

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ESNEK ÜRETİM SİSTEMİNİN GERÇEK ZAMANLI  
UZAKTAN ERİŞİMLİ KONTROLÜ VE MEKATRONİK  
EĞİTİMİNE UYGULANMASI**

**DOKTORA TEZİ**

**İsmail YABANOVA**

**Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRONİK ve BİLGİSAYAR EĞİTİMİ**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hüseyin EKİZ**

**Ortak Danışman : Doç. Dr. Sezai TAŞKIN**

**Aralık 2011**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


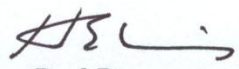
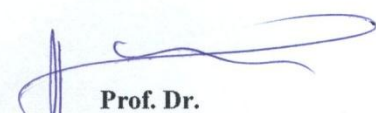
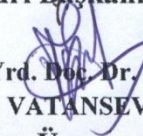
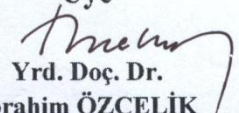
ESNEK ÜRETİM SİSTEMİNİN GERÇEK ZAMANLI  
UZAKTAN ERİŞİMLİ KONTROLÜ VE MEKATRONİK  
EĞİTİMİNE UYGULANMASI

DOKTORA TEZİ

İsmail YABANOVA

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ

Bu tez 23 / 12 /2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

|   |   |  |
|---|---|--|
| <br>Prof. Dr.<br>Hasan CİMEN<br>Jüri Başkanı | <br>Prof. Dr.<br>Hüseyin EKİZ<br>Üye | <br>Prof. Dr.<br>İsmail ERTÜRK<br>Üye        |
| <br>Yrd. Doç. Dr.<br>Fahri VATANSEVER<br>Üye |   | <br>Yrd. Doç. Dr.<br>İbrahim ÖZÇELİK<br>Üye |

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bilgi, tecrübeleri ile yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanlarım Prof. Dr. Hüseyin EKİZ ve Doç. Dr. Sezai TAŞKIN' a, çalışmalarım boyunca görüş ve eleştirileri ile yol gösteren Prof. Dr. Hasan ÇİMEN' e ve destek veren, emeği geçen tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Son olarak çalışmalarım boyunca gösterdikleri her türlü fedakarlıklarından dolayı anneme, babama ve eşime teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

|   |      |
|---|------|
| TEŞEKKÜR.....   | ii   |
| İÇİNDEKİLER .....   | iii  |
| ÖZET.....   | vii  |
| SUMMARY .....   | viii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....   | ix   |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....  | xi   |
| TABLolar LİSTESİ .....  | xiv  |
| <br>  |      |
| BÖLÜM 1 . GİRİŞ.....  | 1    |
| 1.1. Literatür Kısmı .....  | 4    |
| 1.1.1. Esnek üretim sistemleri ile ilgili makaleler .....                       | 4    |
| 1.1.2. Mekatronik eğitimi ile ilgili makaleler .....                            | 6    |
| 1.1.3. Uzaktan eğitim ile ilgili makaleler.....                                 | 8    |
| <br>  |      |
| BÖLÜM 2. ESNEK ÜRETİM SİSTEMİ.....  | 14   |
| 2.1. Esnek Üretim Sistemleri ile İlgili Genel Bilgiler .....                    | 14   |
| 2.2. Esnek Üretim Sisteminin Mevcut Yapısı .....                                | 15   |
| 2.2.1. Dağıtım istasyonu .....  | 22   |
| 2.2.2. Test istasyonu .....   | 23   |
| 2.2.3. İşleme istasyonu.....  | 24   |
| 2.2.4. Taşıma istasyonu.....  | 25   |
| 2.2.5. Robot montaj istasyonu .....   | 25   |
| 2.2.6. AS/RS (Automated Storage and Retrieval System) istasyonu .....           | 26   |
| 2.2.7. Sınıflandırma istasyonu .....  | 27   |
| 2.2.8. Taşıma bandı.....  | 28   |
| 2.3. Esnek Üretim Sisteminde Kullanılan Aktuatör, Sensörler ve Bileşenler ..... | 28   |
| 2.3.1. Yarı döner pnömatik sürücü.....  | 29   |

|   |    |
|---|----|
| 2.3.2. I/O terminali.....                                       | 29 |
| 2.3.3. İstasyon hava açma-kapama valfi .....                    | 30 |
| 2.3.4. Analog deplasman sensörü .....                           | 31 |
| 2.3.5. Analog karşılaştırıcı .....                              | 31 |
| 2.4. Esnek Üretim Sisteminde Üretimi Yapılan Piston Modeli..... | 33 |
| 2.5. Taşıyıcı Araba .....                                       | 34 |
| 2.6. Taşıma Bandı İstasyon Durakları .....                      | 35 |

### BÖLÜM 3. ESNEK ÜRETİM SİSTEMİ İÇİN GELİŞTİRİLEN KONTROL

|   |    |
|---|----|
| ALTYAPISI.....  | 37 |
| 3.1. PIC 18F4580 Mikrokontrolörü.....                                     | 37 |
| 3.2. PIC 18F2585 Mikrokontrolörü.....                                     | 41 |
| 3.4. NI USB-8473s CAN-USB Arayüz Kartı.....                               | 42 |
| 3.5. İstasyonların Kontrolü Amacıyla Tasarlanan Mikrokontrolör Kartı..... | 44 |
| 3.5.1. Besleme devresi .....  | 45 |
| 3.5.2. Dijital giriş devresi.....   | 46 |
| 3.5.3. Dijital çıkış devresi .....  | 46 |
| 3.5.4. Mikrokontrolör ve MCP2551 devresi.....                             | 47 |
| 3.6. Taşıma Bandı Kontrol Kartı .....                                     | 47 |
| 3.7. Taşıma Bandı İstasyon Durakları Kontrol Kartı .....                  | 49 |
| 3.8. CAN Bus .....  | 50 |
| 3.8.1. Mesaj çerçeve yapıları .....                                       | 52 |
| 3.8.2. Mesaj çeşitleri .....  | 53 |
| 3.8.2.1. Data frame .....   | 53 |
| 3.8.2.2. Remote Frame .....   | 56 |
| 3.8.2.3. Error frame .....  | 56 |
| 3.8.2.4. Overload frame.....  | 57 |
| 3.8.3. CAN Gerilim Seviyeleri .....                                       | 57 |
| 3.8.4. CAN Hat Uzunluğu ve İletim Hızı .....                              | 59 |
| 3.8.5. CAN hat sonlandırma .....  | 60 |
| 3.9. AS-Interface.....  | 61 |

|   |     |
|---|-----|
| BÖLÜM 4. ESNEK ÜRETİM SİSTEMİ ÜNİTELERİNİN KONTROLÜ VE İZLENMESİ İÇİN TASARLANAN PROGRAMLAR ..... | 64  |
| 4.1. Mikrokontrolör Tabanlı Kontrol.....  | 64  |
| 4.1.1. İstasyonların kontrolü için yazılan mikrokontrolör programları .....                       | 65  |
| 4.1.2. İstasyonların gözlemlenmesi ve kontrolü için yazılan LabVIEW programları .....             | 65  |
| 4.2. Dağıtık Kontrol.....   | 69  |
| 4.2.1. LabVIEW grafiksel programı .....   | 70  |
| 4.2.2. İstasyonların LabVIEW tabanlı dağıtık kontrolü.....  | 71  |
| <br>  |     |
| BÖLÜM 5. SİSTEMİN UZAKTAN ERİŞİMLİ KONTROLÜ VE PROGRAMLANMASI .....                               | 74  |
| 5.1. Ağ Üzerinden Kontrol Kartlarının Programlanması .....  | 74  |
| 5.1.1. HEX dosya formatı .....  | 74  |
| 5.1.2. CAN üzerinden mikrodenetleyicilerin programlanması .....                                   | 76  |
| 5.1.2.1. CAN kontrol kartı programlayıcı .....  | 78  |
| 5.1.2.2. Önyükleyici programı .....   | 83  |
| 5.2. LabVIEW Web Sunucusu .....   | 86  |
| 5.3. Uzaktan Erişimli Kontrol ve Programlama .....  | 86  |
| 5.4. Değerlendirme Formu .....  | 89  |
| <br>  |     |
| BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....  | 92  |
| <br>  |     |
| KAYNAKLAR .....   | 98  |
| <br>  |     |
| EKLER.....  | 105 |
| Ek A1. Kontrol Panosu Giriş Çıkış Bağlantıları .....  | 105 |
| Ek A2. Dağıtım İstasyonu Giriş Çıkış Bağlantıları .....   | 106 |
| Ek A3. Test İstasyonu Giriş Çıkış Bağlantıları .....  | 107 |
| Ek A4. Test İstasyonu Giriş Çıkış Bağlantıları .....  | 108 |
| Ek A5. Taşıma İstasyonu Giriş Çıkış Bağlantıları .....  | 109 |
| Ek A6. AS/RS İstasyonu Giriş Çıkış Bağlantıları .....   | 110 |

|   |     |
|---|-----|
| Ek A7. Sınıflandırma İstasyonu Giriş Çıkış Bağlantıları .....         | 111 |
| Ek A8. Taşıma İstasyonu-2 Giriş Çıkış Bağlantıları .....              | 112 |
| Ek A9. Taşıma Bandı İstasyon Durakları Giriş Çıkış Bağlantıları ..... | 113 |
| Ek A10. Dağıtım İstasyonunun Kontrolünü Yapan C Programı .....        | 114 |
| Ek B. PIC18F4480/4580 (40/44-PIN) Blok Diyagramı .....                | 116 |
| Ek C. 18F4580 CAN tamponları ve protokol motoru .....                 | 117 |
| Ek D. PIC18F2585/2680 (28-PIN) Blok Diyagramı .....                   | 118 |
| ÖZGEÇMİŞ .....  | 119 |

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Mekatronik, Esnek Üretim Sistemi, Mikrodenetleyici, LabVIEW, CAN, Uzaktan erişimli laboratuvar.

Son yıllarda elektrik-elektronik, bilgisayar ve kontrol sistemlerinde çok büyük gelişmeler yaşanmaktadır. Elektrik-elektronik, pnömatik-hidrolik, bilgisayar ve mekanik teknolojilerinin birlikte kullanılması neredeyse bir zorunluluk haline gelmiştir. Bunun sonucu olarak çok geniş bir alanı kapsayan mekatronik yeni bir mühendislik disiplini olarak ortaya çıkmıştır. Günümüzde sadece mekanik veya sadece elektronik ürünler neredeyse hiç bulunmamaktadır. Bu etkili değişiklikten dolayı günümüzün mühendislik eğitiminde de önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Bu bağlamda mekatronik sistemler ve eğitimi oldukça önem kazanmıştır.

Teorik bilgilerin pekiştirilmesi ve teoriyle uygulama arasındaki uyum derecesinin gösterilebilmesi amacıyla mühendislik eğitiminin değişik bölümlerinde ilgili dersler kapsamında veya bağımsız bir ders olarak laboratuvar uygulamalarına yer verilmesi gerekmektedir. Verilen eğitimin hedefine ulaşabilmesi için teorik bilginin yanında bu bilgilerin gerçek sistemler üzerinde de uygulanarak pekiştirilmesi gerekmektedir. Mekatronik eğitiminde kullanılmak amacıyla Festo Didaktik firması tarafından üretilen Esnek Üretim Sistemi; mekanik, elektrik, elektronik, sensörler, hareket elemanları, pnömatik ve robot teknolojileri gibi birçok disiplinlerarası mühendislik uygulama konusunu kapsamaktadır. Fakat bu deney seti, mevcut haliyle lisans düzeyindeki bir öğrenci bakışıyla çok karmaşık bir mekanik ve kontrol algoritmasına sahip olarak görülmektedir. Bu nedenle sistem mevcut haliyle öğrenci müdahalesinden uzak, sadece gösterim amaçlı olarak kullanılabilir.

Bu tez çalışmasında, mevcut Esnek Üretim Sistemi'nin mekanik ve elektriksel yapısı değiştirilmeden sisteme ilave olarak elektronik ve kontrol sistemi için yeni tasarımlar yapılmıştır. Böylece, deney seti temel düzeydeki öğrencilerin de mekatronik sistemler konusunda en yüksek derecede fayda sağlayabileceği ve kapsadığı teknolojik konuların uygulamalarını kolayca gerçekleştirebileceği bir yapıya kavuşturulmuştur. Bu amaçla, Esnek Üretim Sistemi istasyonlarının kontrollerini sağlamak amacıyla mikrokontrolör tabanlı elektronik kartlar tasarlanmıştır. Bu sayede, mekatronik sistemlerde önemli bir yere sahip olan mikrokontrolörler ile gerçek bir sistem üzerinde uygulama yapma imkânı sağlanmıştır. Sistemin kendi donanımı ve istasyonları arası haberleşmeyi sağlamak amacıyla CAN ağı kurulmuştur. İstasyonları CAN ağı üzerinden programlamak, dağıtık kontrol uygulamaları geliştirmek ve sistem için anlık durum izleme amacıyla LabVIEW tabanlı kullanıcı arayüzleri tasarlanmıştır. Ayrıca bazı istasyonların web ortamında uzaktan programlanabilmesi imkanı da sağlanmıştır.



# **REAL TIME AND REMOTE ACCESS CONTROL OF FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM AND APPLIED TO THE MECHATRONIC EDUCATION**

## **SUMMARY**

Keywords: Mechatronics, Flexible Manufacturing System, Microcontroller, LabVIEW, CAN, Remote-access laboratory.

In recent years, great developments have been experienced in electric-electronic, computer and control systems. Using of electric-electronic, pneumatic-hydraulic, computer and mechanic technologies together has become an obligation. Consequently, the mechatronics that covers a very wide area has appeared as a new discipline. Today, neither mechanic nor electronic products are almost not available alone. Because of this effective change, very important developments have been experienced in the engineering education of today. With this regard, mechatronics systems and education has gained a great deal of importance.

One of the most important phases of the engineering education is undoubtedly the laboratory applications. For a productive education, the courses must be given both theoretically and practically by being applied on real systems. In this study made for purpose of giving an applied and detailed mechatronics education, with the changes made on the electronic and control system by using the mechanical structure of the flexible manufacturing system manufactured by the Festo Company, a structure that the students can get the highest degree of benefit from the system and understand the principles of technological subjects it covers has been established. However, this experiment set, in its current situation, seems having a very complex mechanic and control algorithm in view of an undergraduate student. For this reason, the system can only be used for purpose of demonstration far from intervention of a student.

In this study, new designs have been developed for the electric and control system without making any modification in the mechanic structure of the system. In this manner, the experiment set, with its current structure, college students will be benefited by the highest rate in mechatronics subject and applications of the technological subjects in covers will be easily realized. Therefore microcontroller based controlling stations of the flexible manufacturing system cards have been designed. In this way, the application opportunity on a real system with microcontrollers which have an important role in mechatronics systems has been ensured. CAN bus protocol has been set up to ensure communication between the stations and hardware of the system. LabVIEW graphical programming based user interfaces have been designed to program stations via network, develop distributed control applications and online monitoring the status for the system. In addition these, as a very important development of this study, web based programming of some certain FMS stations has been realized. Hence users of the experiment set-up can be adapt own programs to the system.

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

|         |  |
|---------|--|
| ADC     | : Analog to Digital Converter                            |
| AS/RS   | : Automated Storage and Retrieval System                 |
| ASCII   | : American Standard Code for Information Interchange     |
| AS-I    | : Actuator Sensor Interface                              |
| CAN     | : Controller Area Network                                |
| CNC     | : Computer Numerical Control                             |
| CSMA/CD | : Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection |
| ECAN    | : Enhanced CAN Module                                    |
| EEPROM  | : Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory  |
| EMG     | : Elektromyogram   |
| FMS     | : Flexible Manufacturing Systems                         |
| FPGA    | : Field Programmable Gate Array                          |
| ID      | : Identifier   |
| ISO     | : International Organization for Standardization         |
| MAC     | : Medium Access Control                                  |
| MMI     | : Man-Machine Interface                                  |
| OSI     | : Open System Interconnection                            |
| PID     | : Proportional–Integral–Derivative                       |
| PLC     | : Programmable Logic Controller                          |
| PWM     | : Pulse-width modulation                                 |
| RS232   | : Recommended Standard 232                               |
| RTR     | : Remote Transmission Request                            |
| SCADA   | : Supervisory Control and Data Acquisition               |
| SPI     | : Serial Peripheral Interface                            |
| SRR     | : Substitute Remote Request                              |
| USB     | : Universal Serial Bus                                   |

VI : Virtual Instruments  
YSA : Yapay Sinir Ağları

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Şekil 1.1.  | Mekatronik biliminin diğer bilimlerle ilişkisi.....                                | 1  |
| Şekil 1.2.  | Mekatronik bir sistemin oluşumu .....  | 2  |
| Şekil 2.1.  | FMS' in mevcut yapısı .....  | 16 |
| Şekil 2.2.  | FMS ve istasyonlarının görünümü.....   | 17 |
| Şekil 2.3.  | FMS' de üretim akış düzeni.....  | 18 |
| Şekil 2.4.  | Durum 1'e ait malzeme akışı.....   | 19 |
| Şekil 2.5.  | Durum 2'ye ait malzeme akışı.....  | 20 |
| Şekil 2.6.  | Durum 3'e ait malzeme akışı.....   | 21 |
| Şekil 2.7.  | Durum 4'e ait malzeme akışı.....   | 22 |
| Şekil 2.8.  | Dağıtım istasyonu .....  | 23 |
| Şekil 2.9.  | Test istasyonu.....  | 24 |
| Şekil 2.10. | İşleme istasyonu.....  | 24 |
| Şekil 2.11. | Taşıma istasyonu.....  | 25 |
| Şekil 2.12. | Robot montaj istasyonu.....  | 26 |
| Şekil 2.13. | AS/RS istasyonu .....  | 27 |
| Şekil 2.14. | Sınıflandırma istasyonu .....  | 27 |
| Şekil 2.15. | Taşıma bandı.....  | 28 |
| Şekil 2.16. | Yarı döner pnömatik sürücü.....  | 29 |
| Şekil 2.17. | I/O terminali.....   | 30 |
| Şekil 2.18. | Hava açma kapama valfi.....  | 30 |
| Şekil 2.19. | Analog deplasman sensörü .....   | 31 |
| Şekil 2.20. | Analog karşılaştırıcı .....  | 32 |
| Şekil 2.21. | Ayarlanan eşik değerlerine göre analog karşılaştırıcının çıkışlarının durumu ..... | 33 |
| Şekil 2.22. | Üretimde kullanılan iş parçaları.....  | 33 |
| Şekil 2.23. | Siyah iş parçası ve piston üretiminde kullanılan parçalar.....                     | 34 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Şekil 2.24. | Kırmızı ve metal iş parçası ve piston üretiminde kullanılan parçalar...    | 34 |
| Şekil 2.25. | Taşıyıcı araba .....   | 35 |
| Şekil 2.26. | Taşıma bandı istasyon durakları .....                                      | 36 |
| Şekil 3.1.  | Geliştirilen kontrol yapısı .....  | 37 |
| Şekil 3.2.  | 18F4580 program bellek haritası .....                                      | 38 |
| Şekil 3.3.  | MCP 2551 Pin Bağlantıları .....  | 41 |
| Şekil 3.4.  | Mikrokontrolör ve MCP2551' in CAN ağına bağlantısı ve blok diyagramı ..... | 42 |
| Şekil 3.5.  | NI USB-8473s CAN - USB Arayüz kartı .....                                  | 43 |
| Şekil 3.6.  | NI USB-8473s CAN - USB kartı pin bağlantıları .....                        | 43 |
| Şekil 3.7.  | İstasyonlar için tasarlanan kontrol kartı .....                            | 45 |
| Şekil 3.8.  | Kontrol kartı besleme devresi .....  | 45 |
| Şekil 3.9.  | Dijital giriş devresi.....   | 46 |
| Şekil 3.10. | Dijital Çıkış Devresi .....  | 46 |
| Şekil 3.11. | Mikrokontrolör ve MCP2551 bağlantı devresi .....                           | 47 |
| Şekil 3.12. | Taşıma bandı kontrol kartı .....   | 48 |
| Şekil 3.13. | İstasyon durakları kontrol kartı .....                                     | 49 |
| Şekil 3.14. | Aynı anda mesaj gönderen düğümlerin ağa erişim durumları .....             | 51 |
| Şekil 3.15. | CAN ve OSI modeli .....  | 52 |
| Şekil 3.16. | Standart data frame .....  | 54 |
| Şekil 3.17. | Extended data frame .....  | 54 |
| Şekil 3.18. | Kontrol alanı .....  | 55 |
| Şekil 3.19. | Veri uzunluk bitlerine göre veri baytı sayısı .....                        | 55 |
| Şekil 3.20. | Remote Frame .....   | 56 |
| Şekil 3.21. | Error frame .....  | 57 |
| Şekil 3.22. | Overload frame .....   | 57 |
| Şekil 3.23. | CAN baskın ve çekinik durumları .....                                      | 58 |
| Şekil 3.24. | ISO11898 nominal bus seviyeleri .....                                      | 58 |
| Şekil 3.25. | CAN Hat sonlandırma yöntemleri .....                                       | 61 |
| Şekil 3.26. | AS-I veri haberleşme yapısı ve gönderilen mesaj yapıları .....             | 62 |
| Şekil 3.27. | Örnek AS-I kontrol sistemi .....   | 62 |
| Şekil 4.1.  | Taşıma bandı kontrol ve gözleme arayüzü .....                              | 66 |

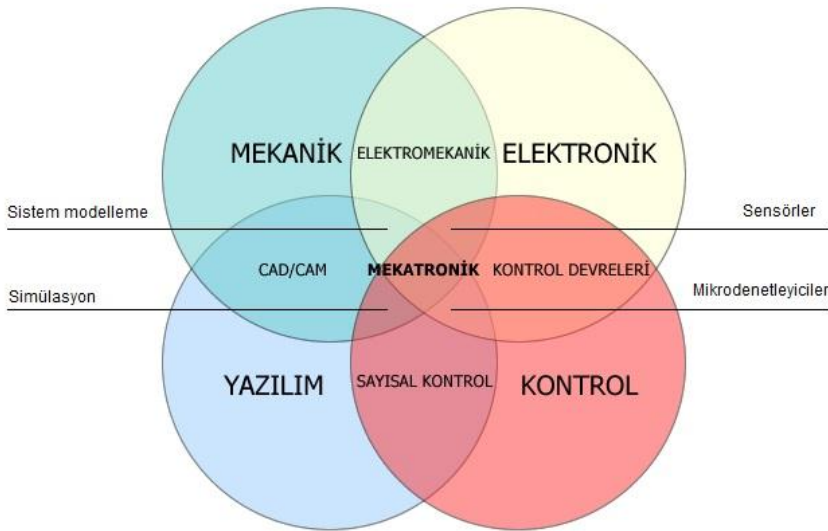
|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Şekil 4.2.  | Dağıtım istasyonu arayüzü.....   | 67 |
| Şekil 4.3.  | Test istasyonu arayüzü.....  | 67 |
| Şekil 4.4.  | Taşıma istasyonu arayüzü.....  | 68 |
| Şekil 4.5.  | AS/RS istasyonu arayüzü.....   | 68 |
| Şekil 4.6.  | Ayrırma istasyonu arayüzü.....   | 69 |
| Şekil 4.7.  | Dağıtık kontrol sistemleri genel yapısı.....   | 70 |
| Şekil 4.8.  | LabVIEW tabanlı dağıtık kontrol uygulaması arayüzü.....  | 72 |
| Şekil 4.9.  | LabVIEW tabanlı dağıtık kontrol uygulaması blok diyagramı.....   | 72 |
| Şekil 5.1.  | Hex dosyası ve alanları.....   | 75 |
| Şekil 5.2.  | Mikrokontrolörlerin programlanması için gerçekleştirilen sistemin blok diyagramı.....                  | 76 |
| Şekil 5.3.  | 18F4580' in yeniden yapılandırılmış program belleği.....   | 78 |
| Şekil 5.4.  | Kontrol kartı programlayıcısı.....   | 79 |
| Şekil 5.5.  | Örnek bir hex dosyası.....   | 80 |
| Şekil 5.6.  | (a) Hex dosyasının diziye aktarılmış hali (b) her bir satırın kaç mesaj ile gönderileceği bilgisi..... | 80 |
| Şekil 5.7.  | (a) hex dosyasının onluk sisteme çevrilmiş hali, (b) her bir satırdaki veri byte uzunluğu.....         | 81 |
| Şekil 5.8.  | CAN kontrol kartı programlayıcı akış diyagramı.....  | 82 |
| Şekil 5.9.  | CAN kontrol kartı programlayıcı blok diyagramı.....  | 83 |
| Şekil 5.10. | Önyükleyici programı akış diyagramı.....   | 85 |
| Şekil 5.11. | LabVIEW Web server ayarları penceresi.....   | 86 |
| Şekil 5.12. | Gerçekleştirilen uzaktan erişimli sistem alt yapısı.....   | 87 |
| Şekil 5.13. | Uzaktan kontrol ve izleme web arayüzü.....   | 88 |
| Şekil 5.14. | Kontrol kartları programlama web arayüzü.....  | 89 |
| Şekil 5.15. | Anket soruları hazırlama web sayfası.....  | 89 |
| Şekil 5.16. | Anket web sayfası.....   | 90 |
| Şekil 5.17. | Anket analiz sayfası.....  | 91 |

## TABLolar LİSTESİ

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tablo 1.1. | Geçmiş ve günümüz ürünlerinin bileşimlerinin karşılaştırılması .....          | 2  |
| Tablo 3.1. | MCP 2551 pinleri ve fonksiyonları .....                                       | 41 |
| Tablo 3.2. | İstasyonların kontrol kartlarının giriş, çıkış ve diğer pin bağlantıları..... | 44 |
| Tablo 3.3. | Taşıma bandı kontrol kartı pin bağlantıları.....                              | 48 |
| Tablo 3.4. | İstasyon durakları kontrol kartı pin bağlantıları .....                       | 49 |
| Tablo 3.5. | MCP2551 ile ISO-11898-2 karşılaştırılması .....                               | 59 |
| Tablo 3.6. | CAN veri hızına göre hat uzunlukları.....                                     | 60 |
| Tablo 3.7. | Endüstriyel iletişim protokollerinin karşılaştırılması .....                  | 63 |
| Tablo 4.1. | Dağıtık kontrol uygulaması CAN mesajları .....                                | 73 |
| Tablo 6.1. | Öğrenci değerlendirmeleri .....   | 97 |

## BÖLÜM 1 . GİRİŞ

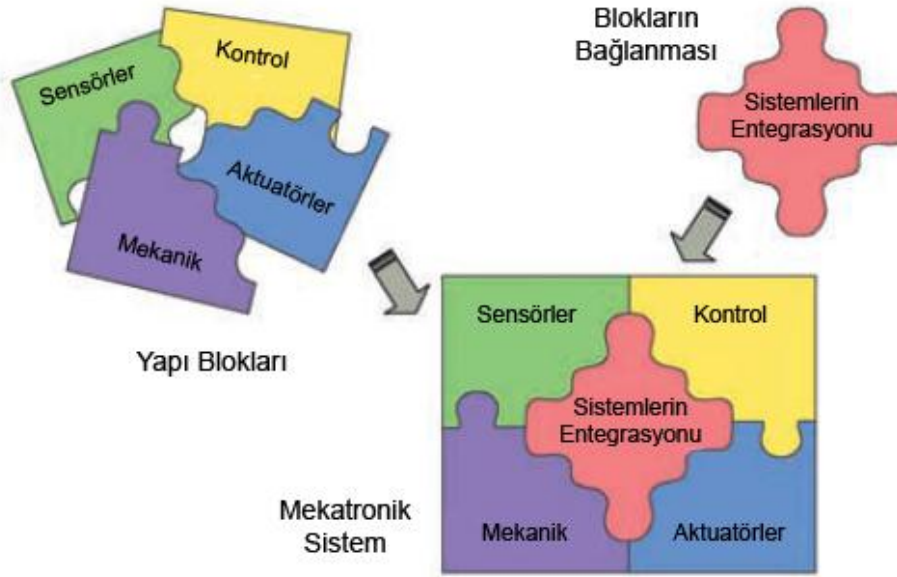
Mekatronik, teknolojik ürün ve tasarımda makine, elektrik-elektronik ve bilgisayar mühendisliklerinin kaynaşmasını ifade eden disiplinler arası bir mühendislik felsefesi olarak tanımlanabilir. Mekatronik çok geniş kapsamlı bir bilim dalıdır ve birçok metot ile büyük bir bilgi temeli üzerine kuruludur. Mekatronik Sistemler genel olarak; temel sistem (genellikle mekanik), algılayıcılar ve dönüştürücüler, algılanan bilgileri değerlendiren - karar veren işlemciler ile hareketlendiriciler gibi bileşenlerden oluşur. Bu cihazlar ve donanımlar “Mekatronik Ürünler” veya genel olarak “Mekatronik Sistemler” olarak adlandırılır. Bunların gerçekleştirilmesi için mekanik bileşenlerin yanında, uygun sensörler ve aktüatörlere ihtiyaç olduğu gibi, ölçülen sinyallerden ve toplanan verilerden bilgi çıkarımına yönelik işlemlere de ihtiyaç vardır [1]. Aşağıda mekatronik biliminin diğer mühendislik bilimlerle ilişkisi olan verilmiştir (Şekil 1.1) [2].



Şekil 1. 1. Mekatronik biliminin diğer bilimlerle ilişkisi



Mekatronik eğitiminin mükemmel bir şekilde verilebilmesi için temel teknolojilerin (sensör, aktuatör, kontrol ve mekanik) etkili bir biçimde anlaşılması gerekmektedir. Temel bilgiler edinildikten sonra bu bilgiler kullanılarak sistem dizaynı ve entegrasyonu gerçekleştirilip mekatronik bir sistem oluşturulmaktadır. Aşağıda mekatronik bir sistemin öğrenilen teknolojiler ile nasıl oluşturulduğu verilmiştir (Şekil 1.2) [3].



Şekil 1. 2. Mekatronik bir sistemin oluşumu

Son yüzyılda mikroelektronik ve bilgisayar bilimlerinde meydana gelen devrim niteliğindeki ilerlemelerin neticesi olarak var olan ürünlerin bileşiminde güçlü değişiklikler olmuştur ve pazara yeni ürünler çıkmıştır. Tablo 1 de bu değişim verilmiştir [3].

Tablo 1. 1. Geçmiş ve günümüz ürünlerinin bileşimlerinin karşılaştırılması

| Ürün           | 1960    |                      | 2000    |                      |
|----------------|---------|----------------------|---------|----------------------|
|                | Mekanik | Elektronik / bilişim | Mekanik | Elektronik / bilişim |
| Araba          | %90     | %10                  | %50     | %50                  |
| Hesap makinesi | %100    | %0                   | %10     | %90                  |
| Kamera         | %100    | %0                   | %30     | %70                  |

Günümüzde sadece mekanik veya sadece elektronik ürünler artık hemen hemen hiç bulunmamaktadır. Bu etkili değişikliktir dolayı günümüzün mühendislik eğitiminde önemli değişiklikler olmuştur.

Mesleki ve Teknik Eğitimin en önemli aşamalarında birisi hiç kuşkusuz yapılan laboratuvar uygulamalarıdır. Verilen eğitimin verimli olması için teorik bilginin yanında bu bilgilerin gerçek sistemler üzerinde uygulanarak pekiştirilmesi gerekmektedir. Bundan dolayı öğrencilere gerçek sistemler üzerinde uygulama yapma imkânı sunmak büyük önem taşımaktadır.

Mekatronik eğitimi vermek amacıyla Festo Didaktik Firması tarafından üretilen Esnek Üretim Sistemi mekanik, elektrik, elektronik, sensörler, aktuatörler, pnömatik ve robot teknolojisi gibi birçok konuyu kapsamaktadır. Fakat sistem mevcut haliyle lisans düzeyindeki bir öğrenci bakış açısıyla çok karmaşık bir mekanik ve kontrol algoritmasına sahip bir deney seti olarak görülmektedir. Dolayısıyla bu tez çalışmasının amacı; esnek üretim sisteminin mekanik yapısını değiştirmeden elektronik ve kontrol sisteminde yapılan önemli değişiklikler ile öğrencilerin bu sistemden en yüksek derecede fayda sağlayabileceği ve kapsadığı teknolojik konuların prensiplerini kolayca anlayabileceği bir yapıya kavuşturmadır.

Bu tez çalışmasında, mevcut esnek üretim sisteminin mekanik yapısı değiştirilmeden, istasyonlarının kontrollerini sağlamak amacıyla mikrodenetleyici tabanlı elektronik kartlar tasarlanmış, sistemde bulunan çok sayıdaki sensör, elektro pnömatik valf ile istasyonlar arasındaki haberleşmeyi sağlamak amacıyla CAN haberleşme ağı kurulmuştur. Esnek üretim sisteminde endüstriyel haberleşme ağı olarak CAN ağı kullanılması ile bu ağ yapısı ile ilgili detaylı bir uygulamalı eğitim altyapısı oluşturulmuştur. Esnek üretim sistemi ile ilgili SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) uygulamaları, istasyonların ağ üzerinden programlanması ve dağıtık kontrol uygulamaları geliştirmek amacıyla LabVIEW görsel programı tabanlı kullanıcı arayüzleri tasarlanmıştır. Ayrıca, belirlenen bazı istasyonların web ortamında uzaktan programlanabilmesi ve sistem hareketlerinin online olarak

izlenmesi sağlanarak öğrencilerin uzaktan erişimli sistemler hakkında uygulama geliştirme ve deney yapma imkanı elde etmeleri sağlanmıştır.

## **1.1. Literatür Kısmı**

### **1.1.1. Esnek üretim sistemleri ile ilgili makaleler**

Bassily, H. vd. tarafından yapılan çalışmada, disiplinler arası pratik mühendislik eğitimi için eğitimsel mekatronik laboratuvarı sunulmuştur. Öğrencilere üç aşamalı deney imkânı sunan deneyler tanıtılmıştır. Bunlardan ilki öğrencilerin programlanabilir mantıksal denetleyicileri programlayabildikleri ve çalıştırabildikleri, ikincisi genel bir konveyör sistemi ve üçüncüsü ise dağıtık servo motor tabanlı konveyör sistemi deneyleridir. Ayrıca, malzeme taşıma uygulamaları için öğrenciler iki robotik kolu programlayıp uygulayabilmektedirler [4].

Saygın ve Kahraman tarafından yapılan çalışmada, üretim mühendisliği eğitimi için web tabanlı PLC laboratuvarının tasarım ve gelişimi konusu ele alınmıştır. Bu sistem ile pratik laboratuvar deneyleri uzaktan eğitim yoluyla yapılabilmektedir. Sistemin yapısı, uzak kullanıcılara PLC tabanlı üretim sistemine internet üzerinden ulaşmaya ve kontrol etmeye müsaade etmektedir. Geliştirilen web sayfası ile etkileşim ve PLC programlama-kontrol işlemi kolaylaştırılmıştır [5].

Uzam, M. yaptığı çalışmada, esnek üretim sistemleri için optimal kilitlenme önleme politikası önermiştir. Bir esnek üretim sisteminde sınırlı sayıda paylaşılmış kaynak, mesela makineler, robotlar, arabellekler vb. olduğundan dolayı kilitlenmeler meydana gelebilmektedir. Kilitlenmeler yüksek derecede istenmeyen durumlardır. Önerilen bu kilitlenme önleme politikası Petri net tabanlıdır [6].

Tunçalp ve Taşkın tarafından yapılan çalışmada, beş üniteli modüler üretim sistemi deney setinin gerçek zamanlı ve uzaktan erişimli kontrolü LabVIEW tabanlı olarak gerçekleştirilmiştir [7].

Mcdermott K. J. vd. yaptıkları çalışma ile PLC, bilgisayar tabanlı insan-makine ara yüzü (MMI) ve veri toplama birimi tabanlı esnek üretim sistemi kontrol platformunun dizayn ve uygulamasını tanıtmışlardır. Bir esnek üretim sisteminin önemli yönü değişen işlem operasyonlarına olan adaptasyon esnekliğidir. PLC esnek üretim sistemi uygulamaları için uygun çözümler sağlamaktadır. Uygulamada kullanılan esnek üretim sistemi konveyör sistemi, CNC freze makinesi, robot, parça sunum istasyonu, bilgisayar görüş sistemi ve delme istasyonu olmak üzere altı istasyondan oluşmaktadır [8].

Demetgül M. vd. yaptıkları çalışmada, modüler üretim sistemi istasyonları arızalarının tespitini yapay sinir ağı (YSA) kullanarak tespit etmişlerdir. Sistem normal ve yapay arızalar oluşturularak çalıştırılmış ve bu durum değişkenlerine ait veriler toplanmıştır. Pnömatik sistemler işlem sırasında aynı program dizisini tekrar ederler. Verilerin yorumlanmasında Adaptive Resonance Theory ve Back Propagation olmak üzere iki farklı YSA modeli kullanılmıştır [9].

Yıldırım M.B. vd. yaptıkları çalışmada kaynakların kullanılabilirliği üzerine karar veren, gelen siparişler için son tarih ataması yapan ve zamanlama için kuralların dağıtımını yapan paralel YSA kullanmışlardır. Bu çalışma paralel özdeş makinelere sahip iş merkezleri olan esnek üretim sistemine uygulanmıştır [10].

Cai C. vd. yaptıkları çalışmada esnek üretim sistemine Field-Bus teknolojisini uygulamışlardır. Kontrol merkezi ve dijital kontrol elemanları arasında hızlı bilgi iletişimini sağlamak amacıyla Profibus-DP teknolojisi kullanılmıştır. Yapılan çalışma ile silah üretim endüstrisine uygulanabilecek yüksek verimli bir üretim sistemi gerçekleştirilmiştir [11].

Golnabi H. yaptığı çalışma ile, otomasyon ve üretim sistemlerinde miktar ölçümlerinde, navigasyon, desen tanıma ve denetleme amaçlı görüş sistemleri vb. amaçlarla kullanılan çok gelişmiş lazer sensör sistemlerinin işlevsel prensiplerini tanımlamıştır. Üretimde ve üretim teknolojisinde aygıtları algılamada kullanılan

değişik lazer tabanlı sensörler bu çalışmada anlatılmıştır. Tipik bir örnek olarak lazer rehberli navigasyon sistemi kullanan mobil robot verilmiştir [12].

### **1.1.2. Mekatronik eğitimi ile ilgili makaleler**

Furman ve Hayward yaptıkları çalışmada her hangi bir yerde ve her hangi bir zamanda (asenكرون) yapılabilen mekatroniğe giriş dersi ile alakalı bir dizi pratik mekatronik deneylerini tanıtmışlardır. Deneyler oldukça ucuz kit bileşenlerinden ve tek kartlı mikrokontrolörden oluşturulmuştur. Öğrenciler haftada 3 saatlik laboratuvar dersi süresince 12 adet deney yapmaktadırlar. Deneylerden bazıları RC filtreler ve opamplar, ON/OFF motor kontrol ve PWM motor hızı kontrolü olarak verilmiştir [13].

Tutunji vd. yaptıkları çalışmada başarılı bir mekatronik proje sınıfı için gerekli ana hatları sunmuş, değerlendirmiş ve tartışmışlardır. Ayrıca lisans eğitiminde öğrencilerin başarılı bir mekatronik proje yürütebilmelerini sağlamak amacıyla genel bir mekatronik sistem tasarım metodolojisi makalede anlatılmıştır [14].

Siegwart R. çalışmasında mekatronik eğitimini daha verimli hale getirmek için planlanan bir dersin içeriğinden bahsetmektedir. Ders süresince öğrencilere mekatroniğin temelleri verildikten sonra her öğrenciye verilen mikrokontrolör tabanlı bir mobil robot kiti ve bu kit ile öğrencilerin geliştirdikleri projeler anlatılmıştır. Daha sonra her sene sonunda bu geliştirilen projeler ile yapılan yarışmalar ve derece alan projelerden bahsedilmiştir [3].

Lee J. W. yaptığı çalışmada Güney Kore' deki mekatronik eğitimini incelemiştir. Bu amaçla incelenen onbeş üniversitenin mekatronik müfredatının bir analizi sunulmuştur [15].

Pan T. T. vd. yaptıkları çalışmada, mekatronik sistem tasarımı amacıyla myoelektrik kontrollü kısmi el protez tasarımı içeren bir laboratuvar projesi önermişlerdir. Çalışma, kas kasılmaları sırasında oluşan elektromyogram (EMG) sinyallerini

çıkarmak üzerine odaklanmıştır. EMG sinyalleri ilk olarak bir elektronik devre ile güçlendirilerek filtre edilmiş ve daha sonra bu veriler bir servo motorun kontrolünü sağlamak için mikrokontrolör kullanılarak değerlendirilmiş ve bu sayede tasarlanan protez düzgün bir şekilde kontrol edilmiştir [16].

Lima M. vd. Minho Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde okutulan mekatronik ile ilgili konuları ve dersleri incelemiştir. Lisans ve lisans üstü konularının amaç ve müfredatları, laboratuvar olanakları ve proje konuları sunulmuş ve tartışılmıştır [17].

Meek S. vd. Utah üniversitesi makine mühendisliği bölümündeki mekatronik eğitimi için kullanılan üç yaklaşımdan bahsetmişlerdir. İlk yaklaşımda tüm mekanik mühendisliği öğrencileri için geliştirilen temel bir ders, ikinci yaklaşımda öğrencilere daha gelişmiş çalışma alanı sağlayacak mekatronik sertifikasından, üçüncü yaklaşımda ise çalışan mühendisler için mekatronik kursları vermek için bir tanıtım programından bahsedilmiştir [18].

Akpınar B. Türkiye' de verilen mekatronik eğitiminin durumunu ve gelişimini araştırmıştır [19].

Giurgiutiu V. vd. yaptıkları çalışmada Güney Carolina Üniversitesi' nde makine mühendisliği öğrencilerinin mekatronik/mikrokontrolör eğitimini geliştirmek için bir proje geliştirmişlerdir [20].

Nursal A. O. tarafından yapılan çalışma, mekatronik eğitimi için tasarlanan modüler gömülü sistemlerle ilgilidir [21].

Ranaweera A. vd., lisans öğrencilerini temel mekatronik beceriler ile donatmak için sensörler, aktuatörler ve bilgisayar arabirimi üzerine bir laboratuvar dersi geliştirmişler ve giriş niteliğinde mekatronik laboratuvar dersi vermek isteyen kurumlar için bir taslak hazırlamışlardır [22].

Potkonjak V. vd. yaptıkları çalışmada, teknik disiplinlerdeki uzaktan eğitim uygulamalarının sözel anlatılan disiplinlere göre çok geride olduğuna değinmişler ve bunun sebebinin teknik disiplinlerdeki laboratuvar uygulamalarının uzaktan eğitim sisteminin karmaşıklığını artırması olarak belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmada, uzaktan eğitimin gereksinimlerini karşılamak için yazılım tabanlı bir sanal laboratuvar geliştirmişlerdir [23].

Rojko A. vd. yaptıkları çalışmada mekatronik eğitimi için yeni bir e-eğitim geliştirmiştir. Çalışmanın ilk hedef grubu olarak mekatronik hakkında bilgisi olmayan fakat işlerinden dolayı bu bilgiye ihtiyaç duyan örgün eğitimini makine, elektrik mühendisliği veya diğer teknik alanlarda tamamlamış mühendisler veya teknisyenler belirlenmiştir. Eğitim için kullanıcı dostu ara yüze sahip ticari eCampus platformu ve açık kaynak kodlu Moodle platformunun kombinasyonundan oluşan e-eğitim platformu tasarlanmıştır [24].

### **1.1.3. Uzaktan eğitim ile ilgili makaleler**

Cho, J.M. vd. biyomedikal mühendisliği öğrencilerine modern mikroişlemci tabanlı biyomedikal cihazların yapısını anlatmak için gerekli olan mikrokontrolörlerin temel kavramlarının uzaktan öğretimine yönelik bir çalışma yapmışlardır [25].

Richardson, J. vd. yaptıkları çalışmada, mikrokontrolör teknolojisinin eğitimi için interaktif üç boyutlu bilgisayar simülasyon laboratuvarı oluşturmuşlardır [26].

Bellmunt vd. yaptıkları çalışmada, mühendislerin profesyonel kariyerlerinde karşılaşacakları teknik zorluklar ve endüstrinin problemleri ile baş edebilme kapasitesindeki artışın gerekliliğinden dolayı proje ve gerçek uygulama tabanlı eğitim metotlarının artırılması gerekliliğinden bahsetmişler ve internet tabanlı bir laboratuvar uygulaması geliştirmişlerdir. Sistemin PLC' ler ile kontrolünü sağlayacak uzaktan erişimli bir yapı oluşturulmuştur [27].

Sanchez vd. ters bir sarkacın kontrolünün yapıldığı web tabanlı uzaktan erişimli laboratuvar çalışması yapmışlardır [28].

Stefanovic vd. LabVIEW kullanarak birleştirilmiş su tanklarının kontrolünü yapan web tabanlı deney laboratuvarı oluşturmuşlardır. Ayrıca, kontrol mühendisliği eğitiminde web laboratuvarlarının kullanımının etkilerini ve avantajlarını belirlemek amacıyla yapılan araştırma sonuçları da verilmiştir [29].

Altaş ve Aydar tarafından yapılan çalışmada, kontrol sistemleri dersleri için gerçek zamanlı bir simülatör geliştirilmiştir. Simülatör ile küçük boyutlu bir DC motorun PID ve Fuzzy logic kontrolü gerçekleştirilmiştir. Kullanıcı parametreleri seçip değiştirebilmektedir [30].

Aydoğmuş ve Aydoğmuş tarafından yapılan çalışmada, SCADA kullanarak bir asenkron motorun PLC ile PID kontrolü uzaktan erişimli olarak gerçekleştirilmiştir. Sistemde inverter, ölçüm ekipmanları, manyetik fren ve AC/DC konverter olmak üzere çeşitli ekipmanlar kullanılmıştır. Uygulamanın web ara yüzü, öğrencilere laboratuvara erişme ve deney hakkında bilgi almalarına imkan tanımaktadır [31].

Erdemir ve Kuzucuoğlu tarafından yapılan çalışmada, robotik dersinin laboratuvar uygulamalarında kullanılmak üzere, web tabanlı gerçek zamanlı bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Uygulama, beş eksenli endüstriyel tip robot ile servo elektro-pnömatik konumlandırma sistemlerini kapsamaktadır [32].

Yeung ve Huang kullanıcılara internet üzerinden deney yapma imkânı sağlayan kontrol sisteminin gelişmesini anlatmışlardır. Deney düzeneği olarak bir DC motor kontrol modülü kullanılmıştır. Geliştirilen sistem ile DC motorun PID ve ON-OFF kontrolü yapıp sonuçlar grafiklerde görüntülenebilmektedir [33].

Hurley ve Lee tarafından yapılan çalışmada elektrik - elektronik mühendisliği öğrencileri için web tabanlı uzaktan erişimli bir laboratuvarın geliştirme, uygulama ve değerlendirmesi anlatılmıştır. Yapılan çalışma ile öğrencilere güç elektroniğinin



birçok temel yönü teorik ve pratik olarak öğretilmektedir. Devrelerin daha iyi anlaşılabilmesi için PSpice ile simüle edilen web tabanlı bir interaktif güç elektroniği semineri hazırlanmıştır ve sonuçlar MATLAB kullanılarak analiz edilmiştir. Ayrıca, gerçek güç konvertörleri ile deney yapma işlemi web üzerinden test edilmiştir [34].

Demirbaş tarafından yapılan çalışmada, uzaktan erişimli bir doğru akım motor deney düzeneği geliştirmiştir [35]. Çalışmada, kullanıcılar internet üzerinden deney düzeneğine bağlanabilmekte ve doğru akım motorunun hızını PI kontrolör ile kontrol edebilmektedirler. Yapılan deney düzeneğinin elektrik makineleri dersini alan öğrenciler tarafından değerlendirilmesi istenmiş ve geri bildirimde elektrik makineleri derslerinin eğitiminde faydalı olacağı bildirilmiştir.

Irmak tarafından yapılan çalışmada, internet üzerinden gerçek zamanlı olarak erişilebilen elektrik kumanda devreleri deney setleri geliştirilmiş ve çalışma deneylere ilişkin teorik konu anlatımları ve öğrenmeyi kolaylaştırıcı animasyonlarla zenginleştirilmiştir [36].

Saygın vd. çalışmalarında üretim mühendisliği eğitimi için web tabanlı PLC laboratuvarının tasarımına ve geliştirilmesine değinmişlerdir [37]. Bu sistem ile pratik laboratuvar deneyleri uzaktan eğitim yoluyla yapılabilmektedir. Sistemin yapısı uzak kullanıcılara PLC tabanlı üretim sistemine internet üzerinden ulaşmaya ve kontrol etmeye müsaade etmektedir. Tasarlanan ve geliştirilen web sayfası ile etkileşim ve PLC programlama-kontrol işlemi kolaylaştırılmıştır.

Vicente vd. endüstriyel otomasyon sistemlerinde kullanılmakta olan PLC' ler hakkında uzak laboratuvar dizaynını gerçekleştirmişlerdir. Uzak kullanıcılar için çeşitli tipteki sensörleri, aktüator ve endüstriyel iletişim ağlarını farklı tip PLC' lerle birlikte kullanarak birçok otomasyon konusunu öğrenebilecekleri bir ortam sağlanmıştır [38].

Kikuchi vd. fırçasız DC motorların çalışması için uzaktan öğrenme metotlarını araştırmışlardır [39]. Web tabanlı eğitim yazılımı ve diğer yazılımları içeren fırçasız

DC motorlar üzerinde uzaktan deneyler yapma imkanı sağlayacak istemci-sunucu (client-server) sistemi için bir prototip geliştirmişlerdir.

Grau ve Bolea, kontrol sistemleri alanında e-laboratuvar platformunun geliştirilmesi çalışmalarını anlatmaktadırlar. Yapılan çalışmada, iki tank ve bir su deposundan oluşan sıvı seviye sisteminin kontrolü, PI kontrolörle internet üzerinden gerçekleştirilmiştir [40].

Rodriguez vd. çok seviyeli bir güç konvertörünün deneyi için web-tabanlı laboratuvarın donanım ve yazılım modüllerini anlatmışlardır. Bu laboratuvarın özelliği güvenli bir şekilde uzaktan kontrol edilebilen ve denetlenebilen çok seviyeli konvertörlerin kullanımına imkan sağlaması olarak belirtilmiştir. Kullanıcı; yük çeşidini, kontrol parametrelerini ve kontrol biçimini seçebilmekte ve gerçek zamanlı olarak ölçü aletlerinden grafiksel sonuçları alabilmektedir [41].

Canfora vd. yaptıkları çalışmada bazı ölçü aletleri, sanal aygıtlar ve basit bir web sunucusu aracılığıyla elektronik ölçme dersi için uzaktan erişimli bir laboratuvar kurmuşlardır [42].

Casini vd. tarafından yapılan çalışmada kullanıcılara online olarak erişme ve fiziksel sistemin uzaktan ayarlanmasına olanak sağlayan uzak laboratuvar uygulaması geliştirilmiştir [43]. Laboratuvarda DC motor, seviye kontrollü tank ve bir manyetik kaldırma sistemi mevcuttur. Öğrenciler deney sırasında kontrolör parametrelerini değiştirerek kamera aracılığıyla sistemdeki değişimleri izlerken deney verilerini de kaydedebilmektedirler.

Tzafestas vd., uzak robot laboratuvar eğitimi ve sanal robot laboratuvarı için iki farklı kullanıcı ara yüzü tasarlamıştır. Tasarlanan sistem üç farklı öğrenci grubu üzerinde denenmiştir. Birinci grup gerçek robot üzerinde geleneksel yöntemle, ikinci grup uzak laboratuvar platformu kullanılarak eğitilmiş ve üçüncü grup ise sanal laboratuvar ara yüzüyle eğitilmiştir. En yüksek verimin ikinci gruptan alındığı bildirilmiştir [44].

Ferrater-Simon vd. tarafından yapılan çalışmada, pratik endüstriyel otomasyon çalışmaları için bir platform geliştirilmiştir [45]. Platform ile internet üzerinden iletişim sağlanabilmekte ve PLC' ler programlanabilmektedir. Aynı zamanda platform endüstriyel tesislerde kullanılan değişik sensör ve aktüatörlere de sahiptir.

Hercog vd. tarafından yapılan çalışmada, otomatik kontrol alanında hızlı uzak deneyler yapmak için bir çerçeve sunulmuştur. MATLAB/Simulink programı hızlı deney kontrol algoritmalarının geliştirilmesinde kullanılırken, LabVIEW programı ise uzaktan kontrol ve kullanıcı ara yüzü oluşturmak için kullanılmıştır [46].

Asumadu vd., uzaktan erişimli ölçüm laboratuvarı çalışmasını tanıtmışlardır. Yapılan çalışma ile elektrik ve elektronik devrelerin gerçek zamanlı oluşturulmasını ve deneylerini internet üzerinden sağlayan bir yapı oluşturulmuştur [47].

Marques vd. yaptıkları çalışmada, uzaktan eğitim imkanlarının mühendislik eğitiminde giderek artan bir şekilde kullanılmaya başlandığından söz etmişler fakat bu uygulamaların çoğunun simülasyon veya sanal laboratuvar uygulamalarından oluştuğunu belirtmişlerdir. Gerçekleştirdikleri uzak laboratuvar uygulamasında ise öğrencilerin gerçek güç elektroniği deneyleri yapabilecekleri konfigüre edilebilir bir yapı oluşturmuşlardır [48].

Persiano vd., FPGA eğitimi için uzaktan erişimli ders uygulaması geliştirmişlerdir. Sistem FPGA' lerin uzaktan kontrolüne imkan tanıyan e-öğrenme sistemini içeren laboratuvardan oluşmuştur [49].

Rojko vd., kontrol dersinin uzaktan eğitimine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, nonlinear dinamiklere sahip mekatronik bir cihazın hareket kontrolü gerçekleştirilmiştir [50].

Gao ve Lin, öğrencilerin kontrol teorisini derinlemesine anlamalarını ve kontrol sisteminin tasarımı, uygulanması ile ilgili gerçek deneyim kazanmaları için LabVIEW ve internet tabanlı su seviye kontrol sistemi geliştirmişlerdir [51].

## **BÖLÜM 2. ESNEK ÜRETİM SİSTEMİ**

FMS, “Flexible Manufacturing System” (Esnek Üretim Sistemi) kelimesinin kısaltması olup, mekatronik eğitimi amacıyla Festo Didaktik Company tarafından geliştirilen ve değişik işlemler yapan ünitelerden oluşturulmuş bir sistemdir. Bundan sonra Esnek Üretim Sistemi yerine “FMS” kısaltması kullanılacaktır. Sistemde farklı özelliklere sahip (renk, yapı, boy) iş parçalarının işlenmesi ile model pnömatik piston üretimi yapılmaktadır. Sistemde farklı tipte aktüatörler (doğrusal ve dönen pnömatik silindirlere, AC- DC motorlar), sensörlerden (indüktif, kapasitif, optik, lineer potansiyometre vb.) oluşan birçok bileşen bulunmaktadır. Sistem modüler bir yapıya sahip olduğundan dolayı istasyonlar farklı şekillerde kombine edilerek kullanılabilir. Bütün bu özellikleri sayesinde basit seviyeden ileri seviyelere kadar farklı uygulamalar sistem ile gerçekleştirilebilmektedir.

### **2.1. Esnek Üretim Sistemleri ile İlgili Genel Bilgiler**

Teknolojide yaşanan hızlı gelişmelerden dolayı insan gücüne dayalı üretim kendini makineler ve robotlara bırakmıştır. Bu sayede üretimdeki insan gücü azalmış, üretim kalitesi, maliyeti ve kapasitesi artmıştır. Tüketiciler tarafından belirlenen ve hızla gelişen pazar yapısının olduğu günümüzde üreticilerin rekabet edebilmeleri için klasik üretim sistemleri yerine otomasyona dayalı esnek sistemler kullanmaları bir zorunluluk haline gelmiştir. Bundan dolayı FMS' e yönelim artmıştır. FMS günümüzde birçok farklı şekilde tanımlanabilmektedir. Farklı kaynaklarda yer alan bazı tanımlamalar aşağıda verilmiştir.

- İşletmelerin müşteri isteklerini hızlı ve zamanında karşılayabilmeleri üretim sistemlerini çağdaş bir şekilde organize etmelerine bağlıdır. Çağdaş üretim sistemlerinden ön plana çıkan sistem de esnek üretim sistemi olmaktadır.

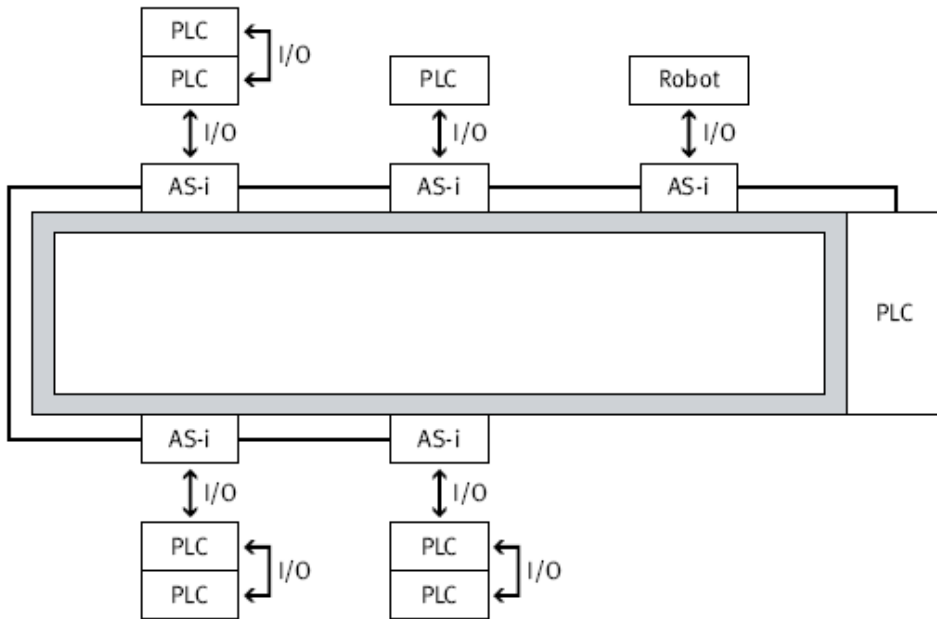
Esnek üretim sistemi, birbirinden bağımsız üretim birimleri olan çok sayıda üretim hücrelerinin birleştirilmiş şeklidir. Bu sistem otomatik depolama ve düzenleme sistemleri, otomatik malzeme sistemlerini, robotları, sayısal kontrollü makineleri, grup teknolojisini ve basamaksal bilgisayar kontrol sistemlerini kapsamaktadır [52].

- Esnek üretim sistemleri bir fabrika içerisinde belirli bir şekle göre kümelenmiş, yaptıkları iş birbirinden farklı ancak birbirleri ile haberleşerek çalışan, her birinin kendine özgü değişken donanımı olan üretim istasyonlarından oluşan üretim sistemleridir. Bir başka ifade ile daha kaliteli ve daha verimli ürün elde etmek için bir grup makine veya makinelerden oluşan işlem hücrelerinin birbirleri ile etkileşimli olarak çalışan bilgisayar kontrollü tam otomatik üretim sistemleridir [53].
- Esnek üretim sistemleri tüketicilerin zevk ve tercihlerine göre değişen ve farklılaşan talep koşullarında ürünü istenilen nitelikte üreten ve bir üründen diğer bir ürüne geçişte zaman ve maliyet kaybı unsurunu en aza indiren sistemlerdir [54].
- Esnek üretim sistemleri materyal akışı, bilgisayar kontrolü, iletişim, üretim ya da montaj işlemlerinin bütünleştirilmesini ifade eden bir kavramdır [55].

## 2.2. Esnek Üretim Sisteminin Mevcut Yapısı

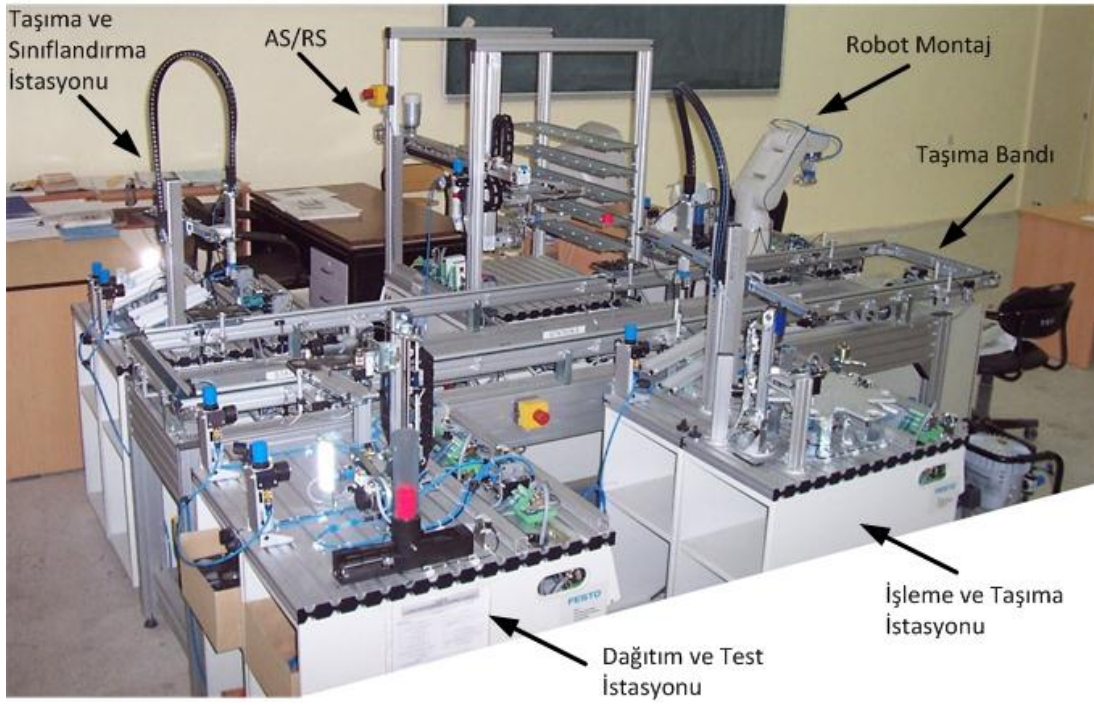
FMS' nin mevcut yapısında robot istasyonu hariç istasyonların kontrolleri Festo PLC' ler ile ve istasyonlar arası haberleşme AS-I ile sağlanmaktadır. Robot istasyonunda robot kontrolörü hem montaj işlemini hem de taşıma bandı ile haberleşmeyi kontrol etmektedir. Aşağıdaki şekilde FMS' in mevcut kontrol yapısı verilmiştir (Şekil 2.1). Esnek üretim sistemindeki istasyonların ve teknolojilerin çokluğu kontrol ve otomasyon teknolojilerinin birçok alanlarında araştırmaya olanak sağlamaktadır. Aşağıda maddeler halinde bu teknolojiler verilmiştir.

- Pnömatik ve elektropnömatik devrelerin yapımı
- Çeşitli sensörler ve aktuatörler hakkında bilgi sahibi olma
- PLC programlama ve uygulamaları
- Çeşitli taşıma ve tutucu uygulamaları
- Vakum teknolojisi uygulamaları
- Çeşitli elektronik sürücü sistem uygulamaları (DC, AC)
- Şaft kodlayıcı ile pozisyon kontrol uygulamaları
- AS-I ile sensörlerin ve aktuatörlerin ağ bağlantıları
- Montaj görevleri için endüstriyel robot uygulaması
- Robotların programlanması ve simülasyonu
- Transfer sistemlerinin kurulumu ve çalışma modlarının incelenmesi
- Palet tanımlamasının çalışma modlarının incelenmesi



Şekil 2.1. FMS' in mevcut yapısı




İstasyonlar kendi aralarında ve taşıma sistemi ile dijital giriş-çıkışlarla haberleşmektedirler. İstasyonların haberleşmesini sağlamak amacıyla dijital giriş - çıkış bilgisini AS-I ağından göndermek için modüller kullanılmıştır. Aşağıdaki resimde uygulamada kullanılan FMS ve istasyonları gösterilmiştir (Şekil 2.2).



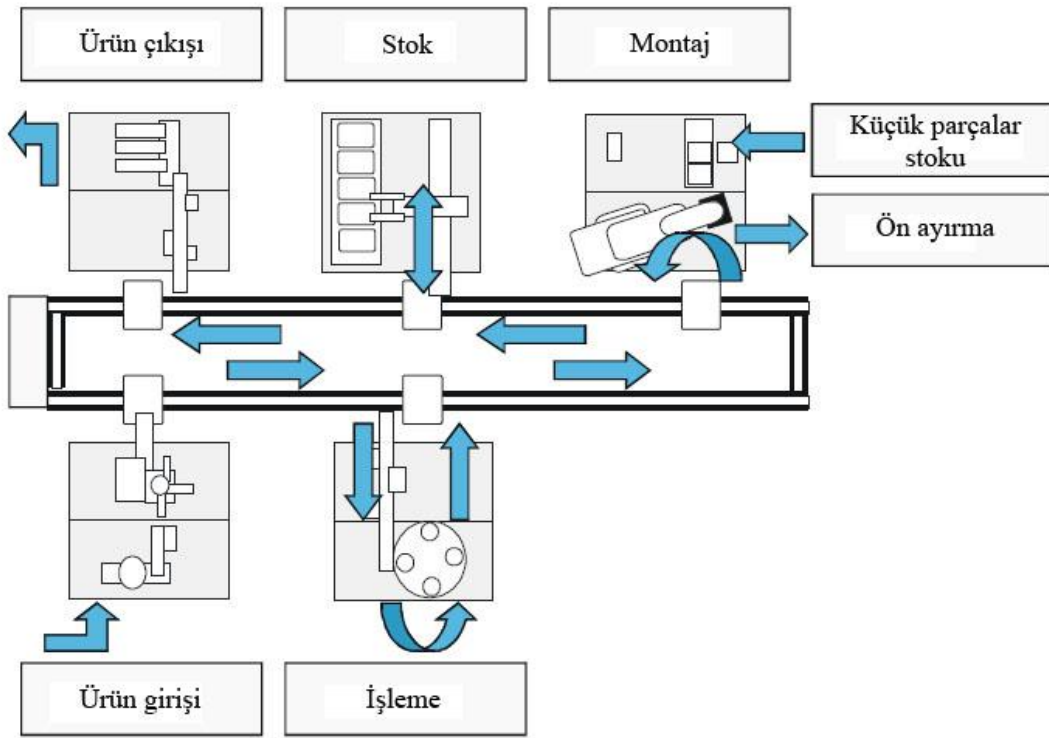
Şekil 2.2. FMS ve istasyonlarının görünümü

FMS' de malzeme üretiminin akış düzeni ise aşağıdaki şekilde verilmiştir (Şekil 2.3) [56]. FMS, üretim sürecindeki değişikliklere uygun olarak kurulmuş ve koşullara göre malzeme akışını ve üretimini kontrol etmektedir.

FMS' de istasyonların durumlarına göre dört farklı durumda malzeme üretimi yapılabilmektedir. Aşağıdaki simgeler ile istasyonların durumları tanımlanmıştır:

- a)  İstasyon hazır
- b)  İstasyon hazır değil
- c)  İstasyon aktif



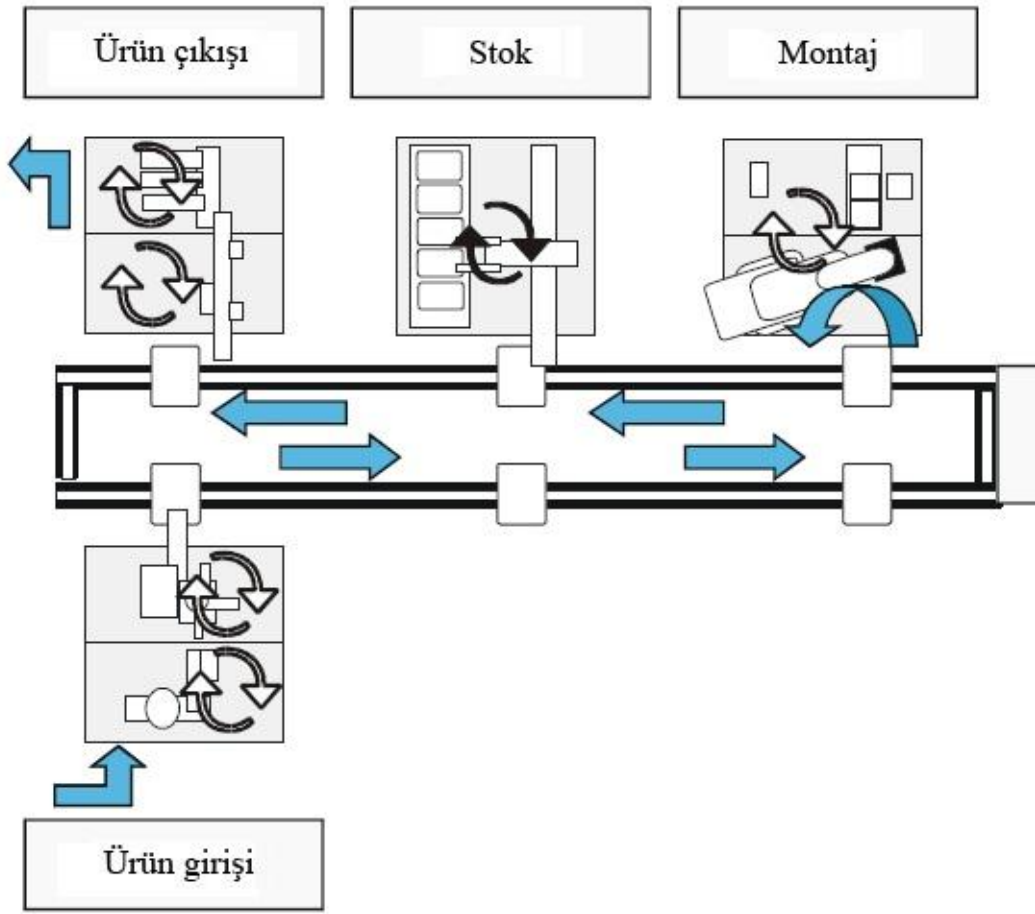


Şekil 2.3. FMS' de üretim akış düzeni

*Durum 1:*

- Ürün giriş istasyonu olan dağıtım istasyonu aktif durumdadır (magazin iş parçaları ile doldurulmuştur) ve iş parçası hatasız bir şekilde test istasyonuna transfer edilmiş ve test istasyonu operasyonel işleme başlamak için hazırdır.
- Robot montaj istasyonu model piston montajı için hazırdır.
- AS/RS istasyonu iş parçalarını depolamak için (stok boş) hazırdır.
- Taşıma ve sınıflandırma istasyonları hazır ve parça kabul edebilir durumdadır.

Aşağıdaki şekilde 1. duruma ait malzeme akışı verilmiştir (Şekil 2.4).

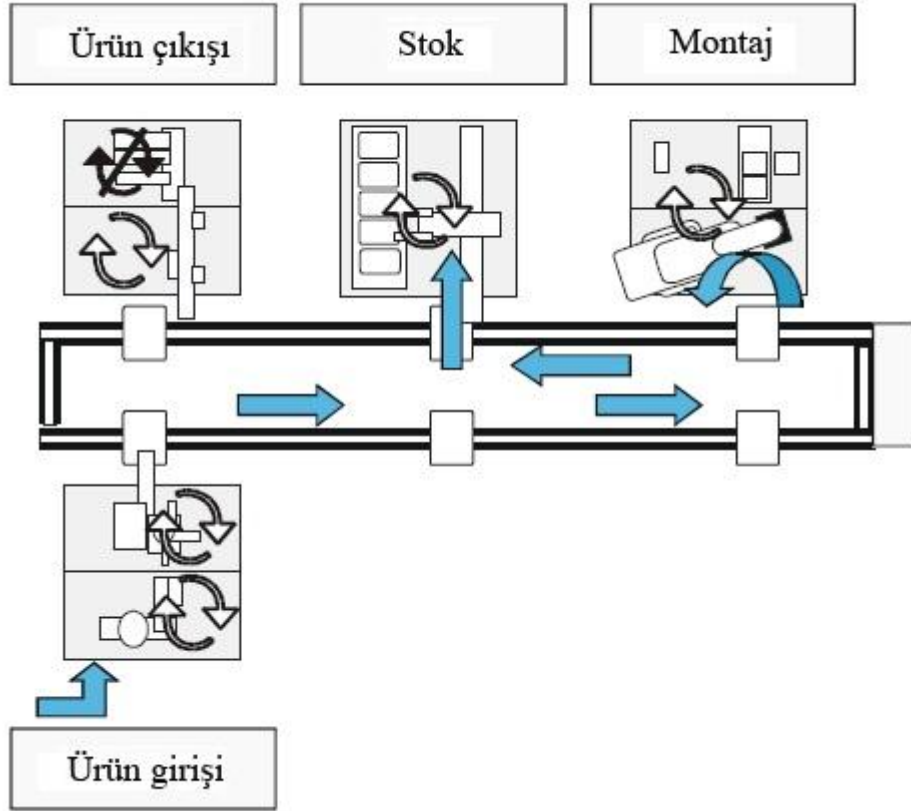


Şekil 2.4. Durum 1'e ait malzeme akışı

*Durum 2:*

- Ürün giriş istasyonu olan dağıtım istasyonu aktif durumdadır (magazin iş parçaları ile doldurulmuştur) ve iş parçası hatasız bir şekilde test istasyonuna transfer edilmiş ve test istasyonu operasyonel işleme başlamak için hazırdır.
- Robot montaj istasyonu model piston montajı için hazırdır.
- AS/RS istasyonu iş parçalarını depolamak için (stok boş) hazırdır.
- Ürün çıkış istasyonu (sınıflandırma) hazır değildir.

Aşağıda 2. duruma ait malzeme akışı verilmiştir (Şekil 2.5).

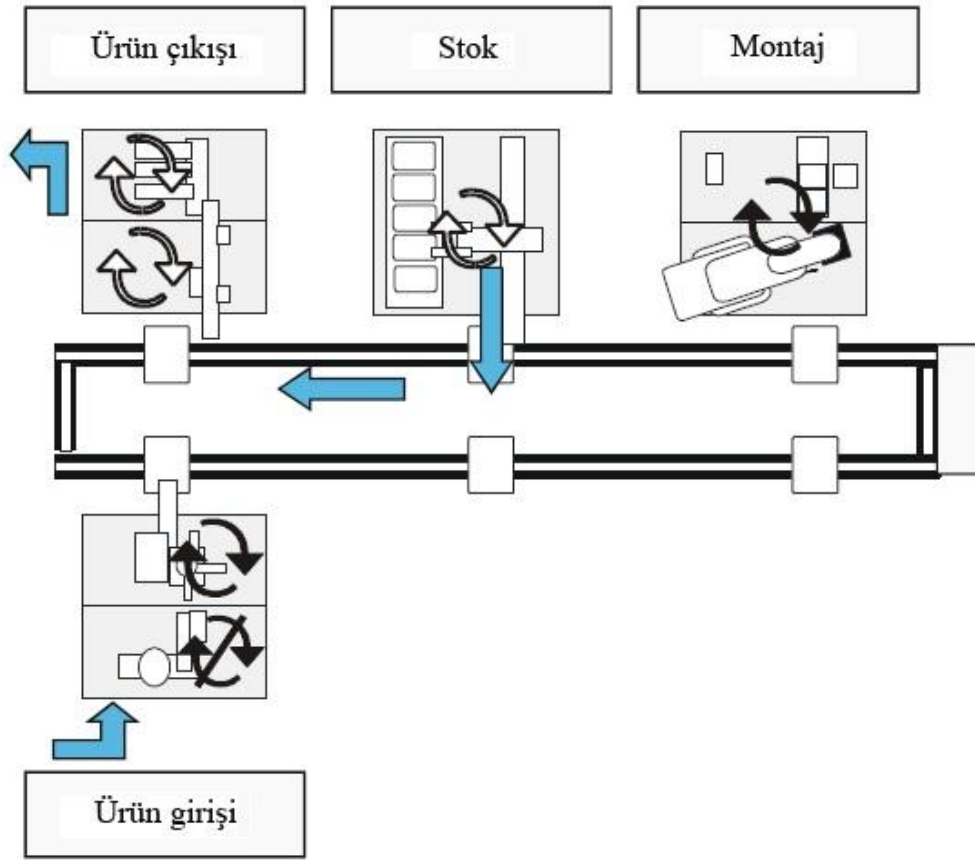


Şekil 2.5. Durum 2'ye ait malzeme akışı

*Durum 3:*

- Dağıtım istasyonunun magazini boştur, bu nedenle test istasyonunun taşıma arabasına iş parçası gönderme imkanı yoktur. Boş arabaların işlem noktasından geçmesine izin verilir.
- Robot montaj istasyonu iş parçası gelmediğinden dolayı montaj işlemini gerçekleştiremez ve boş arabaların geçmesine izin verir.
- AS/RS istasyonu işlem için hazırdır, iş parçaları depolanabilir ve geri alınabilir durumdadır. Dolu taşıma arabalarının ürün çıkış istasyonuna geçmesine izin verilir. Boş arabalara stoktaki parçalardan konularak ürün çıkış istasyonuna yönlendirilir.
- Ürün çıkış istasyonları (sınıflandırma için) hazırdır.

Aşağıda 3. duruma ait malzeme akışı verilmiştir (Şekil 2.6).

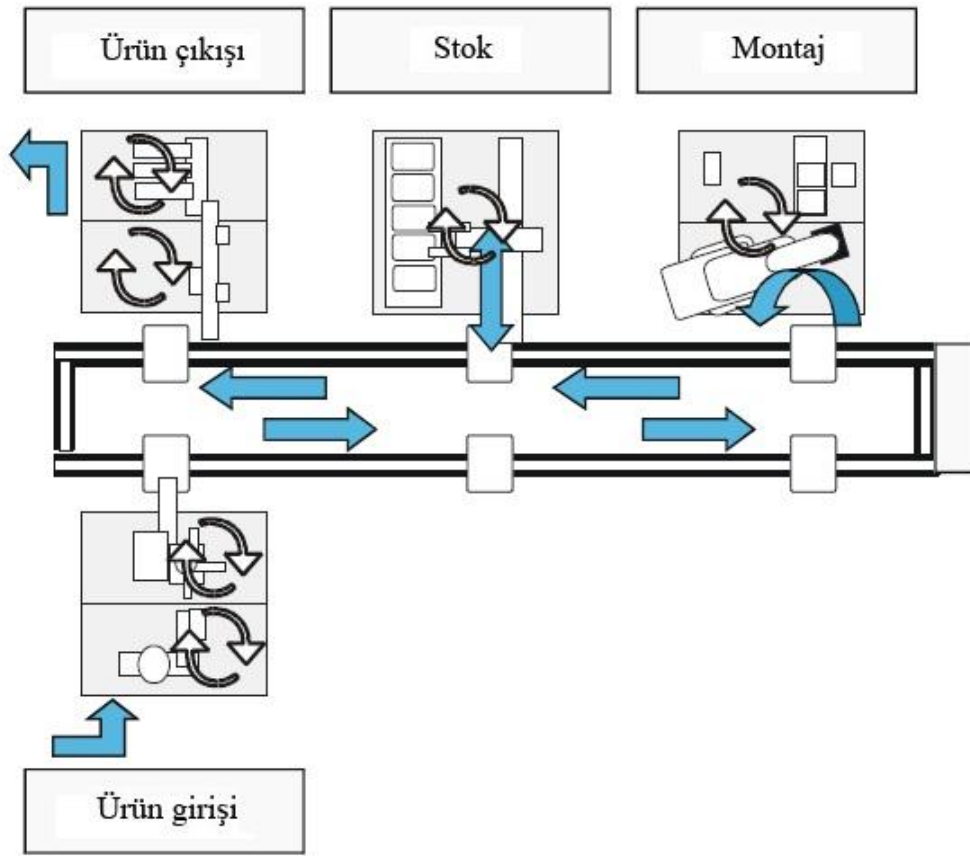


Şekil 2.6. Durum 3'e ait malzeme akışı

#### Durum 4:

- Ürün giriş istasyonu olan dağıtım istasyonu aktif durumdadır (magazin iş parçaları ile doldurulmuştur) ve test istasyonu iş parçalarını gelen taşıma arabalarının üzerine aktarmaktadır.
- Robot montaj istasyonu model piston montajını yapmaktadır.
- AS/RS istasyonu işlem için hazırdır, iş parçaları depolanabilir ve geri alınabilir durumdadır. Dolu taşıma arabalarının ürün çıkış istasyonuna geçmesine izin verilir. Boş arabalara stoktaki parçalardan konularak ürün çıkış istasyonuna yönlendirilir.
- Ürün çıkış istasyonları (sınıflandırma için) hazırdır.

Aşağıda 4. duruma ait malzeme akışı verilmiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Durum 4'e ait malzeme akışı

Uygulamada kullanılan FMS' in istasyonları ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

### 2.2.1. Dağıtım istasyonu

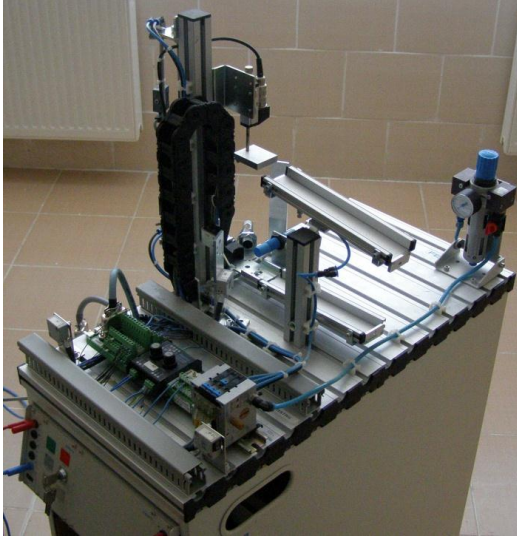
Otomatik üretim sistemlerinde hammadde belirli bir yerde stoklanır ve sistem kendi ihtiyacına göre bu stoklardan hammaddeyi alır. Dağıtım istasyonu stoklanan bu iş parçalarını ayırır. Magazinde sekiz iş parçasına kadar parça depolanabilir. Çift etkili bir silindir yardımıyla her seferinde bir iş parçası itilerek ayrılır. Bir eksen etrafında dönen manipülatör kolu vakum teknolojisi ile parçanın vakum anahtarı vasıtasıyla tutulduğunu algılayarak bir sonraki istasyona iletir. Aşağıdaki şekilde dağıtım istasyonunun görünümü verilmiştir (Şekil 2.8).



Şekil 2. 8. Dağıtım istasyonu

### 2.2.2. Test istasyonu

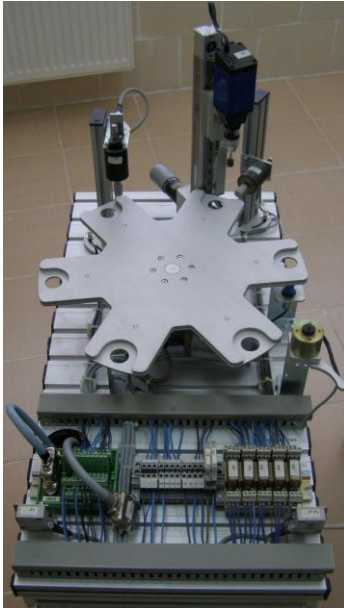
Test istasyonu gelen iş parçalarının değişik özelliklerini algılar. Bu işlemi optik, indüktif ve kapasitif sensörlerin yardımıyla yapmaktadır. İş parçası asansör modülü tarafından kaldırılmadan önce cisimden yansımali optik sensör ile üzerinde herhangi bir cisim olup olmadığı algılanır. Asansör modülü ile kaldırılan iş parçasının boyu bir analog sensör yardımıyla ölçülür. Ölçülen analog sinyal değeri bir karşılaştırıcı modülü ile değerlendirilerek uygun parçalar taşıma bandına hava destekli bir kaydırak ile iletilir. Belirlenen sınırlar dışındaki iş parçaları ise hatalı parça olarak ayrılmaktadır. Aşağıdaki şekilde test istasyonu verilmiştir (Şekil 2.9).



Şekil 2. 9. Test istasyonu

### 2.2.3. İşleme istasyonu

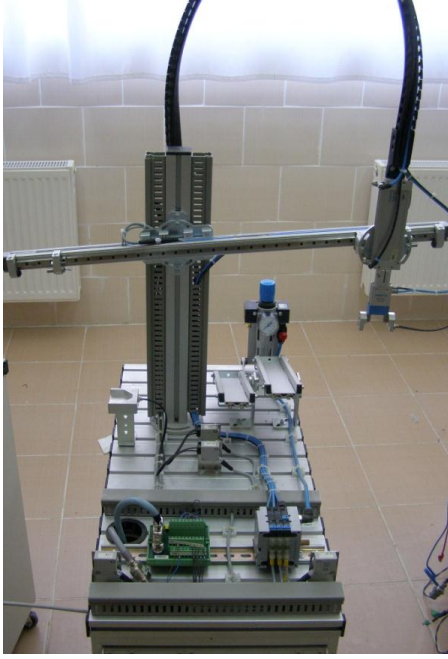
İşleme istasyonunda üretilecek malzemeye delme, delik kontrolleri vb. çeşitli işlemler yapılmaktadır. İşleme istasyonunda iş parçaları döner bir tablada işlenir ve test edilir. Bu istasyonda sadece elektriksel sürücüler kullanılmıştır. Döner tabla DC motor ile sürülmüştür. Tabla röle devresiyle pozisyonlanmıştır ve pozisyonlar indüktif sensör ile algılanmıştır. Aşağıdaki şekilde işleme istasyonu verilmiştir (Şekil 2.10).



Şekil 2. 10. İşleme istasyonu

#### 2.2.4. Taşıma istasyonu

Taşıma istasyonu iki eksende hareket eden esnek bir aygıttan oluşmuştur. Gelen parçalar pnomatik tutucu vasıtasıyla tutularak bir sonraki istasyona aktarılmaktadır. Aşağıdaki şekilde taşıma istasyonu gösterilmiştir (Şekil 2.11).

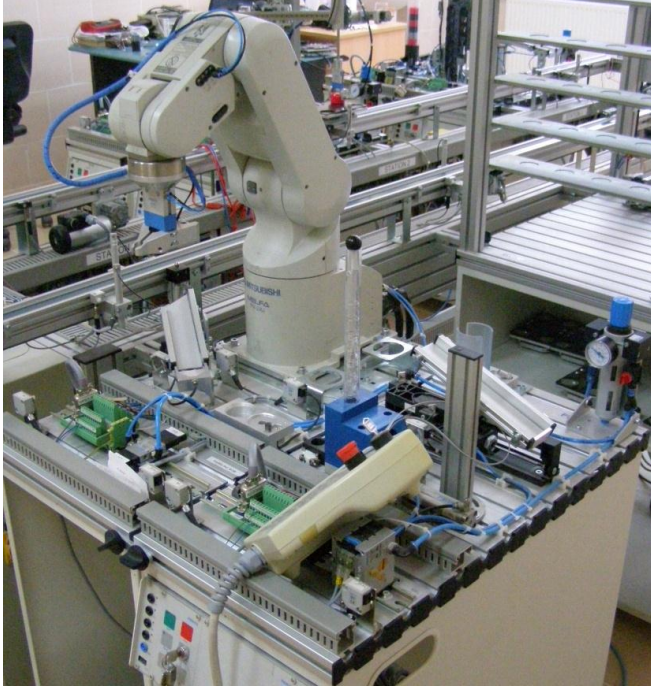


Şekil 2. 11. Taşıma istasyonu

#### 2.2.5. Robot montaj istasyonu

Robot birleştirme istasyonunda işlenmiş parçaların montaj işlemi gerçekleştirilir. Bu istasyonda 5 eksenli bir endüstriyel robot kullanılmıştır. Gelen iş parçalarının rengi algılanarak uygun parçaların montajı yapıldıktan sonra parça tekrar taşıma bandına yerleştirilir. Robot taşıma bandı üzerinde çalışıyor ise iş parçası tamamlanınca taşıma bandı tekrar hareket eder. Aşağıdaki şekilde robot birleştirme istasyonu gösterilmiştir (Şekil 2.12).

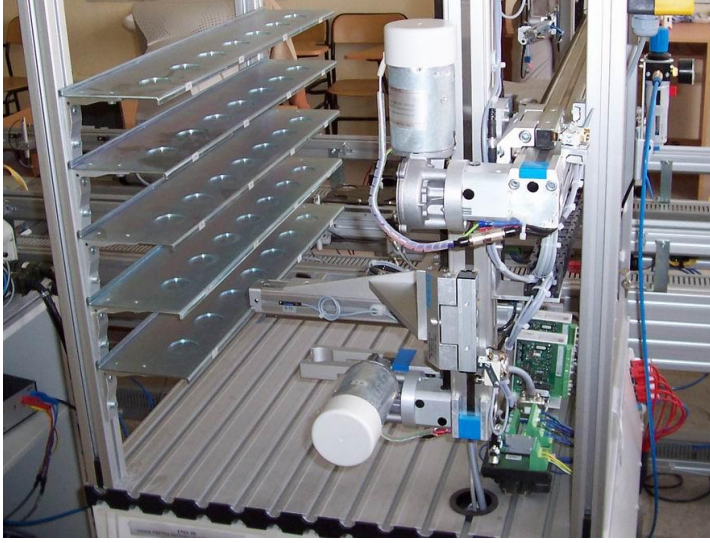




Şekil 2. 12. Robot montaj istasyonu

### **2.2.6. AS/RS (Automated Storage and Retrieval System) istasyonu**

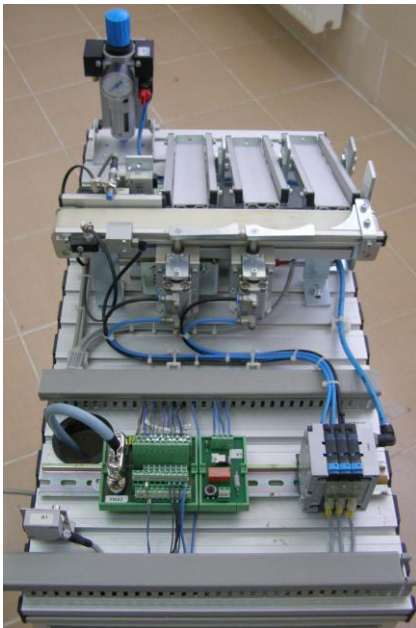
AS/RS manuel ve uzaktan kumanda sistemlerinin yerine tasarlanan otomatik stoklama sistemleridir. Amacı doğru; malzemeyi, doğru zamanda, doğru yere ulaştırmaktır. Malzeme depoda tutulur ve gerektiğinde kullanım zamanına en yakın zamanda kullanım alanına ulaştırılır. AS/RS sistemi hassas konum kontrolü yapabilen X, Y ve Z ekseninde doğrusal hareket eden tutma ve kaldırma işlemini yapan, hem bilgisayar kontrollü hem de öğretim sistemine sahip malzeme stoklama sistemidir. Aşağıdaki şekilde AS/RS istasyonu gösterilmiştir (Şekil 2.13).



Şekil 2. 13. AS/RS istasyonu

### 2.2.7. Sınıflandırma istasyonu

Sınıflandırma istasyonunda üretilen ürünlerin çeşitli özelliklerine göre sınıflandırılarak ayrılması işlemi gerçekleştirilir. Bu istasyonda üretilen parçaların konveyörün başına yerleştirilmiş sensörler yardımı ile renkleri belirlenerek ilgili alana pistonlar yardımı ile ayrılması işlemi gerçekleştirilmektedir. Aşağıdaki şekilde sınıflandırma istasyonu gösterilmiştir (Şekil 2.14).



Şekil 2. 14. Sınıflandırma istasyonu

### 2.2.8. Taşıma bandı

İstasyonlar arasındaki malzeme akışı, taşıma bandı ile gerçekleştirilir. Bantlar 4 adet AC motor ile sürülmektedir. Motorlar kontrol panosuna yerleştirilen inverter ile kontrol edilmektedir. Aşağıdaki şekilde istasyonlar arası malzeme taşınmasında kullanılan taşıma bandı verilmiştir (Şekil 2.15).



Şekil 2. 15. Taşıma bandı

### 2.3. Esnek Üretim Sisteminde Kullanılan Aktuatör, Sensörler ve Bileşenler

Bu bölümde esnek üretim sisteminde kullanılan aktuatör ve sensörler maddeler halinde verilmiş ve bunların dışında kullanılanlar hakkında kısa bilgiler verilmiştir.

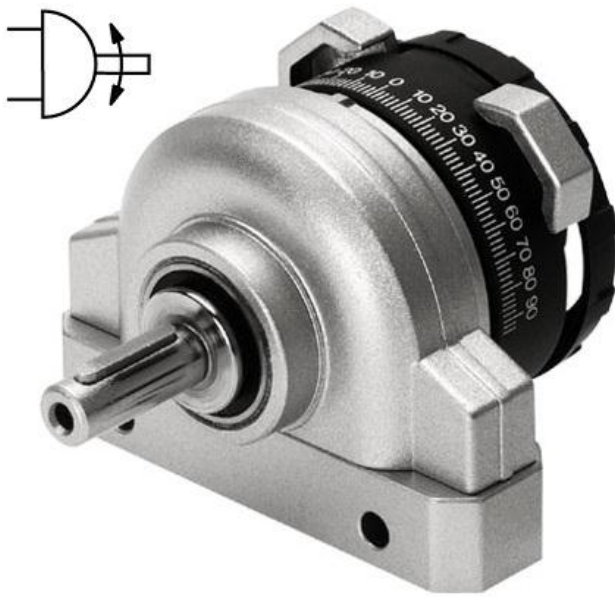
Bunlar;

- Elektriksel Sınır Anahtarı
- Reed Kontak Yaklaşım Sensörü
- İndüktif Yaklaşım Sensörü
- Karşılıklı Optik Sensör
- Reflektörlü Sensör
- Cisimden Yansımali Sensör

– Kapasitif Yaklaşım Sensörü

### 2.3.1. Yarı döner pnömatik sürücü

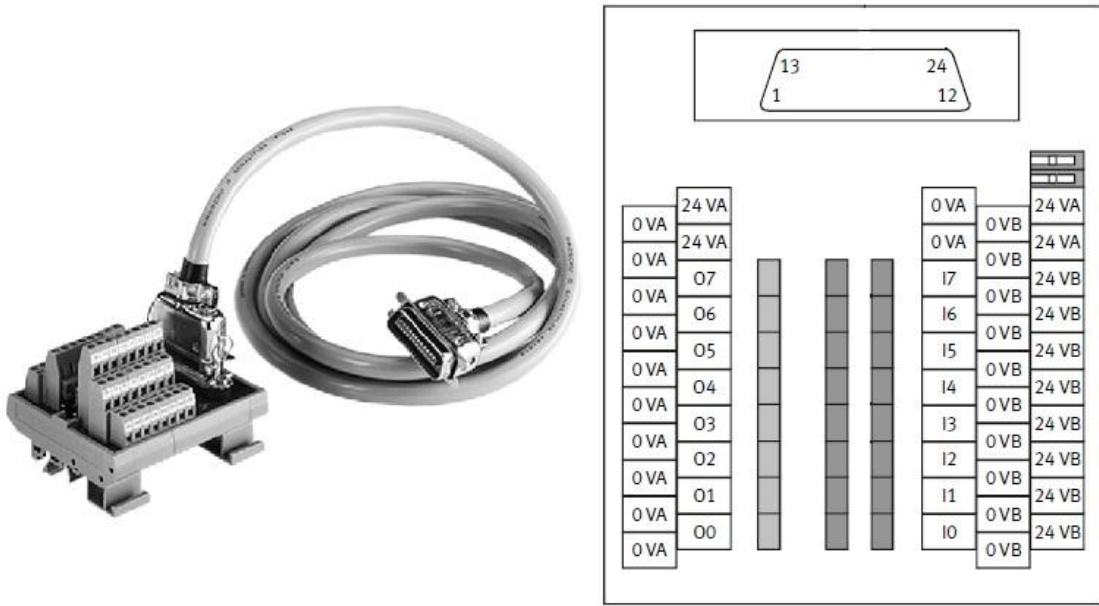
Bu sürücülerde kuvvet doğrudan döner pervane ile tahrik miline iletilmektedir. Dönme açısı 0-184 derece arasında ayarlanabilmektedir. Aşağıdaki şekilde FMS' de kullanılan yarı döner pnömatik sürücü pnömatik gösterim sembolü ile birlikte verilmiştir (Şekil 2.16).



Şekil 2. 16. Yarı döner pnömatik sürücü

### 2.3.2. I/O terminali

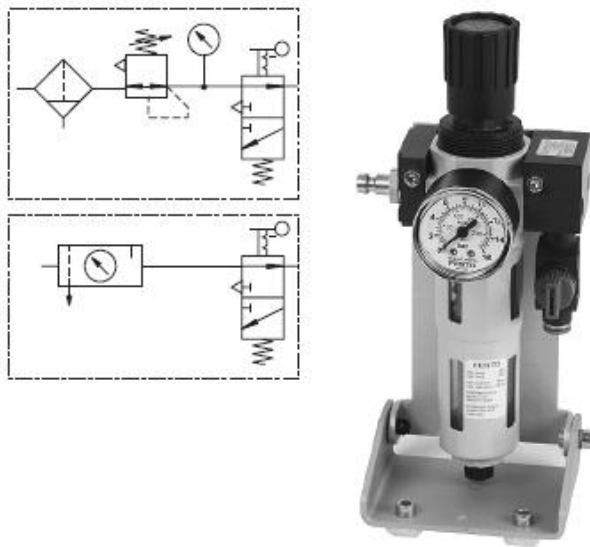
I/O terminali 8 giriş, 8 çıkış ve sensor - aktuatörler için 24V besleme terminallerinden oluşmaktadır. Aşağıdaki şekilde terminalin bağlantı uçları ve görünümü verilmiştir (Şekil 2.17).



Şekil 2. 17. I/O terminali

### 2.3.3. İstasyon hava açma-kapama valfi

Bu valf basınçlı havayı temizleyerek havanın basıncını ayarlamakta ve meydana gelen basınç dalgalanmalarını engellemektedir. 3/2 valf ile istasyona gelen hava açılıp kapatılabilmekte ve ayarlanan basınç bir göstergede görülebilmektedir. Aşağıda pnömatik devresi ve resmi verilmiştir (Şekil 2.18).



Şekil 2. 18. Hava açma kapama valfi

### 2.3.4. Analog deplasman sensörü

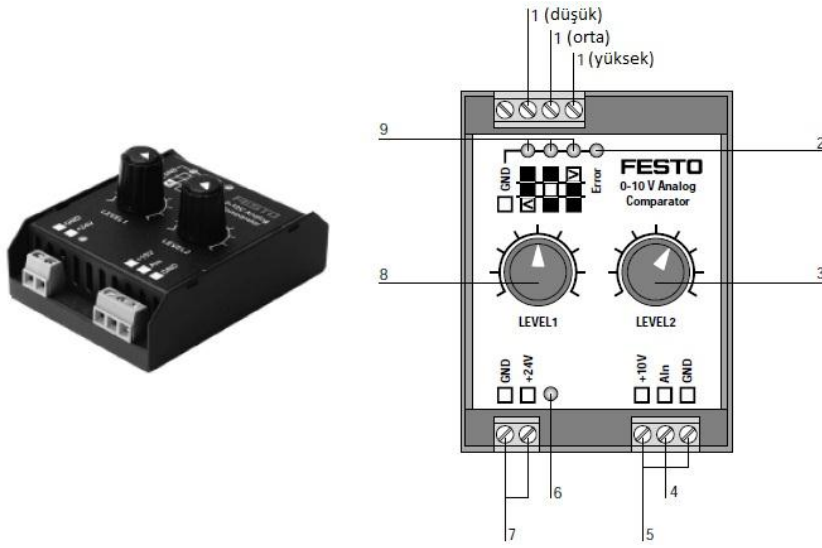
Ürünlerin yüksekliğini ölçmede kullanılan bu sensör bir potansiyometreden oluşmuştur. 0-25 mm yükseklik ölçebilen bu sensörde potansiyometreye uygulanan gerilim bu yüksekliğe göre % 0-100 arasında değişen gerilime çevrilmiştir. Aşağıdaki şekilde iş parçalarının yüksekliğini ölçmede kullanılan sensör gösterilmiştir (Şekil 2.19).



Şekil 2. 19. Analog deplasman sensörü

### 2.3.5. Analog karşılaştırıcı

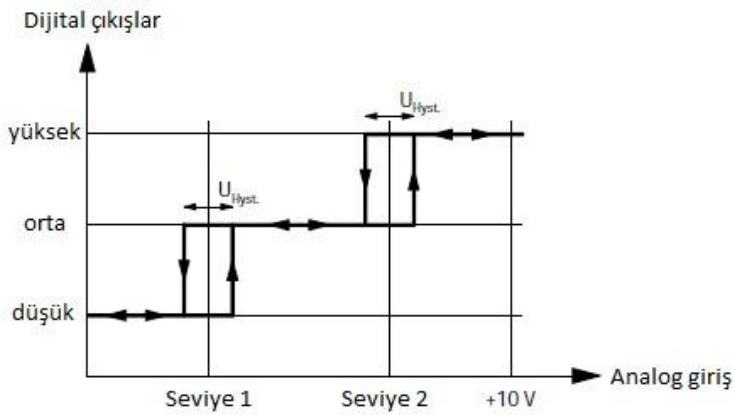
Analog deplasman sensörü ile ölçülen yükseklik bilgisi analog karşılaştırıcı ile değerlendirilerek dijital bilgiye çevrilmiştir. Ölçülen analog gerilim 3 farklı dijital çıkışa çevrilmiştir. Eşik değerleri karşılaştırıcının üzerinde bulunan iki potansiyometre ile ayarlanabilmektedir. Aşağıdaki şekilde analog karşılaştırıcı ile üzerindeki bileşenler ve bunların açıklaması verilmiştir (Şekil 2.20).



Şekil 2. 20. Analog karşılaştırıcı

- 1: Dijital çıkışlar
- 2: Dijital çıkış hatası
- 3: Üst eşik potansiyometresi
- 4: Analog giriş
- 5: Analog deplasman sensörü için referans gerilim
- 6: Harici çalışma gerilimi göstergesi
- 7: Harici çalışma gerilimi
- 8: Alt eşik potansiyometresi
- 9: Dijital çıkışların anahtarlama durumlarının göstergesi

Analog giriş ve ayarlanan seviye (eşik) değerlerine göre analog karşılaştırıcının dijital çıkışlarının durumları şekilde verilmiştir (Şekil 2.21).



Şekil 2. 21. Ayarlanan eşik değerlerine göre analog karşılaştırıcının çıkışlarının durumu

#### 2.4. Esnek Üretim Sisteminde Üretimi Yapılan Piston Modeli

FMS' de üç farklı iş parçası işlenerek ve montajı yapılarak pnömatik piston üretimini gösteren işlemler yapılmaktadır. Kırmızı, siyah ve alüminyum olan bu iş parçalarında kırmızı ve alüminyum parçaların yükseklikleri 25 mm ve siyah parçanın yüksekliği ise 22.5 mm dir. İş parçalarının dış çapı ise 40 mm' dir. Aşağıdaki şekilde üretimde kullanılan üç farklı iş parçası gösterilmiştir (Şekil 2.22).



Şekil 2. 22. Üretimde kullanılan iş parçaları

İş parçaları farklı yükseklikte ve renkte oldukları için işlenmesi ve montajı farklı olmaktadır. Aşağıdaki şekillerde siyah, kırmızı ve metal iş parçalarının montajında kullanılan malzemeler verilmiştir (Şekil 2.23 ve Şekil 2.24).





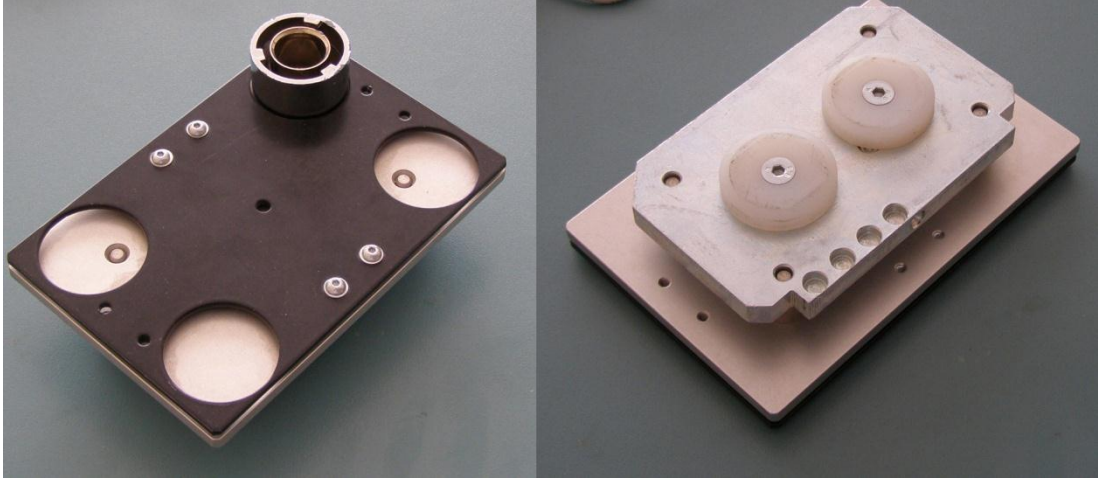
Şekil 2. 23. Siyah iş parçası ve piston üretiminde kullanılan parçalar



Şekil 2. 24. Kırmızı ve metal iş parçası ve piston üretiminde kullanılan parçalar

## 2.5. Taşıyıcı Araba

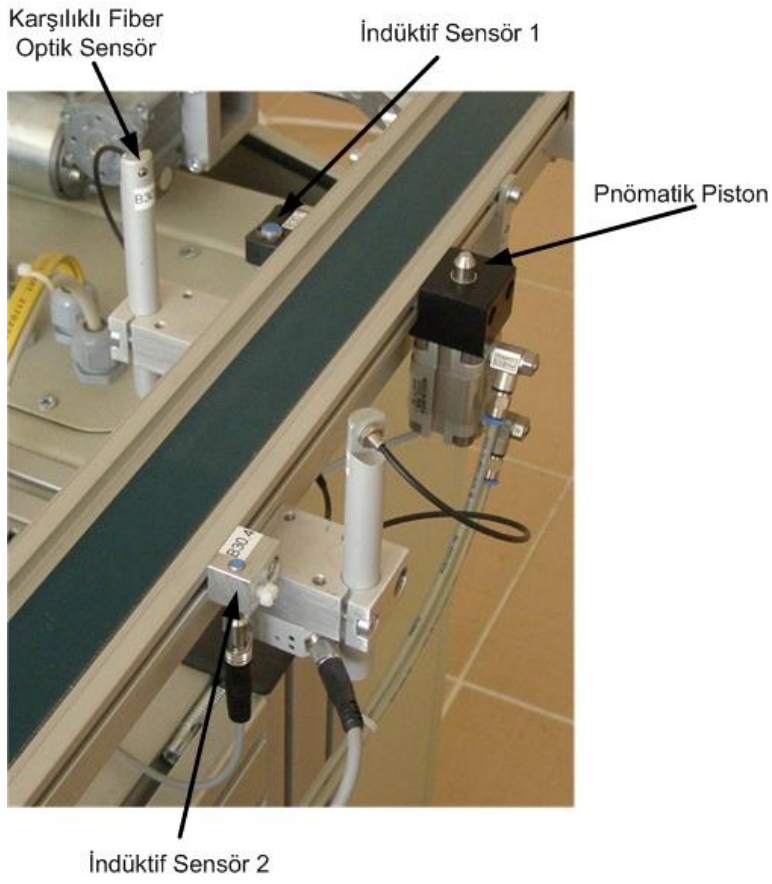
Aşağıdaki şekilde iş parçasının taşıyıcı bant ile istasyonlar arasında taşınmasında kullanılan arabanın alt ve üst görüntüleri verilmiştir (Şekil 2.25). Her taşıyıcı arabanın numarası altındaki oyukların indüktif sensörle algılanması sonucu belirlenmektedir.



Şekil 2. 25. Taşıyıcı araba

## 2.6. Taşıma Bandı İstasyon Durakları

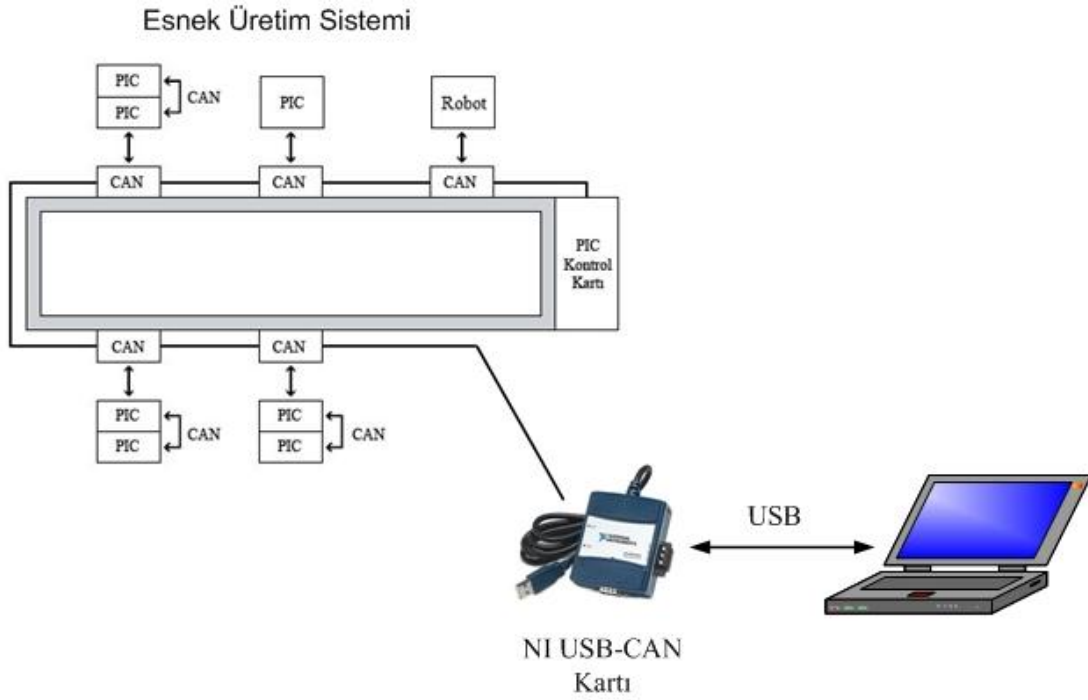
Taşıma bandında 6 adet istasyon durağı bulunmaktadır. İstasyonların durumuna göre taşıyıcı arabanın hareketine karar verilmektedir. Üretim sistemi çok farklı kombinasyonlarda çalıştırılabileceği için eğer istasyonlar hazır değil ise o istasyonun bulunduğu duraklarda taşıyıcı araba bekletilmeden diğer istasyona gönderilmektedir. İstasyonlar hazır ise ilgili durakta taşıyıcı arabalar durdurulmakta ve gerekli işlem tamamlandığında diğer durağa gönderilmektedir. Aşağıda istasyon duraklarında bulunan sensör ve aktuatörler verilmiştir (Şekil 2.26). Karşılıklı fiber optik sensör ile taşıyıcı arabada iş parçası olup olmadığı, indüktif sensör 1 ile taşıyıcı arabanın istasyona geldiği, indüktif sensör 2 ile taşıyıcı arabanın numarası algılanmakta ve pnömomatik piston ile taşıyıcı arabanın istasyonda durdurulması sağlanmaktadır.



Şekil 2. 26. Taşıma bandı istasyon durakları

## BÖLÜM 3. ESNEK ÜRETİM SİSTEMİ İÇİN GELİŞTİRİLEN KONTROL ALTYAPISI

Bu bölümde FMS istasyonlarının kontrolü için geliştirilen kontrol kartları ve kullanılan bileşenler tanıtılmıştır. Aşağıda, geliştirilen kontrol altyapısının blok diyagramı verilmiştir (Şekil 3.1).

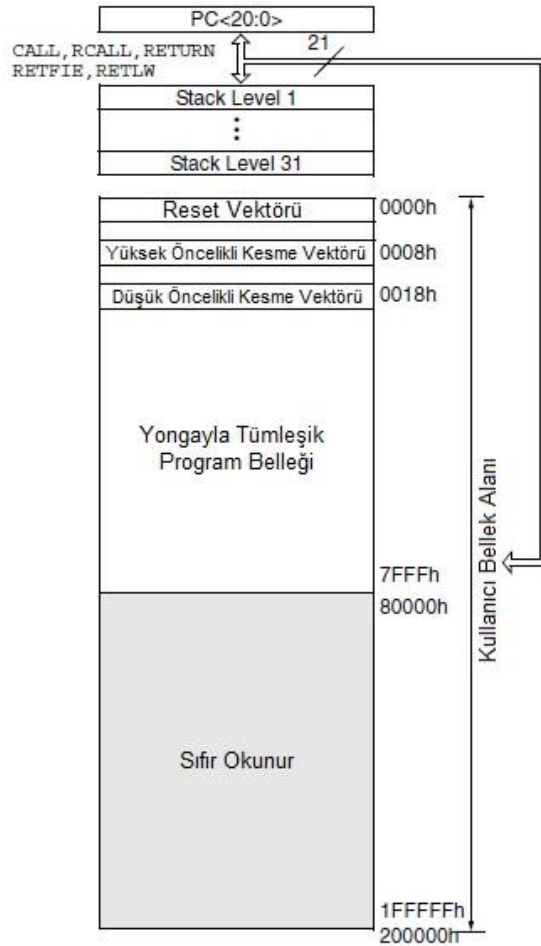


Şekil 3. 1. Geliştirilen kontrol yapısı

### 3.1. PIC 18F4580 Mikrokontrolörü

İstasyonların kontrolünü sağlamak için PIC 18F4580 mikrokontrolörü seçilmiştir. Microchip firması tarafından üretilen bu mikrokontrolör içerisinde bulundurduğu ECAN (Enhanced Controller Area Network) modülü sayesinde CAN ağı uygulamalarında kolaylıkla kullanılabilir. 8 bitlik bir mikro denetleyici olan

PIC 18F4580, 32768 Bayt program belleği, 1536 Bayt Data belleği ve 256 Byte Data EEPROM' a sahiptir. Ek B' de blok diyagramı ve aşağıdaki şekilde 18F4580 mikrokontrolörünün program belleği haritası verilmiştir (şekil 3.2).



şekil 3. 2. 18F4580 program bellek haritası

PIC 18F4580 mikrokontrolörü üzerinde bulunan ECAN modülü PIC18CXX8 ve PIC18FXX8 ürünlerinde bulunan CAN modülleri ile tamamen uyumludur. CAN modülü, seri bir ara yüz olup, diğer çevre elemanları ve mikro denetleyicilerle haberleşme işlemlerinde kullanılmaktadır. Bu modül, gürültülü ortamlarda seri haberleşmenin sağlanabilmesi amacıyla tasarlanmıştır. CAN protokolü içerisindeki CAN 1.2, CAN 2.0A, CAN 2.0B Pasif ve CAN 2.0 Aktif versiyonlarını desteklemektedir ve Full CAN yapıya sahiptir [57]. Ek C' de ECAN modülünün CAN tamponları ve protokol motorunun blok diyagramı verilmiştir.

### ECAN Modül özellikleri;

- CAN 1.2, CAN 2.0A ve CAN 2.0B protokollerinin gerçekleştirilmesi
- DeviceNet™ data byte filtre desteği
- Standart ve Extended Data Frame desteği
- 0-8 byte data uzunluğu
- 1 Mbit/s e kadar programlanabilir bit rate
- CAN modülleriyle tamamen uyumluluk
- 3 operasyon modu:
  - Mod 0 – Legacy modu,
  - Mod 1 – DeviceNet desteği ile gelişmiş Legacy modu,
  - Mod 2 – DeviceNet desteği ile FIFO modu
- Remote çerçeveleri otomatik işleme desteği
- Çift tamponlu alıcı
- RX ve TX mesaj tamponu olarak programlanabilen 6 tampon
- Dört maskeden birine bağlanabilen 16 adet kabul filtresi
- Herhangi bir filtreye atanabilen iki tam kabul filtre maskeleri
- Kabul filtresi veya kabul filtre maskesi olarak kullanılabilen bir tam kabul filtresi
- Uygulama belirtilen önceliklendirme ve iptal yeteneği olan üç özel verici tampon
- Programlanabilir wake-up fonksiyonu
- Öz sınıma işlevi için programlanabilir Loopback modu
- Programlanabilir saat sinyali kaynağı
- Tüm CAN alıcı verici hata durumları için kesme yeteneği
- Düşük güçlü uyku modu

CAN bus modülü bir protokol motoru ve mesaj tamponlama ve kontrol sisteminden oluşmuştur. CAN protokol motoru CAN bus üzerindeki mesajları alma ve gönderme işlemlerini otomatik olarak gerçekleştirmektedir. Uygun data yazmacına yüklenen

mesajlar ilk olarak iletilmektedir. Durum ve hatalar ilgili data yazmaçları okunarak kontrol edilebilmektedir. CAN modülü aşağıdaki data çerçevelerini desteklemektedir;

- Standard data frame
- Extended data frame
- Remote data frame
- Error frame
- Overload frame

CAN modülü 6 adet çalışma moduna sahiptir, bunlar;

- Konfigürasyon modu
- Devre dışı modu
- Normal işletim modu
- Sadece dinleme modu
- Loopback modu
- Hata tanıma modu

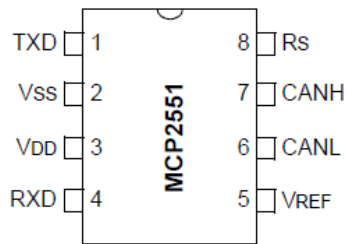
Konfigürasyon modunda CAN modülünün başlatılması için gerekli ayarlamalar yapılmaktadır. Konfigürasyon kaydedicileri, mesaj kabul maske kaydedicileri ve mesaj kabul filtre kaydedicileri ancak CAN modülü konfigürasyon modunda iken değiştirilebilmektedir. Konfigürasyon modunda iken modül mesaj gönderememekte ve alamamaktadır. Devre dışı modunda ise modül mesaj iletememekte ve alamamaktadır. Normal mod ise CAN modülünün standart işletim modudur. Bu modda modül aktif olarak tüm CAN mesajlarını dinler ve mesaj gönderebilir. Sadece dinleme modunda ise modül ağdaki tüm mesajları alır fakat herhangi bir mesaj göndermez. Bu mod ağ gözetleme ve baud hızını tespit işlemleri için kullanılabilir. Loopback modunda mesajlar gerçekten CAN ağına gönderilmeden verici tampondan alıcı tampona gönderilmektedir. Bu mod sistem geliştirme ve test işlemlerinde kullanılabilir. Hata tanıma modunda ise modül tüm hataları göz ardı ederek her mesajı almaktadır.

### 3.2. PIC 18F2585 Mikrokontrolörü

Taşıma bandının ve taşıma bandındaki istasyon duraklarının kontrolünde PIC 18F2585 mikrokontrolörü kullanılmıştır. PIC 18F4580 mikrokontrolörü ile aynı özelliklere sahip olan 18F2585 pin sayısı ve hafıza bakımından farklı üretilmiştir. Ek D' de blok diyagramı verilmiştir [58].

### 3.3. MCP 2551 CAN Transceiver

MCP 2551 entegresi CAN protokol kontrolör ile fiziksel ağ arasında arayüz oluşturan bir aygıttır. 12 V ve 24 V sistemler için uygundur. 1 Mb/s ye kadar işlem hızını desteklemektedir. Aşağıdaki şekilde MCP 2551' in bacak bağlantıları ve Tablo 3.1' de özellikleri verilmiştir (Şekil 3.3) [59].



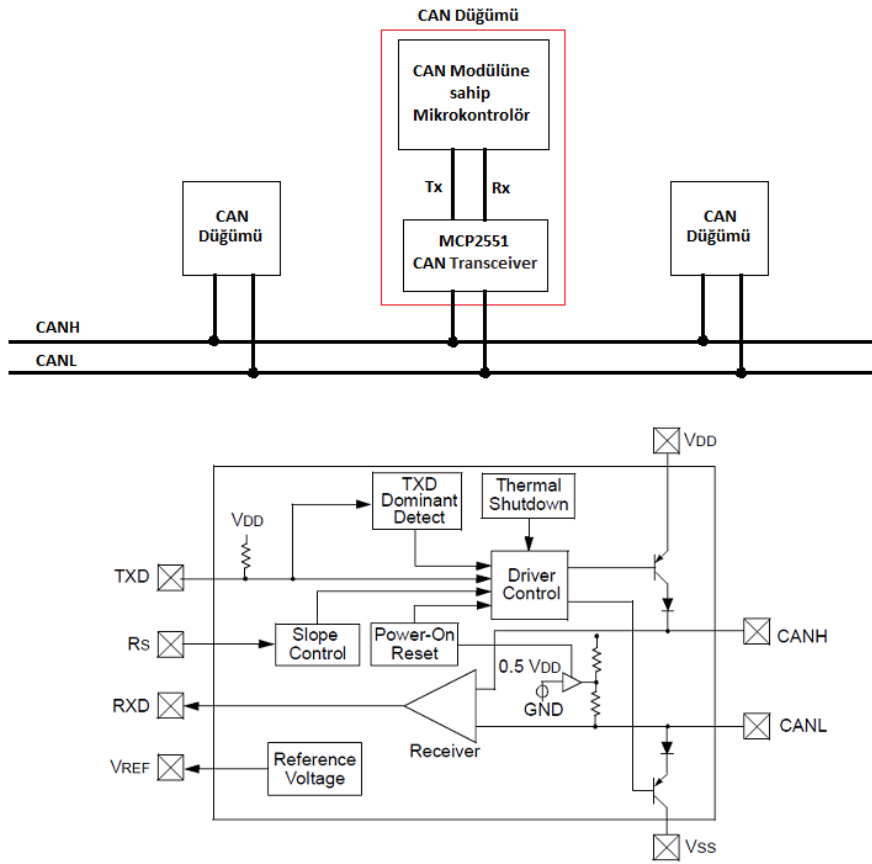
Şekil 3. 3. MCP 2551 Pin Bağlantıları

Tablo 3. 1. MCP 2551 pinleri ve fonksiyonları

| Bacak Numarası | Bacak Adı       | Bacak fonksiyonu               |
|----------------|-----------------|--------------------------------|
| 1              | TXD             | İletilecek veri girişi         |
| 2              | V <sub>SS</sub> | Toprak                         |
| 3              | V <sub>DD</sub> | Besleme gerilimi               |
| 4              | RXD             | Gelen veri çıkışı              |
| 5              | VREF            | Referans çıkış gerilimi        |
| 6              | CANL            | CAN düşük düzeyli gerilim I/O  |
| 7              | CANH            | CAN yüksek düzeyli gerilim I/O |
| 8              | Rs              | Slope kontrol girişi           |

Aşağıda mikrokontrolör ve MCP 2551' in CAN ağına bağlantısı ve blok diyagramı verilmiştir (Şekil 3.4).





Şekil 3. 4. Mikrokontrolör ve MCP2551'in CAN ağına bağlantısı ve blok diyagramı

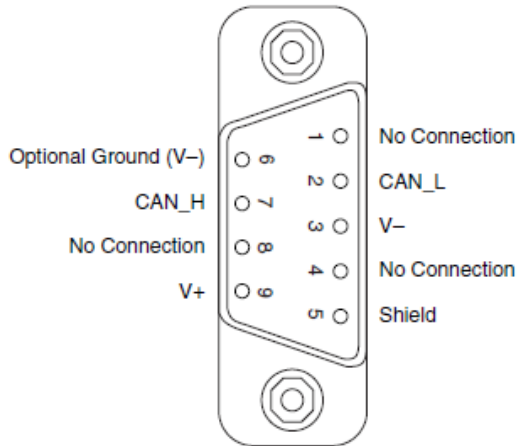
### 3.4. NI USB-8473s CAN-USB Arayüz Kartı

Kendi aralarında CAN ağı ile haberleşecek olan istasyonların bir bilgisayar aracılığı ile gözlemlenmesi ve istenilen istasyonun CAN üzerinden programlanmasını sağlamak amacıyla bilgisayar ile kontrol sistemi arasında CAN-USB arayüzü oluşturmak için NI USB-8473s cihazı seçilmiştir. National Instruments firmasının USB-8473s modülü CAN ağlarını ve cihazlarını bilgisayara bağlamak için kullanılmaktadır. Bu cihaz CAN 2.0A (11-bit) ve CAN 2.0B (29-bit) versiyonları desteklemektedir. Maksimum aktarım hızı 1 Mbits/s ve minimum aktarım hızı 40 kbits/s dir. Aşağıda CAN - USB Arayüz kartı verilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3. 5. NI USB-8473s CAN - USB Arayüz kartı

CAN-USB arayüz kartı dahili bir DC-DC aracılığıyla USB üzerinden enerjisini almaktadır ve 500 VDC gerilime dayanacak kadar (2 s maks.) optik olarak izole edilmiştir. Bu izolasyon ile CAN-USB donanımı ve ona bağlı bilgisayarlar korunmaktadır. CAN-USB donanımında Philips TJA1041 Yüksek Hızlı CAN alıcı-vericisi kullanılmıştır. Aşağıdaki şekilde CAN-USB donanımının 9 pin konnektör bağlantıları verilmiştir (Şekil 3.6) [60].



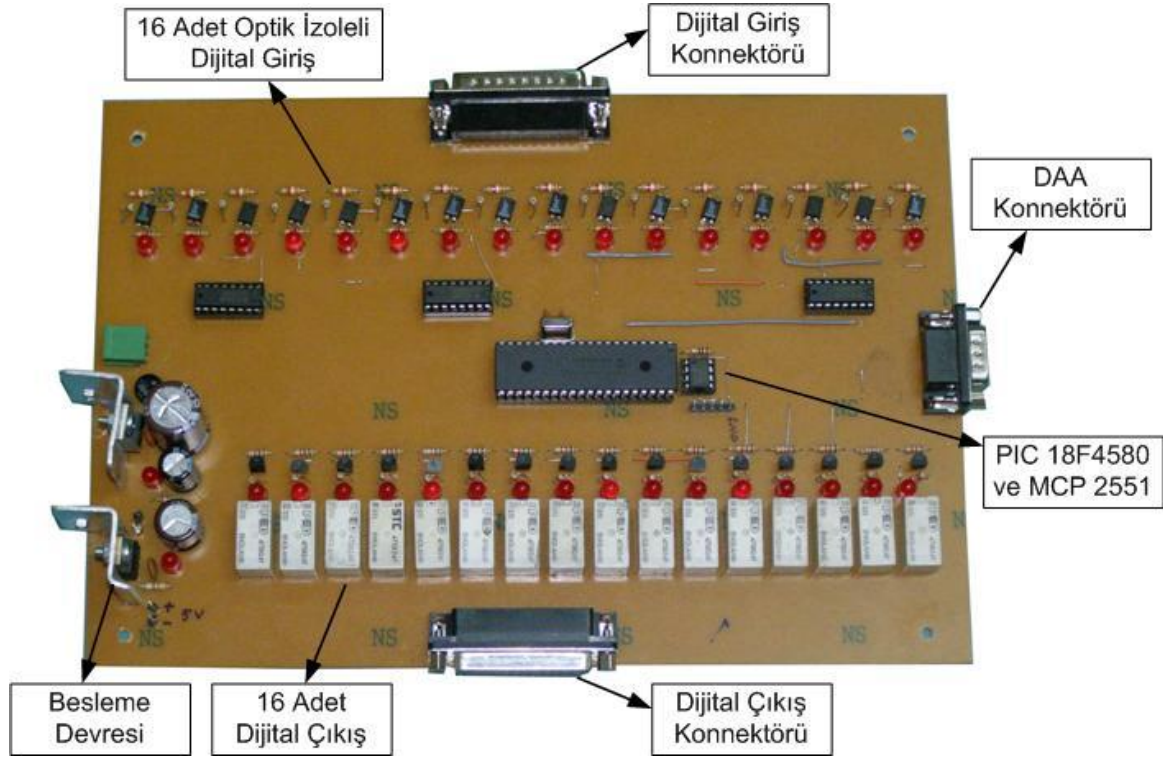
Şekil 3. 6. NI USB-8473s CAN - USB kartı pin bağlantıları

### 3.5. İstasyonların Kontrolü Amacıyla Tasarlanan Mikrokontrolör Kartı

İstasyonların kontrolünü sağlamak için mikrokontrolör tabanlı 16 dijital giriş 16 dijital çıkıştan oluşan kontrol kartı tasarlanmıştır. Mikrokontrolörün donanımsal özellikleri göz önüne alınarak belirlenen dijital girişler, çıkışlar, CAN ağı pinleri ve diğer pin bağlantıları Tablo 3.2' de verilmiştir. Kartın dijital girişleri optik izoleli, çıkışları ise 24 V röle çıkışlı olarak tasarlanmıştır. Aşağıda tasarlanan kontrol kartı verilmiştir (Şekil 3.7).

Tablo 3. 2. İstasyonların kontrol kartlarının giriş, çıkış ve diğer pin bağlantıları

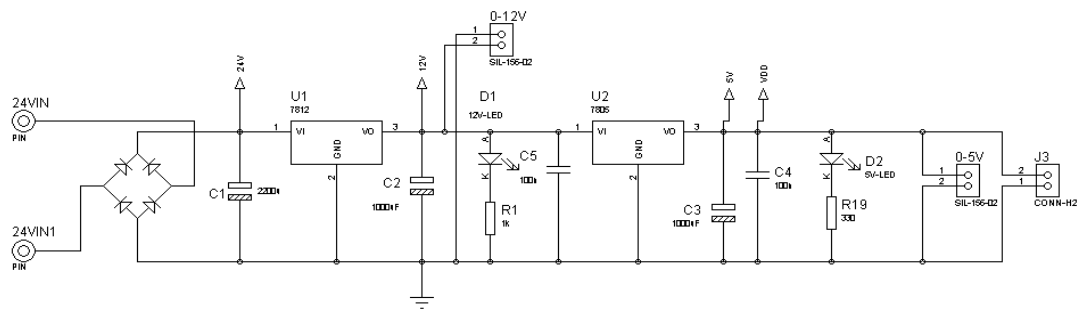
| Dijital Girişler | Dijital Çıkışlar | CAN Ağı   | Diğer            |
|------------------|------------------|-----------|------------------|
| RA0              | RB0              | RB2-CANTX | RA6-OSC2         |
| RA1              | RB1              | RB3-CANRX | RA7-OSC1         |
| RA2              | RB4              |           | Pin 11- $V_{DD}$ |
| RA3              | RB5              |           | Pin 12- $V_{SS}$ |
| RA4              | RB6              |           | Pin 32- $V_{DD}$ |
| RA5              | RB7              |           | Pin 31- $V_{SS}$ |
| RC0              | RC4              |           |                  |
| RC1              | RC5              |           |                  |
| RC2              | RC6              |           |                  |
| RC3              | RC7              |           |                  |
| RD0              | RD2              |           |                  |
| RD1              | RD3              |           |                  |
| RE0              | RD4              |           |                  |
| RE1              | RD5              |           |                  |
| RE2              | RD6              |           |                  |
| RE3              | RD7              |           |                  |



Şekil 3. 7. İstasyonlar için tasarlanan kontrol kartı

### 3.5.1. Besleme devresi

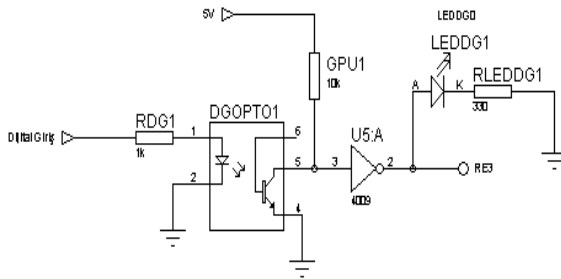
Aşağıda kontrol kartı için tasarlanan besleme devresi görülmektedir (Şekil 3.8). Güç devresi giriş 24 V AC veya DC olabilmekte ve çıkışından ise 12 V ve 5 V DC gerilim vermektedir.



Şekil 3. 8. Kontrol kartı besleme devresi

### 3.5.2. Dijital giriş devresi

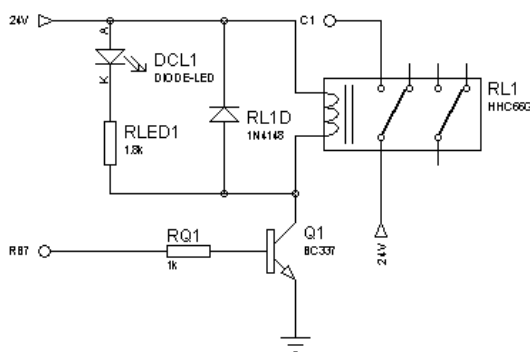
Girişler, FMS' in mevcut yapısı düşünülerek endüstriyel uygulamalara uygun olarak optik izolatörlerle yalıtılmıştır. Dijital giriş gerilimi 24 V' a kadar uygun olacak şekilde tasarlanmıştır. Aşağıda her bir dijital girişte bulunan izolasyon devresi verilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3. 9. Dijital giriş devresi

### 3.5.3. Dijital çıkış devresi

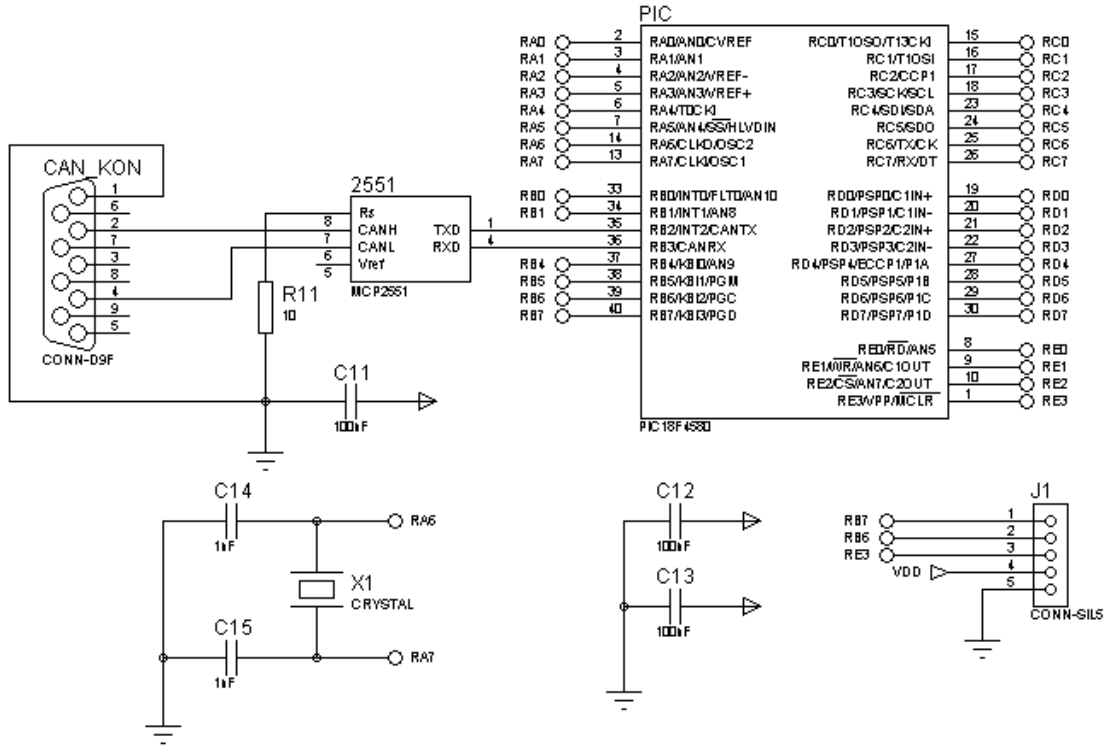
Çıkışlar yine FMS' nin mevcut yapısı düşünülerek endüstriyel uygulamalara uygun olarak röle çıkışlı olarak tasarlanmıştır. Dijital çıkış gerilimi DC 24 V dur. Aşağıda dijital çıkışlarda kullanılan devre verilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3. 10. Dijital Çıkış Devresi

### 3.5.4. Mikrokontrolör ve MCP2551 devresi

Mikrokontrolör ve MCP2551 entegresinin bağlantı devresi aşağıda verilmiştir (Şekil 3.11). Diğer kontrol kartları ile CAN ağı üzerinden iletişimin sağlanması için MCP2551 entegresinin CANH ve CANL uçları 9 pinlik bir konnektöre bağlanmıştır.



Şekil 3. 11. Mikrokontrolör ve MCP2551 bağlantı devresi

### 3.6. Taşıma Bandı Kontrol Kartı

Taşıma bandının kontrolü için tasarlanan kartta 8 dijital giriş, 8 dijital çıkış bulunmaktadır. Aşağıda kontrol panosuna yerleştirilmiş kontrol kartı verilmiştir (Şekil 3.12). Bu kartta 18F2585 kontrolörü kullanılmıştır.



Şekil 3. 12. Taşıma bandı kontrol kartı

Kontrol panosundaki butonlar ile taşıma bantlarının kontrolü bu kontrol kartı ile sağlanmaktadır. Taşıma bantlarının hareketi 4 adet asenkron motor ile sağlanmaktadır. Bu motorlar kontrol panosundaki inverter ile sürülmüştür. Tablo 3.3' de kontrol kartının giriş, çıkış ve diğer bağlantıları verilmiştir.

Tablo 3. 3. Taşıma bandı kontrol kartı pin bağlantıları

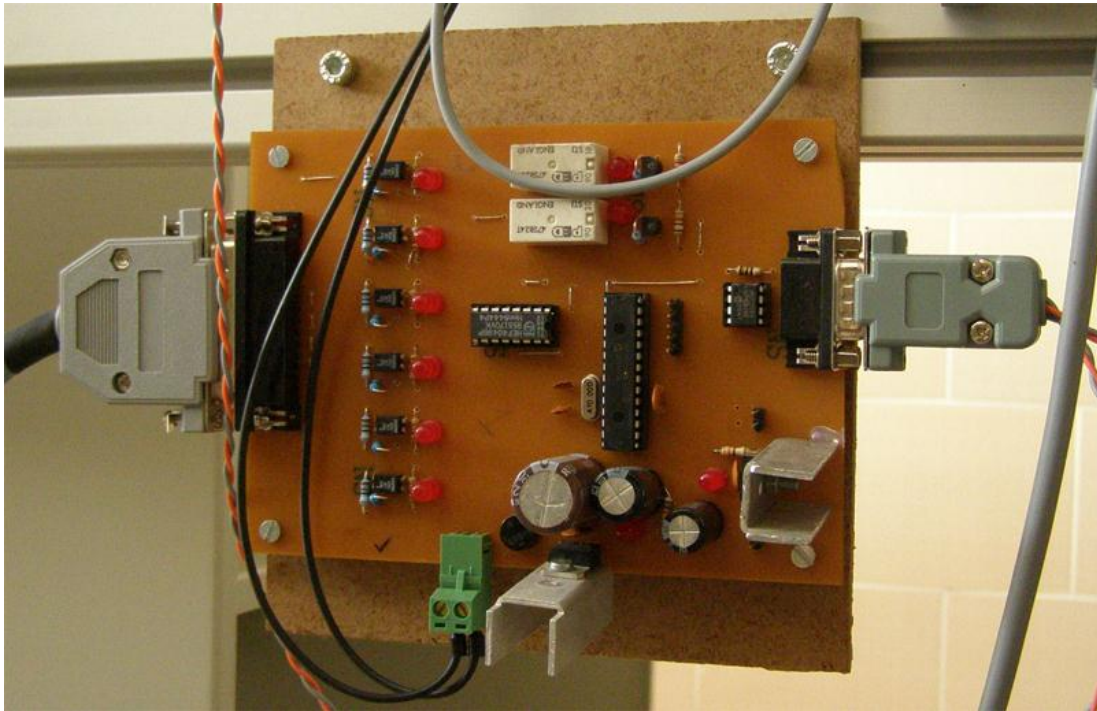
| Dijital Girişler | Dijital Çıkışlar | CAN Ağı   | Diğer            |
|------------------|------------------|-----------|------------------|
| RA0              | RB0              | RB2-CANTX | RA6-OSC2         |
| RA1              | RB1              | RB3-CANRX | RA7-OSC1         |
| RA2              | RB4              |           | Pin 20- $V_{DD}$ |
| RA3              | RB5              |           | Pin 19- $V_{SS}$ |
| RA4              | RB6              |           | Pin 8- $V_{SS}$  |
| RA5              | RB7              |           |                  |
| RC2              | RC6              |           |                  |
| RC3              | RC7              |           |                  |

### 3.7. Taşıma Bandı İstasyon Durakları Kontrol Kartı

Taşıma bandındaki istasyon duraklarının kontrolünü sağlamak amacıyla 6 dijital giriş ve 2 dijital çıkıştan oluşan kart tasarlanmıştır. Tablo 3.4' de kartın giriş, çıkış ve diğer bağlantıları verilmiştir. İlgili istasyon ile CAN ağı üzerinden haberleşerek iş parçasının istasyona aktarılmasını veya istasyondan taşıma bandına alınmasını sağlamaktadır. Eğer ilgili istasyon aktif halde çalışır durumda değilse taşıma arabasının duraktan beklemeden geçmesi sağlanmaktadır. Aşağıda kontrol kartının şekli verilmiştir (Şekil 3.13).

Tablo 3. 4. İstasyon durakları kontrol kartı pin bağlantıları

| Dijital Girişler | Dijital Çıkışlar | CAN Ağı   | Diğer      |
|------------------|------------------|-----------|------------|
| RA0              | RB6              | RB2-CANTX | RA6-OSC2   |
| RA1              | RB7              | RB3-CANRX | RA7-OSC1   |
| RA2              |                  |           | Pin 20-VDD |
| RA3              |                  |           | Pin 19-VSS |
| RA4              |                  |           | Pin 8-VSS  |
| RA5              |                  |           |            |



Şekil 3. 13. İstasyon durakları kontrol kartı

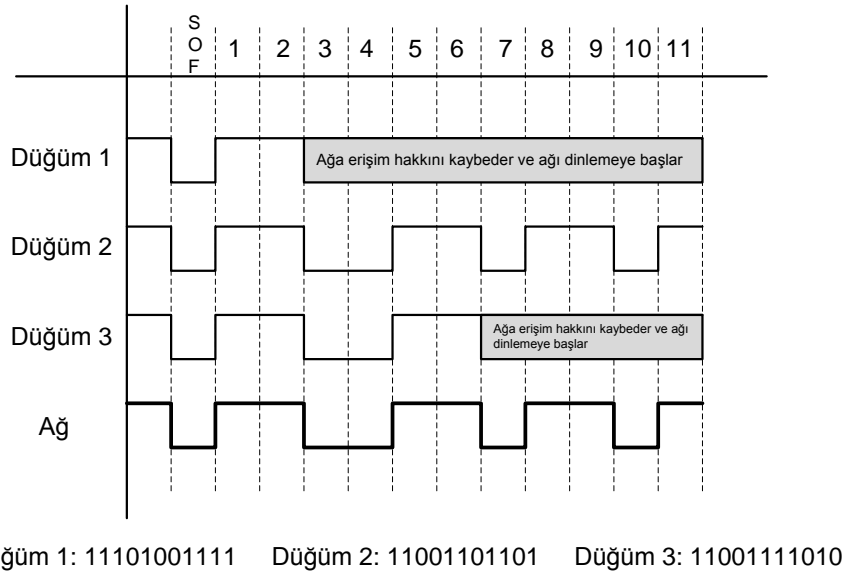


### 3.8. CAN Bus

Denetleyici alan ağı Alman otomotiv sistem tedarikçisi Robert Bosch tarafından 1980'lerin ortalarında otomotiv uygulamalarında güçlü seri iletişim sağlamak için oluşturulmuştur. Hedef; otomobilleri daha güvenilir ve daha yakıt tasarruflu hale getirmek iken kablolu ağırlığını ve karmaşasını azaltmaktır. Gelişiminden bu yana CAN protokolü, endüstriyel otomasyon ve otomotiv uygulamalarında yaygın bir kullanım kazanmıştır [61]. CAN, iletişim ortamına erişim yöntemi olarak, bit öncelikli yapı ile Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) kullanır. Bu yöntem, mesajların çarpışmamasını garanti etmekle beraber, iletişim hattının uzunluğunu sınırlandırır. Dolayısıyla, CAN düğümler 1 Mbit/s veri iletim hızı ile 40 m ve 40 Kbit/s veri iletim hızı ile 1000 m'lik bir veri yolu üzerinden bağlanabilirler [62]. CAN protokolü adres yerine mesaj tabanlı bir protokoldür. Bunun anlamı mesajlar bir düğümden diğer düğüme adres tabanlı olarak gönderilmezler. Sistemdeki tüm düğümler ağa gönderilen her mesajı alabilmektedir. Sistemdeki düğümler gelen mesajların bir işleme tabi tutulup tutulmayacağına kendileri karar vermektedirler. CAN protokolünün yararlı bir özelliği ise bir düğümün diğer bir düğümden bilgi isteyebilmesi olanağıdır. Mesaj tabanlı protokollerin diğer bir özelliği ise sisteme yeni bir düğüm eklendiğinde diğer düğümlerin tekrar programlanmasına gerek duyulmamasıdır. Ağ üzerindeki tüm düğümler mesaj göndermeye başlamadan önce ağda bir periyot süresince herhangi bir etkinlik olmadığını gözlemlemelidir (Carrier Sense). Aynı zamanda bu gözlemlenen periyotta bir etkinlik olmazsa ağ üzerinde bulunan her düğüm mesaj göndermek için eşit haklara sahip olurlar (Multiple Access). Eğer ağ üzerindeki iki düğüm aynı anda ilettime başlarsa düğümler çarpışmayı algılayacak (Collision Detection) ve uygun eylemi gerçekleştireceklerdir.

CAN protokolünde üstün öncelikli mesaja zarar vermeyecek karar metodu uygulanmaktadır. Bunun anlamı çarpışmalar algılandığında bile karar metodunun sonunda bu öncelikli mesajlar bozulmamış olarak kalır ve herhangi bir gecikme meydana gelmez. Bu karar mekanizmasının gerçekleştirilebilmesi için iki şeye ihtiyaç vardır. Birincisi, lojik seviyelerin baskın veya çekinik olarak tanımlanması gerekir. İkincisi

ise, gönderim yapan düğüm göndermeye çalıştığı lojik seviyenin ağ üzerinde gerçekten görünüp görünmediğini görmek için ağın durumunu gözlemlemek zorundadır. CAN' da lojik 0 biti baskın, lojik 1 biti ise çekinik olarak tanımlanmıştır [61]. Aşağıdaki şekilde aynı anda mesaj gönderen üç düğümün ağa erişim sonuçları verilmiştir (Şekil 3.14) [63].



Şekil 3. 14. Aynı anda mesaj gönderen düğümlerin ağa erişim durumları

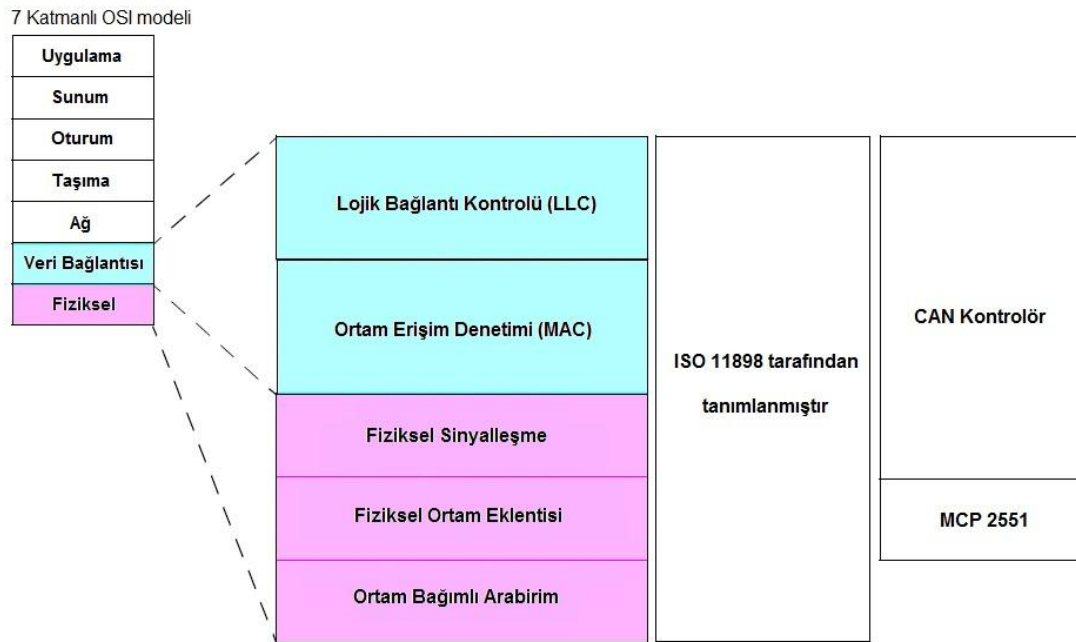
Şekilde de görüldüğü gibi üç düğüm de aynı anda mesaj göndermeye başlamışlardır. Birinci düğümün üçüncü biti çekiniktir ve diğer düğümlerin gönderdikleri bit baskın olduğundan birinci düğüm mesaj göndermeyi durdurur ve ağı dinlemeye başlar. Aynı şekilde üçüncü düğümün yedinci biti de çekiniktir bundan dolayı bu noktadan sonra sadece ikinci düğüm mesaj iletimine devam eder.

CAN Bus şu özelliklere sahiptir [64];

- Mesaj önceliği
- Konfigürasyon esnekliği
- Veri kararlılığı
- Hata bulma ve bildirme
- Multimaster
- Çoğa gönderim (Multicast)

- Bozulmuş mesajları otomatik olarak yeniden iletme
- Geçici hataları sürekli hata ve eksikliklerden ayırt etme ve sürekli hatalı gönderim yapan cihazları kapatma.

Birçok ağ protokolü aşağıdaki şekilde verilen yedi katmanlı OSI (Open System Interconnection) modeli kullanılarak tanımlanmaktadır (Şekil 3.15) [65]. CAN, OSI modelinin iki katmanında (Veri bağlantı ve Fiziksel katman) tanımlanmıştır.



Şekil 3. 15. CAN ve OSI modeli

Veri bağlantı katmanı CAN spesifikasyonu tarafından tanımlanmıştır. Lojik bağlantı kontrolü aşırı yük kontrolünü ve bildirimini, mesaj filtreleme ve kurtarma yönetim fonksiyonlarını yönetmektedir. Ortam geçiş kontrolü (MAC) katmanı mesaj paketleme, bit doldurma (bit stuffing/destuffing), hata bulma ve kontrol fonksiyonlarını gerçekleştirmektedir.

### 3.8.1. Mesaj çerçeve yapıları

CAN tanımlayıcı alan uzunluğu bakımından farklı 2 adet mesaj çerçeve yapısına sahiptir. 2.0A çerçeve yapısı standart mesaj yapısı olarak adlandırılır ve 11 bit

uzunluğunda tanımlayıcı alana sahiptir. 2.0B çerçeve yapısı ise genişletilmiş çerçeve yapısı olarak adlandırılır ve 29 bit tanımlayıcı alanına sahiptir.

### 3.8.2. Mesaj çeşitleri

CAN da mesaj transferi dört çeşit mesaj çerçevesi ile kontrol edilir. Bunlar;

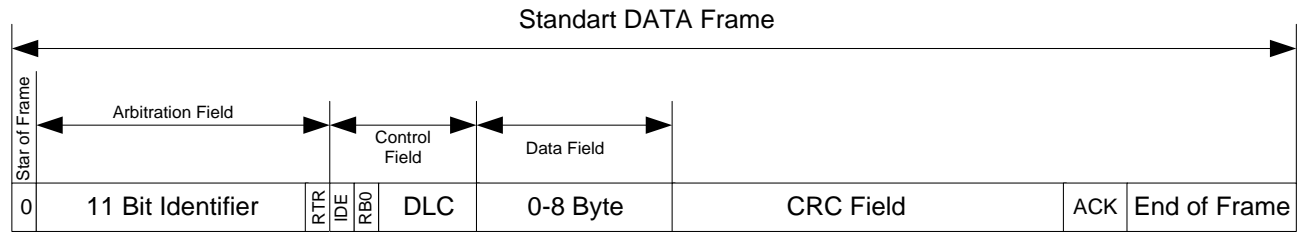
- Data Frame
- Remote Frame
- Error Frame
- Overload Frame'dir.

#### 3.8.2.1. Data frame

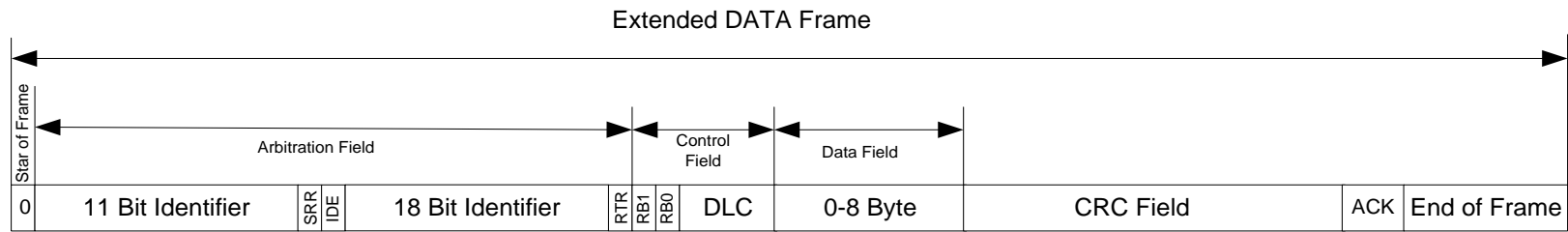
Data Frame vericiden alıcıya mesaj taşır ve yedi farklı bit alanından oluşmuştur. Aşağıdaki şekillerde Standart Data Frame ve Extended Data Frame yapıları verilmiştir (Şekil 3.16 - Şekil 3.17).

*Start of Frame:* Data Frame ve Remote Frame'in başladığının işaretidir. Tek bir baskın bitten oluşur.

*Arbitration Field:* Bu alanın formatı Standart ve Extended mesaj çerçevelerinde değişiktir. Standart format, 11 bit tanımlayıcı ve 1 bit Remote Transmission Request (RTR)'den oluşmaktadır. Extended format ise 29 bit tanımlayıcı, SRR, IDE ve RTR bitleri olmak üzere 32 bitten oluşur. RTR biti ağdaki başka bir düğümden bilgi istenmesi durumunda kullanılır. Data Frame'de baskın, Remote Frame'de çekinik olması gerekir. Substitute Remote Request (SRR) biti Extended Frame'de Standart Frame'deki RTR bitinin yerine kullanılır. Identifier Extension Bit (IDE), Extended formatta Arbitration alanına, Standart formatta ise Kontrol alanına aittir. Standart formatta baskın olarak gönderilir.

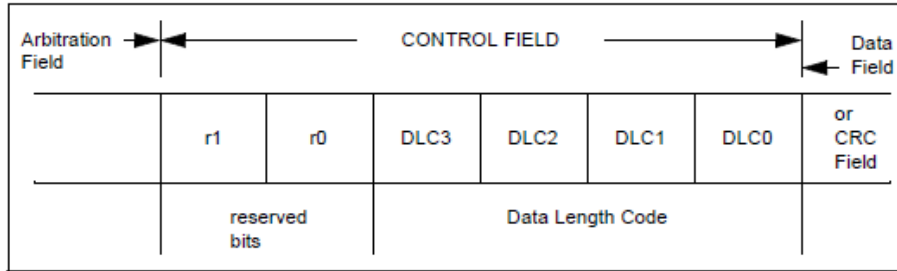


Şekil 3. 16. Standart data frame



Şekil 3. 17. Extended data frame

*Control Field*: 6 bitten oluşur. Data alanında gönderilecek verilerin kaç bayt olduğu bilgisini içerir. Aşağıdaki şekilde kontrol alanı ve kontrol alanını oluşturan bitler verilmiştir (Şekil 3.18) [66]. Mesajda kaç adet veri baytı bulunduğu dört adet bit ile belirlenmektedir ve 2 bit de ileriki geliştirmeler için ayrılmıştır.



Şekil 3. 18. Kontrol alanı

Aşağıdaki şekilde veri uzunluk bitlerinin durumlarına göre mesajdaki veri sayısı verilmiştir (Şekil 3.19).

| Veri baytı sayısı | Veri uzunluk kodu |      |      |      |
|-------------------|-------------------|------|------|------|
|                   | DLC3              | DLC2 | DLC1 | DLC0 |
| 0                 | d                 | d    | d    | d    |
| 1                 | d                 | d    | d    | r    |
| 2                 | d                 | d    | r    | d    |
| 3                 | d                 | d    | r    | r    |
| 4                 | d                 | r    | d    | d    |
| 5                 | d                 | r    | d    | r    |
| 6                 | d                 | r    | r    | d    |
| 7                 | d                 | r    | r    | r    |
| 8                 | r                 | d    | d    | d    |

**d: baskın**  
**r: çekinik**

Şekil 3. 19. Veri uzunluk bitlerine göre veri baytı sayısı

*Data Field*: Data Frame'de gönderilecek olan veriden oluşur. 0-8 Byte uzunluğunda olabilir.

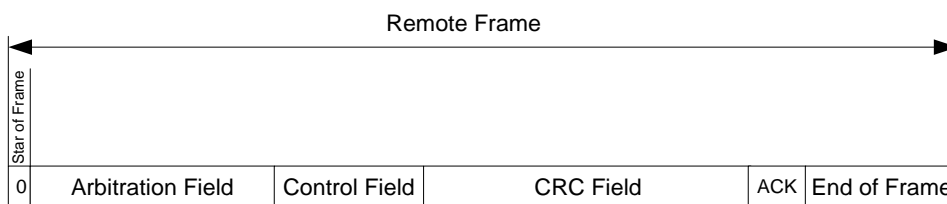
*CRC Field:* Gönderici tarafından hesaplanan 15 bit CRC bilgisinden ve 1 bit uzunluğundaki CRC ayraç bitinden oluşmuştur. Alıcı düğümlerden gelen bilginin doğru alınıp alınmadığını belirler.

*Acknowledge Field:* Bu alan mesajın doğru şekilde alındığını göstermek için kullanılır. Gönderici tarafından çekinik olarak gönderilir ve mesaj diğer bir düğüm tarafından doğru bir şekilde alındığında alıcı baskın bir bit gönderir ve gönderici mesajın doğru alındığını anlamaktadır. Bu şekilde alınamayan mesajlar tekrar gönderilmektedir.

*End of Frame:* Mesajın bittiğini gösteren 7 çekinik bitten oluşan alandır.

### 3.8.2.2. Remote Frame

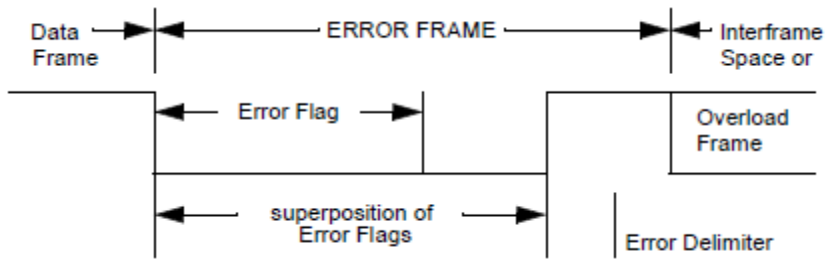
Remote Frame başka bir istasyondan veri istenmesi durumunda kullanılan mesaj çerçevesidir. Standart ve Extended formatlarda bulunur ve Data Frame'in tersine RTR biti çekiniktir. Mesaj içeriğinde veri alanı bulunmaz, aşağıda remote frame yapısı gösterilmiştir (Şekil 3.20).



Şekil 3. 20. Remote Frame

### 3.8.2.3. Error frame

Error frame, Error Flags ve Error Delimiter olmak üzere iki farklı alandan oluşmuştur. Bir mesaj gönderimi süresince veya gönderildikten sonra bir hata oluştuğunda gönderilen hata kontrol amaçlı bir mesajdır. Aşağıdaki şekilde Error Frame verilmiştir (Şekil 3.21) [66].



Şekil 3. 21. Error frame

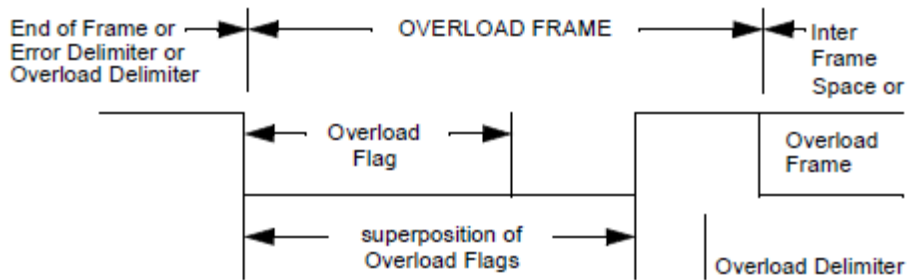
### 3.8.2.4. Overload frame

Overload frame, Overload Flag ve Overload Delimiter olmak üzere iki farklı bit alanından oluşmuştur. Overload Frame'in gönderilmesinin iki farklı sebebi vardır.

Bunlar;

- Bir CAN düğümünün iç şartlarından kaynaklanan durumlardan dolayı sonraki gönderilecek olan data frame veya remote frame' in gönderilmesinin geciktirilmesini istemek.
- Birinci ve ikinci bit arasında dominant bir bit algılanması.

Aşağıdaki şekilde Overload frame'in yapısı verilmiştir (Şekil 3.22) [66].

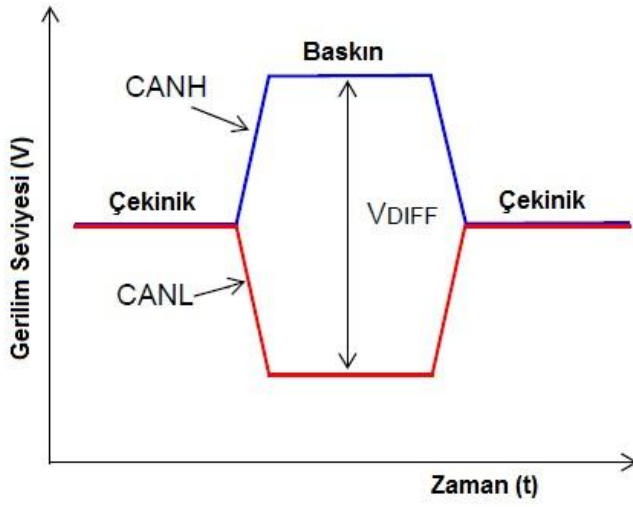


Şekil 3. 22. Overload frame

### 3.8.3. CAN Gerilim Seviyeleri

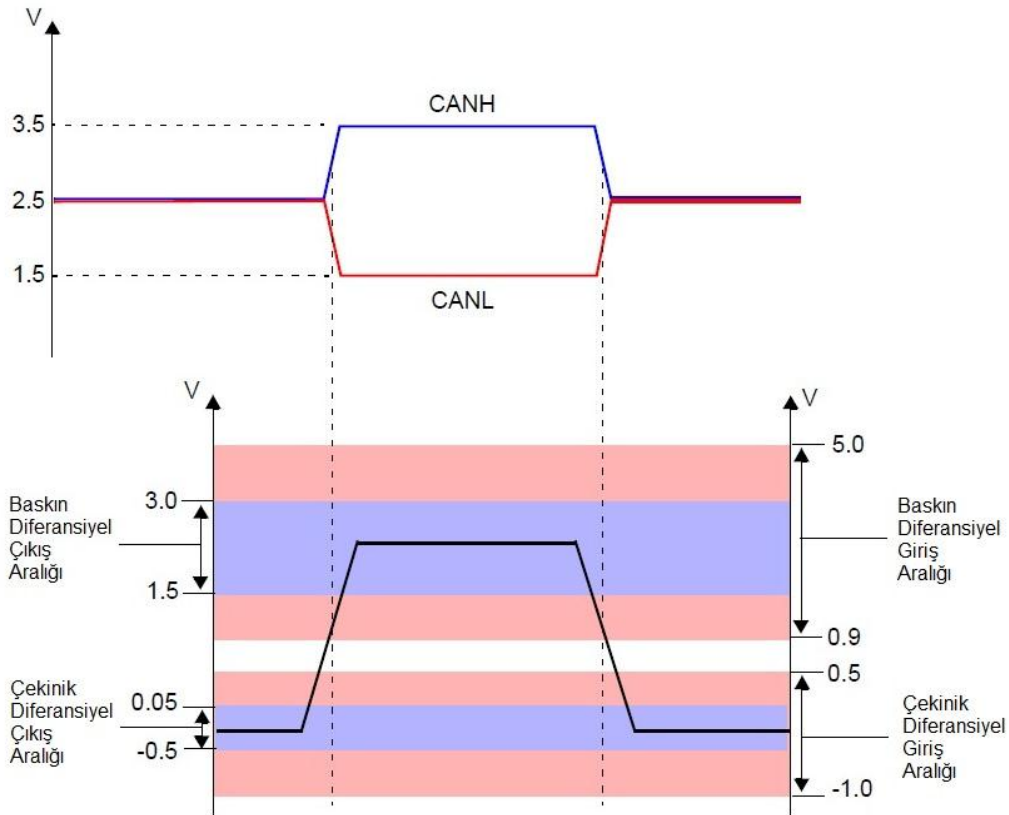
CAN bus baskın ve çekinik seviyeleri belirlemek için ISO-11898' de gerekli olan diferansiyel gerilimler tanımlanmıştır [65]. Aşağıdaki şekilde CANH ve CANL gerilim durumlarına göre baskın veya çekinik durumlar verilmiştir (Şekil 3.23).





Şekil 3. 23. CAN baskın ve çekinik durumları

Aşağıdaki şekilde ise ISO11898' e göre baskın ve çekinik diferansiyel giriş-çıkış gerilimlerinin aralıkları verilmiştir (Şekil 3.24).



Şekil 3. 24. ISO11898 nominal bus seviyeleri

CAN uygulamalarında kullanılacak alıcı-vericilerin ISO11898-2' de belirtilen bir dizi elektriksel özellikleri karşılaması gerekmektedir. Tablo 3.5' de MCP2551 CAN alıcı-vericisi ile ISO11898-2 standardı karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Tablo 3. 5. MCP2551 ile ISO-11898-2 karşılaştırılması

| Parametre                              | ISO-11898-2 |       | MCP2551 |       | Birim |
|--|-------------|-------|---------|-------|-------|
|  | min         | max   | min     | max   |       |
| CANH ve CANL üzerindeki DC gerilim     | -3          | +32   | -40     | +40   | V     |
| CANH ve CANL üzerindeki geçici gerilim | -150        | +100  | -250    | +250  | V     |
| Ortak mod Bus gerilimi                 | -2.0        | +7.0  | -12     | +12   | V     |
| Çekinik çıkış Bus gerilimi             | +2.0        | +3.0  | +2.0    | +3.0  | V     |
| Çekinik diferansiyel çıkış gerilimi    | -500        | +50   | -500    | +50   | mV    |
| Diferansiyel iç direnç                 | 10          | 100   | 20      | 100   | kΩ    |
| Ortak mod giriş direnci                | 5.0         | 50    | 5.0     | 50    | kΩ    |
| Diferansiyel baskın çıkış gerilimi     | +1.5        | +3.0  | +1.5    | +3.0  | V     |
| Dominant çıkış gerilimi (CANH)         | +2.75       | +4.50 | +2.75   | +4.50 | V     |
| Dominant çıkış gerilimi (CANL)         | +0.50       | +2.25 | +0.50   | +2.25 | V     |

### 3.8.4. CAN Hat Uzunluğu ve İletim Hızı

ISO11898' de alıcı-vericilerin 40 m uzunluğundaki ağı 1 Mb/s ile sürebilmeleri gerektiği belirtilmiştir. Daha uzun ağ mesafeleri veri hızını düşürerek elde edilebilmektedir. Ağ uzunluğundaki en büyük sınırlandırma alıcı-vericilerdeki yayılım gecikmesidir. Tablo 3.6' da CAN bus iletim hızına göre mümkün olan hat uzunlukları verilmiştir.

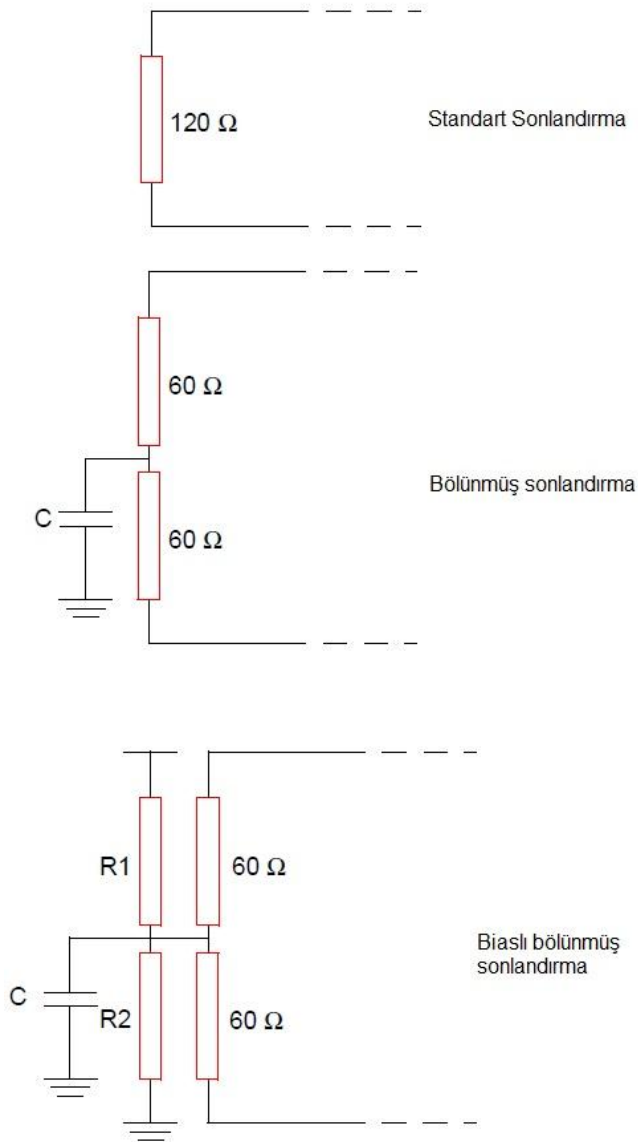
Tablo 3. 6. CAN veri hızına göre hat uzunlukları

| Veri Hızı | Hat Uzunluğu |
|-----------|--------------|
| 1 Mbps    | 40 m         |
| 500 Kbps  | 100 m        |
| 250 Kbps  | 200 m        |
| 125 Kbps  | 500 m        |
| 10 Kbps   | 6000 m       |

### 3.8.5. CAN hat sonlandırma

Hat sonlandırma ağ üzerindeki sinyal yansımalarını en aza indirmek için kullanılmaktadır. ISO-11898'e göre ağın nominal karakteristik hat empedansının 120  $\Omega$  olması gerektiği belirtilmiştir. Bu nedenle hattın her iki ucu da 120  $\Omega$  değerindeki dirençlerle sonlandırılmaktadır. Elektromanyetik uyumluluğu artırmaya yardımcı olmak amacıyla birkaç farklı sonlandırma yöntemi kullanılmaktadır. Aşağıdaki şekilde bu sonlandırma yöntemleri verilmiştir (Şekil 3.25).

Bölünmüş sonlandırmada standart sonlandırmada kullanılan 120  $\Omega$  değerindeki direnç 60  $\Omega$  değerindeki iki dirence bölünerek ortalarından bir bypass kondansatörü ile toprağa bağlanırlar. Emisyon azaltımı çok kolay elde edildiğinden dolayı bölünmüş sonlandırma artan bir popüleriteye sahip olmuştur. Biaslı bölünmüş sonlandırmada ise  $V_{DD}/2$  gerilimi elde etmek için bölünmüş sonlandırma devresine ek olarak bir gerilim bölücü eklenmiştir. Bu sonlandırma yöntemi ortak mod resesif gerilimi korumak için kullanılmaktadır.

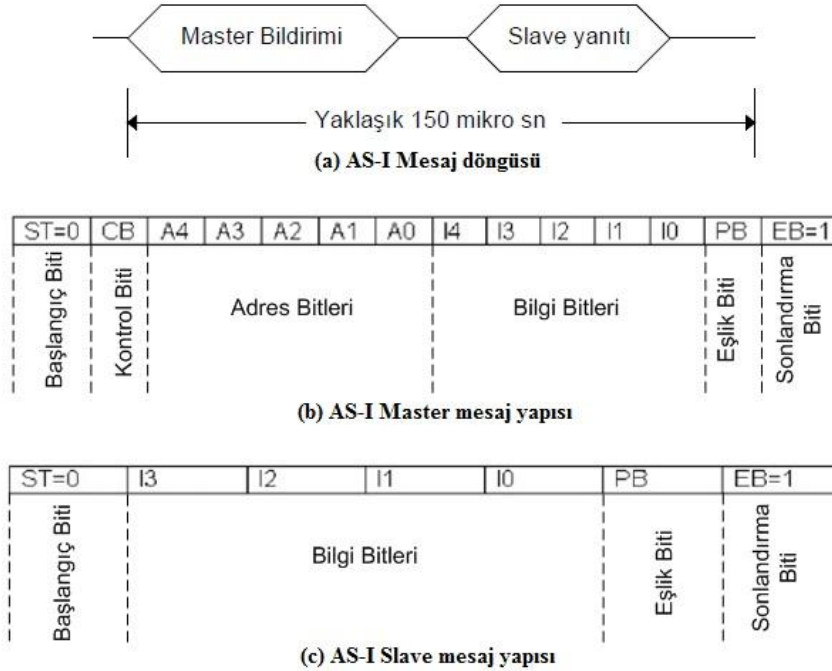


Şekil 3. 25. CAN Hat sonlandırma yöntemleri

### 3.9. AS-Interface

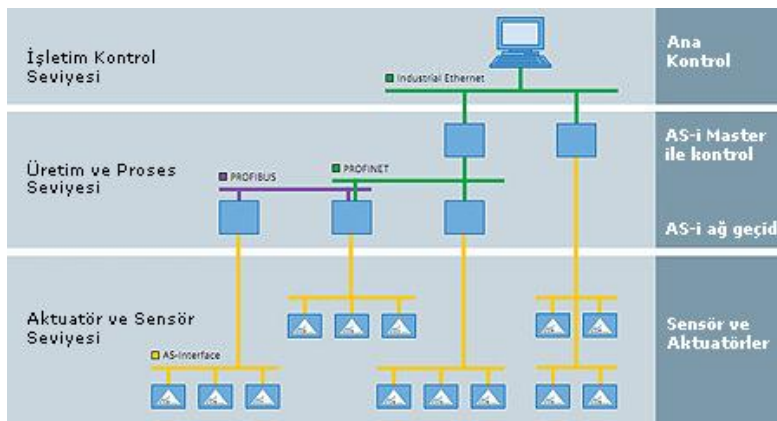
AS-i (Actuator Sensor - Interface) alt seviye otomasyon sistemlerinde basit bir altyapı ile tahrik ve algılama elemanları üzerine uygulanmaktadır. 1990' lı yıllarda 11 farklı firma tarafından finanse edilen bir araştırma grubu tarafından geliştirilmiştir. AS-i sisteminin ilk spesifikasyonunda bir kontrolör (master) ve buna bağlı maksimum 31 alt istemciden (slave) oluşmaktadır. Her istemci en fazla 4 dijital giriş ve 4 dijital çıkıştan oluşabilmektedir. Ağdaki veri ve enerji aktarımı ekransız 2 telli

kablo üzerinden sağlanmaktadır. Master ile slave çevrimsel yoklama yoluyla veri alışverişi sağlamaktadır. Aşağıdaki şekilde AS-I ağındaki veri haberleşme yapısı ve gönderilen mesaj yapıları verilmiştir (Şekil 3.26).



Şekil 3. 26. AS-I veri haberleşme yapısı ve gönderilen mesaj yapıları

Sistemde genelde ağaç topolojisi kullanılmasına karşın lineer veya yıldız topolojilerde kullanılabilir. Sistemde istemciler sadece sunucu tarafından seçildiğinde yanıt verebilmektedirler. Sistemdeki her istemci kendisine kullanıcı tarafından özel bir programlama ile ünitesi verilen adrese sahiptirler. Aşağıdaki şekilde örnek bir AS-I kontrol sistemi verilmiştir (Şekil 3.27).



Şekil 3. 27. Örnek AS-I kontrol sistemi

İlk versiyonda (2.04) 31 olan istemci sayısı ikinci versiyonda (2.11) 62 olarak yükseltilmiştir ve çevrim süresi 150 mikro saniyeden 10 mili saniyeye çıkmıştır. Aşağıdaki tabloda, FMS'in mevcut yapısı üzerinde bulunan AS-I iletişim protokolü ile Profibus-DP ve geliştirilen mikrokontrolör tabanlı ve istasyonlar arası CAN-Bus iletişim protokolü üzerinden sağlanan yapıya ait karşılaştırma tablosu verilmiştir.

Tablo 3. 7. Endüstriyel iletişim protokollerinin karşılaştırılması

|                            | <b>Fieldbus</b>                             |   |  |
|----------------------------|---|---|--|
|                            | <b>Profibus-DP</b>                          | <b>CAN</b>  | <b>AS-I</b>  |
| <b>Uygulama Alanı</b>      | - Fabrika otomasyonu<br>- Proses endüstrisi | - Fabrika otomasyonu<br>- Proses endüstrisi<br>- Araç otomasyonu<br>- Bina otomasyonu | - Fabrika otomasyonu<br>- Proses endüstrisi<br>- Bina otomasyonu |
| <b>Veri Aktarım Hızı</b>   | 12 Mb/s                                     | 1 Mb/s  | 167 Kb/s   |
| <b>İletişim Tekniği</b>    | Multi Master                                | Multi Master  | Single Master  |
| <b>Maks. Düğüm Sayısı</b>  | 127   | 112   | 62   |
| <b>Maks. Data Uzunluğu</b> | 246 Byte                                    | 8 Byte  | 8 Bit  |
| <b>Kablo Uzunluğu</b>      | 1 km → 12 Mb/s                              | 500 m → 125 kb/s<br>40 m → 1 Mb/s   | 100 m  |
| <b>Standart</b>            | EN50170                                     | ISO11898<br>ISO11519  | EN50295  |

## **BÖLÜM 4. ESNEK ÜRETİM SİSTEMİ ÜNİTELERİNİN KONTROLÜ VE İZLENMESİ İÇİN TASARLANAN PROGRAMLAR**

Geliştirilen kontrol altyapısı ile FMS iki farklı şekilde program yazılarak kontrol edilebilmektedir. Bunlardan birincisi, her üniteyi kontrol edecek programların mikrodenetleyici için yazılması ve ilgili kontrol kartlarına yüklenmesi, istasyonların çalışmasının da kontrol kartları tarafından denetlenmesi şeklindedir. Ayrıca, istasyonların giriş çıkış bilgilerinin kontrol kartları ile ağdan gönderilmesi sağlanarak LabVIEW tabanlı kontrol ve izleme yapılabilmektedir.

Diğer kontrol şeklinde ise, kontrol kartları dağıtık giriş-çıkış birimi olarak kullanılmakta ve istasyonların kontrolünü sağlayan program LabVIEW programı ile geliştirilmektedir. Geliştirilen esnek kontrol altyapısı sayesinde FMS' in farklı şekillerde kontrol edilebilmesi ile daha etkin bir uygulama imkanı sağlanmaktadır. Aşağıda FMS' in kontrol yöntemleri açıklanmıştır.

### **4.1. Mikrokontrolör Tabanlı Kontrol**

Bu kontrol yönteminde istasyonların kontrollerini sağlayacak programlar yazılarak mikrokontrolöre yüklenmektedir. İstasyonların durumlarına göre mikrokontrolör programları istasyonların kontrollerini sağlamaktadır. İstasyonlar arası haberleşme CAN ağından sağlanmaktadır. Ayrıca istasyonların bilgisayar üzerinden kontrolü ve gözlemlenmesi de CAN ağı üzerinden LabVIEW programı ile gerçekleştirilebilmektedir.

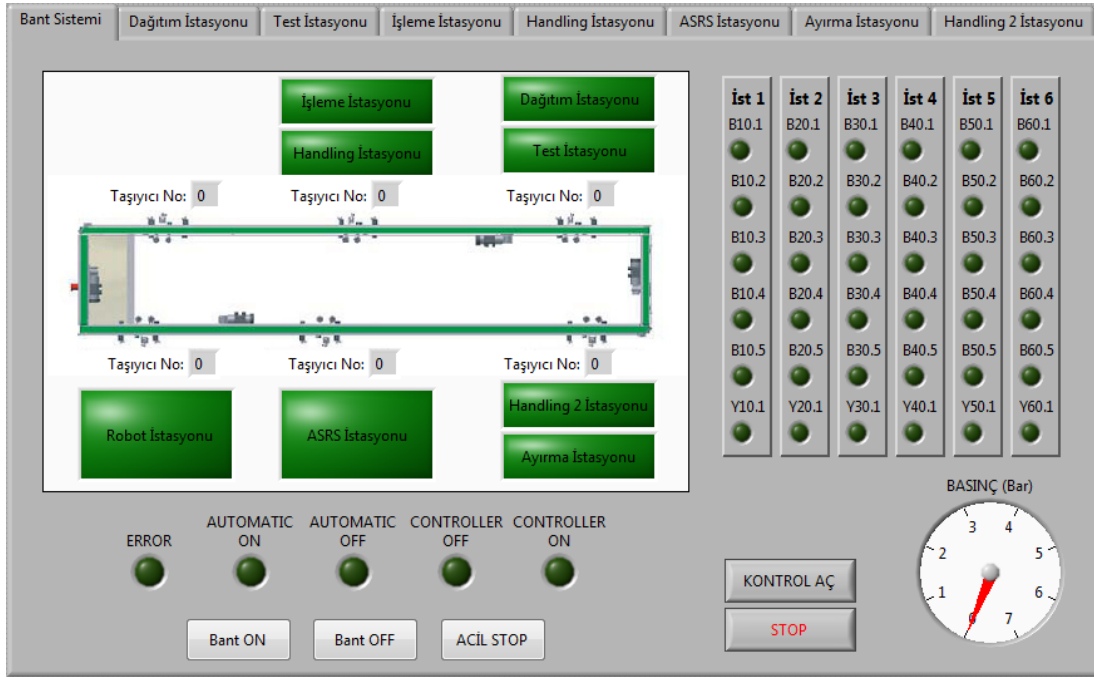
#### **4.1.1. İstasyonların kontrolü için yazılan mikrokontrolör programları**

İstasyonların kontrolü için örnek mikrokontrolör programları yazılmıştır. Bu yazılan programlar C programlama dilinde geliştirilmiştir. İstasyonların giriş çıkış bilgileri Ek A1 ile Ek A9 arasında verilmiştir. Ek A10' da ise örnek olarak dağıtım istasyonunun kontrolünü yapan C programı verilmiştir. Programda dağıtım istasyonunun test istasyonu ile CAN üzerinden haberleşerek kontrolünü sağlayacak, istasyonun LabVIEW programı ile görsel bir şekilde izlenmesi için giriş - çıkış gibi çeşitli bilgilerini belirli aralıklarla ağ üzerinden göndermesini sağlayacak işlevler gibi çeşitli fonksiyonlar gerçekleştirilmektedir.

#### **4.1.2. İstasyonların gözlemlenmesi ve kontrolü için yazılan LabVIEW programları**

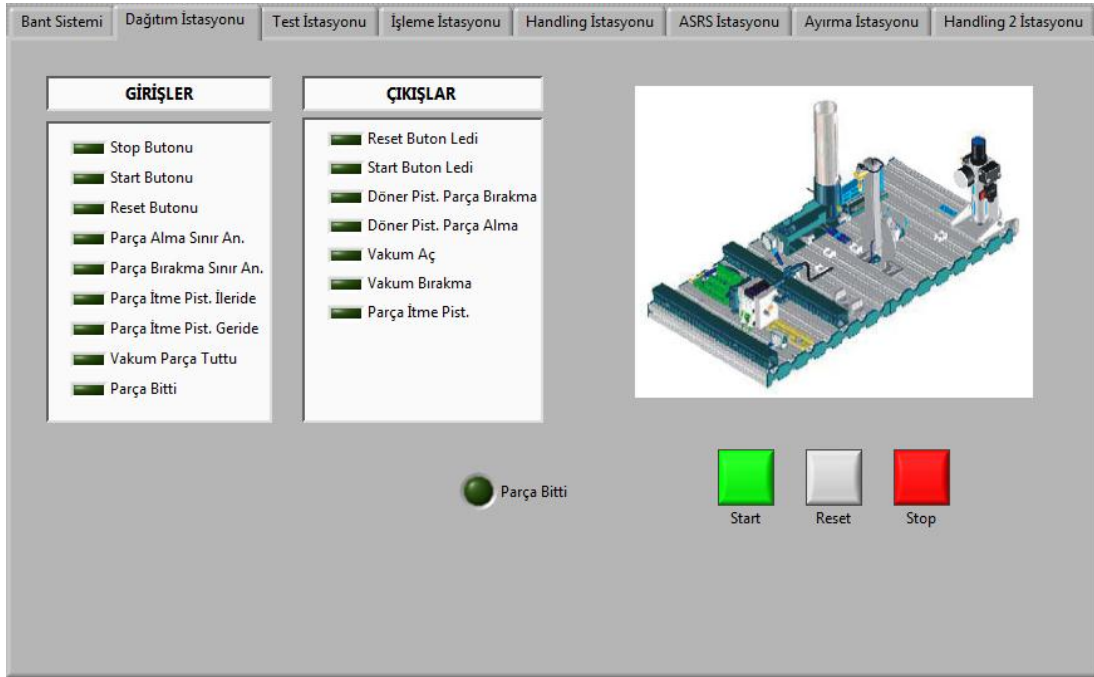
FMS' in istasyonlarının çalışmasını görselleştirmek ve kontrol etmek için LabVIEW tabanlı geliştirilen programlar ile taşıma bandı ve tüm istasyonların durumları izlenebilmekte ve kontrol edilebilmektedir. Aşağıdaki şekilde taşıma bandı için geliştirilen kullanıcı arayüzü verilmiştir (Şekil 4.1). Burada tüm istasyonların aktif olarak çalışıp çalışmadıkları, istasyon duraklarındaki aktuatör ve sensörlerin durumları, hangi taşıyıcı arabanın hangi durakta olduğunun bilgisi, bant sisteminin çalıştırılıp durdurulması ve sistemin hava basıncının gözlenebildiği bileşenler bulunmaktadır.



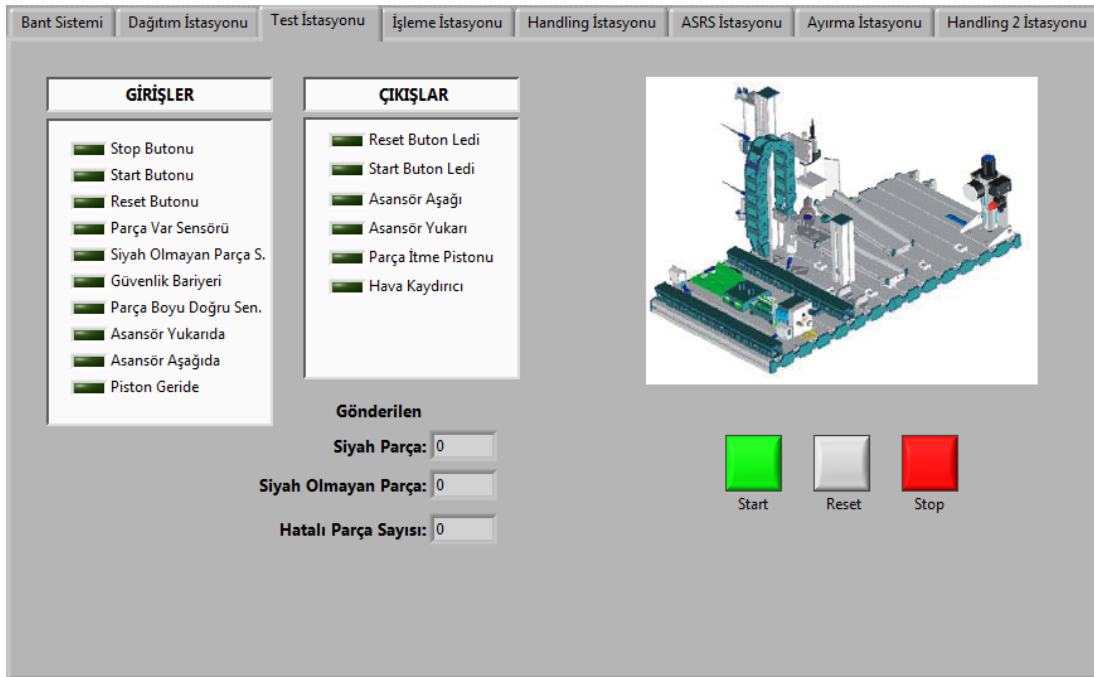


Şekil 4. 1. Taşıma bandı kontrol ve gözlemleme arayüzü

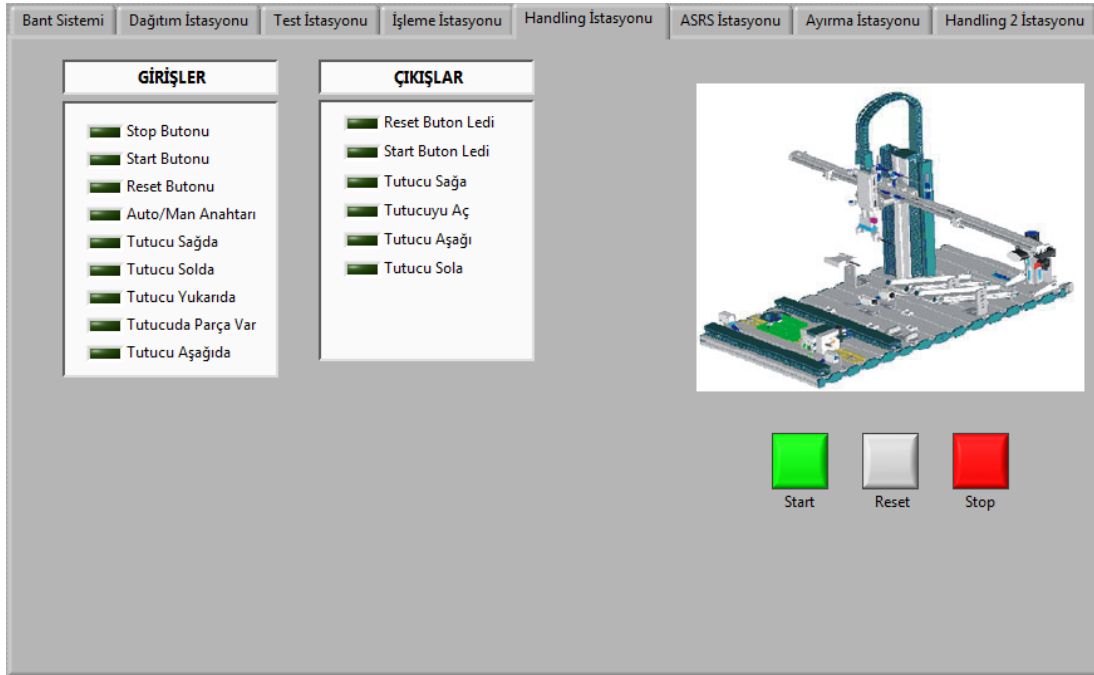
İstasyonlar için yapılan arayüzlerde ise istasyonların kontrol panellerinde bulunan butonlarla aynı işlevi gören butonlar, istasyonların giriş çıkış bilgileri ve istasyonlarla ilgili çeşitli bilgiler bulunmaktadır. Aşağıdaki şekillerde istasyonlar için geliştirilen arayüzler verilmiştir (Şekil 4.2 - Şekil 4.6). Start-Stop-Reset butonları ile istasyonlar çalıştırılıp durdurulabilmekte ve her istasyonun arayüzünde o istasyona özgü bilgiler bulunmaktadır. Örneğin, dağıtım istasyonunda parça bitti bilgisi, test istasyonunda test edilen siyah, siyah olmayan ve hatalı parça sayıları, AS/RS istasyonunda raflarda depolanan parça bilgileri gibi çeşitli bilgiler bulunmaktadır.



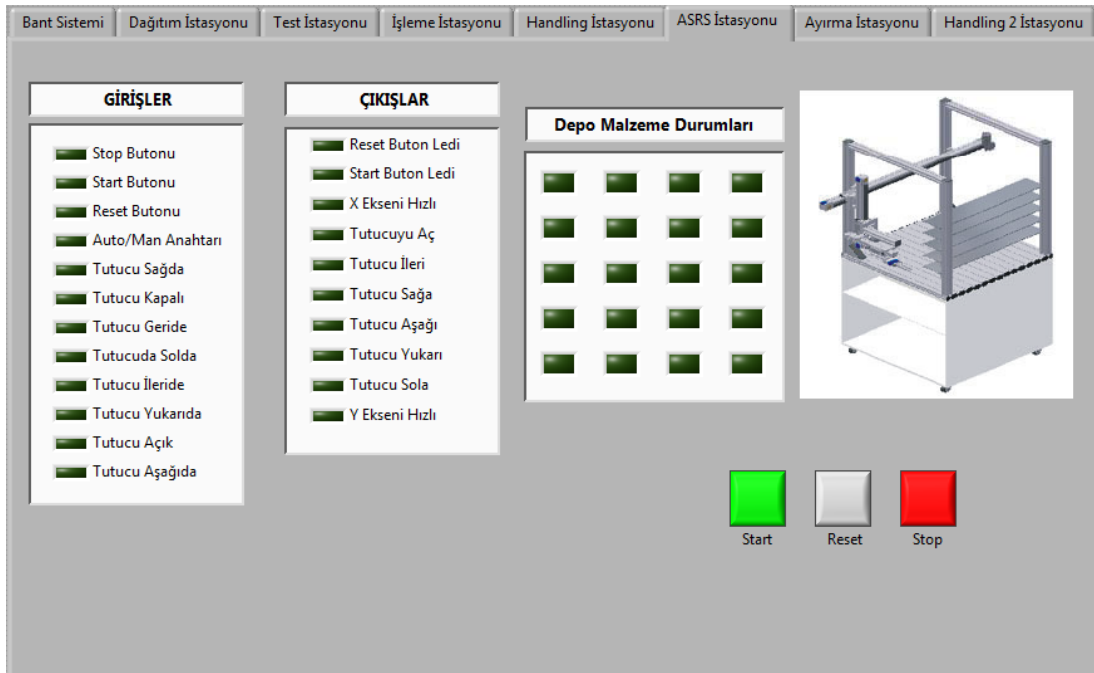
Şekil 4. 2. Dağıtım istasyonu arayüzü



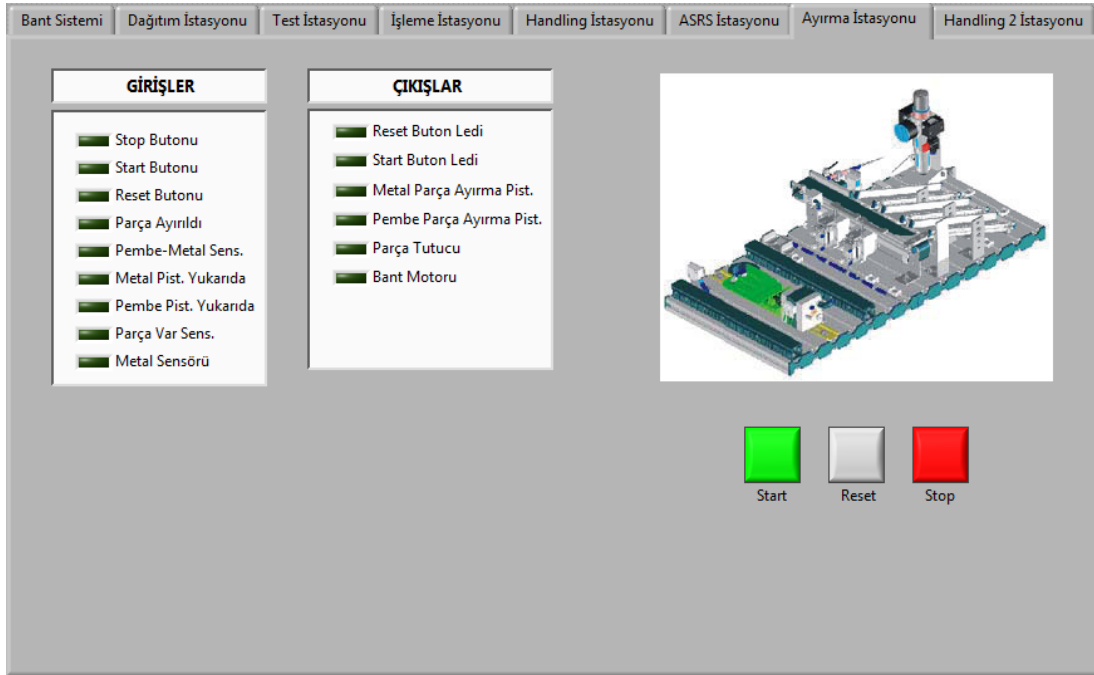
Şekil 4. 3. Test istasyonu arayüzü



Şekil 4. 4. Taşıma istasyonu arayüzü



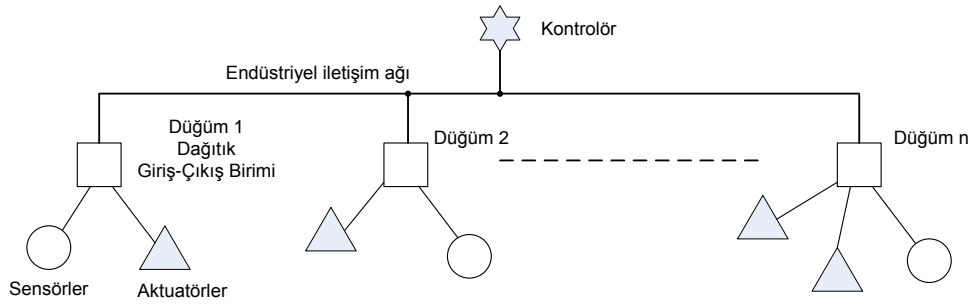
Şekil 4. 5. AS/RS istasyonu arayüzü



Şekil 4. 6. Ayırma istasyonu arayüzü

## 4.2. Dağıtık Kontrol

Dağıtık sistemler esneklik ve gücünden dolayı endüstriyel kontrol sistemlerinin uygulamasında en iyi seçeneklerden birisi olarak ortaya çıkmıştır [67]. Dağıtık kontrol sistemleri; geniş bir alana yayılmış sürekli ve parti tipi üretim sistemlerinin gerçek zamanlı kontrolüne olanak veren otomasyon sistemi olarak tanımlanabilir. Kontrol edilmek istenen sistemlerde çok fazla giriş çıkış noktası bulunuyorsa, büyük bir alana yayılmışsa ve tek bir merkezden kontrol edilmek isteniyorsa bu tür sistemler için dağıtık giriş çıkış kullanmak daha uygun olmaktadır. Aşağıdaki şekilde örnek bir dağıtık kontrol sistem yapısı verilmiştir (Şekil 4.7). Dağıtık sistemlerin kullanılması ile çok fazla kablo tesisatı döşemek, herhangi bir arıza durumunda takip edilmesi kolay olmayan uzun kablo hatları ile uğraşmak ve kabloların elektromanyetik parazitlerden etkilenmesi gibi olumsuzluklar ortadan kaldırılmış olmaktadır. Dağıtık sistemlerde merkezde bir denetleyici ve denetleyici ile endüstriyel iletişim ağları üzerinden haberleşen dağıtık giriş çıkış birimleri bulunmaktadır.



Şekil 4. 7. Dağıtık kontrol sistemleri genel yapısı

LabVIEW tabanlı dağıtık kontrol yönteminde mikrokontrolör tabanlı kontrol kartları dağıtık giriş-çıkış birimi olarak kullanılmış ve istasyonların kontrollerini sağlayan programlar LabVIEW programı ile yazılmıştır. Dağıtık birimler ile LabVIEW programının haberleşmesi CAN ağı üzerinden sağlanmıştır. Endüstriyel sistemlerde geniş bir kullanım alanı bulunan endüstriyel iletişim ağları sensörler, aktuatörler ve kontrolörlerin bağlantısı için kullanılmaktadır. Bosch firması tarafından geliştirilen CAN ağında hedef otomobillerdeki kablolama yükünü azaltarak güvenilir bir haberleşme ağı geliştirmek olmasına karşın, üstün karakteristik özellikleri ve performansından dolayı günümüzde endüstriyel uygulamalarda geniş bir uygulama alanı kazanmıştır [68-72].

#### 4.2.1. LabVIEW grafiksel programı

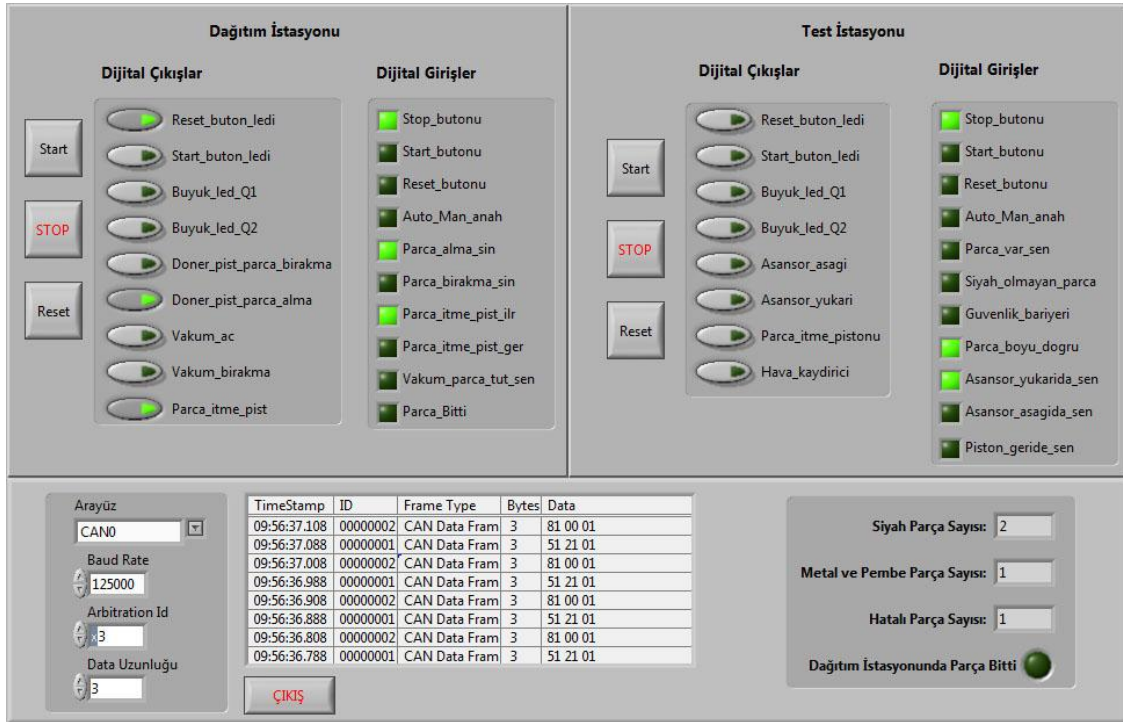
LabVIEW "Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench" kelimelerinin kısaltılmasından oluşturulmuş G programlama dili ile yazılım geliştirilen bir platformdur. G programlama dili pek çok yönden metin tabanlı dillerden farklı olan, blok diyagram nesnelere arasındaki ilişkilerin ve bağlantıların tanımlanmasında kullanılan grafiksel programlama dilidir. Bir grafiksel blok sadece girişleri tanımlandığında veya belirlendiğinde çalıştırılabilir. Bu bir kaç farklı dallanmadan oluşan diyagramlar oluşturmayı mümkün kılar ve böylece eş zamanlı olarak aynı anda sayısız operasyonların yürütmesi gerçekleştirilmektedir. G programlama dili diğer dillerde bulunan 'while döngüsü', 'case yapısı' gibi yapıların yanında metin tabanlı dillerde bulunmayan ve programın lineer olarak işletilmesini sağlayan 'sequence structure' yapısını da bulunmaktadır. G dilinde yazılan her bir program VI (Virtual Instrument) olarak adlandırılmaktadır [73].

LabVIEW sinyal toplama, ölçüm analiz ve veri sunumu için bir programlama dilinin karmaşıklığı olmadan geleneksel geliştirme araçları sunan güçlü bir grafiksel geliştirme ortamıdır [74]. Genel olarak LabVIEW platformu üç farklı uygulama alanına yayılmıştır. Bunlar;

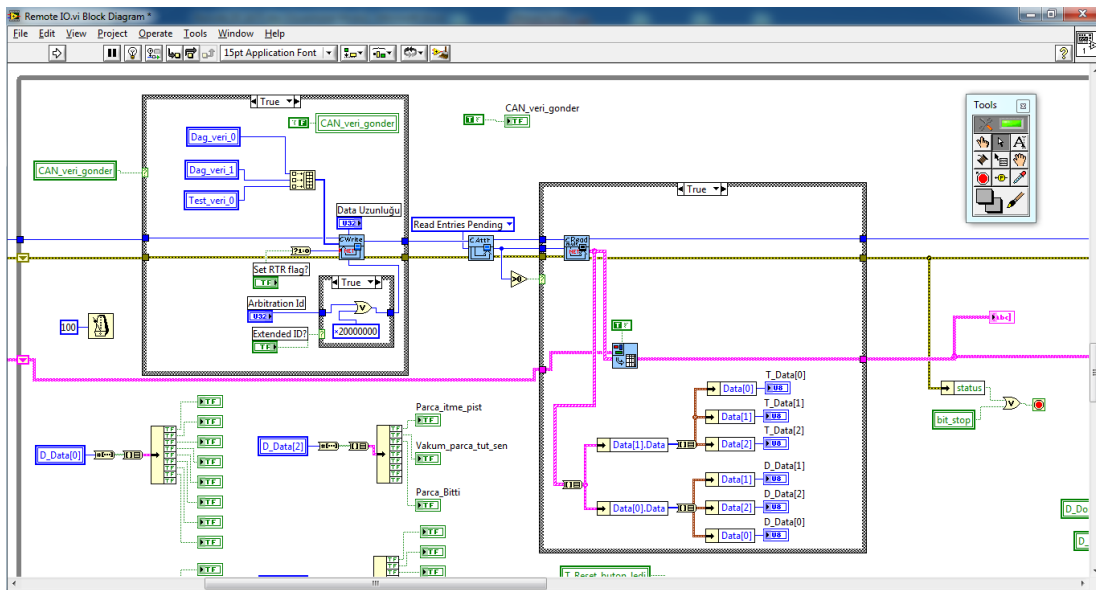
- Otomatik test ve ölçüm
- Endüstriyel ölçüm ve kontrol
- Gömülü sistem tasarımı ve prototipleme.

#### **4.2.2. İstasyonların LabVIEW tabanlı dağıtık kontrolü**

İstasyonların ikinci kontrol yönteminde kontrol programları LabVIEW grafiksel programlama dili ile yazılmıştır, kontrol kartları ise CAN üzerinden gelen kendileri ile ilgili mesajları yorumlayarak dijital çıkışlarını bu bilgiler ile kontrol ettikten sonra dijital girişlerin bilgisini göndermektedirler. Aşağıdaki şekillerde dağıtım ve test istasyonları için yazılan sistem parametrelerinin durumlarının değişiminin online olarak izlendiği ve kontrol edilebildiği kullanıcı arayüzü (Şekil 4.8) ve yapılan LabVIEW programının blok diyagramı (Şekil 4.9) verilmiştir. Program ile her bir istasyonun dijital giriş çıkışları, test edilen parça sayıları ve hatalı parça sayısı ile dağıtım istasyonundaki parça bilgisi gözlemlenebilmektedir. İstasyonlar kendi kontrol panellerindeki start-stop-reset butonlarıyla kontrol edilebildiği gibi aynı işlem kontrol programındaki butonlarla da yapılabilir.



Şekil 4. 8. LabVIEW tabanlı dağıtık kontrol uygulaması arayüzü



Şekil 4. 9. LabVIEW tabanlı dağıtık kontrol uygulaması blok diyagramı

Yazılan kontrol programında 3 adet CAN mesajı kullanılmıştır. Kontrol programı dağıtık giriş çıkış birimlerine Arbitration ID' si 3 olan 3 Byte'dan oluşan ve dijital çıkış bilgisi bulunan bir mesaj gönderir. Bu mesajın ilk iki byte'ı dağıtım istasyonuna

ve son byte'ı test istasyonuna aittir. Dağıtık birimler eğer kontrol programından bir mesaj gelmişse kendilerine ait veriyi alıp dijital çıkışlarını bu bilgi ile kontrol ettikten sonra dijital giriş ve çıkış bilgilerini kendilerine ait ID ile birlikte kontrol programına göndermektedirler. Dağıtım istasyonu; ID'si 1 olan 3 byte uzunluğundaki veriyi göndermektedir. Test istasyonu da ID' si 2 olan ve yine 3 byte uzunluğunda veri göndermektedir. Aşağıdaki tabloda bu mesajlar ve bilgileri verilmiştir.

Tablo 4. 1. Dağıtık kontrol uygulaması CAN mesajları

| ID | Gönderen          | Uzunluk | Anlamı  |
|----|-------------------|---------|---|
| 1  | Dağıtım İstasyonu | 3 Byte  | 1. Byte: Dijital Giriş Bilgisi<br>2. Byte: Dijital Çıkış Bilgisi<br>3. Byte: Dijital Giriş-Çıkış Bilgisi  |
| 2  | Test İstasyonu    | 3 Byte  | 1. Byte: Dijital Giriş Bilgisi<br>2. Byte: Dijital Çıkış Bilgisi<br>3. Byte: Dijital Giriş-Çıkış Bilgisi  |
| 3  | Kontrol Programı  | 3 Byte  | 1. Byte: Dağıtım istasyonu dijital çıkış bilgisi<br>2. Byte: Dağıtım istasyonu dijital çıkış bilgisi<br>3. Byte: Test istasyonu dijital çıkış bilgisi |



## **BÖLÜM 5. SİSTEMİN UZAKTAN ERİŞİMLİ KONTROLÜ VE PROGRAMLANMASI**

### **5.1. Ağ Üzerinden Kontrol Kartlarının Programlanması**

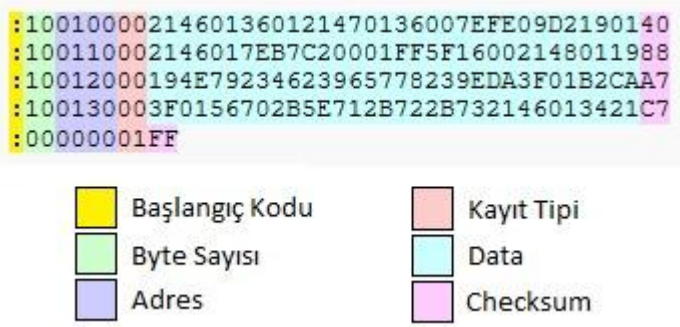
Mikrodenetleyiciler günümüzde yaygın olarak birçok elektronik cihazda kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte mikrodenetleyiciler bünyesinde iletişim birimleri, motor kontrol birimleri, ADC, karşılaştırıcılar gibi birçok yerleşik özellik barındırmaktadırlar. Bundan dolayı her geçen gün endüstride kullanımları yaygınlaşmaktadır. Mikrodenetleyiciler tüm bu özelliklerinin yanında kendi program belleklerini de değiştirme imkanına sahiptirler. Bu kullanışlı özellik sayesinde kullanıcılar önyükleyici işlemlerini gerçekleştirebilmektedirler.

Önyükleyici yazılımı mikrodenetleyiciye bir programlayıcı ile yüklenen özel bir programdır. Bu yazılım bir kez yüklendikten sonra herhangi bir programlayıcı devreye gerek kalmadan, mikrodenetleyicide bulunan iletişim modülleri (RS232, SPI, CAN, USB vb.) vasıtasıyla program belleği değiştirilebilmektedir.

PIC mikrodenetleyicileri gelişmiş yerleşik birçok özelliğin yanında kendi program hafızasını da değiştirme özelliğine sahiptir. Bu çok kullanışlı özellik kullanıcılara önyükleyici işlemlerini gerçekleştirme imkanı sağlamaktadır [57].

#### **5.1.1. HEX dosya formatı**

İkili olarak kodlanmış verilerin ASCII kodları ile temsil edilmesi ile hex dosya formatı oluşturulmuştur. Hexadecimal dosyası her biri içerisinde veri, kayıt tipi, uzunluk, hafıza adresi ve kontrol (checksum) bilgileri bulunan kayıt bloklarına ayrılmıştır. Aşağıdaki şekilde örnek bir hex dosyası üzerindeki ilgili alanlar çeşitli renklerle belirtilmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5. 1. Hex dosyası ve alanları

Her bir satır altı bölümden oluşmuştur;

*Başlangıç Kodu:* Bir byte ASCII ':' karakterinden oluşmuştur.

*Byte Sayısı:* Bir byte uzunluğa sahiptir ve data alanındaki verilerin uzunluğunu belirtir.

*Adres:* Bellek alanında verilerin hangi adresten itibaren programlanacağını bilgisi bulunduğu 16 bitlik adres bilgisinde oluşmuştur.

*Kayıt Tipi:* Data alanının tipinin bulunduğu bir byte uzunluğundaki alandır. Altı değişik kayıt tipi tanımlanmıştır [75].

Bu kayıt tipleri;

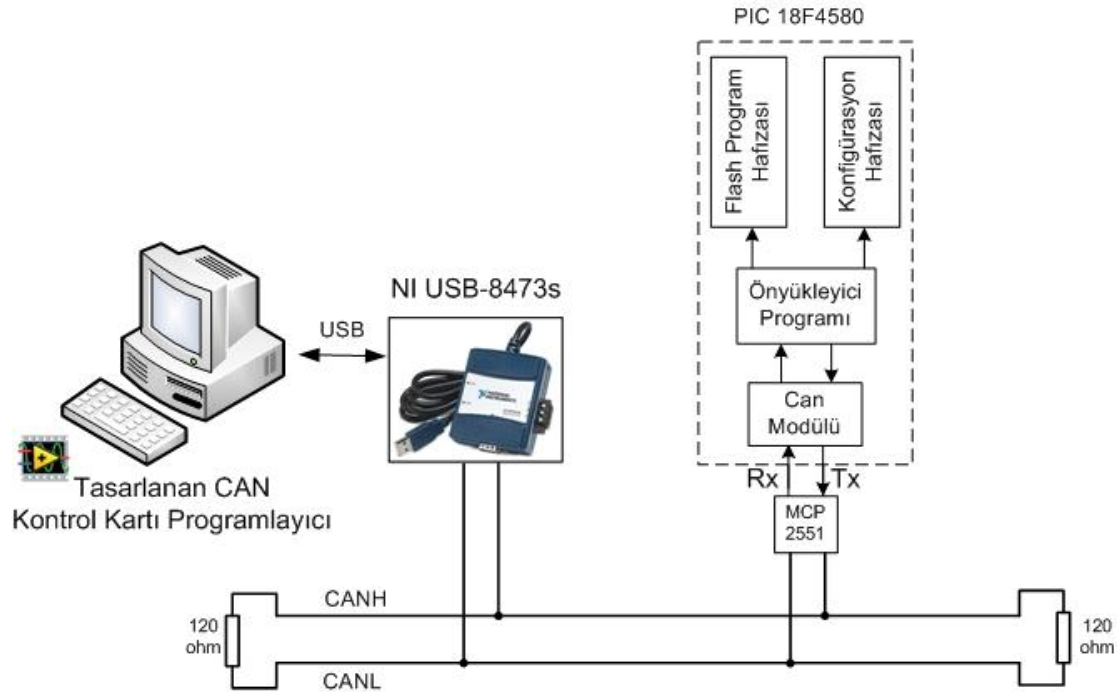
- Data kaydı (8,16 veya 32 bit format)
- Dosya sonu kaydı (8,16 veya 32 bit format)
- Genişletilmiş segment adres kaydı (16 veya 32 bit format)
- Başlangıç segment adres kaydı (16 veya 32 bit format)
- Genişletilmiş lineer adres kaydı (Sadece 32 bit format)
- Başlangıç lineer adres kaydı (Sadece 32 bit format)

*Data:* Veri dizininin bulunduğu alan.

*Chksum:* Başlangıç kodu ve CHKSUM alanları hariç tüm alanların değerlerinin toplamının 2' ye tümleyeninin bulunduğu kontrol alanıdır.

### 5.1.2. CAN üzerinden mikrodenetleyicilerin programlanması

CAN ağı üzerinden kontrol kartlarının programlanması için biri mikrokontrolör üzerinde çalışan diğeri ise bilgisayarda çalışan iki adet program yazılmıştır. Bilgisayarda yazılan program ile programlanmak istenen kontrol kartı seçilerek istenilen program yüklenebilmektedir. Mikrokontrolörde çalışan önyükleyici programı ise CAN ağından gelen mesajları yorumlayarak mikrodenetleyicinin program belleğinin değiştirilmesini sağlamaktadır. Aşağıda geliştirilen sistemin blok diyagramı verilmiştir (Şekil 5.2).

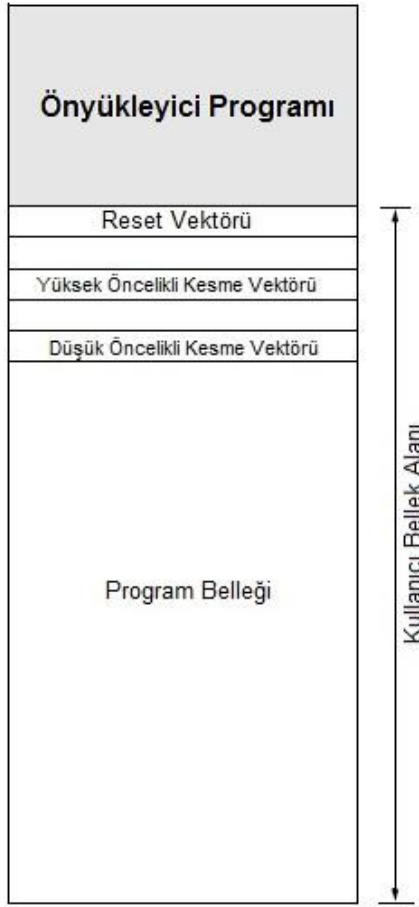


Şekil 5. 2. Mikrokontrolörlerin programlanması için gerçekleştirilen sistemin blok diyagramı

Flash teknolojisi ve sağlam ağ iletişim yeteneğinin tek bir cihazda birleşimi network üzerinden programlamayı cazip bir seçenek haline getirmektedir [76]. CAN üzerinden önyükleyici işlemlerini gerçekleştirmeden önce bazı noktalara önceden dikkat edilmesi gereklidir. Örneğin CAN üzerindeki tüm düğümler aynı anda programlanabileceği gibi sadece tek bir düğümün programı değiştirilmek istenebilir. CAN mesajları tüm düğümler tarafından alındığından dolayı tek bir düğüm programlanmak istendiğinde bu düğümle birebir haberleşme sağlanmalıdır.

Programlama işlemini daha verimli hale getirmek için programlanacak cihaza kendini doğrulama gibi bazı özellikler kazandırılmalıdır. Bu şekilde programlama esnasında mesaj trafiği yarıya indirilebilmektedir. Diğer bir konu ise aktif bir sistemde programlama yapılacağında önyükleme işlemine hangi önceliğin verileceğidir. Önyükleyici işlemine yüksek öncelik verildiğinde programlanacak düğüme veriler gönderilmeye başlandığında diğer düğümlerin iletişimlerinde gecikmeler olabilmektedir. Veri iletimi ve alımı için düşük gecikme süresi gerektiren kritik sistemlerde sistemin beklendiği gibi çalışmasını engelleyebilir. Ters durumlarında ise, yani önyükleyici işlemlerine düşük öncelik verildiğinde ise programlayıcı mesaj göndermek için ağır boş durumda olmasını bekleyeceğinden bu durumda uzun programlama sürelerine neden olabilmektedir.

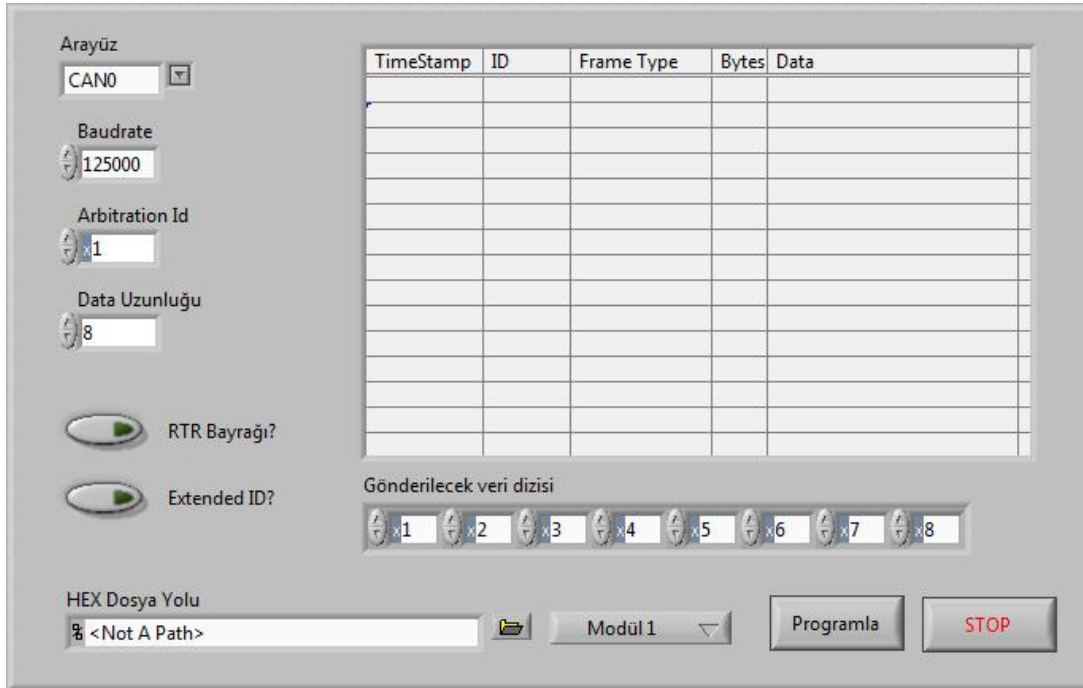
18F4580 mikrodenetleyicisi önyükleyici işlemleri için program hafızasının başında 4 Kbyte'lık bir alan ayrılmıştır ve bu alan herhangi bir yanlışlıkla üzerine yazmaya karşı korumalı olarak ayarlanabilmektedir. Aşağıda bu alan ve program hafızasının yeniden yapılandırılmış hali verilmiştir (Şekil 5.3). Program hafızasının başındaki alan önyükleyici işlemleri için kullanıldığında reset vektörü, yüksek ve düşük öncelikli kesme vektörlerinin adresleri program hafızası alanında yeniden tanımlanmalıdır.



Şekil 5. 3. 18F4580' in yeniden yapılandırılmış program belleği

### 5.1.2.1. CAN kontrol kartı programlayıcı

Tasarlanan kontrol kartı programlayıcı ile kullanıcılar tarafından yazılan ve derlenerek mikrokontrolöre yüklenmeye hazır hale getirilen hex uzantılı dosyalar okunarak programlanmak istenen mikrodenetleyiciye CAN üzerinden gönderilmektedir. Yüklenmek istenen hex dosyası mümkün olan en az sayıda CAN mesajı ile mikrodenetleyiciye gönderilmektedir. Ayrıca gönderilen mesajların doğru şekilde ulaşmış olup olmadığını kontrolü hedef mikrodenetleyici tarafından yapılmaktadır. Programda yüklenmek istenen program dosyası ve kontrol kartı seçildikten sonra "programla" butonuna basılarak yüklenmek istenen program ilgili mikrodenetleyiciye gönderilmektedir. Aşağıda tasarlanan kontrol kartı programlayıcısının LabVIEW arayüzü verilmiştir (Şekil 5.4).



Şekil 5. 4. Kontrol kartı programlayıcısı

Mikrodenetleyicinin önyükleyici moduna geçmesi için bir olay tanımlanmalıdır. Bu olay mikrodenetleyicinin sıfırlanmasından sonra bir butona basılması gibi bir donanım olayı veya ağ üzerinden gelen özel bir data ile tanımlanabilmektedir. Geliştirilen programlayıcıda her kontrol kartının önyükleyici moduna geçmesi için bir ID tanımlanmıştır. Programlanmak istenen kontrol kartı seçildiğinde program ilgili ID ile mesaj gönderir ve programlanacak mikrodenetleyicinin kendisini önyükleyici moduna alıp hazır olduğuna dair mesaj göndermesini beklemektedir. İlgili mikrodenetleyicinin hazır olduğuna dair gelen mesajdan sonra daha önceden her satırdaki verilerin kaç adet CAN mesajı ile gönderilebileceğinin bilgisi ile gerekli sayıdaki mesaj ardı ardına gönderilir. Tüm satır gönderildikten sonra farklı bir ID ile satırın gönderilmesinin bittiği mikrodenetleyiciye bildirilir. Mikrodenetleyici tüm verileri doğru aldıysa bunu bir mesaj ile bildirir ve programlayıcı diğer satırların gönderimine başlar. Bu şekilde tüm satırlar gönderilmektedir. Aşağıda örnek bir hex dosyası verilmiştir (Şekil 5.5).

```

:1000000016EF00F0EA6A060EE96EEF500EE0030EFE
:10001000016E006A002EFED7012EFBD73C0E006E4B
:10002000002EFED700D0EF2EF2D7000CF86AD09E3B
:10003000EA6AE96AC150C00B0F09C16E070EB46EBF
:10004000956A8C6A020E056EFA0E066EDBDF052ECF
:10005000FBD7956AFF0E8C6E020E056EFA0E066EC9
:0E006000D1DF052EFBD7956A8C6AECD7030022
:020000040030CA
:0E00000000C2181E008691000FC00FE00F40D6
:00000001FF

```

Şekil 5. 5. Örnek bir hex dosyası

Mikrodenetleyiciye yüklenmek istenen hex dosyası okunarak her bir satır bir dizi elemanına aktarılmaktadır. Daha sonra her bir satırın kaç mesaj ile gönderilebileceği belirlenerek bu değerlerde bir diziye aktarılmaktadır. Aşağıda hex dosyasının diziye aktarılmış hali ve her bir satırın kaç CAN mesajı ile gönderilebileceği gösterilmiştir (Şekil 5.6).

|  |   |
|--|---|
| 3A1000000016EF00F0EA6A060EE96EEF500EE0030EFE | 3 |
| 3A10001000016E006A002EFED7012EFBD73C0E006E4B | 3 |
| 3A10002000002EFED700D0EF2EF2D7000CF86AD09E3B | 3 |
| 3A10003000EA6AE96AC150C00B0F09C16E070EB46EBF | 3 |
| 3A10004000956A8C6A020E056EFA0E066EDBDF052ECF | 3 |
| 3A10005000FBD7956AFF0E8C6E020E056EFA0E066EC9 | 3 |
| 3A0E006000D1DF052EFBD7956A8C6AECD7030022     | 3 |
| 3A020000040030CA                             | 1 |
| 3A0E00000000C2181E008691000FC00FE00F40D6     | 3 |
| 3A00000001FF                                 | 1 |
|  | 0 |

Şekil 5. 6. (a) Hex dosyasının diziye aktarılmış hali (b) her bir satırın kaç mesaj ile gönderileceği bilgisi

Örneğin birinci satırda 22 byte veri bulunmaktadır. 2 adet 8 byte ve 1 adet 6 byte uzunluğundaki mesaj ile bu satır gönderilmektedir. Aşağıda okunan hex dosyasının onluk sisteme çevrilmiş ve iki boyutlu bir diziye kaydedilmiş hali, bu dizide her bir satırdaki verilerin kaç byte uzunluğunda gönderileceğinin bilgisi bulunmaktadır

(Şekil 5.7). Bu şekilde programlanmak istenen hex dosyası mümkün olabildiğince az mesaj ile gönderilmektedir.

|            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>(a)</b> | 0   | 58  | 16  | 0   | 0   | 0   | 22  | 239 | 0   |
|            | 0   | 240 | 234 | 106 | 6   | 14  | 233 | 110 | 239 |
|            |     | 80  | 14  | 224 | 3   | 14  | 254 | 0   | 0   |
|            |     | 58  | 16  | 0   | 16  | 0   | 1   | 110 | 0   |
|            |     | 106 | 0   | 46  | 254 | 215 | 1   | 46  | 251 |
|            |     | 215 | 60  | 14  | 0   | 110 | 75  | 0   | 0   |
|            |     | 58  | 16  | 0   | 32  | 0   | 0   | 46  | 254 |
|            |     | 215 | 0   | 208 | 239 | 46  | 242 | 215 | 0   |
|            |     | 12  | 248 | 106 | 208 | 158 | 59  | 0   | 0   |
|            |     | 58  | 16  | 0   | 48  | 0   | 234 | 106 | 233 |
|            |     | 106 | 193 | 80  | 192 | 11  | 15  | 9   | 193 |
|            |     | 110 | 7   | 14  | 180 | 110 | 191 | 0   | 0   |
|            |     | 58  | 16  | 0   | 64  | 0   | 149 | 106 | 140 |
|            |     | 106 | 2   | 14  | 5   | 110 | 250 | 14  | 6   |
|            |     | 110 | 219 | 223 | 5   | 46  | 207 | 0   | 0   |
|            |     | 58  | 16  | 0   | 80  | 0   | 251 | 215 | 149 |
|            |     | 106 | 255 | 14  | 140 | 110 | 2   | 14  | 5   |
|            |     | 110 | 250 | 14  | 6   | 110 | 201 | 0   | 0   |
|            |     | 58  | 14  | 0   | 96  | 0   | 209 | 223 | 5   |
|            |     | 46  | 251 | 215 | 149 | 106 | 140 | 106 | 236 |
|            | 215 | 3   | 0   | 34  | 0   | 0   | 0   | 0   |     |
|            | 58  | 2   | 0   | 0   | 4   | 0   | 48  | 202 |     |
|            | 58  | 14  | 0   | 0   | 0   | 0   | 194 | 24  |     |
|            | 30  | 0   | 134 | 145 | 0   | 15  | 192 | 15  |     |
|            | 224 | 15  | 64  | 214 | 0   | 0   | 0   | 0   |     |
|            | 58  | 0   | 0   | 0   | 1   | 255 | 0   | 0   |     |
| <b>(b)</b> | 0   | 8   |     |     |     |     |     |     | 8   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 8   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 6   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 8   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 8   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 6   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 8   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 8   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 6   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 8   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 8   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 6   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 8   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 8   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 6   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 8   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 8   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 6   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 8   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 8   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 6   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 8   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 8   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 6   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 8   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 8   |
|            |     |     |     |     |     |     |     |     | 6   |

Şekil 5. 7. (a) hex dosyasının onluk sisteme çevrilmiş hali, (b) her bir satırdaki veri byte uzunluğu

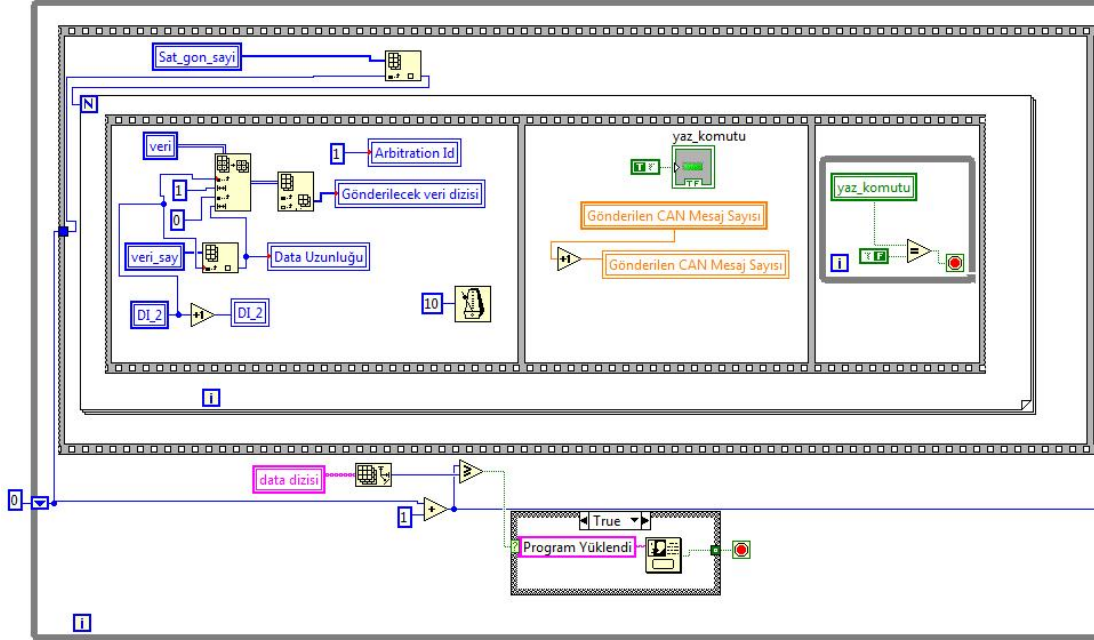
CAN kontrol kartı programlayıcının akış diyagramı aşağıda verilmiştir (Şekil 5.8). Şekilde görüldüğü gibi programlanmak istenen hex dosyası okunduktan sonra bir diziye kayıt edilmektedir. Daha sonra seçilen kontrol kartına hex dosyası satır satır gönderilmektedir.





Şekil 5. 8. CAN kontrol kartı programlayıcı akış diyagramı

Programlayıcı LabVIEW grafiksel programı kullanılarak hazırlanmıştır. Aşağıda programlayıcının bir bölümünün blok diyagramı verilmiştir (Şekil 5.9).

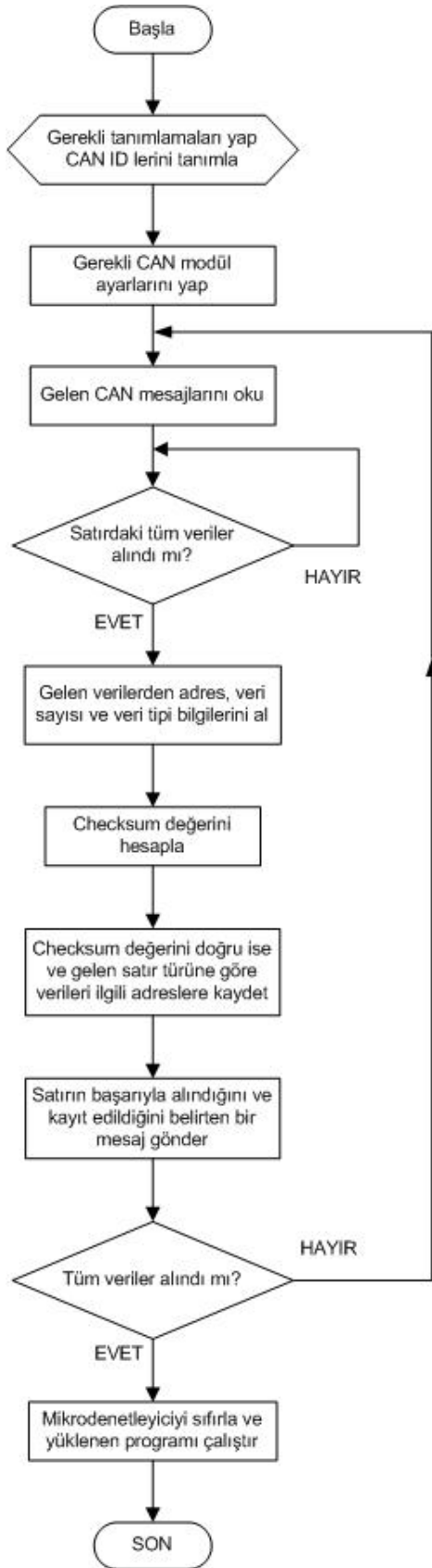


Şekil 5. 9. CAN kontrol kartı programlayıcı blok diyagramı

### 5.1.2.2. Önyükleyici programı

Önyükleyici programı mikrodenetleyicide çalışan ve CAN kontrol kartı programlayıcısından gelen mesajlar ile mikrodenetleyiciyi önyükleyici durumuna alarak program belleğine yeni programın yüklenmesini sağlayan özel bir yazılımdır. Önyükleyici programı bir kez bir programlayıcı ile mikrodenetleyiciye yüklendikten sonra kullanılmaya hazır hale gelmektedir. Önyükleyici programı mikrodenetleyicinin program belleğinin başından itibaren yüklenmektedir. CAN kontrol kartı programlayıcısından ilgili mikrokontrolöre ait ID ile bir mesaj geldiğinde bu denetleyici kendisini önyükleyici moduna alarak hazır olduğuna dair bir mesaj gönderir. CAN kontrol kartı programlayıcısı hex dosyasındaki verileri satır satır göndermektedir ve satırdaki veriler bittiğinde bunu bir mesaj ile mikrodenetleyiciye bildirmektedir. Mikrodenetleyici mesajlar ile gönderilen dataları kaydeder ve satırın tamamının gönderildiğine dair mesajı aldığı anda bu gelen verilerden ilk byte ':' ile başlıyorsa diğer verilerden sırasıyla bu satırdaki veri

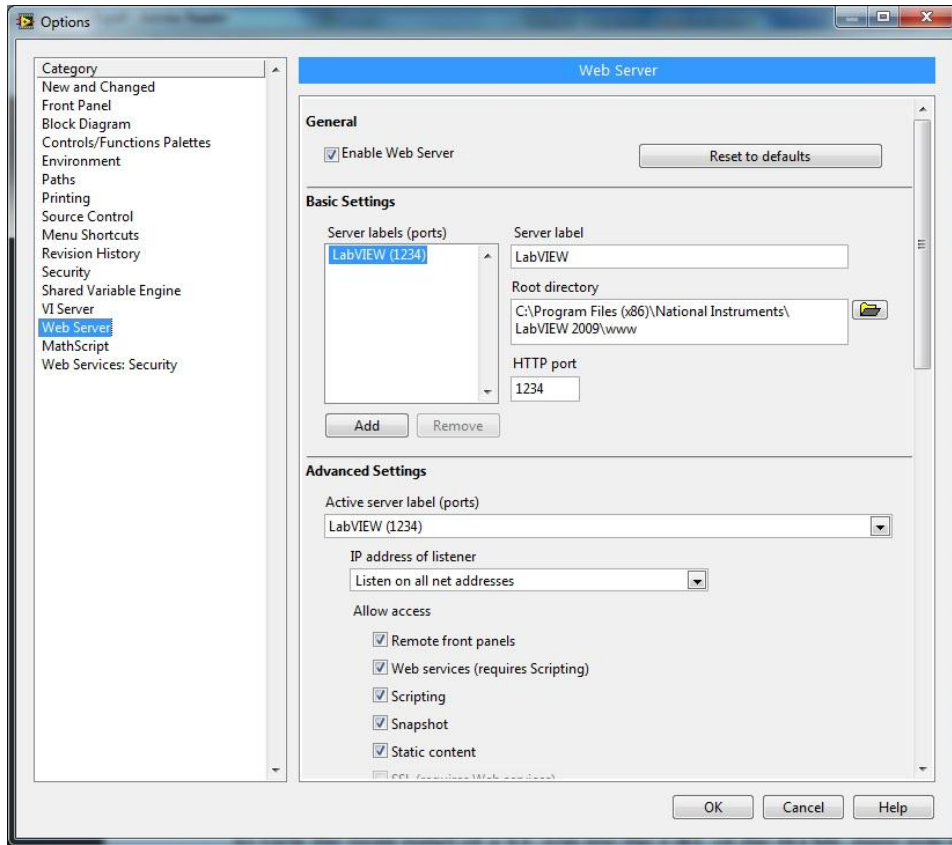
sayısını, verilerin yükleneceği program belleği adresini ve gelen verinin türünü belirledikten sonra checksum ve başlangıç verisinin dışında kalan veriler toplanarak 2'ye tümleyeni alındıktan sonra elde edilen veri satırın sonundaki checksum alanındaki veri ile karşılaştırılır. Eğer veriler uyuşuyorsa iletilen satırdaki veriler doğru olarak alınmıştır ve alınan veriler mikrokontrolör tarafından ilgili alanlara kayıt edilmeye başlanır. Kayıt işlemi bittikten sonra bir mesaj ile programlayıcıya diğer satırların gönderilmeye başlanabileceği bildirilir. Tüm satırlar kaydedildiğinde denetleyici kendisini sıfırlayarak yeni yüklenen programı çalıştırmaya başlamaktadır. Aşağıda yazılan önyükleyicinin akış diyagramı verilmiştir (Şekil 5.10).



Şekil 5. 10. Önyükleyici programı akış diyagramı

## 5.2. LabVIEW Web Sunucusu

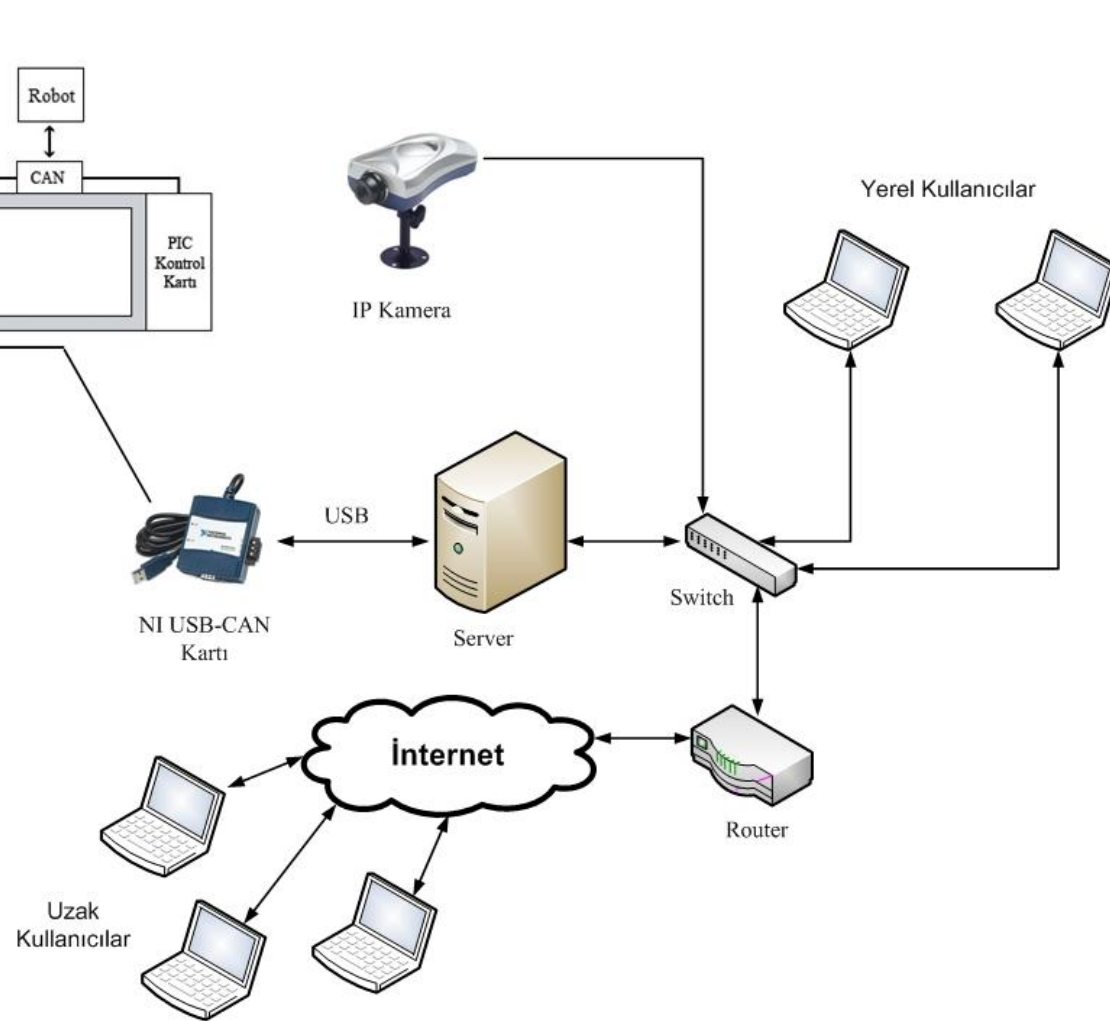
LabVIEW web server yapılandırılıp aktif hale getirildiğinde kullanıcıların hazırlanmış programların ön panellerine web tarayıcı vasıtasıyla erişmelerini sağlayan bir bileşendir. Hem statik hem de dinamik ön panel VI görüntüleri uzaktan görüntülenip kontrol edilebilmektedir [77]. LabVIEW web sunucusu ile ilgili ayarlar aşağıdaki şekilde verilmiştir (Şekil 5.11). Bu bölümde port ayarlamaları, sunucuyu başlatma ve durdurma gibi çeşitli ayarlamalar yapılabilmektedir.



Şekil 5. 11. LabVIEW Web server ayarları penceresi

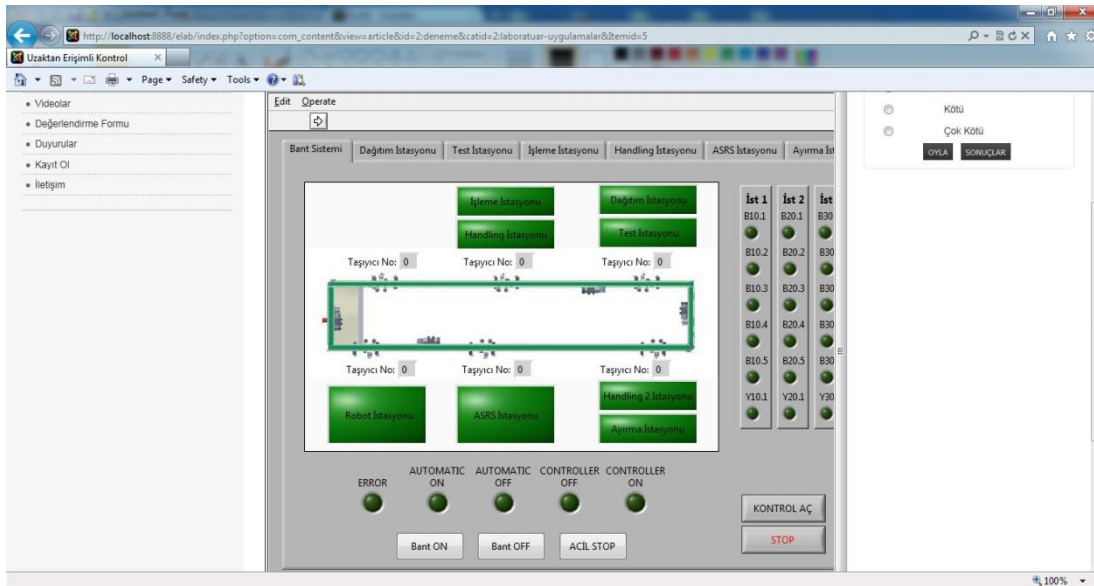
## 5.3. Uzaktan Erişimli Kontrol ve Programlama

Sistemin uzaktan erişimli kontrolüne ait yapı aşağıda gösterilmiştir (Şekil 5.12). Burada sistem hareketlerinin izlenmesi amacıyla bir IP kamera kullanılmıştır.



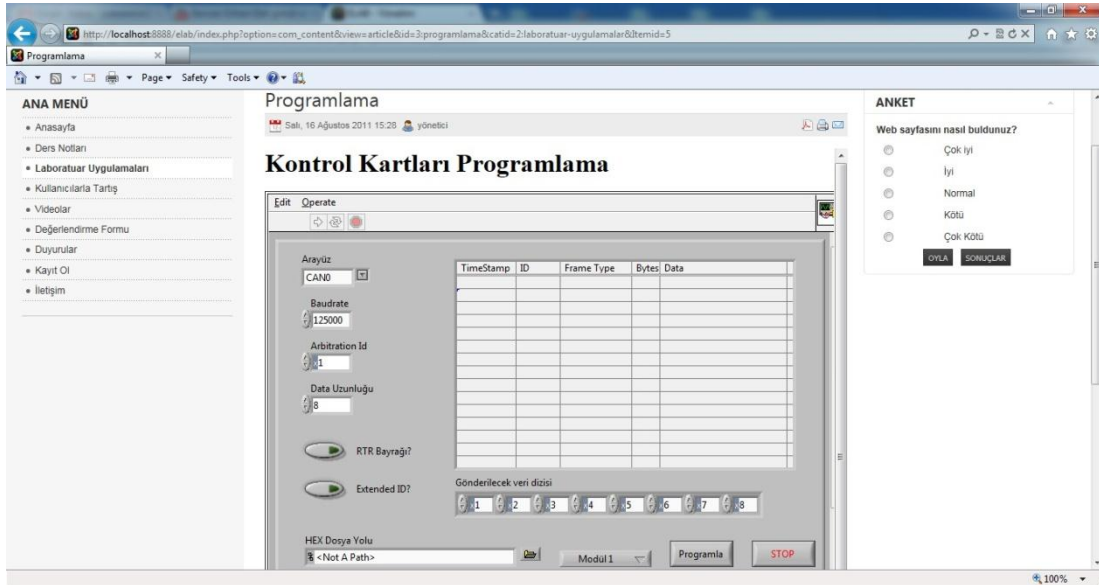
Şekil 5. 12. Gerçekleştirilen uzaktan erişimli sistem alt yapısı

Sistemin web üzerinden uzaktan erişimli kontrolü için bir web sayfası tasarlanmıştır. Bu web sayfası üzerinde kullanıcılar üyelik işlemini tamamladıktan sonra çeşitli alanlara ulaşabilmektedirler. Bu alanlar ders notları, uzaktan erişimli laboratuvar uygulamaları, videolar, değerlendirme formu gibi kısımlardan oluşmaktadır. Bu şekilde, FMS yapısının konuları ile ilgili olarak bir e-öğrenme platformu tasarlanmıştır. Kullanıcılar üyelik bilgileri ile sisteme girdikten sonra FMS ile ilgili uzaktan erişimli uygulamalara erişebilmektedirler. Bunlardan ilki FMS' in uzaktan kontrol ve gözlemlenmesi için geliştirilen LabVIEW uygulamasının bulunduğu sayfadır. Bu sayfa ile kullanıcılar FMS' in tüm istasyonlarının kontrolünü ve izlemelerini web üzerinden gerçekleştirebilmektedirler. Aşağıdaki şekilde uzaktan kontrol ve izleme web sayfasının görünümü verilmiştir (Şekil 5.13).



Şekil 5. 13. Uzaktan kontrol ve izleme web arayüzü

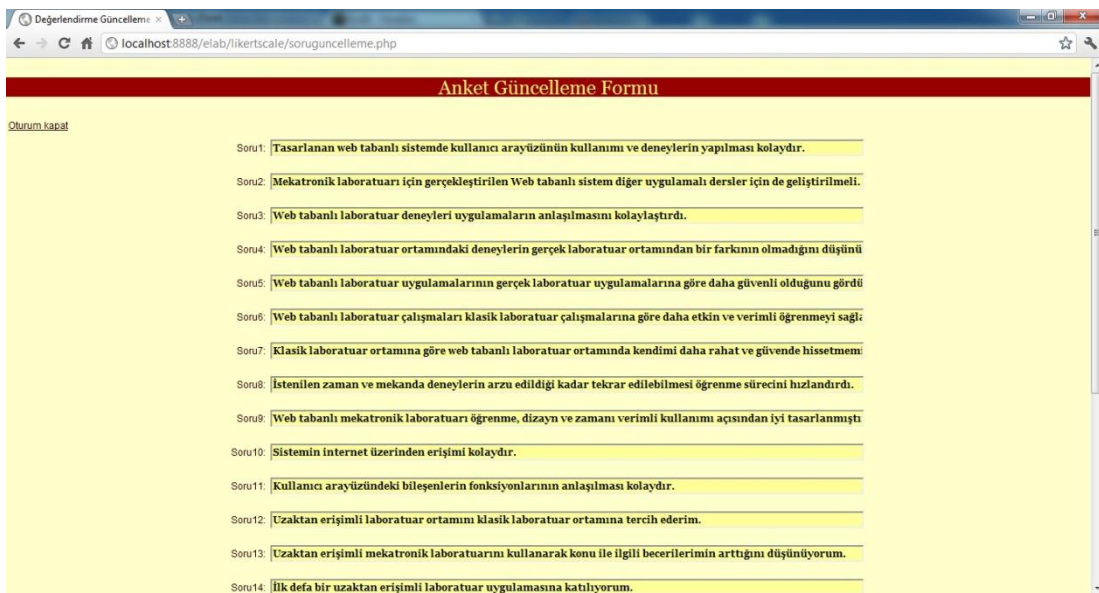
FMS istasyonlarını kontrol eden mikrokontrolör tabanlı kartların uzaktan programlanmasına imkan tanıyan web arayüzü aşağıdaki şekilde verilmiştir (Şekil 5.14). Bu arayüz sayesinde kullanıcılar kendi bilgisayarlarında yazıp derledikleri programları kontrol kartlarına yükleyebilmektedirler. FMS' in dağıtım ve test istasyonu uzaktan programlamaya açılmıştır. Bu sayede FMS uzaktan eğitim amaçlı olarak da rahatlıkla kullanılabilir bir yapıya kavuşturulmuştur.



Şekil 5. 14. Kontrol kartları programlama web arayüzü

## 5.4. Değerlendirme Formu

Geliştirilen sistemin değerlendirilmesi için bir anket sistemi hazırlanmıştır. Bu sayfalar ile kullanıcılara yöneltilecek anket soruları sisteme rahatlıkla girilebilmektedir. Aşağıda anket hazırlamak için geliştirilen web sayfası verilmiştir (Şekil 5.15).



Şekil 5. 15. Anket soruları hazırlama web sayfası



Kullanıcıların sorulan soruları rahatlıkla web üzerinden yanıtlayabileceği web sayfası aşağıda verilmiştir (Şekil 5.16). Bu sayfada beş seçenekli likert değerlendirme ölçeği kullanılmıştır. Bunlar; Tamamen katılıyorum, Katılıyorum, Kararsızım, Katılmıyorum, Tamamen katılmıyorum şeklindedir.

**Eğitim Değerlendirme Formu**

Sayın İlgili,

Mekatronik dersinde temel kavramları gerçek sistemler üzerinde uygulamalı olarak etkili bir şekilde öğrenilmesi amacıyla lokal ve uzaktan erişimli "Mekatronik sistemler laboratuvar uygulaması" gerçekleştirilmiştir. Yapılan uygulamanın katkısını belirlemek ve sizden gelecek geri bildirim doğrultusunda geliştirmek amacıyla bu anket hazırlanmıştır.

Soruları içtenlikle cevaplamanızı bekler, katılımınız için teşekkür ederiz.

|   |                      |              |            |             |                     |
|---|----------------------|--------------|------------|-------------|---------------------|
| 1) Tasarlanan web tabanlı sistemde kullanıcı arayüzünün kullanımı ve deneylerin yapılması kolaydır.                     | Tamamen Katılmıyorum | Katılmıyorum | Kararsızım | Katılıyorum | Tamamen Katılıyorum |
| 2) Mekatronik laboratuvarı için gerçekleştirilen Web tabanlı sistem diğer uygulamalı dersler için de geliştirilmeli.    | Tamamen Katılmıyorum | Katılmıyorum | Kararsızım | Katılıyorum | Tamamen Katılıyorum |
| 3) Web tabanlı laboratuvar deneyleri uygulamaların anlaşılmasını kolaylaştırır.   | Tamamen Katılmıyorum | Katılmıyorum | Kararsızım | Katılıyorum | Tamamen Katılıyorum |
| 4) Web tabanlı laboratuvar ortamındaki deneylerin gerçek laboratuvar ortamından bir farkının olmadığını düşünüyorum.    | Tamamen Katılmıyorum | Katılmıyorum | Kararsızım | Katılıyorum | Tamamen Katılıyorum |
| 5) Web tabanlı laboratuvar uygulamalarının gerçek laboratuvar uygulamalarına göre daha güvenli olduğunu gördüm.         | Tamamen Katılmıyorum | Katılmıyorum | Kararsızım | Katılıyorum | Tamamen Katılıyorum |
| 6) Web tabanlı laboratuvar çalışmaları klasik laboratuvar çalışmalarına göre daha etkin ve verimli öğrenmeyi sağlar.    | Tamamen Katılmıyorum | Katılmıyorum | Kararsızım | Katılıyorum | Tamamen Katılıyorum |
| 7) Klasik laboratuvar ortamına göre web tabanlı laboratuvar ortamında kendimi daha rahat ve güvende hissetmemi sağladı. | Tamamen Katılmıyorum | Katılmıyorum | Kararsızım | Katılıyorum | Tamamen Katılıyorum |

Şekil 5. 16. Anket web sayfası

Daha sonra kullanıcıların verdiği cevapların değerlendirildiği bir web sayfası daha hazırlanmıştır (Şekil 5.17). Bu sayfada kaç kullanıcının ankete katıldığı ve sorulara verilen cevaplar yüzde olarak görüntülenebilmektedir.

Analiz 2.0

localhost:8888/elab/liikertscale/analiz2.php

Google Chrome'un şifrenizi kaydetmesini istiyor musunuz? Şifreyi kaydet Bu site için hiçbir zaman

Sayfayı Yazdır Çıkış

### Değerlendirme Formu Analiz Sayfası

|   | Tamamen Katılmıyorum | Katılmıyorum | Kararsızım | Katılıyorum | Tamamen Katılıyorum |
|---|----------------------|--------------|------------|-------------|---------------------|
| 1) Tasarlanan web tabanlı sistemde kullanıcı arayüzünün kullanımı ve deneylerin yapılması kolaydır.                     | %0                   | %100         | %0         | %0          | %0                  |
| 2) Mekatronik laboratuvarı için gerçekleştirilen Web tabanlı sistem diğer uygulamalı dersler için de geliştirilmiştir.  | %0                   | %100         | %0         | %0          | %0                  |
| 3) Web tabanlı laboratuvar deneyleri uygulamaların anlaşılmasını kolaylaştırıldı.                                       | %0                   | %100         | %0         | %0          | %0                  |
| 4) Web tabanlı laboratuvar ortamındaki deneylerin gerçek laboratuvar ortamından bir farkının olmadığını düşünüyorum.    | %0                   | %0           | %100       | %0          | %0                  |
| 5) Web tabanlı laboratuvar uygulamalarının gerçek laboratuvar uygulamalarına göre daha güvenli olduğunu gördüm.         | %0                   | %0           | %100       | %0          | %0                  |
| 6) Web tabanlı laboratuvar çalışmaları klasik laboratuvar çalışmalarına göre daha etkin ve verimli öğrenmeyi sağlar.    | %0                   | %0           | %100       | %0          | %0                  |
| 7) Klasik laboratuvar ortamına göre web tabanlı laboratuvar ortamında kendimi daha rahat ve güvende hissetmemi sağladı. | %0                   | %0           | %100       | %0          | %0                  |
| 8) İstenilen zaman ve mekanda deneylerin arzu edildiği kadar tekrar edilebilmesi öğrenme sürecini hızlandırdı.          | %0                   | %0           | %100       | %0          | %0                  |
| 9) Web tabanlı mekatronik laboratuvarı öğrenme, dizayn ve zamanı verimli kullanımı açısından iyi tasarlanmıştır.        | %0                   | %0           | %100       | %0          | %0                  |
| 10) Sistemin internet üzerinden erişimi kolaydır.   | %0                   | %100         | %0         | %0          | %0                  |
| 11) Kullanıcı arayüzündeki bileşenlerin fonksiyonlarının anlaşılması kolaydır.  | %0                   | %100         | %0         | %0          | %0                  |
| 12) Uzaktan erişimli laboratuvar ortamını klasik laboratuvar ortamına tercih ederim.                                    | %0                   | %100         | %0         | %0          | %0                  |
| 13) Uzaktan erişimli mekatronik laboratuvarını kullanarak konu ile ilgili becerilerimin arttığını düşünüyorum.          | %0                   | %100         | %0         | %0          | %0                  |
| 14) İlk defa bir uzaktan erişimli laboratuvar uygulamasına katılıyorum.   | %0                   | %100         | %0         | %0          | %0                  |

Toplam 1 kayıt

Anket İşlemleri: [Güncelle](#) [Sıfırla](#)

Şekil 5. 17. Anket analiz sayfası

## BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzün en önemli konuları eğitim ve öğretimdir. Bilgi ve bilişim çağında eğitim ve öğretime önem veren, bu alanda yeni teknolojiler geliştiren ve deneyen ülkeler hızla gelişmektedirler. Bu çalışmaların sonucunda mekatronik gibi farklı mühendislik alanları ve uzaktan eğitim gibi farklı eğitim metotları meydana gelmiştir.

Tarihsel gelişimi itibariyle çeşitli aşamalardan geçerek bugünkü durumuna gelen uzaktan öğretim sistemleri 20. yüzyılın sonlarında Avrupa'nın hemen her tarafına yayılmıştır. ABD, Avusturya ve diğer ülkelerde büyük bir hızla uygulanmış ve daha sonraları yeni bir yaklaşımla geliştirilmiştir. Bu yöntemin gelişimi sürekli devam edecektir [78].

Gelişmiş ülkeler eğitim imkanlarını öğrencilerin evlerine ulaştırarak zaman, mekan vb. kısıtlamaları ortadan kaldıracak şekilde uzaktan eğitim olanakları geliştirmişlerdir. Özellikle internet teknolojisinin son yıllarda hızla gelişimi ve yaygınlaşması sayesinde birçok ülkeden birçok üniversite dünyanın farklı yerlerinde bulunan öğrenciler için uzaktan eğitim sistemleri geliştirmişlerdir. Mühendislik ve mesleki eğitimde hiç şüphesiz öğrenilen teorik bilgilerin uygulanarak pratik kazanılması büyük önem taşımaktadır. Uzaktan eğitim sistemleri her ne kadar laboratuvar uygulamaları bulunan dersler için uygulanması zor olarak görünse de bununla ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Uzaktan eğitim sistemleri kullanılarak ulaşım, zaman, mekan ve fiziksel laboratuvar ortamlarından tasarruf sağlanmaktadır. Bundan dolayı uzaktan eğitim sistemlerine olan ilgi ve kurulumu tüm dünya çapında hızlı bir şekilde artmaktadır.

Günümüzde uzaktan eğitime her ne kadar şüpheyle yaklaşanlar olsa da, özel olarak hazırlanmış bilgisayar, radyo ve televizyon uygulamaları, kitap ve benzeri materyaller kullanılarak verilen uzaktan eğitim örgün eğitimin yerine bir alternatif

olarak kullanılabilir düzeyde ulaşmıştır ve dünyada birçok ülke tarafından da uygulanmaktadır.

Bu çalışmada dünyada yapılan esnek üretim sistemleri, mekatronik eğitimi, uzaktan eğitim ile ilgili çalışmalar incelenmiş ve kısa bilgiler verilmiştir. Bu çalışmalarda kazanılan tecrübeler göz önüne alınarak FMS' in mekatronik eğitiminde verimli bir şekilde hem yerel hem de uzaktan erişimli kontrolü ve programlanmasını sağlayacak bir alt yapı oluşturulmuştur. Gerçekleştirilen sistem ile temel seviyeden ileri düzey seviyeye kadar birçok mekatronik konusunun uygulamalı olarak gerçekleştirilebileceği yeni bir yapı tasarlanmıştır. FMS' in istasyonlarının kontrolünü sağlamak amacıyla mikrokontrolör tabanlı kartlar tasarlanmıştır. Bu sayede öğrencilerin günümüzde birçok cihazda kullanılan mikrokontrolörler ile gerçek sistemler üzerinde uygulama yapmalarına imkan tanınmıştır. İstasyonların kontrolünü sağlayacak temel seviye programlamadan başlanarak tüm sistemin entegre olarak çalışacağı karmaşık kontrol programlarına kadar birçok mikrokontrolör modülünün (ADC, Timer/Counter, CAN vb.) kullanılacağı programlar yazılabilmektedir.

FMS' de tüm istasyonların haberleşmesi, istasyonların çalışmasının bilgisayar üzerinden görselleştirilmesi ve kontrolleri için maliyet, uygulama alanı, esneklik ve benzeri özellikler değerlendirilerek FMS' de mevcut olarak bulunan AS-I ağının yerine CAN ağı kurulmuştur. Böylece endüstriyel bir ağın uygulaması da gerçek sistemler üzerinde denenebilmektedir. CAN ve AS-I ağlarının özellikleri aşağıda maddeler halinde kıyaslanmıştır.

- Maliyet açısından değerlendirme yapıldığında FMS sisteminin taşıma bandına kurulan AS-I ağında bir adet 4 dijital girişten, 4 dijital çıkıştan oluşan modülün fiyatı yaklaşık olarak 250 \$, bir AS-I valf terminalinin fiyatı 170 \$ ve AS-I bağlantı modülünün fiyatı 100 \$ iken bu sistem CAN ağında çok daha düşük maliyetli olarak yaklaşık 30 \$ 'a gerçekleştirilebilmektedir. Bu maliyet farkı sadece bir düğüm için hesaplanmıştır ve FMS sisteminin tamamı değerlendirilecek olursa sadece bant sistemi için maliyet farkı 2940 \$

gibi bir rakam olmaktadır. Ayrıca AS-I ağında kullanılacak adresleme cihazının fiyatı da dahil edilecek olursa fark 3770 \$ olmaktadır.

- Ağ mesafesi kıyaslandığında ise CAN tekrarlayıcısız 500 m kullanılabilirken AS-I ağı 100 m uzunlukta kullanılabilir.
- Bunun yanında AS-I ağında 62 düğümde her düğümde 8 giriş 8 çıkış kullanılabilirken CAN ağında 112 düğümde her bir düğümde mesaj içerisinde 8 byte veri gönderilebildiğinden mikrokontrolör tabanlı bir düğüm düşünüldüğünde 64 bit veri giriş veya çıkış olarak gönderilebilmektedir.

İstasyonların kontrolü ve gözlemlenmesi amacıyla LabVIEW programı kullanılmıştır. Günümüzde birçok alanda profesyonel kontrol uygulamalarında kullanılan LabVIEW ile kullanıcılar basit şekilde kontrol programları ve arayüzleri hazırlayabilmektedirler.

Hazırlanan yeni kontrol altyapısı ile FMS mekatronik eğitiminde kullanılacak daha esnek ve verimli bir yapıya kavuşturulmuştur. Örneğin, mikrokontrolörün programlanmasında günümüzde birçok programlama dili (C, Basic, Pascal, Java vb.) kullanılabilir. Ayrıca yeni kontrol altyapısı ile FMS istasyonları iki farklı şekilde kontrol edilebilmektedir. Bunlardan ilki yukarıda da bahsedildiği gibi her istasyonun kontrol kartına yazılacak mikrokontrolör programları ile kontrol, ikincisi ise bu kontrol kartlarını dağıtık giriş çıkış birimi olarak kullanarak istasyonların programlarının LabVIEW ile yazılması sonucunda gerçekleştirilen dağıtık kontrol uygulamasıdır.

FMS kullanılarak gerçek bir uygulama projesinin şu aşamaları gerçekleştirilebilmektedir [79];

- Planlama
- Montaj
- Programlama
- Devreye alma
- İşletme

- Bakım
- Arıza bulma

Bunlara ek olarak FMS' in uzaktan erişimli kontrolü ve programlanması için bir web sayfası hazırlanmıştır. Bu web sayfası ile kullanıcılar FMS' i kontrol edip gözlemleyebilmekte ve belirlenen istasyonları web üzerinden programlayabilmektedir. Geliştirilen yeni yapı ile aşağıda maddeler halinde verilen teknolojilerin eğitimi uygulamalı olarak verilebilmektedir;

- Mikrokontrolör tabanlı kontrol uygulamaları
- LabVIEW tabanlı SCADA uygulamaları
- Dağıtık kontrol uygulamaları
- LabVIEW tabanlı kontrol uygulamaları
- CAN uygulamaları
- Uzaktan kontrol uygulamaları
- Uzaktan eğitim uygulamaları
- İleri düzey mikrokontrolör uygulamaları
- Analog sinyal işleme ve değerlendirme
- Ağ üzerinden mikrokontrolör programlama uygulamaları
- Farklı programlama dilleri (C, Basic, Pascal vb.) ile kontrol uygulamaları
- Pnömatik ve elektropnömatik devrelerin kullanımı
- Çeşitli sensörler ve aktuatörler kullanımı
- Çeşitli taşıma aletleri ve tutucuların uygulaması
- Vakum teknolojisi uygulaması
- Çeşitli elektronik sürücülerin uygulaması
- Enkoder ile pozisyon kontrol uygulamaları
- Endüstriyel robot uygulamaları
- Palet tanımlamasının çalışma modları ve amacı

Geliştirilen yeni kontrol alt yapısı sayesinde FMS, üzerinde farklı akademik çalışmaların yapılabileceği duruma da getirilmiştir. Örneğin sistem üzerinden veri

toplanabildiğinden sistem üzerinde meydana gelebilecek sensör ve benzeri arızaların yapay sinir ağları ile tespiti çalışmaları gibi çalışmaların yapılmasına olanak sağlayan esnek bir yapı oluşturulmuştur.

Mekatronik eğitimi vermek amacıyla geliştirilen bu yapının değerlendirilmesi amacıyla 2010-2011 yılı bahar döneminde 29 adet 4. sınıf öğrencisine sistem tanıtılarak kullanmaları sağlanmış ve sistem hakkındaki görüşleri alınmıştır. Öğrencilerin değerlendirmeleri Tablo 6.1' de verilmiştir. Bu görüşler değerlendirildiğinde öğrencilerin %93,1' inin kullanıcı arayüzünün kullanımını ve deneylerin yapılmasını kolay bulduğu, %89,7' sinin böyle uygulamaların diğer dersler içinde geliştirilmesini istediği, değerlendirmeye katılan öğrencilerin tümünün ise deneylerin istenildiği kadar tekrar edilmesinin öğrenme sürecini hızlandıracağını belirtmişlerdir. Öğrencilerin yaptığı değerlendirmeler bir bütün olarak değerlendirildiğinde ise mekatronik eğitimi vermek için geliştirilen bu çalışmanın faydalı olacağı görülmüştür.

Tablo 6. 1. Öğrenci değerlendirmeleri

| Sorular  | Görüşler |       |       |       |       | Ort. |
|--|----------|-------|-------|-------|-------|------|
|  | 1 (%)    | 2 (%) | 3 (%) | 4 (%) | 5 (%) |      |
| Tasarlanan web tabanlı sistemde kullanıcı ara yüzünün kullanımı ve deneylerin yapılması kolaydır.                    | 6,9      | 0     | 0     | 41,4  | 51,7  | 4,31 |
| Mekatronik laboratuvarı için gerçekleştirilen Web tabanlı sistem diğer uygulamalı dersler için de geliştirilmeli.    | 6,9      | 3,4   | 0     | 27,6  | 62,1  | 4,38 |
| Web tabanlı laboratuvar deneyleri uygulamaların anlaşılmasını kolaylaştırdı.   | 3,4      | 13,8  | 6,9   | 48,3  | 27,6  | 3,83 |
| Web tabanlı laboratuvar ortamındaki deneylerin gerçek laboratuvar ortamından bir farkının olmadığını düşünüyorum.    | 24,1     | 24,1  | 0     | 34,5  | 17,2  | 2,97 |
| Web tabanlı laboratuvar uygulamalarının gerçek laboratuvar uygulamalarına göre daha güvenli olduğunu gördüm.         | 0        | 10,3  | 6,9   | 27,6  | 55,2  | 4,28 |
| Web tabanlı laboratuvar çalışmaları klasik laboratuvar çalışmalarına göre daha etkin ve verimli öğrenmeyi sağlar.    | 10,3     | 13,8  | 3,4   | 31    | 41,4  | 3,79 |
| Klasik laboratuvar ortamına göre web tabanlı laboratuvar ortamında kendimi daha rahat ve güvende hissetmemi sağladı. | 3,4      | 6,9   | 6,9   | 48,3  | 34,5  | 4,03 |
| İstenilen zaman ve mekanda deneylerin arzu edildiği kadar tekrar edilebilmesi öğrenme sürecini hızlandırdı.          | 0        | 0     | 0     | 31    | 69    | 4,69 |
| Web tabanlı mekatronik laboratuvarı öğrenme, dizayn ve zamanı verimli kullanımı açısından iyi tasarlanmıştır.        | 0        | 6,9   | 3,4   | 55,2  | 34,5  | 4,17 |
| Sistemin internet üzerinden erişimi kolaydır.  | 3,4      | 13,8  | 24,1  | 31    | 27,6  | 3,66 |
| Kullanıcı arayüzündeki bileşenlerin anlaşılması kolaydır.  | 0        | 24,1  | 0     | 62,1  | 13,8  | 3,66 |
| Uzaktan erişimli laboratuvar ortamını klasik laboratuvar ortamına tercih ederim.                                     | 6,9      | 27,6  | 0     | 27,6  | 37,9  | 3,62 |
| Uzaktan erişimli mekatronik laboratuvarımı kullanarak konu ile ilgili becerilerimin arttığını düşünüyorum.           | 3,4      | 17,2  | 3,4   | 58,6  | 17,2  | 3,69 |
| İlk defa bir uzaktan erişimli laboratuvar uygulamasına katılıyorum.  | 0        | 0     | 3,4   | 27,6  | 69    | 4,66 |

1, Kesinlikle katılmıyorum; 2, Katılmıyorum; 3, Kararsızım; 4, Katılıyorum; 5, Kesinlikle katılıyorum.



## KAYNAKLAR

- [1] YENİTEPE, R., Mekatronik Eğitiminde Mps Üniteleri, The Turkish Online Journal Of Educational Technology – TOJET, 3, 4, pp. 133-139, 2004
- [2] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Mekatronik>, Erişim: Eylül 2011
- [3] SIEGWART, R., Grasping the interdisciplinarity of mechatronics, Robotics & Automation Magazine, 8, 2, pp. 27-34, 2001
- [4] BASSILY, H., SEKHON, R., BUTTS, D.E., WAGNER, J., A mechatronics educational laboratory – Programmable logic controllers and material handling experiments, Mechatronics, 17, 9, pp. 480-488, 2007
- [5] SAYGIN, C., KAHRAMAN, F., A Web-based programmable logic controller laboratory for manufacturing engineering education, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 24, pp. 7-8, 2004
- [6] UZAM, M., An Optimal Deadlock Prevention Policy for Flexible Manufacturing Systems Using Petri Net Models with Resources and the Theory of Regions, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 19, 3, pp. 192-208, 2002
- [7] TUNÇALP, K., TAŞKIN, S., Real-time and remote control by LabVIEW of MPS modular production system and technical education, Mechatronic Systems and Materials, Editor: Ewald Macha, Roland Pawliczek, Opole University of Technology, pp. 103-111, 2007
- [8] MCDERMOTT, K. J., YAO, W. A., Developing a Hybrid Programmable Logic Controller Platform for a Flexible Manufacturing System, International Journal of Flexible Manufacturing Systems, 9, 4, 1997
- [9] DEMETGÜL, M., TANSEL, I.N., TAŞKIN, S., Fault diagnosis of pneumatic systems with artificial neural network algorithms, Expert Systems with Applications, 36, 7, pp. 10512-10519, 2009
- [10] YILDIRIM, M. B., CAKAR, T., DOGUC, U., MEZA, J. C., Machine number, priority rule, and due date determination in flexible

- manufacturing systems using artificial neural networks, *Computers & Industrial Engineering*, 50, 1-2, pp. 185-194, 2006
- [11] CAI, C. Q., YU, Y., YANG, R., PANG, C., Research and application of the control technology for Flexible Manufacturing System based on PROFIBUS, *Cybernetics and Intelligent Systems*, IEEE Conference on, pp. 76 – 80, 21-24 Sept. 2008
- [12] GOLNABI, H., Role of laser sensor systems in automation and flexible manufacturing, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 19, 1-2, pp. 201-210, 2003
- [13] FURMAN, B. J., HAYWARD, G. P., Asynchronous hands-on experiments for Mechatronics education, *Mechatronics*, 12, 2, pp. 251-260, 2002
- [14] TUTUNJI, T.A., SALEEM, A., RABBO, S.A., An Undergraduate Mechatronics Project Class at Philadelphia University, Jordan: Methodology and Experience Education, *IEEE Transactions on*, 52, 3, pp. 365-374, 2009
- [15] LEE, J-W., Investigation of mechatronic education in South Korea Original Research Article *Mechatronics*, 20, 3, pp. 341-345, 2010
- [16] PAN, T.-T., FAN, P.-L., CHIANG, H. K., Rong-Seng CHANG, R.-S., JIANG, J.-A., Mechatronic experiments course design: a myoelectric controlled partial-hand prosthesis project, *IEEE Transactions on Education*, 47, 3, pp. 348-355, 2004
- [17] LIMA, M., GOMES, M. P., PUTNIK, G., SILVA, S., MONTEIRO, J., COUTO, C., Mechatronics education at the University of Minho: a summary of the present; perspectives for the future, *Mechatronics*, 12, 2, pp. 295-302, 2002
- [18] MEEK, S., FIELD, S., DEVASIA, S., Mechatronics education in the Department of Mechanical Engineering at the University of Utah, *Mechatronics*, 13, 1, pp. 1-11, 2003
- [19] AKPINAR, B., Mechatronics education in Turkey, *Mechatronics*, 16, 3-4, pp.185-192, 2006
- [20] GIURGIUTIU, V., LYONS, J., ROCHELEAU, D., LIU, W., Mechatronics/microcontroller education for mechanical engineering students at the University of South Carolina, *Mechatronics*, 15, 9, pp. 1025-1036, 2005
- [21] NURSAL, A.O., Modular embedded system design for mechatronic education 2010 IEEE/ASME international conference on mechatronic

- and embedded systems and applications, 2010 IEEE/ASME International Conference on Mechatronics and Embedded Systems and Applications (MESA), pp. 109 - 112, 2010
- [22] RANAWEERA, A., BAMIEH, B., PARMENTER, V., Sensors, actuators, and computer interfacing laboratory course at the University of California at Santa Barbara, *Mechatronics*, 15, 6, pp. 639-650, 2005
- [23] POTKONJAK, V., VUKOBRATOVIĆ, M., JOVANOVIĆ, K., MEDENICA, M., Virtual Mechatronic/Robotic laboratory – A step further in distance learning, *Computers & Education*, 55, 2, pp. 465-475, 2010
- [24] ROJKO, A., HERCOG, D., JEZERNIK, K., E-training in mechatronics using innovative remote laboratory, *Mathematics and Computers in Simulation*, Available online 26 October 2010
- [25] CHO, J.M., CHOI, S.I., LEE, D.K., NAM, Y.J., A flash-based multimedia interactive tutoring system for distance education of biomedical engineering students: new approach to teaching microcontroller-based systems, *Engineering in Medicine and Biology Society*, 2003. Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE , 4, pp. 3540- 3543, 2003
- [26] RICHARDSON, J., ADAMO-VILLANI, N., CARPENTER, E., MOORE, G., Designing and Implementing a Virtual 3D Microcontroller Laboratory Environment, *Frontiers in Education Conference*, 36th Annual, pp.1-5, 2006
- [27] BELLMUNT, O.G., MIRACLE, D.M., ARELLANO, S.G., SUMPER, A., ANDREU, A.S., A distance PLC programming course employing a remote laboratory based on a flexible manufacturing cell, *IEEE Transactions on Education*, 49, 2, pp.278-284, 2006
- [28] SANCHEZ, J., DORMIDO, S., PASTOR, R., MORILLA, F., A Java/Matlab-based environment for remote control system laboratories: illustrated with an inverted pendulum, *IEEE Transactions On Education* 47, pp. 321 - 329, 2004
- [29] STEFANOVIC, M., CVIJETKOVIC, V., MATIJEVIC, M., SIMIC, V., A LabVIEW-based remote laboratory experiments for control engineering education, *Computer Applications in Engineering Education*, 2011
- [30] ALTAS., I. H. AYDAR, H., A Real Time Computer Controlled Simulator for Control Systems , *Computer Applications in Engineering Education*, 2008

- [31] AYDOGMUS, Z., AYDOGMUS, O., A Web-Based Remote Access Laboratory Using SCADA, *IEEE Transactions on Education*, 52, pp. 126 - 132, 2009
- [32] ERDEMİR, G., KUZUCUOĞLU, A. E., Web Tabanlı Robotik Eğitimi, 1. Uluslararası Mesleki ve Teknik Eğitim Teknolojileri Kongresi, Marmara Üniversitesi, İstanbul, 5-7 Eylül 2005
- [33] YEUNG, K., HUANG, J., Development of a remote-access laboratory: a dc motor control experiment, *Computers in Industry*, 52, pp. 305-311, 2003
- [34] HURLEY, W. G., LEE, C. K., Development, implementation, and assessment of a web-based power electronics laboratory, *IEEE Transactions on Education*, 48, pp. 567 - 573, 2005
- [35] DEMİRBAŞ, Ş., İnternet Tabanlı PI Kontrollü Bir Doğru Akım Motoru Deney Seti, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 22, pp. 401-410, 2007
- [36] IRMAK, E., Uzaktan Erişimli Bir E-Laboratuvar Platformunun Tasarımı, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 24, pp. 311-322, 2009
- [37] SAYGIN, C., KAHRAMAN, F., A Web-based programmable logic controller laboratory for manufacturing engineering education, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 24, pp.590-598, 2004
- [38] VICENTE, A. G., MUÑOZ, I. B., GALILEA, J. L. L., del TORO, P. A. R., Remote Automation Laboratory Using a Cluster of Virtual Machines, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 57, pp. 3276 - 3283, 2010
- [39] KIKUCHI, T., KENJO, T., FUKUDA, S., Remote Laboratory for a Brushless DC Motor, *IEEE Transactions on Education*, 44, 2, 2001
- [40] GRAU, A., BOLEA, Y., Remote laboratory for control engineering degree, *IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation ETFA*, pp. 1188 - 1193, 2007
- [41] RODRIGUEZ, F. J., GIRON, C., BUENO, E. J., HERNANDEZ, A., COBRECES, S., MARTIN, P., Remote Laboratory for Experimentation With Multilevel Power Converters, *IEEE Transaction on Industrial Electronics*, 56, pp. 2450 - 2463, 2009
- [42] CANFORA, G., DAPONTE, P., RAPUANO, S., Remotely accessible laboratory for electronic measurement teaching, *Computer Standards & Interfaces*, 26, pp. 489-499, 2004

- [43] CASINI, M., PRATTICHIZZO, D., VICINO, A., The Automatic Control Telelab: a Remote Control Engineering Laboratory, Proceedings of the 40th IEEE Conference on Decision and Control Orlando, pp. 3242-3247, 2001
- [44] TZAFESTAS, C.S., PALAIOLOGOU, N., ALIFRAGIS, M., Virtual and Remote Robotic Laboratory: Comparative Experimental Evaluation, IEEE Transactions on Education, 49, pp. 360-369, 2006
- [45] FERRATER-SIMON, C., MOLAS-BALADA, L., GOMIS-BELLMUNT, O., LORENZO-MARTINEZ, N., BAYO-PUXAN, O., VILLAFAMILA-ROBLES, R., A Remote Laboratory Platform for Electrical Drive Control Using Programmable Logic Controllers, IEEE Transactions on Education, 52, pp. 425 - 435. 2009
- [46] HERCOG, D., GERGIC, B., URAN, S., JEZERNIK, K., A DSP-Based Remote Control Laboratory, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 54, 6, pp. 3057-3068, 2007
- [47] ASUMADU, J.A., TANNER, R., FITZMAURICE, J., KELLY, M., OGUNLEYE, H., BELTER, J., KOH, S. C., A Web-based electrical and electronics remote wiring and measurement laboratory (RwmLAB) instrument, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 54, 1, pp. 38- 44, 2005
- [48] MARQUES, R., ROCHA, J., RAFAEL, S., MARTINS, J.F., Design and Implementation of a Reconfigurable Remote Laboratory, Using Oscilloscope/PLC Network for WWW Access, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 55, 6, pp. 2425-2432, 2008
- [49] PERSIANO, G.V., RAPUANO, S., ZOINO, F., MORGANELLA, A., CHIUSOLO, G., Distance Learning in Digital Electronics: Laboratory Practice on FPGA, Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings, pp.1-6, 2007
- [50] ROJKO, A., HERCOG, D., JEZERNIK, K., Educational aspects of mechatronic control course design for collaborative remote laboratory, Power Electronics and Motion Control Conference, EPE-PEMC 13th, pp. 2349-2353, 2008
- [51] GAO, L., LIN, J., LabVIEW and Internet Based Remote Water Level Control Laboratory, Information Technologies and Applications in Education, ISITAE '07, pp.187-188, 2007
- [52] TEKİN, M., Esnek Üretim Sistemlerinde Maliyetlerin Belirlenmesi, Kontrolü ve Bir Uygulama, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta, 2005

- [53] ÇİMEN, H., TAŞKIN, S., YABANOVA, İ., Eğitim Amaçlı Esnek ve Modüler Üretim Sistemlerinin Teknik Eğitimde Kullanılması, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 3, pp. 43-53, 2007
- [54] GÖNEN, S., ÇELİK, M., Esnek Üretim Sistemleri Uygulayan İşletmelerde Üretim Maliyetlerinin Değerlendirilmesi, Ege Akademik Bakış, 4, 12, pp. 133-143, 2004
- [55] SIPPER, D., BULFIN, L. R., Production Planning, Control and Integration, McGraw-Hill Inc, USA., 1997
- [56] FMS 50 Manual, Festo Didactic GmbH & Co., 2002
- [57] PIC18F2480/2580/4480/4580 Data Sheet, Microchip Technology Inc., 2007
- [58] PIC18F2585/2680/4585/4680 Data Sheet, Microchip Technology Inc., 2007
- [59] MCP2551 High-Speed CAN Transceiver, Microchip Technology Inc., 2007
- [60] NI-CAN Hardware and Software Manual, National Instruments Corporation, 2009
- [61] Controller Area Network (CAN) Basics, Microchip Technology Inc., 1999
- [62] TURAN, C., Endüstriyel Ağ Kullanarak LabVIEW İle Elektronik Deney Modüllerinin Yönetimi”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007
- [63] YABANOVA, İ., TAŞKIN, S., EKİZ, H., ÇİMEN, H., Denetleyici Alan Ağı Üzerinden Mekatronik Bir Sistemin Kontrolü, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7, 2, pp. 63-72, 2010
- [64] COSKUN, U., Controller Area Network Ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze, 2008
- [65] RICHARDS, P., A CAN Physical Layer Discussion, Microchip Technology Inc., 2002
- [66] CAN Specification Version 2.0, Robert Bosch GmbH, 1991
- [67] BONASTRE, A., CAPELLA, J.V., ORS, R., A new generic architecture for the implementation of intelligent and distributed control systems, IECON 02 [Industrial Electronics Society, IEEE 2002 28th Annual Conference], 3, pp. 1790 - 1795, 2002

- [68] EKİZ, H., KUTLU, A., POWNER, E., T., Design and Implementation of a CAN/Ethernet Bridge, Proceedings of the ICC'96 3rd International CAN Conference, France, pp. 1117–1126, 1996
- [69] ERTURK, I., Transporting CAN Messages over WATM, Lecture Notes in Artificial Intelligence, LNAI 2639, pp. 724–729, 2003
- [70] NAVET, N., Controller Area Network [Automotive Applications], IEEE Potentials, 17, 4, pp. 12–14, 1998
- [71] ERTURK, I., Remote Access of CAN Nodes Used in a Traffic Control System to a Central Management Unit over Wireless ATM, IEEE 4th International Workshop on Mobile and Wireless Communications Networks, Sweden, pp. 626–630, 2002
- [72] BAYILMIS, C., ERTURK, I., CEKEN, C., Wireless Interworking Independent CAN Segments, Lecture Notes in Computer Science, LNCS 3280, pp. 299–310, 2004.
- [73] <http://oldwww.rasip.fer.hr/research/labview/gintro.html>, Erişim: Eylül 2011
- [74] SUMATHI, S., SUREKHA, P., LabVIEW based Advanced Instrumentation Systems, Springer, 488, 2007
- [75] Hexadecimal Object File Format Specification, Revision A, Intel Corporation, 1998
- [76] FOSLER, R. M., A CAN Bootloader for PIC18F CAN Microcontrollers, Microchip Technology Inc., 2003
- [77] BITTER, R., MOHIUDDIN, T., NAWROCKI, M. LabVIEW: Advanced Programming Techniques, CRC Press, 520, 2006
- [78] YENAL, A. Ç., Uzaktan Eğitim, Yeditepe Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2009
- [79] Festo Distribution Station Manual, 2003

## EKLER

### Ek A1. Kontrol Panosu Giriş Çıkış Bağlantıları

|          | Pin | Sembol             | Açıklama                           |
|----------|-----|--------------------|------------------------------------|
| Girişler | RA2 | Otomatik_ON        | Kontrol panosu Otomatik ON butonu  |
|          | RA5 | Otomatik_OFF       | Kontrol panosu Otomatik OFF butonu |
|          | RA3 | Kontrolör_ON       | Kontrol panosu Kontrolör ON butonu |
| Çıkışlar | RB4 | Otomatik_ON_Light  | Kontrol panosu Otomatik ON ışığı   |
|          | RB0 | Otomatik_OFF_Light | Kontrol panosu Otomatik OFF ışığı  |
|          | RB1 | Error_Light        | Kontrol panosu Hata ışığı          |
|          | RB5 | K1_ON              | Kontrol panosu kontrolör rölesi    |



## Ek A2. Dağıtım İstasyonu Giriş Çıkış Bağlantıları

|                         | Pin | Sembol | Açıklama                                |
|-------------------------|-----|--------|---|
| <b>Dijital Girişler</b> | RE0 | S2     | Stop butonu (Normalde kapalı)           |
|                         | RA4 | S1     | Start butonu                            |
|                         | RE3 | S4     | Reset butonu                            |
|                         | RA2 | S3     | Auto Manuel anahtarı                    |
|                         | RD1 | 3S1    | Döner piston parça alma pozisyonunda    |
|                         | RC0 | 3S2    | Döner piston parça bırakma pozisyonunda |
|                         | RE1 | 1B2    | Parça itme pistonu ileri konumda        |
|                         | RE2 | 1B1    | Parça itme pistonu geri konumda         |
|                         | RC1 | 2B1    | Parça vakumlanarak tutuldu              |
|                         | RD0 | B4     | Magazinde parça bitti                   |
| <b>Dijital Çıkışlar</b> | RC6 | H2     | Reset gösterge ışığı                    |
|                         | RD3 | H1     | Start gösterge ışığı                    |
|                         | RD2 | Q7     | Dijital IO Q7                           |
|                         | RC4 | H3     | Magazin boş gösterge ışığı              |
|                         | RC5 | H4     | Gösterge ışığı Q2                       |
|                         | RD5 | Q6     | Dijital IO Q6                           |
|                         | RD4 | Q5     | Dijital IO Q5                           |
|                         | RC7 | Q4     | Dijital IO Q4                           |
|                         | RD6 | 3Y2    | Döner piston parça bırakma pozisyonuna  |
|                         | RB1 | 3Y1    | Döner piston parça alma pozisyonuna     |
|                         | RB7 | 2Y1    | Vakumu aç                               |
|                         | RB4 | 2Y2    | Vakum bırakmayı aç                      |
|                         | RB6 | 1Y1    | Parça itme pistonu ileri                |

### Ek A3. Test İstasyonu Giriş Çıkış Bağlantıları

|                         | Pin | Sembol  | Açıklama                      |
|-------------------------|-----|---------|-------------------------------|
| <b>Dijital Girişler</b> | RC1 | S2      | Stop butonu (Normalde kapalı) |
|                         | RD0 | S1      | Start butonu                  |
|                         | RE2 | S4      | Reset butonu                  |
|                         | RC0 | S3      | Auto Manuel anahtarı          |
|                         | RA4 | Part_AV | Parça var sensörü             |
|                         | RA5 | B2      | Siyah olmayan parça sensörü   |
|                         | RE3 | B4      | Güvenlik bariyeri             |
|                         | RA2 | B5      | Parça boyu doğru              |
|                         | RA3 | 1B1     | Asansör yukarıda              |
|                         | RE0 | 1B2     | Asansör aşağıda               |
|                         | RA1 | 2B1     | Piston geride                 |
| <b>Dijital Çıkışlar</b> | RC6 | H2      | Reset gösterge ışığı          |
|                         | RC7 | H1      | Start gösterge ışığı          |
|                         | RD4 | Q7      | Dijital IO Q7                 |
|                         | RD5 | H3      | Materyal gösterge ışığı       |
|                         | RC4 | H4      | Gösterge ışığı Q2             |
|                         | RD3 | Q6      | Dijital IO Q6                 |
|                         | RC5 | Q5      | Dijital IO Q5                 |
|                         | RD2 | Q4      | Dijital IO Q4                 |
|                         | RB5 | 1Y1     | Asansör aşağı                 |
|                         | RB1 | 1Y2     | Asansör yukarı                |
|                         | RB0 | 2Y1     | Parça itme pistonu ileri      |
|                         | RB6 | 3Y2     | Hava kaydıracağı              |

### Ek A4. Test İstasyonu Giriş Çıkış Bağlantıları

|                         | Pin | Sembol  | Açıklama                              |
|-------------------------|-----|---------|---------------------------------------|
| <b>Dijital Girişler</b> | RE0 | S2      | Stop butonu (Normalde kapalı)         |
|                         | RA4 | S1      | Start butonu                          |
|                         | RE3 | S4      | Reset butonu                          |
|                         | RA2 | S3      | Auto Manuel anahtarı                  |
|                         | RC3 | Part AV | Parça var sensörü                     |
|                         | RE1 | B2      | İş parçası delme ünitesinde           |
|                         | RE2 | B1      | İş parçası kontrol ünitesinde         |
|                         | RC0 | B3      | Döner tabla konumlandırılmış          |
|                         | RC1 | 1B1     | Delme ünitesi yukarıda                |
|                         | RD0 | B4      | Matkap deliğinin kontrolü tamam       |
|                         | RD1 | 1B2     | Delme ünitesi aşağıda                 |
| <b>Dijital Çıkışlar</b> | RC6 | H2      | Reset gösterge ışığı                  |
|                         | RD3 | H1      | Start gösterge ışığı                  |
|                         | RD2 | Q7      | Dijital IO Q7                         |
|                         | RC4 | H3      | İş parçası uygun değil gösterge ışığı |
|                         | RC5 | H4      | Gösterge ışığı Q2                     |
|                         | RD5 | Q6      | Dijital IO Q6                         |
|                         | RC7 | Q4      | Dijital IO Q4                         |
|                         | RD6 | Y1      | İş parçası sabitleme                  |
|                         | RD7 | Y2      | İş parçası kontrol                    |
|                         | RB1 | K4      | Delme ünitesi yukarı                  |
|                         | RB4 | K3      | Delme ünitesi aşağı                   |
|                         | RB6 | K1      | Delme ünitesi motorunu çalıştır       |
|                         | RB7 | K2      | Döner tabla motorunu çalıştır         |
|                         | RB0 | Y3      | İş parçası itici                      |

### Ek A5. Taşıma İstasyonu Giriş Çıkış Bağlantıları

|                  | Pin | Sembol | Açıklama  |
|------------------|-----|--------|---|
| Dijital Girişler | RE0 | S2     | Stop butonu (Normalde kapalı)                   |
|                  | RA4 | S1     | Start butonu                                    |
|                  | RE3 | S4     | Reset butonu                                    |
|                  | RA2 | S3     | Auto Manuel anahtarı                            |
|                  | RE1 | 1B1    | Tutucu taşıma bandından parça alma pozisyonunda |
|                  | RE2 | 1B2    | Tutucu işleme istasyonu pozisyonunda            |
|                  | RC0 | 2B2    | Tutucu yukarıda                                 |
|                  | RD0 | 3B1    | Tutucudaki parça siyah değil                    |
|                  | RD1 | 2B1    | Tutucu aşağıda                                  |
| Dijital Çıkışlar | RB7 | H2     | Reset gösterge ışığı                            |
|                  | RB6 | H1     | Start gösterge ışığı                            |
|                  | RD2 | Q7     | Dijital IO Q7                                   |
|                  | RB4 | H3     | Gösterge ışığı Q1                               |
|                  | RB1 | H4     | Gösterge ışığı Q2                               |
|                  | RB0 | Q6     | Dijital IO Q6                                   |
|                  | RD7 | Q5     | Dijital IO Q5                                   |
|                  | RD6 | Q4     | Dijital IO Q4                                   |
|                  | RC6 | 1Y1    | Tutucu taşıma bandından parça alma pozisyonuna  |
|                  | RC5 | 3Y1    | Tutucuyu aç                                     |
|                  | RC4 | 2Y1    | Tutucu aşağı                                    |
|                  | RD3 | 1Y2    | Tutucu işleme istasyonu pozisyonuna             |

### Ek A6. AS/RS İstasyonu Giriş Çıkış Bağlantıları

|                         | Pin     | Sembol                   | Açıklama                        |
|-------------------------|---------|--------------------------|---------------------------------|
| <b>Dijital Girişler</b> | RE2     | S2                       | Stop butonu (Normalde kapalı)   |
|                         | RC3     | S1                       | Start butonu                    |
|                         | RC1     | S4                       | Reset butonu                    |
|                         | RE1     | S3                       | Auto Manuel anahtarı            |
|                         | RE3     | B10                      | Tutucu sağda                    |
|                         | RA0     | B16                      | Tutucu kapalı                   |
|                         | RA1     | B14                      | Tutucu geride                   |
|                         | RA2     | B11                      | Tutucu solda                    |
|                         | RA3     | B15                      | Tutucu ileride                  |
|                         | RA4     | B12                      | Tutucu yukarıda                 |
|                         | RA5     | B17                      | Tutucu açık                     |
|                         | RE0     | B13                      | Tutucu aşağıda                  |
| <b>Dijital Çıkışlar</b> | RB7     | H2                       | Reset gösterge ışığı            |
|                         | RB6     | H1                       | Start gösterge ışığı            |
|                         | RB5     | Q7                       | Dijital IO Q7                   |
|                         | RB4     | H3                       | Özel fonksiyon gösterge ışığı 1 |
|                         | RB1     | H4                       | Özel fonksiyon gösterge ışığı 2 |
|                         | RB0     | Q6                       | Dijital IO Q6                   |
|                         | RD7     | Q5                       | Dijital IO Q5                   |
|                         | RD6     | Q4                       | Dijital IO Q4                   |
|                         | RD5     | X_hızlı                  | X eksenli hızlı hareketi        |
|                         | RD4     | Z_aç                     | Tutucuyu aç                     |
|                         | RC7     | Z_öne                    | Tutucu ileri                    |
|                         | RC6     | X_sağa                   | Tutucu sağa                     |
|                         | RC5     | Y_aşağı                  | Tutucu aşağı                    |
|                         | RC4     | Y_yukarı                 | Tutucu yukarı                   |
|                         | RD3     | X_sola                   | Tutucu sola                     |
| RD2                     | Y_hızlı | Y eksenli hızlı hareketi |                                 |

### Ek A7. Sınıflandırma İstasyonu Giriş Çıkış Bağlantıları

|                         | Pin | Sembol | Açıklama                        |
|-------------------------|-----|--------|---------------------------------|
| <b>Dijital Girişler</b> | RE2 | S2     | Stop butonu (Normalde kapalı)   |
|                         | RC3 | S1     | Start butonu                    |
|                         | RC1 | S4     | Reset butonu                    |
|                         | RE1 | S3     | Auto Manuel anahtarı            |
|                         | RE3 | B4     | Parça yola düştü                |
|                         | RA0 | 3S2    | Parça pist aşağıda_2            |
|                         | RA1 | 1B2    | Parça pist aşağıda_1            |
|                         | RA2 | 1B1    | Pembe-metal sensörü             |
|                         | RA3 | 2B1    | Parça pist yukarda_1            |
|                         | RA4 | B4     | Parça var sensörü               |
|                         | RA5 |        | Parça pist yukarda_2            |
|                         | RE0 |        | Metal sensörü                   |
| <b>Dijital Çıkışlar</b> | RB7 | H2     | Reset gösterge ışığı            |
|                         | RB6 | H1     | Start gösterge ışığı            |
|                         | RB5 | Q7     | Dijital IO Q7                   |
|                         | RB4 | H3     | Kaydıraklar dolu gösterge ışığı |
|                         | RB1 | H4     | Gösterge ışığı Q2               |
|                         | RB0 | Q6     | Dijital IO Q6                   |
|                         | RD7 | Q5     | Dijital IO Q5                   |
|                         | RD6 | Q4     | Dijital IO Q4                   |
|                         | RC6 | 1Y1    | Parça pistonu 1                 |
|                         | RC5 | 3Y1    | Parça tutucu                    |
|                         | RC4 | 2Y1    | Parça pistonu 2                 |
|                         | RD3 | K1     | Bant motoru                     |

### Ek A8. Taşıma İstasyonu-2 Giriş Çıkış Bağlantıları

|                         | Pin | Sembol | Açıklama                                       |
|-------------------------|-----|--------|--|
| <b>Dijital Girişler</b> | RE0 | S2     | Stop butonu (Normalde kapalı)                  |
|                         | RA4 | S1     | Start butonu                                   |
|                         | RE3 | S4     | Reset butonu                                   |
|                         | RA2 | S3     | Auto Manuel anahtarı                           |
|                         | RE1 | 3S1    | Tutucu sağda                                   |
|                         | RE2 | 3S2    | Tutucu solda                                   |
|                         | RC0 | 1B2    | Tutucu yukarıda                                |
|                         | RD0 | 1B1    | Tutucuda parça var                             |
|                         | RD1 | 2B1    | Tutucu aşağıda                                 |
| <b>Dijital Çıkışlar</b> | RC6 | H2     | Reset gösterge ışığı                           |
|                         | RD3 | H1     | Start gösterge ışığı                           |
|                         | RD2 | Q7     | Dijital IO Q7                                  |
|                         | RC4 | H3     | Gösterge ışığı Q1                              |
|                         | RC5 | H4     | Gösterge ışığı Q2                              |
|                         | RD5 | Q6     | Dijital IO Q6                                  |
|                         | RD4 | Q5     | Dijital IO Q5                                  |
|                         | RC7 | Q4     | Dijital IO Q4                                  |
|                         | RB7 | 1Y1    | Tutucu sınıflandırma istasyonu pozisyonuna     |
|                         | RB1 | 3Y1    | Tutucuyu aç                                    |
|                         | RB4 | 2Y1    | Tutucu aşağı                                   |
|                         | RB6 | 1Y2    | Tutucu taşıma bandından parça alma pozisyonuna |

### Ek A9. Taşıma Bandı İstasyon Durakları Giriş Çıkış Bağlantıları

|                         | Pin | Sembol | Açıklama                   |
|-------------------------|-----|--------|----------------------------|
| <b>Dijital Girişler</b> | RA5 | B10.1  | Taşıyıcı araba durdurucuda |
|                         | RA4 | B10.2  | Start butonu               |
|                         | RA3 | B10.3  | Taşıyıcı arabada parça var |
|                         | RA2 | B10.4  | Taşıyıcı araba sayacı      |
|                         | RA1 | B10.5  | Durdurucu serbest          |
| <b>Dijital Çıkışlar</b> | RB6 | Y10.1  | Tutucuyu serbest bırak     |



## Ek A10. Dağıtım İstasyonunun Kontrolünü Yapan C Programı

```

while(TRUE)
{
    if(!input(Stop_buton))||!(Stop_R==1)
    { Stop_R=0; Stop(); }
    if(!input(Vakum_parca_tut_sen)) && (input(Parca_alma_sin)) && (input(Parca_itme_pist_ger))
    { Baslangic_poz=1; Adim_Reset=0; }
    else
    { Baslangic_poz=0; }
    if((Baslangic_poz==0) && (Adim_Reset==0)&&(Reset_OK==0))
    { output_high(Reset_buton_ledi); Adim_Reset=1; giden_buffer[0]=0;
      can_putd(DAGITIM_IST, &giden_buffer[0], 1, 1, 0, 0); }
    if((Adim_Reset==1) &&((input(Reset_buton))||!(Reset_R==1)))
    { Reset_R=0; output_low(Reset_buton_ledi); output_low(Buyuk_led_Q2); output_low(Parca_itme_pist);
      output_high(Doner_pist_parca_alma); output_low(Doner_pist_parca_birakma); output_low(Vakum_ac);
      output_low(Vakum_birakma); Reset_OK=1; output_high(Start_buton_ledi); }
    if((Baslangic_poz==1)&&((input(Start_buton))||!(Start_R==1)))
    { Start_R=0; Baslama_bayragi=1; output_low(Start_buton_ledi); Adim1=1; giden_buffer[0]=1;
      can_putd(DAGITIM_IST, &giden_buffer[0], 1, 1, 0, 0); }
    if(Baslama_bayragi==1)
    {
        if(Adim1==1)
        { output_high(Vakum_ac); delay_ms(500);
          if(!input(Vakum_parca_tut_sen)&&(IP_Fl==1))
          { output_low(Vakum_ac); output_low(Doner_pist_parca_alma);output_high(Doner_pist_parca_birakma);
            if(input(Parca_birakma_sin))
            { output_low(Doner_pist_parca_birakma); Adim1=0; Adim2=1; } }
          else
          { output_low(Doner_pist_parca_alma); output_high(Doner_pist_parca_birakma);
            if(input(Parca_birakma_sin))
            { output_low(Vakum_ac); output_high(Vakum_birakma); delay_ms(500);
              if(!input(Vakum_parca_tut_sen))
              { output_low(Vakum_birakma); output_low(Doner_pist_parca_birakma); Adim2=1; Adim1=0; } }
            }
        }
        if((input(Parca_Bitti))&&(input(Parca_itme_pist_ger)))
        { delay_ms(500);
          if((input(Parca_Bitti))&&(input(Parca_itme_pist_ger)))
          { output_high(Buyuk_led_Q2); output_high(Start_buton_ledi); Parca_yok=1; }
        }
        if(!input(Parca_Bitti)&&(input(Start_buton)))
        { output_low(Buyuk_led_Q2); output_low(Start_buton_ledi); Parca_yok=0; }
        if(Adim2==1)
        {
            if((input(Parca_itme_pist_ger))&&(Parca_yok==0))
            { output_high(Parca_itme_pist); }
            if((input(Parca_itme_pist_iler))&&(input(Parca_birakma_sin)))
            { output_high(Doner_pist_parca_alma); }
            if(input(Parca_alma_sin))
            { output_high(Vakum_ac);
              if(input(Vakum_parca_tut_sen))
              { Adim3=1; Adim2=0; }
            }
        }
    }
    if(Adim3==1)
    { output_low(Parca_itme_pist);
      if(IP_Fl==1)
      { output_low(Doner_pist_parca_alma); output_high(Doner_pist_parca_birakma); }
      if(input(Parca_birakma_sin))
      { output_low(Vakum_ac); output_high(Vakum_birakma);
        if(!input(Vakum_parca_tut_sen))
        { output_low(Vakum_birakma); output_low(Doner_pist_parca_birakma); Adim2=1; Adim3=0; }
      }
    }
}
if(veri_gonder)
{ basinc=read_adc(); veri0=input(Stop_buton); veri1=input(Start_buton); veri2=input(Reset_buton);

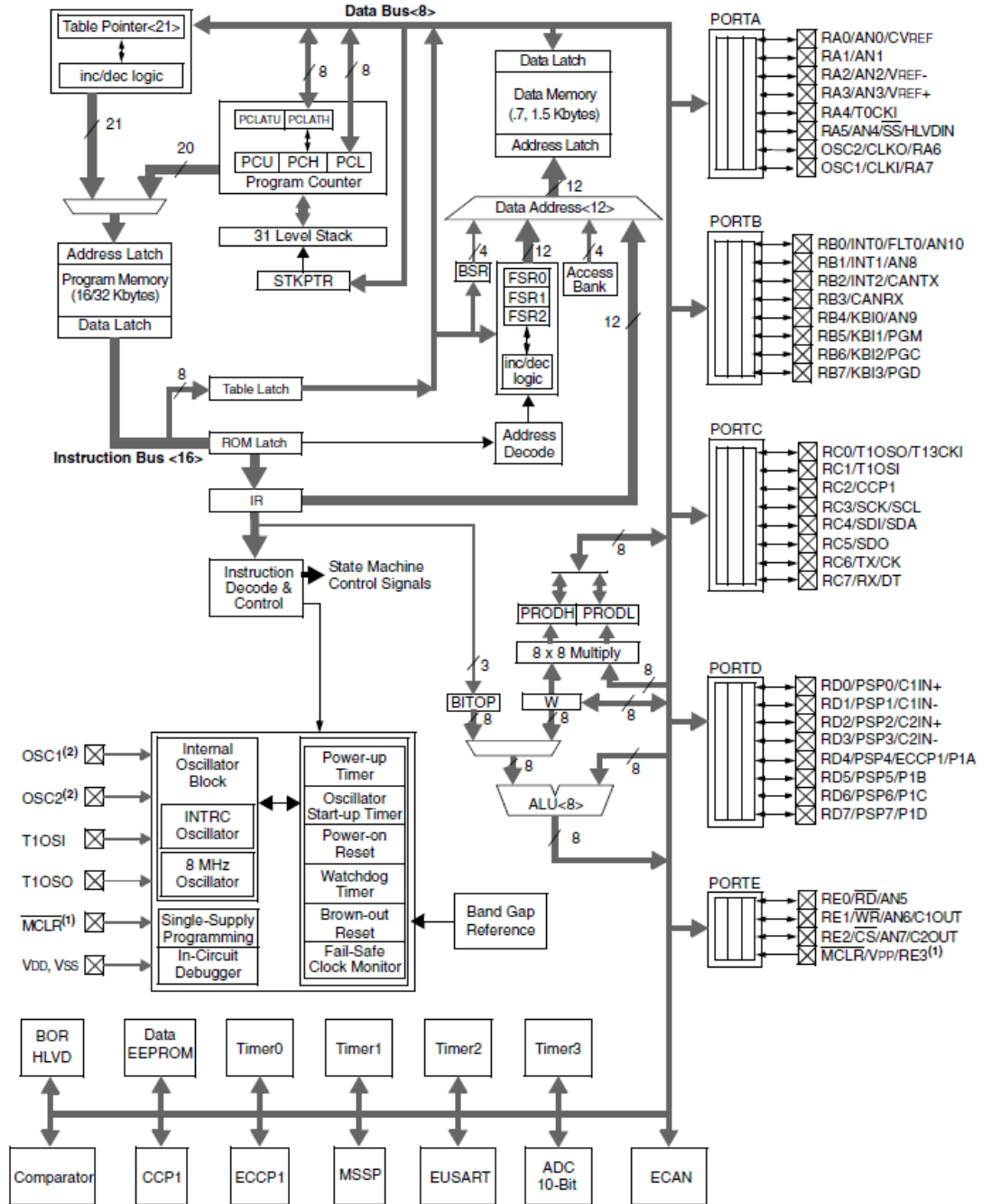
```

```
veri3=input(Parca_alma_sin); veri4=input(Parca_birakma_sin); veri5=input(Parca_itme_pist_ilm);
veri6=input(Parca_itme_pist_ger); veri7=input(Vakum_parca_tut_sen); veri8=input(Parca_Bitti);
veri9=bit_test(PORTC,6); //Reset_buton_ledi
veri10=bit_test(PORTD,3); //Start_buton_ledi
veri11=bit_test(PORTD,6); //Doner_pist_parca_birakma
veri12=bit_test(PORTB,1); //Doner_pist_parca_alma
veri13=bit_test(PORTB,7); //Vakum_ac
veri14=bit_test(PORTB,4); //Vakum_birakma
veri15=bit_test(PORTB,6); //Parca_itme_pist
veri_0=Parca_yok;

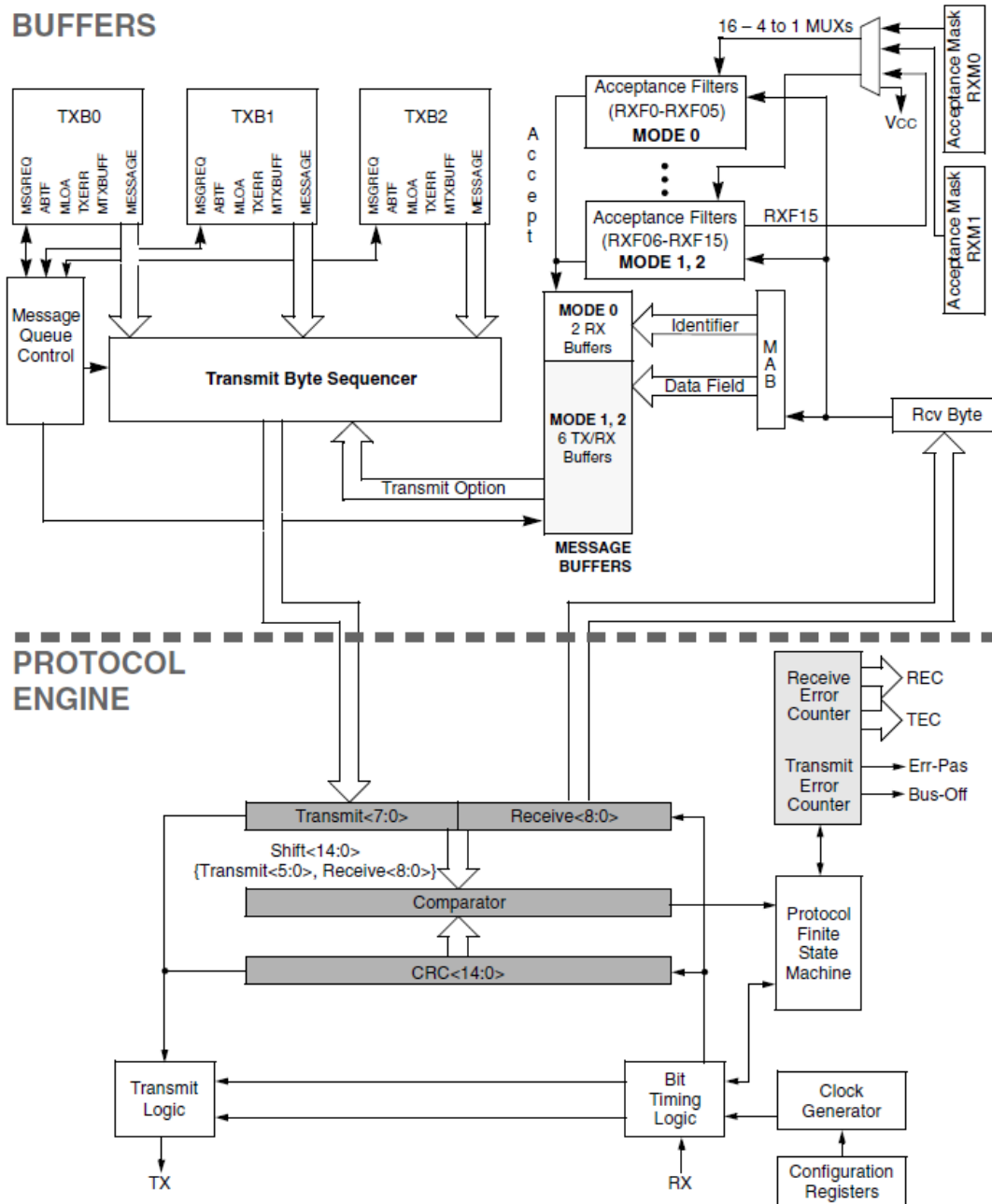
giden_buffer[0]=make8(veri,0);
giden_buffer[1]=make8(veri,1);
giden_buffer[2]=veri_2;
giden_buffer[3]=basinc;

can_putd(IO_Bilgisi, &giden_buffer[0], 4, 1, 0, 0);
veri_gonder=0;
}
}
```

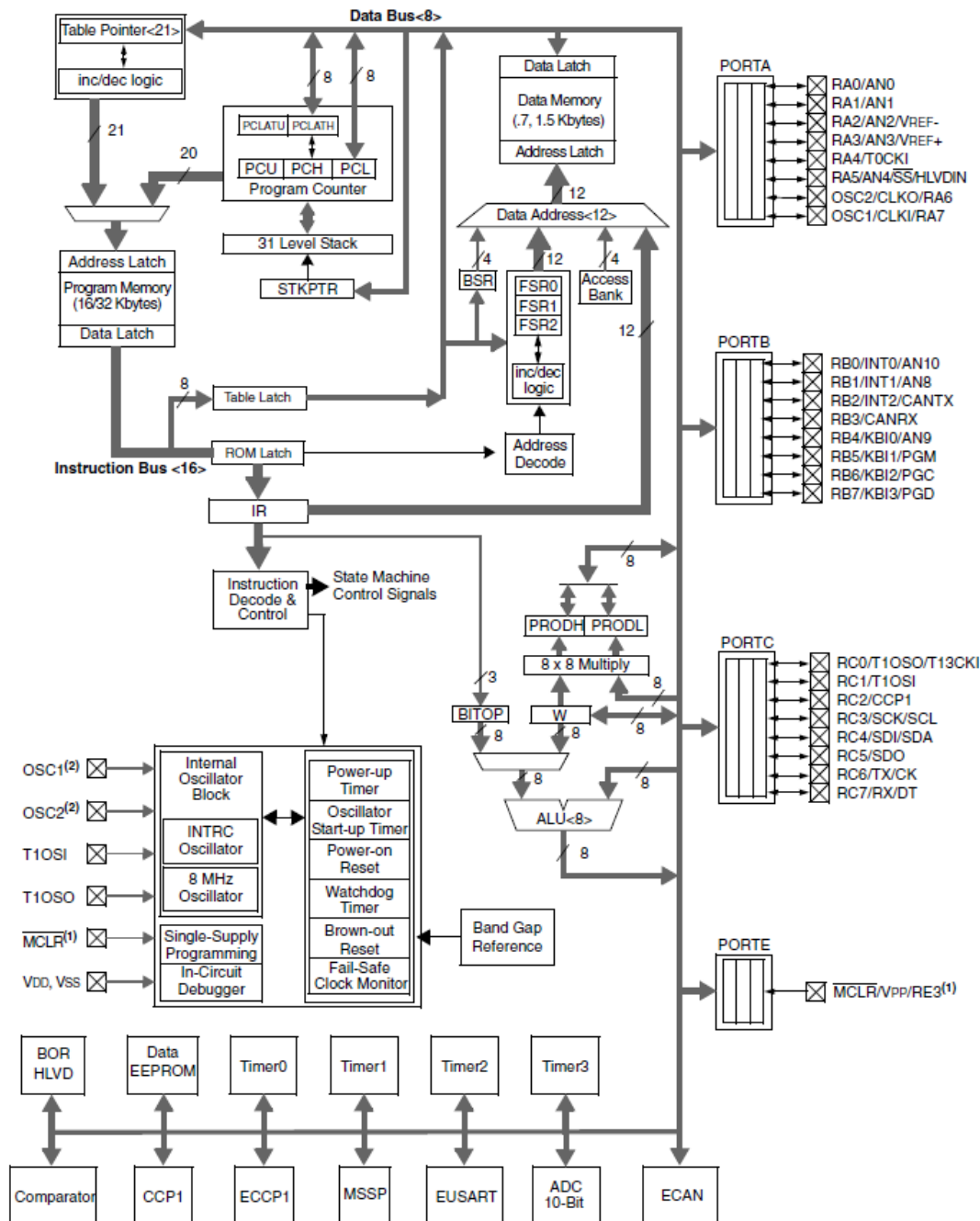
Ek B. PIC18F4480/4580 (40/44-PIN) Blok Diyagramı



**Ek C. 18F4580 CAN tamponları ve protokol motoru**



**Ek D. PIC18F2585/2680 (28-PIN) Blok Diyagramı**



## ÖZGEÇMİŞ

İsmail YABANOVA, 06.12.1982' de Afyon' da doğdu. İlk ve orta eğitimini Afyon' da tamamladı. 2000 yılında Afyon Merkez Anadolu Teknik Lisesi, Elektrik Bölümünden mezun oldu. 2000 yılında başladığı Marmara Üniversitesi Elektrik Öğretmenliği bölümünü 2004 yılında bitirdi. Aynı yıl Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Eğitimi Programı'nda Yüksek Lisans öğrenimine ve aynı zamanda Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2007 yılı Temmuz ayında Yüksek Lisansını tamamladı. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Bilgisayar Eğitimi Programı'nda Doktora eğitimine başladı. Halen Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.