

Mekatronik Mühendisliğine Giriş

Prof. Dr. Hakan YAVUZ

Prof. Dr. Nihat AKKUŞ

Prof. Dr. Zeki KIRAL

Prof. Dr. M. Caner AKÜNER

Doç. Dr. Mustafa ORAL

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÖZKURT

Dr. Öğr. Üyesi Arzum IŞITAN

Dr. Öğr. Üyesi Aydın MÜHÜRÇÜ

Dr. Öğr. Üyesi Çağlar CONKER

Dr. Öğr. Üyesi Ercan KÖSE

Dr. Öğr. Üyesi Evren ÇAĞLARER

Dr. Öğr. Üyesi İsmail TEMİZ

Dr. Öğr. Üyesi Murat AKDAĞ

Dr. Öğr. Üyesi Taner AKKAN

Editör

Prof. Dr. Hakan YAVUZ



© **PAPATYA YAYINCILIK EĞİTİM**

Ankara Caddesi, Prof. Fahreddin Kerim Gökay Vakfı İşhanı Girişi
No: 11/6, Cağaloğlu (Fatih) / İstanbul

Tel : (+90 212) 527 52 96 (+90 532) 311 311 0
Faks : (+90 212) 527 52 97
e-mail : admin@papatyabilim.com.tr
Web : www.papatyabilim.com.tr
Dağıtım : TDK Bilim – www.tdk.com.tr

Mekatronik Mühendisliğine Giriş – Prof. Dr. Hakan Yavuz, Editör

1. Basım Eylül/Ekim 2018

Yayın Danışmanı : Toros Rifat ÇÖLKESEN (Ph. D)
Yayına Hazırlayan : Cengiz UĞURKAYA (Ph. D)
Üretim : Necdet AVCI
Pazarlama : Mustafa DEMİR
Satış : TDK Bilim www.tdk.com.tr
Sayfa Düzenleme : Papatya ve Kelebek Tasarım
Basım ve Ciltleme : Özkaracan Matbaacılık (Sertifika No: 12228)
Evren Mah. Gülbahar Cad. No:62 Güneşli/İstanbul

© Bu kitabın her türlü yayın hakkı Papatya Yayıncılık Eğitim AŞ'ye aittir. Yayınevinden yazılı izin alınmaksızın alıntı yapılamaz, kısmen veya tamamen hiçbir şekil ve teknikle ÇOĞALTILAMAZ, BASILAMAZ, YAYIMLANAMAZ. Kitabın, tamamı veya bir kısmının fotokopi makinesi, ofset gibi teknikle çoğaltılması, hem çoğaltan hem de bulunduranlar için yasadışı bir davranıştır.

Yavuz, Hakan

Mekatronik Mühendisliğine Giriş / Hakan Yavuz - İstanbul: Papatya Yayıncılık Eğitim, 2018.

xvi, 624 s.; 24 cm.

Kaynakça ve Dizin var.

Sertifika No: 11218

ISBN 978-605-9594-52-3

1. Mekatronik Sistemler 2. Otonom Robotlar 3. Mekatronik Tasarım 4. Yapay Zeka
5. Kontrol Sistemleri I. Title

*Bu kitabımızı,
başta aileme ve oğullarım **İlhan** ve **Metehan** ile kızım **Elif**'e,
sonra tüm bölüm yazarlarımız adına,
onların değerli aile bireylerine,
son olarak da, bugüne kadar bize emek eden
öğretmenlerimize ve hocalarımıza
ithaf ediyoruz.*

Teşekkür

Bir süre önce bir kitap yazma hevesi ile yola çıktık; yol uzun, süreç zahmetli ve hedef büyük idi. Öyle ki, mekatronik mühendisliği gibi heyecan verici ve geniş bir mühendislik alanını bir kitaba sığdırmamız gerekiyor idi. Bunun için yazmak yetmiyordu. Düşünmek, değerlendirmek ve sınırlı sayfada çok şey ifade etmek gerekiyor idi. Bölüm yazarlarımız bunun için çok çaba gösterdi. Hepsini başarılarından dolayı kutluyorum. Sanırım bunu belirli oranda da başardık. Elde edilen başarılı sonuçtan dolayı, bu çalışmaya bölümlerin yazımını üstlenerek katkı yaparak sayın bölüm yazarlarımıza,

Prof. Dr. Zeki KIRAL

Prof. Dr. Nihat AKKUŞ

Prof. Dr. M. Caner AKÜNER

Doç. Dr. Mustafa ORAL

Dr. Öğr. Üyesi Evren ÇAĞLARER

Dr. Öğr. Üyesi Arzum IŞITAN

Dr. Öğr. Üyesi Murat AKDAĞ

Dr. Öğr. Üyesi Çağlar CONKER

Dr. Öğr. Üyesi İsmail TEMİZ

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÖZKURT

Dr. Öğr. Üyesi Taner AKKAN

Dr. Öğr. Üyesi Ercan KÖSE

Dr. Öğr. Üyesi Aydın MÜHÜRÇÜ

ve kitabımızın sunulan hale gelmesinde hiçbir desteğini esirgemeyen Papatya Bilim Yayınevi (Papatya Yayıncılık Eğitim AŞ) çalışanlarına tüm destekleri için ayrı ayrı teşekkür ederim.

Prof. Dr. Hakan YAVUZ
Editör

İÇİNDEKİLER

Önsöz	xiii
Bölüm 1. Mekatronik Mühendisliği Mekatronik Sistemler	15
<i>Hakan YAVUZ (Ph. D)</i>	
1.1. Mühendislik Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi ve Mekatronik Sistemler	16
1.2. Mekatronik Yaklaşım ve Mekatronik Sistemler	20
1.3. Mekatronik Mühendisliği	23
1.4. Mekatronik Sistemlerin Yapısı, Çalışma Şekilleri ve Farkları	24
1.5. Mekatronik Sistemlerin Tasarımı ve Geliştirilmesi	26
1.6. Mekatronik Sis. Bilgisayar Kontrollü Elektro-Mekanik Sis. Farklılıkları	28
1.7. Mekatronik Mühendisliğine Giriş Kitabı İçeriği	29
1.8. Mekatronik Mühendisliğine Giriş Kitabı Bölümleri	31
1.9. Özet	39
1.10. Çalışma Soruları	40
Bölüm 2. Fonksiyon Esaslı Kavramsal Tasarım	41
<i>Hakan YAVUZ (Ph. D)</i>	
2.1. Mekatronik Sistemlerin Tasarımı ve Geliştirilmesi	43
2.2. Basit Bir Kavramsal Tasarım Örneği	47
2.3. Daha Kapsamlı Bir Kavramsal Tasarım Örneği	53
2.4. Mobil Robot Kavramsal Tasarım Örneği	61
2.5. Fonksiyonel Tasarımın Yenilikçi Yönü ve Tasarıma Katkısı	69
2.6. Özet	78
2.7. Çalışma Soruları	79
Bölüm 3. Mekatronik Sistemi Oluşturan Elemanlar ve Nitelikleri	81
<i>Hakan YAVUZ (Ph. D)</i>	
3.1. Mekatronik Sistemlerin Genel Yapısal Formu	82
3.2. Mekatronik Sistem Örnekleri ve Yapısal Form İncelemesi	84
3.3. Mekatronik Sistem Örnekleri Ayrıntılı İncelemesi	92
3.3.1. Mobil Robot Sistemi	92
3.3.2. Manipülatör Robot Sistemi	98
3.3.3. Basit İnsansız Hava Aracı (İHA), Drone	103
3.3.4. Üç Boyutlu (3B) Yazıcı	107
3.3.5. İncelenen Örnek Sistemlere Ait Genel Değerlendirme	112

3.4. Kitap Bölümleri ve Kaynak Kitaplar Dışında Diğer Kaynaklar	114
3.5. Özet	115
3.6. Çalışma Soruları	116

Bölüm 4. Mekanik Sistemler **119**

Evren ÇAĞLARER (Ph. D) ve Arzum IŞITAN (Ph. D)

4.1. Mekanik Sistemler İçin Malzeme Seçimi ve İmalat Yöntemleri	121
4.1.1. Malzeme Seçimi ve Önemi	121
4.1.2. Malzemelerin İyapısı ve Bağlar	122
4.1.3. Malzemelerin Sınıflandırılması	122
4.1.4. Malzemelerin Mekanik Özellikleri	125
4.1.5. Üretim ve İmalat Sistemleri Üretim Yöntemleri	131
4.2. Mekanik Sistemlerin Tasarımı, Yeri ve Önemi	131
4.3. Mekanik Sistem Elemanları	138
4.3.1. Hareket İleten Sistemler	138
4.3.2. Taşıma ve Destekleme Elemanları	147
4.3.3. Bağlama Elemanları	152
4.3.4. İrtibat Elemanları	157
4.3.5. Enerji Biriktirme Elemanları	158
4.4. Özet	159
4.5. Çalışma Soruları	159

Bölüm 5. Mühendislik Sistemleri: Statik ve Dinamik Sistem Tipleri **161**

Nihat AKKUŞ (Ph. D)

5.1. Tasarım ve Analize Giriş	162
5.2. Statik Kararlılık	163
5.2.1. Problem Çözme Yaklaşımı	165
5.3. Serbest Cisim Diyagramı (SCD)	165
5.4. SCD– Uygulama Basamakları	166
5.5. Moment Kavramı	169
5.6. Kütle Atalet Momenti	169
5.7. Yapısal Tasarım ve Mekanik	173
5.8. Sistemlerin Dayanım Yönüyle Modellenmesi	175
5.9. Dinamik	177
5.9.1. Newton Yasaları	181
5.9.2. İş – Güç – Enerji Kavramları	183
5.10. Özet	189
5.11. Çalışma Soruları	190

Bölüm 6. Malzeme Bilgisi: İmalat Yöntem ve Teknolojileri	191
<i>Murat AKDAĞ (Ph. D)</i>	
6.1. Mühendislik Uygulamalarında Malzeme ve İmalat Yönteminin Önemi	192
6.2. Malzeme Bilgisi	193
6.2.1. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması	193
6.2.1.1. Genel Özellikler	194
6.2.1.2. Mekanik Özellikler	195
6.2.1.3. Isıl Özellikler	195
6.2.1.4. Elektriksel Özellikler	196
6.2.1.5. Optik Özellikler	197
6.2.1.6. Ekolojik Özellikler	197
6.2.1.7. Çevresel Direnç Özellikleri	197
6.2.2. Mühendislik Malzemelerinin Sınıflandırılması	198
6.2.2.1. Metaller	198
6.2.2.2. Seramikler	198
6.2.2.3. Polimerler	199
6.2.2.4. Kompozitler	199
6.2.3. Malzeme Seçimi	200
6.3. İmalat Yöntem ve Teknolojileri	202
6.3.1. İşleme yöntemleri	203
6.3.1.1. Döküm Yöntemleri	203
6.3.1.2. Toz Metalürjisi	205
6.3.1.3. Plastik Şekil Verme	205
6.3.1.4. Talaşlı İmalat	208
6.3.1.5. Isıl İşlem	210
6.3.1.6. Yüzey Temizleme, Kaplama	210
6.3.2. Montaj İşlemleri	210
6.3.2.1. Kaynak	210
6.3.2.2. Lehimleme	211
6.3.2.3. Yapıştırma	211
6.3.2.4. Vidalı Bağlantılar	212
6.3.2.5. Çözülemez Bağlantılar	212
6.3.3. Sayısal Kontrolün İlkeleri	212
6.3.4. Sayısal Kontrollü Tezgâhlar (CNC Tezgahlar)	215
6.3.5. Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) Programları	217
6.3.6. Hızlı Prototipleme Teknolojisi	218
6.4. Örnek Uygulama	222
6.5. Özet	223
6.6. Çalışma Soruları	224

Bölüm 7. Mekanizmalar Modelleme ve Analiz	225
<i>Çağlar CONKER (Ph. D) ve Hakan YAVUZ (Ph. D)</i>	
7.1. Mekanik Sistemler ve Mekanizmalar	226
7.2. Bir Mekanizmanın Serbestlik Derecesinin Belirlenmesi	232
7.3. Mekanizmalarda Grafik Metodu ile Konum Analizi	233
7.4. SAM ile 2B Mekanizma Modelleme ve Hareket Analizi	234
7.5. MechAnalyzer 2B Mekanizma Modelleme ve Hareket Analizi	240
7.6. RoboAnalyzer ile 3B Robot Manipülatör Modelleme ve Hareket Analizi	246
7.7. Özet	253
7.8. Çalışma Soruları	253
Bölüm 8. Elektriksel Sistemler ve Temel Güç Elektroniği	257
<i>İsmail TEMİZ (Ph. D) ve Mustafa Caner AKÜNER (Ph. D)</i>	
8.1. Elektrik Sisteminde Üretim, İletim ve Tüketim Elemanları	257
8.1.1. Doğru ve Alternatif Akım-Gerilim	258
8.1.2. Doğru ve Alternatif güç ölçmek	258
8.1.2.1. Osiloskop	258
8.1.2.2. Voltmetre	259
8.1.2.3. Ampermetre	259
8.1.2.4. Avometre (Multimetre)	260
8.1.2.5. Güç Analizörü	260
8.2. Elektrik Sisteminde Kullanılan Devre Elemanları	260
8.2.1. Direnç Elemanı	260
8.2.2. Bobin Elemanı	261
8.2.3. Kondansatör Elemanı	262
8.3. Elektrik Sisteminde Kullanılan Malzemeler	263
8.3.1. İletkenler	263
8.3.2. Sigortalar	264
8.3.3. Kaçak Akım Rölesi	264
8.3.4. Panolar	265
8.3.5. Baralar ve Mesnet İzolatörler	266
8.3.6. Şalterler	266
8.3.7. Akım Ölçü Trafoları	266
8.3.8. Güç Kondansatörler	267
8.3.9. Sayaçlar	267
8.3.10. Sinyal Lambaları	268
8.3.11. Kontaktörler	268
8.3.12. Zaman röleleri	268
8.4. Elektrik Sisteminde Topraklama	269

8.5. Elektrik Sisteminde Aydınlatma Armatörleri	270
8.6. Mekatronik Sistemlerde Kullanılan Güç Elektronikği	271
8.6.1. Güç Elektronikğinde kullanılan yarı iletkenler	271
8.6.1.1. Diyot	272
8.6.1.2. Zener diyot	272
8.6.1.3. Led Diyot	272
8.6.1.4. Transistör	273
8.6.2. Güç Elektronikğinde Kul. Kontrollü Yarı İletken Güç Elemanları	273
8.6.2.1. Tristör	273
8.7. Dönüştürücüler	274
8.7.1. AC –DC Dönüştürücüler	274
8.7.2. AC –AC Dönüştürücüler	275
8.7.3. DC –DC Dönüştürücüler	275
8.7.4. DC –AC Dönüştürücüler (İnvertör)	276
8.8. Elektriksel Sistemlerin Tasarımı, Yeri ve Önemi	277
8.8.1. Elektriksel Sistemlerin Genel Tasarım Kriterleri	277
8.8.2. Mekatronik Sistemlerde Tasarım	278
8.8.3. Mekatronik Sistemlerde Tasarımında Gerilim Düşümü Hesabı	278
8.8.4. Mekatronik Sistem Tasarımında Kontrol ve Kumanda	278
8.9. Tasarımında Kullanılan Yazılımlar ve Tasarım Yaklaşımları	279
8.9.1. Tasarım Yazılımları ve Sınıflandırılması	279
8.10. Güç Elektronikği Devre Tasarımında Kullanılan Yazılımlar	279
8.11. Güç Elektronikği Devre ve Sistem Tasarımı Örnekleri	288
8.12. Özet	296
8.13. Çalışma Soruları	296

Bölüm 9. Elektronik Sistemler **297**

Taner AKKAN (Ph. D) ve Ahmet ÖZKURT (Ph. D)

9.1. Elektronik Sistemler	298
9.2. Analog Elektronik	298
9.2.1. Pasif Devre Elemanları	299
9.2.1.1. Direnç	299
9.2.1.2. Kondansatör	300
9.2.1.3. Bobin	300
9.2.1.4. Memristör	301
9.2.2. Aktif Devre Elemanları	301
9.2.2.1. Diyot	302
9.2.2.2. Transistör	304
9.2.2.2.1. Çift Kutuplu Eklem Transistör	304

9.2.3. İşlemsel Yükselteçler	310
9.2.3.1. Takipçi	310
9.2.3.2. Eviren Yükselteç	310
9.2.3.3. Evirmeyen Yükselteç	311
9.3. Devre Analizi	311
9.3.1. Doğru Akım Devre Analizi	311
9.3.2. Alternatif Akım Devre Analizi	312
9.4. Sayısal Elektronik	316
9.4.1. Sayıların ikili sistemde ifade edilmesi	316
9.4.2. Sayısal Kodların İfade Edilmesi	318
9.4.3. Sayısal Sistem Teknolojileri	318
9.4.4. Boolean Cebri	321
9.4.5. Sayısal Sistemlerin Çeşitleri	323
9.4.5.1. Kombinasyonel Devreler	323
9.4.5.2. Ardışıl Devreler	327
9.4.6. Sayısal Haberleşme Protokolleri	330
9.5. Elektronik Sistemlerin Tasarımı, Yeri ve Önemi	334
9.6. Elektronik Sis. Tasarımında Kul. Yazılımlar ve Tasarım Yaklaşımları	334
9.7. Özet	336
9.8. Çözümlü Sorular	337
9.9. Çalışma Soruları	339

Bölüm 10. Algılayıcılar Hareket Üreteçleri **341**

Nihat AKKUŞ (Ph. D) ve Hakan YAVUZ (Ph. D)

10.1. Ölçmenin Önemi ve Standartlaştırılması	342
10.2. Ölçme Terimleri	343
10.3. Ölçme Sistemleri	344
10.6. Algılayıcılar	345
10.7. Algılayıcı/Sensör Seçimi	345
10.8. Algılayıcılar ve Sınıflandırılması	347
10.9. Algılayıcıların Ölçme Amaçlarına Göre Sınıflandırılması	348
10.10. Hall Etki (Effect) Sensörü	351
10.11. Ultrasonik Sensörler	352
10.12. Fotoelektrik Sensörler	353
10.13. Endüktif Yaklaşım Anahtarları	354
10.14. Kapasitif Sensörler	355
10.15. Doğrusal ve Dairesel Hareket Sensörleri	356
10.15.1. Potansiyometreler	357
10.15.2. Enkoderler	358

10.15.3. LVDT-Doğrusal Değişimli Diferansiyel Transformatör	359
10.15.4. İvme Ölçerler	360
10.16. Kuvvet, Tork ve Basınç Sensörleri	360
10.16.1. Deformasyon Teli Esaslı Sensörler	361
10.16.2. Piezo-elektrik Esaslı Sensörler	363
10.17. Diğer Sensörler	364
10.17.1. Akış Sensörleri	364
10.17.2. Sıcaklık Sensörleri	366
10.17.3. Işık Algılayıcıları	366
10.18. Tipik Sensör Uygulamaları	367
10.19. Hareket Üreteçleri	369
10.19.1. Fırçalı DC Motorlar	370
10.19.2. Fırçasız DC Motorlar	371
10.19.3. DC Adım Motorları	372
10.19.4. AC motorlar	372
10.19.5. Hidrolik esaslı hareket üreteçleri	373
10.19.6. Pnömatik esaslı hareket üreteçleri	374
10.20. Hareket Üretici Uygulamaları	374
10.21. Özet	376
10.22. Çalışma Soruları	377
Bölüm 11. Mühendislik Sistemlerinin Matematiksel Modellemesi	379
ve Simülasyonu Zeki KIRAL (Ph. D)	
11.1. Doğrusal Mekanik Sistemler	380
11.2. Doğrusal Olmayan Mekanik Sistemler	388
11.3. Elektrik Sistemleri	391
11.4. Transfer Fonksiyonu ve Özdeğerler	397
11.5. Sistemlerin Simülasyonu	403
11.6. Özet	412
11.7. Çalışma Soruları	413
Bölüm 12. Yapay Zekâ	417
Ercan KÖSE (Ph. D) ve Aydın MÜHÜRÇÜ (Ph. D)	
12.1. Yapay Zekâ Yaklaşımları	419
12.1.1. Doğa Esinli Yapay Zekâ Optimizasyon Teknikleri	420
12.1.1.1. Yapay Arı Kolonisi Algoritması	421
12.2. Yapay Zekâ Esaslı Sistemlerin Kullanım Alanları	423
12.3. Yapay Zekâ Esaslı Sistemlerin Tasarımı	428
12.3.1. Problemlerin Tanımlanması	428

12.3.2. Sistemlerin Modellenmesi	428
12.3.3. Yapay Zekâ Tekniklerinin Problemlere Çözüm Yaratmak için	428
12.3.4. Sonuçların elde edilmesi ve yorumlanması	429
12.4. Yapay zekâ esaslı sistemlerin mekatronik sistem uygulamaları	429
12.4.1. Çamaşır Makinesinin Akıllı Kontrolü	429
12.4.1.1. Ön Yıkamanın Adımları	432
12.4.1.1. Ana Yıkamanın Adımları	433
12.4.2. Döner PV (Photovoltaics) Panelin Akıllı Kontrol Tasarımı	435
12.4.3. Rotoru Sabit Mıknatıslı DC Bir Mot. Matematiksel Denklemleri	437
12.4.4. DC Bir Motorun PI Kontrolör İle Rotor Dönüş Hızının Kontrolü	440
12.4.5. Optimum PI Parametre Hesabı	442
12.4.6. İleri Bes. YSA Tabanlı DC Motor Rotor Mili Konum Kontrolü	445
12.4.7. Bulanık Mantık Esaslı Kontrolör ile DC Motor Op. Hız Kontrolü	448
12.4.8. Hız ve Konum Kontrolüne Ait Stratejik Uygulamalar	451
12.4.9. Robot Kolun Akıllı Kontrolü	452
12.5. Özet	453
12.6. Çalışma Soruları	454

Bölüm 13. Kontrol Sistemleri Ve Uygulamaları **455**

Zeki KIRAL (Ph. D)

13.1. Kontrol Sistemi Yapıları	455
13.2. Klasik Kontrolcü Tipleri	459
13.3. Kontrol Sistemlerinin Zamana Bağlı Cevapları	469
13.4. Kontrol Sistemlerinin Kararlılığı	472
13.5. Özet	484
13.6. Çalışma Soruları	485

Bölüm 14. Bilgisayar Sistemleri Yazılım ve Donanım **489**

Mustafa ORAL (Ph. D)

14.1. Donanım	490
14.1.1. Merkezi İşlem Birimi	490
14.1.2. Bellek	491
14.1.2.1. Rasgele Erişimli Bellek (Random Access Memory, RAM)	492
14.1.2.2. Yalnızca Okunabilir Bellek (Read Only Memory, ROM)	492
14.1.3. İkincil Depolama Birimi	493
14.1.4. Girdi-Çıktı Cihazları	494

14.2. Yazılım	494
14.2.1. Uygulama Yazılımları	496
14.2.2. Sistem Yazılımları	498
14.2.2.1. İşletim Sistemleri	499
14.2.2.2. İşletim Sistemleri Türleri	500
14.3. Yazılım Geliştirme Programları	503
14.3.1. Makine Dili	503
14.3.2. Birleştirme Dili	504
14.3.3. Yüksek Seviyeli Diller	505
14.4. Haberleşme	506
14.4.1. Veri İletim Türleri	508
14.4.1.1. Tek-Yönlü İletim	508
14.4.1.2. Yarı-Çift Yönlü İletim	509
14.4.1.3. Tam-Çift Yönlü İletim	509
14.4.2. Paralel-Seri Haberleşme	509
14.4.2.1. Paralel Haberleşme	510
14.4.2.2. Seri Haberleşme	511
14.4.3. RS-232 Haberleşme	511
14.5. Arduino ile LED Kontrolü	514
14.6. Özet	516
14.7. Çalışma Soruları	517

Bölüm 15. Mikrodenetleyiciler, Gömülü Sistemler ve Programlama 519

Çağlar CONKER (Ph. D)

15.1. Mikroişlemciler, Mikrodenetleyiciler ve Gömülü Sistemler	519
15.2. Mikrodenetleyici Donanım Birimleri	522
15.2.1. Merkezi İşlem Birimi – MİB	524
15.2.2. Bellek Birimleri: RAM, ROM, EEPROM	526
15.2.3. Giriş Çıkış Terminalleri (I/O Port)	527
15.2.4. Analog Dijital Dönüştürücü – ADC	527
15.2.5. Dijital Analog Dönüştürücü – DAC	528
15.2.6. Kesme Hizmeti	529
15.2.7. Zamanlayıcılar ve Sayıcılar	529
15.2.8. Veri Haberleşme Modülleri	530
15.2.9. Güç Tüketimi ve Uyku modları	532
15.3. Mikrodenetleyici Programlama Teknikleri	533
15.3.1. Komut Kümesi ve Makine Dili	534
15.3.2. Düşük ve Yüksek Seviye Programlama Dilleri ile Derleyiciler	534
15.3.3. Algoritmalar ve Program Akış Şemaları	535

15.4. Gömülü Sistem Esaslı Mikrodenetleyici Uygulamaları	536
15.4.1. Uygulamalar İçin Kontrol Platformu Seçimi	538
15.4.2. Gömülü Sistem Tasarımında Uygulanacak Esaslar	540
15.4.3. Mikrodenetleyici Esaslı Gömülü Sistem Uygulamaları	541
15.5. MATLAB/Simulink ile Arduino Kontrol Kartı Uygulamaları	559
15.5.1. MATLAB/Simulink Arayüzünde Arduino Kontrol Uygulamaları	559
15.6. Özet	569
15.7. Çalışma Soruları	569
Bölüm 16. Mekatronik Yaklaşım ile Mühendislik Problemlerinin Analizi	571
<i>Çağlar CONKER (Ph. D), Hakan YAVUZ (Ph. D)</i>	
16.1. Mühendislik Sistemlerinin Geliştirilmesi İhtiyacı ve Çalışmalar	572
16.1.1. Problemin Tespiti ve Kavramsal Fonksiyon Analiz İncelemesi	572
16.1.2. Geliştirilecek Sistem İçin Çözümlerin Üretilmesi	573
16.1.3. Çözümlerin Değerlendirilmesi ve En Uygun Çözümün Belirlenmesi	573
16.2. Teknik Sistemlerin Gelişimi - TSG	574
16.3. Mekatronik Sistem Örnekleri	582
16.3.1. Otonom Araç	582
16.3.2. Tekerlekli Sandalye	589
16.3.3. Medikal Robot	594
16.3.4. Zirai Robot	601
16.4. Yapılan Analiz, İnceleme ve Geliştirme Çalışmalarının Değerlendirmesi	606
16.5. Özet	608
16.6. Video Linkleri	608
16.7. Çalışma Soruları	609
Kaynak	611
Dizin	625

ÖNSÖZ

Değerli Mekatronik Mühendisleri ve Adayları, Mühendislik alanları içinde farklı ve nitelikli bir alan tercih ettiniz ya da bu tercihi yapmak üzere düşünüyorsunuz. Öncelikle sizi tebrik etmek isterim. Sıra dışı ve oldukça renkli bir çalışma hayatı seçiyorsunuz.

Çalışma alanınız sizin hayata geniş bir açıdan birçok yönü ile bakmanızı sağlayacak. O kadar ki sonuca ulaştığınızda mühendislik çalışmalarının farklı görünseler de ortak fizik kanunlarına bağlı farklı uygulamalar olduklarını göreceksiniz. Bir radyo anten tasarımı konusunun bir binanın deprem analizlerine benzemesi ya da otomobilinizin amortisör sisteminin tasarımında benzer yaklaşımların kullanılması sizi şaşırtacak. Hatta mekanik sistemlerin simülasyonunu elektrik-elektronik devrelerle yapabileceğinizi gördüğünüzde yüzünüzün alacağı hali merak ediyorum. Ancak, şaşkınlığınız bununla sınırlı kalmayacak. Aynı işi farklı mühendislik dallarının uzmanlık konularına ait sistemler ile çözebilir hale geldiğinizde yeteneklerinizin geliştiğini ve genişlediğini fark edeceksiniz. Bu bakış açısı size birçok konuda katkı yapacak. Sosyal hayatınızda da bu değişimin etkilerini görecektir toplum içinde olaylara aynı anda farklı açılardan bakma yeteneği geliştireceksiniz. Hazır olun. Değişim başlıyor.

Mühendislik sistemlerine bu kadar geniş açıdan bakabilmenin yolu söz konusu alanlarda bilgi ve beceri sahibi olmaktan geçmektedir. Bu nedenle, mekatronik mühendisliği çalışma alanı birçok mühendislik alanını kapsar niteliktedir. İçinde mekanik, elektrik, elektronik, bilgisayar, yazılım, kontrol, yapay zeka, tasarım, modelleme ve simülasyon ile optimizasyon geçen tüm işler mekatronik mühendisliğinin çalışma alanındadır. Tüm bunları kapsayan projeler, tasarımlar ya da sistemler ise mühendislik sistemleri içinde en heyecan verici olanlardır. Aynı zamanda en yenilikçi en çok ses getiren, ülkelerin ekonomilerine katkı yapan, uluslararası piyasada devleşmiş firmalar oluşumunu sağlayan sistemler de yine bu nitelikte sistemlerdir.

Diğer bir bakış açısı ile olayı tekrar değerlendirelim. Tamamen kişisel fikrim olmakla birlikte, bir makinecinin eline yağ ve pas değmeli ve bunu hissetmeli, bir elektrik-elektronikçi lehim yapmasını bilmeli, iyi yapılmış lehim kötüsünden ayırt edebilmeli ve bir yazılımcı kod yazabilmeli ve geliştirdiği fikrini kâğıda kaleme gerek kalmadan yazılıma dönüştürebilmeli diye düşünüyorum. Bu durumda yine şahsi kanaatimce, iyi bir mekatronikçi yağlı eller ile devreyi lehimleyip, gömülü yazılımını klavyeden girip, sisteme yükleyip, sisteme elektrik verip, kontrol ayarlarını yapıp işin sonunda sistemi çalıştırabilmelidir. Mekatronik mühendisliği uygulama mühendisliğinin çok disiplinli hali olup geniş bir aralıkta bilgi ve beceri gerektirmektedir.

Kitabımız mekatronik mühendisliği eğitimi alan tüm öğrencilerin eğitim hayatlarının başından sonuna ve devamında iş hayatlarında yanlarında olup her zaman kullanabilecekleri başvuru kaynağı olmak üzere hazırlanmıştır. Kitabımızda bu yaklaşım ile birçok konu ele alınmış, örnekler verilmiş, uygulamaya yönelik tavsiyelerde bulunulmuş ve daha detaylı bilgiler için kaynak kitaplar önerilmiştir. Bu nitelikleri ile kitabımızın sizlere birçok konuda faydalı olmasını umut ediyoruz. Birlikte güzel projelere beraber imza atmak dileği ile.

Prof. Dr. Hakan YAVUZ (Editör)

Kullanılan Bazı Kısaltmalar

CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CNC	Computer Numerical Control
MMO	Makine Mühendisleri Odası
ASME	American Society of Mechanical Engineering
AFBMA	Anti-Friction Bearing Manufacturers Association
ISO	International Standardization Organization
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
ABET	Accreditation Board for Engineering and Technology
BDM	Bilgisayar Destekli Mühendislik
DA (DC)	Doğru Akım
AA (AC)	Alternatif Akım
RIA	The American Robot Industry Association
SCARA	Selective Compliance Assembly Robot Arm
NSPE	National Society of Professional Engineer
TMMOB	Türkiye Mühendis ve Mimarlar Odaları Birliği
İHA	İnsansız Hava Aracı
SCD	Serbest Cisim Diyagramı
LVDT	Doğrusal Değişimli Diferansiyel Transformatör
ROM	Read Only Memory
RAM	Random Access Memory
ADC	Analogue to Digital Converter
DAC	Digital to Analogue Converter