

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİR ENDÜSTRİYEL TAŞIYICI VE SERVO
MEKANİZMALI MALZEME DEĞİŞTİRİCİ MOBİL
ROBOTUN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ VE BULANIK
MANTIK TEMELLİ ÇİZGİ TAKİP KONTROLÜ**

Elektrik Müh. Hüseyin Ayhan YAVAŞOĞLU

F.B.E. Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalına Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yard.Doç.Dr. Şeref Naci ENGİN

İSTANBUL, 2005

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. SİSTEMİN ÇALIŞMA PRENSİBİ	2
2.1 Proje Senaryosu	2
2.2 Program Akış Diyagramı	2
2.3 Malzeme Listesi.....	4
2.4 Sistemin Mekanik Yapısı.....	5
2.5 Sistemin Elektriki Yapısı.....	6
3. KONTROL ELEMANLARI	8
3.1 PLC	8
3.1.1 PC WORX	9
3.2 Servo Sistem	10
3.2.1 Festo servo sürücü	12
3.2.2 Festo servo motor	13
3.2.2.1 Servo motorların klasik motorlardan farkı	13
3.2.2.2 Servo motorların özellikleri	14
3.2.2.3 Servo motor çeşitleri.....	14
3.3 Çizgi Takibi ve Hareket Sistemi.....	16
3.3.1 Çizgi takibi devresi	16
3.3.2 DC motor sürücü devresi	18
3.4 RF Alıcı ve Verici Devreleri.....	21
4. Mobil Robotlar	26
4.1 Tekerlekli Robotlar için Sürüş Yöntemleri.....	26
4.1.1 Ackerman Sürüş yöntemi	26
4.1.2 Üç Tekerli Sürüş yöntemi.....	27
4.1.3 Senkron Sürüş yöntemi.....	28
4.1.4 Çok derceli serbest açılı sürüş yöntemi	28

4.1.5	Diferansiyel sürüş yöntemi	29
5.	BULANIK MANTIK	34
5.1	Bulanık Mantık'ın Ortaya Çıkışı	34
5.2	Bulanık Mantık Nedir?	34
5.3	Bulanık Küme Teorisi	34
5.4	Bulanık Mantığın Formel Tanımları	37
5.5	Bulanık Kontrol	37
5.5.1	Klasik kontrol sistemleri	37
5.5.1.1	Açık çevrim kontrol sistemleri	38
5.5.1.2	Kapalı çevrim kontrol sistemleri	38
5.5.1.3	Bulanık kontrolün yapısı	38
6.	BULANIK MANTIKLA ÇİZGİ TAKİBİ	46
6.1	Bulanık Mantık Kontrolcüsünün Oluşturulması	46
6.2	Sistemin Simulink Modelinin Oluşturulması	48
6.3	Simülasyon Sonuçları	51
7.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	56
KAYNAKLAR		57
EKLER		59
Ek1	PLC	60
1.1	Phoneix Contact ILC-200 IB	60
Ek2	PC WORX programının kullanımına yönelik bilgiler	65
2.1	Yeni proje açılması	65
2.2	Bağlantı ayarları	65
2.3	Bağlantıyı online hale getirme	67
2.4	Değişken tanımlama ve fonksiyon bloklarının kullanımı	69
2.5	Derleme ve global değişkenlerin pinlere atanması	75
2.6	Programın PLC'ye yüklenmesi	76
Ek3	Sistemin örnek PLC programı	85
Ek4	Festo Servo Motor ve Sürücü	85
4.1	Festo Servo Sürücü	85
4.2	Festo Servo Motor	87
Ek5	Kullanılan Diğer Malzemeler	68
5.1	UPS	90
5.2	Akü	91
5.3	Kompresör	91
5.4	Festo Doğrusal Tahrik Elemanı	92
5.5	Pnömatik Doğrusal Tahrik Elemanı	93
5.6	Vakum Jeneratörü	94

5.7	Vantuz.....	95
5.8	Yaklaşım Sensörü	95
5.9	Selonoid Bobinli Valf.....	96
5.10	Filtre Regülatörü.....	97
5.11	Tek yön Kısmı Valfi	98
Ek6	DC Motor Sürücü elemanları	99
	ÖZGEÇMİŞ.....	102

SİMGE LİSTESİ

I	Akım
I_D	Devamlı drain akımı
T_C	Sıcaklık
T_J	Maksimum anahtarlama sıcaklık aralığı
T_{rr}	Ters düzelme zamanı
V_{CC}	Düşük taraf beslemesi
V_{DD}	Devre gerilim kaynağı
V_F	Eşik gerilimi
V_{rf}	Referans gerilim
V_S	Besleme gerilimi
V_{SS}	Devre dengeleme gerilimi

KISALTMA LİSTESİ

<i>ASK</i>	Amplitude Shift Keying (Genlik Kaydırmalı Anahtarlama)
<i>DC</i>	Direct Current (Doğru Akım)
<i>FBD</i>	Function Block Diagram (Fonksiyon blok diyagramı)
<i>FSK</i>	Frequency Shift Keying (Frekans Kaydırmalı Anahtarlama)
<i>IGBT</i>	Insulated Gate Bipolar Transistor
<i>IR</i>	Infra Red (Kızıl Ötesi)
<i>PWM</i>	Pulse Width Modulation (Darbe genişlik modülasyonu)
<i>RF</i>	Radio Frequency (Radyo frekansı)
<i>TP</i>	Timer Pulse
<i>UHF</i>	Ultra High Frequency (Ultra Yüksek Frekans 300Mhz – 3000MHz arası)
<i>UPS</i>	Uninterruptible Power Supply (Kesintisiz Güç Kaynağı)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Programın akış diyagramı	3
Şekil 2.2 Sistemin mekanik tasarımı	6
Şekil 2.3 Sistemin elektriki yapısı	7
Şekil 3.1 Kontrol elemanları.....	8
Şekil 3.2 PLC Bağlantı örneği.....	9
Şekil 3.3 Servo sistem kavramı	11
Şekil 3.4 Servo motorun şekli	14
Şekil 3.5 IR led devresi	17
Şekil 3.6 IR alıcı devresi	17
Şekil 3.7 Komparatör devresi	18
Şekil 3.8 H Köprüsü ilk yön	19
Şekil 3.9 H Köprüsü ikinci yön	19
Şekil 3.10 Motor sürücü devresi.....	20
Şekil 3.11 Üstten görünüş RF verici entegresi	21
Şekil 3.12 RF verici devresi	24
Şekil 3.13 RF alıcı devresi.....	25
Şekil 4.1 Ackerman sürüş yöntemi.....	27
Şekil 4.2 üç tekerli sürüş yöntemi	27
Şekil 4.3 dört tekerlekli senkron sürüş tekniği	28
Şekil 4.4 Dört serbestli hareket sistemine sahip olan bir araç	28
Şekil 4.5 Diferansiyel Robot için Anlık Eğrilik Merkezi.....	30
Şekil 4.6 Robotun Diferansiyel kinematik modeli	31
Şekil 4.7 Diferansiyel sürüş kinematikleri	32
Şekil 5.1 Kesin küme.....	35
Şekil 5.2 Bulanık küme	36
Şekil 5.3 Kapalı çevrim kontrol sistemlerine ait genel blok şeması.....	38
Şekil 5.4 Bir bulanık kontrolcünün yapısı	39
Şekil 5.5 Bölümlenmiş X_1 girişi	42
Şekil 5.6 Bölümlenmiş X_2 girişi	42
Şekil 5.7 Bölümlenmiş U çıkışı.....	43
Şekil 5.8 X_1 in 1 olduğu durum	43
Şekil 5.9 X_2 in -4 olduğu durum.....	44
Şekil 5.10 Ağırlık merkezi metodu	45
Şekil 6.1 Mesafe üyelik fonksiyonları.....	47
Şekil 6.2 Yönlenme üyelik fonksiyonları	47
Şekil 6.3 Çıkış üyelik fonksiyonları	47
Şekil 6.4 Kontrol yüzeyi.....	48
Şekil 6.5 Motorun simulink modeli.....	49
Şekil 6.6 Sistem Simulink modeli	50
Şekil 6.7 Kontrolcüye verilen yol bilgisi	51
Şekil 6.8 Hata grafiği.....	52
Şekil 6.9 Yol ve Konum grafiğinin karşılaştırılması.....	52
Şekil 6.10 Sağ ve Sol motorların çalışma grafiği	53
Şekil 6.11 Yol ve hatanın karşılaştırılması.....	53
Şekil 6.12 Konum grafiği	54
Şekil 6.13 Hata grafiği.....	54

ÇİZELGE LİSTESİ

Tablo 2.1 Malzeme listesi.....	4
Tablo 3.1 PC Works programın için gerekli minimum sistem gereksinimleri.....	10
Tablo 3.2 AC-DC servo motorun karşılaştırılması.....	15
Tablo 3.3 Servo motor çeşitleri	15
Tablo 3.4 RF Verici UTX-C15U pin özellikleri	22
Tablo 3.5 RF Verici UTX-C15U pin özellikleri	22
Tablo 5.1 Doğruluk tablosu	40
Tablo 5.2 Klasik mantık And fonksiyonu örneği	41
Tablo 5.3 Bulanık mantık And fonksiyon örneği	41
Tablo 6.1 Kural tablosu	48
Tablo 6.2 Motor parametreleri.....	49

ÖNSÖZ

Öncelikle, bu çalışmada başından sonuna kadar desteğini ve zamanını esirgemeyen, her konuda yardımcı olan ve yönlendiren, danışman hocam sayın Yrd.Doç. Dr. Şeref Naci ENGİN' e, bu projede beraber emek harcadığım proje grubu üyelerine, bizlere projemizi uygulayabileceğimiz laboratuvar imkanı sağlayan Yıldız Teknik Üniversitesi'ne, uygulama projemize sponsor olarak her türlü maddi desteği sağlayan Phoenix Contact, Festo, Sew - Eurodrive İron FT Kalıp ve Makina Sanayi, Doğuş Kalıp Metal ve Form Sanayi, İnforn Elektronik San. ve Tic. A.Ş. firmalarına, teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans tezimi hazırlama sürecinde, maddi manevi her türlü desteğini benden esirgemeyen sevgili aile büyüğüme ve aileme şükranlarımı sunarım.

Hüseyin A. YAVAŞOĞLU
İSTANBUL, 2005

ÖZET

Tez iki kısımdan oluşmaktadır. Endüstriyel bir taşıyıcı Robot uygulamasının gerçekleştirilmesi ve bu robota Bulanık Mantık ile çizgi takibi yaptıracak bir kontrolörün tasarlanması.

Endüstride, her fabrikanın birçok malzemeyi bir yerden başka bir yere taşınması ihtiyacı vardır. Ve bu taşıma işlemlerinin bir çoğu rutin ve sürekli olarak gerçekleşen türdedir. Bu uygulamada sık değiştirilmesi gereken malzemelerden olan tekstil tezgahı makarası değişimi için yapılan taşıma işlemi ele alınmıştır.

Tekstil tezgahı makaraları manuel olarak değiştirildiği zaman gecikmeler meydana gelebilmekte ve gereksiz işgücü sarfiyatına sebep olmaktadır. Endüstriyel mobil robot uygulaması sayesinde minimum zaman kaybı ile makara değişimi yapıp verimde artış, gereksiz işgücü sarfiyatı ortadan kaldırılarak da işletme maliyetlerinde düşüş sağlanmıştır.

Mobil araçların taşıma esnasında, belirli yolları takip etmede kullandıkları bir teknik de Çizgi Takibi metodudur. Bu uygulamada çizgi takibi, Bulanık Mantık Kontrolcüsü, Matlab üzerinde koşturularak sağlanmıştır. Robot uygulaması; makarası biten tezgahı aldığı RF sinyaline göre gerekli makarayı deposuna alarak, çizgi takibi yöntemi ile tezgahın yanına gitmesi, dolu makara ile boş olanı değiştirip, boş makarayı yanına alarak geri dönmesi ve bir sonraki sinyali değerlendirmek üzere beklemeye çekilme işlemlerini gerçekleştirmektedir.

Anahtar kelimeler: Kontrol, Matlab, Bulanık Mantık, otomasyon, mobil, robot, PLC, servo, motor, çizgi takibi, diferansiyel sürüş, Radyo Frekansı.

ABSTRACT

The thesis consists of two parts. The first part is, designing and realizing of an industrial transport robot and the second part is applying a line tracker controller via Fuzzy Logic.

In industry, all factories need to transport lots of materials from one place to another and this is a common and continuous problem for all of them. This application is concerned transporting of thread bobbin which is one of the most frequently replaced material in the textile industry.

When thread bobbins are replaced manually, loss of time and unnecessary expenses occur in the process. As a result, efficiency of factories decreases. Replacement of bobbins is realized very quickly with industrial transportation robot project. Thus, cost of process decreases and productivity increases.

One of the road tracking technique for mobile robots is the line following technique. In this application, road tracking is achieved, via line tracking technique by fuzzy logic controller running on MATLAB. Application of robot, receives RF signal from a loom which needs a thread, with that signal, robot takes the necessary thread, goes to the loom which sent the RF signal and changes the finished bobbin with the new one and finally takes the finished thread and gets ready for a new signal.

Keywords: Control, Matlab, Fuzzy Logic, automation, mobile, robot, PLC, servo, motor, line follower, differential steering, radio frequency.

1. GİRİŞ

Bu projede; tekstil fabrikalarında ipliği biten tezgahın, gecikme olmaksızın iplik değiştirme işlemlerini yerine getirecek, bir mobil robot uygulaması gerekleştirilmiştir. Uygulama Phoenix Contact PLC yarışmasına yönelik geliştirilmiş ve dünya çapında en iyi yüz proje arasına girmeyi başarmıştır.

Bu projede; robotun iplik makarası biten tezgahlar ile iletişimi, 433-434 MHz UHF bandını kullanan, FSK (Frekans Kaydırmalı Anahtarlama) modülasyon methodunu kullanan RF alıcı ve vericiler ile sağlanmıştır. Robotun Gerekli uyarı sinyali gelene kadar bekleyeceği depodan, ulaşması gereken tezgahlar arasında izleyeceği yolu takip edebilmesi için, çizgi takip methodu seçilmiştir. izgi takibinde, ortam gürültülerinin sistemin çalışma düzenini bozmaması için, frekanslı kaynakla beslenen kızılötesi ledler ve kızıl ötesi alıcı modüllerle oluşturulan sensörler kullanılmıştır. Uygulamada izgi takibi algoritması Matlab üzerinden koşturulmuş, kontrolör olarak Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) kullanılmıştır. Robotun hareketi diferansiyel sürüş tekniği ile sağlanmıştır. Birbirinden bağımsız eşdeğer iki motor ile hareket sistemi gerçekleştirilmiştir. Mobil robot gerekli değiştirme işlemleri için tezgaha vardığı zaman, pnömatik piston ve vakum pompası ile makaraları yukarı aşağı kaldırılabilmekte, servo mekanizmalı lineer eksenini ile tezgah ve kendi silosu arasında makara değişimini sağlayabilmektedir.

Bu uygulamanın daha rahat anlaşılabilmesi amacıyla anlatımda şöyle bir tasnif izlenmiştir; öncelikle sistemin çalışma prensibi; diğer bir değişle senaryosundan bahsedilmiştir. Daha sonra Elektrik ve mekanik yapı hakkında bilgi verilmiştir. Bulanık Mantık temelleri krips yöntemle karşılaştırılması sunulmuş. Bulanık Mantık algoritmasının kurulması ve elde edilen performans sonuçları gösterilmiştir.

Ayrıca bir de projenin tanıtımı ile videosunu içeren internet sitesi hazırlanmıştır (www.xplore.yildiz.edu.tr). Bu sitedeki tüm bilgiler ekteki CD'de de bulunmaktadır.

2. SİSTEMİN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Sistem, tekstil tezgahlarından RF sinyali göndermesi üzerine boş leventleri doluları ile değiştiren bir mobil robotun, ulaşım sırasında bulanık mantık ile çizgi takip etmesini içermektedir.

2.1 Proje Senaryosu

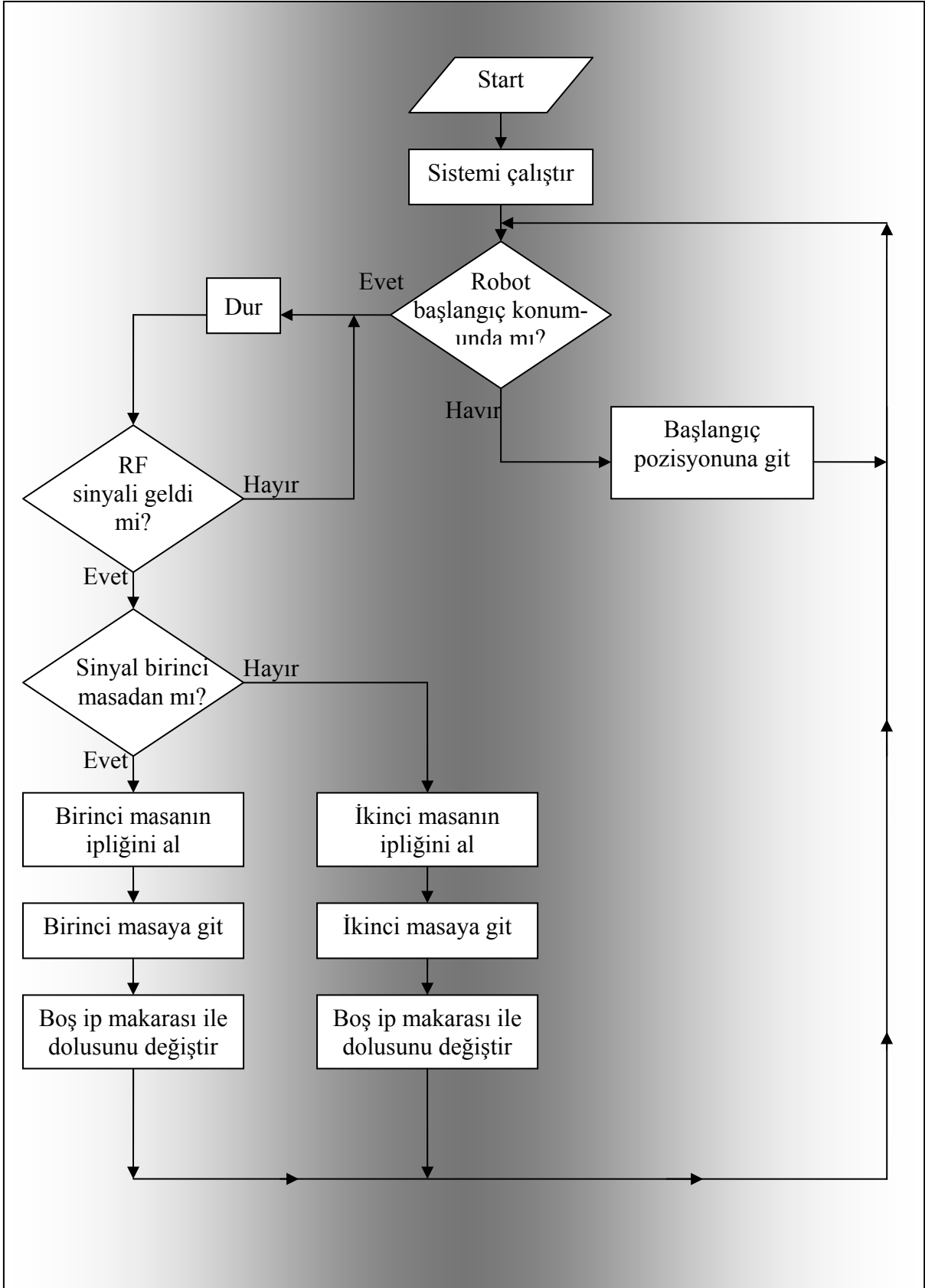
Kontrol panosu üzerinden start butonuna basılması ile lineer eksen limit switchleri belirlemek amacıyla ileri ve geri hareket eder ve start pozisyonunu alır. Bundan sonra masalardan iplik tükendiğine dair RF sinyalinin gelmesini bekler. İpi biten bir masadan sinyal geldiği anda, o masaya ait ip makarasını alarak yola koyulur. Yerdeki çizgileri takip ederek ipi biten masanın yanına gelir.

Robotun çizgiyi izlemek için orta kısımda bulunan çizgi takip sensörleri olduğu gibi, nerede durmasını gerektiğini belirleyen kenarlarda da birer sensörü bulunmaktadır. Masanın yanına geldiğini, takip ettiği çizgiyi “T” şeklinde dik kesen diğer iki çizgiden anlar. Bu iki çizgi arası mesafe, robotun park etmesi istenen yer kadardır. Robot ilk çizgiyi gördüğünde yavaşlar, ikincisini gördüğünde ise tamamen durur.

Durduktan sonra boş makara ile dolusunu lineer eksen, pnömatik piston ve vantuz yardımı ile değiştirir ve başlangıç konumuna geri dönmek üzere tekrar hareket eder.

Başlangıç pozisyonuna geldiğinde ise boş makarayı bırakarak tekrar sinyal gelmesini beklemeye koyulur.

2.2 Program Akış Diyagramı



Şekil 2.1 Programın akış diyagramı

2.3 Malzeme Listesi

Projede kullanılan malzemeler üretici firmalara göre tablo halinde aşağıda verilmiştir.

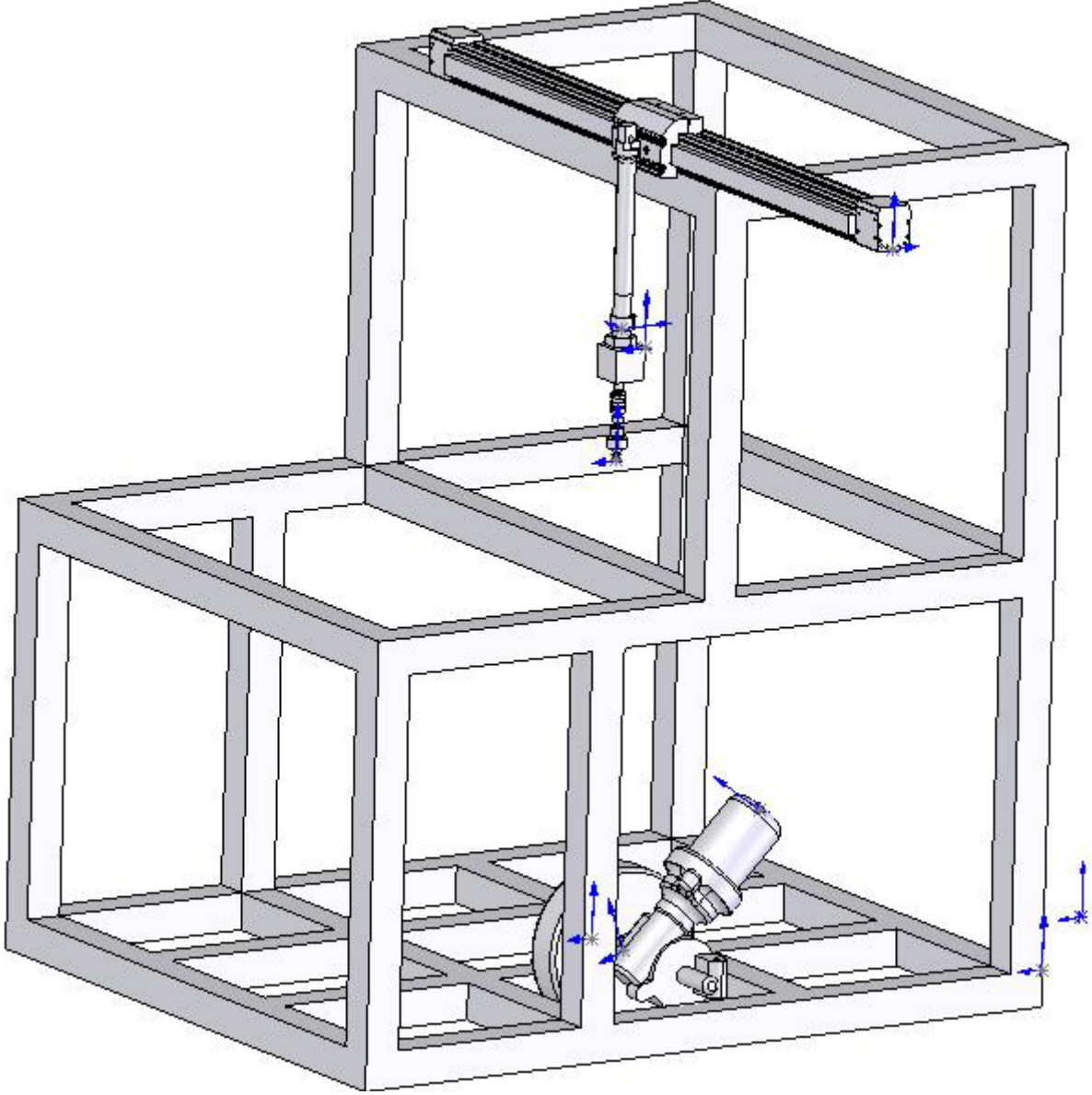
Tablo 2.1 Malzeme listesi

Kod	Açıklama	Miktar
PHOENIX CONTACT		
	Phoneix Contact ILB-200 PLC	1 Adet
	Dijital İnpıt Modülü, Dijital Output Modülü	1 Adet
FESTO		
193742	Kayışlı Doğrusal Eksen / DGE- 25-600-ZR-LK-RV-KF-GK	1
015223	Pnömatik Doğr. Tahrik Elem. / DGO- 20-100-PPV-A B	1
526727	Servo Motor / MTR-AC-70-3S-AB	1
193846	Motor Kontrolörü / SEC-AC-305	1
192337	Motor Kablosu KMTR-M-BSM-50/63/80-/*526742* / 526742	1
162965	Çek Valfli Kısııcı / GRLA-1/8-QS-6-RS-B/	2
173004	Solenoid Valf / MEBH-5/2-1/8-B/	1
151687	Soket / MSSD-EB/	2
002307	Susturucu / U -1/8/	2
153002	Bağlantı Rakoru / QS -1/8-6/	3
151211	Uzunluk Eşitlemesi / VAL-1/4- 20/	1
035421	Vantuz / VASB- 55-1/4-PUR/	1
171059	Vakum Jeneratörü / VADMI-140-LS-P/	1
DİĞER MALZEMELER		
	Çizgi takibi devresi	1 Adet
	RF Alıcı, Verici	1 Adet
	Kontrol Panosu	
	DC Motor	2 Adet
	DC Motor sürücü devresi	1 Adet
	Kompresör	1 Adet
	Alüminyum sigma profil	
	Kablo kanalı	1 Adet
	Start, Stop ve acil stop butonu	1 Adet
	PC	1 Adet
	DAC (Data Acquisition Card)	1 Adet

2.4 Sistemin Mekanik Yapısı

Sistem mekanik olarak, Şekil 2.2'deki solid works çiziminden de görülebildiği gibi, alüminyum sigma profil iskelet ile yapılandırılmıştır. Alüminyum profillerin sigma profil olması monte ve demontesini kolaylaştırmakta ve dayanıklılığını arttırmaktadır. Alt kısmında robotun ortasında bulunan, sağ ve sol yanlarındaki eşdeğer iki DC motor hareketi vermek üzere konuşlandırılmıştır. Hareketi sağlayan motorlara bağlı olan tekerlekler dışında, robotun dengede kalabilmesini sağlamak üzere ön ve arka tabana birer kaster tekerlek eklenmiştir. Üst kısımda malzeme değişimini sağlayacak, servo motora bağlı bir lineer eksen bulunmaktadır. Makaraları tutmak ve kaldırmak için, lineer eksene sabitlenen pnömatik piston ve vakum pompasından yararlanılmıştır. İskeletin boş kalan kısımları pileksiglas ile kaplanarak kapatılmıştır.

Şekil 2.2 de bulunmayan kontrol panosu üst bölmenin içine kapakları arkaya gelecek şekilde konumlandırılmıştır. Start, stop ve acil stop tuşları pano kapaklarına konularak, kullanım kolaylığı sağlanmıştır.



Şekil 2.2 Sistemin mekanik tasarımı

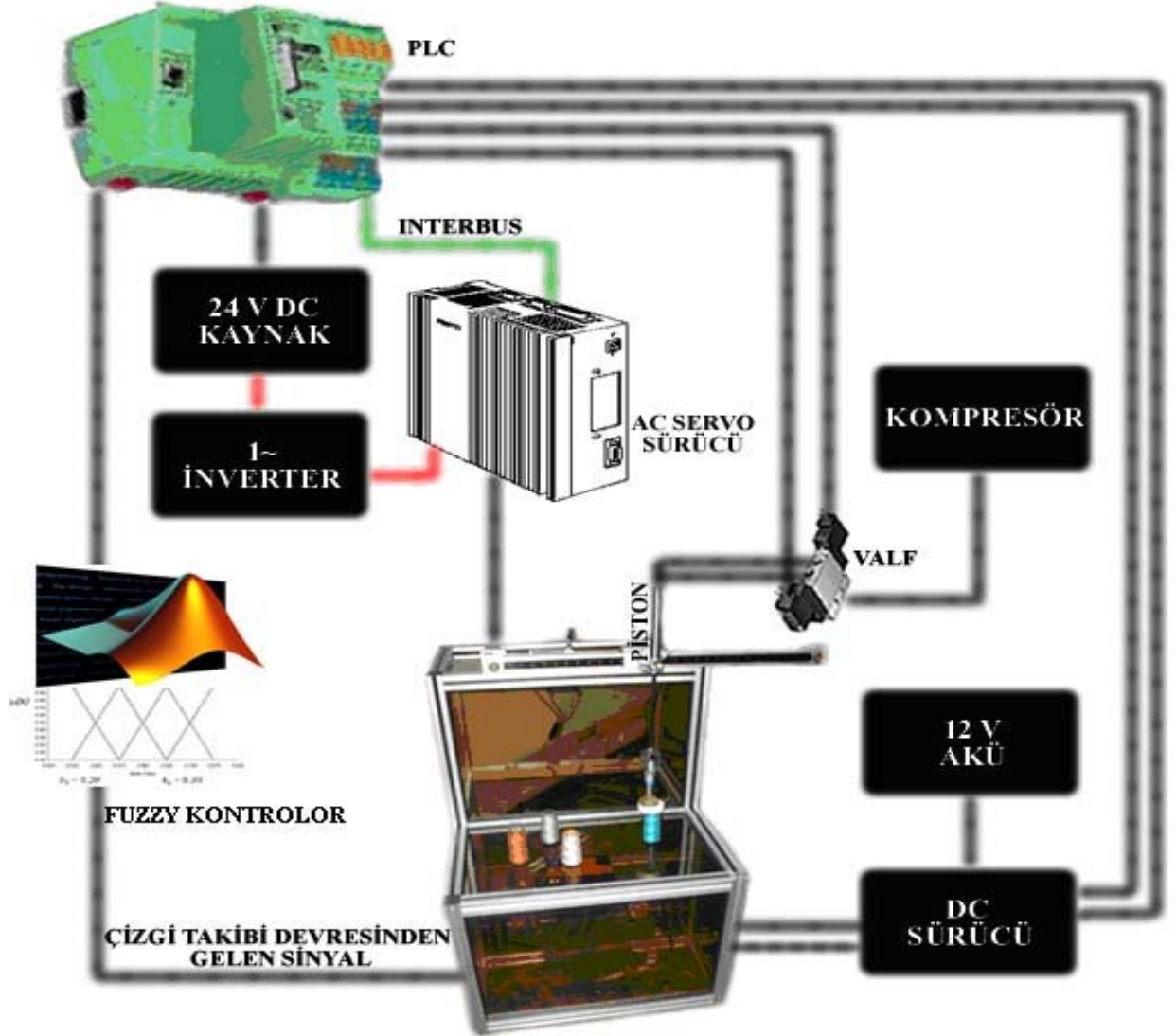
2.5 Sistemin Elektriki Yapısı

Sistemin kontrolü Phoenix Contact ILB-200 PLC ile gerçekleştirilmiştir. PLC'nin dijital giriş modülüne; start, stop, acil stop butonları, ve RF alıcı devresi bağlıdır. Dijital output modülüne ise; servo sürücü, pnömatik valf, vakum jeneratörü ve DC sürücü devresi bağlıdır.

Projede lineer akseni kontrol etmek için servo motor ve sürücüsü, robotu hareket ettirmek için DC motor ve sürücü devresi kullanılmıştır.

Servo motor sürücüsü; belirli konumlara, belirli hızlarla gidebilmek üzere programlanmıştır. Ancak ne zaman hangi konuma gideceğine PLC' den gelen verilere göre karar vermektedir.

DC motorlar ise, IR Ledler ile çizgi takibi yapan devreden gelen sinyallerin Matlab da Bulanık Mantık ile bir PC üzerinde koşturularak, değerlendirilmesi ile üretilen sinyallere göre, DC motor sürücü devresi ile sürülmektedir.



Şekil 2.3 Sistemin elektriki yapısı

3. KONTROL ELEMANLARI

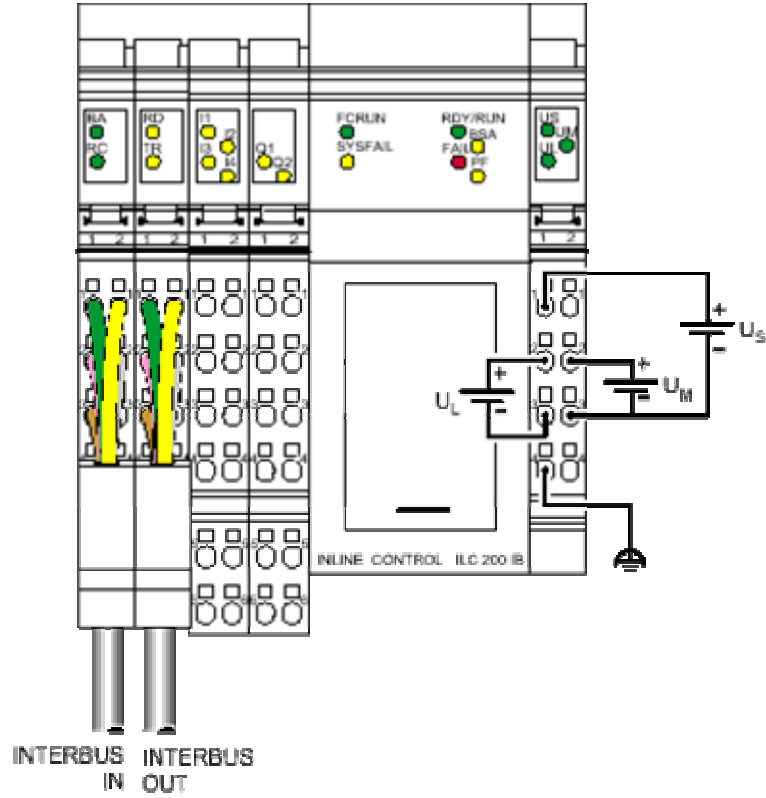
Bu bölümde kontrol elemanları hakkında ayrıntılı bilgi verilmekle birlikte projede nasıl kullanıldıklarına yönelik detaylara da inilmiştir.



Şekil 3.1 Kontrol elemanları

3.1 PLC

Projede Phoneix Contact ILB-200 PLC kullanılmıştır ve programlanması, PC WORX isimli program ile gerçekleştirilmektedir. PC Works programını kullanımı ile alakalı bilgiler ekte verilmiştir.



Şekil 3.2 PLC Bağlantı örneği

3.1.1 PC WORX

PC WORX Phoenix Contact PLC'lerin programlanmasında kullanılan bir bilgisayar yazılımıdır. PC WORX otomasyon programı, fidebus sistem yapılandırması ve kontrolünü, IEC 61131'e göre gerçekleştirmektedir.

Program 32 bit Windows tabanlıdır. IEC konfigürasyon öğelerini işlemek ve kütüphanelerine bağlantı kurmak mümkündür. Ayrıca, program güçlü bir hata ayıklama sistemi de sunmaktadır.

Programın offline durumunda iken kod yazmak ve derlemek imkanı vardır. Fakat fonksiyon ve komutların çalıştırılabilmesi için PLC ile bağlantı gerçekleştirilip, bus konfigürasyonlarının yapılması gerekmektedir..

PLC programı; main kısmında lader diyagramı ve fonksiyon blokları ile yazılmaktadır. Programın kullanımı ile ilgili detaylı bilgi ekte verilmiştir.

Tablo 3.1 PC Works programın için gerekli minimum sistem gereksinimleri

Donanın Gereksinimleri	
CPU	Pentium II 400, Önerilen 1GHz
RAM	Min. 128 MB, Önerilen 256 MB
Hard disk	500 MB boş alan
CD-ROM sürücü	Gerekli
Arayüz	1 x seri, Ethernet
Yazılım Gereksinimleri	
MS Windows® NT 4.0 Service Pack 6 yüklü halde, Önerilen Windows® 2000 yada Windows® XP	

3.2 Servo Sistem

Servo kelimesi Yunanca hizmetçi manasına gelen “Servus” kelimesinden gelmektedir. Genel olarak bir sistem komuta bağlı olarak hareket ediyorsa böyle sistemlere servo sistem denir. Servo sistem bir mekanizmayı istenilen hız veya pozisyondaki değişimle uyumlu olarak kontrol etmek için kullanılır.

Kullanıcı panelinden dağıtılan komut sinyali servonun pozisyon kontrolörüne gelir. Pozisyon kontrolörü değişik görev ve işlemleri saklayan bölümdür. Örneğin, motor veya yükü aktive etmek ya da hız veya pozisyonu değiştirmek üzere programlanmış olur.

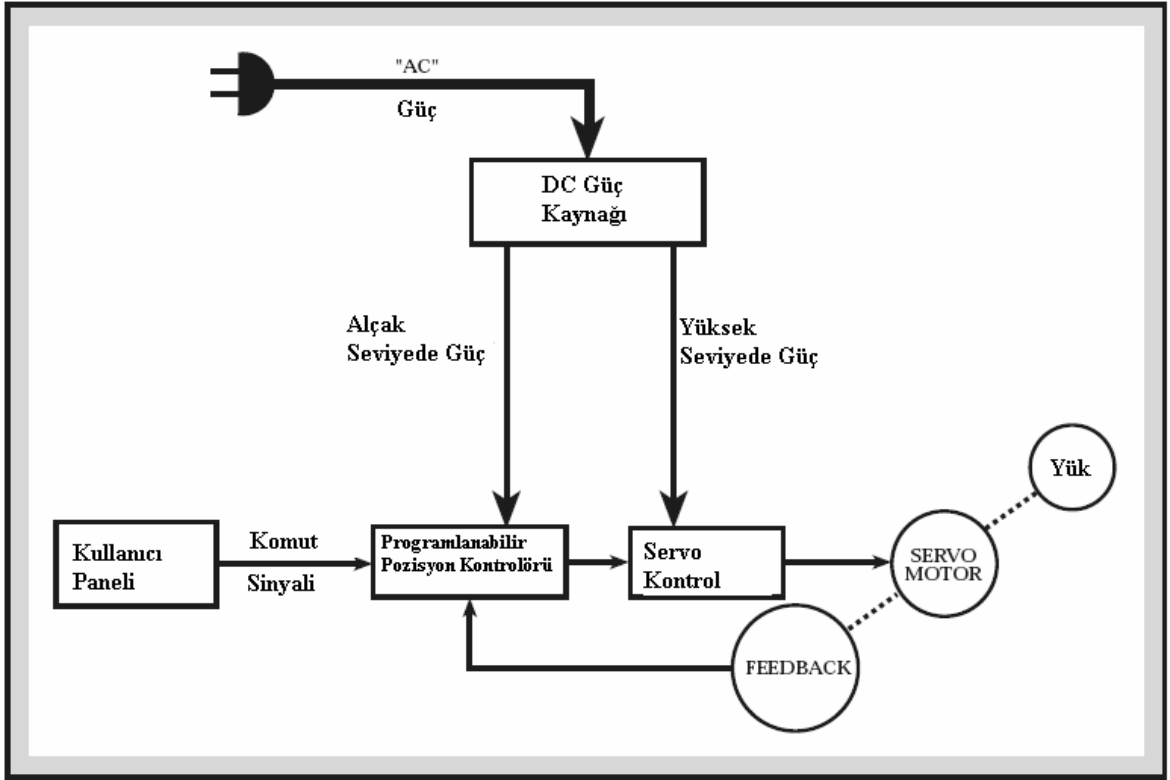
Sinyal daha sonra servo kontrol bölümüne gelir. Servo kontrol düşük güç seviyesindeki sinyali aldıktan sonra yükseltir ya da kuvvetlendirir. Güç uygun seviyeye gelmesi ile servo motor ya da yük hareket eder.

Düşük seviyedeki güç sinyallerinin kuvvetlendirilmesi gerekmektedir. Servo motoru uygun hızda döndürebilmesi için yüksek voltaj ve ağır yüklerin hareket ettirilebilmesi için gereken momenti sağlamak için yüksek akım gerekmektedir.

Servo kontrol mekanizması için gereken güç AC gücü, istenen DC seviyeye çeviren bir doğrultucu tarafından sağlanır. Ayrıca entegre edilmiş devreler için gerekli olan düşük gerilim de bu kaynaktan sağlanır. Servo motora güç uygulandığında yük dönmeye başlar ve hız, pozisyon değişir (Akdoğan, 1999).

Yük döndükçe diğer aletler (örneğin; takometre, çözücü, enkoder) de dönmeye başlar ve kontrolöre geri gidecek sinyal sağlanmış olur. Geri besleme sinyali motorun istenen dönme hareketini yapıp yapmadığı hakkında bilgi verir.

Pozisyon kontrolörü geri besleme sinyaline bakarak yükün servo motor tarafından uygun olarak hareket edilip edilmediğini kontrol eder eğer istenen hareket sağlanamıyorsa kontrolör uygun olan ayarlamayı yapar. Örneğin, komuta sinyali yükü 1000 d/d hızla döndürmesi gerekirken bazı nedenlerden 900 d/d hızla döndüğünü farz edelim. Kontrolör istenen hız 1000d/d ile gerçek hızdan gelen geri beslemeyi karşılaştırır ve bir hata olduğunu belirtir. Kontrolör çıkış sinyali ile servo motora daha fazla gerilim uygulayarak geri besleme sinyali ile istenen sinyal birbirine eşit olana kadar hızı artırır. Bundan dolayı servo sistem birçok alet içermektedir. Yükün kontrolü birçok şekilde yapılabilir (örneğin; pozisyon, yön, hız v.s.).



Şekil 3.3 Servo sistem kavramı

Sanayide kullanılan çeşitli doğru akım motorları vardır. Servo sistemlerde kullanılan doğru akım motorlarına ise DC servo motorlar adı verilir. DC servo motorlarda rotor eylemsizlik momenti çok küçüktür. Bu sebepten dolayı piyasada çıkış momentinin eylemsizlik momentine oranı çok büyük olan motorlar bulunur. Bazı DC servo motorların çok küçük zaman sabitleri vardır. Düşük güçlü DC servo motorlar piyasada genellikle bilgisayar kontrollü cihazlarda (disket sürücüler, teyp sürücüler, yazıcılar, kelime işlemeiler, tarayıcılar vs.) kullanılırlar. Orta ve büyük güçlü servo motorlar ise sanayide genellikle robot sistemleri ile sayısal denetimli hassas diş açma tezgâhlarında kullanılırlar.

DC servo motorlarda alan sargıları rotor sargılarına seri veya paralel bağlanır. Endüvi sargılarından bağımsız olarak uyartılan alan sargılarının akısı endüvi sargılarından geçen akımın fonksiyonu değildir. Bazı DC servo motorlarda magnetik alan sargısı yerine sabit bir mıknatıs bulunur. Bu tip motorlarda magnetik akı sabittir. Uyarma sargıları endüviden bağımsız olan veya sabit mıknatısla uyartılan motorlarda hız kontrol. endüvi gerilimi ile yapılabilir. Bu tip kontrol yöntemine endüvi kontrol yöntemi denir.

Uyarma sargılarının yarattığı akı ile yapılan denetlemede ise endüvi akımı sabit tutulur,. Statorda bulunan uyartım sargılarının yarattığı akımın kontrolü. ile hız ayarlanır. Bu tip motorlara alan kontrollü. motorlar denir. Fakat rotor sargılarından geçen akımın sabit tutulabilmesi ciddi bir problemdir. Endüvi kontrollü motorlara göre alan kontrollü motorların zaman sabitleri daha büyüktür. Büyük aralıklarda değişen hız ayarlarında rotor geriliminin değiştirilmesi; buna karşılık küçük aralıklarda hassas hız ayarı gereken yerlerde ise alan sargılarının yaratmış olduğu magnetik akı ile hız kontrolü yöntemi tercih edilir. DC servo motorlar genellikle "elektronik hareket denetleyicileri" adı verilen servo sürücüler ile kontrol edilirler. Servo sürücüler servo motorun hareketini kontrol ederler. Kontrol edilen büyüklükler çoğu zaman noktadan noktaya konum kontrolü, hız kontrolü ve ivme programlamasıdır. PWM tekniği adı verilen darbe genişlik modülasyonu genellikle robot kontrol sistemlerinde, sayısal kontrol sistemlerinde ve diğer konum denetleyicilerinde kullanılırlar.

Pozisyon Kontrol Mekanizmaları

Servo sistem mekanik sistemlerin hız ve pozisyon kontrolünde tek alternatif değildir. Fakat basit mekanik cihazların yanında baslıca kontrol sistemidir.

Mekanik Boşluk (Backlash) ve Düzeltilmesi

Hemen hemen tüm mekanik cihazlar ileri ve geri dönüşler arasında tarafsız bir bölgeye sahiptir. Örneğin bir mekanizmanın dönüş yönü ileriden geriye değiştirildiği zaman ileri ve geri dönüşler arasındaki boşluğu gizlemek için ek bir dönüş gereklidir. Bu boşluk backlash olarak isimlendirilir. Servo sistem bu boşluğu kompanze edecek bir fonksiyona sahiptir.

3.2.1 Festo servo sürücü

MRC-BSC-11xx analog seri servo hız denetleme biriminin yerini alır. Festo' nun DGE(L) dişli kayış ve şaftlı tahrik birimlerinde, yeni DGEA kaldırma eksenlerinde kullanılır.

SEC-AC' ye I/O veya seri arayüz ile birlikte bağımsız konumlama denetim birimi olarak veya isteğe bağlı herhangi bir denetim birimi ile birlikte geleneksel hız denetim birimi olarak kullanılabilir.

WMEMOC programlama yazılım paketi, her türlü devreye alma ve programlama operasyonlarında destek sağlar ve Festo servo motorlar için eklenen veri konfigürasyonu SOKETİ TAK & ÇALIŞTIR mantığını destekler.

Bu projede I/O ara yüzü ile PLC ile sürücü arasında paralel haberleşme sağlanarak Servo motorun sürüş işlemi gerçekleştirilmiştir. WMEMOC programında sürücüye yazılan kod CD de ek olarak verilmiştir.

Festo sürücü ile ilgili ayrıntılı bilgi Ek 3.1 de bulunabilir.

3.2.2 Festo servo motor

Projede lineer eksenini hareketlendirmek üzere Festo firmasının MTR-AC-70-3S-AB Servo Motoru kullanılmıştır.

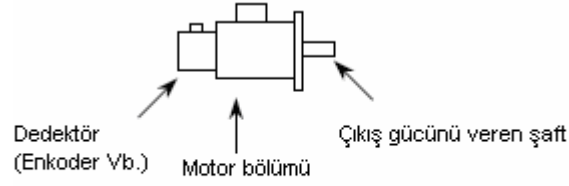
Teknik verileri şu şekildedir:

- Durma hali momenti: 1 - 12.5 Nm arası
- Fırçasız servomotor
- Entegre edilmiş resolver
- Seçeneğe bağlı dişli birimi versiyonu
- Tutma freni

Festo motorla ilgili ayrıntılı bilgi Ek 3.2 de verilmiştir

3.2.2.1 Servo motorların klasik motorlardan farkı

Temel tasarım ve çalışma prensipleri açısından servo motorun klasik endüksiyonlu motorlardan bir farkı yoktur. Fakat servo motorlar yüksek doğruluk, hız, frekans pozisyonlama ve hız kontrolü gibi özelliklere ulaşmak için yeniden dizayn edilirler. Ayrıca servo motorlar dönme hızını ve pozisyonu algılamak için bir dedektöre sahiptirler.



Şekil 3.4 Servo motorun şekli

3.2.2.2 Servo Motorların Özellikleri

- 1) İstenilen hız değerine reaksiyon verme süresi kısadır. Bu iki şekilde yapılır:
 - Rotorun çapı azaltılarak ve rotorun yapısında demir malzeme kullanılmayarak rotorun ataleti azaltılır.
 - Rotor ve mıknatıs şekillerini dizayn edip sürekli mıknatısiyetin demagnetizasyonu önleyici karakteristiklerini azaltarak yapılır.
- 2) Bobinlerin sarım sayısının azaltılmasıyla rotor endüktansı minimize edilerek hızlanmanın gecikme zamanı kısaltılır.
- 3) Dayanma gerilimi ve doyma akısı azaltılarak devir sayısı ayar alanı genişletilir.
- 4) Rotordaki oluk sayısı azaltılarak dönme hızı stabilize edilmiş, tork değerindeki salınım azaltılır.

3.2.2.3 Servo motor çeşitleri

Servo motorlar DC servo motor, AC servo motor ve step motorlar olmak üzere üçe ayrılır. AC servo motorun senkronize (fırçasız DC servo) ve endüksiyonlu tip olmak üzere iki çeşidi vardır.

Tablo 3.2 AC-DC servo motorun karşılaştırılması

	AC servo	DC servo
Ömür	Yatak ömrü 20000 saat veya daha fazla	Fırça ömrü Normal olarak yüklenmede çevre şartlarına göre 2000-5000 saat arasında
Bakım	Fırça ve komütatör olmadığından gerekmez.	Periyodik bakım ve fırçaların değişimi gereklidir.
Mekanik gürültü bakımından	Sessiz çalışır.	Fırçaların kontaklama gürültüsü vardır.
Elektriki gürültü	Fırça olmadığı için gürültü yoktur.	Fırçalardan kaynaklanan bir gürültü vardır.
Verimlilik	Mükemmel Isı statordan yayıldığı için soğutma verimi iyidir.	İyi. Regülasyon kayıpları vardır. Soğutma verimi rotor ısısı nedeniyle düşüktür.
Aşırı yüklenme	İyi. Büyük termal zaman sabiti. Yüksek hız ve büyük tork.	Orta. Küçük termal zaman sabiti. Sınırlı akım çekilir.
Cevap karakteristikleri	Çok hızlı. Yüksek hıza kadar düşük rotor ataleti ve yüksek tork.	Hızlı. Büyük rotor ataleti. Yüksek hızda tork düşüktür.
Temizlik	İyi. Fırça tozu meydana gelmez.	Kötü. Fırça tozu oluşur.

AC servo motor yüksek hız, hızlı cevap ile ani hızlanma ve yavaşlama için DC servo motordan daha uygundur.

Tablo 3.3 Servo motor çeşitleri

	Step servo	DC servo	Senkronize servo	Endüksiyonlu tip servo
Kapasite(W)	<200W	<500W	100W-2kW	≤2kW
Avantajları	Kompakt çıkış. Ucuz.	Küçük boyut. Büyük tork. Yüksek verim. Kolay kontrol edilir.	Yüksek hız. Yüksek tork. Yüksek verim. Bakım gerektirmez.	Yüksek hız. Yüksek tork. Bakım gerektirmez. Dayanıklı. Yüksek max. tork.
Dezavantajları	Düşük hızlarda adım hatası ve magnetik gürültü.	Akım regülasyonu gerekir. Düşük güvenilirlik. Bakım gerektirir.	Pahalı	Orta kapasiteli modellerde düşük verimlilik. Karmaşık kontrol devresi. Pahalı.

3.3 Çizgi Takibi ve Hareket Sistemi

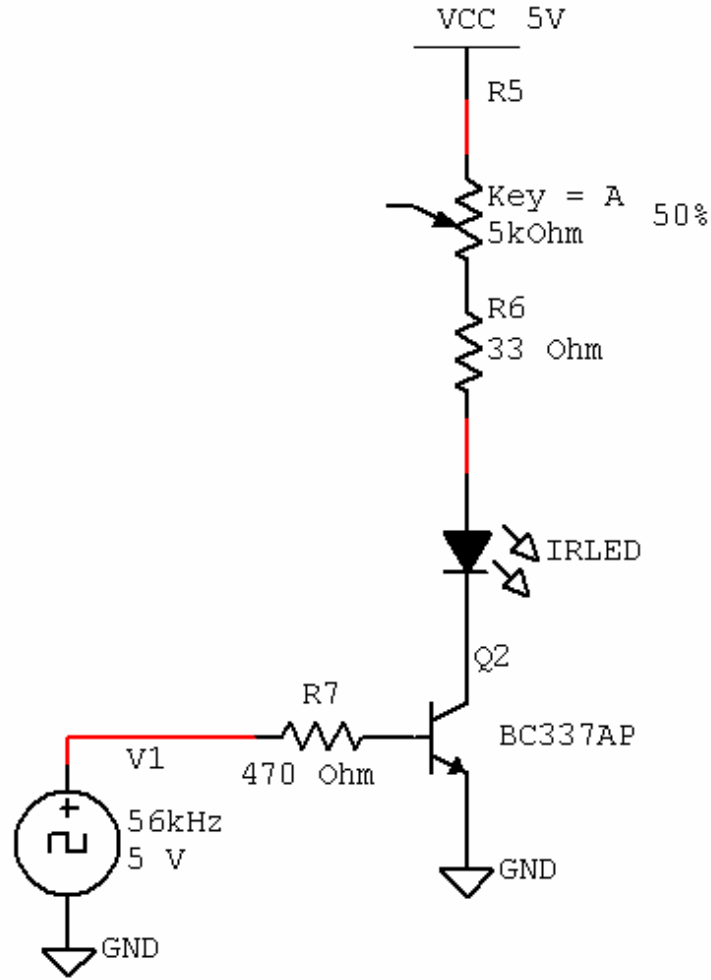
3.3.1 Çizgi takibi devresi

Çizgi takibi IR led ve tsop1756 ile gerçekleştirilmektedir. Yerdeki beyaz çizgiden IR ledin yolladığı ışınlar geri yansıdığında tsop alıcı üzerinden devre tamamlanmakta ve çizgiyi gördüğüne dair bilgi kontrolcüye gitmektedir.

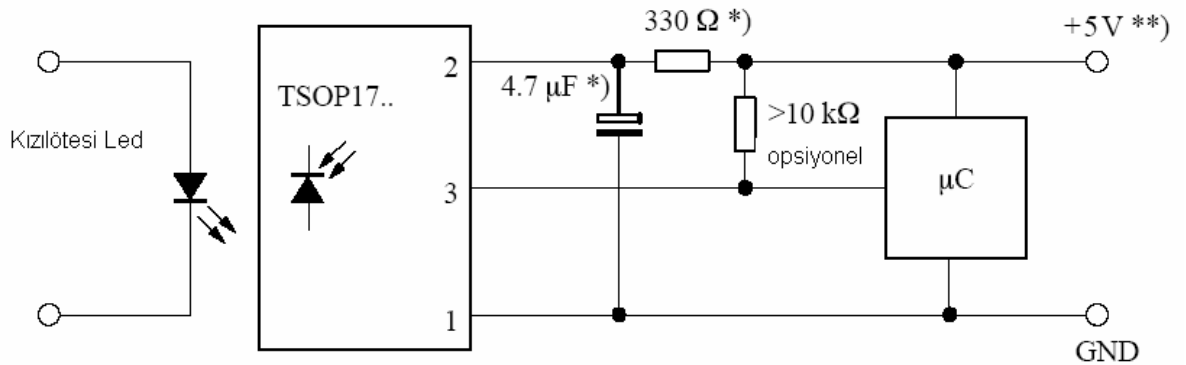
Robotun üzerinde, üç tane ön kısımda, birer tane sağ ve solda olmak üzere toplam 5 tane IR ledli devre bulunmaktadır.

Ön orta kısımdaki üç led çizgi takibini gerçekleştirirken, sağ ve soldaki ledler ise tezgaha yaklaşıldığında yavaşlama ve durma işlemi için kullanılmaktadır (Kola, 1998; Wit, 2000).

Ortam şartlarına göre ve takip edilecek çizginin kontrastına göre, istenen yansıma şiddetini ayarlamak için yollanan kızılötesi' nin şiddetini ayarlamak üzere, kızıl ötesi verici devresinde Şekil 3.5 beslemeden sonra birde, potansiyometre eklenmiştir.



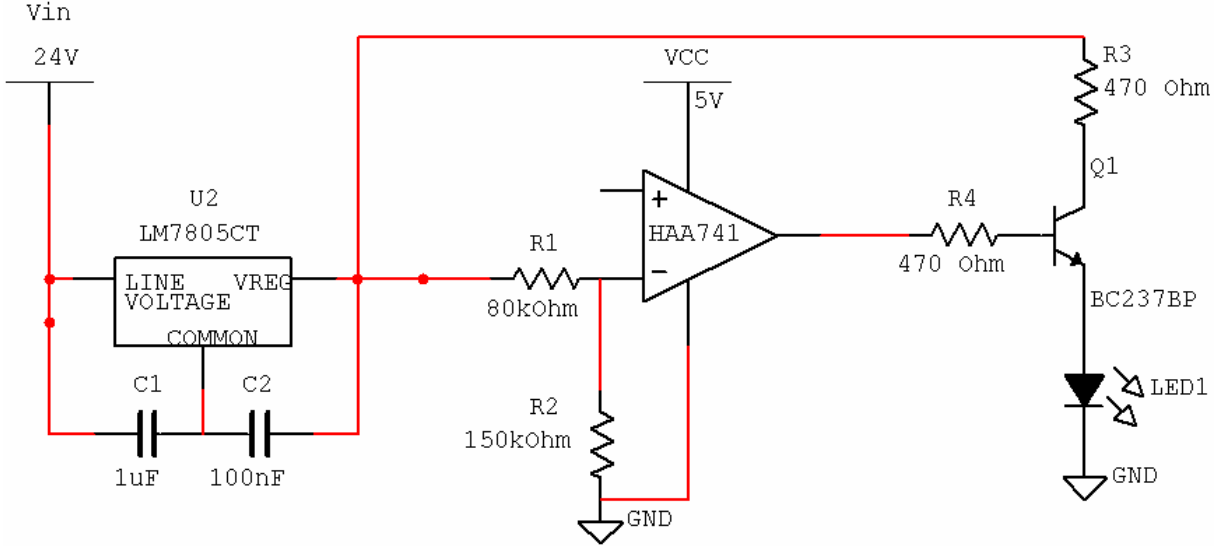
Şekil 3.5 IR led devresi



Şekil 3.6 IR alıcı devresi

Şekil 3.6 da IR alıcı devresi görülmektedir. Bu devrede *) ile gösterilen devre elemanları, sadece güç kaynağının verebileceği bozucu etkileri bastırmak için kullanılmıştır. **) ile

gösterilen besleme gerilimi ise $4.5V < V_s < 5.5V$ arasında tutulabilir. TSOP IR alıcı entegresi “active Low” prensibi ile çıkış vermektedir.

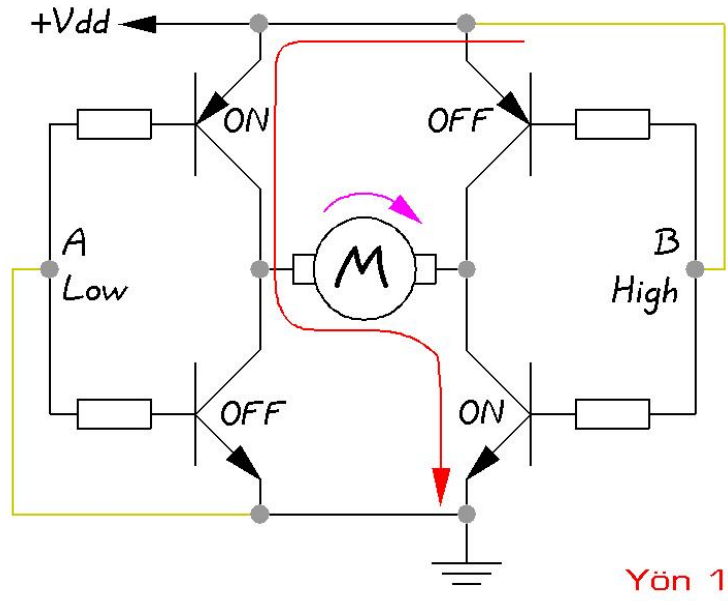


Şekil 3.7 Komparatör devresi

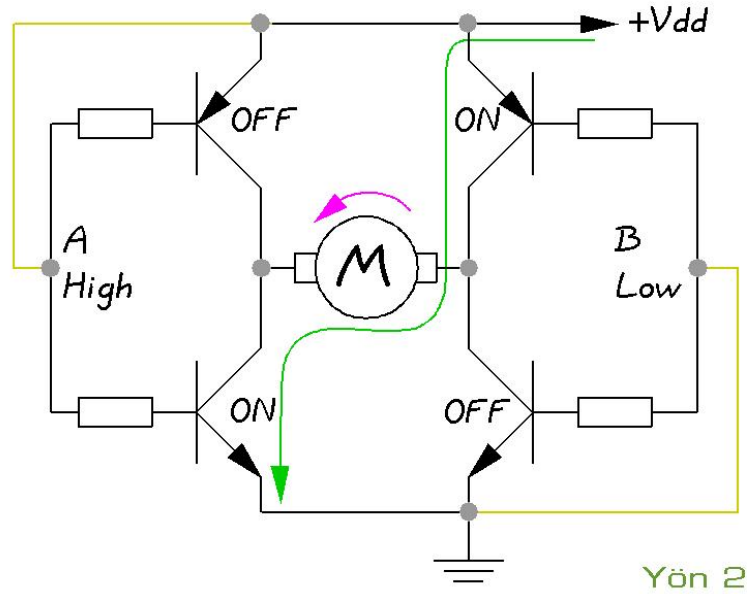
Tek basına IR led devresini kullanmak, sistem çalışmasında kararlılık açısından yeterli olmamaktadır. Belirli seviye altını ihmal etmek parazitlerden kurtulmak amacı ile 741 opampı ile Ledlerden gelen sinyalin 3V üzeri olup olmadığı değerlendirilir. Eğer gelen sinyalin seviyesi 3V üzerinde ise işleme koyulur. Bu sinyal seviyesi Opampın eksi ile gösterilen Vrf girişine verilecek gerilim ile ayarlanır. Devrede Vrf değeri, R1 ve R2 dirençleri ile gerilim bölümü yapılarak istenen değere ayarlanmıştır.

3.3.2 DC motor sürücü devresi

H köprüsü veya H bridge olarak anılan devre şekli, DC motor sürücü uygulamalarında motor yönünü tayin etmek için kullanılır. Anahtarlama elemanları motora verilmek istenen yöne göre açıp kapatılarak, kontrol sağlanmış olur. Şekil 3.8 ve Şekil 3.9’ da Çapraz biçimde anahtarlama elemanları açık konuma getirildiğinde motorun dönüş yönünün değiştirilmesi, açık bir şekilde gösterilmiştir. Bu anahtarlama elemanlarını eşli bir şekilde açıp kapatılarak motorun yönünü değiştirilebildiğimiz gibi, anahtarlama frekansını değiştirerek de motorun hızını ayarlayabiliriz.



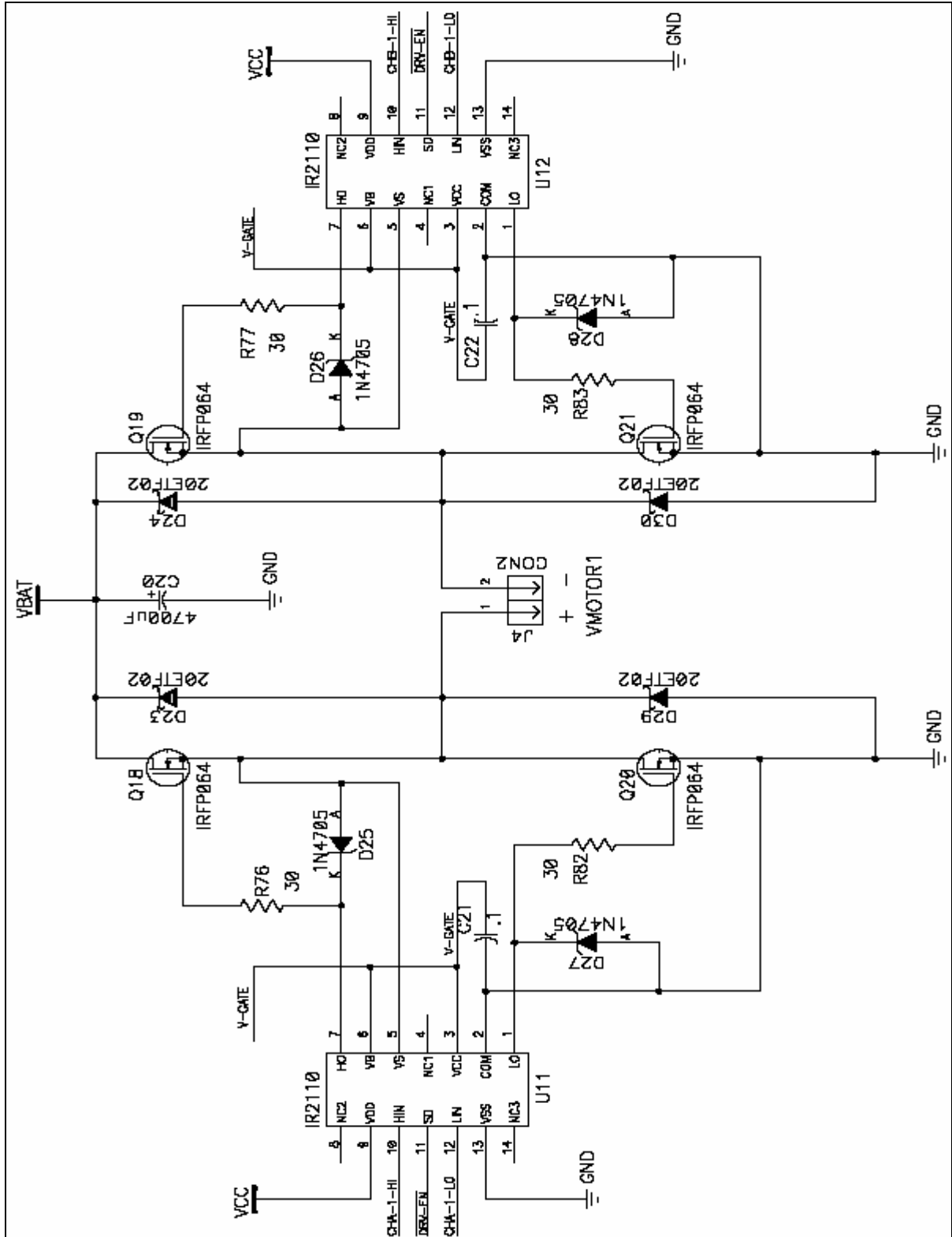
Şekil 3.8 H Köprüsü ilk yön



Şekil 3.9 H Köprüsü ikinci yön

DC motor sürücü devresi IR2110 sürücü entegresi ve IRFP064 güç mosfeti ile gerçekleştirilmiştir. Isınma problemlerini aşmak için transistör yerine Mosfet ile bir sürücü

devresi tasarlanmıştır.

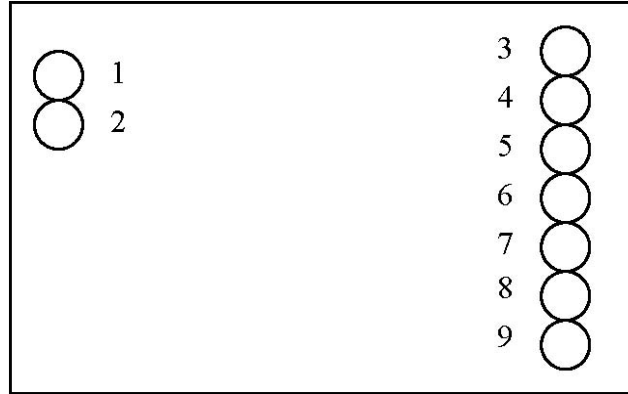


Şekil 3.10 Motor sürücü devresi

3.4 RF Alıcı Verici Devreleri

Radyo Frekanslı alıcı ve vericilerde, “Genlik Kaydırmalı Anahtarlama” (ASK) ve “Frekans Kaydırmalı Anahtarlama” (FSK) olmak üzere iki modülasyon vardır. Maliyeti daha düşük ve kullanımı daha kolay olduğu için bir çok basit uygulamada ASK tipi RF alıcı ve vericiler kullanılmaktadır. ASK modülasyonuna sahip RF alıcı ve vericilerin dış gürültülerden daha fazla etkilenmesinden dolayı, daha kararlı bir veri iletişimi gerektiren uygulamalarda ise FSK tipi alıcı ve vericiler seçilmektedir. RF modüller; alıcı (Receiver), verici (transmitter) veya hem alıcı hem verici (transceiver) olabilir.

Veri iletiminde UTX-C15U verici entegresi kullanılmıştır. 433-434 MHz. UHF bandında, yüksek frekans kararlılığı sağlamaktadır. Entegrenin iki ayarı kanal seçme özelliği mevcuttur.



Şekil 3.11 Üstten Görünüş RF Verici entegresi

Entegrenin bacak özellikleri ise şöyledir;

Tablo 3.4 RF Verici UTX-C15U pin özellikleri

Pin No	Pin-İsmi	I/O	Açıklama
1,9	GND	-	Kontrol kartının toprak hattına bağlanacak.
2	ANT	O	50Ω Anten bağlantı noktası.
3	+3V	-	+3VDC besleme terminali
4	TE	I	Transmitter Enable
5	CH ½	I	Kanal Seçim pini
6	NC	-	Kullanılmıyor
7	NC	-	Kullanılmıyor
8	DIN	I	Digital input

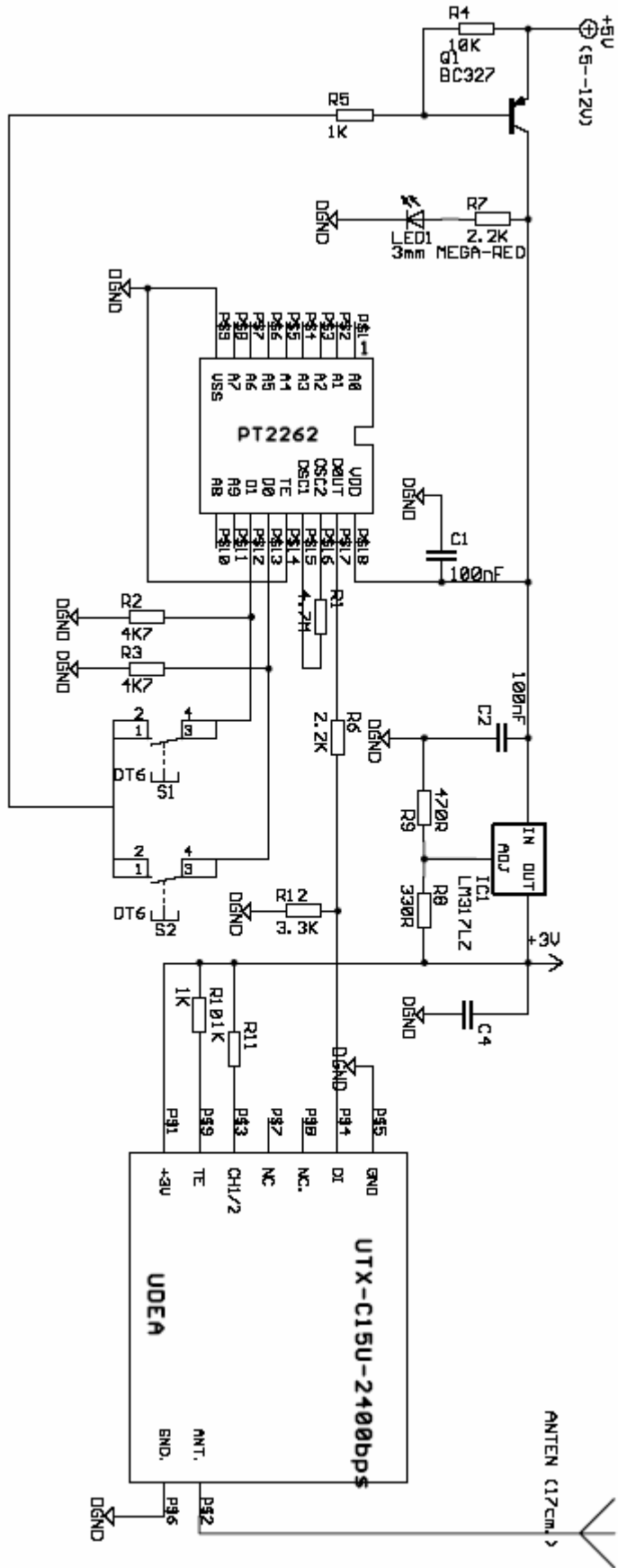
Alıcı olarak ise UFR-C12 UHF FSK Receiver Modül kullanılmıştır. RF vericimiz gibi çift kanallı bir modüldür. Alıcı modülün bacak özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.5 RF Verici UTX-C15U pin özellikleri

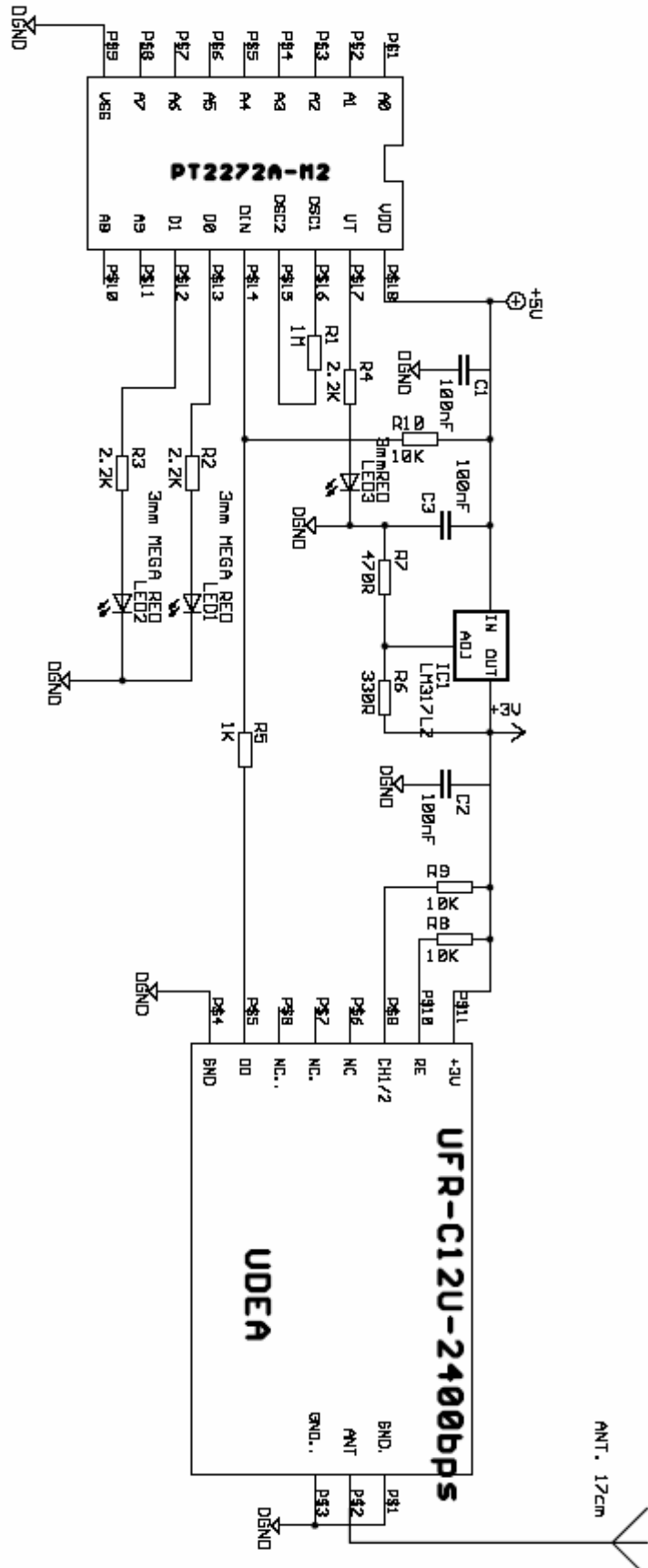
Pin No	Pin-İsmi	I/O	Açıklama
1,3,4	b	-	Kontrol kartının toprak hattına bağlanacak.
2	ANT	O	Anten bağlantı noktası.
5	DO	O	Data Output
6	NC	O	Kullanılmıyor
7,8	NC		Kullanılmıyor.
9	RE	I	On/Off
10	CH ½	I	Kanal Seçim pini
11	+3V	-	+3VDC besleme terminali

Veri iletimi yapılırken RF Vericiye iletilecek veri, paralel olarak kodlayıcı entegreye girilir. Bu entegre veriyi kodladıktan sonra seri bir şekilde RF vericiye iletir. Verileri kodlama işleminde PT2262 entegresi kullanılmıştır. Radyo frekansı ile Alıcı devre tarafından alınan kodlanmış veri, Decoder (çözücü) devresi olan PT2272 entegresine seri bir şekilde iletilir. Çözücü entegre gelen veriyi çözdükden sonra paralel bir şekilde PLC' ye iletir.

Verimli data transferi ve alımı için gerekli en önemli iki nokta iyi bir anten ve doğru RF topraklama seçimidir. Anten olmadan datanın uzun mesafelere gönderilmesi mümkün değildir. Kullanılacak anten 50 ohm dirençli ve 433 Mhz için hesaplanan anten boyu en az 17.3 cm dir.



Şekil 3.12 RF verici devresi



Şekil 3.13 RF alıcı devresi

4. MOBİL ROBOTLAR

Robotun Gezinmesine imkan veren alt sistemine, robotun hareket sistemi adı verilir. Mobil robotlar bir başka değiş ile hareketli robotlar, çeşitli alanlarda hareket etmek için tasarlanırlar. Hareket edecekleri ortamlar Hava, deniz kara ve uzay gibi birbirine göre çok farklılık gösterdiklerinden, hareketli robotlar da kendi içlerinde hareket sistemleri bakımından çok farklılıklar göstermektedir. Karada hareket eden robotlar, hareket sistemlerine göre; Tekerlekli, Paletli, Bacaklı, Eklemsi yapıllı, Temel hareket sistemlerinin kombinasyonu şeklinde sınıflandırılıla bilinir (Özen, 2000)

Kapalı alanlarda en çok tercih edilen mobil robot çeşidi, tekerlekli robotlardır. Düz yüzeylerde çekme kabiliyeti ve performansı yüksektir. Pürüzlü arazi şartlarında diğer hareket sistemleri öne çıksa da, tekerlekli sistemlerin basitliği, Araştırılması ve Geliştirilmesinde masraflarının az olması daha çok tercih edilmesine neden olmaktadır.

Mobil Robotlar Hareket sistemlerine göre sınıflandırıldıkları gibi, Tekerlekli robotlar da, kendi aralarında sürüş yöntemlerine göre ayrılırlar(Türker, 2005).

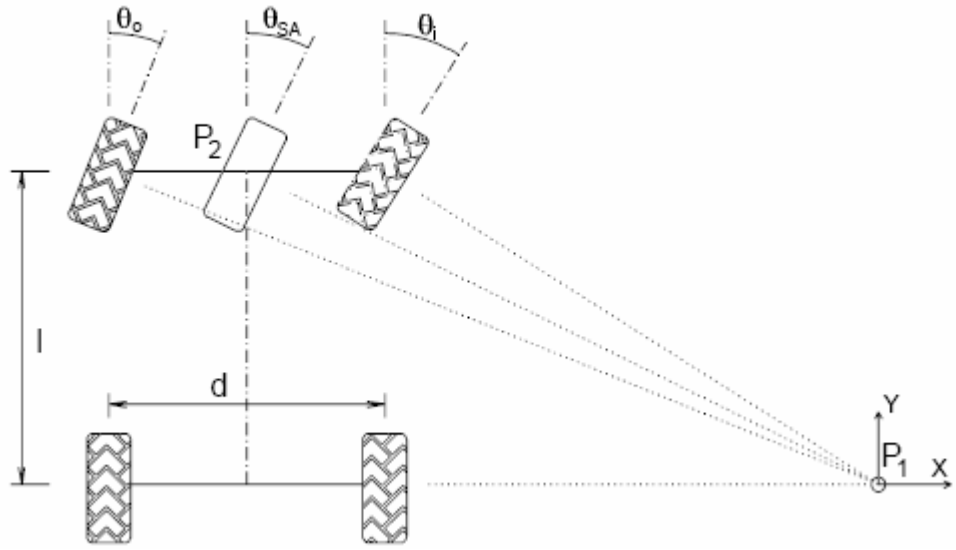
4.1 Tekerlekli Robotlar için Sürüş Yöntemleri

Tekerlekli robotların; hareket edecekleri ortam ve ortam şartları, sahip oldukları güç depolama birimleri, yapacakları iş ve kontrol mekanizmaları göz önüne alınarak hareket sistemleri belirlenmelidir. Görüldüğü üzere hareket sisteminin belirlenmesinde rol oynayan bir çok etken vardır. Hareket sistemi seçimi sırasında, sistemin genel yapısının yapılmak istenilen işi karşılayacak, pratik ve karmaşık olmaması beklenir.

Bazı sürüş teknikleri aşağıdaki verilmiştir.

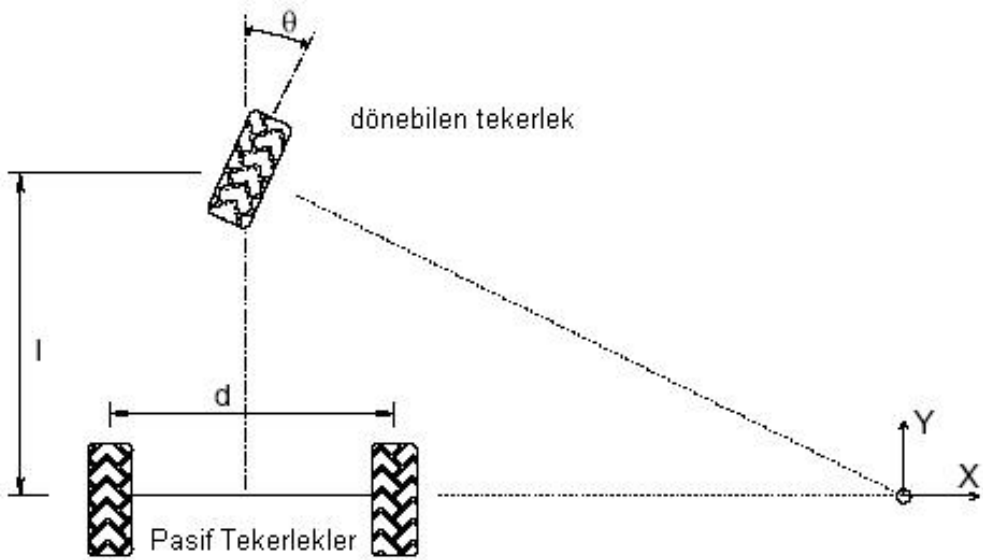
4.1.1 Ackerman Sürüş yöntemi

Günlük hayatta en çok, arabalarda kullanılan sürüş tekniğidir. Ackerman sürüş tekniği; dönüş sırasında, iç kısımda kalan ön tekerlek, dışta kalan tekerleğe göre, biraz daha keskin bir açı ile döndürülerek, geometriksel olarak ortaya çıkan, lastiğin kayma problemini yok etmek için dizayn edilmiştir.



Şekil 4.1 Ackerman sürüş yöntemi

4.1.2 üç tekerlekli sürüş yöntemi

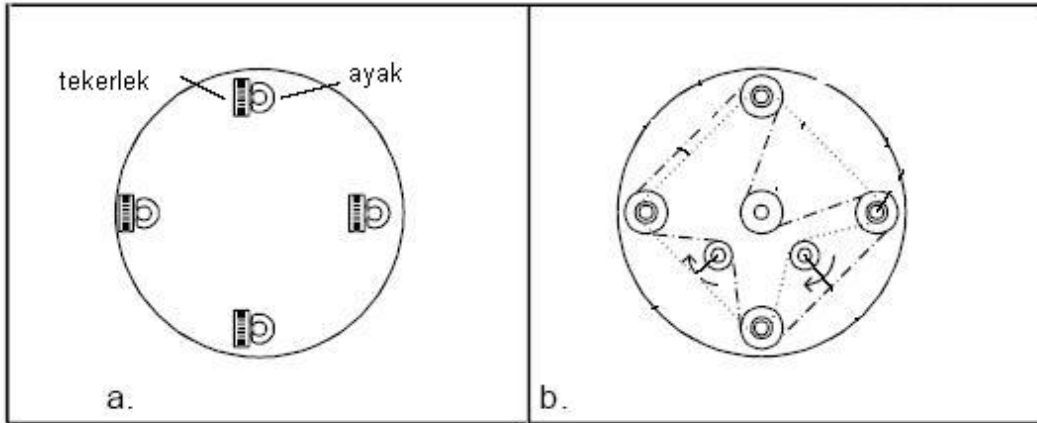


Şekil 4.2 üç tekerli sürüş yöntemi

Üç tekerli sürüş tekniğinde, ön teker hareketli arka tekerler ise pasiftir. Basitliği nedeni ile otonom hareket eden araçlarda sıkça kullanılır.

4.1.3. Senkron sürüş yöntemi

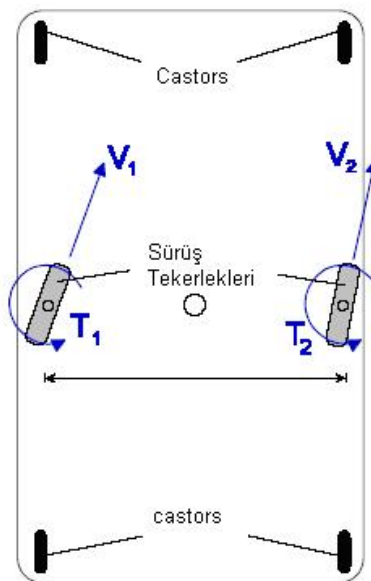
Senkron sürüşte, robotun 3 veya daha fazla tekerleğe sahip olması gerekir. Bu tekerlekler aynı yönde ve aynı hızda dönebilecek şekilde tasarlanmıştır. Tüm tekerlekler aynı hız ve yönde döndüğü için, odometry ve kayma hataları azalmış olur. Kapalı alanlarda bu yüzden tercih edilen bir sürüş tekniğidir.



Şekil 4.3 dört tekerlekli senkron sürüş tekniği a. Altan görünüş. b. Üstten görünüş.

4.1.4. Çok dereceli serbest açılı sürüş yöntemi

Hareketi sağlayan tekerleklerin aynı zamanda açılabilir olarak dönmesine olanak veren karmaşık bir sistemdir. Bir çok değişik uygulaması mevcuttur (Borenstian, 1996).



Şekil 4.4 dört serbestli hareket sistemine sahip olan bir araç.

4.1.5 Diferansiyel sürüş yöntemi

Diferansiyel sürüş tekniği, yabancı literatürde genellikle yanlış olarak “differential drive system” olarak kullanılmaktadır. “differential drive system” otomotiv mühendisliğinde, robotlarda kullanılan farklı olan bir çeşit sürüş sistemine karşılık gelmektedir. Robotik uzmanları bu sürüş tekniği için “differential steering system” kullanmaya özen göstermektedirler (Lucas, 2001) .

Bu tezde kullanılan sürüş tekniği Diferansiyel sürüştür. Bina içi gezgin robot uygulamalarında en sık kullanılan sürüş tekniklerinden biridir. Diferansiyel sürüş, günlük hayatımızdan da alışık olduğumuz bir tekniktir. Tekerlikli sandalyelerde uygulanan mantık ile aynıdır. İki birbirinden bağımsız teker aynı dingil üzerine oturtulmuştur. Tekerler birbirinden ayrı hızlarda dönebildikleri için; iki tekerlek aynı hızda döndüğü takdirde düz ilerleme hareketi gerçekleştirilir. Bu yöntem dar alanda manevra kabiliyetini arttırmaktadır. Diferansiyel sürüşte robotun iki tarafında bir birinden bağımsız hareket ettirilen iki motor bulunur. Bu motorların bağlı olduğu tekerlekler dışında, dengeyi sağlamak amacı ile ön ve arka kısımlara kastor (castor) tekerlekler konulabilir. Kastor tekerlekler; her yöne dönebilen mobilya tekerlekleri olduğu için, robotun hareket yönünde bir etkileri olmaz. Birbirinden bağımsız iki ayrı motora bağlı yan tekerlekler ile robotun yönü ve hızı tayin edilir. Tekerlekler aynı yönde ve aynı hızda hareket ettiği takdirde, robot düz bir şekilde ilerleyecektir. Ve bu hız aşağıda denklemlerde verileceği gibi sağ ve sol motor hızlarının toplamının yarısı kadar olacaktır. Sağ ve sol motor hızlarının farklı değerlerde olması durumunda ise, robot hızı robotun orta noktasına göre yine sağ ve sol motorların toplamının yarısına eşit olduğu halde, robot yönünde değişiklik olacaktır. Bu yön değişimi, daha az dönen motor yönündedir ve iki motor arasındaki hız farkı ile doğru orantılıdır.

Diferansiyel sürüş sistemini denklemler ile ifade edelim,

Kullandığımız indislerin açıklamaları şöyledir;

$V_r(t)$ = Sağ tekerleğin doğrusal hızı

$V_l(t)$ = Sol tekerleğin doğrusal hızı

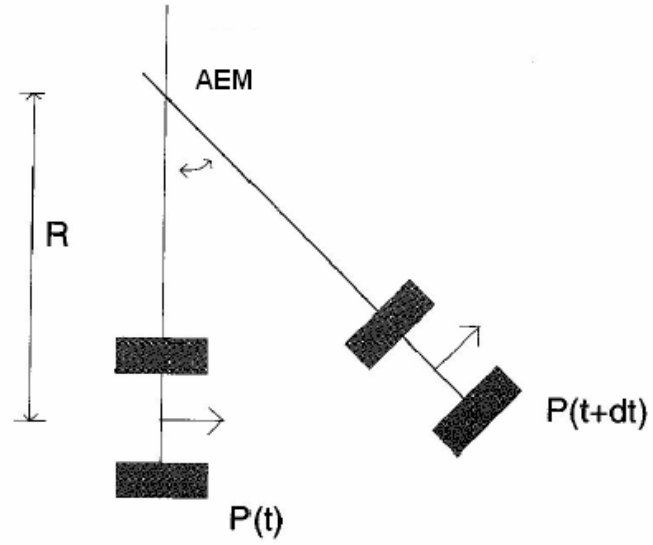
$W_r(t)$ = Sağ tekerleğin açısal hızı

$W_l(t)$ = Sol tekerleğin açısal hızı

L = iki tekerlek arasındaki uzaklık miktarı

R = Robot yörüngesinin anlık eğrilik derecesinin yarıçapı (tekerlerin bağlı bulunduğu şasenin orta noktasına göre)

AEM = Anlık eğrilik merkezi.



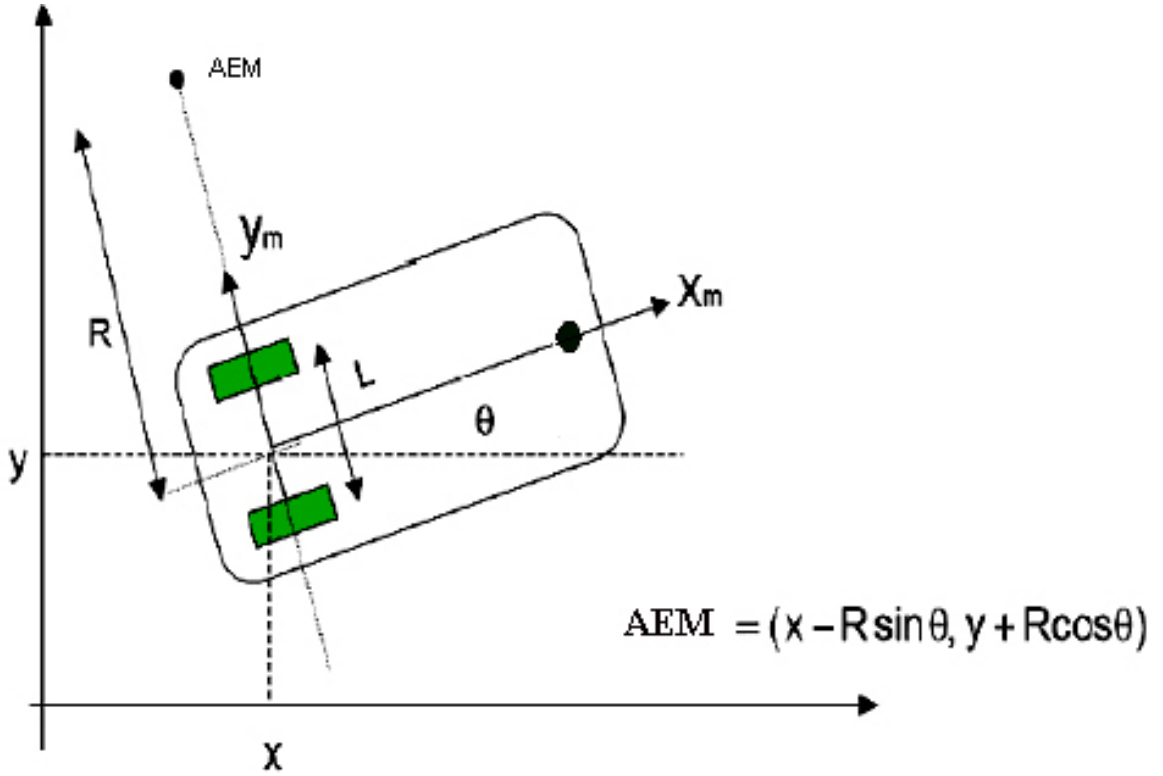
Şekil 4.5 Diferansiyel Robot için Anlık Eğrilik Merkezi

Sağ ve sol tekerlek arasında her hız farkı olduğunda, bir yöne göre anlık eğrilik oluşacaktır. Bu eğrilik merkezi, hareketi sağlayan sağ ve sol tekerleklerin bulunduğu şasenin orta noktasına göre alınabileceği gibi, tekerleklere göre de alınabilir(Peri, 2000).

Anlık Eğrilik Merkezi sağ ve sol tekerleğe göre tanımlanırsa;

$R - (L/2) =$ Sol tekerleğe göre AEM.

$R + (L/2) =$ sağ tekerleğe göre AEM.



Şekil 4.6 Robotun Diferansiyel kinematik modeli

Yukarıdaki şekle göre sistemin denklemleri aşağıda verilmiştir. AEM göre robotun açısal hızı şu şekilde verilir.

$$W_r(t) = V_r(t) / (R + (L/2)) \quad (1)$$

$$W_l(t) = V_l(t) / (R - (L/2)) \quad (2)$$

$$W(t) = (V_r(t) - V_l(t)) / L \quad (3)$$

Robotun anlık eğrilik yarıçapı, hareket sağlayan orta tekerleklerin bulunduğu şasesinin orta noktasına göre şu şekilde bulunur;

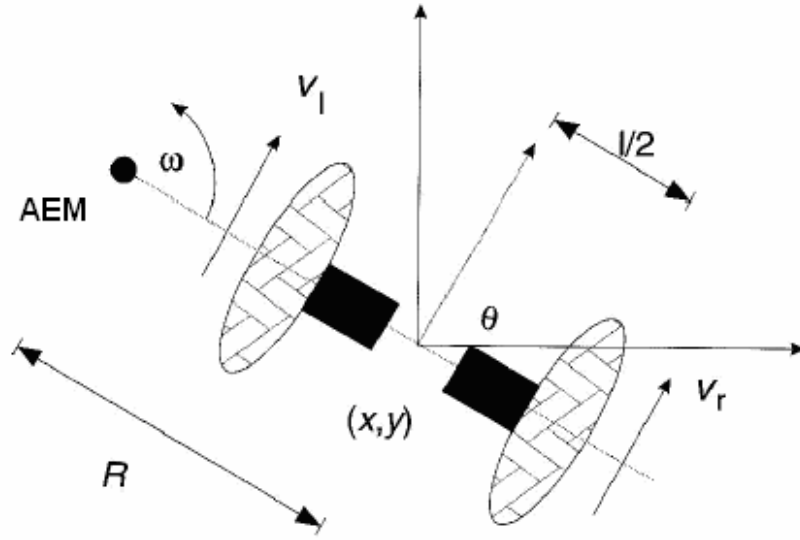
$$R = (L(V_r(t) + V_l(t))) / (2(V_l(t) - V_r(t))) \quad (4)$$

Robotun doğrusal hızı;

$$V(t) = W(t) R = (V_r(t) + V_l(t)) / 2 \quad (5)$$

Matris olarak denklemlerin gösterimi;

$$\begin{bmatrix} v_x(t) \\ v_y(t) \\ \dot{\theta}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v(t) \\ w(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ((v_r + v_l) \cos \theta) / 2 \\ ((v_r + v_l) \sin \theta) / 2 \\ (v_r - v_l) / L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta / 2 & \cos \theta / 2 \\ \sin \theta / 2 & \sin \theta / 2 \\ -1/L & 1/L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_r \\ v_l \end{bmatrix}$$



Şekil 4.7 Diferansiyel sürüş kinematikleri

$$R = \frac{l}{2} \frac{V_l + V_r}{V_r - V_l}; \quad \omega = \frac{V_r - V_l}{l};$$

Bulduğumuz yarıçap ve açısal hız formüllerini bazı özel durumlar için inceleyelim;

1-) Eğer sol motor hızı sağ motor hızına eşitse; $V_l = V_r$, R sonsuz olur, ve ω açısal hız fiili bir şekilde oluşmaz.

2-) Eğer sol motor hızı ters yönde sağ motor hızına eşitse; $V_l = -V_r$, yarıçap R sıfır olacaktır. Robot hareket veren tekerlerin bulunduğu şasesinin orta noktasına göre olduğu yerde dönme hareketi yapacaktır.

3-) Eğer sol motor donüş hızı sıfıra eşitse; $V_l = 0$, $R = \frac{1}{2}$ olacaktır . Robot sol tekerleği merkez olarak donüş yapacaktır. Aynı şekilde eğer sağ motor donüş hızı sıfıra eşit ise; ; $V_r = 0$, $R = -\frac{1}{2}$ olacaktır.Robot Sağ tekerleği merkez olarak donüş yapacaktır.(Allen, 2005)

5. BULANIK MANTIK

5.1 Bulanik Mantık'ın Ortaya Çıkışı

Bulanik mantık 1960'ların ortalarında Lotfi Zadeh tarafından iki değerli mantık ve olasılık teorisine alternatif olarak geliştirilmiştir. Bulanik mantıkçılara göre iki değerli mantık ve kümeler teorisi daha genel çok değerli bir teorenin özel halidir. Zadeh (1965) bulanik kümeleri ve bulanik mantığı şu şekilde tanımlamaktadır: "Bulanik sistemlerde temel düşünce bulanik mantıkta doğruluk değerleri (veya bulanik kümelerde üyelik değerleri) 0 ile 1 arasında değişen değerlerdir ki burada 0 mutlak yanlış, 1 de mutlak doğru olmaktadır."

5.2 Bulanik Mantık Nedir?

Bulanik Mantık, problem çözmek için kullanılan, bir kontrol sistemi metodolojisidir. Donanıma, yazılıma veya her ikisine birden uygulanabilir. Bulanik Mantık; belirsiz, muallâk, gürlütülü, eksik giriş verileri ile kesin bir sonuca varmayı sağlar. Bulanik Mantık, kontrol problemlerine, bir insanın karar verme şekliyle yaklaşır, sadece daha hızlı karar verir.

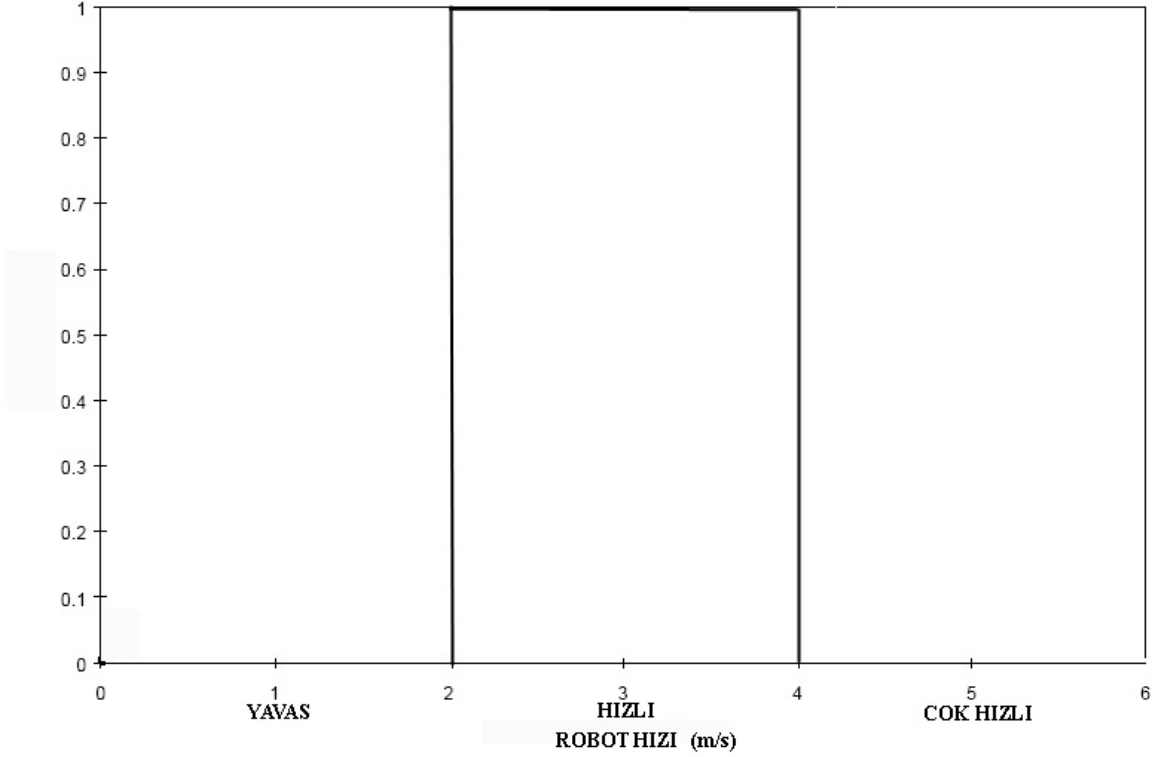
Doğal dilde kullandığımız birçok cümlede "az", "çok", "orta" gibi dilsel niceleyiciler kullanırız. Bu tür cümleleri bulanik mantığın gösterimi ile ifadelendirmek daha kolay olmaktadır. Bulanik mantıkta "Ahmet yaşlıdır" ve "Bugün hava sıcaktır" cümlelerindeki "yaşlı" ve "sıcak" ifadelerine iki değerli mantıktaki gibi "doğru" veya "yanlış" yerine 0 ile 1 arasında değer verilebilmektedir.

Bunu bir örnek ile açıklamamız gerekirse. Hafta içi günleri ve hafta sonu günleri diye bir ayırım yapacak olursak, kesin mantıkta bu günler bellidir. Cumartesi Pazar hafta sonu günleri diğerleri ise hafta içi günleridir. Oysaki insanlar Cuma gününü de biraz hafta sonuymuş günü düşünürler. Ve de Pazar gününü, Pazartesi hafta içi olduğundan dolayı, Cumartesi kadar hafta sonu olarak düşünmezler. Sonuç olarak Cumartesi en yüksek derecede hafta sonu değerini alırken Cuma ve pazar günleri daha az seviye de hafta sonu değeri taşımaktadır. Kümelerin keşişmesine ve küme elemanlarının üyelik değerlerine sahip olmasına olanak sağlayan bu meteadlojiye bulanik mantık diyoruz.[The MathWorks Fuzzy Logic Toolbox for Use with MATLAB]

5.3 Bulanik Küme Teorisi

Temel olarak bulanik denetim kuramı insan düşünüş tarzını örnek alır. Bulanik mantığı daha iyi anlayabilmek için, geleneksel mantık ile karşılaştırarak açıklamak gerekir.

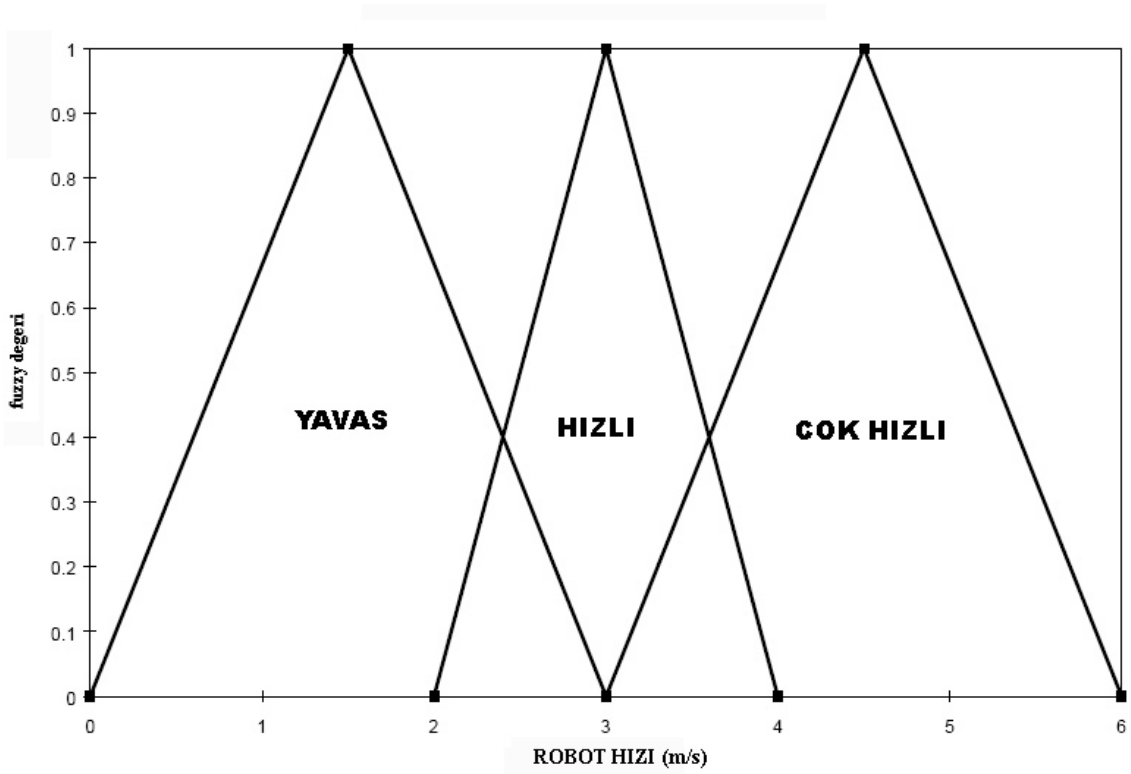
Bulanık kümelerde bir eleman, bir kümeye ya dahildir, ya da değildir. Bir eleman, aynı anda iki kümeye birden dahil olamaz. Örnek olarak motorun hız durumunu inceleyelim. Yavaş, hızlı ve çok hızlı olarak hız değerlerini bölümlendirirsek, bunu geleneksel mantıkta şekil 4.1 deki gibi gösterebiliriz.



Şekil 5.1 Kesin küme

Şekil 4.1 de görüldüğü gibi hız değerlerini kesin bir şekilde ayırılır.. Şeklimizi incelersek.küme, kesin (krips) elemanlardan oluşmuştur. Burada 0 ile 1,9 m/s arasındaki hız değerlerinde, Robotun “yavaş” olduğu, 2 ile 3,9 m/s arasındaki değerlerde “hızlı” olduğu, 4 ile 6 arasındaki değerlerde ise, “çok hızlı” olduğu belirtilmiştir. Robotumuz 2 m/s de iken “hızlı” olduğu kabul edilirken, 1.9 m/s hızda yavaş olduğu kabul edilmektedir. 0.1 gibi çok küçük bir fark olmasına rağmen, kümeler arası geçiş çok sert bir şekilde gerçekleşmektedir. Bu örnekte de görüldüğü gibi fiziksel büyüklükler kesin bir şekilde ayrılmıştır.

Burada 2 m/s hız değerini ele alırsak. 2 m/s hızlı kümesine dahil olmaktadır. 1,9 değeri ile arasında sadece 0,1 fark olmasına rağmen, 3,5m/s 4m/s gibi hızlarla aynı kategoride değerlendirilmektedir. İnsan düşüncesine göre ise 2 m/s pek hızlı sayılmayacağı gibi pek de yavaş sayılmaz. Bu değeri hem hızlı hem de yavaş olarak düşünebiliriz. Bu durumda kümelerin üyelik derecelerinin olması gerekmektedir. Böyle bir kümelendirmeyi Bulanık Mantık da Şekil 4.2 deki gibi yaparız.



Şekil 5.2 Bulanık küme

Bulanık kümeler birbirlerinden kesin olarak ayrılmamıştır. Bazı hız değerleri hem hızlı hem de yavaş veya hem hızlı hem de çok hızlı kümelerine dahildir. Şekil 4.2 deki, Robotun hızını belirleyen eğriler üyelik fonksiyonu olarak adlandırılır. Yavaş, Hızlı ve Çok hızlı kümelerini, yavaşlık, hızlılık ve çok hızlılık derecesini üyelik fonksiyonları belirtir. Üyelik fonksiyonları, 0 ile 1 arasındaki değerlerde olabilirler. Üyelik fonksiyonlarının merkez noktası, üyelik ağırlığı “1” olan değeridir. Üyelik fonksiyonlarının çan, S, üçgen, yamuk gibi bir çok çeşitleri vardır. Üyelik fonksiyonları sistemin gereksinimine göre çeşitli sayıda ve etikette olabilir (Özbaş, 1995). En çok yedi ayrı etiket kullanılır bunlar;

NB:	Negatif Büyük
NO:	Negatif Orta
NK:	Negatif Küçük
SF:	Sıfır
PK:	Pozitif Küçük
PO:	Pozitif Orta
PB:	Pozitif Büyük

5.4 Bulanık Mantığın Formel Tanımları

Bir A uzayında bir X bulanık kümemiz olsun. X bulanık kümemiz [0 1] arasında değer alan üyelik fonksiyonları ile gösterilir.

$A = \{ b_1, b_2, b_3, b_4, \}$ olsun.

X bulanık kümemiz

$X = 0.3/ b_1 + 0.5/ b_2 + 0.1/ b_3 + 0.7/ b_4$ olsun.

Bu durumda X bulanık kümemizin üyelik fonksiyonu $\mu_x(a) = \{ 0.3, 0.5, 0.1, 0.7 \}$ olur.

X kümesi tek bir noktadan oluşuyorsa, bu X bulanık kümesi:

$X = \mu / b$

Olarak gösterilir.

Buna göre X bulanık alt kümesi tek noktaların birleşimi olarak şu şekilde yazılabilir.

$X = \int (\mu_x(b)) / b$

Veya A uzayının her elemanı ayrık ise,

$$X = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_i}{y_i}$$

olarak yazılabilir.

5.5 Bulanık kontrol

Bulanık Mantık Kontrol, bulanık mantık değerlerine dayanan, kesin değerler yerine yaklaşık değerler üzerinde duran ve genellikle uzman kişinin görüşüne dayanarak çalışan, kontrol ettiği sistemin matematiksel modelinden bağımsız bir kontrol yaklaşımıdır. (Küçükdemiral, 2002)

5.5.1 Klasik kontrol sistemleri

Kontrol sistemi, arzu edilen sistem cevabını sağlayacak bir yapıyı oluşturmak üzere elemanların bir araya getirilmesi ile meydana gelmektedir. (Küçükdemiral, 1999) Bir kontrol sisteminin amacı, sistemine ait belirli durumları ve değişkenleri tanımlanan aralıkta

gözlemek, tanımlanan denetleme işlemlerini uygulayarak sistemi istenen duruma getirmek ve bu durumda minimum hata ile tutarak stabil olarak çalışmasını sağlamaktır.

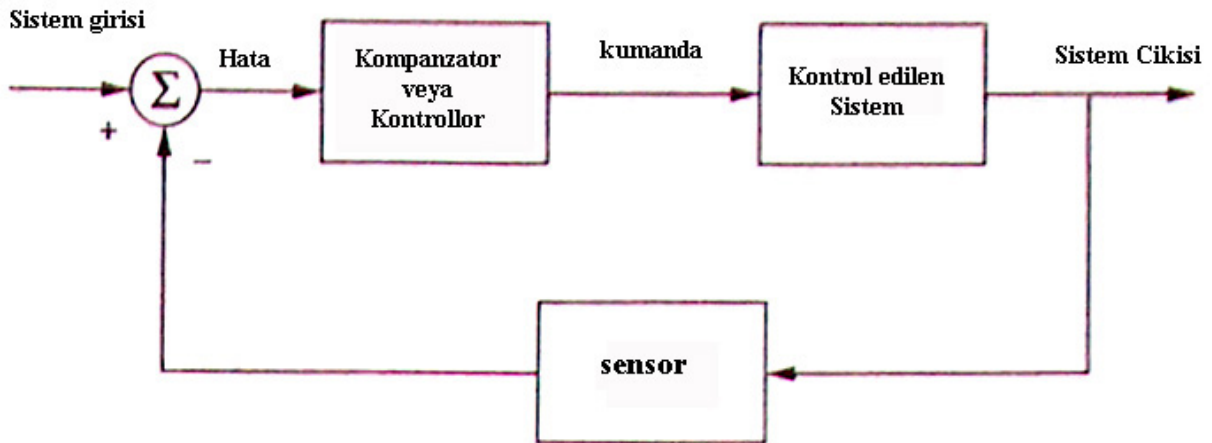
Kontrol sistemleri yapılarına bağlı olarak açık çevrim ve kapalı çevrim kontrol sistemi olmak üzere iki gruba ayrılabilir.

5.5.1.1 Açık çevrim kontrol sistemleri

Kontrol edilen fiziksel büyüklüğün kontrol hareketine etkisi bulunmadığı kontrol sistemleridir. Örnek olarak buna eski tip bulaşık makinesi verilebilir. Bu makinelerde gerekli programı seçtikten sonra, rutin çalışma işlemleri yapılır. Makine bulaşığın yeterli derecede, temizlenip temizlenmediğini kontrol etmez (Erkan, 1999).

5.5.1.2 Kapalı çevrim kontrol sistemleri

Kontrol edilen fiziksel büyüklüğün, kontrol hareketine etkisinin yansıtıldığı kontrol sistemidir. Kapalı çevrim çalışmada çıkış büyüklüğü ölçülerek referans değer ile karşılaştırılarak hata değeri elde edilir. Çıkan hata değeri sistemin olması gereken değerden ne kadar saptığını belirtmektedir. Bu hata değerine göre kontrolör gerekli çıkış değerini üretir. En basitten en karmaşığa termostat ve otomatik pilot mekanizması örnek olarak verilebilir (Ross, 1995)

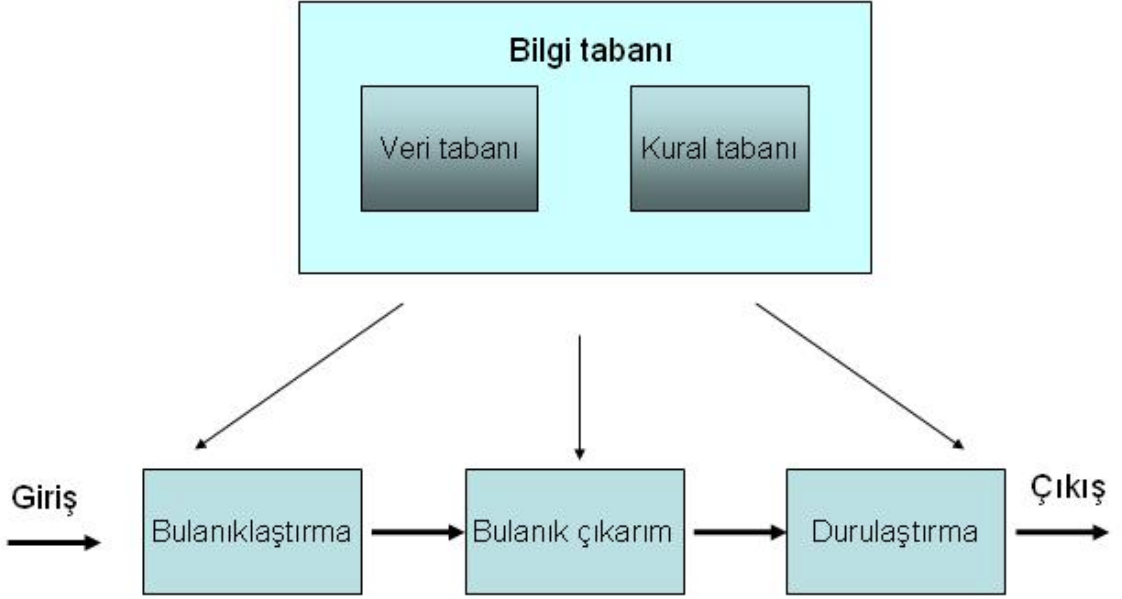


Şekil 5.3 Kapalı çevrim kontrol sistemlerine ait genel blok şeması

5.5.1.3 Bulanık kontrolün yapısı

Bulanık Kontrol ünitelerinde her ne kadar insansı düşünüş tarzı ile işlem yapılsa da,

çıkışlarının ünitelere uygulanabilmesi ve gerekli geri beslemeyi alabilmesi için, giriş ve çıkışlarının kesin değerler olması gerekir. Bu nedenle Bulanık kontrol sistemlerinde, giriş değerleri önce bulanıklaştırılır. Bulanıklaştırılan değerler ile mantıksal işlemler yapılarak çıkarım yapılır. Son olarak bu çıkarım, uygulanacak sistemin anlayacağı bir dil olan kesin sonuçlara dönüştürülür.



Şekil 5.4 Bir bulanık kontrolcünün yapısı

a-Bulanıklaştırma:

Bulanık kontrolcüler yalnızca bulanık birimlerle işlem yapar. Bu yüzden giriş verilerinin, Bulanık kontrolcünün anlayabileceği hale dönüştürülmeleri gerekir. Bu bölümde girişe gelen sayısal değerler, bulanık kümelerle dönüştürülür. Bu kümelerle, "az", "çok" gibi etiketler verilir ve dilsel birer niceliklere çevrilmiş olurlar.

b-Bilgi tabanı:

Veri tabanı ve Kural tabanının' dan oluşur.

Veri tabanı: Bulanık kümelerde her üyenin küme de farklı bir ağırlık derecesi olabilir. Bu üyelik bilgileri veri tabanında tutulur. Çıkarım işlemleri yapılırken, kural tabanında kullanılan kümelerin üyelik dereceleri buradan çekilir.

Kural tabanı:

Bu bölümde, “IF - THEN” “EĞER – “ÖYLEYSE” yapısı ile kurulmuş kurallar bulunur. Giriş ve çıkış değerleri gene “az”, “çok” gibi bulanık değerlerdir.

Bu kuralların yapısı şöyledir;

Bir örnek ile açıklarsak, çizgi izleyen bir Robotun girişlerinin “çizgiden uzaklık” ve “çizgiye yönlenme miktarı” olduğunu ve çıkışının da gene “yönlendirme” olduğunu düşünelim.

- IF uzaklık “Negatif Büyük” AND Yönlenme “Negatif Büyük” ise Robotu “Pozitif Büyük” Yönlendir.
- IF uzaklık “Negatif Küçük” AND Yönlenme “Pozitif Büyük” ise Robotu “Sıfır” yönlendir.

Kural tabanı, bu şekildeki devam eden kurallarla doldurularak, matematiksel modeline gerek kalmadan, sistemi kontrol edecek yeterli bilgi oluşturulur.

Bu kurallardan bir doğruluk tablosu oluşturulur. Doğruluk tablosu; bulanık giriş değerlerine karşılık gelecek bulanık çıkışı göstermektedir. Bir başka deyişle kurallarımızın tek bir matrisle gösterimidir (Alkan, 1994).

Tablo 5.1 Doğruluk tablosu

x_2	P	Z	N
x_1			
P	PB	P	Z
Z	P	Z	N
N	Z	N	NB

Tablo 4.1 de x_1 hata, x_2 hatanın deyişimidir. Bu hata ve hata deyişimlerinin IF THEN ile kurulmuş kuralları bu şekilde Doğruluk (FAM) tablosunda gösterilmektedir.

c-Bulanık çıkarım:

Geleneksel mantıkta giriş değerlerine göre çıkış değerlerinin bulunması çok kesin ve serttir. Giriş değerlerinin And bağlacı ile değerlendirilmesine geleneksel mantıkla bir göz atalım.

Tablo 5.2 Klasik mantık And fonksiyonu örneği

Çizgiye Uzaklık	İdeal Mesafe	Çizgiye Yakınlık ve İdeal Mesafe
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Klasik mantıkta giriş kümelerine ait veriler matematiksel min fonksiyonu ile karşımıza iki ayrı değer olarak “0” ve “1” olarak çıkar.

Tablo 5.3 Bulanık mantık And fonksiyon örneği

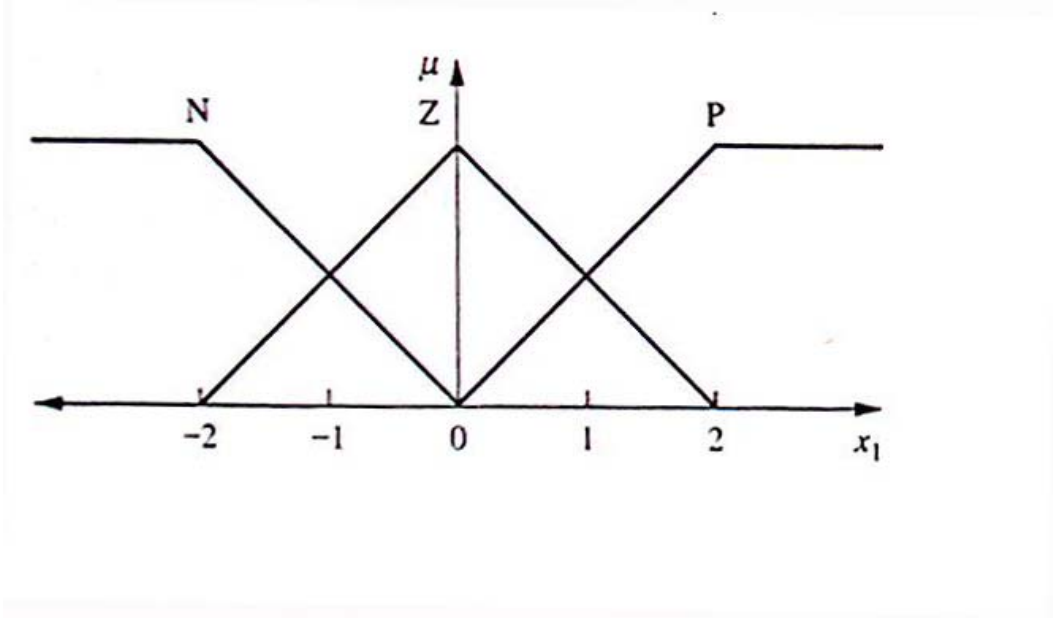
Çizgiye Uzaklık	İdeal Mesafe	Çizgiye Yakınlık ve İdeal Mesafe
.2	.5	.2
.1	.05	.05
1.0	0	0
.1	.5	.1

Bulanık mantıkla And bağlacı ile giriş kümelerinin kesişimi ise, çizgiye uzak, ideal çizgide veya her ikisi de olabilir. Bu şekilde çıkarım yaparken, kural tablosundan çıkan değerlere ağırlık verilir (Pawlowski, 1999).

Bulanık çıkarımı bir örnek ile açıklayalım.

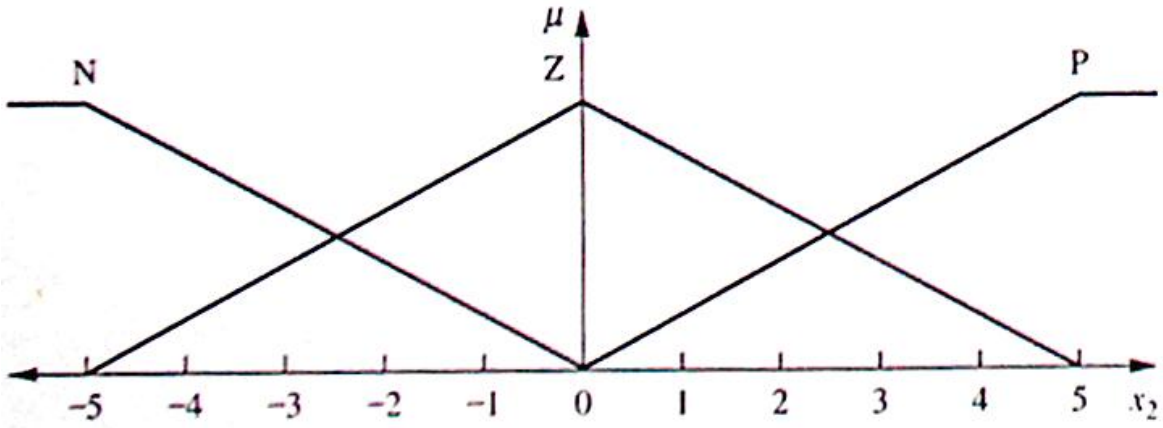
Çizgi Takibi yapan bir Robotun çizgiye olan uzaklık için hata değeri x_1 ile gösterilsin.

Bulanık kümeleri de üçgen üyelik fonksiyonları ile Şekil 4.5 ‘deki gibi oluşturulsun.



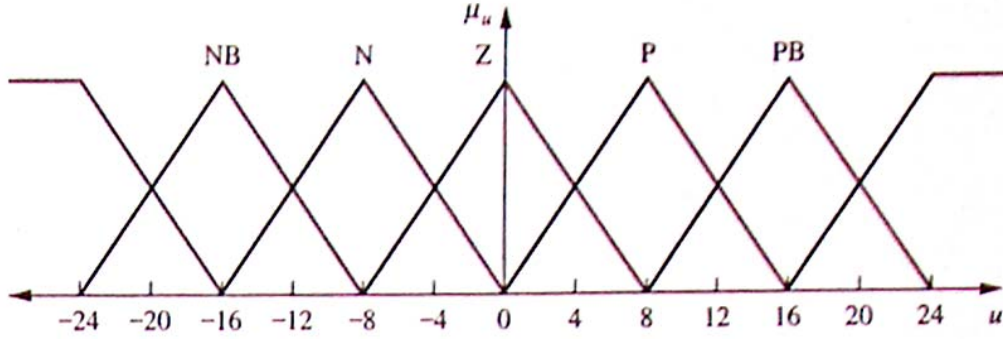
Şekil 5.5 Bölümlenmiş X_1 girişi

Şekil 4,5'de görüldüğü üzere X_1 hata evreni $[-2 2]$ arası tanımlanmıştır.



Şekil 5.6 Bölümlenmiş X_2 girişi

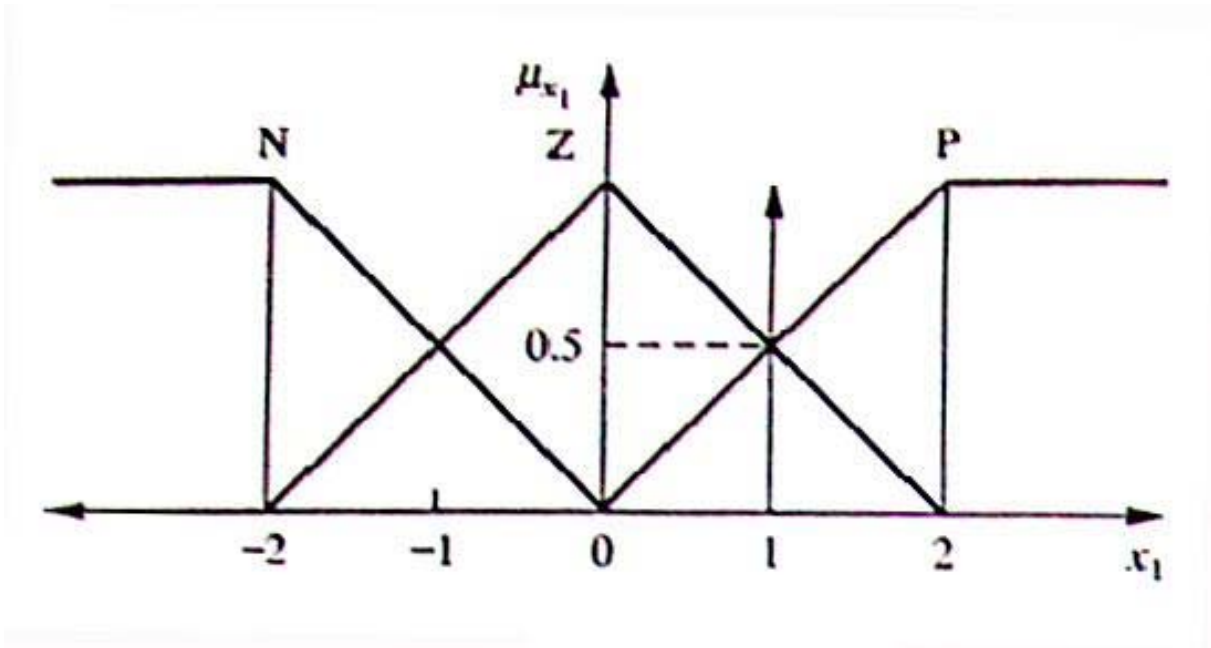
Yönlendirme derecesi de x_2 Şekil 4.6 deki gibi tanımlanmıştır.



Şekil 5.7 Bölümlenmiş U çıkışı.

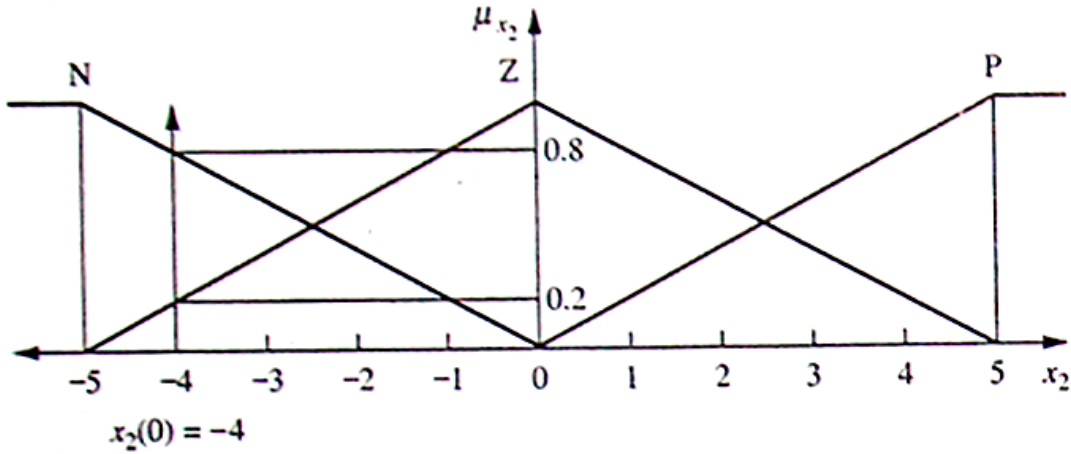
Çıkış değerimiz de 5 dilsel nicelikle Şekil 4.7 'deki gibi belirlenmiş olsun.

İşlem yapmak için, rasgele birer X_1 ve X_2 değeri seçelim. $X_1 = (1)$ ve $X_2 = (-4)$ olsun. X_1 'in "1" değerini aldığıında Şekil 4.8 de görüldüğü gibi, Z ve P üyelik fonksiyonları 0.5 üyelik derecesine denk gelen noktada kesilmektedir.



Şekil 5.8 X_1 in 1 olduğu durum

$X_2 = (-4)$ olduğunda ise Şekil 4.9 daki gibi 0.2 üyelik derecesinde Z üyelik fonksiyonu, 0.8 üyelik derecesinde N fonksiyonu kesilmektedir.



Şekil 5.9 X_2 in -4 olduğu durum

X_1 ve X_2 değerleri için çıkış (u) çıkarımı şöyle olacaktır;

if ($x_1 = P$) and ($x_2 = Z$), then ($u = P$) $\min(0.5, 0.2) = 0.2(P)$

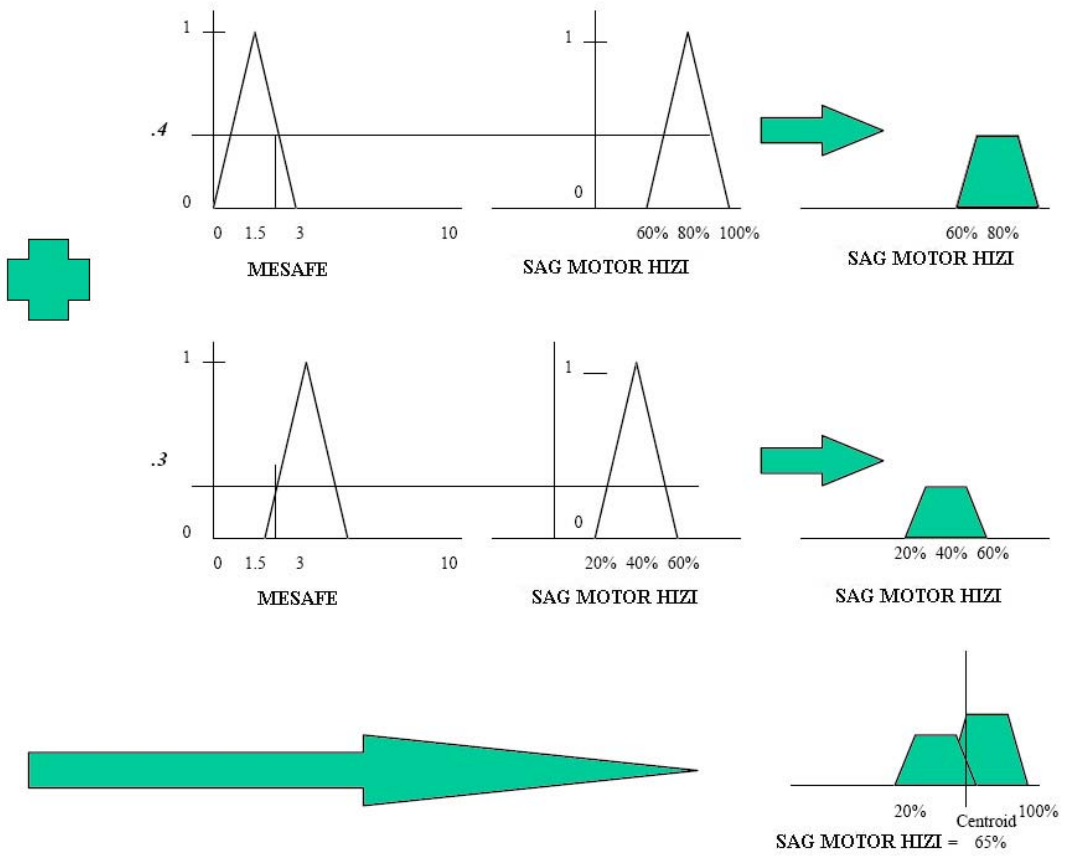
if ($x_1 = P$) and ($x_2 = N$), then ($u = Z$) $\min(0.5, 0.8) = 0.5(N)$

if ($x_1 = Z$) and ($x_2 = Z$), then ($u = Z$) $\min(0.5, 0.2) = 0.2(Z)$

if ($x_1 = Z$) and ($x_2 = N$), then ($u = N$) $\min(0.5, 0.8) = 0.5(Z)$

Çıkarım yapılırken giriş değerlerinin verdiğimiz dilsel etiketlerine göre kural tabanı ile belirlediğimiz çıkış etiketlerinin belirlenmesinin yanı sıra, bu “N”, “Z”, “P” gibi etiketlerin bulanık ağırlıkları, başka bir deyişle üyelik dereceleri de belirlenir. Bulanık çıkarım yaparken, bulunana sonuç gene bulanıktır. Bulanık sonucun kesin sonuçlara çevrilmesi için Durulaştırma (Defuzzy) işlemine geçilmelidir (Ross, 1995)

d-Durulaştırma: Durulaştırma için, çıkarım bölümünde olduğu gibi Maksimum, Maksimum ortası, Sağ kenar ortası, Sol kenar ortası, Ağırlık merkezi gibi isimlerle anılan birçok metot bulunmaktadır (Erkan, 1999). En çok kullanılan metotlardan biri olan Ağırlık merkezi (Centroid) ile işlem yapacağız. Ağırlık merkezi metodunda, çıkarım motoru ile çıkış kümesinde taranan alanlar toplanarak, bu alanların oluşturduğu ağırlık merkezi bulunarak, bu ağırlık merkezinin denk geldiği değer, çıkış değeri olarak belirlenir. Böylece bulanık verilerden, kesin verilere geçilmiş olunur. Ağırlık metodunun bir örneği Şekil 4.10 da gösterilmiştir.



Şekil 5.10 Ağırlık merkezi metodu

6. BULANIK MANTIKLA ÇİZGİ TAKİBİ

Çizgi takibi yaparken kullanacağımız giriş verileri, sensörlerden aldığımız çizgiden uzaklığımızı bildiren sinyallerdir. Gerekli çıkış değerini kontrolcüye hesaplatırken, çizgiye olan mesafe hatamız ve o anki yönlenme şiddetimizi dikkate alacağız.

X_1 hatamız, X_2 hatamızın değişimi ve U da uyguladığımız çıkış olsun. Her bir iterasyon için yeni hata ve hatanın değişimi değerleri aşağıdaki gibi elde edilebilir.

$$X_1(k+1) = X_1(k) + X_2(k) \quad (1)$$

$$X_2(k+1) = X_1(k) + X_2(k) - U(k) \quad (2)$$

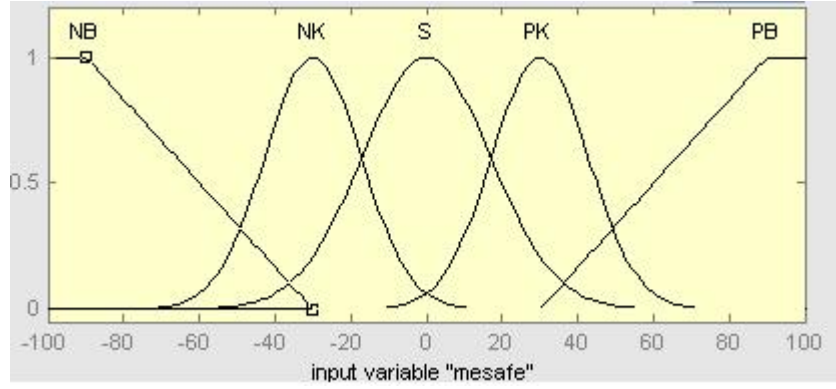
Başlangıç anında, hata kendisine eşit olacak, hatanın değişimi ise hata ve uygulanan değer arasındaki farka eşit olacaktır. Daha sonraki her bir iterasyonda, yeni hata değeri, eski hata değerine, hata değişimi eklenerek bulunacaktır. Hata değişimi ise, yeni hata değeri ile uygulanan çıkış arasındaki fark alınarak bulunacaktır.

Sistemde sağ ve sol motorlara sabit bir değerde gerilim uygulanarak ilerlemesi sağlanırken, çizgi takibini gerçekleştirebilmesi için, oluşan mesafe hatalarına göre ve o andaki yönlenme değerini de göz önüne alarak elde ettiğimiz çıkış değeri şiddetince, Robot çizginin sağ kısmında kalıyor ise sol motor hızı düşürülerek, robot sol kısımda kalıyor ise sağ motor hızı düşürülerek çizgiyi takip etmesi sağlanır.

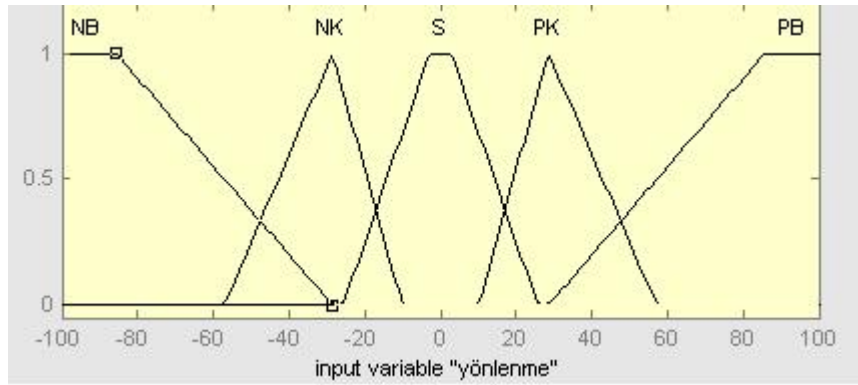
6.1 Bulanık Mantık Kontrolcüsünün Oluşturulması

Sistemimiz iki ayrı motorla tank sistemi ile yönlenen bir mobil robottur. Sistemimize göre öncelikle giriş ve çıkışların belirlenmesi gerekmektedir. Giriş ve çıkışların değer aralıkları tanımlandıktan sonra, bu tanımlanan evrende bulanık kümeler oluşturulacaktır. Sistemimizin iki girişi ve bir çıkışı vardır. Birinci girişimiz Sensörlerden gelen Mesafe hata bilgisidir. Bu bilgi robotumuzun takip etmesi gereken çizgiye olan uzaklığını göstermektedir. İkinci girişimiz ise Robota verdiğimiz yön bilgisidir.

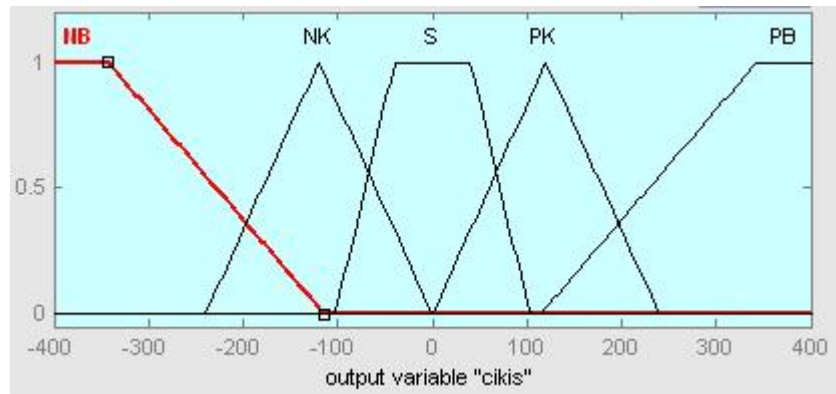
MATLAB programında Fuzzy Toolbox kullanarak aşağıdaki gibi giriş ve çıkışlar oluşturulmuştur



Şekil 6.1 Mesafe üyelik fonksiyonları



Şekil 6.2 Yönlenme üyelik fonksiyonları



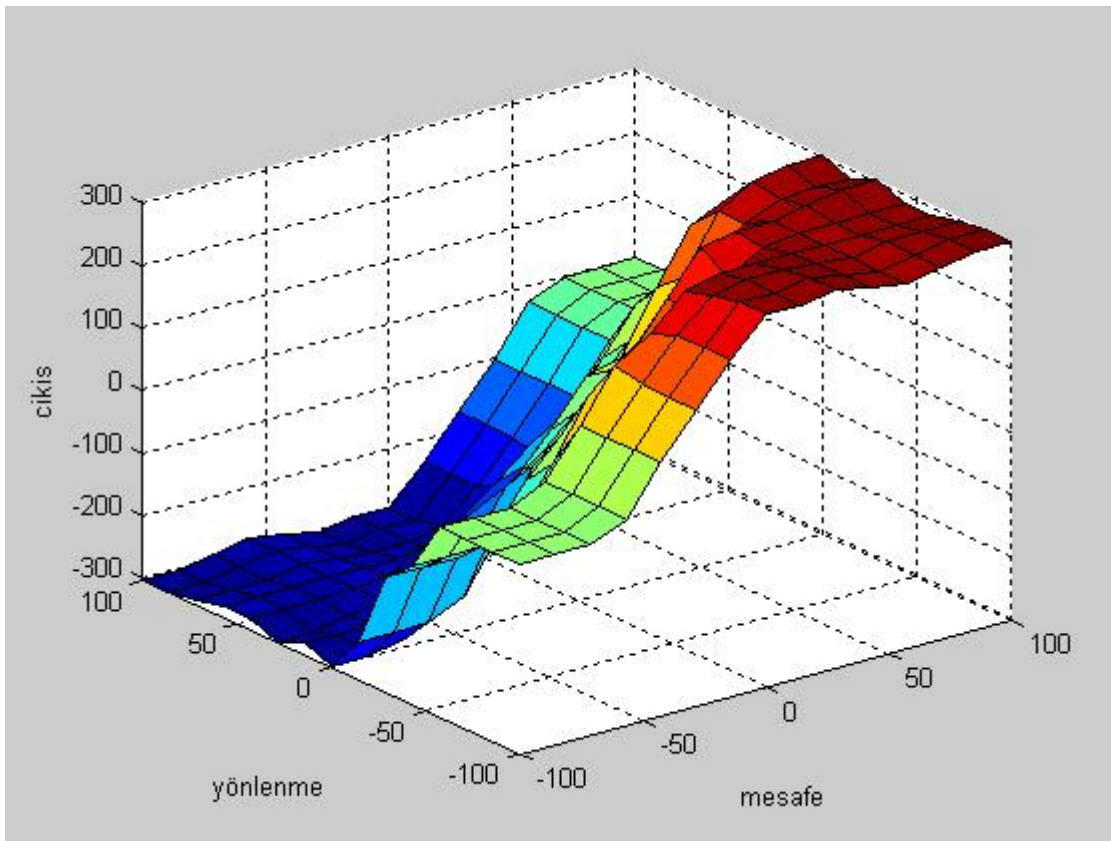
Şekil 6.3 Çıkış üyelik fonksiyonları

Robot hata bilgisi ile yön bilgisini karşılaştırıp çıkış bilgisini belirleyecektir. Burada çıkış motorlara verilen PWM değerini belirtmektedir. Çıkış değerinin - ve + olmasına göre sadece bir motora işlem yapılmaktadır. Eğer çıkışımız - değerinde ise Sol motorun PWM değeri çıkış büyüklüğü ile orantılı olarak düşürülerek Sol'a dönüş, çıkışımız + değerinde ise sağ motorun

PWM değeri yine çıkış değeri ile orantılı olarak düşülerek sağa dönüş gerçekleştirilmektedir. Tablo 5.1 gösterilmiş, kurallar ile oluşan kontrol yüzeyi ise Şekil 5.4 deki gibi oluşmuştur.

Tablo 6.1 Kural tablosu

$X_1 \backslash X_2$	PB	PK	S	NK	NB
PB	S	PK	PB	PB	PB
PK	NK	S	PK	PB	PB
S	NB	NK	S	PK	PB
NK	NB	NB	NK	S	PK
NB	NB	NB	NB	NK	S



Şekil 6.4 Kontrol yüzeyi

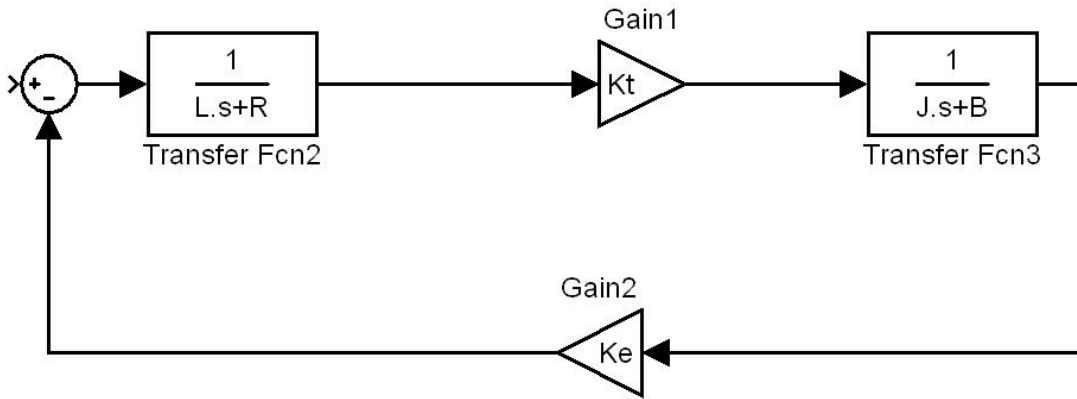
6.1 Sistemin Simulink Modelinin oluşturulması

Simülasyonda kullanılacak motor çiftinin parametreleri şu şekilde seçilmiştir.

Tablo 6.2 Motor parametreleri

Kt	=	1.02
Ke	=	0.338
J	=	0.0143
B	=	0.065
R	=	0.09
L	=	0.0013

Burada Kt moment sabiti, Ke gerilim sabiti, J atalet momenti, B sürtünme katsayısı, R direnç L self değeridir. Bu veriler bir m-file yazılarak sisteme girilmektedir (Tutum, 2000).



Şekil 6.5 Motorun simulink modeli

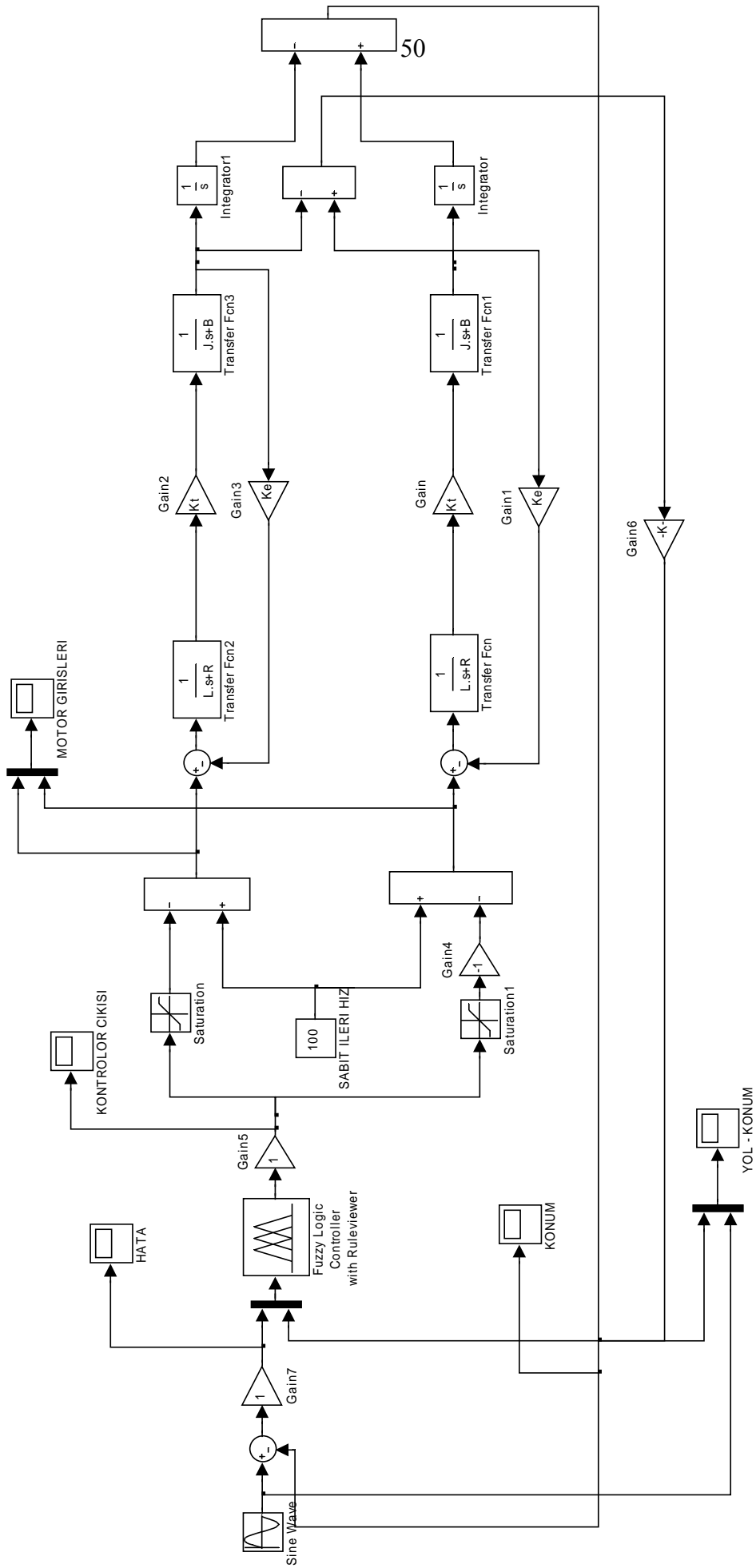
Simülasyonda kullanılan parametreler :

Simülasyonda diferansiyel denklem zme algoritması ode45 (Dormand- Prince)

Bulanık işlem yöntemi Mamdani.

Bulanık ıkartım yöntemi Ağırlık merkezi metodudur.

Kullanılan matlab versiyonu 7.0.1 (R14) ‘dr



Şekil 6.6 Sistem simulink modeli

6.2 Simülasyon Sonuçları

Simülasyonda genliği 100 olan 1 rad/s frekanslı bir sinüs dalga kaynağı Kıvrımlı bir yolu simüle etmek amacı ile yol bilgisi olarak Bulanık Mantık Kontrolcüsüne uygulanmıştır. 0-30s arası yapılan simülasyonda aşağıdaki grafikler elde edilmiştir.



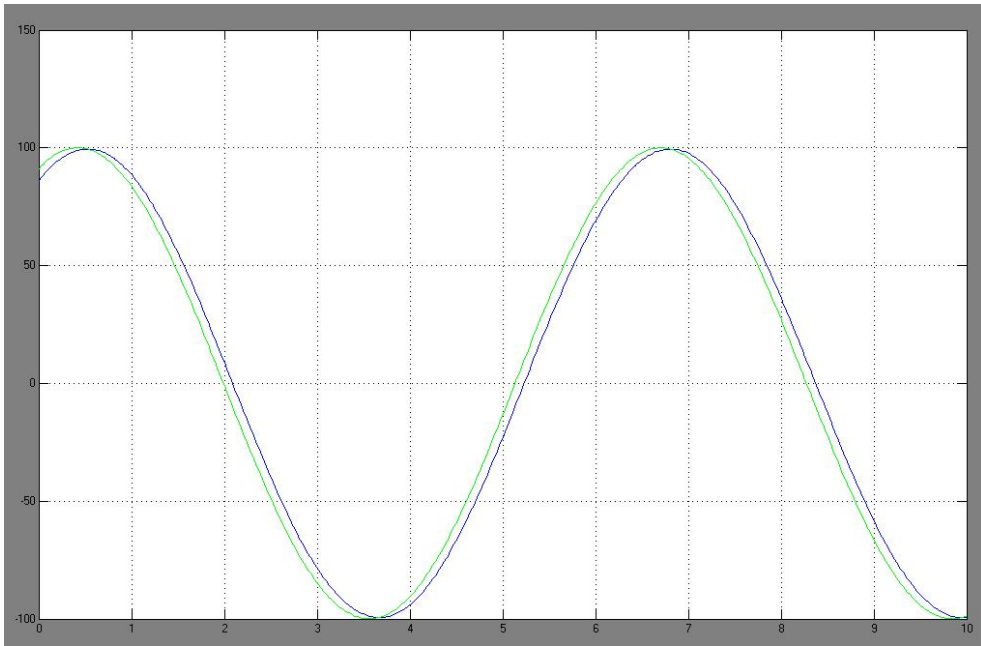
Şekil 6.7 Kontrolcüye verilen yol bilgisi

Simüle edilmiş, robotun izleyeceği test yol Şekli 6.7 deki gibidir. Tepe noktasında sert dönüşleri olması ve tepe noktaları arasında lineere yakın az bir eğimle devam etmesinden dolayı, kontrolcüyü test için uygun bir giriştir. Keskin dönüşlerde büyük hatalara verdiği cevaplar ve lineere yakın kısımda sürekli hal hatası gözlenebilir.



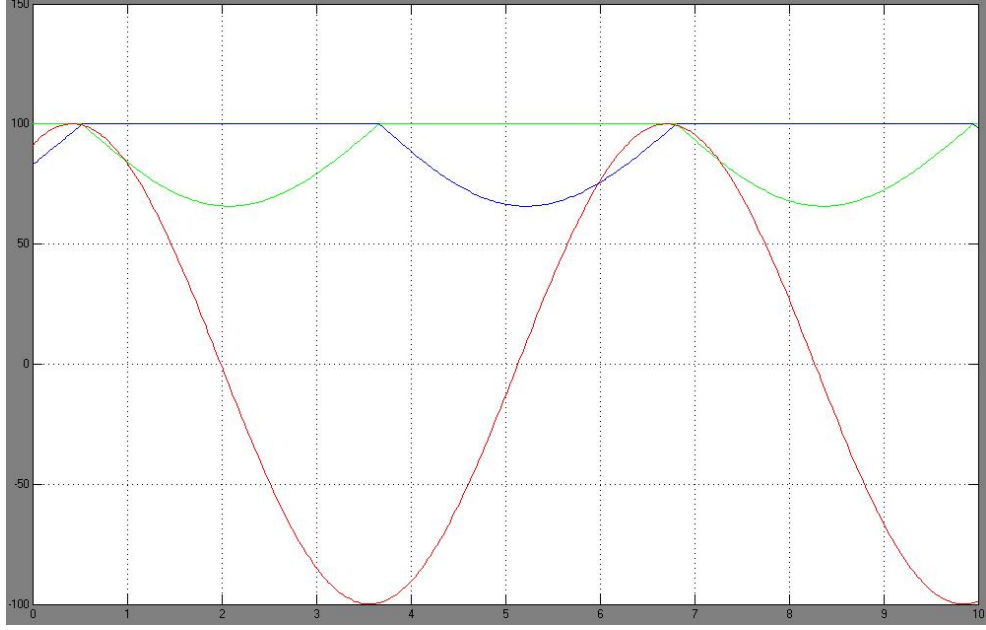
Şekil 6.8 Hata grafiği

Şekil 6.8 de yine 0-30 saniye için hata grafiği verilmiştir. Görüldüğü üzere (-10, 10) arasında küçük bir genlik ile hata salınım yapmaktadır.



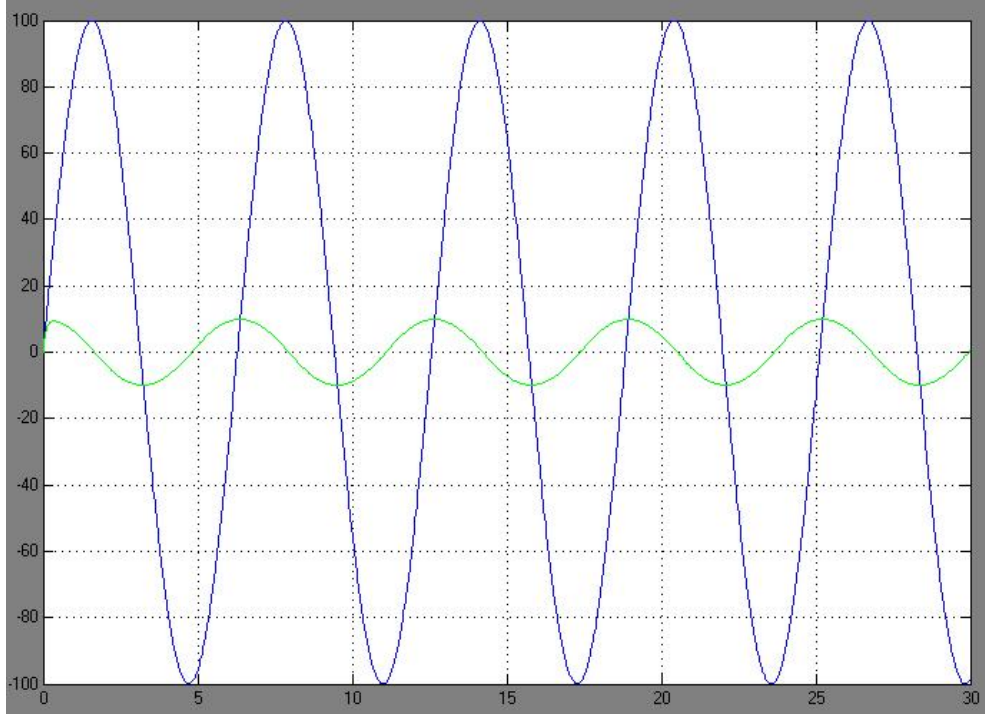
Şekil 6.9 Yol ve Konum grafiğinin karşılaştırılması

Şekil 6.9'da Robotun çizgiyi takip edebilme kabiliyeti görülmektedir. İzlenecek yol ve Robotun bulunduğu konum karşılaştırılmıştır.



Şekil 6.10 Sağ ve Sol motorların çalışma grafiği

Sinüs dalga ile oluşturduğumuz yolu takip edebilmek, için kontrolcünün motorlara verdiği çıkışlar şekil 6.10 da görüldüğü gibidir. Yeşil ve Mor renkli grafikler sağ ve sol motorlara aittir. Bordo renkli grafik ise yolu temsil etmektedir.

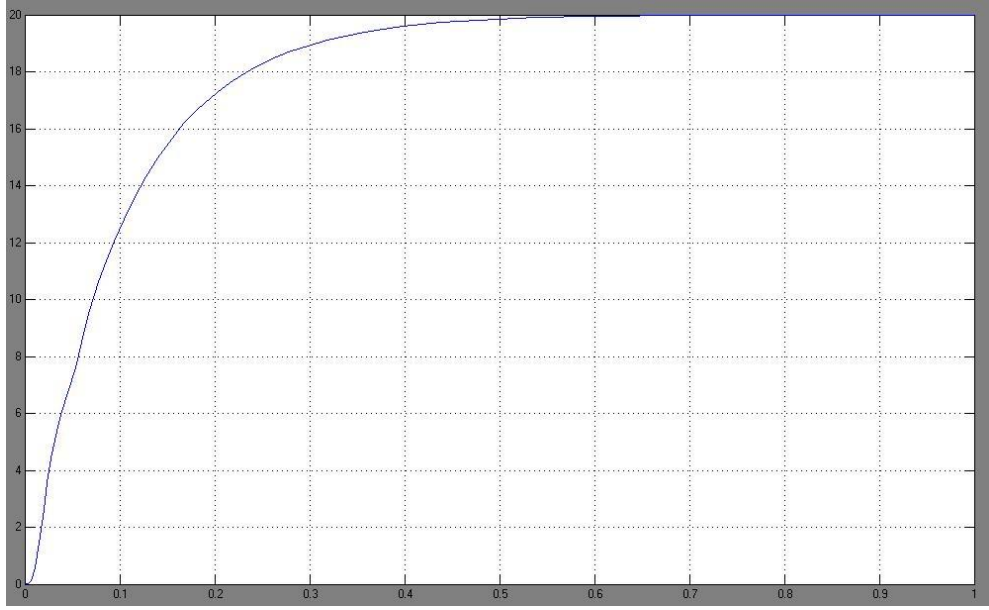


Şekil 6.11 Yol ve hatanın karşılaştırılması

Girişe verilen yolu takip ederken meydana çıkan hatalar Şekil 6.11' de karşılaştırılmıştır.

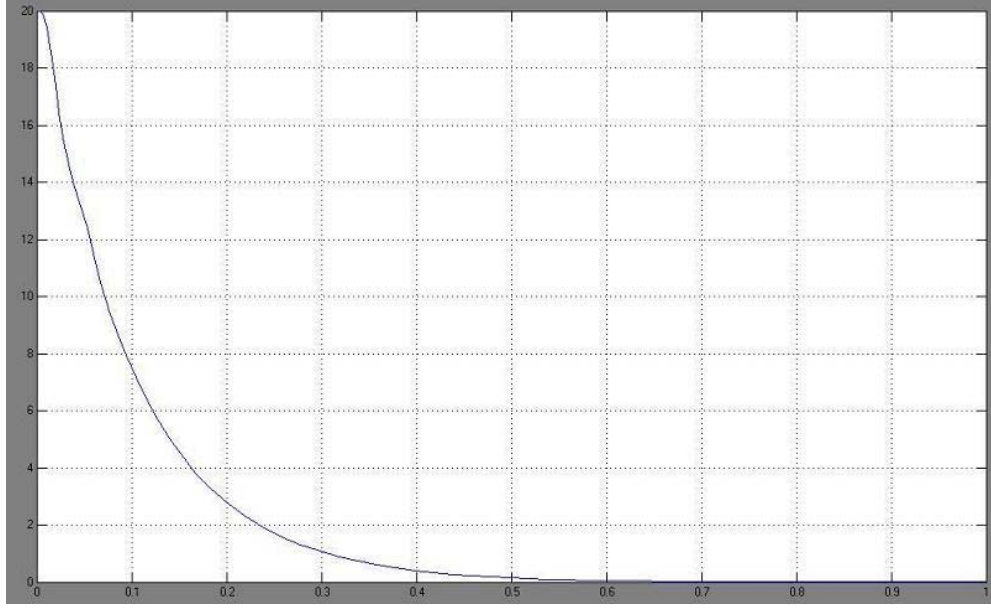
Yolun sivri noktalarında hatanın azalması, kontrolcünün sert etkilere daha çabuk cevap verdiğini göstermektedir.

Uzun periyotlu simülasyonların yanı sıra, robotun ani tepkilere verdiği cevabı incelemek için, Sinüs dalga kaynağı yerine, sabit bir kaynak konularak. Ani bir sabit değere kontrolcünün cevabı incelenmiştir. Bunun için yol girişine genliği 20 olan bir sabit kaynak konulmuştur.



Şekil 6.12 Konum grafiği

Şekil 6.12 'de 0-1 s zaman aralığında 20 birim genlikli sabit kaynağa kontrolcünün verdiği cevap görülmektedir. Kontrolcü 0.5s – 0.6s arasında de istenen değere oturmaktadır. Kontrolcünün parametreleri ile oynayarak bu oturma zamanını daha düşük seviyelere çekmek mümkündür.



Şekil 6.13 Hata grafiği

Şekil 5.13'de de kontrolcünün hataya karşı verdiği tepkiyi gözlemlemek için hata-zaman grafiği konulmuştur.

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Endüstriyel taşıyıcı robotların otomasyondaki yeri kaçınılmazdır. Otonom çalışma ile en az bakım ile verimli bir şekilde çalışmaktadırlar. Gerçekleştirilen bu Robot projesi tekstil tezgahları başta olmak üzere, bir çok otomasyon gerektiren kuruluşlarda kullanılabilir.

Mekanik ve elektronik çatısı tamamlanmış olan endüstriyel robotta, malzeme değiştirici olarak doğrusal tahrik elemanı, servo motor ve sürücüsü uyumlu bir şekilde çalıştırılmış. PLC üzerine yazılan kodla değiştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Sistemin istikrarlı çalışması, robust kontrole imkân tanımaktadır. Sistemin kararlı bir yapıya sahip olmasından dolayı daha hassas malzeme değiştirme işlemlerinde dahi aynı yapının kullanılması mümkündür. Uygulamada kullanılan PLC modülünün programlanmasında, hem ladder, hem de mantıksal operatörlerin aynı anda kod yazımında kullanılmasına olanak sağlaması, kod yazımını esnek kılmaktadır.

Uygulamada hazırlanan endüstriyel robotta, fabrika ortamında çalışması için tasarlanmıştır. Malzeme değiştirme işlemlerinden arda kalan zamanda pnömatik sistemi için gereken hava tankını, bekleme için bulunduğu yerde takviye edebileceği düşünülmüştür. Robotun daha bağımsız hale gelebilmesi için pnömatik sistem, elektro-mıknatıslı veya mekanik tutuculu bir kol ile değiştirilebilir.

Çizgi takibi uygulamasında çizgi tespiti için foto-diyot ve foto-transistör ikililerinin kullanılmasının verimsiz olduğu, çizgi takibinin stabil yapılabilmesi amacı ile ortam ışığından yeterli derecede korunması gerektiği görülmüştür. Bu faktörler göz önüne alınarak, çizgi takibi sensör modülünün tasarlanmasında, kızılötesi led ve kızıl ötesi alıcılar kullanılmıştır. Endüstriyel taşıyıcı robotun daha adaptif bir yapıya kavuşması için, yol izleme kısmı çizgi takibi yerine, görüntü işleme metodu ile gerçekleştirilebilir.

Karmaşık sistemlerin matematiksel modelinin çıkartılmasının güç olduğu durumlarda, bulanık mantığın getirdiği insansı düşünce tarzı ile, tecrübeli bir operatörün koyduğu kurullarla kontrol uygulanması, klasik sistemlere nazaran daha kolay ve birçok uygulamalarda daha verimli olmaktadır. Konstrüksiyonu tamamlanmış olan endüstriyel robota, simülasyonu gerçekleştirilen Bulanık Mantık algoritması ile çizgi takibi kontrolü yapılması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Akdoğan A., Turgay R. E., (1997), Otomasyon Sistemleri (Elektropnömatik), BİRSEN Yayınevi, İstanbul
- Allen, P., (2005), Computational Aspects of Robotics, Columbia University
- ALKAN, Ş., (1994), Yüksek Hızlı Lojik Kontrolcü Kullanarak Bir Servo Motorun Adaptif Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- Borenstian,J. Everett, H.R., Feng, L., (1996), Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning, The university of Michigan
- Erkan, K., (1999), Bulanık Mantık ile Doğru Akım Kontrolünün İncelenmesi, Y.Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- Kola, K., (1998), Motion Desing in for Bearcat 1, MS, University of Cincinnati
- Küçükdemiral,İ.,B., (1999), TM320C50 Sayısal İşaret İşleyici Tabanlı Bir Kontrol Sistemi Kullanarak Doğru Akım Motorunun Dinamik Hız Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- Küçükdemiral,İ.,B., (2002), Nöral-Genetik Tabanlı Optimal Bulanık Kontrolörün Gerçeklenmesi ve DC Servomotora Uygulanması, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- Lucas, G.W., (2001), A Tutorial and Elementary Trajectory Model for the Differential Steering System of Robot Wheel Actuators
- Özby, E. (1995), Bulanık Mantık ile Motor Kontrolünün İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- Pawlikowski, S., (1999), Development of a Fuzzy Logic Speed and Steering Control System for Autonomous Veichel, MS, University of Cincinnati.
- Peri, V. M., Simon, D., (2000), Fuzzy Logic Control for an Autonomous Robot, Cleveland State University
- Ross, T. J., (1995), Fuzzy Logic with Engineering Applications, University of New Mexico
- Özen, S., (2000), Bir Gezgin Robot için Elektronik Denetim Donanımının Tasarımı ve Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- The MathWorks Fuzzy Logic Toolbox for Use with MATLAB
- Türker, T., (2005), Tekerlekli Gezgin Robotlarda Sistemik Odometri Hatalarının Belirlenmesi ve Azaltılması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- Tutum, T., (2000), Matlab ta D.C. Motorun Simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- Wit, J. S., (2000), Vector Pursuit Path Tracking Aotonomous Ground Vehicle, PhD, University of Florida

INTERNET KAYNAKLARI

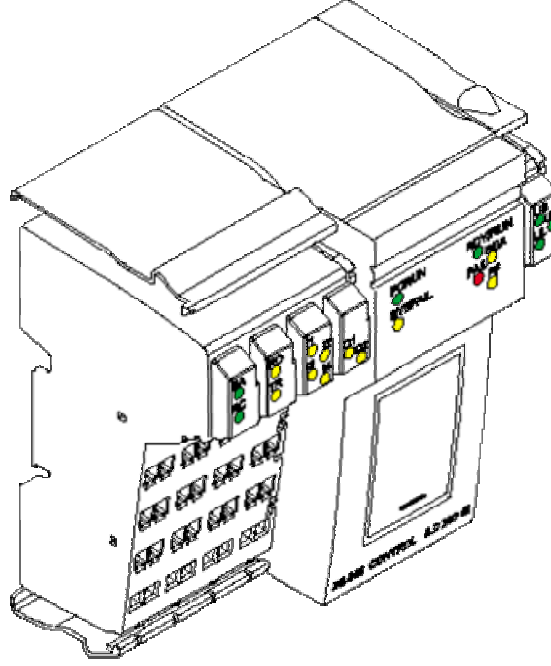
- [1] <http://catalog.festo.com>
- [2] <http://www.automationworx.com>
- [3] <http://www.tpub.com/content/neets/14187>
- [4] <http://www.ni.com>
- [5] <http://www.alldatasheet.com>
- [5] www.seattlerobotics.org
- [6] <http://rosum.sourceforge.net/papers/>
- [7] <http://www.endtas.com/>

EKLER

Ek1 PLC

1.1 Phoenix Contact ILC-200 IB

Bu PLC 24V DC ile beslenmektedir ve girişine bir sigorta konarak korunması tavsiye edilmektedir.

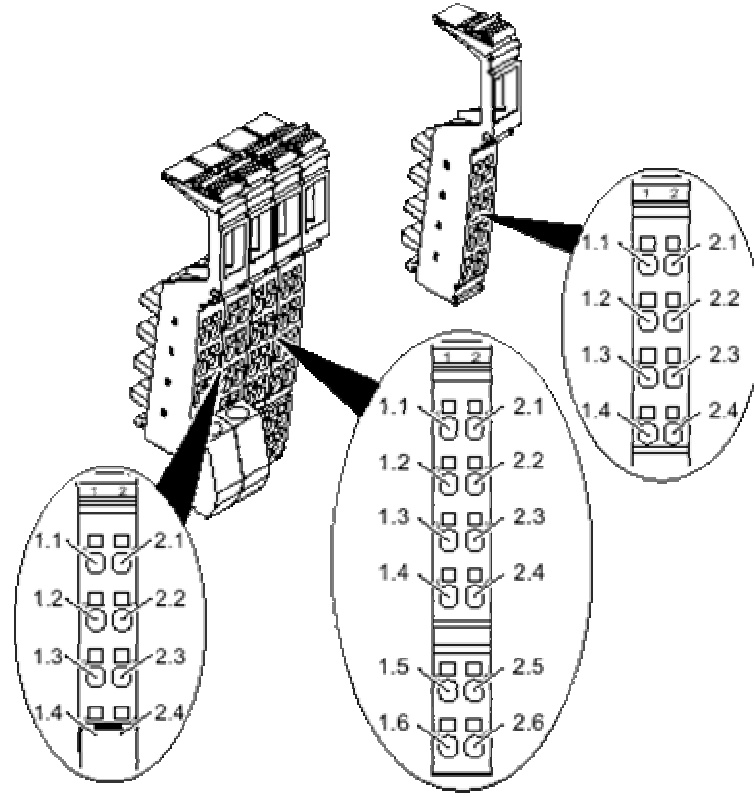


Şekil 1.1 Phoenix Contact ILC 200 IB

Özellikleri

- Konfigürasyonlar ve programlama için PC Worx kullanılır.
- INTERBUS protokolü (IEC 61158)
- Proje ve program INTERBUS yada RS-232 arayüzü yolu ile yüklenebilir.
- Master/slave function (system coupler)
- Complete Generation 4 functionality
- Firmware can be downloaded via RS-232 interface
- PCP 4.x
- Direct connection of INTERBUS Inline I/O modules
- Option of connecting INTERBUS remote bus devices via branch bus terminal (as the 1st device)

PIN'lerin belirlenmesi



Şekil 1.2 Bağlantı uçları

Şekil 1.2'de gösterilen bağlantı uçlarının tam listesi Tablo 1.1'de verilmiştir.

Tablo 1.1 Bağlantı uçları

Connection Point	
1.1.1	DO 1 Receive
1.1.2	DI 1 Send
1.1.3	F-GND Reference potential
1.1.4	Shield
1.2.1	DO 1 Receive
1.2.2	DI 1 Send
1.2.3	Unused
1.2.4	Shield
2.1.1	DO 2 Send
2.1.2	DI 2 Receive
2.1.3	R-GND Reference potential
2.1.4	Shield
2.2.1	DO 2 Send
2.2.2	DI 2 Receive
2.2.3	Unused
2.2.4	Shield
3.1.1	Fast input I1 (24 V)
3.2.1	Fast input I2 (24 V)
3.1.2	24 V (initiator supply)
3.2.2	24 V (initiator supply)
3.1.3	Signal ground
3.2.3	Signal ground
3.1.4	Fast input I3 (24 V)
3.2.4	Fast input I4 (24 V)
3.1.5	24 V (initiator supply)
3.2.5	24 V (initiator supply)
3.1.6	Signal ground
3.2.6	Signal ground
4.1.1	Fast input I1' (5 V)
4.2.1	Fast input I2' (5 V)
4.1.2	Signal ground
4.2.2	Signal ground
4.1.3	Functional earth ground
4.2.3	Functional earth ground
4.1.4	Fast output Q1

4.2.4	Fast output Q2
4.1.5	Signal ground
4.2.5	Signal ground
4.1.6	Functional earth ground
4.2.6	Functional earth ground

Teknik bilgiler

PLC'nin teknik bilgileri Tablo 1.2'de verilmiştir.

Tablo 1.2 Teknik bilgiler tablosu

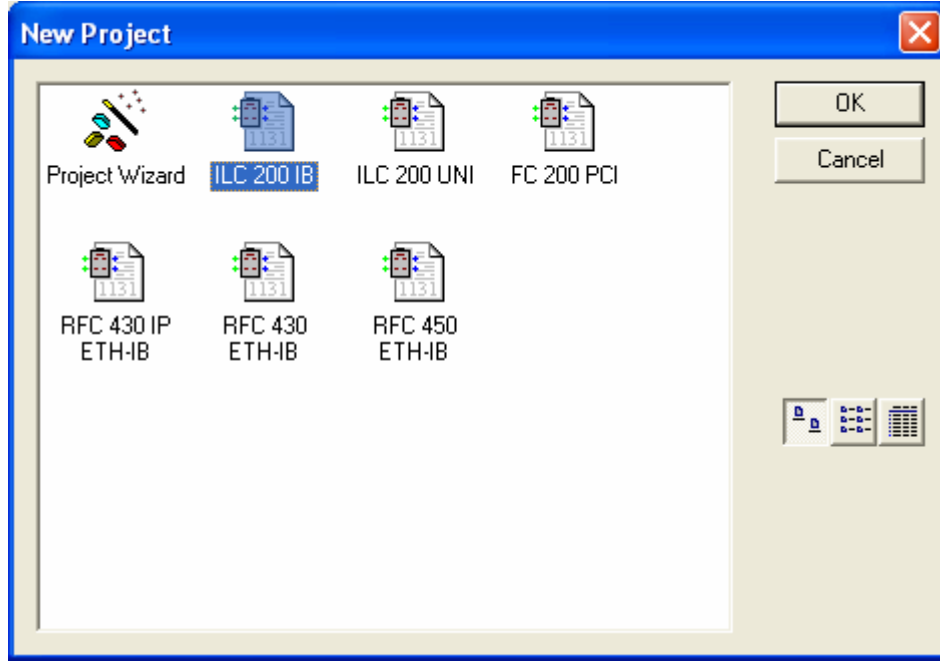
General Data	
Order Designation	ILC 200 IB
Order No.	27 29 80 0
Dimensions	109.8 mm x 120 mm x 71.5 mm (4.323 x 4.724 x 2.815 in.)
Weight	320 g
Program memory	384 kbytes, 32 kbyte instructions in IL, typical
Current Supply	
Connection	Spring-clamp terminals
Us	24 V DC
Tolerance	-15%/+20% (according to EN 61131-2)
Ripple	±5%
Permissible range	19.2 V to 30 V
Maximum current consumption at nominal voltage	2.4 A DC
Diagnostic Interface (PRG)	
Connection method	6-pos. MINI-DIN female connector (PS/2)
Interface type	RS-232
Transmission rate	9600 baud
IEC 61131 Runtime System	
Speed	0.8 ms for 1 K word instructions
minimum cycle time	t min = 5 ms
Number of control tasks	8 control tasks
Memory for retentive data	8 kbytes NVRAM
Environmental Conditions	
Degree of protection	IP 20 (EN 60529:1991)

Temperature (according to EN 60204-1); operation	0°C to +55°C (+32°F to +131°F)
Temperature (according to EN 60204-1); storage and transport	-25°C to +75°C (-13°F to +167°F)
Humidity (according to EN 60204-1)	75% on average, 85% occasionally; no condensation

Ek 2 PC WORX programının kullanımına yönelik bilgiler

2.1 Yeni proje açılması

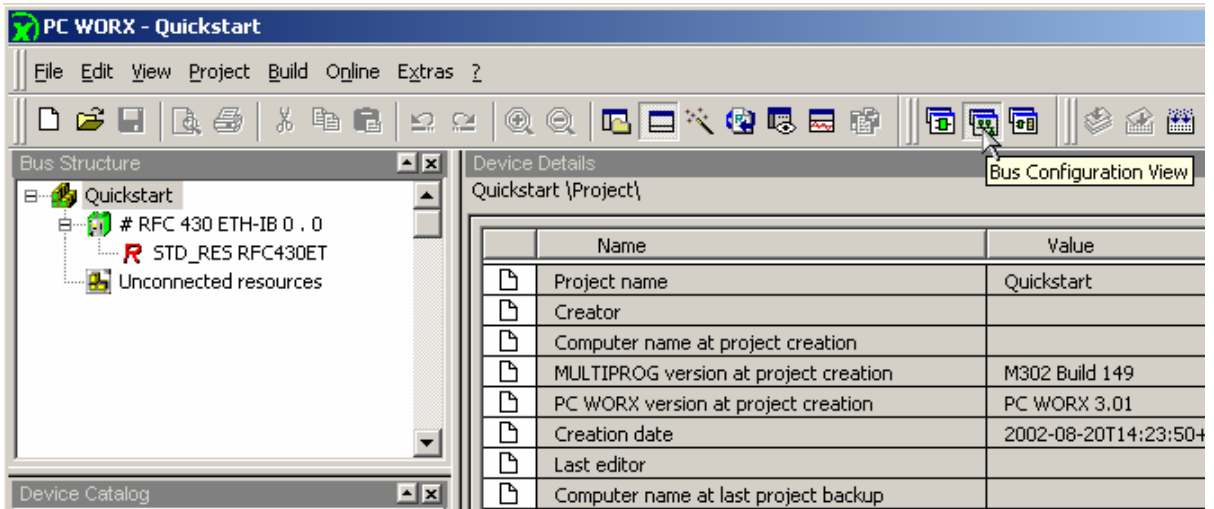
Yeni proje açarken mutlaka kullanılan PLC modeline göre uygun şablon seçimi yapılmalıdır.



Şekil 7.1 PC WORX proje şablonu seçimi

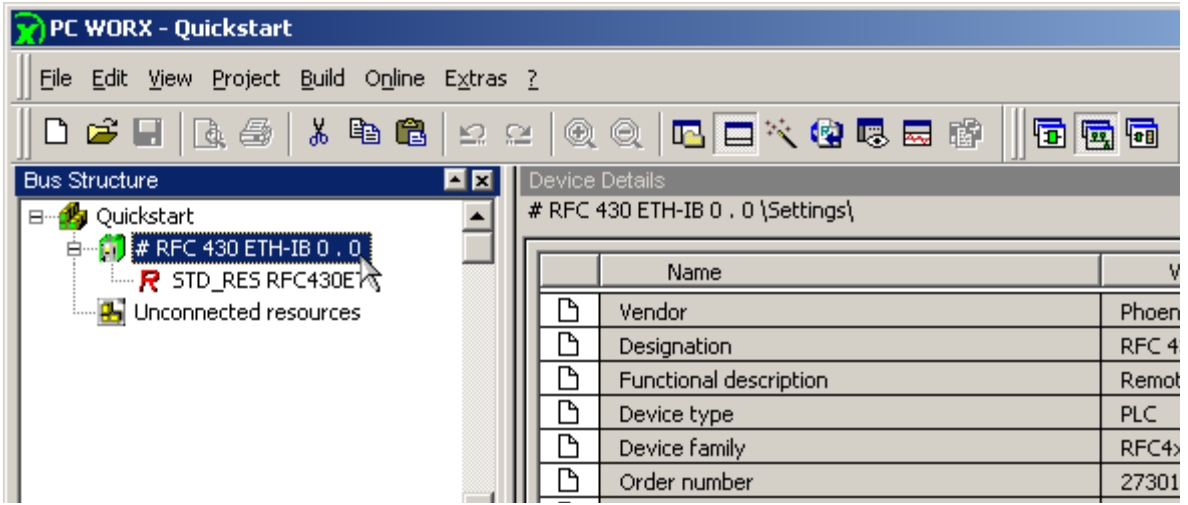
2.2Bağlantı ayarları

Bağlantı ayarlarının yapılması için “Bus Configuration View” bölümüne geçilmelidir.



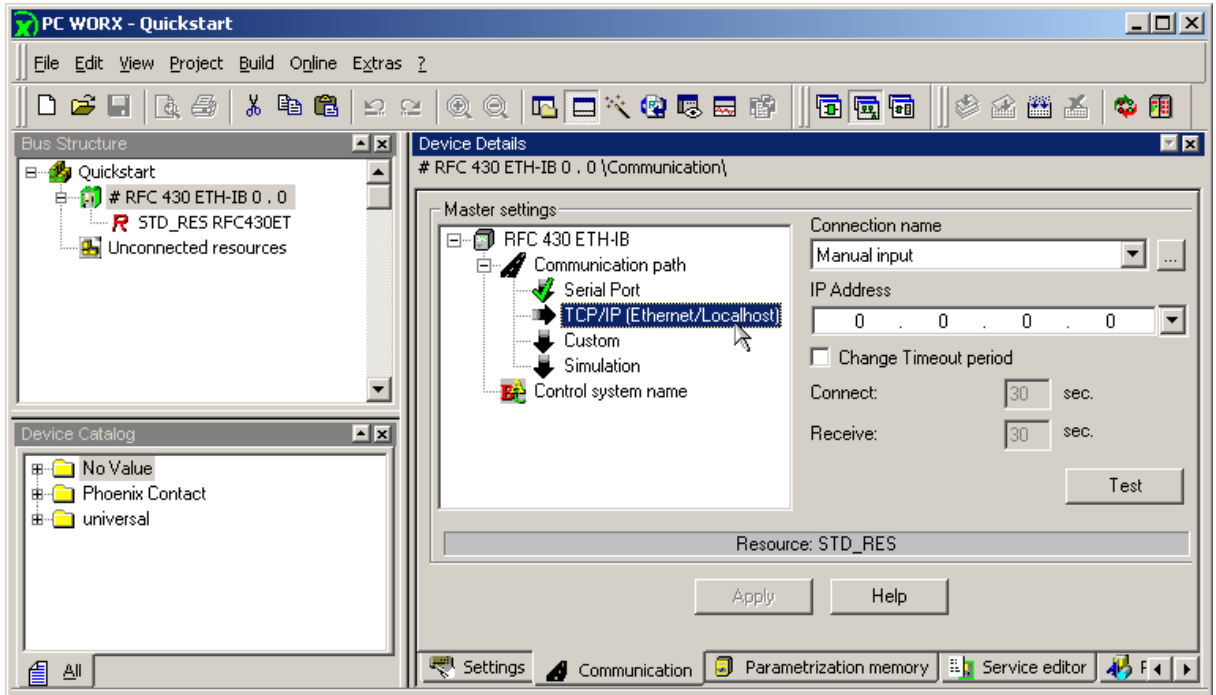
Şekil 7.2 PC WORX bus konfigürasyon bölümü

“Bus Structure” penceresinden plc seçili hale getirilmelidir.



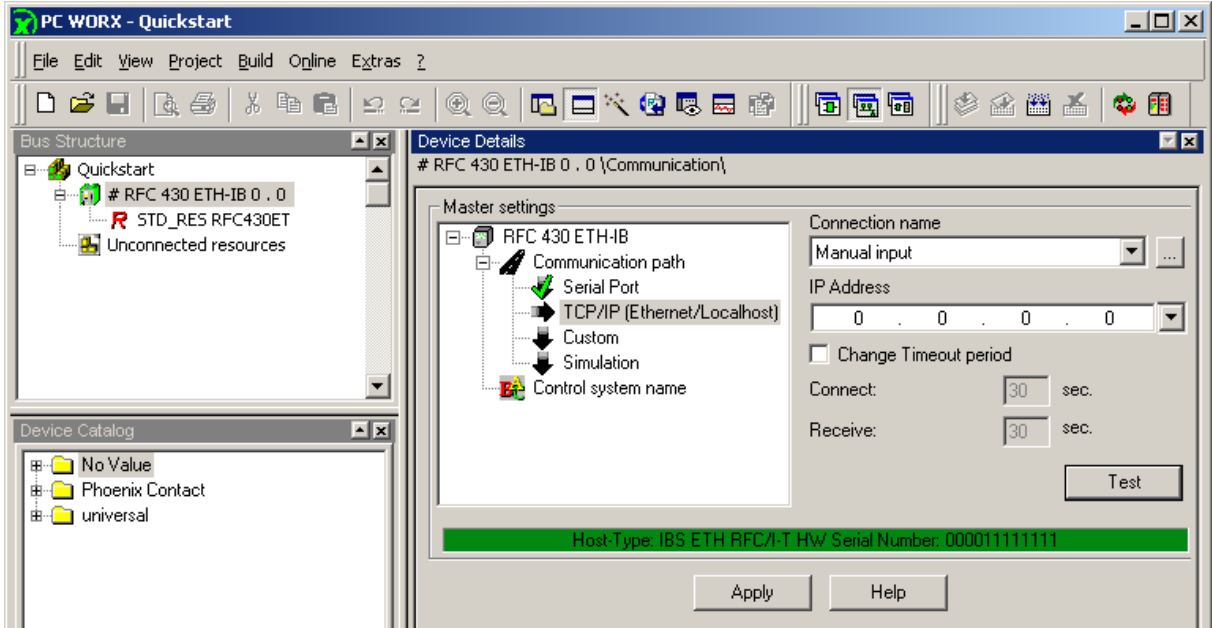
Şekil 7.3 “Bus Structure” penceresi

“Device Details” penceresinden “Communication” tabına tıklanıp PLC bağlantısı gerçekleştirilmelidir.



Şekil 7.4 “Device Details” penceresi

Burada eğer TCP/IP ile bağlantı kuruluyorsa IP numarası girilmeli, yok eğer seri porttan bağlantı kuruluyorsa hangi porta bağlantı kablosu takıldığı belirtilmelidir.

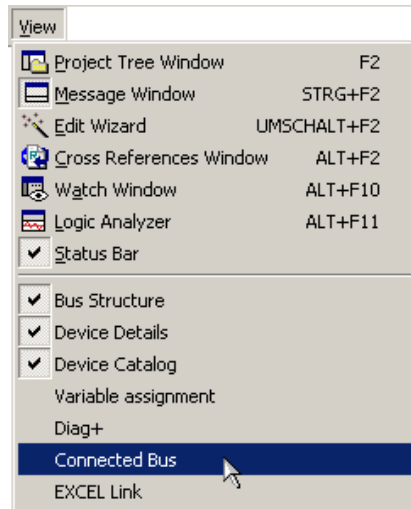


Şekil 7.5 Bağlantı gerçekleşmesi

Bundan sonra “Test” butonu ile test gerçekleştirilir ve yeşil ışık yandıysa bağlantı gerçekleştirildi demektir , artık “Apply” denilerek diğer ayarlara geçilebilir.

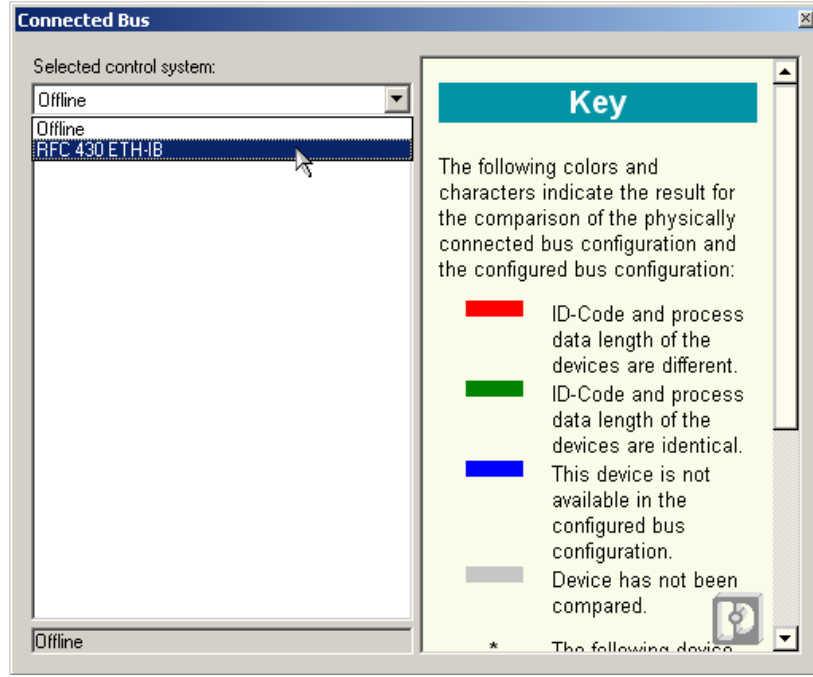
2.3 Bağlantıyı online hale getirme

Bunun için öncelikle “View” menüsünden “Connected Bus” seçilir.



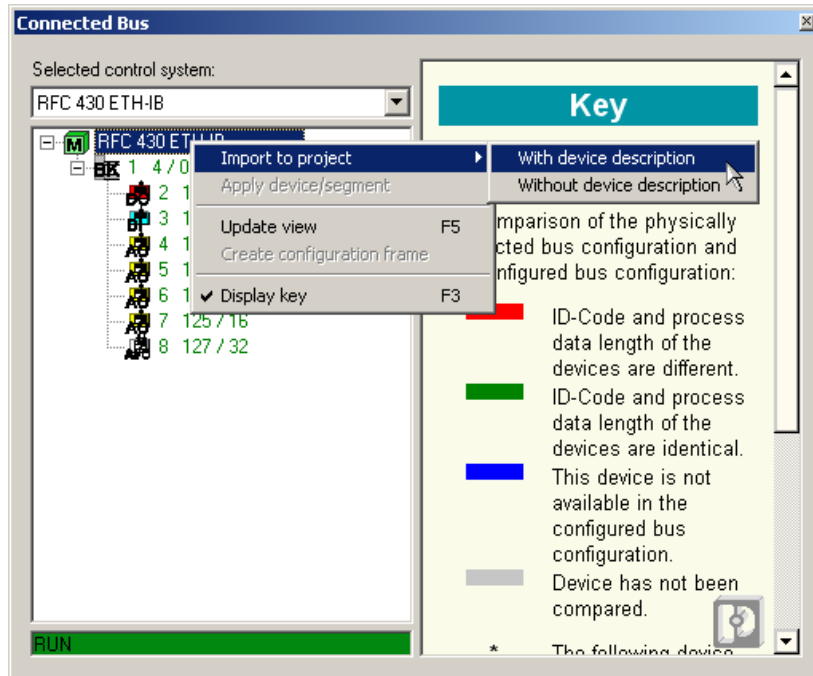
Şekil 7.6 “View>Connected Bus” komutu

Ekrana gelen “Connected Bus” penceresinden Offline olan durum bağlı olan PLC’nin seçilmesi suretiyle Online hale getirilir.



Şekil 7.7 Bağlantının online hale getirilişi

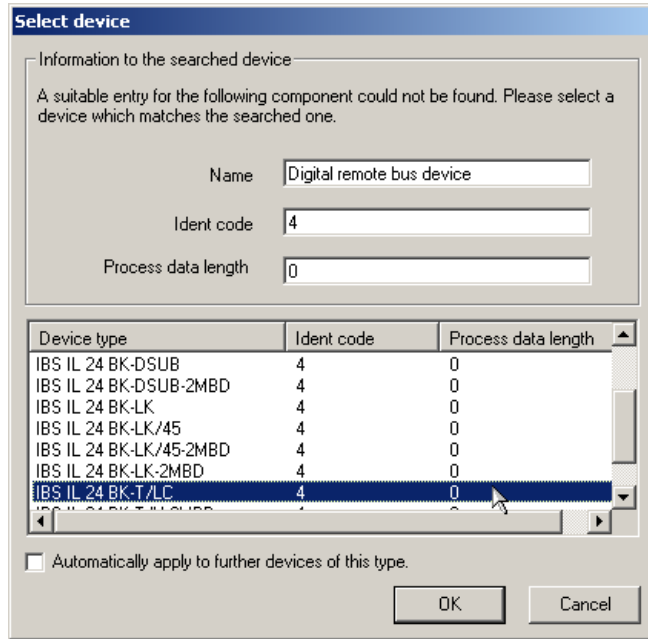
Eğer bağlantı gerçekleşirse yeşil bir “RUN” ifadesi altta belirir. Artık PLC ile bağlantı online hale gelmiştir. Bundan sonra modüllerin tanıtılması gerekmektedir.



Şekil 7.8 “Connected Bus” penceresi

Program tarafından algılanan ve gri renkte görünen modül ifadelerine sağ tıklanarak açılan menüden “Import to project>With device description” seçilir. Ekranı gelen “Select device”

penceresinde listelenen modüller içerisinde bizim plcmize takılı olan her bir modül ayrı ayrı seçilir. Ve bu işlem sonucunda modül ifadelerinin renginin yeşil olacağı görülecektir.

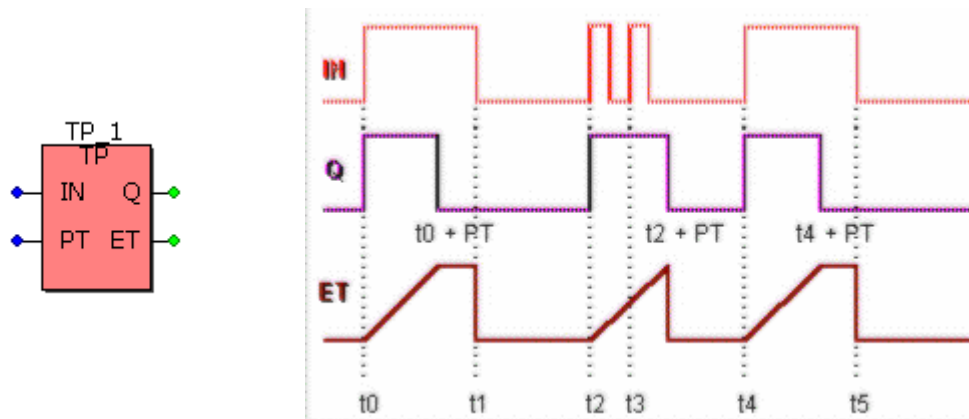


Şekil 7.9 “Select device” penceresi

Bağlantıyı kesmek için “Connected Bus” penceresinden Offline durumu seçilmelidir.

2.4 Değişken tanımlama ve fonksiyon bloklarının kullanımı

FBD (Function Block Diagram)’ler içerisinde, örnek olarak bir timer fonksiyonunu ele alalım ve nasıl değişken olarak tanımlanacağını irdeleyelim.



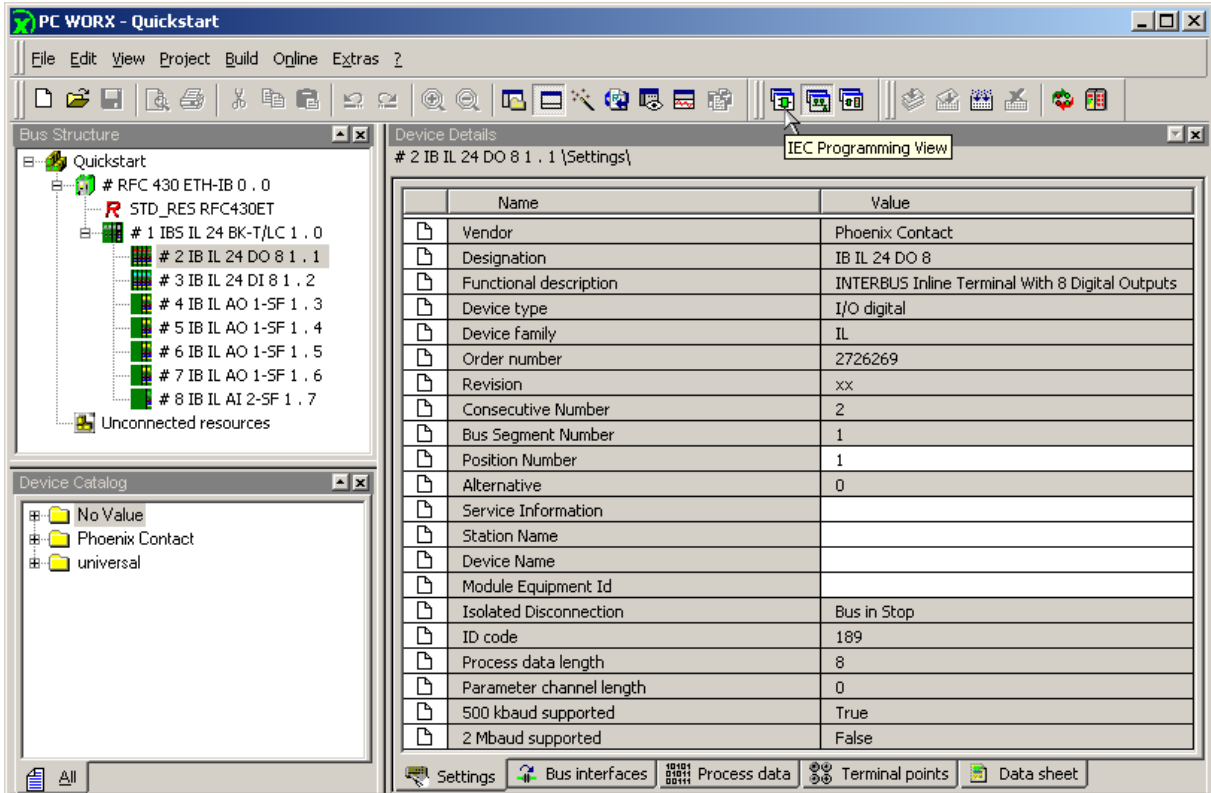
Şekil 7.10 Timer fonksiyon bloğu

Bu fonksiyon IN den start işareti gelmesiyle çalışmaya başlar ve PT’ye girilen süre kadar Q dan işaret verir bu arada ET ise starttan itibaren hangi ana geldiği bilgisini tutmaktadır.

Tablo 7.3 Timer fonksiyonu giriş çıkışları

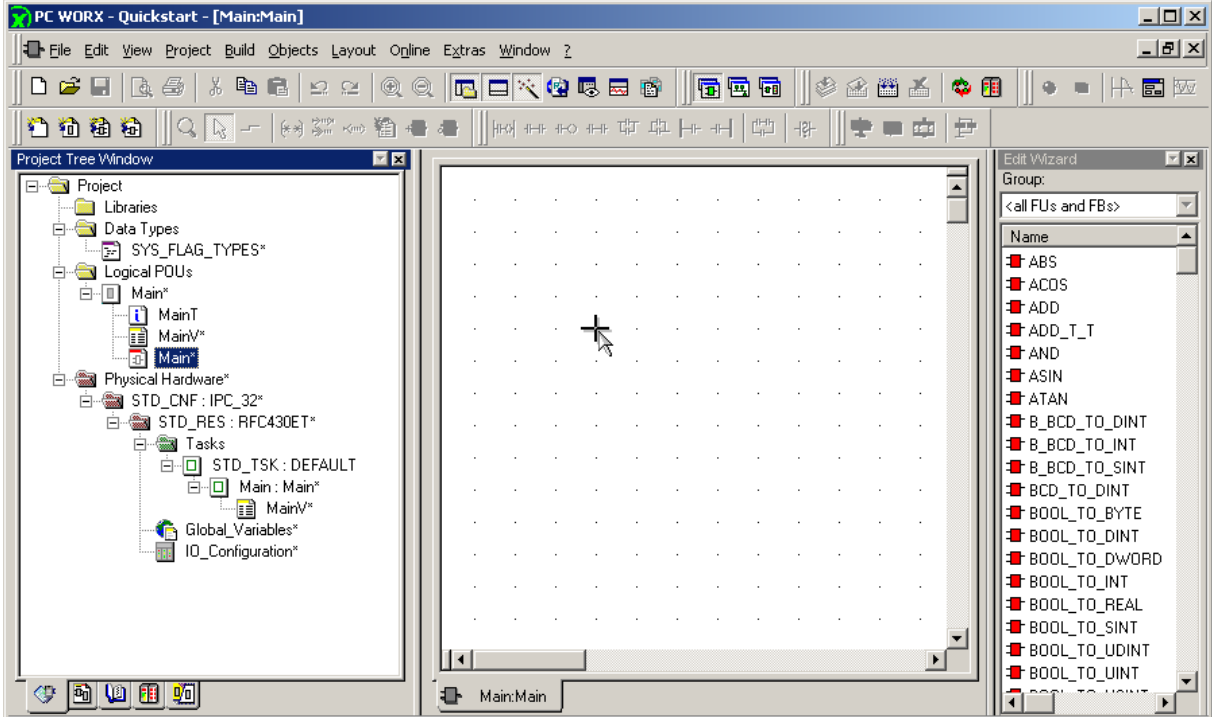
Parameter	Data types	Description
IN	BOOL	If a rising edge is detected, a pulse is created.
PT	TIME	preset time interval for the pulse
Q	BOOL	TRUE if IN = TRUE and ET < PT FALSE if IN = FALSE and ET >= PT
ET	TIME	elapsed time interval

Bu fonksiyonu kullanabilmek için öncelikle “ICE Programing View” bölümüne geçilmeli.



Şekil 7.11 “ICE Programing View” bölümünün seçilişi

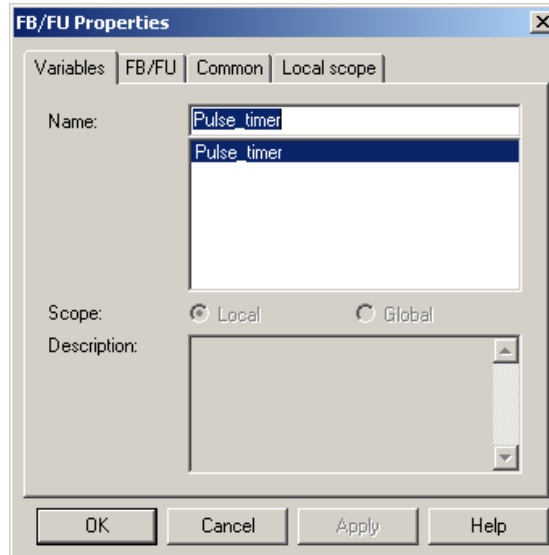
Burada “Project Tree Window” penceresinden “Main” çift tıklanır.



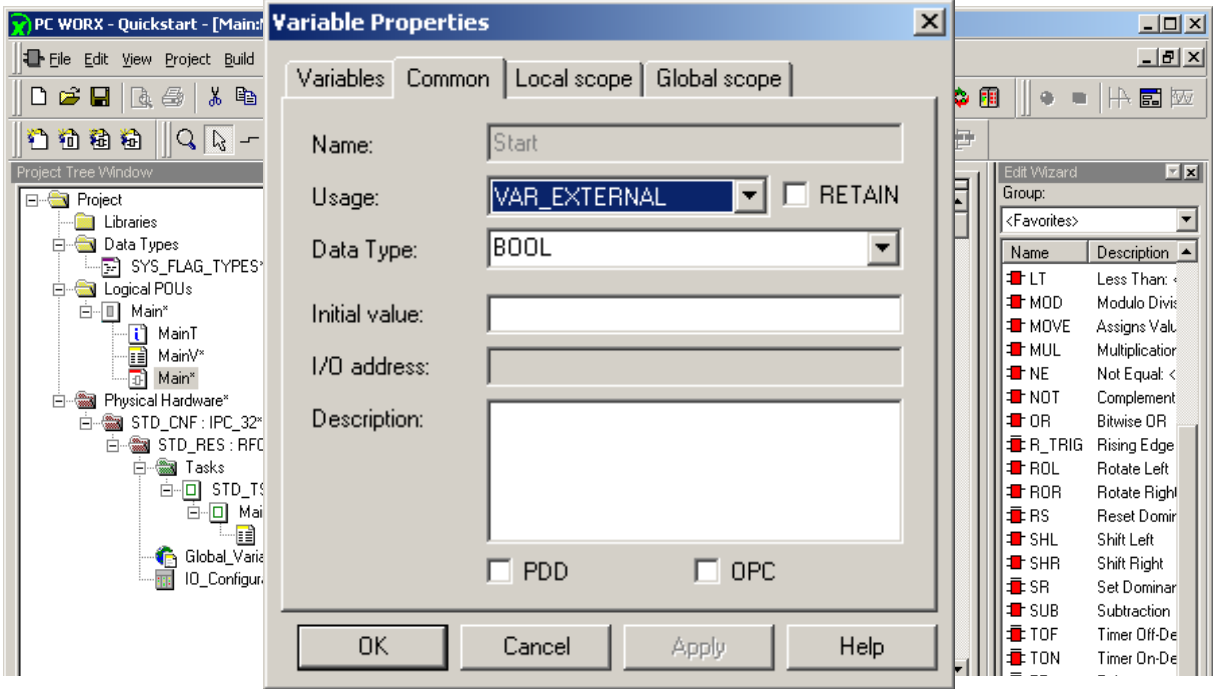
Şekil 7.12 “ICE Programın View” bölümü

Main’in içinde boş bir yere tıklanır ve fonksiyon bloklarından istenilen blok eklenir.

Biz örnek olarak TP (Timer Pulse) fonksiyonunu kullanacağız. Bunun için “Edit Wizard” penceresinden “TP” fonksiyon bloğuna çift tıklayalım. Açılan pencerede önce “Variable” tabından bir isim verelim.



Şekil 7.13 “FB/FU Properties” penceresi



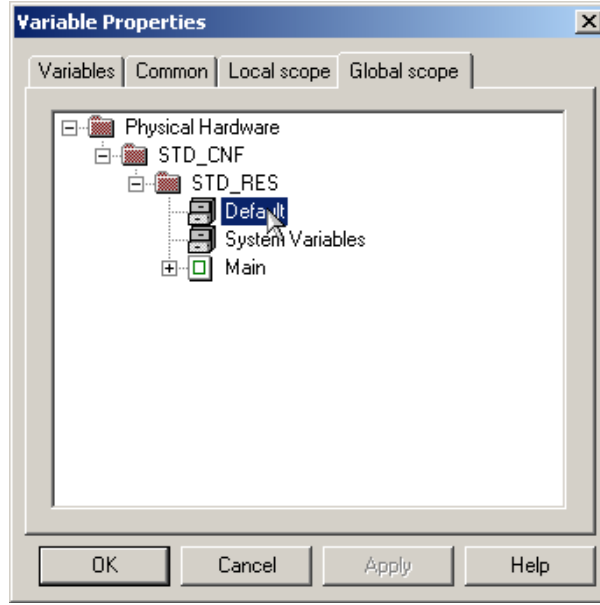
Şekil 7.14 “ICE Programing View” da fonksiyon bloğu

Fonksiyon bloğunun üzerindeki IN parametresine çift tıklayarak “Variables” tabından isim olarak “Start” girelim. “Common” tabından “Usege” olarak VAR_EXTERNAL* girelim çünkü daha sonra bu değişkeni bir dış input modülüne bağlayacağız.

Şekil 7.15 “Variable Properties/Common” penceresi

Birde değişken VAR_EXTERNAL olarak ayarlandığında “Global Scope” tabından “STD_RES” in altında “Default” seçilmelidir. Bu işlem bir kereliktir bundan sonra bütün global değişkenler otomatik olarak ayarlanacaktır.

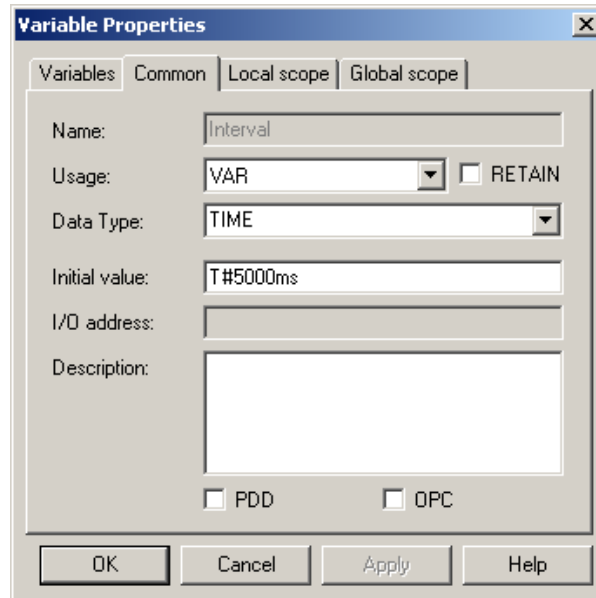
* Program içinde kullanılmasının yanında I/O modüllerine bağlanarak global yapılabilen değişken.



Şekil 7.16 “Variable Properties/Global Scope” penceresi

Yapılan değişiklikleri teyit etmek için “OK” yapılmalıdır.

“PT” parametresine çift tıklayalım ve bu input değişkenine “Interval” ismini verelim. “Data Teyt” olarak ise “TIME” seçelim. Ve “Initial Value” olarak 5000 ms girelim.



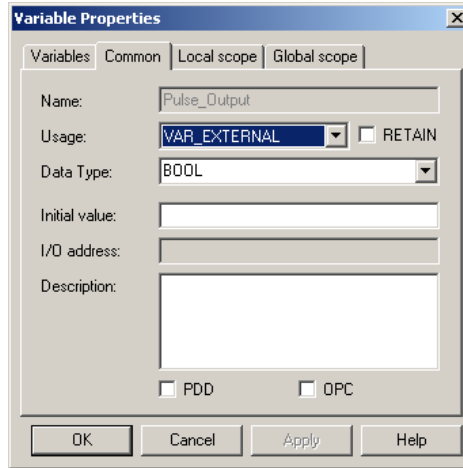
Şekil 7.17 “Variable Properties/Common” penceresi

“Usage” ı değiştirmeye gerek yok VAR* olarak kalsın çünkü sadece bir iç değişken olarak

* Sadece iç değişken olarak ayarlamaya yarayan komut.

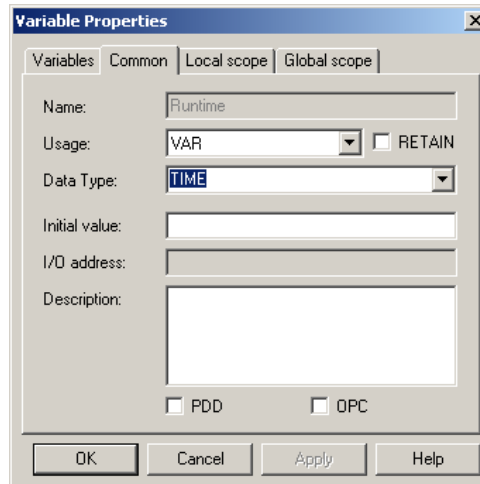
kullanacağız. Yapılan değişiklikleri teyit etmek için “OK” yapılmalıdır.

Şimdi de “Q” parametresine çift tıklayalım isim olarak “Pulse_Output” girelim, “VAR_EXTERNAL” a ayarlayalım çünkü dış değişken olarak kullanacağız, “Data Type” ı ise BOOL** olarak seçelim.



Şekil 7.18 “Variable Properties/Common” penceresi

Son olarak da “ET” ye çift tıklayalım ve isim olarak “Runtime”, veri tipi olarak “TIME” girelim “Usage” ise “VAR” olarak kalmalı çünkü iç değişken.

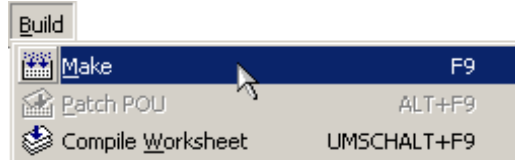


Şekil 7.19 “Variable Properties/Comman” penceresi

** 1 veya 0 değerlerini alabilen 1 bitlik kayıt tipi, örneğin bir kontak gibi.

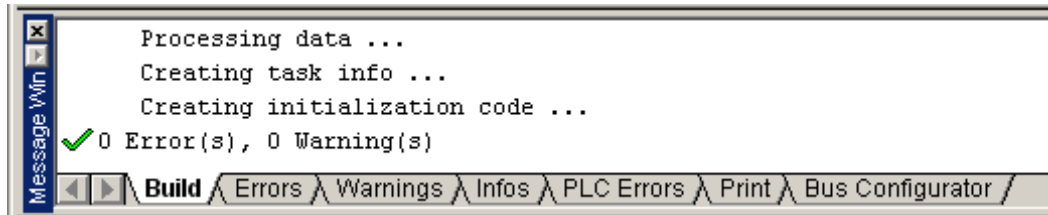
2.5 Derleme ve global değişkenlerin pinlere atanması

Derleme için “Build” menüsünden “Make” komutu girilmelidir.

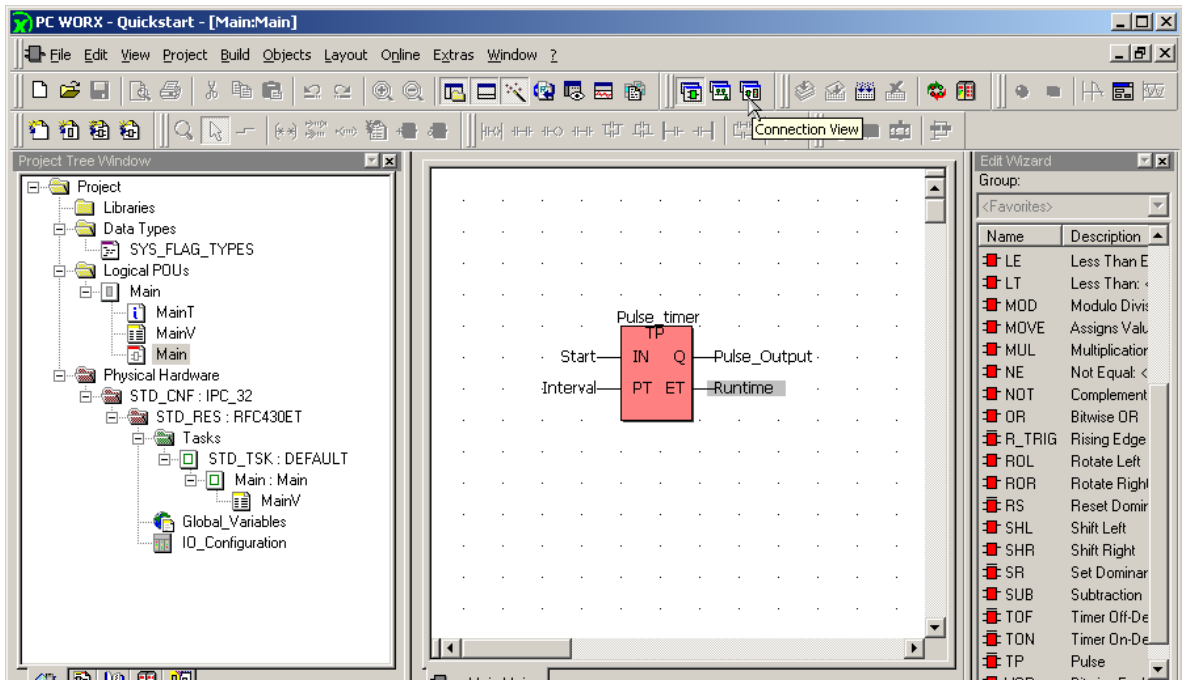


Şekil 7.20 Build>Make komutu

Bunun sonucu olarak “Message Window” da sonuçlar görüntülenir.

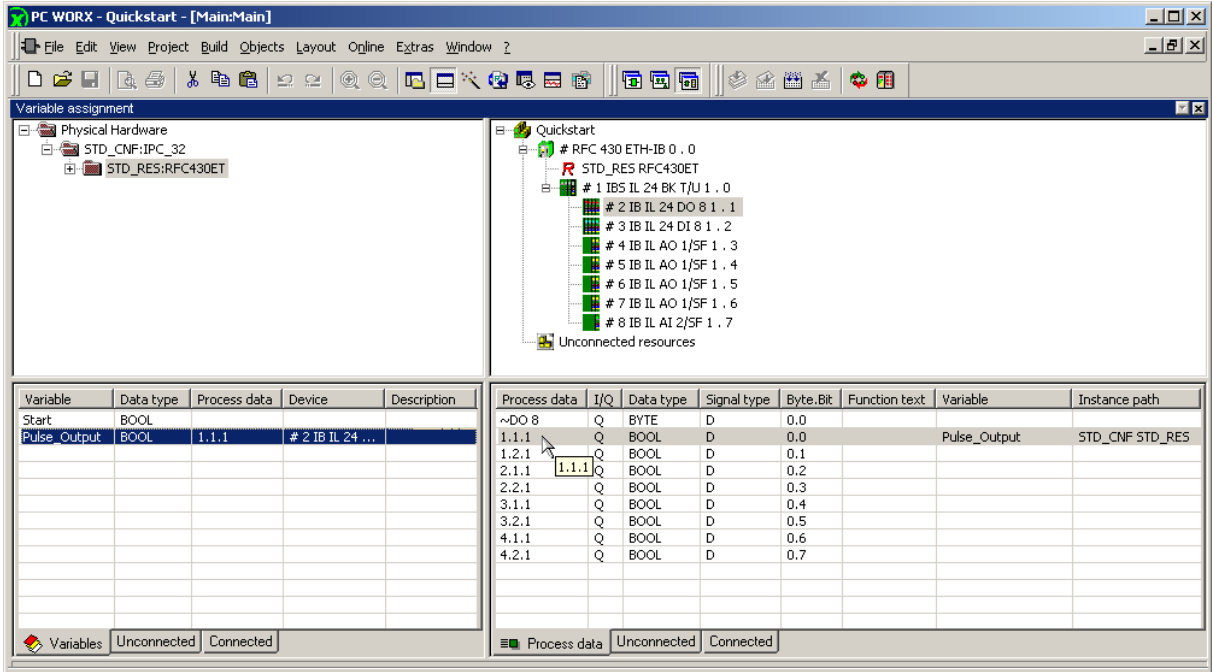


Şekil 7.21 Message Window



Şekil 7.22 Connection View bölümüne geçiş

“Connection View” bölümüne geçilmelidir. Burada sırayla modüller seçilir ve seçilen her modülün pinleri alt sağ bölümde listelenir. Buna karşılık program içinde VAR_EXTERNAL olarak ayarlanan değişkenler de sol alt bölümde listelenir. Bundan sonra sürükleyip bırakarak metodunu ile bağlanması istenen değişkenler ve pinler ayarlanır.

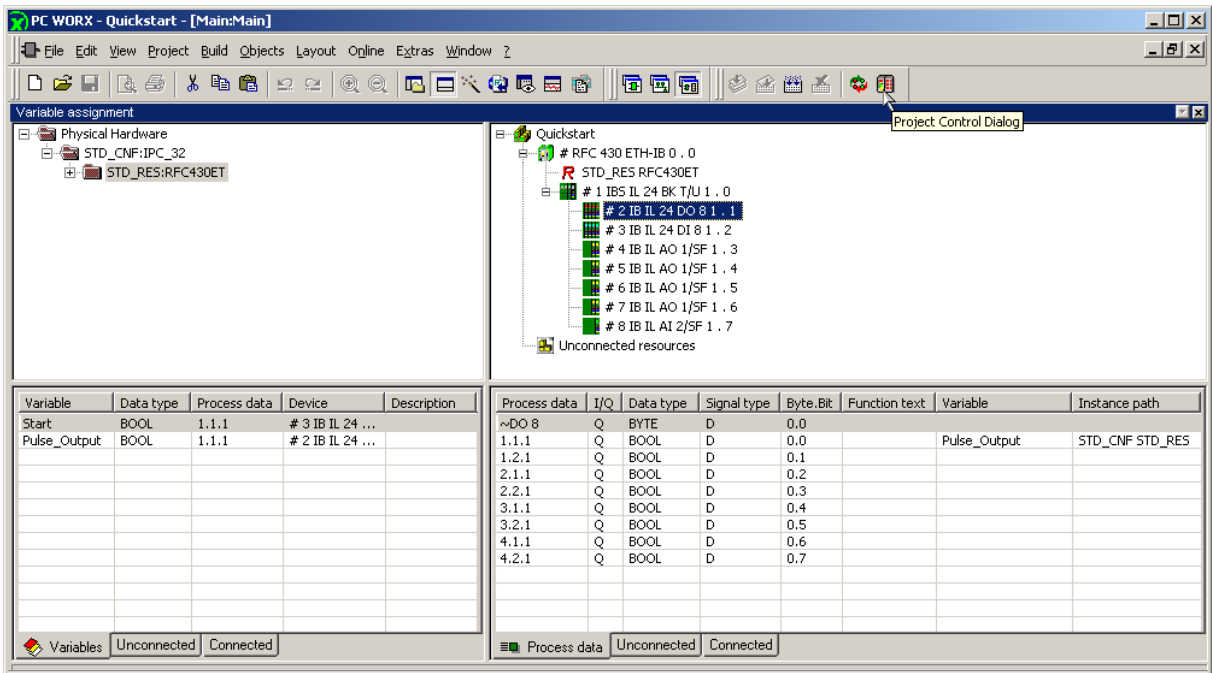


Şekil 7.23 Connection View

Bu şekilde “Start” ve “Pulse_Output” değişkenlerinin atamaları yapıldıktan sonra. Tekrar Build>Make komutu uygulanır.

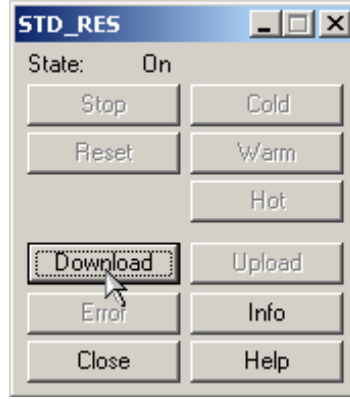
2.6 Programın PLC’ye yüklenmesi

Yükleme işlemi için “Project Control Dialog” linki tıklanır.



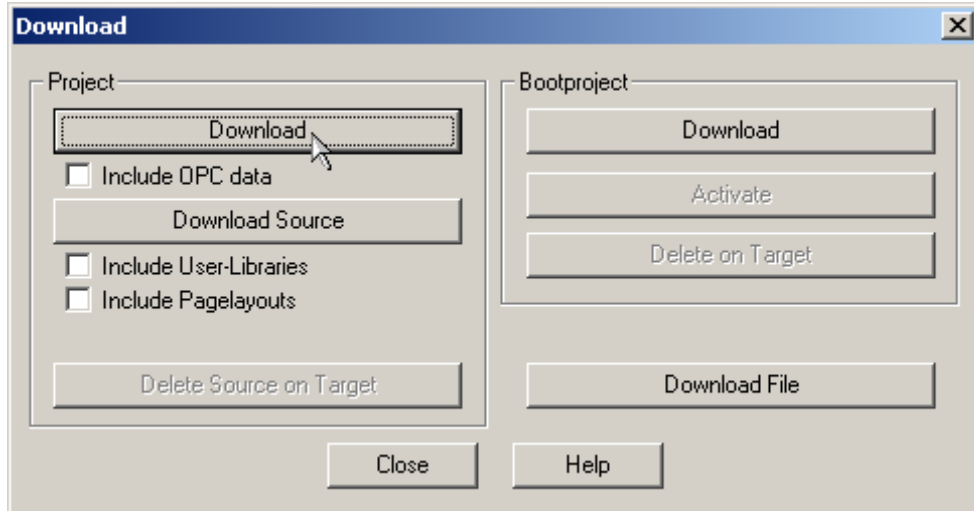
Şekil 7.24 Projec Control Dialog ‘un açılması

Ekrana gelen dialog penceresinde “Download” tıklanır.



Şekil 7.25 Project Control Dialog

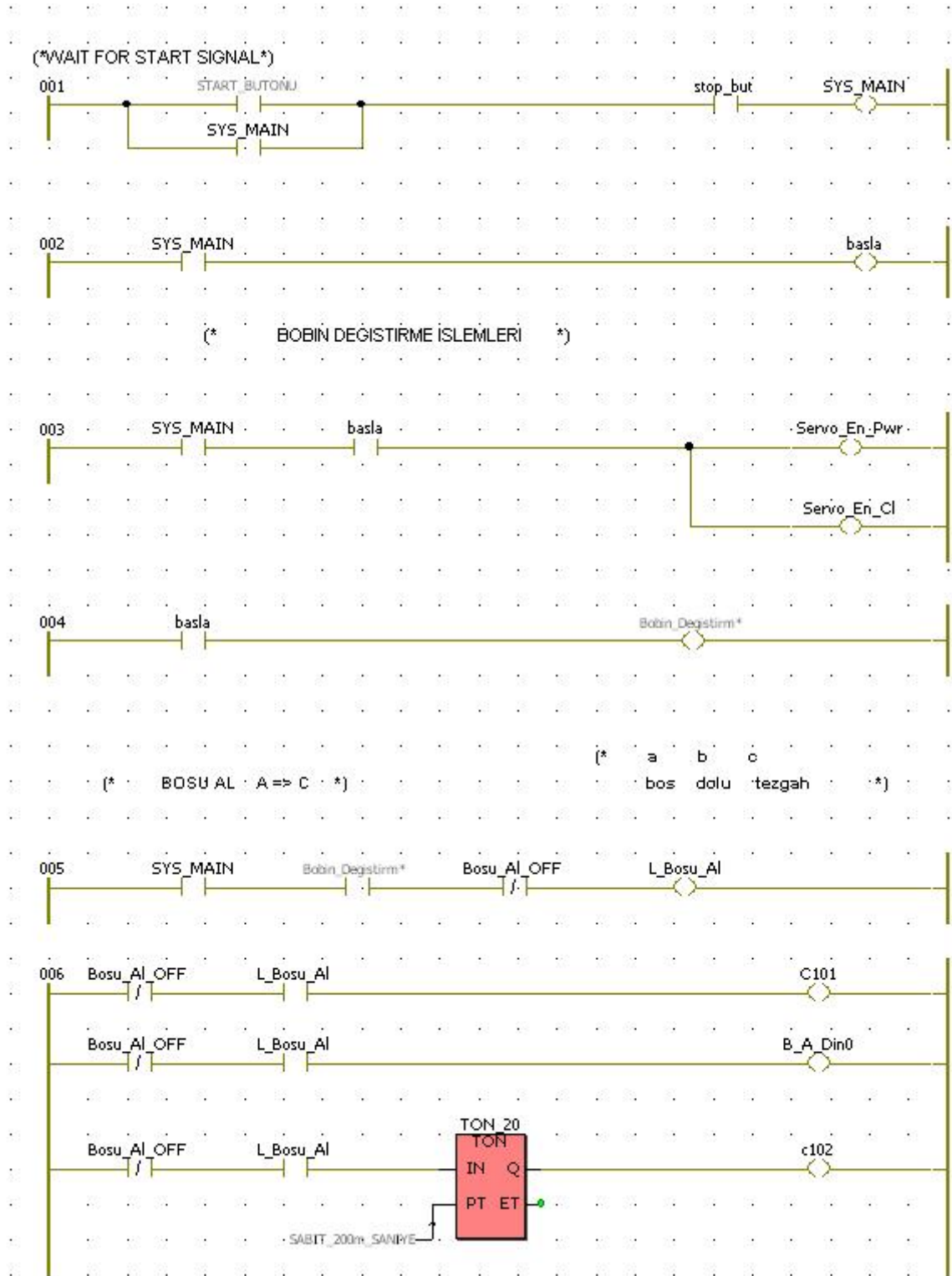
Programı PLC memorisine geçici olarak yazmak için “Project” bölümündeki “Download” tıklanır. Eğer kalıcı olarak kaydetmek istenirse “Bootproject” bölümündeki “Download” tıklanmalıdır. Ancak geçici kayıt deneme için olduğu ve plc açılıp kapandığında veya elektrik kesintilerinde silineceği unutulmamalıdır.

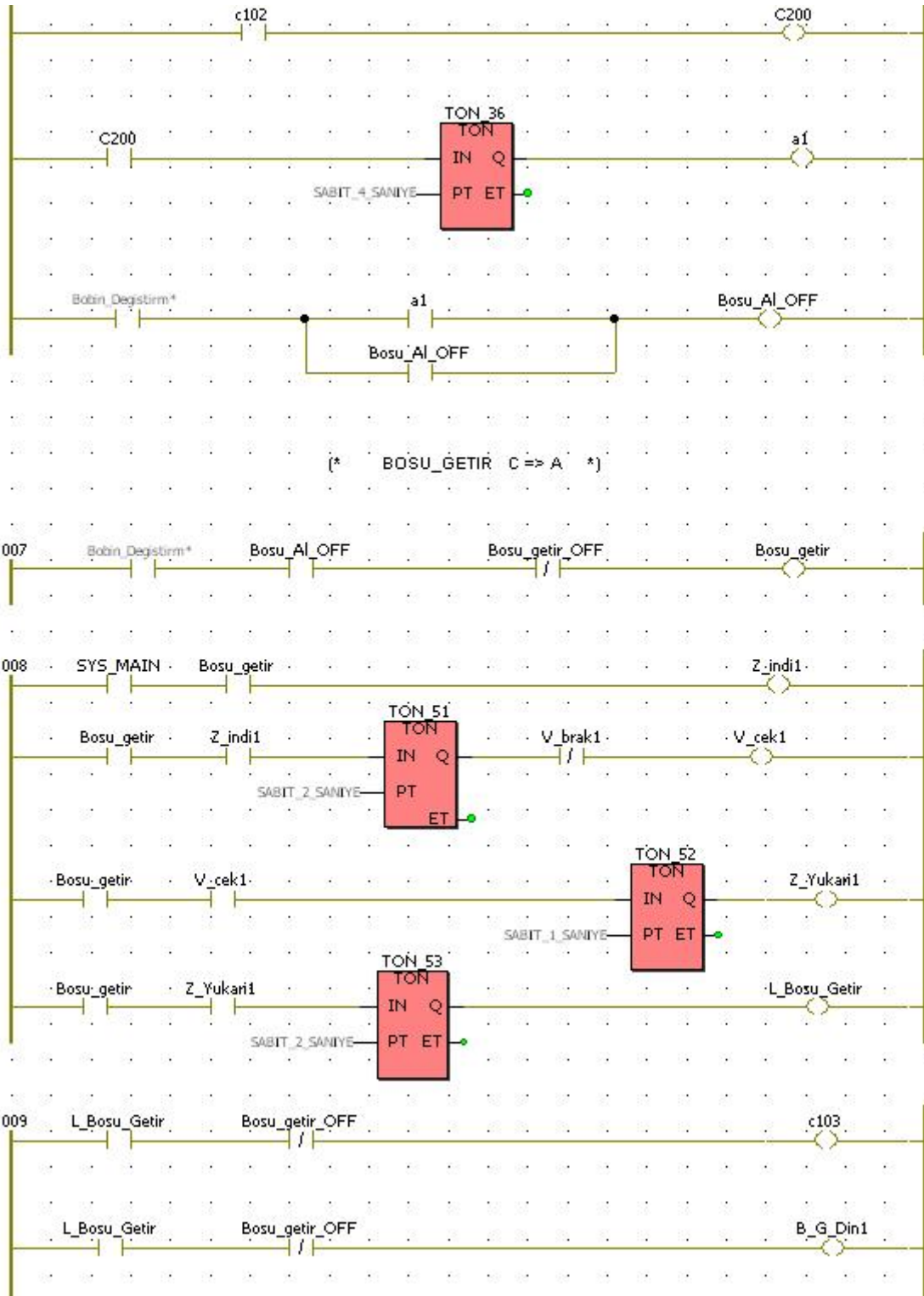


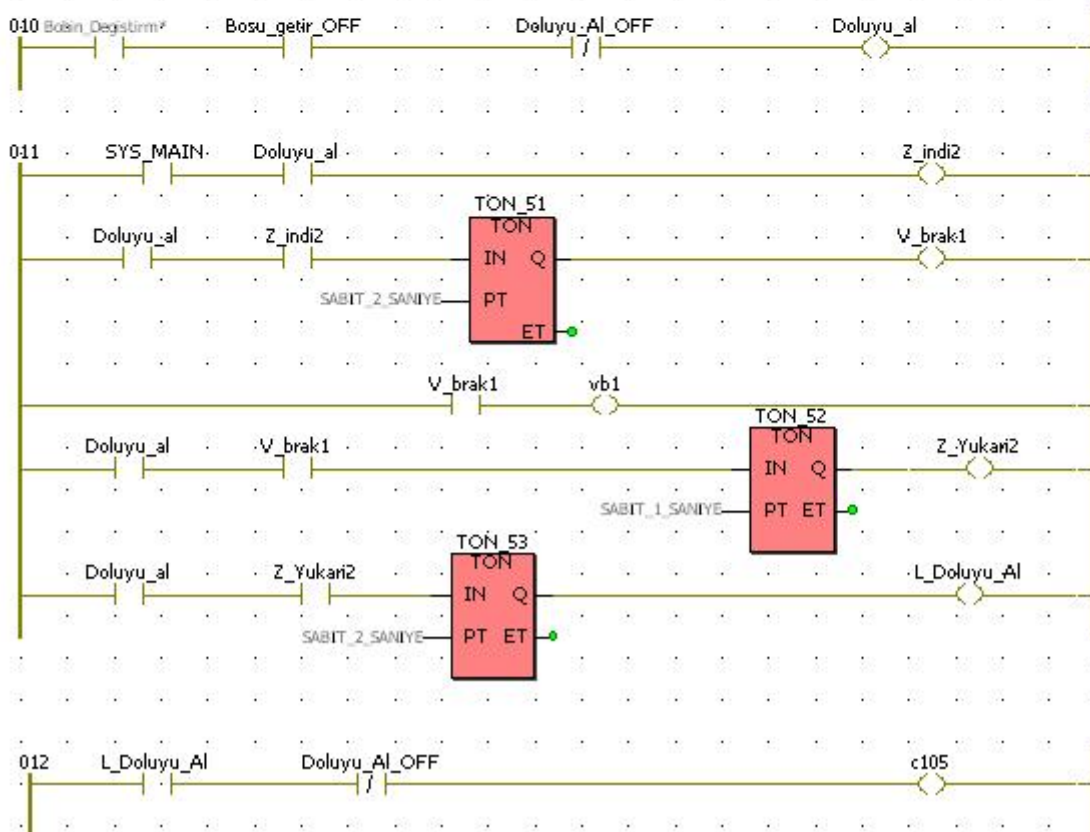
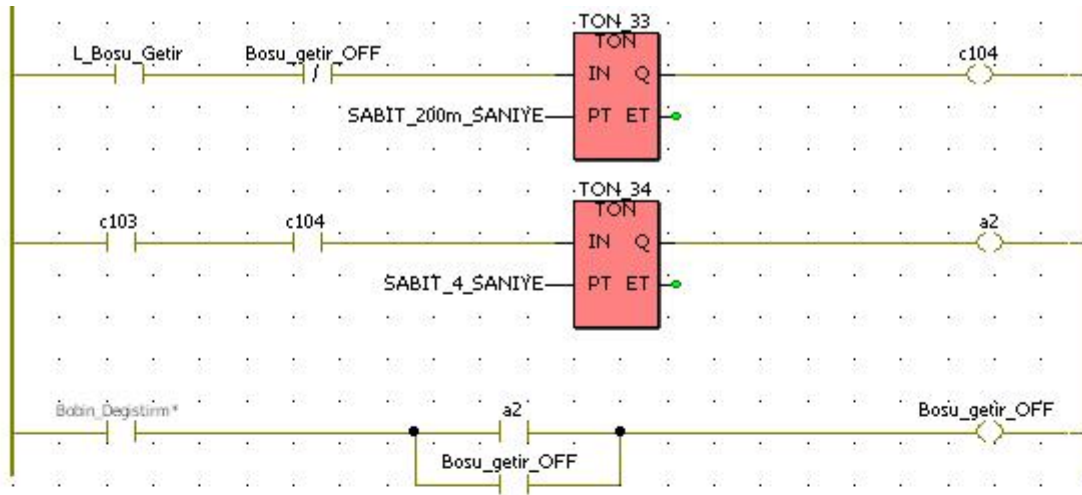
Şekil 7.26 “Download” dialog box

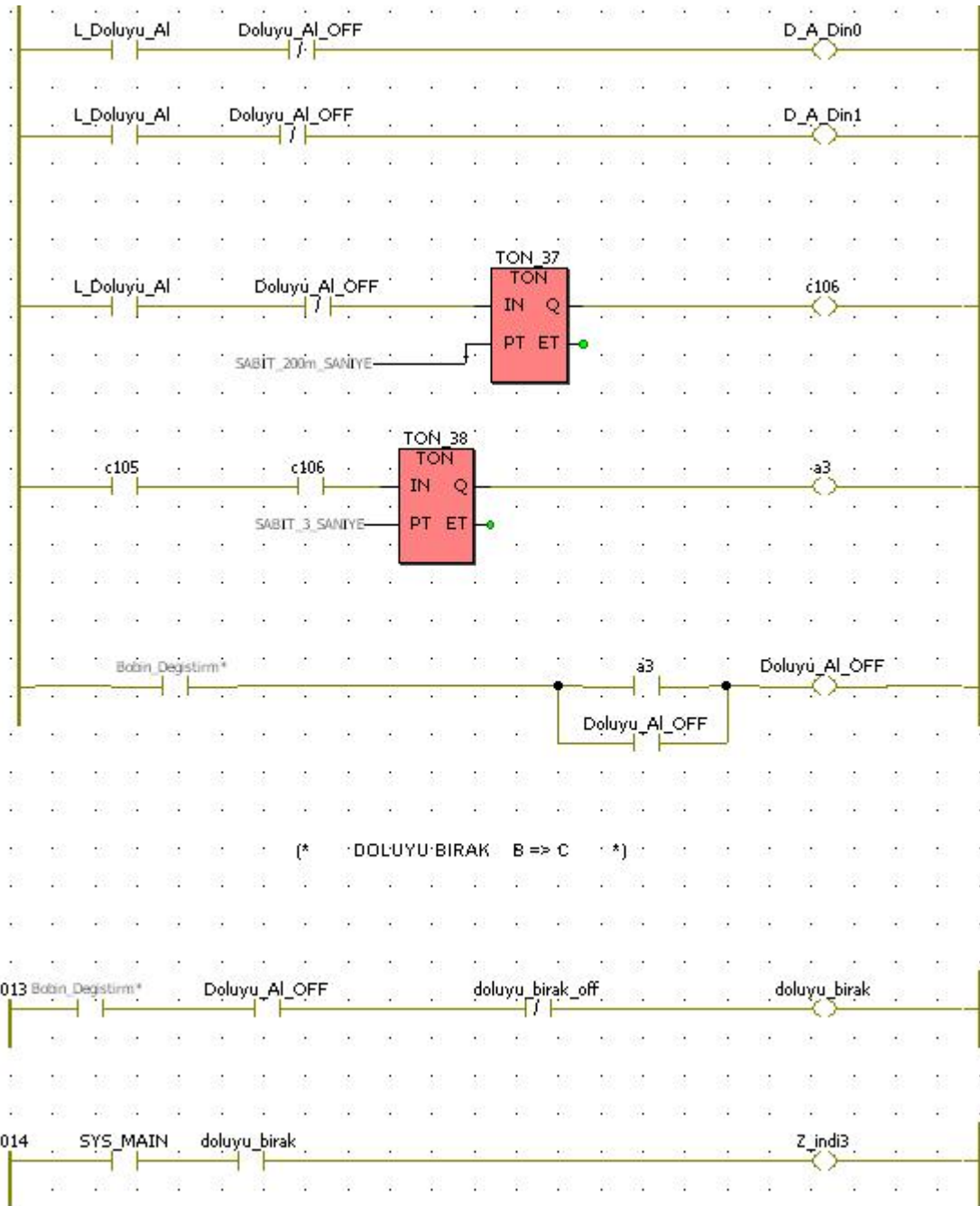
Son olarak start verebilmek için “Project Control Dialog” 'da “Cold” butonuna tıklanmalıdır.

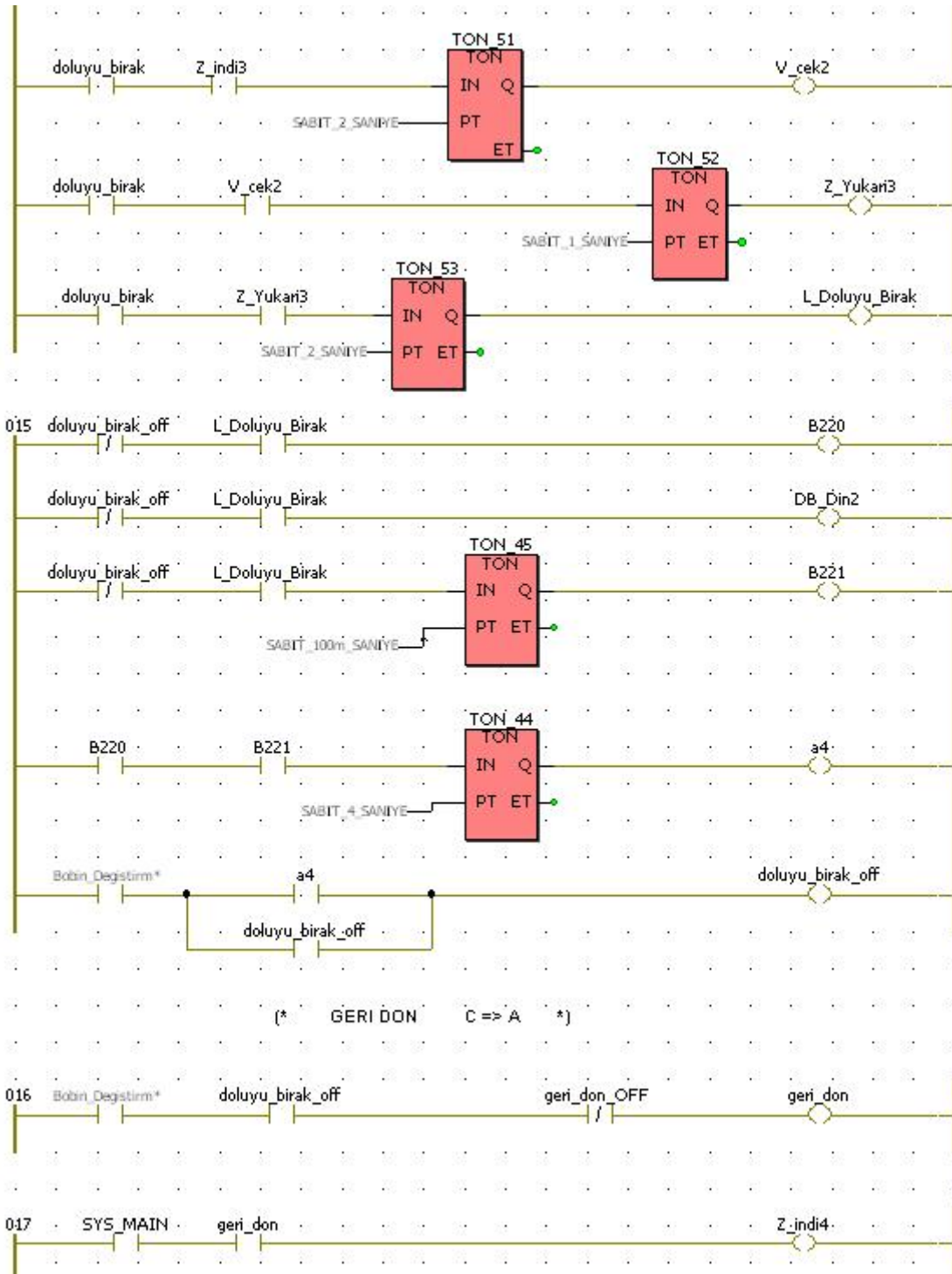
Ek 3 Sistemin Örnek PLC Programı

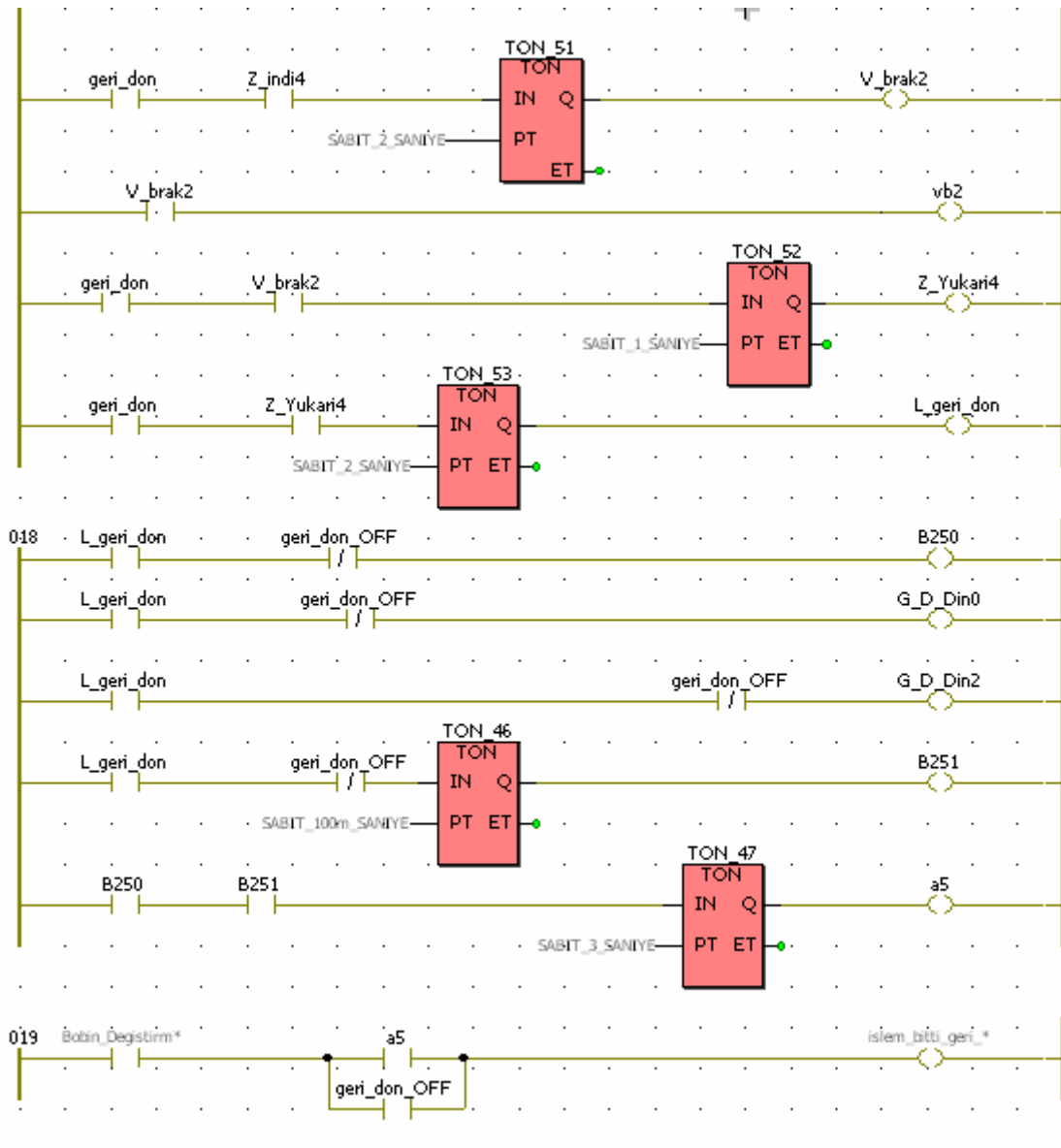


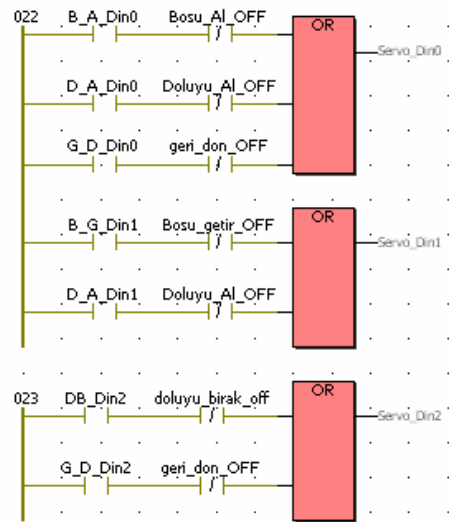
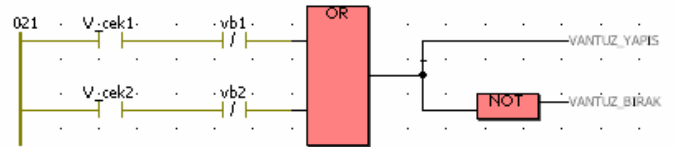
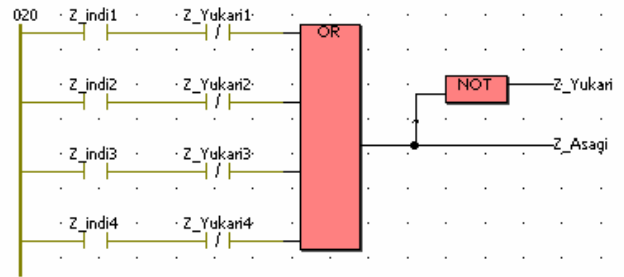
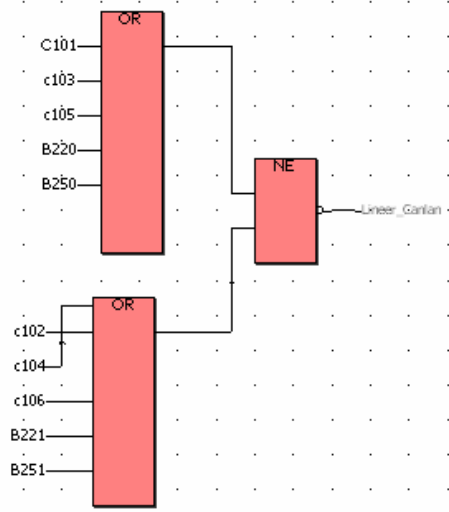












Ek 4 Festo Servo Motor ve Sürücü

4.1 Festo Servo Sürücü



Şekil 7.27 Festo servo sürücü

Fonksiyonlar:

- Bütünleşik güç kaynağı kesicisi ve fren direnci
- Akım, tork, hız ve konumlama denetimi için çalışma modları
- Dijital ve analog arabirimler
- Uygun Windows PC yazılımı sayesinde hızlı ve kolay yol alma. Bütün Festo eksenleri için optimize edilmiş eksen parametreleri.

Anma değerleri: SEC-AC-305: 5 A anma akımı, 1000 W anma gücü

Tablo 7.4 Festo servo sürücünün teknik bilgileri

Ozellik	Değerler
Çevre sıcaklığı	0 - 50 °C
Ürün ağırlığı	2,500 kg
CE sembolü	Direktif 89/336/EWG (EMV)' ye göre AB uyumlu
Koruma sınıfı	IP20
Depolama sıcaklığı	-25,000 - 60,000 °C
Frenleme direnci	100,000 Ohm
Frenleme direncin impuls gücü	1,300 kVA
Nominal çalışma gerilimi AC	230,000 V
Müsaade edilir gerilim salınımı	-15...+20%
Bozucu sinyale karşı dayanıklı	EN 50081-2' ye göre (endüstriyel)
Bozucu sinyal gönderme	EN 50081-2' ye göre (endüstriyel)
Nominal akım	5,00 A
Fazlardaki nominal çalışma gerilimi	1-phasig
Kilitleme freni kullanmadan lojik kaynaqdaki akım tüketimi	0,35 A
Nominal DC gerilim, lojik besleme	24,00 V
Müsaade edilen lojik gerilim aralığı	± 20 %
Nominal kontrolör gücü	1.000 VA
Güç tepe değeri	3.000 VA
Max. Ara devre gerilimi, DC	340 V
Faz başına nominal akım, efektif	5,0 A
Faz başına akım tepe değeri, efektif	10,0 A
Max. Tepe akımı süresi	10 s
Analog Set değer girişlerin sayısı	2
Set değer girişin çalışma aralığı	± 10 V
Empedans Set değer girişi	20 kOhm
Set değer girişlerin özellikleri	Differenzein角度 konfigurierbar für Drehzahl konfigurierbar für Strom
Analog monitör çıkışların sayısı	2
Monitör çıkışların çalışma aralığı	± 10 V
Monitör çıkışlarının çözünürlüğü	8 Bit
Monitör çıkışların özellikleri	kurzschlussfest
Dijital lojik girişlerin sayısı	10
Lojik giriş çalışma aralığı	12,0 - 30,0 V
Lojik girişlerin özellikleri	frei konfigurierbar galvanisch getrennt
24 V DC dijital lojik çıkışların sayısı	5
Max. Akım, dijital lojik çıkışlar	100 mA
Dijital lojik çıkışların özellikleri	galvanisch getrennt teilweise frei konfigurierbar
Parametreleri configure eden arabirim	Parametrierung und Inbetriebn. RS232 (9600...57600 Bits/s) Steuerschnittstelle (PTP)
Encoder arabirim çıkışı, fonksiyon	Istwertrück. Drehz.regelbetr. Sollwertvorgabe f. Slave
Encoder arabirim çıkışı, özellikler	Auflösung 1024 ppr
Encoder arabirim girişi, fonksiyon	Drehzahlvorgabe Slave Synchr. Encodersignal Drehzahlsollw.
Encoder arabirim girişi, özellikler	3 phasige Encodersignale Auflösung 1024 ppr RS422
Sistem filtresi	integriert
Proses arabirimi	E/A Kopplung für 16 Verfahrtsätze
Fieldbus kaplini	nein
Hat frekansı	50 - 60 Hz

Aksesuarları:**Şekil 7.28 Servo sürücü kumanda kablosu****4.2 Festo servo motor**

Projede lineler eksenini hareketlendirmek üzere Festo firmasının MTR-AC-70-3S-AB Servo Motoru kullanılmıştır.

**Şekil 7.29 Festo servo motor**

Özellikleri:

- Maximum hızı yüksek
- İvme kazanma kapasitesi yüksek
- Tepki verme karakteristikleri hızlı
- Bakım gerekmez
- Durma yok
- Festo eksenlerine uygun

Teknik veriler:

- Durma hali momenti: 1 - 12.5 Nm arası
- Fırçasız servomotor
- Entegre edilmiş resolver
- Seçeneğe bağlı disli birimi versiyonu
- Tutma freni

Tablo 7.5 Festo servo motorun teknik bilgileri

Ozellik	Değerler
Çevre sıcaklığı	-40 - 40 °C
Ürün ağırlığı	2.200,000 g
CE sembolü	Direktif 73/23/EWG (düşük gerilim)' e göre AB uyumlu
Koruma sınıfı	IP54
Depolama sıcaklığı	-10,000 - 60,000 °C
Max. Devir	11.640 1/min
İzolasyon koruma sınıfı	F
Relatif hava nemi	max %90
Nominal tork	1,400 Nm
Nominal akım motor	4,300 A
Nominal devir	6.250 1/min
Tork tepe değeri	3,100 Nm
Akım tepe değeri	10,000 A
Motor sabiti	0,320 Nm/A
Rotorun kütle atalet momenti	0,400 kgcm ²
Frenin kütle atalet momenti	0,100 kgcm ²
Nominal gerilim DC	325,000 V
Durma hali torku	1,640 Nm
Sürekli açık devre akımı	5,070 A
Rotor konum sensörü	Resolver
Fren tutma momenti	1,500 Nm
Güç tüketimi, fren	11,000 W
Fren için DC çalışma gerilimi	24,000 V
Elektrik bağlantı sistemi	Erkek soket
Müsaade edilir radyal mil yükü	150,000 N
Müsaade edilir eksenel mil yükü	75,000 N
Sıcaklık izleme	PTC-Widerstand
Toplam güç aktarma atalet momenti	0,500 kgcm ²
Nominal motor gücü	913,000 W

Aksesuarları:**Şekil 7.30 Servo motor enetji kablosu****Şekil 7.31 Servo motor resolver kablosu**

Ek 5 Kullanılan Diğer Malzemeler

5.1 UPS

Sistemde servo motorun ihtiyacı olan 1~ AC enerjiyi mobil ve sürekli olarak sağlamak üzere UPS (Uninterruptable Power Supply) yani kesintisiz güç kaynağı kullanılmıştır.



Şekil 7.32 Inform On-Line sinüs serisi ups

Kullanılan Inform Sinüs Serisi On-Line UPS'in Özellikleri

- Gerçek sinüs dalga çıkışlı "On-Line" teknoloji
- Çift mikroişlemci kontrol
- PWM,IGBT teknolojisi
- Geniş giriş gerilimi aralığı ($\pm\%27$)
- Akıllı RS-232 iletişim portu
- Kısa devre ve aşırı yük koruması
- Akü ile ek yedekleme zamanı (opsiyonel)
- "Cold start"
- "Sleep mode"

5.2 Akü

Mobil robotun hareket etmesini sağlayan DC motorların ihtiyaçı olan enerjiyi sağlamak üzere 13,8 Volt, 60 Ah, 480 A araba aküsü kullanılmıştır.



şekil 7.33 Araba aküsü

5.3 Kompresör

Tekstil tezgahlarının iplik makaralarını değiştirmek için kullanılan Festo Pnömatik sisteminin ihtiyaçı olan basınçlı hava için şekildeki gibi bir kompresör kullanılmıştır.



şekil 7.34 Kompresör

5.4 Festo Doğrusal Tahrik Elemanı

161797 / DGPL



Şekil 7.35 Festo doğrusal tahrik elemanı

DGP ve DGPL milsiz doğrusal tahrik birimleri az yer kaplayan, yüksek dinamik özelliklerine ve yüksek moment kaldırabilme kapasitesine (DGPL) sahip tahrik birimleri olarak karşımıza çıkar. Taşıma uygulamaları için ve ayrıca ağır yüklemelerin ve dar montaj yerlerinin bulunduğu uygulamalar için de uygundur.

Üç farklı varyasyonu bulunur:

- Düşük şiddetteki yükler için DGP temel silindiri entegre edilmiş kılavuzu ile
- Orta şiddetteki yükler ve düşük momentler için DGPL-GF kaymalı kılavuzlama birim
- Yüksek moment ve yükler için ve aynı zamanda hassas kılavuzlama için DGPL-KF küresel kılavuzlama birimli

Varyasyonları ve fonksiyonları:

- Çap 8 - 80 mm arası
- Strok boyları 3000 mm' ya kadar, daha uzun stroklar istek üzerine
- D2 her iki tarafta basınçlı hava bağlantısı
- KU, KV, KH kelepçe birimi altta, önde, arkada
- Uzatılmış kızak/piston GV
- Hassas kılavuzlamada momentler için ağır hizmet kılavuzu HD
- Elektronik konum sonu sönümlenmesi SPC11 için teslim edilen çaplar 25-63 mm arası ve

konum denetim birimi SPC200 ile konumlama için entegre edilmiş konum ölçme sistemi ile DGPI varyasyonu.

- DGxL-KF için kir korunmalı versiyon GA, 2 metre stroka kadar.
- DGPL-KF için ömür boyu yağlama
- Sok sönümleyicisi ile optimum çözüm
- SPC-11 elektronik konum sonu ayarı ile seçenek sunumu
- Tip: MLO veya MME entegre edilmiş konum ölçme sistemi ile seçenek sunumu. Örneğin konum uygulamaları için konum denetim birimi SPC200 veya elektronik konum sonu sönümleme sistemi System Soft Stop SPC 11

Taşıma ve montaj birimlerinin parçası. Arabirimler üzerinden çok eksenli uygulamalara uygundur.

5.5 Pnömatik Doğrusal Tahrik Elemanı

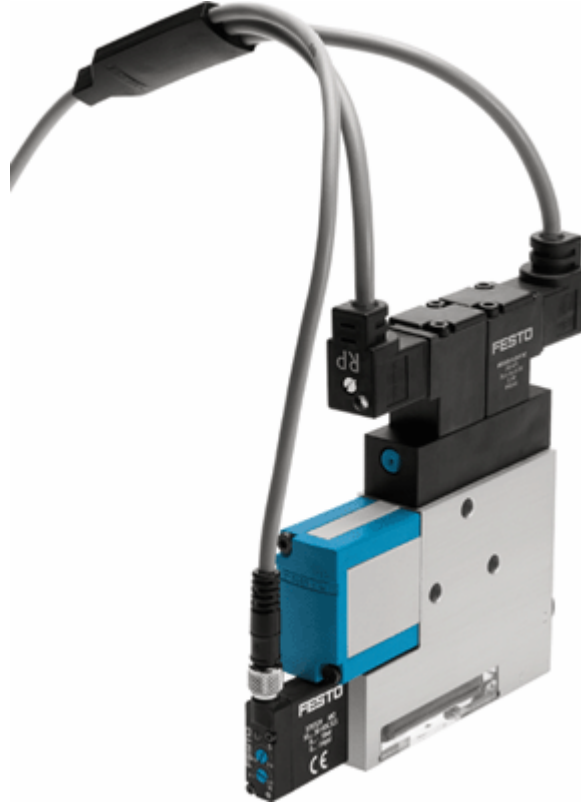
193997 / ESNU-200-P



Şekil 7.36 Pnömatik dorusal tahrik elemanı

5.6 Vakum Jeneratörü

171060 / VADMI-140-LSP



Şekil 7.37 Vakum jeneratörü

İlgili vakum tutucuları ve vantuzlarla birlikte VADM ve VADMI vakum jeneratörleri düzgün ve hava geçirimsiz iş parçalarını kaldırma ve tutma kabiliyetine sahiptir. İş parçaları herhangi bir konumda kaldırılabilir.

Bu vakum jeneratörlerinin hava kaynağı takılı solenoid bobinli valf tarafından denetlenir. Basıncı hava kaynağının geçişini sağlayacak anahtarlamayı yaptıktan sonra valfin sürgüsü konumunu değiştirir ve basınçlı havanın akışı ejektör prensibi ile vakumu üretir. Valf bobininin güç kaynağı kapatılırsa emiş durur. Gövdeye bütünleşik susturucu egzost hattındaki gürültü seviyesini minimum seviyesine düşürür.

5.7 Vantuz

35421 / VASB-55-1/4-PUR



Şekil 7.38 Vantuz

Özellikleri

- Düzgün, hava geçirimsiz yüzeylerle is parçalarının vakumla kavranması
- Silikon vantuzlar gıda ürünlerinin üretimi için onaylıdır.
- Körüklü vantuzlarla düzgün olmayan, bombeli ve açılı yüzeylerle kullanımı için adapte edilebilir.

5.8 Yaklaşım Sensörü

150857 / SME-8S-led-24



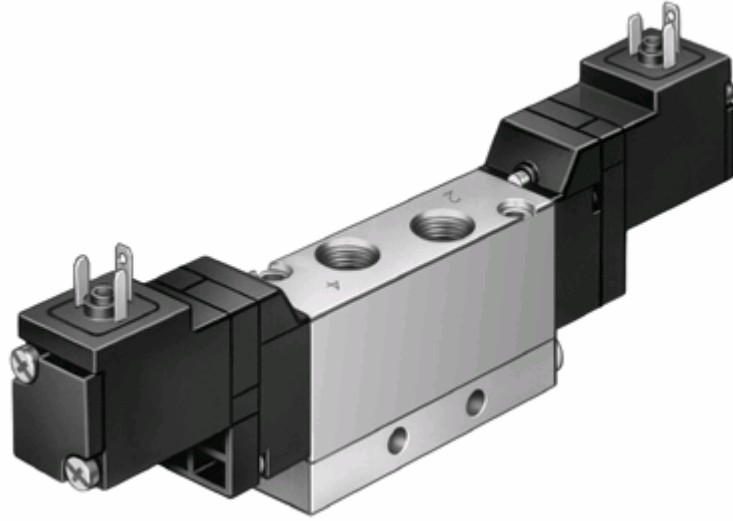
Şekil 7.39 Yaklaşım sensörü

Festo' nun yaklaşım sensörleri Festo tahrik elemanları ile kullanımı için özel olarak adaptasyonu sağlanmış ve optimize edilmiş konum sensörleridir. Bu sensörler silindirlerin üzerine ya doğrudan veya montaj kitleri aracılığı ile monte edilirler. Yaklaşım sensörü, tahrik elemanının pistonuna kalıcı mıknatıs elemanı monte edildikten sonra çalışır.

Yaklaşım sensörleri silindirin üzerine mekanik olarak ayarlanır ve istenilen konuma kilitlenir. Silindirin pistonu bu konuma döner dönmez anahtarlama sinyalinin durumu değişir.

5.9 Selonoid Bobinli Valf

173016 / MEBH



Şekil 7.40 selenoid bobinli valf

Gerilimler: 24 V DC, 110 veya 230 V AC

Özellikleri

- Pnömatik veya mekanik yay dönüşlü
- Yardımcı el kumandalı
- 2-10 valf arası için tekil veya manifold montajlı
- Seri alt montaj pleytleri kullanarak sayısız valf eklenebilir
- Fi şablonu DIN 43650 tip C' ye uygun (EB solenoid)
- Düşük güç tüketimi

Not

Basınçlı havayı yağlamak için sadece viskozite sınıfı 32 ile uyumlu yağlar kullanılabilir.

Yardımcı el kumanda aracı, kilitlemelidir.

5.10 Filtre Regülatörü

159635 / LFR



Şekil 7.41 Filtre regülatörü

Sağlam, her yerde kullanılabilir şartlandırıcı birimleri. Filtre ve mikro-filtre kademeleri (40 - 0.1 μm arası) için sayısız seçenekler. Bütün varyasyonlar üç ölçüde toplanmıştır: mini (1700 l/dak), midi (3500 l/dak) ve maxi (11,500 l/dak).

Varyasyonlar ve fonksiyonları:

- Filtre (5 μm , 40 μm)
- Mikro filtre (1 μm , 0.01 μm)
- Yağlayıcı
- Manifold
- Manuel, elektrikli ve pnömatik uyarılı soft-start valfleri
- Pnömatik uyarılı emniyetli yol verme valfi
- Çek valfli veya çek valfsiz hava dağıtım modülü
- Geri dönüş akışı artırılmış regülatör (mini, midi)
- Bütün regülatörler için kilitleme düzeni

- Bütün regülatörler için kilitleme düzeni E11' de (AMI için)
- Kapatılabilir regülatörler (basınç bölmeleri)
- Diyaframlı hava kurutucusu
- Temel fonksiyonlar için daha büyük bağlantı ölçüleri (mega 1 - 2 LR, LF, LOE, FRM)
- Temel fonksiyonlar için daha küçük bağlantı ölçüleri (mikro M5 ve 1/8 LR, LF)

5.11 Tek yön Kısma Valfi

162965 / GRLA



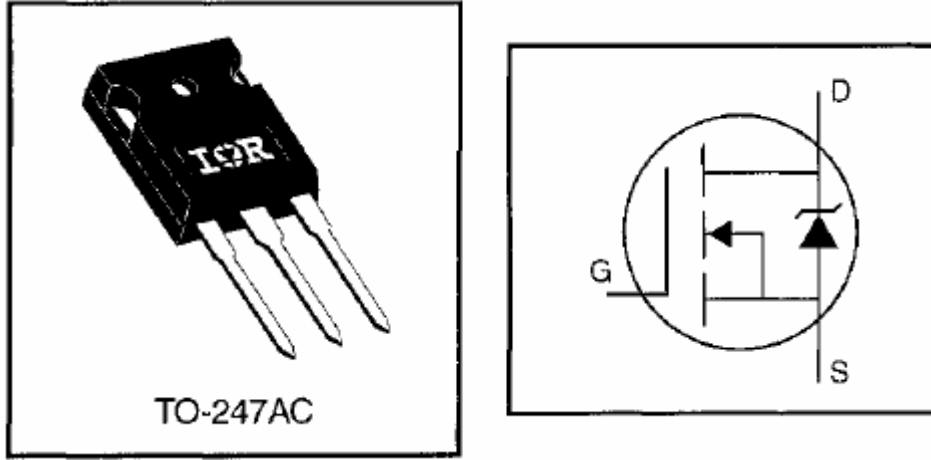
Şekil 7.42 Tek yön kısma valfi

Boşaltma hattını denetleyen tek yön akis denetim valfleri, çift etkili silindirlerin çıkış hattı hava debilerini ayarlamak için kullanılır. Ters akis yönünde hava çek valfin üzerinden kısıtlanmadan geçer.

Denetlenmeyen basınçlı hava hattı ve denetlenen egzost hattı pistonu hava yastıklarının arasında tutar (yük farklılıklarında bile hareketi düzenli kılar).

Optimize edilen performans karakteristikleri ile hassas akis denetim valfleri (-LF) düşük hızlar için kullanılır.

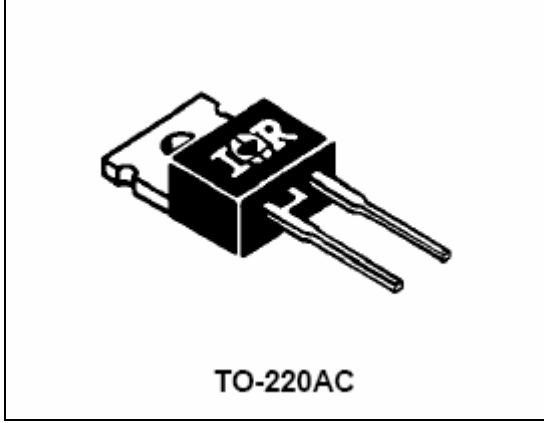
Ek6 DC sürücü Devresi Elemanları



Şekil 7.43 IRFP064 güç mosfeti şekli

Tablo 7.6 IRFP064 güç mosfeti maximum değerleri

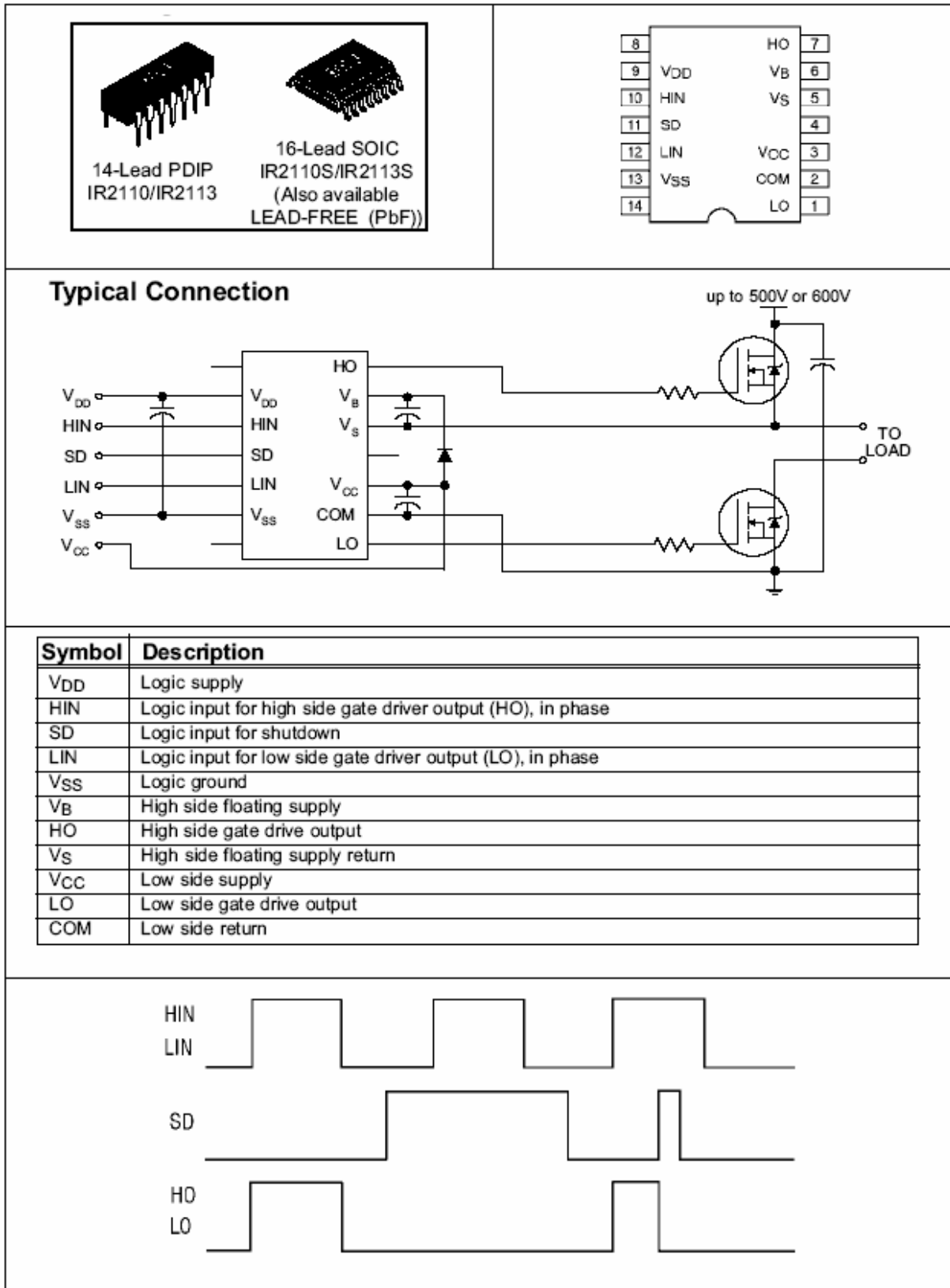
Karakteristik	Max.	Brim
$I_D, T_C = 25^\circ\text{C}$	70*	A
$I_D, T_C = 100^\circ\text{C}$	70	A
I_{DM}	520	A
$P_D, T_C = 25^\circ\text{C}$	300	W
	2.0	W/°C



Şekil 7.44 20ETF02 hızlı diyot

Tablo 7.7 20ETF02 hızlı diyot maximum değerleri

Karakteristik	Max.	Birim
I_F (AV) Sinüsoidal	20	A
V_{RRM}	200 den	V
I_{FSM}	300	A
V_F , 10 A , $T_J = 25^\circ\text{C}$	1.2	V
T_{rr} , 1A , $100\text{A}/10^{-6}\text{s}$	60	ns
T_J	-40 dan	$^\circ\text{C}$



Şekil 7.45 IR2110 sürücü entegresi

ÖZGEÇMİŞ

Adı soyadı	Hüseyin Ayhan YAVAŞOĞLU	
Doğum tarihi	29.02.1980	
Doğum yeri	BORNOVA	
Lise	1994-1998	Bodrum Süper Lise
Lisans	1998-2003	Yıldız Üniversitesi Elektrik Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü Kontrol ve Kumanda Anabilim Dalı
Staj ve iş tecrübesi	TERMİK SANTRAL, Yeniköy Elektrik Üretim A.ş (Genel Stajı) 2000 BOSH- SIMEMENS Profilo Elek. Ger. San. A.Ş (Meslek Stajı) 2001 DIZAYN Teknik PLS Boru (Meslek Stajı) 2002 TUNCSEMI Semiconductor Technologies ltd. (Field Application Engineer) 2004-2005	