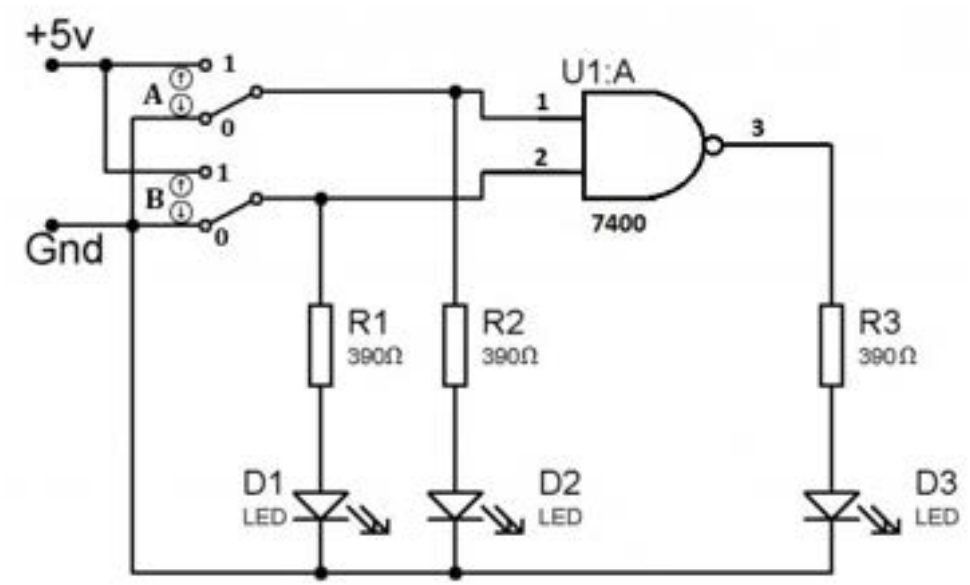
Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25125

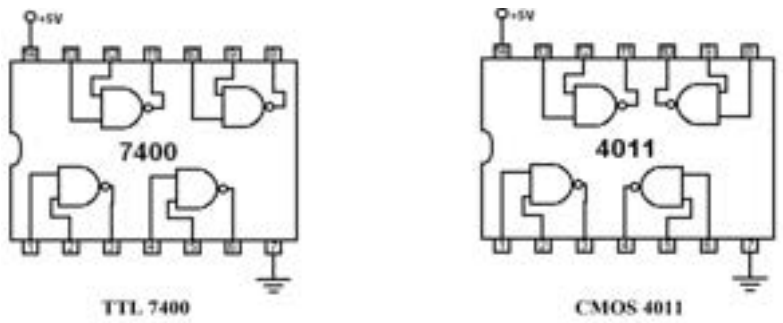
1.3. Uygulama: VE DEĞİL Kapısının Çalıştırılması

Amaç: VE DEĞİL kapısının çalışmasını incelemek.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 1.16: VE DEĞİL kapısı devre şeması



Görsel 1.17: VE DEĞİL Entegresi ayak bağlantıları

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Güç kaynağı	220/5 volt	1 Adet
Direnç	390Ω	3 Adet
LED	Kırmızı, Yeşil	3 Adet
Entegre	7400 veya 4011	1 Adet
Breadboard	Tekli	1 Adet

Süre: 2 Ders Saati

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzemeler bulundurmayınız. Görsel 1.16'daki uygulama devresini breadboard üzerine kurunuz.
2. Yapılan işlemleri atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.
3. Atölye öğretmeninizin gözetiminde güç kaynağını açınız. Güç kaynağının gerilimini 0 volta getiriniz. Uygulama devresi güç kaynağına bağlayınız.
4. Güç kaynağı gerilimini 5 volta getiriniz.
5. Anahtar konumlarını Tablo 1.4'teki konumlara getirerek LED'in yanık olduğu durumlara 1, yanmadığı durumlara 0 yazınız.
6. Tabloda bulduğunuz değerleri atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.
7. Kullanmadığınız cihazları kapatıp çalışma ortamını temizleyiniz.

Tablo 1.4: Çıktı Tablosu

Anahtar Konumları		LED Durumları		
A	B	D1	D2	D3
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Devrede kullanılan VE DEĞİL kapısı yerine ÖZEL VEYA kapısı kullanılırsa oluşacak çıkış tablosunu çiziniz.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı ..... /	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih .... /.... / 20 ....
			10	30	40	10	10	100	
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25125

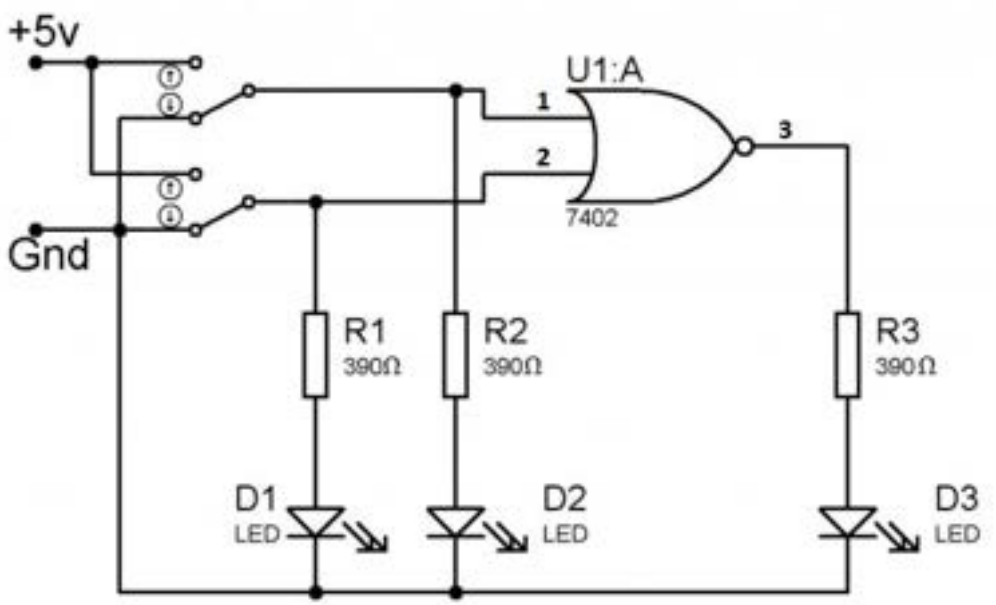
Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25126

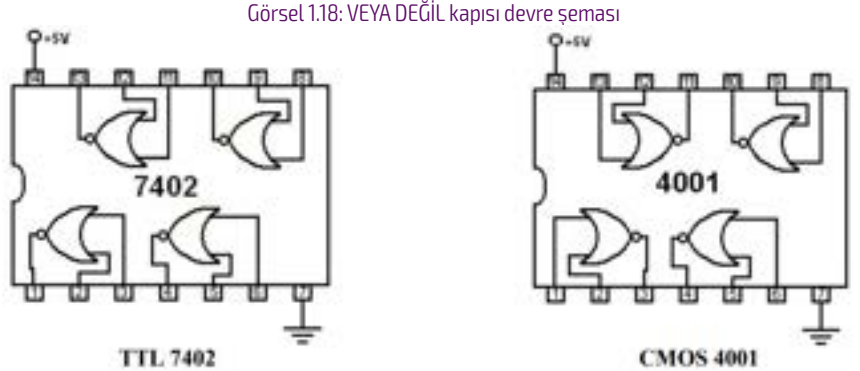
1.4. Uygulama: VEYA DEĞİL Kapısının Çalıştırılması

Amaç: VEYA DEĞİL kapısının çalışmasını incelemek.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 1.18: VEYA DEĞİL kapısı devre şeması



Görsel 1.19: VEYA DEĞİL entegresi ayak bağlantıları

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Güç kaynağı	220/5 volt	1 Adet
Direnç	390 Ω	3 Adet
LED	Kırmızı, Yeşil	3 Adet
Entegre	7402 veya 4001	1 Adet
Breadboard	Tekli	1 Adet

Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25126

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzemeler bulundurmayınız. Görsel 1.18'deki uygulama devresini breadboard üzerine kurunuz.
2. Yapılan işlemleri atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.
3. Atölye öğretmeninizin gözetiminde güç kaynağını açınız. Güç kaynağının gerilimini 0 volta getiriniz. Uygulama devresini güç kaynağına bağlayınız.
4. Güç kaynağı gerilimini 5 volta getiriniz.
5. Anahtar konumlarını Tablo 1.5'teki konumlara getirerek LED'in yanık olduğu durumlara 1, yanmadığı durumlara 0 yazınız.
6. Güç kaynağının enerjisini kesiniz. Kullanılmayan cihazların enerjisini keserek enerji tasarrufu yapıldığını unutmayınız.
7. Tabloda bulduğunuz değerleri atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.
8. Çalışma ortamı temizleyiniz.

Tablo 1.5: Çıktı Tablosu

Anahtar Konumları		LED Durumları		
A	B	D1	D2	D3
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Devrede kullanılan VEYA DEĞİL kapısı yerine VE DEĞİL kapısı kullanıldığında oluşacak çıkış tablosunu çiziniz.
- Devrede kullanılan VEYA DEĞİL kapısı yerine VEYA kapısı kullanılmış olsaydı oluşacak çıkış tablosu nasıl olurdu? Çiziniz.

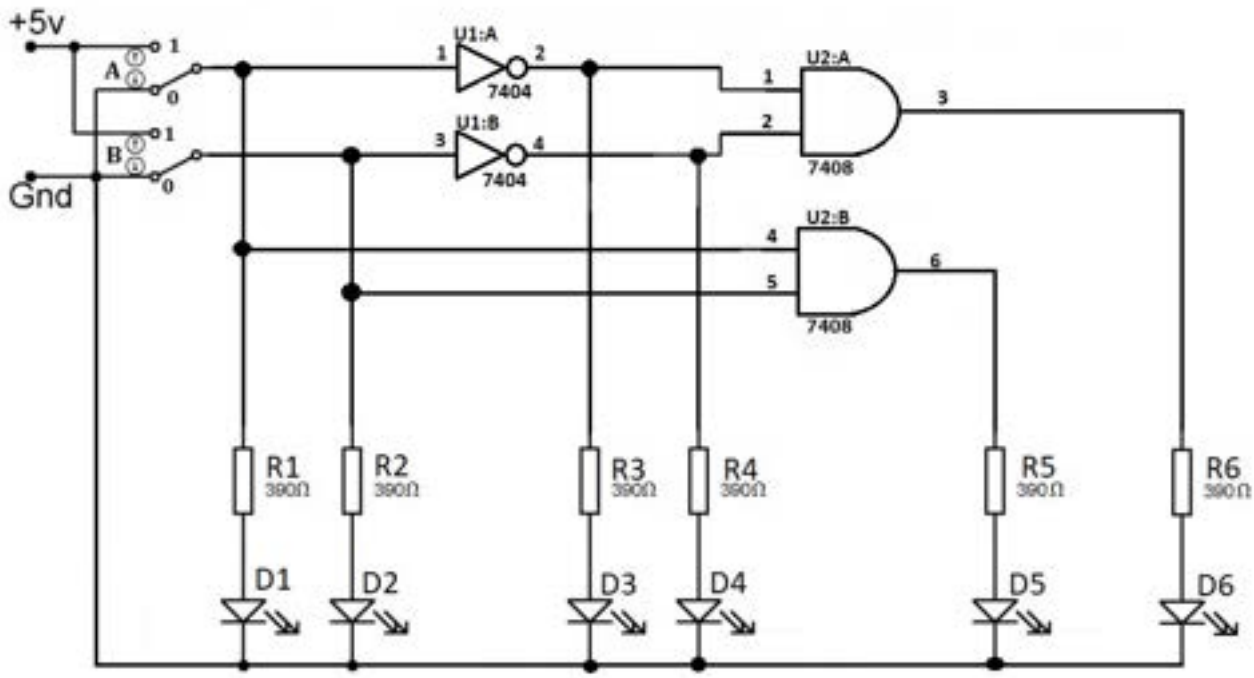
Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

Süre: 2 Ders Saati

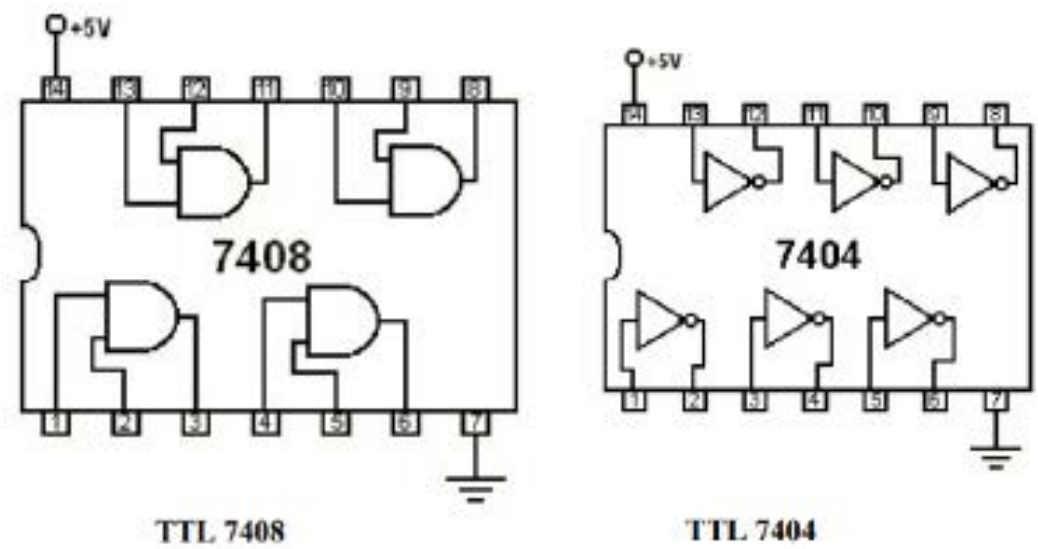
1.5. Uygulama: VE Kapılarıyla Lojik Devre Kurulması

Amaç: VE kapılarıyla lojik devre kurmak ve çalıştırmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 1.20: Uygulama devre şeması



Görsel 1.21: VE entegresi ve DEĞİL entegresi ayak bağlantıları

Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25127

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Güç kaynağı	220/5 volt	1 Adet
Direnç	390Ω	6 Adet
LED	Kırmızı, Yeşil	6 Adet
Entegre	7404, 7408	2 Adet
Breadboard	Tekli	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzemeler bulundurmayınız. Görsel 1.20'deki uygulama devresini breadboard üzerine kurunuz.
2. Yapılan işlemleri atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.
3. Atölye öğretmeninizin gözetiminde güç kaynağını açınız. Güç kaynağının gerilimini 0 volta getiriniz. Uygulama devresini güç kaynağına bağlayınız.
4. Güç kaynağı gerilimi 5 volta getiriniz.
5. Anahtar konumlarını, Tablo 1.6'daki konumlara getirerek LED'in yanık olduğu durumlara 1, yanmadığı durumlara 0 yazınız.
6. Tabloda bulduğunuz değerleri atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.
7. Kullanmadığınız cihazları kapatınız. Çalışma ortamını temizleyiniz.

Tablo 1.6: Çıktı Tablosu

Anahtar Konumları D1		LED Durumları					
		D2	D3	D4	D5	D6	
0	0						
0	1						
1	0						
1	1						

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Devrede kullanılan VE kapısı yerine ÖZEL VEYA DEĞİL kapısı kullanıldığında oluşacak çıkış tablosu nasıl olurdu? Çiziniz.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25127

Süre: 2 Ders Saati

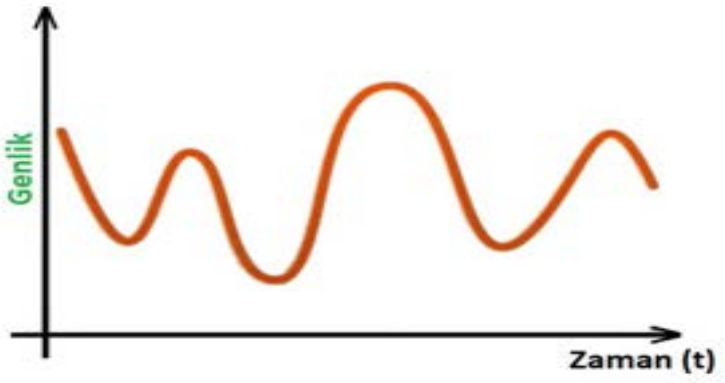
1.3. ANALOG BİLGİYİ DİJİTAL BİLGİYE ÇEVİRME

Analog ve dijital devreler ayrı ayrı kullanılabildiği gibi bazı sistemlerde bir arada da kullanılır. Analog ve dijital devrelerin bir arada kullanıldığı durumlarda analog bilginin dijitale, dijital bilginin ise analog bilgiye çevrilmesi gerekir. Bu tip durumlarda analog / dijital ve dijital / analog çevirici devreler kullanılır.

Analog / dijital çevirici; ses, ışık, nem, sıcaklık, basınç, akım, gerilim ve bunun gibi analog değerleri sayısal değerlere çevirerek bilgilerin başka ortama taşınmasını ve matematiksel olarak okunmasını sağlayan elektronik bir devredir. Kısaca analog bilgiyi dijital bilgiye çeviren devreler, **analog / dijital** çevirici ya da kısaca **A/D** veya **ADC** olarak isimlendirilir.

1.3.1. Analog Sinyal

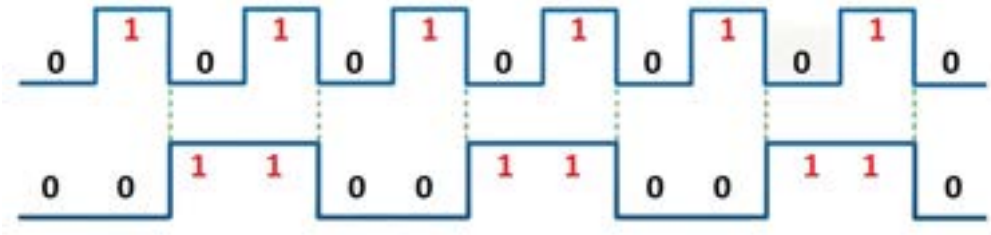
Sonsuz sayıda değer alabilen ve devamlılık arz eden işaretlere **analog işaret** denir (Görsel 1.22).



Görsel 1.22: Analog sinyal

1.3.2. Dijital Sinyal

Evet hayır, var yok, açık kapalı, yüksek alçak vb. yalnızca iki değer alabilen dijital sinyale **sayısal sinyal** denir. Sayısal sinyalleri göstermek için kullanılan **0** ve **1** rakamları **sayısal sinyal** olarak adlandırılır (Görsel 1.23).

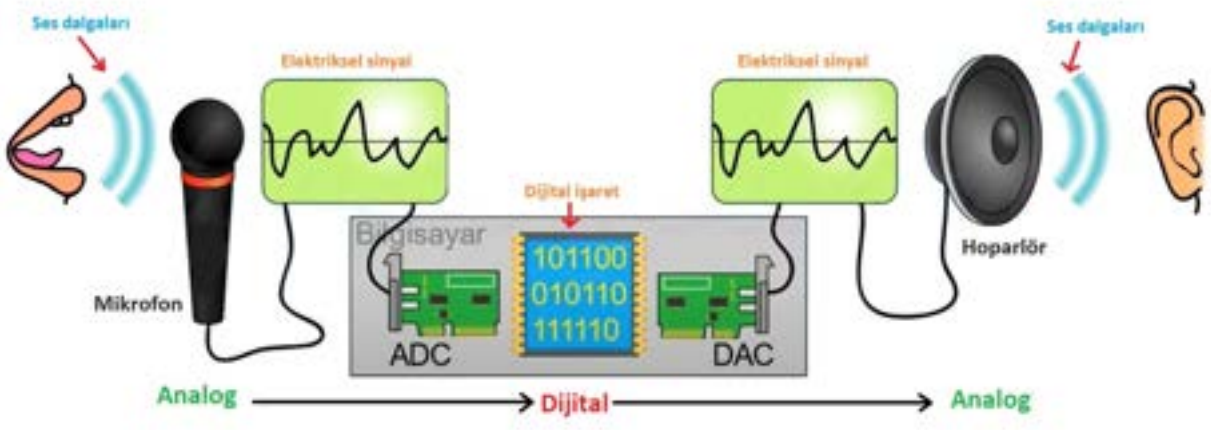


Görsel 1.23: Dijital sinyal

1.3.3. Analog / Dijital / Analog Çevirme

Analog sinyalin dijital sinyale, dijital sinyalin analog sinyale dönüştürülmesi için iki adet devreye ihtiyaç vardır. Analog sinyalden dijital sinyale dönüştürme işlemi **ADC** (analog / dijital çevirici) devre ile yapılır. Dijital sinyalden analog sinyale dönüştürme işlemi **DAC** (dijital / analog çevirici) devre ile yapılır.

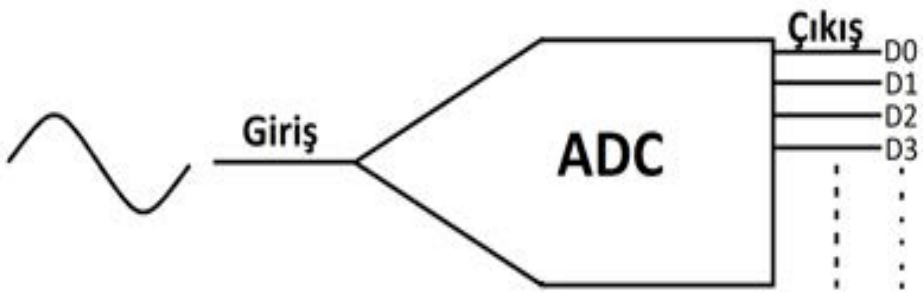
Bir ses sinyali, mikrofon tarafından önce elektriksel analog sinyale dönüştürülür. ADC devresi, bu analog sinyali dijital sinyale çevirerek bilgisayara aktarır. Bilgisayar, bu dijital sinyali mikro işlemci sayesinde işleyerek hafıza birimine kaydeder. Daha sonra bilgisayarda kayıtlı ses bilgisinin alınması için ses sinyalinin dijital bilgisi DAC'a gönderilerek tekrar analog sinyale dönüştürülür. Dönüştürülen analog sinyal, hoparlör vasıtasıyla dışa aktarılır (Görsel 1.24).



Görsel 1.24: Analog / dijital / analog dönüştürme işlemi

1.3.4. Analog / Dijital Çeviriciler (ADC)

Analog sinyali dijital işarete çeviren sisteme **analog / dijital çevirici (ADC veya A/D)** denir (Görsel 1.25).



Görsel 1.25: Analog /dijital çevirici sembolü

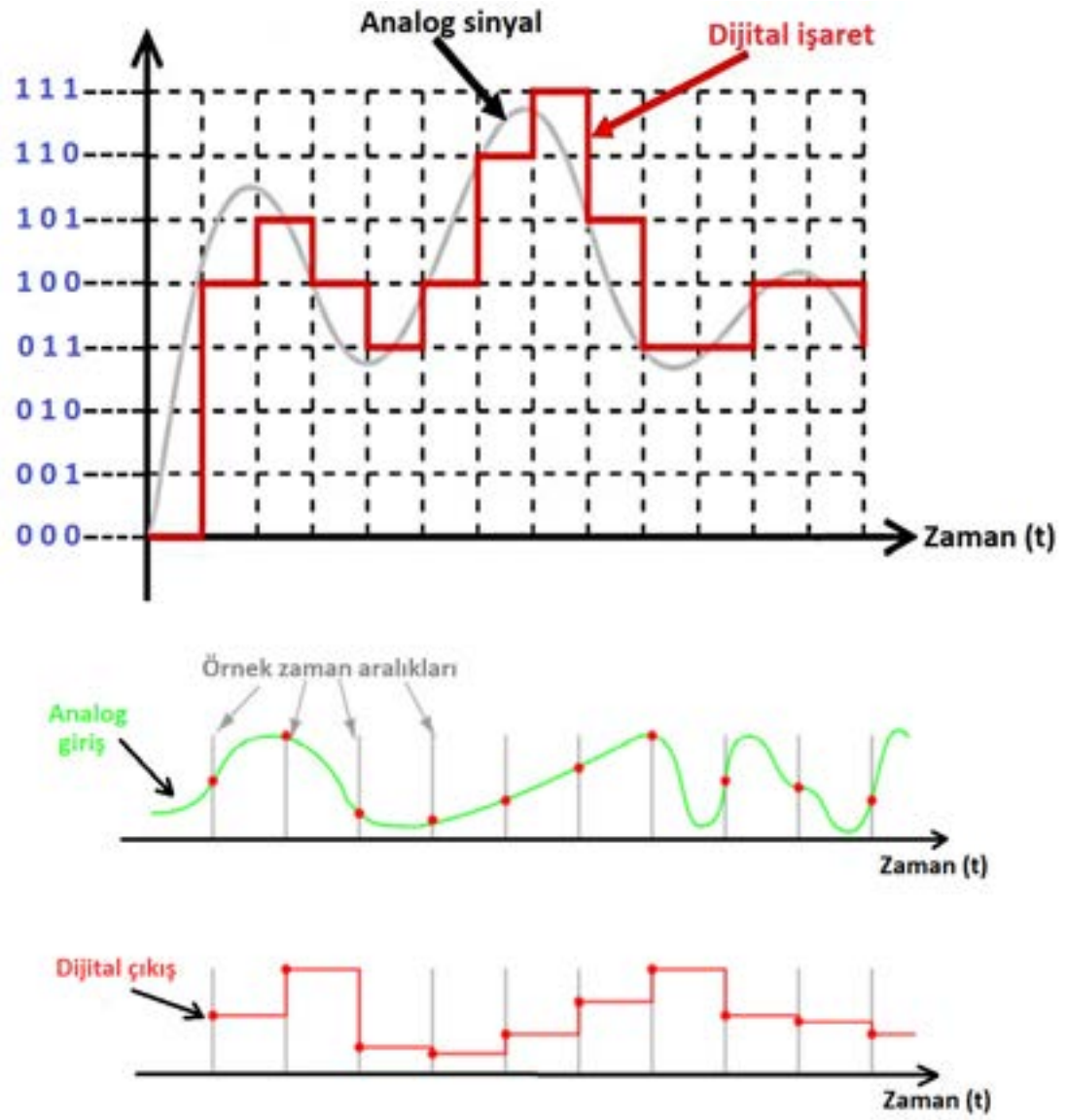
Analog Sinyalin Dijital Sinyale Dönüştürme İşlemi

Fiziksel bir sistemden alınan bilgilerin dijital olarak saklanmasının veya işlenmesinin gerekli olduğu durumlarda ADC kullanmak gerekir. ADC aslında kodlayıcı bir devredir. Girişindeki analog işaretin seviyesine göre çıkışında dijital bir işaret üretir.

Analog sinyaller, sonsuz seviyeye sahip olmasına karşın dijital işaretler sonlu olmak zorundadır. Aksi hâlde sonsuz seviyeyi kodlamak için sonsuz sayıda bit kullanmak gerekir.

Analog sinyalin dijital işarete çevrilmesinin iki önemli kriteri vardır.

- Örnekleme ne kadar sık olursa kayıp o kadar az, dosya boyutu da o kadar büyük olur.
- Her örnek için kaç bit kullanılacağı belirtilmelidir. Bunun için hem kullanılan bit sayısı hem de örnekleme sıklığı arttırılmalıdır (Görsel 1.26).

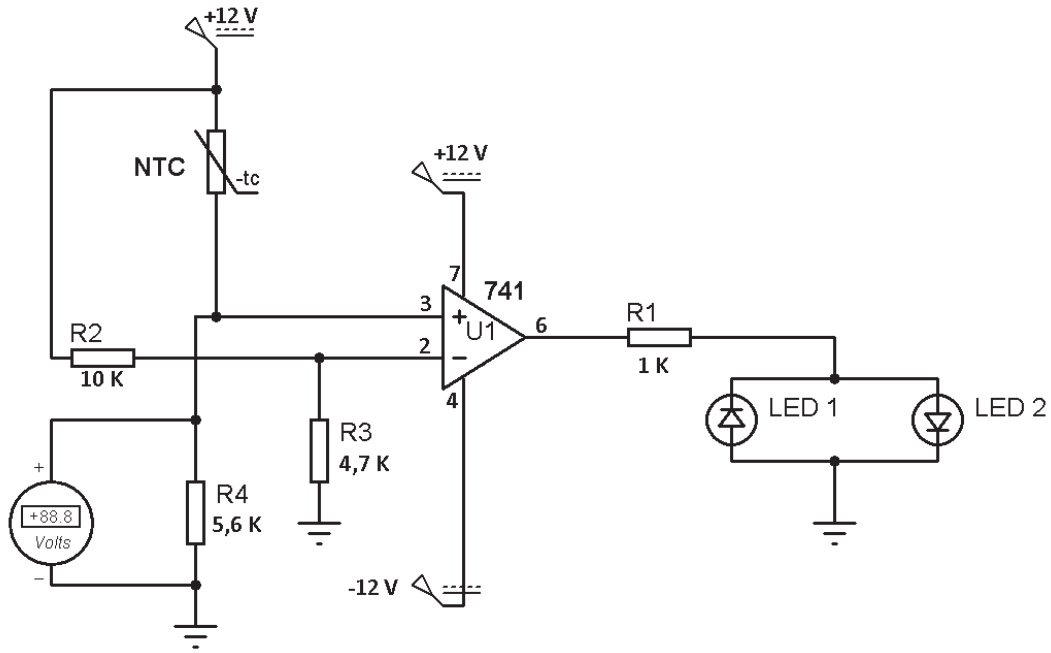


Görsel 1.26: Analog sinyalle dijital işaretin karşılaştırılması

1.6. Uygulama: OP-AMP ile Analog / Dijital Çevirici (ADC) Devre Kurma

Amaç: OP-AMP ile Analog / dijital çevirici (ADC) devre kurmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 1.27: Analog-dijital çevirici devre şeması

Devrenin Çalışması

Görsel 1.27'deki devre karşılaştırıcı, op-amp devresi olarak çalışmaktadır. 2 No.lu giriş ucuna bağlı R2 ve R3 dirençlerinin ortak uçlarındaki gerilim, referans voltajıdır. 3 No.lu giriş ucuna bağlı NTC direnç ile R4 direncinin ortak noktası giriş gerilimi, kabul edilir. Devrede geri besleme direnci olmadığı için kazanç maksimumdur. NTC'ye ısı uygulandığında 3 No.lu girişin gerilimi artacaktır. Giriş gerilimi referans geriliminden çok az fazla olduğunda bile giriş ile çıkış aynı fazda olacaktır ve LED 2 yanacaktır. Tersi durumda ise çıkış ters fazda olacaktır ve LED 1 yanacaktır.

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
DC Güç kaynağı	220/12 0 - 12 volt (Simetrik)	1 Adet
DC Voltmetre	Dijital	1 Adet
Direnç	1 KΩ, 4,7 KΩ, 5,6 KΩ, 10 KΩ	4 Adet
LED	Kırmızı, Yeşil	2 Adet
Entegre	741	1 Adet
NTC	20 KΩ	1 Adet
Breadboard	Tekli	1 Adet

Süre: 2 Ders Saati

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alınız. Tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzemeleri kaldırınız. Uygulama devresini breadboard üzerine kurunuz. LED 1'e kırmızı LED'i, LED 2'ye yeşil LED'i bağlayınız.
2. Yapılan işlemleri atölye öğretmenize kontrol ettiriniz.
3. Atölye öğretmeninizin gözetiminde güç kaynağını açınız. Güç kaynağının gerilimini 0 volta getiriniz. Uygulama devresini güç kaynağına bağlayınız.
4. Güç kaynağının gerilimini gerekli voltaja getiriniz.
5. NTC oda sıcaklığındayken LED durumlarını ve voltmetrede okunan değerleri Tablo 1.7'ye kaydediniz.
6. NTC sıcaklık sensörüne ısı uygulayıp LED durumunu ve voltmetrede okunan değeri Tablo 1.7'ye kaydediniz.
7. LED 1'in yanık, LED 2'nin sönük olduğu durumda dijital çıkışın 0 olduğu anlaşılır. LED 1'in sönük, LED 2'nin yanık olduğu durumda dijital çıkışın 1 olduğu anlaşılır. Bu duruma göre Tablo 1.7'deki dijital sonuç kısmını doldurunuz.
8. Yapılan ölçümleri atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.
9. Çalışma ortamını temizleyiniz.

Tablo 1.7: Uygulama Devresi Ölçüm Tablosu

NTC Durumu	Voltmetrede Okunan Değerler	LED Durumları		Dijital Sonuç
		LED 1 (Kırmızı)	LED 2 (Yeşil)	
Oda Sıcaklığında				
Isıtıldığında				

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Uygulamada devresinde analog bilgi olarak hangi büyüklük algılanmıştır? Açıklayınız.
- Voltmetrede okunan değerler, NTC ısı sensörünün hangi özelliğinden dolayı farklılık göstermiştir? Açıklayınız.

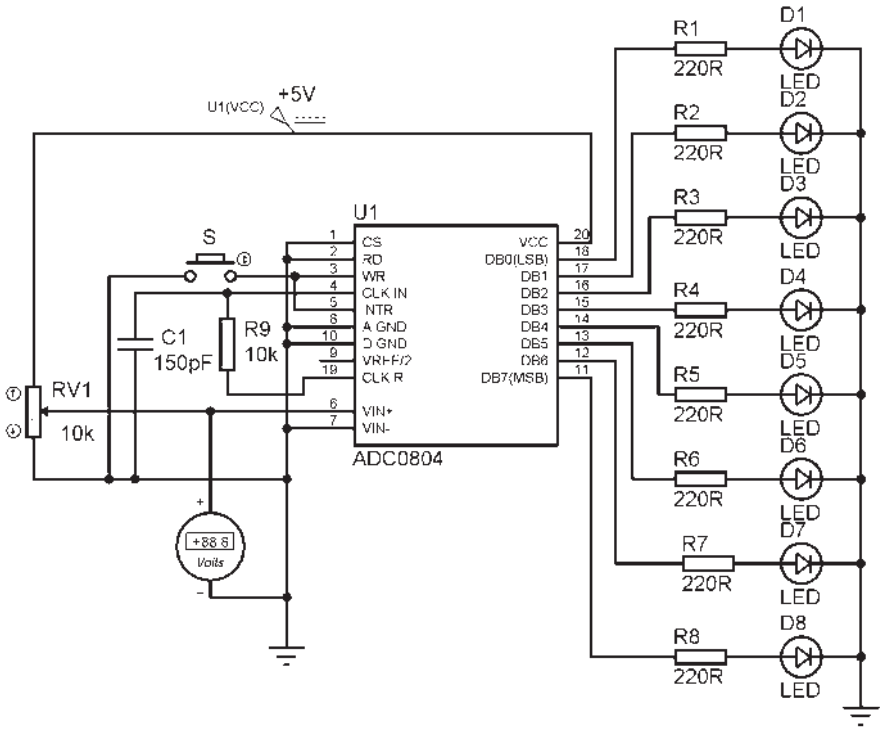
Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

Süre: 2 Ders Saati

1.7. Uygulama: Entegre ile Analog / Dijital Çevirici (ADC) Devre Kurma

Amaç: Entegre ile analog / dijital çevirici (ADC) devre kurmak ve ölçümler yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 1.28: Analog / dijital çevirici devre şeması

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
DC Güç kaynağı	220/5 volt	1 Adet
DC Voltmetre	Dijital	1 Adet
Direnç	8x220 Ω, 10 KΩ	9 Adet
Potansiyometre	10 KΩ	1 Adet
LED	Kırmızı	8 Adet
Kutupsuz kondansatör	150 pF	1 Adet
Entegre	ADC0804	1 Adet
Buton	mikro	1 Adet
Breadboard	Tekli	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alınız. Tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzemeleri kaldırınız. Görsel 1.28'deki uygulama devresini breadboard üzerine kurunuz.
2. Kurduğunuz devreyi tekrar kontrol ediniz. Daha sonra atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.
3. Atölye öğretmeninizin gözetiminde güç kaynağını açınız. Güç kaynağının gerilimini 0 volta getiriniz. Uygulama devresini güç kaynağına bağlayınız.

Süre: 2 Ders Saati

4. Güç kaynağını 5 volta getiriniz.
5. Potansiyometrenin konumunu voltmetrede 0 volt görene kadar çeviriniz.
6. S butonuna basıp bırakınız. Tüm LED'lerin sönük olduğundan emin olunuz. LED'lerin tamamı sönük değilse devreyi kontrol edip ilk işlem basamağından tekrar başlayınız.
7. Potansiyometre konumunu değiştirerek voltmetrede okunan değeri sırasıyla 0,5 V, 1 V, 1,5 V, 2 V, 2,5 V, 3 V, 3,5 V, 4 V, 4,5 V, 5 V yapınız. Her gerilim değeri değiştirildiğinde S butonuna basınız. Yanan LED'leri 1, sönük LED'leri 0 olarak Tablo 1.8'e kaydediniz.
8. Tablo 1.8'de dijital olarak kaydettiğiniz değerlerin onluk karşılıklarını bulup tabloya kaydediniz.
9. Yapılan ölçümleri atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.
10. Çalışma ortamını temizleyiniz.

Tablo 1.8: Uygulama Devresi Ölçüm Tablosu

LED'lerin Onluk Değeri	128	64	32	16	8	4	2	1	Dijital Değerin Onluk Karşılığı
Voltmetrede Okunan Değer	LED 8	LED 7	LED 6	LED 5	LED 4	LED 3	LED 2	LED 1	
.....V									
.....V									
.....V									
.....V									
.....V									
.....V									
.....V									
.....V									
.....V									
.....V									

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Uygulama devresinde analog bilgi olarak uygulanan yöntem nedir? Açıklayınız.
- Analog bilginin büyüklüğüne göre dijital bilgide nasıl bir değişim meydana gelmektedir? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

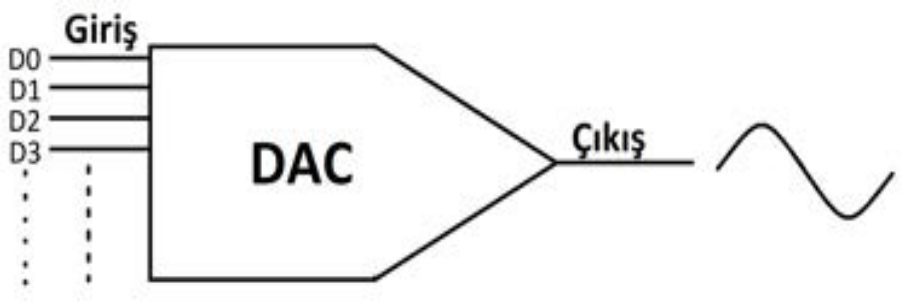
Süre: 2 Ders Saati

1.4. DİJİTAL BİLGİYİ ANALOG BİLGİYE ÇEVİRME

Dijital bilgilerin gerçek yaşama aktarılması için dijital /analog çevirici devreler kullanılır.

1.4.1. Dijital / Analog Çeviriciler (DAC)

Dijital sinyali analog sinyale çeviren sistemlere **dijital / analog çevirici (DAC veya D/A)** denir. Bu devreler, ADC (analog / dijital dönüştürücü) devrelerin yaptığı işlemlerin tersi işlemleri yapar.



Görsel 1.29: Dijital / analog çevirici sembolü

Dijital Sinyalin Analog Sinyale Dönüştürme İşlemi

DAC devreleri, girişindeki sayısal değere göre çıkışında analog bir akım veya gerilim üretir. Çevirme işlemini yaparken iki önemli belirleyici özellik vardır. Bunlar, DAC devrelerin hassasiyet ve doğruluğudur.

Hassasiyet

DAC devresinin giriş sinyaline gösterdiği tepkiye **hassasiyet** denir. Örneğin 16 giriş seviyesine sahip bir DAC'ın hassasiyeti 16'da 1'dir. Yani, % 6,25'tir. 64 giriş seviyesine sahip bir DAC'ın hassasiyeti 64'te 1'dir. Yani, % 1,5625'tir.

Hassasiyet oranı düşük olan devrelere daha hassas devre denir. %1,5625 oranında hassasiyete sahip devre, %6,25 oranında hassasiyete sahip olan devreden daha hassastır

Doğruluk

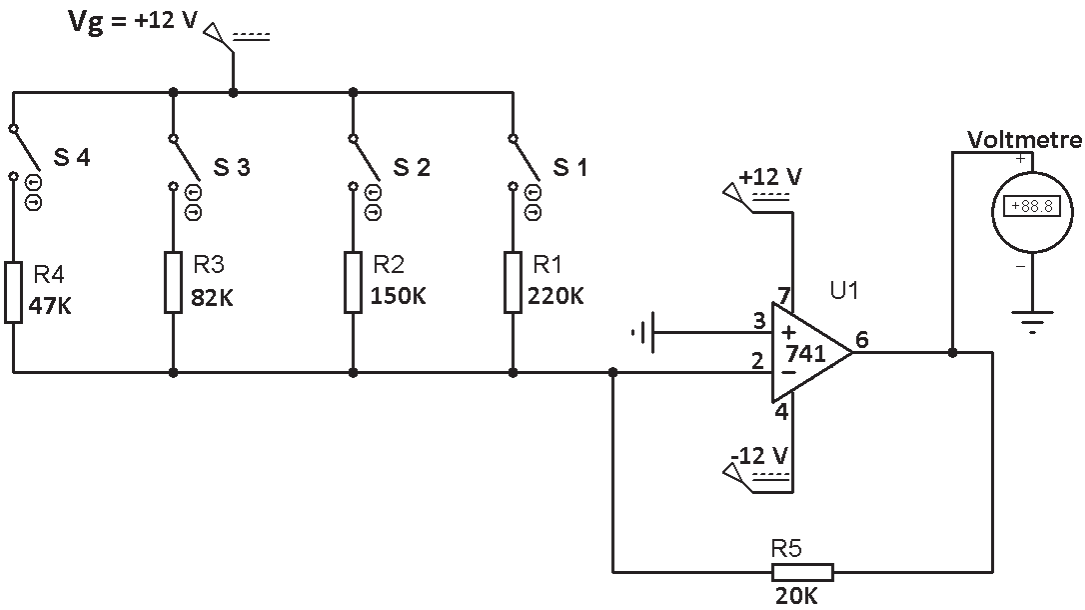
DAC devresinin girişine uygulanan sinyalin çıkışta elde edilmesi beklenen sinyal ve elde edilen sinyal ile karşılaştırılmasına **doğruluk** denir.

Örneğin DAC devresinin doğruluk yüzdesi %1 ve 12 volt maksimum çıkış gerilimine sahipse DAC'ın (12x1)/100=0,12 volt hata payı vardır.

1.8. Uygulama: OP-AMP ile Dijital / Analog Çevirici (DAC) Devre Kurma

Amaç: OP-AMP ile dijital / analog çevirici (DAC) devre kurmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 1.30: Dijital / analog çevirici devre şeması

Devrenin Çalışması

Görsel 1.30'da görülen devre, ağırlık direnç DAC (paralel girişli DAC) çevirici devresidir. Temel olarak toplama devresidir. Devredeki R1, R2, R3, R4 dirençleri veri bitlerinin ağırlığına göre seçilmiştir. R1 en az ağırlıklı bit LSB, R4 ise en ağırlıklı MSB bitidir. Direnç ve anahtar sayısı veri bilgisindeki bit sayısına eşittir. Yani devre, 4 bitlik DAC çeviricidir. Anahtarların açık konumları lojik 0'ı ifade ederken kapalı konumları lojik 1'leri ifade eder.

Devrenin çıkış voltajı (analog sinyal) aşağıdaki formüller ile hesaplanır.

Tüm anahtarlar kapalıyken:

$$ÇIKIŞ = -(\frac{R5}{R1}.Vg + \frac{R5}{R2}.Vg + \frac{R5}{R3}.Vg + \frac{R5}{R4}.Vg)$$

S1, S2, S3 kapalıyken:

$$ÇIKIŞ = -(\frac{R5}{R1}.Vg + \frac{R5}{R2}.Vg + \frac{R5}{R3}.Vg)$$

Kapalı anahtarlar (Lojik 1) formüle dâhil edilirken açık anahtar (Lojik 0) formülden çıkarılmalıdır.

Süre: 2 Ders Saati

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
DC Güç kaynağı	220/12 0 -12 volt (Simetrik)	1 Adet
DC Voltmetre	Dijital	1 Adet
Direnç	20 KΩ, 47 KΩ, 82 KΩ, 150 KΩ, 220 KΩ	5 Adet
Entegre	741	1 Adet
Anahtar	on/off	4 Adet
Breadboard	Tekli	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alınız. Tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzemeleri kaldırınız. Uygulama devresini breadboard üzerine kurunuz.
2. Yapılan işlemleri atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.
3. Atölye öğretmeninizin gözetiminde güç kaynağını açınız. Güç kaynağının gerilimini 0 volta getiriniz. Uygulama devresini güç kaynağına bağlayınız.
4. Güç kaynağının gerilimlerini gerekli voltaja getiriniz.
5. Tablo 1.9'de 0 durumu anahtarın açık, 1 durumuysa anahtarın kapalı olduğunu gösterir. Buna göre tablodaki dijital bilgi girişlerinin tamamını uygulayıp voltmetrede okuduğunuz değerleri karşısına yazınız.
6. Yapılan ölçümleri atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.
7. Çalışma ortamını temizleyiniz.

Süre: 2 Ders Saati

Tablo 1.9: Uygulama Devresi Ölçüm Tablosu

Anahtar Durumları (Dijital Girişler)				Dijital Girişlerin Onluk Karşılığı	Voltmetrede Okunan Değerler (Analog Çıkış)
S 4	S 3	S 2	S 1		
0	0	0	0	0	V
0	0	0	1	1	V
0	0	1	0	2	V
0	0	1	1	3	V
0	1	0	0	4	V
0	1	0	1	5	V
0	1	1	0	6	V
0	1	1	1	7	V
1	0	0	0	8	V
1	0	0	1	9	V
1	0	1	0	10	V
1	0	1	1	11	V
1	1	0	0	12	V
1	1	0	1	13	V
1	1	1	0	14	V
1	1	1	1	15	V

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Dijital giriş sinyali ile analog çıkış sinyali arasındaki farkları açıklayınız.

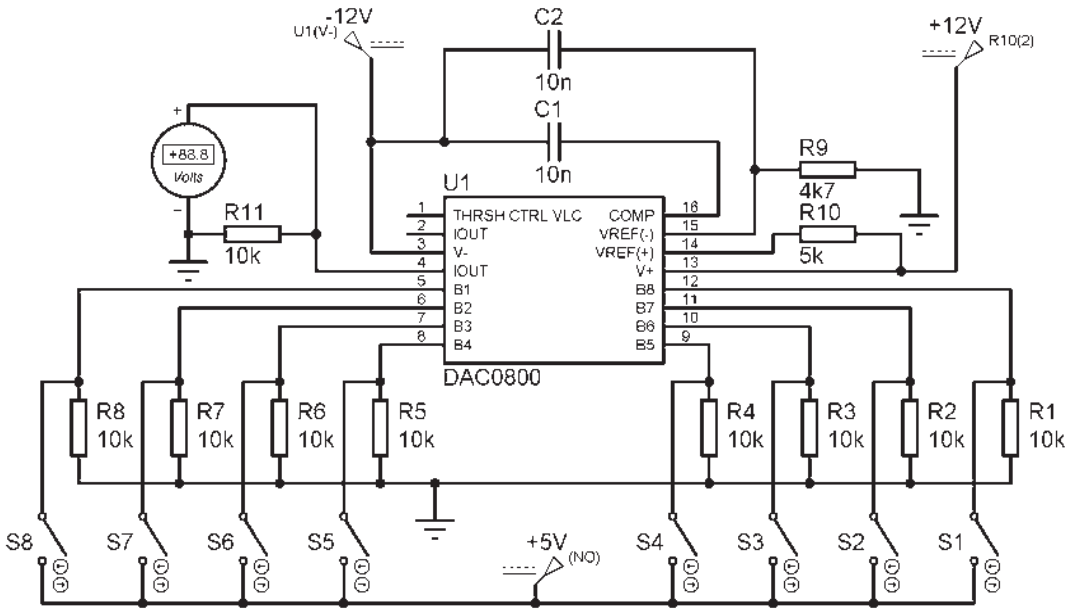
Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... / .... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

Süre: 2 Ders Saati

1.9. Uygulama: Entegre ile Dijital / Analog Çevirici (DAC) Devre Kurma

Amaç: Entegre ile dijital / analog çevirici (DAC) devre kurmak ve ölçümler yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 1.31: Dijital / analog çevirici devre şeması

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
DC Güç kaynağı	220/12 0 -12 volt (simetrik), 5 volt	2 Adet
DC Voltmetre	Dijital	1 Adet
Direnç	4.7 KΩ, 5 KΩ, 9X10 KΩ	11 Adet
Kutupsuz kondansatör	2x10 nF	2 Adet
Entegre	DAC0800	1 Adet
Anahtar	mikro	8 Adet
Breadboard	Tekli	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alınız. Tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzemeleri kaldırınız. Görsel 1.31'deki uygulama devresini breadboard üzerine kurunuz.
2. Yapılan işlemleri atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.
3. Atölye öğretmeninizin gözetiminde güç kaynağını açınız. Güç kaynağının gerilimini 0 volta getiriniz. Uygulama devresini güç kaynağına bağlayınız.
4. Güç kaynağının gerilimlerini gerekli voltaja getiriniz.

Süre: 2 Ders Saati

5. Tablo 1.10'a dijital girişlerin onluk karşılıklarını yazınız.
6. Tablo 1.10'da 0 durumu anahtarın açık, 1 durumuysa anahtarın kapalı olduğunu gösterir. Buna göre tablodaki dijital bilgi girişlerinin tamamını uygulayıp voltmetrede okuduğunuz değerleri karşısına yazınız.
7. Yapılan ölçümleri atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.

Tablo 1.10: Uygulama Devresi Ölçüm Tablosu

Anahtar Durumları (Dijital Girişler)								Dijital Girişlerin Onluk Karşılığı	Voltmetrede Okunan Değerler (Analog Çıkış)
S 8	S 7	S 6	S 5	S 4	S 3	S 2	S 1		
0	0	0	0	0	0	0	0		V
0	0	0	0	0	0	1	0		V
0	0	0	0	0	1	0	0		V
0	0	0	0	1	0	1	1		V
0	0	0	0	1	1	0	0		V
0	0	0	0	1	1	1	1		V
0	0	0	1	0	1	1	1		V
0	0	0	1	0	0	0	0		V
0	0	1	0	0	0	0	0		V
0	1	0	0	0	0	0	0		V
1	0	0	0	0	0	0	0		V
0	0	0	1	1	1	1	1		V
0	0	1	0	1	1	0	0		V
0	1	1	0	1	1	0	1		V
1	0	0	0	1	1	1	0		V
1	1	1	1	1	1	1	1		V

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Dijital giriş sinyali ile analog çıkış sinyali arasındaki farkları açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... / .... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

Süre: 2 Ders Saati

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise "D" yanlış ise "Y" yazınız.

1. (…..) Günlük hayatta matematiksel işlemler için onluk sayı sistemini kullanır.
2. (…..) Bilgisayar ve dijital devrelerde sıklıkla ikilik sayı sistemi kullanılır.
3. (…..) 16 bit uzunluğundaki veri 1 bayt veriye eşittir.
4. (…..) 1000 KB uzunluğundaki veri 1 MB veriye eşittir.
5. (…..) DEĞİL kapısı, girişine uygulanan sinyali tersleyerek çıkışa verir.
6. (…..) VE kapısı, girişlerine uygulanan sinyalleri toplama işlemine tabi tutar.
7. (…..) Analog sinyaller bir makine tarafından üretilen ikilik sayılardan oluşur.
8. (…..) Ses sinyalleri dijital sinyallere dönüştürülebilir.
9. (…..) Analog sinyalleri bilgisayara kaydetmek için dijital sinyale çevirmek gerekir.
10. (…..) Dijital sinyallerin insan duyularına hitap etmesi için analog sinyale çevrilmesi gerekir.

B. Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları cevaplayınız.

11. **Mikro işlemci tabanlı cihazlarda aşağıdaki sayı sistemlerinden en çok hangisi kullanılır?**

A) Dörtlük-Altılık
B) Sekizlik-Onluk
C) İkilik-Dörtlük
D) İkilik-Onaltılık
E) Sekizlik-Onaltılık

12. **$(101)_2 = (?)_{10}$ işleminin sonucu aşağıdakilerden hangisidir?**

A) 5
B) 6
C) 7
D) 8
E) 9

13. **$(7)_{10} = (?)_2$ işleminin sonucu aşağıdakilerden hangisidir?**

A) 001
B) 011
C) 101
D) 110
E) 111

14. **00010011 ikilik sayısının BCD kodlanmış hâli aşağıdakilerden hangisidir?**

A) 11
B) 12
C) 13
D) 23
E) 25

15. **Lojik kapıların matematiksel gösteriminin harflerle yapılması, aşağıdakilerden hangisiyle ifade edilir?**

A) Boolean ifadesi
B) Elektriksek eş değeri
C) Doğruluk tablosu
D) Entegre devresi
E) Sembolü

16. 

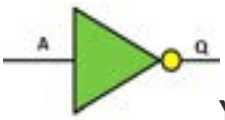
Yukarıda sembolü verilen lojik kapı aşağıdakilerden hangisidir?

A) DEĞİL
B) VE
C) VEYA
D) ÖZEL VEYA
E) VE DEĞİL

17. 

Yukarıda sembolü verilen lojik kapı aşağıdakilerden hangisidir?

A) VE
B) VE DEĞİL
C) VEYA
D) ÖZEL VEYA
E) VEYA DEĞİL

18. 

Yukarıda sembolü verilen lojik kapı aşağıdakilerden hangisidir?

A) ÖZEL VEYA DEĞİL
B) DEĞİL
C) VEYA
D) ÖZEL VEYA
E) VE

19. **Sadece iki değer alabilen sinyal türü aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Analog
B) Dijital
C) Kompleks
D) Alternatif
E) Doğru

20. **Dijital sinyalin analog sinyale dönüştürme işlemi aşağıdaki devrelerden hangisiyle yapılır?**

A) ADC
B) Yükselteç
C) Op-amp
D) DAC
E) Lojik kapı



2. ÖĞRENME BİRİMİ

DİSPLAYLER VE KOKPİT ALETLERİ

KONULAR

2.1. AVİYONİK GENEL TEST EKİPMANLARI

2.2. ÇEŞİTLİ EKRAN TİPLERİ

2.3. ELEKTRONİK ALET SİSTEMİNİN TİPİK KOKPİT YERLEŞİMİ

2.4. KOKPİTTEKİ ELEKTRONİK ALET SİSTEMLERİNİ ÇALIŞTIRMAK VE TEST ETMEK



https://www.eba.gov.tr/c?q=U51078_b8ae7234

Temel Kavramlar ve Terimler

- Aviyonik test cihazları, ARINC 429, ekran çeşitleri, kokpitteki elektronik ekranlar.

Öğrenme Birimi Açıklaması

- Bu öğrenme birimi; aviyonik genel test ekipmanları, farklı ekran çeşitleri, kokpitteki elektronik sistemlerin test edilmesi ve elektronik sistemlerin kokpit yerleşimi konularını içermektedir.

Hazırlık Çalışmaları

- Uçak sistemlerinin hatasız çalışması için neler yapılabilir? Açıklayınız.
- Günlük hayatta kullanılan elektronik sistemler ile uçak elektronik sistemleri arasında ne gibi benzerlikler olabilir? Açıklayınız.

2.1. AVİYONİK GENEL TEST CİHAZLARI

Aviyonik; İngilizce aviation [eyvieyşın (havacılık)] ve electronic (elektronik) kelimelerinin birleşiminden oluşup avionics (havacılık elektroniği) anlamında kullanılmaktadır.

Aviyonik sistemler; uçaktaki haberleşme, seyrüsefer, gösterge, kayıt ve kontrol sistemleri gibi alt sistemleri bünyesinde barındırır.

2.1.1. ARINC 429

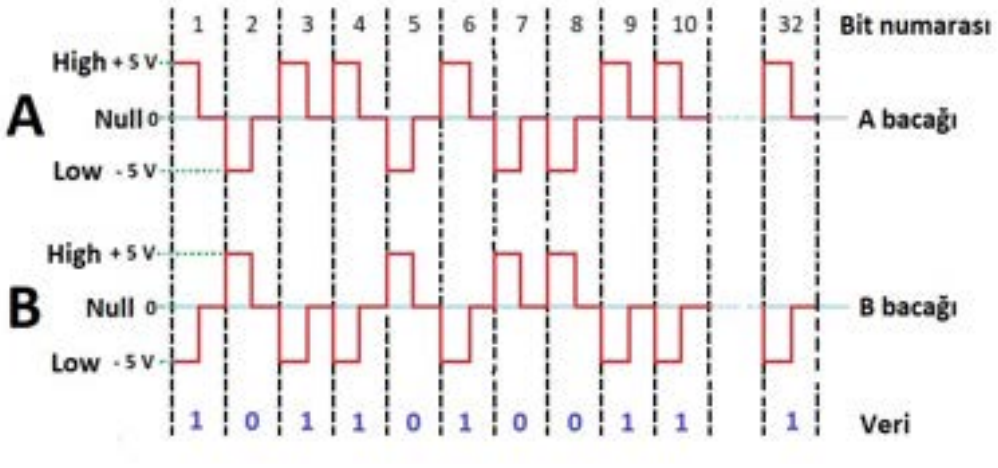
Veri Yolu: Aygıtlar arası bağlantı ve veri iletişimini sağlayan devrelerdir.

Uçaklarda, yönetim bilgisayarı diğer bilgisayarlarla veri yolu sayesinde birbirine bağlanır ve iletişim kurar. Ayrıca bilgisayar içindeki tüm parçalar, mikroişlemciye (CPU) veri yolu sayesinde bağlanır. Veri yolu, kablolar veya elektromanyetik sinyaller vasıtasıyla gerçekleşir. Veri yolu iletişimi ile bilgiler aktarılır.

Adres Yolu: Verilerin nerede olduğu hakkında bilgi verir.

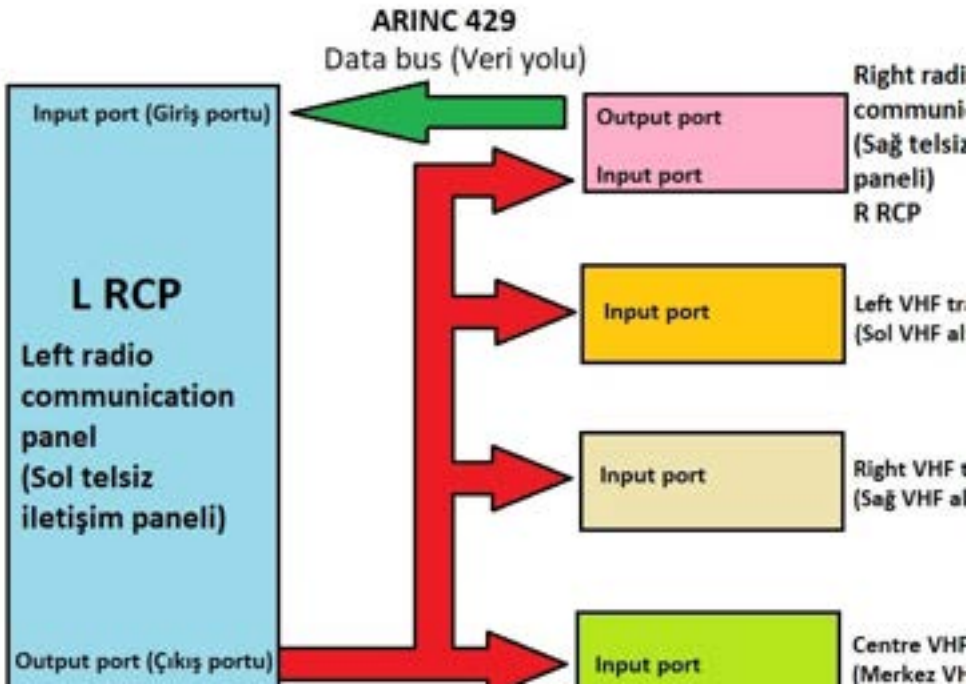
Bipolar RZ (BPRZ) Hat Kodlama Tekniği

Bipolar RZ kodlama tekniğinde HI [Yüksek (High)] lojik 1, LO [Düşük (Low)] lojik 0 ve NULL 0 voltu temsil eder. Bu kodalama tekniğinde her bir bit, düşük veya yüksek voltaj düzeyinden sıfır düzeyine dönmesi ile kodlanır İkilik 1; bitin başlangıcında voltaj düzeyinin yükselmesi, bit gönderim genişliğinin tam ortasına gelindiğinde ise tekrar sıfıra düşerek bitin sonuna kadar sıfır düzeyinde kalması ile kodlanır. Sıfır ise aynı şekilde bitin gönderilmesiyle voltaj düzeyinin düşmesi, bit genişliğinin tam ortasında tekrar sıfıra yükselmesi ile kodlanır (Görsel 2.1).



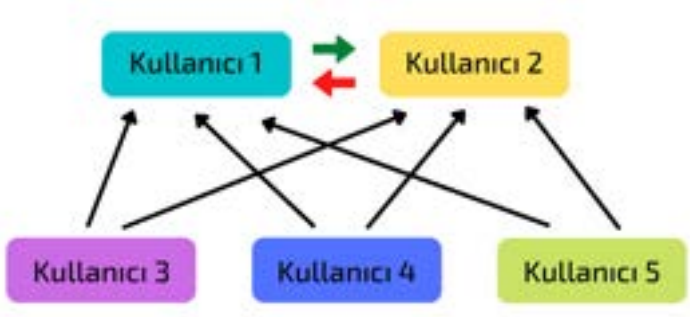
Görsel 2.1: Bipolar RZ kodlama

ARINC 429, ticari uçaklarda (boeing ve airbus) en yaygın kullanılan veri yolu iletişim tekniğidir. ARINC 429 tek yönlü kullanılır. BPRZ formatını kullanarak 32 bit kelimeyi bükülü çift kablo üzerinden iletir. Her kelimenin beş alanı bulunur ve NULL (sıfır voltaj) ile ayrılır. Bu durum, ayrı bir saat sinyali kablosuna olan ihtiyacı ortadan kaldırır. Aynı kablolar üzerinden veriler ve adres bilgileri iletilir (Görsel 2.2).

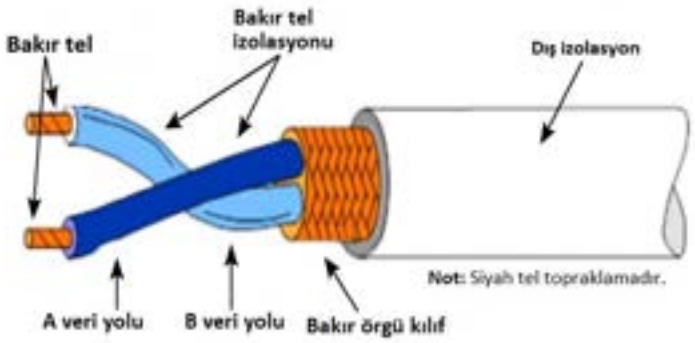


Görsel 2.2: ARINC 429

Aviyonik sistemlerde, ARINC 429 tek yönlü veri yolu standardı kullanılır (Görsel 2.3).

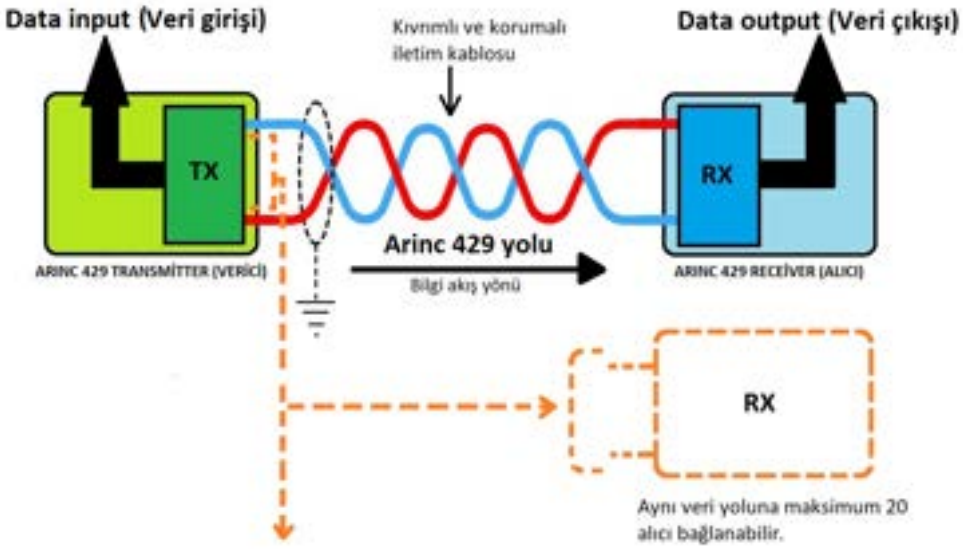


Görsel 2.3: Çok sayıda aviyonik sistemin iletişimi



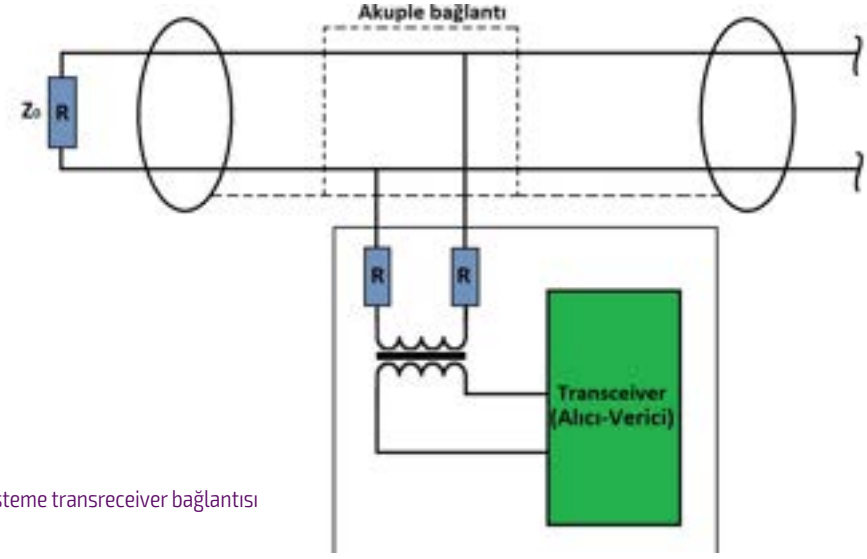
Görsel 2.4: ARINC 429 veri yolu kablosu

Aviyonik sistemlerin birbiriyle iletişimi, bükülü çiftler hâlindeki tellerin birbirine bağlanması ile yapılır (Görsel 2.4). ARINC 429, elektriksel verileri tek yönlü veri yolu iletim protokollüyle yapar. Veri iletimi ve alımı ayrı noktalardan yapıldığı için ayrı tellere ihtiyaç duyulur (Görsel 2.5).



Görsel 2.5: ARINC 429 mimarisi

Bilgisayar ile alıcı-vericiler, veri yoluna doğrudan bağlanır. Transceiver [trensivır (alıcı-verici)] birbirine bağlanırken aşırı yükten dolayı hasar oluşmaması için araya transformatör bağlanır (Görsel 2.6).



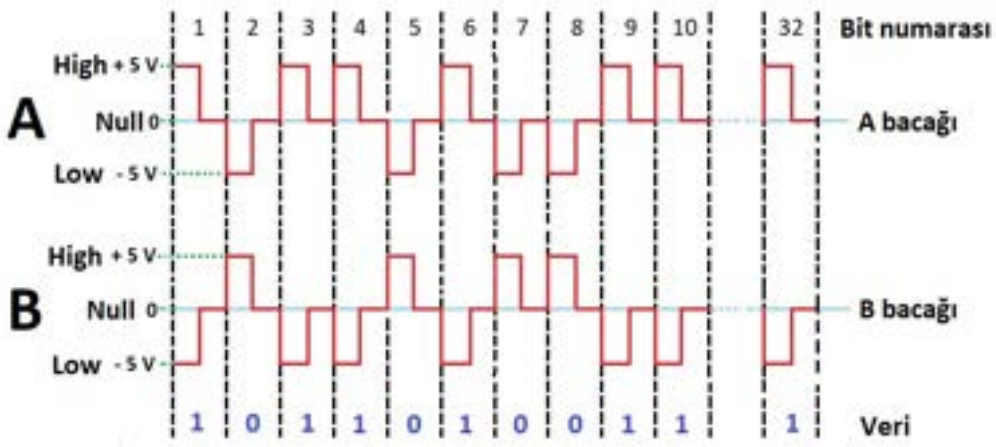
Görsel 2.6: Sisteme transreceiver bağlantısı

ARINC 429'da bipolar sıfır dönüş (BPRZ) kodlaması kullanılır. +5 volt ile -5 volt arasında sinyal seviyesi değişir. Bu nedenle pozitif ve negatif polariteye sahip teller arasında 10 volt gerilim olur (Görsel 2.7).

Örneğin A bacağından (A telinden) B bacağına (B teline) göre ölçüm yapılırsa (A bacağına voltmetrenin + probu, B bacağı voltmetrenin – probu bağlandığında)

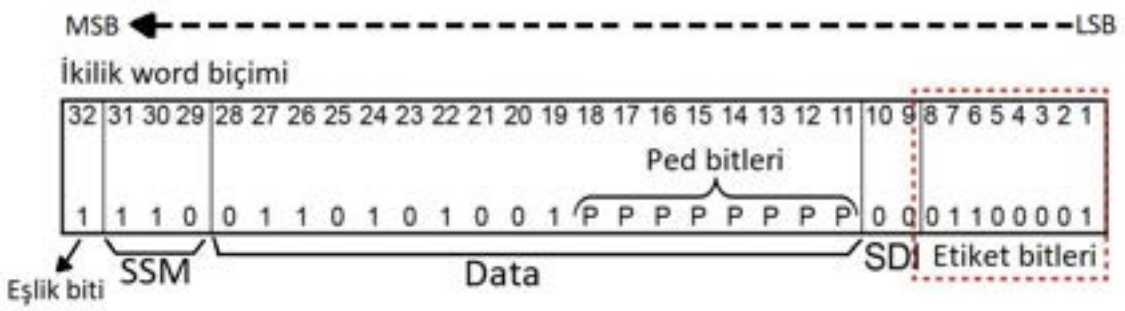
- A bacağı +5 volt (HI), B bacağı – 5 volt (LO) durumunda voltmetre'de 10 volt değer okunur. Sinyal durumu lojik 1 olduğu anlaşılır.
- A bacağı - 5 volt, (LO) B bacağı + 5 volt (HI) durumunda voltmetre'de -10 volt değer okunur ve sinyal durumu lojik 0 olduğu anlaşılır.
- A bacağı 0 volt, (Null) B bacağı 0 volt (Null) durumunda voltmetre'de 0 volt değer okunur.

Not: Gerilim değerlerinde 1 voltluk hata olabilir, bu hata dikkate alınmaz.



Görsel 2.7: ARINC 429 örnek kodlama

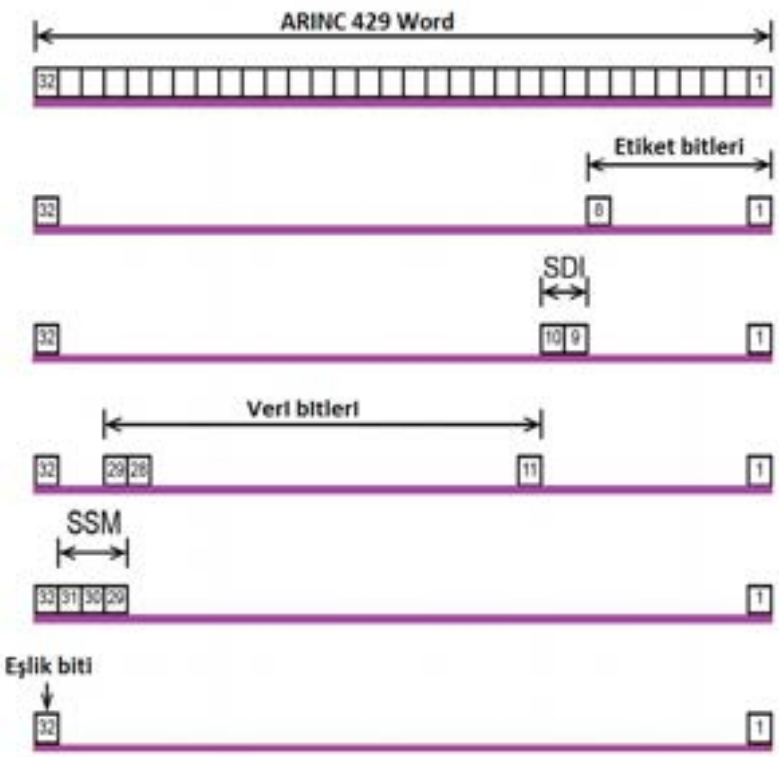
ARINC 429, 32 bitlik bilgilerden oluşur ve iletimi seri olarak yapar. 32 bitlik veri etiketi SDI, data, SSM ve eşlik bitinden oluşur. ARINC biti 1'den 32'ye kadardır. Bir diğer deyişle LSB'den MSB'ye kadardır (Görsel 2.8, Görsel 2.9).



Görsel 2.8: ARINC 429 örnek 32 bit biçimi

Parity [Peıiti (Eşlik)] Biti

MSB (32. bit) ARINC 429'nin eşlik bitidir. Eşlik, bazı testler dışında tek değere ayarlanmıştır.

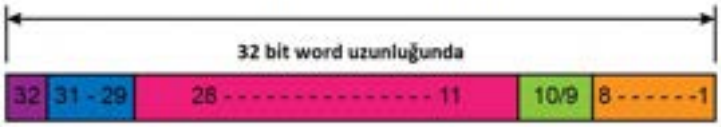


Görsel 2.9: ARINC 429 32 bit biçimi

SSM [Sign / Status Matrix (İşaret / Durum Matrisi)]

31 ve 30 bitleri, işaret / durum matrisini veya SSM'yi içerir. Bu alan, donanım ekipmanı durumunu, çalışma modunu veya veri içeriğinin geçerliliğini içerir (Görsel 2.10).

ARINC 429 MİMARİSİ



BNR veri - SSM bitler 29,30&31

29	Designation
0	Plus, North, East, Right, Two & Above
1	Minus, South, West, Left, From & Below

29	Atanan komut
0	Artı, Kuzey, Doğu, Sağ, Çift & Yukarı
1	Eksi, Güney, Batı, Sol, Kaynak & Aşağı

30	31	Designation
0	0	Failure warning
0	1	No computed data
1	0	Functional test
1	1	Normal operation

30	31	Atanan komut
0	0	Arıza uyarısı
0	1	Gelen veri yok
1	0	Fonsiyonel test
1	1	Normal operasyon

Görsel 2.10: ARINC 429 mimarisi

Data (Bilgi Bitleri)

29 ile 11 arasındaki bitlerdir. Farklı formatta BCD gibi verileri içerebilir.

SDI [Source Destination Indicator (Sors Destıneyşın Indıkeytır)] Biti

Bit 10 ve 9, bir kaynak / hedef tanımlayıcısı olarak kullanılır. Verilerin alındığı ve alıcının tanımlanmasında birden fazla alıcı için kullanılır. İletim kaynağını tanımlamak için en fazla 20 alıcı kullanılabilir.

Label (Etiket 4) Biti

8 ile 1 arasındaki bitler, veri türünü ve bununla ilişkili parametreleri tanımlayan bir etiket içerir. Etiket, mesajın önemli bir parçasıdır. Sözcüğün geri kalanının veri tipini, dolayısıyla kullanılacak veri çeviri yöntemini, belirlemek için kullanılır. Etiketler, sekizli (octal) sayılarla temsil edilir.

İletişim Sırası

Etiket hariç her bir baytın en az anlama sahip biti önce iletilir ve etiket her durumda verilerin önünde iletilir.

ARINC veri yolunda iletilen bitlerin sırası; 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 10, 11, 12, 13... 32 şeklindedir.

Not: Veri yolunda 32 bitlik bir ARINC sözcüğü iletildiğinde etiket durumunda en önemli bit öncelikle iletilir. Bu ters sıralama, ARINC kelimesindeki diğer bitlerin iletim sırasının tersi yöndedir.

Bilgi Kutusu

- **AMM (Aircraft Maintance Manuel):** Türkçesi "uçak bakım kılavuzu"dur. Uçaktaki sistemler hakkında bilgi, malzeme söküm takımı, ikmaller, parça değişimi, çalışma limitleri, kontroller, testler, temizlik, boya vb. bilgileri içeren bakım kılavuzudur.
- **APU (Auxiliary Power Unit):** Yardımcı güç ünitesi.
- **CDU (Control Display Unit):** Kontrol gösterge birimi.
- **FIM (Fault Isolation Man):** Türkçesi "arıza izolasyon adamı"dır**.** Airbus tipi uçakların arıza bulma kitabıdır.
- **FMS (Flight Management System):** Uçuş yönetim sistemi.
- **IRU (Inertial Reference Unit) :** Ataletsel referans ünitesi.
- **MCDU (Multi-foncstion Control and Display Unit):** Çok amaçlı kontrol ünitesi.
- **SRU (Shop Replaceable Unit):** Mağazada değiştirilebilir ünite.
- **TSM (Trouble Shooting Manual):** Türkçesi "sorun giderme kılavuzu"dur. Boeing tipi uçakların arıza bulma kılavuzudur.

2.1.2. Aviyonik Genel Test Ekipmanları

Aviyonik sistemler, uçak üzerinde bulunan sistemlerin sorunsuz bir şekilde çalışmasını sağlayan elektronik bir yapıdır. Uçağın tipine göre değişmekle birlikte tüm aviyonik sistemlerin kendine ait özel test cihazları ve performans sorunlarını gidermeyi sağlayan BITE [Built In Test Equipment (Dâhili Test Ekipmanı)] sistemleri bulunur.

Aviyonik test cihazları; bağlı bulunduğu sisteme ait elektronik box [baks (kutu)] sistemini, kokpit kontrol panelini, haberleşme yollarını ve diğer sistemlerle olan arayüzlerini kontrol etmek amacıyla kullanılır.

LRU [Line Replaceable Unit (Hat Değiştirilebilir Ünite)]

Aviyonik sistemler; LRU adı verilen, hat seviyesi değiştirilebilen ünite ya da ünitelerden meydana gelir.

BITE [Built In Test Equipment (Dahili Test Cihazları)]

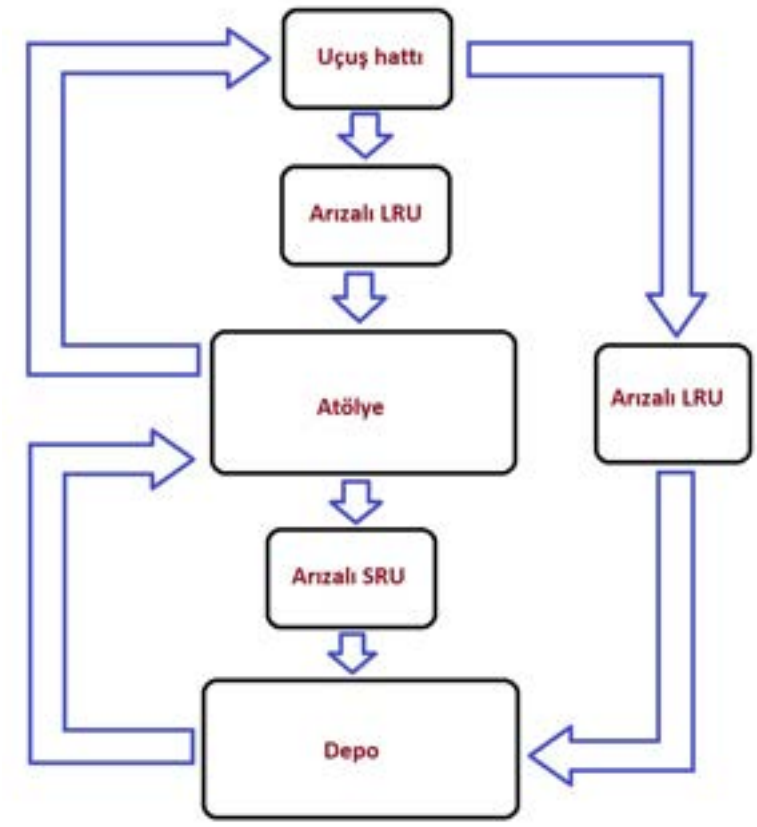
BITE, aviyonik sistemlerdeki bilgisayar kontrol kısmını oluşturan alıcı verici gibi test ekipmanlarından oluşur. Birincisi power up [paur ap (güç)] testi, uçağa normal verilen ilk elektrik ile başlar ve otomatik olarak BITE başlatır. İkincisi cyclic [sayklik (döngüsel)] test, sistemler normal hâldeyken yapılan testtir ve otomatik olarak BITE kart başlatır. Üçüncüsü self manual (kendi kendine manuel) test, özellikle bir LRU değiştikten sonra yapılır. MCDU veya FMS-CDU tarafından bakımcının başlattığı testtir. Dördüncüsü operational [opıreyşınıl (operasyonel)] test, ilgili sistemin işlevsel hâle getirildiği bir simülasyon gibi yapılır. MCDU, FMS-CDU'dan bakımcının başlattığı testtir.

Bir de functional / specific [fangkşınıl / spesifik (işlevsel / özel)] testler vardır. Bunlar; BITE kartlarla ilgisi olmayan AMM, TSM veya FIM gibi özel kullanılan test cihazları ile yapılan testlerdir. Hava aracı yer modundayken normal elektrik (Ground power unit / external power veya APU generator) verilse dahi elektronik sistemlerinin birçoğu çalışmaz. Sistemler; işlevsel hâle geçmese de kontrol kutularının [control box (kıntrol baks)] içinde bulunan BITE kart vasıtasıyla ilk test denildiğinde power up teste geçer. Control box, teste software ve hardware olmak üzere önce kendini test etmeye başlar. Sonra control box hangi sistemde kullanılıyorsa kendi altında çalışan tüm komut, monitör, LRU ve sarf malzemeleri tek tek sorgular. Herhangi bir arıza görmezse kokpit tarafında herhangi bir uyarı (sesli, ışıklı veya yazılı) vermez. Eğer hata görürse MSU'daki sarı hata ışığı yanar ve kullanıcı sistemlerine giden veri yollarındaki durum biti ile hata kodu gönderilir.

Aviyonik Test Ekipmanları [Avionic Test Equipment (ATE)]

Aviyonik testler, uçak tipine ve sisteme göre farklılık gösterebilir. Aviyonik testlerin yapıldığı üç aşama vardır.

- Uçak üzerinde ve uçuş esnasında genel bakım gözlem yoluyla yapılır.
- Uçuş hattında BITE testi ile yapılır.
- Atölye ortamında tüm fonksiyonların test edilebildiği uygun malzemelerle yapılır.



Görsel 2.11: LRU faaliyet akış diyagramı

LRU'nun arızalanıp yenisiyle değiştirilmesinin maliyeti yüksektir. Bu nedenle otomatik test cihazları (Automatic Test Equipment - ATE) kullanılmaktadır. ATE, insan hatalarını ortadan kaldırır; test işlemlerini otomatik, güvenilir ve hızlı bir şekilde yapar.

ATE, özel bir yazılım içeren bilgisayar kontrollü bir test cihazıdır. ATE'nin test cihazlarını ve yan ünitelerini kontrol etmek için kullandığı bir bilgisayarı vardır. Bu cihazlar, LRU 'ya gerekli girdileri sağlayan bir test yazılımı kontrolü altında çalışır. Test edilen LRU, test edilen birim şeklinde de adlandırılır. LRU'nun arızalı olup olmadığını tespit etmek için LRU'dan gelen cevaplar ATE tarafından ölçülür, değerlendirilir ve cevaplandırılır. Referans değerlerle kıyaslanır ve ortaya çıkan sonuçlar; gerekli arıza kodları, çalışan test sonuçları mesaj ya da uyarı şeklinde operatöre bildirilir.

LRU bakımı, ATE kullanılarak iki farklı seviyede yapılır.

1. Atölye Seviyesi Bakım

Atölye servis bakımı, en yakın mesafeye konumlanmış atölyeler tarafından yapılır. Atölye seviyesinde kullanılan ATE'ler, hangarlar ve uçuş hattına göre daha geniş kapsamlı cihazlardır. Bu atölyelerde, LRU'ların arızalarının tespitinin yanında performansları da incelenebilir. Atölye seviyesinde kullanılan test yazılımları, test edilen birim içerisinde bulunan arızalı SRU ya da alt ünitenin tespit edilmesinde kullanılır. Arızalı olduğu tespit edilen SRU, bir üst bakım seviyesi olan depo seviyesine gönderilir.

2. Depo Seviyesi Bakım

Depo seviyesi bakım, uygun çevresel koşullara ve hassas limitlere sahip, özel ekipmanların olduğu mevcut bina ya da laboratuvarlarda yapılır. Kullanılan test cihazları çok amaçlıdır. Belirli sıcakta ve nem oranında çalışan hassas cihazlardır. Bu seviyede laboratuvarlara gelen arızalı LRU ve SRU'ların testleri yapılarak sorunun nereden kaynaklandığı tespit edilir ve arızası giderilir.

ATE, kullanım amacına göre üçe ayrılır.

1. Klasik ATE

Klasik ATE sistemi, genellikle birden fazla test cihazı ve bu sistemi kontrol eden bir bilgisayardan oluşur. Test kabiliyeti sınırlı, ölçüm sonuçlarının operatör kararına veya yorumuna açık olması nedeniyle test güvenirliliği düşüktür. İşlemlerin manuel gerçekleştirilmesi nedeniyle test süreleri uzundur. Arıza teşhisi operatör kabiliyetine bağlı olduğundan teknik eğitim ihtiyacı daha fazladır. Özel amaçlı tasarlanmış olmaları ve self test imkânlarının kısıtlı olması nedeniyle test cihazlarının ileri teknolojilere uyumu, geliştirilmesi ve diğer sistemlerde kullanım yeteneği düşüktür.

2. Modüler ATE

Klasik ATE'lerdeki kurulum ve taşıma problemini gidermek, kolayca yer değiştirilebilir ve desteklenebilir sistemler sağlamak için tasarlanmıştır. Bu sistemlerin tasarımı sırasında çeşitli standartlar belirlenmiş, daha sonra tasarlanan tüm sistemler bu temel üzerine oluşturulmuştur. Modüler ATE ilk olarak ABD'de kullanılmıştır. Yüksek maliyetli olmasından ve geliştirilmeye uygun olmamasından dolayı fazla kullanım alanı bulamamıştır.

3. Standartlaştırılmış ATE

Açık mimari özelliğe sahip ATE sistemidir. Sürekli geliştirilebilir, değişen şartlara cevap verebilecek donanım ve yazılımı seçme imkânı verir. Kolay geliştirme ve destekleyebilme avantajı vardır. Açık yapı mimari özelliği sayesinde test altyapısını sürekli geliştirme imkânı sağlar. Modernize edilebilmesi sayesinde kullanıma yeni giren sistemlere sistemlere hizmet verebilecek şekilde kullanım alanı sağlar ve süreleri kolayca uzatılabilir.

ATE'nin Yapısı ve Genel Özellikleri

ATE'nin genel özeliği, arıza veya bakım nedeni ile uçaktan sökülen LRU'ların test işlemlerinin yapılması ve arızalarının giderilmesidir. ATE, LRU'ya uygun istasyon arayüzü (Interface Test Adapter - ITA) ile bağlanır. Sonra test işlemi yapılır. Eğer arıza varsa arızanın nedeni belirlenir. Arızalı SRU'ya da alt ünitenin ne tür arızası (voltaj, memory, zamanlama vb.) olduğunu belirten arıza mesajı verir. Arızalı SRU değiştirilir, LRU tekrar test edilir ve kontrolden sonra servise verilir.

Tipik bir ATE donanımı; data işleme, data dağıtım, simülasyon, ölçümleme, anahtarlama ve bağlantılar, güç kaynağı, havalandırma, soğutma sistemi, LRU ara adaptörleri (ITA), istasyonu kontrol eden bilgisayar ve yan üniteler ve dâhilî bağlantılardan oluşur. Test istasyonları, LRU'ların test ve arıza işlemleri için gerekli örnekleme ve ölçümleme fonksiyonlarını sağlayan programlanmış aletlerdir.

- **ITA [Interface Test Adapter (Arayüz Test Adaptörü)]:** LRU ve ATE arasındaki iletişim ITA ile yapılır. ITA arabirim uzlaştırıcısıdır, mekanik olarak ATE ile LRU arasına bağlanır ve LRU ile ATE arası eşleşmeyi sağlar. Genellikle her LRU 'nun ayrı ITA'sı vardır. ITA üzerindeki konnektörler ve LRU konnektörleri arasına gerekli kablo bağlantısı yapılır. Bu bağlantılar sayesinde elektriksel ve veri yolu bağlantısı sağlanmış olur.

  LRU'lar farklı bağlantı noktası ve giriş çıkış portuna sahiptir. Bu yüzden LRU ile ATE arasındaki iletişim, her iki birimi birbirine fiziksel olarak bağlayan ve test istasyonunun farklı birimlerinden uyguladığı sinyalleri LRU'nun ilgili I/O (giriş çıkış) uçlarına yönlendiren ITA tarafından gerçekleştirilir.
- **TRU [Test Replaceable Unit (Değiştirilebilir Test Ünitesi)]:** Her ATE, TRU adı verilen LRU - ATE kendi kendini test [confidence - diagnostıc – alignment (güven – tanı - uyum)] işleminde kullanılan ya da LRU test işlemlerine yardım eden donanımlardan oluşur. TRU, rack mounted [rak mauntıd (rafa monte)] elektronik ünite şeklinde olabilir. Çekmeli raf şeklinde olmasından dolayı bakım onarımı kolaydır. TRU rack mounted olduğu gibi ayrı bir ünite şeklinde de olabilir. Hava akışı ve soğutma, mikrodalga, güç kaynakları ve kontrol üniteleri muhtelif TRU'lardır. Kullanılan TRU'ların çeşitliği veya görevleri, ATE'nin test kabiliyet yelpazesiyle ilgilidir.

2.1. Uygulama: ARINC 429 Testinin Yapılması

Amaç: Alet ve cihazların kalibrasyonunu, bakım dokümanlarındaki (AMM) standartlara göre yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 2.12: ARINC 429 test cihazı

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Uçak aviyonik deney seti	AT-06	1 Adet
ARINC 429 test cihazı	Dijital	1 Adet
Data bus (Veri yolu) bağlantı kablosu	ASC 429-x	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alınız. Tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzeme bulundurmayınız.
2. Aviyonik eğitim seti ile ARINC 429 test cihazı bağlantısını yapınız (Görsel 2.12).
3. Label 315 hexa A1 equuipment ID ile birlikte stabilizer pozisyonunu gösterirken hexa 04 equipment ID ile birlikte wind speed'i gösterdiğini kontrol ediniz.
4. ARINC 429 ölçüm cihazını kullanarak, bir ölçme yaparken label ile birlikte Equipment ID'yi de ölçeceğiniz ARINC 429 mesajının equipment ID'sine ayarlayınız.

Süre: 2 Ders Saati

5. ARINC 429 mesajının taşıdığı değeri, heksadesimal veya mesajda iletilen birim cinsinden desimal olarak displayde okuyunuz. ARINC 429 wordunu bit LED'lerden gözlemleyiniz.
6. Yaptığınız işleri atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.
7. Kullanmadığınız cihazların enerjisini kesiniz.
8. Çalışma ortamınızı temizleyiniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- ARINC 429 haberleşme uçaklar haricinde kullanılıyor mu? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı ..... /	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih .... /.... / 20 ....
			10	30	40	10	10	100	
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

Süre: 2 Ders Saati

2.2. Uygulama: LRU'nun Bakımını Yapmak ve Arızasını Gidermek

Amaç: Aviyonik test ekipmanlarının bağlantısını yapmak ve test etmek.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 2.13: Aviyonik test seti

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Uçak aviyonik deney seti	APT-04	1 Adet
LRU cihaz	Uçuş bilgisayarı	1 Adet
ITA	LRU'ya uygun	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alınız. Tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzeme bulundurmayınız.
2. LRU cihazı ATE'ye uygun istasyon arayüzü ITA ile bağlayınız.
3. Test yazılımı ile test işlemini başlatınız.

Süre: 2 Ders Saati

4. Eğer arıza varsa arızanın sebeplerini belirleyiniz. Arızayı belirledikten sonra arızalı üniteyi değiştiriniz.
5. LRU'yu tekrar test ediniz.
6. Yaptığınız işleri atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.
7. Kullanmadığınız cihazların enerjisini kesiniz.
8. Çalışma ortamınızı temizleyiniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- LRU'nun arızası giderildikten sonra tekrar test edilmesindeki amaç ne olabilir? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

Süre: 2 Ders Saati

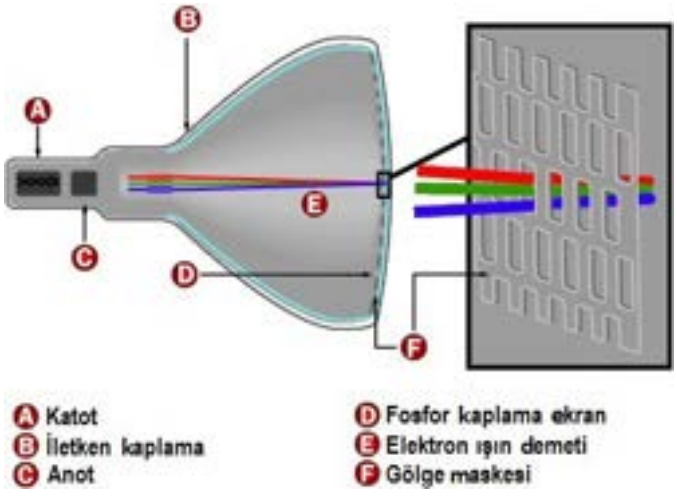
2.2. EKRAN TİPLERİ

Eski tip uçaklarda genellikle elektromanyetik göstergeler kullanılmıştır. Teknolojinin gelişmesiyle uçaklarda modern elektronik göstergelerin kullanımı artmıştır. Elektronik göstergeler, elektromanyetik göstergelere göre daha güvenilirdir.

2.2.1. CRT [Cathode Ray Tube - Kathod Rey Tyub (Katot Işın Tüpü)]

Ekran görüntü oluşturma sistemi, yüz binlerce ampulün bir araya getirilmesi olarak tarif edilebilir. CRT ekranların yüzeyi yüz binlerce küçük noktadan meydana gelir. Bu noktalara **piksel** denir. Piksellerin her biri ayrı şekilde aydınlatılır, farklı renk oluşturabilir. Piksellerin bu şekilde belirli bir düzende yanması, görüntü oluşumunu sağlar.

CRT ekranlar koni şeklindedir. Koninin dar ve sivri ucunda elektron tabancası bulunur. Koninin genişleyen ağzı dikdörtgen şeklini alır ve bu kısım fosfor tabakasıyla kaplıdır. Anot ve katot olarak adlandırılan terimler elektronikte artı (+) ve eksi (-) kutupları ifade eder. Örnek olarak bir pilde artı uç anot, eksi uç katot olur. CRT ekranlarda katot, elektron tabancası içerisinde ısınmış bir filaman (ince tel) şeklinde yer alır.



Görsel 2.14: CRT monitörün parçaları

Tüpün içi vakumlu bir ortamdır, yani hava bulunmaz. Elektronlar, katot filamanın ısınmasıyla vakum içerisinde serbest hareket edebilir. Elektronlar, anot ekran yüzeyiyle olan gerilim farkından dolayı ekrana doğru bir ışın demeti hâlinde odaklanarak fırlatılırlar. Ekran yüzeyindeki fosfor tabakasına çarpan elektronlar parlayarak pikselleri aydınlatır. Oluşturulan bu ışın demeti etrafında bulunan yatay ve dikey saptırma bobinleri vasıtasıyla ekranın her noktası için renk oluşturulur (Görsel 2.14).

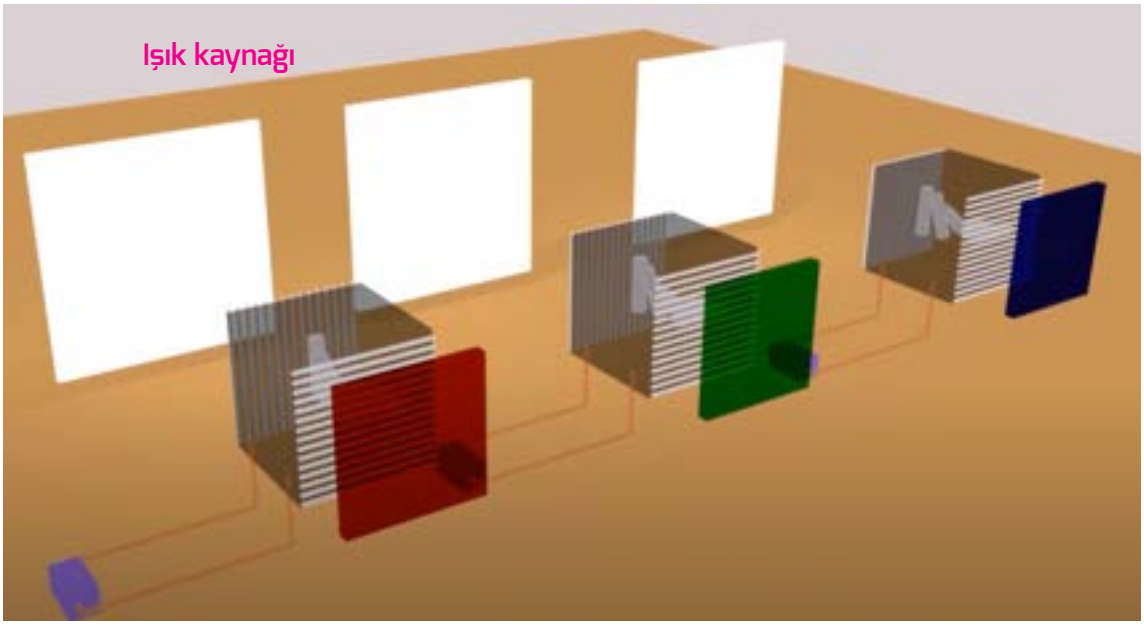
Işın demetleri elektron tabancasından üç ana renkte yayılır. Bunlar, **RGB Colors** olarak bilinen kırmızı, yeşil ve mavi renkleridir. Bu renklerin karışımı ile doğadaki tüm ara renkler üretilebilir. Bu renklerin %100 oranında karışımı beyaz rengi, hiç ışık yollanmaması yani karanlık da siyah rengi oluşturur. Diğer tüm ara renkler ise bu ana renklerin değişik oranlarda karışımıyla elde edilir. Işın demeti ekrandaki fosfor tabakasına yollanırken delikli bir gölge maskesinden geçer.

Bu maske, ışının sadece kendi rengine ait olması istenen yerlere çarpmasını sağlar.

Ekrandaki her piksel, üç alt piksele ayrılmıştır. Gölge maskesinden süzülerek çok hassas bir ayarlamayla geçen elektron demeti, alt pikselleri ayrı ayrı aydınlatır. Ana piksel, alt piksellerin birleşimiyle oluşan rengi yansıtır ve televizyon ekranında o renk gözükür. Bu olay çok yüksek hızda olup, saniyede binlerce kez yapıldığından, alınan TV sinyali ekranda gerçek zamanlı görüntü oluşumunu sağlar

2.2.2. LCD [Liquid Crystal Display (Sıvı Kristal Ekran)]

CRT'ler, gelişen teknolojiyle yerini LCD'lere bırakmıştır. LCD, iki kat polarize cam arasında yer alan yüz binlerce sıvı kristal hücreden oluşur. Panelin arkasında bulunan ışık kaynağından gelen ışık, yayılmayı sağlayan tabakadan geçerek ekrana dağılır. LCD'lerde ana teknoloji sıvı kristallerdir. Bu kristaller ışığın geçişini engeller ya da ışığı serbest bırakır. Işık, daha sonra TFT (Thin Film Transistor) adı verilen ince film transistör tabakasından, hemen ardından her sıvı kristal hücresine iletilen elektrik miktarını ayarlayan renk filtrelerinden geçer. Voltaj farkına göre sıvı kristaller harekete geçer. Bu hareket şekline göre arkadan verilen ışığın şiddeti ve kutuplaşma yönü değişir. Bu işlemlerin sonucunda da farklı oranda ve parlaklıkta kırmızı, mavi ve yeşil renkleri oluşturan ve görüntüyü sağlayan yüz binlerce piksel elde edilmiş olur (Görsel 2.15).



Görsel 2.15: LCD prensibi

Panelin arkasında ışık kaynağı olarak ince uzun floresan lambalar veya LED'ler kullanılır. Işık kaynakları sadece paneli aydınlatır, görüntü vermez.

LCD'de görüntü alınamamasının sebebi, büyük olasılıkla floresan lambalardaki veya floresanları sürmeye yarayan invertör devrelerindeki arızadır. Ekranda görüntü olmaması, bunların dışında farklı arızalardan da kaynaklanabilir.

LCD Çeşitleri

Kullanım alanlarına göre LCD, iki çeşit üretilir.



Görsel 2.16: Kokpitteki çeşitli alfanümerik LCD

Alfanümerik LCD

Bu ekran üzerinde sadece harf, rakam ve belirli göstergeler (semboller) yazdırılabilir. Ölçülen bir değeri ya da herhangi bir hesaplamayı göstermek için kullanılabilecek en basit ekran modelidir (Görsel 2.16).



Görsel 2.17: Kokpitteki çeşitli grafik LCD

Grafik LCD Ekran

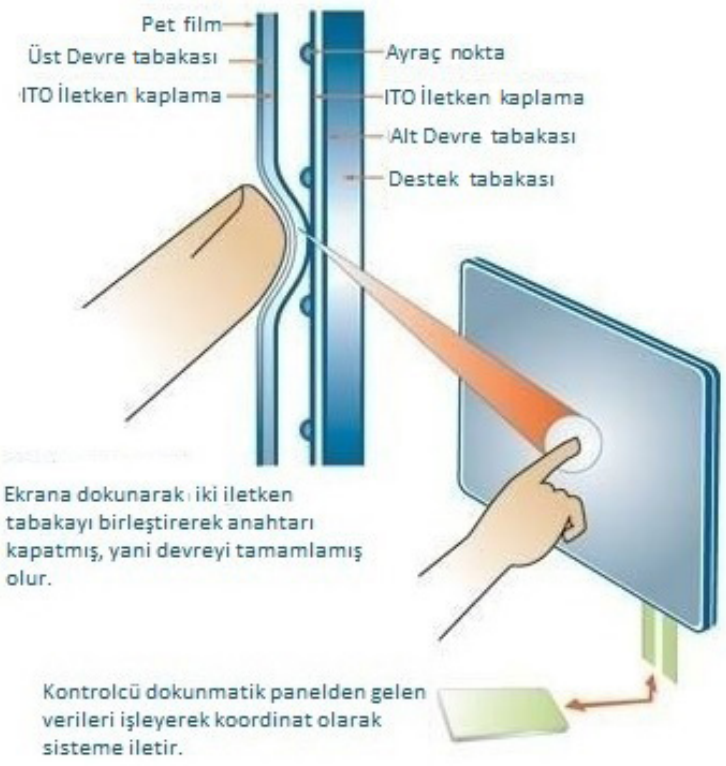
Bu tür ekranlar ile grafik tarzı görüntüler alınabilir. Kısacası alanına uygun şekilde istenen her türlü görüntü bu ekrana taşınabilir. Yüksek kalitede ve her türlü ekran görüntüsünün alınması gereken yerlerde kullanılır. Alfanümerik LCD ekranlara göre görüntü almak daha zor, fiyat olarak daha pahalıdır (Görsel 2.17).

Touchscreen (Dokunmatik Ekran) LCD

Dokunmatik ekran; bir LCD üzerine yerleştirilmiş, doğrudan ekran üzerinden giriş alabilen teknolojidir. Bu teknoloji, dokunmatik ekran yüzeyine dokunularak kullanılabilir. Ekranın önüne yerleştirilmiş görünmez bir klavyeye benzer. Nasıl çalıştığını anlamak için normal klavyelerin çalışma mantığını bilmek gereklidir. Ekranın ilgili bölümüne tıklandığı zaman bir elektrik anahtarı gibi işlem yapar. Ekranın hangi bölümüne tıklanmışsa o bölüme atanan komuta göre bilgisayar işlem yapar.

Rezistif Dokunmatik Ekranlar

Ekran üzerine yerleştirilen iletken levhanın direnci, dokunulan yer ile işlemci arasındaki mesafeyle orantılı olarak değişir; bu direnç oranına göre dokunulan yer anlaşılır.



Görsel 2.18: Dokunmatik ekranın çalışması

Ekran üzerinde yerleştirilmiş tabaka vardır. Tabaka arasındaki şeffaf ayraç içeride hava bulunmasını sağlar. Bu durum da yüzeylerin temasını engeller. Dokunma işleminin algılanması için üst kaplamadaki iletken yüzey ile alttaki dirençli kaplamanın birbiriyle temas etmesi gerekir. Dokunulan yüzeyle birlikte toplam altı tabakadan oluşur (Görsel 2.18). Dokunmatik ekran şu şekilde çalışır:

- Ekrana dokunulduğunda iki yüzey, dokunulan noktada birleşerek akımda değişiklik meydana getirir. Böylece nereye dokunulduğu anlaşılır.
- Buradan alınan veri, kontrolcüde işlenerek ekrana yansıtılır.
- Yüzeyin X ve Y koordinatları olduğu varsayılıp, dokunulan yüzeyden 5 voltluk bir gerilim geçerken bu yüzeye hangi X uzaklığında dokunulduysa bunun Y değerinde oluşan değişiklikle koordinatları belirlenir. Bu işlemler çok kısa bir sürede gerçekleşir.

Bu panel tipi, su toz gibi dış etkenlerden etkilenmez ve dayanıklıdır. Ancak daha fazla kuvvet uygulamayı gerektirir ve bu da hassas çalışmayı zorlaştırır.

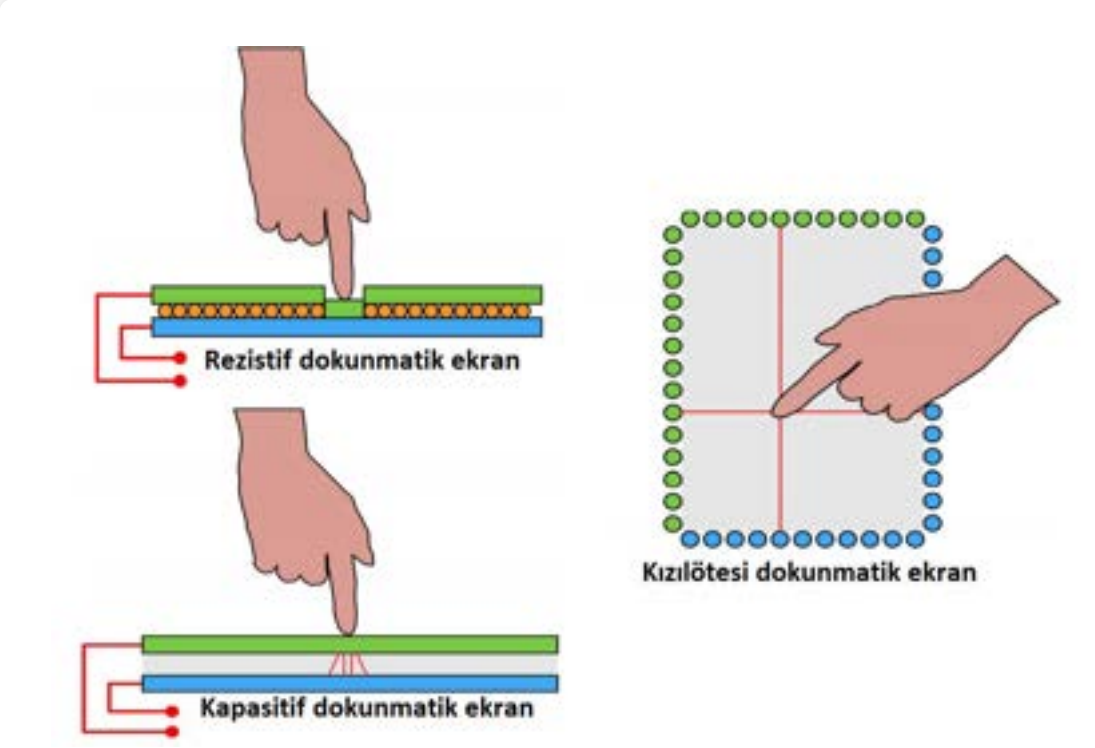
Kapasitif Dokunmatik Ekran

Çalışma prensibinde ekranın dört tarafından da gerilim uygulanır ve ekran yüzeyinde elektrostatik alan oluşturulur. Ekrana yük depolayabilen bir iletken temas ettirildiğinde bu elektrostatik alanda oluşan değişimi algılayan bir osilatör vardır. Osilatörlerden toplanan veriler işlem birimine gönderilir. Buradan koordinat verisi hâline çevrilerek sisteme aktarılır.

Bu sistem, başta yeni nesil cep telefonları olmak üzere pos sistemleri ve LCD gibi birçok cihazda kullanılmaktadır. Rezistif ekrana göre daha hassastır. Bu da daha fazla enerji harcamasına yol açar. Parmakla temas sağlamak gerekir ve rezistif ekranlara göre maliyetlidir.

- **Kızılötesi Dokunmatik Ekran**

Dokunmatik ekran sistemleri arasında en basit görüneni kızılötesi dokunmatik paneldir. Çalışma prensibi kolaydır. Kızılötesi ışık demetleri, ekranın bir tarafından diğer tarafına gönderilir. Ekranların kenarlarında bulunan kızılötesi LED'ler ve foto algılayıcılar, ışık demetinin bütünlüğünü sürekli kontrol eder. Işık geliyorsa sisteme 1, gelmiyorsa 0 komutunu gönderir. Tüm eksenlerde aynı işlemler tekrarlanır. Böylece iki eksende koordinatlar duyargalarla belirlenmiş olur (Görsel 2.19).



Görsel 2.19: Dokunmatik ekranlar

LCD'nin CRT'ye Göre Olumlu ve Olumsuz Özellikleri

Olumlu Özellikleri	Olumsuz Özellikleri
İyi bir teknoloji ürünü	Düşük sıcaklılarda performans düşüklüğü
İnce bir gösterge ünitesi	Maliyet yüksekliği
Yüksek parlaklık	Devrelerin karışıklığı
Yüksek kontrast	Sınırlı gösterge büyüklüğü
Açısal uygunluk	
Düşük gerilim ve güç gereksinimi	
Titreşim ve elektromanyetik olaylardan daha az etkilenme	

2.3. Uygulama: Kokpitteki Ekranların Sökülüp Takılması

Amaç: Kokpitteki ekranların sistem bağlantısını yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 2.20: Ekranlı cihazların sökülüp takılması

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Uçak aviyonik deney seti	IT-03	1 Adet
Tornavida veya alyan seti	1 mm ile 12 mm arası	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alınız. Tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzeme bulundurmayınız.
2. Aviyonik eğitim seti üzerinde CRT ve LCD'lerin yerleşimlerini gözlemleyiniz.
3. PFD ya da ND göstergelerinden birini gerekli sökme aleti (alyan, tornavida vb.) ile öğretmeninizin gözetiminde dikkatli bir şekilde sökünüz (Görsel 2.20).
4. Söktüğünüz ekran ünitesini yerine dikkatli bir şekilde takarak setin eski durumuna gelmesini sağlayınız.
5. İşlemleri, AMM (Aircraft Maintenance Manual) kılavuzunu referans alarak yapınız.
6. Çalışma ortamınızı temizleyiniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- LCD'lerin CRT ekranlara göre daha çok tercih edilmesinin nedeni nedir? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25145

Süre: 2 Ders Saati

2.4. Uygulama: Kokpitteki Ekranların Gerilim Değerinin Ölçülmesi

Amaç: Elektronik ekran tiplerini çalıştırmak ve ekran tiplerinin ölçümlerini yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 2.21: Aviyonik deney seti

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Uçak aviyonik deney seti	IT-03	1 Adet
Tornavida veya alyan seti	1 mm ile 12 mm arası	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alınız. Tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzeme bulundurmayınız.
2. Aviyonik deney seti üzerindeki ekranlardan birini öğretmenizin gözetiminde ilgili sökme aletiyle dikkatli bir şekilde sökünüz (Görsel 2.21).
3. Bağlantı konnektörlerinden toprak ve besleme uçları arasındaki gerilimi avometre ile ölçünüz. Ölçtüğünüz değeri sayfanın boş bir yerine not ediniz.
4. Söktüğünüz ekran ünitesini yerine, dikkatli bir şekilde takarak setin eski durumuna gelmesini sağlayınız.
5. Açma kapama tuşuna basarak ekranın çalışıp çalışmadığını kontrol ediniz.
6. İşlemleri, AMM (Aircraft Maintenance Manual) kılavuzunu referans alarak yapınız.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Ölçtüğünüz gerilim değeri kaç volttur?
- Uçaktaki tüm ekranların çalışma gerilimi aynı mıdır? Açıklayınız

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... / .... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

Süre: 2 Ders Saati

2.5. Uygulama: EFIS Kontrol Paneli Sökme Takma İşlemi

Amaç: EFIS panellerini söküp takmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 2.22: Aviyonik eğitim seti

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Uçak aviyonik deney seti	IT-03	1 Adet
Tornavida veya alyan seti	1 mm ile 12 mm arası	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alınız. Tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzeme bulundurmayınız.
2. Aviyonik eğitim seti üzerinde;

   Devrelere ait sigortaları açarak üzerlerine DO-NOT-CLOSE etiketlerini takınız (Görsel 2.22).

   P6 Sigorta panelinde: EFIS CONT PANEL R, EFIS SYM GEN R

   P18 Sigorta panelinde: EFIS CONT PANEL L, EFIS SYM GEN L

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25148

Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25148

3. EFIS kontrol panelindeki vidaları gevşetip elektrik bağlantıları görülene kadar dışarıya doğru çekiniz.
4. EFIS kontrol paneli arkasındaki elektrik bağlantılarını çıkarınız.
5. Kablo bağlantı pinlerinin tozlanmasını engelleyiniz. Toz koruyucu takınız.
6. Kendinize ve elektrostatik deşarj ünitesine zarar vermemek için elektrik pinlerine çıplak elle dokunmamaya özen gösteriniz.
7. Söktüğünüz üniteyi yerine, dikkatli bir şeklide takarak setin eski durumuna gelmesini sağlayınız.
8. İşlemleri, AMM (Aircraft Maintenance Manual) kılavuzunu referans alarak yapınız.
9. Çalışma ortamınızı temizleyiniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- EFIS kontrol panelinde elektrik kabloları dışında başka hangi kablolar olur? Açıklayınız.

Süre: 2 Ders Saati

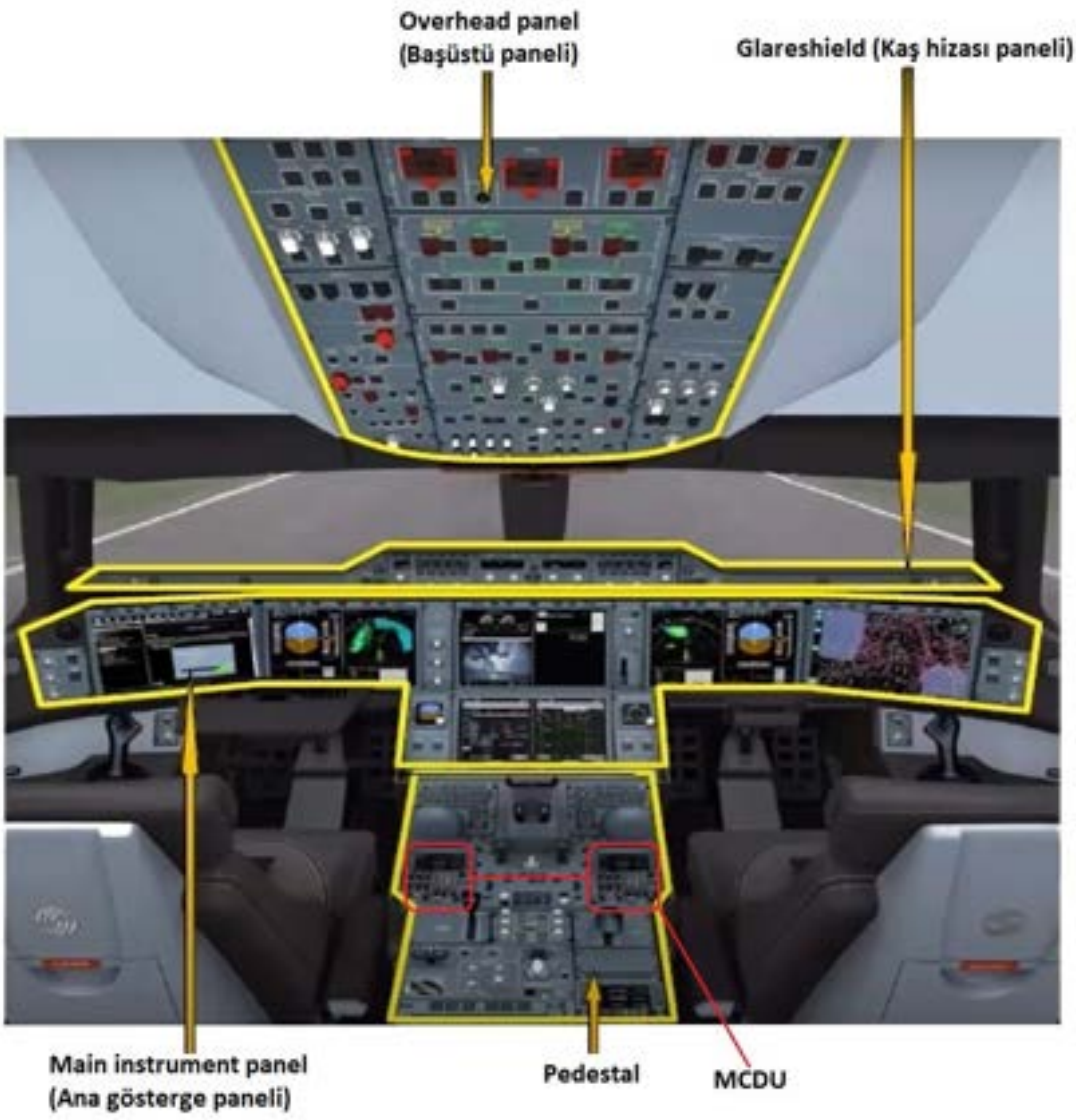
Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... / .... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

2.3. ELEKTRONİK ALET SİSTEMLERİNİN TİPİK KOKPİT YERLEŞİMİ

Uçak kokpitlerinde bulunan elektronik alet sistemleri, yapılan ilk uçaklardan bugüne kadar değişiklikler göstermiştir. Teknolojinin ilerlemesiyle modern uçaklarda elektronik aletler daha fazla kullanılmaya başlamıştır. Güvenli uçuş sağlamak amacıyla bazı temel uçuş aletleri ve bunların kokpitteki yerleşimleri çok fazla değişmemiştir.

2.3.1. Elektronik Alet Sistemi

Uçaklarda elektronik alet sistemleri genel itibariyle birbirine benzemektedir. Kokpitte bulunan elektronik aletler belli bir düzen içeresinde yerleştirilmiştir (Görsel 2.23).

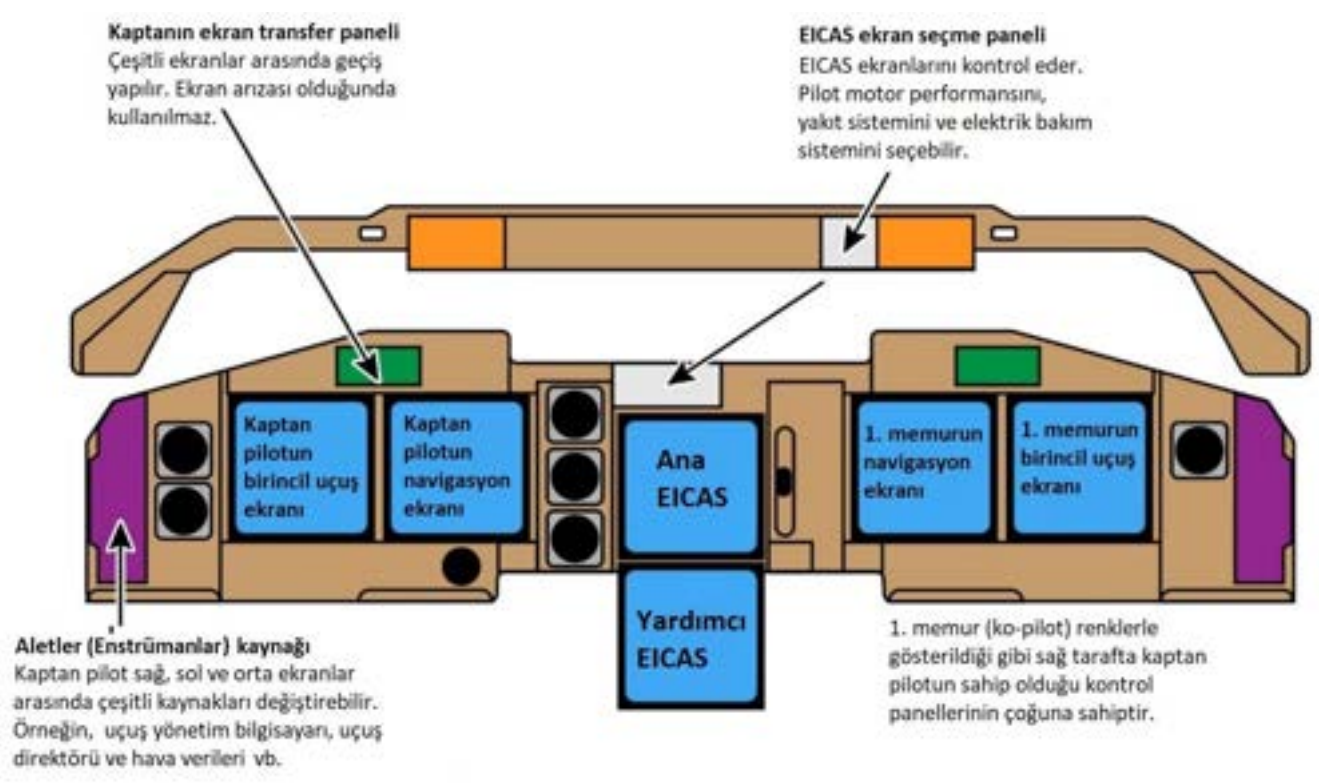


Görsel 2.23: Elektronik alet düzeni

- **Overhead Panel (Başüstü Paneli):** İniş takımları hariç hidrolik ve pnömatik sistemlerle ilgili bütün kontrollerin bulunduğu paneldir.
- **Glareshield (Kaş Hizası Paneli):** Otopilot ve ekran kontrollerinin bulunduğu paneldir.
- **Main Instrument Panel (Ana Gösterge Paneli):** Uçuş göstergeleri bu panelde yer alır. Birincil uçuş ekranı, navigasyon ekranı, airbus uçaklarında ECAM, boeing uçaklarında EICAS ekranları bu panelde yer alır.
- **Pedestal:** Sistem göstergelerinin seçimi buradan yapılır. Ayrıca MCDU bu bölümde bulunur.

2.3.2. EICAS [Engine-Indicating and Crew-Alerting System (Motor Gösterge ve Mürettebat Uyarı Sistemi)]

Motor gösterge ve mürettebat uyarı sistemi (EICAS); uçağın kaç motorlu olduğuna bağlı olarak motor durumu ve devir sayısı, sıcaklık değerleri, yakıt akışı ve miktarı, yağ basıncı, elektrik sistemi vb. verileri ve ayrıca sistemde oluşan arızaları mürettebata bildirir (Görsel 2.24).

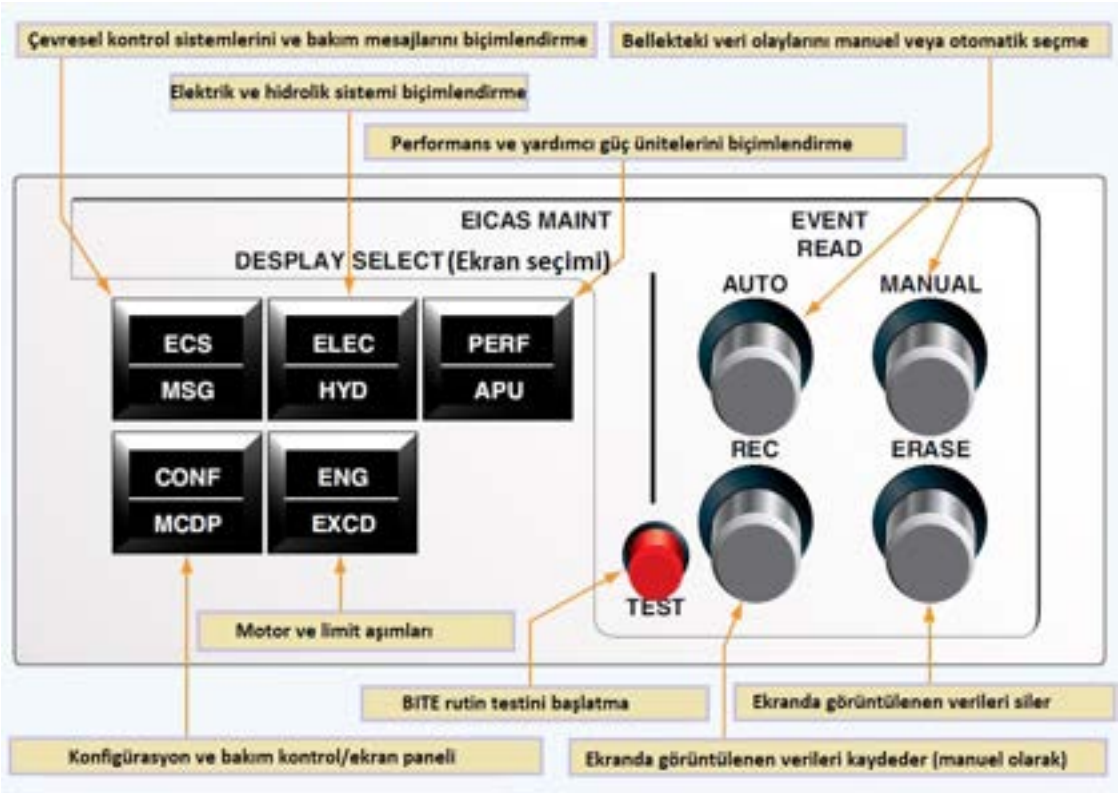


Görsel 2.24: EICAS ve elektronik alet düzeni

2.6. Uygulama: ECIAS Panelindeki Kontrolleri Çalıştırmak

Amaç: Elektronik alet sistemlerinin panel kontrollerini çalıştırmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 2.25: EICAS bakım kontrol paneli

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Uçak aviyonik deney seti	IT-03	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alınız. Tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzeme bulundurmayınız.
2. EICAS bakım kontrol panelindeki tuşların işlevlerini, Görsel 2.25'teki açıklamalara göre kullanarak EICAS ekranındaki olayları gözlemleyiniz.
3. Gözlemlediğiniz tuş işlevlerini Tablo 2.1'e yazınız.
4. Yazdığınız gözlemleri atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.
5. Kullanmadığınız cihazların elektrik enerjisini kesiniz.
6. Çalışma ortamınızı temizleyiniz.

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25149

Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25149

Süre: 2 Ders Saati

Tablo 2.1: EICAS Tuşlarının Görevleri

Tuşlar	Açıklamalar

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- EICAS nedir? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... / .... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

2.4. KOKPİTTEKİ ELEKTRONİK ALET SİSTEMLERİNİ ÇALIŞTIRARAK TEST ETME

Pilot ve pilot yardımcısının uçağı güvenli bir şekilde kullanması, uçak içi ve dışı iletişimin sağlanması, güç ünitelerinin sağlıklı bir şekilde çalıştırılması vb. işlemler için kokpitte birçok elektronik sistem bulunur.

2.4.1. Autopilot System (Otopilot Sistemi)

Uçağın pilot tarafından manuel bir şekilde kaldırılmasından sonraki bütün yolculuğu ve gerekli görülmesi durumunda inişi de tamamlayan sisteme **otopilot sistemi** denir.

Pilotlar, uçağın olması gereken durumunu uçuş bilgisayarına veya otopilot konsoluna girer. Uçağın anlık durumu, uçaktaki sensörler vasıtasıyla uçuş bilgisayarı tarafından sürekli kontrol altında tutulur. Pilotun bildirdiği veya önceden girilen koşulları anlık olarak karşılaştırır. Girilen değerler arasındaki sapma miktarı uçuş bilgisayarı tarafından hesaplanır, sapmayı azaltmak için hidrolik ve elektronik hareket unsurlarını kumanda eder. Kontrol yüzeyleri sayesinde uçağın hareketi sağlanır. Uçuş bilgisayarı; uçuş anında uçağın durumunu, istenen durumu ve sapma miktarını anlık gözlemler. Sapma miktarı sıfıra yaklaşıp, istenen durumla uçağın durumu eşitlenmeye yaklaştığında uçuş bilgisayarı, kumanda şiddetini yavaş yavaş azaltarak istenen durum elde edilince uçağın da tamamen stabil olmasını sağlar. Böylece otopilot, uçağı pilotun uygun gördüğü veya daha önceden planlanıp uçuş bilgisayarına girilmiş koşullara getirir.



Görsel 2.26: Otopilot paneli



Otopilotu devreye almak için **A/T ARM**, **SPEED**, **CMD** ve **DISENGAGE** tuşlarının açık konumda olması gerekir.



IAS / MACH uçağın hızının ayarlandığı kısımdır. Göstergede uçağın hızının 250 olduğu görülmektedir. Ayar kolu sola çevrildiğine uçağın hızı düşer, sağa çevrildiğinde ise artar. Ayarlanan hız, LCD ekrandan takip edilebilir.



HEADING ile ayar kolu sağa çevrildiğinde uçak sağa döner, sola çevrildiğinde ise sola döner. Ayar kolunun aktif olabilmesi için **HDG SEL** tuşunun açık olması gerekir.



Uçağın yüksekliğinin ayarlandığı kısımdır. **ALTITUDE** ekranında anlık yükseklik gösterilir. **VERT SPEED** kısmının altında yer alan ayar bölümünden de yükseltme veya alçalma seçilir.

2.4.2. MCDU [Multi-foncstion Control and Display Unit (Çok Amaçlı Kontrol Ünitesi)]

Airbus uçaklarında kullanılan uçuş yönetim bilgisayarıdır. Uçağın yakıt ve yük durumu ile hava şartlarını hesaplayarak ideal uçuşu sağlayan bilgisayardır. Uçağın kalbi olarak da tabir edilir. Uçağın mekanik birimlerinden gelen bilgiler MCDU'da toplanır (Görsel 2.27).

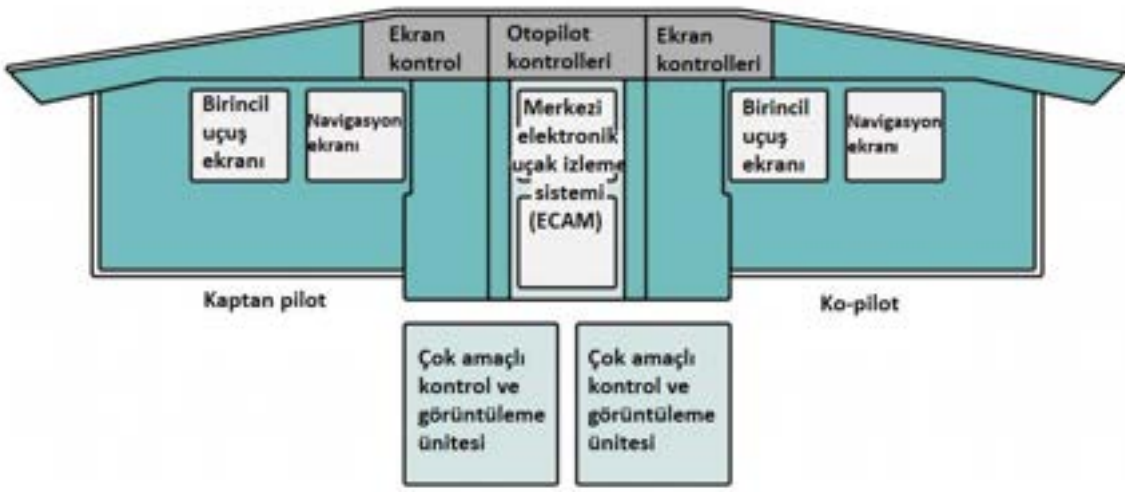


Görsel 2.27: MCDU

2.4.3. ECAM [Electronic Centralised Aircraft Monitor (Elektronik Merkezî Uçak İzleme)]

Airbus uçaklarında yer alan fonksiyonları inceleyerek pilotlara bildiren sisteme **ECAM** denir.

ECAM; mesajlar üretir, arızaları detaylandırır ve belirli durumlarda sorunu düzeltmek için uygulanacak prosedürleri listeler. Boeing tipi uçakların EICAS sistemine benzer. Uçak sistemlerinde oluşan arızaları ve verileri görüntüler. Ayrıca olumsuz bir durumda pilotun stresini azaltır, acil durumlarda prosedürleri uygulayarak oluşan problemi çözer (Görsel 2.28).



Görsel 2.28: Elektronik alet sistemi yerleşimi

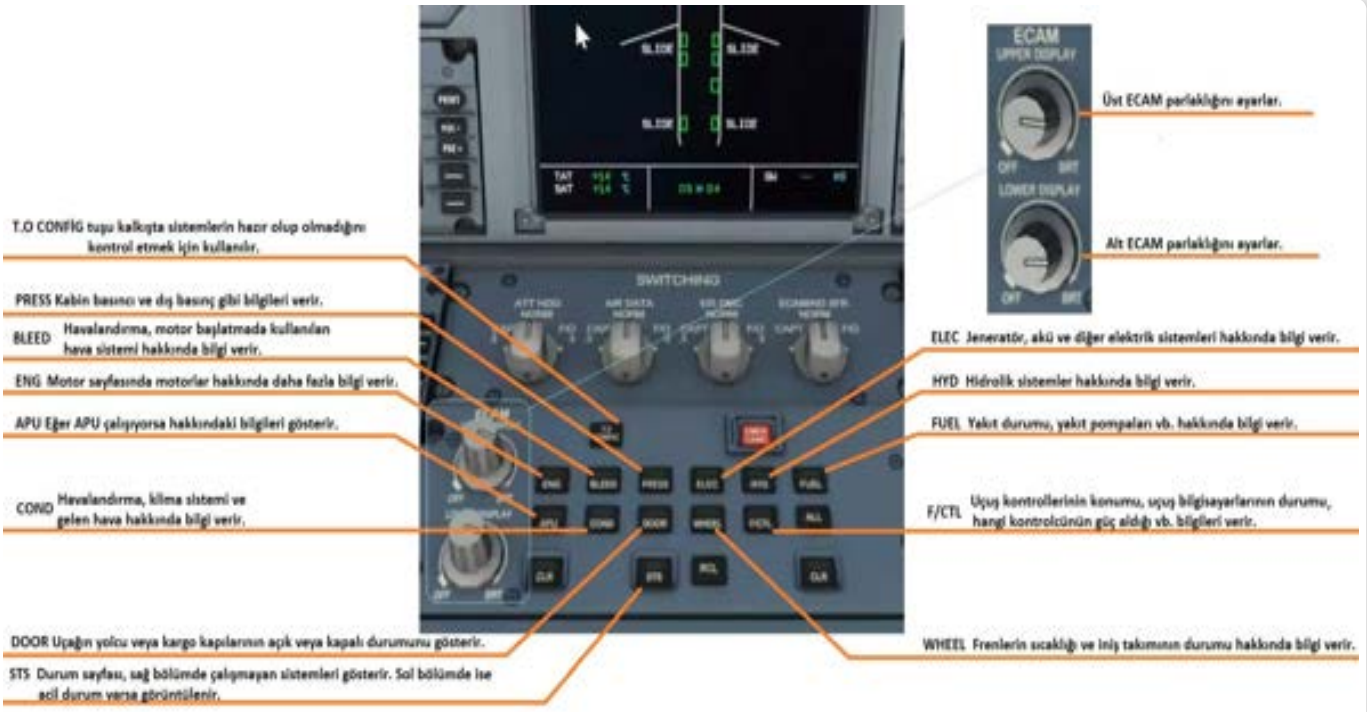
ECAM, pilot ile birlikte çalışmak üzere bilgileri hızlı ve etkili bir şekilde görüntülemek için tasarlanmış bir sistem dizisidir. Uçağın her yerine yerleştirilmiş sensörler ve temel parametreleri izler. Gelen verileri sırasıyla işler, uçuş uyarı bilgisayarlarına aktarılan verilerdeki tutarsızlıkları kontrol eder. Ardından bu verileri ECAM'a gönderir. ECAM, gönderilen verileri üç ekran yönetim bilgisayarı (DMC) aracılığıyla görüntüler.

Üst ECAM'da motorların durumu, açık ve kapalı sistemler; alt ECAM'da ise tüm sistemler hakkında bilgi verilebilir (Görsel 2.29).



Görsel 2.29: ECAM

Eğer yönetim tuşlarından bir sayfa seçilmezse ECAM gerekli ekranı kendisi gösterir. Örneğin APU çalışınca APU bilgilerini gösterir (Görsel 2.30).



Görsel 2.30: ECAM kontrol panelindeki tuşların görevleri

2.4.4. Radyo Kontrol Paneli [Radio Control Panel (RCP)]

Radyo kontrol paneli, uçakların kendi arasında ve yer istasyonu (kule) ile uzak mesafeden yüksek frekanslı (HF) ses iletimini sağlayan sistemdir. HF sistemi, 2 MHz ile 29.999 MHz frekansı arasında çalışır (Görsel 2.31).



Görsel 2.31: Kokpitteki radyo kontrol panellerinin yeri

2.7. Uygulama: Otopilot Sisteminin Kontrolleri

Amaç: Otopilot sisteminin kontrollerini yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 2.32: Otopilot paneli

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Uçak aviyonik deney seti	APT-04	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alınız. Tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzeme bulundurmayınız.
2. Görsel 2.32'de otopilot paneli görülmektedir. Tablo 2.2'de yer alan ekran ve tuşların işlevlerini karşılarına yazınız.
3. Tabloyu, deney seti üzerinde sistemin çalışmasını gözlemleyerek doldurunuz.
4. Gözlemlerinizi yazdığınız tabloyu, atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.
5. Çalışma ortamınızı temizleyiniz.

Tablo 2.2: Otopilot Ekran ve Tuşlarının Görevleri

Ekran veya Tuşlar	İşlevi
IAS/MACH Ekranı	
HEADING Ekranı ve tuşu	
ALTITUDE Ekranı ve tuşu	

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Otopilot sistemi uçağın kalkışı anında kullanılabilir mi? Açıklayınız

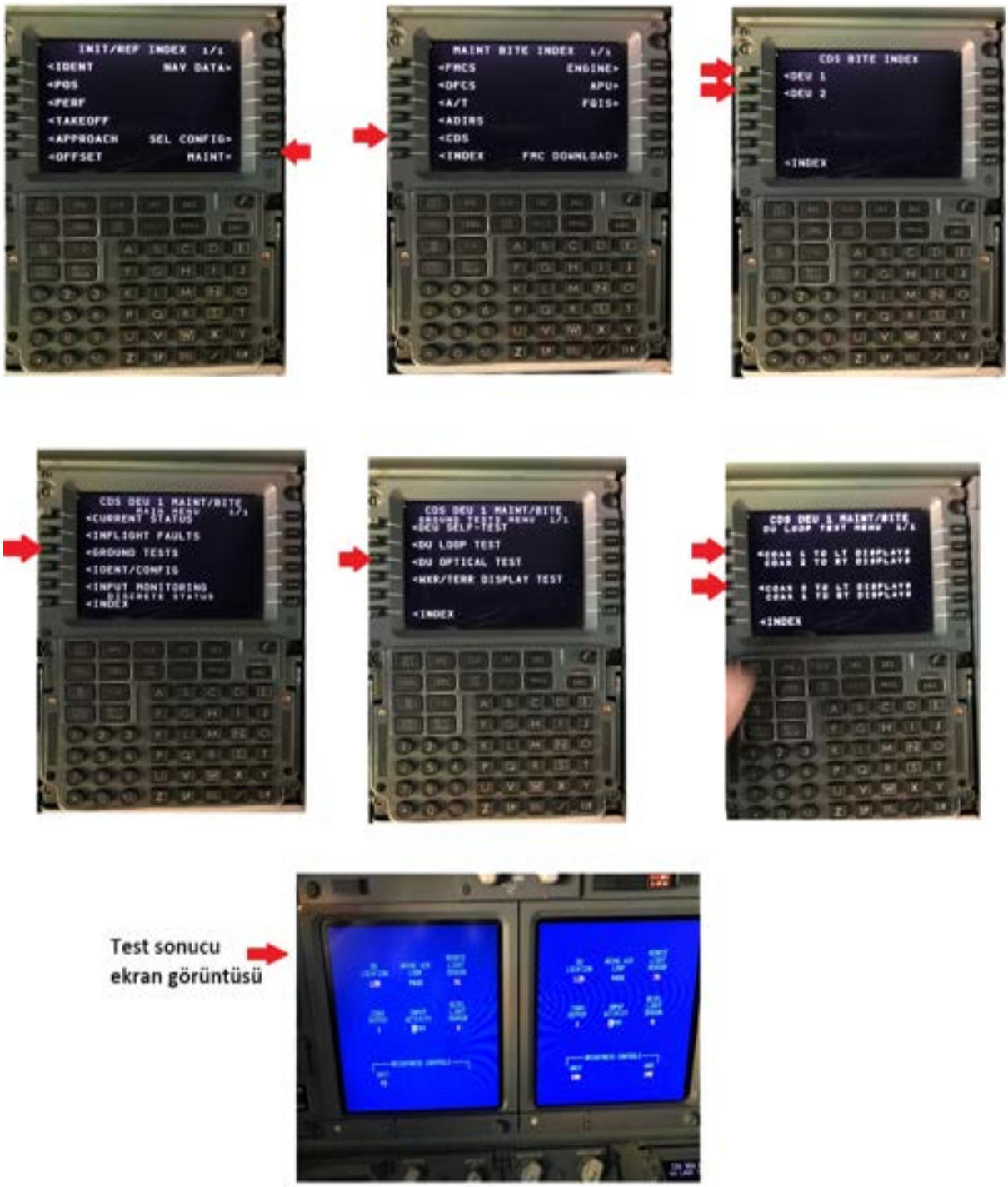
Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı ..... /	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih .... /.... / 20 ....
			10	30	40	10	10	100	
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

Süre: 2 Ders Saati

2.8. Uygulama: MCDU ile Ekran Testinin Yapılması

Amaç: MCDU çalışma testini yapmak.

Uygulamaya Ait Bağlantı Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 2.33: MCDU ile kokpitteki ekran testinin yapılma aşamaları

Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25152

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Aviyonik deney seti	MCDU	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alınız. Tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzeme bulundurmayınız.
2. MCDU ünitesinin parlaklık ayarını açarak MCDU'nun hazır olmasını bekleyiniz.
3. MCDU MAINT seçeneğine karşılık gelen hat tuşuna basarak menü ekranını görünüz.
4. CDS seçeneğine karşılık gelen hat tuşuna basarak menü ekranını görünüz.
5. DEV 1 seçeneğine karşılık gelen hat tuşuna basarak menü ekranını görünüz.
6. GROUND TEST seçeneğine karşılık gelen hat tuşuna basarak menü ekranını görünüz.
7. DU OPTİCAL TEST seçeneğine karşılık gelen hat tuşuna basarak menü ekranını görünüz.
8. Karşınıza çıkan menüde test etmek istediğiniz ekranlardan birini seçerek hat tuşuna basınız. Test işlemi başlayacak, bitene kadar bekleyiniz ve ekranlardaki görüntüleri inceleyip yorumlayınız (Görsel 2.33).
9. MCDU ünitesini, parlaklık ayar düğmesinden kapatınız.
10. Test sonucunu atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Test edilen ekranlarda renk kayması veya siyah ekran varsa ne yapılmalıdır? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25152

Süre: 2 Ders Saati

2.9. Uygulama: ECAM Panelindeki Kontrolleri Çalıştırmak

Amaç: ECAM operasyonel testlerini yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 2.34: ECAM kontrol paneli

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Uçak aviyonik deney seti	IT-03	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alınız. Tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzeme bulundurmayınız.
2. ECAM bakım kontrol panelindeki tuşların işlevlerini, Görsel 2.34'teki açıklamalar doğrultusunda kullanarak ECAM ekranındaki olayları gözlemleyiniz.
3. Gözlemlediğiniz tuşların işlevlerinin Tablo 2.3'e yazınız.
4. Yazdığınız gözlemleri atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.

Süre: 2 Ders Saati

5. Kullanmadığınız cihazların elektrik enerjisini kesiniz.
6. Çalışma ortamınızı temizleyiniz.

Tablo 2.3: ECAM Tuşlarının Görevleri

Tuşlar	Açıklamalar

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- ECAM nedir? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı ..... /	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

Süre: 2 Ders Saati

2.10. Uygulama: Radyo İletişim Panelinin Test Edilmesi

Amaç: Radyo kontrol paneli üzerinde, ses ve frekans kontrol işlemlerini yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 2.35: Radyo iletişim paneli (RCP)

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Uçak aviyonik deney seti	AT-20	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alınız. Tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzeme bulundurmayınız.
2. Radyo iletişim panelindeki HF düğmesine basınız (Görsel 2.35). Açılan ekranda HF frekansı çıkar. Bu frekans 2000 MHz ile 29999 MHz arasındadır.

Süre: 2 Ders Saati

- RCP'deki yerleşik test ekipmanı bir arıza algılarsa aşağıdaki hata kodlarından biri ekranda görülür:
  - PGS 056, 058, 059, 069-999: INOP INOP (çalışmıyor)
  - PGS 002-010, 016, 017, 019-041, 049-051, 053, 056, 058-066, 069-999: FAIL FAIL (Hata), PANEL FAIL (Panel hatası)

- RCP, HF alıcı vericiden sinyal almazsa aşağıdaki hatalardan genellikle biri olduğunda her iki ekranda da (ACTIVE, STBY/CRS) aşağıdaki hata kodları görünür:
  - PGS 056, 058, 059, 069-999
  - There is no HF transceiver (HF alıcı vericisi yok.)
  - The HF transceiver has no power (HF alıcı vericinin gücü yok.)
  - The HF transceiver can not send ARINC 429 data to the RCP (HF alıcı verici, ARINC 429 verilerini RCP'ye gönderemez.)
  - The RCP does not receive the ARINC 429 data from the HF transceiver (RCP, HF'den ARINC 429 verilerini alamaz.)
  - Wiring from the HF transceiver to the RCP is bad (HF alıcı vericiden RCP'ye kablolama bozuk.)

- RCP, HF alıcı vericiden sinyal almazsa aşağıdaki hatalardan genellikle biri olduğunda her iki ekranda da aşağıdaki hata kodları görülür:
  - PGS 002-010, 016, 017, 019-041, 049-051, 053, 060-066
  - There is no HF transceiver (HF alıcı vericisi yok.)
  - The HF transceiver has no power (HF alıcı vericinin gücü yok.)
  - The HF transceiver can not send ARINC 429 data to the RCP (HF alıcı verici ARINC 429 verilerini RCP'ye gönderemez.)
  - The RCP does not receive the ARINC 429 data from the HF transceiver (RCP, HF'den ARINC 429 verilerini almaz.)
  - Wiring from the HF transceiver to the RCP is bad (HF alıcı vericiden RCP'ye kablolama bozuk.)
  - RCP HF alıcı vericisinden FAIL WARN sinyali alırsa her iki ekranda da FAIL görülür.
  - Bu arıza BITE'nin alıcısından vericisine veya vericiden alıcıya giden HF'de demektir.

- Eğer arıza RCP'de ise panelin ACTIVE ekranında hata kodu görülür. STBY / CRS ekranında ise FAIL görülür.

Süre: 2 Ders Saati

- HF alıcı verici BITE göstergesi kodları: PGS 049-052, 060-065
- HF alıcı vericinin ön tarafındaki ışıklar şu arızaları gösterir: PGS 052
  - LRU FAIL (LRU hatası)
  - KEY INTERLOCK (Anahtar kilidi)
  - CONTROL INPUT FAIL (Kontrol girişi hatası)
- HF alıcı vericinin ön paneldeki TEST düğmesine basınız. HF alıcı vericinin ön tarafındaki ışıklar bunları gösteriyorsa hatalar: PGS 049-051, 060-065
  - LRU STATUS (LRU durumu)
  - KEY INTERLOCK (Anahtar kilidi)
  - CONTROL FAIL (Kontrol hatası)
  - HF alıcı vericisinde LRU FAIL ışığı yanıyorsa güç kaynağından gelen voltaj düşük olabilir.

3. Yukarıdaki hata ve hata kodlarından birini görüyorsanız ilgili arıza veya kalibrasyona göre işlemi yapınız. Eğer farklı bir kod veya hata görüyorsanız Aircraft Maintenance Manual (AMM) kitapçığına bakınız.
4. Yaptığınız işlemleri atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.
5. Kullanmadığınız cihazların elektrik enerjisini kesiniz.
6. Çalışma ortamınızı temizleyiniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- RCP'de HF tuşuna basıldığında RCP'nin her iki ekranında, FAIL FAIL yazıyorsa sorun ne olabilir? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... / .... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

Süre: 2 Ders Saati

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere cümlelerde verilen bilgiler doğru ise "D" yanlış ise "Y" yazınız.

1. (…..) Bilgisayarların kendi aralarındaki veri iletişimini sağlayan devrelere veri yolu denir.
2. (…..) ARINC 429, 64 bit kelime iletiminde kullanılır.
3. (…..) ARINC 429'un 32. biti eşlik biti olarak adlandırılır.
4. (…..) Hava aracının sorunsuz uçması için aviyonik test ekipmanları kullanılır.
5. (…..) CRT ekranlar LCD'lere göre daha kullanışlıdır.
6. (…..) Alfanümerik LCD'lerde sadece harf, rakam vb. semboller yazdırılabilir.
7. (…..) EFIS, pilotun uçağı uçurmasına yardımcı bir elektronik sistemdir.
8. (…..) EICAS, airbus uçaklarda motor gösterge ve mürettebat uyarı sistemine denir.
9. (…..) Airbus uçaklarda uçuş yönetim bilgisayarına MCDU denir.
10. (…..) Radyo kontrol paneli sadece uçak içerinde haberleşmeyi sağlar.

B. Aşağıda verilen sorularda doğru olan seçeneği işaretleyiniz.

11. **Uçaklardaki veri iletimi aşağıda verilen formatlardan hangisi ile gerçekleşir?**

A) Ethernet
B) OSI
C) ARINC 429
D) TCP/IP
E) Network

12. **Aviyonik sistemlerde değiştirilebilen üniteler aşağıdakilerden hangisiyle adlandırılır?**

A) AMM
B) FMS
C) CDU
D) TSM
E) LRU

13. **Uçakta dâhili olarak bulunan test cihazlarına ne ad verilir?**

A) BITE
B) ATE
C) LRU
D) SRU
E) APU

14. **ARINC 429'da yer alan etiket bitlerinin aralığı, aşağıdaki seçeneklerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?**

A) 1-8
B) 9-10
C) 11-28
D) 29-31
E) 32-64

15. **Aşağıdakilerden hangisi LCD'lerin CRT ekranlara göre avantajlarından biri değildir?**

A) İnce bir gösterge ünitesi
B) Yüksek maliyet
C) Yüksek kontrast
D) Açısal uygunluk
E) Düşük gerilim ve güç gereksinimi

16. **ECAM kontrol panelinde bulunan UPPER DISPLAY ayar düğmesinin işlevi aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Kabin basıncını ayarlar.
B) Yakıt pompalarını çalıştırır.
C) Üst ECAM'ın ekran parlaklığını ayarlar.
D) Havalandırma sistemini çalıştırır.
E) Motor hızını ayarlar.

17. **EICAS bakım kontrol panelinde BITE testini başlatan tuş aşağıdakilerden hangisidir?**

A) 

B) 

C) 

D) 

E) 

18. **Airbus uçaklarında uçuş yönetim bilgisayarı aşağıdakilerden hangisidir?**

A) MCDU
B) ECAM
C) EICAS
D) APU
E) RCP

19. **Aşağıdakilerden hangisi otopilot sistemi yaptığı işlemlerden biri değildir?**

A) Uçağın iniş işlemleri
B) Uçağın irtifa işlemleri
C) Uçağın kalkış işlemleri
D) Uçağın hız ayarı işlemleri
E) Uçağı istenen rotaya götürme işlemleri

20. **Radyo iletişim panelinde test işlemi aşağıdaki tuşlardan hangisiyle başlar?**

A) VOR
B) VHF1
C) MLS
D) HF
E) BFO



3. ÖĞRENME BİRİMİ

ELEKTROSTATİK DEŞARJ VE ELEKTROMANYETİK ÇEVRE

KONULAR

3.1. ELEKTROSTATİK DEŞARJLARA KARŞI KORUMA ÜNİTELERİNİ KULLANMA

3.2. ELEKTROMANYETİK GİRİŞİME KARŞI ÖNLEM ALMA



https://www.eba.gov.tr/c?q=U51077_cadcee7b

Temel Kavramlar ve Terimler

- Statik elektrik, elektrostatik deşarj, antistatik, ESD, EPA, antistatik koruma, kısa devreleme, topraklama, ESD testi, EMI, elektromanyetik dalga, elektromanyetik ortam, sürekli ve süreksiz gürültü kaynakları, kaynak cihaz, mağdur cihaz, elektromanyetik kuplaj, EMC, kontrol kabloları, veri kabloları, dâhili telefon ve yangın alarm kabloları, koaksiyel kablolar, yangına dayanıklı kablolar, HIRF, statik deşarj püskülleri, süreklilik ve izolasyon testi.

Öğrenme Birimi Açıklaması

- Bu öğrenme biriminde; elektrostatik deşarj ve elektromanyetik çevreyle ilgili temel kavramların yapılandırılması amaçlanmıştır. Bu süreçte statik elektrik, elektrostatik deşarj ve zararları, ESD standartları, antistatik koruma ekipmanları, kısa devreleme ve topraklama, ESD testi, ESD duyarlı ürünlerin paketlenmesi, taşınması ve depolanması, antistatik koruma ekipmanlarını kullanma, elektromanyetik girişim, elektromanyetik uyumluluk, havalimanlarında kullanılan kablolar, uçak üzerindeki HIRF bölgeleri, statik deşarj püskülleri, uçağa yıldırım çarpması durumunda yapılacak işlemleri öğreneceksiniz.

Hazırlık Çalışmaları

- Uçaklarda oluşan elektrostatik elektriği deşarj etmek için hangi yöntemler kullanılabilir? Düşünlerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
- Elektronik üretim, montaj ve test işlemleri yapılan işletmelerde elektrostatik deşarja karşı alınan önlemler neler olabilir? Sınıf içinde tartışınız.
- Yıldırımdan korunmak için alınabilecek önlemler nelerdir? Fikirlerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

3.1. ELEKTROSTATİK DEŞARJLARA KARŞI KORUMA ÜNİTELERİNİ KULLANMA

Birçok insan, halı kaplı bir zeminde yürüdükten sonra metal bir kapı koluna dokunduğunda elektrostatik deşarj olayını yaşamıştır. Elektronik çağı, statik elektrik ve elektrostatik deşarjla ilgili yeni sorunları beraberinde getirmiştir. Elektronik cihazlar hızlandıkça ve devreler küçüldükçe elektrostatik deşarja duyarlılık artmıştır. Statik elektrik ve elektrostatik deşarj yıllardır ciddi endüstriyel sorunlar oluşturmuştur. Elektrik, elektronik, mühimmat ve patlayıcılar, petrokimya, ilaç, tarım, baskı ve grafik sanatlar, tekstil, resim ve plastik sektörü statik elektrik kontrolünün önemli olduğu alanlardan bazılarıdır.

3.1.1. Statik Elektrik

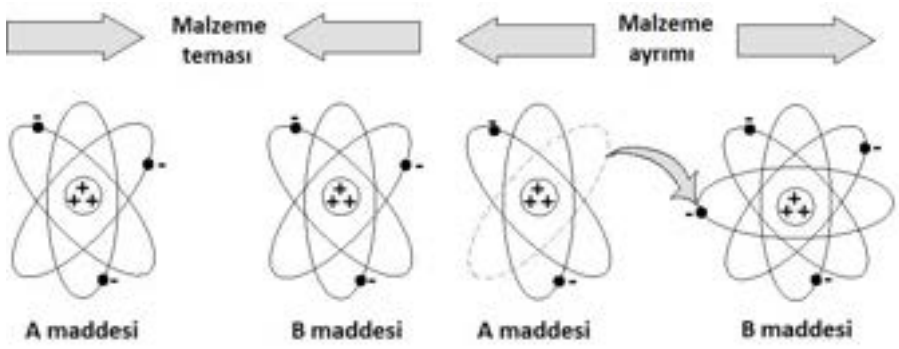
Elektrostatik yük, durağan elektrik yükü olarak tanımlanır. **Statik elektrik,** bir malzemenin içinde veya yüzeyindeki elektrik yüklerinin dengesizliğidir. Elektronların bu dengesizliği, ölçülebilen ve diğer maddeleri etkileyebilecek bir elektrik alanı üretir. Statik yükün oluşabilmesi için iki ayrı yüzeyin birbiriyle temas etmesi ve sonra ayrılması gerekir. Örneğin cam bir çubuk ipek kumaşa, bir kehribar taşı yüne sürtüldüğünde cam çubuk ve kehribar statik yükle yüklenir. Bu yüzden küçük kâğıt parçacıklarını kendine çeker. Bu olay, maddeyi meydana getiren atomun yapısıyla açıklanabilir.

Tüm maddeler atomdan oluşur. Atom, merkezde bulunan bir çekirdek ve çekirdeğin etrafında yörüngede büyük bir hızla dönen elektronlar şeklinde bir yapıya sahiptir. Çekirdekte proton ve nötron adı verilen parçacıklar bulunur. Protonlar artı (+) , elektronlar eksi (-) yüklüdür. Proton ve elektron sayıları eşit olduğundan normalde tüm atomlar nötr (yüksüz) hâldedir.

Maddelerin teması ve ayrılmasıyla elektrostatik yük oluşturulmasına **triboelektrik (sürtünme elektriği) şarj** denir. Triboelektrik şarj, maddeler arasında elektron transferini içerir. Bir atom; proton sayısı elektron sayısından fazlaysa artı yüklü iyon, elektron sayısı proton sayısından fazlaysa eksi yüklü iyon adını alır. Bazı atomlar elektronlarına daha sıkı yapışır. Maddenin elektronlarına ne kadar sıkı tutunduğu triboelektrik (sürtünme elektriği) dizininde hangi sırada olacağını belirler. Bir madde başka bir maddeyle temasında elektron verme eğilimindeyse triboelektrik dizininde daha pozitif bir yere sahip olur. Elektron alma eğilimindeyse triboelektrik dizininde daha negatif bir yere sahip olur.

Triboelektrik dizisindeki iki maddenin birbirine olan göreli pozisyonu, bir temas anında nasıl davranacaklarını belirler. Örneğin ipekle ovulan cam bir çubukta yük ayrılığı olur. Çünkü triboelektrik dizininde birbirlerinden farklı konumlardadırlar.

İletken olmayan iki madde birbiriyle temas ettiğinde aralarında yapışma denen kimyasal bir reaksiyon oluşur. Maddelerin triboelektrik özelliklerine bağlı olarak maddelerden biri diğerinin elektronlarını ele geçirir. Maddeler daha sonra birbirlerinden ayrılırlarsa elektrik yükünde bir dengesizlik ortaya çıkar. Elektron kazanan eksi yüklü, elektron kaybeden artı yüklü hâle gelir. Böylece maddeler statik yükle yüklenir. Bu yük dengesizliğinden statik elektrik ortaya çıkar. Statik hareketsizlik anlamına gelse de gerçekte olan yük dengesizliklerinin akmasıdır. Bir kapı tokmağı tutulduğunda hissedilen kıvılcım bu akışın bir örneğidir.



Görsel 3.1 : Triboelektrik şarj

Statik yükü olmayan bir maddenin atomları yüksüz hâldedir. Görsel 3.1'de görülen A ve B maddeleri eşit sayıda proton ve elektron içeren atomlardan oluşmaktadır. Her iki malzeme de elektriksel olarak yüksüzdür. İki malzeme birbirine temas ettirilip ayrıldığında eksi yüklü elektronlar, bir malzemenin yüzeyinden diğer malzemenin yüzeyine aktarılır. Hangi materyalin elektron kaybettiği ve hangisinin elektron kazandığı bu iki materyalin yapısına bağlıdır. Elektron kaybeden malzeme artı yüklü olurken elektron kazanan malzeme artı yüklü olur.

Hacim ölçümlü ve yüzey statik yükler olmak üzere iki statik elektrik türü vardır. Hacim ölçümlü statik yükler madde gövdesi içindeki yük dengesizlikleridir. Yüzey statik elektriği, maddenin sadece en dış yüzeyinde bulunur. Pratikte görülen statik elektrik sorunları genellikle yüzey yükleriyle ilişkilidir.

3.1.2. Statik Elektrik Yüklerinin Meydana Geldiği Olaylar

İnsan saçı kuru ve temizken, ortamdaki hava kuru ve elektrikliyse yalıtkan özellikteki saçlarla plastik tarak arasında statik elektrik yüklerinin boşalması ve dengelenmesi sonucu çıtırtı sesleri oluşur. İnsan vücudu statik elektriğe açık bir yapıdır. Çıplak ayakla halı üzerinde yürüyen bir insan 50.000 V statik elektrikle yüklenebilir. Yüklenen elektriğin düşük akımlı olması insanı elektrik çapmasına karşı korur. Soğuk havalarda giyilen yünlü giysiler çıkarılırken kıvılcım atlamaları gözle görülebilir, kıvılcım sesleri duyulabilir. Çalışılan ortamdaki malzemelerle temas hâlinde olunması, malzeme üzerindeki yükleri insan vücuduna çeker. İnsan vücudunda biriken statik yükler bir metal parçasına yaklaşıldığında veya başka biriyle temas edildiğinde kıvılcımla deşarj olmak ister (Görsel 3.2).



Görsel 3.2 : Statik elektrik

Tipik statik yük oluşturma senaryoları ve ortaya çıkan gerilim seviyeleri Tablo 3.1'de görülmektedir. Ayrıca nemin şarj birikimini azaltmaya katkısı da görülmektedir. Yüksek bağıl nemde bile statik yük oluşmaktadır.

Tablo 3.1: Tipik Statik Yük Oluşturma Gerilim Seviyeleri

Statik Yük Oluşturma Senaryoları	Gerilim Seviyeleri		
	% 10 Bağıl Nem (Kuru Hava)	% 40 Bağıl Nem	% 55 Bağıl Nem (Nemli Hava)
Halı üzerinde yürümek	35.000 V	15.000 V	7.500 V
Vinil zemin üzerinde yürümek	12.000 V	5.000 V	3.000 V
Tezgâhta veya masada çalışmak	6.000 V	800 V	400 V
Devre elemanlarını plastik ambalajdan çıkarmak	2.000 V	700 V	400 V
Devre elemanlarını vinil ambalajdan çıkarmak	11.500 V	4.000 V	2.000 V
Devre elemanlarını strafor ambalajdan çıkarmak	14.500 V	5.000 V	3.500 V
Devre kartlarını pıt pıt ambalajdan çıkarmak	26.000 V	20.000 V	7.000 V
Devre kartlarını köpük kutuya yerleştirmek	21.000 V	11.000 V	5.500 V

Fırtınalı havalarda, atmosferdeki bulutlarda statik elektrik yükü birikir. Bu yük, hava hareketlerindeki sürtünmelerden ve yağmur damlacıklarının sürekli çatlamasından oluşur. Farklı polaritedeki bulutlar arasında ve bulutla yer arasında statik elektrik yüklerinin boşalması, yıldırım şeklinde kendini gösterir (Görsel 3.3). Yıldırımla artı ve eksi yüklü bulutların birbirine yaklaşması sırasında tabiatın en büyük statik elektrik deşarjı meydana gelir. Japonya'da yapılan çalışmalarda yıldırım enerjisi ortalama 15-20 MV ölçülmüştür.



Görsel 3.3 : Yıldırım fırtınası

Araçların lastik tekerleklerinde araç seyir hâlindeyken havayla sürtünme kuvveti sebebiyle statik elektrik yükü birikir. Bu yük, metalik özellikte olmayan fiberglas gövdeli araçlarda daha fazladır. Zira bunlarda geçiş yüzeyinin direnci daha fazladır. Parlayıcı sıvı taşıyan tankerlerde havayla sürtünmeye ilaveten tankın içerisindeki sıvının çalkalanması sebebiyle de fazla statik elektrik yükü birikir. Bu statik elektrik yükünün tehlikeli seviyeye erişmesine engel olmak ve oluşacak yükü sürekli olarak toprağa iletmek için bu araçlarda topraklama zincirleri kullanılmalıdır (Görsel 3.4).



Görsel 3.4 : Yakıt tankerinin topraklama kablosu

Çok yüksek hızla mesafe kat eden uçaklarda yüksek sürtünme kuvveti sebebiyle büyük değerde statik elektrik yükü toplanır. Uçuş sırasında yıldırım düşmesi sonucu, ayrıca uçak kar, buz ve toz bulutu içinden geçerken sürtünme etkisiyle de statik elektrik oluşur. Statik elektrik yükü; kokpitte bulunan ve çok hassas olan uçuş bilgisayarı, radar ve kabindeki kişisel ekranlarda arızaya neden olur. Statik elektrik, uçağın kanatlarındaki sivri uçlar vasıtasıyla sürekli olarak boşluğa atılır. Sivri uçlar, statik deşarj püskülleri olup fazla elektrik yükünü etrafa yayar (Görsel 3.5). Bu boşaltma işi havada sürekli yapılmazsa uçak, yere inerken meydana gelebilecek şiddetli deşarjlar sebebiyle infilak eder.



Görsel 3.5 : Uçak kanadındaki statik deşarj püskülü

Sanayiden boya tabancası, statik elektriğin meydana geldiği olaylara örnek olarak verilebilir. Basınçlı hava ve boya karışımının sürtünmesi sebebiyle boya tabancasının ucunda statik elektrik yükleri oluşur. Bu yüklerin sürekli boşaltılması gerekir. Aksi takdirde meydana gelebilecek deşarj arkı mevcut parlayıcı ortamı tutuşturabilir.

3.1.3. Elektrostatik Deşarj ve Zararları

Elektrostatik yüke etki eden yüksek bir elektrostatik alan hızlı transfere sebep olur. Bu transfere **elektrostatik deşarj** denir. Elektrostatik deşarj, farklı gerilim potansiyellerine sahip iki cisim arasındaki elektrik yükü alışverişinden meydana gelir. Statik elektrik yükü, farklı elektrostatik potansiyellerdeki iki iletken cismin birbirine yaklaştığında aralarında meydana gelen kıvılcımdan geçer (Görsel 3.6). Elektrostatik deşarj, birbirine yakın duran iki cisim arasında elektriksel gerilim alanı oluşmasıyla da ortaya çıkabilir.

Elektrostatik deşarj, İngilizce **Electro Static Discharge** (elektıro sıtatik disçarç) sözcüklerinin baş harfleri olan **ESD** şeklinde ifade edilir.



Görsel 3.6 : Elektrostatik deşarj ile oluşan kıvılcım

Elektrostatik Deşarjın (ESD) Zararları

- Birçok elektronik devre elemanı, elektronik sistemlerde kullanılan bileşenler ve ileri teknoloji ürünleri çok hassas yapıya sahiptir. Cisimlerin sahip oldukları elektrik yük miktarları, bu hassas yapıların bozulmasına neden olur. Cisimler sürtünme, ayrılma veya manyetik etkiyle statik elektrik üretir. Elektrostatik deşarj, yarı iletken malzemelerin elektriksel özelliklerini değiştirebilir veya bozabilir. Ayrıca bir elektronik sistemin normal çalışmasını bozarak ekipmanın arızalanmasına neden olabilir.

  Elektrostatik deşarjdan etkilenen elektronik bileşen veya sistemler; diyotlar, transistörler, hassas film rezistörleri, kapasitörler, farklı yarı iletkenler, mikro devreler, hibrit (karma) cihazlar, piezo-elektrik kristalleri, elektro-optik cihazlar ve karmaşık entegrasyonlu devre cihazları olarak sayılabilir.

  Kapalı ortamda bulunan elektronik cihazlar, ortam sıcaklığı ve nem miktarına bağlı olarak 10 kV üzerinde gerilime neden olabilir. Havadaki nem miktarının %20'nin altında olduğu ortamlarda 30 kV'un üzerinde gerilim ölçülebilir. Bilgisayarlar düşük gerilimle çalışan elektronik cihazlardır. Bilgisayar bileşenleri 6-12 V gibi düşük gerilimlerde çalışmak üzere tasarlanmıştır. Bu nedenle yüksek gerilimlerde zarar görebilir. Bu zararı önlemek için ESD özelliğe sahip ürünler kullanılır.

  İnsan yaklaşık 3000 V'luk elektrostatik deşarjı hissedebilir. 3000 V'un altındaki elektrostatik deşarj hissedilmese bile elektronik ekipmanla temas edildiğinde ekipmana transfer edilir. Küçük seviyedeki deşarj bile elektronik ekipmanlara zarar verir. Elektrostatik deşarja duyarlı malzemelerin zarar görebileceği en küçük gerilim değeri 10 V'tur. Bazı elektronik bileşenlerin ESD duyarlılık eşiği Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2: Bazı Elektronik Bileşenlerin ESD Duyarlılığı

Elektronik Bileşen	ESD Duyarlılık Eşiği
Film Direnç	300 V
Foto Diyot	100 V
Schottky (Şotki) Diyot	300 V
Lazer Diyot	180 V
BJT Transistör	380 V
JFET Transistör	140 V
MOSFET Transistör	100 V
SCR (Tristör)	680 V
Op-amp (İşlemsel Yükselteç)	190 V
TTL Entegre	1000 V
CMOS Entegre	250 V
EPROM Bellek	100 V

- Statik elektrik yüklü yüzeyler kirletici maddeleri çekebilir ve tutabilir.

- Uçak kabininde oluşan statik elektrik uçuş güvenliğini tehdit eder. Bazen 15000 V'a çıkan statik elektrik yolculara zarar verebilir. Ayrıca elektronik aletlerin bozulmasına sebep olabilir. Kokpitte bulunan ve çok hassas olan uçuş bilgisayarı, radar veya kabindeki kişisel ekranlar statik elektrik nedeniyle çok sık arıza yapar. Yapılan araştırmalarda uzun süreli uçuşlarda farklı uçak tiplerinde dijital yolcu kontrol ünitesinde 5000 - 10000 V aralığında statik elektrik ölçülmüştür.
- Uçakların dış yüzeylerinde bulutlardan ve hava zerreciklerinden dolayı statik elektrik yükü oluşur. Bu yükün deşarj edilmesi için uçaklarda statik deşarj püskülleri bulunur. Ayrıca uçaklara yakıt ikmali sırasında da topraklama yapılarak ESD koruma önlemi alınır.
- Elektrostatik deşarj, yanıcı maddeleri bünyesinde bulunduran sektörler için oldukça tehlikeli sonuçlara neden olabilir. İnce toz hâlinde akan maddeler, borularda bulunan düşük iletkenliğe sahip sıvılar ya da mekanik çalkalanma, statik elektrik birikimine neden olabilir. İncecik toz hâlindeki toz bulutları, yanıcı veya patlayıcı olabilir. Bir toz ya da buhar bulutu içerisinde statik deşarj sonucu meydana gelebilecek bir kıvılcım, yangına ve patlamalara neden olabilir. Böylesi ortamlarda topraklama ve yapıştırma yük birikmesini engellemenin klasik yollarıdır.
- Elektrostatik deşarj, benzin istasyonları için büyük tehlike oluşturur. Benzin, mazot ve hafif ham yağlar gibi polar olmayan sıvılarda elektrostatik deşarj yakıt buharını tutuşturabilir. İstasyonlar; tehlikenin önüne geçebilmek için topraklama tekniklerinin yanı sıra iletken madde kullanımı, antistatik katkı maddelerinin eklenmesi yöntemleriyle statik elektrik birikimini güvenli bir biçimde dağıtmayı ya da engellemeyi sağlar.
- Yüksek potansiyel statik elektrik deşarjları, elektrik şoklarına benzer etki yaratabilirler. Bu şekilde elektrik şokuna maruz kalan insanlar, dönen makinelerin yanında veya düşme tehlikesi olan yerlerde çalışıyorsa iş kazalarına maruz kalabilir.
- İnsan vücudunda aşırı derecede statik elektrik yükü birikmesi insanın normal elektrik dengesini bozabilir ve sinir sistemini etkileyebilir.
- Elektrostatik deşarj yüksek maliyete, düşük kaliteli ürüne ve kritik zamanlarda cihazın çalışmamasına neden olabilir. Cihaz ve sistemler elektrostatik deşarjdan çok düşük bir maliyetle korunursa bakım onarım, parça, iş gücü ve zaman maliyetlerinden tasarruf edilebilir.

3.1.4. ESD Standartları

Elektronik cihaz ve bileşenlerde ESD nedeniyle sıkça arızalar görülmüştür. 1980'lerin sonuna doğru Avrupa'da CENELEC (Avrupa Elektroteknik Standartlaştırma Komitesi) kuruldu. Kuruluşun görevi, kalite işlemlerini geliştirmek ve 100 V üzerinde ESD duyarlılık eşiğine sahip elektronik malzemeleri olası ESD hasarlarından korumak için standartlar geliştirmektir. Günümüzde ESD standartları Avrupa merkezli IEC (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu) ile Amerikan ESDA (ESD Derneği) tarafından belirlenir. Ülkemizde standartları belirleyen kuruluş TSE'dir (Türk Standartları Enstitüsü).

Son yıllarda Amerikan ESDA (ESD Derneği), ESD standartlarının geliştirilmesi için odak noktası olmuştur. ESDA, ESD standartlarının ve test yöntemlerinin geliştirilmesinden sorumludur. ESDA tarafından standart ESD belgelerine ek olarak bilgilendirici tavsiyeler de yayınlanmıştır. Antistatik koruma ekipmanları, geliştirilen bu standartlara göre üretilir. Günümüzde ESD standartları üç gruba ayrılır.

ESD Standartları	
ESD Program Rehberliği veya Gereksinimleri Sağlayan Standartlar	ANSI/ESD S20.20 - ESD Kontrol Programı Geliştirme Standardı IEC 61340-5-1 - Elektronik Cihazların Elektrostatik Olaylardan Korunması - Genel Gereksinimler ANSI/ESD S8.1 – Semboller - ESD Farkındalığı
Ambalajlama ve Topraklama Gibi Belirli Ürünler İçin Gereksinimleri Sağlayan Standartlar	ANSI/ESD S6.1 – Topraklama ANSI/ESD S541 - Ambalaj Malzemeleri
Ürünleri ve Malzemeleri Değerlendirmek İçin Kullanılan Standartlaştırılmış Test Yöntemleri	ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 - Cihaz Testi, İnsan Vücudu Modeli

3.1.5. Antistatik Koruma Ekipmanları

Antistatik, statik olmayan veya statik elektrik üretmeyen malzemeler için kullanılan bir kavramdır. **Antistatik malzeme,** statik elektriğin birikmesini azaltmak veya ortadan kaldırmak için malzemelerin ya da yüzeylerinin işlenmesinde kullanılan bir bileşiktir. Bazı atomlar artı yüklü, bazıları eksi yüklüdür. Fazla yüke sahip atomlar bir araya getirilerek toplam yük miktarı sıfırlanır. Bu şekilde elde edilen malzemeler statik elektrik üretmez. Bazı ürünlerde düşük seviyede üretilir. Antistatik malzemeler yalıtkan ve tam iletken değildir. İletken malzemelerin alan direnci 10^4 ile 10^5 Ω arasındadır. İletken malzemeler hızlı deşarj sağlar. Yalıtkan malzemelerin alan direnci 10^{12} Ω'dan büyüktür. Yalıtkan malzemeler statik yük oluşturma kaynağıdır. İletken ve yalıtkan malzemelerin arasında kalan ve alan direnci 10^6 ile 10^{12} Ω arasında olan malzemelere **antistatik malzeme** denir.

Dünyadaki ESD arızalarının maliyeti çok yüksektir. Bu nedenle ileri teknoloji imalatı yapılan ve kullanılan her yerde ESD önlemi alınmalıdır. Uçak bakım ve üretim tesisleri, radar kontrol birimleri, ameliyathaneler, yoğun bakım üniteleri, MR ve röntgen odaları, elektrik elektronik imalat, montaj ve test birimleri, bilgi işlem merkezleri, matbaalar ve ilaç sanayi gibi yerler ESD'ye karşı önlem alınması gerekli yerlerdir.

Elektronik bileşenleri, kartları ve cihazları; dokunma yoluyla meydana gelebilecek yüklemelere karşı korumak için antistatik koruma ekipmanları kullanılmalıdır. Elektronik cihazlara topraklama yapılması, taşınması ve depolanmasında ESD korumalı kutuların veya ambalaj malzemelerinin kullanılması çok önemlidir.

Antistatik koruma ekipmanları hızlı deşarj olmamalı, belli bir alan direnci oluşturmalı ve dereceli bir şekilde iletim ortamı sağlanmalıdır. Antistatik malzemeler statik elektriğin oluşmasını önler. Statik yükü yavaş yavaş deşarj ettiğinden elektronik sistemlere ve bileşenlere zarar vermez. ESD'ye karşı koruma amaçlı birçok donanım vardır. Bu donanımların tümü IEC (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu), CELENEC (Avrupa Elektroteknik Standartlaştırma Komitesi) ve TSE'nin (Türk Standartları Enstitüsü) belirlediği standartlara göre üretilir (Görsel 3.7).



Görsel 3.7 : Antistatik koruma ekipmanları

3.1.5.1. Elektrostatik Korumalı Alan

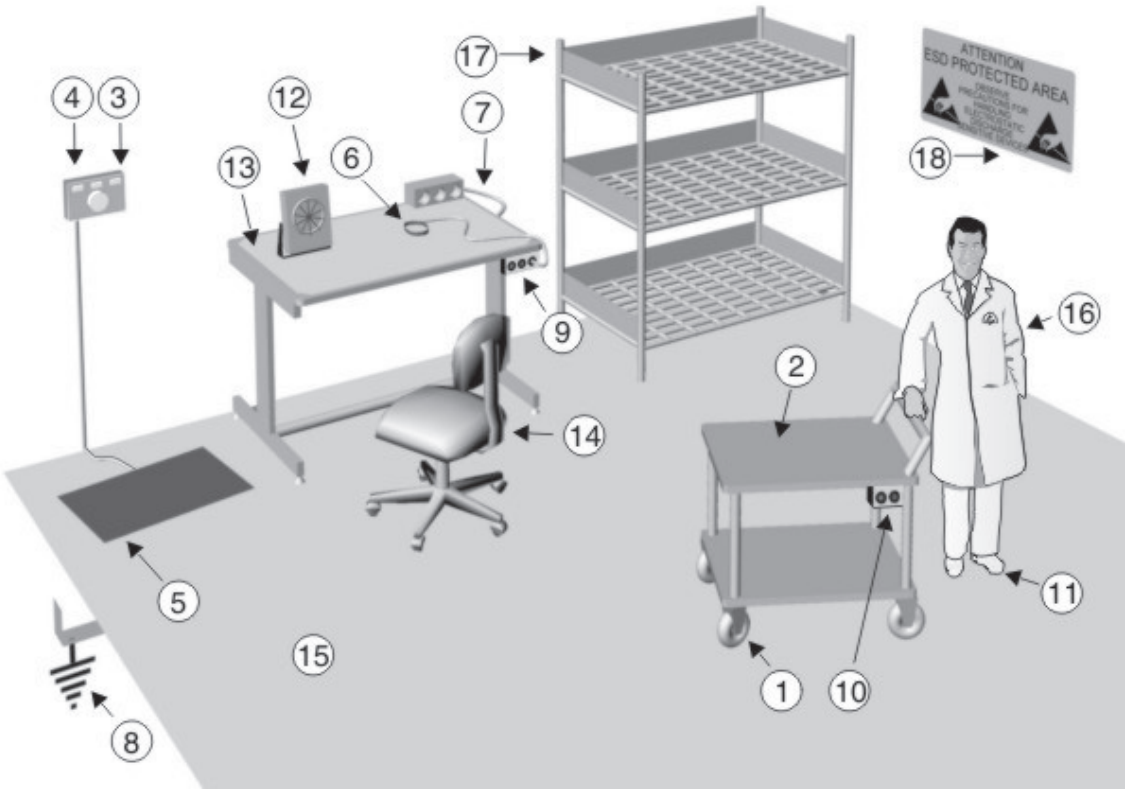
Elektrostatik korumalı alan, statik elektriğin ESD'ye duyarlı ögelere verilen zararı en aza indirecek gerekli malzeme, araç ve ekipmanlarla tanımlanmış bir yerdir. Bu alanlar ESD'ye duyarlı malzemelerin kullanılacağı yerlerdir (Görsel 3.8). Elektrostatik korumalı alan, İngilizce Electrostatic Protected Area (elektıro pırotektıd eriya) sözcüklerinin baş harfleriyle **EPA** şeklinde ifade edilir.

Deşarjların önlenmesi için alınması gereken tedbirler, geliştirilen standartlarla belirlenmiştir. Aslında bu tedbirlerin çoğunda elektrostatik korumalı alan uygulaması kullanılır. Temel olarak bu sistem ESD'ye neden olabilecek elektronik elemanların topraklanması ve bu elemanlarla çalışan personelin elektrostatik deşarjı önleyecek tarzda önlemleri almasıyla mümkündür.



Görsel 3.8 : Elektrostatik korumalı alan (EPA)

Elektrostatik korumalı alan, hassas ve dikkat çekici ESD sembol ve işaretlerle korunur (Görsel 3.9 ve Tablo 3.3).



Görsel 3.9 : Elektrostatik korumalı alan (EPA)

Tablo 3.3: EPA Görsel Açıklamaları

Numara	Açıklama	Numara	Açıklama
1	Statik dağıtıcı tekerlekler	10	Araba topraklama
2	Statik dağıtıcı yüzeyler	11	Ayak bandı ve topukluklar
3	Kol bandı test cihazı	12	İyonizatör
4	Ayakkabı test cihazı	13	Dağıtıcı masa örtüsü
5	Ayak elektrotu	14	ESD sandalye
6	Topraklı kablolu kol bandı	15	Dağıtıcı özellikli zemin
7	Topraklama bağlantısı	16	ESD elbise
8	Topraklama	17	Dağıtıcı raflar
9	Topraklama istasyonu	18	EPA işareti

3.1.5.2. Uyarı Etiketleri ve Tabelaları

Elektronik cihazları ve ESD'ye duyarlı malzemelerin, kullanacak veya taşıyacak kişi tarafından ESD'ye duyarlı olduğunun anlaşılabilmesi için kullanılır. ESD'ye duyarlı alanlarda da uyarı etiket ve tabelaları kullanılır (Görsel 3.10).

Ana Sembol	Siyah çerçeveli bir üçgen içerisindeki sarı renkli bir el işaretidir. Bu işaretin kullanımıyla ESD'ye duyarlı ekipmanların veya elementlerin lokalize edilmesi amaçlanmıştır (Görsel 3.11).
EPA Sembolü	Bu sembol ESD güvenlik önlemi alınmış çalışma masası ve sandalyeleri, tekerlekli çalışma arabaları gibi ekipmanlarda kullanılır (Görsel 3.12).
Güvenlik Sembolü	Bu sembol bütün ESD güvenlik kapsamındaki ürünler üzerinde (poşetler, kutular ve önlükler) belirtilmiştir. Sembol içeriğindeki her harf malzeme karakteristiğini ifade eder (Görsel 3.13).



Görsel 3.10: ESD işaretleri



Görsel 3.11: Ana sembol



Görsel 3.12: ESD koruma alanı sembolü

Uyarı tabelaları, personelin dikkatini çekecek şekilde kullanılmalıdır. EPA bölgesine girmeden açık bir mesaj vermelidir. Özellikle AC 250 V veya DC 500 V üzerindeki gerilim değerlerinde standartlara uygun uyarı levhaları kullanılmalıdır. Kullanılan tabelalar, EPA uyarı tabelası, EPA yüksek gerilim tabelası ve EPA çıkış tabelasıdır.

3.1.5.3. Antistatik (ESD) Poşetler

Statik elektrikten etkilenebilecek her türlü elektronik donanımın taşınması ve depolanması için kullanılır. ESD torbası olarak da adlandırılır. Değişik tür ve ebatlarda üretilir. Metalik poşetler, sürtünmeden dolayı elektronik malzemenin üzerindeki statik elektriği önler. Üç katmanlıdır. Tasarımının etkisiyle Faraday kafesi özelliği gösterir. Pembe poşetler, statik elektriğin dağıtımını sağlar. Tek katmanlıdır. Siyah poşetler, iletken ortam sağlar. Tek katmanlıdır.



Görsel 3.13: Antistatik poşet ve üzerinde bulunan sarı uyarı etiketi

Elektromanyetik dalgalar iletken ortamlardan geçemez. Böylece manyetik hafıza barındıran sistemler korunur. İletken poşetler bozulabilecek malzemelerin manyetik alandan taşınması için çok uygundur. Neme karşı korumalı olanları da vardır. Tüm poşetlerde antistatik uyarı işareti, üretim tarihi, raf ömrü ve üreten firma işareti bulunur (Görsel 3.13, 3.14).

Görsel 3.14: a) Antistatik poşetler



Görsel 3.14: b) Antistatik poşetler





Görsel 3.15: Antistatik streç



Görsel 3.16: ESD ambalaj köpüğü

3.1.5.4. Antistatik (ESD) Streç Filmler

Elektrostatik deşarj hasarlarının önüne geçmenin en ucuz ve pratik yoludur. Hem elle hem de makine yardımıyla sarılabilir. Antistatik streç film, sarılan ürüne yapışma özelliğiyle statik yükü dağıtarak ESD hasarlarının oluşmasını engeller. Antistatik streç film elektronik, boya, kimya, gıda ve silah sanayi tarafından kullanılır (Görsel 3.15).

Kimyasal ürünlerin bulunduğu ortamda kimyasal buhar birikme ihtimali vardır. Bu nedenle elektrostatik deşarj sonucu ortaya çıkacak kıvılcımın etkisiyle tutuşma ve yangın gibi istenmeyen sonuçlar oluşabilir.

Antistatik Streç Filmlerin Özellikleri

- Statik elektriğe duyarlı elektronik parçaların, yanıcı ürünlerin, boya ve kimyasal ürünlerin palet üstünde sarılmasında kullanılır. Böylece olası ESD ile hasar ve tutuşma tehlikesinin önüne geçer.
- Tozlanmayı ve ESD'yi engellemesi nedeniyle tahıl ve askeri malzeme depolarına yapılan taşımalarda ürünlerin ambalajlanmasında ve sarılmasında kullanılır.
- Statik elektrik konusunda hassas olan uygulamalarda kullanılmak üzere üretilmiştir.
- Delinmeye karşı dirençlidir. Herhangi bir bant ve plastik kemer kullanma ihtiyacı olmadan yapışarak sarar.
- El ve sarma makinasıyla sarılabilir.
- Kullanımı oldukça kolaydır.
- Maliyeti düşüktür.

3.1.5.5. Ambalaj Köpükleri

Ambalajlamada, elektronik malzemelerin taşınması ve muhafazasında kullanılır. Jfet, mosfet, entegre, yonga vb. elektronik elemanlar köpüklerin üzerine batırılarak muhafaza edilir (Görsel 3.16).

3.1.5.6. Antistatik (ESD) Masa Örtüleri ve Kaplamaları

Antistatik ve iletken çeşitleri vardır. Bir, iki veya üç katmanlı olabilir. Tek katmanlı kaplama, bir dağıtıcı yüzeyden oluşur. İki katmanlı kaplama, dağıtıcı yüzey ve iletken tabakadan oluşur. Üç katmanlı kaplama ise dağıtıcı yüzey, iletken yüzey ve tekrar dağıtıcı yüzeyden oluşur. Masa örtüleri ve kaplamaları sıcak lehim ve kimyasallara karşı dayanıklı olmalı ve standartlara uygun imal edilmelidir (Görsel 3.17).



Görsel 3.17: ESD masa kaplaması

3.1.5.7. Antistatik (ESD) Bileklikler

Çok hassas elektronik bir ekipman üzerinde çalışan kişiyi güvenli bir şekilde topraklamak için kullanılan antistatik bir cihazdır. Çalışanın topraklanmasında en çok kullanılan üründür. Toplanmış gerilimi güvenli bir şekilde vücuttan atar. ESD bileklik veya toprak bileziği de denir (Görsel 3.18).

Antistatik ve ESD özellikli bileklikler; kablolu, kablosuz, metal, antialerjik, tek kullanımlık gibi tasarımlara sahip olabilir. Kablolu bileklik kordonu ve spiralli kablo şeklinde tasarlanır. Ürün üzerinde 1 MΩ'luk direnç bulunur. Kablo ucu banana erkek giriş veya 10 mm dişi çıt şeklinde olur. Çalışma masalarında kullanılan topraklama noktalarına bağlanır (Görsel 3.19).

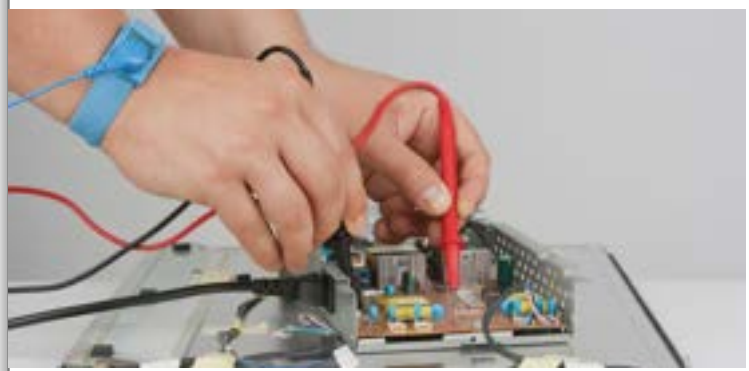


Görsel 3.18: a) Antistatik bileklikler



Görsel 3.18: b) Antistatik bileklikler

Kablosuz bileklikler, üzerinde bulunan vida sayesinde topraklanır ancak bu işlem her hareket sonrası sürekli yapılmalıdır. Aksi hâlde ürün bir kondansatör mantığıyla çalıştığından hemen dolar. İnsan teni bazen bu tip ürünlere alerjik reaksiyon gösterebilir. Bunun için antialerjik ürün kullanılabilir. Ürünün uzun ömürlü olması için metal tasarımlı ürün tercih edilir.



Görsel 3.19: a) Antistatik bileklik kullanımı



Görsel 3.19: b) Antistatik bileklik kullanımı



Görsel 3.20: ESD ayakkabı



Görsel 3.21: ESD topuk bandı



Görsel 3.22: Antistatik iş kıyafetleri



Görsel 3.23: Antistatik eldiven

3.1.5.8. Antistatik (ESD) Ayakkabılar

Antistatik ayakkabılar, statik yüklerinin dağıtılması yoluyla en aza indirilmesinin gerekli olduğu yanıcı ve parlayıcı ortamlar ile vücutta biriken statik elektriği iletken veya antistatik zeminden boşaltmak için kullanılır (Görsel 3.20).

3.1.5.9. Antistatik (ESD) Topuk Bantları

Antistatik ayakkabıya alternatiftir. Çalışanların kendi ayakkabılarını kullanarak vücutlarındaki statik elektriğin antistatik zemin üzerinden topraklanmasını sağlar. Topuk bantları, zeminle veya zemin kaplamasıyla düzenli bir temas sağlanabilmesi açısından her iki ayak için de kullanılmalıdır. Aksi hâlde tamamen izole veya kötü topraklanmış zeminlerde topraklama görevini tam olarak yapamayabilir (Görsel 3.21).

3.1.5.10. Antistatik (ESD) Elbiseler ve Önlükler

İletken özellikli elbiselerin asıl kullanım amacı, çalışan üzerinde toplanmış statik yükü en az düzeye indirmektir. Önlük dokusu, Faraday kafesi karakteristiği göstermelidir. Yani tehlikeli elektrik alanlarının genişlemesini ve duyarlı elektronik malzemelerin zarar görmesini önleme prensibiyle işlenmiştir. Kullanılan elbise ve önlükler vücudu tamamen kaplamalı ve iletken bir yapı göstermelidir. Antistatik önlükler genellikle %89 polyester ve %11 karbon alaşımlıdır. Karbon yedirilmiş kumaş, statik elektriğin iletkenliğini sağlar. Kıyafetlerin oluşturacağı veya dış etmenlerle oluşacak statik yüklenmeyi önler. Bileklikle bağlanabilecek şekilde üretilmiş olanları da vardır (Görsel 3.22).

3.1.5.11. Antistatik (ESD) Eldivenler

Çalışan topraklanmış olsa dahi ESD'ye duyarlı ekipmanlar, dokunma esnasında zarar görebilir. Atlama direncinin yükseltilmesi, deşarj süresinin kontrol edilmesi için gereklidir. Bu etki, dağıtıcı özellikli parmaklıkların veya eldivenlerin kullanımıyla gerçekleştirilir (Görsel 3.23).

3.1.5.12. Antistatik (ESD) Zemin Uygulamaları

Statik elektrikten arındırılmış alanlarda üretim faaliyeti yapılıyorsa antistatik zemin kullanılmalıdır. Üretim alanlarında yapılması gereken en önemli işlem, çalışma zemininin antistatik özellikli PVC veya epoksi gibi ürünlerle kaplanmasıdır. Kullanılacak malzemeler; antistatik özelliğe sahip olmalı ve doğru mühendislikle ESD özelliğine uygun topraklanmalıdır (Görsel 3.24)

ESD zemin kaplamaları, iletkenlik özelliğine sahip ayakkabı bağlantısıyla veya topukluklarla statik yükü zemin üzerinden deşarj eder. Bu nedenle ESD zemin kaplamaları, ESD koruma programının çok önemli bir parçasıdır. Dağıtıcı özellikli zemin kaplamaları, zemin üzerinde oluşacak her türlü hareket sonucu meydana gelen şarjı en düşük seviyeye getirir. Hareket hâlindeki her türlü cismin ya da çalışanın tabanlarının dağıtıcı veya iletken özellikli maddelerle donatılmış olması gerekir. Bu durum şarjın zemine akmasını sağlar.

Zemin kaplaması üzerinde kullanılacak cihazlar; nitelik, nicelik ve kullanım sıklığına göre (ağırlık, tekerlekli ekipmanların tekerlek türleri) seçilmelidir. Zemin kaplamasının gürültü emicilik ve kayganlık önleyicilik özelliklerine dikkat edilmelidir.

PVC malzemeyle çalışılması gerekiyorsa malzemenin yüzey direncinin 10^9 Ω'dan küçük olması gerekir. Tek veya iki katmanlı ürün kullanılabilir. İki katmanlı ürünlerin avantajı, dış yüzeyin direnç değeri ile alt yüzeyin direnç değeri arasındaki direnç farkı sayesinde statik elektriğin topraklanması, üstel boşalım şeklinde olmasıdır. Tek katmanlı ürünlerde ise elektrostatik deşarj lineer boşalım şeklinde olur.

PVC uygulamalarında alt tabaka için bakır bantlarla Faraday kafesi yapılmalıdır. Bu kafesin şekli çalışılacak alana göre hesaplanır. PVC malzemenin yapıştırılmasında kullanılacak yapıştırıcı mutlaka iletken olmalıdır. Böylece olası yüksek akımların (en fazla 300 mA) akmasında sistem topraklamasına zarar vermeden boşalım gerçekleşir.

Karo PVC veya rulo PVC zemin uygulamalarında bu durum değişmez. Uygulamadaki topraklama noktaları mutlaka belirlenmelidir. Her 10 metre ve üzeri çalışmalarda matematiksel hesaplamayla topraklama terminalleri konulmalıdır. Uygulama sonrası yüzey direnci, ölçüm cihazlarıyla malzemenin yüzey direnci ve geçirgenlik direnci ölçülmelidir. Ölçülen değerlerin ESD standartlarında kullanılan değerleri karşılayıp karşılamadığı kontrol edilmelidir.

Vinil fayans, lastik fayans, zemin örtüleri (halılar) ve reçineli zeminler zemin uygulamalarına örnek verilebilir.



Görsel 3.24: ESD zemin



Görsel 3.25: ESD teknik servis masası



Görsel 3.26: ESD çelik sandalye



Görsel 3.27: Antistatik zemin temizleme deterjanı

3.1.5.13. Antistatik (ESD) Mobilyalar

ESD özellikte koltuk, sandalye ve topraklanmış masalardır. Antistatik özellikteki koltuklar tekstil, özel fiberler ve metal tellerle üretilir. Böylece vücutta bulunan statik elektriğin zemine deşarjı sağlanır. Kimya, ilaç, medikal, petrol ve elektronik üretim yapan işletmelerde kullanılır.

Teknik servis masalarında kullanılan ESD laminant ve ESD boya sayesinde 1 MΩ direnç üzerinden düşük akımla masanın yüzeyinden, rafından ayaklarına ya da tekerleklerine kadar her noktadan statik yük deşarjı sağlanabilir. Masa üzerinde yer alan topraklama çıkışları, aynı zamanda masa üzerinde bileklik gibi ESD koruma amaçlı kullanılan aparatlar vasıtasıyla deşarjlar için önemlidir (Görsel 3.25).

Oturmak amaçlı kullanılan standart sandalyeler, ideal bir elektrostatik koruma alanı içinde çok ciddi statik elektrik kaynaklarıdır. ESD standartlarına göre sandalyeyi oluşturan plastik, kumaş, tekerlek gibi bütün parçalar antistatik olmalıdır. Ayrıca oturak kısmı ortopedik olmalı ve bacakların kasılmasını engellemelidir. Tekerlekler kauçuk iletken malzemeden üretilmiş olmalıdır. Bu durum, zemin üzerinde biriken tozların üzerinde hareket eden tekerleklerin siyah lekeler oluşturmasını engeller. Plastik tekerlekler hareket hâlindeyken zemindeki tozu ezerek siyah çizgilere neden olur. Bu çizgilerin temizlenmesi mümkün değildir. Temizliği için mutlaka antistatik özelliğe sahip deterjanlar kullanmalıdır (Görsel 3.26).

Antistatik mobilyaların elektrostatik alanölçer test cihazı ve yüzey dirençölçer cihazıyla testleri yapılmış olmalıdır. Satın alınırken test raporu talep edilmelidir. Elektrostatik alanölçer test cihazı plastik malzemenin antistatik olup olmadığını ölçebilir.

3.1.5.14. Antistatik (ESD) Kimyasallar

Halı ve suni deri yer muşambaları gibi malzemelere uygulandığında çok ince antistatik katman oluşturur. Antistatik örtü ve yer kaplaması gibi zeminlerin antistatik özelliklerini artırır ve uzun ömürlü olmalarını sağlar (Görsel 3.27).

3.1.5.15. İyonizasyon Cihazları

Hassas elektronik aletlerin olduğu ortamlarda plastik bardak gibi yalıtkan malzemeler büyük tehlike oluşturur. Yalıtkan malzemelerin üzerinde oluşabilecek statik yükleri topraklama yoluyla etkisizleştirmek mümkün değildir. Bu tür risklerin bulunduğu yerlerde ortama eksi (-) ve artı (+) iyon üflenerek yalıtkan malzeme nötralize edilir. Bu işlem iyonizasyon cihazlarıyla yapılır. İyonizasyon cihazları statik yükün oluştuğu noktalara yakın konulmalıdır. Statik yükün oluşma hızına uygun kapasitelerde seçilmelidir. Bu cihazlar **iyonizatör** veya **iyonizer** olarak da adlandırılır (Görsel 3.28).



Görsel 3.28: İyonlaştırıcı hava tabancası

Geleneksel topraklamanın kullanıldığı ve materyallerin statik yüklenmelerinin engellenemediği durumlarda iyonizetörlere başvurulur. Materyaller iyonize edilmiş, hava yüklenmiş bir materyalle temas ettirildiğinde artı iyonları kendine çeker. Böylece materyal kendi yükünü nötralize eder. Bu işlem materyal üzerindeki duman tabakalarını ve kir partiküllerini yok eder. Bu durum insanlarda psikolojik rahatlık sağlar.

3.1.6. Kısa Devreleme ve Topraklama

İletken cisimler arasında statik elektrik deşarjını önlemek için yapılır. Aralarında statik elektrik yükünün farklı olması nedeniyle potansiyel farkı bulunabilecek bütün iletken kısımlar, elektriksel yolla birbirlerine bağlanır. Buna **kısa devreleme** denir. Ayrıca toprağa da irtibatlandırılır. Kısa devreleme sonucunda iki farklı yükteki cisim, yük transferiyle eş potansiyel (aynı potansiyel) düzeye gelir. Aralarında potansiyel farkı olmadığı için elektrostatik deşarj olmaz. Topraklamayla da bu cisimlerin aynı olan yükleri toprağa boşaltılarak toprak potansiyeline (0 V) getirilir. Böylece bu cisimlerle toprak arasında boşalması engellenir.

Topraklama, etkili ESD kontrolü için özellikle önemlidir. Açıkça tanımlanmalı ve düzenli olarak değerlendirilmelidir. Ekipman topraklama iletkeni, ESD koruyucu malzemeleri ve personeli aynı elektrik potansiyeline getirmek için kullanılır. Çalışanlar dâhil çevredeki tüm iletkenler ve enerji tüketen malzemeler bilinen bir toprağa elektriksel olarak bağlanır. Böylece tüm ögeler ve personel arasında eş potansiyel bir denge oluşturulur. Sistemdeki tüm ögeler aynı potansiyelde olduğu sürece korunabilir.

3.1.7. ESD Testi

ESD testi, elektromanyetik uyumluluk testlerindendir. ESD hassasiyeti olan tüm elektronik cihazlara uygulanmalıdır. ESD testi, elektrikli ya da elektronik cihazların elektrostatik deşarja karşı performans seviyesini belirlemeye yarar. Elektrostatik yük deşarjından kaynaklanabilecek hasarların önüne geçmek için uygulanır.

Standartlara Göre Yapılan ESD Testleri

- Havadan deşarj,
- Dokunma deşarjı,
- Doğrudan deşarj,
- Dolaylı deşarj,
- Bileşen üzerinden paketleme ve depolama durumunda veya araç üzerinden test simülasyonu,
- Malzemeler ve üretim hatları için elektrostatik alan seviyesi ölçümleri.

ESD Testlerinde Kullanılan Test Cihazları

- Bileklik, ayakkabı ve topuk bandı test cihazı,
- Elektrostatik ala ölçer test cihazı (Statik yük ölçme cihazı),
- Süreklilik monitörleri,
- Yüzey dirençölçer test cihazı (Megaohmmetre).

3.1.8. ESD Duyarlı Ürünlerin Paketlenmesi, Taşınması ve Depolanması

ESD korunumlu paketlemeler, ekipmanları direk deşarjdan korur. Materyalin dış yüzeyine doğru hızlı bir gerilim akışına neden olur. Bunun dışında paketleme materyalini, toz ve nemden de korur. ESD standartları üç değişik paketleme önerir.

ESD Standartlarında Paketleme Türleri

Temaslı Paketleme	Paketleme materyali doğrudan malzemeyle temas eder.
Çevreleyici Paketleme	Doğrudan temas yoktur. Bir veya birkaç malzeme aynı anda çevrelenmiştir.
İkincil Paketleme	Fiziksel korunmalar için kullanılır. Duyarlı malzemelerden uzak tutulmalıdır. EPA alanı içinde kullanılmamalıdır. Bazı paketleme materyalleri nemden etkilenir. Bu yüzden kullanılma süreleri kısa olur. Bazıları da yapısı gereği partiküller bırakır. Bu durum problemlere neden olur.

ESD'ye duyarlı ekipmanların veya malzemelerin taşınmasında ve depolanmasında iletken dağıtıcı ve koruyucu tabakalı özellikli kılıflar, kutular, ayaklı raflar ve poşetler kullanılır. Serbest veya hareket hâlinde olabilecek ekipmanların taşınmasında iletken köpüklerin kullanılması tercih edilir. İletken köpükler, minimum düzeyde elektriksel direnç özelliği gösterir. Yani bütün yüzeylerinde eşit düzeyde elektriksel potansiyele sahiptir. Bu özellik statik yük depolanmalarına izin vermez.

Üretim gruplarına göre elektronik kartlar için iletken veya dağıtıcı özellikte kasalar, kutular, raflar veya kılıflar kullanılır. Tekerlekli raflarla yapılan taşımalarda statik şarj meydana gelir. Bu şarj, taşınan ekipmanları etkiler. Bu tür ESD rafların iletken ya da dağıtıcı özellikli materyaller-

den üretilmesi gerekir. Tekerlekler de aynı özellikli materyallerden yapılmalıdır. Taşıma arabası, ESD'ye duyarlı ekipmanların yüklenmesi ve boşaltılması sırasında iletken olmayan bir zeminde kullanılıyorsa topraklama bağlantılarıyla yerinde topraklanmalıdır. Ekipmanların üzerine konulduğu her yüzey topraklanmış olmalıdır. Noktasal iletkenlik direnci 10^4 ile 10^{10} Ω, yönlendirici direnci 7,5 x 10^5 ile 10^9 Ω arasında olmalıdır. Krom demir gibi bir yüzeyin noktasal iletkenlik direnci 10^4 Ω değerinden düşükse ekipmanların yüzey üzerinde değil, dağıtıcı kutularda veya dağıtıcı örtüler üzerinde muhafaza edilmesi önerilir.

3.1.9. Antistatik Koruma Ekipmanlarını Kullanma

Şarjın olmadığı yerde, her zaman deşarjın da olmayacağı ana prensibi göz önünde bulundurulmalıdır. İletken ve dağıtıcı özellikli materyaller, statik şarja ve bunun sonucu olarak da deşarja izin vermezler. Ekipmanlarda, hareket yoluyla herhangi bir yüklenmeye neden olmaması için hareketli parçaların kullanılmaması gerekir. Buna örnek olarak lastik rulolar ve plastik kayıcı veya itici verilebilir. Ekipmanların üzerinde taşındıkları malzemeler veya temaslı malzemelerin de antistatik ya da iletkenlik özelliği olması gerekir. İyonizatör kullanımı, içinde bulunulan alanı nötralize eder. Daha sonraki yüklenmeleri de engellemiş olur. Kişinin ESD güvenli ekipmanlarla çalışması ve minimum hareketliliği statik yüklenme riskini azaltan faktörlerdir (Görsel 3.29).



Görsel 3.29: ESD korumalı alan

Antistatik ekipmanlar yüksek teknoloji kullanılan her yerde güven ve emniyet sağlar (Görsel 3.30).



Görsel 3.30: ESD iş istasyonu

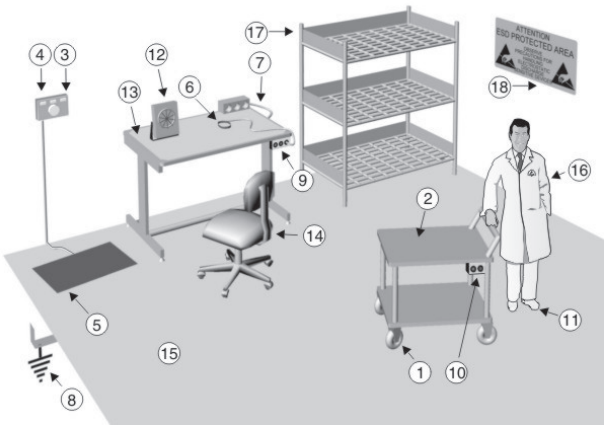
Antistatik Koruma Ekipmanlarını Kullanırken Dikkat Edilecek Hususlar

- Aktif elektronik bileşenlerin her zaman ESD duyarlı olduğu düşünülmelidir.
- Elektronik bileşenlere sadece ESD korunumlu alanlarda (EPA) kurallara uygun bir şekilde topraklama yapılmışsa dokunulmalıdır.
- Taşıma yaptırılacak firmaların ESD güvenlik sistemleri kontrol edilmelidir.
- Çalışma alanı statik yükten arınmış hâle getirilmelidir. Daima temiz tutulmalıdır. Toz ve kir, ESD'ye neden oluşturabilecek koşullar meydana getirebilir. Sentetik ve yünlü giysilerden kaçınılması statik elektriğin azalmasına katkı sağlar.
- ESD koruyucu masalarda bileklik takılarak çalışılmalıdır. Masalara konan antistatik örtüler ortak noktalardan topraklanmalıdır. Tek topraklanmalı ve seri bağlanmamalıdır. Masa örtülerinin toprak bağlantıları ayda bir kez kontrol edilmelidir.
- Kişisel topraklama bilekliği sürekli takılı bulundurulmalıdır. Bileklikler daima çıplak bileğe takılmalıdır. Bilekliklerin bağlantı noktaları topraklanmalıdır.
- Bileklikler her gün kontrol edilmelidir. Kontrol için uygun ESD test cihazı kullanılmalıdır.
- Topuk bantlarının her ikisi de her gün kontrol edilmelidir.
- Yalıtılmış alet, plastik bant, plastik paketleme gibi statik elektriğe neden olacak malzemeler ve ESD'ye duyarlı malzemelerin birbirine temas etmesi önlenmelidir.
- ESD riski olan yüzeyler antistatik temizleyicilerle temizlenmelidir. Onaylı ESD temizleyicileri kullanılmalıdır.
- ESD'ye duyarlı ekipmanlarının taşınmasında ve depolanmasında ESD korunumlu kutular kullanılmalıdır. Paketleme ve taşımada sadece ESD onaylı malzemeler kullanılmalıdır. Statik korumalı kutuların içinde plastik torbalar ve köpükler, ESD hasarı oluşturabileceğinden bu tür malzemeler bu kutulara konulmamalıdır. Tüm kutu ve ambalajların üzerine doğru etiket yapıştırılmalıdır. Etiketler yapıştırılırken her açıdan rahatlıkla görülmesine dikkat edilmelidir. Ambalajlamada kullanılacak bantlar antistatik bantlar olmalıdır.
- ESD etiketleri kontrol edilmeli ve ESD duyarlı malzemelerin doğru etiketlendiğinden emin olunmalıdır. Etiketli malzemelere dokunulmadan önce mutlaka bileklik takılmalıdır.
- Elektronik kartlar, ESD bileklik takılarak tutulmalıdır. Antistatik poşetlerde taşınmalıdır. Antistatik kutularda muhafaza edilmelidir.
- Entegreler, statik koruyucu tüplerde veya iletken karbon köpüklerden ayrılmadan taşınmalıdır.
- Tüm malzemelerin konnektör kapakları kapalı tutulmalıdır. Açıkta bırakılan pinler ESD'ye maruz kalabilir. Bunun için özel kapaklar kullanılmalıdır.
- Statik ortamlarda statik yükleri nötralize eden iyonize edici cihazlar kullanılmalıdır.

3.1. Uygulama: Elektrostatik Deşarjlara Karşı Korunma Uygulaması

Amaç: Elektrostatik deşarjlara hassas ünitelerin sökülmesi sırasında alınması gereken önlemleri alarak antistatik koruma ekipmanlarını kullanmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 3.31: a) Antistatik koruma ekipmanları



Görsel 3.31: b) Antistatik koruma ekipmanları

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Antistatik (ESD) bileklik	Kablolu	1 Adet
CMOS entegreli çalıştığı bilinen bir devre	Entegreli PCB	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzeme bulundurmayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen tüm cihaz veya devre elemanlarını el ve gözle kontrol ediniz.
3. Vücudunuzun sürtünmeyle elektriklenmesini sağlayınız.
4. Vücudunuzda oluşan statik elektriği, kalorifer radyatörlerine veya metal sıra ayaklarına dokunarak boşaltınız. Dokunduğunuz anda bir titreşim oluştuğunu gözlemleyiniz.
5. Vücudunuzun sürtünmeyle yeniden elektriklenmesini sağlayınız.
6. Daha önce çalıştığı bilinen bir devrede bulunan CMOS teknolojisiyle üretilmiş entegreyi sökünüz. Entegrenin metal ayaklarına dokunarak vücudunuzda oluşan statik elektriği boşaltınız.
7. Devrede enerji yokken entegreyi devreye takarak öğretmen gözetiminde devreye enerji veriniz. Devrenin çalışıp çalışmadığını kontrol ediniz.
8. Antistatik bilekliği çıplak olan kolunuza takınız. Bilekliğin toprakla temasını sağlayınız.

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25116

Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25116

9. Vücudunuzun sürtünmeyle yeniden elektriklenmesini sağlayınız.
10. Vücudunuzda oluşan statik elektriği, kalorifer radyatörlerine veya metal sıra ayaklarına dokunarak boşaltınız. Dokunduğunuz anda bir titreşim oluşmadığını gözlemleyiniz.
11. Antistatik bileklik takılıyken daha önce çalıştığı bilinen bir devrede bulunan CMOS teknolojisiyle üretilmiş entegreyi sökünüz. Entegrenin metal ayaklarına dokunarak vücudunuzda oluşan statik elektriği boşaltınız.
12. Devrede enerji yokken entegreyi devreye takarak öğretmen gözetiminde devreye enerji veriniz. Devrenin çalışıp çalışmadığını kontrol ediniz.
13. Yaptığınız ölçümleri Tablo 3.4'e kaydediniz. Uygulamaya ilişkin gözlemlerinizi değerlendirme kısmına yazınız.
14. Çalışma alanını ve atölyeyi temizleyiniz.

Tablo 3.4: Yapılan Ölçümler

Yapılacak İşlem	Statik Elektrik (Var/Yok)	Titreşim/Kıvılcım (Var/Yok)	CMOS Entegreli Devre (Çalışıyor/Çalışmıyor)
Sürtünmeyle elektriklenme (ESD bileklik takılı değil.)			
Sürtünmeyle elektriklenme (ESD bileklik takılı.)			
Sürtünmeyle elektriklenme sonrası CMOS entegreye dokunma (ESD bileklik takılı değil.)			
Sürtünmeyle elektriklenme sonrası CMOS entegreye dokunma (ESD bileklik takılı.)			

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Yaptığınız işlemlerle ilgili gözlemlerinizi kısaca yazınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... / .... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

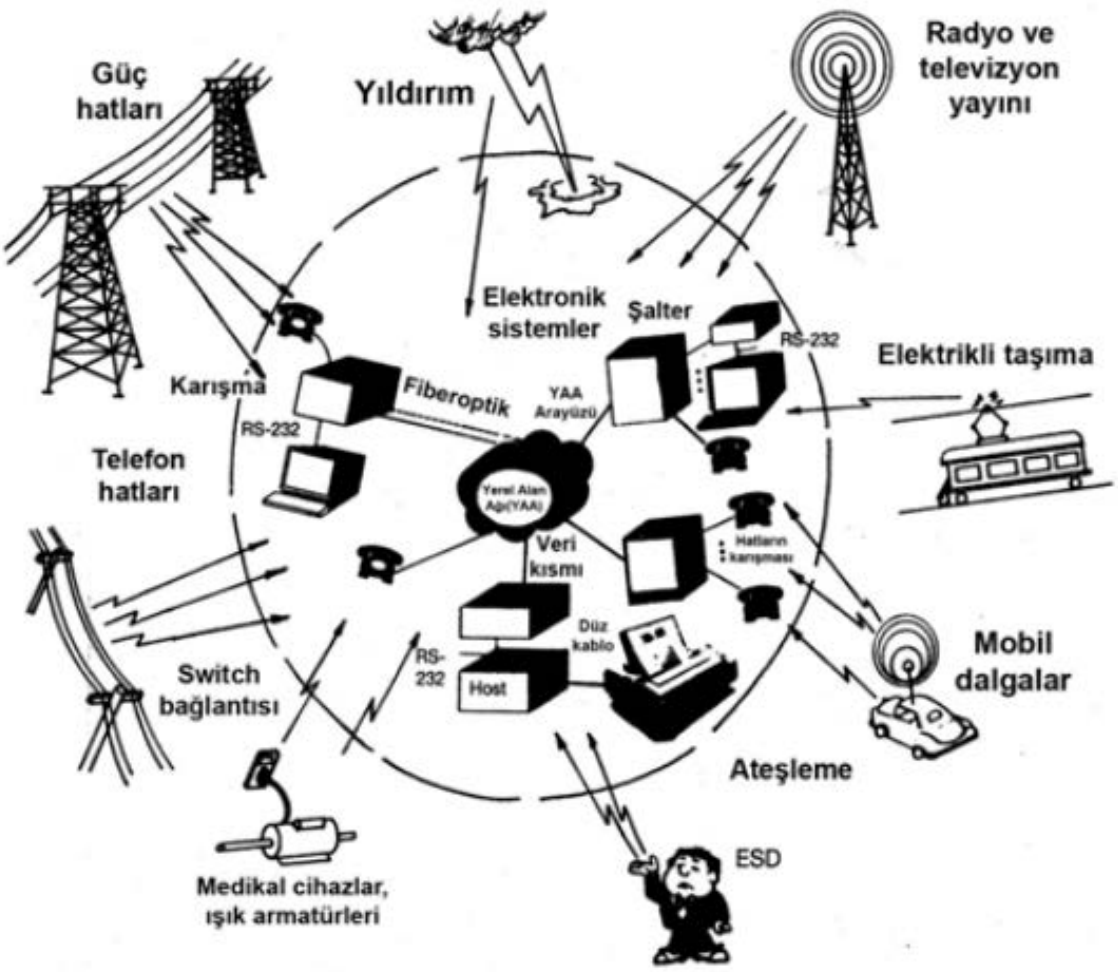
Süre: 2 Ders Saati

3.2. ELEKTROMANYETİK GİRİŞİME KARŞI ÖNLEM ALMA

Bir elektronik sistemin diğer sistemlerle olan elektromanyetik parazit problemi, elektriksel sistemlerle çalışmaya başlandığından bu yana bilinmektedir. Manyetik uyumluluk ve manyetik girişim kavramları, Marconi'nin (Markoni) deneyleriyle 1800'lü yılların sonlarında kullanılmaya başlanmıştır. Radyo frekansları, 1930'lu yıllarda motorlar, demiryolları gibi sistem ve cihazlarda önemli bir sorun hâline gelmeye başlamıştır. 1979 yılında çeşitli standartlar yayınlandı ve testler oluşturuldu.

3.2.1. Elektromanyetik Girişim (EMI)

Çeşitli kaynaklar tarafından oluşturulan elektromanyetik gürültü sinyallerinin elektronik bileşenlere sahip cihazlara farklı şekillerde (kablo, konnektör vb.) nüfuz ederek sistemin çalışmasını olumsuz yönde etkilemesine **elektromanyetik girişim** denir. Başka bir deyişle bir cihaz veya sistemden kaynaklanan ve başka cihaz ya da sistemin normal çalışmasını olumsuz yönde etkileyen elektromanyetik yayınımdır (Görsel 3.32).



Görsel 3.32: Elektromanyetik girişim kaynakları

Elektromanyetik girişim**,** İngilizce **Elektro Magnetic Interference** (elektıro manyetik enterferens) sözcüklerinin baş harfleriyle **EMI** şeklinde ifade edilir.

Elektromanyetik kaynaklarına örnek olarak RF (radyo frekans) ve mikro dalga vericileri, anahtarlamalı mod güç kaynakları, yüksek akımlı ve yüksek gerilimli sürücü sistemleri, elektrik ark kaynağı makineleri, ESD (elektrostatik deşarj), yıldırım vb. gösterilebilir. Elektronik bileşenlere sahip cihazlar ifadesiyle tüketici elektroniği ürünleri gibi her türlü elektrikli ve elektronik cihazlar kastedilmektedir.

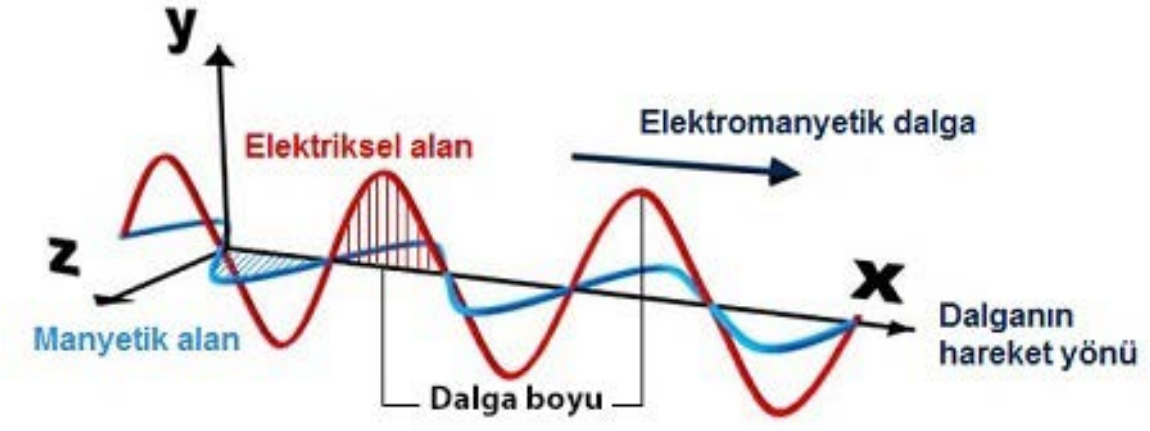
Radyo dinlerken polis telsizlerinin araya girmesi, cep telefonlarının araç ABS fren sistemlerini etkilemesi, baskı devrelerde sızıntı, cep telefonuyla konuşulurken bilgisayarda gürültü oluşması, havaalanlarındaki radar sistemlerinin taşınabilir bilgisayarların ekranını bozması, ambulansta telsiz veya cep telefonu kullanırken kalp pilinin etkilenmesi vb. elektromanyetik girişime örnek olarak verilebilir.

Günümüzde teknolojinin her alanda kullanılmasıyla elektronik cihazlardan kaynaklanan elektromanyetik kirlilik ciddi boyutlara ulaşmıştır. İçinden elektrik akımı geçen kablolar, cep telefonları, baz istasyonları, evlerde kullanılan elektrikli ve elektronik cihazlar, televizyon ve radyo istasyonları, yüksek gerilim enerji hatları, bilgisayarların ekranları gibi sistemler doğal olmayan EMI kaynaklarıdır. Bu kaynaklar elektromanyetik enerji üretir. Bazı uzak yıldızlar, dünyanın manyetik alanı ve yıldırım doğal EMI kaynaklarıdır.

Elektromanyetik girişimi oluşturan başlıca sebepler; kalitesiz kablolar, baskı devre elemanları, bağlantı noktalarındaki sızıntılar, dirençler, kondansatörler, bobinler, elektromekanik cihazlar, sayısal devre elemanları ve mekanik anahtarlardır.

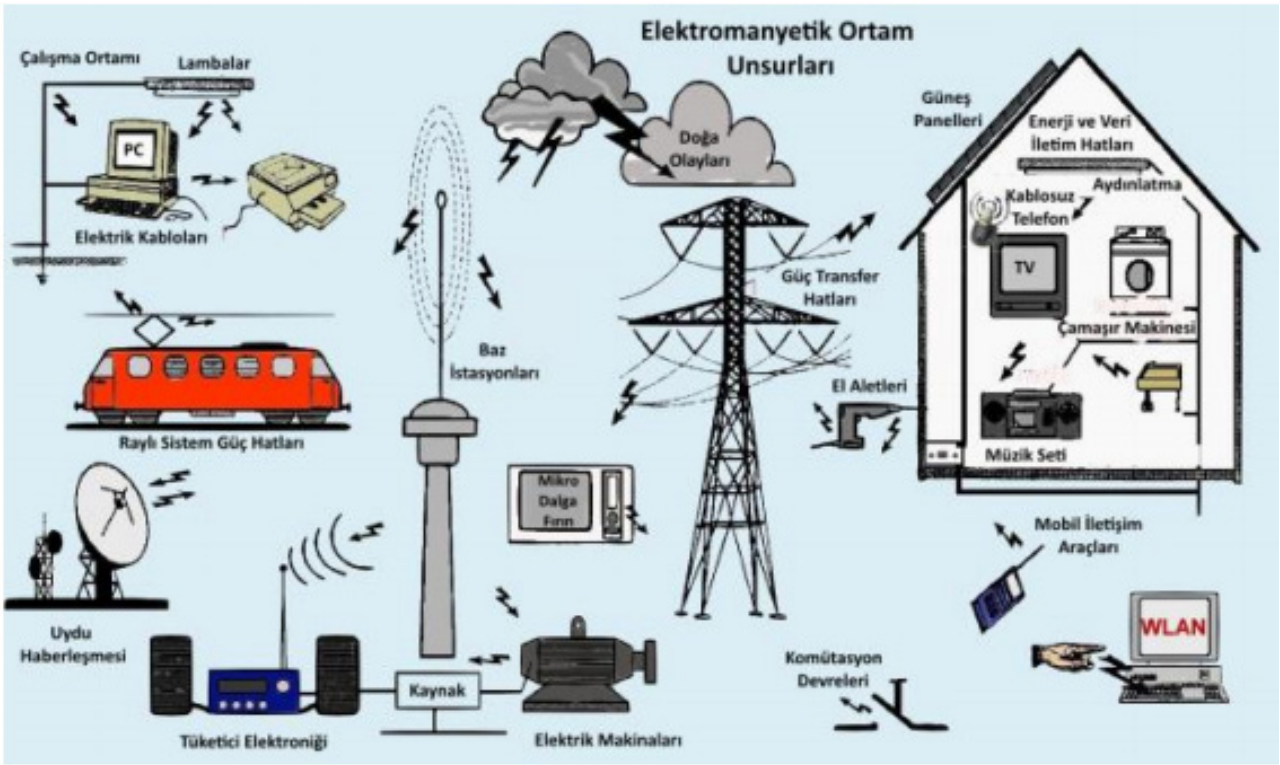
3.2.1.1. Elektromanyetik Dalga ve Elektromanyetik Ortam

Bir yükün ivmeli hareketi sonucunda **elektromanyetik dalga**, ortaya çıkar. Bir iletken üzerinde akmaya zorlanan elektrik yükünün farklı iletken kesimlerinden veya malzemeler üzerinden geçerken ortama yaydığı sinyaldir (Görsel 3.33). Temelde içerisinden akım geçen bir iletken tel etrafında, telin elektriksel alanına dik bir manyetik alan oluşur. Tel içerisinden geçen akım zamana bağlı olarak değişirse iletken, elektromanyetik ışıma yapmaya başlar.



Görsel 3.33: Elektromanyetik dalga

Elektromanyetik ortam, dalga yayabilme özelliği olan farklı türde cihazların oluşturduğu çevredir. Elektromanyetik bir ortamın etkinliği belirleyen iki temel unsur, dalgaların frekansı ve genliğidir (Görsel 3.34).



Görsel 3.34: Elektromanyetik ortam unsurları

3.2.1.2. Sürekli ve Süreksiz Gürültü Kaynakları

Sürekli gürültü kaynakları, kesintisiz veya periyodik olarak elektromanyetik kirlilik yayan sistem ve cihazlardır. Bu tip cihazlara örnek olarak aşağıdaki sistemler gösterilebilir.

- 50/60 Hz güç kaynağı,
- Anahtarlamalı mod güç kaynağı,
- RF (radyo frekans) vericiler,
- Elektrik motorları.

Süreksiz gürültü kaynakları ise ne zaman ve ne oranda etki oluşturacağı belirlenemeyen elektromanyetik gürültü kaynaklarıdır. Bu tip kaynaklara örnek olarak aşağıdaki sistemler gösterilebilir.

- Yıldırımlar,
- Elektrostatik deşarj (ESD),
- Ark kaynak makineleri.

3.2.1.3. Kaynak Cihaz ve Mağdur Cihaz

Kaynak cihaz, girişime sebep olan elektromanyetik dalgaları üretir. **Mağdur cihaz** ise kaynak tarafından yayılan ışımaya maruz kalarak ve bundan etkilenir.

Elektronik bir cihaz, çalışma ortamındaki diğer cihazlardan etkilenebildiği gibi aynı zamanda girişime sebebiyet verebilir. Yani hem kaynak hem mağdur rolünü oynayabilir.



Görsel 3.35: Elektromanyetik kuplaj



Görsel 3.36: Elektromanyetik kuplaj türleri

3.2.1.4. Elektromanyetik Kuplaj

Elektromanyetik uyumluluk literatüründe elektromanyetik girişimlerin elektronik sistemlere ulaşabilmek adına kullandığı yollara **elektromanyetik kuplaj** denir (Görsel 3.35). **Uzaysal ışıma** ve **elektriksel iletim** olmak üzere iki farklı kuplaj mekanizması bulunmaktadır (Görsel 3.36).

3.2.2. Elektromanyetik Uyumluluk (EMC)

Elektromanyetik enerjinin oluşturulması, iletilmesi ve alınması durumlarında sağlanan ve elektromanyetik açıdan bir girişim oluşturmayacak her türlü etkiye **elektromanyetik uyumluluk** denir. Elektronik sistemlerin çalışmasını olumsuz yönde etkileyebilecek bozucu girişimlere karşı olan bağışıklık düzeyini ve çalışma alanında bulunan diğer cihazların işlevselliğini ne oranda etkilediğini ifade etmek için kullanılır. Başka bir deyişle elektronik sistemlerin elektromanyetik bir ortamda istenen verimlilikte çalışmasıdır.

Elektromanyetik uyumluluk, İngilizce **Electro Magnetic Compatibility** (elektıro manyetik kompatibiliti) sözcüklerinin baş harfleriyle **EMC** şeklinde ifade edilir.

Elektronik Sistemlerin Sahip Olması Gereken Temel Özellikler

- EMI kaynaklarını yeterli seviyede bastırabilmelidir.
- Elektromanyetik kuplaj yolları yeterli seviyede azaltılmış ve zayıflatılmış olmalıdır.
- Elektromanyetik ortamlarda çalışacak cihazlar yeterli seviyede güçlendirilmiş olmalıdır.

EMC Kaynaklı Olası Sorunlar

- Büyük sistemlerin devre dışı kalması
- Kritik cihazların kontrol kaybı
- Hayati haberleşme kaybı
- Temel navigasyon hatası

Günümüzde EMC uygulamaları, farklı teknik özelliklere sahip elektronik cihazların bir arada düzgün çalışabilmesini garanti edebilmek adına standartlar tarafından belirlenen sınır değerlere göre düzenlenir. Bir ürün bir ülkenin elektromanyetik uyumluluk koşullarını sağlamıyorsa ürünün o ülkede satışına izin verilmez.

3.2.2.1. EMC Standartları

EMC süreçleri, teknik özellikleri farklı cihazların birbirleriyle etkileşime girmeden sağlıklı biçimde çalışabilmesini sağlamak üzere alınan önlemleri ve yapılan testleri kapsar. Bu süreç, farklı endüstri kollarında EMI sınırlamalarını koruyabilmek için standartlara tabi hâle getirilmiştir. EMC standartları, ülkelerin uyması gereken zorunlu kurallardır.

Elektromanyetik girişime ilişkin sınırlandırmalar, cihazların etkileşim içinde olduğu varlık veya sistemler göz önüne alınarak belirlenir. Örneğin kalp pili gibi bireylerin hayati fonksiyonlarını etkileyen medikal ürünlerin EMC düzenlemeleri ve hata tolerans bantları, bir tüketici elektroniği olan cep telefonlarından oldukça farklıdır.

1996 yılından itibaren EMC standartları elektronik cihazlar için zorunlu hâle getirilmiştir. Ülkemizde de 1996 yılından itibaren 89/336/EEC sayılı EMC Uyumluluk Direktifi uygulanmaktadır. Avrupa'da CENELEC (Avrupa Elektroteknik Standartlaştırma Komitesi) tarafından geliştirilen standartlarda, genel asgari düzeyler ve test metotları belirlenmiştir.

Elektrik ve elektronik sistemlere test işlemleri yapıldıktan sonra uygunluk belgesi verilir. Ürünlerini satmak isteyen üreticilerin çeşitli testlerden geçen cihazlarına CE işaretini koymaları gerekmektedir. CE işareti; ürünlerin amacına uygun kullanılması hâlinde can ve mal güvenliği, bitki ve hayvan varlığı ile çevreye zarar vermeyeceğini belirtir, yani ürünün güvenli bir ürün olduğunu gösterir. **CE** işareti, Avrupa Uygunluğu anlamına gelen Fransızca **Conformité Européenne** (konformiti örobien) sözcüklerinin baş harfleri kullanılarak elde edilen bir kısaltmadır (Görsel 3.37).



Görsel 3.37: CE işareti

Uçak sistemlerindeki tüm elektronik cihazlar bu standartlara uygun olmak zorundadır.

3.2.2.2. EMC Uygulama Seviyeleri

Elektromanyetik girişimden korunmak için ekranlama, topraklama, kablolama ve konnektörler ile filtreleme temel EMC uygulamaları kullanılır.

Ekranlama: Kart, devre veya cihaz düzeyinde iki ortamı birbirinden elektromanyetik anlamda izole etmektir. Ekranlama, belirli bir bölgeyi dış elektromanyetik ortamdan izole etmek veya iç elektromanyetik ortamın dışarıya sızmasını engellemek amacıyla yapılır. Bu işlemle ekran içindeki elektromanyetik enerjinin dışarıya çıkması engellenmiş olur. Aynı şekilde dışarıdan içeriye elektromanyetik enerjinin girmesi de önlenmiş olur.

Ekranlama, homojen iyi iletken malzemelerin engelleyici olarak kullanılmasıyla yapılır. Ekranlamada kullanılan iletken malzemenin manyetik geçirgenliğinin yüksek olması yüksek yutulma ve düşük yansıma oluşturur. Manyetik ekranlamada kalın ekranlama, elektrik alanının ekranlanmasında ince ekranlama malzemeleri kullanılır. Elektrik kaynaklar ekrana yakın, manyetik kaynaklar ise ekrana uzak olmalıdır.

Ekranlama, elektromanyetik girişimlerin kablodaki sinyali bozmasını önler. Kablo üzerinde oluşan indüklenmeleri önleyerek ekipmanların zarar görmesini engeller (Görsel 3.38).



Görsel 3.38: Kablolarda ekranlama yöntemleri

Topraklama: Bir elektrik devresi veya elektronik cihazın iletken kabloyla toprak potansiyeline ya da toprak yerine geçebilecek büyüklükte referans olan bir yüzeye bağlanmasıdır. Topraklamanın amacı, elektromanyetik girişime yol açabilecek radyo frekansı gerilimlerinin oluşmasını azaltmaktır. Toprak potansiyeli yerine geçebilecek sistemlere; çelik kafes binalar, su boruları, topraklama plakası ve otomobil gibi araç gövdesi örnek olarak verilebilir.

Kablolama ve Konnektörler: Kablolar, istenmeyen işaretleri bir noktadan başka bir noktaya iletir. Kablolar, elektromanyetik enerjiye ulaşacağı yüke kadar kılavuzluk eder. Sistemin en uzun parçasını oluşturur. Bu nedenle EMI gürültüsünün ortamdan alınıp verilmesinde etkin bir anten görevi görürler. Üzerlerinde dolaşan işaretleri uzaya yayarlar. Ayrıca bir devrede ya da sistemde en geniş çevrimi oluşturduklarından halka anten gibi davranırlar. Bu nedenle kablolar, hem güçlü elektrik hem de güçlü manyetik girişim kaynağı etkisi gösterebilir.

Kablo performansını belirleyen temel unsurlar, ekranlama kalitesi ve kablo ekran topraklamasıdır. Kablolarda yapılan ekranlamaların amacı, kablo tarafından taşınan sinyallerin kablonun bulunduğu ortamdaki elektromanyetik bozucu girişimlerden etkilenmesini önlemektir. Sargı, örgü ve folyolama, ekranlamada kullanılan temel kaplama yöntemleridir. Ekranlama, kabloların kullanım alanına, kullanıldığı bölgenin şartlarına, kullanım amacına göre farklı ve çeşitlerde olabilir. Her kullanımda verimli olabilecek yöntem seçilerek iş kalitesi arttırılır. Kablonun elektriksel olarak verimini kapsayan bu yaklaşımla daha yüksek çalışma verimi elde edilir (Görsel 3.39, 40, 41).



Görsel 3.39: Örgü ekran



Görsel 3.40: Folyo ekran



Görsel 3.41: Bileşik ekran (örgü+ folyo ekran)

Günümüzde yaygın olarak kullanılan fiber optik kablolar, elektromanyetik alanların etkisine karşı bağışıklıkları olması ve elektromanyetik yayınım yapmaması nedeniyle tercih edilir.

EMI önlemlerinde kablolara takılan konnektörler çok önemlidir. İki kablonun bağlantısı veya iki yüzeyin sızdırmaz montajı EMI açısından çok önemlidir.

Filtreleme: EMI problemlerinin giderilmesinde kullanılan tekniklerden birisi de filtre kullanmaktır. EMI işaretleri ile faydalı işaretler, farklı frekans bölgesini kapsar. Bu nedenle sadece seçilen belli frekans aralığında istenen bir etki yaratılarak istenmeyen girişim işaretleri süzülebilir. Bu amaçla elektronik filtre devreleri ve ferrit filtreler kullanılır. Elektronik filtreler, iletkenler üzerinden yayılan elektromanyetik girişimi engellemek amacıyla tasarlanabilir. Her devreye özel bir filtre devresi tasarlanabilir. Ferrit filtreler, elektronik devrelerde kablolarda ve işaret yolları üzerinde oluşan istenmeyen yayınımların filtrelenmesinde kablolara bilezik gibi geçirilerek kullanılır.

3.2.2.3. EMC Ölçümleri ve Ekipmanları

Cihazların EMI seviyelerinin ölçülmesi ve EMC standartlarınca belirlenmiş sınır değerlere uygunluğunun test edilebilmesi için özelleşmiş test ortamları ile laboratuvar cihazları kullanılmaktadır. Yüksek maliyetli bu cihazların EMC test ve raporlama yeterliliği, ilgili kurumlarca akredite edilmiş test firmalarının bünyesinde bulunur. Ancak her üretici, ürettiği sistemin EMI yayılım seviyesi hakkında bilgi edinebilmek için uygun maliyetli test ekipmanlarını geliştirebilir. Bu ekipmanların nasıl üretileceğine ilişkin EMC literatüründe çeşitli kaynaklar bulunmaktadır. Bu ekipmanlardan bazıları RF tespit probları, manyetik ve elektrik alan probları, spektrum analizörleri ve osiloskoplardır.

EMC testleri, elektromanyetik ortamda çalışan ekipmanın doğru çalışmasını sağlar. Böylece herhangi bir parazit etkisi önlenmiş olur. Elektromanyetik girişimin kontrolünü sağlar ve iki bölümden oluşur.

▸ EMC Emisyon Testleri	Cihazın dışarıya, yani atmosfer ve iletken yollu yaydığı yayılımın ölçülmesidir.
▸ EMC Bağışıklık Testleri	Cihaza dışarıdan gelecek girişimlere karşı ürünün bağışıklık performansının gözlemlenmesidir.

3.2.3. Havalimanlarında Kullanılan Kablolar

Hava ulaşımının güvenli, konforlu ve hızlı olması sayesinde havalimanlarının kullanımı her geçen gün artmaktadır. Havalimanlarında kullanılan elektriksel sistemlerin güvenliği çok önemlidir. Aydınlatma, haberleşme, kartlı geçiş, acil anons vb. çeşitli ihtiyaçlar için farklı tipte kablolar kullanılır.

3.2.3.1. Kontrol Kabloları

Herhangi bir elektrikli güç ekipmanını, yani gücü kontrol eden kablolardır. Kontrol edilen ekipmanın durum, konum veya çalışma koşullarına ilişkin bilgi kontrolünü gerçekleştirir. Çok damarlıdır. Örgü ekranlı olan bu kablolar dâhili ortamlarda sinyal iletim kablosu olarak kullanılır.



Görsel 3.42: Kontrol kablosu



Görsel 3.43: Veri kablosu



Görsel 3.44: Dâhili telefon ve yangın alarm kablosu



Görsel 3.45: Koaksiyel kablo



Görsel 3.46: BNC konnektörler

Haberleşme sektörü, elektronik devreler, ölçü aletleri, makine tasarımları, büro makinaları, bilgisayar ve ses sistemleri gibi elektronik kontrol sistemlerinde uygulanabilir özelliğe sahiptir (Görsel 3.42).

3.2.3.2. Veri Kabloları

İngilizce category (katıgori) sözcüğünün kısaltması olan **CAT** kabloları olarak da bilinir. Bu kablo sınıfı, bilgi iletişiminin olduğu birçok alanda kullanılır. CAT3, CAT4, CAT5, CAT6 ve CAT7 olarak sınıflandırılır. Bilgisayar bağlantıları, elektronik kontrol sistemleri, yazıcı, modem, terminal bağlantılarında veri iletişimi için kullanılır (Görsel 3.43).

3.2.3.3. Dâhili Telefon ve Yangın Alarm Kabloları

Bina içi sabit tesisatlarda santral ve abone dağıtım, yangın alarm, güvenlik ve dâhili telefon kablosu olarak kullanılır (Görsel 3.44).

3.2.3.4. Koaksiyel Kablolar

Radyo frekanslarında kullanılan bir kablo türüdür. Kablonun kesit alanı iç içe dört maddeden meydana gelir. En içte canlı hat, yani sinyali taşıyan hat vardır. Bu uç dielektrik sabiti yüksek bir yalıtkanla çevrelenmiştir. Yalıtkanın çevresinde iletkenlerden oluşan örgü vardır. Bu örgü topraklanmıştır. En dışta koruyucu kılıf yer alır (Görsel 3.45).

Kablolu TV ve uydu sistemlerinde dağıtım kablosu olarak kullanılır. 50 Ω ve 75 Ω empedansa sahip kabloların haberleşme ve telsiz sistemlerinde veri iletiminde kullanılan tipleri de vardır. Koaksiyel kablonun yangına dayanıklı olan türünde, yangın anında görüntü iletimi mümkündür.

Normal kablolar gibi koaksiyel kabloların eklenmesi, uzatılması ve konnektörlerle donatılması gerekir. Bu işlemler kablo koptuğunda, bunlara bağlı cihazlar başka bir yere taşındığında veya yeni cihazlar bağlandığında yapılır. Bu kablolarda BNC konnektörler kullanılır (Görsel 3.46).

BNC konnektör tipleri	
▸ BNC Kablo Konnektörü	Kablonun ucunda yer alır.
▸ BNC T Konnektör	Kabloyu ağ adaptörüne bağlamak için kullanılır.
▸ BNC Barrel Konnektör	İki koaksiyel kablonun birbirine bağlanmasını sağlar.

3.2.3.5. Yangına Dayanıklı Kablolar

Yanlış kablo tercihleri yangınların artmasına neden olur. Yangına dayanıklı kablolar; insanların yoğun olarak bulunduğu, önemli malzemelerin olduğu bina ve sistemlerde kullanılır. Halojenden arındırılmış, düşük duman yoğunluklu, alev geciktirici özelliğe sahip olup zehirli ve aşındırıcı gaz çıkarmaz. Bu kablolar, alev ortamında fonksiyonunu belli bir süre devam ettirir (Görsel 3.47).



Görsel 3.47: Yangına dayanıklı kablo

3.2.4. Uçak Üzerindeki HIRF Bölgeleri

Yüksek yoğunluklu elektromanyetik alan, İngilizce **High Intensity Radiated Fields** (hay intensiti reydiedıt fiılds) sözcüklerinin baş harfleri olan **HIRF** şeklinde ifade edilir. 10 kHz'den 40 GHz'e kadar olan radyo frekans dalgalarının uçağın aviyonik sistemlerinde meydana getireceği etkiler, **HIRF** olarak adlandırılır.

Yüksek yoğunluklu yayılan alanlar, aviyonik sistemlerin performansını potansiyel olarak etkileyecek kadar güçlü bir elektrik ve manyetik parazit kombinasyonudur. HIRF üç frekans bandına ayrılmıştır. Her biri uçak elektronik sistemlerini farklı şekillerde etkileyebilir.

- 10 kHz ve 50 MHz Arasındaki Düşük Frekanslı Elektromanyetik Emisyonlar: Düşük frekanslı HIRF, anten derisi gibi elektrik bileşenleri kullanır. Gövde derisinde akım oluşturur.
- 100 MHz ile 18/40 GHz Arasındaki Yüksek Frekanslı Elektromanyetik Emisyonlar: Yüksek frekanslı HIRF, gövdeye güçlü bir alan girişi sağlar.
- 30 MHz ve 400 MHz Arasındaki Orta Frekanslı Elektromanyetik Emisyonlar: Orta frekanslı HIRF, hem anten benzeri davranış hem de gövde penetrasyonu üretir.

Dünyada radar ve uydu vericileri, mikrodalga haberleşme sistemleri, yüksek güçlü radyo ve televizyon vericileri gibi havaya elektromanyetik dalga yayan beş yüz binden fazla HIRF kaynağı mevcuttur. Bu kaynakların havaya yaydığı elektromanyetik dalgalara uçaklar da maruz kalır.

HIRF; uçağın motor, uçuş kontrol ve navigasyon sistemlerini etkileyerek temel fonksiyonlarını yapmasına engel olabilir. Örneğin bir kargo uçağı iniş sırasında fren sisteminin çalışmaması nedeniyle pistten çıkmış. Yapılan araştırmalar sonucu, hava alanı yakınında yayın yapan bir vericinin frekansının uçağın fren sisteminin elektronik devrelerini etkilediği tespit edilmiştir.

Modern uçaklarda birçok elektronik cihaz kullanılır. Bu cihazlar, uçağın burun ve kokpitinin altındaki elektronik kompartımanda yoğunlaşmıştır. Uçağın bu bölgesinde büyük bir radyasyon alanı bulunur. Uçak, yoğun elektrikli bir alandan geçtiği zaman bu bölümde istenmeyen radyasyon artışları yaşanabilir. Bu durum elektronik cihazların zarar görmesine neden olabilir. Bu nedenle uçak yere indiğinde kurallara uygun olarak yüksek radyasyon tespiti yapmak gerekebilir.

Güvenli uçuş ve iniş için HIRF kontrolleri yapılır. Havacılık kuralları gereği HIRF önlemleri alınmalıdır. Örneğin cep telefonlarının uçaklarda kullanılması yasaktır. Bunun nedeni cep telefonlarının anteninden yayılan elektromanyetik dalgaların uçağın aviyonik sistemlerini etkileyerek doğru çalışmasına engel olmasıdır. Ayrıca yolcular, uçağın inişi ve kalkışı sırasında güvenliğin

tam olarak sağlanması için dizüstü bilgisayar vb. elektromanyetik alan üreten elektronik cihazları kullanmaması konusunda uyarılır. Uçaklarda kullanılan tüm sistemler elektromanyetik girişime karşı önlemeye yönelik olmalıdır.

3.2.5. Statik Deşarj Püsküllerinin Görevleri ve Uçağa Yıldırım Çarpması Durumunda Yapılacak İşlemler

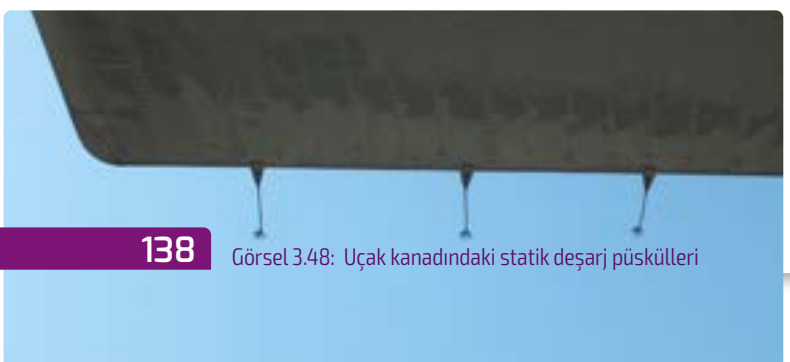
Atmosferde, elektriğin gözle görülebilir boşalmasında ortaya çıkan parlak ışığa **şimşek** denir. Şimşek ve gök gürültüsüyle kendini gösteren bulutlar arası veya bulutla yerdeki bir cisim arasındaki elektrik boşalımına **yıldırım** denir. Yıldırım, atmosfer ile yeryüzü arasında artan elektrik potansiyelini eşitleyen bir elektrik boşalımıdır.

Yıldırım çarpması uçaklar için alışılmamış bir tehlike değildir. Uçuş güvenliğini hissedilebilir derecede tehlikeye sokabilir. Radom, kanat uçları, motor kapakları, dikey ve yatay dengeleyiciler yıldırım çarpma ihtimalinin yüksek olduğu uçak bölümleridir. Yıldırım kanalının uçakla buluştuğu noktaya **bağlanma noktası** denir. Bu nokta, yüklü bulutla yüksüz yeryüzü arasında geçiş noktası görevini yerine getirir.

Yıldırımdan korunmak için uçakların dış yüzeyi, alüminyum ağırlıklı iyi iletken bir metalle kaplanmıştır. Kompozit malzemelerde elektriksel bağlama veya atlama teli [electrical bonding veya jumper (elektirıkıl bandink veya campır)] denilen iletken teller kullanılmak suretiyle bir bütün hâline getirilmiştir. Uçağın herhangi bir yerine yıldırım düştüğünde bu atlama telleri sayesinde yıldırım, kanat ucunda bulunan deşarj püskülleriyle tekrar atmosfere atılır. Böylece uçak elektronik sistemleri korunur. Deşarj püsküllerinin sayısında azalma olması durumunda uçak arıza bildirir. Bu nedenle uçuşa izin verilmez.

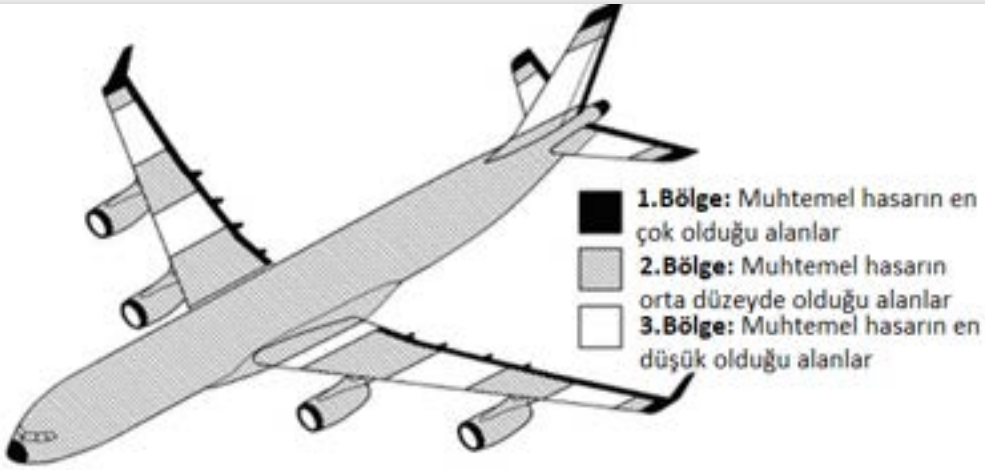
Çok yüksek hızla mesafe kat eden uçaklarda, yüksek sürtünme kuvveti sebebiyle büyük değerde statik elektrik yükü toplanır. Uçuş sırasında yıldırım düşmesi sonucu ve uçak kar, buz, toz bulutu içinden geçerken sürtünme etkisiyle de statik elektrik oluşur. Statik elektrik yükü kokpitte bulunan ve çok hassas olan uçuş bilgisayarı, radar ve kabindeki kişisel ekranlarda arızaya neden olur. Statik elektrik uçağın kanatlarındaki sivri uçlar vasıtasıyla sürekli olarak boşluğa atılır. Sivri uçlar, statik deşarj püskülleri olup fazla elektrik yükünü etrafa yayar (Görsel 3.48). Bu boşaltma işi havada devamlı yapılmazsa uçak, yere inerken meydana gelebilecek şiddetli deşarjlar sebebiyle infilak eder.

Statik elektrik yükü sadece dış yüzeyde kalmasına rağmen uçaklara yıldırım çarpar. Uçak aldığı bu elektrik yükünü kuyruk bölümündeki sistem sayesinde yeniden atmosfere verir. Hatta uçak, bazen bulutlu bir bölgeden geçerken yıldırımı çekebilir. Yıldırımın meydana getirdiği elektrik akımı uçağın dış yüzeyini yalayarak kuyruktan çıkabilir. Bu esnada elektrik akımının girebileceği açıklık varsa yolcuya ya da elektronik aletlere sıçrayabilir. Ayrıca dış yüzeyden iletilen akımların içerideki metal eşyada indüklediği gerilim ya da akımlar bazen kıvılcımlara yol açar. Önlem alınmadığı takdirde hassas elektronik aletlerin arızalanmasına neden olabilir. Yakıt deposunun veya yakıt nakil borularının metal yüzeylerinde oluşacak bir kıvılcım, buharlaşmış yakıtın alev alıp patlamasına neden olabilir. Uçakta bulunan aletlerin, yakıt deposu ve yakıt borularının yıldırımın olası etkilerine karşı korunması gerekir.



Görsel 3.48: Uçak kanadındaki statik deşarj püskülleri

Pilot, uçağa yıldırım çarptıktan sonra durumu rapor eder. Uçak bakıma alınarak kontroller yapılır. Uçağın bütün dış yüzeyi kontrol edilerek hasar tespiti yapılır. Uçakta yıldırımın çarptığı nokta tespit edilip hasarın boyutu belirlenir. Hasar varsa gerekli düzeltici bakım işlemi yapılır. Yıldırım düşme noktalarına göre uçak üç bölgeye ayrılmıştır (Görsel 3.49).



Görsel 3.49: Uçağa yıldırım düşmelerine göre hasar bölgeleri

3.2.6. Statik Deşarj Püskülü Süreklilik ve İzolasyon Testi

Uçak elektrik sistemlerinde **süreklilik kontrolü,** multimetre ile kablolarda kopukluk olup olmadığının saptanmasıdır. Bu işlem için üretici firmanın uçak modeline göre yayınladığı elektrik şemalarından yararlanılır. Bu şemalarda her sistemde bulunan kabloların güzergâhları, nerden gelip nereye gittiği bellidir. Şema yardımıyla kablolarda direnç ölçümü yapılarak kablo kopukluğu test edilir. Kullanılacak kablolar şemalarda belirtilen malzemeye uygun olmalı; kablolarda kırılma, kopma, izolasyon kılıfında hasar vb. olmamalıdır. Kablolar devre şemalarında belirtilen uzunlukta kesilmeli, uzun ya da kısa olmamalıdır.

Statik deşarj püskülleri normal olarak kontrol yüzeylerinin, kanat uçlarının ve dikey stabilizatörün arka kenarlarına monte edilir. Esnek ve yarı esnek deşarj püskülleri uçak yapısına metal vidalar, perçinler veya epoksi ile tutturulur. Bağlantılar düzenli olarak uçuş emniyeti açısından kontrol edilmelidir. Bağlantıdan gövdeye temas direnci ölçümü 0,1 Ω'u geçmemelidir. Tüm statik deşarj cihazlarının durumu, üreticinin talimatlarına göre muayene edilmelidir.

İzolasyon testlerinde **meger** adı verilen izolasyon direnci test cihazı kullanılır (Görsel 3.50).

Havacılık endüstrisinde küçük direnç değerlerini ölçmek ve görüntülemek için dijital teknikler kullanan **bonding metre** cihazı kullanılır (Görsel 3.51).



Görsel 3.50: Meger



Görsel 3.51: Bonding metre

3.2. Uygulama: Yıldırım Çarpması Durumunda Yapılacak İşlemler ve Kontroller

Amaç: Yıldırım çarpması durumunda yapılacak işlemler ve kontrolleri elektromanyetik uyumluluk yöntemlerini kullanarak uygulamak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık



Görsel 3.52: Uçağa yıldırım çarpması

Adı	Özelliği	Miktarı
Deneysel model uçak	Kanatları statik deşarj püsküllü	1 Adet
Bonding metre	Sayısal	1 Adet
Meger	Sayısal	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzeme bulundurmayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen tüm cihaz ve devre elemanlarını el ve gözle kontrol ediniz.
3. Statik deşarj püsküllerinin bağlantılarını uçuş emniyeti açısından kontrol ediniz.
4. Süreklilik ve izolasyon testi yapınız. Statik deşarj püsküllerinin bağlantısından uçak gövdesine temas direnci ölçümünü yapınız.
5. Yaptığınız ölçümleri Tablo 3.5'e kaydediniz. Uygulamaya ilişkin gözlemlerinizi değerlendirme kısmına yazınız.

Süre: 2 Ders Saati

6. Çalışma alanını ve atölyeyi temizleyiniz.

Tablo 3.5: Yapılan Ölçümler		
Yıldırım Düşmesi Sonrası Uygulanacak EMC Yöntemi	Bağlantılar (Sağlam/Arızalı)	Temas Direnci
Statik Deşarj Püsküllerinin Bağlantılarının Kontrolü		----------
Statik Deşarj Püsküllerinin Temas Direnci	----------	

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Yaptığınız işlemlerle ilgili gözlemlerinizi kısaca yazınız.
- Yıldırım çarpma ihtimalinin yüksek olduğu uçak bölümlerini yazınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı ..... /	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

Süre: 2 Ders Saati

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere cümlelerde verilen bilgiler doğru ise "D" yanlış ise "Y" yazınız.

1. (….) Statik yükü olmayan bir maddenin atomları yüklü hâldedir.
2. (….) Fırtınalı havalarda, atmosferdeki bulutlarda statik elektrik yükü birikir.
3. (….) ESD, elektrostatik deşarjın kısaltmasıdır.
4. (….) Antistatik koruma ekipmanları hızlı deşarj olmalıdır.
5. (….) Elektrostatik korumalı alan, hassas ve dikkat çekici ESD sembol ve işaretlerle korunur.
6. (….) Ambalaj köpükleri, el ve sarma makinasıyla sarılabilir.
7. (….) Kablosuz ESD bileklikler üzerinde bulunan vida sayesinde topraklanır.
8. (….) ESD testi, elektromanyetik uyumluluk testlerindendir.
9. (….) EMI kaynakları elektromanyetik enerji üretirler.
10. (….) Elektromanyetik ortam, dalga yayabilme özelliği olan farklı türde cihazların oluşturduğu çevredir.
11. (….) EMC sorunları haberleşme sistemlerini etkiller.
12. (….) EMC emisyon testleri gözlemlenerek, bağışıklık testleri ölçülerek yapılır.
13. (….) CE işareti, Avrupa uygunluğu anlamına gelir.
14. (….) Koaksiyel kablolarda BNC konnektörler kullanılır.
15. (….) Yüksek yoğunluklu elektromanyetik alanlar (HIRF), 10 MHz – 40 MHz frekans aralığını kapsar.

B. Aşağıdaki cümlelerdeki boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz.

16. Statik elektriğin ESD'ye duyarlı ögelere verilen zararı en aza indirecek gerekli malzemeler, araçlar ve ekipmanlarla tanımlanmış bir yer ……... olarak adlandırılır.
17. Statik elektrikten arındırılmış alanlarda üretim yapılması gerekiyorsa …… ……kullanılmalıdır.
18. ESD koruyucu masalarda …… takılarak çalışılmalıdır.
19. Elektronik devrelerde kablolarda ve işaret yolları üzerinde oluşan istenmeyen yayınımların filtrelenmesinde …… kullanılır.
20. Havacılık endüstrisinde küçük direnç değerlerini ölçmek için ……..… cihazı kullanılır.

C. Aşağıda verilen sorularda doğru olan seçeneği işaretleyiniz.

21. **Aşağıdakilerden hangisi maddelerin teması ve ayrılmasıyla elektrostatik yük oluşturmaya verilen isimdir?**

A) Dinamik elektrik
B) Triboelektrik
C) Dalgalı elektrik
D) Doğru elektrik
E) Karışık elektrik

22. **Aşağıda verilenlerden hangisi statik elektrik yüklerinin meydana geldiği olaylardan biri değildir?**

A) Halı üzerinde yürümek
B) Masada çalışmak
C) Toprak üstünde oturmak
D) Yüksek hızla mesafe kat eden uçak
E) Yıldırım

23. **Aşağıda verilenlerden hangisi ESD'nin zararlarından biri değildir?**

A) Mikro devrelerin bozulması
B) Statik elektrik yüklü yüzeylerin kirletici maddeleri tutması
C) Uçaklarda uçuş güvenliğinin tehdit edilmesi
D) Benzin istasyonlarında patlama tehlikesi oluşturması
E) İnsanın sindirim sistemini bozması

24. **ESD duyarlılık eşiği diğerlerine göre yüksek olan elektronik bileşen, aşağıdaki seçeneklerin hangisinde verilmiştir?**

A) TTL entegre
B) CMOS entegre
C) Film direnç
D) EPROM bellek
E) Tristör

25. **Statik elektrik üretmeyen malzemeler için kullanılan kavram, aşağıdaki seçeneklerin hangisinde verilmiştir?**

A) EPA
B) ESD
C) Triboelektrik
D) Antistatik
E) EMC

26. **Antistatik koruma ekipmanlarıyla ilgili aşağıda verilen ifadelerden hangisi yanlıştır?**

A) Hızlı deşarj olmamalıdır.
B) Belli bir alan direnci oluşturmalıdır.
C) Statik elektriğin oluşmasını önler.
D) Kademeli olarak yalıtım ortamı sağlanmalıdır.
E) Statik yükü yavaş yavaş deşarj ederler.

27. **Elektrostatik korumalı alan için kullanılan kısaltma aşağıdaki seçeneklerin hangisinde verilmiştir?**

A) ESD
B) EPA
C) EMI
D) EMC
E) HIRF

28. **ESD'ye duyarlı alanlarda kullanılan uyarı etiketlerinin ana rengi aşağıdaki seçeneklerin hangisinde verilmiştir?**

A) Gri
B) Kırmızı
C) Sarı
D) Mavi
E) Siyah

29. **Aşağıda verilenlerden hangisi ESD koruma ekipmanlarından biri değildir?**

A) Streç film
B) Poşet
C) Bileklik
D) Topuk bandı
E) Toka

30. **Aşağıda verilenlerden hangisi elektromanyetik çevreyle ilgili bir kavram değildir?**

A) EMI
B) EMC
C) Elektromanyetik kuplaj
D) Kapasite etkisi
E) Elektromanyetik dalga

31. **Aşağıda verilenlerden hangisi elektromanyetik ortamda süreksiz gürültü kaynaklarındandır?**

A) 50 Hz güç kaynağı
B) Anahtarlamalı mod güç kaynağı
C) Yıldırım
D) RF verici
E) Elektrik motoru

32. **Elektronik sistemlerin elektromanyetik bir ortamda istenilen verimlilikte çalışması için kullanılan kısaltma aşağıdaki seçeneklerin hangisinde verilmiştir?**

A) EMC
B) EMI
C) ESD
D) EPA
E) HIRF

33. **Ürünlerini satmak isteyen üreticilerin çeşitli testlerden geçen cihazlarına koymaları gereken işaret aşağıdaki seçeneklerin hangisinde verilmiştir?**

A) EEC
B) CENELEC
C) ESDA
D) ANSI
E) CE

34. **Aşağıda verilenlerden hangisi elektromanyetik girişimden korunmak için kullanılan temel EMC uygulamalarından değildir?**

A) Topraklama
B) Temizleme
C) Ekranlama
D) Kablolama
E) Filtreleme

35. **Aşağıda verilenlerden hangisi uçaklarda yüksek sürtünme kuvveti sebebiyle oluşan statik elektriğin zararlı etkilerinden korunmak için kullanılır?**

A) Statik deşarj püskülü
B) Dikey ve yatay dengeleyici
C) Radom
D) Kokpit
E) Motor kapakları



4. ÖĞRENME BİRİMİ

DİJİTAL UÇAK SİSTEMLERİ

KONULAR

4.1. DALGA HAREKETİ VE ANALİZİ

4.2. UÇAK SİSTEMLERİNDEKİ VERİ YOLLARININ BAKIMI

4.3. TİPİK ELEKTRONİK HAVA ARACI SİSTEMLERİNİ ÇALIŞTIRMA

4.4. ENTEGRE MODÜLER AVİYONİKLERİ ÇALIŞTIRMA

4.5. KABİN SİSTEMLERİNİN BAKIM ONARIMI

4.6. ENFORMASYON SİSTEMLERİNİN BAKIM ONARIMI



https://www.eba.gov.tr/c?q=U51074_25c466e4

Temel Kavramlar ve Terimler

- Mekanik dalga, dalgalarda girişim, veri iletişimi ve yönleri, EFIS, ECAM, FMS, IRS, haberleşme navigasyon, trafik uyarı sistemi, otomatik uçuş, kabin haberleşme veri sistemi, hava aracı içi eğlence sistemi, kabin izleme sistemi, ATSU gibi kavramlar hakkında bilgiler verilecektir.

Öğrenme Birimi Açıklaması

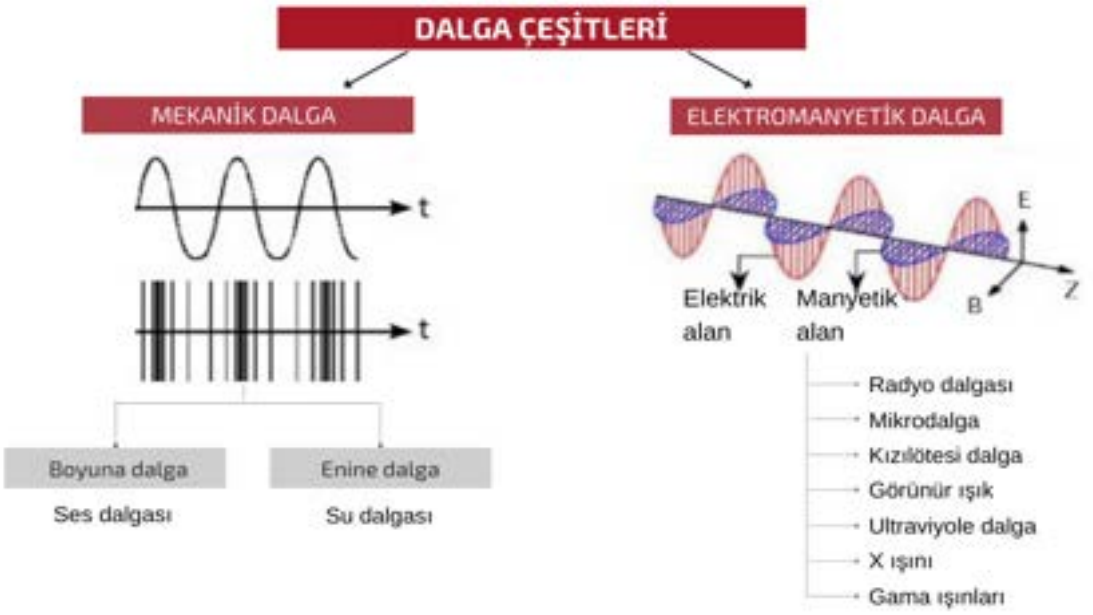
- Bu öğrenme biriminde; dalga hareketi analizleri, veri yolu iletişimi, hava aracı sistemleri entegre modüler aviyonikler, kabin bakım ve enformasyon sistemi konularını öğrenerek ve bu konularla ilgili uygulamalar yapacaksınız.

Hazırlık Çalışmaları

- Ses dalgası denince aklınıza neler geliyor? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
- Bilgisayarlar arası iletişim nasıl kurulur? Düşünlerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
- Uçuş göstergeleri, uçuş için önemli midir? Sınıf içinde tartışınız.
- Navigasyon sisteminin günlük hayatta faydaları nelerdir? Fikirlerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

4.1. DALGA HAREKETİ VE ANALİZİ

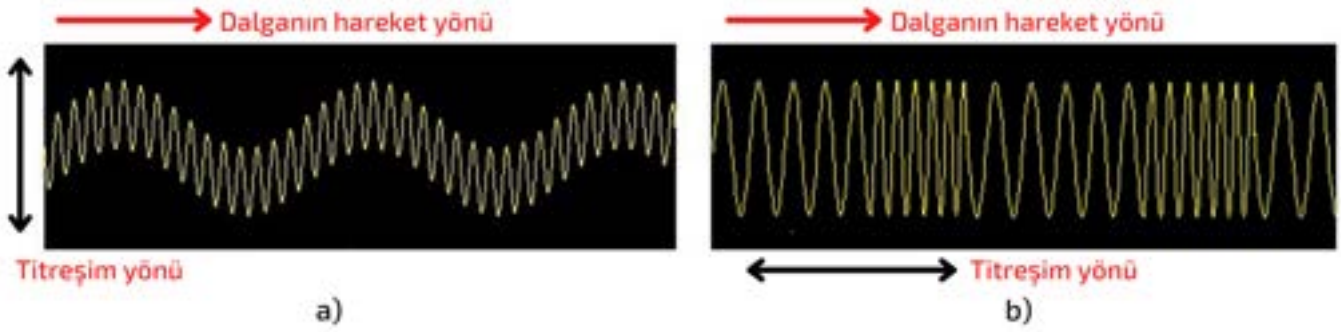
Uzayda ve maddede yayılan enerjinin taşınmasına yol açan titreşime **dalga** denir. Dalgalar sabit konumlarda oluşan titreşimlerden oluşur. Zamanla nasıl ilerlediğini gösteren bir dalga denklemi ile tanımlanır. Bu denklemin matematiksel tanımı, dalga çeşidine göre farklılık gösterir. Dalga, mekanik ve elektromanyetik olmak üzere ikiye ayrılır (Görsel 4.1).



Görsel 4.1: Dalga çeşitleri

4.1.1. Mekanik Dalga

Mekanik dalgalar, bir ortam aracılığıyla yayılırken ses dalgaları çarpışan hava molekülleri yolu ile yayılır. Hava molekülleri çarpıştığında moleküller birbiri ardınca sıçrar. Böylece moleküller, dalga yönünde yol almaya devam eder. Mekanik dalgalarda, hareket yönüyle titreşim yönü birbirine dik ise **enine dalga**, hareket yönüyle titreşim yönü birbirine paralel ise **boyuna dalga** ismini alır (Görsel 4.2).

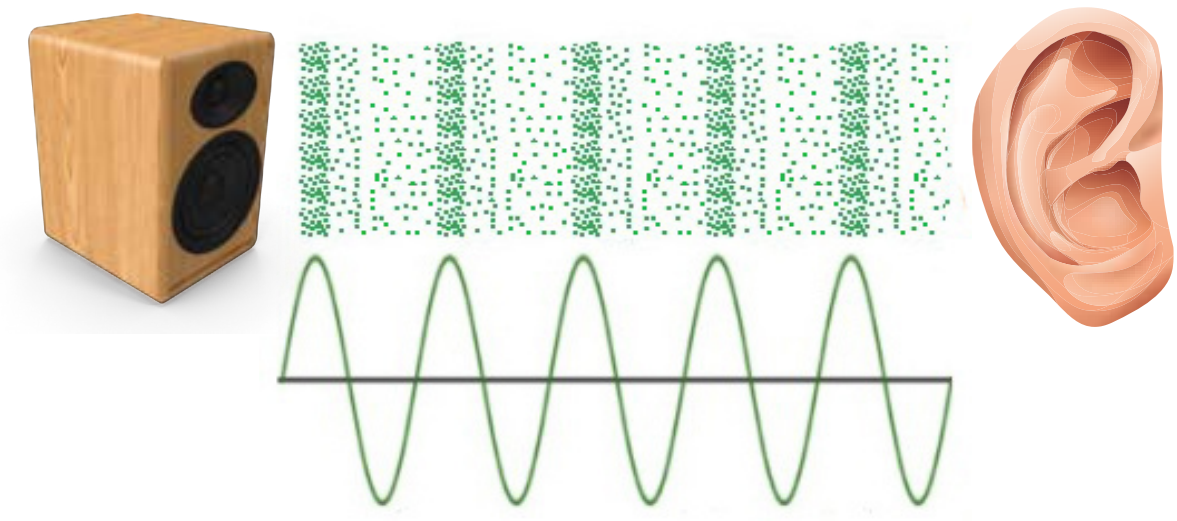


Görsel 4.2: Dalga çeşitleri

4.1.1.1. Ses Dalgaları

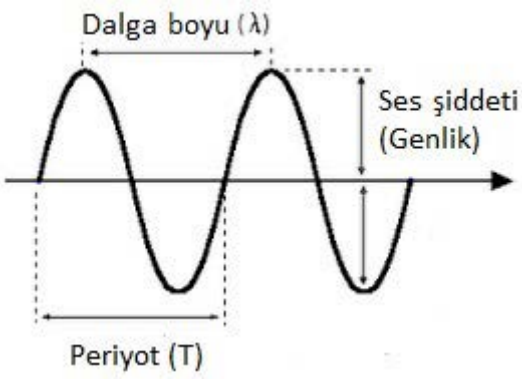
Enerji verilerek titreşen cisimler, boyuna dalgalardan oluşan ses dalgalarını oluşturur. Ses dalgaları yalnızca maddesel ortamda yayılabilen bir enerji türüdür. Ses dalgaları mekanik dalga olduğundan boşlukta yayılamaz.

Ses dalgalarının iletimi sırasında hava moleküllerinde seyrek ve sıkışık bölgeler oluşur. Bu duruma hava moleküllerine uygulanan basınç yol açar. Sıkışık bölgeler ne kadar dar ise ses dalgası o kadar şiddetlidir (Görsel 4.3).



Görsel 4.3: Ses dalgasının havadaki yayılımı

Ses dalgaları havada yayılırken sinüzoidal dalga şeklini oluşturur (Görsel 4.4). Bu ses dalgaları frekans, periyot, dalga boyu ve genlikten oluşur.



Görsel 4.4: Ses dalgasının havadaki yayılımı

Dalga Boyu (λ): Dalganın tam bir kez tekrar etmesi sürecinde aldığı yoldur. Dalga boyu **λ (lambda)** simgesiyle gösterilir, birimi metredir.

Genlik: Dalgayı oluşturan taneciklerin denge noktasıyla en uzak nokta arasındaki mesafesidir.

Periyot (T): Bir tam dalganın oluşması için geçen süredir. Periyodun simgesi **T**, birimi saniyedir (s).

Frekans (F): Birim zamanda oluşan dalga sayısıdır. Frekansın simgesi **f**, birimi Hertz'dir **(Hz)**. Frekansla periyot birbiriyle yakından ilişkilidir. Matematiksel olarak periyot ile frekans birbirinin tersidir.

$$T = \frac{1}{f} \qquad f = \frac{1}{T}$$

İnsan kulağı 20 Hz ile 20 KHz arasındaki sesleri işitir. Bu aralıktaki frekanslara **duyulabilen ses frekansı,** 20 Hz'den aşağı seslere **infrasonik ses,** 20 KHz'den yukarı seslere de **ultrasonik ses** denir. Ses dalgasının yayılma hızı, sesin dalga boyu ile frekansının çarpımına eşittir. Ayrıca ses dagasının yayılma hızı, bulunduğu ortamın durumuna ve sıcaklığına bağlıdır.

$$\mathbf{v = \lambda \cdot f}$$

Ses dalgalarının taşıdığı enerjiye bağlı olarak sesin birim yüzeye, birim zamanda dik olarak uyguladığı kuvvete **sesin şiddeti** denir. Ses şiddeti birimi **watt/m²** dir. Ses şiddeti ölçümlerini referans güç oranına göre hesaplamada **bel** birimi kullanılır ancak **bel,** büyük bir birim olduğu için on kat küçük olan **desibel (dB**) kullanılır. İnsan kulağının duyabileceği en düşük ses şiddeti seviyesi $\mathbf{I_o = 10^{-12}\ watt/m^2}$ dir.

Ses şiddeti seviyesi $L = 10.\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ desibel (dB) formülüyle hesaplanır.


Görsel 4.5: Desibelmetre

Formülde yer alan **I** ses kaynağının şiddeti, $\mathbf{I_o}$ ise $\mathbf{10^{-12}\ watt/m^2}$ referans ses şiddetidir. İnsan kulağı için 0 – 30 db arası kısık, 30 – 60 db arası gürültülü, 85 dB üstü sesler ise kulakta fiziksel hasarlar bırakabilecek şiddetli seslerdir. Ses şiddeti seviyesini ölçen alete **desibelmetre** denir (Görsel 4.5).

Örnek 1: Ses yoğunluğu 0,00005 watt/m² olan bir ses kaynağının ses şiddeti seviyesi kaç dB'dir?

Çözüm:

$$L = 10 \times \log_{10}\left(\frac{5 \times 10^{-5}}{10^{-12}}\right)$$

$$L = 10 \times \log_{10}(5 \times 10^{7})$$

$$L = 10 \times 7{,}7$$

$$L = 77\ dB$$

Örnek 2: Birinci ses kaynağından yayılan ses 75 dB, ikinci ses kaynağından yayılan ses 80 dB'dir. Her iki kaynak aynı anda çalıştırıldığında ortamdaki gürültü kaç dB olur?

Çözüm:

$$L = 10 \times \log_{10}(10^{75/10} + 10^{80/10})$$

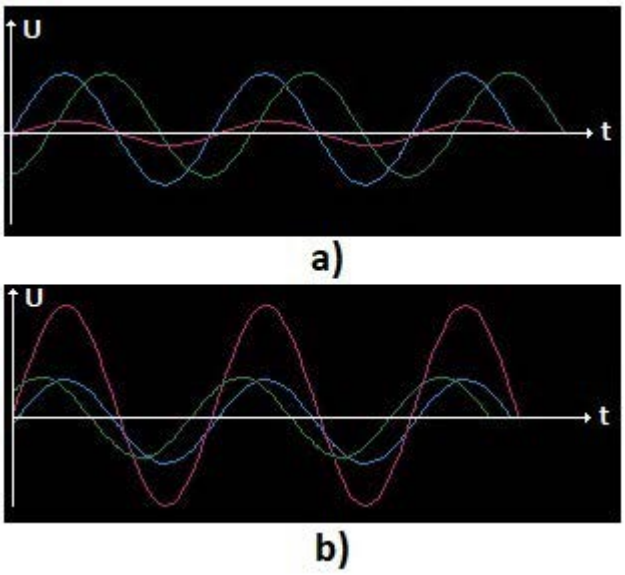
$$L = 10 \times \log_{10}(131{,}622)$$

$$L = 10 \times 8{,}1$$

$$L = 81\ dB$$

4.1.2. Dalgalarda Girişim (Wave Interference)

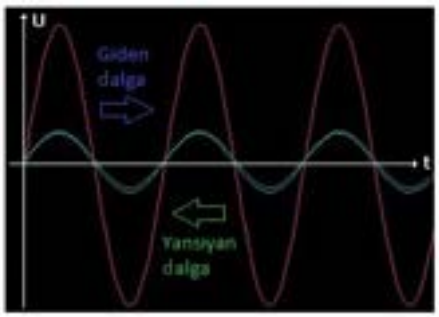
Birbirleriyle çarpışan dalgalar yeni bir dalga oluşturmak için birleşir. Yeni oluşan dalgalar, faz açılarına bağlı olarak genlik bakımından yükselir veya küçülür. Görsel 4.6.a'da giden dalga (mavi) ile yansıyan dalga (yeşil); faz açılarına ve örtüştükleri noktalara göre (çıkarma durumu) küçük genlikli kırmızı dalga oluşturken Görsel 4.6.b'de, faz açılarına ve örtüştükleri noktalara göre (toplama durumu) büyük genlikli kırmızı dalga oluşturur.



Görsel 4.6: a) Dalgalarda girişim çıkarma durumu b) Dalgalarda girişim toplama durumu

4.1.3. Duran Dalgalar (Standing Wave)

Duran dalga (durağan dalga), eşit genlik ve frekansa sahip iki dalganın birbirine karşı yayılmasıyla oluşur. Bu olay, ortamın dalgaya zıt yönde hareket etmesi sonucunda meydana gelebilir ya da durağan bir ortamda zıt yönlerde hareket eden iki dalga arasındaki girişimin bir sonucu olarak ortaya çıkabilir. Görsel 4.7'de giden dalga (mavi) ile yansıyan dalga (yeşil); aynı faz açısında örtüşerek iki kat büyüklüğünde duran dalga (kırmızı) oluşturur.

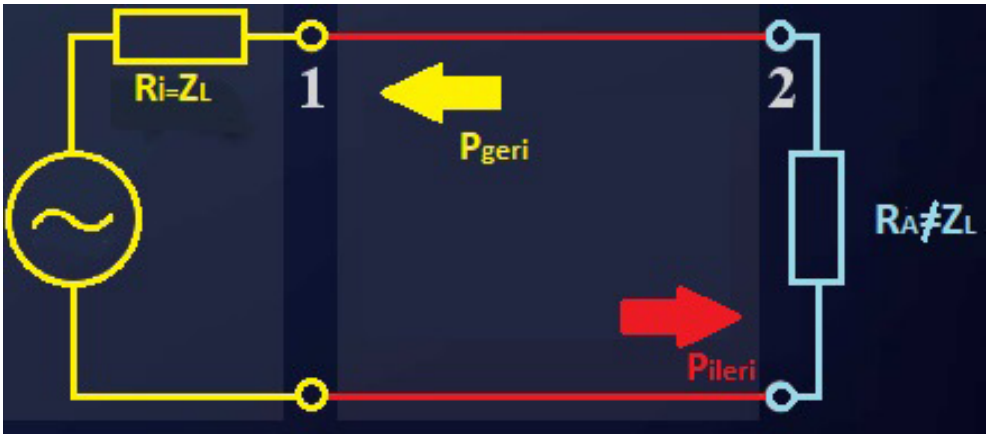


Görsel 4.7: Duran dalga oluşumu

Duran dalgalar, iletkenlerde uyumsuz bir çalışma durumunda oluşur. Yüksek frekanslı bir sistemin tamamı, uyumlu bir şekilde çalışıyorsa bütün güç kaynaktan alıcıya herhangi bir kayba uğramaksızın ulaşır. Sistemde uyumsuzluk varsa dalganın yayılmasını engeller. Dalgada yan-

sımaya neden olur. Böylece birbirine karşı yayılan dalgalar oluşur. Bu dalgalar da birleşerek duran dalgayı oluşturur.

Görsel 4.8'de görülen empedansı uyumsuz (R_i ile R_A eşit değil) sistemde, dalgalar yollandığında



Görsel 4.8: İletkenlerde duran dalga oluşumu

kaynaktan çekilen güç, 1 numaralı noktada **PRi = P_{ZL} = ½ P_{kaynak}** eşitliğine uygun olarak ikiye bölünür. **P_{ZL}** = P_{ileri} bileşeni, hat boyunca ilerleyerek **R_A** direncine ulaşır fakat **R_A** direnci ile **Z_L** eşit olmadığından direnç tüm gücü çekemez. **P_{ZL}** gücünün bir kısmı, 2 nolu noktadan **P_{geri}** şeklinde üretece geri yansır.

Uygulamada uyumsuzluk derecesini daha iyi kontrol edebilmek için "yansıma katsayısı" **r** ve "gerilim duran dalga oranı" **s** tanımlanmıştır. Yansıma katsayısı,

$$r = \frac{U_{geri}}{U_{ileri}} = \frac{|R_a - Z_L|}{|R_a + Z_L|}$$

formülüyle bulunur.

Gerilim duran dalga oranı, **U_{max}/U_{min}** gerilim oranından hesaplanır. **U_{max}** ileri akan gerilimlerin toplamına karşılık gelir, **U_{min}** ise iki gerilim bileşeninin arasındaki farka karşılık gelir.

$$s = \frac{U_{max}}{U_{min}} = \frac{U_{ileri} \times (1+r)}{U_{ileri} \times (1-r)} = \frac{(1+r)}{(1-r)}$$

1,00 duran dalga oranı bu nedenle en uygun uyum anlamına da gelir. Uyumsuzluk durumunda duran dalga değeri artar. 1,1 ile 1,2 arası değer iyi bir duran dalga oranıdır. Tam uyumsuzluk durumunda duran dalga oranı sonsuza kadar gider.

4.1. Uygulama: Desibelmetre ile Ses Şiddeti Ölçme

Amaç : Desibelmetre ile ses şiddeti ölçümü yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 4.9: Desibelmetre kullanımı

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Desibelmetre	Dijital	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak desibelmetrenin pillerini doğru bir şekilde takınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzeme bulundurmayınız.
2. Açma kapama tuşuna basarak desibelmetreyi açınız (Görsel 4.9.a).
3. Ortamdaki ses şiddeti seviyesini ölçene kadar bekleyiniz (Görsel 4.9.b).
4. Hold tuşuna basarak o andaki ses şiddeti seviyesini okuyunuz (Görsel 4.9.c).
5. Yakalama (Hold) tuşuna tekrar basarak ölçmeye devam ediniz.
6. MIN-MAX tuşuna basarak hafızaya alınan ses şiddeti seviyesinin minimum ve maksimum değerlerini okuyunuz (Görsel 4.9.ç).
7. Açma kapama tuşuna basarak desibelmetreyi kapatınız.
8. Desibelmetreyi, arkadaşlarınızın da kullanması için atölye öğretmenine teslim ediniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Desibelmetre ekranındaki değerlerin sürekli değişmesinin sebebi ne olabilir? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

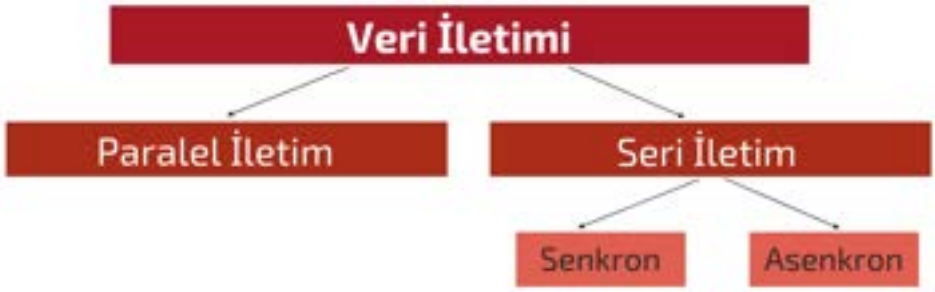
Süre: 2 Ders Saati

4.2. UÇAK SİSTEMLERİNDEKİ VERİ YOLLARININ BAKIMI

Bilgisayar sistemlerinin kendi arasındaki iletişimini sağlamak için birtakım kodlar ve iletim yöntemleri geliştirilmiştir. Geliştirilen kodlar ve iletim yöntemlerinin bir kısmı standart hâle getirilmiştir. Böylece dünyada kullanılan bilgisayar sistemlerinin kendi arasında doğru iletişim kurması sağlanmıştır. Bilgisayar sistemlerinde olduğu gibi hava araçlarında da elektronik sistemlerin birbirleri ve yer ile iletişim kurmasında bir takım standartlar geliştirilmiştir.

4.2.1. Veri İletim Yöntemleri

Bilgisayar ve elektronik sistemler, birbirleriyle veri alışverişi yaparken paralel veya seri iletim tekniklerini kullanır (Görsel 4.10).



Görsel 4.10: Veri iletim yöntemleri

4.2.1.1. Paralel İletim

Birden fazla hat üzerinden sekiz bitlik [1 byte (bayt)] verinin gönderilmesi veya alınması işlemine **paralel iletim** denir. Bir baytlık veri için sekiz bit veri yolu, saat (clock) hattı ve bir adet toprak hattı olmak üzere toplam on hat kullanılır. Bununla birlikte, kontrol (C) ve durum (S) hatları da kullanılırsa kullanılan hat sayısı artar (Görsel 4.11). Paralel iletimde başlama ve bitiş bitleri yoktur. Veri iletim hızı, saat hattı hızına bağlıdır. Veri yolu hat sayısı ile kapladığı alanın fazla olması maliyeti yükseltir.



Görsel 4.11: a) Paralel port veri yolları b) Paralel port görüntüsü c) Paralel port veri transferi

4.2.1.2. Seri İletim

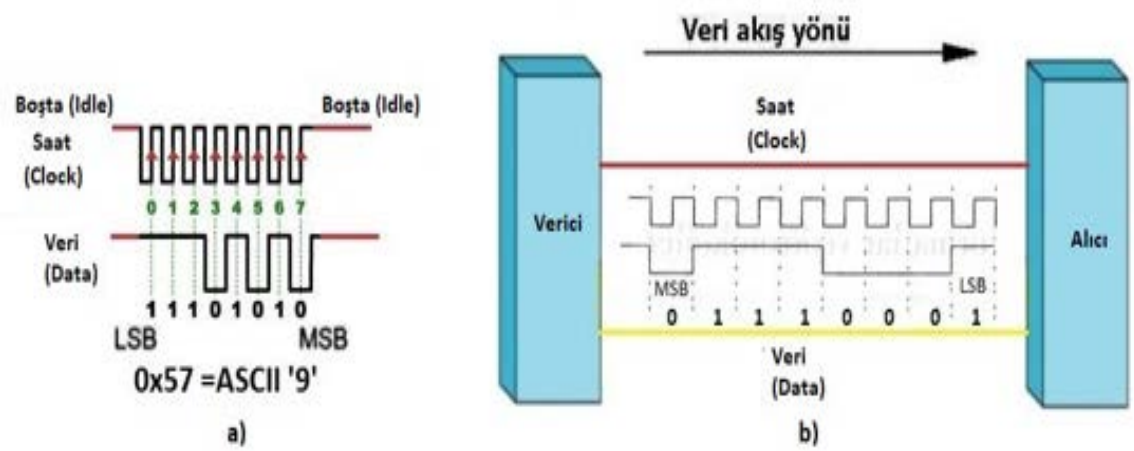
Bir baytlık veriyi oluşturan bitlerin bir veri yolu hattı üzerinden peş peşe gönderilmesi işlemine **seri iletim** denir. Seri iletim için senkron ve asenkron iletim protokolleri uygulanır. Seri iletimde dokuz pin seri iletim kablosu kullanılır (Görsel 4.12).



Görsel 4.12: Dokuz pin seri iletim kablosu

Senkron İletim

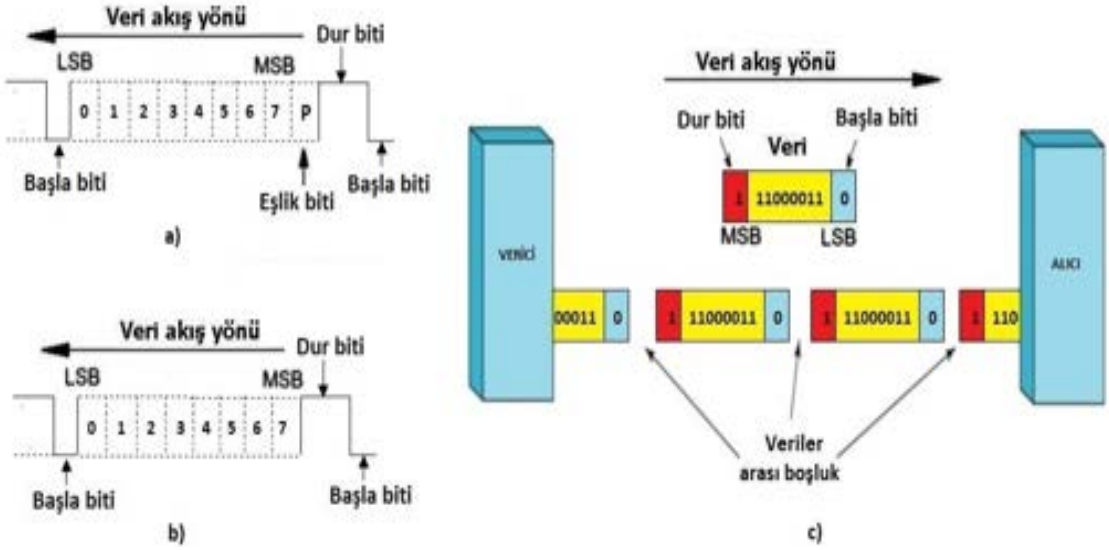
Gönderilecek veriye ait her bir bitin bir saat darbesi eşliğinde gönderilmesiyle yapılan iletime **senkron iletim** denir. Senkron iletimde alıcı ve verici ortak saat sinyalini kullanır. Bu sinyal için fazladan bir kabloya ihtiyaç duyulmaktadır. Verici, hem veri ve hem de saat sinyalini gönderir. Alıcı, veri kanalını yalnızca verici tarafından saat sinyali göderildiğinde okur. Böylece eş zamanlama sağlanmış olur. Senkron iletimde, veri bit bloğunun (64-4096 bit) başına ve sonuna **bayrak (flag)** denilen özel bitler (SYN, STX, ETX, CRC) koyarak alıcının veri başlangıcını ve sonunu anlaması sağlanır. Görsel 4.13.a'da senkron veri formatı, Görsel 4.13.b'de ise veri iletim şekli gösterilmiştir.



Görsel 4.13: a) Senkron iletim dalga şekli b) Cihazlar arası senkron iletim

Asenkron İletim

Gönderilecek verinin başına başla **(start)** biti, sonuna ise dur **(stop)** biti, ayrıca isteğe bağlı eşlik **(parity)** biti eklenerek belirlinen bir iletim hızında yapılan seri iletim yöntemine **asenkron iletim** denir. Gönderilen verinin alıcıya hatasız iletilmesi için verici ile alıcı cihazın veri iletim hızının aynı olması gerekir. Bu veri iletim hızına ise **Baud rate** (bod reıt) denir. Baud rate, 1 saniyede taşınan bit sayısıdır. Varsayılan değer 9600 Baud'tur. Veri iletiminde kullanılan Baud rate oranları 75, 110, 300, 1200, 2400 4800, 9600, 19200, 38400, 57600 ve 115200'dür. Asenkron haberleşme genelikle düşük hızlı sistemlerde kullanılır. Görsel 4.14.a ve b'de asenkron veri formatları, Görsel 4.14.c'de ise peş peşe veri iletim şekli gösterilmiştir.



Görsel 4.14: a) Eşlik bitli asenkron iletim b) Asenkron iletim c) Asenkron iletim şekli

4.2.2. Veri İletim Yönleri

Veri iletimi; tek yönlü, yarı çift yönlü ve tam çift yönlü iletim olarak üç şekilde yapılır.

4.2.2.1. Tek Yönlü İletim (Simplex)

Bir verici ve alıcının olduğu iletim sistemidir. Tek yönlü iletim sadece vericinin veri göndermesine izin verir. Alıcı, vericiden gelen verileri alabilir ama vericiye veri gönderemez. TV yayın sistemlerinden televizyona ve klavyeden bilgisayara veri aktarımı, tek yönlü iletime örnek olarak verilebilir (Görsel 4.15).



Görsel 4.15: Tek yönlü iletim (simplex)

4.2.2.2. Yarı Çift Yönlü İletim (Half Duplex)

Yarı çift yönlü iletim, verici ve alıcı arasında karşılıklı olur ancak tek yönde veri gönderebilir. Bu durumda diğer cihaz bekletilir. Veri iletişim hattını ilk olarak verici kullanır. Cevap istendiği zaman alıcı taraf hattı kullanarak gönderici olarak veri gönderir. Telsiz uygulamaları yarı çift yönlü iletim örneğidir (Görsel 4.16).



Görsel 4.16: Yarı çift yönlü iletim (Half duplex)

4.2.2.3. Tam Çift Yönlü İletim (Full Duplex)

Tam çift yönlü iletim, verici ve alıcı arasında karşılıklı olur. Aynı anda iki yönde veri gönderilebilir. Cihazlar, hattan verileri gönderirken diğer hattan da veriler alır. Telefon görüşmeleri tam çift yönlü iletim örneğidir (Görsel 4.17).



Görsel 4.17: Tam çift yönlü iletim

4.2.3. Veri İletim Kodları

ASCII (American National Standart Code for Information Interchange) ve EBCDIC (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code), günümüzde en yaygın kullanıma sahip veri iletim kodlarıdır (Görsel 4.18).

ASCII'da yedi bit ve buna ilaveten hata biti eklenmiş bir bit olmak üzere toplam sekiz bitten oluşur. EBCDIC'de, sekiz bit ikilik bir koddur. Kod kümesinde maksimum 256 karakter bulunur. IBM mimarisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

ASCII	EBCDIC	KARAKTER	ASCII	EBCDIC	KARAKTER	ASCII	EBCDIC	KARAKTER	ASCII	EBCDIC	KARAKTER	ASCII	EBCDIC	KARAKTER	ASCII	EBCDIC	KARAKTER
00	00	NUL	20	40	SP	40	7C	@	60	79	`	80	00	NUL	A0	40	SP	C0	7C	@	E0	79	`
01	01	SOH	21	5A	!	41	C1	A	61	81	a	81	01	SOH	A1	5A	!	C1	C1	A	E1	81	a
02	02	STX	22	7F	"	42	C2	B	62	82	b	82	02	STX	A2	7F	"	C2	C2	B	E2	82	b
03	03	ETX	23	7B	#	43	C3	C	63	83	c	83	03	ETX	A3	7B	#	C3	C3	C	E3	83	c
04	37	EOT	24	5B	$	44	C4	D	64	84	d	84	37	EOT	A4	5B	$	C4	C4	D	E4	84	d
05	2D	ENQ	25	6C	%	45	C5	E	65	85	e	85	2D	ENQ	A5	6C	%	C5	C5	E	E5	85	e
06	2E	ACK	26	50	&	46	C6	F	66	86	f	86	2E	ACK	A6	50	&	C6	C6	F	E6	86	f
07	2F	BEL	27	7D	'	47	C7	G	67	87	g	87	2F	BEL	A7	7D	'	C7	C7	G	E7	87	g
08	16	BS	28	4D	(	48	C8	H	68	88	h	88	16	BS	A8	4D	(	C8	C8	H	E8	88	h
09	05	HT	29	5D	)	49	C9	I	69	89	i	89	05	HT	A9	5D	)	C9	C9	I	E9	89	i
0A	25	LF	2A	5C	*	4A	D1	J	6A	91	j	8A	25	LF	AA	5C	*	CA	D1	J	EA	91	j
0B	0B	VT	2B	4E	+	4B	D2	K	6B	92	k	8B	0B	VT	AB	4E	+	CB	D2	K	EB	92	k
0C	0C	FF	2C	6B	,	4C	D3	L	6C	93	l	8C	0C	FF	AC	6B	,	CC	D3	L	EC	93	l
0D	0D	CR	2D	60	-	4D	D4	M	6D	94	m	8D	0D	CR	AD	60	-	CD	D4	M	ED	94	m
0E	0E	SO	2E	4B	.	4E	D5	N	6E	95	n	8E	0E	SO	AE	4B	.	CE	D5	N	EE	95	n
0F	0F	SI	2F	61	/	4F	D6	O	6F	96	o	8F	0F	SI	AF	61	/	CF	D6	O	EF	96	o
10	10	DLE	30	F0	0	50	D7	P	70	97	p	90	10	DLE	B0	F0	0	D0	D7	P	F0	97	p
11	11	DC1	31	F1	1	51	D8	Q	71	98	q	91	11	DC1	B1	F1	1	D1	D8	Q	F1	98	q
12	12	DC2	32	F2	2	52	D9	R	72	99	r	92	12	DC2	B2	F2	2	D2	D9	R	F2	99	r
13	13	DC3	33	F3	3	53	E2	S	73	A2	s	93	13	DC3	B3	F3	3	D3	E2	S	F3	A2	s
14	3C	DC4	34	F4	4	54	E3	T	74	A3	t	94	3C	DC4	B4	F4	4	D4	E3	T	F4	A3	t
15	3D	NAK	35	F5	5	55	E4	U	75	A4	u	95	3D	NAK	B5	F5	5	D5	E4	U	F5	A4	u
16	32	SYN	36	F6	6	56	E5	V	76	A5	v	96	32	SYN	B6	F6	6	D6	E5	V	F6	A5	v
17	26	ETB	37	F7	7	57	E6	W	77	A6	w	97	26	ETB	B7	F7	7	D7	E6	W	F7	A6	w
18	18	CAN	38	F8	8	58	E7	X	78	A7	x	98	18	CAN	B8	F8	8	D8	E7	X	F8	A7	x
19	19	EM	39	F9	9	59	E8	Y	79	A8	y	99	19	EM	B9	F9	9	D9	E8	Y	F9	A8	y
1A	3F	SUB	3A	7A	:	5A	E9	Z	7A	A9	z	9A	3F	SUB	BA	7A	:	DA	E9	Z	FA	A9	z
1B	27	ESC	3B	5E	;	5B	AD	[	7B	C0	{	9B	27	ESC	BB	5E	;	DB	AD	[	FB	C0	{
1C	1C	FS	3C	4C	<	5C	E0	\	7C	4F	|	9C	1C	FS	BC	4C	<	DC	E0	\	FC	4F	|
1D	1D	GS	3D	7E	=	5D	BD	]	7D	D0	}	9D	1D	GS	BD	7E	=	DD	BD	]	FD	D0	}
1E	1E	RS	3E	6E	>	5E	5F	^	7E	A1	~	9E	1E	RS	BE	6E	>	DE	5F	^	FE	A1	~
1F	1F	US	3F	6F	?	5F	6D	_	7F	07	DEL	9F	1F	US	BF	6F	?	DF	6D	_	FF	07	DEL

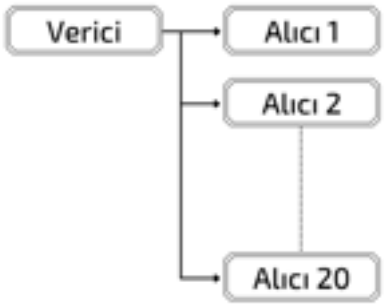
Görsel 4.18: ASCII ve EBCDIC kodları

4.2.4. Hava Aracı Sistemlerindeki Veri Yolu Standartları

Havacılık sektöründe, farklı hava aracı tipleri ve uygulamaları için geliştirilmiş dijital veri iletim standartları mevcuttur. Verici ve alıcı sistemler arasında analog ve dijital sinyallerin doğru olarak iletilmesi için bazı standartlara uyulması gerekir. Hava aracı veri yollarında kullanılan dil, **protokol** olarak tanımlanmaktadır. Sivil hava aracı veri yolları protokolü **ARINC** [Aeronautical Radio Incorporated (Havacılık Radyo Kuruluşu)] ile tanımlanırken askeri hava aracı protokolü **MIL-STD** [Military Standard (Askeri Standart)] ile tanımlanmaktadır. **ARINC 429, ARINC 629**, **CSDB** [Commercial Serial Digital Bus (Ticari Seri Dijital Hat)], **ASCB** [Avionics Serial Communication Bus (Aviyonik Seri Haberleşme Hattı)], **MIL-STD 1553** vb. hava aracı dijital veri iletim standartları geliştirilmiştir.

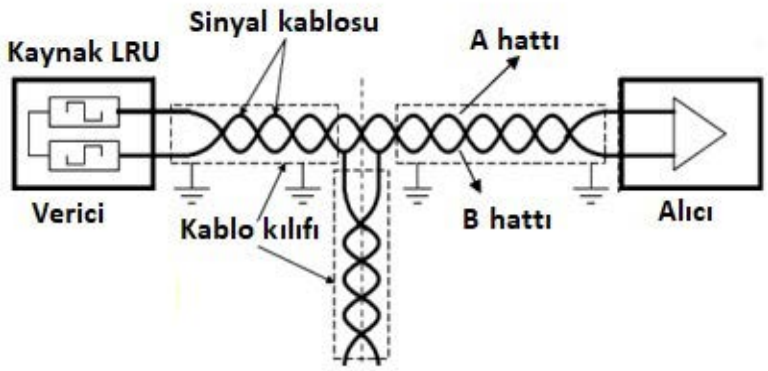
4.2.4.1. ARINC 429

ARINC 429, aviyonik ekipmanlar ve uçak sistemlerinin kendi aralarındaki iletişim kurma yöntemlerini tanımlayan bir özelliktir. ARINC 429 ağı, bir verici ve alıcıdan oluşur (Görsel 4.19). Ağa yirmiye kadar alıcı bağlanabilir. ARINC 429 ağında, tek yönlü (simplex) iletim kullanılır.



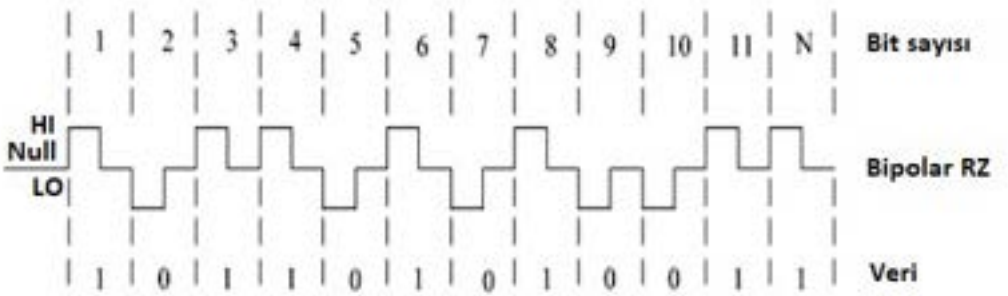
Görsel 4.19: ARINC 429 ağ yapısı

ARINC 429, ARINC verilerinin iletilmesinde 78 Ω'luk blendajlı kablo kullanır. Bu kablo; kırmızı ve mavi renklerden oluşan kablo çiftinden oluşur, diferansiyel formda olan veriyi taşır (Görsel 4.20).



Görsel 4.20: ARINC 429 Kablo bağlantısı

Nominal iletim voltajı, pozitif (kırmızı kablo) ve negatif (mavi kablo) arasında 10 ± 1 volttur. Bu nedenle her sinyal +5 volt ile -5 volt arasında değişmektedir. Bir kablo + 5 volt ise diğeri -5 volttur ve bunun tersi de geçerlidir. Bir kabloya 'A' (veya '+' veya 'HI'), diğer tarafına 'B' (veya '-' veya 'LO') tarafı adı verilir. Bipolar sıfıra dönüş **(BPRZ)** modülasyonu olarak da bilinir. Karışık sinyal durumu üç seviyeden biri olabilir (Görsel 4.21).



Görsel 4.21: BPRZ modülasyonu

ARINC 429 **noktadan noktaya** (point to point) protokolü kullanarak 32 bit veri transferi yapar. Her veri arasında dört bitlik boşluk (NULL) bırakır. 32 bitlik verinin 1-8. bit arası etiket (label), 9-10. bit kaynak hedef tanımlayıcı (SDI), 11-29. bit arası veri (DATA), 30 ve 31. bitler işaret durum matrisi (SSM), 32. bit eşlik (parity) bitidir (Görsel 4.22).



Görsel 4.22: ARINC 429 bilgi formatı

- **Etiket (Label):** 1-8 arasındaki bitler, veri türünü ve bununla ilişkili parametreleri tanımlayan bir etiket içerir. Etiket, mesajın önemli bir parçasıdır. Sözcüğün geri kalanının veri tipini ve dolayısıyla kullanılacak veri çeviri yöntemini belirlemek için kullanılır. Etiketler tipik olarak **octal** (sekizli) sayılarla temsil edilir.
- **Kaynak-Hedef Tanımlayıcı (SDI):** 9 ve 10. bitler, verilerin gideceği alıcının tanımlanması için kullanılır. Ağda en fazla 20 alıcı olacağından bilgilerin doğru alıcıya gitmesinde **SDI** verinin gideceği alıcıyı işaret eder.
- **Veri (Data):** 11-29 arasındaki bitler, alıcılara gidecek verileri içerir.
- **İşaret-Durum Matrisi (SSM):** 30 ve 31. bitler; bu alan donanım ekipmanı durumu, çalışma modu veya veri içeriğinin geçerliliğini içerir.
- **Eşlik (Parity):** Gönderilen veride 1'lerin çift sayıda veya tek sayıda olduğunun bilgisini tutar.

4.2.4.2. CSDB [Commercial Standart Digital Bus (Ticari Standart Dijital Veri Yolu)]

CSDB, bölgesel hava aracı ve iş jetlerinde kullanılmak üzere Collins Avionics (Kalinz Eyvianiks) tarafından geliştirilmiştir. SAAB bölgesel hava araçları ve Hawker (hôkır) iş jetlerini de içine alan çok sayıda hava aracında kullanılmak üzere sertifikalandırılmıştır. Veri iletimi; blendajlı ve bükülmüş kablo çifti ile bir vericiden bir veya birden çok alıcı (maksimum 10) sisteme doğru tek yönlü, RS-422 A standardında, asenkron, NRZ [Non Return to Zero unipolar (sıfıra dönüşsüz tek kutuplu)] formatta ve iki farklı hızda (50 Kb/s ve 12.5 Kb/s) gerçekleştirilir.

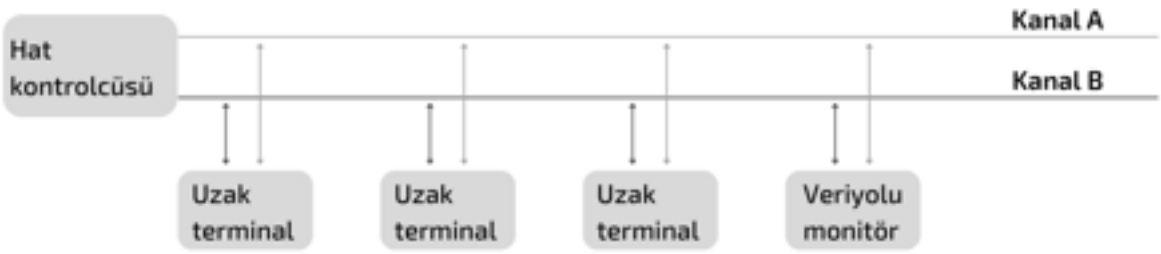
4.2.4.3. ASCB [Avionic Standart Communication Bus (Aviyonik Standart İletişim Veri yolu)]

ASCB, Sperry (speri) şirketi tarafından geliştirilmiştir. ATR 42/72 bölgesel hava aracı ve Hawker 1000, Gulfstream (Gulfstrim) IV iş jetleri vb. çok sayıda hava aracında kullanılmak üzere sertifikalandırılmıştır. Veri iletimi, CSDB'den farklı olarak aynı kablo üzerinden çift yönlü veri iletimi sağlar. İletim, iki farklı hızda (2/3 Mb/s) gerçekleştirilir.

4.2.4.4. MIL-STD-1553 (Askeri Standart İletişim Veri Yolu)

MIL-STD-1553 özellikle askeri hava aracları için geliştirilmiştir. F-15, F-16, F-22 ve C-17 gibi uçakları içine alan pek çok tipteki askeri hava aracında kullanılır. Sivil hava araçlarında ise sınırlı uygulamalarda kullanılan bir LAN [Local Area Network (Yerel İletişim Ağı)] tanımının yapıldığı çoklu verici, çoklu alıcı yapısında veri iletim standartıdır. Bu standart, ilk olarak 1975 yılında MIL-STD 1553A yayınlanmasıyla geliştirilmiş, 1978 yılında ise MIL-STD 1553B standartı yayınlanmıştır. Uygulamada daha çok MIL-STD 1553 olarak bilinir. MIL-STD 1553; hızlı kontrolün istendiği askeri hava araçlarının yanı sıra ticari uygulamalarda, yerdeki askeri ekipmanlarda, gemilerde, denizaltılarda ve test ekipmanlarında kullanılmaktadır.

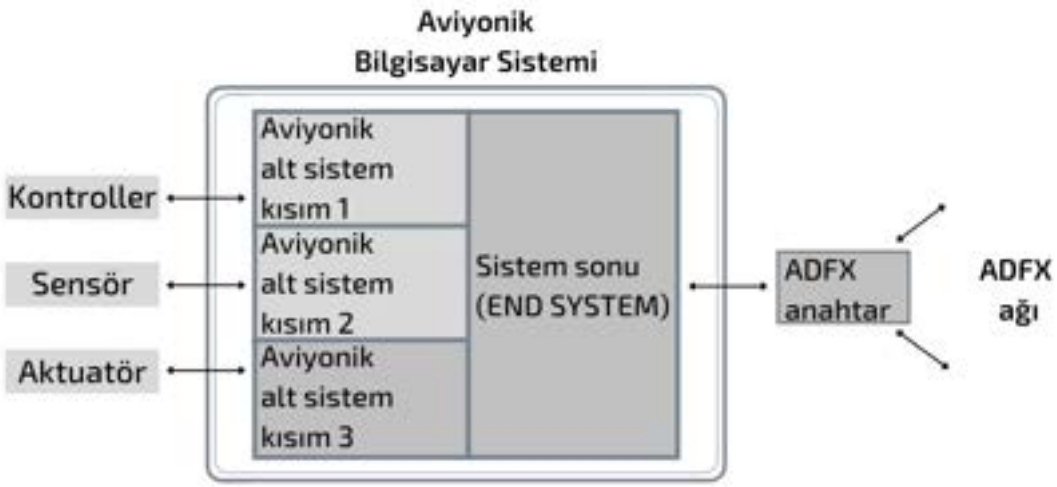
Sistem bir veri yolu kontrolcüsü (Bus Controller), uzak terminaller (Remote Terminals), iletim hattı ve veri yolu monitöründen oluşur. Veri iletimi, 1 Mb/s hızda maksimum 20 bitlik kelimelerle yapılır. Veri hattına maksimum 31 terminal bağlanabilir. İletim hattında haberleşme için **manchester kodlaması** kullanılır. Bitler sinyal geçişleri ile kodlanır. Bu sebeple iletim hattında DC bileşen yoktur. Saat (clock) sinyali bit geçişlerinden elde edilir. Böylece tek iletim hattında hem veri hem saat (clock) aynı anda iletilir (Görsel 4.23).



Görsel 4.23: MIL-STD 1553 ağ yapısı

4.2.4.5. ADFX (Avionic Full Duplex Ethernet)

AFDX, gelecek vaat eden bir ağ protokolüdür. Yeni aviyonik gereksinimleri karşılaması için geliştirilmiştir. Eski aviyonik verileri ile karşılaştırıldığında ADFX veri yolu ağları, 100 Mbit/sn. hıza kadar destekler, esnek mimari ve düşük maliyete sahiptir. ADFX protokolü ethernetin aviyoniklere uyarlanmış hâlidir. ADFX ağı, sistem sonu (ES, alt sistemler ile ağ arasında ara yüz), anahtar (switch) ve iletişim linki olmak üzere üç bölümden oluşur (Görsel 4.24).



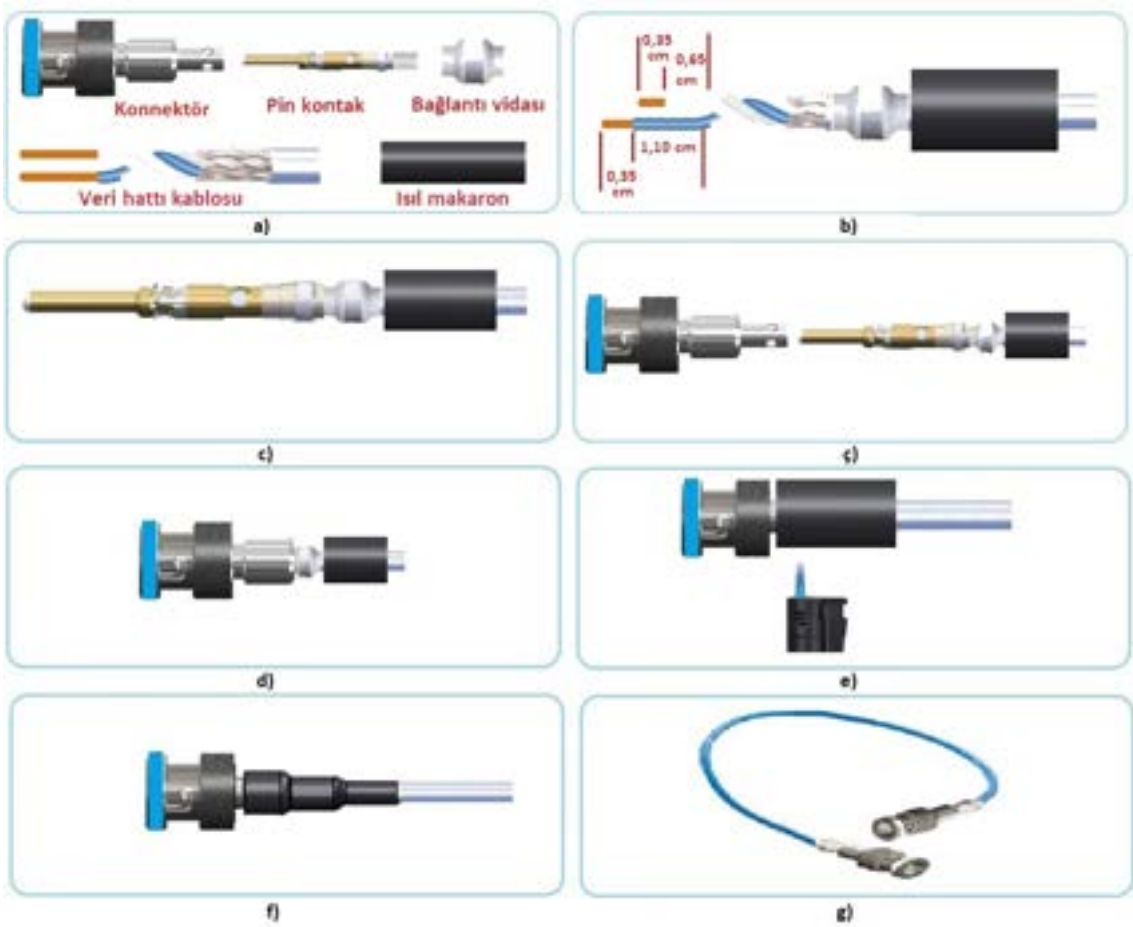
Görsel 4.24: ADFX ağ mimarisi

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25213

4.2. Uygulama: MIL-STD-1553 Ağ Kablosu Hazırlama

Amaç : MIL-STD-1553 standartında ağ kablosu hazırlamak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 4.25: MIL-STD-1553 ağ kablosu hazırlama aşamaları

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Konnektör	MIL-STD-1553 Konnektör	2 Adet
Veri hattı kablosu	Hava aracı ağ yapısına uygun	1 Metre
Isıl makaron	8 mm çapında	2 Adet
Isıtıcı	Çakmak veya fön havya	1 Adet
Pense, yan keski	Plastik yalıtımlı	2 Adet

Süre: 2 Ders Saati

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak sigorta ve prizleri kontrol ediniz. Tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzeme bulundurmayınız.
2. MIL-STD-1553 konnektörünü, veri hattı kablosunu ve makaronu hazırlayınız (Görsel 4.25.a).
3. Veri hattı kablosundan bir metrelik parça kesiniz. Kablonun her iki ucunu da Görsel 4.25.b'de belirtilen ölçülerde yan keski ve pense yardımı ile açınız.
4. Makaron ve bağlantı vidasını, ucundan Görsel 4.25.b'de görüldüğü gibi kabloya takınız.
5. Veri hattı kablosunun mavi renkte (pozitif) olanını pin kontağının merkezindeki kablo yuvasına, beyaz (nötr) olanını pin kontağının kenarındaki kablo yuvasına yerleştiriniz. Görsel 4.25.c'deki şekle benzer bağlantı oluşturunuz.
6. Pin kontağını, konnektörün merkezindeki yuvadan içeriye doğru Görsel 4.25.ç'de gösterildiği gibi yerleştiriniz.
7. Bağlantı vidasını, konnektörün gövdesine Görsel 4.25.d'de gösterildiği gibi vidalayınız. Isıl makaronu gövdeye doğru itiniz.
8. Makaronu, fön havya veya çakmakla ısıtarak Görsel 4.25.e'de gösterildiği gibi daraltınız. Makaronu, Görsel 4.25.f'de gösterildiği gibi konnektörün gövde şeklini alana kadar ısıtmaya devam ediniz.
9. Yukarıdaki işlem basamaklarını, kablonun diğer ucu içinde yaparak Görsel 4.25.g'de görülen ağ kablosunu hazırlayınız.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Görsel 4.25.b'de verilen kablo ucu açma işleminde belirlenen ölçü dışına çıkılırsa ortaya nasıl bir sonuç çıkar? Açıklayınız.
- Isıl makaronun konnektröre takılma sebebi ne olabilir? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25213

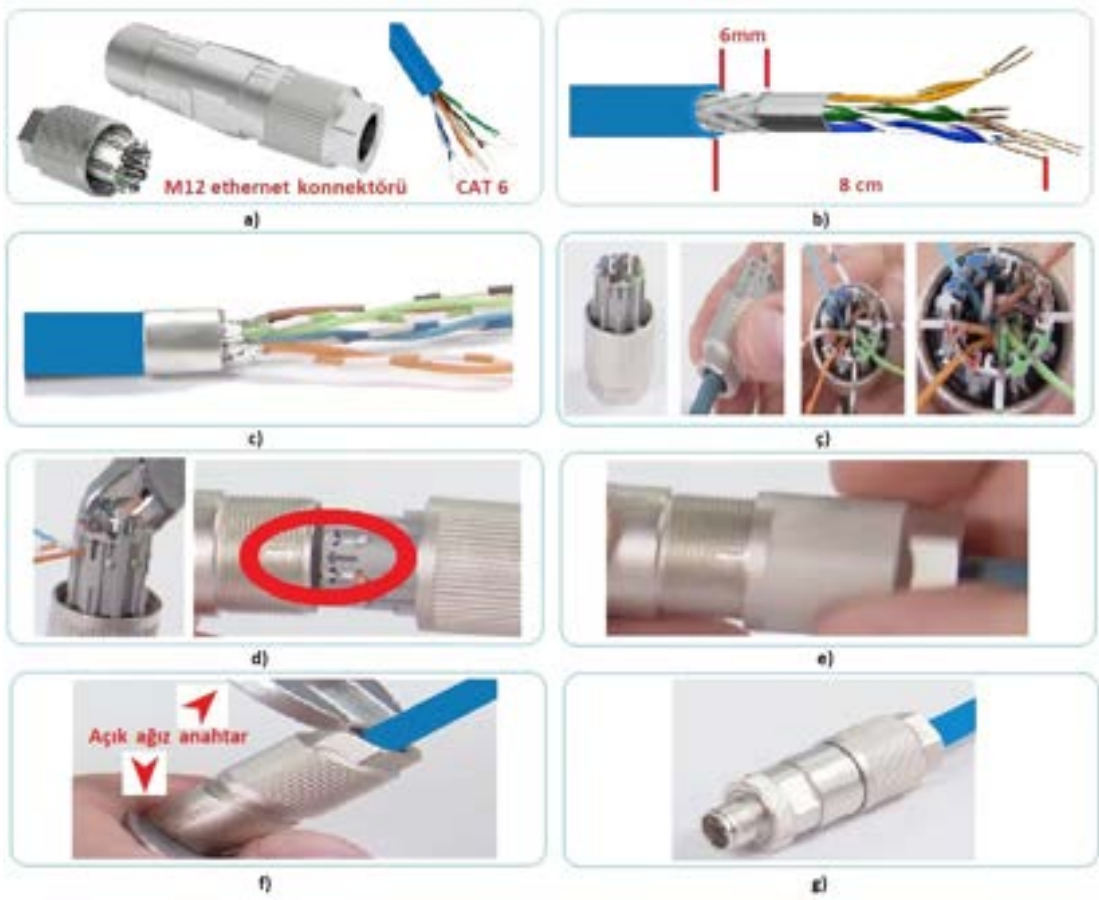
Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25214

4.3. Uygulama: ADFX Ethernet Kablosu Hazırlama

Amaç : ADFX ethernet kablosu hazırlamak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 4.26: ADFX ethernet kablosu hazırlama aşamaları

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
M12 Konnektör	Metal gövde	2 Adet
CAT 6 Ağ kablosu	Örgü toprak kablolu	1 Metre
Açık ağız anahtar	12-13	2 Adet
Pense, yan keski	Plastik yalıtımlı	1 Adet

Süre: 2 Ders Saati

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak sigorta ve prizleri kontrol ediniz. Tüm araç gereci hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzeme bulundurmayınız.
2. M12 konnektörünü ve CAT 6 kablosunu hazırlayınız (Görsel 4.26.a).
3. CAT 6 kablosundan bir metrelik parça kesiniz. Kablonun her iki ucunu da Görsel 4.26.b'de belirtilen ölçülerde yan keski ve pense yardımı ile açınız.
4. Örgü toprak kablosunu, Görsel 4.26.c'de gösterildiği gibi kablonun üzerine geriye doğru bükünüz. Kabloyu alüminyum bant ile bantlayınız. Alüminyum bant yoksa örgü görünecek şekilde kabloya bantlayınız. Örgü kablo, konnektörün metal gövdesine temas etmelidir.
5. CAT 6 kabloyu, Görsel 4.26.ç'de gösterildiği gibi M12 konnektörünün alt parçasından geçiriniz. Her kabloyu kendi rengindeki sokete takıp, dışarı doğru bükerek yerine oturtunuz. Sekiz kablo için aynı işlemi yapınız.
6. Yerine oturan kabloların fazla kısımlarını Görsel 4.26.d'de gösterildiği gibi kesiniz. M12 konnektörün üst gövdesi ile alt gövdesini, oklar birbirini karşılayacak şekilde takıp elinizle bastırınız.
7. Bileziği, M12 alt gövdesini üst gövdesine Görsel 4.26.e'de gösterildiği gibi saat yönünde çevirerek sabitleyiniz.
8. M12 alt gövdesini üst gövdesine, açık ağız anahtar kullanarak Görsel 4.26.f'de gösterildiği gibi sabitleyiniz.
9. İşlem basamakları doğru bir şekilde yapıldıysa Görsel 4.26.g'de görülen kablonun bir ucu, hazır hâle gelmiş demektir.
10. Yukarıda anlatılan işlem basamaklarını kablonun diğer ucu içinde yaparak ADFX ağ kablosunu hazırlayınız.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- CAT 6 ağ kablosu içindeki kablo renkleri ile M12 konnektörünün alt gövdesindeki renklerin birbirine uygunluğunu kontrol ediniz.
- CAT 6 kablosu, M12 konnektöründeki renklere dikkat edilmeden bağlanırsa kablo doğru çalışır mı? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25214

Süre: 2 Ders Saati

4.3. TİPİK ELEKTRONİK HAVA ARACI SİSTEMLERİNİ ÇALIŞTIRMA

Yolcu ve yük taşımacılığında kullanılan hava araçlarının sayısının artması, hava aracı trafiğinin artmasına neden olmuştur. Hava aracı trafiğinin artması, uçuş güvenliği sorununu gündeme getirmiştir. Uçuşları insanların kontrol etmesi ve yönlendirmesi zor bir görevdir. Bu nedenle bazı önemli görevlerde elektronik sistemler tercih edilmeye başlamıştır. Elektronik hava aracı sistemleri uçuş öncesinden başlayıp uçuş tamamlanıncaya kadar geçen sürede pilotlara ve havayolu kontrol merkezine yardımcı olur. Pilotların ve havayolu kontrol merkezlerinin iş yükünü hafifletir.

4.3.1. Elektronik Uçuş Gösterge Sistemi [Electronic Flight Instrument System (EFIS)]

EFIS, uçuşa yardımcı elektronik bir sistemdir. Bu sistemdeki birincil uçuş ekranı [Primary Flight Display (PFD)] ile navigasyon ekranı [Navigation Display (ND)], uçuş bilgilerini pilot ve yardımcı pilota (first-officer) gösteren göstergelerdir. Göstergeler pilot ve yardımcı pilot için ayrı ayrıdır. EFIS elektronik gösterge, görüntüleme sistemine [Electronic İnstrument Display System (EIDS)] bağlıdır (Görsel 4.27). EFIS dört adet ekran ve iki kontrol panelinden oluşur. EFIS sistemi için dört adet ana veri kaynağı vardır.

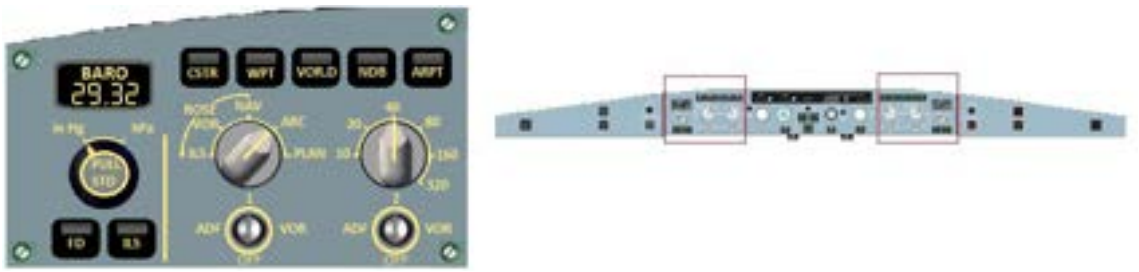
- EFIS Veri Kaynakları
  - Atalet Referans Sistemi [Inertial Reference System (IRS)]
  - Hava Veri Sistemi [Air Data System (ADS)]
  - Uçuş Yönetim Sistemi [Flight Management System (FMS)]
  - Otomatik Uçuş Sistemi [Automatic Flight System (AFS)]



Görsel 4.27: EFIS Sistemi

4.3.1.1. EFIS Kontrol Paneli

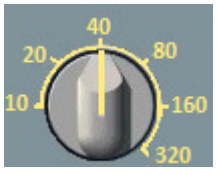
Kokpit içine iki adet EFIS kontrol paneli yerleştirilmiştir. PFD ve ND'yi kontrol etmek için kullanılır. EFIS kontrol paneli; ND'deki çeşitli modların, aralıkların seçimi ile kontrolünün yanı sıra navigasyon yardımcıları, ara noktaları, hava alanlarını görüntülemek için kullanılan butonları içerir. ADF VOR (yön bulucu) seçici iki anahtar vardır. Bu anahtarlar, ND'de VOR işaretçilerinin ve varsa ADF'nin görüntülenmesine olanak tanır. PFD'de görüntüleme ve barometrik altimetre ayarını ayarlamak için barometrik seçici anahtar da bulunur (Görsel 4.28).



Görsel 4.28: EFIS kontrol paneli

EFIS Düğmeleri ve Görevleri

CSTR	CSTR	Rakım, hız veya zaman kısıtlamalarını ND ekranında kızıl mor renkle (magenta) gösterir.
WPT	WPT	Uçuş planında olmayan yol noktalarını, ND ekranında kızıl mor renkle (magenta) gösterir.
VOR.D	VOR. D	VOR, DME ve TACAN sembollerini, ND ekranında kızıl mor renkle (magenta) gösterir.
NDB	NDB	NDB sembollerini, ND ekranında kızıl mor renkle (magenta) gösterir.
ARPT	ARPT	Kısıtlamalar, yol noktaları, VOR'lar, NDB'ler ve havaalanlarını görüntüler.
BARO 29.32	BARO	PFD ekranında barometrik referansı, inç Hg veya paskal hPa cinsinden; birincil uçuş direktörü irtifalarını fit olarak görüntüler.
in Hg hPa PULL STD	PULL STD	PFD ekranında görüntülenecek barometrik referansı seçer.
FD	FD	Uçuş yöneticisi komut barlarını açık veya kapalı konuma getirir.

	ILS	Lokalizörü döndürür, kayma eğimi açık veya kapalı olarak ölçeklenir.
	ADF VOR	ND ekranında VOR, ADF işaretçilerini ve DME seçimini sağlar.
	NAV Seçici	PLAN, ARC, NAV, VOR, ILS şeçimini yapar.
	Aralık Seçici	ND ekranında, mesafelerin 10 ile 320 kat büyütme oranı aralıklarıyla görüntülenmesini sağlar.

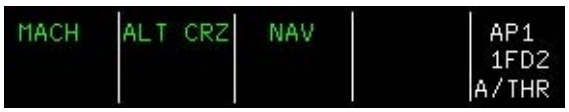
4.3.1.2. Birincil Uçuş Ekranı (PFD)

Birincil uçuş göstergesi (PFD), dijital kokpitlerde kaptan ve yardımcı pilotun temel uçuş bilgilerini gözlemlediği göstergedir (Görsel 4.29). Analog göstergeli hava aracındaki temel T dizilimi (ASI, ADI Altimetre, HSI göstergeleri) PFD'de digital olarak sağlanır. PFD üzerinde analog kokpitteki temel T diziliminin yanı sıra VOR, lokalizör, TACAN, RNAV vb. uçuş kontrol sistemlerine ait bilgi ve komutlar da görüntülenir. PFD göstergesi, renkli CRT veya LCD olabilir.



Görsel 4.29: PFD ekranı

PFD Ekranı Göstergesinin Görevleri

	Suni Ufuk	Suni ufukta uçağın pozisyonunu, burun kaldırma ve indirme açısını, dönüş açısını gösterir.
	Hız Göstergesi	Uçak hızı ile ilgili parametreleri gösterir.
	İrtifa Göstergesi	İrtifa ile ilgili parametreleri gösterir.
	Yön Göstergesi	Manyetik kuzey yönünü derece cinsinden gösterir.
	Aviyonik Göstergesi	Aviyonik sistemler hakkında ek bilgi verir.

4.3.1.3. Navigasyon Ekranı (ND)

Navigasyon; rota, trafik, hava durumu ve yere yakınlık bilgisini renkli olarak gösterir (Görsel 4.30). ND gösterimi değişik formatta olabilir. Tüm bilgiler navigasyon cihazındaki verilerden elde edilir.



Görsel 4.30: ND ekranı

4.3.2. Elektronik Merkezî Uçak İzleme Sistemi (ECAM)

Elektronik merkezî uçak izleme sistemi motor, sistem ve meteorolojik bilgileri görüntülemeye yarayan sistemdir. Motor/Uyarı ekranı [Upper Display (E/WD)] ve sistem ekranı [Lower Display (SD)] olmak üzere iki görüntüleme ekranı ile ECAM kontrol panelinden oluşur (Görsel 4.31).



Görsel 4.31: ECAM ekranları ve kontrol paneli

4.3.2.1. Motor/Uyarı Ekranı [Engine/Warning Display (E/WD)]

Motor/Uyarı ekranı; hava araçlarının motor sayısına bağlı olarak motorlardan alınınan verileri, yakıt durumunu, flat/slat pozisyon bilgilerini, hava aracı sistem durumu uyarı bilgisini ve mesajlarını görüntüler (Görsel 4.32). Motor, elektrik, hidrolik, basınç yakıt, vb. bütün ana sistemlere ait sensörler bilgisayarlar tarafından izlenir. Herhangi bir arıza, hata veya anormal bir durumda göstergeler uçuş ekibini uyarır.



Görsel 4.32: E/WD ekranı

4.3.2.2. Sistem Ekranı [System Display (SD)]

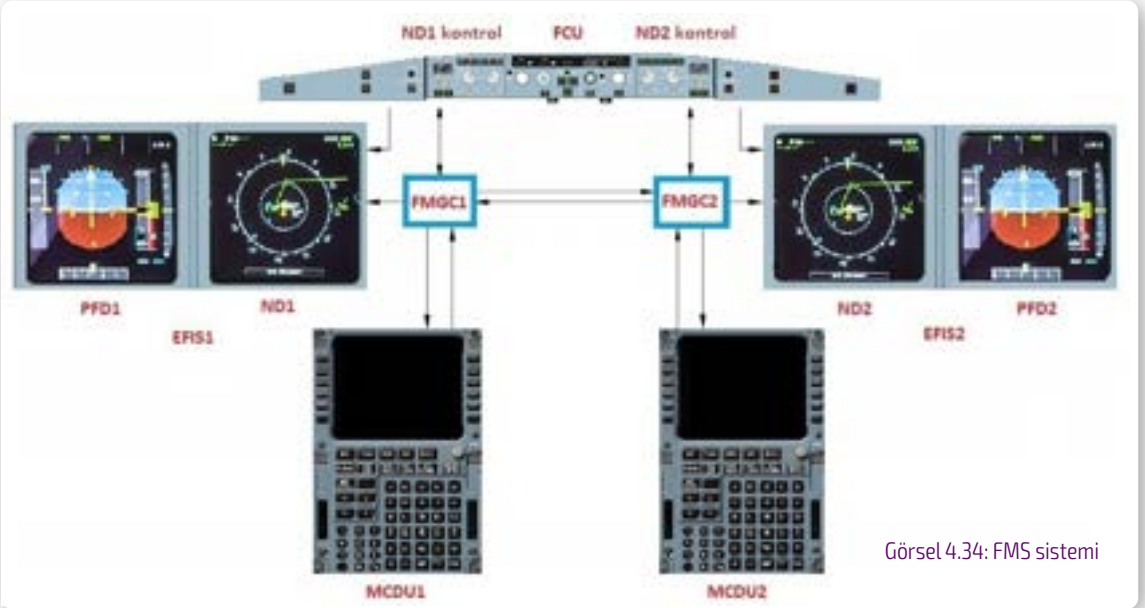
Hava aracının statik hava sıcaklığını, toplam hava sıcaklığını, evrensel zaman kordinasyonunu, brüt ağırlık bilgilerini ve sistemlerden gelen uyarı mesajlarını görüntüler (Görsel 4.33).



Görsel 4.33: SD ekranı

4.3.3. Uçuş Yönetim Sistemi [Flight Management System (FMS)]

Uçuş yönetim sistemi (FMS); navigasyon sistemini, uçuş planlamasını ve uygun olan rotayı belirler. Hava aracı için belirlenen uçuş sürecinde navigasyon, uçuş planlama, yörünge tahmini, performans hesaplaması, hava operasyonel kontrol (AOC) ve hava trafik kontrol (ATC) verilerini ekranlara aktararak uçuş personeline rehberlik eder. FMS'de verilerin ekranda gösterimi, otomatik pilot ile birleştirilmiştir. Bu sayede otomatik pilot FMS yardımı ile hava aracını uçurabilir ve motorların itiş gücünü kontrol edebilir. Ayrıca FMS, atalet navigasyon sistemini (INS) kullanarak mevcut konumu belirler. FMS, MCDU aracılığı ile kullanılır ve iki adet uçuş yönetim rehberlik bilgisayarına (FMGC) sahiptir (Görsel 4.34).

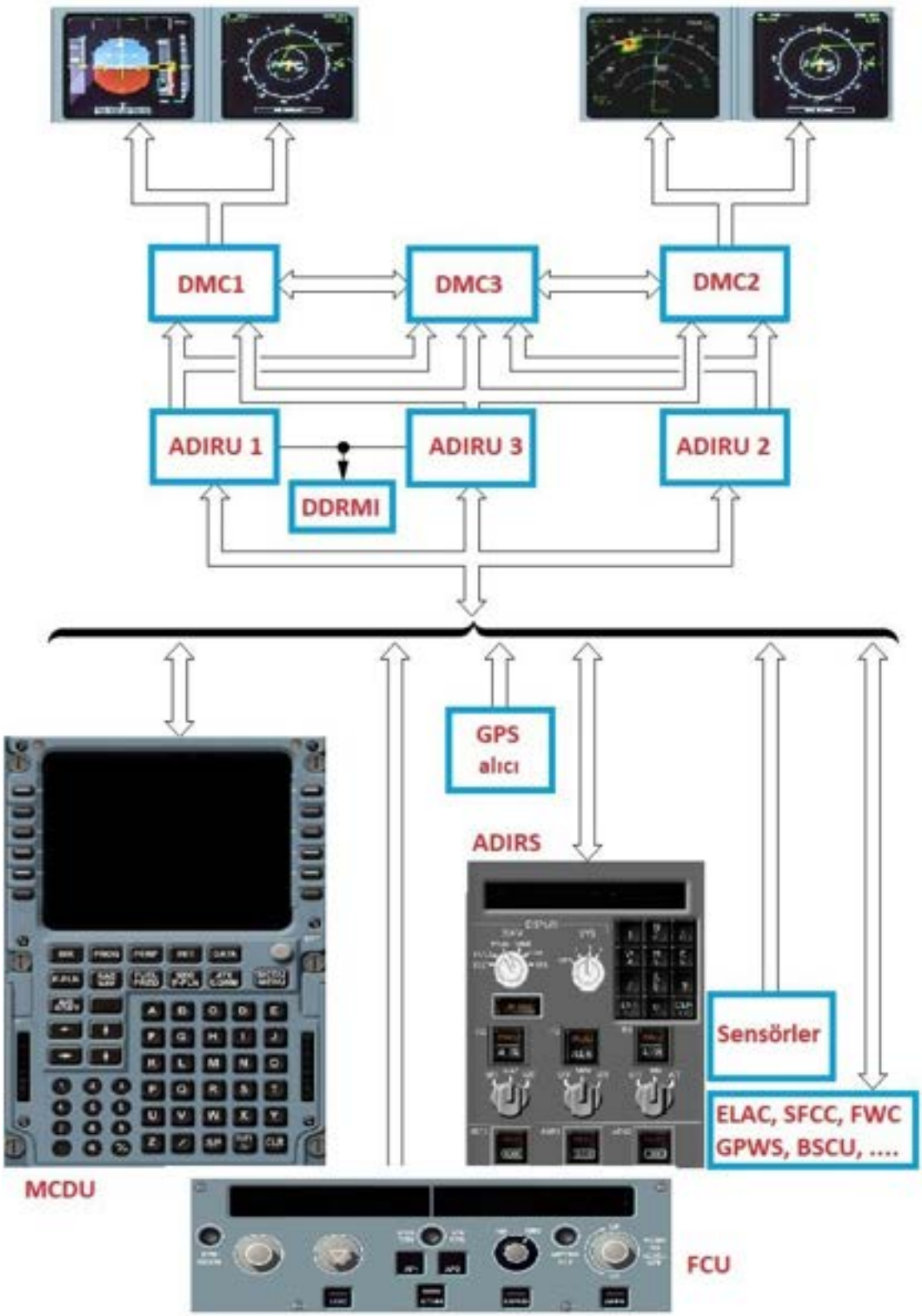


Görsel 4.34: FMS sistemi

4.3.4. Atalet Referans Sistemi [Inertial Reference System (IRS)]

Atalet referans sistemi (IRS), kullanıcı sistemlerine atalet navigasyon verileri sağlar. IRS; dönme, eğim ve sapma ekseni etrafındaki açısal oranı algılamak için geleneksel hız jiroskobu (topaç) yerine halka lazer jiroskobu kullanır. Atalet referans sistemi (IRS), iki atalet referans birimi (IRU), bir atalet sistem görüntüleme birimi (ISDU), bir mod seçme birimi (MSU), bir ana uyarı birimi (MCU), iki dijital / analog adaptör (DAA) ve iki radyo dijital mesafe manyetik göstergesi (RDDMI) içerir (Görsel 4.35). IRS, atalet navigasyon verilerini ve atalet uçuş kontrol verilerini diğer sistemlere aktarmayı sağlar.

IRU'nun ana işlevi; uçağın eğim, dönme ve sapma ekseniyle ilgili doğrusal ivmeleri ve açısal dönüş oranlarını algılamak ve hesaplamaktır. Bu veriler, eğim ve dönme ekranı ile seyir hesaplamaları için kullanılır. Her IRU, üçer lazer jiroskop ve ivmeölçer içerir. Bunlar, sırasıyla açısal hızları ve doğrusal ivmeleri algılar. Algılanan veriler, yerel dikey koordinatlara çözümlenir. Konum (enlem, boylam) durumu (eğim, dönme, sapma), gerçek ve manyetik yön, rüzgâr hızı ile yönü, hız, ivmeler, açısal oran verileri ve rakım hesaplamak için hava veri girişleri ile birleştirilir. IRS verileri, uçuş gösterge sistemi ekranında ve uçuş yönetim bilgisayar sistemi kontrol görüntüleme biriminde (FMCS-CDU) görüntülenir.

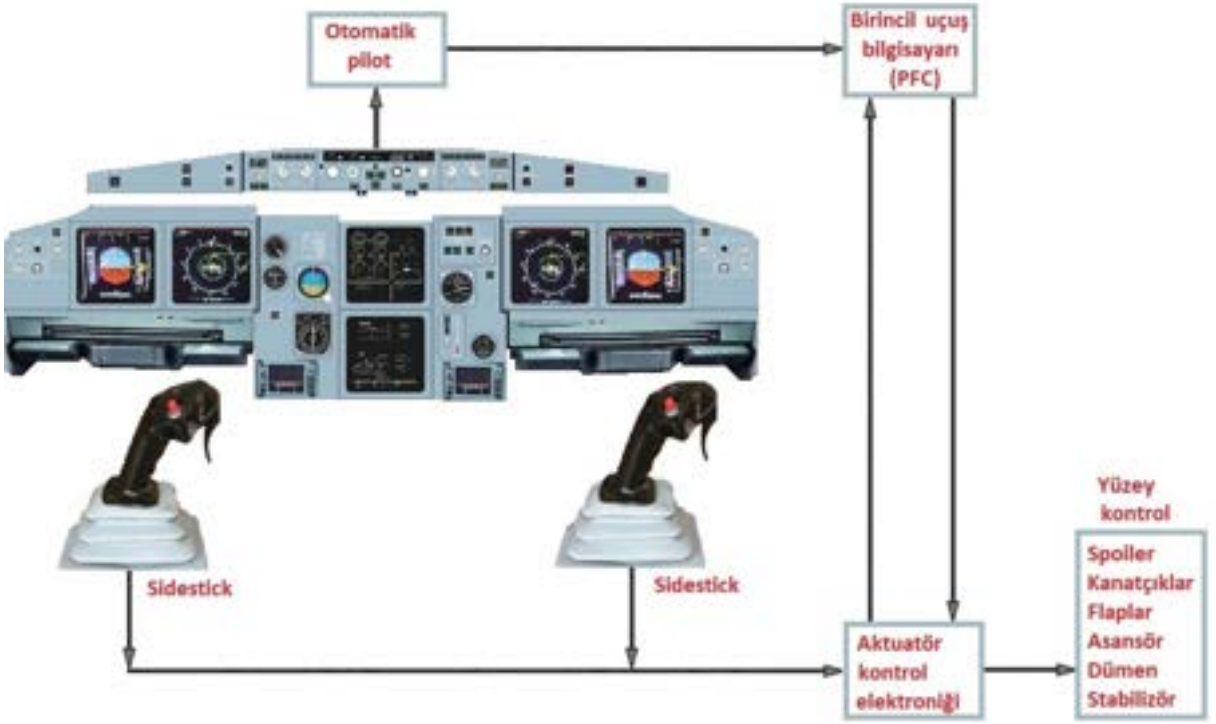


Görsel 4.35: IRS Paneli

4.3.5. Kablolu Uçuş [Fly by Wire (FBW)]

Kablolu Uçuş (FBW), manuel uçuş kumandalarının yerine elektronik arayüz ile kontrol edilen gelişmiş uçuş kumandalarının kullanıldığı bir sistemdir. Uçak, bu sistem sayesinde pilot desteği olmadan basit bir yapay zekaya sahiptir. Bilgisayar hız, irtifa, hava durumu, ağırlık ve pek çok önemli veriyi dijital ortamda işleyerek güvenli uçuşu sağlar. Bu teknoloji, yeni nesil hava aracı olarak da adlandırılan ve yüzey kontrollerinin **side stick** [sayd stik (yan kol)] denilen lövye ile sağlandığı hava araçlarında bulunur. FBW sistemiyle donatılmış uçaklarda kumanda edilen mekanik yüzeyler ile side stick arasında hiçbir fiziksel bağlantı yoktur. Hareket komutu tamamen elektriksel olarak iletilir (Görsel 4.36).

FBW sisteminde iki veya daha fazla bilgisayar bulunmaktadır. Konsoldaki side stick veri giriş aracıdır. Side Stick yukarı çekilirse bilgisayarlara yukarı komutu verilmiş olur. Side stick'teki hassas sensörler kola asılma oranına göre sisteme dijital veriler gönderir. Pilot, kola %25 oranında asıldığında hava aracı bu komutu tek başına harekete geçiremez. Uçağın dışındaki alıcılar, hızı ve irtifayı sisteme her saniye aktarır. Uçağın yakıt tankları, mevcut ağırlığı ölçüm cihazlarıyla algılar. Uçuş bilgisayarı bütün bu veriler ışığında hava aracına en ideal kanat hareketlerini hidrolik sisteme iletir. Hava aracı düşük bir hızda ilerlerken pilot, side stick'i %100 oranında yukarı çekse dahi sistem uçağın verilerini hesaplayarak mümkün olan en ideal açı ile tırmanmayı sağlar.

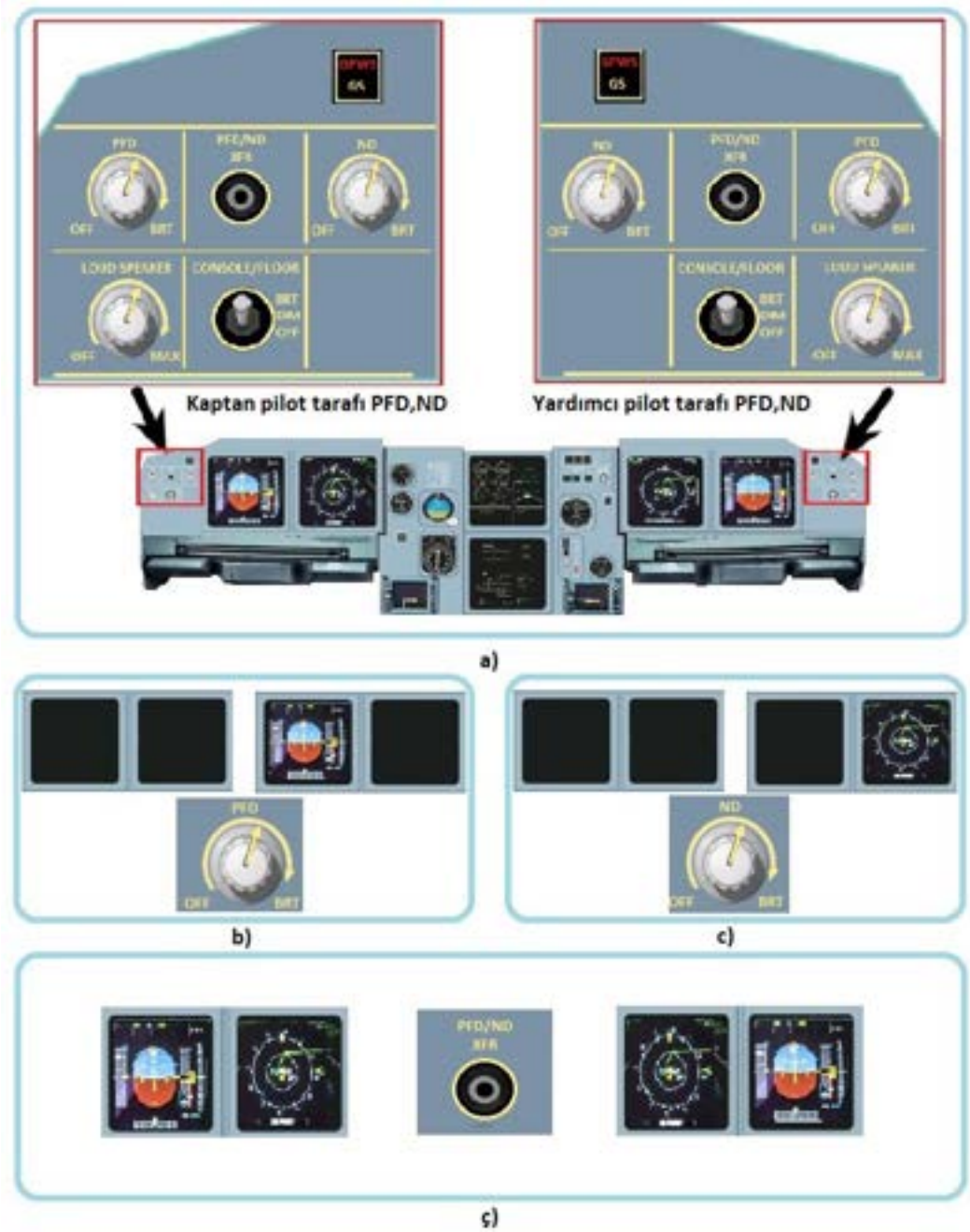


Görsel 4.36: FBW sistemi

4.4. Uygulama: Birincil Uçuş Ekranı (PFD) ve Navigasyon Ekranı Kontrol Panelinin Test Edilmesi

Amaç : Birincil uçuş ekranı (PFD) ve navigasyon ekranı kontrol panelinin çalışmasını test etmek.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 4.37: PFD ve ND ekranın test edilmesi

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25215

Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25215

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Kokpit	Uçak veya kokpit	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak kaptan pilot koltuğuna oturunuz veya simülatör programını açınız.
2. PFD ekranı yanında bulunan kaptan pilot tarafı PFD, ND control panelini bulunuz (Görsel 4.37.a).
3. Görsel 4.37.b'de görülen PFD düğmesini, OFF konumundan BRT konumuna doğru yavaşça çeviniriz. Ekranın açıldığından ve ekranda uçuş bilgilerinin göründüğünden emin olunuz.
4. PFD düğmesini, OFF konumununa çevirip PFD ekranını kapatınız.
5. Görsel 4.37.c'de görülen ND düğmesini, OFF konumundan BRT konumuna doğru yavaşça çeviniriz. Ekranın açıldığından ve ekranda navigasyon bilgilerinin göründüğünden emin olunuz.
6. PFD ve ND ekranlarını açınız. Görsel 4.37.ç'de görülen PFD/ND XFR düğmesine basarak PFD ve ND ekran görüntülerinin yer değiştirdiğini görünüz.
7. PFD/ND XFR düğmesine tekrar basarak PFD ve ND ekran görüntülerinin tekrar yer değiştirdiğini görünüz.
8. Yukarıda verilen işlem basamaklarıyla istenen durum elde edilmişse PFD, ND, PFD/ND XFR düğmeleri ve ekranlar çalışıyor demektir.
9. PFD ve ND ekranlarını kapatarak uygulamayı bitiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- PFD/ND XFR düğmesi ile ekran görüntülerinin yer değiştirilmesinin amacı ne olabilir? Açıklayınız.

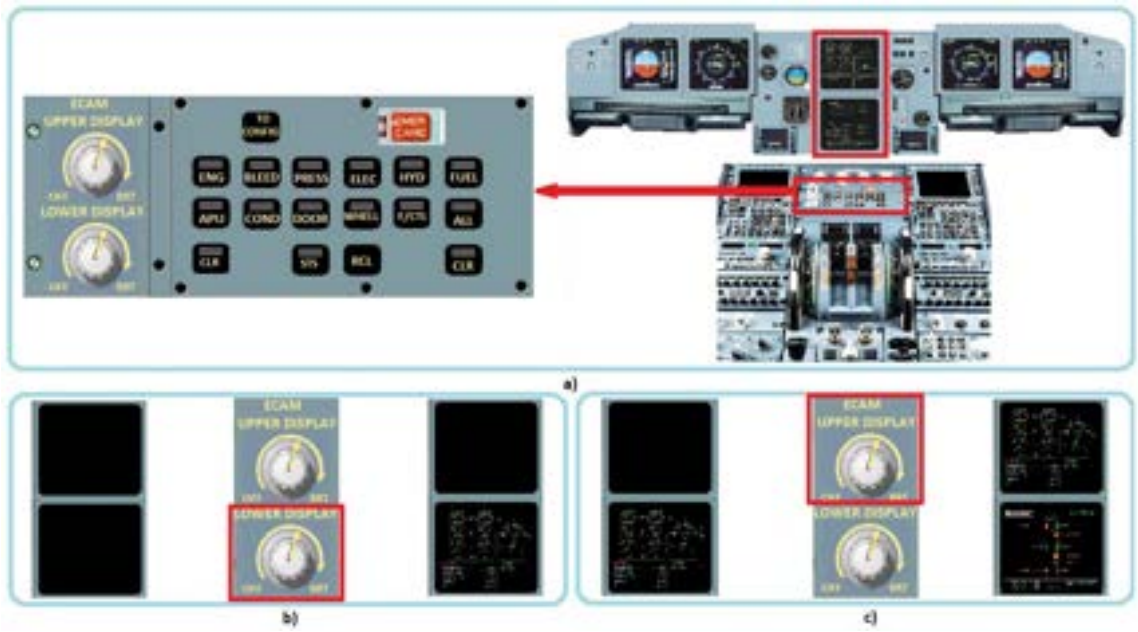
Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... / .... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

Süre: 2 Ders Saati

4.5. Uygulama: Ecam Ekranları (E/WD, SD) Kontrol Panelinin Test Edilmesi

Amaç : ECAM ekranları kontrol panelini test etmek.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 4.38: ECAM kontrol panelinin test edilmesi

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Kokpit	Uçak veya kokpit	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak kaptan pilot koltuğuna oturunuz veya simülatör programını açınız.
2. Görsel 4.38.a'da görülen pedestal üzerinde bulunan ECAM kontrol panelini bulunuz.
3. Görsel 4.38.b'de görülen LOWER DISPLAY düğmesini, OFF konumundan BRT konumuna doğru yavaşça çeviriniz. ECAM alt ekranının (SD) açıldığından ve motor bilgilerinin ekranda göründüğünden emin olunuz.
4. ECAM alt ekranı açıkken Görsel 4.38.c'de görülen UPPER DISPLAY düğmesini, OFF konumundan BRT konumuna doğru yavaşça çeviriniz.. Ekranın açıldığından ve motor bilgilerinin üst ekranda (E/WD) göründüğünden emin olunuz.

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25216

Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25216

5. ECAM sistemi doğru çalışıyorsa ECAM üst ekranında motor bilgileri ve alt ekranda uçak sistem bilgiler görünecektir. Ekranlara bakarak durumu değerlendiriniz.
6. Yukarıda verilen işlem basamaklarıyla istenen durum elde edilmişse LOWER DISPLAY ve UPPER DISPLAY düğmeleri ve ekranlar çalışıyor demektir.
7. ECAM ekranlarını kapatarak uygulamayı bitiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- ECAM alt ekranı tek başına çalıştırıldığında öncelikle uçak motor bilgisinin görülmesinin nedenini açıklayınız.

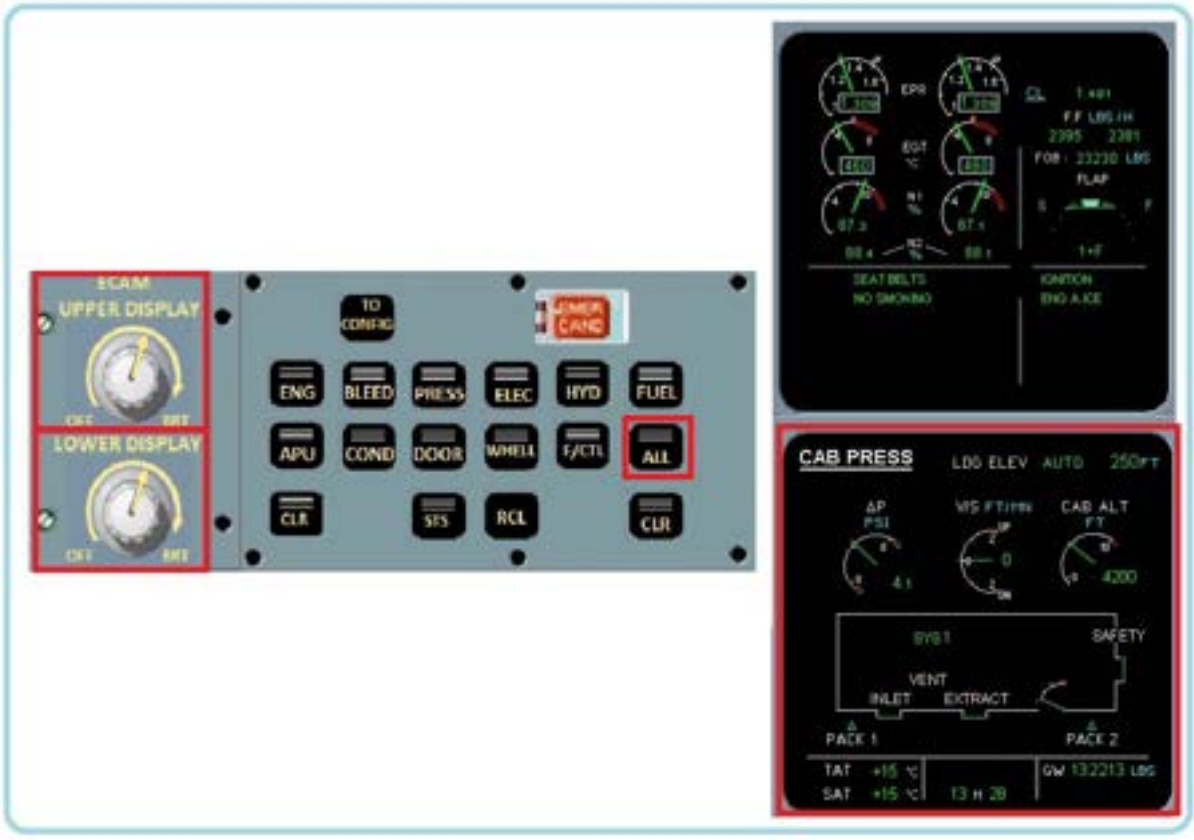
Süre: 2 Ders Saati

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

4.6. Uygulama: ECAM Alt Ekranda (SD) Sistem Bilgilerinin Görüntülenmesi

Amaç : ECAM alt ekranda (SD) sistem bilgilerini görüntülemek.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 4.39: ECAM alt ekranda (SD) sistem bilgilerinin görüntülenmesi

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Kokpit	Uçak veya kokpit	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak kaptan pilot koltuğuna oturunuz veya simülatör programını açınız.
2. ECAM kontrol panelinden üst ekran (E/WD, UPPER DISPLAY) ve alt ekranı (SD, LOWER DISPLAY) açınız (Görsel 4.39).

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25217

Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25217

3. Görsel 4.39'da görülen FUEL tuşuna basınız. ECAM alt ekranında (SD) yakıt bilgisinin görüldüğünden emin olunuz.
4. Görsel 4.39'da görülen ALL tuşuna basınız. Sırası ile ENG, BLEED, PRESS, ELEC, HYD, FUEL, APU COND, DOOR, WHELL ve F/CTL tuşlarının karşılığı olan sistem bilgileri ekranda görülüyorsa tüm sistemler çalışıyor demektir.
5. ECAM ekranlarını kapatarak uygulamayı bitiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- ECAM kontrol panelinde ALL tuşu olmasının sebebi nedir? Açıklayınız.

Süre: 2 Ders Saati

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

4.4. ENTEGRE MODÜLER AVİYONİKLERİ ÇALIŞTIRMA

Aviyonik, havacılık anlamına gelen "aviation" ile elektronik anlamına gelen "electronics" kelimelerinden türetilmiştir. Aviyonik, havacılık elektroniği anlamına gelir. Uçak, uzay araçları, uydu ve füze gibi hava araçlarının tüm elektronik sistemini kapsar. Haberleşme sistemleri, navigasyon, kontrol panelleri, birden fazla sistemin görüntü ve yönetimi ile sensörler aviyonik sistemin bir parçasıdır.

4.4.1. Haberleşme (Communication)

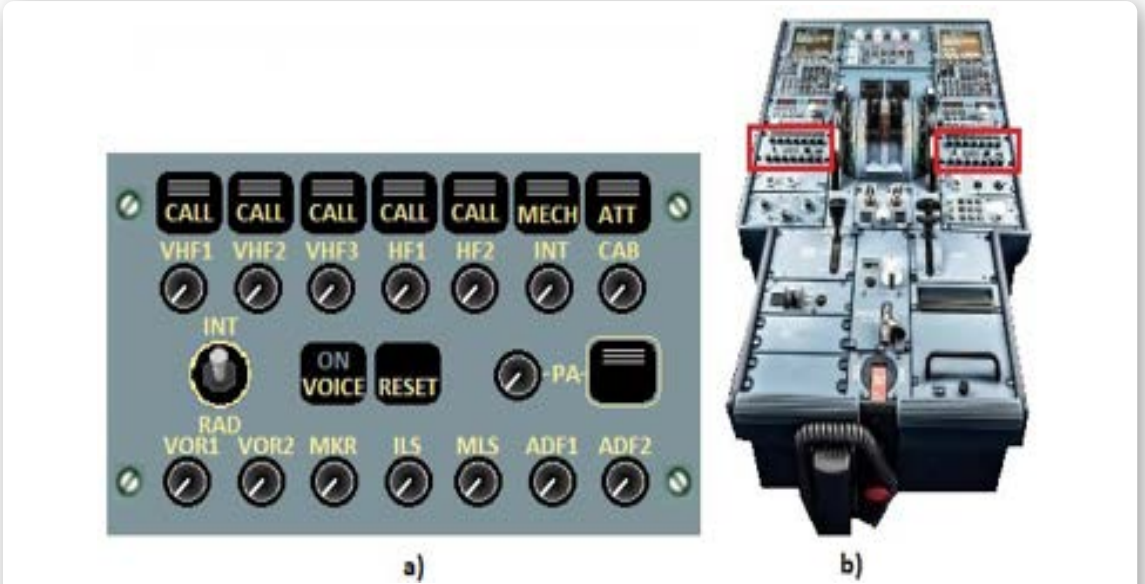
Uçuş ekibinin kendi arasında, yer istasyonları ve yolcular ile iletişimini sağlayan sisteme **haberleşme** denir. Hava aracı içi iletişim, PA (Passenger Address) sistemiyle uçuş ekibinin kendi arasındaki iletişim ise dâhili haberleşme (intercom) ile sağlanır. Hava araçları; yer trafik kontrolörü, hava alanları ve diğer uçaklarla VHF (çok yüksek frekans), HF (yüksek frekans) radyo frekansları ve uydu sistemleri üzerinden haberleşir.

Havacılıkta VHF iletişim sistemleri 118.000 MHz ile 136.975 MHz frekans aralığında çalışır. Radyo kanalları Avrupa'da 8.33 KHz, diğer bölgelerde ise 25 KHz aralıkta dağıtılmıştır. VHF, hava aracı ve hava trafik kontrol (ATC) ünitesi iletişiminde kullanılır. Okyanus üzeri uçuşlarda yüksek frekans (HF) ve uydu iletişimi de kullanılır.

Haberleşme sisteminin yönetiminde; ses kontrol paneli, çağrı paneli, servis dâhili paneli, radyo yönetim paneli ve kayıt paneli kullanılır.

4.4.1.1. Ses Kontrol Paneli (Audio Control Panel)

Radyo kanalları seçim ve ses seviyesi kontrol düğmelerini, diğer sistemleriden gelen ses ve ses seviyesi kontrol düğmeleri ile dahili haberleşme seçme tuşlarını üzerinde bulunduran kontrol panelidir. Pedastal üzerinde iki ses kontrol paneli bulunur. Görsel 4.40.a'da ses kontrol paneli, b'de pedestal üzerindeki yeri gösterilmiştir.



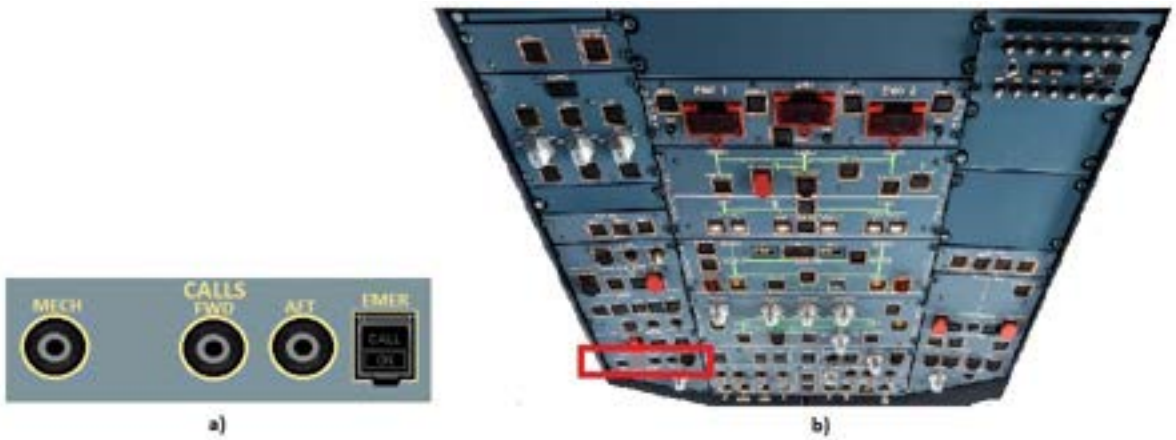
Görsel 4.40: a) Ses kontrol paneli b) Ses kontrol panelinin pedestal üzerindeki yeri

Radyo Kontrol Paneli Düğmeleri ve Görevleri

	Radyo Düğmeleri	Radyo yayın bandı seçme tuşları ve ses seviyesi ayar düğmeleridir.
	INT	Dâhili haberleşme tuşu ve ses seviye ayar düğmesidir. Servis dâhili çağrısı alındığında MECH yanıp söner.
	CAB	Kabin içi telefon sistemi tuşu ve ses seviye ayar düğmesidir. Kabin görevlisi istasyonundan çağrı geldiğinde yanıp söner.
	PA	Yolcu haberleşme tuşu ve ses seviye ayar düğmesidir.
	Aviyonik Ses Düğmeleri	Çeşitli sistemlere bağlı ses seviyesi ayar düğmeleridir.
	INT-RAD	Pilotlar arası iletişim [bumset (boomset) veya oksijen maskesi mikrofonu] ve radyo seçim anahtarıdır.
	ON-VOICE	ADF ve VOR IDENT sinyallerini aktif hâle getirir veya engeller.
	RESET	ALL, MECH ve ATT ikaz ışıklarını söndürür.

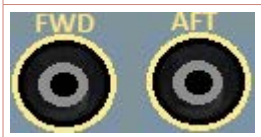
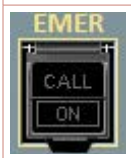
4.4.1.2. Çağrı Paneli (Call Panel)

Çağrı paneli, kokpitin kabin sistemi ile burun iniş takımı önünde bulunan servis dâhili telefon paneli arasındaki iletişimi sağlar. Kabin dâhili telefon sistemi kabin görevlileri veya teknisyenler ile haberleşmeyi sağlar. Dâhili telefon sistemi kokpit, kabin görevlisi istasyonu ve uçak dışındaki görevliler arasında iletişimi sağlar. Görsel 4.41.a'da çağrı paneli, Görsel 4.41.b'de başüstü paneli (overhead panel) üzerindeki yeri gösterilmiştir.



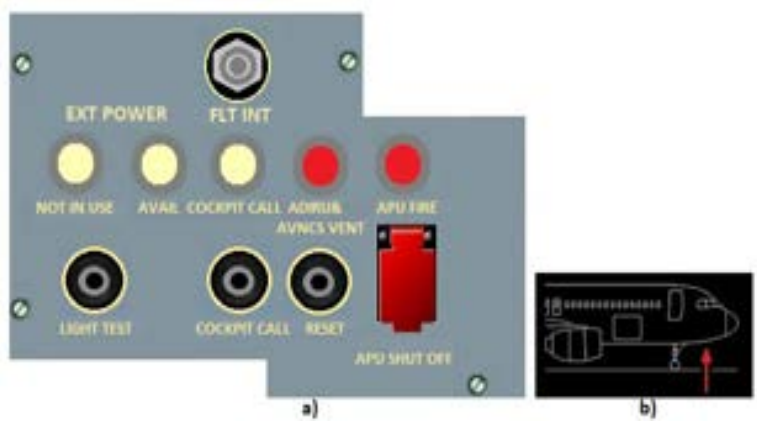
Görsel 4.41: a) Çağrı paneli b) Çağrı panelinin başüstü panelindeki yeri

Çağrı Paneli Düğmeleri ve Görevleri

	MECH	Mekanik görevlisine bir çağrı başlatır. Düğmeye basıldığında servis dâhili telefon panelinde kokpit çağrı ışığı yanar ve dışarıda bir korna sesi duyulur. Serbest bırakıldığında korna susar. Kokpit çağrı ışığı, servis dâhili telefon panelinde bulunan temizleme (reset) düğmesine basılana kadar açık kalır.
	FWD-AFT	FWD ve AFT istasyonlarında bulunan kabin görevlilerine kaptan çağrısı başlatır.
	EMER	Tüm kabin görevlisi istasyonlarına acil çağrı başlatır.

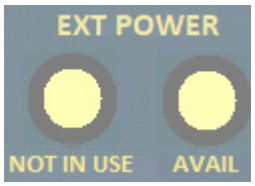
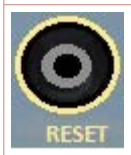
4.4.1.3. Servis Dâhili Telefon Paneli (External Service Interphone Panel)

Kokpit ile mekanik görevlisi arasında iletişim kurulmasını sağlar. Servis dâhili telefon paneli, burun iniş takımının önünde bulunur. Görsel 4.42.a'da servis dâhili telefon paneli ve Görsel 4.42.b'de uçak üzerindeki yeri görülmektedir.



Görsel 4.42: a) Servis dâhili telefon paneli b) Servis dâhili telefon panelinin uçaktaki yeri

Servis Dahili Paneli Düğmeleri ve Görevleri

	FLT INT	Servis dâhili telefon jak girişi, kokpit ve mekanik görevlisi arasında haberleşmeyi sağlar.
	EXT POWER Lambaları	Haricî güç bağlandığında elektrik gücü sağlanamıyorsa NOT IN USE lambası beyaz renkte yanar. Haricî elektrik gücü parametreleri normal olduğunda AVAIL lambası kehribar renginde yanar.
	COCKPIT CALL Lambası	Kokpit, mekanik görevlisini çağırdığında çağrı lambası mavi renkte yanar ve ayrıca haricî bir korna çalar.
	ADIRU-AVNCS VENT Lambası	Motorlar durduğunda, aviyonik ve havalandırma fanları arızalandığında kırmızı yanar. Haricî bir korna çalar.
	APU FIRE Lambası	Yerde yardımcı güç ünitesi (APU) yangını algılandığında APU yangın lambası yanar. Haricî uyarı kornası çalar. APU yangın söndürücü, yangın uyarıları devreye girdikten üç saniye sonra otomatik olarak boşaltılır. Yangın söndürüldüğünde APU FIRE ışığı söner ve haricî uyarı kornası susar.
	LIGHT TEST	APU FIRE, ADIRU, VENT ve haricî güç lambalarını yakar.
	COCKPIT CALL	Kokpite bir çağrı başlatır. Düğmeye basıldığında, MECH lambası pilotun ses kontrol panelinde yanıp söner ve kokpitte bir zil çalar.
	RESET	COCKPIT CALL ışığını söndürür.
	APU SHUT OFF	APU'yu kapatır ve basıldığında haricî yangın uyarısını susturur.

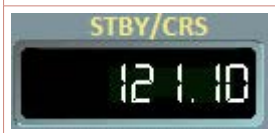
4.4.1.4. Radyo Yönetim Paneli (Radio Management Panel)

Radyo yönetim paneli (RMP), frekans seçimi ve yedek radyo ve navigasyonu için kullanılır. RMP pedastal üzerinde kaptan ve yardımcı pilot için ayrı ayrı bulunur (Görsel 4.43).



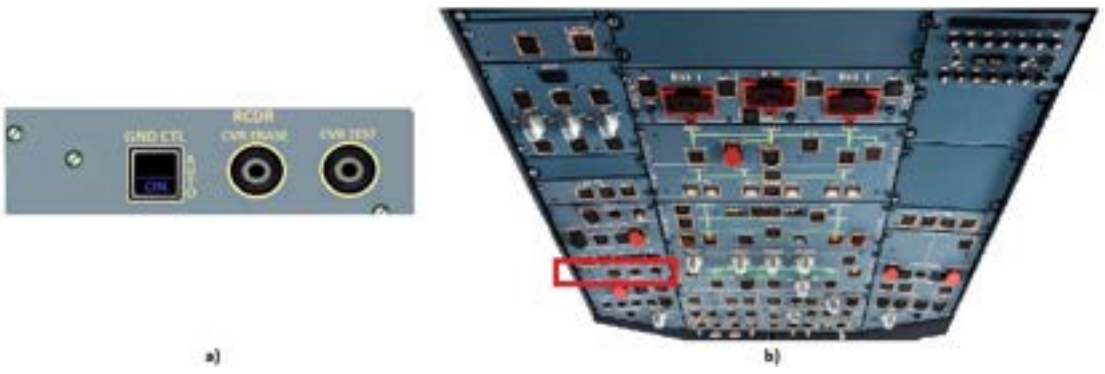
Görsel 4.43: a) RMP paneli b) RMP panelinin pedastaldaki yeri

Radyo Yönetim Paneli Düğmeleri ve Görevleri

	ACTIVE	Bu ekran aktif veya seçilen radyo frekansını görüntüler.
	STBY/CRS	Yedek haberleşme frekansını görüntüler.
	Frekans Aktarma Düğmesi	Aktif ve yedek frekansların yerini değiştirir. Aynı zamanda yeni aktif frekansı ayarlar.
	Radyo Seçim Tuşları	Seçilen radyo kanalının ACTIVE ekranında ayarlanan frekansı ve STBY/CRS ekranındaki yedek frekansı görüntüler. Seçilen radyonun tuşu yeşil renkli bir ışık ile görüntülenir.
	Frekans Seçme Düğmesi	STBY/CRS penceresinde istenen frekansı veya rotayı ayarlar.
	NAV - STBY NAV	Navigasyon cihazı ve istenen rota navigasyonları ayarlanır.
	ON / OFF	Radyo yönetim paneline (RMP) giden güç kaynağını açıp kapatır.

4.4.1.5. Kaydedici Paneli (Recorder Panel)

Kaydedici paneli (RCDR), kokpit ses kayıt cihazı (CVR) ve dijital uçuş veri kaydedici (DFDR) kontrollerinden oluşur. RCDR, elektrik gücü uygulamasından beş dakika sonra veya en az bir motorun çalışmasıyla otomatik olarak devreye girer. Uçuş sırasında sürekli çalışır. Sistem, son motor kapatıldıktan beş dakika sonra otomatik olarak durur. Görsel 4.44.a'da kaydedici paneli ve Görsel 4.44.b'de başüstü panelindeki yeri gösterilmiştir.



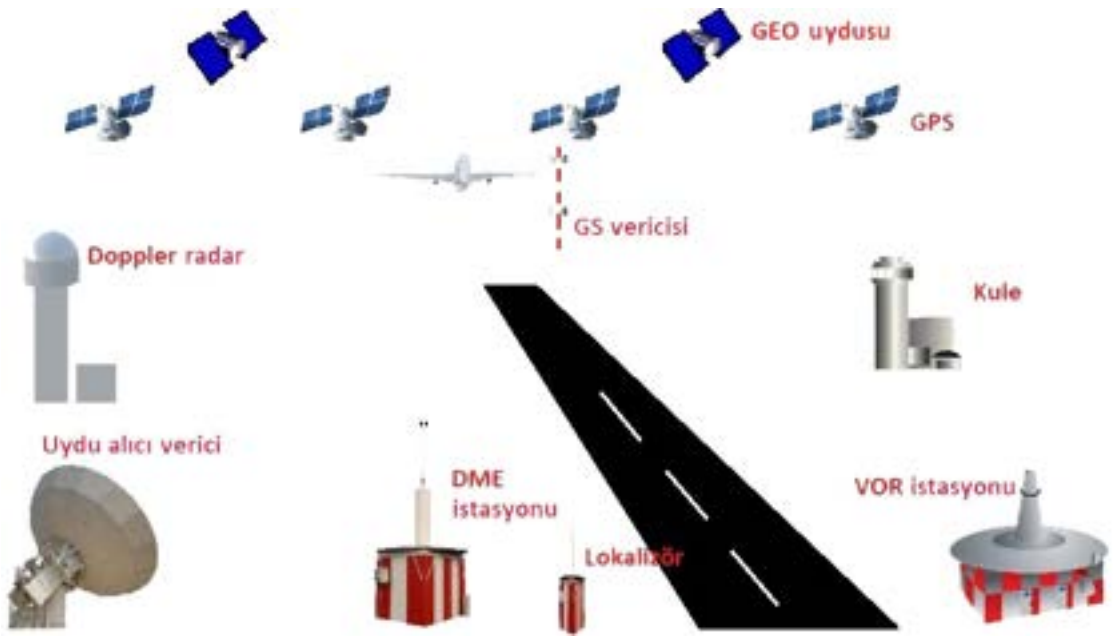
Görsel 4.44: a) Kaydedici paneli (RCDR) b) Kaydedici panelin başüstü panelindeki yeri

Kaydedici Paneli Düğmeleri ve Görevleri

	GND CTL:	ON işlevi, kokpit ses kaydedicisine (CVR) ve dijital uçuş veri kaydedicisine (DFDR) enerji verir. Bu işlev, CVR ve DFDR'yi test etmek için kullanılır.
	CVR ERASE:	Uçak yerde, park freni kolu ON konumundayken CVR ERASE düğmesine iki saniye basıldığında CVR kaydı silinir.
	CVR TEST:	CVR'ye enerji verilip, park freni kolu da açıksa tuşa basılarak CVR testi etkinleştirilir. Test sırasında, kokpit hoparlörlerinden düşük frekanslı bir ses duyulur.

4.4.2. Navigasyon Sistemleri (Navigation System)

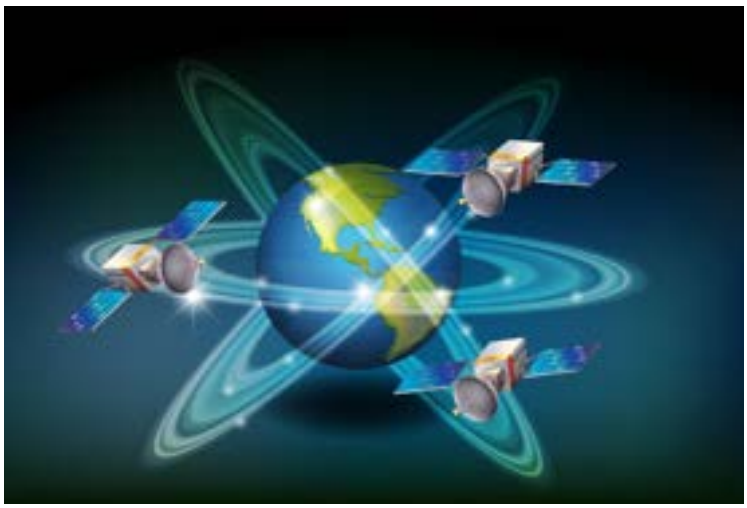
Uçağın konumu ve yönünü belirlemek amacıyla navigasyon sistemi kullanılır. Aviyonikler uyduya bağlı sistemler, küresel konumlandırma sistemi (GPS) ve geniş alan büyütme sistemi (WAAS) gibi yerde kurulu ekipmanlar ile hava aracında bulunan sistemlerden (VOR, ILS, ADF DME, dopler radar ve INS, MB vb.) birini veya bu sistemlerin bir bileşenini kullanır (Görsel 4.45). Navigasyon sistemleri, uçağın pozisyonunu otomatik olarak hesaplar ve uçuş ekibine harita görünümünde veya değişik şekillerde gösterir. Eski aviyonik sistemlerde pilot veya hava aracının seyrüsefer görevlisi, sinyallerin kesişimini alarak uçağın pozisyonunu belirlerdi. Modern sistemlerde aviyonikler, pozisyonu otomatik olarak hesaplar ve uçuş ekibine sistemin öngördüğü şekilde gösterir.



Görsel 4.45: Navigasyon sistemi

4.4.2.1. Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS)

GPS, dünya üzerinde herhangi bir yerde uçağın konumunu belirlemek için kullanılan yirmi dört uydudan oluşan bir sistemdir. GPS; sinyallerin geliş gidiş süresini hassas olarak hesaplar ve hava aracının konumunu en fazla bir metre hata ile tespit eder (Görsel 4.46).

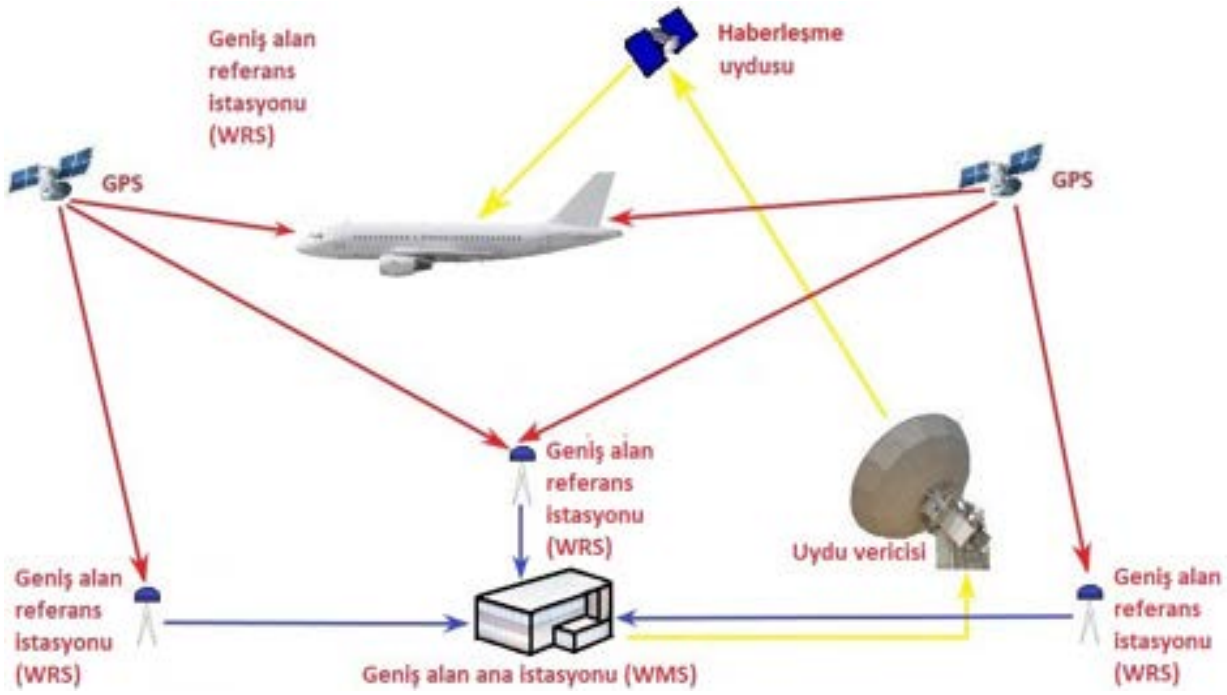


Görsel 4.46: GPS sistemi

4.4.2.2. Geniş Alan Büyütme Sistemi (WAAS)

WAAS, GPS uydu verilerini izleyen çok sayıda geniş alan referans istasyonundan (WRS) oluşur. Yerde bulunan ana istasyon, geniş alan referans istasyonlardan veri toplar ve bir GPS düzeltme mesajı oluşturur. Bu düzeltme mesajında GPS uydu yörüngesi, saat sapması, atmosfer ve

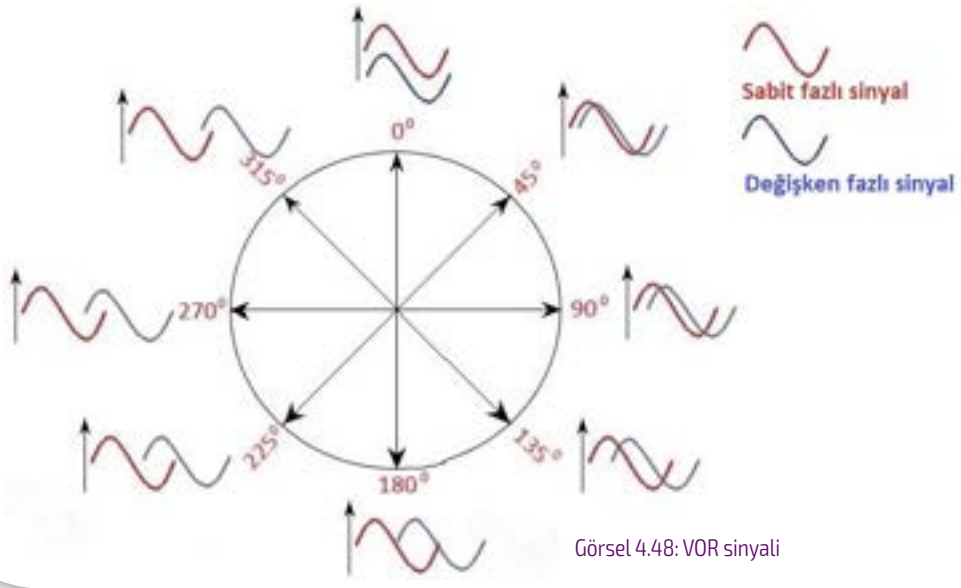
iyonosferin neden olduğu sinyal gecikmeleri hesaba katılır. Düzeltilmiş mesaj daha sonra uydu aracılığıyla yayınlanır. Mesajlar temel GPS sinyal yapısıyla uyumludur. WAAS özellikli herhangi bir GPS alıcısı sinyali okuyabilir (Görsel 4.47).



Görsel 4.47: WAAS sistemi

4.4.2.3. VHF Çok Yönlü Radyo Yayını (VOR)

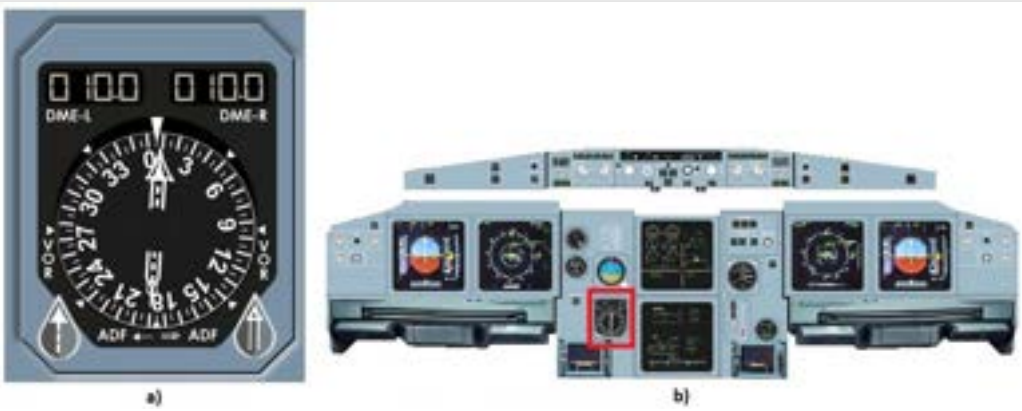
VOR, VHF frekans bandında çok yönlü radyo yayını yapan bir radyo istasyonudur. Orta ve kısa mesafe seyrüsefer yardımcısı olarak bilinir. VOR vericileri 108,00–117,95 MHz frekansında (VHF) yayın yapar. Yer istasyonları belirli bir frekansta iki ayrı radyo sinyali gönderir. İlki tek noktadan her yöne 360° radyal yayılır. İkincisi ise 360° dönerek tarama yapar, değişken fazlıdır. İki sinyal 0° de aynı fazdadır, 180° de sinyaller arasında 180° faz farkı oluşur (Görsel 4.48). VOR alıcısı gelen sinyali yakalayınca kendi bulunduğu yeri, VOR istasyonuna ve hava aracı göstergelerine aktarır.



Görsel 4.48: VOR sinyali

4.4.2.4. Mesafe Ölçüm Ekipmanı (DME)

Hava aracının gideceği noktaya olan uzaklığını veya ayrıldığı noktaya olan uzaklığını hesaplayan elektronik sisteme **mesafe ölçüm ekipmanı (DME)** denir. Pilotlara, DME vericisine olan eğimli menzil mesafesini gösterir. Bu sistemin çalışması için hava aracında ve yerde kurulu bir donanım olması gerekir. DME, VOR veya aletli iniş sistemi (ILS) ile aynı yerde bulunur. DME , farklı frekans bandında çalışsa da frekansları VOR ve ILS ile eşleştirilir. DME donanımlı bir hava aracının pilotu VOR'un veya ILS'nin frekansını, DME ile ayarladığında ortak konumlu DME'nin frekansı otomatik olarak ayarlanır. Görsel 4.49.a'da VOR-DME göstergesi ve Görsel 4.49.b'de hava aracında bulunduğu yer gösterilmiştir.

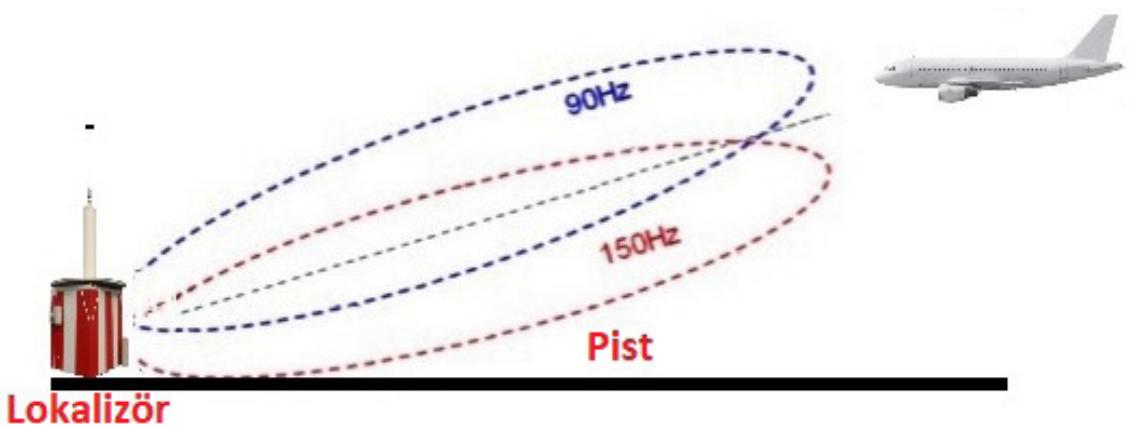


Görsel 4.49: a) VOR-DME göstergesi b) VOR-DME göstergesinin enstruman panelindeki yeri

4.4.2.5. Aletli İniş Sistemi (ILS)

Aletli İniş Sistemi (ILS), pilotlara piste yaklaşma sırasında dikey ve yatay kılavuzluk yapan iki radyo dalgasına dayalı hassas bir pist yaklaşma yardımcısı olarak tanımlanır. ILS, lokalizör (LOC), dikey ve yatay kılavuz bilgisi sağlamak için bir süzülme eğimi (GS, glideslope) ve iki veya üç işaretleyici ışığından (marker beacon) oluşur.

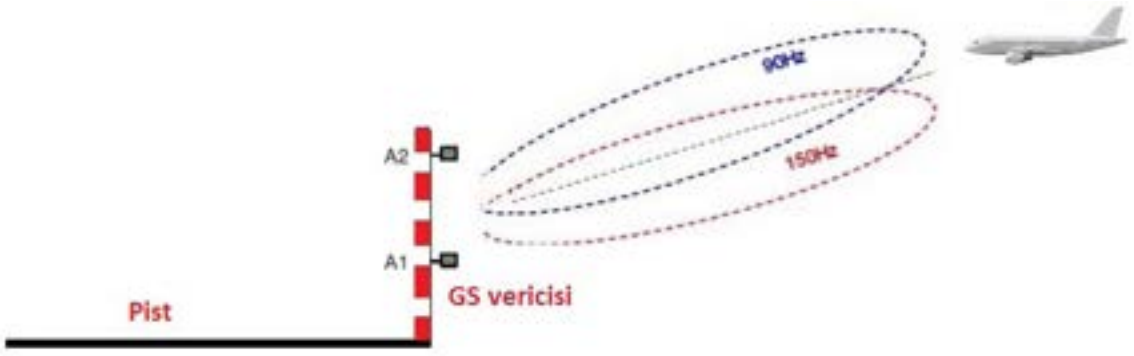
Lokalizör azimut rehberliği yapar. 108–112 MHz bandında çalışan lokalizör, normalde pistin durma ucunun 1000 fit ötesinde bulunur. Lokalizörün sol anteninden VHF bandında 90 Hz modülasyonlu sinyal yayını yapılırken sağ anteninden VHF bandında 150 Hz modülasyonlu sinyal yayını yapılır. Görsel 4.50'de lokalizör ve sinyalleri gösterilmiştir.



Görsel 4.50: Lokalizör ve sinyalleri

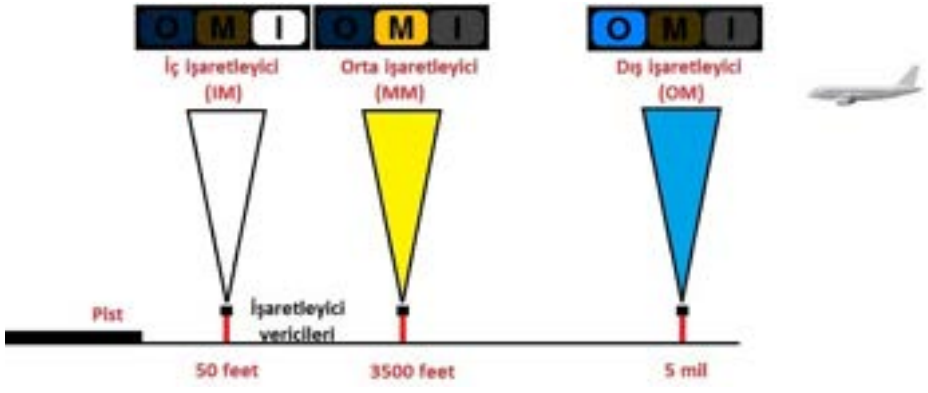
Hava aracı alıcısı tarafından tespit edilen 90 Hz'lik bir sinyal, rota sapma ibresinin sağa sapmasına neden olur. 150 Hz'lik bir sinyal, CDI (sapma göstergesi) dikey ibreyi sola yönlendirecektir. Hava aracı merkez hattındayken CDI dikey ibresi ortalanacaktır. ILS, yer belirleme sistemi tarafından her biri olası bir süzülme eğimi kanalı ile eşleştirilmiş toplam 40 kanal ile sağlanır.

Süzülme eğimi (GS) doğru, dikey iniş kılavuzluğu yapar. Dikey kılavuzluk, normalde pistin yaklaşma ucunun yanında bulunan süzülme eğimi sinyal vericisi tarafından sağlanır. 328,6-335,4 MHz bandında toplam 40 kanal bulundurur. Her biri 40 ILS kanalından biriyle eşleştirilir. Süzülme eğiminin alt anteninden UHF bandında 150 Hz genlik modülasyonlu sinyal yayını yapılırken üst anteninden UHF bandında 90 Hz genlik modülasyonlu sinyal yayını yapılır. Yaklaşan uçak süzülme eğiminde olduğunda CDI yatay ibresi ortalanacaktır. Görsel 4.51'de GS ve sinyalleri gösterilmiştir.



Görsel 4.51: GS ve sinyalleri

İşaretleyici ışığı (Marker Beacon), lokalizör ve süzülme eğimi (GS) teçhizatlarının sinyallerini belirli mesafelerde dikine keserek yayın yapan radyo vericisidir. Alçalma yapan hava araçlarının pilotlarına, pist başına ne kadar mesafede olduklarını bildirir. Dış, orta ve iç olmak üzere üç işaretleyici ışığı vardır. Dış işaretleyici ışığı (OM), pist başına yaklaşık 5 mil (7240 m) mesafededir. Kokpitte 400 Hz ses sinyali uyarısı verir ve mavi ışık yanar. Orta işaretleyici ışığı (MM), pist başına 3500 feet (1050 m) mesafededir. Kokpitte 1300 Hz ses sinyali uyarısı verir ve sarı ışık yanar. İç işaretleyici ışığı (IM) da, pist başına 50 feet (15 m) uzaklığa yerleştirilir. Kokpitte 3000 Hz ses sinyali uyarısı verir ve beyaz ışık yanar. Görsel 4.52'de İşaretleyici ışığı ve sinyalleri gösterilmiştir.



Görsel 4.52: İşaretleyici ışığı ve sinyalleri

4.4.2.6. Otomatik Yön Bulucu (ADF)

İkinci öncelikli seyrüsefer yardımcılarıdır. VHF seyrüsefer sisteminin arızalanarak devre dışı kalması veya VHF sinyallerinin arazinin yapısı nedeniyle bloke olması durumunda pilota seyrüseferle ilgili yararlı bilgiler sağlar. Ayrıca aletle yapılan yaklaşmalarda (ILS) ADF'nin verdiği bilgilerden ikinci öncelikli olmak kaydıyla yararlanılır. ADF için Görsel 4.49.a'da gösterilen VOR-DME ekranı kullanılır.

4.4.2.7. Yönlü olmayan İşaret (NDB)

Havacılık ve denizcilikte seyrüsefer amaçlı kullanılan belirli bir konumdaki radyo vericisidir. İletilen sinyal, 200-400 KHz frekans aralığında düşük frekanslı radyo sinyalidir ve doğal yön bilgisini içermez. NDB sinyalleri dünyanın eğriliğini takip eder, böylece daha düşük rakımlarda ve çok daha uzak mesafelerden alınabilir. VOR'a göre büyük bir avantajdır. Bununla birlikte NDB sinyalleri, özellikle uzun menzilde atmosferik koşullar, dağlık arazi, kıyı kırılması ve elektrik fırtınalarından daha fazla etkilenir.

4.4.2.8. Doppler Radar

Hava aracı üzerinde bulunan radyo dalgalarını yeryüzüne ileterek, hava aracının pozisyonunu gittiği yönü, yer hızını ve hava durumunu vb. bilgileri hesaplayıp ekranlarda görüntülenmesini sağlayan sisteme **doppler seyrüser radarı** denir (Görsel 4.53).



Görsel 4.53: Doppler radar

4.4.3. Trafik Uyarı ve Çarpışma Önleyici Sistemi (TCAS)

Büyük nakliye uçakları ile bazı küçük uçaklarda hava trafik uyarı ve çarpışma önleyici sistem (TCAS) bulunur. Uçaklar, bu sistem sayesinde çevrede aynı sisteme sahip uçakların konumunu belirler. Gerekli durumda kaçış sağlayacak manevrayı pilotlara dikte eder. Görsel 4.54.a'da TCAS paneli ve Görsel 4.54.b'de pedastaldaki yeri gösterilmiştir.



Görsel 4.54: a) TCAS paneli b) TCAS panelinin pedastaldaki yeri

TCAS Paneli Düğmeleri ve Görevleri

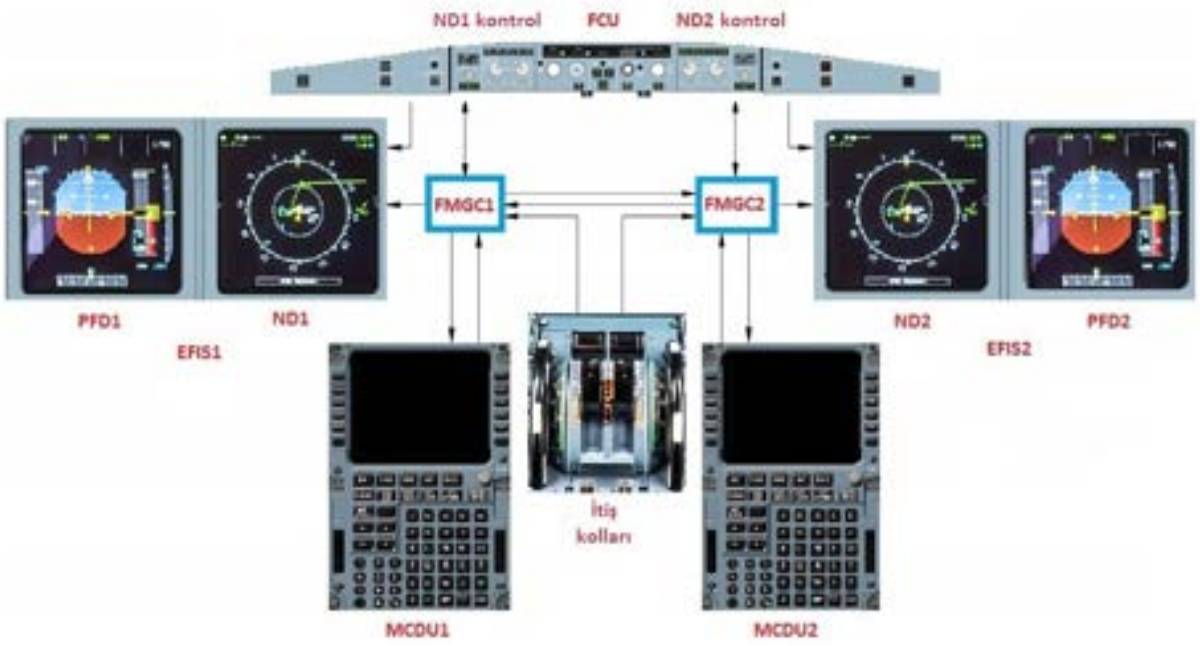
	İrtifa Raporlama Düğmeleri	ABOVE, 2700 fit aşağıdan 7000 fit yukarıya kadar uçak irtifası ile ilgili rakımları raporlayan trafiği görüntüler.
		N (Normal), irtifa raporlama trafiğini ve uçak irtifasının 2700 fit aşağısından 2700 fit yukarısına kadar görüntüler.
		BELOW, uçak irtifasının 2700 fit yukarısından 7000 fit aşağısına kadar rakım raporlayan trafiği görüntüler.
	Kod Ekranı	Transponder kod ekranı, kod seçici ile seçilen kodu gösterir.
	TCAS/ATC	Transporder kodunu seçmek için kullanır.

	STBY	TCAS ve transponderler beklemede kalır. TCAS STBY mesajı, üst ECAM'da yeşil renkte görüntülenir.
	XPDR	TCAS beklemede kalır. Uçuş sırasında, alıcı verici açık konumdadır. Yerde, transponder yalnızca S modunun sorgulama moduna yanıt verir.
	TA	Transponder açık demektir. TCAS açık, yalnızca TCAS'ın trafik rehberliği işlevi çalışır. Çözünürlük önerileri ve adım kılavuzu yasaklanmıştır. Navigasyon ekranında (ND) yalnızca TA mesajı görülür.
	TA / RA	Transponder açık ve TCAS'ın tüm TA ve RA fonksiyonları çalışıyor.
	TFC	TCAS ve ATC sistemi açık ve yaklaşık 30 NM içindeki tüm transponder donanımlı uçaklar ve ABOVE / N / BELOW anahtarı tarafından seçilen yükseklik aralığı tam zamanlı görüntülenir.
	ATC FAIL	Lamba yandığında seçili transponderde bir arıza olduğunu gösterir.
	IDENT	IDENT düğmesine basıldığında uçak tanımlama bilgisini yirmi saniye süreyle yayınlar ve ATC ekranındaki uçak hedefi sembolünün boyutunu iki katına çıkarır.
	Transporder Seçici	Transponder seçmek için kullanılır.
		Konum 1: Transponder 1 ve ADR 1'i seçer.
		Konum 2: Transponder 2 ve ADR 2'yi seçer.

4.4.4. Otomatik Uçuş

Otomatik uçuşta (AF) pilot, görev komutu verdiğinde otomatik pilot (AP) devreye girer. Uçuş öncesinde hazırlanan rota dâhilinde hava aracının tüm mekanik ve elektronik sistemlerini kullanıp yöneten yazılım ve sisteme **otomatik uçuş (AF)** denir. Otomatik uçuş; hava aracının kalkışını, verilen rotada ilerlemesini ve belirlenen bir hava alanına inmesini gerçekleştirebilir. Böylece pilotların yapacağı birçok görevi de üstlenmiş olur.

Otomatik uçuş; uçuş yönetimi ve rehberlik bilgisayarı (FMGC), çok amaçlı görüntüleme birimi (MCDU), uçuş kontrol ünitesi (FCU), uçuş direktörleri (FD), otomatik pilot (AP), uçuş büyütme bilgisayarı (FAC), otomatik itiş sistemi (Auto Thrust), atalet referans sistemi (IRS) ve uçuş modu bildirim (FMA) ekranından oluşur (Görsel 4.55).



Görsel 4.55: Otomatik uçuş sistemi

4.4.4.1. Uçuş Yönetimi Rehberlik Bilgisayarı (FMGC)

Uçuş yönetimi rehberlik bilgisayarı, uçuş rehberliği ve uçuş yönetimini sağlar. FMGC'nin uçuş rehberliği bölümü otomatik pilot, uçuş yöneticisi ve otomatik itiş sistemlerini kullanır. MCDU, pilot ve FMGC arasındaki arayüz olarak kabul edilir. Uçuş performans bilgilerinin eklenmesi, bu bilgileri görüntülemek için sayfa seçimi işlemleri MCDU'nun işlevidir.

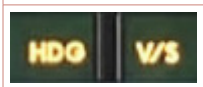
4.4.4.2. Uçuş Kontrol Birimi (FCU)

Uçuş kontrol birimi (FCU), pilot ve FMGC arasındaki arayüzdür (Görsel 4.56). Herhangi bir uçuş parametresini değiştirmek için kullanılır. Ayrıca otopilotlar, uçuş yöneticileri ve otomatik itiş sistemi için operasyonel modları seçmek için kullanılır. Otopilot rehberlik modları FCU ve MCDU'dan seçilir. Seçilen işlemler, PFD'deki uçuş modu bildirimi (FMA) ile görülür.



Görsel 4.56: FCU paneli

Uçuş Kontrol Birimi Düğmeleri ve Görevleri

	SPD Ekranı	Hızı, hava hızı veya Mak (Mach) cinsinden gösterir.
	Hız Seçici	Düğme çevrildiğinde SPD MACH ekranında görüntülenen değeri değiştirir.
	SPD MACH	SPD MACH ekranındaki değeri, hava hızından Mak'a veya tersi yönde değiştirir.
	HDG TRK Ekranı	Seçili HDG TRK'yi görüntüler.
	HDG TRK Düğmesi	HDG TRK ekranında görüntülenen değeri değiştirir. Düğmeye basıldığında NAV devreye girer ve LAT ışığı yanar. Yanal Işık (LAT), yönetilen yanal modun etkin veya devrede olduğunu belirtir.
	HDG-V/S Ekranı	Uçuş direktör görüntüleme modu, uçuş direktörünün HDG, V/S TRK ve FPA modunda olduğunu gösterir.
	HDG - V/S - TRK/FPA Düğmesi	Yön, dikey hız ve takip rota açısı görüntüleme modları arasında geçiş yapar.
	ALT Ekranı	Rakım seçiciyle ayarlanan rakımı görüntüler.
	Rakım Aralık Seçici	ALT ekranında görüntülenen rakımı değiştirir. 100 veya 1000 fitlik artışların seçimini sağlar.
	V/S FPA Ekranı	Seçilen dikey hızı veya rota açısını görüntüler.
	METRIC ALT Düğmesi	Alt ECAM'ın alt kısmında FCU yüksekliğini metre cinsinden görüntüler.

	Dikey Hız / Rota Açıcı Seçici	Düğme döndürüldüğünde VS ve FPA penceresinde görüntülenen VS veya FPA›yı değiştirir.
	AP1 - AP2	Seçilen otomatik pilotu devreye alır, devreden çıkarır.
	LOC	Lokalizör modunu çalıştırır, devreye alır veya devre dışı bırakır.
	A/THR	Otomatik itiş sistemini çalıştırır veya devreden çıkarır.
	EXPED	Maksimum dikey eğimle yükseklik ekranında ayarlanan rakıma ulaşmak için EXPED modunu devreye alır.
	APPR	Uçuş planı, RADIO NAV sayfası veya RMP vasıtasıyla bir ILS yaklaşımı seçilmişse LOC ve G/S modlarını devreye alır veya devreden çıkarır. MCDU veritabanından hassas olmayan bir yaklaşım seçilmişse APP NAV, FINAL ve FINAL APP modlarını devreye alır veya devreden çıkarır.

4.4.4.3. Uçuş Direktörü (FD)

Otopilot sistemlerine entegre uçuş yöneticisi (FD) modu; seçilen rota, irtifa değiştirme ve çapraz rüzgarlar ile navigasyon kaynağını izleme gibi gelişmiş otomasyon sistemi için hesaplamalar yapar. FD, uygun eğim ve dönüş açılarını hesaplar ve görüntüler. Uçağın seçilen bir rotayı izlemesi için gereklidir.

4.4.4.4. Otopilot (AP)

Otomatik pilot (AP), uçağın havalanmasından inişine kadar kullanılabilir. Uçuşta çoğu zaman otopilot devreye alınabilir. Otomatik pilotların bağlantısının kesilmesi, uyarı ekranında (WD) AP kapalı mesajı ve sesli uyarı ile anlaşılır. Bu uyarılar ana uyarıyı tetikler. Uyarı düğmesine ikinci kez basılmasıyla bu uyarılar iptal edilir. Otomatik pilot bağlantısı, yan kol (side stick) ve dümen pedallarının önemli ölçüde hareket ettirilmesiyle kesilebileceği gibi FCU üzerindeki AP düğmesine basılarak da kesilebilir. Bu tip bağlantı kesilmesi, istem dışı olarak kabul edilir ve tekrar eden bir sesli uyarı ile kalıcı ana uyarıya ve mesaja yol açar.

4.4.4.5. Otomatik İtiş (Automatic Thrust)

Otomatik itiş sistemi, otomatik uçuş sisteminin ayrılmaz bir parçasıdır. Devreye girdiğinde otomatik itiş modu, otopilot (AP) ve uçuş yöneticisi (FD) sisteminin aktif dikey modu tarafından belirlenir. Otopilotlar ve uçuş direktörleri kapalıysa otomatik itiş sisteminin varsayılan modu SPEED'dir. Otomatik itiş modları, FMA'nın ilk sütununda belirtilmiştir.

4.4.4.6. Uçuş Modu Bildirimi (FMA)

Uçuş modu bildirimi (FMA), PFD'nin üst kısmında beş sütunda (A/THR, VERT, LAT, APPR, STAT) görüntülenir (Görsel 4.57). FMA'lar otomatik uçuş sisteminin tek geçerli göstergesidir. FMA'lar otomatik itiş, otopilot ve uçuş yönlendirme sistemlerinin mesajlarını görüntüler. FMA göstergeleri devrede olan mod için yeşil, kurulu mod için mavi, durum göstergesi için beyaz ve tavsiye göstergesi için sarı renkte görüntüleme yapar.



Görsel 4.57: PFD üzerindeki FMA sütunları

4.4.4.7. Uçuş Büyütme Bilgisayarı (Flight Augmentation Computers)

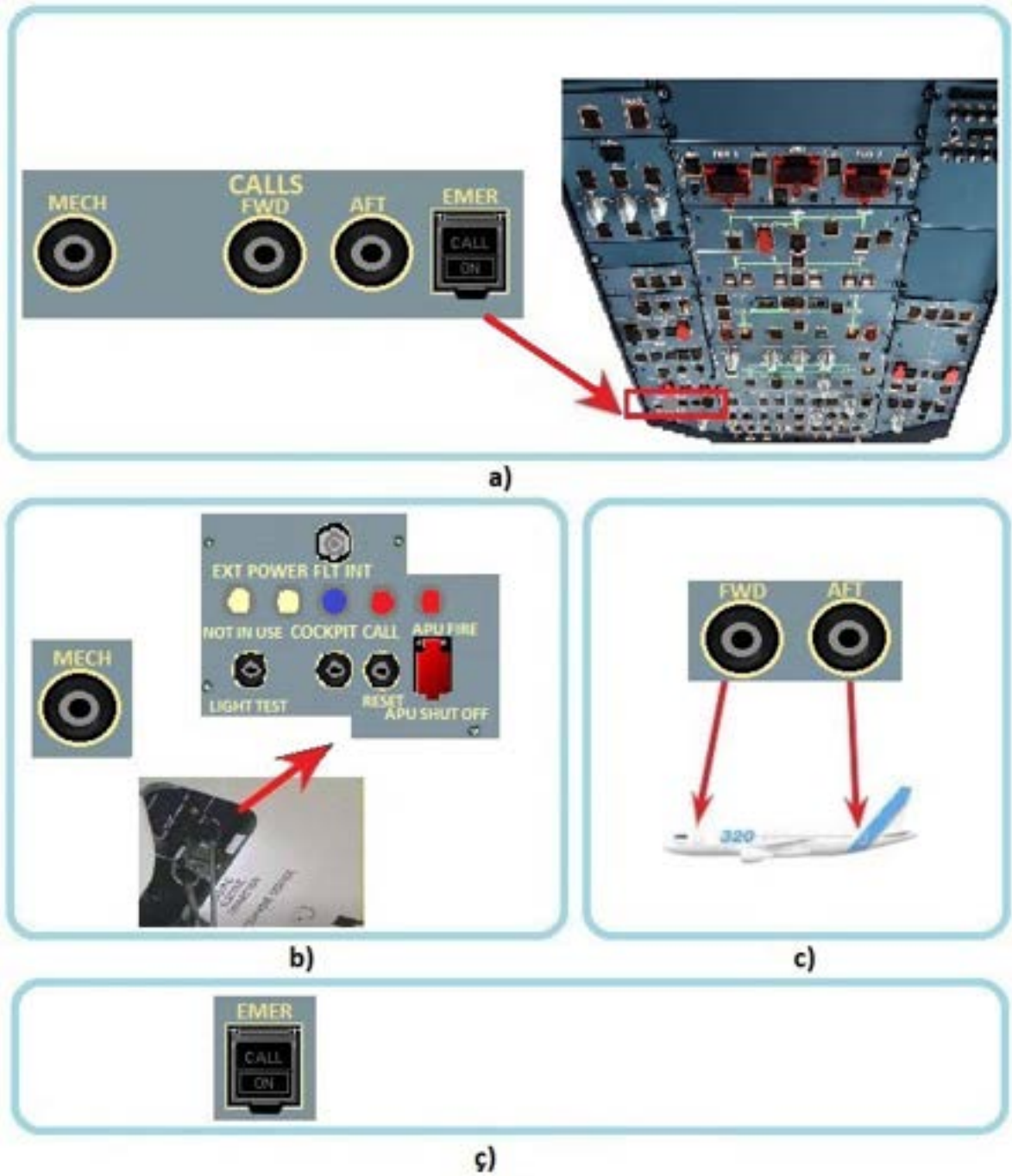
Uçuş büyütme bilgisayarı (FAC); dümen, dümen trimi ve yalpalama sönümleme girişlerini kontrol eder. Uçuş zarfı ve hız fonksiyonları için verileri hesaplayarak rüzgâr kesme algılaması için uyarı verir.

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25218

4.7. Uygulama: Çağrı Paneli (Call Panel) Testinin Yapılması

Amaç : Çağrı panelini (CALLS panel) test etmek.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 4.58: Çağrı paneli test edimesi

Süre: 2 Ders Saati

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Kokpit	Uçak veya kokpit	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak kaptan pilot koltuğuna oturunuz veya simülatör programını açınız.
2. Başüstü (over head) paneli üzerinde bulunan CALLS panelini bulunuz (Görsel 4.58.a).
3. Görsel 4.58.a'da görülen MECH düğmesine basınız. Burun iniş takımı önündeki haricî güç paneli (external power panel) üzerinde bulunan COCKPIT CALL lambasının mavi renkte yandığını görünüz. Ayrıca MECH düğmesi basılı kaldığı sürece korna sesi geldiğinden emin olunuz.
4. MECH düğmesine basmayı bırakınız. Korna sesinin kesildiğinden fakat mavi lambanın yanık kaldığından emin olunuz.
5. Görsel 4.58.c'de gösterilen FWD ve AFT düğmesine basınız. FWD ve AFT uçuş görevlisi istasyonlarının çağrı panelinde pembe lambanın yandığından, gösterge panelinde CAPTAIN CALL mesajı görüldüğünden ve ilgili hoparlörlerden bir yüksek bir de kısa ikaz sesi geldiğinden emin olunuz.
6. Görsel 4.58.ç'de görülen EMER düğmesine basınız. CALL ve ON lambasının sürekli yanıp söndüğünden (flaş) emin olunuz. Uçuş görevlisi istasyonlarının çağrı panelinde pembe lambanın yanıp söndüğünden (flaş), gösterge panellerinde EMERGENCY CALL mesajı görüldüğünden ve hoparlörlerden bir yüksek bir de kısa ikaz sesi geldiğinden emin olunuz.
7. Yukarıda verilen işlem basamaklarıyla istenen durum elde edilmişse çağrı paneli çalışıyor demektir.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Çağrı panelinden kabin görevlileri ve teknisyenlere ulaşılabilir mi? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25218

Süre: 2 Ders Saati

4.8. Uygulama: Ses Kontrol Paneli (ACP) Testinin Yapılması

Amaç : Ses kontrol panelini (ACP) test etmek.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 4.59: Ses kontrol panelinin test edimesi

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Kokpit	Uçak veya kokpit	1 Adet

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25219

Süre: 2 Ders Saati

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak kaptan pilot koltuğuna oturunuz veya simülatör programını açınız.
2. Pedestal üzerinde bulunan ACP kontrol panellerini bulunuz (Görsel 4.59.a).
3. Görsel 4.59.b'de görülen VHF1 potansiyometresine basıp bırakınız. Potansiyometre ışığının yandığını görünüz. Potansiyometreyi sağa doğru çevirerek ses seviyesini artırınız. VHF1 seçme tuşuna basarak VHF1 bandını seçiniz ve ışığın yeşil olduğunu görünüz. Kokpit hoparlöründen sesleri duyabilirsiniz.
4. Üçüncü işlem basamağında yapılan işlemi tüm potansiyometreler için yaparak tamamını açık hâle getiriniz. Sırasıyla VHF2, VHF3, HF1, HF2 bantlarını seçerek varsa sesleri duyunuz.
5. Görsel 4.59.c'de görülen PA tuşuna basılı tutunuz. El mikrofonu ile konuşunuz. PA hoparlörlerinden sesinizin duyulup duyulmadığını kontrol ediniz.
6. Görsel 4.59.ç'de görülen INT RAD düğmesini INT pozisyonuna alınız. Boomset ile konuşunuz. Yardımcı pilot tarafında boomsetten sesinizin duyulup duyulmadığını kontrol ediniz.
7. Görsel 4.59.d'de görülen ON VOICE tuşuna basınız. ON ışığının yeşil renkte yandığından emin olunuz. Kokpit hoparlöründen varsa VOR sinyallerinin kesildiğini duyunuz.
8. Yukarıda verilen işlem basamaklarıyla istenen durum elde edilmişse ACP kontrol paneli çalışıyor demektir.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Pedestalde iki adet ACP olmasının sebebi nedir? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

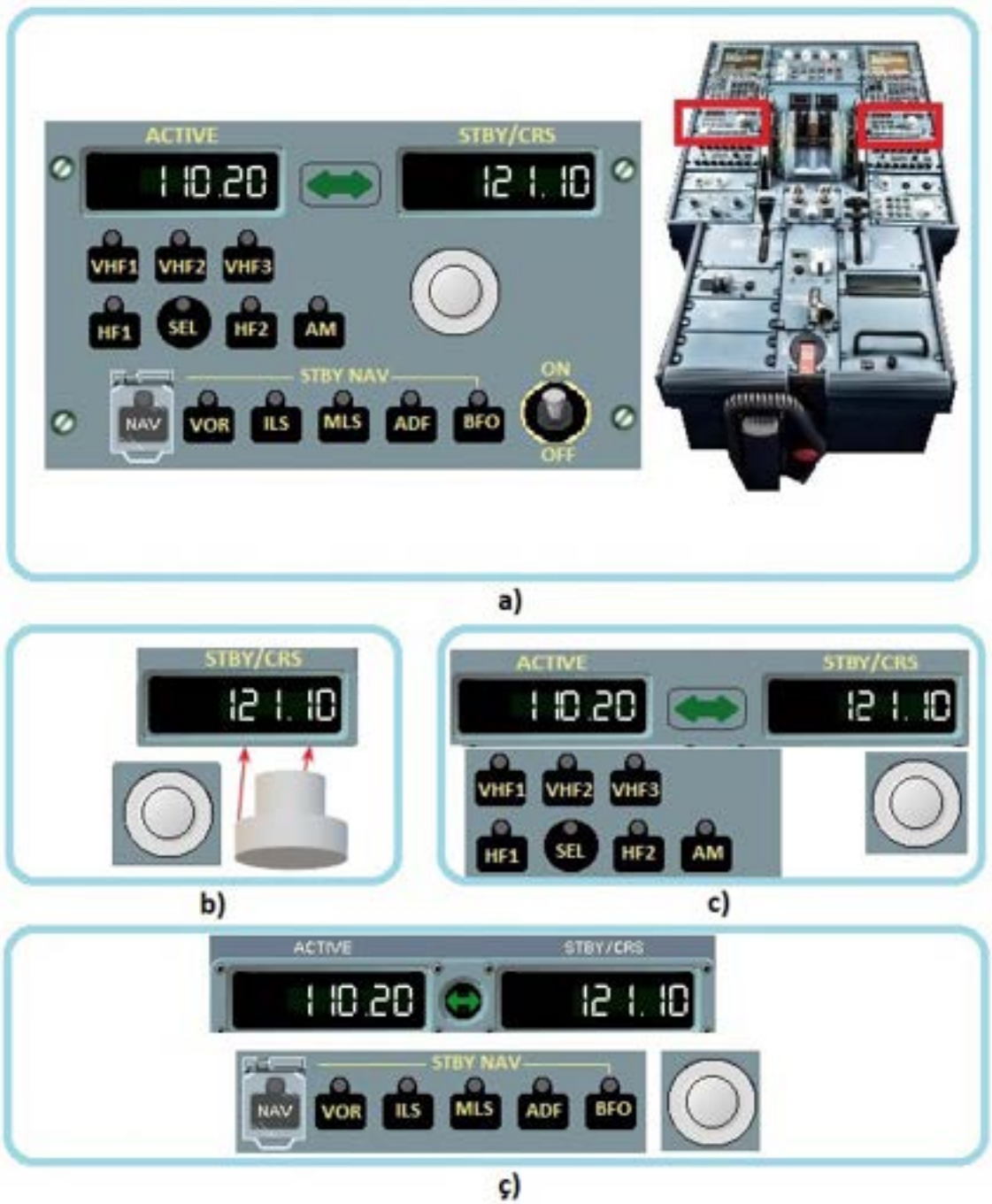
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25219

Süre: 2 Ders Saati

4.9. Uygulama: Radyo Yönetim Paneli (RMP) Testinin Yapılması

Amaç : Radyo yönetim panelini (RMP) test etmek.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel: 4.60: RMP panelinin test edilmesi

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Kokpit	Uçak veya kokpit	1 Adet

Süre: 2 Ders Saati

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak kaptan pilot koltuğuna oturunuz veya simülatör programını açınız.
2. Pedestal üzerinde bulunan RMP kontrol panelini bulunuz (Görsel 4.60.a).
3. RMP kontrol panelinin ON/OFF düğmesini, ON pozisyonuna getirip panelin çalışmasını sağlayınız (Görsel 4.60.a). PMP ekran ışıkların yandığı ve rakamların ekranda görüldüğünden emin olunuz.
4. VHF1 Radyo kanal ayarı için Görsel 4.60.c'de görülen VHF1 düğmesine basınız. Düğmenin yanındaki yeşil ışığın yandığından emin olunuz. Frekans ayar potunun alt kısmını kullanarak STBY/CRS ekranında frekansın yüzdelik kısımını (noktanın solu), frekans ayar potunun üst kısmı ile noktadan sonraki frekansı (noktanın sağı) Görsel 4.60.b'de görüldüğü gibi ayarlayınız.
5. Görsel 4.60.b'de görülen frekans transfer düğmesine basarak STBY/CRS ekranında görülen frekansın ACTIVE ekranına aktarıldığından, ACTIVE ekranında görülen frekansın STBY/CRS ekranına aktarıldığından emin olunuz.
6. Dördüncü ve beşinci işlem basamağında yapılan işlemleri sırasıyla VHF2, VHF3, HF1, HF2 ve GM frekans ayarları için yapınız.
7. Pedestaldaki ikinci RMP'nin seçimi için Görsel 4.60.c'de görülen SEL düğmesine basınız. Düğmenin yanındaki beyaz ışığın yandığından emin olunuz, STBY/CRS ve ACTIVE ekranındaki frekans değerlerinin ikinci RMP'de görüldüğünden emin olunuz.
8. Navigasyon kanal ayarı için Görsel 4.60.ç'de görülen NAV düğmesine basınız. Düğmenin yanındaki yeşil ışığın yandığından emin olunuz.
9. VOR düğmesine basınız, düğmenin yanındaki yeşil ışığın yandığından emin olunuz, STBY/CRS ve ACTIVE ekranında VOR frekansını görünüz.
10. Frekans ayar potunun alt kısmını kullanarak STBY/CRS ekranında frekansın yüzdelik kısımını (noktanın solu), frekans ayar potunun üst kısmı ile noktadan sonraki frekansı (noktanın sağı) Görsel 4.60.ç'de görüldüğü gibi ayarlayınız.
11. Görsel 4.60.ç'de görülen frekans transfer düğmesine basarak STBY/CRS ekranında görülen frekansın ACTIVE ekranına aktarıldığından, ACTIVE ekranında görülen frekansın STBY/CRS ekranına aktarıldığından emin olunuz.
12. Dokuzuncu ve onbirinci işlem basamağında yapılan işlemleri sırasıyla ILS, MLS, ADF, BFO frekans ayarları için yapınız.
13. Yukarıda verilen işlem basamaklarıyla istenen durum elde edilmişse PMP kontrol paneli çalışıyor demektir.
14. RMP kontrol panelinin ON/OFF düğmesini OFF pozisyonuna getirip paneli kapatınız.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Pedestalde iki adet RMP olmasının sebebi nedir? Açıklayınız.

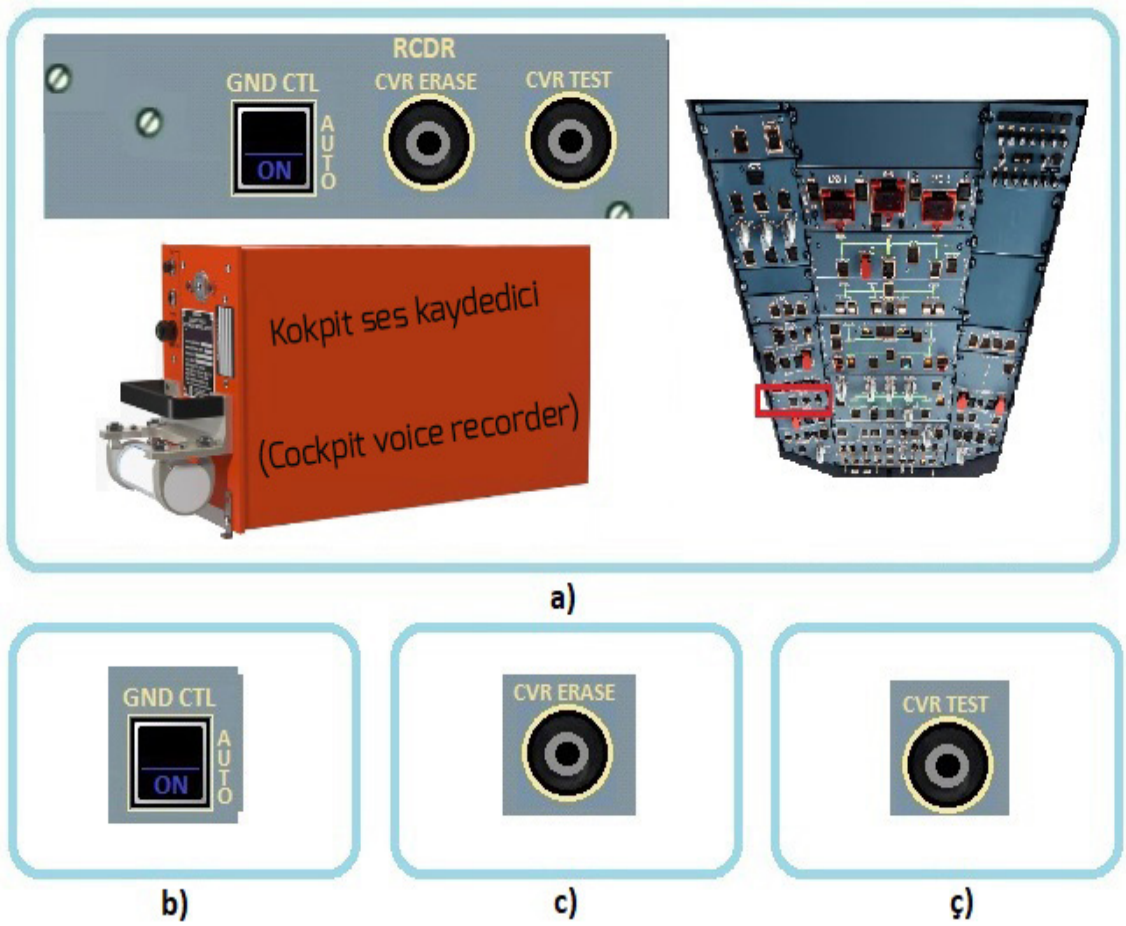
Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı ..... /	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih .... /.... / 20 ....
			10	30	40	10	10	100	
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

Süre: 2 Ders Saati

4.10. Uygulama: Kayıt Paneli (RCDR) Testinin Yapılması

Amaç : Kayıt panelini (RCDR) test etmek.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 4.61: RCDR panelinin test edilmesi

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Kokpit	Uçak veya kokpit	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak kaptan pilot koltuğuna oturunuz veya simülatör programını açınız.
2. Pedestal üzerinde bulunan RMP kontrol panelini bulunuz (Görsel 4.61.a).
3. RMP kontrol panelinin ON/OFF düğmesini, ON pozisyonuna getirip panelin çalışmasını sağlayınız (Görsel 4.61.a). PMP ekran ışıkların yandığı ve rakamların ekranda görüldüğünden emin olunuz.

Süre: 2 Ders Saati

4. VHF1 Radyo kanal ayarı için Görsel 4.61.c'de görülen VHF1 düğmesine basınız. Düğmenin yanındaki yeşil ışığın yandığından emin olunuz. Frekans ayar potunun alt kısmını kullanarak STBY/CRS ekranında frekansın yüzdelik kısımını (noktanın solu), frekans ayar potunun üst kısmı ile noktadan sonraki frekansı (noktanın sağı) Görsel 4.61.b'de görüldüğü gibi ayarlayınız.
5. Görsel 4.61.b'de görülen frekans transfer düğmesine basarak STBY/CRS ekranında görülen frekansın ACTIVE ekranına aktarıldığını, ACTIVE ekranında görülen frekansın STBY/CRS ekranına aktarıldığından emin olunuz.
6. Dördüncü ve beşinci işlem basamağında yapılan işlemleri sırasıyla VHF2, VHF3, HF1, HF2 ve GM frekans ayarları için yapınız.
7. Pedestaldaki ikinci RMP'nin seçimi için Görsel 4.61.c'de görülen SEL düğmesine basınız. Düğmenin yanındaki beyaz ışığın yandığından emin olunuz, STBY/CRS ve ACTIVE ekranındaki frekans değerlerinin ikinci RMP'de görüldüğünden emin olunuz.
8. Navigasyon kanal ayarı için Görsel 4.61.ç'de görülen NAV düğmesine basınız. Düğmenin yanındaki yeşil ışığın yandığından emin olunuz.
9. VOR düğmesine basınız, düğmenin yanındaki yeşil ışığın yandığından emin olunuz, STBY/CRS ve ACTIVE ekranında VOR frekansını görünüz.
10. Frekans ayar potunun alt kısmını kullanarak STBY/CRS ekranında frekansın yüzdelik kısımını (noktanın solu), frekans ayar potunun üst kısmı ile noktadan sonraki frekansı (noktanın sağı) Görsel 4.61.ç'de görüldüğü gibi ayarlayınız.
11. Görsel 4.61.ç'de görülen frekans transfer düğmesine basarak STBY/CRS ekranında görülen frekansın ACTIVE ekranına aktarıldığını, ACTIVE ekranında görülen frekansın STBY/CRS ekranına aktarıldığından emin olunuz.
12. Dokuzuncu ve onbirinci işlem basamağında yapılan işlemleri sırasıyla ILS, MLS, ADF, BFO frekans ayarları için yapınız.
13. Yukarıda verilen işlem basamaklarıyla istenen durum elde edilmişse PMP kontrol paneli çalışıyor demektir.
14. RMP kontrol panelinin ON/OFF düğmesini OFF pozisyonuna getirip paneli kapatınız.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Pedestalde iki adet RMP olmasının sebebi nedir? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı ..... /	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih .... /.... / 20 ....
			10	30	40	10	10	100	
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

Süre: 2 Ders Saati

4.11. Uygulama: Uçuş Kontrol Ünitesi (FCU) Testinin Yapılması

Amaç : Uçuş kontrol ünitesini (FCU) test etmek.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 4.62: FCU panelinin test edilmesi Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Süre: 2 Ders Saati

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Kokpit	Uçak veya kokpit	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak kaptan pilot koltuğuna oturunuz veya simülatör programını açınız.
2. Enstrüman paneli üzerinde bulunan FCU kontrol panelini bulunuz (Görsel 4.62.a).
3. Görsel 4.62.b'de görülen SPD MACH düğmesine basınız. FCU ekranında, hız birimi ve hız değerinin yer hızından (SPD) Mak (Mach) hızına dönüştüğünü görünüz. SPD MACH düğmesine tekrar basınız. Hız birimi ve değerinin tekrar yer hızına geçtiğini görünüz.
4. Hız ayar düğmesini Görsel 4.62.c'de görüldüğü gibi sağa doğru çeviriniz. FCU ekranında hız değerin arttığını görünüz. Hız ayar düğmesini sola doğru çeviriniz. FCU ekranında hız değerin azaldığını görünüz.
5. Hız ayar düğmesinin üzerine Görsel 4.62.ç'de görüldüğü gibi basıp düğmeyi ileri doğru itiniz. FCU ekranında, hız değerin kaybolup yerine üç kısa çizgi geldiğini ve hız lambasının yandığını görünüz. FMGS'de belirlenen hızın devreye girdiğini unutmayınız. Hız ayar düğmesini geriye doğru çekiniz. Hız değerinin FCU ekranında göründüğünden emin olunuz.
6. HDG/TRK düğmesini, Görsel 4.62.d'de görüldüğü gibi sağa doğru çeviriniz. HDG değerinin arttığını görünüz. HDG düğmesini sola doğru çeviriniz. FCU ekranında HDG değerin azaldığını görünüz. TRK değerini ayarlamak için HDG-V/S ve TRK-FPA düğmesine basınız. HDG/TRK düğmesini sağa doğru çeviriniz. FCU ekranında TRK değerin arttığını görünüz. HDG/TRK düğmesini sola doğru çeviriniz. FCU ekranında TRK değerin azaldığını görünüz.
7. HDG/TRK düğmesinin üzerine Görsel 4.62.e'de görüldüğü gibi basıp düğmeyi ileri doğru itiniz. FCU ekranında HDG değerinin kaybolup, yerine üç kısa çizgi geldiğini ve LAT lambasının yandığını görünüz. Bu durumda NAV'da belirtilen rotanın devreye girdiğini unutmayınız. HDG/TRK düğmesini geriye doğru çekiniz. HDG değerinin FCU ekranında göründüğünden emin olunuz.
8. Görsel 4.62.f'de görülen HDG-V/S ve TRK-FPA düğmesine basınız. FCU ekranında HDG yerine TRK değerinin, V/S yerine FPA değerinin değiştiğini görünüz. HDG-V/S ve TRK-FPA düğmesine tekrar basınız. HDG ve V/S değerinin tekrar FCU ekranında görünüz.
9. ALT düğmesini, Görsel 4.62.g'de görüldüğü gibi sağa doğru çeviriniz. FCU ekranında yükseklik değerin arttığını görünüz. ALT düğmesini sola doğru çeviriniz. FCU ekranında yükseklik değerin azaldığını görünüz. ALT düğmesini 100 kademesine getirince yükseklik değerinin yüzer değerler hâlinde, 1000 kademesine getirince yükseklik değerinin biner değerler hâlinde azalıp artacağını unutmayınız.
10. ALT düğmesinin üzerine Görsel 4.62.ğ'de görüldüğü gibi basıp düğmeyi ileri doğru itiniz. FCU ekranında LVL/CH lambasının yandığını görünüz. Bu durumda CLB veya DES modunun devreye girdiğini unutmayınız. ALT düğmesini geriye doğru çekiniz. LVL/CH lambasının söndüğünü görünüz.

Süre: 2 Ders Saati

11. V/S - FPA (dikey hız - uçuş yolu açısı) düğmesini, Görsel 4.62.h'de görüldüğü gibi sağa doğru çeviriniz. FCU ekranında V/S değerin arttığını görünüz. V/S-FPA düğmesini sola doğru çeviriniz. FCU ekranında V/S değerin azaldığını görünüz. FPA değerini ayarlamak için HD-V/S ve TRK-FPA düğmesine basınız. V/S - FPA (dikey hız-uçuş yolu açısı) düğmesini sağa doğru çeviriniz. FCU ekranında FPA değerin arttığını görünüz. V/S-FPA düğmesini sola doğru çeviriniz. FCU ekranında FPA değerin azaldığını görünüz.
12. V/S-FPA düğmesinin üzerine Görsel 4.62.ı'da görüldüğü gibi basıp ileri doğru itiniz. FCU ekranında LVL/CH lambasının yandığını görünüz. Bu durumda LEVEL OFF (düz gitme) devreye girdiğini unutmayınız. V/S-FPA düğmesini geriye doğru çekiniz. LVL/CH lambasının söndüğünü görünüz. Bu durumda V/S-FPA'nın devreye girdiğini unutmayınız.
13. Görsel 4.62.i'de görülen tuşlara bir kez basınız. Tuş üzerinde yeşil ışığın yandığını görünüz. Tuşlara birkez daha basınız. Tuş üzerinde yeşil ışığın söndüğünü görünüz.
14. Yukarıda verilen işlem basamaklarıyla istenen durum elde edilmişse FCU paneli çalışıyor demektir.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- FCU'nun uçuşla ilgili önemi nedir? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

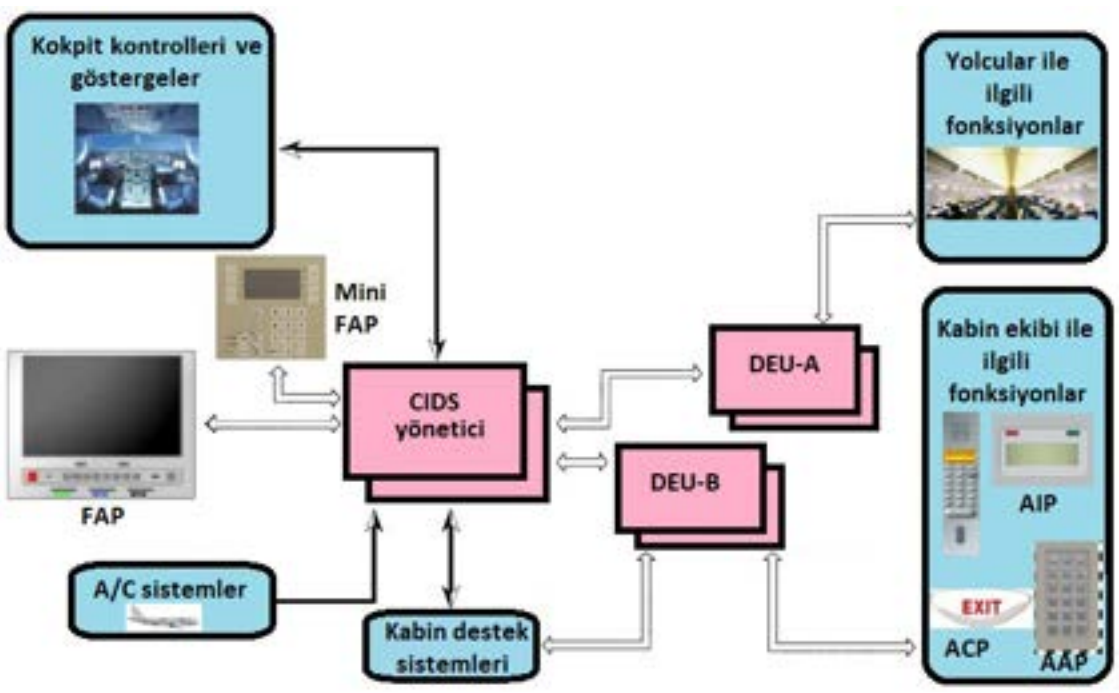
Süre: 2 Ders Saati

4.5. KABİN SİSTEMLERİNİN BAKIM VE ONARIMINI YAPMA

Hava aracı içi veya hava aracıyla yer istasyonu arasındaki iletişimi, görsel ve sesli uyarı ışık sisteminin kontrolünü, ayrıca uçuş sürecinde yolcuları eğlendirmeyi sağlayan sisteme **kabin sistemi** denir. Genel kabin sistemleri şunlardan oluşur: Kabin haberleşme veri sistemi (CIDS), Uçuş içi eğlence sistemi (IFE) ve Kabin izleme sistemi (CMS).

4.5.1. Kabin Haberleşme Veri Sistemi [Cabin Intercommunication Data System (CIDS)]

Kabin haberleşme veri sistemi **(CIDS),** uçaklarda kullanılan temel dijital kabin yönetim sistemidir. Sistem, yolcular ve mürettebat için kabin işlevlerini kontrol eder ve görüntüler. Kabin aydınlatması, kokpit ve kabin anonsları, kapı durumu göstergesi, acil durum sinyalleri, ikaz işaretleri, duman dedektörleri, kabin sıcaklığı, su ve atık tankı kapasitesi işlevleriyle güvenlik açısından kritik olan bazı kabin işlevlerini içerir. CIDS; iki adet yönetici (director), iki adet kodlayıcı ve kod çözücü ünitesi (DEUA, DEUB), kabin görevlisi paneli (FAP), görevli gösterge paneli (AIP), alan arama paneli (ACP), ek görevli paneli (AAP), hoparlör ve kabin içinde ses aktarımını sağlayan veri ağından oluşur (Görsel 4.63).



Görsel 4.63: CIDS sistemi

CIDS'nin Gösterge İşlevleri

- Duman algılama,
- Acil aydınlatma güç kaynağı,
- Buzdan koruma ve kontrol,
- Tramvay asansörü,
- Elektrik yükü yönetimi.
- Mutfak soğutma,
- IFE ve koltuk gücü,
- Kapılar / sürgüler,
- Vakum sistemi kontrolü,

CIDS'nin Bazı Kontrol İşlevleri

- Kabin aydınlatması ve yolcu okuma lambaları,
- Acil durum tahliyesi,
- Işıklı işaretler,
- Yolcu çağrısı,
- IFE,
- Klima,
- Vakum sistemi kontrolü.

CIDS'nin Diğer Fonksiyonları

- Yazılım yükleme,
- Düzen seçimi,
- Kabin programlama,
- Hoparlör seviyesi ayarı,
- Uçuş görevlisi paneli kurulumu.

4.5.1.1. CIDS İletişim İşlevleri

Yolcu adresi (passenger adress), kabin dahili telefonu (cabin interphone), servis dahili telefonu (external service interphone), mürettebat iletişimi ve uyarısı (crew signaling and alerting) CIDS'nin iletişim işlevlerindendir.

Yolcu Adresi (PA)

CIDS'nin ana işlevlerinden biridir. Kokpitten veya kabin ekibi istasyonundan yolculara anons yapmak için kullanılan tek yönlü sesli iletişimdir (Görsel 4.64). Anonslar, kokpitten ve kabin ekibi istasyonlarından yapılır. Uçak içi eğlence sistemi (IFE) aracılığıyla yolcuların kulaklıklarından veya tüm kabin hoparlörlerinden yayınlanır. PA anonsu önceden kaydedilmiş sesli bilgiler, müzik dinletisi veya doğrudan anons olabilir.



Görsel 4.64: PA sistemi

Kabin Dâhili Telefonu

Kabin dâhili telefon sistemi, kabin istasyonlarının kendi arasında veya kokpit ile kabin istasyonları arasında iletişim kurmak için kullanılır (Görsel 4.65). İletişim, herhangi bir kabin istasyonundaki telefon ahizesi aracılığıyla kurulur.



Görsel 4.65: Kabin dâhili telefon sistemi

Servis Dâhili Telefonu

Servis dâhili telefon istasyonlarının kendi arasında, kokpit ve kabin ekibi istasyonlarıyla servis dâhili telefon istasyonları arasında iletişim kurmak için servis dâhili telefon sistemi kullanılır (Görsel 4.66). Servis dâhili telefonu, ana servis alanları içinde bulunur.



Görsel 4.66: Servis dâhili telefon sistemi

Görevli Sinyalizasyonu ve Uyarı

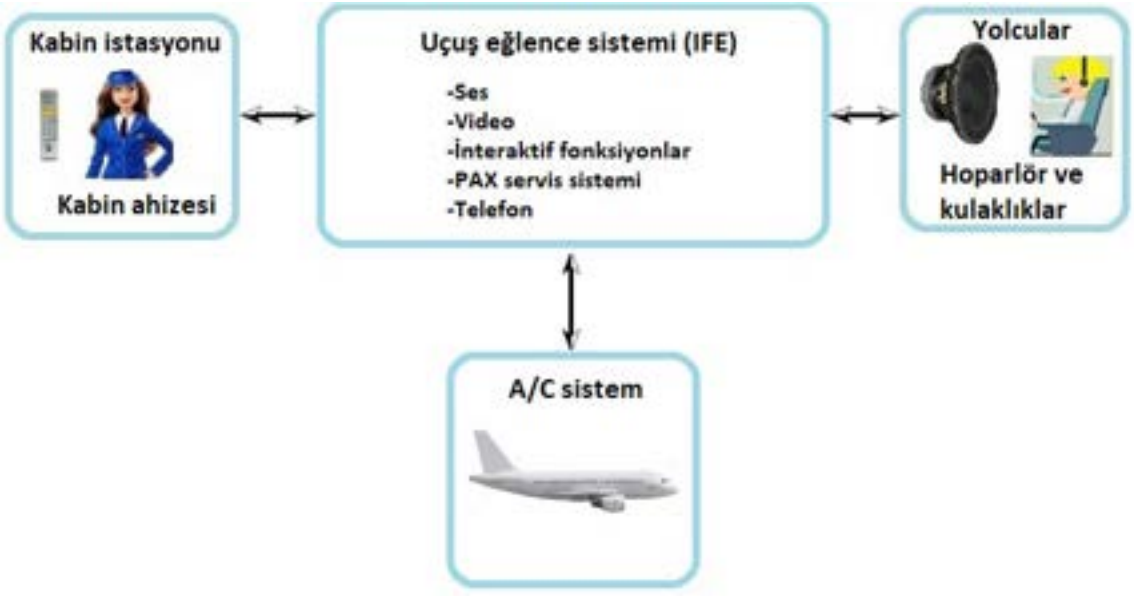
Farklı türde kokpitlerde, kabin sinyalizasyonu ve uyarı fonksiyonları vardır. "Alan hazır." işlevi, kabin ekibinin özel bir kabin alanının hazır olduğunu kontrol görevlisine bildirmesini sağlar. İniş ve kalkış için kullanılır. Bu işlev, FAP'ler ve isteğe bağlı MINI-FAP'ler sayesinde etkinleştirilir. "Kabin hazır." sinyal işlevi, kontrol görevlisinin ve tüm kabin alanlarının iniş ve kalkış için hazır olduğunu kokpit ekibine bildirilmesini sağlar. Bu işlev, uçuş görevlisi paneli (FAP) sayesinde etkinleştirilir. Opsiyonel steril kokpit, kokpit ekibinin kontrol görevlisine rahatsız edilmek istemediklerinin bildirmesini sağlar. Bu işlev, kokpit ekibi tarafından etkinleştirilir. Opsiyonel görevli acil uyarı sistemi (ECAS), kabin veya kokpitte olağandışı bir davranışı belirtmek için kullanılır. Kabin uyarısı kabin veya kokpitten, kokpit uyarısı kokpitten etkinleştirilir (Görsel 4.67).



Görsel 4.67: Mürettebat sinyalizasyonu ve uyarı sistemi

4.5.2. Uçuş Eğlence Sistemi [In-Flight Entertainment System (IFE)]

Yolcunun talebi üzerine kabin içine kurulan isteğe bağlı bir sistemdir. Uçuş eğlence (IFE) sistemi; yolcuya ses, video, oyun, alışveriş, internet ve telefon desteği sunar. Bu işlevler, kabin ekibi ve yolcu tarafından veya hava aracı (A/C) sistem verilerine göre otomatik olarak kontrol edilir. PAX (görevli çağırma) servis sistemi; yolcuların koltuklarından CIDS, PAX çağrısı veya okuma lambaları vb. hava aracı sistemlerinin bazı işlevlerini kontrol etmesini sağlar (Görsel 4.68).



Görsel 4.68: IFE sistemi

4.5.2.1. IFE Sistemi Mimarisi

IFE sistemi mimarisi, sisteme sonradan ekleme yapılabilecek şekilde modüler bir tasarıma sahiptir. Farklı firmalardan çeşitli eğlence sistemleri eklemek için uygundur. Bu sistem temelde üç ana bölümden oluşur: IFE merkezi (IFEC), IFE kontrol paneli ve kabin ağı.

IFE Merkezi (IFEC)



IFE Merkezi, IFE kontrol paneli ve bir kabin ağından oluşur. IFE, sistem ekipmanını içeren bir veya iki kısımdan (IFEC 2 isteğe bağlı) yapılmıştır. Bilgisayarlar, video ve ses kaynakları, dosya sunucularından oluşur. IFEC, tüm IFE sistemini yönetir. Kabin ağı, A/C sistemi, CIDS ve iş istasyonu arasında ara birim görevi yapar (Görsel 4.69).

Görsel 4.69: IFEC sistemi

IFE Kontrol Paneli

IFE kontrol paneli, kabin görevlilerinin IFE sistemini FAP veya kontrol konsolu üzerinden yönetmesini sağlayan kumanda ve kontrol panelidir. Bununla birlikte IFE kontrol paneli, ses ve video kaynakları, faks ünitesi, veri yükleyici, kredi kartı okuyucusu, vb. sistemlerin kullanılmasını da sağlar. IFE kontrol paneli iş istasyonu (CWS) veya uzaktan kontrol merkezi (RCC) üzerinde bulunur. Kabin iş istasyonu, sisteme kurulduğunda kullanıcının ana çalışma alanıdır. IFE, CIDS, kabin günlüğü, e-posta, PAX ve elektronik dokümantasyon için merkezi işlem hizmeti sunar. RCC, kabin dağıtım ağı ile bir arayüze sahiptir. Her bir A/C sistemi için, RCC'nin ekipmanı ve konumu farklı olabilir. RCC, PAX, güç ünitesi, IFE kontrol paneli, kredi kartı okuyucu, medya yükleyici vb. sistemlerin kullanılmasını sağlar (Görsel 4.70).



Görsel 4.70: IFE kontrol paneli

Kabin Ağı

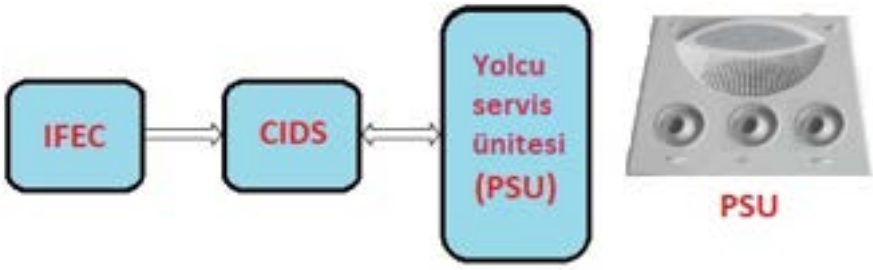
Yolcu koltuğu ekipmanına ses, video, veri, telefon hizmeti ve yazılım yükleme hizmetlerini sunarken tavana veya duvara monte edilmiş video ekipmanına da video verileri sağlar. Kabin ağı alan dağıtım kutuları (ADB) vasıtasıyla kabin ağı verileri yolcu koltuklarına ve video ekipmanlarına ulaştırılır. ADB'ler, RCC'nin de kabin ağına bağlanmasına olanak tanır ayrıca kabin personelinin IFE sistemini kabin iş istasyonu dışındaki farklı noktalardan kontrol etmesini sağlar. Kabin ağı sisteminde ADB'ler dışında zemin ayırma kutuları (FDB), koltuk elektroniği kutuları (SEB), koltuk ekran ünitesi (SDU), yolcu el kumanda ünitesi (PCU), kulaklık, koltuk güç besleme konvertörü (ISPC), taping unit (TU) ve duvar ekran ünitelerinden (DU) oluşur (Görsel 4.71).



Görsel 4.71: Kabin ağı

4.5.2.2. PAX Servis Sistemi

PAX servis sistemi fonksiyonları, yolculara okuma ışığı ve görevli çağrı kontrolü sağlar. Yolcu servis birimi (PSU), okuma ve görevli çağrı ışığının her biri ilgili PCU'dan (Passenger Control Unit) kontrol edilir. Bu kontrol kabin ağı, IFEC ve CIDS aracılığıyla yapılır (Görsel 4.72).

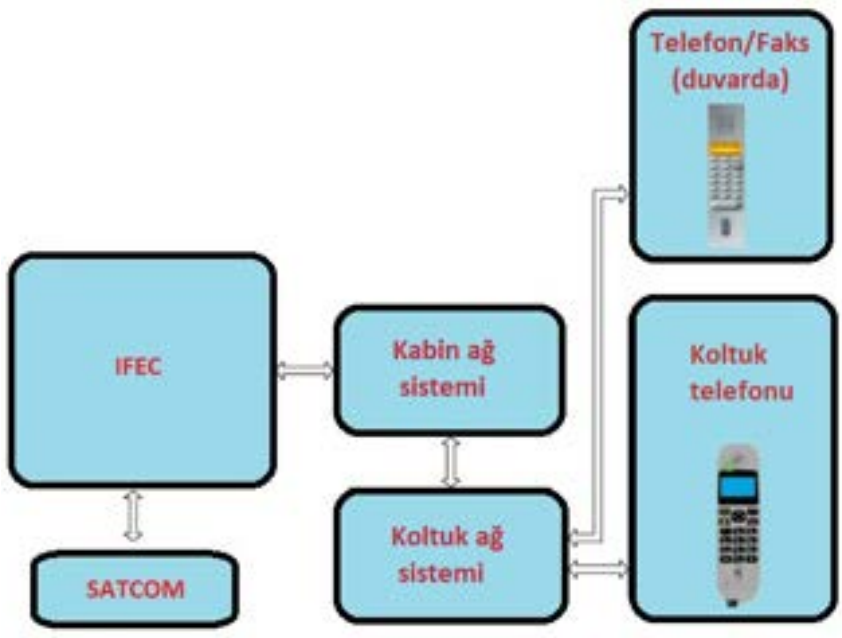


Görsel 4.72: PAX servis sistemi

4.5.2.3. Telefon Sistemi

Koltuk telefonu fonksiyonu, kabin içi koltuklar arası telefon haberleşmesini veya havadan yere ses ve veri iletişimini sağlar. Telefon ahizesi, yolcu koltuğuna entegredir ancak mürettebat dinlenme istasyonlarında da isteğe bağlı bulunabilir. IFEC'ye koltuk ve kabin dağıtım ağları aracı-

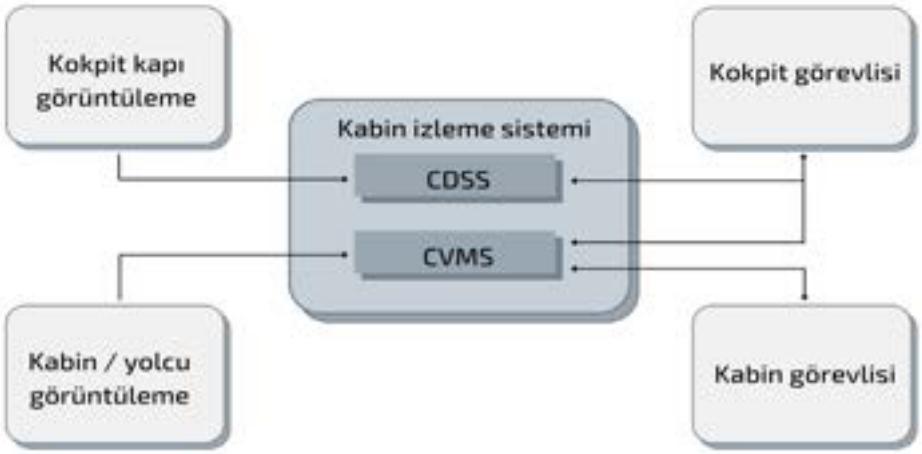
lığıyla bağlanır. Havadan yere haberleşme, IFEC'deki telefon işlevi ve SATCOM (uydu haberleşmesi) sistemi aracılığıyla kurulur. Bir hava yolu seçeneği olarak koltuklar kredi kartı okuyucusu ile donatılabilir. Telefon veya faks istasyonu, bir koltuk ağı ve kabin dağıtım ağı aracılığıyla IFEC'ye bağlanır. Havadan yere haberleşme, telefon işlevi ve SATCOM sistemi aracılığıyla kurulur (Görsel 4.73).



Görsel 4.73: Telefon sistemi

4.5.3. Kabin İzleme Sistemi (CMS)

Kabin izleme sistemi, kokpit kapı gözetleme sistemi (CDSS) ve kabin video izleme sisteminden (CVMS) oluşur. CDSS, kokpit ekibinin kokpite giriş yapmak isteyen bir kişiyi tanımlamasına yardımcı olmak için tasarlanmıştır. CVMS, kabin ve kokpit ekibi tarafından kabinin (ana ve üst güverte), merdivenlerin, mürettebat dinlenme alanlarının ve alt güvertenin görüntülenmesine yardımcı olmak için tasarlanmıştır (Görsel 4.74).



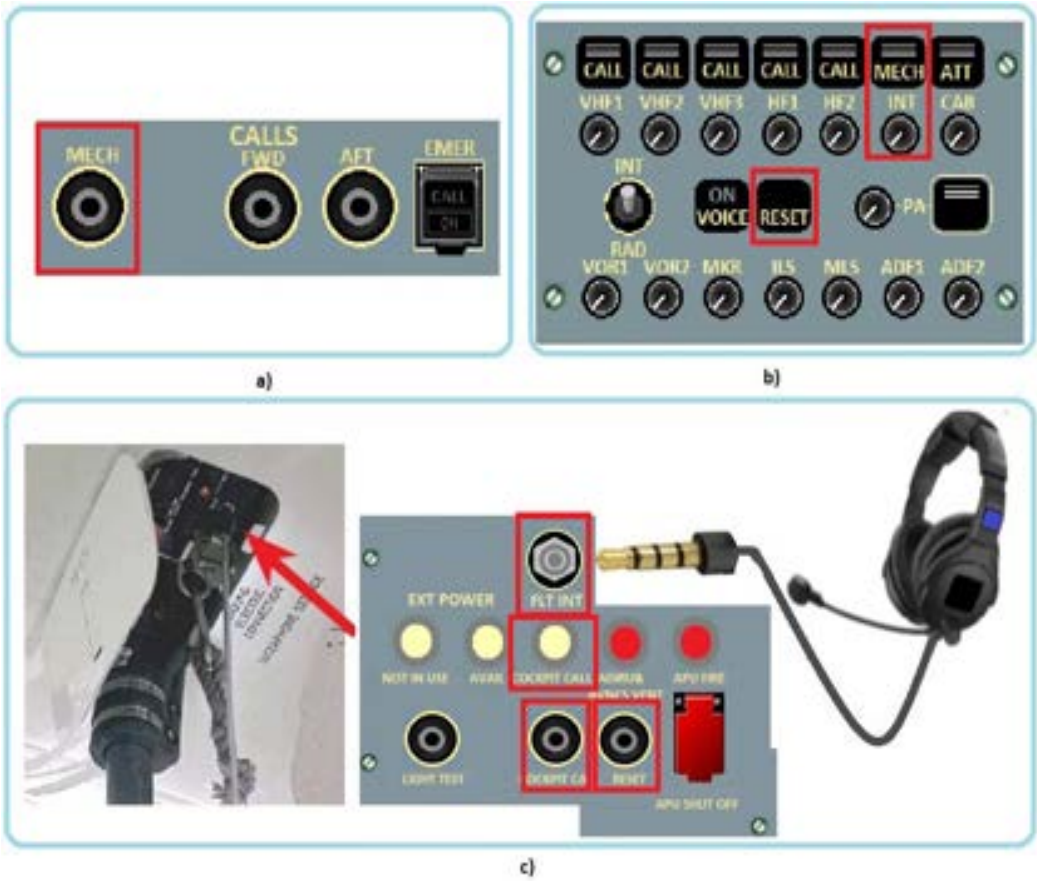
Görsel 4.74: Kabin izleme sistemi

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25223

4.12. Uygulama: Servis Dâhili Telefon Sisteminin Test Edilmesi

Amaç : Servis dâhili telefon sisteminin testini yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 4.75: Servis dahili telefon sisteminin test edilmesi

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Kokpit	Uçak veya kokpit	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak kaptan pilot koltuğuna oturunuz veya simülatör programını açınız. Boomset kulaklığını takınız.
2. Görsel 4.75.a'da görülen başüstü paneli üzerindeki CALL ve Görsel 4.75.b'de görülen pedastaldaki ACP panelini bulunuz.

Süre: 2 Ders Saati

3. MECH düğmesini basılı tutunuz (Görsel 4.75.a). Hava aracının dışından gelen korna sesini duyunuz. MECH düğmesinden elinizi çekiniz. Korna sesinin kesildiğini duyunuz.
4. ACP panelinde INT düğmesine basıp bıraktıktan sonra düğmeyi sağa doğru çevirerek ses seviyesini ayarlayınız (Görsel 4.7.b).
5. Yer görevlisinden FLT INT jakına kulaklığı takmasını bekleyiniz (Görsel 4.75.c). Kokpit ile yer görevlisi arasında iletişim kurulduğunu görünüz. Yer personelinden RESET düğmesine basmasını ve mavi yanan COCKPIT CALL lambasını söndürmesini isteyiniz.
6. Yer görevlisinden COCKPIT CALL düğmesine basmasını isteyiniz (Görsel 4.75.c).
7. ACP paneli üzerinde MECH ikaz lambasının yandığını görünüz (Görsel 4.75.b). MECH tuşuna basıp yer görevlisi ile iletişim sağlayınız.
8. ACP paneli üzerinde RESET tuşuna basıp MECH ikaz lambasını söndürünüz (Görsel 4.75.b).
9. İletişimi sonlandırmak için INT düğmesine basıp kapatınız (Görsel 4.75.b).
10. Yukarıda verilen işlem basamaklarıyla istenen durum elde edilmişse servis dâhili telefon sistemi çalışıyor demektir.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Servis dâhili telefonuyla sadece teknisyenlerle mi haberleşilir? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25223

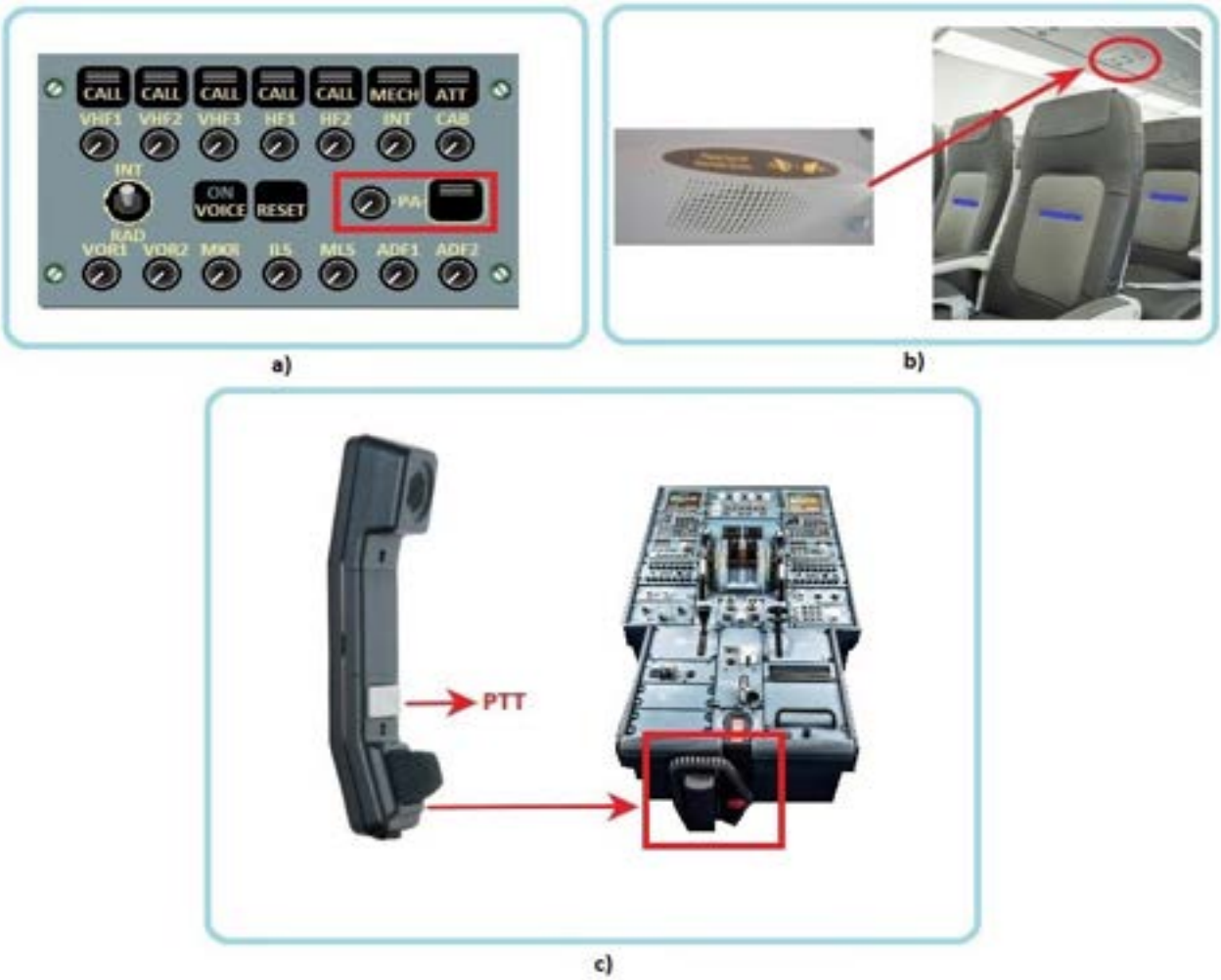
Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25224

4.13. Uygulama: Yolcu İletişim (PA) Sisteminin Test Edilmesi

Amaç : Yolcu iletişim (PA) sistemini test etmek.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 4.76: PA sisteminin test edilmesi

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Kokpit	Uçak veya kokpit	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak kaptan pilot koltuğuna oturunuz veya simülatör programını açınız. Boomset kulaklığını takınız.

Süre: 2 Ders Saati

2. Pedestal üzerindeki ACP panelini bulunuz (Görsel 4.76.a).
3. ACP panelinde, PA sol düğmesine basıp bıraktıktan sonra düğmeyi sağa doğru çevirerek ses seviyesini ayarlayınız (Görsel 4.76.a).
4. ACP panelinde PA sağ tuşuna basılı tutarak konuşunuz (Görsel 4.76.a). Sesinizin kabin hoparlörlerinden duyulduğundan emin olunuz (Görsel 4.76.b). Basılı tuttuğunuz PA sağ tuşu bırakınız.
5. Pedestal üzerindeki telefon ahizesini (handset) yerinden çıkarınız (Görsel 4.76.c). PTT düğmesine basıp konuşunuz. Sesinizin kabin hoparlörlerinden duyulduğundan emin olunuz. Basılı tuttuğunuz PTT düğmesini bırakınız.
6. Yukarıda verilen işlem basamaklarıyla istenen durum elde edilmişse PA sistemi çalışıyor demektir.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- PA sisteminin amacı nedir? Açıklayınız.

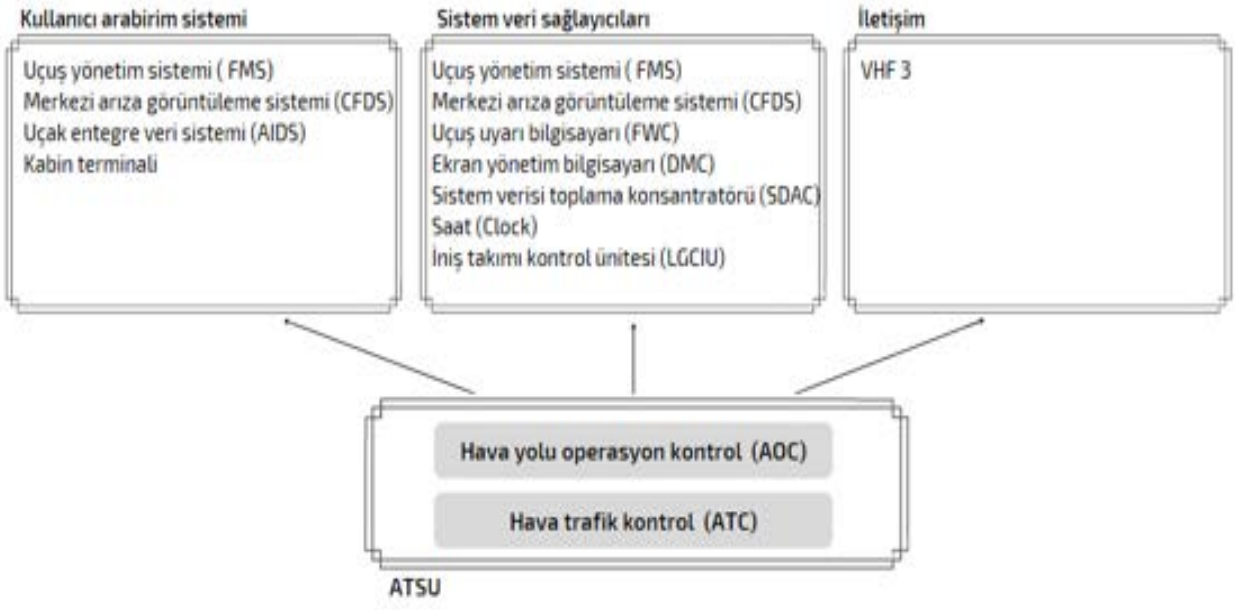
Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı ..... /	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25224

Süre: 2 Ders Saati

4.6. ENFORMASYON SİSTEMLERİNİN BAKIM VE ONARIMINI YAPMA

Enformasyon sistemi, veri bağlantı (datalink) iletişimini yönetir. Mürettebata hava yolundan gelen bilgileri aktarır. Temel olarak hava trafik hizmet ünitesinden (ATSU) oluşur. ATSU kullanıcı arabirim sistemi, sistem veri sağlayıcıları ve iletişim araçlarını kullanarak iletişim sağlar. Enformasyon sistemleri, kokpit cihazları, MCDU, ECAM, RMP, yazıcı ve veri yükleyiciden oluşur (Görsel 4.77).



Görsel 4.77: ATSU iletişim sistemi

4.6.1. ATSU İletişim Fonksiyonu

Hava trafik hizmetleri ünitesi (ATSU), hava araçlarına kurulum için inşa edilmiş bir aviyonik bilgisayardır. Hava yolu veri bağlantı işlevi, **hava yolu operasyonel iletişim yazılımı** adı verilen yazılım tarafından gerçekleştirilir.

ATSU İletişim Fonksiyonunun Başlıca Görevleri

- ATSU, VHF veya HF gibi uygun iletişim araçları vasıtasıyla hava yer iletişimini yönetir.
- MCDU üzerinden bilgi ekranını yönetir.
- ATSU, mürettebat için uygun uyarıyı yönetir.
- ATSU'da tanımlanan hava yolu ve hava aracı arasındaki bilgi alışverişini yönetir.

ATSU hava aracından yere gönderilen (downlink) mesajları; bakım, izleme, operasyonel performans ve kabin verilerini içerir. Çevresel sistemler tarafından oluşturulan raporlar, havayolu AOC programlamasına bağlı olarak, ATSU tarafından otomatik olarak gönderilebilir.

ATSU yerden hava aracına yüklenen (uplink) mesajları, hava durumu ve FMS'ye yüklenen uçuş planı gibi verileri içerir. Yüklenen mesajlar, indirilen mesajının iletilmesi talebini içerebilir. Bu mesajlar üst ECAM üzerinden görüntülenir (Görsel 4.78).

ATSU sistemi; VHF 1 veya VHF 2'de hata olması durumunda, ACARS çağrısında ve VHF 3 ses modunda kullanılır. Yeşil renkte **ACARS CALL** notu, ses bağlantı isteğinin yer tarafından kabul edildiğini gösterir. Yeşil renkte **VHF 3 VOICE** notu, datalink haberleşmesi koptuğunda VHF 3 alıcı vericisinin ses modunda devreye girdiğini gösterir. Ses frakansı ATSU tarafından ayarlanabileceği gibi RMP üzerinden manuel olarak da ayarlanabilir. DATALINK/VOICE, RMP üzerinden gönderilebileceği gibi MCDU üzerinde **VHF3 VOICE DIRECTORY** sayfasından ayarlanarak ATSU tarafından da gönderilebilir (Görsel 4.79).



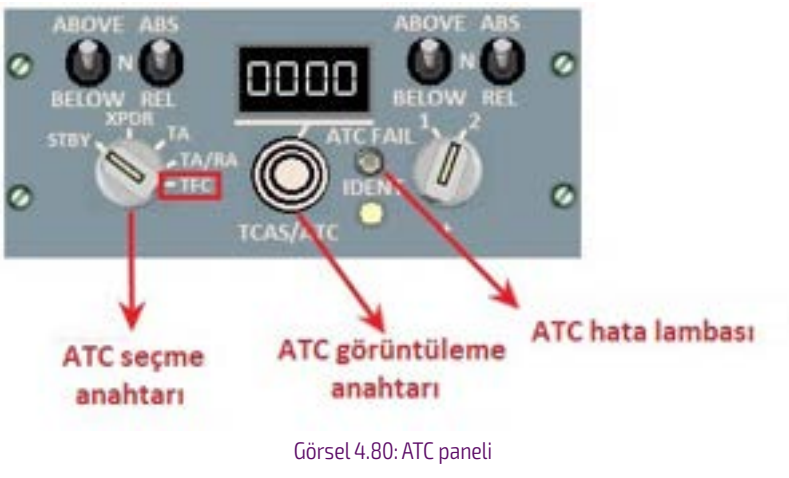
Görsel 4.78: Üst ECAM yüklenen mesaj alanı



Görsel 4.79: RMP panelinde ATSU frekans seçimi

4.6.1.1. Hava Trafik Kontrol (ATC)

Hava trafik kontrol sistemi (ATC), hava trafik kontrol merkezi ve hava aracında bulunan ATC sisteminden oluşur. Hava trafik kontrol merkezinden veya diğer hava araçlarından sinyal aldığında uçak transponderi, otomatik olarak kodlu bir cevap sinyali ile karşılık verir (Görsel 4.80). Bu sayede uçağın yeri, izi ve uçak bilgisine ulaşılır.



Görsel 4.80: ATC paneli

4.6.1.2. Hava yolu Operasyonel Kontrol (AOC)

Uçuş başlatma, yürütme veya sonlandırma yetkisinin kullanılmasına **hava yolu operasyonel kontrolu** denir. Bu sürece, tüm planlama faaliyetleri ve hava aracının uçuşu da dâhildir.

Hava yolu operasyonları, **stratejik** ve **taktiksel** olmak üzere iki aşamada ele alınır. Stratejik operasyonlar, programlama ve planlama ile ilgilidir. Bu operasyon grubu, hava aracı rota çizelgesini ve mürettebat programını oluşturur. Hava yolu operasyonları taktik kısmı ise planlamanın uygulanma aşamasından sorumludur. Operasyonel kontrol olarak da tanımlanabilir. Hava yolu programlarının günlük uygulanması, önceden planlanmış programları uygulama veya güncelleme, küçük operasyonel sapmalar ve düzensiz operasyonlar için yeniden planlama hava yolu operasyonları taktik kısmının görevleri arasındadır.

Operasyonel kontrol süreçleri üç bölüm tarafından ortaklaşa ele alınır. Bunlar; hava yolu operasyonel kontrol merkezi (AOCC), bakım operasyon kontrol merkezi (MOCC) ve istasyon operasyon kontrolü merkezidir (SOCC). AOCC uçuş sevkiyatından ve program takibinden, SOCC planlama ve yolcu idaresi gibi belirli istasyon görevlerinden, MOCC uçakların bakım işlemlerinden sorumludur.

Bir hava aracının yerdeki hava yolu istasyonu ve hizmet ortaklarıyla iletişimi, hava yolu operasyonel kontrol (AOC) uygulamaları sayesinde sağlanır. AOC uygulaması, geleneksel olarak ACARS veya iletişim yönetim biriminden (CMU) iletişim sağlar. Bu iletişimde yer ağları, hava yer bağlantıları ve uçak ağları kullanılır. AOC yakıt ikmali, ağırlık ve denge, hava durumu, buz çözme vb. mesajları içerir (Görsel 4.81).

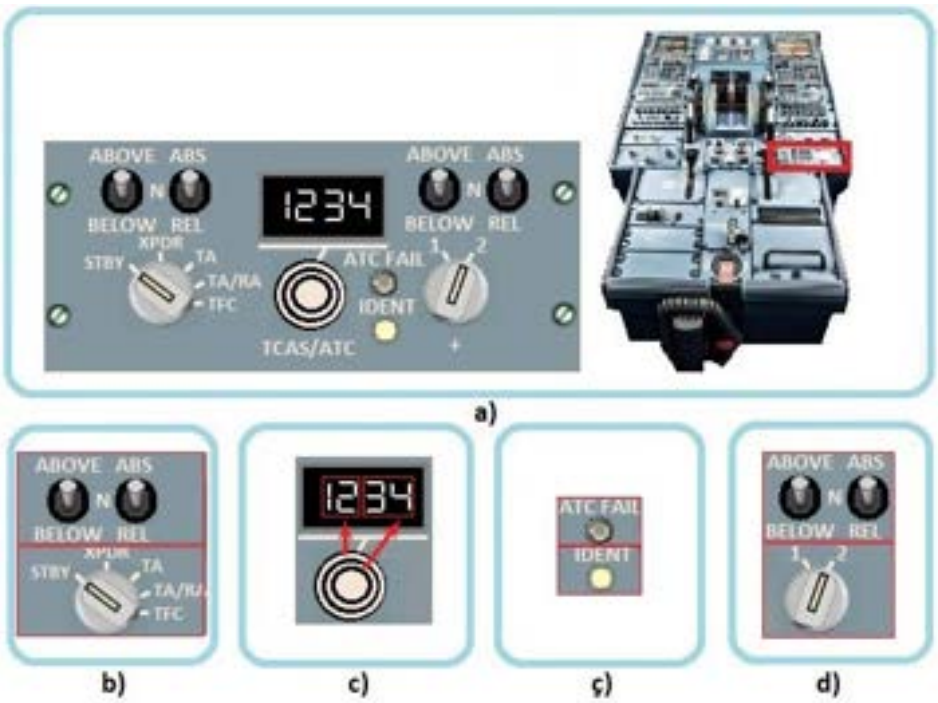


Görsel 4.81: AOC mesaj trafiği

4.14. Uygulama: TCAS/ATC Paneli Çalışma Testinin Yapılması

Amaç : TCAS/ATC panelinin çalışmasını test etmek.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 4.82: TCAS/ATC panelinin test edilmesi

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Kokpit	Uçak veya kokpit	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak kaptan pilot koltuğuna oturunuz ve simülatör programını açınız.
2. Pedestal üzerindeki TCAS/ATC panelini bulunuz (Görsel 4.82.a).
3. TCAS/ATC panelindeki ABOVE-N-BELOW, ABS-REL anahtarlarını aşağı ve yukarı kademelere alınız (Görsel 4.82.b). Anahtarların doğru çalıştığından emin olunuz.
4. TCAS/ATC panelindeki TCAS seçici anahtarı, STBY'dan TFC'ye kadar sağa doğru sırasıyla çevirip anahtarın doğru çalıştığından emin olunuz (Görsel 4.82.b).
5. TCAS/ATC panelindeki kod seçicinin 1 numalı düğmesini, sağa ve sola çevirip ekrandaki dört haneli rakamın soldan iki hanesininin ayarlandığını görünüz (Görsel 4.82.c).

Süre: 2 Ders Saati

6. TCAS/ATC panelindeki kod seçicinin 2 numaralı düğmesini, sağa ve sola çevirip ekrandaki dört haneli rakamın sağdan iki hanesininin ayarlandığını görünüz.
7. TCAS/ATC panelindeki IDENT butonuna basıp bırakınız (Görsel 4.82.ç). Butonun geri geldiğinden emin olunuz.
8. TCAS/ATC panelindeki ABOVE-N-BELOW, ABS-REL anahtarlarını aşağı ve yukarı kademelere alınız (Görsel 4.82.d). Anahtarların doğru çalıştığından emin olunuz.
9. TCAS/ATC panelindeki ATC seçici anahtarı, sağa doğru (1'den 2'ye) çeviriniz. Anahtarın doğru çalıştığından emin olunuz.
10. Yukarıda verilen işlem basamaklarıyla istenen durum elde edilmişse TCAS/ATC paneli düzgün çalışıyor demektir.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Hava aracı, TCAS/ATC sistemi olmadan uçar mı? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

Süre: 2 Ders Saati

4.15. Uygulama: Hava Yolu Operasyonel Kontrol (AOC) Sisteminin Test Edilmesi

Amaç : AOC sisteminin çalışmasını test etmek.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 4.83: AOC sisteminin test edilmesi

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Kokpit	Uçak veya kokpit	1 Adet

Süre: 2 Ders Saati

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak kaptan pilot koltuğuna oturunuz veya simülatör programını açınız.
2. Pedestal üzerindeki MCDU ünitesini bulunuz (Görsel 4.82.a). MCDU MENU tuşuna basınız. MCDU MENU ekranında 6L tuşuna (ATSU SEL) basınız.
3. ATSU DATALINK ekranında 1R tuşuna (AOC MENU) basınız (Görsel 4.82.b).
4. AOC MENU ekranında 3R tuşuna (REQUEST) tuşuna basınız (Görsel 4.82.c).
5. AOC REQUEST ekranında 1L tuşuna (WEATHER REQ) tuşuna basınız (Görsel 4.82.ç).
6. AOC WEATHER REQ ekranında 5R tuşuna (SEND*) tuşuna basıp bekleyiniz (Görsel 4.82.d).
7. AOC REQUEST ekranında 6R tuşuna (MESSAGE*) tuşuna basınız (Görsel 4.82.e).
8. Görsel 4.82.f'de AOC RA-1 ekranında gelen mesaj görülmektedir. Yazıcıdan çıktı almak isterseniz 5L (*PRINT) tuşuna basınız.
9. 5L tuşuna basılmışsa yazıcıdan alınan çıktıyı görünüz (Görsel 4.82.g).
10. Yukarıda verilen işlem basamaklarıyla istenen durum elde edilmişse AOC sistemi düzgün çalışıyor demektir.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- AOC sistemi sadece MCDU üzerinden mi ayarlanır? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

Süre: 2 Ders Saati

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise "D" yanlış ise "Y" yazınız.

1. (….) Uzayda ve maddede yayılan enerjinin taşınmasına yol açan titreşime dalga denir.
2. (….) Alkış sesi elektromanyetik dalgadır.
3. (….) Ses seviyesi şiddetinin birimi desibeldir.
4. (….) Asenkron veri iletimi, paralel veri iletim yöntemlerindendir.
5. (….) Ticari havacılıkta ARINC 429 veri iletişimi kullanılır.
6. (….) PFD ekranı, EFIS sisteminin görüntüleme ekranıdır.
7. (….) ND ekranı, ECAM sisteminin görüntüleme ekranıdır.
8. (….) ECAM üst ekranında motor durum bilgisi görüntülenir.
9. (….) ECAM alt ekranına sistem ekranı denir.
10. (….) Otomatik pilot, hava aracını kullanabilen bir yazılımdır.
11. (….) Uçuş ekibi, kendi arasındaki iletişimi dahili haberleşme (intercom) ile sağlanır.
12. (….) Kokpit ses kayıt cihazı (CVR), radyo yönetim panelinden (RMP) kontrol edilir.
13. (….) Navigasyonun amacı uçağın dünya üzerindeki konumunu ve yönünü belirlemektir.
14. (….) VOR, HF frekans bandında çok yönlü radyo yayını yapan bir radyo istasyonudur.
15. (….) Uçuş modu göstergesi (FMA), otomatik uçuş sisteminin tek geçerli göstergesidir.
16. (….) Emniyet kemeri uyarısı kabin haberleşme sisteminin bir parçasıdır.
17. (….) Kokpit ile servis alanı haberleşmesi servis dâhili telefonuyla yapılır.
18. (….) Hava aracı içi yolcu anonsu sistemine FWD denir.
19. (….) Hava trafik hizmet ünitesi (ATSU), ATC ve AOC'den oluşur.
20. (….) Uçuş sırasında tahmini varış süresi bilgilendirilmesi AOC üzerinden sağlanır.

B. Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları cevaplayınız.

21. **Aşağıdakilerden hangisi mekanik dalgadır?**

A) Radyo dalgası B) Su dalgası C) Mikrodalga
D) Kızılötesi dalga E) Ultraviyole dalga

22. **Ses frekans ölçüm birimi aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Amper B) Hertz C) Mikrosaniye D) Saniye E) Volt

23. **Sekiz bitlik veriye verilen isim aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Bayt B) Kilobayt C) Megabayt D) Terabayt E) Word

24. **4. Aşağıdakilerden hangisi uçak sistemlerindeki veri yolu standartlarından biri değildir?**

A) ARINC 429 B) ASCB C) CSDB D) MIL-STD-1553 E) ADSX

25. **Aşağıdakilerden hangisi elektronik uçuş gösterge sisteminin (EFIS) gösterge ekranıdır?**

A) DMU B) E/WD C) MCDU D) PFD E) SD

26. **Aşağıdakilerden hangisi elektronik merkezi uçak izleme sisteminin (ECAM) gösterge ekranıdır?**

A) DMU B) E/WD C) MCDU D) ND E) PFD

27. **Uçuş yönetim sisteminin kısaltması aşağıdakilerden hangisidir?**

A) AFS B) ILS C) IRS D) FMS E) FWS

28. **Elektronik arayüz ile kontrol edilen gelişmiş uçuş kumandaları sistemi aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Fly By Wire B) VOR C) DME D) ILS E) Auto Thrust

29. **Radyo kanalı seçimi ve ses seviyesi kontrol düğmelerini, farklı sistemleriden gelen sesleri ve ses seviyesi kontrol düğmelerini, ayrıca dahili haberleşme seçme tuşlarını üzerinde bulunduran kontrol paneli aşağıdakilerden hangisidir?**

A) ACARS B) ACP C) CALLS D) RMP E) TCAS/ATC

30. **Kokpit ses kayıt cihazı (CVR) ve dijital uçuş veri kaydedicisini (DFDR) kontrol eden panel aşağıdakilerden hangisidir?**

A) CALLS B) FCU C) RCDR D) RMP E) TCAS/ATC

31. **Servis dahili telefon panelinden basıldığında kokpite çağrı başlatan düğme aşağıdakilerden hangisidir?**

A) CALLS B) COCKPIT CALL C) HF1 D) MECH E) VHF1

32. **Haberleşme frekans ayarı ve yedek radyo navigasyonu için kullanılan panel aşağıdakilerden hangisidir?**

A) ACP B) CALLS C) DME D) ILS E) RMP

33. **Lokalizör çalışma frekans aralığı aşağıdakilerden hangisidir?**

A) 100 - 104 MHz B) 104 - 108 MHz C) 108 - 112 MHz
D) 112 - 116 MHz E) 116 - 120 MHz

34. **Hava aracının gideceği veya ayrıldığı noktaya olan uzaklığını hesaplayan elektronik sistem aşağıdakilerden hangisidir?**

A) DME B) FAC C) FMGC D) Glideslope E) Lokalizör

35. **Otomatik pilotu devreye alma veya devreden çıkartmak için kullanılan panel aşağıdakilerden hangisidir?**

A)CALLS B) ECAM Kontrol Paneli C) FCU
D) ND Kontrol Paneli E) RMP

36. **Glideslope'un yayın yaptığı bant aşağıdakilerden hangisidir?**

A) FM B) HF C) SATCOM D) UHF E) VHF

37. **Kokpitten veya bir kabin ekibi istasyonundan yolculara anons yapmak için kullanılan tek yönlü sesli iletişim sistemi aşağıdakilerden hangisidir?**

A) ALT B) FWD C) IFE D) PA E) SATCOM

38. **Yolculara uçuş sırasında ses, video, oyun, alışveriş, internet ve isteğe bağlı olarak telefon desteği sunan sistem aşağıdakilerden hangisidir?**

A) A/C B) FAP C) IFE D) PA E) PAX

39. **Tanımlanan havayolu ile hava aracı arasındaki bilgi alışverişini yöneten sistem aşağıdakilerden hangisidir?**

A) ATSU B) CIDS C) FMA D) FMGC E) SATCOM

40. **Hava trafik kontrol merkezinden veya diğer hava araçlarından sinyal aldığı zaman, otomatik olarak kodlu bir cevap sinyali ile karşılık veren sistem aşağıdakilerden hangisidir?**

A) ACARS B) CALLS C) IFE D) PAX E) TCAS/ATC



uçak bakım alanı

5. ÖĞRENME BİRİMİ

FİBER OPTİK

KONULAR

5.1. OPTİK SİSTEMLERİ ÇALIŞTIRMA

5.2. FİBER OPTİK BAĞLANTILARI YAPMA

5.3. FİBER OPTİK SİSTEMLERİ HAVA ARACI ÜZERİNDE KULLANMA



https://www.eba.gov.tr/c?q=U51075_85b6f330

Temel Kavramlar ve Terimler

- Optik, ışık, ışık kaynağı, yansıma ve kırılma kanunları, ışığın hızı, renkler, uçaklarda kullanılan ışık kaynakları, fiber optik sistem, fiber optik kablo, çok modlu fiber optik kablolar, tek modlu fiber optik kablolar, fiber optik yama kablosu, fiber optik pigtail kablosu, fiber optik kablo konnektörleri, Fly-By-Light uçuş kontrol sistemleri, fiber optik sensörler, optik olmayan sensörler, uçak bakım kılavuzu.

Öğrenme Birimi Açıklaması

- Bu öğrenme biriminde; fiber optikle ilgili temel kavramların yapılandırılması amaçlanmıştır. Bu süreçte optik sistemleri çalıştırma, optikle ilgili temel kavramlar, ışık kaynakları, yansıma ve kırılma kanunları; fiber optik bağlantıları yapma, fiber optik kablolar, fiber optik kablo konnektörleri, fiber optik kablo test ve ekleme işlemleri, fiber optik sistemleri hava aracı üzerinde kullanma, uçuş kontrol sistemleri, fiber optiklerin uçak sistemlerindeki uygulamaları konuları hakkında bilgiler verilecektir.

Hazırlık Çalışmaları

- Kaynağından çıkan ışığın izlediği yol ile ilgili düşüncelerinizi açıklayınız.
- Ortam değişikliğinde ışık nasıl bir yol izler? Edineceğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.
- Fiber optik kablolar nerelerde kullanıldığı ve bu kabloların tercih edilme nedenleri hakkında bilgi edinerek derste arkadaşlarınızla paylaşınız.
- Optik sensörler nerelerde kullanılabilir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.

5.1. OPTİK SİSTEMLERİ ÇALIŞTIRMA

Işık, görmemizi sağlayan bir enerji çeşididir. Her ışık, bir ışık kaynağı tarafından üretilir. Işık yayarak çevresini aydınlatan her şey ışık kaynağıdır. Işık kaynakları **doğal ışık kaynakları** ve **yapay ışık kaynakları** olmak üzere ikiye ayrılır. Kendiliğinden ışık yayan kaynaklar doğal ışık kaynağıdır. İnsan yapımı kaynaklar ise yapay ışık kaynağıdır. Güneş doğal bir ışık kaynağı olup en büyük ışık kaynağıdır. Gece yapay ışık kaynakları kullanılarak aydınlatma yapılır.

Işık ve aydınlatma söz konusu olduğunda akla optik kavramı gelir. Işığı ve ışık olaylarını inceleyen fizik biliminin alt dalına **optik** denir. Yapay ışık, üretildiği kaynağın yapısına göre çok farklı açılarda yayılır. Optik sistemler ışık demetini kontrol ederek İstenen açı ve doğrultuda yayılmasını sağlar.

5.1.1. Temel Kavramlar

Optikle ilgili temel kavramlar; ışık, ışık kaynağı, ışık akısı, ışık şiddeti, aydınlık şiddeti, parıltı (parlaklık), kamaşma, etkinlik faktörü, düzgünlük faktörü, renksel geriverim ve renk sıcaklığı olarak sayılabilir.

5.1.1.1. Işık ve Işık Kaynağı

Bir ışımanın ışık kaynağından çıktıktan sonra nesnelere çarparak veya direkt olarak yansıması sonucu canlıların görmesini sağlayan olguya **ışık** denir. Işık bir enerji türüdür. Yaygın kullanımıyla görünür ışığı ifade eder. Kendiliğinden ışık yayarak görülebilen cisimlere ise **ışık kaynağı** denir.

Tarih boyunca ışığın dalga mı yoksa parçacık mı olduğu konusu çok tartışma konusu olmuştur. İngiliz fizikçi Isaac Newton'un (Ayzek Nivtın) ışığın parçacık olduğu ve Hollandalı matematikçi ve fizikçi Christiaan Huygens'ın (Kristian Hoygıns) ışığın dalga olduğu iddiasıyla geliştirdiği çeşitli teorileri vardır. Modern fizikte ışığın dalga özelliğine sahipken aynı zamanda parçacık benzeri özelliklere de sahip olduğu bilinir.

5.1.1.2. Işık Akısı

Işık kaynağından çıkarak gözün görme alanı içindeki frekanslarda birim zamanda yayılan ışık enerjisine **ışık akısı** denir. Ölçü birimi olarak **Lümen** kullanılır. Işık akısı **φ** [Phi (fi)] ile gösterilir.

5.1.1.3. Işık Şiddeti

Noktasal bir ışık kaynağından belirli bir doğrultudaki uzay açısında ışıyan ışık akısı yoğunluğuna **ışık şiddeti** denir. Başka bir deyişle birim zamanda yayılan enerjidir. Ölçü birimi olarak **Candela** (Kandela) kullanılır. Işık şiddeti **I** ile gösterilir.

5.1.1.4. Aydınlık Şiddeti

Birim yüzeye düşen ışık akısı toplamına **aydınlık şiddeti** denir. Aydınlık şiddeti, bir ışık kaynağının insan gözü tarafından bir yüzeyi ne kadar aydınlattığının ölçüsüdür. Ölçü birimi olarak **Lüks** kullanılır. Aydınlık şiddeti **E** ile gösterilir.

5.1.1.5. Parıltı (Parlaklık)

Aydınlatılan cisimlerden yansıyarak ve ışık kaynaklarından doğrudan göze gelen ışık şiddetinin yüzeyin bakış doğrultusundaki izdüşümüne oranına **parıltı (parlaklık)** denir. Başka bir deyişle birim alan başına yayılan ışığın ölçüsüdür. Gözde aydınlık etkisi yapan parıltıdır. Ölçü birimi olarak **Nit** kullanılır. Parıltı **L** ile göserilir.

5.1.1.6. Kamaşma

Parıltı değerinin gözü rahatsız edecek duruma gelmesine **kamaşma** denir. Başka bir deyişle kontrolsüz bir şekilde dağılan ışığın neden olduğu görsel algıdır. Kamaşma problemi doğrudan veya yansıma sonucunda ortaya çıkabilir.

5.1.1.7. Etkinlik Faktörü

Bir ışık kaynağının birim güç başına verdiği ışık akısına **etkinlik faktörü** denir. Işık kaynağı veriminin göstergesidir. Etkinlik faktörü **e** ile gösterilir.

5.1.1.8. Düzgünlük Faktörü

Aydınlatılmış bir mekânın en karanlık yerindeki aydınlık düzeyinin ortalama aydınlık düzeyine oranına **düzgünlük faktörü** denir. Bu oran, 0,8'e eşit veya daha büyük olmalıdır.

5.1.1.9. Renksel Geriverim

Işığın renkli bir obje üzerinde gerçekleştirdiği renksel etkiye **renksel geriverim** denir. Başka bir deyişle gün ışığı referans kabul edildiğinde, renk kayıplarına göre yapay ışığın yüzdesel olarak değerlendirilmesidir.

5.1.1.10. Renk Sıcaklığı

Bir ışık kaynağının yaydığı ışığın renginin Kelvin olarak sıcaklık karşılığına **renk sıcaklığı** denir. Işık kaynağının rengini derecelendiren ve tanımlayan bir terimdir. Yaygın olarak kullanılan renklerin sıcaklıkları 1.000 K ile 12.000 K aralığındadır. Renk sıcaklığında ters bir orantı söz konusudur. Örneğin 2.700 K sıcak, 6.000 K çok soğuk bir renktir.

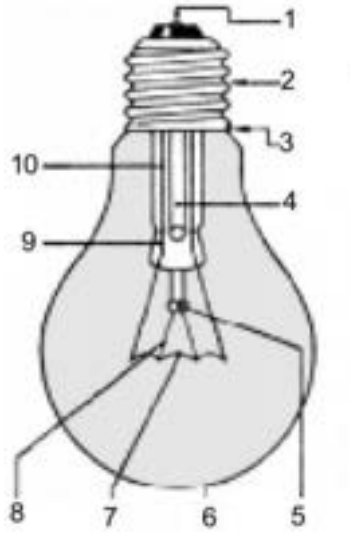
5.1.2. Yapay Işık Kaynakları

Günümüzde yapay ışık kaynağı olarak akkor flamanlı lamba, halojen lamba, sodyum buharlı lamba cıva buharlı lamba, kompakt floresan lamba, metal halide lamba, LED, neon lamba ve soğuk katot lamba sayılabilir.

5.1.2.1. Akkor Flamanlı Lamba

1879 yılında Thomas Alva Edison (Tamıs Alva Edisın) kömürleştirilmiş iplikten flamanlarla deneyler yaptıktan sonra ilk kez karbon flamanlı lambayı icat etmiştir. Bu lamba, tungsten telden yapılmış flaman üzerinden akım akıtılarak telin akkor derecede kızarması sonucu ışık üretir.

Etkinlikleri 15 Lümen/Watt seviyelerindedir. Bu değer, floresan lambalarla karşılaştırıldığında aynı güç için 1/5 oranında ışık elde edilmesi demektir (Görsel 5.1).



Akkor Flamanlı Lambanın Parçaları

1. Orta kutup
2. Başlık ya da kaide
3. Yan kutup
4. Boşaltma tüpü
5. Düğme
6. Cam gövde
7. Flaman
8. Flaman taşıyıcı
9. Kıstırmalı geçit
10. Akım iletici

Görsel 5.1: Akkor flamanlı lamba

Avantajları

- AC ve DC gerilimle çalışabilir.
- Renksel geriverimleri çok yüksektir.
- Bu lambaların kullanıldığı yerlerde stroboskobik etki (eşik gerilimi altındaki değerlerde ışık veremediklerinden dönme hareketi ya da harmonik hareket yapan cisimlerin bu hareketinin göz tarafından yanlış algılanması) görülmez.
- Açma kapama, ömürlerini olumsuz yönde etkilemez.
- Herhangi bir yardımcı elemana ihtiyaç duymaz.
- Çok kolay dimmerlenebilir (ışık seviyeleri ayarlanabilir).
- Ekonomiktir.

Dezavantajları

- Kullanım ömürleri ortalama olarak 1.000 saat kadardır.
- Şebeke geriliminden sıkça etkilenir.
- Titreşim etkisi gözlemlenir.
- Aşırı gerilimlere karşı dayanıksızdır.
- Isı verir.

Kullanım Alanları

- Açma kapamanın çok yapıldığı merdivenler ve apartman girişlerinde sıkça kullanılır.
- Kısa süreli kullanılan yerlerin (hol vb.) aydınlatılmasında kullanılır.

5.1.2.2. Halojen Lamba

Akkor flamanlı lambalarla benzer bir yapıya sahiptir. İçerisine halojenür gazı eklenmiş, pembemsi olan akkor flamanlı lambanın ışığı sarı renge çevrilmiştir. Etkinlikleri 12 ile 25 Lümen / Watt seviyelerindedir (Görsel 5.2).



Görsel 5.2: Halojen lamba

Avantajları

- Ömürleri ortalama 1.000 ile 4.000 saat arasında değişir.
- Yaygın olarak 12 V ya da 220 V şebeke gerilimiyle beslenir.
- Eğer şebeke gerilimiyle çalışmıyorsa yardımcı eleman olarak trafo veya anahtarlamalı güç dönüştürücüleri kullanılır.
- Renksel geri verimleri çok yüksektir.
- Bu lambaların kullanıldığı yerlerde stroboskobik etki görülmez.

Kullanım Alanları

- Genellikle müzelerde obje ve tablo aydınlatmalarında kullanılır.

5.1.2.3. Alçak Basınçlı Sodyum Buharlı Lamba

Alçak basınçlı ve sodyum buharlı lambaların içinde neon gazı bulunur. Bu tip lambalar; içinde bulunan neon gazından dolayı deşarj başladığında önce pembe, daha sonra katı sodyumun buharlaşmasıyla turuncu bir renk alır. Etkinlikleri en yüksek lambalardır. 100 ila 192 Lümen/ Watt seviyelerindedir (Görsel 5.3).



Görsel 5.3: Alçak basınçlı sodyum buharlı lamba

Avantajları

- Bu lambaların kullanıldığı yerlerde elektronik balast kullanılması hâlinde stroboskobik etki görülmez.
- Ömürleri ortalama 16.000 saattir.

Dezavantajları

- Trafo ve kondansatör gibi yardımcı elemana ihtiyaç duyar.
- Renksel geriverimi en düşük lambadır.

Kullanım Alanları

- Fabrika çevresi, havalimanı, askeri alan ve tünel aydınlatmalarında kullanılır.

5.1.2.4. Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lamba

Bu lamba, alçak basınçlı sodyum buharlı lambanın geliştirilmesiyle üretilmiştir. Lambanın deşarj tüpü içinde sodyum-cıva karışımı ve ksenon gazı bulunur. Tüp içindeki sodyum gazı ışımanın büyük bir kısmını gerçekleştirir. Kolay iyonize olma özelliğine sahip ksenon gazı ise ateşlemeyi kolaylaştırır. Tüp içindeki cıva tüpün gaz basıncını ve lamba çalışma gerilimini düzenler. Etkinlikleri 88 ila 130 Lümen/Watt seviyelerindedir (Görsel 5.4).



Görsel 5.4: Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba

Avantajları

- Boyutları alçak basınçlı olanlara göre çok daha küçüktür.
- Ömürleri ortalama 16.000 ile 32.000 saat arasında değişir.
- Renksel geriverimi alçak basınçlılara göre daha iyidir.

- Yüksek ışık verimi sağlar.
- Bakım maliyeti düşüktür.
- Gerilim değişimlerine karşı dayanıklıdır.

Dezavantajları

- Bu lambaların kullanıldığı yerlerde stroboskobik etki görülür.
- Yardımcı eleman olarak balast, ateşleyici ve kondansatöre ihtiyaç duyar.

Kullanım Alanları

- Yol, liman, tünel, fabrika dış mekân ve meydan aydınlatmalarında sıkça kullanılır.

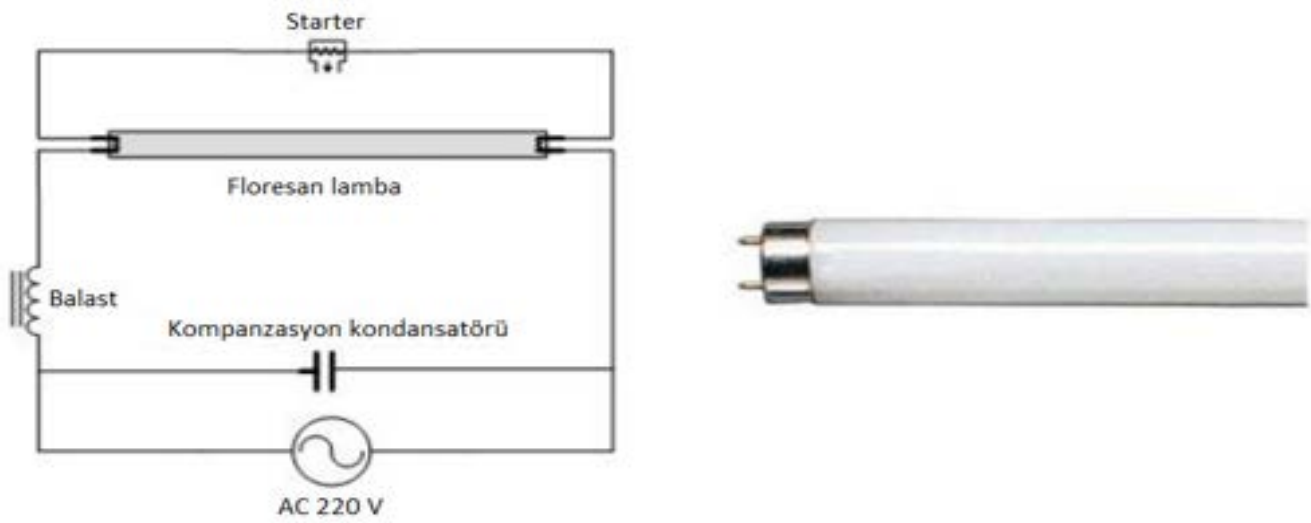
5.1.2.5. Alçak Basınçlı Cıva Buharlı Lamba

Floresan lamba da denir. Ana akım ve marş [starter (sıtartır)] devresi olmak üzere iki kısımdan oluşur (Görsel 5.5). Gerilimin ilk geldiği anda tüpün yüksek direncinden dolayı deşarj oluşmaz. Akım flamanlar ve starter üzerinden devresini tamamlar. Flamanlar ısınarak tüpün içindeki gaz karışımı ısıtılmış olur. Starter (ön ısıtma) devreden aniden çıkar. Balasta biriken enerji ters EMK oluşturur. Şebeke gerilimiyle birlikte tutuşma (ateşleme) geriliminin oluşmasını sağlar.

Deşarj başlayınca eksi direnç özelliğine sahip tüpün direnci hızla düşer. Direnci düşen deşarj tüpü, bu durumda şebekeden çok fazla akım çekmek ister. Ancak balast akımı sınırlayarak yüksek değerlere çıkmasına izin vermez.

Balastın iki temel görevi, tutuşma gerilimini sağlamak ve sürekli çalışmada akımı sınırlamaktır. Starterin temel görevi ise ön ısıtmayı sağlamak ve tutuşma geriliminin oluşmasına yardımcı olmaktır.

Alçak basınçlı cıva buharlı lambaların etkinlikleri 60 ila 104 Lümen/Watt seviyelerindedir.



Görsel 5.5: Alçak basınçlı cıva buharlı (floresan) lamba

Avantajları

- Ömürleri ortalama 5.000 ile 16.000 saat arasında değişir.

Dezavantajları

- Açma kapamanın ömürleri üzerinde olumsuz etkisi vardır.
- Bu lambaların kullanıldığı yerlerde stroboskobik etki görülür.
- Yardımcı eleman olarak balast, ateşleyici ve kondansatöre ihtiyaç duyar.

Kullanım Alanları

- İç aydınlatmanın temel elemanıdır. Kamu binaları, ofis, ev ve endüstriyel tesislerin aydınlatılmasında kullanılır.

5.1.2.6. Kompakt Floresan Lamba

Kompakt floresan lamba; elektronik balast, deşarj tüpü ve duyun küçük bir boyutta tümleşik bir biçimde bir araya getirilmesiyle oluşturulan alçak basınçlı cıva buharlı lambadır. Floresan lambalarla aynı özelliklere sahiptir. Günümüzde farklı biçimlerde, güçlerde ve renk sıcaklıklarına sahip kompakt floresan lambalar mevcuttur. Spiral lamba olarak da bilinir. Etkinlikleri 75 Lümen/Watt seviyelerindedir (Görsel 5.6).



Görsel 5.6: Kompakt floresan (spiral) lamba

Avantajları

- Akkor flamanlı lambalara göre %80 enerji tasarrufludur.
- Uzun ömürlüdür.
- Yüksek ve sürekli ışık verimi sağlar.

Kullanım Alanları

- Küçük boyutlu modelleri avizelerde kullanılır.

5.1.2.7. Metal Halide Lamba

Metal halide lamba, yüksek basınçlı gaz deşarj lambası çeşitlerinden biridir. Özellikle yansıtma özelliği daha nitelikli olan metal kalitesiyle birlikte performansı çok yüksektir. Aynı zamanda tasarruflu enerji kullanımını destekler. Yuvarlak silindir şeklinde olan modeller, farklı yerlerde kullanıldığı hâlde çok iyi sonuç veren kaliteye sahiptir. Şeffaf camlı olan bu lambalar çok güçlü ışık verir. Etkinlikleri 72 ila 110 Lümen/Watt seviyelerindedir (Görsel 5.7).



Görsel 5.7: Metal halide lamba

Avantajları

- Ömürleri 6.000 ile 12.000 saat arasında değişir.
- Renksel geriverimi çok iyidir.
- Renk sıcaklığı değeri gün ışığına çok yakındır.

Dezavantajları

- Bu lambaların kullanıldığı yerlerde stroboskobik etki görülür.
- Elektronik balast ile birlikte çalışır.

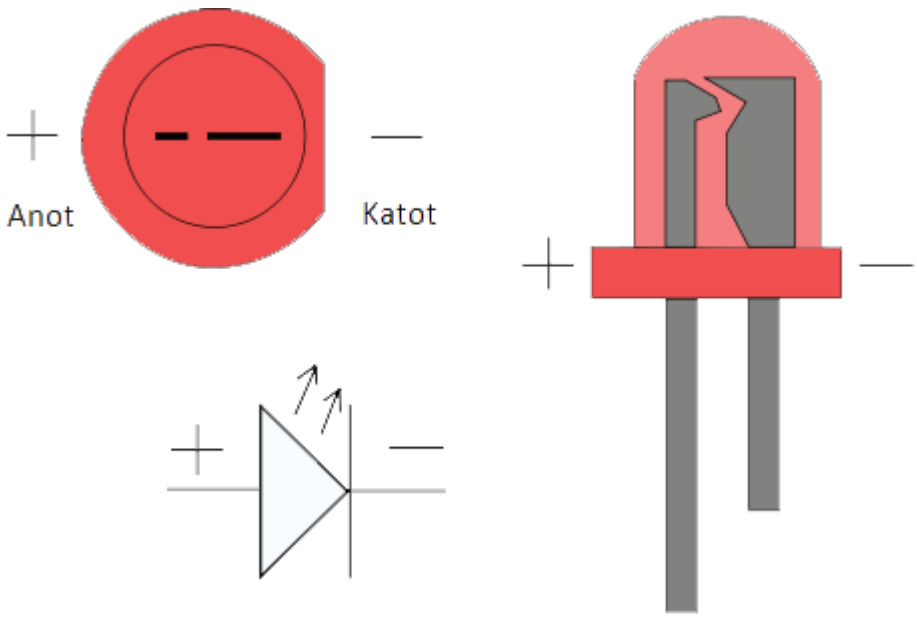
Kullanım Alanları

- Renksel geriverimi iyi olmasından dolayı bina dış cephe reklam aydınlatmasında, stat ve halı saha, mağaza içi ve vitrin aydınlatmalarında kullanılır.

5.1.2.8. LED

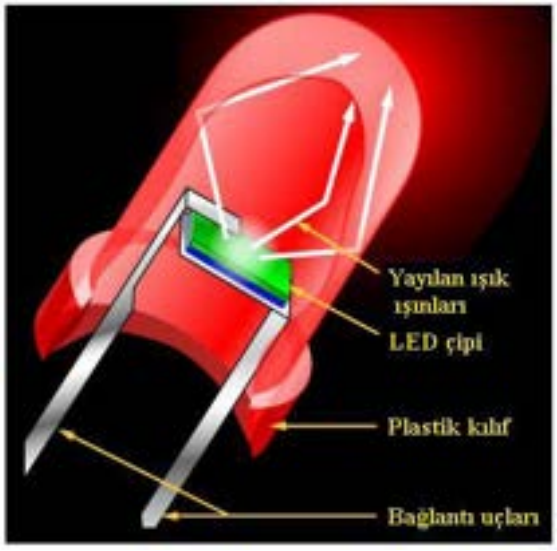
LED'ler elektrik enerjisini ışık enerjisine dönüştüren yarı iletken devre elemanlarıdır. LED, İngilizce ışık yayan diyot anlamına gelen **Light Emitting Diode** (layt emitink diyot) sözcüklerinin baş harfleri olan **LED** şeklinde ifade edilir.

LED'lerin iki pini (ayağı) bulunur. Uzun ayak anot (+) ve kısa ayak katot (-) olarak adlandırılır (Görsel 5.8).



Görsel 5.8: LED

LED'in en önemli kısmı, yarı iletken malzemeden oluşan ve ışık yayan LED yongasıdır. LED yongası noktasal bir ışık kaynağıdır. Şeffaf kılıf içine yerleştirilmiş yansıtıcı eleman sayesinde ışığın belirli bir yöne doğru yayılması sağlanır. Şeffaf kılıflı bir LED'e dikkatli bakılırsa LED yongası gözle görülebilir (Görsel 5.9).



Görsel 5.9: LED yongası

LED'e doğru (ileri yön) polarma uygulandığında yapısındaki **P** maddesindeki oyuklarla **N** maddesindeki elektronlar, birleşim yüzeyinde nötrleşir. Bu birleşme sırasında meydana gelen enerji ışık enerjisidir. LED'lerin yaydığı ışık, LED yongası içindeki yarı iletken katkı maddeleriyle ilgilidir. Galyum, arsenit, alüminyum, fosfat, indiyum, nitrit gibi kimyasal maddelerle uygun oranda yarı iletken malzeme kullanılarak LED'lerin farklı renkte ışık yayması sağlanır.

LED'lerin verimli olmanına karşın birtakım sınırlamaları da vardır. Elektrostatik boşalmalara karşı duyarlılık, renge bağlı 1,7 V ile 3,6 V arasında besleme gerilimi zorunluluğu ve kutuplu olma özelliği bu sınırlamalar arasında sayılabilir. Normalde beyaz ışık kaynağı kullanılır. Renkler dalga boyu ayarlarıyla sağlanır. Çalışma sıcaklığı -25 °C ile 85 °C arasında olmalıdır (Tablo 5.1).

Tablo 5.1: Tip ve Renklerine Göre LED Teknik Bilgileri

LED		Parametreler			
Tipi	Rengi	Çalışma Gerilimi (V)	Maksimum Çalışma Akımı (mA)	Dalga Boyu (nm)	Işık Şiddeti (mcd)
Standart	Kırmızı	1,7	30	660	5 / 10 mA
Standart	Parlak Kırmızı	2	30	625	80 / 10 mA
Standart	Sarı	2,1	30	590	32 / 10 mA

Standart	Yeşil	2,2	25	565	32 / 10 mA
Yüksek yoğunluklu	Mavi	4,5	30	430	60 / 20 mA
Süper parlak	Kırmızı	1,85	30	660	500 / 20 mA
Düşük akımlı	Kırmızı	1,7	30	625	5 / 2 mA

1990'da kırmızı LED ile birlikte sarı, yeşil, mavi ve beyaz LED'ler de üretildi (Görsel 5.10). Ayrıca verimlilikleri de artırıldı. LED'ler; 1994 yılında trafik lambalarında, sarsıntılara dayanıklı olması nedeniyle 2000 yılından sonra otomotiv sektöründe, 2010 yılı itibariyle de evlerde aydınlatma amaçlı kullanılmaya başladı.



Görsel 5.10: Farklı renk LED'ler

LED diyotların ortama yaydığı ışığın frekansı, spektrumun görünür ışık bölgesine denk düşer. Ancak günümüzde gözle görülemeyen frekansta ışık yayan kızılötesi veya morötesi LED'ler de vardır.

Özellikleri

- Yarı iletken malzemelerdir. Ana maddesi silisyumdur.
- Düşük gerilimle çalışır.
- DC gerilimle çalışırlar. AC ile uyumsuzdur ancak doğrultucu yardımıyla AC ile de kullanılabilir.
- Üzerinden akım geçtiğinde foton açığa çıkarak ışık verir.
- Çalışma zamanı çok kısadır.

- Laboratuvar ortamında kırmızı LED'in etkinliği 100 Lümen/Watt seviyelerindedir. Ancak ticari ürünlerin etkinliği 60 ile 80 Lümen/Watt aralığındadır.
- Sinyal amaçlı LED'lerin ömürleri 100.000 saat, aydınlatmada kullanılan LED'lerin yeterli soğutma sağlanırsa 50.000 saat civarındadır.
- Elektriksel şok tehlikesi yoktur.
- LED'ler küçük boyutlarda olduğundan LED ışık kaynaklı armatürler çok farklı şekillerde üretilebilir.
- Darbeye ve titreşime karşı dayanıklıdırlar. Bu nedenle otomotiv sektöründe kullanılır.
- Basit bir devreyle dimmerlenebilir.
- Maliyetleri konvansiyonel ışık kaynaklarına göre yüksektir.
- Farklı renk seçenekleri sayesinde dekoratif aydınlatmada kullanılır.
- Kullanım alanlarına, boyutlarına, kılıflarına ve ışık rengine göre LED'lerin birçok çeşidi vardır. Elektronik devrelerde en sık 5 mm boyutundaki LED'ler kullanılır.

Çeşitleri

- Kızılötesi IRLED [Infrared LED (infred let)],
- RGB LED [Red Green Blue LED (ret gırin bulu let)],
- Şerit LED,
- Güç LED'i [Power LED (pavır let)],
- SMD LED [Surface Mount Device LED (sörfeys mont divayz let)],
- COB (kart üzerinde yonga) LED [Chip On Board LED (çip on bort let)],
- DOB (kart üzerinde sürücü) LED [Driver On Board LED (dırayvır on bort let)].

5.1.2.9. Neon Lamba



Görsel 5.11: Neon lambalar

Neon lamba ve asal gazlı ışık tüpleri; pozitif plazmaya dayanan, düşük basınçlı helyum ve cıva buharı içeren soğuk elektrotlu tüplerdir. Neon lambaların içinde neon veya argon gazı bulunur. Neon gazı koyu portakal kırmızısı, argon mavi renk verir. Helyum gazı ise açık pembe renkte ışık verir. Cıva buharı karışımıyla mavi ışık verir. Sarı bir cam tüp içinde helyum gazı doldurulursa canlı bir sarı ışık elde edilir. Sarı veya kahverengi bir cam boru içindeki neon ve cıva buharı karışımı kuvvetli bir yeşil ışık yayar. Diğer renk seçenekleri tüpün dış yüzeyinin farklı renkte boyanmasıyla elde edilir. Böylece reklamcılıkta kullanılan çeşitli renklerdeki ışık tüpleri elde edilir (Görsel 5.11).

Kırmızı neon lamba ışığı, hava alanlarında engel ışıkları olarak da kullanır. Işık tüpleri 3 ile 18 metre aralığında imal edilir. Boru çapları 10 mm ile 25 mm arasında değişir.

Neon lamba yüksek gerilimle çalışır. Kullanılan trafolar, gerilimi 3000 ile 15000 V'a kadar çıkarır. Etkinlikleri çok düşüktür. 30 ile 50 Lümen/Watt seviyelerindedir.

- Avantajları
  - Farklı renk seçenekleri vardır.
  - Trafo çıkış gerilimini yükseltirken akım sınırlandığından balasta gerek yoktur.
- Dezavantajları
  - Yüksek gerilimle çalıştıklarından elektriksel şok tehlikesi söz konusudur. Bu nedenle yüksek koruma sınıflarına sahip ekipmanlarla kullanılır.
- Kullanım Alanları
  - Genel aydınlatmada kullanılmazlar. Özellikle tabela aydınlatmalarında çokça kullanılırlar.

5.1.2.10. Soğuk Katot Lamba

Soğuk katot lamba, floresan lambayla aynı yapıdadır. Cıva bazlıdır. Ancak yüksek gerilimle çalışır. Uç uca eklenebildiklerinden kopukluk olmaksızın kesintisiz bir ışık dizisi oluşturmaya uygun lambalardır. Boyları 3 m'ye kadar olabilir. Yüksek gerilim trafosuyla beslenir. Çıkış akımı düşük olduğundan basit bir reosta ile %50'ye kadar kolayca dimmerlenebilir.

Soğuk katot floresan lambaları, katot sıcaklığı 150 °C'ı aşmayan cihazlardır. Çalışma gerilimi 600 ile 900 V başlangıç gerilimi 900 V ile 1.600 V'tur. Işık, yüksek gerilim gerektiren iyonize bir gazdan yayılır. Boşalma, elektrotlar arasındaki boşluğun dağılması sırasında meydana gelir. Normal koşullarda lambadaki gaz dielektriktir. Ancak elektrik alanında iyonlar ve elektronlar hareket etmeye başlar. Elektrik alanı, yüksek gerilim uygulandığında yüklü parçacıkları çok fazla hızlandırır. Gaz molekülleriyle çarpıştığında elektronları vurur. Yeni oluşturulan iyonlar ve elektronlar iyonlaşmaya da katılır. Böylece işlem çığ benzeri hâle gelir.

Sıcak çalıştırma lambalarında deşarj ark şeklindedir. Soğuk bir deşarjdan gelen ışık kaynakları parlar. Cıva, yavaş yavaş sıvıdan gaz hâline geçer. Cıva atomlarıyla çarpışan elektronlar ultraviyole bölgesinde enerji ve yoğun radyasyon salınımını başlatır. Ampul içindeki fosfor kaplamadan ışık yayılır (Görsel 5.12).



Görsel 5.12: Soğuk katot lamba

Avantajları

- Soğuk katot lambaları ısınmaz.
- Soğuk bir katot ışığı neon aydınlatmaya göre beş kat daha parlaktır.
- Ömürleri 50.000 saattir.
- Açma kapama, ömürlerini olumsuz yönde etkilemez.

Dezavantajları

- Neon aydınlatmadan daha pahalıdır.

Kullanım Alanları

- Mimari ve tasarım amaçlı olarak kullanılır.
- Sanatsal etki için veya bekleme odaları gibi sessiz alanlar için dolaylı aydınlatma sağlanan yerlerde kullanılır.

5.1.3. Fiber Optik Aydınlatma

Fiber optik aydınlatma, ışığı fiber liflerle istenilen noktalara taşımaya yarayan yeni bir aydınlatma tekniğidir. Işık, elektrik akımı olmaksızın taşınır. Bu nedenle elektrik veya ısı enerjisinin olumsuz etkileri görülmez. Bu sistem; ışık kaynağı, optik port, fiber lifler ve sonlandırıcı optik lenslerden meydana gelir. Işık kaynağı ışık üretimini, fiber optik kablo ise ışık taşıyıcısı görevini üstlenir (Görsel 5.13).

Fiber lifler teorik olarak 40 m'ye kadar kullanılabilir. Ancak uygulamada 10 m'den sonra ışık rengi üzerinde bozulmalar başlar.

Fiber optik ışık kaynaklarının yüksek yoğunluklu deşarj lambalı, halojen lambalı ve LED sistemli olmak üzere üç çeşidi bulunur. Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte fiber optik aydınlatma için ışık kaynaklarında genellikle LED teknolojisi kullanılmaktadır. LED ışık kaynakları aydınlatmada istenen özelliklere cevap verecek nitelikte çok çeşitli tasarımlarda ve değişik modellerde üretilmektedir.



Görsel 5.13: Fiber optik aydınlatma

Fiber optik kablolar projeye ve gereksinime göre uygun ebatlarda kesilerek bir demet hâline getirilir. Bu demetler ışık kaynağına sonlandırıcı ile yerleştirilir. Böylece ışık kaynağının ürettiği ışık, fiber optik demet içinde taşınarak armatüre veya direkt fiber optik uca iletilir.

Fiber optik aydınlatma; ışık kaynağı ile armatürün farklı yerlerde olması, ulaşılması ve bakımı zor noktaların aydınlatılmasında kolaylık sağlar. Efekt ve farklı modelleme seçenekleriyle tasarımda önemli bir yeri vardır.

Uygulama kolaylığı sayesinde dekoratif, yerel ve genel aydınlatma ihtiyacı olan her yerde rahatlıkla kullanılabilir. Özellikle estetik ve tasarımın önem kazandığı yerlerde yaratıcılığı ön plana çıkarır. Fiber optik aydınlatma, diğer elektrikli aydınlatma elemanlarının kullanılmasının risk taşıdığı yerlerde rakipsiz bir aydınlatma teknolojisidir.

Fiber optik aydınlatma sistemleri elektrik enerjisi iletmez. Sadece ışık enerjisini taşır. Bu nedenle ıslak, nemli, buharlı bölgelerde ve patlama riski yüksek yerlerin aydınlatılmasında güvenle kullanılır.

Fiber optik aydınlatma göz ve sinirsel yorgunluğu azaltır.

Avantajları

- Işığın manyetik alan oluşturmaması nedeniyle toz ve benzeri partikülleri harekete geçirmez.
- Geleneksel sistemlere göre oldukça estetiktir.
- Ulaşımı ve bakımı zor noktaların aydınlatılması için uygundur.

Kullanım Alanları

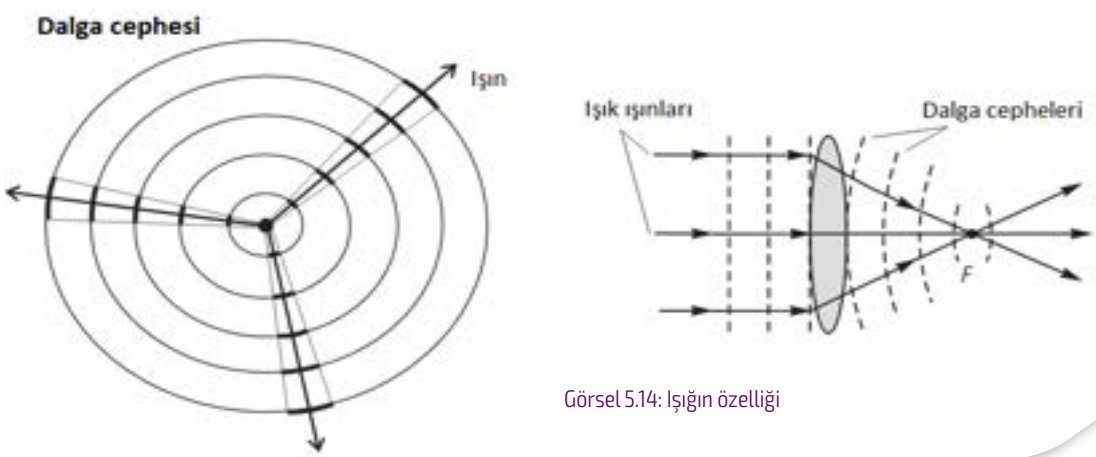
- Işıkla birlikte kızılötesi ve morötesi ışınların ve ısının taşınmasının istenmediği yerlerde kullanılır.
- Dekoratif amaçlı kullanılır. Dekoratif aydınlatmada isteğe bağlı olarak ışık kaynağı önüne yerleştirilen farklı renk disk seçenekleriyle görsel efektler oluşturulabilir.
- Müze, cephane ve havuz aydınlatmalarında kullanılır. Anıtkabir müzesinde Atatürk'ün balmumu heykelinin aydınlatılmasında fiber optik aydınlatma kullanılmıştır.
- Otomotiv sanayinde araç içi ve dışı aydınlatmasında, VIP araç tasarım, araç içi yıldız tavan aydınlatmasında kullanılır.

5.1.4. Yansıma ve Kırılma Kanunları

Işığın yansıması ve kırılması geometrik optik olarak da bilinir.

5.1.4.1. Işığın Özelliği

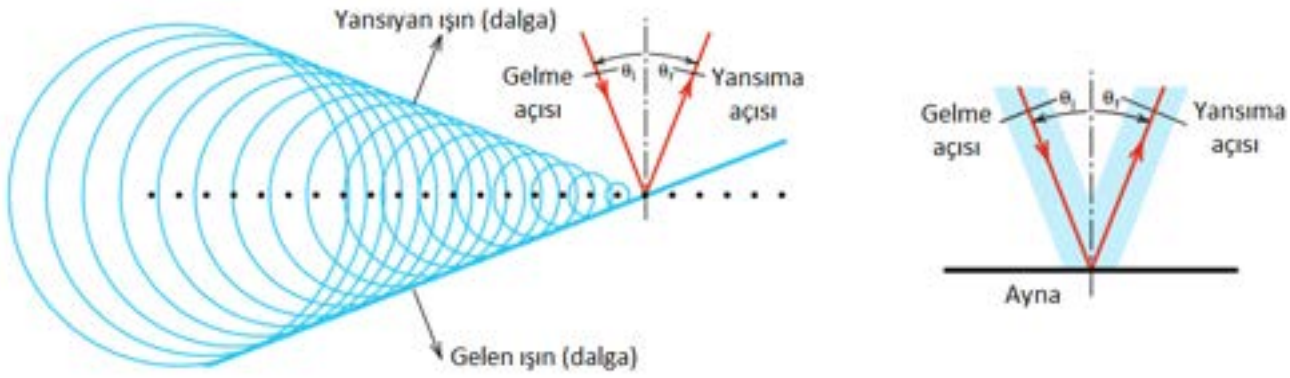
Enerji türü olan ışık, doğrusal yolla her yöne yayılır. İngiliz fizikçi Thomas Young (Tamıs Yank) 1801'de çift yarık deneyi ile ışığın dalga özelliğine sahip olduğunu ispatlamıştır. Işık, bir dalga cephesine sahip olarak ilerler. **Dalga cephesi** aynı faz ve genliğe sahip bir dalganın noktalarından geçen yüzeydir. Her dairesel dalga bir dalga cephesidir. Işın bir dalga cephesinin yayılımının yönünü veya doğrultusunu gösterir (Görsel 5.14).



Görsel 5.14: Işığın özelliği

Işığın dalga boyu, birçok nesneyle karşılaştırıldığında çok daha küçüktür. Işık ışınları bu nesnelerle karşılaştığında çok keskin gölgeler oluşturur. Çünkü kırınım ve girişim etkileri ihmal edilebilecek kadar azdır.

Dalga, çok küçük (ışığın dalga boyundan daha küçük) bir nesneye çarptığında dairesel saçılmış dalgalar ortaya çıkar. Dairesel saçılmış dalgalar, ışık ışınları birçok atomdan oluşmuş bir metal yüzeye çarptığında yansımış bir dalga üretmek üzere toplanır. Her iki durumda da gelen ışık ışınları θi [Theta (teta)] açısı ile gelir. θr açısı ile yansır (Görsel 5.15).



Görsel 5.15: Işığın özelliği

5.1.4.2. Işığın Hızı

Işık, farklı materyallerde farklı hızlarda ilerler. Vakumda ve havada 3.10^8 m/s hızla ilerler. Bu değer ışık hızı olarak bilinir. Bu hızla bir saniyede dünyanın etrafında yedi kez dönebilecek kadar hızlıdır (Görsel 5.16).



Görsel 5.16: Işık izi

Işık bir ortamdan diğer bir ortama geçerken kırılır. Çünkü ışığın hızı değişik ortamlarda farklılık gösterir. Işık hızı ortamın kırıcılığına göre değişir. Az kırıcı ortamdan çok kırıcı ortama geçen ışığın hızı azalır. Çok kırıcı ortamdan az kırıcı ortama geçen ışığın hızı artar. Işık, farklı yoğunluklardaki ortamlarda farklı hızlarda ilerler (Tablo 5.2).

Tablo 5.2: Işığın Farklı Ortamlardaki Hızı	
Malzeme/Ortam	Işık Hızı (km/s)
Boşluk	300.000
Hava	299.913,02
Buz	229.007,63
Su	225.563,9
Cam	157.947–200.000
Elmas	123.966,94

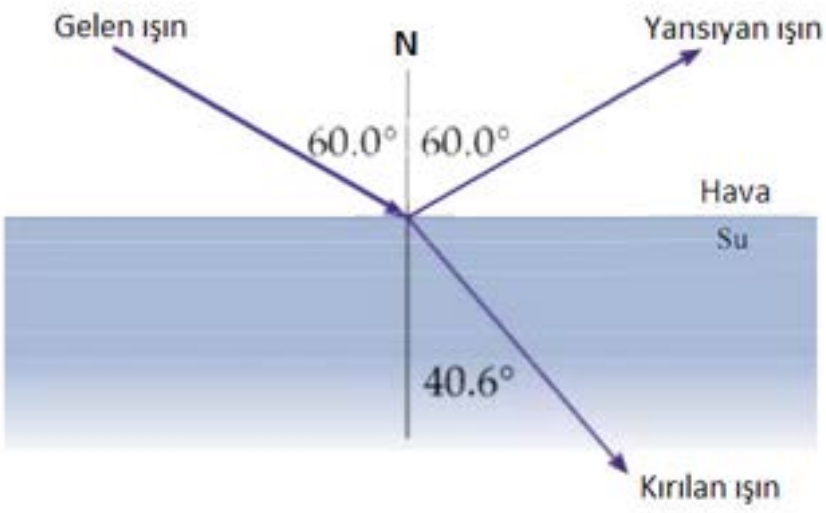
5.1.4.3. Işığın Yansıması ve Yansıma Kanunları

Işık maddeyle farklı şekillerde etkileşime girebilir. Bazı maddeler tarafından soğurulur, bazılarında yansır ve bazılarında ise kırılmaya uğrar. Işık, koyu renkli yüzeylerde soğurulur. Parlak yüzeylerde ise yansır. Cisimlerin görülebilmesi için ışığın yansıması gerekir. Işığın bir yüzeye çarpıp geldiği ortama geri dönmesine **yansıma** denir.

Yansımaya İlişkin Temel Kavramlar

- **Normal:** Yüzeye dik olarak çizilen hayali çizgidir. **N** harfiyle gösterilir.
- **Gelme Açısı:** Gelen ışın ile normal arasındaki açıdır. **θi** ile gösterilir.
- **Yansıma Açısı:** Yansıyan ışın ile normal arasındaki açıdır. **θr** ile gösterilir.

Işık ışını bir ortamdan başka bir ortama geçerken gelen ışığın bir kısmı yansır. Bir kısmı da iki ortamı birleştiren sınırdan geçerek yoluna devam eder. İkinci ortama geçen ışına **kırılmış ışın** denir (Görsel 5.17).

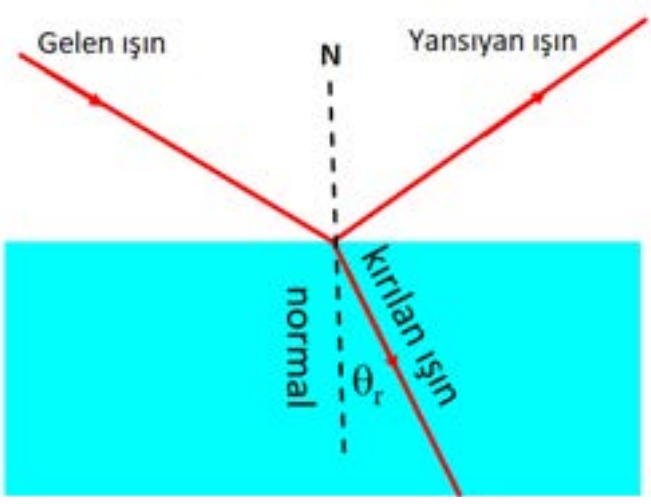


Görsel 5.17: Işığın yansıması

Işık; hava ve su gibi iki ortamın kesiştiği bir noktaya geldiğinde, gelen ışık için aşağıda verilen dört durumdan biri ortaya çıkar.

- Yüzeyden kısmen veya tamamen yansıyabilir.
- Yüzeyde rastgele bir doğrultuda saçılabilir.
- Kırılarak kısmen ikinci ortama geçebilir.
- Her iki ortamda kısmen soğurulabilir.

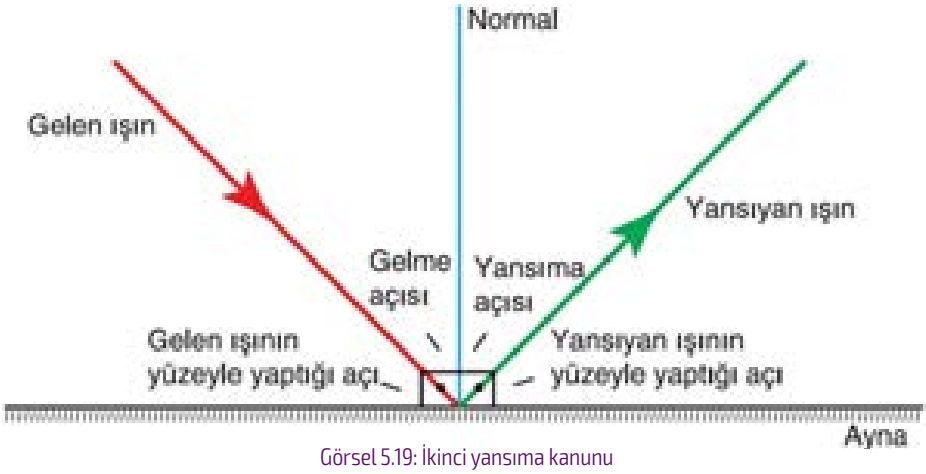
İki ortam arasında hem yansıma hem de kırılma olur. Gelen, yansıyan ve kırılan ışının açıları bu iki ortamı birleştiren yüzey normali ile ölçülür. Yansıyan ışın için gelme açısı ve yansıma açıları daima aynıdır. İkinci ortam birinci ortamdan daha yoğunsa kırılan ışının açısı, gelme açısından daha küçük olur (Görsel 5.18).



Görsel 5.18: Işığın iki ortamda yansıması ve kırılması

Temel Yansıma Kanunları

- **1. Kanun:** Gelen ışın, yansıyan ışın ve normal aynı düzlemdedir.
- **2. Kanun:** Gelme açısı ile yansıma açısı birbirine eşittir (Görsel 5.19).



Görsel 5.19: İkinci yansıma kanunu

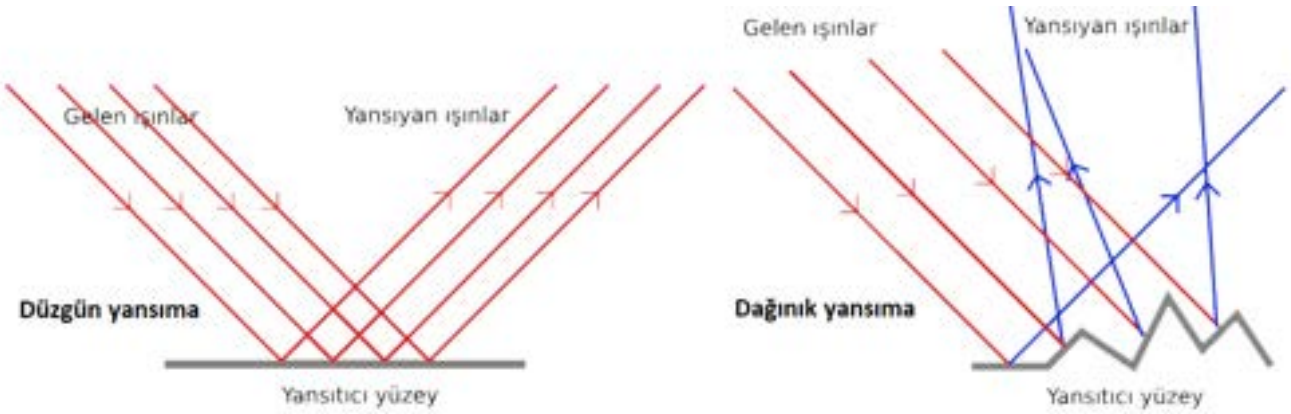
- **3. Kanun:** Normal üzerinden gelen ışın aynı yoldan geri döner (Görsel 5.20).



Görsel 5.20: Üçüncü yansıma kanunu

Yansıma, yansıtıcı yüzeyin durumuna göre **düzgün (speküler)** ve **dağınık** yansıma olarak ikiye ayrılır.

- **Düzgün (Speküler) Yansıma:** Işığın çarptığı yüzey pürüzsüzdür. Bu nedenle net bir görüntü oluşur. Cisimler aynı şekil ve büyüklüktedir. Düz cam, ayna ve durgun su örnek olarak verilebilir (Görsel 5.21).
- **Dağınık Yansıma:** Işığın çarptığı yüzey pürüzlüdür. Bu nedenle net bir görüntü oluşmaz. Cisimler farklı şekil ve büyüklüktedir. Dalgalı su, saman kâğıdı ve buruşmuş alüminyum folyo örnek olarak verilebilir (Görsel 5.21).



Görsel 5.21: Yansıma çeşitleri

5.1.4.4. Işığın Kırılması ve Kırılma Kanunları

Işığın saydam bir ortamdan farklı bir saydam ortama geçerken doğrultu değiştirmesine **kırılma** denir. Aynı ortamda ışık kırılmaz. Kırılma olayının olabilmesi için saydam ortamlar olmalı ve saydam ortamların yoğunlukları farklı olmalıdır. Işığın saydam ortamdaki hızı, ortamın yoğunluğuna bağlıdır. Yoğunluk arttıkça ışığın hızı azalır.

Kırılma olayı birçok doğal olayda kendini gösterir. Gökkuşağının oluşması, gökyüzünün genellikle mavi, bazen güneş batarken kırmızı renkte görülmesi gibi olaylar örnek olarak verilebilir. Güneş ışığı, birçok dalga boylu ışığı bünyesinde barındırır. Güneş ışığı atmosfere girdiğinde, atmosferdeki birçok gaz moleküllerine ve toz parçacıklarına çarparak saçılır. Güneş ışığındaki en kısa dalga boylu mavi ışık, atmosferin en üst tabakasında hemen saçılır. Daha büyük dalga boylu diğer ışınlar dağılıma uğramaz. Bu nedenle gökyüzü mavi renkte görülür.

Günlük Yaşamda Işık Kırılması Örnekleri

- Fiber optik kablolar,
- Endoskopi cihazı,
- Denizde balık avlayan balıkçının balıkları daha yakın görmesi,
- Serap olayı,
- Yıldızların gökyüzünde olduğundan farklı yerde görünmesi,
- Havuza bakan kişinin havuzu derin görmemesi,
- Su dolu bardağın içine bırakılan kalemin kırık görünmesi,
- Gökkuşağının oluşması.

Kırılmaya İlişkin Temel Kavramlar

- **Normal:** Yüzeye dik olarak çizilen hayali çizgidir. **N** harfiyle gösterilir.
- **Kırılma İndisi:** Işık farklı materyallerde farklı hızlarda ilerler. Vakumda ve havada 3.10^8 m/s hızla ilerler. Bu değer ışık hızı olarak bilinir. Işık bir ortamdan diğer bir ortama geçerken kırılır. Çünkü ışığın hızı değişik ortamlarda farklılık gösterir. Kırılma indisi, ışığın ortamdaki hızıyla ilgili oranı ifade etmek için kullanılır. Küçük n harfiyle gösterilir. Kırılma indisi 1'den büyük olan, birimi olmayan bir sayıdır.

$$n = \frac{c}{v}$$

$$n = \frac{\lambda}{\lambda_n}$$

Formüllerde kullanılan:

n: Kırılma indisi (birimi yok)

c: Işığın boşluktaki hızı (Metre/saniye-m/s)
v: Işığın bir ortamdaki hızı (Metre/saniye-m/s)
λ: Işığın boşluktaki dalga boyu (Metre-m)
λ_n: Işığın bir ortamdaki dalga boyu (Metre-m)

Bazı materyallerin kırılma indisleri Tablo 5.3'te verilmiştir. Kırılma indisi küçük olan ortama az yoğun ortam, kırılma indisi büyük olan ortama çok yoğun ortam denir. Cam, su ve havanın kırılma indisleri arasındaki ilişki $n_{cam} > n_{su} > n_{hava}$ şeklinde ifade edilir.

Tablo 5.3: Bazı Materyallerin Kırılma İndisleri	
Malzeme/Ortam	Kırılma İndisi (n)
Hava	1,00029
Su	1,33
Etil alkol	1,36
Bal	1,48
Cam	1,5
Benzen	1,5
Plastik	1,47 – 1,6
Elmas	2,417
Silikon	3,5

Örnek: Vakumdaki ışık hızı 3.10^8 m/s olduğuna göre ışığın silikon materyaldeki hızını bulunuz.

Çözüm: $n_{silikon} = 3,5$ (Tablo 5.1).

$c = 3.10^8$ m/s = 300000 km/s

v = ?

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow 3,5 = \frac{3.10^8}{v} \Rightarrow v = \frac{3.10^8}{3,5} = 0,85714.10^8 \text{ m/s} = 85714 \text{ km/s}$$ bulunur.

- **Gelme Açısı:** Gelen ışın ile yüzey normali arasındaki açıdır. θi ile gösterilir (Görsel 5.22).
- **Kırılma Açısı:** Kırılan ışın ile normal arasındaki açıdır. θr ile gösterilir (Görsel 5.22).



Görsel 5.22: Işığın kırılması

Temel Kırılma Kanunları

Işık, farklı ortamlarda farklı şekilde kırılır. Kırılma olaylarında geçerli kurallar vardır. Bu kurallara **kırılma kanunları** denir.

- **1. Kanun:** Gelen ışın, kırılan ışın ve normal aynı düzlemdedir.
- **2. Kanun:** Normal doğrultusunda, yani dik gelen ışınlar kırılmaz.
- **3. Kanun:** Işınlar az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçerken normale yaklaşarak kırılır. Çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçerken ise normalden uzaklaşarak kırılır.

Gelme açısının büyümesiyle kırılma açısı da büyür. Cisimler, az yoğun ortamdan çok yoğun ortama bakıldığında olduklarından daha yakında görünür. Çok yoğun ortamdan az yoğun ortama bakıldığında ise olduklarından daha uzakta görünür. Bu değişikliklerin sebebi, cisimden çıkan ışınların yoğunlukları farklı ortamlara geçerken kırılmasıdır.

Snell (Sinel) Kanunu: Ortam değiştiren ışığın geldiği ortamın kırılma indisi ve gelme açısı, girdiği ortamın kırılma indisi ve kırılma açısı arasındaki matematiksel ilişkidir. Başka bir deyişle ışığın geldiği ortamın kırılma indisinin gelme açısının sinüsüyle çarpımı, ışığın kırıldığı ortamın kırılma indisiyle kırılma açısının çarpımına eşittir. Deneysel sonuçlara göre değişen gelme açısının sinüsünün ($\sin\theta i$) kırılma açısının sinüsüne ($\sin\theta r$) oranı sabittir. Aşağıda verilen bu eşitliğe **Snell bağıntısı** denir. Bu bağıntıya göre ortamların kırılma indisleri ışığın o ortamdaki hızıyla ters orantılıdır. Kırma indisi ne kadar büyükse ışık o kadar yavaş hareket eder.

Işık bir ortamdan diğerine ilerlerken frekansı değişmez. Bir ortamdan diğerine geçerken hızı her iki ortamda farklı olduğu için kırılır. Herhangi bir maddesel ortamdaki ışığın hızı boşluktakinden daha azdır. Işık boşlukta maksimum hızda ilerler.

Snell Bağıntısı

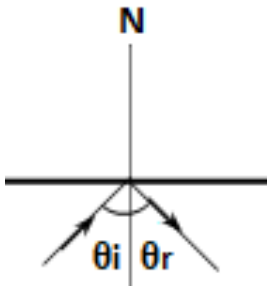
$$\frac{\sin\theta i}{\sin\theta r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \text{sabit}$$

$$n_1 . \sin\theta i = n_2 . \sin\theta r$$

$$n_1 . v_1 = n_2 . v_2$$

Formüllerde Kullanılan Birimler

n_1: Birinci ortamın kırılma indisi (birimi yok)
n_2: İkinci ortamın kırılma indisi (birimi yok)
v_1: Işığın birinci ortamdaki hızı (Metre/saniye-m/s)
v_2: Işığın ikinci ortamdaki hızı (Metre/saniye-m/s)
θi: Gelme açısı (Derece-°)
θr: Kırılma açısı (Derece-°)



Görsel 5.23: Tam yansıma

- **Sınır Açısı:** Işık az yoğun ortamdan çok yoğun ortama, yüzeyin normaline yaklaşarak kırıldığı için her açıda kırılarak yoğun ortama geçer. Ancak ışık çok yoğun ortamdan az yoğun ortama her zaman geçemez. Çok yoğun ortamdan az yoğun ortama gelen ve kırılma açısı 90° olan ışının gelme açısına sınır açısı denir. Saydam ortamların kırılma indisleri arasındaki fark ne kadar büyükse sınır açısının açısal değeri de o kadar küçük olur.
- **Tam Yansıma:** Sınır açısından büyük gelen ışınlar, diğer ortama geçemeden bulunduğu ortama geri döner. Bu olaya tam yansıma denir (Görsel 5.23).

Teknolojide tam yansıma olayından yararlanılır. Çok ince fiber optik kablo içerisinde gönderilen ışık tam yansıma olayıyla ilerler. Kabloların içine gönderilen ışınlar kablonun iç duvarlarında tam yansımaya uğrayarak dışarı çıkamaz. Bir engelle karşılaşmadan kablo boyunca gidebilir. Elektrik kablolarında telin gösterdiği direnç, elektrik sinyallerinin zayıflamasına sebep olur. Fiber optik kablolarda elektrik direnci gibi bir engel olmadığı için sinyaller fazla zayıflamadan iletilebilir. Çölde veya yazın asfalt üzerinde görülen serap olayı iki ortamın sıcaklık farkından kaynaklanır. Yazın çöl veya asfalta yakın yüzeyde bulunan havanın sıcaklığı yüksekteki havaya göre daha sıcaktır. Cisimlerden çıkan ışık ışını yoğun ortamdan az yoğun ortama geçerken tam yansımaya uğrar. Bu yansımadan dolayı çölde veya asfaltta su birikintisi varmış gibi algılanmasına neden olur.

5.1.5. Aynalar

Üzerine düşen ışığın tamamına yakın kısmını yansıtabilen yüzeylere **ayna** denir. Ayna bir yüzeyi çok iyi parlatılmış; diğer yüzeyi cıva, kalay, gümüş ve alüminyum ile kaplanmış camdır.

Aynalar, yansıtıcı yüzeylerinin şekillerine göre yansıtıcı yüzeyi düz olan aynalar (düzlem ayna) ve yansıtıcı yüzeyi küre kapağı şeklinde olan aynalar (küresel ayna) olmak üzere iki gruba ayrılır.

5.1.5.1. Düzlem Aynalar

Düzlem ayna ya da **düz ayna** üzerine düşen ışığı yansıtan ve pürüzsüz bir yüzeyi olan ayna çeşididir. Günlük hayatta düz aynalar çok sık kullanılır. Düzlem aynalarda daima düzgün yansıma görülür.

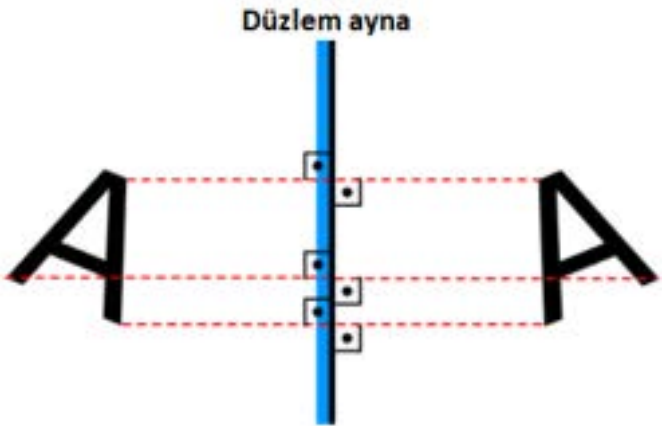
Düzlem aynada herhangi bir noktanın görüntüsünü oluşturmak için aşağıda belirtilen yöntemlerden biri kullanılır.

- Noktasal cisimden en az iki ışın, farklı açılarda aynaya gönderilir. Işınlar yansıma kurallarına göre yansıtılır. Yansıyan ışınların uzantıları aynanın arkasında kesişir. Bu kesişme noktası, cismin görüntüsünün oluştuğu yerdir (Görsel 5.24).



Görsel 5.24: Düzlem aynada görüntü oluşması

- Noktasal cisimden aynaya dik bir çizgi çizilir. Aynaya kadar çizilen çizginin uzunluğuna eşit uzunlukta ve aynı doğrultuda aynanın arkasına çizilen çizginin bittiği yerde görüntü oluşur (Görsel 5.25).



Görsel 5.25: Düzlem aynada görüntü oluşması

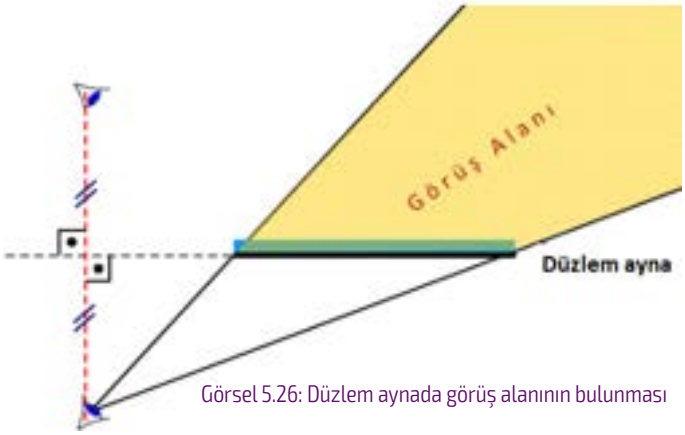
- Cisim noktasal değilse cismin uygun yerlerinden en az iki noktasal bölge seçilir. Bu noktalardan düzlem aynaya yukarıda belirtilen iki yöntemden biri uygulanarak bu noktaların görüntüsü, aynanın arkasında bulunur. Noktalar birleştirilerek cismin görüntüsü elde edilir.

Düzlem Aynada Görüntü Özellikleri

- Görüntünün aynaya uzaklığı, cismin aynaya uzaklığı kadardır.
- Görüntünün boyu cismin boyuna eşittir.
- Görüntünün yönü cismin yönüyle aynıdır. Yani ters değildir.
- Görüntü sanaldır. Bir ekrana veya perdeye düşürülmez. Sinemalarda projeksiyonla ekrana düşürülen görüntüler gerçek görüntülerdir. Ancak düzlem aynada oluşan görüntü, bir ekrana düşürülemediği için sanal görüntüdür.

Gözün aynada gördüğü alana **görüş alanı** denir. Düzlem aynada görüş alanını pratik olarak iki yöntemle bulmak mümkündür.

- Aynanın her iki ucuna gözden iki ışın gönderilir. Aynaya gelen ışınlar yansıma kurallarına göre yansıtılır. Yansıyan ışınlar arasında kalan bölge, gözün aynadaki görüş alanıdır (Görsel 5.26).



Görsel 5.26: Düzlem aynada görüş alanının bulunması

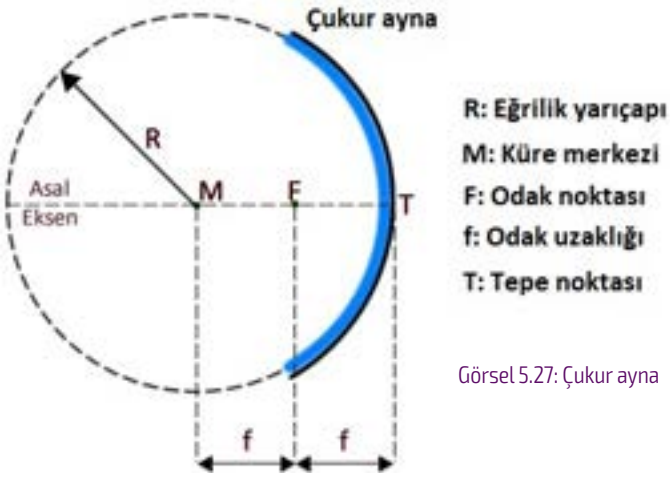
- Gözün ayna düzlemine göre simetrisi alınır. Gözden, aynanın her iki ucuna iki ışın gönderilir. Aynanın her iki tarafından devam eden iki ışının arasında kalan bölge, gözün aynadaki görüş alanıdır.

Düzlem aynalar, cisimlerin aynı büyüklükte görüntülerini elde etmek için evlerde, mağazalarda, iş yerlerinde ve çeşitli teknolojik araçlarda kullanılır. Binaların dış cepheleri, ısı ve ışık yalıtımı sağlamak için ayna gibi yansıtıcı camlarla kaplanır. Ayrıca projeksiyon, tepegöz, periskop gibi teknolojik araçların yapımında da kullanılır.

5.1.5.2. Küresel Aynalar

Küresel ayna, yansıtıcı yüzeyi küre şeklinde olan ayna çeşididir. Küresel aynanın tam ortasından geçtiği düşünülen ve aynayı ikiye bölen doğru parçasına **asal eksen** denir. Asal eksenin aynayı kestiği nokta **tepe noktası**dır. **Odak noktası**, asal eksene paralel gelen ışınların yansıdıktan sonrakendisinin ya da uzantısının toplandığı noktadır. Küre yarıçapının yarı uzunluğuna **odak uzaklığı** denir. Küresel aynalarda küre yüzeyinin merkezi, aynı zamanda küresel aynanın da merkezidir.

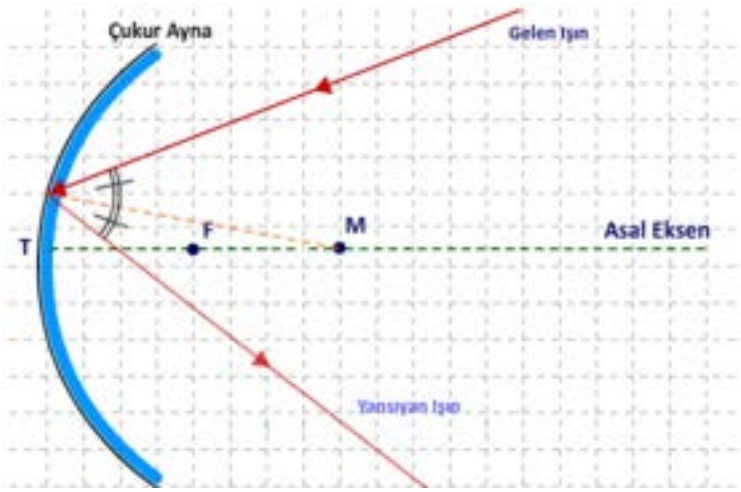
- **Çukur (İçbükey) Aynalar:** Yansıtıcı yüzeyi, küre parçasının iç yüzeyi olan aynalardır. Konkav ayna olarak da adlandırılır. Üzerine gelen ışığı toplayıcı özelliğe sahiptir. Odak noktası ve merkez noktası aynanın önündedir (Görsel 5.27). Çukur aynalar mikroskoplarda kullanılır.
- Çukur aynaya gelen herhangi bir ışının aynadan yansıdıktan sonra izlediği yol çizimle bulunabilir. Çukur aynaya gelen ışının aynaya temas ettiği noktaya, merkezden yardımcı bir cizgi çizilir. Merkezden çizilen bu yardımcı çizgi; yüzeyin normali olduğundan ışın yansıyarak yoluna devam eder. Yansıma kurallarına göre gelen ışının normalle yaptığı açı ile yansıyan ışının normalle yaptığı açı eşit olur (Görsel 5.28).



Görsel 5.27: Çukur ayna

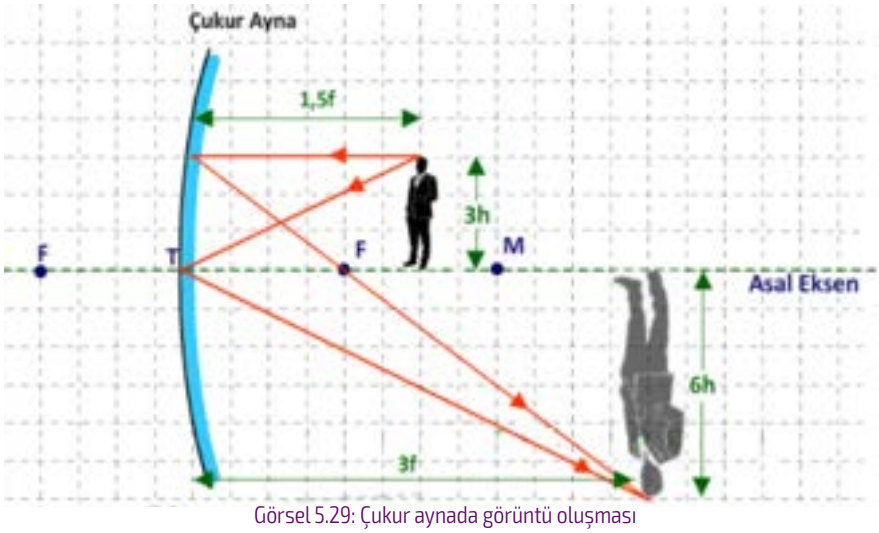
Çukur Aynada Görüntü

- Sonsuzdaki cismin görüntüsü, odak noktasında noktasal ve gerçek olarak oluşur.



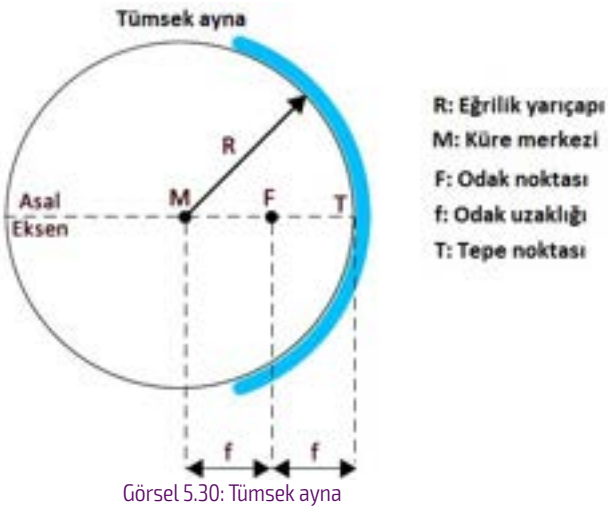
Görsel 5.28: Çukur aynada ışının izlediği yol

- Merkez noktasının dışındaki cismin görüntüsü odak merkez noktası arasındadır. Görüntü ters, gerçek ve cisimden büyüktür.
- Merkez noktasında bulunan cismin görüntüsü yine merkez noktasındadır. Görüntü ters, gerçek ve cisimle aynı boydadır.
- Merkez ile odak noktası arasındaki cismin görüntüsü merkezin dışındadır. Görüntü ters, gerçek ve cisimden büyüktür.
- Odak noktasında bulunan cismin görüntüsü sonsuzdadır. Görüntü ters, gerçek ve noktasaldır.
- Odak ile tepe noktası arasındaki cismin görüntüsü ayna arkasındadır. Görüntü sanal, düz ve cisimden büyüktür (Görsel 5.29).



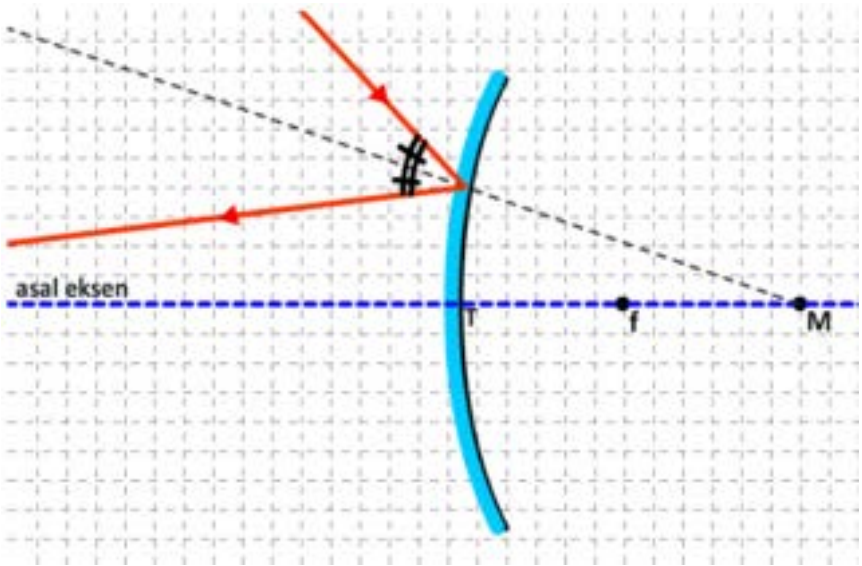
Görsel 5.29: Çukur aynada görüntü oluşması

- **Tümsek (Dışbükey) Aynalar:** Yansıtıcı yüzeyi, küre parçasının dış yüzeyi olan aynalardır. Konveks ayna olarak da adlandırılır. Üzerine gelen ışığı dağıtıcı özelliğe sahiptir. Odak noktası ve merkez noktası aynanın arkasındadır (Görsel 5.30). Tümsek aynalar taşıtlarda dikiz aynası olarak ve teleskoplarda kullanılır. Tepe noktası delinmiş tümsek aynalar kulak, burun, boğaz boşluklarını incelemede kullanılır.



Görsel 5.30: Tümsek ayna

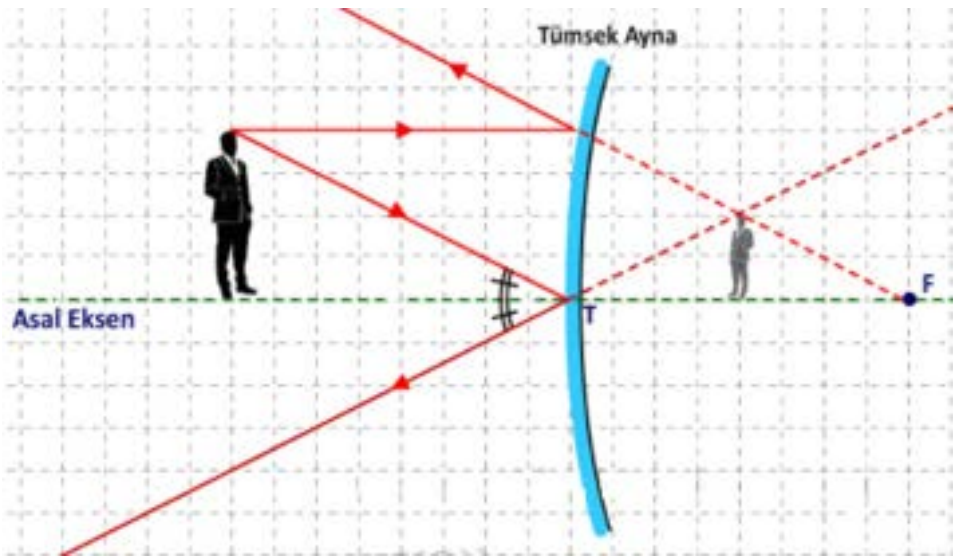
- Tümsek aynaya gelen herhangi bir ışının aynadan yansıdıktan sonra izlediği yol çizimle bulunur. Tümsek aynaya gelen ışının aynaya temas ettiği noktaya merkezden yardımcı bir çizgi çizilir. Merkezden çizilen bu yardımcı çizgi; yüzeyin normali olduğundan ışın yansıyarak yoluna devam eder. Yansıma kurallarına göre gelen ışının normalle yaptığı açı ile yansıyan ışının normalle yaptığı açı eşit olur (Görsel 5.31).



Görsel 5.31: Tümsek aynada ışının izlediği yol

Tümsek Aynada Görüntü

- Tümsek ayna önüne konulan cisim, nerede olursa olsun görüntüsü ayna arkasındadır. Sanal, düz ve cisimden küçüktür.
- Cisim aynadan uzaklaştıkça görüntüsü odak noktasına yaklaşır. Sonsuzdaki cismin görüntüsü odakta noktasal ve sanaldır.
- Cisim aynaya yaklaştıkça, görüntüsü de aynaya yaklaşarak büyür (Görsel 5.32).



Görsel 5.32: Tümsek aynada görüntü oluşması


Görsel 5.33: Parabolik ayna

- **Parabolik Aynalar:** Yansıtıcı yüzeyleri parabolik olan aynalardır. Bu aynalar özel bir şekle sahiptir. Enerji yakalayıp bu enerjinin tek bir noktaya odaklanması için tasarlanmıştır. Odak noktasından dışa doğru enerji dağıtarak çalışabilir. Ayrıca otomobil farlarında ve fenerlerde yansıtıcı olarak da kullanılır (Görsel 5.33).

5.1.6. Mercekler

Bilim insanları tarafından ışık ve kırılma olaylarından esinlenerek icat edilmiştir. Mercek camdan üretilmiş yapay bir ışık kırıcıdır. En az bir yüzeyi küresel, bulunduğu ortama göre farklı kırıcılık indisine sahip saydam optik alettir. İstenen ışığın ortama göre seçilip, açı değerleri ve yoğunluklarının belirlenip kırılmasına yardımcı olur. Işığı kırarak cisimlerin boyunu büyük ya da küçük gösterir.

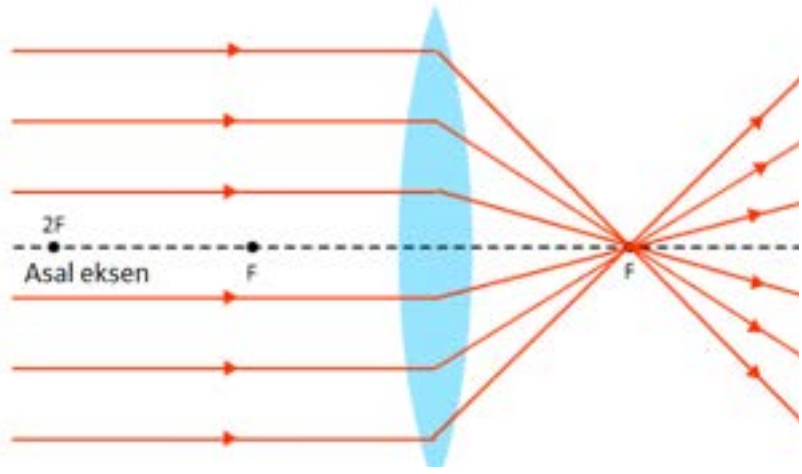
Mercekler; miyop ve hipermetrop hastaların tedavisinde, yakınlaştırma veya uzaklaştırma için gözlük ve mikroskoplarda kullanılır. Bu mercekler, kesim şekilleri ve cam kalınlığına göre görüntü aktarır. Temeli ışığın kırılmasına dayanan bu mercekler kalın ve ince kenarlı olarak kesilir. Kullanılacak ortama göre kalınlık miktarı belirlenir. Miyop bir hastanın yakını görememesi sonucu kalın kenar mercekli gözlük kullanması, bu duruma örnek olarak verilebilir.

Mercekler büyüteç, teleskop, dürbün, projeksiyon aleti, mikroskop, hastane cihazları ve kamera mercekleri gibi yerlerde de kullanılır.

Mercekler, kenar yapısına göre kalın ve ince kenarlı mercekler olmak üzere iki gruba ayrılır.

5.1.6.1. İnce Kenarlı (Iraksak) Mercek

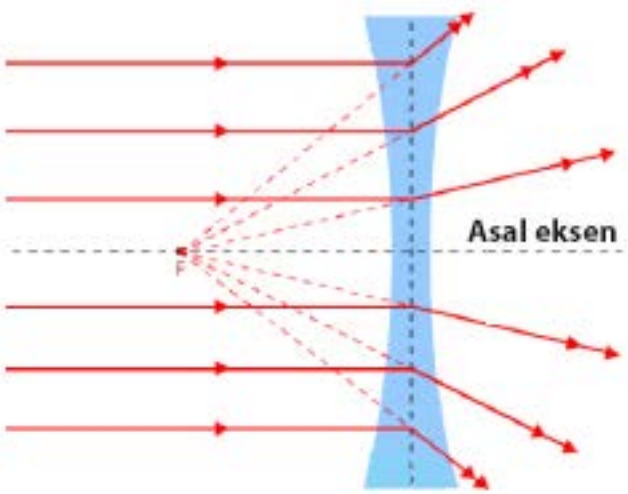
Üzerine gelen ışınları toplayıcı özelliğe sahip olan merceklerdir. İnce kenarlı merceklerde asal eksene paralel gelen ışınların mercekten kırıldıktan sonra kesiştikleri nokta, ince merceğin odak noktasıdır (Görsel 5.34).



Görsel 5.34: İnce kenarlı (ıraksak) mercek

5.1.6.2. Kalın Kenarlı (Yakınsak) Mercek

Üzerine gelen ışınları dağıtıcı özelliğe sahip olan merceklerdir. Kalın kenarlı merceklerde asal eksene paralel gelen ışınlar, uzantıları bir noktadan geliyormuş gibi mercekten kırılır. Kırılan ışınların uzantılarının kesiştiği bu nokta, kalın kenarlı merceklerin odağıdır (Görsel 5.35).



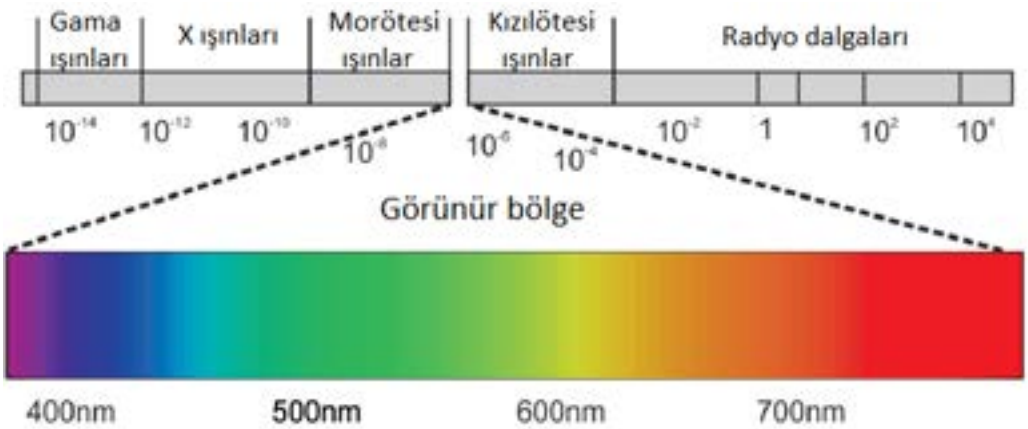
Görsel 5.35: Kalın kenarlı (yakınsak) mercek

5.1.7. Renklerin Oluşumu

Beyaz ışık tüm renklerin karışımıdır. Beyaz ışık sırasıyla kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi ve mor renkleri içerir. Beyaz ışık hava ortamından cam ortama geçerken yoğunluk farkından dolayı kırılmaya uğrar. Bunun sonucunda kendini oluşturan renklere ayrılır. Renklerin sırası kırıcılıklarına göredir. Mor renk en fazla kırılan renkten kırmızı, en az kırılan renktir.

İnsan gözü tarafından algılanabilen, yani insanlar tarafından görülebilen, elektromanyetik dalgalara **görünür ışık** denir. Başka bir deyişle görünür ışık, insan gözünün algılayabildiği ışık türüdür. Görünür ışığın dalga boyu 380 nm ile 760 nm arasındadır. Elektromanyetik spektrumda (tayfta) bu alan kızılötesi ile morötesi arasında yer alır. Görünür ışığın dalga boyu kızılötesinden kısa, morötesinden ise uzundur. Görme olayı ışık yardımıyla gerçekleşir. Görme olayını gerçekleştiren gözün görme yeteneği sınırlıdır. Evrende bulunan ışık türlerinin çok az bir kısmı görülebilir. Görünür ışık, tüm ışık türleri içinde çok küçük bir bölümü oluşturur. Kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, mor ve bu renklerin çeşitli tonlarından oluşur. Görünür bölge, görülebilir ışıkla birlikte ortaya çıkar. Karanlık ortamlarda tüm maddeler renksizdir.

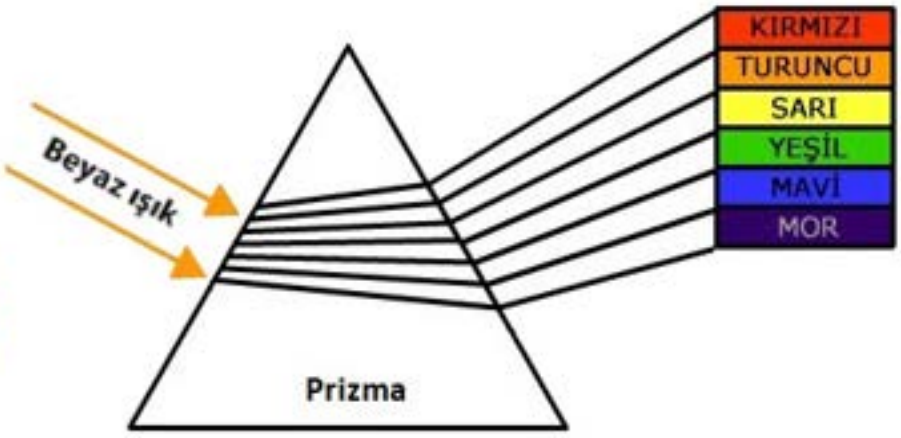
Elektromanyetik radyasyonu oluşturan elektromanyetik spektrumun tüm bölgeleri ışık olarak adlandırılabilir. İnsan gözü sadece küçük bir bant aralığına duyarlıdır. Spektrumun diğer bölgeleri insanın biyolojik algı sınırlarının dışındadır. İnsan gözü, spektrumun yaklaşık yüzde 0,0035'lik kısmını görebilir (Görsel 5.36).



Görsel 5.36: Spektrumda görünür ışık

Görünür ışık üçgen prizmadan geçirildiğinde renklere ayrılır. Ayrılan bu renkler tekrar birleştirilirse yine beyaz ışık elde edilir. Prizmanın beyaz ışığı renklere ayırmasına **dağınım** denir. Herhangi bir maddenin kırılma indisi ışığın dalga boyuna bağlıdır. Işığın frekansı değişirse prizmadan kırılan ışığın kırılma açısı değişir (Görsel 5.37).





Görsel 5.37: Beyaz ışığın renk bileşenlerine ayrılması

Yağmur damlaları da prizma gibi ışığı kırarak renklere ayırır. Bu nedenle yağmurla beraber güneş açarsa gökkuşağı oluşur. Gökkuşağındaki renklerin sıralaması prizmanın sıralamasıyla aynıdır. Işık havadan yağmur damlasına geçerken beyaz ışığı oluşturan renkler farklı açılarla kırılarak ayrılır.

5.1.8. Uçaklarda Kullanılan Işık Kaynakları

Çarpışmaları önlemek için uçağın çeşitli noktalarında farklı görevlere ve renklere sahip ışıklar bulunur. Bu ışıklar değişik şekillerde yanıp söner (Görsel 5.38).



Görsel 5.38: Uçak ışıkları

5.1.8.1. Navigasyon Işıkları

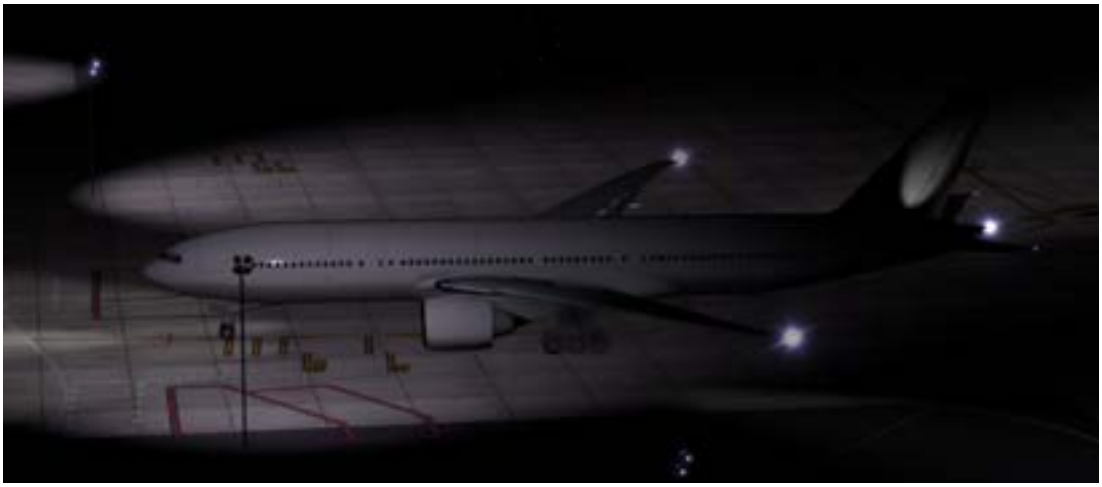
Uçak kanatlarının ucunda bulunan yeşil ve kırmızı ışıklara **navigasyon ışıkları** denir. Kırmızı ışık her zaman sol kanatta, yeşil ışık ise sağ kanatta bulunur. Bu ışıklar gece ve gündüz sürekli açık durumdadır. Pilotun uçağa bindiğinde ilk açtığı, uçağı park ettikten sonra ise en son kapattığı ışıklardır. Navigasyon ışıkları, havada diğer uçaklar ve kule tarafından uçağın gittiği yönün tayin edilebilmesi için çok önemlidir. **Navigation lights** (navigeyşın layts) olarak adlandırılır (Görsel 5.39).



Görsel 5.39: Navigasyon ışıkları

5.1.8.2. Çarpışma Önleyici Işıklar

Uçak kanatlarında navigasyon ışıkları dışında çarpışma önleyici ışıklar olarak bilinen **flaş lambaları** [**strobe lights** (sitrob layts)] da bulunur. Kanat uçlarındaki navigasyon ışıklarının yanında konumlandırılmıştır. Bu ışıkların biri sol kanat ucunda, biri sağ kanat ucunda, biri de uçağın tam arkasında kuyruğu alt bölümünde bulunur. Gece ve gündüz sürekli açık olan bu ışıklar, kalkış için pist başındayken açılır. Uçak indikten sonra kapatılır. Beyaz renkli strobe ışıkları, aralıklı olarak yanıp sönen ışıklardır. Uçak modeline göre yanıp sönme aralıkları farklıdır (Görsel 5.40).



Görsel 5.40: Strobe ışıkları

5.1.8.3. İşaret Işıkları

İşaret ışıkları iki adet olup gövdenin üstünde ve altında bulunur. Navigasyon ışıklarından sonra ve motorlar çalıştığı sırada açılır. Gece ve gündüz sürekli açık durumdadır. Uçak motorlarının çalıştığını gösterir. Motorlar kapatılıncaya kadar açık kalır. Aralıklı olarak yanıp sönen kırmızı ışıklardır. **Beacon lights** (bikın layts) olarak adlandırılır (Görsel 5.41).



Görsel 5.41: Beacon ışıkları

5.1.8.4. Kısa Far (Taksi) Işıkları

Kısa far ışıkları gece uçuşlarında kullanılır. Genellikle uçağın ön tekerlek süspansiyon takımlarında bulunur. Uçak kalkış için piste ilerlemek üzere taksi yolundayken açılır. Kalkış pistinin başına geldiğinde kapatılır. İnişte ise uçak pisti terk edip taksi yoluna girdiğinde açılır. **Taxi lights** (taksi layts) olarak da adlandırılır (Görsel 5.42).



Görsel 5.42: Kısa far ışıkları

5.1.8.5. Uzun Far (İniş) Işıkları

Uzun far ışıkları gece uçuşlarında kullanılır. Bazı uçaklarda her iki kanadın ön kısmında, bazı uçaklarda gövdenin kanadın önündeki kısmında, bazı uçak modellerinde ise hem kanat hem de gövde üzerinde birer adet bulunur. Pisti güçlü bir şekilde aydınlatan ışıklardır. Kalkış izni verildiğinde açılır. İnişten sonra pistten ayrılıp taksi yoluna girerken kapatılır. **Landing lights** (landink layts) olarak adlandırılır (Görsel 5.43).



Görsel 5.43: Uzun far ışıkları

5.1.8.6. Buz Çözme Işıkları

Buz çözme ışıkları gece uçuşlarında kullanılır. Arka tarafa yönlendirilmiş şekilde, uçak gövdesinin yanlarında birer adet bulunur. Uçağın iniş ve kalkışlarından hemen önce açılır. Kışın karlı havalarda kanat yüzeyleri ile motor önlerindeki buzlanmaları görmek amacıyla kullanılır. **De-ice lights** (de ays layts) olarak adlandırılır (Görsel 5.44).



Görsel 5.44: Buz çözme ışıkları

5.1.8.7. Tekerlek Işıkları

Bazı uçakların burun ve yanlarında bulunan ek ışıklardandır. Geceleyin yer personelinin uçağın uçuş öncesi muayenesini yapması sırasında kullanılır. **Wheel well lights** (viıl vel layts) olarak adlandırılır (Görsel 5.45).



Görsel 5.45: Tekerlek ışıkları

5.1.8.8. Kuyruk Işıkları

Kuyruk ışıkları gece uçuşlarında kullanılır. Ancak her uçakta bulunmayabilir. Elevator ile kuyruk dikmesinin birleştiği yerin her iki tarafında birer adet bulunur. Logo ışıkları olarak da bilinir. Kuyruktaki logoyu aydınlatmayı sağlar. **Tail lights** (teyl layts) olarak adlandırılır (Görsel 5.46).



Görsel 5.46: Kuyruk ışıkları

5.1. Uygulama: Işık Kaynaklarını Çalıştırıp Kırılma ve Yansıma Kanunlarına Göre Hesaplama Yapılması

Amaç: Işık kaynaklarını çalıştırıp kırılma ve yansıma kanunlarına göre hesaplama yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 5.47: Çeşitli ışık kaynakları



Görsel 5.48: Lüksmetreyle aydınlık şiddeti ölçümü

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Işık kaynağı	Şerit LED grubu	1 Adet
Işık kaynağı	Akkor flamanlı lamba	1 Adet
Işık kaynağı	Kompakt floresan (spiral) lamba	1 Adet
Işık kaynağı	Halojen lamba	1 Adet
Lüksmetre (ışıkölçer)	Sayısal	1 Adet
Güç kaynağı	DC 0-30 volt ayarlı	1 Adet
Işık kaynaklarını çalıştırmak için gerekli ekipmanlar	Duy, 220 volt kablo, fiş, iletken tel	Birer Adet

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25117

Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25117

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzeme bulundurmayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen tüm cihaz veya devre elemanlarını elle ve gözle kontrol ediniz.
3. Işık kaynaklarını (şerit LED, akkor flamanlı lamba, kompakt floresan lamba, halojen lamba) sırayla çalıştırınız. Işık kaynaklarının aydınlık şiddetini dijital lüksmetreyle ayrı ayrı ölçerek Tablo 5.4'e kaydediniz (Görsel 5.48).
4. Ölçüm yaparken ışık kaynağının verdiği ışığın, lüksmetrenin ışığı algılayan sensörüne dik olarak gelmesine dikkat ediniz.
5. Su, cam ve elmasın kırılma indislerine göre ışığın bu materyallerdeki hızlarını hesaplayarak Tablo 5.5'e kaydediniz. Materyallerin kırılma indisleri için Tablo 5.3'ten yararlanınız.
6. Snell bağıntısını kullanarak Tablo 5.6'da verilenlere göre Snell sabitini hesaplayınız. Bulduğunuz sabiti, Tablo 5.3'te verilen materyallerin kırılma indisleriyle karşılaştırarak kırılma indisi en yakın olan ortamı tespit ediniz. Bulduğunuz verileri Tablo 5.6'ya kaydediniz.
7. Uygulamaya ilişkin gözlemlerinizi değerlendirme kısmına yazınız.
8. Çalışma alanını ve atölyeyi temizleyiniz.

Tablo 5.4: Yapılan Ölçümler

Yapılacak İşlem	Aydınlık Şiddeti (Lüks)
Şerit LED grubu çalıştırma	
Akkor flamanlı lamba çalıştırma	
Kompakt floresan (spiral) lamba çalıştırma	
Halojen lamba çalıştırma	

Tablo 5.5: Işığın Farklı Materyallerdeki Hızının Hesaplanması

Yapılacak İşlem	Işığın Materyaldeki Hızı (v)
Işığın sudaki hızını hesaplama	
Işığın camdaki hızını hesaplama	
Işığın elmastaki hızını hesaplama	

Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25117

Tablo 5.6: Snell Bağıntısı Hesaplamaları		
Yapılacak İşlem	Snell Sabiti	İkinci Ortam
Snell bağıntısı Gelme açısı = 20° Kırılma açısı = 15° 1. Ortam = Hava		

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Yaptığınız işlemlerle ilgili gözlemlerinizi kısaca yazınız.
- Yansıma ve kırılma olaylarına günlük hayattan örnekler veriniz.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı ..... /	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

Süre: 2 Ders Saati

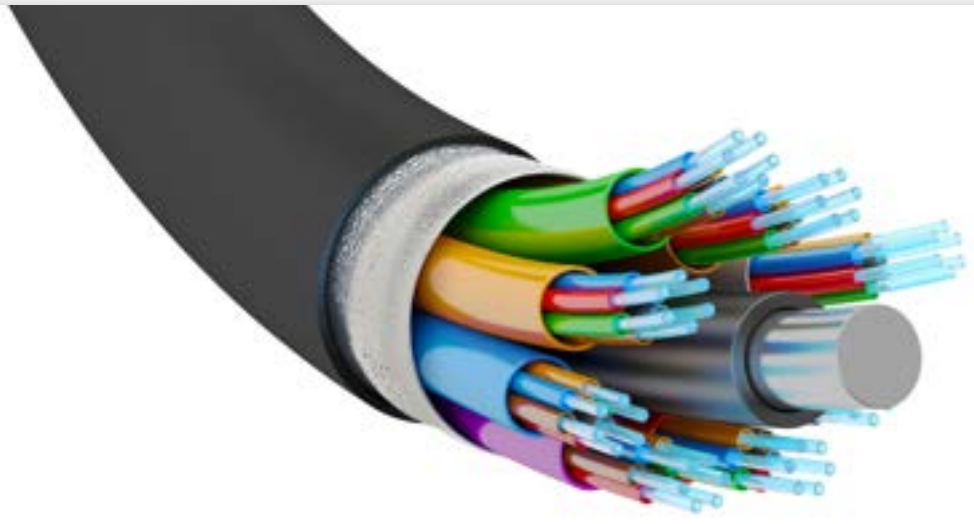
5.2. FİBER OPTİK BAĞLANTILARI YAPMA

Fiber optik, telefon ağlarında hızla gelişen veri iletim aracıdır. Optik fiber; düşük ağırlık, yüksek bant genişliği elektrik iletkenliğinin olmaması, elektromanyetik ortamlardan etkilenmemesi ve düşük iletim kayıplarına sahip olması gibi çok iyi karakteristik özelliklere sahiptir. Fiber optik teknolojisi, çok etkili bir yol olarak yeni telekomünikasyon (uzaktan haberleşme) uygulamalarında, akıllı binalarda kullanılan kablolarda ve bilgisayar sistemlerinin yerel ağ bağlantılarında yaygın olarak kullanılır.

5.2.1. Fiber Optik Sistem

İnce ve hassas şekilde üretilen saf cam liften ışık enerjisinin iletilmesiyle çalışan veri aktarım sistemine **fiber optik** ya da **optik fiber sistem** denir. İngilizce fiber (faybır), lif anlamındadır. Fiber optik sistemde kullanılan optik lif, insanın saç telinden biraz daha kalın olup plastik veya cam liften yapılır. Lifler, optik kablolar denilen demetler hâlinde düzenlenir (Görsel 5.49). Fiber optik kablonun bir ucuna ışık tutulduğunda, kablonun diğer ucundan ışığın çıktığı görülür.

Fiber optik sistemlerin tercih edilmesinin nedeni, çevresel şartların ağır olduğu (rutubetli ve elektriksel alan parazitlerinin yoğun olduğu) yerlerden etkilenmemesi ve her zaman stabil (kararlı) bir bağlantı sunmasıdır. Fiber optik kablolar, diğer kablolar gibi elektromanyetik etkilere maruz kalmaz. Veriyi ışık hızı yani saniyede 300.000 km hıza yakın bir hızla iletir. Çok uzak mesafelere bile hızlı veri aktarımı yapabilir.



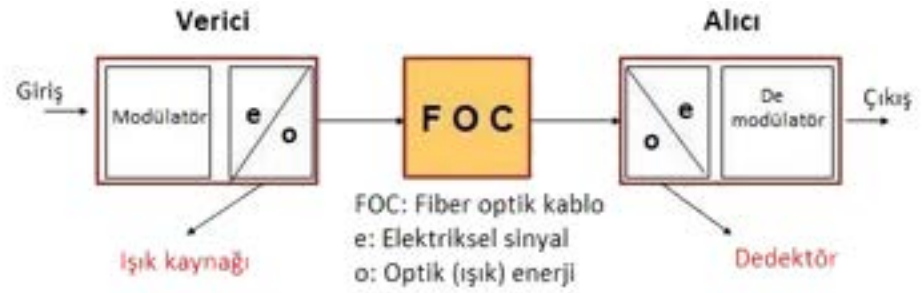
Görsel 5.49: Optik fiber (lif)

Fiber optik iletişimde elektromanyetik dalgalar kullanılır. Kullanılan dalga boyu, 850 nm ile 1650 nm arasındadır. Elektromanyetik dalgalar toplam iç yansıma ilkesiyle yayılır. Sinyaller ışık formunda iletilir. Optik iletişim sisteminin temel ilkesi, fiber kablo üzerinden uzaktaki bir alıcıya sinyal göndermektir. Elektrik sinyali, vericide optik sinyale dönüştürülür. Alıcıda orijinal elektrik sinyaline geri dönüştürülür.

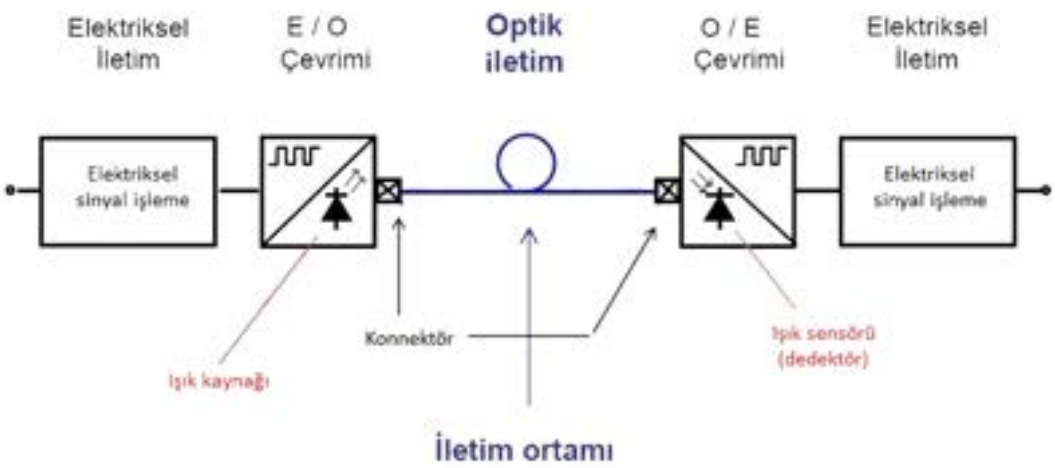
Görsel 5.50 ve 51'de fiber optik haberleşme sisteminin basitleştirilmiş blok şemaları verilmiştir. Sistemde üç temel öge bulunur.

Fiber Optik Sistem Ögeleri

- **Verici:** Elektriksel sinyali işleme görevini yapan modülatör ile LED veya lazer diyot gibi bir ışık kaynağından oluşur. Verici, ışık sinyalleri üretir ve şifreler.
- **Fiber Optik Kablo:** Cam veya plastikten yapılmış fiber optik kablo, optik iletim ortamını oluşturur. Görevi ışık sinyallerini iletmektir. Fiber optik kablonun verici ve alıcıyla olan bağlantısı fiber konnektörlerle yapılır.
- **Alıcı:** Foto diyot gibi bir ışık sensörü ile elektriksel sinyali dedekte eden demodülatörden oluşur. Alıcı optik iletim ortamından ışık sinyallerini alır ve deşifre eder.



Görsel 5.50: Fiber optik haberleşme sistemi



Görsel 5.51: Fiber optik haberleşme sistemi

Genel kullanımda fiber optik ışık kaynakları üçe ayrılır.

- Yüksek yoğunluklu deşarj lambaları olarak bilinen HID [High Intensity Discharge (hay intensiti disçarç)] ampullü,
- Halojen ampullü,
- LED sistemli ışık kaynakları.

Günümüzde özellikle fiber optik aydınlatmada gelişen teknolojiyle birlikte LED sistemler kullanılır. LED ışık kaynakları istenen özelliklere cevap verebilecek nitelikte ve çeşitli tasarımlarda üretilmektedir.

Fiber optik haberleşme sistemlerinde vericilerde kullanılan ışık kaynağının iki çeşidi bulunur.

- Dar bant genişliği ve kısa mesafelerde LED diyot,
- Geniş bant genişliği ve uzun mesafelerde enjeksiyon lazer diyot, ILD [Injection Laser Diode (incekşın leyzır diot)].

ILD, elektrik akımıyla uyarıldığında güçlü ışık yayan yarı iletken bir elemandır. Tek modlu fiber bağlantılar için vericilerde ışık kaynağı olarak kullanılır. Fiber optik sistem gerekliliğine göre ışık kaynağı olarak LED veya ILD tercih edilir.

Fiber optik haberleşme sistemlerindeki alıcılarda kullanılan dedektörler (ışık sensörleri); foto diyot, foto transistör ve foto darlington transistör olmak üzere üç çeşittir.

5.2.2. Fiber Optik Kablolar

Fiber optik kablolar, ışık sinyalini iletmek için camdan veya plastikten imal edilmiştir. Veri göndermek için elektrik sinyallerinin yerine ışık sinyallerini kullanır. Elektrik kablosuna benzer. Ancak ışığı taşımak için kullanılan bir veya daha fazla optik lif içerir. Optik fiber elemanları tipik olarak tek tek plastik tabakalarla kaplanır. Kablonun yerleştirileceği ortam için uygun koruyucu bir tüp içinde bulunur. Bina içi ve bina dışı kullanım için uygun olduğu gibi yer altında ve direkler arası havai kullanım için de uygun olan tipleri de vardır.

Fiber optik kablolar ses, video ve veri iletimi içeren birçok uygulamada kullanılır. Ticari işletmeler, askeri, sağlık, havacılık ve diğer birçok endüstri alanı buna örnektir.

Fiber Optik Kabloların Kullanım Alanları

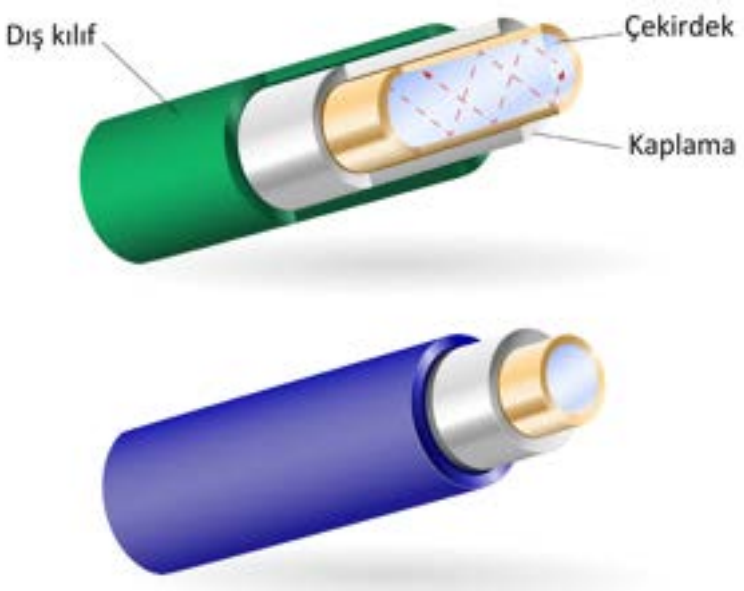
- Kapalı devre televizyon sistemleri,
- Veri iletimi,
- LAN (yerel alan ağı), WAN (geniş alan ağı) ve multimedya (çoklu ortam) uygulamaları,
- Santraller arası bağlantılar,
- Aktif ağ cihazlarının yüksek hızlarda birbirine bağlanması,
- Uzak mesafelerdeki cihazların birbirine bağlanması,
- Reklam panoları,
- Tıp alanında kullanılan aygıtlar,
- Aydınlatma sistemleri,
- Nükleer enerji santralleri ve radyo aktif ışınların iletişimi bozduğu yerler,
- Elektriksel olarak gürültünün çok olduğu düşük hızlı uygulamalar,
- Noktadan noktaya güvenlik gerektiren uygulamalar,
- Kara, deniz ve hava araçları,

- Trafik kontrolüyle ilgili olan sistemler,
- Demiryollarında sinyalizasyonu ve elektrifikasyonu sağlama,
- Havacılık sektöründe radarlar, yüksek hız gerektiren aygıtlar arası ve uçak iç donanımları,
- Bina içi iletim sistemleri.

5.2.2.1. Fiber Optik Kablo Yapısı

Fiber optik kablo; iç yansıma için seçilen bir çekirdek, kaplama katmanı ve dış koruyucu kılıftan oluşur (Görsel 5.52).

- **Çekirdek:** Fiberin merkezindeki camdır. Bu bölgeden ışık enerjisi geçer.
- **Kaplama:** Çekirdeğin çevresine dağılmış camlardır. Çekirdekten kaçan ışıkları yakalar. Işığın çekirdekten dışarı yansımasını önleyen cam kılıftır.
- **Dış Kılıf:** Fiziksel etkilerden koruyan en dıştaki plastik koruyucu kılıftır. Yumuşak bir alt tabakayla beraber çift tabakadan oluşur. Yumuşak tabaka cam fibere yastık görevi görür. Dış tabaka sertlik ve elle tutma özelliği kazandırır.



Görsel 5.52: Fiber optik kablo yapısı

Çekirdek kısmı, üzerine istenilen renklerde uygulanan akrilik kaplamayla kaplanarak gevşek ve sıkı tüpler içerisine yerleştirilmiştir. Akrilik kaplama, fiber özünü hasara karşı korur. Aynı tüp içerisinde birden fazla fiber olduğunda fiberlerin kolay seçilebilmesini sağlar. Tüpler ihtiyaca göre tek tüplü veya çok tüplü olabilir. Fiber tüpleri, jelsiz sıkı tüp veya jelle doldurulmuş gevşek tüp şeklinde olabilir. Çok tüplü kablolarda, kablo çekirdeğini oluşturmak için merkez elemanı etrafına tüpler S ve Z yönlerinde bükülerek sarılır. Tüpler tampon olarak da adlandırılır.

Kablo özü, mukavemet elemanı olarak cam elyaf ve ısıya dayanıklı sentetik bir elyaf olan kevlar ile güçlendirilmiştir. Kevlar veya cam elyaf ile istenen gerginlik sağlanır. Ayrıca koruyucu bir dış kılıfı da vardır. Tek kılıflı veya çok kılıflı olabilir. Metal içeren zırhlı veya metal içermeyen zırhlı tipleri de vardır. En son katman olan dış kılıf malzemesiyle kablo hâline dönüştürülür (Görsel 5.53).



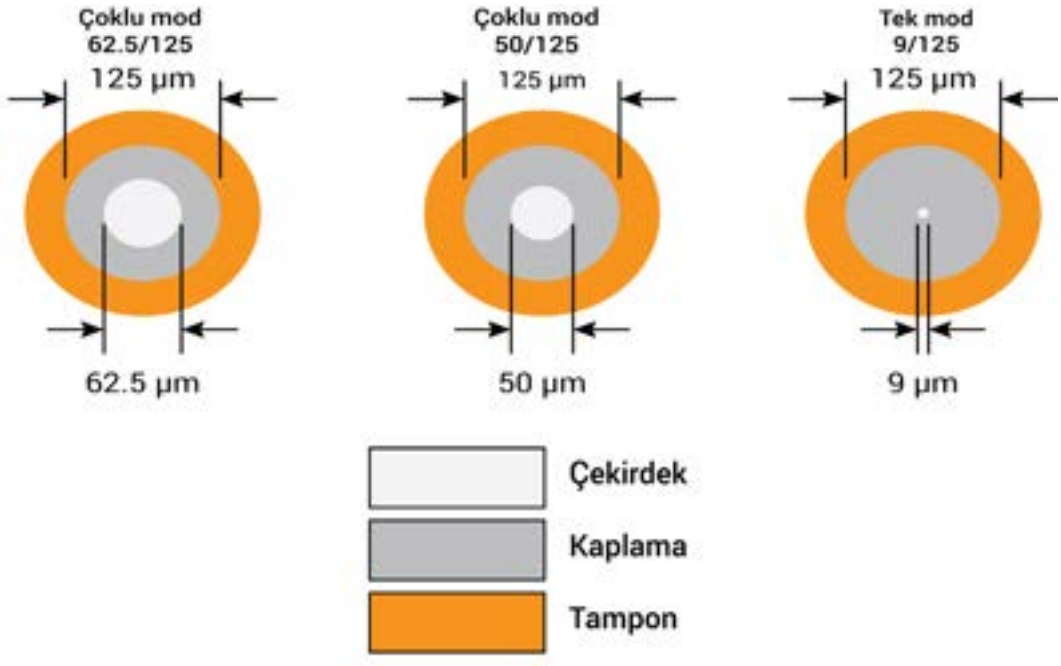
Görsel 5.53: Örgülü zırhlı kalkan yapısına sahip fiber optik kablo

Zorlu ortamlarda kullanım için daha sağlam bir kablo yapısı gerekir. Bu durumda fiber, kendisini zorlamadan gerilmesine olanak sağlayan yarı sıkı tüplere yerleştirilir. Bu işlem fiber kabloyu sıcaklık değişimlerinden korur.

Dış mekân kablolamada fiberin suyla kirlenmesi önlenmelidir. Bu nedenle bakır tüpler ve su itici jel veya elyafı çevreleyen su emici toz gibi katı bariyerler kullanılır.

5.2.2.2. Fiber Optik Kablo Çekirdek Boyutları

Çok modlu fiber kabloda çekirdek ve kaplama çapları genellikle 62,5/125 mikron veya 50/125 mikron, tek modlu fiberde ise 9/125 mikrondur (Görsel 5.54).



Görsel 5.54: Fiber optik kablo çekirdek boyutları

5.2.2.3. Fiber Optik Kablo Çekirdek Tipleri

Fiber optik kablo, çekirdek tiplerine göre çok modlu ve tek modlu olmak üzere iki çeşittir.

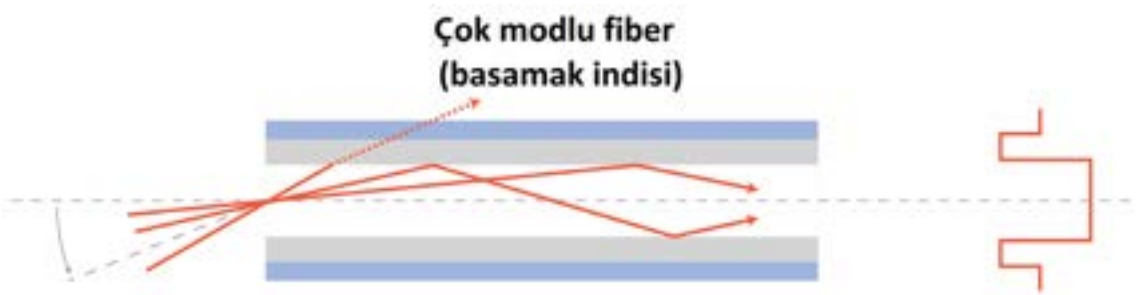
1. Çok Modlu Fiber Optik Kablo: 125 mikron dış çapa ve 50 mikron çekirdek çapına sahiptir. Giden ışık çoklu yol üzerinden hareket eder. Veri alma ve gönderme, tek modlu fiber optik kabloya göre daha yavaş ve kısa mesafelidir. 50 veya 62,5 mikronluk çekirdek çapı olarak iki şekilde üretilir. 850 ile 1300 nm (nanometre) arasında dalga boyu değerine sahip kızılötesi lazer ışığı iletir. Üretim maliyeti uygun olduğundan yaygın olarak kullanılır. Kayıp miktarı tek modlu kablolara göre daha fazladır.

Veri iletimi için LAN [Local Area Network (lokıl eriya netvörk)] yerel alan ağı şebekelerinde çok modlu fiber optik kablo tercih edilir. Çok modlu fiber optik kablolar, geniş çekirdek çapı nedeniyle yüksek duyarlı bağlayıcılara ihtiyaç duymaz. Bu nedenle tek modlu kabloya göre daha ekonomik konnektörler ve aktif elemanlar kullanılır. Çok modlu kablolarda ışık transferi ve algılamada LED diyotlar kullanılır.

Çok modlu fiber optik kablolar indis yapısına göre basamak indisi çok modlu fiber ve derece indisi çok modlu fiber olmak üzere iki gruba ayrılır.

- **Basamak İndisi Çok Modlu Fiber:** Tek modlu fiber düzenine benzer. Farkı merkezî çekirdeğin çok daha geniş olmasıdır. Basamak indisli çok modlu fiberde bant genişliği kilometrede 10 ile 50 MHz'dir. Daha geniş bir ışık fiber açıklığına sahip olduğundan kabloya daha çok ışık girer.

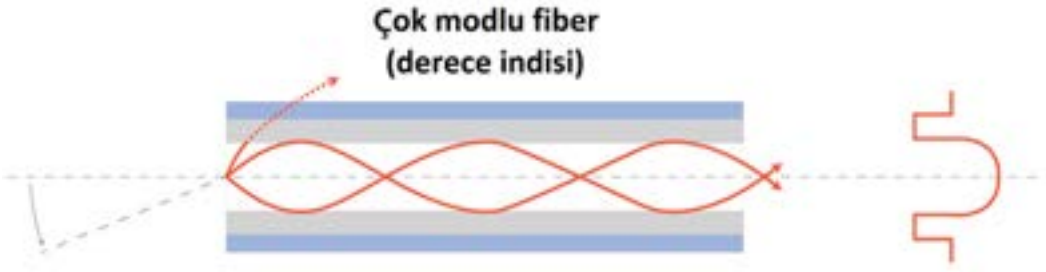
  Çekirdek ve koruyucu kılıf arasındaki sınıra kritik açıdan daha büyük bir açıyla çarpan ışık ışınları, çekirdekteki zikzak şeklinde yayınım yapar. Sürekli olarak sınırdan yansır. Çekirdek ve koruyucu kılıf sınırına kritik açıdan daha küçük bir açıyla çarpan ışık ışınları koruyucu kılıfa girer ve yok olur. Bir ışık ışınının fiberde yayınım yaparken izleyebileceği çok sayıda yol vardır. Bu nedenle tüm ışık ışınları aynı yolu izlemez. Dolayısıyla fiberin bir ucundan diğer ucuna olan mesafe aynı zaman içinde alınamaz (Görsel 5.55).



Görsel 5.55: Basamak indisi çok modlu fiber

- **Derece İndisi Çok Modlu Fiber:** Yapısındaki çekirdeğin indisi yarıçapa bağlı olarak değişir. Hassas mikroskopla dışarıdan bakıldığında içten dışa doğru eş merkezli halkalar halindedir. Bu halkaların her birinin kırılma indisi farklıdır. İçten dışa doğru gidildikçe kırılma indisi düşer. Tam merkezde en büyük indeks, en dışta ise en küçük indeks bulunur. Bu katmanların sayısı üretici firmaya göre değişir. Genellikle 50 ile 400 arasındadır. Merkezde direkt olarak giden ışık az yol alır. Daha dış katmanlarda ise giden ışıkların aldıkları yol daha fazladır. Tüm ışıklar

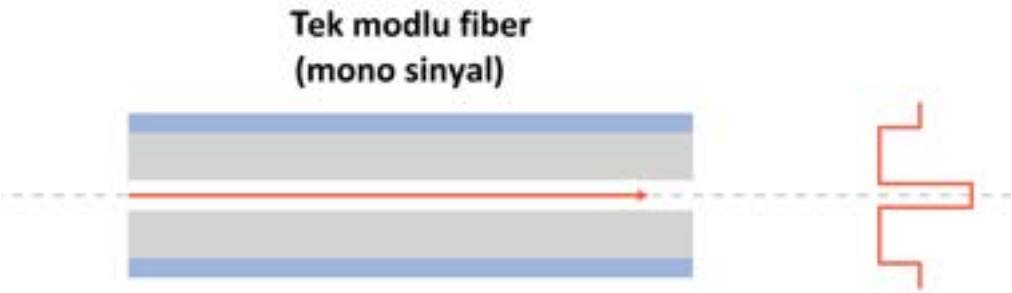
belli düğüm noktalarında birleşir. Alıcı uçta darbeler arasında gecikme olur. Ancak gecikme, basamak indisi çok modlu fiber kabloya göre daha azdır. Bu fiber türünde bant genişliği kilometrede 200 ile 300 MHz arasında değişir (Görsel 5.56).



Görsel 5.56: Derece indisi çok modlu fiber

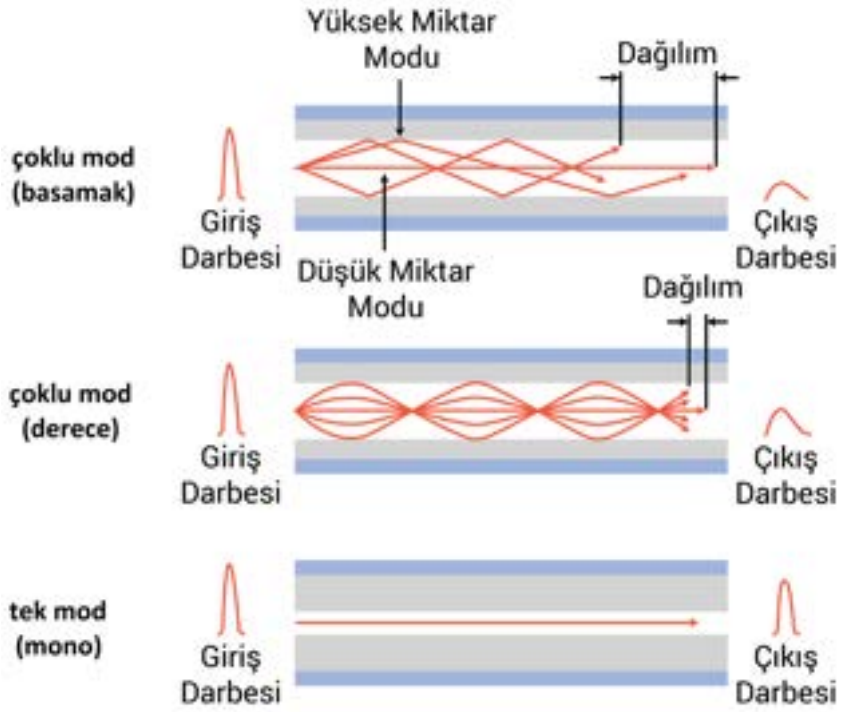
2. Tek Modlu Fiber Optik Kablo: Tek çeşit yayılmaya izin vermek için 9 mikron çekirdek çapına sahip ince merkezli kablodur. Giden ışığın tamamı tek bir yol üzerinde hareket eder. Yüksek kapasitedeki bilgiyi çok modlu fiberden daha iyi iletir. Çünkü sinyalin yayılması ve kaplamaya çarparak ilerlemesi yoktur. 1300 ile 1550 nm arasında dalga boyu değerine sahip kızılötesi lazer ışığını iletir. Kablo çekirdeğinin 9 mikron gibi çok küçük bir çapa sahip olması sayesinde ışığın kabloda yayınım yaparken izleyebileceği tek bir yol vardır.

Fiberde çok özel bir dalga boyunda ilerleyen sadece bir ışık doğrultusu vardır. Tüm ışık ışınları kabloda yaklaşık aynı yolu izler. Kablonun bir ucundan diğer ucuna olan mesafe aynı sürede alınır. Bu durum, tek modlu fiber kablonun en önemli avantajlarından biridir. Tek bir ışık seçeneği olduğundan yayınım söz konusu değildir. Bu nedenle daha az yayılma kaybına ve daha çok bilgi taşıma kapasitesine sahiptir. Tek modlu fiber optik kablo, uzun mesafeli veri iletimi için en iyi seçimdir (Görsel 5.57).



Görsel 5.57: Tek modlu fiber

Görsel 5.58'de fiber optik kablo çekirdek tiplerine göre sinyal kademe indisleri, giriş darbesi, ışığın dağılımı ve çıkış darbesi karşılaştırmalı olarak özetlenmiştir.



Görsel 5.58: Fiber optik kablo çekirdek tipleri sinyal kademe indisi

5.2.2.4. Fiber Optik Kabloda Işık İletim İlkeleri

Fiber kablodan gönderilecek ışık, fiberin nüvesine enjekte edilir. Işığın lif içinden kılıfa geçmemesi için nüveye belirli bir açıyla girilmelidir. Bu şekilde nüve, kılıf sınırından tam yansıma yapabilir. Bu açıya **kritik açı** denir.

$$\sin\theta_{kr} = \frac{n_2}{n_1}$$

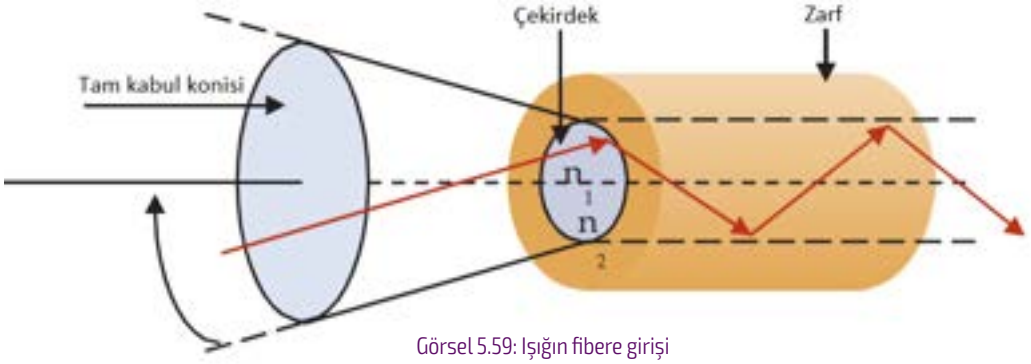
$$\sin\theta i = \sqrt{(n_1{}^2 - n_2{}^2)} = NA$$

Formüllerde Kullanılan Birim Değerler

NA: Nümerik açıklık
n_1: Çekirdek kırılma indisi (birimi yok)
n_2: Zarf (kılıf) kırılma indisi (birimi yok)
θ_i: Kabul açısı (Derece-°)
θ_{kr}: Kritik açı (Derece-°)

Bir ışık demeti, fibere küçük bir açıyla girer. Fiber kablonun çekirdeği aracılığıyla ışığı alma kabiliyeti sayısal açıklığı ile belirlenir. Bu açı maksimum kabul açısıdır. Yani ışığın yansıması ile kırılması arasındaki sınırdır. n_1 çekirdek kırılma indisi, n_2 zarf (kılıf) kırılma indisidir. Işık demetinin optik fiberdeki yayılımı, Snell bağıntısına göre gerçekleşir. Fiberin tam kabul konisine

verildiğinde ışığın bir kısmı fiber üzerinden ilerler. n_2 / n_1 şartı sağlandığı sürece fiberde toplam iç yansıma gerçekleşir. Aksi hâlde fiber içinde ilerleyen ışık tam yansımayı gerçekleştiremez (Görsel 5.59).



Görsel 5.59: Işığın fibere girişi

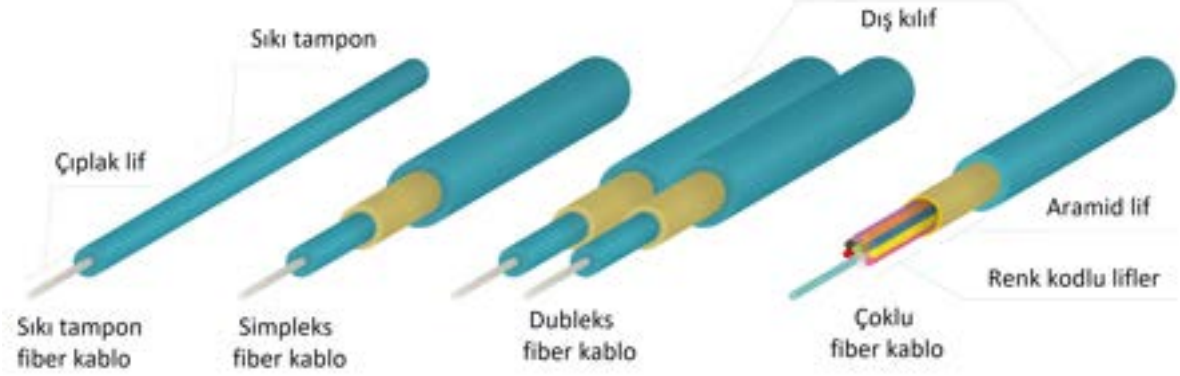
Işık demeti, fibere farklı açılardan girer. Aynı yolu izlemez. Fiber damarının merkezine düşük bir açıdan giren ışık demetleri, fiberin merkezinde kısmen daha dolaysız bir yol seçer. Fiber çekirdeğine yüksek bir açıyla ya da fiber çekirdeğinin dış kenarına daha yakın bir noktadan giren ışık demetleri ise fiber üzerinde daha dolaylı ve uzun bir yol seçer. Ayrıca fiberi çok daha yavaş geçer. Belirli bir giriş açısı ve giriş noktası nedeniyle oluşan her yol, bir mod oluşturur. Fiber üzerinde ilerledikçe bu modlardan her biri biraz zayıflar.

5.2.2.5. Fiber Optik Kablo Lif Sayısı

Fiber optik kablodaki lif sayısı, aynı anda taşıyabileceği iletişim kanallarının sayısını belirler. Tek bir fiber, bir seferde yalnızca bir yönde aktarım yapabilir. Optik alıcı ve vericinin daha hızlı iletişim kurabilmesi, her ikisinin de iki iletişim kanalı olmasına ve iki fiber kullanılarak aynı anda gönderip almasına bağlıdır.

Fiber Sayısına Göre Fiber Kablo Tipleri

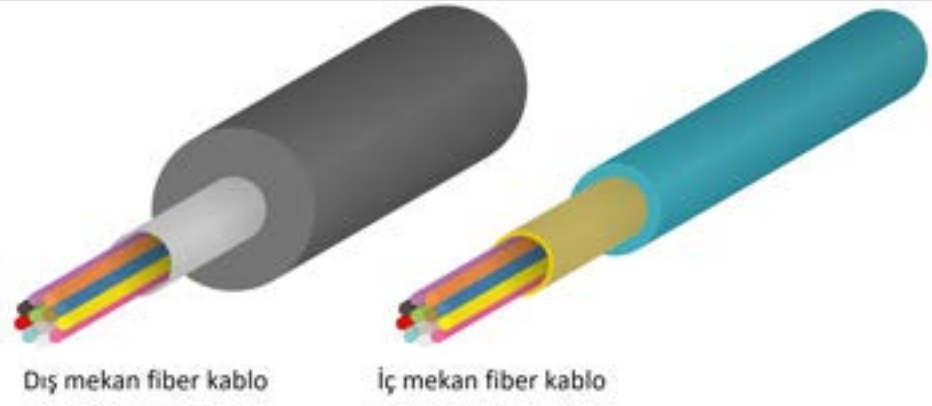
- **Simpleks (Tek Yönlü) Kablo:** Tek bir fibere sahiptir. Genellikle tek taraflı veri akışı için kullanılır.
- **Dubleks (Çift Yönlü) Kablo:** İki fibere sahiptir. Yaygın olarak ağ dağıtımında kullanılır.
- **Çoklu Kablo:** Birkaç fibere sahiptir. Ağ altyapısında ve veri merkezlerinde kullanılır. Bu kabloda tampon fiber katmanı, her bir fiberin sayısını 12 veya 24 fiberden oluşan bir grupta farklılaştırmak için farklı renklerde yapılır (Görsel 5.60).



Görsel 5.60: Lif sayısına göre fiber kablo tipleri

5.2.2.6. Fiber Optik Kablo Kaplama Malzemeleri

Dış kılıfın esas amacı fiber kabloyu korumaktır. Dâhili kabloların yangın durumunda zararlı olmaması gerekir. Haricî kablolar ise kabloların kendisini koruması için yapılmış dış kılıflara sahiptir. Ortamdaki neme, sıcaklık değişimlerine, darbelere ve güneşten gelen morötesi ışınlara dayanıklı malzemelerden yapılmıştır. Dolayısıyla fiber optik kablolarda kullanılan kaplama malzemeleri, uygulamaya özeldir. Kullanılan materyal, morötesi radyasyonu ve yağ direnci gibi nedenlerle oluşan mekanik sağlamlığı belirler. Günümüz teknolojisinde PVC yerine halojen içermeyen kaplama malzemeleri kullanılır (Görsel 5.61, Tablo 5.7).



Görsel 5.61: Dış ve iç mekân fiber optik kablo

Tablo 5.7: Fiber Optik Kablo Kaplama Malzemeleri

Kaplama Malzemesi	Halojen Durumu	Morötesi Direnci	Uygulama Alanları
Polimer	Halojensiz	Zayıf	İç mekân uygulamaları
Polietilen	Halojensiz	İyi	Dış mekân uygulamaları
Poliüretan	Halojensiz	İyi	Esnek kablolar
Polibütilen Tereftalat	Halojensiz	Orta	İç mekân uygulamaları
Poliamid Naylon	Halojensiz	İyi	İç ve dış mekân kullanımı

5.2.3. Fiber Optik Kablo Çeşitleri

Fiber optik kablolar, **ISO 11801** standardı tarafından çok modlu ve tek modlu oluşuna göre farklı isimlerle sınıflandırılır.

5.2.3.1. Çok Modlu Fiber Optik Kablolar

ISO 11801 standardı tarafından tanımlanan çok modlu fiber optik kablolar; OM1 fiber, OM2 fiber, OM3 fiber, OM4 fiber ve OM5 fiber şeklinde sınıflandırılır. Çok modlu fiber optik kablolar için İngilizce **Optical Multimode** (optikıl maltimot) sözcüklerinin baş harfleri olan **OM** kısaltması kullanılır.

- **OM1 Fiber Optik Kablo:** OM1 fiber, tipik olarak turuncu dış kılıfla üretilir. 62,5 mikronluk çekirdek çapına sahiptir. 33 m uzunluğa kadar 10 Gbit/s [Gbit: Gigabit (cigabit)] ethernet (eternet) hızını destekler. Yaygın olarak 100 Mbit [Megabit (megabit)] ethernet uygulamaları için kullanılır. LED ışık kaynağı kullanır (Görsel 5.62).



Görsel 5.62: OM1 çok modlu fiber optik kablo

- **OM2 Fiber Optik Kablo:** OM2 fiber, turuncu dış kılıfla üretilir. 50 mikronluk çekirdek çapına sahiptir. 82 m uzunluğa kadar 10 Gbit/s ethernet hızını destekler. Yaygın olarak 1 Gbit ethernet uygulamaları için kullanılır. LED ışık kaynağı kullanır (Görsel 5.63).



Görsel 5.63: OM2 çok modlu fiber optik kablo

- **OM3 Fiber Optik Kablo:** OM3, fiber turkuaz dış kılıfla üretilir. 50 mikronluk çekirdek çapına sahiptir. Lazer iletimi için optimize edilmiştir. 300 m uzunluğa kadar 10 Gbit/s ethernet hızını destekler. 100 m uzunluğa kadar 40 Gbit/s ve 100 Gbit/s ethernet hızlarını destekler. Yaygın olarak 10 Gbit ethernet uygulamaları için kullanılır (Görsel 5.64).



Görsel 5.64: OM3 çok modlu fiber optik kablo

- **OM4 Fiber Optik Kablo:** OM4 fiber, menekşe renginde dış kılıfla üretilir. 50 mikronluk çekirdek çapına sahiptir. Lazer iletimi için optimize edilmiştir. OM3 fiber ile geriye dönük olarak uyumludur. 550 m uzunluğa kadar 10 Gbit/s ethernet hızını destekler (Görsel 5.65).



Görsel 5.65: OM4 çok modlu fiber optik kablo

- **OM5 Fiber Optik Kablo:** OM5 fiber, geniş bantlı çok modlu fiber olarak bilinir. En yeni fiber tipidir. OM5 fiber kılıfın rengi limon yeşili olarak seçilmiştir. OM4 fiber ile geriye dönük olarak uyumludur. 50 mikronluk çekirdek çapına sahiptir. 850 ile 953 nm dalga boyu değerinde kanal başına 28 Gbit/s hızında ve en az dört dalga boyu bölmeli çoğaltma kanalını destekleyecek şekilde tasarlanmıştır (Görsel 5.66).



Görsel 5.66: OM5 çok modlu fiber optik kablo

Çok modlu fiber optik kablo tipleri arasındaki farklar Tablo 5.8'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 5.8: Çok Modlu Fiber Optik Kablo Bilgileri

Kablo Tipi	Dış Kılıf Rengi	Çekirdek Boyutu (µm)	Veri Hızı	Azami Mesafe (m)	Uygulama Alanları
OM1	Turuncu	62,5	10 Gbit/s – 33 m	300	Kısa yol ağları, yerel alan ağları ve özel ağlar
OM2	Turuncu	50	10 Gbit/s – 82 m	600	Kısa yol ağları, yerel alan ağları ve özel ağlar
OM3	Turkuaz	50	10 Gbit/s – 300 m	300	Daha büyük özel ağlar
OM4	Menekşe	50	10 Gbit/s – 550 m	550	Yüksek hızlı ağlar, veri merkezleri, finans merkezleri ve kurumsal kampüsler
OM5	Limon Yeşili	50	28 Gbit/s – 550 m	550	Daha büyük bağlantı mesafeleri gerektiren veri merkezleri

Çok modlu fiber optik kabloların avantajları ve dezavantajları Tablo 5.9'da verilmiştir.

Tablo 5.9: Çok Modlu Fiber Optik Kabloların Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Fiber sonlandırma uygulaması sırasında daha geniş çekirdek çapı sayesinde fiber uçları daha kolay hizalanarak daha kısa sonlandırma süresi sağlar.	Sınırlı hızları nedeniyle özellikle büyük boyutlu uygulamalarda kısıtlı kalmaktadır.
Kullanılan konnektörler ve aktif elemanlar tek modlu fiber kablolara göre daha ekonomiktir.	Kablolar tek modlu fiber kablolara göre daha pahalıdır.
Işık transferi ve algılamada daha ucuz olan LED'ler kullanılır.	Erişim mesafeleri tek modlu fiber kablolara göre çok kısadır.

5.2.3.2. Tek Modlu Fiber Optik Kablolar

ISO 11801 standardı tarafından tanımlanan tek modlu fiber optik kablolar; OS1 fiber ve OS2 fiber şeklinde sınıflandırılır. Tek modlu fiber optik kablolar için İngilizce **Optical Singlemode** (optikıl singılmot) sözcüklerinin baş harfleri olan **OS** kısaltması kullanılır.

Tek modlu fiber kablo, çok modlu fiber kabloya göre yaklaşık 50 kat daha uzun bir mesafede daha fazla veri iletimi sağlar.

- **OS1 Fiber Optik Kablo:** OS1 fiber, sarı dış kılıfla üretilir. 9 mikronluk çekirdek çapına sahiptir. 10 km uzunluğa kadar 10 Gbit/s ethernet hızını destekler. Kilometrede 1 dB (desibel) azami değer kaybıyla 1310 nm dalga boyu değerinde kullanılır (Görsel 5.67).



Görsel 5.67: OS1 tek modlu fiber optik kablo

- **OS2 Fiber Optik Kablo:** OS2 fiber, mavi dış kılıfla üretilir. 9 mikronluk çekirdek çapına sahiptir. 40 km uzunluğa kadar 100 Gbit/s ethernet hızını destekler. Kilometrede 0,4 dB azami değer kaybıyla 1550 nm dalga boyu değerinde kullanılır (Görsel 5.68).



Görsel 5.68: OS2 tek modlu fiber optik kablo

Tek modlu fiber optik kablo tipleri arasındaki farklar Tablo 5.10'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 5.10: Tek Modlu Fiber Optik Kablo Bilgileri

Kablo Tipi	Dış Kılıf Rengi	Çekirdek Boyutu (µm)	Veri Hızı	Azami Mesafe (km)	Uygulama Alanları
OS1	Sarı	9	10 Gbit/s – 10 km	10	İç mekân uygulamaları
OS2	Mavi	9	100 Gbit/s –40 km	200	Dış mekân uygulamaları

Tek modlu fiber kablolar, çok modlu fiberlerden çok daha yüksek hızlarda sinyaller taşıyabilir. Yüksek veri hızları veya lazer diyotlu fiber optik iletim ekipmanı kullanan uzun mesafeli haberleşme için en iyi seçimdir. Tek modlu fiber optik kabloların avantajları ve dezavantajları Tablo 5.11'de verilmiştir.

Tablo 5.11: Tek Modlu Fiber Optik Kabloların Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Çok büyük sistem erişim mesafelerinde sorunsuz kullanılabilir.	Daha küçük çekirdek çapı nedeniyle fiber sonlandırma uygulaması daha zahmetli ve uzun sürelidir.
100 Gbit/s yüksek hızları destekler.	Küçük çekirdek çapından dolayı hatasız bağlayıcılara ihtiyaç duyar. Bu yüzden konnektörler pahalıdır.
Çok modlu fiber kabloya göre daha ucuzdur.	İletişimde LED'lere oranla çok daha pahalı lazer diyotlar kullanılır.
Performansı çok iyi olduğundan uzun mesafe bağlantılarında kullanılabilir.	Tek modlu fiber parçaları, dönüştürücü cihazları ve aktif ürünleri çok pahalıdır.

5.2.3.3. Fiber Optik Yama Kablosu

Her iki ucu fiber optik konnektörle sonlandırılmış belli uzunluklarda fiber optik kablodur. Uygulamada fiber optik patch cord (peç kort) olarak bilinir. Uçtaki konnektörler sayesinde optik anahtar veya başka bir telekomünikasyon cihazına kolayca bağlanabilir.

Fiber optik patch cord, sunucu veya sistem odalarında geleneksel bakır kabloların ulaşamadığı uygulamalarda çok iyi bir seçimdir. Telekomünikasyon ve veri iletişimini kapsayan uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. Yüksek hızlara ihtiyaç olan ağlar çoğaldıkça fiber optik patch kablo kullanımı da artmıştır.

Fiber patch kablolar; fiber kablo modu, iletim modu, dış kılıf tipi ve konnektör tipi gibi farklı standartlara göre sınıflandırılır (Görsel 5.69).



Görsel 5.69: Fiber optik patch cord

5.2.3.4. Fiber Optik Pigtail (Pikteıl) Kablosu

Fiber optik pigtail kablosunun bir ucu üretici tarafından konnektörle sonlandırılmış, diğer ucu boş bırakılmıştır. Konnektör tarafı cihaza takılır. Diğer tarafı fiber optik kablolarla eklenebilir. Bu kablolar, mekanik veya füzyon ek yoluyla sonlandırmak için kullanılır.

Yüksek kaliteli pigtail kablolar, doğru füzyon ekleme uygulamalarıyla fiber optik kablo sonlandırmaları için en iyi performansı sunar. Fiber terminal kutusu, fiber optik patch panel ve dağıtım kutusu gibi fiber optik yönetim ekipmanlarında kullanılır. Bazı pigtail kablolar, sert veya aşırı ortamlara dayanacak şekilde özel olarak monte edilmiştir. Zırhlı fiber optik pigtail ve su geçirmez fiber optik pigtail gibi çeşitleri vardır (Görsel 5.70).



Görsel 5.70: Fiber optik pigtail kablo

5.2.4. Fiber Optik Kablo Konnektörleri

Fiber optik kablo konnektörleri, fiber optik kablo kurulumunu ve bakımını büyük ölçüde kolaylaştırır. Bir dizi fiber optik kablo konnektör tipi geliştirilmiştir. Zamanla endüstri standardı hâline gelmiştir. Konnektör tipleri aynı fonksiyona ve benzer temel bileşenlere sahiptir. Fiberoptik kablolar için yaygın olarak ST, FC, SC, LC, MU MT-RJ ve MPO/MTP tip fiber konnektörler kullanılır.

5.2.4.1. ST Tip Fiber Konnektör

Bu konnektör tipi için İngilizce **Straight Tip** (sitrey tip) sözcüklerinin baş harfleri olan **ST** kısaltması kullanılır. Bağlantı türü üzerinde büküm şeklindedir. Tek modlu ve çok modlu fiber kablolarda tek fiber için kullanılır. Anahtarlıdır. LAN uygulamalarında kullanılır (Görsel 5.71).



Görsel 5.71: ST tip fiber konnektör

5.2.4.2. FC Tip Fiber Konnektör

Bu konnektör tipi için İngilizce **Ferrule Core Connector** (ferol kor konektır) sözcüklerinin baş harfleri olan **FC** kısaltması kullanılır. Bağlantı türü, vidalı tiptir. Tek modlu ve çok modlu fiber kablolarda tek fiber için kullanılır. Anahtarlıdır (Görsel 5.72).



Görsel 5.72: FC tip fiber konnektör

5.2.4.3. SC Tip Fiber Konnektör

Bu konnektör tipi için İngilizce **Square Connector** (sıkuer konektır) sözcüklerinin baş harfleri olan **SC** kısaltması kullanılır. Bağlantı türü, geçmeli tiptir. Tek modlu ve çok modlu fiber kablolarda tek fiber için kullanılır. Anahtarlıdır. Kablolu televizyon (CATV) uygulamalarında kullanılır (Görsel 5.73).



Görsel 5.73: SC tip fiber konnektör

5.2.4.4. LC Tip Fiber Konnektör

Lucent Technologies (Lusın Teknolocis) tarafından geliştirilmiştir. Bu konnektör tipi için İngilizce **Lucent Connector** (lusın konektır) sözcüklerinin baş harfleri olan **LC** kısaltması kullanılır. Bağlantı türü, geçmeli RJ45 tiptir. Tek modlu ve çok modlu fiber kablolarda tek fiber için kullanılır. Küçük form faktörüne sahiptir. Ethernet, video ve çoklu ortam uygulamalarında kullanılır (Görsel 5.74).



Görsel 5.74: LC tip fiber konnektör

5.2.4.5. MU Tip Fiber Konnektör

Bağlantı türü, itme çekme tipindedir. Tek modlu ve çok modlu fiber kablolarda tek fiber için kullanılır. Küçük form faktörüne sahiptir. Tıbbi ve askeri uygulamalarda kullanılır (Görsel 5.75).



Görsel 5.75: MU tip fiber konnektör

5.2.4.6. MT-RJ Tip Fiber Konnektör

Bağlantı türü, geçmeli RJ45 tiptir. Tek modlu ve çok modlu fiber kablolarda iki fiber için kullanılır. Ethernet ve ATM (Asenkron Transfer Modu) ağ uygulamalarında kullanılır (Görsel 5.76).



Görsel 5.76: MT-RJ tip fiber konnektör

5.2.4.7. MPO/MTP Tip Fiber Konnektör

Bu konnektör tipi için İngilizce **Multi Fiber Push On** (multi fiber puş on) sözcüklerinin baş harfleri olan **MPO** kısaltması kullanılır. Bağlantı türü itme çekme tipindedir. Tek modlu ve çok modlu fiber kablolarda 4, 8, 12, 16 ve 24 fiber için kullanılabilir. Erkek (pimli) ve dişi (pimsiz) olmak üzere iki türü vardır. En yaygın fiber sayısı, 12 ve 24'tür. MPO tip konnektörde plastik pim kelepçesi ve yuvarlak yay kullanılır. MPO bağlantısı oluşturulurken daima bir erkek ve bir dişi konnektör ile bir MPO adaptörü kullanılır. Aktif cihaz alıcı ve verici ile optik elektrik çevrim modüllerinin bağlantılarında kullanılır (Görsel 5.77, 78).



Görsel 5.77: MPO/MPT tip fiber konnektör



Görsel 5.78: Dişi ve erkek MPO/MPT tip fiber konnektörler

MTP tip konnektör, daha iyi mekanik ve optik performans için tasarlanmıştır. Yüksek performanslı MPO konnektör tipidir. Bu konnektör, itme yayını ortalamak için kullanılan metal pim kelepçesine sahiptir. Bu özelliği yay kuvvetini merkezler. Yayda görülen lif hasarını ortadan kaldırır. MTP tip konnektörde metal pim kelepçesi ve oval yay kullanılır (Görsel 5.79).

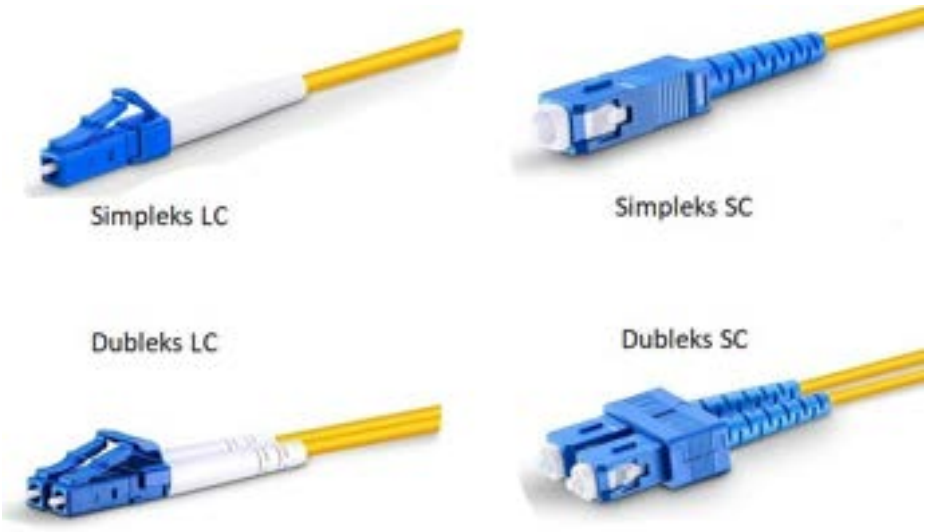


Görsel 5.79: MPO/MPT tip 12 ve 24 fiber konnektörler

5.2.4.8. Simpleks ve Dubleks Fiber Konnektörler

Simpleks (tek yönlü) bağlantıda sinyaller bir yönde gönderilir. Örneğin iki simpleks konnektörden ve bir aygıttan diğer aygıta tek yönlü bir fiber kablo üzerinden sinyal iletilir. Sinyal aynı yoldan geri dönemez. Tek fiber konnektör, cam veya plastik fiber kablo ile bağlanır.

Dubleks (çift yönlü) bağlantı, dubleks konnektörler ve dubleks fiber kabloyla yapılabilir. Dubleks fiber konnektör iki lifli fiber kabloyla bağlanır. Görsel 5.80'de simpleks ve dubleks LC / SC tip fiber konnektörlerin karşılaştırması verilmiştir.



Görsel 5.80: Simpleks ve dubleks LC/SC tip fiber konnektörler

5.2.5. Fiber Optik Kablo Test ve Ekleme İşlemleri

Fiber optik kablo yanlışlıkla hasar görebilir, kesilebilir veya kopabilir. Bu nedenle ek yapmak gerekebilir. Test kesme, soyma ve ekleme işlemleri için gerekli ekipmanlar aşağıda verilmiştir.

- **Optik Zaman Alanlı Reflektometre:** Fiber optik kabloları test etmek ve arızaları bulmak için kullanılan ve bulundukları mesafeyi gösteren ölçüm cihazıdır. Bu cihaz için İngilizce **Optical Time Domain Reflectometer** (optikıl taym domeyn reflektımıtır) sözcüklerinin baş harfleri olan **OTDR** kısaltması kullanılır.

Fiber optik kablonun uzunluğunu değerlendirmek, iletim ve bağlantı zayıflamasını ölçmek, fiber optik bağlantıların arıza yerini tespit etmek için kullanılır. Ayrıca kabloların ek ve sonlandırma yerlerinin kalitesi de test edilebilir. Kısaca fiber optik kabloların bütünlüğünü test etmek için kullanılan önemli bir cihazdır (Görsel 5.81). Fiber optik kablo tesisinin kaybını doğrudan ölçer. Fiber optik kabloya doğru ışık ışını göndererek tıpkı bir radar gibi çalışabilme özelliğine sahiptir.

Test sırasında cihaz, fiber kablosunun bir ucundan bir fibere daha yüksek güçte lazer veya fiber optik ışık kaynağı süzmesi gönderir. Cihazın portu geri dönen bilgiyi alır. Optik darbe fiber üzerinden iletildikçe dağınık yansımanın bir kısmı cihaza geri döner. Geri dönen yararlı bilgiler cihazın detektörü tarafından ölçülür. Cihaz, geri dönüş sinyallerinin zamanını ve fiberlerdeki iletim hızını kaydeder. Böylece mesafe hesaplanabilir.

Optik zaman alanlı reflektometre test cihazı aslında bir optik radardır. Parlak bir ışık flaşı göndererek yankı veya yansımaların yoğunluğunu ölçer. Bu nedenle esas olarak erişim ağlarının (telefon santralleri arasındaki iletişim bağlantıları) ve kullanıcı ağlarının (kullanıcı siteleri ve telefon kutupları arasındaki iletişim bağlantıları) fiber optik kurulum ve bakım hizmetlerinde kullanılır.



Görsel 5.81: Optik zaman alanlı reflektometre

- **Optik Güçölçer:** Fiber optik kablolardaki optik kaybı ölçmek için kullanılır. Optik güçölçer cihazının ana işlevi, foto diyotta hat sonuna ulaşan gücü göstermektir. İletilen ve alınan optik güç, optik güçölçer ile ölçülebilir. İletilen güç için optik güçölçer cihazı doğrudan optik ileticinin çıkışına bağlanır. Alınan güç içinse optik iletici fiber sisteme bağlanır. Daha sonra fiber kablo üzerinde optik alıcının bulunacağı noktada optik güçölçer kullanılarak güç seviyesi okunur (Görsel 5.82).



Görsel 5.82: Optik güç ölçer

- **Fiber Optik Kablo Kesici ve Soyucu:** Fiber optik kablo kesme ve soyma uygulamalarında kullanılan araçlardır (Görsel 5.83, 84).

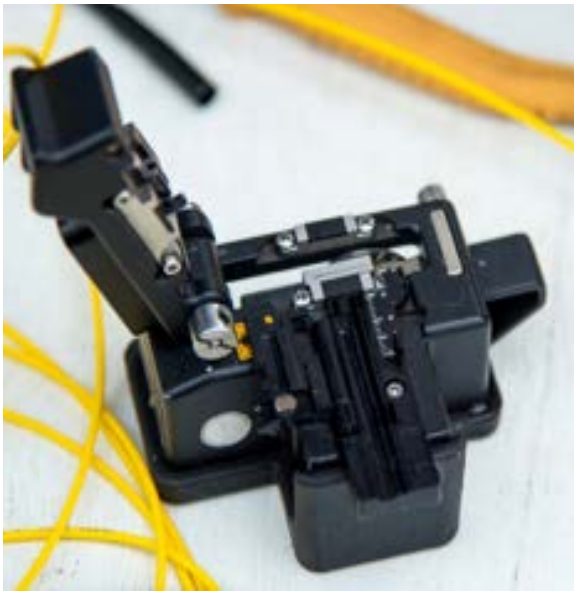


Görsel 5.83: Fiber optik kablo kesici

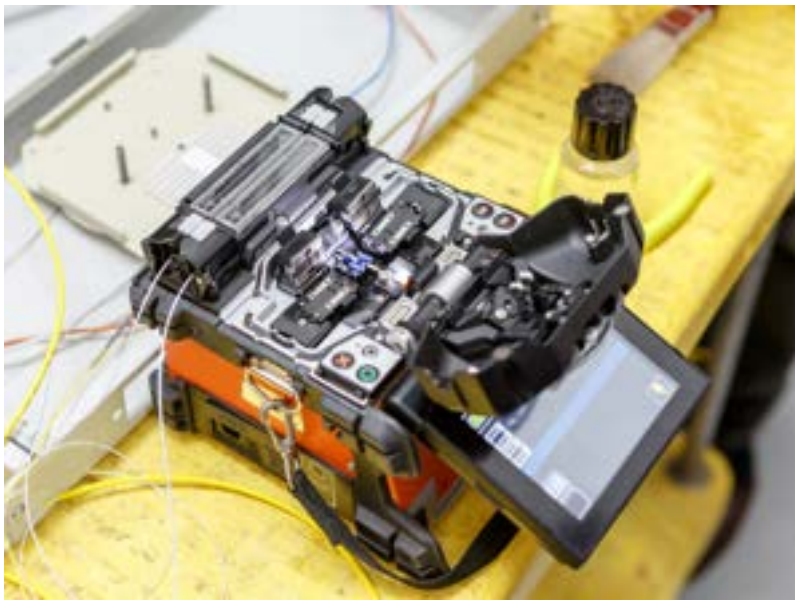


Görsel 5.84: Fiber optik kablo soyucu

- **Fiber Optik Giyotin:** Füzyon ekleme, fiber çekirdek kesmek ve sonlandırma yapmak ya da fiberi hazırlamak için kullanılır. Füzyon ek cihazıyla birlikte kullanılır (Görsel 5.85).
- **Fiber Optik Füzyon Ek Cihazı:** Uçtan uca iki optik fiberin ısı yardımıyla birleştirilmesi işleminde kullanılır. İki fiberi, fiberlerle birlikte geçen ışığın birleşme yerinden geri yansıtacak şekilde birbirine kaynaştırır (Görsel 5.86).

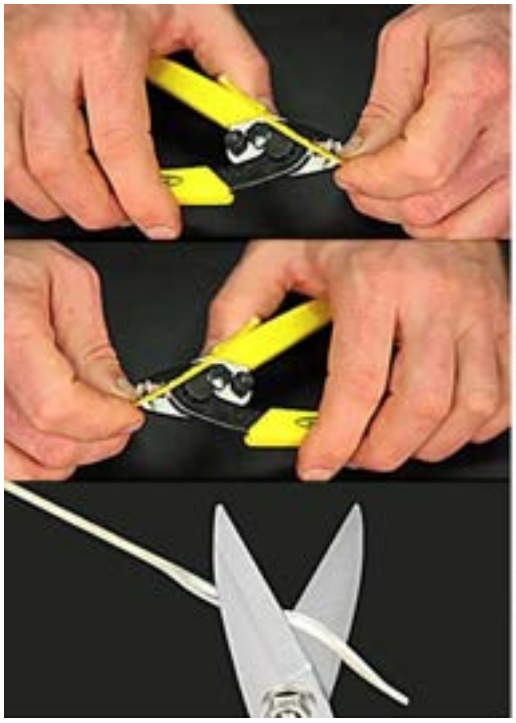


Görsel 5.85: Fiber optik giyotin



Görsel 5.86: Fiber optik füzyon ek cihazı

Fiber Optik Kablo Test, Onarım ve Ekleme İşlemleri İçin Uygulanacak Adımlar



Görsel 5.87: Fiber optik kablo soyma ve kesme

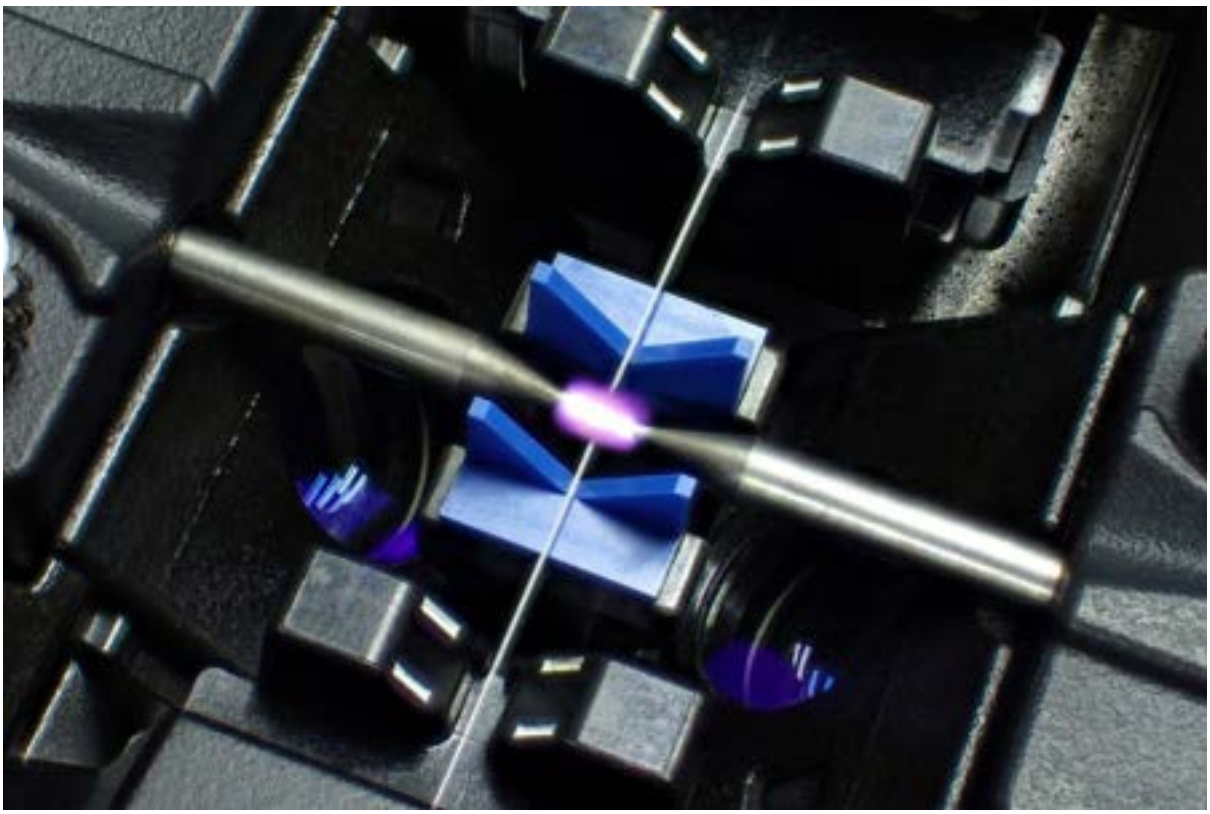
- Optik zaman alanlı reflektometre ile fiber optik kablodaki kırık nokta tespit edilir. Doğru yapılan ölçümlerle, 1 ile 2 m'lik sapmalarla kablodaki kopuk tespit edilebilir.
- Fiber optik kablo kesiciyle hasarlı fiber optik kablo kesilir. Fiber kabloda tespit edilen kopuğun olduğu bölüm, bulunduğu yerden ek yapılacak dış ortama çıkarılır. Fiber optik kablo ek yapılacak hâle getirilir.
- Fiber optik kablonun her iki ucundaki fiberi çıkarmak için fiber optik kablo soyucu kullanılır. Fiber optik tüpün içeride kalması için kılıf soyulurken dikkatli olunmalıdır. Daha sonra kılıf ve kevlar, fiber optik kablo kesiciyle kesilir (Görsel 5.87).
- Fiber optik kablodaki hasarlı bölge fiber optik giyotinle kesilir (Görsel 5.88).



Görsel 5.88: Fiber optik giyotin kullanımı

- Fiber optik kablo özel alkollü bezle temizlenir. Soyulmuş fiberlerin temizliği için alkol ve tüy bırakmayan mendil kullanılabilir. Fiberlerin hiçbir nesneye temas etmemesine dikkat edilmelidir.
- Fiber optik kablo eklenir. Fiber optik kabloyu eklemek için iki yöntem vardır.
    - **Mekanik Ekleme:** Mekanik bir ortam ile iki fiberin karşılıklı olarak merkezlenmesi ve uç uca getirilmesi, böylece ışığın bir fiberden diğer fibere geçişinin sağlandığı ekleme yöntemidir. Mekanik bağlantı için hızlı fiber optik konnektörleri fibere takılır. İki fiber ucu hizalanmış konumda tutulur. Böylece ışığın bir fiberden diğerine geçmesi sağlanır. Mekanik eklemede tipik kayıp 0,3 ile 1 dB aralığındadır.
    - **Füzyon Ekleme:** Füzyon ekleme işleminde iki fiber ucunu hassas bir şekilde hizalamak için fiber optik füzyon ek cihazı kullanılır. Füzyon ek yeri, koruyucu fibere aktarılır. Eklenmiş olan fiber füzyon ek cihazına yerleştirilir. Daha sonra fiber uçlara ısı veya elektrik arkı kullanılarak kaynak yapılır. Başka bir deyişle eklenecek iki fiber optik kablo ucu erime noktasına kadar ısıtılır. Uygun bir basınç uygulamasıyla lehimlenir. Yani iki cam kablo birbirine kaynatılmış olur.

      Füzyon ekleme, çok düşük kayıplı ışık iletimini sağlayan fiberler arasında sürekli bir bağlantı üretir. Füzyon eklemede tipik kayıp 0,1 dB kadardır. Yapılan eklerde kayıpların fazla olmaması nedeniyle füzyon ekleme tercih edilmelidir (Görsel 5.89) Optik zaman alanlı reflektometre ile fiber optik kablo bağlantı testi yapılır. Bağlantı sağlanmışsa fiber optik kablo tekrar muhafazasına yerleştirilir.



Görsel 5.89: Fiber optik füzyon ekleme

5.2. Uygulama: Fiber Optik Kablo Bağlantısının ve Testlerinin Yapılması

Amaç: Fiber optik kablo bağlantısını yaparak kablo testlerini yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 5.90: Fiber optik ışık test cihazıyla fiber optik kablo testi



Görsel 5.91: OTDR cihazıyla fiber optik kablo testi



Görsel 5.92: Optik güç ölçer cihazıyla fiber optik kabloda zayıflama ölçümü



Görsel 5.93: Optik güç ölçer cihazına sabit zayıflatıcı takılması

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Fiber optik kablo	SC, FC, LC tip konnektörlü patch cord	Birer Adet
Konnektör adaptörü	SC, FC, LC başlık/adaptör	Birer Adet
Fiber optik ışık test cihazı (Görsel hata bulucu)	Sayısal	1 Adet
Lazer ışık kaynağı cihazı	Sayısal	1 Adet
Optik güçölçer cihazı	Sayısal	1 Adet
OTDR Cihazı	Sayısal	1 Adet
Fiber optik zayıflatıcı	Sabit zayıflatıcı	1 Adet

Süre: 2 Ders Saati

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzeme bulundurmayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen tüm cihaz, kablo ve devre elemanlarını elle ve gözle kontrol ediniz.
3. Görünür ışık kaynağı fiber optik ışık test cihazıyla (görsel hata bulucu) uçlarında FC, SC ve LC tip konnektör bulunan patch cord testlerini ayrı ayrı yapınız. Yaptığınız ölçümleri Tablo 5.12'ye kaydediniz (Görsel 5.90).
4. OTDR cihazıyla uçlarında FC, SC ve LC tip konnektör bulunan patch cord testlerini ayrı ayrı yapınız. Yaptığınız ölçümleri Tablo 5.12'ye kaydediniz (Görsel 5.91).
5. Lazer ışık kaynağı ve optik güçölçer cihazlarını kullanarak patch cord kablodaki zayıflama miktarını ölçünüz. Lazer ışık kaynağı çıkış gücünden optik güçölçerin ölçtüğü gücü çıkararak bulduğunuz zayıflama miktarını Tablo 5.12'ye kaydediniz (Görsel 5.92).
6. Optik güçölçer cihazına sabit zayıflatıcıyı bağlayarak patch cord kablodaki zayıflama miktarını ölçünüz. Lazer ışık kaynağı çıkış gücünden optik güçölçerin ölçtüğü gücü çıkararak bulduğunuz zayıflama miktarını Tablo 5.12'ye kaydediniz (Görsel 5.93).
7. Uygulamaya ilişkin gözlemlerinizi değerlendirme kısmına yazınız.
8. Çalışma alanını ve atölyeyi temizleyiniz.

Tablo 5.12: Yapılan Ölçümler

Yapılan İşlem	SC Patch Cord (Işık/Sinyal Var/Yok)	FC Patch Cord (Işık/Sinyal Var/Yok)	LC Patch Cord (Işık/Sinyal Var/Yok)	Zayıflatıcı Takılı Değilken Zayıflama Miktarı (dB)	Zayıflatıcı Takılıyken Zayıflama Miktarı (dB)
Fiber Optik Işık Test Cihazıyla Patch Cord Testi				----------	----------
OTDR Test Cihazıyla Patch Cord Testi				----------	----------
Lazer Işık Kaynağı ve Optik Güçölçer ile Zayıflama Testi	----------	----------	----------		

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Yaptığınız işlemlerle ilgili gözlemlerinizi kısaca yazınız.
- Kullandığınız görünür ışık kaynağı fiber optik ışık test cihazının verdiği ışığın rengi, çıkış gücü ve azami test mesafesi bilgilerini araştırınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

Süre: 2 Ders Saati

5.3. FİBER OPTİK SİSTEMLERİ HAVA ARACI ÜZERİNDE KULLANMA

Fiber optik kabloların birçok avantajı vardır. Bilinen bakır kablolara göre daha hafif olup daha az yer kaplar. Fiber optikler, bilgi ışık enerjisi şeklinde iletildiği için elektromanyetik girişimden etkilenmez. Elektrik akımı nedeniyle ısınma sorunu yoktur. Dolayısıyla yangın tehlikesi de olmaz. Fiber optik kablolarda kayıp çok azdır. Fiber optik sistemler özellikle yüksek hızda veri iletimi nedeniyle tercih edilir. Avantajları nedeniyle hava ve uzay araçlarında çeşitli amaçlarla kullanımı giderek artmıştır.

Hava araçlarında farklı noktalardan alınan sıcaklık, basınç, pozisyon bilgisi gibi fiziksel büyüklükler ve elektromanyetik dalgalarla taşınmış bilgiler elektrik sinyallere çevrilir. Elektronik devrelerde işlendikten sonra kokpitte bulunan göstergelere iletilir. Bu durum sistemler arasında yoğun kablolama gerektirir. Sistemler arasında veri transfer hızının yüksek ve sistemin daima güvenilir olması tercih edilir. Uçak aviyonik alt sistemlerin sayısı ve karmaşıklığı arttıkça veri iletim gereksinimlerindeki karmaşıklık da artar.

Sayısal elektronik teknolojisindeki gelişmeler daha esnek, modüler ve güvenilir veri iletim sistemlerinin geliştirilmesini sağlamıştır. Uçaklardaki veri iletim sistemlerinde de analog sistemler yerine daha gelişmiş sayısal sistemler kullanılmaya başlanmıştır. Böylece ARINC 429, ARINC 629, ARINC 636, MIL-STD 1553B, MIL-STD 1773 gibi haberleşme formatları (veri iletim standartları) geliştirilmiştir. Gelişmiş aviyonik sistemlerin veri hatlarında iletim hızı daha yüksek ve elektromanyetik girişimin sistem performansı üzerindeki etkisi çok önemlidir. Bu nedenle uçak aviyonik sistemlerinde fiber optik teknolojisi kullanılır.

5.3.1. Uçuş Kontrol Sistemleri

Uçaklarda birçok aviyonik sistem, kokpit adı verilen pilot kabininde bulunur (Görsel 5.94). Örneğin uçuş kontrol ve yönetim sistemleri, haberleşme ve navigasyon sistemleri ile görüntüleme sistemleri gibi önemli bölümler kokpitte yer alır. Uçaklarda genel olarak 14 V veya 28 V DC gerilim kullanılır. Aviyonik sistemlerin uluslararası standartları AEEC [Airlines Electronic Engineering Committee (eırlayns elektıronik encınirink komite)] olarak bilinen **Havayolları Elektronik Mühendislik Komitesi** tarafından belirlenir.



Görsel 5.94: Uçak pilot kabini (kokpit)

Hava araçlarında sadece belirli durumlarda devreye giren ve uçuşu kontrol eden sistemler mevcuttur. Bu sisteme **otomatik pilot** denir. Otomatik pilot, pilot tarafından hava aracının kontrolü için devreye alınır. Otomatik pilot sistemi uçağın ağırlık merkezi etrafındaki hareketi gözlemler. Bu doğrultuda güvenlik parametreleriyle uçağı yönlendirir. Günümüz teknolojisinde otomatik pilotlar yardımıyla bir uçak klasik uçuş manevraları yapabilir. Dümeni kontrol ederek sapma hareketlerini yönlendirebilir. Uçuş kontrol sistemi sayesinde pilotun görev yükü hafifler. Ayrıca pilotun görüşünü engelleyen durumlar meydana geldiğinde otomatik pilot devreye girerek sağlıklı bir uçuş gerçekleştirebilir (Görsel 5.95).



Görsel 5.95: Uçak kontrol sistemi ve seyrüsefer donanımı

Uçuş kontrol ve yönetim sistemleri uçakların otomatik kontrollü uçuşuyla ilgilidir. Otomatik pilot, Lawrence Sperry (Lorıns Siperi) tarafından İkinci Dünya Savaşı sırasında uçakların daha kararlı bombardıman yapabilmesi için icat edilmiştir. Kara kutular uçaktaki sesleri ve uçuş bilgilerini saklar. Olası bir kaza anında bu veriler, kazanın neden gerçekleştiğiyle ilgili çok önemli veriler taşır. Meteoroloji sistemleri, hava radarı ve yıldırım dedektörleri gibi özellikler; uçağın geceleri uçabilmesi için önemli özelliklerdir. Kokpitteki göstergelerde gösterilen şiddetli yağış alanları ve türbülans sahaları, pilota daha iyi bir rota seçme imkanı verir. Aviyonik sistemlerin gelişmesiyle pilotlar uçuş kontrolüyle tamamen bütünleşmiştir. Bu sistemlerin ileride tam otonom olması ve uzaktan kontrol edilebilmesi beklenmektedir.

Havacılığın erken aşamasında uçaklarda mekanik bağlantı olarak da bilinen kontroller için kablolar ve kasnaklar kullanılmıştır. Bu kablolar ve kasnaklar, pilotun uçuş kontrolünün yüzeylerini hareket ettirmek için itme ve çekme sistemi olarak işlev görür. Kablolar ve kasnaklar kullanıla-

rak uçuş kontrol yüzeylerine etki eden her kuvvet, kokpit kumandasına iletilir. İlk uçaklar hafif olmakla birlikte yavaş bir hızda uçabiliyordu. Bu nedenle aerodinamik kuvvet güçlü olmadığından uçağın manevralarını mümkün kılıyordu. Daha sonra ortaya çıkan yeni teknolojilerle birlikte hava üstünlüğü bir avantaj hâline geldi. Böylece uçağın daha hızlı uçması, daha fazla yük taşıması ve daha güçlü olması ihtiyacı ortaya çıktı. Pilotlar; hidrolik sistemlerdeki gelişmeler ve artan aerodinamik kuvvetlerle kontrol yüzeylerini hareket ettirmek için ekstra çaba sarf etmezler. Bu nedenle uçaklar daha hızlı uçabilir.

Günümüze Kadar Hava Araçlarında Kullanılan Uçuş Kontrol Sistemleri

- **Mekanik:** Mekanik veya manuel olarak çalıştırılan uçuş kontrol sistemleri, uçağı kontrol etmenin en temel yöntemidir. İlk geliştirilen uçaklarda kullanılmıştır. Günümüzde aerodinamik kuvvetlerin aşırı olmadığı küçük uçaklarda hâlen kullanılmaktadır.

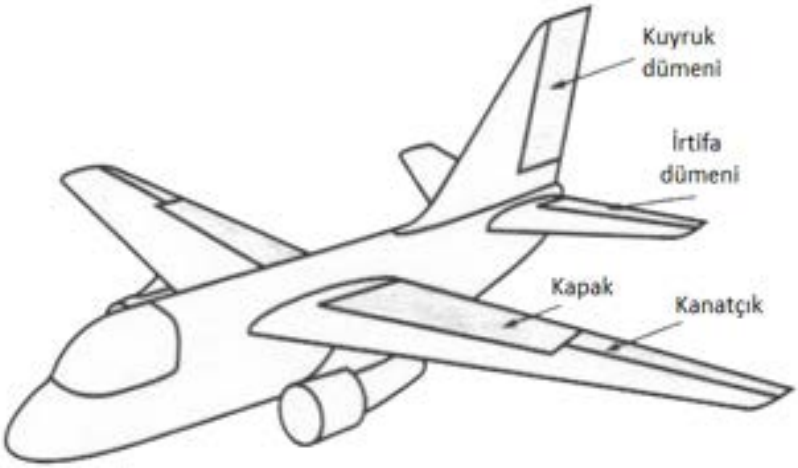
- **Hidromekanik:** Hidromekanik uçuş kontrol sistemi, mekanik bağlantıların hidrolik sisteme bağlı olduğu bir sistemdir. Bu sistemde; kokpit kontrolünde kablolar, kasnaklar ve dişliler kullanılmıştır. Hidrolik sistem kontrol yüzeylerinde borular, rezervuar, valflar ve pompalar mevcuttur. Hidromekanik sistem ile kontrol yüzeylerine etki eden aerodinamik kuvvetler pilotlar tarafından hissedilmemektedir. Bu durum kontrolü kolaylaştırmıştır. Hidrolik olarak güçlendirilmiş kontrol yüzeyleri, mekanik uçuş kontrol sistemindeki sınırlamaları ortadan kaldırır. Hidromekanik uçuş kontrol sistemi iki bölümden oluşur.

  1. Mekanik devre, hidrolik devreleri ve kokpit kontrollerini içerir. Mekanik uçuş kontrol sistemi gibi çubuklar, kablolar, kasnaklar ve zincirlerden oluşur.
  2. Hidrolik devre; hidrolik pompalar, rezervuarlar, filtreler, borular, vanalar ve aktüatörler (eyleyiciler) içerir. Aktüatörlere, hidrolik devredeki pompalar tarafından üretilen hidrolik basınçla güç sağlanır. Aktüatör, hidrolik basıncı kontrol yüzeyi hareketlerine dönüştürür. Elektro-hidrolik servo valflar tahrik hareketini kontrol eder.

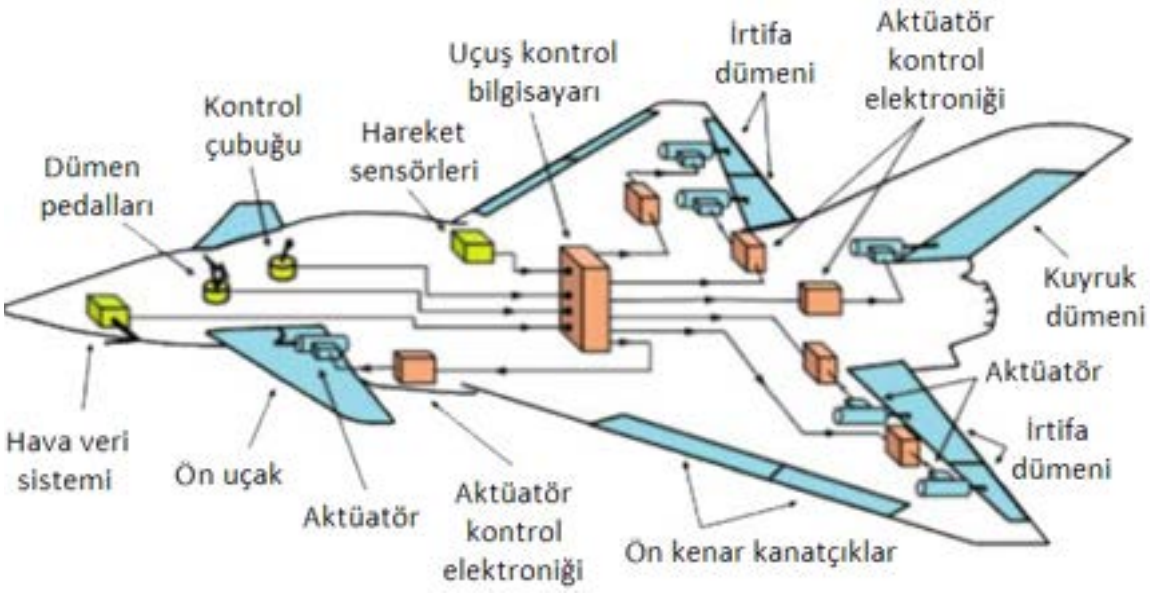
  Hidromekanik sistem pilota birçok avantaj sağlamıştır. Ancak kabloların uzun bir uçak gövdesinden geçmesi gerektiğinden büyük uçaklar için ağır ve bakımı zordur ayrıca pratik değildir.

- **Fly-By-Wire (fılay bay vayr):** Kablolu uçuş sistemi için FBW kısaltması kullanılır. Bu sistem, manuel uçuş kontrol mekanizmalarının elektronik sistemler kullanılarak kontrol edildiği modern uçuş kontrol sistemidir. Pilotun uçağı kontrol ederken yaptığı hareketler ve veri girişleri elektriksel sinyallere dönüştürülerek kablolar yardımıyla iletilir. Sistemde verilen girdinin kontrol yüzeylerini ne kadar hareket ettireceğine karar veren ve istenilen performansın uçaktan alınmasına yardımcı olan bir bilgisayar kullanılır. Geliştirilmiş FBW uçuş kontrol sistemleri, pilotun kontrol girişini istenen sonuç olarak yorumlar. Pilot kontrol kolunu yönlendirerek uçağın belirli bir manevra yapmasını emreder. Uçuş kontrol bilgisayarı ise hangi kontrol yüzeyi hareketlerinin uçağın bu eylemi gerçekleştirmesine imkân sağlayacağını hesaplar. Bu komutları her bir kontrol yüzeyi için ilgili elektronik kontrolcülere verir. Her bir yüzeydeki kontrolcüler bu komutları alır. Kontrol yüzeylerine bağlı olan motorları harekete geçirerek kontrol bilgisayarının verdiği komutlara göre kontrol yüzeylerini yönlen-

dirir. Bu durum; uçağın kuyruk dümeni, irtifa dümeni, kanatçık, kapak ve motor kontrollerinin farklı hareket kombinasyonları şeklinde sonuçlanır (Görsel 5.96, 97).



Görsel 5.96: Uçak kontrol yüzeyleri



Görsel 5.97: Fly-By-Wire uçuş kontrol sisteminde standart kablo yönlendirme

Günümüzde birçok ticari yolcu uçağı FBW sistemini kullanmaktadır. Bu sistem; kabloları, kasnakları ve dişlileri koruma ihtiyacını ortadan kaldırarak uçağın ağırlığını azaltır. Oto pilot sistemini ve uçak sistemini yöneten bilgisayarlar tarafından elektronik olarak kontrol edildiği için çok verimli bir uçuş kontrol sistemidir. FBW uçuş kontrol sistemi, günümüzde mevcut en iyi seçenek olarak kabul edilse de geliştirilmesi gerekmektedir. Bakır kablolarda her tel yalnızca bir sinyal taşıyabilir. Bu durum dört

sinyale ihtiyaç duyabilecek tek bir sistem için dört bakır tele ihtiyaç duyduğu anlamına gelir. Bu nedenle FBW sistemini kullanan uçaklar çok fazla bakır demetlerine sahip olur. Bakım için kablo demetleri ile çalışmak zaman alır ve çok fazla insan gücü gerektirir. FBW sistemi, kullanılan bakır kabloların miktarı ve elektromanyetik frekansa duyarlı olması nedeni ile kafeslenme nedeniyle ağır olarak kabul edilmektedir.

- **Fly-By-Light (fılay bay layt):** Işıklı uçuş sistemi için FBL kısaltması kullanılır. Fiber optik kabloların kullanıldığı en yeni sistemdir. Bu sistem, gelecekteki uçak geliştirmeleri için FBW sistemine cevap olabilecek bir teknolojidir. FBL teknolojisi, 1990'lardan beri test edilmekte ve hâlen de araştırılmaktadır.

5.3.2. Fly-By-Light Uçuş Kontrol Sistemleri

Uçak teknolojisi; uçakların her zaman dahi hafif, düşük maliyetli ve güvenilir olması için yeni alternatifler arar. FBW kablolu uçuş sistemi; modern uçakları büyütmeyi, daha yüksekte uçmayı, daha güvenilir olmayı ve maliyetten tasarruf etmeyi sağlamıştır. FBL ışıklı uçuş sisteminin gelecekte FBW kablolu uçuş sisteminin yerini alması beklenmektedir.

FBL uçuş kontrol sistemi, fiber optik kablo ve optik sensörlerin kullanıldığı uçuş kontrol sistemidir. Sistemde optik sensörlerden işlemcilere, işlemcilerden de kokpite sinyal iletiminde fiber optik bağlantılar kullanılır. Bu nedenle elektromanyetik girişim (EMI) ve yüksek yoğunluklu elektromanyetik alandan (HIRF) etkilenmez. Fiber optik bağlantılar büyük bant genişliği sunar. Fiber optik kablolar hafiftir ve daha az yer kaplar. Bu nedenle uçakların yakıt sarfiyatı düşer.

Uçağın hızının artması nedeniyle pilot kontrol panelinden uçağın kontrol yüzeylerine hızlı veri aktarım ihtiyacı bu sistemle giderilmiştir. Sistem, uçaklarda yüksek bant genişliği ve yüksek veri aktarım hızı sağlar. Böylece pilotlar tarafından verilen komutlar uçak kokpitinden kontrol yüzeylerine daha hızlı aktarılır.

Uçuş Kontrol Sistemlerinde Fiber Optik Kablo Kullanmanın Avantajları

- **Bant Genişliği:** Fiber optik kablo, bakır kabloya göre yüksek bant genişliği sunar. Yüksek bant genişliği fiber optik kabloların, tek bir bakır tel üzerinden bir sinyal yerine tek bir kablo üzerinden birden fazla sinyali taşıyabileceği anlamına gelir. Uçak sistemi, tek uçuş kontrolü için birden fazla sinyal gönderir. FBW sisteminde geleneksel bakır tel kullanarak sadece bir uçuş kontrolü için bir kablo demetine ihtiyaç duyar. Bakır tel yerine fiber optik kablo kullanmak uçağın ağırlığını azaltacaktır.
- **Yüksek Hız:** Fiber optik kablo, bakır tele göre daha hızlı bir sinyal aktarım hızına sahiptir. Fiber kablo bakır teldeki elektrik akımından çok daha hızlı (ışık hızında) hareket eden ışık sinyalini taşır.
- **Mesafe:** Fiber optik kablo; sinyali, kalitesini düşürmeden daha uzun mesafelere taşıyabilir. Bakır telde olduğu gibi herhangi bir yükseltme işlemi gerektirmez.

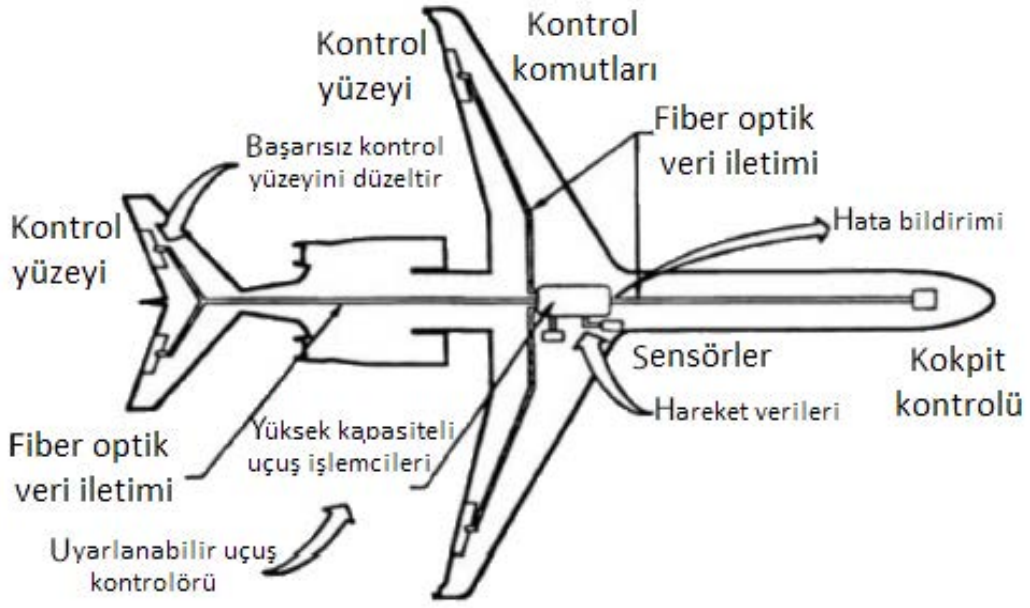
- **Güvenlik:** Bakır tel, fiber optik kabloya göre daha kolay bağlanır. Ancak daha az güvenlidir. Elektriksel sinyaller kesilerek bakır kabloların değiştirilmesi kolaydır. Bu işlem profesyonel olmayan kişiler tarafından yapılabilir. Fiber optik kablo cam şeritlerden yapıldığından kabloyu kırmadan sinyali kesmek mümkün değildir. Profesyonel kişilerle dahi kablonun yarıda kesilmesi çok zordur. Kaynak yapılmış olsa bile sinyali uygun ekipman olmadan değiştirmek yine oldukça zordur.
- **Güvenilirlik:** Bakır ve fiber optik kablolar zamanla yıpranır. Ancak bakır kablolarda yangın tehlikesi söz konusudur. Fiber optik kablolar ise yalnızca ışık sinyalleri taşıdığından yangın tehlikesi oluşturmaz. Sıcaklık, nem ve şiddetli hava koşulları, bakır telin sinyal kaybına neden olabilir. Fiber optik kabloda bu durumlar geçerli değildir.
- **Kablo Boyutu:** Sinyal aktarımında bakır tel performansı doğrudan kablo boyutuna bağlıdır. Daha fazla sayıda bağlantı, tüm sinyalleri daha yüksek bir hızda işleyebilmek için daha fazla bakır tel gerektirir. Fiber optik kablo sinyalin hızını veya kalitesini etkilemeden çoklu sinyal aktarımı için kullanılabilir. Bakır telden daha hafif olan fiber optik kablonun kullanımı çok daha basittir.
- **Maliyet:** Günümüzde fiber optik kablo, kısa vadede bakır telden daha pahalı olarak kabul edilmektedir. Ancak bakır telden daha hafif, güvenilir ve iyi performans göstermesiyle uzun vadede değerli bir yatırım hâline gelmiştir. Fiber optik kablonun bakımının kolay olması nedeniyle maliyeti daha düşük olur.
- **Elektromanyetik Girişime Bağışıklık:** Bakır tel elektriksel sinyal taşır. Elektrik sinyali bir telden geçtiğinde elektromanyetik alan oluşturur. Elektrik sinyali, daha sonra sinyalleri bozan elektromanyetik alandan kolayca etkilenir. Sadece kendi elektromanyetik alanından etkilenmekle kalmaz. Aynı zamanda el telefonu, mikrodalga ve hatta yıldırım düşmesi gibi diğer elektronik cihazların verdiği elektromanyetik frekanslardan da etkilenir. Fiber optik kablo ile ışık sinyalleri taşındığından herhangi bir elektromanyetik alan oluşmaz. Ayrıca diğer elektromanyetik frekanslardan da etkilenmez. Elektromanyetik girişime karşı bağışık olan fiber optik kablo, bakır telde olduğu gibi ekranlama gerektirmez.

5.3.2.1. Uçakta Fiber Optik Kablo Montajı

FBL uçuş kontrol sistemi, FBW kablolu uçuş kontrol sistemiyle aynı konsepti takip etmektedir. Sensörler FBW sistemindeki gibi standart elektrik veya elektronik yerine optik sensörlerle değiştirilmiştir. Tüm kabloların yönlendirilmesi FBW sistemindeki bakır telden farklı olmayacaktır. Ancak daha az miktarda fiber optik kablo kullanılacağından kablo başına birden fazla sinyal iletebilecektir. Bu durumun sistemi hafif hâle getirmesi ve EMI'ye karşı bağışıklığının korumaya ihtiyaç duymaması gibi avantajları olacaktır.

Hava araçlarında kullanılan tüm sensörleri ve aktüatörleri optik olarak değiştirmek için **Fotonik Kontrollü Çalıştırma Sistemi** geliştirilmiştir. Bu aktüatör sistemi, standart elektromekanik aktüatörün değiştirilmiş bir şeklidir. Ancak elektromekanik aktüatöre komut veren optik

denetleyiciye sahiptir. Elektromekanik aktüatöre gönderilen sinyal, uçuş kontrol bilgisayarı tarafından gönderilen sinyalle aynıdır. Elektromekanik aktüatörün sinyali alması ve sinyale tepki vermesi ve optik denetleyiciden ışıkla gönderilen sinyalin okunabilir olduğundan emin olmak için elektromekanik aktüatör değiştirilmiştir. Fotonik kontrollü çalıştırma sistemi tepki vermek için ışık sinyalini kullanacağından aktüatör konumu, motor konumu ve akım gibi diğer tüm sensörler optik sensörlerle değiştirilmiştir (Görsel 5.98).



Görsel 5.98: Fly-By-Light uçuş kontrol sisteminde standart kablo yönlendirme

5.3.2.2. FBL Sisteminin Temel Unsurları

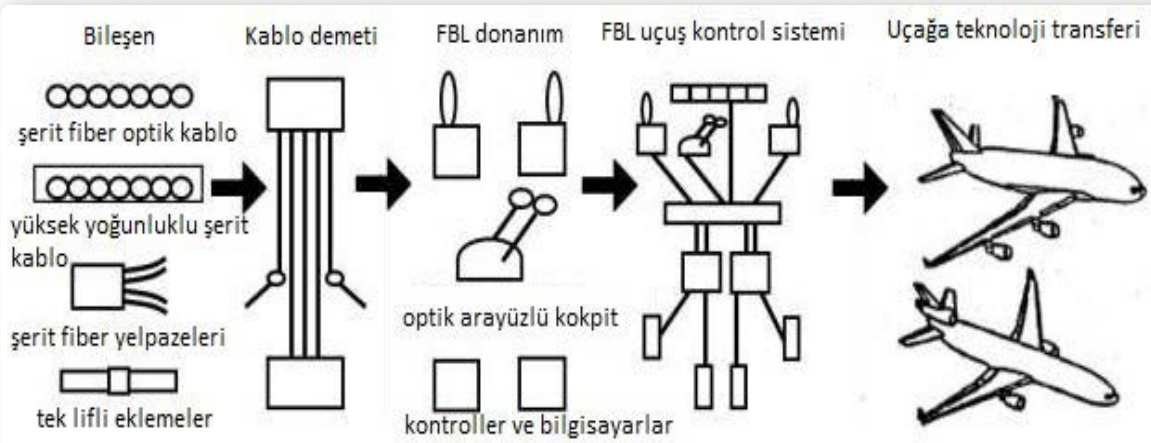
1994 yılında **FBL Gelişmiş Sistem Donanım Programı** adı altında askeri ve ticari hava taşıtları için güvenilir ve uygun maliyetli bir FBL sistemi ve donanımı geliştirmeye başlanmıştır. Bu program, FBL sisteminin özellikle uçaklarda kullanımını amaçlamıştır. Yapılan çalışmalarda test uçağına kurulan FBL sistemi, kendi avantajı olan açık mimari platform üzerine inşa edilmiştir.

Açık mimari, bilgisayar endüstrisinde kullanılan herkese açık bir platformdur ve ortak bir platform üzerine inşa edilmiştir. Böylece herhangi bir donanım ve yazılım standart platforma uyacak şekilde kullanılabilir. Gerektiğinde yeniden yapılandırılabilir veya değiştirilebilir. **Havacılıkta Esnek Araç Yönetim Sistemi**, bilgisayar endüstrisinde kullanılan açık mimari ile aynıdır. Bu sistem, uçak sisteminin ticari veya askeri alanda herhangi bir uçak sistemi platformuna uyacak şekilde genişletilebilen, dışarıdan temin edilebilen ve yeniden yapılandırılabilen ortak donanım ve yazılım kullanılarak temel platform üzerine kurulacağı anlamına gelir. FBL uçuş kontrol sistemi gibi geleceğin uçak sistemi, sadece geliştirme maliyetinden değil, zamandan da tasarruf sağlayan açık mimari üzerine kurulabilir.

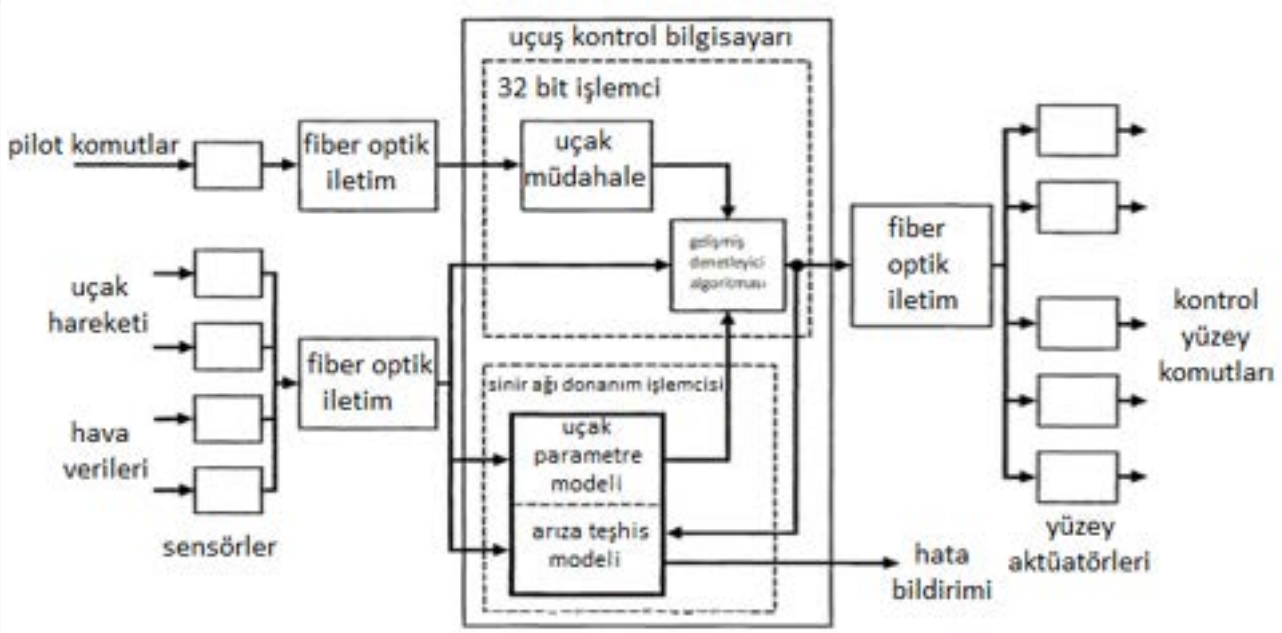
FBL sisteminde kullanılacak entegre fiber optik kablo tesisleri ve bunun çalışması için gereken bileşenler amaca uyması için hava taşıtı ortamına dayanabilmelidir. FBL gelişmiş sistem donanım programı kapsamında ana uçuş kontrol fiber optik veri yolu sistemi, FBL birincil uçuş kontrol bilgisayarları, düşük maliyetli fibere sahip akıllı aktüatör olan temsili bir uzak terminal / dağıtım

birimi geliştirilmiş ve üretilmiştir. Hava taşıtı ortam testini geçen ve uçuşa elverişli kabul edilen yüksek yoğunluklu fiber optik şerit kablo ve konnektörleri başarıyla geliştirilmiştir. Bu şerit kablolar ve konnektörler uçak kontrol sistemi için FBL sisteminin omurgasıdır. Tek lifli eklemeler düzeneği, kelepçeler, ayırıcılar ve konnektör arka kapakları dâhil olmak üzere kanal sistemleri de geliştirilmiştir.

Şerit kablo temelde, bir şerit hâlinde doğrusal düzenlemede düzenlenmiş 18 fiber kullanılarak yapılmıştır. FBL sistemi için fiber optik şerit kabloya sahip olmanın avantajı; şerit kablonun, bakır demetlerinden ayrı olarak küçük bir entegre pakette birkaç optik fiber sağlayabilmesidir. Fiber optik şerit kablo 18 optik fiberden oluşmasına rağmen şerit kablonun fiziksel yönü ve görünüşü tek kanallı bir fiber optik kablodan farklı değildir. Şerit kablo yalnızca 18 optik fiber kurulumu için geliştirilmemiştir. İhtiyaca göre azaltılabilir veya artırılabilir (Görsel 5.99, 100).



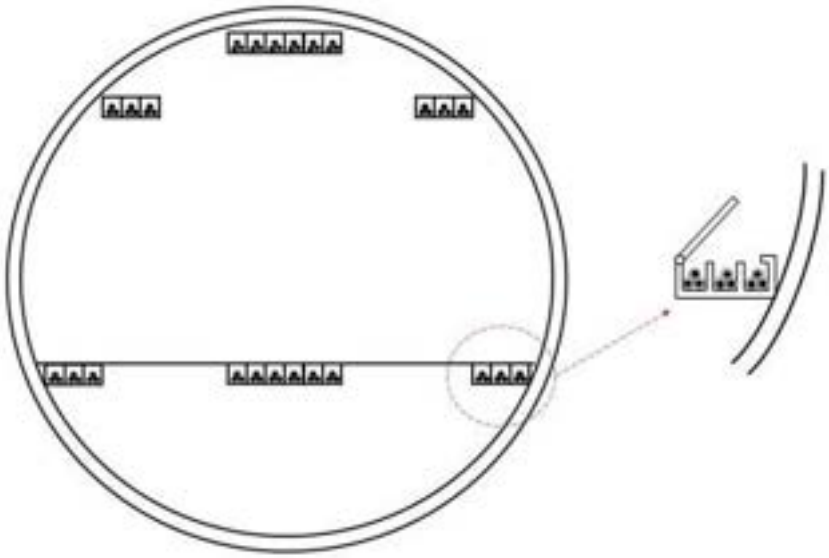
Görsel 5.99: Fly-By-Light uçuş kontrol sistemi



Görsel 5.100: Fly-By-Light uçuş kontrol sistemi blok şeması

5.3.2.3. Fiber Optik Tepsi Kurulumu

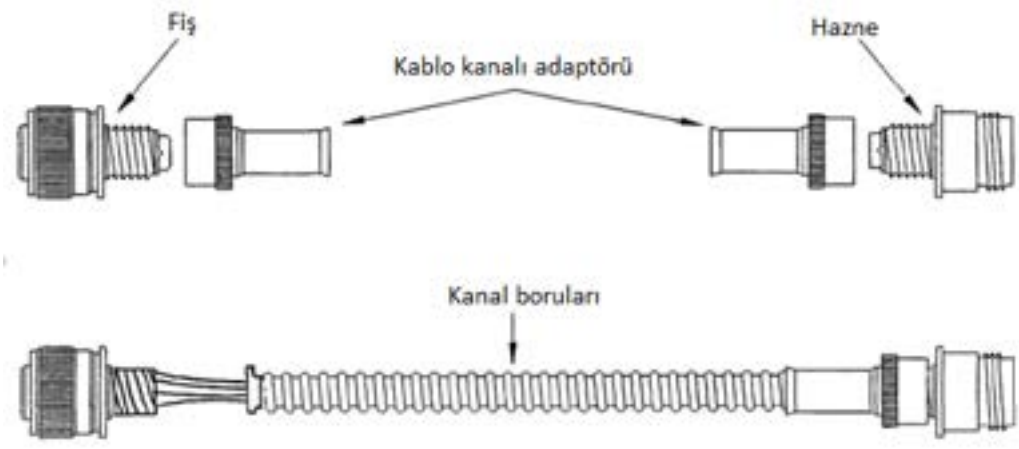
Günümüzde FBW uçuş kontrol sisteminde bakır tel miktarı elektrik sisteminin talebini karşılamak için artmaktadır. Uçak üreticileri, her bölmeyi işlevlerine göre ayırarak bakım çalışmalarını kolaylaştırmak ve tüm kabloları takmak için özel bir bölme sağlayan tepsi montajı fikrini geliştirmiştir. FBW kablolu uçuş sisteminden gelen bu tepsi kurulum konsepti, FBL konfigürasyonunu daha pratik ve etkili hâle getiren ara bağlantı sayısının azalması sayesinde önemli avantaj sağlamıştır (Görsel 5.101).



Görsel 5.101
Uçakta fiber optik kablo için tepsi kurulumu

5.3.2.4. Fiber Optik Kablo Kanalı Montajı

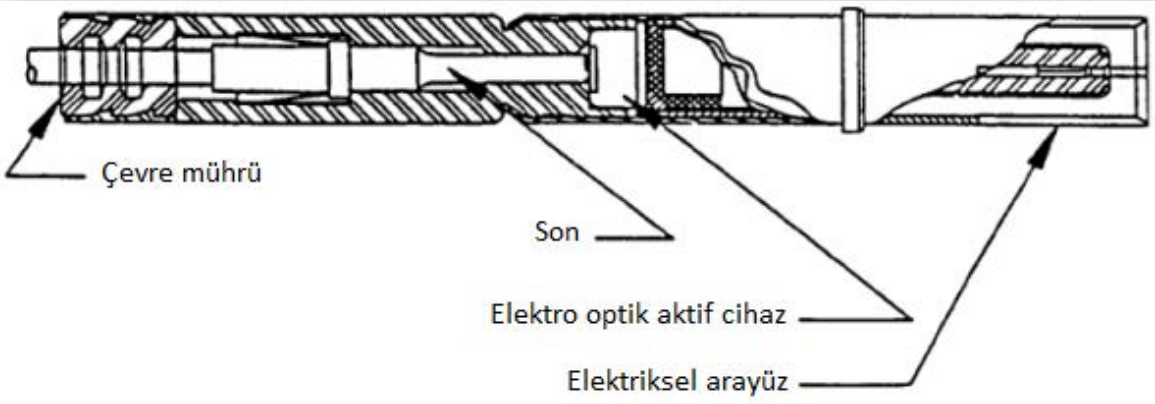
Tüm üretim uçakları, temelde şeffaf bir boru sistemi olan kablo kanalı tertibatını kullanmıştır. Bu kanalın temel amacı, dar çalışma alanlarında kablolara ekstra güvenlik sağlamaktır. Kablo kanalı yanlışlıkla bükülürse kanal sistemi her zaman güvenli bükülme yarıçapını koruyacak ve kabloların fiziksel olarak zarar görmesini önleyecektir. Kablo kanalı ayrıca hafif ve dayanıklıdır. Kablo kanalı tertibatını kullanarak hem bakır hem de fiber optik kabloyu aynı kanalda birleştirerek karma konfigürasyon elde edilebilir (Görsel 5.102).



Görsel 5.102
Uçakta fiber optik kurulumu için kablo kanalı

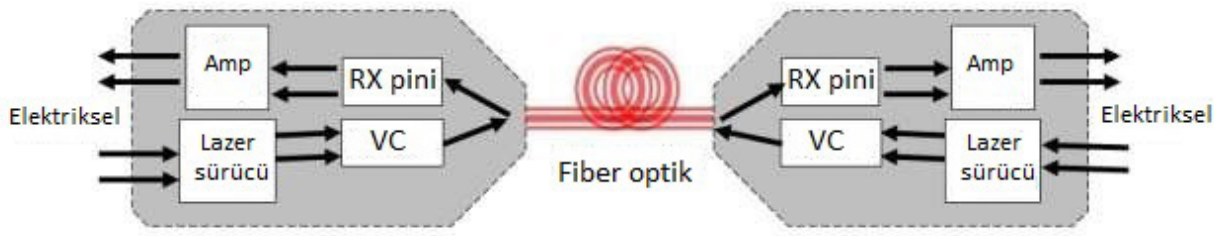
5.3.2.5. Aktif Fiber Optik İletişim

Aktif optik kontak, elektrik kontak noktasına veya konnektör kabuğuna yerleştirilmiş aktif bir optik cihazdır (Görsel 5.103).



Görsel 5.103: Aktif optik kontak

Aktif fiber optik iletişimde temelde standart elektrik konnektörleri kullanılır. Ancak konnektörlerin içinde vericiden gelen elektrik sinyali ışık sinyaline dönüştürülür. Fiber optik kablo aracılığıyla ışık sinyalleri şeklinde gönderilir. Işık sinyalleri daha sonra gömülü optik cihaza sahip alıcı konnektörlerinin içinde elektrik sinyaline dönüştürülür. Aktif optik kontak, verici ve alıcı olan iki elektrik sinyal portu arasındaki bağlayıcı görevini görür. Ancak sinyali fiber optik kablo aracılığıyla ışık sinyali şeklinde gönderir (Görsel 5.104).



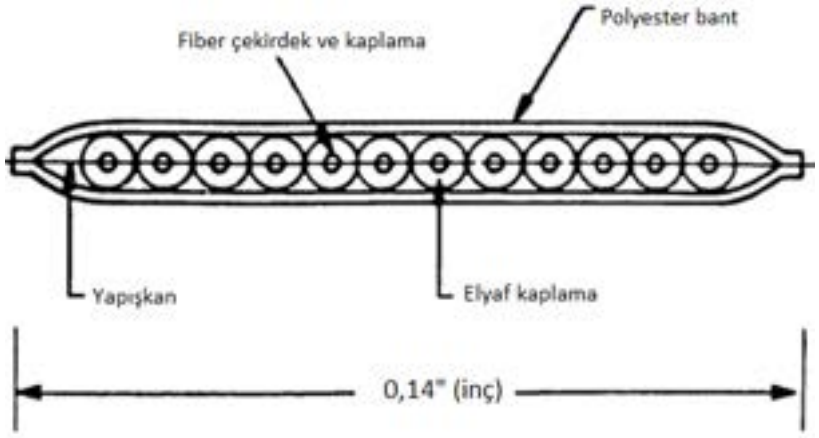
Görsel 5.104: Aktif optik kontak çalışma prensibi

5.3.2.6. AVMAC Konnektörü

FBW kablolu uçuş kontrol sisteminde kullanılan konnektör, FBL ışıklı uçuş kontrol sisteminde yeni AVMAC konnektörüyle değiştirilmiştir. Bu konnektör için İngilizce **Avionic Multifiber Array Connector** (eviyonik malti fiber erey konektır) sözcüklerinin baş harfleri olan **AVMAC** kısaltması kullanılır.

Yeni AVMAC konnektörü, fiber optik bağlantı için geliştirilmiştir. Bu konnektör, fiber optik şerit montajının son noktasıdır. Şerit lif, temelde doğrusal bir dizi hâlinde düzenlenmiş 12

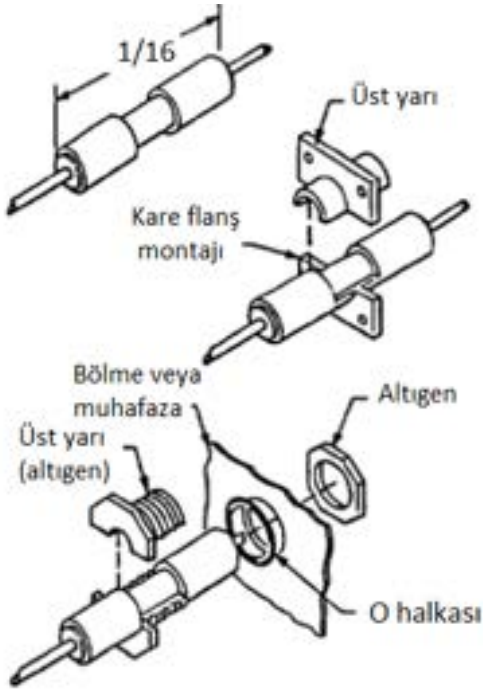
veya 18'lik bir lif grubudur. Bu şerit elyaf, tek kanallı elyafa çok benzeyen bir tampon kaplama ve mukavemet elemanıyla ceketlenip sarılır. AVMAC konnektörü, şeritteki fiber dizisini her bir fiberi tutacak şekilde bağlar (Görsel 5.105).



Görsel 5.105: Fiber optik kablodan oluşan şerit fiber düzeneğinin kesiti

5.3.2.7. Fiber Optik Eklemeler

Kurulum ve bakım sırasında fiber optiğin eklenmesi gerekir. Fiber optik kabloda ekleme yapmak için kablonun tamponu ve mukavemet elemanı çıkarılır. Ekleme sırasında tampon ve mukavemet elemanı kablodan çıkarılırsa cam fiber için her mekanik koruma sona erer. Cam fiber atmosfere maruz bırakıldığında, havadaki nem doğal olarak var olan mikro çatlaklara girer ve çatlakları daha da genişletir. Mikro çatlaklar uzadıkça ve yayıldıkça optik güç kaybında artış olur. Füzyon eklemenin uçakta kullanılırken kıvılcım oluşturması nedeniyle yangın tehlikesi de vardır. Yakıt doldurulmuş hava taşıtlarında kıvılcım veya açık alev oluşturan herhangi bir cihaza izin verilmez. Bu nedenlerle fiber optik mekanik ve kimyasal bağ ekleri için yeni tasarımlar geliştirilmiştir.



Görsel 5.106: Fiber optik tek kanallı ek, konnektör ve geçiş

Konnektörlerin ve eklemelerin yeni tasarımı hafif ve uçak ortamına dayanabilecek küçük, tek parçalı bir yapı şeklindedir. Çevreye zarar vermeyecek şekilde tasarlanmış yeni konnektörler, fiber optik kablo veya standart bakır tel için tek bir eşleşen pim ve soket terminalini kabul etmelidir. Konnektörler uyarlanabilir. Ek yerleri, değişim veya bakım amacı gibi onarım gerektirebilecek herhangi bir yere doğrudan fiber optik kablo üzerine kurulabilir (Görsel 5.106).

5.3.3. Fiber Optiklerin Uçak Sistemlerindeki Uygulamaları

Yüksek hızda veri iletimi gereksinimi nedeniyle bakır kablolar her alanda olduğu gibi uçaklarda da yerini fiber optik kablolara bırakmıştır. Uçaklarda sensörler, haberleşme ağları ve eyleyicilere kontrol sinyallerinin iletimi için çok modlu fiber optik kabloların kullanımı çalışmaları hâlen devam etmektedir. Sensörlerden işlemcilere, işlemcilerden de kokpite sinyal iletiminde fiber optik bağlantılar kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır (Görsel 5.107).



Görsel 5.107: Çok modlu fiber optik kablo kullanan Airbus (eırbas) A380

Fiber optiklerin uçak sistemlerindeki uygulamaları aşağıda sıralanmıştır.

- F-35 savaş uçağının görev işlemcisinin sensörlerle olan veri bağlantıları ve işlemcilerde işlenen bilginin pilot kabinindeki göstergelere iletimi, standart 50/125 µm çok modlu optik fiber kablolarla yapılmaktadır. Böylece veriler çok hızlı olarak aktarılabilmektedir.
- Uçakların kanat ve gövdelerine yerleştirilen sensörlerle çeşitli mekanik zorlanmalar sürekli izlenebilir. FBG [Fiber Bragg Grating (faybır birek gıreytin)] sensörlerle gerilme ve basınç çok hassas bir şekilde algılanabilir. FBG fiber optik sensör ağları, muhtemel hasarların tespit edilmesi, yerinin belirlenmesi ve tanımlanması için kompozit yapılarda gömülü biçimde monte edilir. Uçaklarda özellikle kanatlarda dinamik gerilmeyi gözlemek için uygundur.
- Gövdeye yerleştirilmiş optik fiberler üzerindeki sensörlerle uçağın kalkış ve iniş anındaki yüklenmeler izlenebilir.
- Uçak motorlarının rotor bıçaklarına, kanatlara ve gövdesine monte edilecek sıcaklık değişimlerinden etkilenmeyen PCF (fotonik kristal fiber) sensör ağlarıyla yapısal hasarlar oluşturabilecek titreşimler hassas olarak genlik ve frekans olarak tespit edilebilir.

- İnsansız hava araçlarında fiber optik sensör kullanılmasıyla ilgili NASA'nın çalışmaları bulunmaktadır. Fiber optik sensörlerin yüksek duyarlılıkları ve hafif olmaları nedeniyle yakıt sarfiyatı az olacağından bu çalışma önemlidir.
- Fiber optik sensörlerin yüksek duyarlılıkları sayesinde aktif kanat kontrolü sağlanabilir. Ani küçük hasarların oluşumu, büyüklüğü, yeri ve büyümesinin gerçek zamanlı olarak ve uçuş sırasında izlenmesine imkân sağlar.
- Uçaklardaki diğer birçok algılama düzeneklerinde de fiber optik sensörler kullanılır. Fiber optik jiroskoplar 20 yıldan fazla zamandır çeşitli hava araçlarında kullanılmaktadır. Boyutları, ağırlığı ve gücünün düşük olması, kararlı çalışması ve fiber optik ağa direk entegre olabilmesi gibi özellikleriyle diğer tür jiroskop teknolojilerinden daha üstündür. Klasik fiber yerine fotonik kristal fiber kullanılırsa bükülme kayıpları az olacağından fiber bobinleri daha küçük yapılabilir. Böylece spektral bozulma daha az olur.
- Havacılıkta yaşanmış birçok kazanın sebebi elektriksel kablolamadan kaynaklanan arıza ve yangınlardır. Bu nedenle daha önce kullanılan elektriksel anahtarların yerine optik anahtarlar geliştirilmiştir. Böylece optik fiber üzerinden kapak, dümen ve uçuş için kritik diğer elemanların kontrolü optik anahtarlarla yapılması beklenmektedir.
- Uçaklarda FBL ışıklı uçuş kontrol sistemi kullanılması çalışmaları hâlen devam etmektedir.
- Hafif olduklarından ve daha az yer kapladıklarından hava araçlarının iç aydınlatma sistemlerinde optik fiber kullanma çalışmaları hâlen devam etmektedir.

Boeing 787 Yolcu Uçağında Fiber Optik Veri İletiminin Kullanıldığı Sistemler

- Elektronik uçuş çantası elektronik ünitesi,
- Elektronik uçuş çantası görüntüleme ünitesi,
- Uçak içi eğlence sistemi,
- Ses kontrol paneli,
- Ses ağ geçidi ünitesi,
- Uçuş veri kaydedici,
- Grafik üretici modülü,
- Baş aşağı ekranı,
- Baş üstü ekran projektörü,
- Entegre gözetim sistemi işlemci birimi,
- Hava radarı,
- ARINC-664 ağ uzak anahtarı,
- Ortak bilgi işlem kaynak dolabı,
- Kabin hizmetleri sistem kontrolörü,
- Ağ arayüz modülü.

5.3.4. Uçaklarda Kullanılan Sensörler

Gelişmiş hava ve uzay araçlarında birçok parametreyi takip altında tutabilmek için çok sayıda sensör kullanılır. Uçağın bütün cihazlarından ve sensörlerinden toplanan veriler görüntü üretim bilgisayarı yardımıyla bir arayüzde toplanarak projeksiyon ünitesine aktarılır. Projeksiyon ünitesi bu görüntüyü yansıtıcı yüzeye düşürerek pilotun görmesini sağlar.

5.3.4.1. Fiber Optik Sensörler

Fiber optik sensörler; elektromanyetik girişimlerden etkilenmemesi, küçük boyutları, hafifl ikleri, sağlamlıkları kolay uygulanabilirlikleri ve malzemelerin içerisine gömülebilirlikleri gibi özelliklerinden dolayı tercih edilir. Havacılık sektöründe kompozit malzemelerin kullanımı hızla artmaktadır. Fiber optik sensörler, üretim aşamasında kompozit parçaların içerisine gömülür.

Günümüzde fiber optik sensörler; havacılık sektöründe, uçuş test enstrümantasyonu ve yapısal sağlık izleme sisteminde kullanılır. Diğer sensörlere göre sert çalışma koşullarına dayanaklı olmalarının yanı sıra sağladığı çeşitli avantajlardan dolayı havacılık uygulamaları için oldukça uygundur.

Fiber Optik Sensörlerin Avantajları

- Elektromanyetik girişimlerden etkilenmemeleri,
- Malzemelerin içerisine gömülebilmeleri,
- Kıvılcım riskinin bulunmaması,
- Birden fazla sensörün tek bir fiber üzerine yerleştirilebilmesi,
- Yüksek hassasiyetleri,
- Gerinim, sıcaklık, basınç ve korozyon gibi birden fazla parametrenin tek bir fiber üzerine yerleştirilmiş sensör dizini ile eş zamanlı ölçülebilmesi .

Fiber kablo üzerinde basınç, sıcaklık ve gerilme gibi dış etkenlerden kaynaklanan etkiler; ışığın iletimi üzerinde ışık şiddeti, faz kayması, dalga boyu ve polarizasyon değişimlerine neden olur. Fiber optik sensörlerin çalışma prensibi bu değişimlerin ölçülerek fiziksel büyüklüklere dönüştürülmesine dayanır. Görsel 5.108'de fiber optik sensör teknolojileri verilmiştir. Koyu renkle vurgulanan sensör teknolojileri, günümüzde endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır.

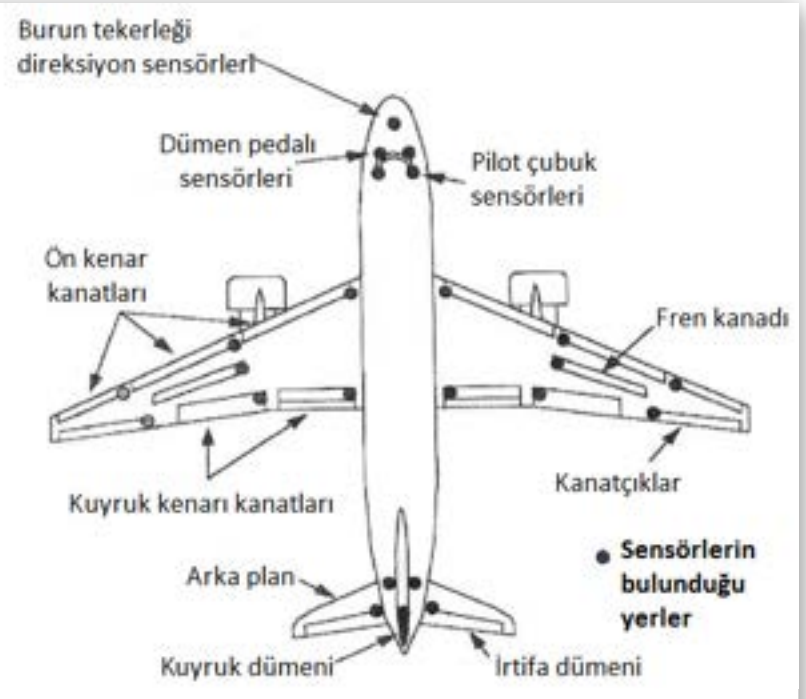


Görsel 5.108: Fiber optik sensör teknolojileri

- **İnterferometrik Fiber Optik Sensörler:** Bu sensörler, fiber içerisinde hareket eden ışığın maruz kaldığı çevresel etkilerden kaynaklı oluşan faz değişimlerini algılamak için kullanılır. Dört farklı tip interferometrik sensör geliştirilmiştir. Fotonik kristal fiber sensör ağları, uçak motorlarının rotor bıçakları ile uçakların kanat ve gövdelerine yerleştirilir. Bu sayede yapısal hasarlar oluşturabilecek titreşimler hassas olarak genlik ve frekans olarak tespit edilir.
- **Dağıtık Fiber Optik Sensörler:** Bu sensörler, saçılım temelli optik zaman alanı yansıma ölçümü için kullanılır. Üç farklı tip dağıtık sensör geliştirilmiştir.
- **Izgara Temelli Fiber Optik Sensörler:** Üç farklı tip ızgara temelli sensör geliştirilmiştir. FBG (Fiber Bragg Izgara) sensörler, ızgara temelli sensörlerin özel bir tipidir. Gelen ışığın geçişine izin verirken belirli bir dalga boyunu geri yansıtırlar. Maruz kaldığı etkiler, FBG sensör üzerinde bulunan ızgaralar arasında mesafenin artmasına ya da azalmasına neden olur. Bu değişimler yansıyan ışığın dalga boyunu değiştirir. Dalga boyundaki değişimlerin tespit edilmesiyle ölçülmek istenen fiziksel ve kimyasal büyüklükler elde edilmiş olur. Çeşitli mekanik zorlanmaları sürekli izlemek için uçakların kanat ve gövdelerine yerleştirilir.

Fiber optik sensörler; içte etkileşimli (aktif) sensörler, dışta etkileşimli (pasif) sensörler ve sönen alanlı sensörler şeklinde de sınıflandırılır. Aktif sensörler, sinyal üretebilmek için dışarıdan haricî bir güç kaynağına ihtiyaç duyar. Pasif sensörler ise sinyal üretebilmek için dışarıdan haricî bir güç kaynağına ihtiyaç duymaz.

Hava araçlarında fiber optik sensörlerle yapılan ölçümler ve sensörlerin yerleri aşağıda verilmiştir (Görsel 5.109).



Görsel 5.109: Uçaklarda kullanılan sensörlerin yerleri

- Gerinim ve sıcaklık ölçümü,
- Darbe, çatlak tespiti,
- Kompozit malzemelerde delaminasyon (kompoziti oluşturan tabakaların birbirinden ayrılması hasarı) tespiti,
- Tork ölçümü,
- İniş takımları hasar tespiti,
- Yakıt ya da sıvı seviyesi tespiti,
- Basınç ölçümü,
- Titreşim ölçümü.

5.3.4.2. Optik Olmayan Sensörler

Sensörler, hava aracında kontrol edilmesi istenilen parametreleri ölçmek ve bu ölçümleri bir veri toplama sistemine iletmek için kullanılır. Toplanacak hava aracı parametreleri fiziksel ve sayısal parametreler olmak üzere ikiye ayrılır. **Fiziksel parametreler**, hava aracının yapısal parçalarında oluşan etkileri veya sonuçları kapsar. Fiziksel parametrelere örnek olarak ivme, titreşim, sıcaklık basınç, gerinim, yük, akış, motorun dakikadaki tur sayısı ve hız verilebilir. **Sayısal parametreler** ise aviyonik ekipmanların gerilim ve akım değerleri ile ekipmanlar arası haberleşme mesajlarıdır.

Hava Araçlarında Kullanılan Optik Olmayan Sensörler ve Veri Toplama Sistemleri

- **Yük Hücresi:** Test riglerinde (test amaçlı kullanılan düzenek) uygulanan yük miktarını ölçmek için kullanılır.
- **Veri Toplama Sistemi:** Yapısal testlerde daha çok parça üzerine yapıştırılan gerinim ölçerlerden veri toplamak için kullanılır. Bunun yanı sıra hava aracına yerleştirilmiş tüm sensörlerin (deplasmanölçer, açıölçer, basınçölçer vb.) verilerini toplamak için kullanılır.
- **Servo Valf:** Kontrolcünün verdiği emirleri hidrolik piston üzerinde yağın yönünü kontrol ederek kullanılır. Her piston için en az bir adet gereklidir. Aksi takdirde piston kontrol edilemez.
- **Gerinim Pulu:** Hava aracında taksi ve uçuş sırasında yapısal parçalar üzerinde oluşan gerinimleri (esneme) ölçmek için kullanılır. Wheatstone (veston) köprüsü mantığına göre gerinime bağlı direnç değişmesi ve bu direncin okunması mantığına göre çalışır. Yapıştırıldığı yüzeydeki gerinime doğru orantılı olarak analog bir çıkış değeri üretir. Yapıştırıldığı yüzeysel parçalar iniş takımları, kanatlar, kanat kirişleri ve diğer yük binen kısımlardır.
- **Isıl Çift:** İki farklı iletken, bir uçta birleştirilip diğer uçta gerilim oluşturulur. Bu gerilim değeri iletkenlerin tipine ve sıcaklık değerine bağlıdır. Uçak üzerinde ortam ve yüzey sıcaklığı ölçümlerinde kullanılır.
- **Motor RPM Sensörü:** Motorun turbo şarjının RPM değerini (dakikadaki dönüş sayısını) ölçmek için kullanılır. Temassız bir yakınlık sensörüdür. Alüminyum veya titanyum materyalinin (turbo şarj fan bıçakları) sensörün algılama mesafesinde olup olmadığını kontrol ederek çıkış gerilimi sağlar ve dönüş hızını ölçer.
- **RPM Sensör Kontrolcüsü:** RPM sensörünün kontrolcüsüdür. Farklı tiplerdeki turbo şarjların hız ölçümleri için mod ve fan bıçağı sayısı ayarlamasını yapar. Veri toplama ünitesine motor hızına bağlı analog ve sayısal hız bilgisini ve ortam sıcaklığını ileten modüldür.
- **Sıcaklık Algılayıcısı:** Bulunduğu ortam sıcaklığına bağlı olarak lineer (doğrusal) analog çıkış gerilimi üretir.
- **Basınç Sensörü:** Basınç değerlerini gerilime çevirir. Analog lineer çıkış gerilimi üretir.
- **Titreşim Sensörü:** Hava aracında taksi ve uçuş sırasında yapısal parçalar üzerinde oluşan titreşim değerlerini ölçmek için kullanılır. Ayrıca aviyonik ekipmanların üstüne yerleştirilerek ekipmanların maruz kaldığı titreşime karşılık fonksiyonel performansı değerlendirmek için de kullanılır.

- **İvme Sensörü:** Hava aracındaki aviyonik ekipmanların veya yapısal parçaların üzerine yerleştirilerek taksi veya uçuş sırasında maruz kalınan ivme değerlerini ölçer.
- **Akım Sensörü:** Hava aracındaki aviyonik ekipmanlara giden veya çıkan güç dağıtım biriminin ürettiği akımın; anlık, sürekli ve demeraj (ilk enerji verildikten sonra normal akım seviyesine gelene kadar geçen süre) değerlerini ölçmek için kullanılır. AC ve DC ölçen tipleri mevcuttur.
- **Voltaj Sensörü:** Uçak üzerindeki ekipmanlardan gerilim ölçmek amacıyla kullanılır. AC ve DC ölçen tipleri mevcuttur.
- **Dirençsel Sıcaklık Sensörleri:** İletken bir telin direncinin sıcaklığa bağlı olarak değişmesi prensibiyle çalışan bir sıcaklık sensörüdür. Bu tip sensörler sabit akımla beslenmelidir.
- **Deplasman Sensörü:** Hava aracındaki hareket eden bileşenler üzerine yerleştirilir. Bileşenlerin lineer hareket miktarını ölçer.
- **Açı Sensörü:** Hava aracındaki dönerek hareket eden bileşenler üzerine yerleştirilir. Bileşenlerin açısal hareket miktarını ölçer.

5.3.4.3. Mekanik ve Fiber Optik Jiroskop

Jiroskop dış koordinatları referans almaksızın rotasyonel değerleri ölçer. Jiroskopların çoğu rotasyonun hızını tek yönde ölçer. Bu jiroskoplar, tek yönlü jiroskop olarak adlandırılır. Rotasyonun hızı genellikle saniyede veya saatte açı cinsinden hesaplanır. Jiroskoplar aslında bir sensördür. Mekanik ve elektronik olmak üzere iki türü vardır.

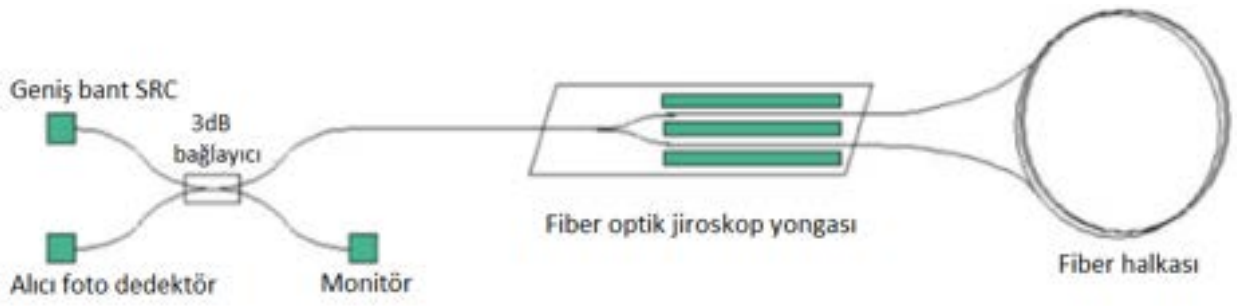
Uçaklarda kullanılan mekanik jiroskoplar iki ucu yataklanmış ve döner yapıdadır. Bu nedenle zamanla bakım gerektirirler (Görsel 5.110).

Elektronik jiroskop, fiber optik jiroskop olarak bilinir. Elektronik jiroskoplar, mekanik jiroskoplar

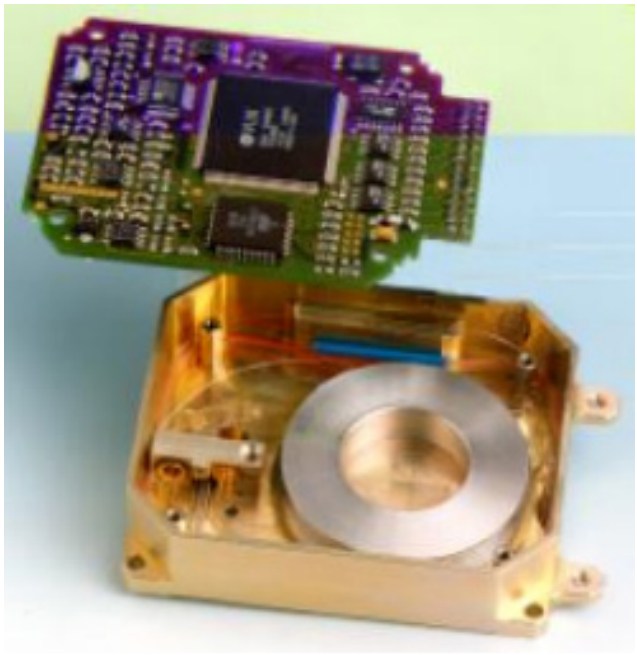


Görsel 5.110: Mekanik jiroskop

gibi ivmeye bağımlı değildir. Optik jiroskop; boyutları, ağırlığı ve gücünün düşük olması, kararlı çalışması ve fiber optik ağa doğrudan entegre olabilmesi nedeniyle optik olmayan jiroskoplardan çok üstündür (Görsel 5.111, 112).



Görsel 5.111: Fiber optik jiroskop



Görsel 5.112: Fiber optik jiroskop

5.3.4.4. Pitot ve Statik Basınç Kullanan Uçuş Aletleri

Statik basınç, uçağın dışındaki hava basıncıdır. Uçakta, uçak dışındaki hava basıncını ölçen statik portlar vardır. Statik portlar, uçağın hareketinden dolayı basınç farkı olmayan uçağın yan taraflarında bulunur. **Atmosferik basınç** ise deniz seviyesindeki hava basıncıdır. **Pitot tüpü**, uçağın hareketinden dolayı maksimum basınç farkı olacak şekilde uçağın burnuna yerleştirilmiş tüptür. Hava taşıtı hareketinden dolayı hava, pitot tüpüne girer. Pitot basıncı ile statik basınç arasındaki basınç farkı maksimumdur. Pitot ve statik basınç kullanan uçuş aletleri aşağıda sıralanmıştır.



Görsel 5.113: Altimetre

Altimetre: Uçağın irtifasını ölçmek için kullanılan bir uçuş aracıdır. Uçağın irtifası, uçağın yerden yüksekliği değildir. İrtifa uçağın deniz seviyesinden yüksekliğidir. Altimetre deniz seviyesindeki atmosferik basınç ile statik basınç arasındaki basınç farkı ölçer (Görsel 5.113).



Görsel 5.114: Hava hızı göstergesi

Hava Hızı Göstergesi: Uçağın hızını ölçmek için kullanılan bir uçuş aletidir. Pitot tüp basıncı ile deniz seviyesindeki hava basıncı arasındaki farkı ölçer. Hava hız göstergeleri, uçağın basınç farkı ve hızına göre kalibre edilir. Göstergedeki her rengin bir anlamı vardır (Görsel 5.114).



Görsel 5.115: Dikey hız göstergesi

Dikey Hız Göstergesi: Varyometre olarak bilinir. Uçağın tırmanma veya alçalma hızını ölçer. Varyometre, statik porta bağlı ve kalibre edilmiş statik basınç sızıntısıyla çevrili aneroid (sıvısız, havalı) kapsülden oluşur. Hava aracının irtifası arttıkça hava basıncı azalır. Bu nedenle aneroid kapsül içindeki basınç azalır. Gerçekte dikey hız göstergesi, statik bağlantı noktası basıncı ile çevredeki kalibre edilmiş statik basınç kaçağı arasındaki farkı ölçer (Görsel 5.115).

5.3.4.5. Jiroskop Kullanan Uçuş Aletleri

Ölçüm yaparken jiroskop kullanan uçuş aletleri aşağıda sıralanmıştır.



Görsel 5.116: Tutum göstergesi

Tutum Göstergesi: Uçağın yönünü kontrol etmek için kullanılır. Yapay ufuk olarak da bilinir. Pilot; tutum göstergesinden uçağın döndüğünü, uçağın burnunun yukarı veya aşağı işaret ettiğini anlayabilir. Tutum göstergesi ölçüm yaparken jiroskop kullanır (Görsel 5.116).



Görsel 5.117: Yön göstergesi

Yön Göstergesi: Uçağın manyetik kuzeye göre hareket yönünü gösterir (Görsel 5.117).

Dönüş Göstergesi: Dönüş koordinatöründen oluşur. Dönüş koordinatörü, uçağın uzunlamasına eksen etrafında dönüşünü gösterir.



Görsel 5.118: Kayma göstergesi

Kayma Göstergesi: Uçak pilotu, kayma hareketini önlemek için dümeni ters yönde hareket ettirir. Dümenden kaynaklanan aşırı esneme, kayma olarak bilinir (Görsel 5.118).

5.3.5. Uçak Bakım Kılavuzu

Uçak bakım kılavuzu için İngilizce **Aircraft Maintenance Manuel** (eırkıraft meintenıns manuel) sözcüklerinin baş harfleri olan **AMM** kısaltması kullanılır. Uçak bakım el kitabı da denir. Uçak bakım kılavuzları, uçağın tipi ve modeline göre uçak üreticisi tarafından hazırlanır. Sistemler hakkında bilgi, tanıtım ve operasyon, arıza arama, bakım pratikleri ikmal, malzeme söküm ve takımı, ayar, test, muayene ve kontrol, temizlik, boya, onaylı tamirler, tekrar aktif etme gibi hususları içerir.

Park hâlindeki uçaklara uygulanacak bakım işlemleri, uçağın genel bakımı ve fiber optik sistemlerin uçak sistemlerindeki uygulamaları, uçak bakım kitaplarında yer alan bilgilere göre yapılmalıdır. Bu işlemlerin yapılması uçak sistemlerinin aylarca süren zorunlu parkları sırasında zarar görmelerini engeller.

Uçak bakımından sorumlu teknisyenler tarafından uzun süre uçmayan ve park hâlinde olan uçaklar için yapılması gereken bazı bakım işlemleri aşağıda verilmiştir.

- Uçakların motorları haftada bir15-20 dakika süreyle çalıştırılır. Motorların çalıştırılması yakıt ve yağ sistemlerinde su birikmesini önler.
- Motor aksamının korozyondan zarar görmemesi için motor aksamına özel bir yağ sürülür. Uzun süre park hâlinde olan uçaklarda uçağın en kıymetli parçası olan motorların içindeki yağ boşaltılarak yerine içinde korozyon önleyici solüsyon bulunan bir yağ karışımı doldurulur.
- Motorların içine nem miktarını ölçen sensörler yerleştirilir.
- Her hafta uçağa korozyon kontrolü yapılır.
- Haftada bir defa park hâlindeki uçakların uçuş bilgisayarları ve yedek güç ünitesi çalıştırılır.
- İki haftada bir uçağın elektrik sistemleri iki saat süreyle çalıştırılır.
- Uçak, her otuz günde bir üçte bir lastik mesafesi kadar yerinden oynatılır. Böylece lastiklerin yük altında sürekli aynı konumda kalmaktan dolayı hasar görmesi önlenir.
- Doksan günde bir uçağın kapakları, kuyruk dümeni ve diğer uçuş kumandaları hareket ettirilir. Park durumu bir yıl olunca iniş takımı esnetilir. Uçak kanat ve burun bölgesindeki özel yerlere takılan büyük krikolar ile iniş takımı üzerindeki ağırlık hafifletilir.
- Uçağın üzerindeki tüm delikler vinil bantla kapatılır. Uçağın boyalı olmayan metal yüzeyleri, özel bir kaplama malzemesi püskürtülerek koruma altına alınır.

5.3. Uygulama: Optik Sensör Ölçümlerinin Yapılması

Amaç: Optik sensör ölçümlerini yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 5.119: Model uçak test standı



Görsel 5.120: Dijital fiber optik sensör ve optik kablo

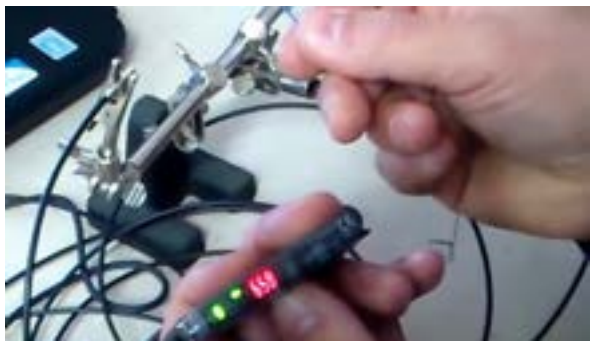


Görsel 5.121: Dijital fiber optik sensör optik kablo bağlantısı

Süre: 2 Ders Saati



Görsel 5.122: Cisimden yansımalı sensör düzeneği



Görsel 5.123: Karşılıklı sensör düzeneği



Görsel 5.124: Yük devredeyken karşılıklı sensör düzeneği



Görsel 5.125: Yük devredeyken karşılıklı sensör düzeneği

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Deneysel model uçak	-	1 Adet
Dijital fiber optik sensör	Algılama, sayma ve konum kontrolü yapabilen, amplifikatörlü, sayısal LED ekranlı, 3 telli çıkış hattına sahip, NPN tipi	1 Adet
Fiber optik kablo	Bir ucu kesilmiş, diğer ucunda üzerinde lensli montaj aparatı bulunan	2 Adet
Şerit LED grubu	-	1 Adet
Güç kaynağı	DC 0-30 V ayarlı	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız. Çalışma ortamında dikkati dağıtacak malzeme bulundurmayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen tüm cihaz ve devre elemanlarını el ve gözle kontrol ediniz.
3. Uygulama yapılacak uçağın bakım kılavuzunda (AMM) fiber optik sensörlerle ilgili bölümü bularak okuyunuz.
4. Uçağın uçuş kumandalarına öğretmenin bilgisi dışında müdahâle etmeyiniz.
5. Optik sensörlerin ölçüm ve değişim işlemleri için uçak bakım kılavuzunda belirtilen ekipmanları kullanınız.
6. Uçak bakım kılavuzunda belirtildiği şekilde açma ve / veya sabitleme yapınız.

Süre: 2 Ders Saati

7. Talimatlara uygun şekilde sistemin çalışıp çalışmadığını test ediniz.
8. Dijital fiber optik sensörü, kendi besleme kablosunu kullanarak güç kaynağına bağlayınız. Kahverengi renk kablonun +24 V, mavi renk kablonun şase (0 V), siyah renk kablonun sensörün çıkış ucu olduğunu unutmayınız (Görsel 5.120).
9. Dijital fiber optik sensörün kablo bağlantısı için olan kontak anahtarını açınız. Verici olarak kullanılacak fiber optik kablonun kesik ucunu sensörün giriş yazan kısmına takınız (Görsel 5.121).
10. Alıcı olarak kullanılacak diğer fiber optik kablonun kesik ucunu sensörün çıkış yazan kısmına takınız (Görsel 5.121).
11. Kabloları taktıktan sonra dijital fiber optik sensörün kontak anahtarını kapatarak kilitleyiniz (Görsel 5.121).
12. Fiber optik kabloların diğer uçlarını (lensli montaj aparatlı uçları) biri verici, diğeri alıcı görevi görmek üzere yan yana monte ediniz. Karşısına farklı cisimler getirerek sensörü cisimden yansımalı sensör olarak kullanınız (Görsel 5.122).
13. Fiber optik kabloların lensli montaj aparatlı uçlarını karşılıklı olarak monte ediniz. Araya farklı cisimler getirerek sensörü karşılıklı sensör olarak kullanınız (Görsel 5.123).
14. Karşılıklı sensör düzeneğinde sensör uçları arasında herhangi bir cisim yokken dijital fiber optik sensörden okuduğunuz değer ile araya farklı cisimler getirerek sensörden okuduğunuz değerleri Tablo 5.13'e kaydediniz. Farklı cisimlerle deneyerek sensördeki algılama ve değer değişim hassasiyetini gözlemleyiniz (Görsel 5.123).
15. Dijital fiber optik sensör çıkışına yük olarak LED diyot veya LED diyot grubu bağlayınız. Yükü sensörün çıkış ucuyla artı (+) ucu arasına bağlayınız (Görsel 5.124).
16. Yük devredeyken karşılıklı sensör düzeneğinde verici ve alıcı arasına ince iletken tel, tornavida vb. cisimler getirerek sensördeki algılama ve değer değişim hassasiyeti ile yükün çalıştığını gözlemleyiniz. Sensörden okuduğunuz değerleri Tablo 5.13'e kaydediniz (Görsel 5.124, 125).
17. Uygulamaya ilişkin gözlemlerinizi değerlendirme kısmına yazınız.
18. Çalışma alanını ve atölyeyi temizleyiniz.

Tablo 5.13: Yapılan Ölçümler

Yapılan İşlem	Sensörden Okunan Değer (Arada Cisim Yok)	Sensörden Okunan Değer (Arada Cisim Var)
Karşılıklı sensör düzeneği (yük bağlı değil)		
Karşılıklı sensör düzeneği (yük bağlı)		

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Yaptığınız işlemlerle ilgili gözlemlerinizi kısaca yazınız.
- Fiber optik sensörlerin avantajları nelerdir?

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı ..... /	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih .... /.... / 20 ....
			10	30	40	10	10	100	
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

Süre: 2 Ders Saati

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere cümlelerde verilen bilgiler doğru ise "D" yanlış ise "Y" yazınız.

1. (….) Işık ve ışık olaylarını inceleyen fizik biliminin alt dalına optik denir.
2. (….) Işık şiddeti, birim yüzeye düşen ışık akısı toplamıdır.
3. (….) LED diyot, elektrik enerjisini ışık enerjisine dönüştüren yarı iletken devre elemanıdır.
4. (….) Işık havada 3.10^8 km/s hızla ilerler.
5. (….) Az kırıcı ortamdan çok kırıcı ortama geçen ışığın hızı artar.
6. (….) Temel yansıma kanununa göre gelme açısı ile yansıma açısı birbirine eşittir.
7. (….) Ayna camdan üretilmiş yapay bir ışık kırıcısıdır.
8. (….) Fiber optik kablolar elektromanyetik alanlardan etkilenir.
9. (….) Fiber optik sistemlerde vericilerde ışık kaynağı olarak LED veya enjeksiyon lazer diyot kullanılır.
10. (….) Fiber optik kabloda ışığın çekirdekten yansımasını önleyen cam kılıfa kaplama adı verilir.
11. (….) Fiber optik kablodan gönderilecek ışık fiberin kaplamasına enjekte edilir.
12. (….) Çok modlu fiber optik kablolar için OS kısaltması kullanılır
13. (….) Fiber optik kabloları test etmek ve arızaları bulmak için optik zaman alanlı reflektometre cihazı kullanılır.
14. (….) Günümüze kadar hava araçlarında uçuş kontrol sistemi olarak sadece FBW sistemi kullanılmıştır.
15. (….) FBG fiber optik sensörler, uçaklarda özellikle kanatlarda dinamik gerilmeyi gözlemek için uygundur.

B. Aşağıdaki cümlelerdeki boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz.

16. Işığın bir yüzeye çarpıp geldiği ortama geri dönmesine …… denir.
17. Işığın ortamdaki hızıyla ilgili oranı ifade etmek için …… kavramı kullanılır.
18. Fiber optik iletişimde sinyaller …… formunda iletilir.
19. Çok modlu fiber optik kablolar …… kısaltmasıyla, tek modlu fiber optik kablolar ise …… kısaltmasıyla isimlendirilirler.
20. Fiber optik kabloların kullanıldığı en yeni uçuş kontrol sistemi için …… kısaltması kullanılır.

C. Aşağıda verilen sorularda doğru olan seçeneği işaretleyiniz.

21. **Işık kaynağından çıkan gözün görme sınırları içindeki frekanslarda birim zamanda yayılan ışık enerjisine verilen isim aşağıdaki seçeneklerin hangisinde verilmiştir?**

A) Işık şiddeti
B) Işık akısı
C) Aydınlık şiddeti
D) Renk sıcaklığı
E) Parıltı

22. **Aşağıda verilenlerden hangisi LED diyotların özelliklerinden biri değildir?**

A) Ana maddesi silisyumdur.
B) Küçük boyutludurlar.
C) Elektriksel şok tehlikesi yoktur.
D) Çalışma gerilimleri aynıdır.
E) Farklı renk seçenekleri vardır.

23. **Aşağıda verilenlerden hangisi ışığın özelliklerinden biri değildir?**

A) Dalga boyu birçok nesneyle karşılaştırıldığında daha büyüktür.
B) Bir ortamdan diğer bir ortama geçerken kırılır.
C) Maddeyle farklı şekillerde etkileşime girebilir.
D) Farklı materyallerde farklı hızlarda ilerler.
E) Doğrusal yolla her yöne yayılır.

24. **Işığın saydam bir ortamdan farklı bir saydam ortama geçerken doğrultu değiştirmesine verilen isim aşağıdaki seçeneklerin hangisinde verilmiştir?**

A) Yansıma
B) Tam yansıma
C) Normal
D) Kırılma indisi
E) Kırılma

25. **Beyaz ışığın üçgen prizmadan geçirildiğinde renklere ayrılması işleminde en az kırılan renk aşağıdaki seçeneklerin hangisinde verilmiştir?**

A) Turuncu
B) Mor
C) Kırmızı
D) Sarı
E) Yeşil

26. **Fiber optik haberleşme sistemleriyle ilgili aşağıda verilen ifadelerden hangisi yanlıştır?**

A) Fiber optik iletişimde kullanılan dalga boyu 850 nm ile 1650 nm arasındadır.
B) Sinyaller ışık formunda iletilir.
C) İletilecek elektrik sinyali, vericide optik sinyale dönüştürülür.
D) Fiber optik kablo, optik iletim ortamını oluşturur.
E) Alıcı, modülatör ile LED veya lazer diyot gibi bir ışık kaynağından oluşur.

27. **Fiber optik kabloların yapısıyla ilgili aşağıda verilen ifadelerden hangisi yanlıştır?**

A) Fiber optik kablo çekirdek, kaplama katmanı ve dış koruyucu kılıftan oluşur.
B) Koruyucu dış kılıf her zaman tek kılıflıdır.
C) En dıştaki plastik koruyucu kılıf, kabloyu fiziksel etkilerden korur.
D) Kablo, mukavemet elemanı olarak cam elyaf ve kevlar ile güçlendirilmiştir.
E) Fiberin merkezindeki cam çekirdek olarak adlandırılır.

28. **Kılıfının rengi limon yeşili olan geniş bantlı çok modlu fiber tipi aşağıdaki seçeneklerin hangisinde verilmiştir?**

A) OS1
B) OS2
C) OM4
D) OM5
E) OM6

29. **Her iki ucu fiber optik konnektörle sonlandırılmış belli uzunluklarda üretilen fiber optik kabloya verilen isim aşağıdaki seçeneklerin hangisinde verilmiştir?**

A) Fiber optik patch cord
B) Fiber optik pigtail kablosu
C) Tek modlu fiber optik kablo
D) Çok modlu fiber optik kablo
E) Basamak indisi çok modlu fiber optik kablo

30. **Aşağıda verilenlerden hangisi fiber optik kablolar için yaygın olarak kullanılan konnektör tiplerinden biri değildir?**

A) ST
B) FC
C) MO
D) SC
E) LC

31. **Aşağıda verilenlerden hangisi fiber optik kablo test, kesme, soyma ve ekleme işlemlerinde kullanılan ekipmanlardan biri değildir?**

A) Optik zaman alanlı reflektometre
B) Optik güç ölçer
C) Varyometre
D) Fiber optik giyotin
E) Fiber optik füzyon ek cihazı

32. **Aşağıda verilenlerden hangisi günümüze kadar hava araçlarında kullanılan uçuş kontrol sistemlerinden biri değildir?**

A) Mekanik
B) Hidromekanik
C) Fly-By-Wire
D) Fly-By-Light
E) Uçuş test enstrümantasyonu

33. **Aşağıda verilenlerden hangisi uçuş kontrol sistemlerinde bakır kablo yerine fiber optik kablo kullanmanın avantajlarından biri değildir?**

A) Bant genişliği
B) Elektromanyetik etki
C) Yüksek hız
D) Güvenlik
E) Kablo boyutu

34. **Aşağıda verilenlerden hangisi hava araçlarında fiber optik sensörlerle yapılan ölçümlerden biri değildir?**

A) Gerinim
B) Titreşim
C) Tork
D) Ses seviyesi
E) Yakıt seviyesi

35. **Aşağıda verilenlerden hangisi ölçüm yaparken jiroskop kullanan uçuş aletlerinden biri değildir?**

A) Altimetre göstergesi
B) Tutum göstergesi
C) Yön göstergesi
D) Dönüş göstergesi
E) Kayma göstergesi



uçak bakım alanı

6. ÖĞRENME BİRİMİ

KABİN BAKIM

KONULAR

6.1. TEMEL BİLGİSAYAR YAPILARINI ÇALIŞTIRARAK TEST ETME

6.2. YERLEŞİK BAKIM SİSTEMLERİNİN BAKIM ONARIMINI YAPMA



https://www.eba.gov.tr/c?q=U52194_83f318cd

Temel Kavramlar ve Terimler

- Anakart, merkezî işlem birimi, veri yolu, hafıza birimleri, yedekleme, merkezî bakım bilgisayarı.

Öğrenme Birimi Açıklaması

- Bu öğrenme biriminde; bilgisayar temel donanım bağlantılarını, merkezî bakım bilgisayarlarının kullanımı ve bakımı ile ilgili ve uygulamaları öğreneceksiniz.

Hazırlık Çalışmaları

- Bilgisayarın çalışmasında anakartın önemi ne olabilir? Düşüncelerinizi açıklayınız.
- Bilgisayar işlemcisinin amacı ne olabilir? Açıklayınız.
- Bellek (hafıza), bilgisayar sisteminde önemli bir parça mıdır? Açıklayınız.
- Bilgisayar sistemlerinin hava araçlarında kullanılmasının faydaları neler olabilir? Fikirlerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

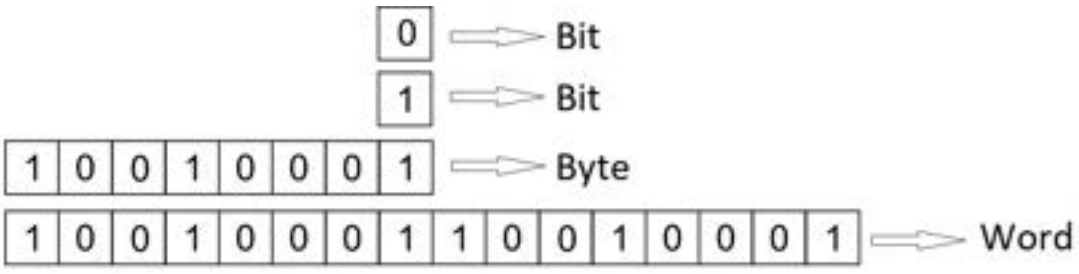
6.1. TEMEL BİLGİSAYAR YAPILARINI ÇALIŞTIRARAK TEST ETME

Bilgisayar, giriş ünitelerinden aldığı verileri mantıksal veya aritmetik olarak işleyen ve bu verileri bilgiye dönüştüren elektronik bir cihazdır. Elde edilen bilgiyi ya depolama ünitelerine kaydeder ya da çıkış üniteleri vasıtasıyla kullanıcıya anlaşılır bir biçimde sunar (Görsel 6.1). Veri; anlamlı veya anlamsız bir nesnedir, bilgi ise işlenmiş veriden oluşur.



Görsel 6.1: Bilgisayarda veri işleme döngüsü

Giriş ünitesine analog veya dijital olarak gelen veri, merkezî işlem ünitesine lojik 0 (0 volt) veya lojik 1'den (5 volt) oluşan dijital veri olarak ulaşır. Verinin en küçüğüne bit denir. Bit, bir adet lojik 0 veya lojik 1'den oluşur. Sekiz bitlik veriye **bayt (byte),** on altı bitlik veya iki bayt veriye **word** denir (Görsel 6.2).



Görsel 6.2: Bilgisayar sistemlerinde dijital veri yapısı

Bilgisayar sistemleri, **donanım ve yazılım** adı verilen iki temel ögeden oluşmaktadır. Donanım, bilgisayar sistemlerindeki elektronik kartlar ile elektronik cihazlardan oluşurken yazılım, donanımların birbirleriyle uyumlu çalışmasını sağlayan programları ifade eder.

6.1.1. Bilgisayar Donanım Birimleri

Bilgisayar sistemlerindeki elektronik kartlar ile elektronik cihazlardan oluşan fiziksel cihazlara **donanım birimleri** adı verilir. Mikroişlemci, anakart, RAM, hard disk, monitör, klavye, fare, yazıcı, hoparlör, mikrofon, vb. bilgisayar donanım birimlerine örnek olarak verilebilir. Bilgisayar donanım birimleri, iç donanım birimleri (temel birimler) ve dış donanım birimleri (çevre birimler) olmak üzere iki alt başlıkta toplanır.

6.1.1.1. Bilgisayar İç Donanım Birimleri

Anakart

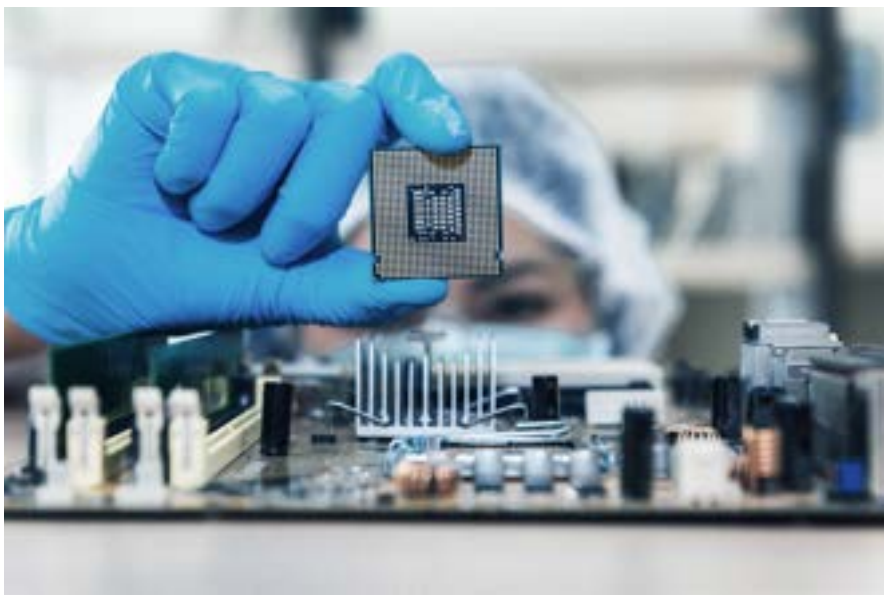
Bilgisayar sistemlerinin tüm bileşenlerini üzerinde barındıran ve bu bileşenlerin birbiriyle iletişimini sağlayan elektronik karta **anakart** denir (Görsel 6.3). Anakart üzerinde RAM yuvaları, BIOS, genişleme kartı slotları [kart yuvaları (ISA, PCI, AGP ve PCI-e)], elektronik devreler, yongalar (chipset), mikroişlemci soketi, IDE, SATA ve diğer bağlantı portları bulunur. Anakart, üzerindeki yongalar sayesinde bilgisayar sisteminin düzenli çalışmasını organize eder.



Görsel 6.3: Bilgisayar anakartı

Mikroişlemci (CPU, Merkezî İşlem Birimi)

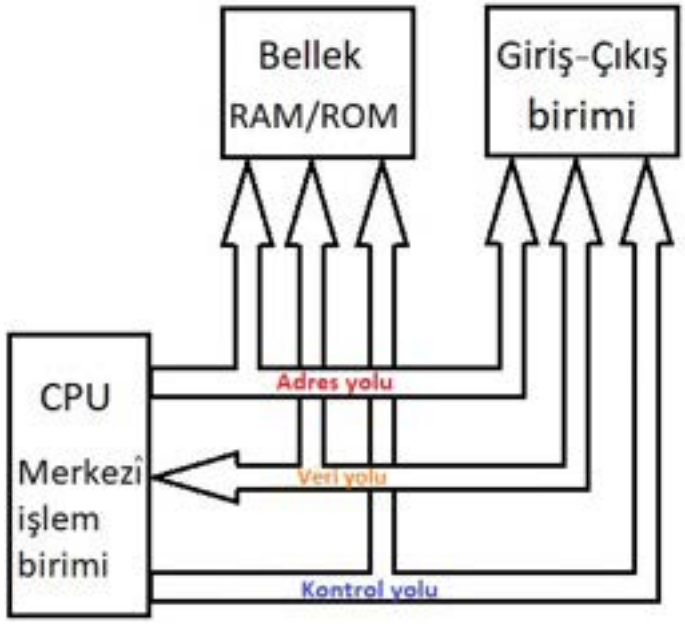
Yapısında CPU (Central Processing Unit - Merkezî İşlem Birimi), ön bellek ve giriş-çıkış birimleri bulunduran entegre devrelere **mikroişlemci** denir (Görsel 6.4). Mikroişlemci, bilgisayara yüklenen işletim sistemini ve diğer programların çalışmasını sağlar.



Görsel 6.4: Mikroişlemci

Mikroişlemcide işlemlerin yapıldığı yer CPU'dur. Veri işleme ve yönlendirme bu birim sayesinde gerçekleştirilir. Veri işlemleri, CPU içerisinde yer alan ALU'da (aritmetik lojik birimi) uygulanır. ALU'da sayısal ve lojik işlemler yapılır. CPU içerisinde 8, 16, 32, 64 bitlik kaydediciler bulunmaktadır. Kaydediciler, bilgilerin geçici sürede depolanmasını sağlar.

CPU'daki veri akışının sağlanması, kontrol sinyallerinin gönderilmesi, bellek ve giriş-çıkış birimlerinin bağlantılarının sağlanması için üç adet iletişim yolu kullanılır. Bunlar; adres yolu **(address bus)**, veri yolu **(data bus)**, kontrol yoludur **(control bus)** (Görsel 6.5).



Görsel 6.5: Mikroişlemci iletişim yolları

Adres yolu, verinin okunacağı veya yazılacağı bölgeyi gösteren adres bilgilerinin taşınmasını sağlar. Tek yönlü bir iletişim yoludur. Veri yolu, CPU'dan bellek ve giriş-çıkış birimlerine veya bu birimlerden CPU'ya doğru çift yönlü veri taşıyan iletişim yoludur. Kontrol yolu, mikroişlemcideki birimler arası iletişimi düzenleyen sinyalleri taşıyan, kontrol eden iletişim yoludur.

RAM Bellek (Rastgele Erişimli Bellek)

Bilgisayar sistemlerinin kullandığı ana bellektir (Görsel 6.6). RAM bellek üzerindeki veriler okunabilir, yazılabilir veya silinebilir ancak üzerindeki tüm bilgiler elektrik enerjisi kesildiğinde silinir. RAM bellek üzerindeki verilere ulaşmak hızlı ve kolaydır. Bu nedenle bilgisayar sistemi çalıştığı sürece ihtiyaç olabilecek sistem veya program verileri RAM üzerinde saklanır. RAM bellekler, DRAM **(Dinamik RAM)** ve SRAM **(Statik RAM)** olmak üzere ikiye ayrılır.



Görsel 6.6: RAM Bellek

DRAM üzerindeki bellek modülünde yer alan veriler, kondansatörler tarafından saklanır. Veriler kondansatörler şarj durumundayken lojik 1, şarj durumunda değilse lojik 0 değerini alır. DRAM üzerindeki kondansatörler, şarjı kısa sürede kaybeder. Verilerin kaybolmaması için sürekli yenilenmesi gerekir.

DRAM, bilgisayar ana belleğinde küçük boyutta ve ucuz olması sebebiyle tercih edilir. Bazı DRAM çeşitleri şunlardır: FPM DRAM, EDO DRAM, BEDO DRAM [Burst (bırst) EDO RAM], RDRAM [Rambus (rambıs) DRAM], SDRAM [Synchronous (sinkrınıs) DRAM], DDR RAM, DDR2 RAM, DDR3 RAM vb.

SRAM'da ise bellek modülünün yapısında transistör bulunur. SRAM, 1 bit'lik 0 veya 1 değerlerini üzerlerinde saklar. SRAM üzerindeki veriler, DRAM'da olduğu gibi sürekli yenilenmeye ihtiyaç duymaz. SRAM, çok hızlı çalışan bellekler olmasına rağmen yüksek güç tüketimine sahiptir. SRAM, çok hızlı çalışmasından dolayı daha çok CPU üzerindeki keş (cache) bellek için kullanılır.

ROM Bellek (Sadece Okunabilir Bellek)

Verilerin okunabildiği ve kalıcı olarak saklandığı bellek türüdür (Görsel 6.7). ROM'lar, üretici firma ya da kullanıcı tarafından içerisine yazılmış program komutlarını içerir. Kalıcı bir bellektir; enerji kesilmesi, bilgisayarın baştan başlatma gibi durumlarda içerisinde bulunan veri kaybolmaz. Bilgisayar anakartı üzerinde bulunan BIOS [Basic Input/Output System (beysik input autput sistım)], ROM bellek türüne iyi bir örnektir.



Görsel 6.7: BIOS ROM Bellek

ROM bellekler tasarım modellerine göre kendi içerisinde sınıflandırılırlar. Bunlar; MPROM, PROM, EPROM, EEPROM'dur.

- **MPROM (Maske PROM):** ROM üzerindeki bilgiler hiçbir şekilde değiştirilemez ve silinemez.
- **PROM (Programlanabilir ROM):** PROM üzerine veriler sadece bir kez yazılır. Bu yazmadan sonra bilgiler artık kalıcıdır. Veriler değiştirilemez ya da silinemez.
- **EPROM (Silinebilir, Programlanabilir ROM):** ROM üzerindeki verilerin silinip tekrar yazılması gerektiği durumlarda EPROM kullanılabilir. Bu tip ROM'lar elektronik programlayıcı ile programlanır. ROM içindeki program ise ultraviyole ışıkla silinebilir.
- **EEPROM (Elektrikle Silinip Programlanabilir ROM):** ROM üzerindeki verilerin silinip tekrar yazılması gerektiği durumlarda kullanılır. Bu tip ROM'lar elektronik programlayıcı ile hem programlanır hem de silinir. Bilgisayar BIOS sisteminin kullandığı ROM tipi EEPROM'dur. Ayrıca taşınır (flash) belleklerin tasarımında kullanılır.

Hard Disk (Sabit Disk)

Verileri saklamak için kullanılan depolama birimidir (Görsel 6.8). Hard disk; dönen bir mil üzerine sıralanmış, genelde metalden yapılmış ve yüzeyi demir oksit ya da başka manyetik özellikteki malzeme ile kaplı plakalar ve bu plakaların alt ve üst kısımlarında yerleşen okuma yazma kafalarından oluşur. Hard disklerde veri yazımı, genellikle metalden yapılmış diskler üzerine yapılır. Verilerin kaydedilmesinde mıknatıslanma mantığı kullanılır. Mıknatısın iki kutbu, dijital olarak lojik 1 ve lojik 0'ı temsil eder. Veriler, böylece küçük mıknatıslar hâlinde bu manyetik alanlara yazılır. Bu manyetik tabakaların üstü dairesel çizgilerle örülüdür. Bu çizgilere **iz (track)** denir. İz yapısının pasta dilimi şeklinde bölünmesiyle oluşan ve sabit disk üzerinde adreslenebilir en küçük alana denk gelen parçaya ise **sektör (sector)** adı verilir. Bir sektörün barındırabileceği veri miktarı 512 bayt uzunluğundadır. Bu kayıt ortamlarında veriler mıknatıslanma yolu ile kaydedildiğinden isteğe bağlı silinene kadar sabit kalır, elektrik kesintileri gibi durumlarda veri kaybolmaz.



Görsel 6.8: Hard disk

Hard diskler 3600, 5400, 7200, 10000 d/d gibi hızlarla dönerken disk yüzeyleri üzerinde gezinen kafa veya kafalar, okuma yazma işlemlerini yapar. Hard diskler terabayt seviyesinde veri saklayabilmektedir. Hard diskler boyutlarına göre 2,5 inç veya 3,5 inç olabilir. Masaüstü bilgisayarlarda 3,5 ve dizüstü bilgisayarlarda 2,5 inç büyüklükteki sabit diskler kullanılır. Bunun dışında değişik ebatlarda hard diskler de bulunur.

Hard diskler, mikroişlemci ile iletişimi sağlamak için çeşitli arabirimler kullanır. Arabirim türleri şunlardır: IDE, S-ATA (SATA veya Serial ATA), SCSI, USB ve Firewire.

CD-ROM Sürücü

CD'de [Compact disk (yoğun disk)] bulunan çoklu ortam dosyalarını oynatmaya ve verileri görüntülemeye yarayan bilgisayar donanımıdır (Görsel 6.9).

CD, ısıya dayanıklı polikarbon maddeden üretilen plastik tabanlı bir depolama birimidir. CD yaklaşık 74, 80 dakikalık bir filmi veya 650, 700 MB veriyi kayıt altına alabilir. CD-DA (Audio-CD), CD-ROM, VCD (Video-CD), CD-R, CD-RW gibi CD çeşitleri vardır.



Görsel 6.9: CD-ROM ve CD-R

DVD-ROM Sürücü

DVD [Digital Versatile Disk (çok yönlü sayısal disk)] ve CD'lerde bulunan verileri görüntülemeyi, çoklu ortam dosyalarını oynatmayı sağlayan bilgisayar donanımıdır (Görsel 6.10).

DVD'ler, video görüntüleme alanında ortaya çıkmıştır. Bir süre sonra veri saklama uygulamalarındaki önemi anlaşılmış, dijital veri saklamak üzere kullanılmaya başlanmıştır. DVD ses, görüntü ve veriyi aynı ortamda saklar. DVD minimum 4,7 GB kapasitede veri saklama özeliğine sahiptir. DVD çeşitleri; DVD-R, DVD-RW, DVD-RW, DVD-RAM, DVD-Video, DVD-Audio vb.dir.



Görsel 6.10: DVD-ROM ve DVD-R

Güç Kaynağı (PSU)

Bilgisayarın iç yapısında bulunan donanım parçalarını çalıştırmak için ihtiyaç duyulan enerjiyi sağlayan iç donanım birimidir (Görsel 6.11). PSU [(Power Supply Unit (pauır sıplay yunıt)] olarak da bilinir.

Genellikle bilgisayar kasaları için üretilen güç kaynakları ortalama 300 W - 350 W güce sahiptir. Bilgisayarda kullanılan güç kaynağı 3 V, 5 V, -5 V, 12 V, -12 V gerilimlerini aynı anda üreterek donanım birimlerine iletir.



Görsel 6.11: Bilgisayar güç kaynağı

Bilgisayar Kasası

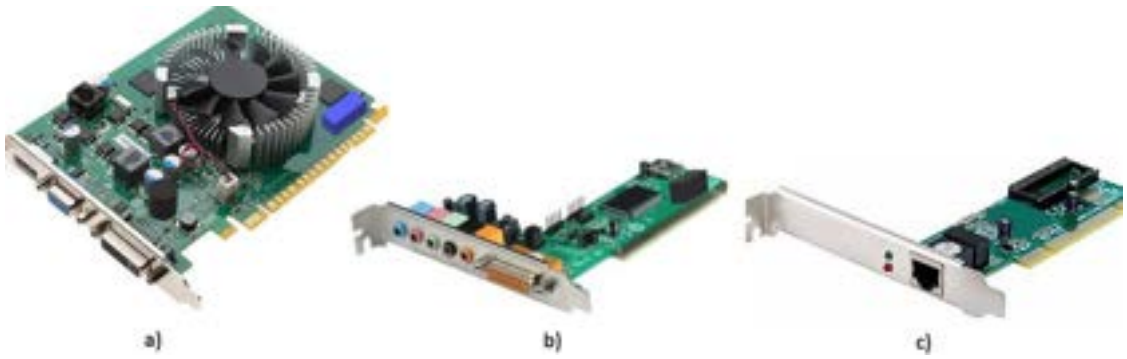


Görsel 6.12: Bilgisayar kasası (Tower kasa)

Bilgisayarı oluşturan tüm iç donanım birimlerini içerisinde bulunduran plastik ve metal bileşiminden oluşan muhafaza kutusudur (Görsel 6.12). İçerisinde anakart takma yuvası, güç kaynağı yuvası, birkaç adet 5,25 inç yuva, kasanın arka tarafında ise anakart soket boşlukları vardır. Kasa üzerinde bir adet yeniden başlatma (reset), bir adet açma (power) düğmesi de bulunur. Bilgisayar kasaları, yatay (slim) ve dikey (tower) kasa olmak üzere iki çeşittir.

Donanım Kartları

Anakart üzerindeki genişleme yuvalarına takılan kartlara **donanım kartları** denir (Görsel 6.13). Donanım kartları anakart üzerinde PCI, ISA, AGP gibi soketlere (slot) takılırlar. Ekran kartı, ses kartı, Ethernet kartı, TV kartı, güvenlik kartı donanım kartlarına örnek olarak verilebilir.



Görsel 6.13: a) Ekran kartı b) Ses kartı c) Ethernet kartı

6.1.1.2. Bilgisayar Dış Donanım Birimleri

Klavye (Keyboard)

Üzerinde rakam, harf ve sembolleri içeren tuşları bulunduran ve bu tuşlara basıldığında bilgisayara veri ve komut girişini sağlayan ayrıca kullanıcı ile bilgisayar arasında iletişimi sağlayan dış donanım birimidir (Görsel 6.14). Klavyeler, Q ve F tipi klavye olmak üzere iki çeşittir. Klavye bilgisayar ile USB portu veya PS/2 portu üzerinden iletişim kurar.



Görsel 6.14: Q klavye

Fare (Mouse)

Bilgisayar ekranındaki imleci istenen konuma getirmeyi, bilgisayar ögelerinin seçimini ve hareket ettirilmesini, ayrıca bu ögelerin temsil ettiği işlemleri yaptırmayı sağlayan bilgisayar dış donanımıdır (Görsel 6.15).



Görsel 6.15
a) Kablolu fare
b) Kablosuz fare

Fare, standart olarak üç (sol, orta, sağ) tuşludur. Farenin sol tuşuyla dosya açma, program çalıştırma, bir dosyayı tutup sürükleme ve menü seçeneklerini işaretleme gibi işlemler gerçekleştirirken sağ tuşu ile dosyanın veya programların içerik menüleri açılır. Mekanik (toplu), optik ve kablosuz fare çeşitleri vardır. Mekanik farenin çalışması bir topun hareketine dayanır. Fare, düz bir yüzeyde hareket ettirildikçe topun hareketi ekrandaki imlecin hareketine dönüştürülür. Optik fareler aydınlatma için LED veya lazer ışığı kullanır. Farenin hareket ettiği yüzeyden alınan yansımalar ve görüntüler dijital bilgiye dönüştürülür. Hareket yönünü saptayarak imlecin hareketini sağlar. Kablosuz farelerde, farenin hareketinden alınan bilgiler radyo dalgası veya bluetooth teknolojisi ile bilgisayara aktarılarak bilgisayar ekranındaki imleç hareket ettirilir.

Farelerle bilgisayar arasındaki bağlantıda PS/2, COM veya USB portu kullanır.

Monitör

Bilgisayarın dış donanımı olan monitör, görüntü elde etmek için kullanılan elektronik bir cihazdır (Görsel 6.16). Bilgisayar ortamında işlenen veriler ve yapılan işlemler dış ortama monitör ile aktarılır. Monitör boyutları, **inç** ölçü birimi ile ifade edilir. Monitörün boyutu, monitör ekranının bir köşesinden karşı çapraz köşesine olan uzaklığının inç ölçü birimi üzerinden ölçülmesiyle elde edilir. Monitörler yapılarına göre CRT (Katot ışınlı tüp), LCD (Likit kristal ekran), plazma ve LED (ışık yayan diyot) ekran olmak üzere dörde ayrılır.



Görsel 6.16: a) LED monitör b) CRT monitör

Yazıcı (Printer)

Bilgisayar ortamında bulunan grafik ya da metinleri kâğıda yazdırmak amacıyla kullanılan bilgisayar dış donanımıdır (Görsel 6.17). Yazıcılar, bilgisayara LPT bağlantısı veya USB ile bağlanır. Bunun dışında kablosuz bağlantıyla çalışan yazıcılar da vardır. Yazıcılarda renkli ve siyah beyaz yazı ile resim yazılabilir. Yazıcılar nokta vuruşlu (dot matris), mürekkep püskürtmeli (ink jet) ve lazer (laser) yazıcı olmak üzere üçe ayrılır.



Görsel 6.17: a) Nokta vuruşlu yazıcı b) Mürekkep püskürtmeli yazıcı c) Lazer yazıcı

Çizici (Plotter)

Büyük ebatlı grafik ve çizimlerin baskı olarak alınmasında kullanılan yazıcılardır (Görsel 6.18). Çizicilerin kalemli, mürekkep püskürtmeli ve dijital baskı çeşitleri vardır. Çizicilerde A4 kâğıt formatından A0 kâğıt formatına kadar baskı yapılabilir.



Görsel 6.18: Çizici

Tarayıcı (Scanner)

Genellikle A4 kâğıt formatındaki yazı, şekil, resim vb. bilgileri dijital bilgiye dönüştürerek bilgisayar ortamına aktaran dış donanımdır (Görsel 6.19). Tarayıcı; bilgileri paralel port, SCSI, USB ve firewire [fayrvayr (yüksek hızlı arayüz bağlantısı)] üzerinden bilgisayara aktarır.

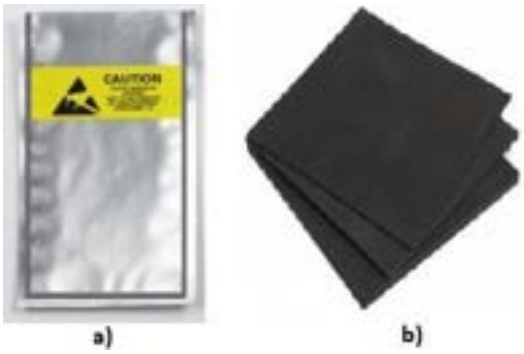


Görsel 6.19: Tarayıcı

6.1.1.3. Statik Elektrik Oluşumu ve Korunma Yöntemleri

İki cismin birbiriyle temas edip ayrılması ile cisimler arasındaki pozitif ve negatif elektronlar serbest kalır. Cismin biri pozitif yüklenirken diğeri negatif yüklenir. Böylece elektrostatik yüklenme meydana gelir. Bu cisimlerin aynı türden olmasına gerek yoktur. İletken veya yalıtkan da olabilir. Elektrostatik yüklü cisim bir başka cisme yaklaştığında yük akışı başlar ve yükler dengeleninceye kadar bu akış devam eder. Elektrostatik yükün voltajı yüksek olmasına karşın akımı çok zayıftır.

Elektrostatik yüklü bir kişi bilgisayar donanımlarına temas ederse donanım üzerindeki mikroişlemci, RAM ve diğer hassas devre elemanları zarar görebilir. Bu hassas ve pahalı parçalara temas etmeden önce vücutta oluşabilecek statik elektriği deşarj etmek gerekir. Statik elektriği önlemede, yani deşarj etmede kullanılan yöntemlerden bazıları şu şekildedir.



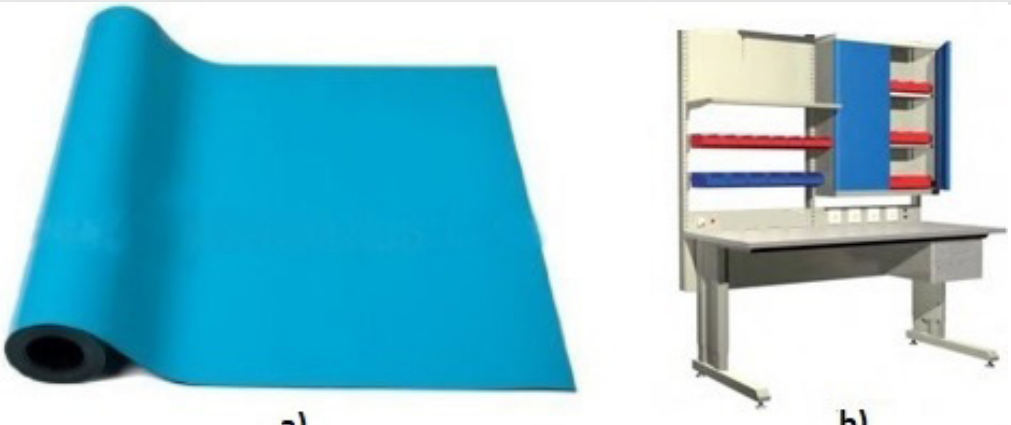
Görsel 6.20: a) Anti statik poşet b) Anti statik köpük

Bilgisayar Parçaların Korunması

Bilgisayar parçaları üretildikten sonra anti statik poşetlere konarak ağzı kapatılmalıdır. Üretimden kaynaklı yüklenme varsa dahi poşet deşarjı engellemelidir. Bu parçaları korumanın bir başka yöntemi de anti statik köpük veya ambalaj malzemesi kullanımıdır (Görsel 6.20).

Çalışma Ortamının Korunması

Çalışma ortamında kullanılan cihazların topraklanması gerekir. Topraklama sayesinde cihaz üzerindeki kaçak akım ve statik elektrik toprağa akar. Elektrik kaynaklı iş kazalarının önlenmesinde topraklama etkili bir yöntemdir. Çalışma ortamında kullanılan malzemelerin anti statik masa örtüleri ve raf örtüleri üzerinde yüklenmeye neden olmayacak şekilde muhafazası da uygun bir yöntemdir (Görsel 6.21).



Görsel 6.21: a) Anti statik masa örtüsü b) Anti statik çalışma masası

Kişisel Korunma

Çalışanların iş yerinde hareket hâlinde olması, statik elektrik yüklenmesine neden olur. Bilgisayar donanım birimlerine dokunmadan ve bu birimleri kullanma öncesinde vücuttaki statik yükün deşarj edilmesi gerekir. Statik yükün deşarj edilmesindeki en iyi yöntemlerden biri toprakla temas veya anti statik bileklik kullanımıdır. Çalışma anında yüklenme durumuna karşı statik elektrik oluşumunu engelleyen anti statik eldiven, terlik, ayakkabı, önlük de kullanılabilir (Görsel 6.22).



Görsel 6.22: a) Anti statik bileklik b) Anti statik eldiven c) Anti statik önlük d) Anti statik terlik

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25202

6.1. Uygulama: Bilgisayar Kasasına Güç Kaynağı Montajı

Amaç: Bilgisayar kasasına güç kaynağı montajı yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 6.23: Bilgisayar güç kaynağının kasaya yerleştirme aşamaları

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Bilgisayar kasası	Metal	1 Adet
Güç kaynağı	350 W	1 Adet
Tornavida	Yıldız uçlu	1 Adet
Temizlik bezi	Mikrofiber	1 Adet

Süre: 2 Ders Saati

İşlem Basamakları

1. İş güvenliği tedbirlerini alarak bilgisayar kasasının yan kapaklarını açınız.
2. Bilgisayar kasasının içini temizlik bezi ile siliniz ve elektrostatik bilekliği takınız.
3. Görsel 6.23.a ve b'de görülen güç kaynağının metal gövdesinin ezik, kabloların kopuk olup olmadığına dikkat ediniz.
4. Görsel 6.23.c'de görülen güç kaynağı yuvasına güç kaynağını yerleştiriniz.
5. Güç kaynağının Görsel 6.23.ç'deki gibi yuvasında olup olmadığını kontrol ediniz.
6. Güç kaynağını, Görsel 6.23.d'deki gibi dört yerinden vidalayınız.
7. Kasayı yan çevirerek güç kaynağının görüntüsünün Görsel 6.23.e'deki gibi olduğundan emin olunuz.
8. Yıldız tornavidayı takım çantasındaki yerine yerleştirip diğer arkadaşlarınızın da kullanmasına izin veriniz.
9. Çalışma alanını temizleyiniz.
10. Bilgisayar kasasını atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Tüm bilgisayar kasalarında güç kaynağının montaj yeri aynı mıdır? Açıklayınız.
- Bilgisayar güç kaynağı diğer kasalara da uygun mudur? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25202

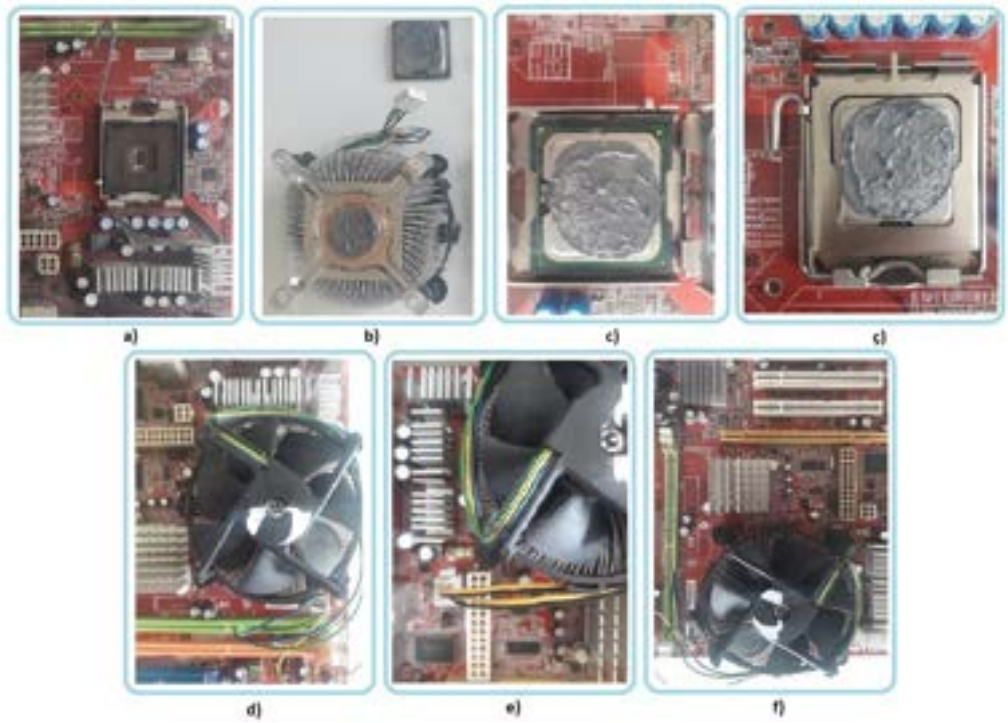
Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25203

6.2. Uygulama: Anakart Üzerine Mikroişlemci Montajı

Amaç: Anakart üzerine uygun mikroişlemci montajı yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 6.24: Mikroişlemcinin anakart üzerine montaj aşamaları

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Bilgisayar anakartı	Kasaya uygun	1 Adet
Mikroişlemci	Anakarta uygun	1 Adet
Soğutucu	Fanlı	1 Adet
Termal kremi	Termal direnci düşük	1 Tüp
Tornavida	Düz uçlu	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş güvenliği tedbirlerini alarak elektrostatik bilekliği takınız.
2. Anakartı kutusundan çıkartarak elektrostatik örtülü masaya koyunuz.
3. Görsel 6.24. a'da görülen mikroişlemci yuvasının kilidini ve muhafaza kapağını kaldırınız.
4. Mikroişlemciye ve soğutucuya Görsel 6.24. b'de görüldüğü gibi termal kremi sürünüz.
5. Mikroişlemciyi çentiklerine dikkat ederek, Görsel 6.24. c'de görüldüğü gibi yuvasına yerleştirip termal kremi mikroişlemci üzerine sürünüz.

Süre: 2 Ders Saati

6. Mikroişlemci muhafaza kapağını Görsel 6.24. ç'de görüldüğü gibi kapatıp kilitleyiniz.
7. Fanlı soğutucuyu mikroişlemci üzerine Görsel 6.24. d'de görüldüğü gibi yerleştiriniz.
8. Düz tornavida ile soğutucunun kilidini anakart üzerindeki deliklere yerleştirerek saat yönünde çevirip kilitleyiniz. Soğutucunun sabitlendiğinden emin olunuz.
9. Soğutucu fan kablosunun soketini anakart üzerindeki fan besleme soketine Görsel 6.24. e'de görüldüğü gibi takınız. İşlem basamaklarını uyguladıktan sonra Görsel 6.24. f'deki gibi bir bağlantı elde edeceksiniz.
10. Düz tornavidayı takım çantasındaki yerine yerleştirip diğer arkadaşlarınızın da kullanmasına izin veriniz.
11. Çalışma alanını temizleyiniz.
12. Bilgisayar kasasını atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Termal kremin görevi nedir? Açıklayınız.
- Mikroişlemci sokete tek yönde mi girer, yoksa montajı istenildiği gibi yapılır mı? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25203

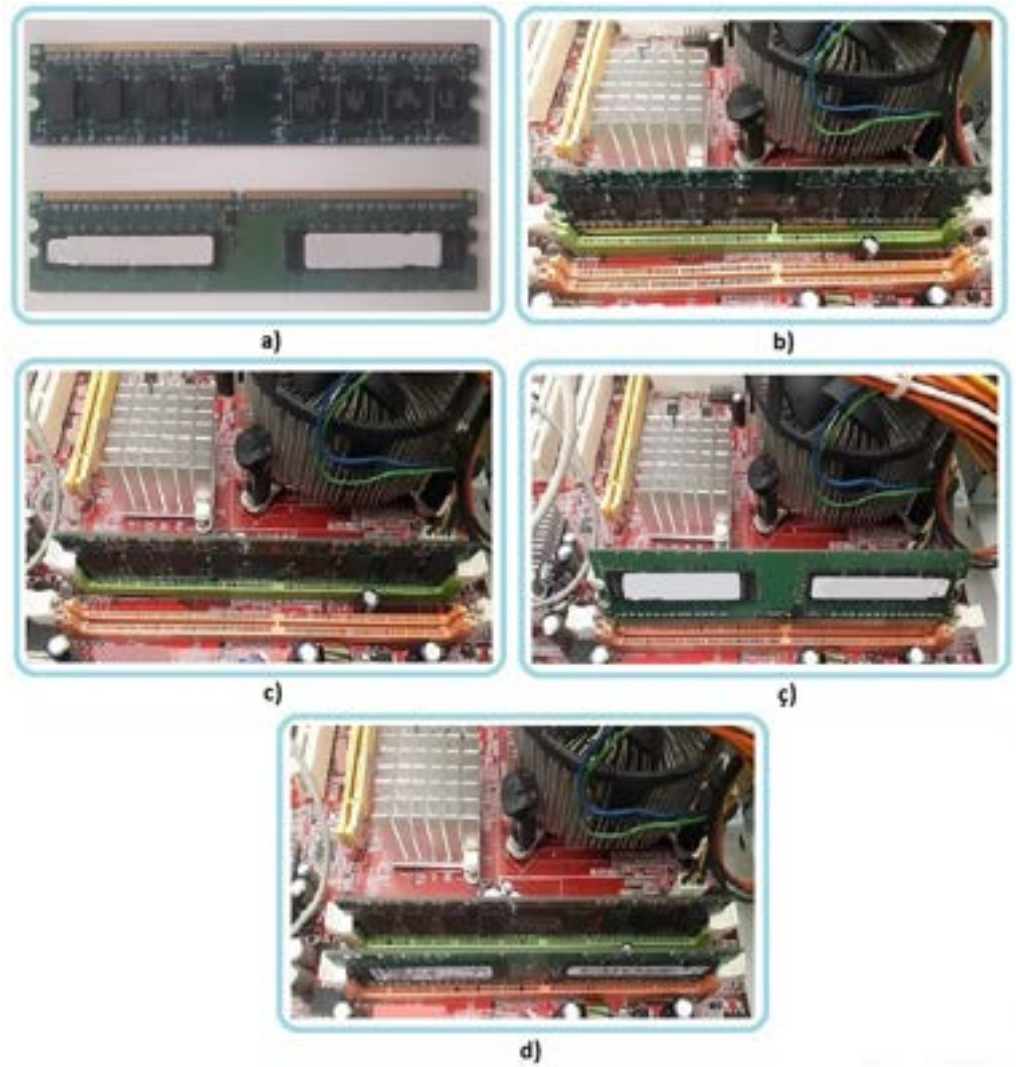
Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25204

6.3. Uygulama: Anakart Üzerine RAM Bellek Montajı

Amaç: Anakart üzerine RAM bellek montajı yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 6.25: Anakart üzerine RAM belleğin montaj aşamaları

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Bilgisayar anakartı	Kasaya uygun	1 Adet
RAM bellek	Anakarta uygun	2 Adet

Süre: 2 Ders Saati

İşlem Basamakları

1. İş güvenliği tedbirlerini alarak elektrostatik bilekliği takınız.
2. Bilgisayar kasasını elektrostatik örtülü masaya koyunuz.
3. Görsel 6.25.a'da görülen RAM bellekleri, muhafazasından dikkatli bir şekilde çıkarınız.
4. RAM belleği, çentiklerine dikkat ederek Görsel 6.25.b'de görüldüğü gibi yuvasına yerleştiriniz.
5. RAM bellek soketlerinin kilitlerini Görsel 6.25.c'de görüldüğü gibi içe doğru sıkıştırınız.
6. İkinci RAM belleği, Görsel 6.25.ç'de görüldüğü gibi yerine yerleştirip RAM bellek soketlerinin kilitlerini içe doğru sıkıştırınız.
7. İki RAM belleğin de Görsel 6.25.d'de görüldüğü gibi soketlere yerleşip yerleşmediğinden emin olunuz.
8. Çalışma alanını temizleyiniz.
9. Bilgisayar kasasını atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- RAM bellek soket tipleri, tüm anakartlarda aynı mıdır? Açıklayınız.
- RAM belleğin yönü değiştirilirse yine de sokete yerleşir mi? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25204

Süre: 2 Ders Saati

6.4. Uygulama: Bilgisayar Kasasına Hard Disk Montajı

Amaç: Bilgisayar kasasına hard disk montajı yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 6.26: Hard diskin bilgisayar kasasına montaj aşamaları

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25205

Süre: 2 Ders Saati

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Bilgisayar kasası	Metal	1 Adet
Bilgisayar anakartı	Kasaya uygun	1 Adet
Hard disk	IDE kablolu	1 Adet
IDE kablosu	40 pin	1 Adet
Jumper	Kısa devre tip	1 Adet
Tornavida	Yıldız uçlu	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş güvenliği tedbirlerini alarak elektrostatik bilekliği takınız.
2. Hard diski kutusundan çıkartarak elektrostatik örtülü masaya koyunuz.
3. Görsel 6.26.a'da hard disk üzerinde görülen şekle göre "master or single drive" (ana sürücü) seçeneğini aktif etmek için jumperi (kısa devre bağlantısı) 7 ve 8. pinlere (konnektörler üzerindeki ince çıkıntı) takınız. Görsel 6.26.b'de kırmızı çerçeve ile gösterilen bağlantıyı elde ediniz.
4. Görsel 6.26.c'de görülen IDE kablosu (40 pin) ile elinizdeki IDE kablosunun aynı olduğundan emin olunuz.
5. Hard diski 3,5 inçlik yuvasına Görsel 6.26.ç'de görüldüğü gibi yerleştiriniz.
6. Hard disk vida delikleri ile kasanın deliklerini Görsel 6.26.d'de görüldüğü gibi aynı hizaya getiriniz.
7. Hard diski, Görsel 6.26.e'de görüldüğü gibi kasanın sağında ve solunda yer alan sekiz delikten yıldız tornavidayla vidalayınız.
8. Hard disk besleme kablosunu Görsel 6.26.f'de görüldüğü gibi kırmızı kablo içe bakacak şekilde takınız.
9. IDE kablosunu Görsel 6.26.g'de görüldüğü gibi kırmızı kablo içe bakacak şekilde takınız.
10. Görsel 6.26.h'de görüldüğü gibi IDE kablosunu çentik yerine dikkat ederek anakart üzerindeki bulunan IDE kablosu soketine takınız.
11. Yapılan tüm işlem basamaklarını tekrar kontrol ediniz. Hard disk bağlantısının doğru yapıldığından emin olunuz.
12. Yıldız tornavidayı takım çantasındaki yerine yerleştirip diğer arkadaşlarınızın da kullanmasına izin veriniz.
13. Çalışma alanını temizleyiniz.
14. Bilgisayar kasasını atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- 3,5 inçlik hard diske uygun IDE kablolarının tamamı 40 pinli midir? Açıklayınız.
- IDE kablosunun yönü değiştirilirse anakart üzerindeki IDE soketine yerleşir mi? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25205

Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25206

6.5. Uygulama: Bilgisayar Kasasına DVD-ROM Montajı

Amaç: Bilgisayar kasasına DVD-ROM montajı yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 6.27: Bilgisayar kasasına DVD-ROM montaj aşamaları

Süre: 2 Ders Saati

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Bilgisayar kasası	Metal	1 Adet
Bilgisayar anakartı	Kasaya uygun	1 Adet
DVD-ROM	IDE kablolu	1 Adet
IDE kablosu	40 pin	1 Adet
Jumper	Kısa devre tip	1 Adet
Tornavida	Yıldız uçlu	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş güvenliği tedbirlerini alarak elektrostatik bilekliği takınız.
2. DVD-ROM'u kutusundan çıkartarak elektrostatik örtülü masaya koyunuz.
3. Slave seçeneğini Görsel 6.27.a'da yer alan DVD-ROM üzerindeki şekle göre aktif etmek için jumperi (kısa devre bağlantısı) 2 nolu pinlere takınız. Görsel 6.27.b'de kırmızı ok ile gösterilen bağlantıyı elde edeceksiniz.
4. Görsel 6.27.c'de görülen IDE kablosunun ilk bağlantısının hard diske bağlandığını, kırmızı ok ile gösterilen ikinci kısmın ise DVD-ROM a bağlanacağını unutmayınız.
5. DVD-ROM'u, kasanın dışından içeriye doğru Görsel 6.27.ç'de görüldüğü gibi yuvasına yerleştiriniz.
6. Görsel 6.27.d'de görüldüğü gibi DVD-ROM vida delikleri ile kasanın deliklerini aynı hizaya getiriniz. DVD-ROM'u kasanın sağ ve sol tarafında bulunan dörder vida yerinden yıldız tornavidayla vidalayınız.
7. DVD-ROM besleme kablosunu kırmızı kablo içe bakacak şekilde Görsel 6.27.e'de görüldüğü gibi takınız.
8. IDE kablosunu kırmızı kablo içe bakacak şekilde Görsel 6.27.f'de görüldüğü gibi takınız.
9. AUDIO kablosunu kırmızı kablo (sağ hoparlör) dışa bakacak şekilde ANALOG AUDIO soketine Görsel 6.27.g'de görüldüğü gibi takınız.
10. AUDIO kablosunun diğer ucunu anakart üzerindeki R-G-G-L (ses) soketine kırmızı kablo R pinine gelecek şekilde Görsel 6.27.ğ'de görüldüğü gibi takınız.
11. Buraya kadar yapılan tüm işlem basamaklarını tekrar kontrol ederek DVD-ROM bağlantısının doğru yapıldığından emin olunuz.
12. Yıldız tornavidayı takım çantasındaki yerine yerleştirip diğer arkadaşlarınızın da kullanmasına izin veriniz.
13. Çalışma alanını temizleyiniz.
14. Bilgisayar kasasını atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- DVD-ROM ile hard diskin aynı IDE kablosuna bağlı olması bir problem oluşturur mu? Açıklayınız.
- Audio kablosu, anakart üzerine ters takılırsa hoparlördeki seste değişiklik olur mu? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25206

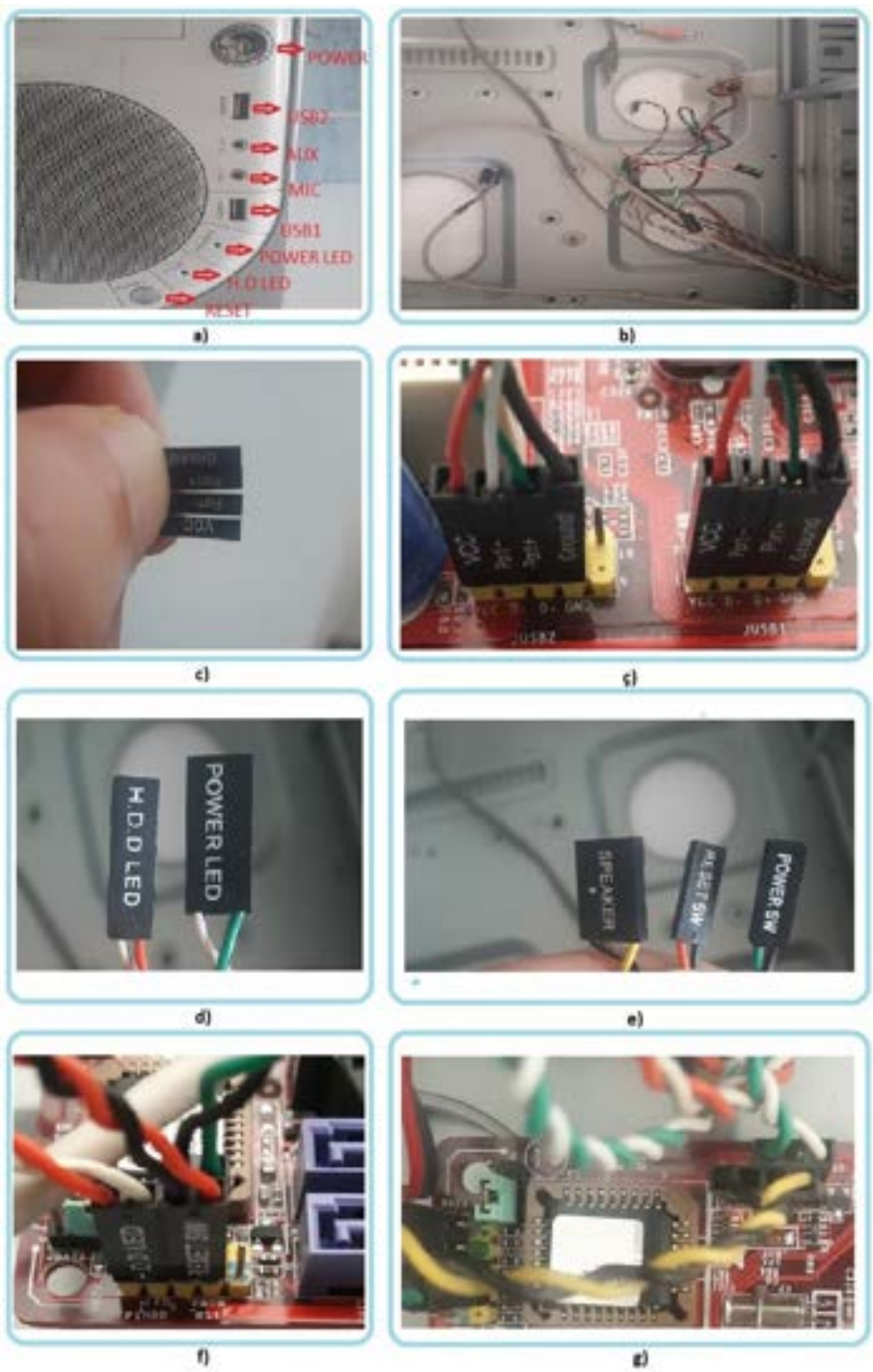
Süre: 2 Ders Saati

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25207

6.6. Uygulama: Anakart Üzerine Kasa Kablolarının Montajı

Amaç: Anakart üzerine kasa kablolarının montajını yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 6.28: Bilgisayar kasa kablolarının montaj aşamaları

Süre: 2 Ders Saati

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Bilgisayar kasası	Metal	1 Adet
Bilgisayar anakartı	Kasaya uygun	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş güvenliği tedbirlerini alarak elektrostatik bilekliği takınız.
2. Bilgisayar kasasını elektrostatik örtülü masaya koyunuz.
3. Görsel 6.28.a'da görülen POWER buton, RESET buton, POWER LED, HDD LED, USB1, USB2, MIC, AUX soketlerinin kablolarını, Görsel 6.28.b'deki gibi kasa içerisinde olup olmadığını kontrol ediniz.
4. Görsel 6.28.c'de görülen USB1 kablosunu Vcc, Port-, Port+ ve Ground sıralamasına göre diziniz.
5. Sıralamaya göre dizdiğiniz USB1 kablosunu Vcc Vcc'ye, Port- D-'ye, Port + D+'ya ve Ground GND'ye gelecek şekilde anakart üzerindeki JUSB1 konnektörüne Görsel 6.28.ç'de görüldüğü gibi yerleştiriniz.
6. Yukarıdaki işlem basamağını USB2 kablosu için yaparak anakart üzerindeki JUSB2 konnektörüne yerleştiriniz.
7. Görsel 6.28.d ve e'de görülen HDD LED, POWER LED, POWER SW, RESET SW, SPEAKER kablolarını anakart üzerindeki konnektörlere yerleştiriniz.
8. İşlem basamaklarını kontrol ederek kablo bağlantılarının doğru yapıldığından emin olunuz.
9. Çalışma alanını temizleyiniz.
10. Bilgisayar kasasını atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Bilgisayarın çalışmasında, POWER SW kablosunun bağlı olmaması bir problem oluşturur mu? Açıklayınız.
- Bilgisayarın çalışmasında, POWER LED kablosunun bağlı olmaması bir problem oluşturur mu? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

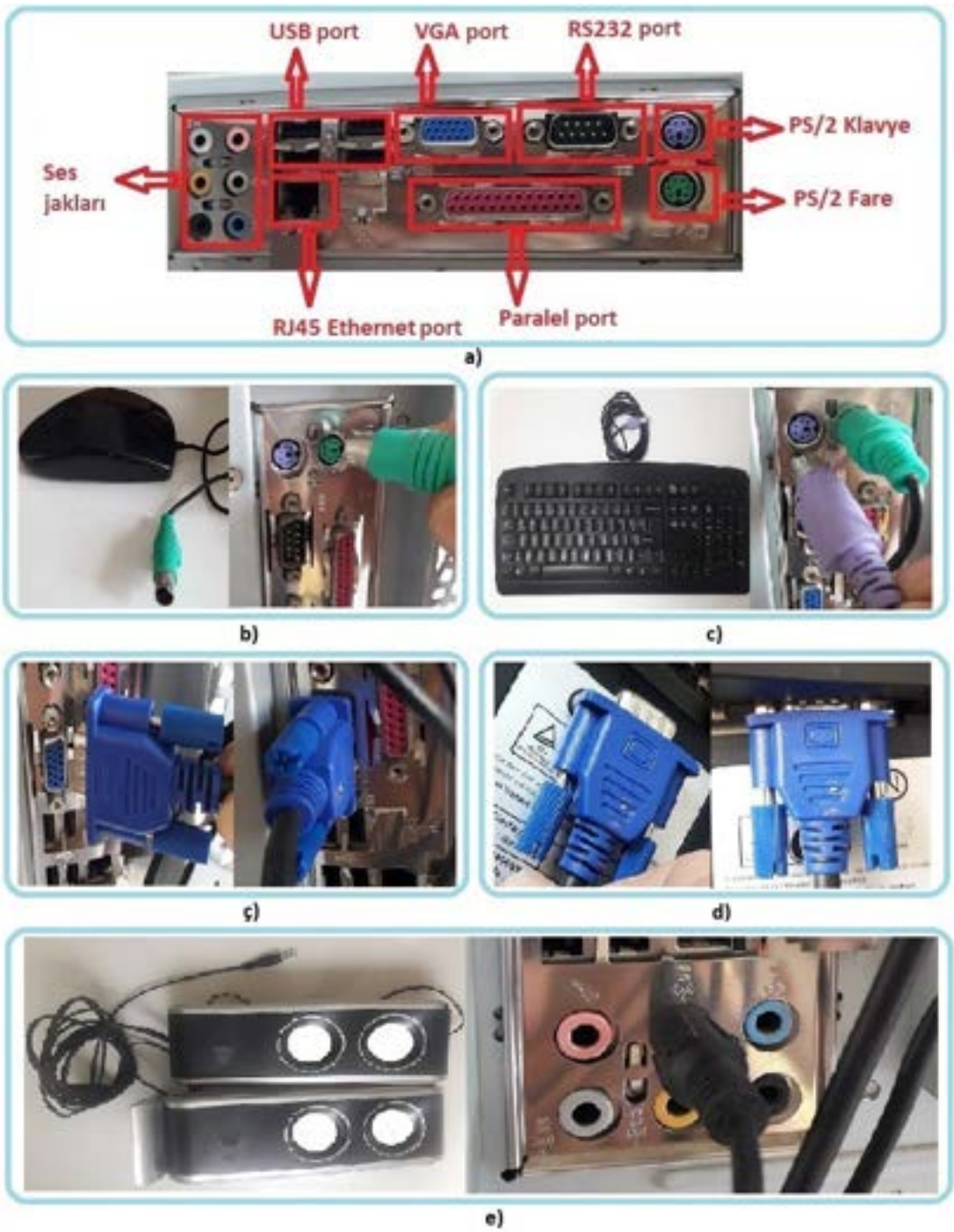
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25207

Süre: 2 Ders Saati

6.7. Uygulama: Bilgisayar Kasasına Dış Donanımların Bağlantısının Yapılması

Amaç: Bilgisayar kasasına dış donanımların bağlantısını yapmak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 6.29: Bilgisayar dış donanımının bağlantı aşamaları

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25208

Süre: 2 Ders Saati

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Bilgisayar kasası	Metal	1 Adet
PS/2 Klavye	Q veya F	1 Adet
PS/2 Fare	Toplu veya optik	1 Adet
Monitör	CRT, LCD veya LED	1 Adet
Ses Sistemi	Stereo	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş güvenliği tedbirlerini alarak elektrostatik bilekliği takınız.
2. Bilgisayar kasasını elektrostatik örtülü masaya koyunuz.
3. Görsel 6.29.a'da görülen bilgisayar portlarını inceleyiniz.
4. Görsel 6.29.b'de görülen fareyi, yönüne dikkat ederek bilgisayar kasası üzerinde bulunan yeşil renkli PS/2 portuna takınız.
5. Görsel 6.29.c'de görülen klavyeyi, yönüne dikkat ederek bilgisayar kasası üzerinde bulunan mor renkli PS/2 portuna takınız.
6. Görsel 6.29.ç'de görülen monitör görüntü kablosunu, yönüne dikkat ederek bilgisayar kasası üzerinde bulunan mavi renkli VGA portuna takınız.
7. Görsel 6.29.d'de görülen monitör görüntü kablosunun diğer ucunu, yönüne dikkat ederek monitörün arkasında bulunan VGA portuna takınız.
8. Görsel 6.29.e'de görülen stereo ses kablosunu, bilgisayar kasası üzerinde bulunan yeşil renkli ses çıkış jakına takınız.
9. İşlem basamaklarını kontrol ederek kablo bağlantılarının doğru yapıldığından emin olunuz.
10. Çalışma alanını temizleyiniz.
11. Bilgisayar kasasını atölye öğretmeninize kontrol ettiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- VGA kablosu mavi renkli port dışında başka bir porta takılabiliyor mu?
- Fareyi mor PS/2, klavyeyi yeşil PS/2 portuna bağlarsak fare ve klavye doğru çalışır mı?

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25208

Süre: 2 Ders Saati

6.2. YERLEŞİK BAKIM SİSTEMLERİNİN BAKIM ONARIMINI YAPMA

Havacılık teknolojisinde hava aracı sistemlerinin kontrolü, çalışması, testleri, arıza tespitleri, uçuş kayıtları ve anlık çalışma verilerinin tamamı bilgisayar sistemleri tarafından kontrol edilir. Böylece uçuşların güvenli ve kolay olması sağlanır. Hava aracı ve uçuşla ilgili tüm veriler güvenli bir şekilde merkezî bakım bilgisayarı tarafından toplanır.

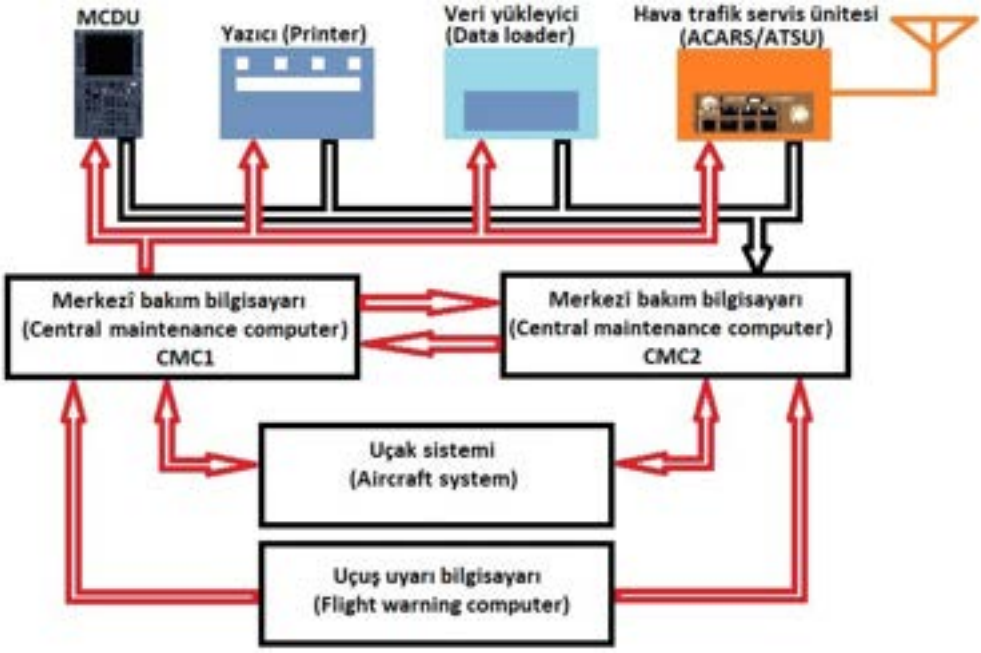
6.2.1. Merkezî Bakım Bilgisayarı [(Central Maintenance Computer (CMC)]

Merkezî bakım bilgisayarları (CMC), uçuş uyarı bilgisayarında (FWC) üretilen bilgiler ile hava aracı sistem bilgisayarlarına entegre edilmiş yerleşik test ekipmanlarından (BITE) gelen hata mesajlarını kaydeden merkezî bilgisayardır (Görsel 6.30).



Görsel 6.30: Merkezî bakım bilgisayarı

Merkezî bakım bilgisayarı (CMC); bakım personelinin çok amaçlı kontrol ve görüntüleme ünitesi (MCDU) üzerinden sistemin işlemsel testine, işlevsel kontrolleri ile BITE modülü hafızasında bulunan hata mesajlarına ulaşmasını sağlar. Test sonuçları veya arıza raporları; çok amaçlı kontrol ve görüntüleme ünitesi (MCDU) ekranından görülür, yazıcı vasıtasıyla da yazılı olarak alınabilir, kayıt ünitesine(MDDU) veya ACARS sistemi ile radyo dalga frekansında iletilebilir (Görsel 6.31).



Görsel 6.31: Merkezî bakım bilgisayarı sistemi bileşenleri

Merkezî bakım bilgisayarı (CMC), test işlemini arıza kaydını iki biçimde yapar. Bunlar, raporlama ve interaktif moddur.

Raporlama Modu (Reporting Mode): Hava aracının yerde veya havadaki arıza kayıtlarını yapar. Test fonksiyonu yoktur. CMC, kendisine bağlı bulunan tüm sistemleri tarar ve bütün hataları belirler.

İnteraktif Mod (Interactive Mode): Hava aracı yerdeyken çalışır ve sistem testlerini yapar. Sistemlerden veya test sonucundan gelen arıza bilgileri görülür.

6.2.2. Çok Amaçlı Kontrol ve Görüntüleme Ünitesi [(Multi Purpose Control and Display Unit, (MCDU)]

Çok amaçlı kontrol ve görüntüleme ünitesi (MCDU); sistem kontrol parametreleri, navigasyon, haberleşme, bildirim veya veri girişlerinin doğrulanması dâhil çeşitli mesajları görüntülemeye yarayan ünitedir. MCDU, operatörlere çeşitli aviyonik uygulamalarını barındıran bir tasarım sunar. MCDU standart protokoller veya mesaj formatları ile birden fazla sistemle iletişim kurabilir. MCDU, 9 inç yüksekliğe ve 5,75 inç genişliğe sahiptir (Görsel 6.32).



Görsel 6.32: Çok amaçlı kontrol ve görüntüleme ünitesi (MCDU)

MCDU, komut veri yolu ile iletişim kuran mikroişlemci tabanlı bir klavyeye sahiptir. MCDU üzerinde parlaklık ayar düğmesi (brightness adjusment), ortam ışık sensörü (ambient light sensor), işlev tuşları (function keys), yazma tuşları (softkeys), hat seçme tuşları (line select keys), ikaz lambaları (annunciator light) ve renkli ekran bulunur. MCDU ekranı her biri 24 karakterden oluşan toplam 14 satıra sahiptir. En üstteki satır seçili sistemle ilgili menü sayfa sayısı hakkında bilgi verirken en alttaki satır (strachpad) gösterge sayfası ile ilgili olarak operatöre bilgi verir (Görsel 6.33).



Görsel 6.33: Çok amaçlı kontrol ve görüntüleme ünitesi (MCDU) tuşları

Çok Amaçlı Kontrol ve Görüntüleme Ünitesi Tuşlarının Görevleri

MCDU MENU	MCDU MENU	MCDU menüsüne erişim sağlar.
DIR	DIR	Hava aracının mevcut konumdan belirlenen bir konuma doğrudan ilerlemesini sağlar.
PROG	PROG	Uçuşun mevcut aşaması için uçuş verilerini görüntüler. Pilotların uçuş sırasında FMGS konumunu güncellemelerine olanak tanır. Herhangi bir ara noktaya FMGS hesaplanmış ise mesafe bilgisi sağlar.
PERF	PERF	Uçuşun mevcut aşaması için performans parametrelerini gösterir. Kalkış aşamasından sonra otomatik olarak sıralanır.
INIT	INIT	INIT A ve INIT B olmak üzere iki sayfadan oluşur. INIT A sayfası, INIT tuşuna basılarak seçilir. INIT B sayfasına, INIT A sayfası görüntülendiğinde yatay ok tuşu seçilerek erişilir. Uçuş planı normalde ACARS aracılığıyla veri bağlantısı işlevi tarafından yüklenir. ACARS, AUTO ve INIT gerçekleştirilmişse uçuş planı otomatik olarak yüklenecektir.
DATA	DATA	INDEX sayfa 1 görüntülenir. INDEX sayfa 1, şu işlemlere erişimi sağlar: Pozisyon izleme sayfası, IRS monitör sayfası, GPS izleme sayfası, A / C durumu, en yakın havaalanları sayfası, eşitlik puan sayfası.
F-PLN	F-PLN	Pilotların kalkıştan varış noktasına kadar aktif birincil uçuş planını ve varış yerinden bir başka varış yerine alternatif uçuş planını oluşturmasını, görüntülemesini veya değiştirilmesini sağlar.

RAD NAV	RAD NAV	ILS, VOR ve ADF radyolarının navaid (naveyd) ekranına ulaşmayı ve ayarlanmasını sağlar. NAV için herhangi bir RMP seçilirse bu sayfadaki alanlar her iki MCDU'da boştur.
FUEL PRED	FUEL PRED	Yakıt tahminlerini görüntüler.
SEC F-PLN	SEC F-PLN	İkincil uçuş planı sayfalarını görüntüler.
ATC COMM	ATC COMM	MCDU menüsüne erişim sağlar. Aktif sistem yeşil ile belirtilmiştir. Diğer tüm bilgiler beyazdır.
AIR PORT	AIR PORT	Uçuş planı sayfasını, kalkış varış noktası ve alternatif havaalanları arasında değiştirir.
SP	SP	Alfa sayısal yazımda boşluk ekler.
OVFY Δ	OVFY-Δ	Bu tuşa basıldığında scratchpadde (çalışma defteri) Δ (delta) simgesi görülür. Taşınacak yol noktasını seçen çizgi, delta uçuş planındaki yol noktası göstericisinin yanında görülür. Yanal uçuş planı, hava aracı doğrudan yol noktasının üzerinden uçacak şekilde değiştirilir. Aşırı uçuş işlevi, NAV'ı korurken hava aracının doğrudan bir yol noktası üzerinde uçuşunu sağlar. Ara noktaya taşıma komutu verilirse OVFY Δ, sadece yol noktası adı yeniden girilerek kaldırılır.
CLR	CLR (Temizleme)	Veri alanındaki mesajlar ile not defterindeki verileri temizler. Çalışma paneline alfa sayısal karakterler girildiğinde tuşa kısa süre basılırsa girilen son karakteri, uzun süre basılırsa scratchpad girişinin tamamını siler.

Çok amaçlı kontrol ve görüntüleme ünitesi ekranında görülen yazıların taşıdığı anlamlar, renklerle ifade edilir. Bu renkler kırmızı, yeşil, mavi, amber, eflatun, camgöbeği [cyan (sayan)] ve beyazdır (Görsel 6.34).



Görsel 6.34: Çok amaçlı kontrol ve görüntüleme ünitesinde kullanılan renkler

6.2.2.1. Çok Amaçlı Kontrol ve Görüntüleme Ünitesi Menüleri

Çok amaçlı kontrol ve görüntüleme ünitesindeki parlaklık anahtarı [brightness adjustment (braytnıs ıcıstmınt)] açılıp cihaz kullanıma hazır olduğunda, MCDU MENU tuşuna basılarak ana menüye ulaşılır (Görsel 6.35).



Görsel 6.35: Çok amaçlı kontrol ve görüntüleme ünitesi menü ekranı

Çok Amaçlı Kontrol ve Görüntüleme Menü Ekranı Komutları ve Görevleri

- **FM2:** Bu seçenekle uçuş yönetim sistemine (FMS) giriş yapılır.
- **ACMS:** Hava aracı durum izleme sistemine (ACMS) giriş yapılır.
- **CMS:** Merkezî bakım sistemine (CMS) giriş yapılır.
- **SAT:** SAT seçilerek hava aracında faks ve telefon hizmeti veren uydu bilgilerine ulaşılır.
- **NAV B/UP:** NAV B/UP seçilerek VOR, ILS, ADF frekansları girilirse otomatik arama yerine manuel arama yapılır.
- **MCDU MAINT:** MCDU MAINT seçilerek görüntü ünitesinin bakım amaçlı testleri yapılır.
- **RETURN:** RETURN seçilerek bir önceki sayfaya geri dönülür.
- **MAINTEANCE MENU:** MCDU MENU ekranında, CMS menüsünün 4L hat anahtarına (line key) basarak sisteme giriş yapıldığında bakım menüsü birinci sayfa ekrana gelir (Görsel 6.36).



Görsel 6.36: CMS bakım menüsü birinci sayfa ekranı

- **POST FLIGHT REPORT:** Bu menü seçildiğinde uçuş sonrası oluşan tüm sistem arızaları, class 1 ve class 2 olarak görülür.
- **PREVIOUS FLIGHT REPORTS:** Bu menü seçildiğinde önceki uçuşlarda oluşan tüm sistem arızaları, class 1 veya class 2 olarak görülür.
- **AVIONICS STATUS:** Bu menü seçildiğinde aviyonik sistemlerdeki arızalar görülür. Bu seçenek, uçağın hava ve yer modunda kullanılır.
- **SYSTEM REPORT/TEST:** Bu menüde, altı sayfadan oluşan ve ATA bölüm sırasına göre dizilmiş sistemlerin testlerine ve arıza bilgilerine ulaşılır.
- MCDU üzerinde sağ ok tuşuna basıldığında bakım menüsü ikinci sayfa ekranına ulaşılır (Görsel 6.37).



Görsel 6.37: CMS bakım menüsü ikinci sayfa ekranı

- **CLASS 3 REPORT:** Bu menü seçilerek class 3 arıza kayıtlarına ulaşılır.
- **REPORT PROGRAMMING:** Bu menüden, merkezî bakım bilgisayarındaki arıza kayıt raporlarını yazdırma veya otomatik olarak ACARS sistemi üzerinden gönderilme seçeneğine ulaşılır.
- **FLIGHT REPORT FILTER:** Bu menüden, sistemlerde oluşabilecek hatalı (aslında olmayan) arızalar ve kısa süreli gelen arıza bilgilerine ulaşılır. Ayrıca bu tip arızaların tespitinde kullanılan filtre programının aktif olup olmayacağı seçilir.
- MCDU MENU sayfasında, hava aracı durum izleme sistemi (ACMS) menüsüne girmek için 3L hat anahtarına (line key) basılır (Görsel 6.38).



Görsel 6.38: ACMS bakım menüsü ikinci sayfa ekranı

- **LABEL:** Bu menü, hava aracı sistemine ait parametreler ikili ve onlu sayı sisteminde kodlanarak arıza aramada kullanılır.
- **SPECIAL FUNCT / REPROGRAMMING:** Şifre yazılarak girilen bu menüde, uçuştan önce programlama yapılır.
- **STORED SAR DATA:** Bu menüden, DMU içindeki altı kanaldaki hafızaya alınan bilgilerin kaç kilobayt yer kapladığı bilgisine ulaşılır.
- **MAN REQST SAR RECRDNG:** Bu menü, bilgilerin manuel olarak dosyalama yapılması istenen ve altı kanaldan oluşan bölümlere ulaşılır.
- **ALPHA:** Bu menüde motor, yardımcı güç ünitesi (APU) ve hava aracı sistemine ait parametreler alfa nümerik olarak kodlanmış kısaltmalar hâlinde görülür.
- **LIST OF PREV REP:** Bu menü, DMU tarafından üretilen son yirmi raporu listeler.
- **STORED REPORTS:** Bu menüden DMU içinde bulunan bilgilerin raporlarına ulaşılır.
- **MAN REQST REPORTS**: Bu menü, manuel olarak dosyalanmış bilgilerin raporlarını almada kullanılır.

6.2.3. Yazıcı Ünitesi

Uçuş personeli ile bakım personelinin hava aracı sistemleri ile ilgili talep edilen yazılı raporları vermesi amacıyla kullanılır. Yazma işlemi, rulo hâlinde sarılmış A4 kâğıdı üzerine yapılmaktadır. Yazıcı ünitesi, uçuş kompartımanında bulunur.



Görsel 6.39: Uçuş kompartımanı yazıcısı

Uçuş kompartımanı yazıcısı; birincil görüntüleme sistemi [Primary Display System (PDS)], hava aracı durum izleme sistemi [Airplane Condition Monitoring System (ACMS)] ve merkezî bakım sistemi [Central Maintenance System (CMS)] üzerinden gelen verileri yazdırır (Görsel 6.39).

6.2.4. Veri Yükleyici (Data Loader)

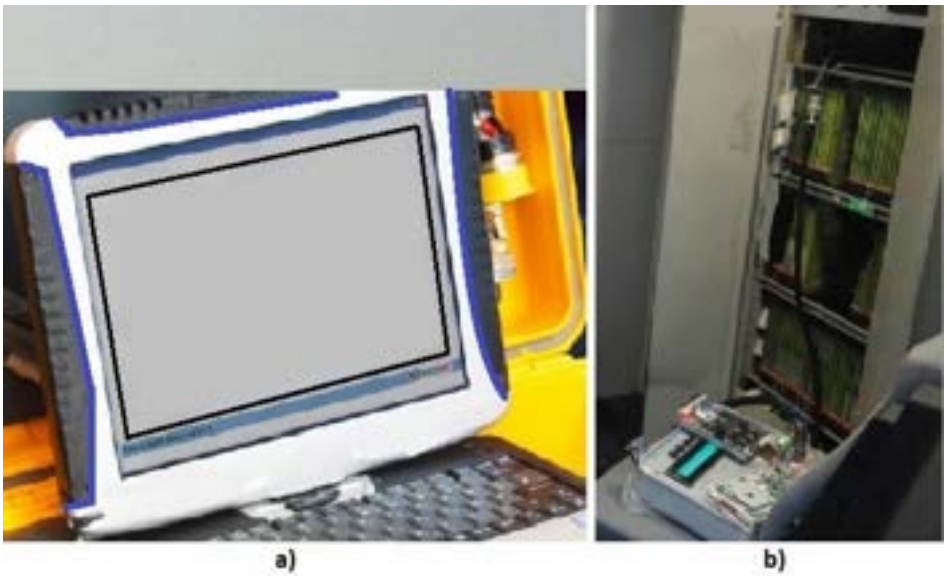
Hava aracı bilgisayarlarına kablolu ve kablosuz bağlanabilen, veri aktarabilen, yazılım güncellemesi yapabilen ve hava aracındaki sistem bilgilerini aktarabilen bilgisayar sistemine **veri yükleyici** denir (Görsel 6.40).

Veri yükleme işlemi; hava aracında yerleşik vaziyette bulunan çok amaçlı disk sürücü ünitesi [Multipurpose Disk Drive Unit (MDDU)] üzerinden veya haricî bir konnektör bağlantısı ile kablosuz bağlanabilen portatif veri yükleyici vasıtasıyla olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilir.



Görsel 6.40: a) Yerleşik veri yükleyici b) Portatif veri yükleyici

Uçağa veri yükleme (uploading) işlemi, hava aracında bulunan veri tabanları ile yazılımları güncellemek için yapılır. Hava aracından veri alma (downloading), uçuş sırasında yapılan kayıtlar ile sistemde görülen arıza kayıtlarını almak için yapılır.



Görsel 6.41: a) Kablosuz veri yükleme b) Kablolu veri yükleme

6.2.5. Hava Aracı Haberleşme Adresleme ve Raporlama Sistemi (ACARS)

Hava aracı ile yer istasyonu arasında uydu bağlantısı veya VHF, RF gibi radyo frekansları üzerinden mesajlaşmaya yarayan dijital veri linkine **ACARS** denir. ARINC veri sistemini kullanır. ACARS sistemiyle hava trafik kontrol (ATC) mesajları ve havacılık operasyon kontrolü (AOC) mesajları gönderilip alınır.



Görsel 6.42: ACARS üzerinden hava durumu mesajı

Hava yolları, uçuş öncesi ACARS sistemi vasıtasıyla pilotlara hava durumunu hakkında verileri gösterir. Ayrıca ACARS sistemi, yakıt açısından verimli bir rota ile türbülans ve buzlanmadan kaçınmak için yardımcı olacak rotalar belirler. Uçağa binen yolcu; çanta ve kargo sayısına bağlı olarak hava aracı kalkış performansını (V1 ve VR vb. hızlar) hesaplar, bu durumu gözden geçirme ve kabul için doğrudan uçağa gönderir. Kısacası pilotlar tarafından hava trafiği kontrol edildikten sonra uçuş yönetim bilgisayarına eklenecek olan ACARS üzerinden kalkış izni sağlar. Daha sonra hava aracı, gürültüyü en aza indirmek, hava sahasının verimliliğini artırmak için kalkıştan sonra belirli bir rota, yükseklik ve hız bilgisini de gönderir. Hava aracında kapılar, kargo kapakları ve tekerlek üzerinde ağırlık anahtarları gibi çok sayıda sensör vardır. Böylece hava aracı durumuna ait veriler hava yoluna gönderilir.

Uçağın çalışma ve seyir hâlinde ihtiyaç duyulan her türlü bakımın tahmin edilebilmesi için sürekli bir şekilde hava yolu bakım ekiplerine, hava aracı veya motor üreticisine ACARS sistemiyle veri gönderilir. Uçağın bir sonraki inişinin denetlenebilmesi, kuyruk darbesi ve sert iniş gibi olayları raporlar. Seyir sırasında hava trafik kontrolü, pilotlardan her şeyi güvenli ve verimli tutmalarını ve rotayı değiştirmelerini yine ACARS sistemini kullanarak ister.

ACARS; hava aracının inişinden önce kullanımdaki pist, sıcaklık, yüzey rüzgârı vb. hakkında ayrıntılar veren otomatik terminal bilgi hizmeti (ATIS) verilerini alır. Bu veriler genellikle VHF yayın sistemiyle ulaştırılır ancak bu veriler ACARS kullanılarak daha önce elde edilebilir ve mürettebatın hazırlanmasına yardımcı olabilir. Ayrıca hava yolu; uçağa kapı ve yer ekibinin hızlı bir şekilde ulaşmasını sağlamak, parçaları değiştirebilmek, herhangi bir bakım raporu almak ve ardından hava aracının bordro için hazır olduğunu bilgilendirmek için pozisyon bilgilerini kullanır.

6.2.6. Elektronik Kütüphane Sistemi [Electronic Library System (ELS)]

ELS; ticari hava araçlarında kullanılmak üzere birçok aviyonik uygulaması, yüksek derecede kokpit otomasyonu, uçuş operasyonları, mühendislik, hava taşıtı bakımı ve eğitimi için birincil bilgi kaynağıdır. Bu sistem, geleneksel kâğıt dokümantasyonunu azaltarak elektronik ortamda depolanan verilere ulaşımı sağlar. Gelişmiş optik, disk veri depolama teknolojisi, yüksek çözünürlüklü ekran ve gelişmiş yazılım kullanan ELS; maliyet tasarrufu sağlayan bir sistemdir (Görsel 6.43).



Görsel 6.43: Elektronik kütüphane sistemi

6.8. Uygulama: Son Uçuş Raporunun (Post Flight Reports) Alınması

Amaç: Son uçuş raporunu almak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 6.44: Son uçuş raporu alma aşamaları

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
MCDU	MCDU 2	1 Adet

Süre: 2 Ders Saati

İşlem Basamakları

1. İş güvenliği tedbirlerini alarak hava aracı kabinine giriniz.
2. MCDU ünitesinin parlaklık ayarını açarak MCDU'nun hazır olmasını bekleyiniz.
3. MCDU MENU düğmesine basarak Görsel 6.44.a'daki ekranı görünüz.
4. Görsel 6.44.a'da CMS seçeneğine karşılık gelen 4L hat anahtarına basınız. Görsel 6.44. b'de verilen bakım menüsü (MAINTENANCE MENU) ekranını görünüz.
5. Görsel 6.44.b'de son uçuş raporu (POST FLIGHT REPORT) seçeneğine karşılık gelen 1L hat anahtarına basınız. Görsel 6.44.c'de verilen altı sayfalık son uçuş raporu (POST FLIGHT REPORT) ekranını görünüz.
6. Sağ ve sol ok tuşlarını kullanarak sayfalar arasında geçiş yapabilir ve son uçuştaki raporları görebilirsiniz.
7. Altı sayfadan herhangi birinin çıktısını, sayfa yazdırma (PAGE PRINT) seçeneğine karşılık gelen 6R hat anahtarına basarak alınız.
8. Geri dönüş (RETURN) seçeneğine karşılık gelen 6L hat anahtarına basarak menüden çıkınız.
9. MCDU ünitesini, parlaklık ayar düğmesinden kapatınız.
10. Aldığınız son uçuş rapor çıktısını, atölye öğretmeninize kontrol ettirerek olmuş arızaları değerlendiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Raporda görülen arızaları pilotlar görmüş müdür? Açıklayınız.
- Arızanın oluştuğu saat görülüyor mu? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

Süre: 2 Ders Saati

6.9. Uygulama: Önceki Uçuş Raporlarının (Prev Flight Reports) Alınması

Amaç: Önceki uçuş raporunu almak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 6.45: Önceki uçuş raporu alma aşamaları

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
MCDU	MCDU 2	1 Adet

Süre: 2 Ders Saati

İşlem Basamakları

1. İş güvenliği tedbirlerini alarak hava aracı kabinine giriniz.
2. MCDU ünitesinin parlaklık ayarını açarak MCDU'nun hazır olmasını bekleyiniz.
3. MCDU MENU düğmesine basarak Görsel 6.45.a'da verilen menü ekranı görünüz.
4. Görsel 6.45.a'da CMS seçeneğine karşılık gelen 4L hat anahtarına basınız. Görsel 6.45.b'de verilen bakım menüsü (MAINTENANCE MENU) ekranını görünüz.
5. Görsel 6.45.b'de önceki uçuş raporu (PREVIOUS FLIGHT REPORT) seçeneğine karşılık gelen 2L hat anahtarına basınız. Görsel 6.45.c'de verilen beş sayfalık önceki uçuş raporu (PREVIOUS FLIGHT REPORT) ekranını görünüz.
6. Sağ ve sol ok tuşlarını kullanarak sayfalar arasında geçiş yapabilir ve önceki uçuş raporlarını görebilirsiniz.
7. Beş sayfadan herhangi birisinin çıktısını, sayfa yazdırma (PAGE PRINT) seçeneğine karşılık gelen 2R, 3R, 4R, 5R hat anahtarına basarak alınız. 2L hat anahtarına basarak 01 numaralı kaydın ayrıntılı bilgisine ulaşınız (Görsel 6.45.ç).
8. Geri dönüş (RETURN) seçeneğine karşılık gelen 6L hat anahtarına basarak menüden çıkınız.
9. MCDU ünitesini, parlaklık ayar düğmesinden kapatınız.
10. Aldığınız önceki uçuş rapor çıktısını, atölye öğretmeninize kontrol ettirerek olmuş arızaları değerlendiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Önceki arıza kayıtlarında, maksimum kaç arıza kaydı vardır?
- Arızanın oluştuğu saati görebilir miyiz? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
..... /			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza)
.....									.....

Süre: 2 Ders Saati

6.10. Uygulama: Yer Tarama Raporunun (Ground Scanning) Alınması

Amaç: Yer tarama raporunu almak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 6.46: Yer tarama raporu alma aşamaları

Süre: 2 Ders Saati

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
MCDU	MCDU 2	1 Adet

İşlem Basamakları

1. İş güvenliği tedbirlerini alarak hava aracı kabinine giriniz.
2. MCDU ünitesinin parlaklık ayarını açarak MCDU'nun hazır olmasını bekleyiniz.
3. MCDU MENU düğmesine basarak Görsel 6.46.a'da verilen menü ekranı görünüz.
4. Görsel 6.46.a'da, CMS seçeneğine karşılık gelen 4L hat anahtarına basınız. Görsel 6.46.b'de verilen bakım menüsü (MAINTENANCE MENU) ekranını görünüz.
5. Görsel 6.46.b'de, sistem rapor/test (SYSTEM REPORT/TEST) seçeneğine karşılık gelen 4L hat anahtarına basınız. Görsel 6.46.c'de verilen menü ekranını görünüz.
6. Görsel 6.46.c'de, AC seçeneğine karşılık gelen 3L hat anahtarına basınız. Görsel 6.46. ç'de verilen menü ekranını görünüz.
7. Görsel 6.46.ç'de, yer gücü kontrol ünitesi (GPCU) seçeneğine karşılık gelen 2L hat anahtarına basınız. Görsel 6.46.d'de verilen menü ekranını görünüz.
8. Görsel 6.46.d'de, yer tarama (GND SCANNING) seçeneğine karşılık gelen 4L hat anahtarına basınız. Görsel 6.46.e'de verilen tarama sonucu ekranını görünüz.
9. Görsel 6.46.e'de verilen tarama sonucu ekranı çıktısını, yazdır (PRINT) seçeneğine karşılık gelen 6R hat anahtarına basarak alabilirsiniz.
10. Geri dönüş (RETURN) seçeneğine karşılık gelen 6L hat anahtarına basarak menüden çıkınız.
11. MCDU ünitesini, parlaklık ayar düğmesinden kapatınız.
12. Aldığınız yer tarama rapor çıktısını, atölye öğretmeninize kontrol ettirerek tarama sonucunu değerlendiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- Yer taramasının yer operatör ekipleriyle ilgisi var mıdır? Açıklayınız.
- "NO FAULT DETECT" mesajı nedir? Açıklayınız.

Öğrencinin Numarası / Adı ve Soyadı ..... /	DEĞERLENDİRME	Alanlar ve Puanları	İş Güvenliği	Bilgi	Beceri	Temizlik Düzen	Süre Kullanımı	Toplam	Tarih
			10	30	40	10	10	100	.... /.... / 20 ....
Öğretmenin Adı ve Soyadı		Aldığı Puan							Onay (İmza) .....

Süre: 2 Ders Saati

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise "D" yanlış ise "Y" yazınız.

1. (….) Bilgisayar sisteminde, donanım kartları anakart üzerine takılır.
2. (….) Mikroişlemci takılmasa da bilgisayar çalışır.
3. (….) RAM bellek, bilgisayar sisteminin ana belleğidir.
4. (….) DVD-ROM optik sürücüdür.
5. (….) Bilgisayar sisteminde bilgilerin saklandığı yer hard disktir.
6. (….) CMC, yerleşik bakım sisteminin ana bilgisayarıdır.
7. (….) MCDU, bite adreslerine doğrudan ulaşabilir.
8. (….) MCDU, uçuş raporlarını ekranında gösterebilir.
9. (….) ACARS, hava durumu bilgilerini kabin ekibine ulaştırır.
10. (….) Veri yükleyici ile hava aracı yazılımı güncellenir.

B. Aşağıdaki cümlelerdeki boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz.

11. Bilgisayarlarda ……. giriş-çıkış, aritmetik ve mantık işlemleri ile kontrol işlemlerini yürüten ünitedir.
12. Bilgisayar sistemlerinde kullanıcıya ait bilgiler kalıcı olarak ……. saklanır.
13. Bilgisayar sistemlerinde kullanıcının müdahale edemediği bellek türüne……. bellek denir.
14. Bilgisayar sistemlerinde ekran üzerindeki komut düğmelerini tıklayıp aktif hâle getirmek, seçmek ve taşımak için kullanılan donanıma …….denir.
15. Bilgisayar sistemlerinde görüntü verilerini işleyip monitöre gönderen karta ……. kartı denir.
16. Hava aracında yerleşik bakım sistemlerinin ana bilgisayarının kısaltması…….'dir.
17. Hava aracında, en az ……. tane MCDU bulunur.
18. Hava aracı son uçuş raporu ……. ünitesi ile görüntülenir.
19. MCDU ünitesinde ana menüye girmek için ……. tuşuna basılır.
20. MCDU ekranından alt menülere girmek veya çıkmak için …….anahtarları kullanılır.

C. Aşağıda sorulan çoktan seçmeli sorularda doğru cevabı işaretleyiniz.

21. **Bilgisayar sistemlerinde bilgilerin geçici olarak tutulduğu bellek aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Flash Bellek
B) Hard Disk
C) RAM
D) ROM
E) EEPROM

22. **Aşağıdakilerden hangisinde bellek birimleri küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır?**

A) Bayt-Kilobayt-Megabayt-Gigabyte
B) Bayt-Kilobayt-Gigabyte-Megabayt
C) Gigabyte-Kilobayt-Bayt-Megabayt
D) Megabayt-Kilobayt-Bayt-Gigabyte
E) Megabayt-Bayt-Kilobayt-Gigabyte

23. **Aşağıdakilerden hangisi bilgisayar birimi değildir?**

A) Ekran
B) Fare
C) Kablo
D) Klavye
E) Yazıcı

24. **Bilgisayar sistemlerine harf, rakam, sembol girmek için kullanılan birim aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Ekran
B) Fare
C) Klavye
D) Mikrofon
E) Yazıcı

25. **Aşağıdakilerden hangisi bilgisayar sistemlerinde hem giriş hem de çıkış birimidir?**

A) Ekran Kartı
B) Flash Bellek
C) Fare
D) ROM Bellek
E) Yazıcı

26. **Hava araçlarında yerleşik bakım sisteminin kısaltması aşağıdakilerden hangisidir?**

A) ACARS
B) CMC
C) CMS
D) MCDU
E) POS

27. **Hava araçlarında çok amaçlı kontrol ve görüntüleme ünitesi aşağıdakilerden hangisidir?**

A) ATC
B) CMC
C) CMS
D) MCDU
E) MDDU

28. **MCDU ekranının parlaklığını ayarlamak için kullanılan düğme aşağıdakilerden hangisidir?**

A) 1R
B) 6L
C) Brightness switch
D) F-PLN
E) MCDU-MENU

29. **Hava aracı sistemine ait parametreler ikili ve onlu sayı sisteminde kodlanarak arıza aramada kullanılan komut aşağıdakilerden hangisidir?**

A) ALPHA
B) LABEL
C) STORED SAR DATA
D) MAN REQST REPORTS
E) MAN REQST SAR RECRDNG

30. **MCDU-MENU sayfasında, hava aracı durum izleme sistemine girişte kullanılan komut aşağıdakilerden hangisidir?**

A) ACMS
B) CMS
C) FM2
D) MCDU-MAINT
E) SAT

EK-1

UYGULAMA GÖZLEM FORMU

YÖNERGE

Uygulama faaliyetleri kapsamında aşağıda listelenen ölçütlerden öğrencinin kazandığı gözlenen beceriler için EVET, kazanamadığı gözlenen beceriler için HAYIR kutucuğuna "X" işareti konulmalıdır. Başlatılan uygulama, bitiş sürecine kadar gözlemlenmeli, ölçütler işaretlenerek değerlendirilmelidir.

DEĞERLENDİRME ALANLARI VE ÖLÇÜTLERİ

		EVET	HAYIR
İŞ GÜVENLİĞİ			
1	İş elbisesi, eldiven, ayakkabı, baret, gözlük v.b kullandı.		
2	İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uydu.		
BİLGİ			
1	Kitapta verilen bilgileri kaynak olarak kullandı.		
2	Çalışma sonunda istenilen ürünü elde etti.		
3	Uygulamaya ilişkin çıkarımlarda bulundu.		
BECERİ			
1	Uygulamaya ait araç gereci hazırladı.		
2	Araç gereci uygulamaya uygun olarak kullandı.		
3	Uygulamayı işlem basamakları sırasına göre tamamladı.		
4	Uygulamaya ilişkin tasarruf tedbirlerini uyguladı.		
TEMİZLİK DÜZEN			
1	Araç gereci temiz ve düzenli kullandı.		
2	Çalışma alanın temizliğini yaptı.		
SÜRE			
1	Uygulamayı verilen sürede tamamladı.		

DEĞERLENDİRME

Uygulamaların sonunda yer alan tabloda değerlendirme alan ve puanları gösterilmiştir. Bu alanlar sahip olduğu ölçüt sayısına bölünerek **Alan Ölçüt Puanı** hesaplanır. (Alan Ölçüt Puanı= Alan Puanı / Ölçüt Sayısı)

Alandaki EVET'ler sayılır ve Alan Ölçüt Puanı ile çarpılarak **Aldığı Puan** hesaplanır. (Aldığı Puan= EVET x Alan Ölçüt Puanı)

Elde edilen sonuç, uygulama sayfası sonundaki ilgili alan bölümüne Aldığı Puan olarak işlenir.

Ölçütlerdeki HAYIR sayısına göre uygulamanın tekrar edilmesi önerilir.

KAYNAKÇA

Yazılı Kaynaklar

Bayram, H. (2002). Dijital Elektronik. Yazar Yayınları.

Coşkun, S., Kahraman, G. ve Öztürk, Y. (2015). Uçaklarda Fiber Optik Teknolojileri Uygulamalarının İncelenmesi. Ulusal Havacılık Teknolojisi ve Uygulamaları Kongresi. İzmir.

EASA. (2016). Aircraft StructuresandSystem.

Günaydın, A.c., Hatipoğlu, A. ve Fidanboylu, K. (2019). Havacılık Sektöründe Fiber Optik Sensör Uygulamaları. X. Ulusal Uçak, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Kurultayı. Eskişehir.

Henry W. Ott, John Wiley&Sons. (2009). Electromagnetic Compatibility Engineering. New Jersey.

Mazmanoğlu, A. (2000). Herkes için PC Donanımı ve Elemanları.

Özsoy, S. (1998). Fiber Optik. Kayseri: Birsen Yayınevi.

TurkishTechnicİnc. (2016). DigitalTechniques / Electronic InstrumentSystems.

Türkçe Sözlük (2019). Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.

Uçak Bakım Alanı Çerçeve Öğretim Programı (2020). Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları.

Uçak Bakım Alanı Ders Bilgi Formu (2020). Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları.

Üstüner, F. (2011). EMI/EMC Elektromanyetik Girişim ve Uyumluluk. TÜBİTAK UME Sunum.

V. Ulusal Havacılık Ve Uzay Konferansı, Kayseri: 8-10 Eylül 2014, Erciyes Üniversitesi, UHUK-2014-107.

Yaşar, E. (2018). Bilgisayar Donanımı. Barkod:9786053276432.

Genel Ağ Kaynakçası

TDK Sözlük. https://www.tdk.gov.tr/icerik/diger-icerikler/tumsozlukler/

https://abs.mehmetakif.edu.tr/upload/0124_1408_dosya.pdf (Erişim tarihi ve saati: 24.02.2021, 09.10)

http://ee.tek.firat.edu.tr/sites/ee.tek.firat.edu.tr/files/LJ1B5_%20ADC_DAC_2.pdf (Erişim tarihi ve saati: 10.03.2021, 10.40)

http://dosya.kmu.edu.tr/eemuh/userfiles/files/Dersler/Say%C4%B1sal%20Elektronik-2/Say%C4%B1sal%20Elektronik%20II%20Deney%208.pdf (Erişim tarihi ve saati: 29.03.2021, 09.30)

https://diyot.net/karsilastirici-comparator/ (Erişim tarihi ve saati: 02.04.2021, 15.30)

https://www.bilgiustam.com/crtkatot-isinli-tup-ekranlar-ve-televizyon-nasil-calisir/#:~:text=Katot%20filaman%C4%B1n%20%C4%B1s%C4%B1nmas%C4%B1yla%20elektronlar%20vakum,tabakas%C4%B1na%20%C3%A7arpan%20elektronlar%20parlayarak%20pikselleri (Erişim tarihi ve saati: 29.02.2021, 10.20)

https://www.elektronikhaberlesme.org/wp-content/uploads/2017/04/5.B%C3%B6l%C3%BCm-Hat-Kodlar%C4%B1-ve-Say%-C4%B1sal-Haberle%C5%9Fme-Teknikleri.pdf (Erişim tarihi ve saati: 07.03.2021, 14.25)

https://diyot.net/lcd-ekran/ (Erişim tarihi ve saati: 14.03.2021, 15.50)

https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/dokunmatik-ekranlar-nasil-calisir/8600#ad-image-0 (Erişim tarihi ve saati: 04.04.2021, 09.45)

https://www.antistatikmalzemeler.com/blog-detay-statik-elektrik-nedir-3.html (Erişim tarihi ve saati: 05.12.2020, 16.54)

https://www.tuncesd.com/esd-nedir (Erişim tarihi ve saati: 05.12.2020, 23.12)

https://www.esda.org/esd-overview/esd-fundamentals/part-1-an-introduction-to-esd (Erişim tarihi ve saati: 05.12.2020, 23.19)

https://www.emo.org.tr/ekler/8e7b0f0b1cd8d64_ek.pdf?dergi=927 (Erişim tarihi ve saati: 06.12.2020, 02.15)

http://www.antistatikmarket.com/bilgi/antistatik-esd-kitap (Erişim tarihi ve saati: 06.12.2020, 18.46)

http:://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/statik-elektrik-nedir-ve-nasil-olusur/11899#ad-image-0 (Erişim tarihi ve saati: 06.12.2020, 20.25)

http://oneymuhendislik1.blogspot.com (Erişim tarihi ve saati: 06.12.2020, 21.15)

https://www.emitel.com.tr/esd.html (Erişim tarihi ve saati: 28.02.2021, 21.12)

https://www.egetestcenter.com/esd-testi (Erişim tarihi ve saati: 28.02.2021, 21.15)

https://www.elektrikport.com/makale-detay/elektromanyetik-girisim-(emi)-ve-uyumluluk-(emc)-ne-dir/10063#ad-image-0 (Erişim tarihi ve saati: 06.03.2021, 21.53)

https://sahinhuseyin.weebly.com/normal-d305351305-olaylar.html (Erişim tarihi ve saati: 07.03.2021, 00.28)

https://radcomtest.com/emc-testi (Erişim tarihi ve saati: 07.03.2021, 11.29)

https://hursts.org.uk/airbus-technical/html/ar01s02.html#idm45838564242544 (Erişim tarihi ve saati: 08.03.2021, 15.30)

https://slideplayer.biz.tr/slide/1907912/ (Erişim tarihi ve saati: 08.03.2021, 15.30)

https://vdocuments.mx/44-cabin-systemspdf.html (Erişim tarihi ve saati: 09.03.2021, 15.30)

http://www.newportaero.com/ata_chapters.php (Erişim tarihi ve saati: 09.03.2021, 15.30)

htp://www.newportaero.com/ata_chapters.php (Erişim tarihi ve saati: 10.03.2021, 15.30)

https://www.ltt.aero/documents/2159785/2396741/Demo%2BMedia%2Bconcept-E-.pdf/60e9a155-8283-4e2c-b53e-66013141d1c6 (Erişim tarihi ve saati: 10.03.2021, 15.30)

https://studylib.net/doc/18234135/ata-44-cabin-systems (Erişim tarihi ve saati: 11.03.2021, 15:30)

https://studylib.net/doc/25267238/a380-level-i-ata-46-network-server-system-onboard-informa (Erişim tarihi ve saati: 11.03.2021, 15.30)

https://www.radartutorial.eu/03.linetheory/tl06.tr.html (Erişim tarihi ve saati: 12.03.2021, 15.30)

https://slideplayer.biz.tr/slide/1946109/(Erişim tarihi ve saati: 12.03.2021, 15.30)

https://www.eokultv.com/ses-dalgalari-konu-anlatimi/4620 (Erişim tarihi ve saati: 13.03.2021, 15.30)

http://www.smartaviators.com/2017/10/airbus-a320-communications-please-refer.html (Erişim tarihi ve saati: 13.03.2021, 15.30)

https://www.slideshare.net/sn7/airbus-a319-a320-a321-flight-deck-and-system (Erişim tarihi ve saati: 14.03.2021, 15.30)

https://www.aydinlatma.org/isik-nedir.html (Erişim tarihi ve saati: 08.03.2021, 18.12)

https://em.erciyes.edu.tr/adogan (Erişim tarihi ve saati: 09.03.2021, 18.34)

https://diyot.net/led (Erişim tarihi ve saati: 10.03.2021, 18.22)

https://www.elektrikrehberiniz.com/elektronik/led-diyot-10590 (Erişim tarihi ve saati: 11.03.2021, 18.25)

https://www.silverled.net/neon-lamba-nedir-ve-asal-gazli-isik-tupleri.html (Erişim tarihi ve saati: 12.03.2021, 19.05)

https://www.nkfu.com/neon-lambalar-nasil-calisir-nasil-isik-verirler-calisma-prensibi (Erişim tarihi ve saati: 12.03.2021, 19.32)

https://www.netinbag.com/tr/technology/what-is-a-cold-cathode-light.html (Erişim tarihi ve saati: 13.03.2021, 20.10)

https://starfiberoptik.com.tr/fiber-optik-kablo-nedir (Erişim tarihi ve saati: 14.03.2021, 19.42)

https://boardinginfo.com/ucaktaki-isiklarin-gorevi-ne (Erişim tarihi ve saati: 14.03.202, 20.54)

https://seyruseferim.com/ucak-isiklari (Erişim tarihi ve saati: 15.03.2021, 20.17)

https://www.ucakkazalari.com/ucak-ve-pistteki-tum-isiklarin-anlamlari (Erişim tarihi ve saati: 16.03.202, 21.04)

http://www.karmabilgi.net/renk-tayfi-ve-gorunur-isik (Erişim tarihi ve saati: 17.03.2021, 21.02)

https://www.infopaylasim.com/isik-nedir-isigin-kirilma-kanunlari (Erişim tarihi ve saati: 18.03.2021, 20.42)

https://fizikolog.net (Erişim tarihi ve saati: 19.03.2021, 18.19)

https://fizikdersi.gen.tr (Erişim tarihi ve saati: 20.03.2021, 18.23)

https://rasyonalist.org/yazi/elektromanyetik-dalgalar-gorunur-bolge (Erişim tarihi ve saati: 21.03.2021, 18.46)

https://fizikolog.net/konular/optik-1.isik-ve-golge/yansima.html (Erişim tarihi ve saati: 22.03.2021, 19.11)

https://www.elektronikhaberlesme.org/fiber-optik (Erişim tarihi ve saati: 23.03.2021, 19.05)

https://telecom.samm.com/fiber-optik-nedir (Erişim tarihi ve saati: 24.03.2021, 20.17)

https://www.emtekno.com.tr/tr/content/multimod-fiber-t%C3%BCrleri-om1-vs-om2-vs-om3-vs-om4-vs-om5 (Erişim tarihi ve saati: 25.03.2021, 17.35)

https://www.samm.com/teknik-bilgi (Erişim: 27.03.2021, 18.20)

https://teknokampus.net/fly-by-wire-ucus-kontrol-sistemi (Erişim tarihi ve saati: 05.04.2021, 20.35)

https://www.ukessays.com/essays/engineering/fly-light-aircraft-systems-analysis-2340.php#_Toc478264487 (Erişim tarihi ve saati: 05.04.2021, 21.20)

https://www.aircraftnerds.com/2016/07/aircraft-cockpit-instruments.html (Erişim tarihi ve saati: 06.04.2021, 21.44)

https://www.youtube.com/watch?v=LW4zP9qoTPU (Erişim tarihi ve saati: 28.04.2021, 18.22)

https://www.youtube.com/watch?v=YqMU3njFL0I (Erişim tarihi ve saati: 28.04.2021, 18.34)

** Kaynakça APA 6 formatında düzenlenmiştir.*

Görsel Kaynakçası

Maretyalin görsel kaynakçasına karekod aracılığı ile ulaşabilirsiniz.

http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=1612

CEVAP ANAHTARI

	ÖĞRENME BİRİMİ					
	1	2	3	4	5	6
1	D	D	Y	D	D	D
2	D	Y	D	Y	Y	Y
3	Y	D	D	D	D	D
4	D	D	Y	Y	Y	D
5	D	Y	D	D	Y	D
6	Y	D	Y	D	D	D
7	Y	D	D	Y	Y	Y
8	D	D	D	D	Y	D
9	D	D	D	D	D	D
10	D	Y	D	D	D	D
11	D	C	D	D	Y	CPU
12	A	E	Y	Y	Y	Hard disk
13	E	A	D	D	D	ROM
14	C	A	D	Y	Y	Fare
15	A	B	Y	D	D	Ekran kartı
16	C	A	EPA	D	Yansıma	CMS
17	D	E	Antistatikzemin	D	Kırılma indisi	CMC
18	B	A	ESD bileklik	Y	Işık	2
19	B	C	Ferrit filtreler	D	OM, OS	MCDU
20	D	D	Bonding metre	D	FBL	MCDU-MENU
21			B	B	B	C
22			C	B	D	A
23			E	A	A	E
24			A	E	E	A
25			D	D	C	A
26			D	B	E	A
27			B	D	B	B
28			C	A	D	E
29			E	B	A	B
30			D	C	C	C
31			C	B	C	
32			A	E	E	
33			E	C	B	
34			B	A	D	
35			A	C	A	
36				D		
37				D		
38				C		
39				A		
40				E		