

34798



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PROGRAMLANABİLİR LOJİK  
KUMANDA CİHAZLARI  
VE  
ENDÜSTRİYE UYGULANMASI

34798

Elek.Müh. Engin ÖZDEMİR

F.B.E. Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalında  
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Hacı BODUR

İSTANBUL, 1994

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

## İÇİNDEKİLER

	SAYFA
	NO
İÇİNDEKİLER .....	III
TEŞEKKÜR .....	VI
TÜRKÇE ÖZET .....	VII
İNGİLİZCE ÖZET .....	VIII
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Tarihçe .....	2
1.2. PLC Fonksiyonları .....	4
1.3. PLC'lerin Avantaj ve Dezavantajları .....	5
1.3.1. PLC'lerin Avantajları .....	5
1.3.2. PLC'lerin Dezavantajları .....	8
1.4. PLC'lerin Uygulamaya Konulmasındaki Aşamalar ...	9
1.5. PLC ile Klasik Sistemlerin Karşılaştırılması ...	10
1.6. PLC ile Bilgisayarlı Denetimin Karşılaştırılması .....	11
2. PLC'LERİN TEMEL ESASLARI .....	13
2.1. Giriş .....	13
2.2. Genel Karakteristikler ve Sistem Yerleşim Düzeni .....	16
2.3. Lojik .....	17
2.4. PLC Donanımı .....	21
2.5. PLC'ler Arası İletişim .....	23
2.5.1. Paralel ve Seri İletişim .....	23
2.5.2. Yerel Alan Şebekeleri .....	25
2.5.3. Şebeke Cevap Süresi .....	26
3. YAPI VE İŞLETİM .....	28
3.1. Giriş .....	28
3.2. PLC'nin Dahili Yapısı Ve İşletimi .....	28
3.3. Bellek .....	29
3.3.1. Bellekle ilgili Tanımlar .....	30
3.3.2. Bellek Saklama Kapasitesi .....	31
3.3.3. Bellek Haritası .....	31
3.4. Program Terminali .....	32
3.5. Merkezi İşlem Ünitesi (CPU) .....	33
3.5.1. Kaydediciler (Registers) .....	33
3.5.2. Karakter Kaydedicileri .....	34
3.5.3. Yardımcı Röleler .....	34
3.5.4. Ötelemeli Kaydedici .....	34
3.5.5. İkili (Binary) Sayıcı .....	35
3.6. PLC İşletim Sistemi .....	35
3.6.1. Tarama Hızı .....	36
3.6.2. Faz Hatası .....	37
3.6.3. Cevap Süresi .....	38
3.7. Güç Kaynağı .....	38

4.	GİRİŞ/ÇIKIŞ ARABİRİMLERİ .....	40
4.1.	Giriş .....	40
4.2.	Ayrık Giriş/Çıkış Arabirimi .....	41
4.3.	Sözcük Temelli Veri Giriş/Çıkış Arabirimi .....	43
4.4.	Analog Giriş/Çıkış Arabirimi .....	43
4.5.	Özel Giriş/Çıkış Arabirimi .....	44
5.	DIJİTAL ARABİRİM ELEMANLARI .....	46
5.1.	Giriş .....	46
5.2.	Dijital Giriş Elemanları .....	46
5.2.1.	Mekanik Anahtarlar .....	46
5.2.2.	Transistör Anahtarlar .....	47
5.2.3.	Yaklaşım Anahtarları (Proximity Switch) .....	48
5.2.4.	Opto-Elektronik Dedektörler .....	49
5.2.5.	Kodlayıcılar (Encoders) .....	51
5.2.6.	Sıcaklık Anahtarları .....	53
5.2.7.	Basınç Anahtarları .....	54
5.3.	Dijital Çıkış Elemanları .....	54
5.3.1.	Selenoidler .....	55
5.3.2.	Kontaktör .....	55
5.3.3.	Katı Hal Rölesi .....	56
6.	ANALOG ARABİRİM ELEMANLARI .....	57
6.1.	Giriş .....	57
6.2.	Dijital Analog Dönüştürücüler (DAD) .....	57
6.3.	Analog Dijital Dönüştürücüler .....	59
6.4.	Çoklayıcılar (Multiplexers) .....	60
6.5.	Aradevreler .....	60
6.6.	Analog Dönüştürücüler .....	63
6.6.1.	Potansiyometreler .....	63
6.6.2.	Doğrusal Değişebilir Diferansiyel Transformatör .....	64
6.6.3.	Termokupl .....	65
6.6.4.	Genleşme Ölçer .....	66
7.	PLC PROGRAMLAMASI .....	68
7.1.	Giriş .....	68
7.2.	Merdiven Programlama .....	68
7.3.	Boolean Dili .....	71
7.4.	Fonksiyon Blokları .....	73
7.5.	İngilizce Bildirim Kullanılan Diller .....	74
8.	MERDİVEN PROGRAMI OLUŞTURMA .....	75
8.1.	Giriş .....	75
8.2.	Merdiven Diyagram .....	76
8.3.	Çok Katlı Paralel Çıkışlar .....	79
8.4.	Mühürleme .....	79
8.5.	Zamanlayıcılar (Timers) .....	80
8.6.	Sayıcılar (Counters) .....	83
8.7.	Ötelemeli Kaydedici .....	85
8.8.	Ana Kumanda Rölesi .....	87
8.9.	Atlama (Jump) Fonksiyonu .....	87
8.10.	Alt Programlar .....	88
8.11.	Aritmetik Fonksiyonlar .....	89
8.12.	Giriş/Çıkış Fonksiyonları .....	89

9.	UYGULAMA ÖRNEKLERİ .....	90
9.1.	Giriş .....	90
9.2.	Bir Pnömatik Pistonun Hareketi .....	91
9.3.	Bir Zamanlayıcı ile Pistonun Periyodik Hareketi .....	93
9.4.	Üç Pnömatik Pistonun Ard Arda Sıralaması .....	95
9.5.	Çalış Dur Motor Kontrolü .....	98
9.6.	Motor Hız Kontrolü .....	100
9.7.	ON/OFF Sıcaklık Kontrolü .....	102
9.8.	Orantılı Sıcaklık Kontrolü .....	104
10.	PLC İLE TİPİK ENDÜSTRİYEL UYGULAMALAR .....	109
10.1.	Giriş .....	109
10.2.	Sayma ve Gruplandırma .....	109
10.3.	Robot Kolu Kontrolü .....	111
10.4.	Eleme Makinası .....	114
10.5.	Üretim Hattı Kontrolü .....	115
11.	BİR ENDÜSTRİYEL ROBOTUN PLC İLE KONTROLÜ VE TASARIMI .....	119
11.1.	Giriş .....	119
11.2.	Robot Kontrol Şeması .....	119
11.3.	Robot Kontrol Sisteminin Oluşturulması .....	121
11.4.	Robot Kontrolü PLC Programı .....	123
	SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	127
	YARARLANILAN KAYNAKLAR .....	128
	EKLER .....	129
	ÖZGEÇMİŞ .....	131

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans bitirme tezimde büyük özveri ile kendi bilgi ve yardımlarını benden esirgemeyen Y.T.Ü. Elektrik Mühendisliği Bölüm Başkan Yardımcısı Yrd.Doç.Dr. Hacı Bodur hocama teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

İstanbul, Haziran, 1994

Engin Özdemir

## ÖZET

Bir programlanabilir lojik kumanda cihazı (PLC), birçok tipte çeşitli güçlüklerde kontrol fonksiyonlarını gerçekleştiren kullanıcı dostu elektronik bir bilgisayardır. PLC, bilgisayar kullanımında usta olmayan bir kişi tarafından da programlanıp işletilebilir. PLC, açılıp kapanan bir sistemle işletilebildiği gibi değişken çıkış gerektiren bir sistemle de çalıştırılabilmektedir.

Birinci bölümde, PLC tanımı yapılmaktadır. Röle lojik ve bilgisayarlı sistemlerin bugün kullanılmakta olan PLC'lere kadar tarihsel gelişimi anlatılarak kontrol sistemlerinde PLC kullanımının avantaj ve dezavantajları açıklanmaktadır. İkinci bölümde PLC yerleşim düzeni, PLC kontrolündeki lojik prensipler ve PLC arasındaki bilgi alışverişini sağlayan iletişim arabirimlerinden bahsedilmektedir. Üçüncü bölüm, PLC iç yapısı ve işletimi ile iç yapı bloklarını içermektedir. Dördüncü, beşinci ve altıncı bölümlerde ise giriş çıkış arabirim tipleri ile giriş çıkış elemanı olarak kullanılan aygıtlar tanıtılmaktadır. Yedinci bölümde PLC programlama metodları açıklanmaktadır. Sekizinci bölümde ise kullanımı en kolay olan merdiven programlamadan bahsedilmektedir.

Son üç bölüm ise PLC'nin tipik endüstriyel uygulamaları ile ilgilidir. Dokuzuncu bölümdeki program çözümleri hem merdiven diyagram olarak hem de BASIC program olarak verilmektedir. Onuncu bölümde tipik endüstriyel uygulamalar açıklanmaktadır. Son olarak da onbirinci bölümde tipik bir endüstriyel robotun PLC ile kontrolü geliştirilmektedir.

## SUMMARY

A programmable logic controller (PLC) is a user-friendly electronic computer that carries out control functions of many types and levels of complexity. It can be programmed, controlled, and operated by a person unskilled in operating computers. The PLC can be operated on the input side by on/off devices or by variable input devices.

In the first introductory chapter, it is mentioned that what a PLC is. It is then discussed the evolution of relay logic and computer systems into the present day PLCs. It is also listed and discussed some advantages and disadvantages of using PLC over control systems. In second chapter, system layout of a PLC, logic principles which is used to control a PLC, and communication interfaces to transfer information between PLCs are mentioned. Third chapter cover internal structure and operation of a PLC. It also cover parts of main body of a PLC. In fourth, fifth, and sixth chapter, types of input and output interfaces and equipments that are using as input and output devices are explained. In seventh chapter, programming methods are described. Ladder programming, which is very easy to learn for unskilled person, is shown in eighth chapter.

Last three chapter, are concern with how PLCs are used in typical basic and industrial applications. In ninth chapter, programming solutions are expressed as ladder and BASIC programs. Typical industrial applications are discussed in tenth chapter. Finally, in eleventh chapter, a typical industrial robot control by using PLC is developed.

## 1. GİRİŞ

Kumanda devreleri, ister kontaktör gibi klasik yöntemler ile, isterse transistör, tristör, entegre gibi elektronik elemanlarla yapılmış olsun yeni kumanda devreleri için yeni devre bağlantılarına gerek gösterirler. Örnek olarak otomobil üreten bir fabrika düşünülecek olursa, yeni model otomobil için, kumanda devrelerinin yeniden dizayn edilmesi ve montajının yapılması gerekir. Bu da üretimin durması ve maliyetin yükselmesi demektir [1].

Bu dezavantajların ortadan kaldırılmasına yönelik çalışmaların sonucunda programlanabilen kumanda fikri ortaya çıkmış ve bugün "Programlanabilen Lojik Kumanda Cihazları" (Programmable Logic Controllers=PLC) denen elemanlar endüstride çok yaygın bir biçimde kullanılmaya başlamıştır. Bu sayede, kumanda devresi bağlantıları, sadece cihazın tuşlarına basılarak değiştirilip, devreler bilgisayar programları olarak saklanıp, istenirse tekrar kullanılabilir.

Zaman rölesi, sayıcı, yardımcı röle vs. gibi kumanda elemanları ise cihazın içerisinde, çok sayıda ve yarıiletken gereçlerden oluşmaktadır [7].

Özellikle son yıllarda ülkemizde yeni kurulan fabrika ve tesislerinde görülen PLC'ler, imalatçı firmalara göre, programlama ve bağlantılar yönünden bazı farklılıklar göstermektedir. Bu çalışmada, konulara göre birkaç firmanın ürettiği PLC'lere göre hazırlanmış bilgiler bulunmaktadır. Ancak herhangi bir PLC ile çalışan bir kişinin, diğer tip

PLC'yi kullanabilmesi çok kolay hale gelmektedir [7].

### 1.1. Tarihçe

Kontrol devrelerinde röle, entegre gibi elemanların kullanımı, bunların avantaj ve dezavantajları bilinmektedir. Kontrol devresi ister rölelerle, isterse entegre devrelerle yapılmış olsun, başka bir kumanda devresinin yapımı için devre bağlantılarının yeniden yapılması gerekir [7].

1960 senesinde, yüksek verimlilik, güvenilirlik ve yeni devreler için yeni bağlantılara gerek göstermemek gibi üstünlükleri sebebiyle, bilgisayarlar kullanılmaya başladı. Bu da beraberinde endüstride otomasyonu ortaya çıkardı[7].

Bilgisayarlar ve mikroişlemciler ile yapılan kontrol işlemi, yüksek fiyat, programların karışıklığı, bilgisayar teknolojisi için gerekli eğitilmiş eleman eksikliği gibi dezavantajları ortaya koydu [7].

1965'lerde, bilgisayar teknolojisi ile klasik kumanda devreleri röle-kontaktör karışımı programlanabilen kumanda ve buna bağlı olan programlanabilir lojik kumanda cihazı (PLC) yapım fikri ortaya çıktı. Bu düşünce ile "Mekanik Döner Anahtarlama Tamburu" gibi bazı uygulamalar yapıldı [7].

Otomobil endüstrisindeki seri üretim hatları kontrol sistemlerinde, her bir yeni model otomobil için yeni bir kontrol sistemi gerekliliği, ilk programlanabilir kumanda fikrinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. 1969 senesinde, klasik kumandanın elektronik karşılığı olan ilk PLC yapılmıştır. Sonuç olarak ortaya çıkan cihazlar, sadece rölelerin yerini alamaktan çok öteye gidebilmelerine rağmen

uygulama alanları, tekrarlı işlemler yapan makina ve süreçlerle sınırlı kaldı. Çünkü bunlar sadece açık/kapalı denetim yapabilecek yetenekte idiler [7].

1970-74 arasında mikroişlemci teknolojisindeki ilk gelişmelerle birlikte PLC'lerin esnekliği ve akıllılığı daha da arttı. Operatörlerle etkileşim, aritmetik işlem, veri üzerinde işlem ve bilgisayarlarla iletişim gibi yetenekler ortaya çıktı [10].

Yazılım açısından kaydedilen gelişmeler arasında ise BASIC gibi dillerin bazı denetleyicilerde kullanılabilmesi, teşhis (diagnostik) olanaklarının ortaya çıkması sayılabilir.

Geçmişte kaydedilen bu hızlı gelişmelerin gelecekte de sürmesi doğaldır. Donanım açısından beklenebilecek gelişmeler arasında kalıcı RAM bellek, çeşitli PLC'lerle kullanılacak programlama birimleri, çeşitli marka PLC'ler arasında iletişim, fiber optik iletişim arabirimleri ve daha hızlı tarama sayılabilir. Yazılım açısından ise daha ileri düzeyde kullanıcı tarafından tanımlanan konuşma türü diller, değişik dillerden anlayabilen PLC'ler, veri toplama ve raporlama yazılım paketleri beklenen gelişme alanlarıdır [5].

Gelecekte denetim filozofisi açısından da bazı gelişmelerin olması kaçınılmazdır. Denetim stratejisinin merkezi olmak yerine dağıtılmış bir biçimde olması, PLC'lerin robotlar, nümerik denetim ve CAD/CAM sistemleri ile birlikte tümleşik bir biçimde kullanılması, birden fazla PLC'nin hiyerarşik bir düzen içinde birlikte çalışması beklenebilecek gelişmeler arasında sayılabilir [5].

## 1.2. PLC Fonksiyonları

Bütün PLC'ler birer bilgisayardır. Fakat bütün bilgisayarlar PLC değildir. PLC'ler, üretimin yapıldığı tozlu, kirli ve elektriki gürültülü ortamlarda çalışacak şekilde dizayn edilmektedirler. Bununla birlikte, farklı bir programlama dili, arıza bulma ve bakım kolaylıklarının olması gibi özellikleri ile bilgisayarlardan farklıdırlar. Bilgisayarların arıza ve bakım servisleri ile programlama dillerinin öğrenilmesi için özel bir eğitime gerek vardır. PLC programlama dili, klasik kumanda devrelerine uygunluk sağlayacak şekildedir. Bütün PLC'lerde hemen hemen aynı olan, ve, veya, değil gibi Boolean ifadeleri kullanılır. Programlama, klasik kumanda sistemini bilen birisi tarafından kolayca yapılabilir. PLC'ler 0°-60°C ortam sıcaklıklarında, nem oranı %0 ve %95 arasında olan ortamlarda çalışabilmektedir [7].

Büyük çaplı kontrol sistemleri için PLC, bilgisayar ve mikroişlemcilerin kullanılması, 10 adet veya daha az röle-kontaktör elemanından oluşan kontrol devrelerinde de klasik kumanda devrelerinin kullanılması daha avantajlı ve gereklidir [7].

Sonuç olarak, küçük ve orta büyüklükteki her türlü kumanda sisteminde, küçük yapılı, yüksek güvenilirlikli ve değişken (fleksibil) beyinli PLC'ler otomasyon üretiminin vazgeçilmez bir elemanı olmaktadır [7].

### 1.3. PLC'lerin Avantaj ve Dezavantajları

#### 1.3.1. PLC'lerin Avantajları

PLC kullanımının avantajları şöyle sıralanabilir.

- Esneklik: Geçmişte, her bir farklı elektronik kontrollü üretim makinası kendine ait bir kontrolör gerektirmekteydi (15 makine 15 farklı kontrol cihazı gerektirmektedir. Bir PLC kullanılacak olursa 15 makineden herhangi birini çalıştırmak mümkündür. PLC, kontrolü altındaki 15 makinanın herbirinin, kendine ait ayrı bir alt programı vardır.

- Hataların düzeltilmesi ve değişikliklerin yapılması:

Kablolu ve röleli bir panel ile kontrol sistemi değişikliği, panelin ve elemanların kablolarının yeniden döşenmesi için belli bir zaman alır. Bir PLC programı ile değişiklik, klavye ile birkaç dakika alır. PLC kontrollü sistemler için, kablo değişikliği gerekmez. Ayrıca, bir program hatası kolayca ve kısa sürede düzeltilebilir.

-Çok sayıda kontak: PLC programı içindeki her bir bobin için, birçok sayıda kontağa sahiptir. Örneğin, 4 kontağı olan ve hepsini kullanan geleneksel röleli bir panel için fazladan üç kontak gerektiren bir değişiklik, yeni bir röle eklenmesi nedeniyle zaman gerektirir. Oysa bir PLC kullanımı ile, bu değişiklik, klavye ile üç yeni kontak çizimi gerektirir. Üç yeni kontak, PLC içinde hazırdır. Gerçekten de yüz kadar kontak bir röle için kullanılabilir (Eğer yeterli hafıza ayrılmış ise).

- Düşük fiyat: Teknolojinin gelişmesi, daha çok fonksiyonun daha küçük ve daha ucuz olarak bir gövde üzerinde

yekpare üretimini mümkün kılmaktadır. Sadece birkaç bin dolara, çok sayıda röle, zamanlayıcı, sayıcı, sıralayıcı, ve diğer fonksiyonları içeren bir PLC satın alınabilmektedir.

- Pilot çalıştırma: Programlı bir PLC devresi, büroda veya laboratuvarında önceden çalıştırılıp değerlendirilebilir. Program, kağıda dökülebilir, test edilebilir, incelenebilir ve gerekli ise değişiklik yapılarak çok değerli olan fabrika zamanından tasarruf sağlanır.

-Görsel izleme: Bir PLC devre programı, işletim sırasında direkt olarak CRT ekrandan izlenebilir. Bir devrenin işlemesi sırasında lojik yollar enerjilendiğinde ekranda daha parlak hale gelir. Arıza arama, görsel izleme esnasında daha çabuk yapılır.

Gelişmiş PLC sistemlerinde, her bir arıza için bir işletme mesajı programlamak mümkündür. PLC tarafından arıza bulunduğu arıza tasviri ekranda görülür (örneğin, "Motor#7 Aşırı Yüklendi" ). Ayrıca gelişmiş PLC'ler her bir devre elemanının fonksiyonu da gösterebilir. Örneğin, diyagramdaki Giriş#1 tanımlama olarak "konveyör sınır anahtarı" olarak belirtilebilir.

- İşletim hızı: Rölelerin işletimi, oldukça fazla zaman alır. PLC programının işletim hızı oldukça yüksektir. PLC lojik işlemlerinin hızı, birkaç milisaniye olan tarama zamanı tarafından belirlenir.

- Merdiven veya boolean programlama metodu: PLC'nin programlaması merdiven diyagram formunda bir elektrikçi veya teknisyen tarafından da yapılabilmektedir. Alternatif olarak

dijital veya Boolean kontrol sistemleri ile çalışan bir PLC programcısında PLC programını gerçekleştirebilir.

- Güvenilirlik: Katı hal elemanları genellikle mekaniki veya elektriki röle ve zamanlayıcılardan daha güvenilirdir. PLC, oldukça yüksek güvenilirlikli eletronik elemanlardan meydana gelmektedir.

- Kontrol sistemi elemanlarını düzenleme kolaylığı: Röleli panellerin düzenlenmesinde örneğin 12 farklı satıcıdan 20 farklı röle ve zamanlayıcı gerekebilir. Unutulan bir parça olabileceği gibi teslimat tarihleride farklı olabilir. Halbuki, bir PLC ile tek bir ürünün teslimat tarihi bellidir. PLC ulaştığında bütün sayıcılar, röleler ve diğer elemanlar da ulaşmış olur. Röleli sistemlerde bir elemanın satın alınmasının unutulması, eleman alınana kadar kontrol sisteminin devreye alınmasının gecikmesi demektir. Bir PLC ile daha fazla röle kullanımı her zaman mümkündür (Yeterki PLC'de yeterince yedek eleman bulunsun).

- Dökümantasyon: Eğer gerekiyorsa bir PLC devresinin çıktısı bir kaç dakika içinde kağıda aktarılır. Uzaktaki dosyalarda devrenin ozalit şemasını aramaya gerek yoktur. PLC işleyen asıl devrenin şemasını bir kaç dakikada verir. Röleli paneller için, devre şemasını sık sık güncelleştirmek her zaman mümkün olmaz. Bir PLC ile devrenin o andaki şekli çıkartılır. Doğrulama için kablo takibinede gerek kalmaz.

- Güvenlik: PLC de program değişikliği, PLC tam programlanmazsa veya güvenlik kilitleri tam açılmazsa yapılamaz. Röle panellerinde dökümantasyon yapılmadan devre

değişikliği yapılabilir.

- Yeniden programlanabilme kolaylığı: PLC, çabucak yeniden programlanabildiği için, karışık üretim programları kolayca başarılıdır. Örneğin, bir montaj hattında A bölümü çalışıyor iken B bölümü arızalanabilir. B bölümünün işlemesi, makine içinde birkaç saniyede yeniden programlanabilir.

Bu 13 madde PLC kullanmanın bazı avantajlarıdır. Tabiki bireysel ve endüstriyel uygulamalarda daha başka avantajları da olabilmektedir [10].

### 1.3.2. PLC'lerin Dezavantajları

Aşağıdakiler PLC kullanmanın bazı dezavantajları veya alınabilecek önlemleridir [10].

- Yeni teknoloji: Bazı personelin fikirlerini, röleli sistemlerden, PLC bilgisayarına değiştirmek zordur.

- Sabit program uygulamaları: Bazı uygulamalar tek fonksiyonludur. Eğer gerek yoksa birçok program kabiliyetine sahip PLC kullanmanın bir yararı yoktur.

- Doğal nedenler: Yüksek ısı, titreşim gibi bazı işletim ortamları PLC elektronik elemanının çalışmasını etkilediği için kullanımı sınırlanmaktadır.

- Hatasız işletim: Röleli sistemlerde stop butonu devreyi elektriksel olarak keser. Eğer şebeke enerjisi kesilirse, sistem otomatik olarak durur. Dahası röleli sistem enerji tekrar geldiğinde yeniden çalışmaya başlamaz. Bu tabiki PLC'ye de programlanabilir, fakat PLC programları bir elemanı durdurabilmek için yine bir giriş gerilimine ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle PLC sistemleri hatasız (fail-safe)

değildir. PLC sistemine güvenlik röleleri eklenerek, bu dezavantajın da üstesinden gelinebilmektedir.

- Sabit devre işletimi: Eğer işletim sistem hiç değiştirilmeyecekse, mekanik tambur gibi sabit bir kontrol sistemi PLC'den daha ucuz olabilmektedir. İşlemlerde periyodik değişiklikler yapılacaksa PLC kullanımını daha etkin olmaktadır [10].

#### 1.4. PLC'lerin Uygulamaya Konulmasındaki Aşamalar

Herhangi bir işlemin veya işlemlerin kontrolü söz konusu olduğunda, ilk adım kontrol sisteminin tasarımı olmaktadır. Kontrol sisteminin tasarımından kastedilen, yapılacak sıralı işlemlerin belirlenmesi, sistemi oluşturacak tüm ekipmanların seçilmesidir. İlk adım olarak kontrol sistemi tasarımı yapıldıktan sonra kontrol şemasının çizimi yapılır. Bu şema, kontrol sistemi içinde yer alan tüm elemanların ve bunların birbirleriyle olan bağlantılarını göstermektedir [3].

Programlanabilir kumanda cihazlarının da kullanımında birinci ve ikinci adımlar aynıdır. Sistem tasarımı yapıldıktan sonra yukarıda anlatıldığı gibi bir kontrol şeması çizilir. Her iki seçenekte de "Kontrol Şeması" kontrol sisteminin üzerine oluşturacağı temeli belirtmektedir.

Kontrol sisteminin belirlenmesinden ve kontrol şemasının çizilmesinden sonraki adım ise kontrol şemasında belirtilen tüm malzemelerin temin edilmesidir. Bu malzemelerden bazıları makina veya tezgah üzerine, bazıları da kontrol panelinin içine yerleştirilmektedir [3].

Programlanabilir kumanda cihazları kullanılarak

oluşturulacak bir kontrol sisteminde tezgah üstüne yerleştirilen tüm cihazlar yerini alır. Panel içi cihazlar ise çok farklıdır. Pek çok röle, zamanlayıcı, sayıcı yerine sadece bir adet PLC kullanılmaktadır. PLC, röleli kontrol sistemlerine ait tüm işlemleri ve özellikleri bünyesinde toplamaktadır [3].

Röleli kontrol sistemlerinde elektriksel bağlantıların kontrol şemasına uygun şekilde yapılması işçiliğin kalitesine bağlı olarak saatler hatta günlerce sürebilmektedir. Uzun zaman alan ve dikkat gerektiren bu işlem hem işçilik giderini artırmakta hemde hatalı bağlantı yapılması riskini ortaya çıkarmaktadır. PLC'nin kullanılması halinde ise, panel içine montaj süresi saatler değil dakikalarla ölçülebilecek düzeydedir. Zamanın kısalığının yanında daha az bağlantı yapılması nedeniyle hata oranının da düşmesi PLC kullanımının röleli kontrol sistemlerine nazaran önemli üstünlüğünü ortaya çıkarmaktadır [3].

#### 1.5. PLC ile Klasik Sistemlerin Karşılaştırılması

İşletmeciler arasında PLC sistemlerinin, donanımlı röle sistemlerine üstünlükleri hala tartışılmaktadır. Teknik olarak PLC üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir.

- Değişken kontrol sistemlerine ihtiyaç olan ortamlara çok kolay uyum sağlar. Bağlantıların ve sistemin değiştirilmesi çok kolaydır.

- Klasik sistemdeki röle, zamanlayıcı ve sayıcıların görevlerinin PLC tarafından yapılması yer problemini ortadan kaldırmaktadır.

- Daha az enerji harcar.
  - Çalışması çok hızlı olduğundan her türlü sistemde kullanılabilir.
  - Mekanik parçası olmadığından arıza oranı düşüktür ve bakım gerektirmez.
  - Sistemin kuruluş aşamasında görülen montaj hataları çok azdır.
  - Sistemin değiştirilmesinde veya sistemin genişletilmesinde ek donanıma ihtiyaç yoktur.
  - Projelendirmede zamandan tasarruf sağlar.
  - İstenildiğinde otomatik dökümantasyon olanağı sağlanarak sistem hakkında düzenli ve güvenilir bilgi edinilebilir.
- Tüm bu avantajlar ile birlikte küçük sistemler için maliyet yüksektir [3].

#### 1.6. PLC ile Bilgisayarlı Denetimin Karşılaştırılması

Bu karşılaştırmada da PLC'li sistemlerin bilgisayarlı denetime göre birçok üstünlükleri görülmektedir.

- PLC, fabrikaların çalışma ortamına göre (rutubet, titreşim, sıcaklık ve yüksek magnetik alan gibi) dizayn edilmektedir. Oysa bilgisayarlı denetim sistemlerinin çoğu bu ortamlarda çalışamayacak şekilde üretilmektedir.

- PLC donamın ve yazılım olarak fabrika ortamında çalışan kişilerin anlayabileceği şekilde basit olarak dizayn edilmektedir.

- PLC yazılımında, kolay anlaşılabilen ve genelde tüm teknisyenler tarafından bilinen merdiven dili kullanılmaktadır. Oysa bilgisayarlı denetim sistemlerinde her firmanın

ayrı bir yazılımı vardır ve bunların öğrenilmesi oldukça zordur.

Bugün günlük hayatımıza giren kişisel bilgisayarlar PLC'lere büyük yardımcıdırlar. Özellikle verilerin toplanmasında ve saklanmasında PLC'ye yardımcı olurlar. Ayrıca kişisel bilgisayarlar fabrika ortamında çalışan PLC'leri kontrol, takip ve olaylara müdahale için kullanırlar. Bu sebeple bu iki sistem birbirinden ayrılamaz [3].

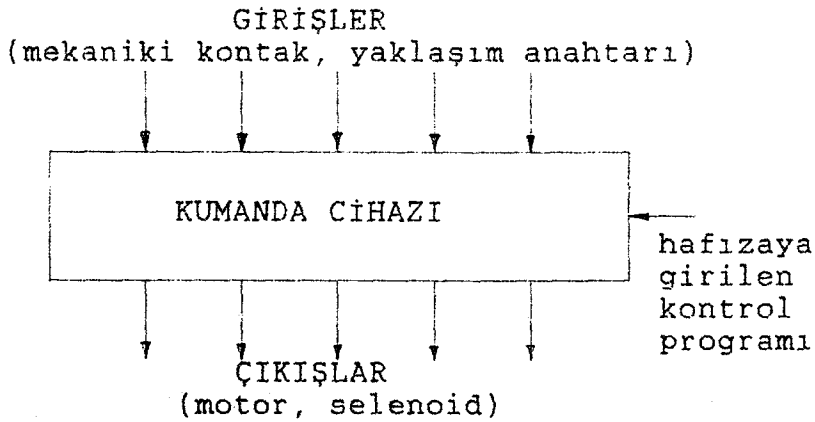


## 2. PLC'LERİN TEMEL ESASLARI

### 2.1. Giriş

"Lojik, sıralama, zamanlama, sayma ve aritmetik işlemler gibi makineleri kontrol eden özel fonksiyonları gerçekleştirmek ve komutları bellekte saklamak için programlanabilir bir belleği kullanan dijital elektronik cihaz" tanımı PLC için çok uygun bir tanımlamadır [2].

Şekil 2.1'de basitçe kontrol hareketinin nasıl başarıldığı gösterilmektedir. Giriş elemanları ve çıkış elemanları, makina veya işlemleri kontrol etmek için PLC'ye bağlanmıştır. Kullanıcı, program olarak bilinen komutları sıra ile PLC program belleğine girer. Kumanda cihazı, kullanıcının programına göre giriş ve çıkış anahtarlarının konumunu izler ve kontrol eder [2].



Şekil 2.1. PLC'nin kontrol hareketi [2].

Giriş veya çıkış elemanlarının bağlantılarını değiştirmeden yeni kontrol özellikleri eklenebilir veya eski yüklü program değiştirilebilir. Sonuçta, çok değişken veya çok

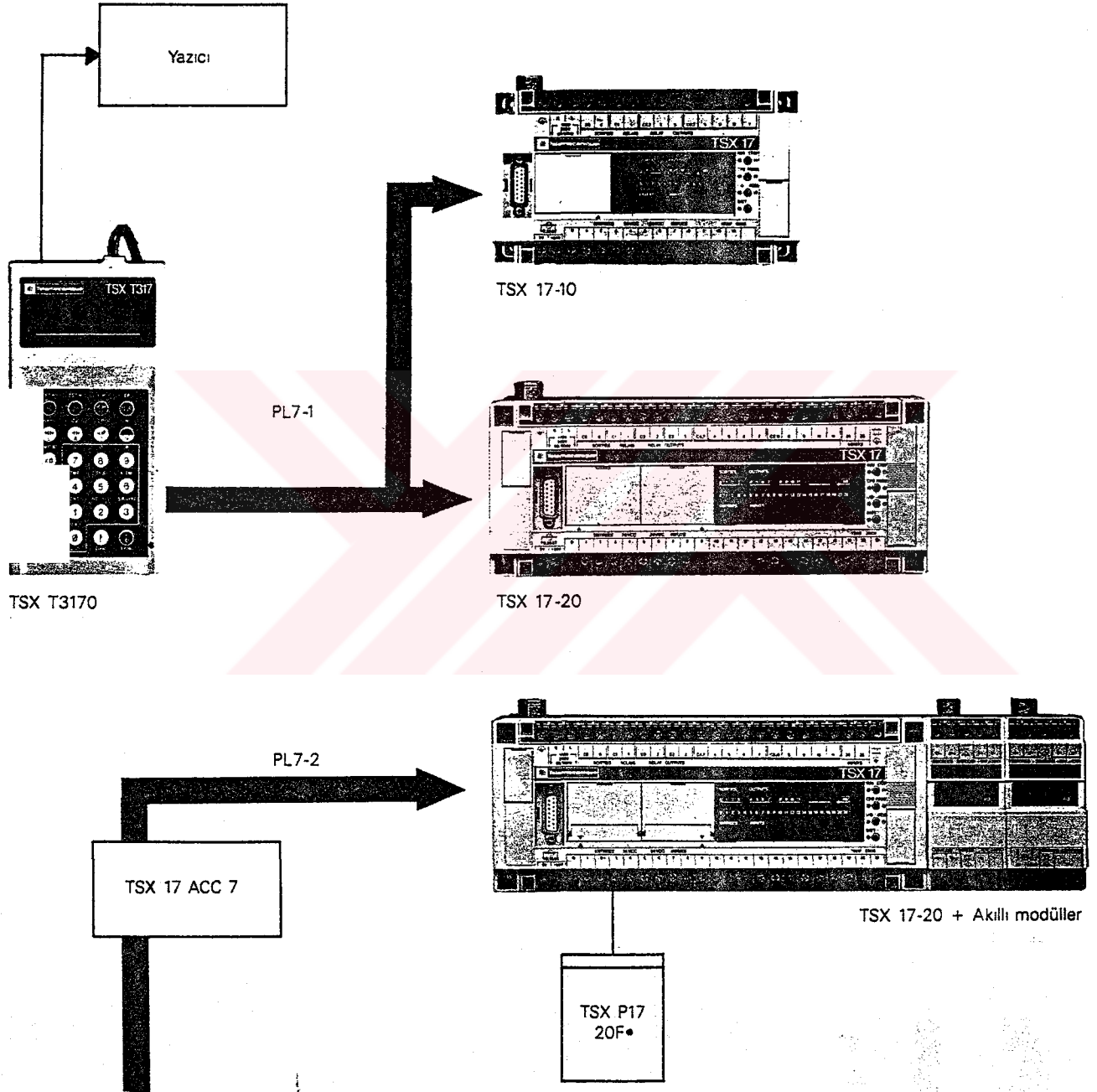
karmaşık kontrol görevlerini gerçekleştirebilen esnek bir sistem ortaya çıkar [2].

Şekil 2.2'de bazı tipik PLC modülleri görülmektedir. Ana ünite olarak adlandırılan PLC'nin esas kısmı, merkezi işlem ünitesi, program belleği, giriş çıkış için gerekli arabirimler ve programlama aracından meydana gelir. Merkezi işlem ünitesi, sistemin tüm işleyişini kontrol eder. Programlama aracı veya program terminali olarak adlandırılan ayrı bir ünite de, program belleğine komutları girmek için kullanılır.

PLC ismindeki lojik terimi, program giriş elemanı lojik sinyal gerektirdiğinden kullanılmaktadır.

PLC, birçok tipte çeşitli güçlüklerde kontrol fonksiyonlarını gerçekleştirebilen kullanıcı dostu bir elektronik bilgisayardır. PLC, bilgisayar kullanımında usta olmayan bir kişi tarafından da programlanıp işletilebilir. Esasen PLC, sistem hatlarını ve elemanlarını kendi içinde çizer. Bilgisayaradaki sonuç çizim, dış devrede kontrol işlemi için gerekli birçok kablo ve bağlantının yerini alır. PLC, açılıp kapanan bir sistemi işletebildiği gibi, analog çıkış gerektiren bir sistemi de çalıştırabilmektedir [2].

Röleli mantık sistemlerinde bilgili bir kişi, birkaç saat içinde önemli PLC fonksiyonlarında ustalaşabilir. Bu fonksiyonlar, bobinler, kontaklar, zamanlayıcılar ve sayıcılar vs. dir [2].



Şekil 2.2. Bazı PLC modülleri [2].

## 2.2. Genel Karakteristikler Ve Sistem Yerleşim Düzeni

PLC, aşağıdaki önemli karakteristiklere sahiptir.

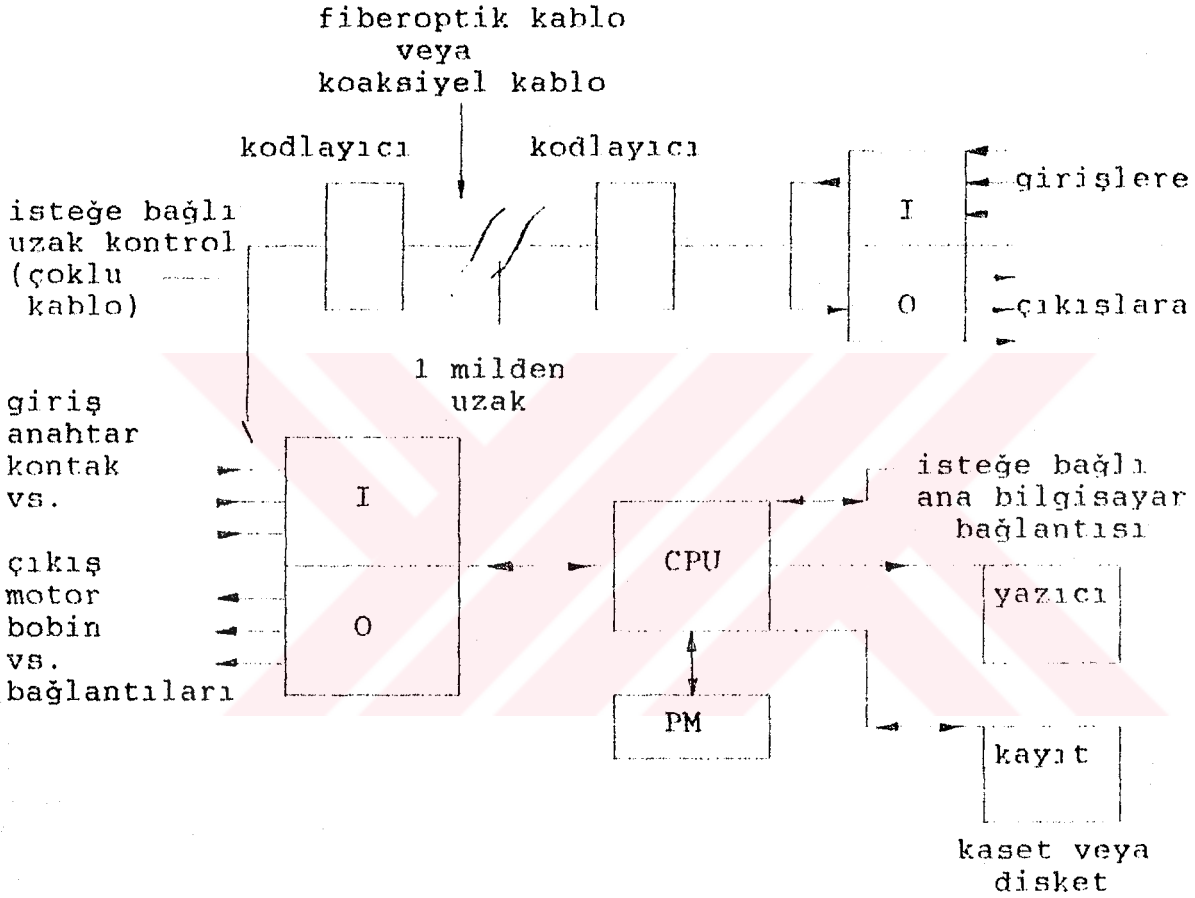
- Bilgisayar programcısı olmayan kişiler için kullanıcı dostu programlama,
- Oldukça düşük fiyat ve yekpare gövde,
- Değişken programlama kabiliyeti,
- Kesikli ve analog çıkış imkanı,
- Devre işleminin görsel izlenebilmesi,
- Yüksek hızlı katı hal işletimi ve yüksek güvenilirlik,
- Devre işletiminin yazılı çıktısı,
- İstenmeyen program değişikliği önlemesi için güvenlik kilidi,
- Devrenin kolayca değişimi,
- Simülasyon modunda pilot çalıştırma,
- Sabit program kullanımının ekonomik olmayışı,
- Doğal şartlara karşı hassasiyet.

Sekil 2.3'de gösterilen PLC'nin yerleşim düzeni aşağıda belirtilen bölümlerden oluşur.

- Merkezi İşlem Ünitesi (CPU)
- Program Monitörü (PM)
- Giriş/Çıkış Modülü (I/O)
- Yazıcı (Printer)
- Kaydedilebilir Kaset veya Disk
- İsteğe bağlı uzak birim ara bağlantıları
- İsteğe bağlı ana bilgisayar veya veri yolları

CPU, bütün bilgisayarlarda olduğu gibi sistemin merkezidir. CPU, üretici firma tarafından sabitlenen bir belleğe

sahiptir. Ayrıca bir de programlama bölümü ile fonksiyon ve veri saklamak için bir belleğe sahiptir. Bütün çevresel elemanlar, doğrudan CPU'ya bağlıdır. PLC işletim programı, program monitörü veya bir disket vasıtasıyla CPU'ya girilir [4].



Şekil 2.3. PLC sistem yerleşim düzeni ve bağlantıları.

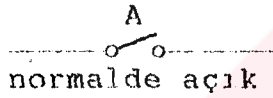
### 2.3. Lojik

Lojik sistemler iki durumlu olarak çalışır. Bu iki durum basit bir anahtarın açık veya kapalı pozisyonu gibidir. Alternatif olarak bir pünomatik valfin açık veya kapalı olmasında düşünülebilir [2].

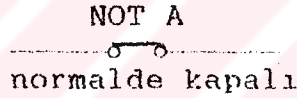
Lojik sistemlerde Boolean cebri kullanılmaktadır.

Bu, 19. Yüzyıldan sonra konuyu ilk geliştiren matematikçi Rev. George Boole'ün ismini almış lojik cebrinin bir formudur. Boolean cebri terimleri, basit bir anahtarın açık kapalı veya sıfır bir konumlarına karşılık gelir. Eğer bir anahtarı A harfi ile isimlendirirsek, anahtar kapalı iken  $A=1$  yazmak ve anahtar açık konumdayken  $A=0$  yazmak mümkündür. A harfi bir Boolean değişkeni olarak isimlendirilir [2].

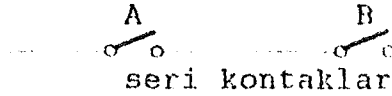
Şekil 2.4.(a)'da görüldüğü gibi tek kutuplu anahtarlar kontakları normalde açık olanlar ve kontakları normalde kapalı olanlar olmak üzere iki tiptedir. Eğer Boolean değişkeni A ifadesi normalde açık bir anahtarı göstermek için kullanılırsa, normalde kapalı bir anahtar gösterimi için NOT A veya  $\bar{A}$  ifadeleri kullanılır [2].



(a)

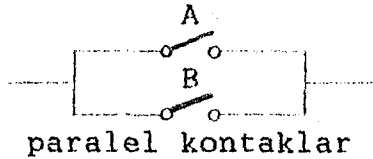


A	NOT A
0	1
1	0



(b)

A	B	A.B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



(c)

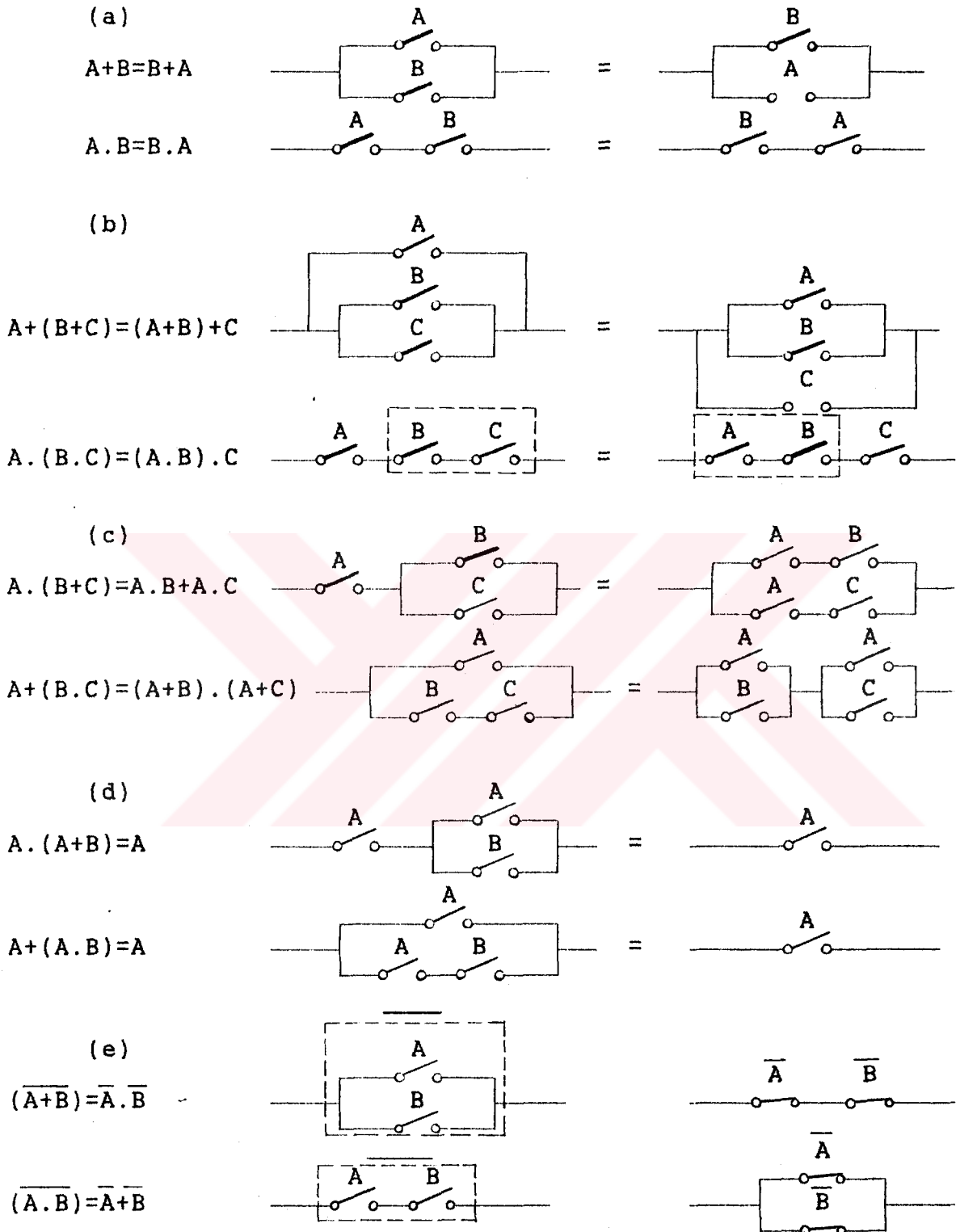
A	B	A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Şekil 2.4. Lojik (a)değil, (b)ve, (c)veya fonksiyonları.

NOTA doğruluk tablosu, A'nın tersidir. A'nın ve  $\overline{A}$ 'nın doğruluk değerleri, Şekil 2.4'de verilmektedir.

VE lojik fonksiyonu, Şekil 2.4.(b)'de görüldüğü gibi iki tane normalde açık tek kutuplu anahtarın birbirine seri bağlanmasıyla oluşan devre şeklinde tanımlanır. Devreden akım A ve B kapalı olduğunda yani  $A=1$  ve  $B=1$  olduğunda geçer. VE fonksiyonu için doğruluk tablosu, A, B, A.B işlemleri arasındaki ilişkiyi gösterir.

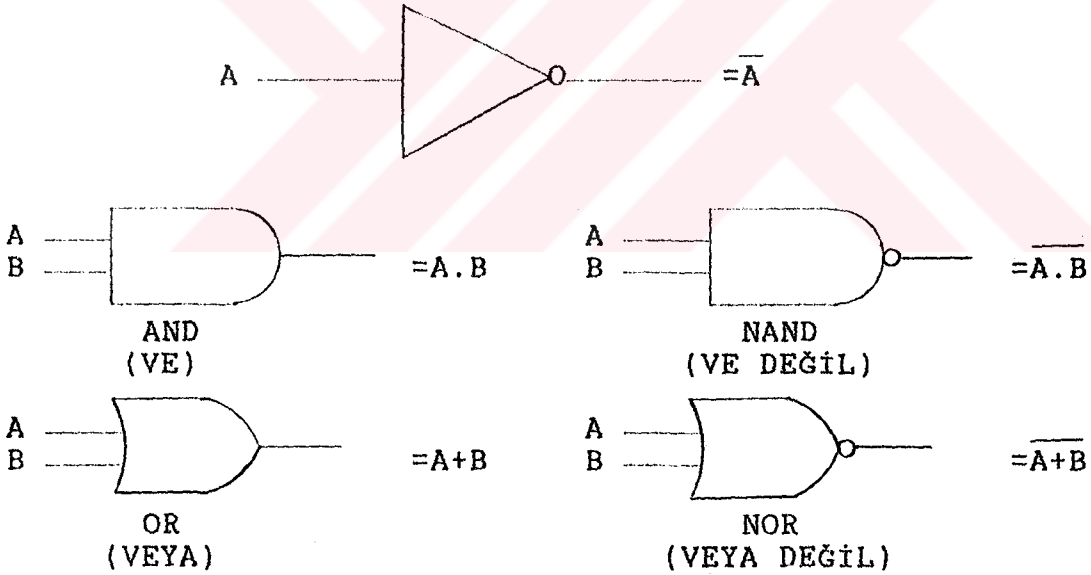
VEYA lojik fonksiyonu, Şekil 2.4.(c)'de görüldüğü gibi normalde açık kontaklı iki anahtarın paralel bağlanmasıyla oluşan devre şeklinde tanımlanır. Boolean cebri yasaları, anahtar devreleri için alternatif formları bulmamıza yardım eder. Alternatif formları, programı kolaylaştırmak veya gereksiz anahtarları elimine etmek için kullanılmaktadır. Şekil 2.5'de verilen özellikler lojik eşitlikler formundadır. Anahtar kontaktarı bakımından değişme özelliği (a)'da gösterilmiştir. Seri veya paralel bağlı normalde açık kontaktarın sırası sonucu etkilemez. Şekil 2.5.(b)'deki birleşme özelliğinde, üç normalde açık kontak içeren anahtar gruplamaları sonucu etkilemez [2].



Şekil 2.5. Boolean cebri (a)değişme, (b)birleşme, (c)dağılma, (d)ytma, (e)evirme özelliği.

Dağılma özelliği anahtar gösterimi, Şekil 2.5.(c)'dedir. Sağda ve solda çizilen düzenlemeler birbirinin aynıdır fakat sağdakiler A anahtarı için ekstra kontak içerir. Yutma özelliği gösterimindeki A anahtarı tek kumandalıdır, B anahtarına gerek yoktur. Şekil 2.5.(e)'deki evirme özelliği, Boolean fonksiyonu  $A+B$  (A VE B) ve  $A.B$  (A VEYA B)'nin evriğini vermektedir [2].

Anahtar kontakları ile ilgili özellikler, lojik elemanlardan kurulu lojik sistemede uygulanabilir. Örneğin, dijital elektronikte kapı olarak adlandırılan lojik elemanlardan kurulu entegre devrelerde. Bunlar Şekil 2.6'da lojik sembolleri ile verilmektedir [2].

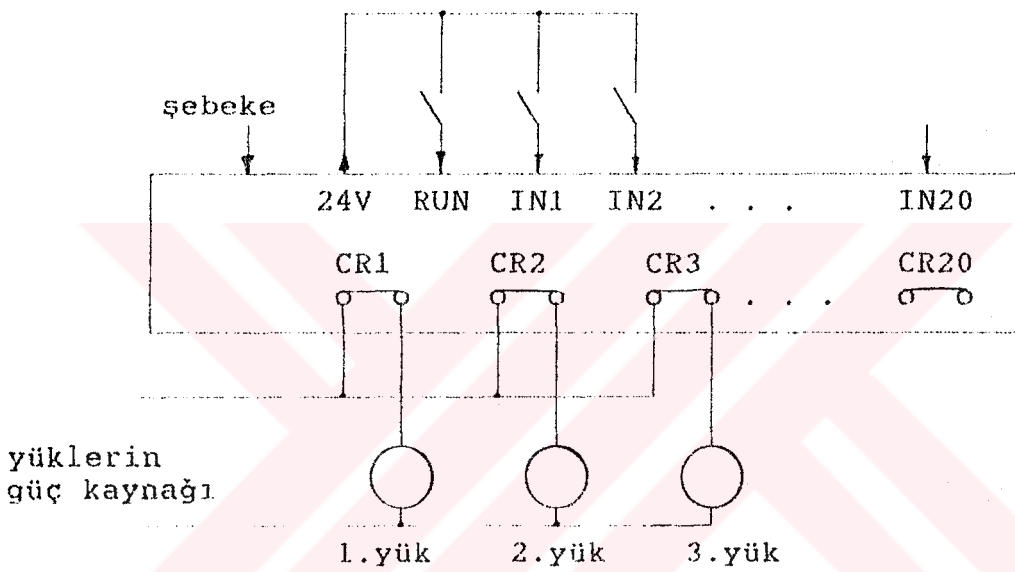


Şekil 2.6. Lojik kapı sembolleri.

#### 2.4. PLC Donanımı

Görüldüğü gibi anahtar lojik bir elemandır bu nedenle PLC'ye lojik sinyal sağlamak için kullanılabilir. Şekil 2.7. de bir ana ünite blok diyagramı görülmektedir. Herbir PLC

giriş 24 volt doğru gerilimi, PLC içinde ana şebeke geriliminden üretilir ve bağlı olan giriş elemanlarına uygulanır. Giriş hattına bağlanan anahtarlar, normalde açık veya normalde kapalı kontaklı tipte olabilir. Giriş enerjilendiğinde programa ve girişin konumuna göre uygun çıkış anahtarlanır [2].



Şekil 2.7. Ana ünite düzenlemesi.

Çıkış yükleri, PLC içindeki triyak, transistör veya röle kontakları üzerinden anahtarlanır. Röleler oldukça geniş kullanım alanına sahiptir. Şekil 2.7. ısıtıcı, motor ve selenoid gibi yüklerin röle kontakları ile nasıl bağlandığını göstermektedir. Röle kontaklarının maksimum akım taşıma değerlerinin aşılmasına dikkat edilmelidir. Büyük yük akımları için, PLC çıkış röleleri, katı hal rölesi (triyak) veya kontaktör gibi ikincil bir anahtarlama elemanını sürmek için kullanılır [2].

PLC üzerindeki giriş ve çıkış bağlantı noktaları

tanınabilsin diye teker teker numaralanır. Her üretici firma, giriş ve çıkış sayısına bağlı olarak kendi tanımlama sistemini kullanmaktadır. Kontaklara bağlı giriş noktaları, IN harfleri ile sınıflandırılır ve 1'den 20'ye kadar numaralanır. Çıkış noktaları, CR (Control Relay) harfleri ile sınıflandırılır ve yine 1'den 20'ye kadar numaralanır. Diğer bağlantı noktaları ise iletişim, yüksek frekanslı sinyaller ve analog sinyaller için kullanılmaktadır [2].

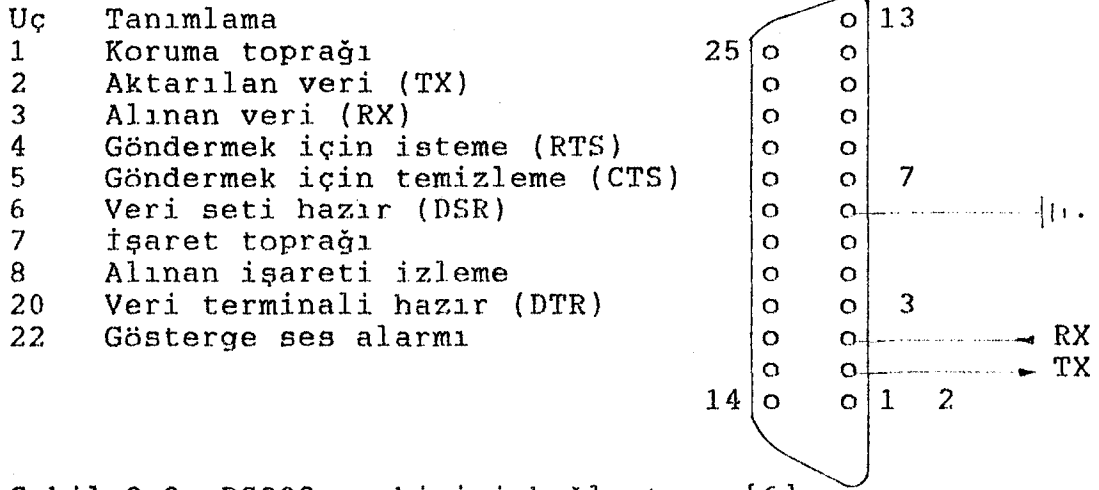
## 2.5. PLC'ler Arası İletişim

Otomatik kontrol sistemlerinde kullanılan PLC ve diğer cihazlar arasında bilgi aktarım ihtiyacı iletişim olanaklarının artması ile sonuçlanmıştır [6].

### 2.5.1. Paralel ve Seri İletişim

Paralel iletişim arabirimleri, verileri iletmek için genellikle 8 bit genişliğinde olan bir paralel taşıma hattı kullanırlar. Bunlar, verilerin kısa mesafelerde hızla iletilmesi için kullanılırlar. Çok kullanılan standart iki paralel iletişim arabirimi "Centronics" ve "IEEE-488" dir.

Seri iletişim arabirimi, bir bit veya veriyi aynı anda alıp iletebilir. Seri iletişim arabirimleri verileri uzak mesafelere iletmek için kullanılmaktadır. En genel amaçlı standart seri bağlantı birimi RS232 dir. RS232 ara-birimi Şekil 2.8'de görüldüğü gibi 25 uçlu bir fişdir. Minimum kablo bağlantısı 2,3 ve 7 nolu uçları kullanarak oluşturulur. Lojik 1 -12V ile lojik 0 ise +12V ile temsil edilir. İletim mesafesi yaklaşık 15 metredir [6].



Şekil 2.8. RS232 arabirimi bağlantısı [6].

RS232 kullanılarak çeşitli iletişim işlemleri gerçekleştirilebilir. Ancak kullanılan her iki cihazda aşağıda verilen değerleri içermelidir.

1. Birim darbe oranı: Bu değer, seri arabirimin işletim hızıdır. Yaklaşık olarak her saniyede iletilen ve alınan bit sayısına eşittir. Standart birim darbe oranları, 75, 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800 ve 9000 birim darbedir.

2. Bit sayısı: İletilebilen bir verinin uzunluğudur.

3. Parite: Parite, verinin bozulup bozulmadığını kontrol etmek için isteğe bağlı olarak eklenen bittir. Parite biti, verideki bitlerin sayısının tek veya çift olmasına göre 0 veya 1 değerini alır.

4. Durdurma bit: Verilerin sonuna eklenen bitlere durdurma biti denir. Bir veya iki bit seçilebilmektedir.

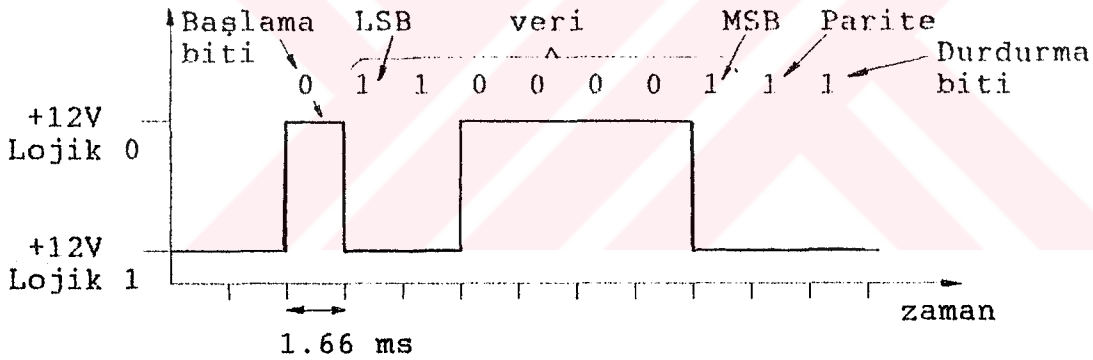
5. Çift yön: Bilgi iletiminin her iki yönde de mümkün olduğu haberleşme sistemidir.

6. Akış kontrol: İki cihaz arasındaki veri alışverişini kontrol etmenin en kolay yolu birim darbe oranını sabit

tutmaktır. Alternatif olarak yazılım ve donanım yöntemleri de kullanılabilir [6].

Şekil 2.9'da tipik bir RS232 sinyali görülmektedir. Veriler 600 birim darbede iletilir. Her bir bit 1/600'e eşit olan 1,66 ms de temsil edilir. RS232 ile gönderilen veriler ASCII (Bilgi Aışverişı için Standart Amerikan Kodu) kodu ile kodlanır. ASCII kodu, verileri 7 bitlik formda kodlar.

Programlama terminali olarak kullanılan bir bilgisayar PLC'ye RS232 kullanılarak bağlanır. Eğer programlama PLC çalışıyor ve çıkışları kontrol ediyorken yapılabiliyorsa buna "On-line" programlama, eğer PLC çalışmıyorken yapılıyorsa "Off-line" programlama adı verilir [6].



Şekil 2.9. 600 birim darbelik bir RS232 verisi.

### 2.5.2. Yerel Alan Şebekeleri

Yerel alan şebekesi, PLC ile diğer bazı elemanlar arasında bilgi alışverişı yapacak şekilde bağlanmasını sağlar. Donanım hatları belli bir aralıkta sınırlı olduğundan yerel terimi kullanılmaktadır. Şebekenin çalışma aralığı orta büyüklükte bir fabrika (500-1000m) için yeterlidir. Uzun mesafe haberleşmede kullanılan şebekeler, geniş alan

şebekeleri veya WAN (Wide Area Networks) ismini alır [2].

Bir şebeke, düğüm adı verilen bir grup aktif noktadan (örneğin PLC'ler) meydana gelir. Düğüm noktalarını düzenlemenin birçok yolu vardır. Sinyaller aşağıda açıklanan yollarla iletilebilir.

1. Temel band: Temel band sistemi, basit olarak elemanlara bağlı bir kablo üzerinden dijital sinyal gönderir. Gürültü dayanımı ise azdır.

2. Tek kanal modülasyonu: Sistemde sinyal, taşıyıcı adı verilen yüksek frekanslı sinüs dalgası üzerine bindirilir.

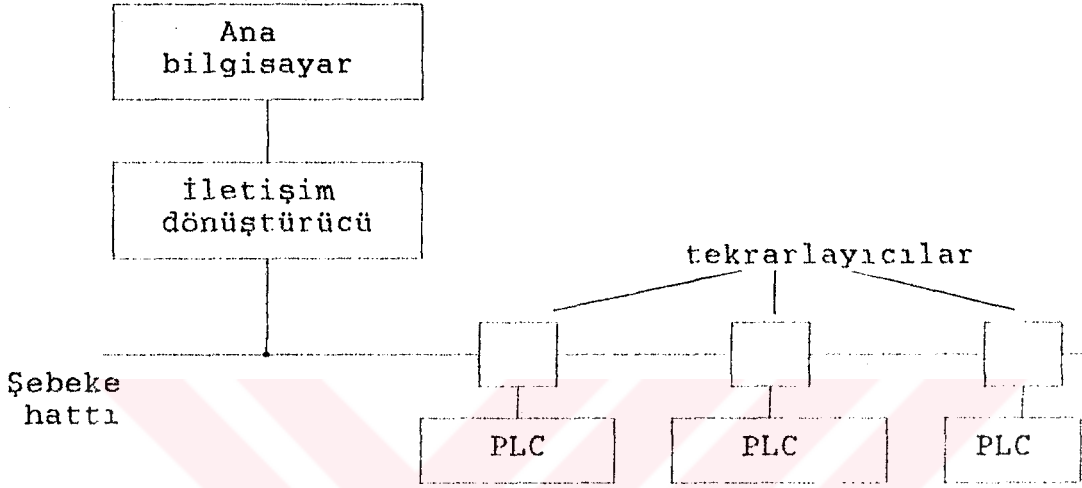
3. Geniş band: Geniş band sistemler bilgiyi kanal adı verilen ayrı bir frekans bandında taşımak için bir taşıyıcı sinyal modüle ederler.

Şekil 2.10'da görüldüğü gibi tipik bir şebeke yerleşim düzeni, PLC'lere bağlı merkezi bir şebeke kablosu içerir. Şebeke kablosu, fiber-optik kablo, koaksiyel kablo veya burulmuş bir çift kablodan oluşur. Elektromagnetik alan veya fabrikada üretilen diğer gürültülerden etkilenmediği için fiber-optik kablo tercih edilir. Tekrarlayıcılar da şebeke boyunca sinyal seviyesini yükseltmek için kullanılırlar [2].

### 2.5.3. Şebeke Cevap Süresi

Bir şebekenin cevap süresi (ulaşma cevabı), iki düğüm arası haberleşmenin aldığı süredir. Bir PLC'den diğerine verilerin transfer hızını cevap süresi belirler. Aktif düğüm noktaları veya PLC sayısı arttıkça cevap süresi de uzar. Genelde bu süre 10ms civarındadır. İki veya daha fazla sayıda PLC aynı anda birlikte kritik bir kontrol uygulamasında

çalışıyorlarsa cevap süresinin tam ve kesin olarak bilinmesi zorunludur. Eğer şebeke çok yavaş işliyorsa kontrol işlemi hata yapabilecektir. Ayrıca acil durdurma sinyalleri şebekeye gönderilmemeli bu donanımla sağlanmalıdır [2].



Şekil 2.10. PLC şebekesi [2].

Bütün şebekler, düğüm noktaları arasında karışmaya neden olmadan haberleşmeyi sağlayan belirli bir protokol kullanır. Birçok PLC üreticisi, kendi cihazları için kendi özel protokollerini geliştirmiştir. Bazı özel şebeke örnekleri Tablo 2.1'de listelenmektedir [2].

Tablo 2.1. Bazı üreticilerin şebeke sistemleri.

Üretici firma	Şebeke adı
Mitsubishi	Melsecnet
Omron	Sysbus and sysway
Toshiba	Tosh-line 30
Allen Bradley	Data Highway
Gould Electronics	Modbus
GEC Inds. Contrl.	Starnet
Siemens	Sinec L1
Telemecanique	Mapway/Telway

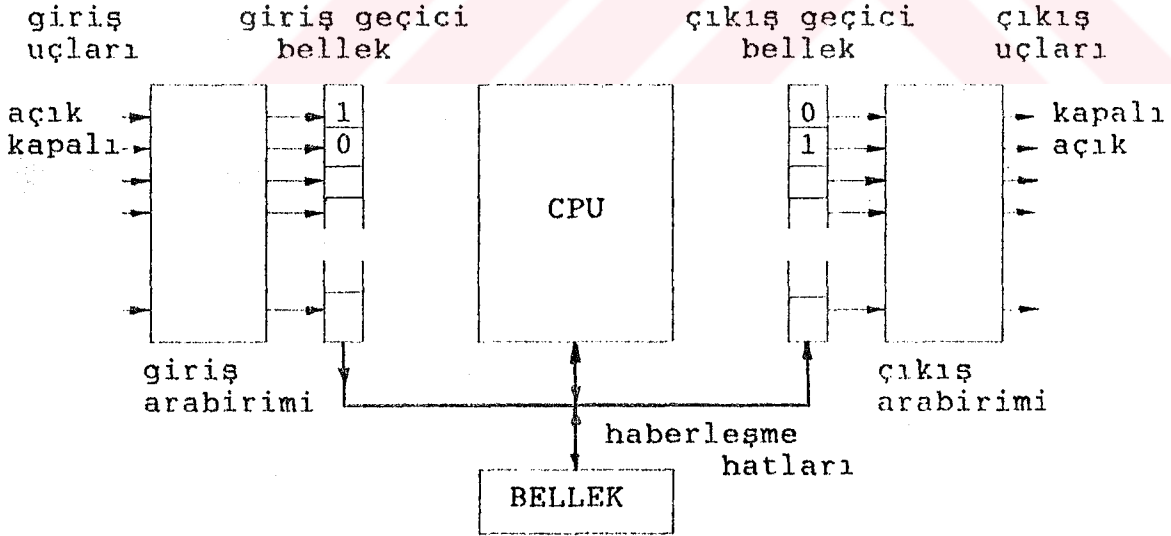
### 3. YAPI VE İŞLETİM

#### 3.1. Giriş

Bu bölümde, PLC'lerin yapısı ve işletimi konusu incelenmektedir. Bütün PLC'ler, merkezi işlem ünitesi (Central Processing Unit=CPU), bellek, arabirim devreleri ve programlama terminalinden meydana gelir [9].

#### 3.2. PLC'nin Dahili Yapısı Ve İşletimi

PLC'nin iç yapısı bir blok diyagram halinde Şekil 3.1'de gösterilmektedir. Bloklar, merkezi işlem ünitesi (CPU), ana bellek dijital giriş çıkış elemanları için bağlantı devreleri ve geçici bellekten meydana gelir. Dijital sinyal göndermek için kullanılan bir grup paralel haberleşme hatları, her bir elemanın bilgileri paylaşması için ortak hatlar şeklindedir.



Şekil 3.1. PLC dahili yapısı.

Giriş geçici bellek, bağımsız giriş noktalarının açık veya kapalı durumlarını saklar. Geçici bellekte lojik olarak

sistem devrede durumu "1" ile devre dışı durumu "0" değeri ile saklanır [2].

CPU, giriş geçici bellekteki saklı ikili sistem verilerine ve ana bellekte saklı kullanıcı programına göre karşılık gelen verileri, çıkış geçici belleğe isler. ıkış geçici bellekte saklanan bit değerleri, hangi çıkışların enerjileneceğini belirler. Lojik "1" değeri bağlı olduğu çıkışı enerjiler, "0" değeri çıkış ucunun enerjisini keser [2].

işletim sistemi adı verilen özel bir program, CPU'nun hareketlerini kontrol eder ve böylece kullanıcı programının yürütülmesini sağlar. işletim sistemi, PLC reticisi firma tarafından sağlanır ve sürekli olarak bellekte saklanır. Bir PLC işletim sistemi, merdiven diyagram programının saklandığı ana bellek ve geçici belleği taramak için dizayn edilmiştir.

### 3.3. Bellek

Bellek çeşitli tipte bilgileri saklamak için kullanılır. Bu bilgiler, veri, işletim sistemi, kullanıcı program ve geçici olan giriş çıkış bilgileridir. Farklı bilgiler için farklı tipte bellekler kullanılmaktadır [9].

Bellek, bilginin uçuculuğu ile tanımlanır. Eğer enerji kesildiğinde bilgiler kayboluyorsa bellek uçucudur, saklı kalıyorsa kalıcı tiptedir. Bellek, yarıiletken bellek veya magnetik disk ihtiva eder. Çeşitli tipteki yarıiletken bellek eşitleri aşağıdaki gibidir [9].

- RAM (Random Access Memory): Rastgele erişimli bellek oku/yaz belleğin esnek bir tipidir. Bütün PLC'ler kullanıcı tarafından geliştirilen uygulama programlarının saklanması

için kullanılan bir kısım RAM belleğe sahiptir.

- ROM (Read Only Memory): Yanlız okunabilir bellek, üretim sırasında bir maske kullanılarak programlanan kalıcı bellek tipidir. Belirli bir veri ve işletim sistemi için kalıcı bilgi saklamayı sağlar.

- EPROM (Erasable Programmable ROM): Silinip programlanabilir ROM bellek, elemanın üstünde bulunan pencereden ultraviyole ışığa maruz bırakılarak silinebilir ve elektrik sinyalleri ile tekrar programlanabilir bir ROM bellektir. EPROM programlar için kalıcı depolama sağlar.

- EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM): Elektrikle silinip programlanabilir bellek ise EPROM'a benzer fakat ultraviyole ışık yerine elektrik sinyaller kullanılarak silinebilir. Bununla beraber EEPROM'a bilgi yazımı RAM'a yazmaktan daha çok vakit alır.

### 3.3.1. Bellekle İlgili Tanımlar

PLC bellekleri, herbiri içinde "1" veya "0" olmak üzere tek bir bilgi saklayabilen çok sayıda bellek hücresinin yapılandırılmasıyla oluşturulmaktadır. Hücreler temelde birer sayısal elektronik devre olup bu devrelerin çıkışına (veya hücrelerin kendisine) bit (binary dijit) adı verilir [5].

CPU, bellekten bilgi alışverişini bireysel bitler şeklinde değil, gruplar halinde yapar. CPU'nun işleyebileceği en küçük gruba bayt (byte) adı verilir. Bir bayt 8 bitten oluşur. PLC'lerde bellekle ilgili diğer bir kavramda sözcük (word) kavramıdır. Genelde sözcük, veri üzerinde işlem yapılacağı zaman kullanılan bit grubuna olarak tanımlanır.

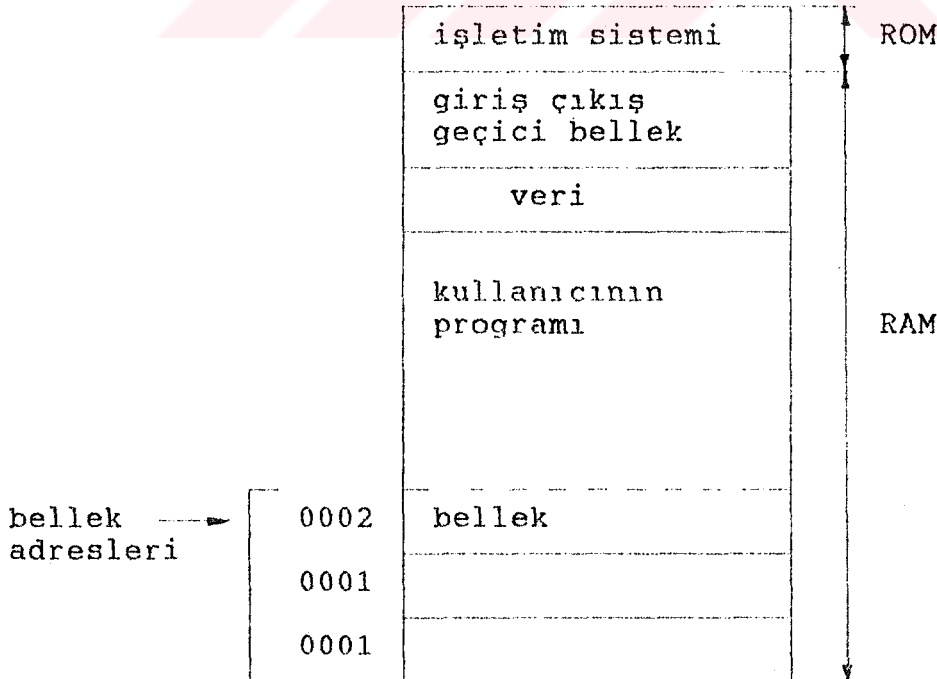
### 3.3.2. Bellek Saklama Kapasitesi

Bellek elemanının bilgi saklama kapasitesini, saklayabildiği ikili karakter sayısı belirler. Dijital elektronikte 1K bayt 1024 baytı temsil eder. 4K bayt'lık bellek herbiri 8 bitlik 4x1024 bayt saklama kapasitesine sahiptir ve toplam 32768 bit veya 2048 tane 16 bitlik sözcük saklayabilir [6].

Kullanıcı belleğinin saklama kapasitesi, maksimum program uzunluğunu verir. Bir ölçü olarak; 1K bayt bellek, 8 bitlik graplardan oluşan 1042 program komutunu saklayabilir.

### 3.3.3. Bellek Haritası

Bellek haritaları, belleğin, çeşitli işlevleri için kullanılan kısımlarını belirterek belleğin coğrafyasını gösterir. Giriş, çıkış, RAM ve ROM bellek adreslerinin yerlerini gösteren diyagram, "Bellek Haritası" olarak adlandırılır ve Şekil 3.2'deki gibi gösterilmektedir [2].

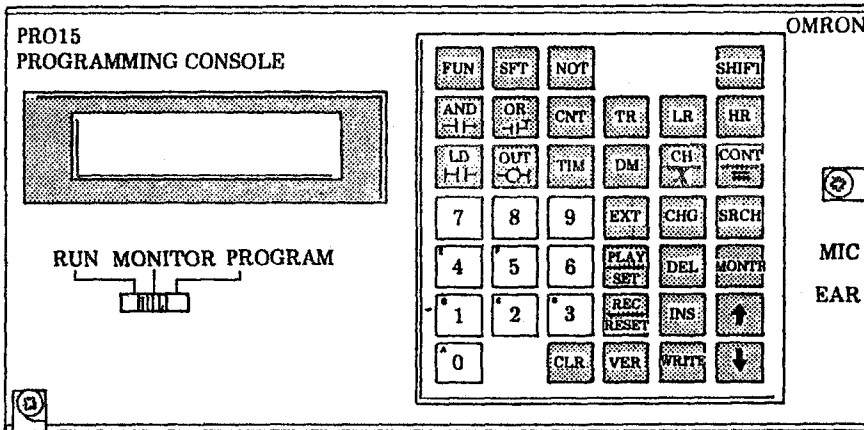
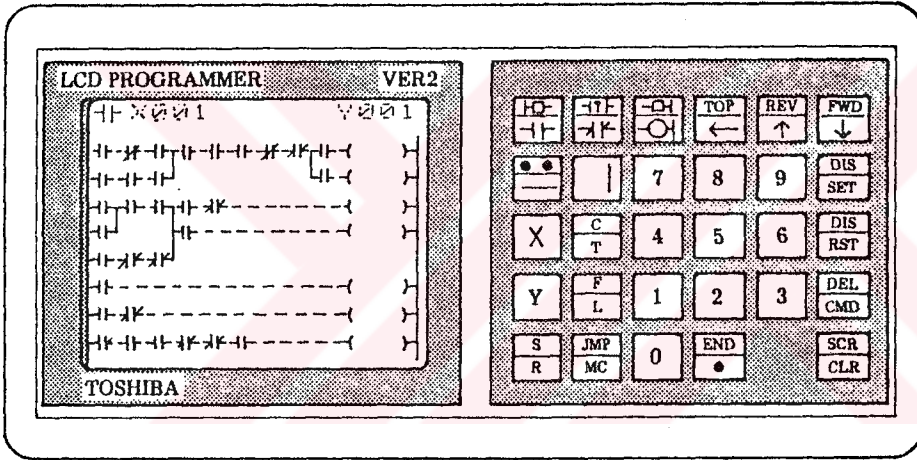


Şekil 3.2. Bellek haritası [2].

Birçok PLC'nin bellek haritası, üretici firma tarafından düzenlenir. Yani program kapasitesi bellidir [2].

### 3.4. Program Terminali

Programlar, PLC'nin belleğine program terminali kullanılarak girilir. Program terminalleri, likit kristal ekran ve küçük bir klavye içeren portatif terminallerden, CRT tüplü terminallere kadar çeşitlidir. Program komutları ile merdiven diyagramları girilebilen program terminalleri Şekil 3.3'de görülmektedir [2].



Şekil 3.3. PLC program terminalleri.

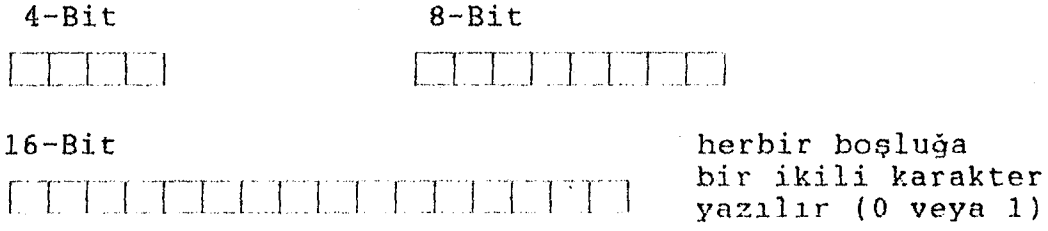
### 3.5. Merkezi İşlem Ünitesi (CPU)

PLC'nin merkezi işlem ünitesi, hesaplama işlemlerini gerçekleştiren bir entegre devre olan mikroişlemci etrafında meydana gelmiştir. CPU'nun görevi, ikili sayı karakterleri formundaki verileri kabul etmek ve bellekteki saklanan komutlar uyarınca veriler üzerinde aritmetik ve lojik işlemler yapmaktır [6].

CPU'nun iç yapısı giriş ve çıkış arabirimleri, kaydedici formundaki bir bellek, aritmetik ve lojik ünite (ALU) olarak isimlendirilen bir kontrol elemanından oluşur. Giriş ve çıkış arabirimleri CPU'nun haberleşme hattı yoluyla belleğe bilgi yazılmasına ve bellekten bilgi alınmasına yardım eder. Aritmetik ve lojik ünite, kaydedicilerdeki saklı veriler üzerinde aritmetik ve lojik işlemleri gerçekleştirir [6].

#### 3.5.1. Kaydediciler (Registers)

Birçok CPU işlemi, geçici olarak bir grup karakterin saklanması için kullanılan bir bellek elemanı olan kaydedici kullanımını içerir. CPU kaydedicileri, mikroişlemci içine yerleştirilir. Veri kaydedicileri, RAM içine yerleştirilir ve sayıcı, zamanlayıcı gibi elemanların sabitleri ile diğer tip verilerin saklanması için kullanılır. Şekil 3.4'de farklı bilgi saklama kapasitesine sahip kaydedici örnekleri vardır. 8 bitlik kaydedici 8 bitlik veri olan 1 byte saklar. 16 bit kaydedici 16 bitlik bir sözcük saklar [2].



Şekil 3.4. Kaydediciler.

### 3.5.2. Karakter Kaydedicileri

Bir grup karakter bitini saklayan kaydediciye "Karakter Kaydedici" (Flag Register) adı verilir. CPU, en son aritmetik ve lojik işlemlerin sonuçları hakkında bilgileri içeren dahili bir karakter kaydedicisine sahiptir. PLC'nin geçici belleği bir karakter kaydedicidir ve giriş çıkışların akım durumlarını ihtiva eder [2].

### 3.5.3. Yardımcı Röleler

Yardımcı röleler, kullanıcı program tarafından idare edilebilen RAM içine yerleştirilmiş tek bitlik bellek elemanlarıdır. Saklayıcı röle olarak da adlandırılan ve batarya ile de beslenen yardımcı röleler, şebeke kesintisinde verileri saklamak için kullanılır. Yardımcı röleler, yalnızca bit değerindeki bilgileri saklar, çıkış yükleri direkt olarak bağlanmaz. Bununla beraber yardımcı röleler, çıkış yüklerinin endirekt kontrolunda kullanılabilir [2].

### 3.5.4. Ötelemeli Kaydedici

Bazı kaydediciler, içindeki depolanan bilgiler kaydırma (Shift) komutu veya sinyalinin uygulanmasıyla sağa ve sola doğru bir konum hareket edebilecek şekilde düzenlenir. Böyle kaydedicilere "Ötelemeli Kaydedici" (Shift Register) adı

verilir ve sıralı kontrol uygulamaları için kullanılır.

Şekil 3.5'de bir ötelemeli kaydedicinin çalışması görülmektedir. Lojik "1" değeri ile 8-bitlik bir ötelemeli kaydedici beslenir ve sonra bir seri kaydırma komutu uygulanarak kaydedicinin son ucuna doğru bitler değer değiştirir.

veri girişi	ötelemeli kaydedici	kaydırma sinyali
1	1 0 0 0 0 0 0 0	1.
0	0 1 0 0 0 0 0 0	2.
0	0 0 1 0 0 0 0 0	3.
0	0 0 0 1 0 0 0 0	4.
0	0 0 0 0 1 0 0 0	5.
0	0 0 0 0 0 1 0 0	6.
0	0 0 0 0 0 0 1 0	7.
0	0 0 0 0 0 0 0 1	8.

Şekil 3.5. Ötelemeli kaydedici [2].

### 3.5.5. İkili (Binary) Sayıcı

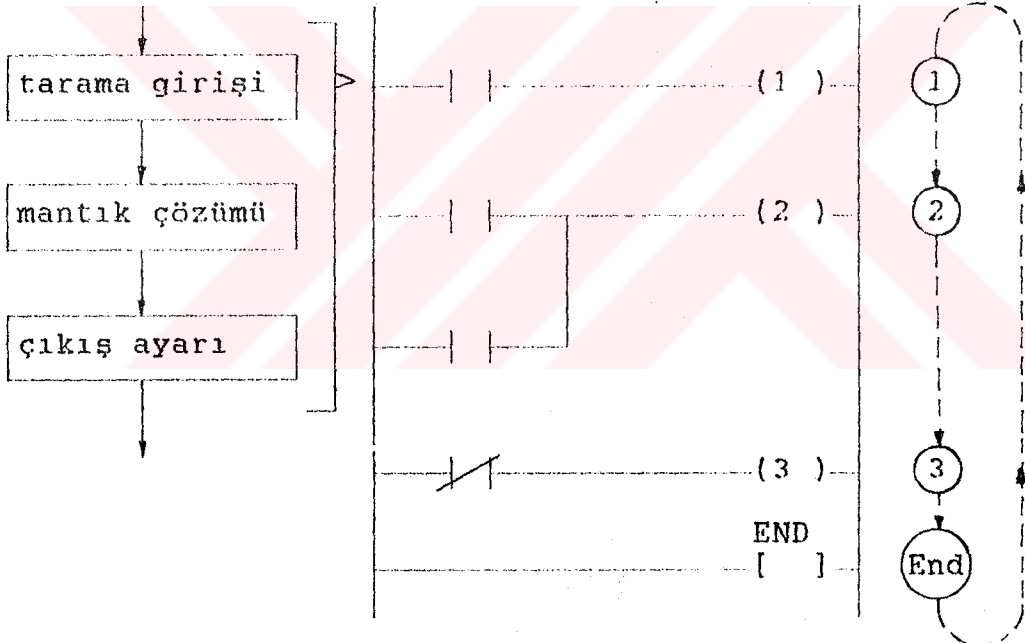
CPU, bir ikili sayıcı olarak iş görebilir, kaydediciye yüklü ikili bilgileri artırıp azaltabilir veya iki ayrı kaydedicideki bilgileri karşılaştırabilir. Sayıcılar, bir giriş ucuna bağlı bulunan anahtarlama elemanı tarafından üretilen dijital sinyalleri saymak için kullanılır. Çıkış ise daha önceden belirlenen sayıda giriş sinyali sayıldıktan sonra enerjilenmektedir. İstenen sayma değeri, veri kaydedicisine girilir [2].

### 3.6. PLC İşletim Sistemi

Bütün PLC işletim sistemleri, geçici bellekte saklı giriş çıkışların lojik durumlarını tarayarak bir merdiven programı yürütürler. Birçok PLC'ler, bir basamaktaki mantık işlemlerini zaman sırasıyla çözerler. Şekil 3.6. bunun nasıl olduğunu göstermektedir. Birinci basamağın girişleri taranır

ve çıkışın durumunu belirlemek için mantık çözülür. Bu işlem, diğer basamaklarda tekrar edilir. "END" basamağına ulaşıldığında, her bir basamağın tekrar tekrar taraması için tarama çevrimi kendi kendine tekrarlanır [2].

Program basit VE, VEYA, DEĞİL fonksiyonlarını içerdiği gibi daha ileri sayıcı, zamanlayıcı ve sıralama gibi matematiksel fonksiyonları da içerir. İşletim sistemi, kullanım için hangi fonksiyonun uygun olduğunu belirler. Daha gelişmiş işletim sistemleri daha çok program işletimini sağlamaktadır [2].



Şekil 3.6. Bir merdiven programın gerçekleştirilmesi.

### 3.6.1. Tarama Hızı

Uygulama programının yürütülmesi sırasında, CPU bütün girişleri okur, denetim mantığının gerektirdiği işlemleri yaparak çıkış terminallerine güç verir veya keser. Bu okuma, programı gerçekleştirme ve çıkışların durumlarını buna göre

yineleme işlemine "Tarama" adı verilir. Bir tarama için gerekli süre 1-100 milisaniye arasında değişebilir. Yapımcılar bu süreyi genellikle uygulama programının kullanıldığı bellek miktarına bağlı olarak vermektedirler.

Normal olarak tarama, girişlerin durumunu okuma, denetim mantığını gerçekleştirme ve çıkışları yenilemeden oluşan sürekli ve sıralı bir süreçtir.

Tarama hızı PLC seçiminde önemli bir parametredir. Örneğin, sistemimizde 5 milisaniye içerisinde iki defa durum değiştiren işaretler var ise ve programda bunların izlenmesi gerekiyorsa 10 milisaniyelik tarama hızı olan bir PLC kullanılmaz.

Tarama hızı, CPU'nun çalıştığı saat sinyal hızına bağlıdır. Genellikle 1K bayt olarak verilen bellek miktarını tarama için geçen saniye miktarı olarak ifade edilir.

Bir programı taramak için geçen zaman, programda kullanılan fonksiyonların tipine, program uzunluğuna ve tarama hızına bağlıdır. Tarama hızı ne kadar yüksek ise giriş çıkışların kontrolü da o kadar çabuk olmaktadır [5].

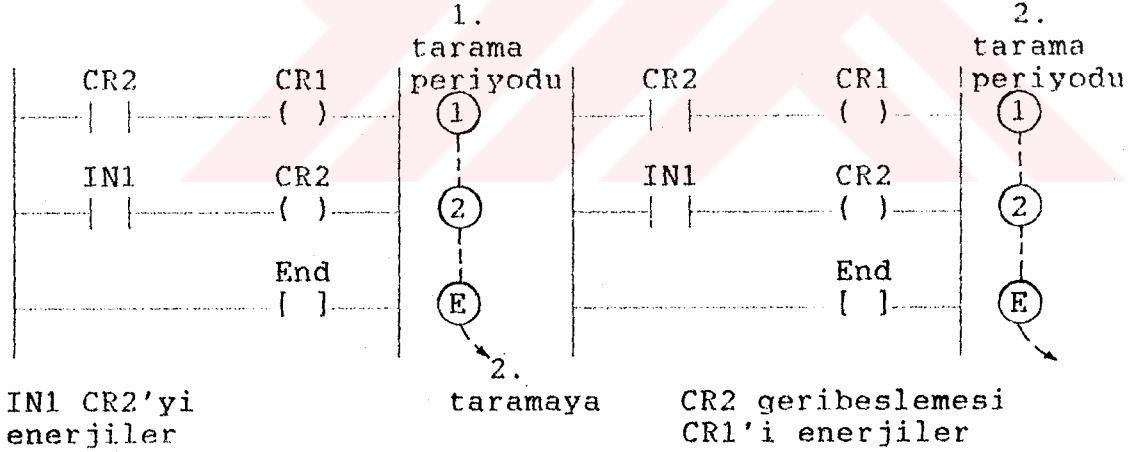
### 3.6.2. Faz Hatası

İşletim sisteminin çalışmasında, CPU, giriş geçici belleği tarar. CPU tarama yapıyorken, giriş belleği değiştirilmez. CPU, tarama anında bir giriş noktasındaki durum değişikliğini kaçırdığında "Faz Hatası" ortaya çıkmaktadır [2].

### 3.6.3. Cevap Süresi

PLC'nin cevap süresi, bir giriş verilmesinden bir çıkışın konum değiştirmesine kadar geçen süredir. Gecikmeler, röle gibi mekanik elemanların cevabı, giriş devresinin elektriksel cevabı ve geçici belleğin son durum taraması yüzünden oluşur.

Merdiven diyagramı, Şekil 3.7'de görüldüğü gibi çıkış rölesinin lojik durumunu bir giriş gibi geri beslerken belirgin bir cevap gecikmesine neden olabilir. IN1 kontağı CR2 yolu ile CR1 çıkışını enerjiler. CR2 kontağı kapanmadan önce IN1 anahtarının kapanması gerektiğinden CR1'i enerjilemek ikinci bir tarama periyodu gerektirir. Aşağıdaki örnekte zaman gecikmesi tek bir tarama periyodu kadardır [2].



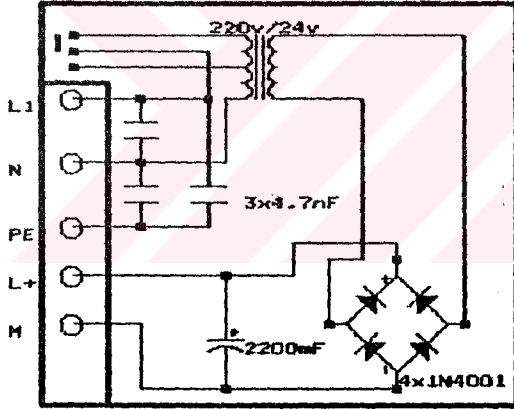
Şekil 3.7. Tarama nedeniyle cevap gecikmesi.

### 3.7. Güç Kaynağı

CPU, bellek ve giriş çıkış arabirimleri elektrikli güç isteyen elektronik elemanlardır. PLC, dahili elemanları ve giriş uçlarına besleyen bir güç kaynağı içerir [1].

Güç kaynakları lineer ve anahtarlamalı olmak üzere iki

kategoriye ayrılır. Lineer güç kaynağı, Şekil 3.8'deki gibi ana beslemeyi sabit bir doğru gerilime dönüştüren basit bir regülatör devresi içerir. Anahtarlama güç kaynağı, bir seri sinyal üretmek için yüksek frekanslı anahtarlama regülatörü içerir. Sinyallerin ortalama, değeri yaklaşık düzgün bir gerilim sağlar. Anahtarlama güç kaynağının önemli avantajları ise geniş bir voltaj aralığı sağlaması (örneğin, +/- 24V d.c., +/-15V d.c., +/- 5V d.c., 0V), kaynaktan yayılan ısı miktarı az olduğundan oldukça verimli olması ve oldukça sağlam ve hafif olmasıdır. Bu avantajları nedeniyle anahtarlama güç kaynakları PLC'de oldukça sık kullanılmaktadır [1].



Şekil 3.8. Lineer güç kaynağı devresi.

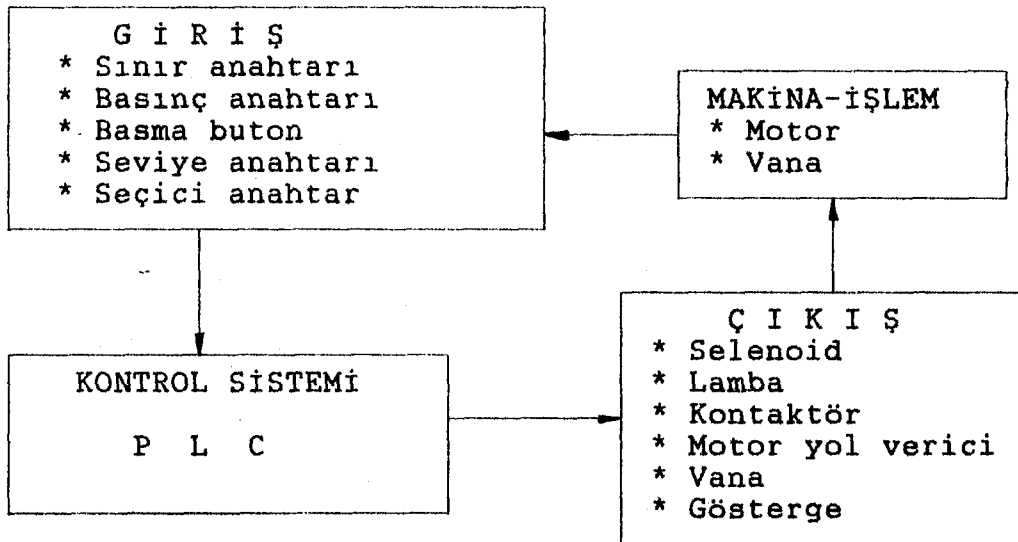
## 4. GİRİŞ/ÇIKIŞ ARABİRİMLERİ

### 4.1. Giriş

Giriş/Çıkış birimleri CPU'nun dış dünya ile bağlantısını sağlar. Önceleri yalnız açık kapalı tip elemanlar için arabirimler vardı ve PLC'lerin denetim işlevleri bu nedenle oldukça sınırlı kalmıştı. Günümüzde ise düşünülebilecek hemen hemen her tür giriş/çıkış elemanının CPU ile bağlantısını sağlayabilecek bir arabirim vardır. Örneğin PID arabirimi ve yapay zeka sayılabilir [5].

Bu birimler, yaptıkları işlere göre çeşitli sınıflara ayrılmaktadırlar. Bunlar Ayrık (Discrete), Sözcük temelli, Analog ve Özel giriş/çıkış arabirimleridir.

Bu bölümde yukarıda adları verilen giriş/çıkış arabirimleri anlatılmaktadır. Genel olarak bu birimlere hangi cihazlardan ve hangi yollar ile bilgilerin gelip gittiği Şekil 4.1 de görülmektedir [5].



Şekil 4.1. PLC giriş/çıkış arabirimleri.

#### 4.2. Ayrık Giriş/Çıkış Arabirimi

En yaygın olarak kullanılan arabirim türü ayrık giriş/çıkış birimi olup CPU'nun "1" veya "0" türü giriş veya çıkış elemanları ile bağlantısını sağlar. Kullanılan çeşitli ayrık giriş ve çıkış elemanları Tablo 4.1'de verilmektedir.

Tablo 4.1. Ayrık giriş/çıkış elemanları [1].

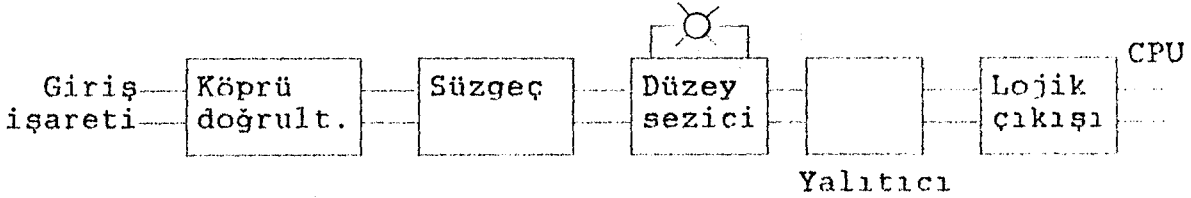
Giriş elemanları	Çıkış elemanları
* Seçici anahtarlar	* Alarmlar
* Basma butonlar	* Kontrol röleleri
* Fotoelektrik elm.	* Fanlar
* Sınır anahtarları	* Sinyal lambaları
* Yaklaşım anahtarları	* Alarm kornaları
* Seviye anahtarları	* Valfler
* Motor kontaktörleri	* Motor yol vericileri
* Röle kontakları	* Selenoidler

Bu tip giriş çıkış elemanları, "1" veya "0" düzeyli çalışmalarına rağmen çeşitli gerilim seviyeleri ile beslenir. Bu nedenle, giriş/çıkış birimleri alternatif veya doğru akım olarak değişik gerilim seviyelerine sahiptirler [1].

Gerek girişlerde, gerekse çıkışlarda güç kısmı ile elektronik kısmın elektriksel olarak izolasyonu, CPU'nun, güç kısmında oluşabilecek çeşitli geçici olaylardan etkilenmesini ve zarar görmesini engellemek için gereklidir.

Şekil 4.2'de giriş devresinin blok şeması gösterilmiştir. Giriş işareti, bir köprü doğrultucudan geçtikten sonra güç tarafındaki elektriksel gürültülere ve işaret titremesine karşı koruma sağlayan bir süzgeçten geçer. Bu süzgeç işarete tipik olarak 10-20 milisaniye kadar bir gecikmeye neden olur.

Bu işaret, genellikle bir optokuplör veya bir darbe transformatöründen oluşturulan bir yalıtıcıdan geçerek CPU'ya gelir. Giriş devresinde ek olarak da giriş işaretinin hangi düzeyde ("1" veya "0") olduğunu gösteren bir led bulunur [1].

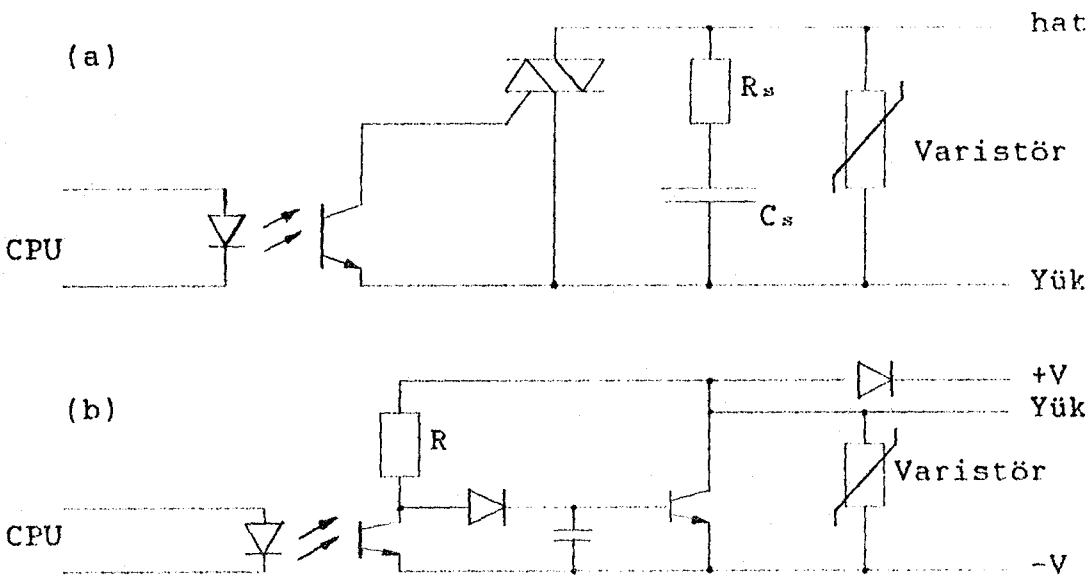


Şekil 4.2. Giriş devresi blok şeması.

Çıkış arabirimlerine gelince, Şekil 4.3'de bir çıkış devresinin blok şeması, Şekil 4.4.'de ise a.a. ve d.a. çıkış için tipik bir gerçekleştiriliş şekli gösterilmiştir [1].



Şekil 4.3. Çıkış devresi blok şeması.



Şekil 4.4. (a)A.A. (b)D.A. için tipik çıkış devreleri.

Ayrık çıkış birimine Transistör-Transistör Logic (TTL) çıkışlarda girmektedir. TTL çıkışlar ile yedi parçalı göstergeler, tümdevreler ve 5V doğru akım ile çalışan çeşitli elemanlar kontrol edilmektedir [1].

Bu bölüme giren diğer bir çıkış da röle kontağı çıkışlarıdır. Bu çıkışlar normalde açık (NA) ve normalde kapalı (NK) olan röle kontaklarını kontrol etmemizi sağlarlar. Röleli çıkışlarda izolasyon problemi yoktur [1].

#### 4.3. Sözcük Temelli Veri Giriş/Çıkış Arabirimi

PLC yetenekleri gelişip, salt mantık işlemlerinden daha üst düzeyde aritmetik, sayma, zamanlama gibi işlemler yapma olanağına kavuşmaları ile birlikte birden fazla bittten oluşan veri giriş/çıkışlarının yapılması zorunluluğu doğdu. Böylece bit temelli arabirimlere ek olarak sözcük temelli arabirimler geliştirildi. Bu arabirimler çok (multiple) bitli çıkış veren veya giriş gerektiren elemanlar ile ve analog çıkış veya giriş gerektiren elemanlarla kullanılırlar [1].

Çok bitli elemanlara örnek olarak tambur anahtarlar, kodlayıcılar, yedi parçalı göstergeler, basınç seziciler, termokupllar, potansiyometereler, akış seziciler, analog valfler, motor tahrik sistemleri sayılabilir [1].

#### 4.4. Analog Giriş/Çıkış Arabirimi

Analog giriş/çıkış modülleri sürekli değişim gösteren ve iki değerden daha çok bilgiye ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılırlar. Diğer arabirimler, yalnızca "1" veya "0" değerini alabilen sistemlerde kullanılmaktadır. Oysa bazı

sistemler sürekli değişiklik gösteren değerler de içermektedir. Tablo 4.2.'de, analog giriş üreten elemanlar ile analog değer kabul eden eleman örnekleri görölmektedir [1].

Tablo 4.2. Analog Giriş/Çıkış Elemanları.

Analog girişler	Analog çıkışlar
* Sıcaklık seziciler	* Analog valfler
* Basınç seziciler	* Basınç seziciler
* Akış seziciler	* Motor tahrik sistemi
* Nem seziciler	* Analog ölçerler
* Potansiyometreler	

PLC'ler dijital cihazlardır. Analog sinyalleri kullanmak için, analog-dijital dönüştürücüler, dijital-analog dönüştürücüler, çoklayıcılar ve tekleyiciler gibi özel arabirimler gerektirirler. Bu dönüştürme işlemleri yapılırken dikkat edilecek bir nokta da dönüştürücünün kaç bitlik olduğudur. Çünkü bit uzunluğu, dönüştürücünün duyarlılığı ile doğrudan orantılıdır. Örneğin 8 bitlik bir analog sayısal dönüştürücü 256'da 1'lik bir duyarlılığa sahiptir. Oysa 10 bitlik bir dönüştürücü 1024'te 1'lik hassasiyete sahiptir [1].

#### 4.5. Özel Giriş/Çıkış Arabirimi

Bu birimler giriş/çıkış yolu üzerine yerleştirilebilen, bağımsız olarak çalışabilen ve programlanabilen birimlerdir. Aşağıda belirtilen bazı uygulamalarda özel olarak tasarlanmış giriş/çıkış modülleri kullanmak gerekir [5].

- \* Sadece birkaç milisaniyelik gecikmelerin kabul edileceği çok hızlı değişmelerin yer aldığı,
- \* Yoğun ASCII veri transferi gerektiren,

- \* Yoğun matematik işlem gerektiren,
- \* PID denetim veya ileri düzeyde hassas konum denetimi gibi karmaşık denetim uygulamalarında.

Bu birimler, modüller halinde ve özel işlemleri yapacak şekilde dizayn edilmişlerdir. Kendi mikroişlemcileri, bellekleri ve giriş/çıkış terminalleri mevcuttur. Tablo 4.3'de bazı özel giriş/çıkış modülleri verilmektedir [5].

Tablo 4.3. Özel giriş/çıkış modülleri.

- \* Termokupl giriş modülü
- \* Hızlı giriş modülü
- \* ASCII modülü
- \* PID denetleyici modüller
- \* Hareket denetleyici modüller
- \* Servo modüller
- \* Kapalı çevrim kontrol modülü
- \* Teşhis (hata arama) modülü
- \* Basic iletişim modülleri

## 5. DİJİTAL ARABİRİM ELEMANLARI

### 5.1. Giriş

Bu bölüm, bir işlemde veya makinede kullanılan kontrol elemanlarının yapısını ve çalışmasını içerir. Basit bir anahtar dijital giriş elemanına bir örnektir. Röleler, selenoidler ve motorlar gibi işletme araçları anahtarlarla kontrol edilmektedir [2].

Uzunluk, sıcaklık ve zaman gibi birçok nicelikler doğal olarak analog büyüklüklerdir. Dijital dedektörler olarak isimlendirilen birçok eleman analog miktarları ölçerler fakat dijital çıkış üretirler. Kodlayıcılar, lineer yerdeğiştirmeyi veya dönüş hızı gibi analog büyüklükleri ölçen elemanlardır.

Analog sinyallerin, CPU tarafından anlaşılabilmesi için dijital büyüklüklere dönüştürülmesi gerektiğinden özel devreler gerektirirler [2].

### 5.2. Dijital Giriş Elemanları

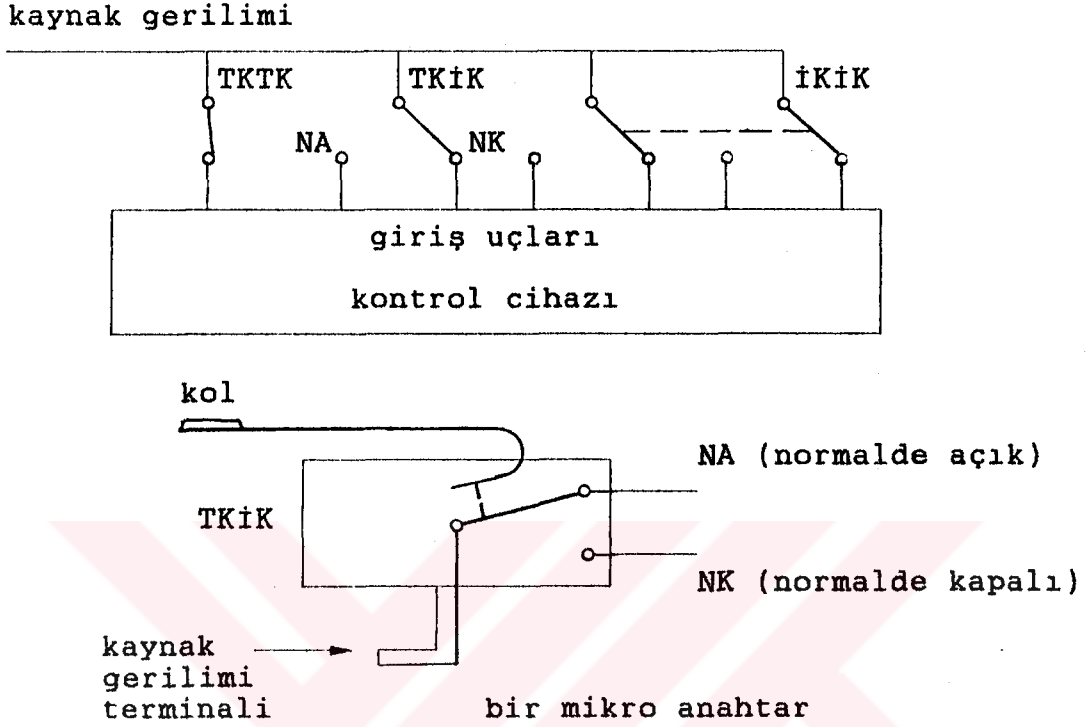
Dijital dedektör veya dönüştürücüler (transducer) akım beslemeli veya sönümlü olarak PLC giriş uçlarına bağlanır. Akım beslemeli eleman, giriş ucuna akım sağlayan, akım sönümlü ise giriş ucundan akımı 0V seviyesine çeken elemandır [2].

#### 5.2.1. Mekanik Anahtarlar

En basit dijital elemanlar mekanik anahtarlardır. Bunlarla kutup sayılarına ve kullanılan pozisyon sayısına bağlı olarak çeşitli düzenlemeler mümkündür [2].

Basit bir aç/kapa anahtar tek kutup tek kontak (TKTK) şeklindedir. Bir mikro anahtar, tek kutup iki kontak (TKİK)

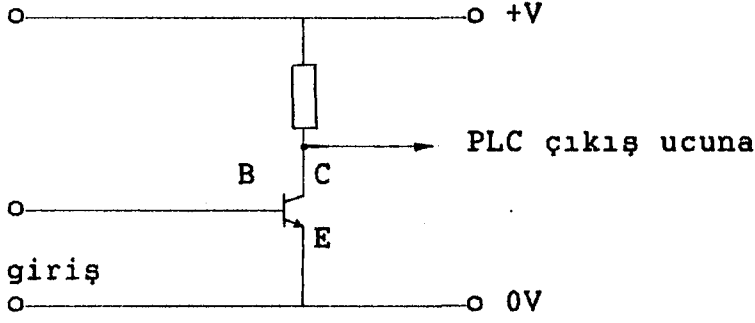
şeklindedir. Şekil 5.1'de bu tip anahtarların devreye bağlanması görülmektedir [2].



Şekil 5.1. Anahtar bağlantıları.

### 5.2.2. Transistör Anahtarlar

Şekil 5.2'de, NPN transistörlü bir anahtarlama devresi görülmektedir. İdeal olarak baz-emiter birleşimi kesime kutuplandığında kollektör-emiter arası açık devredir. Baz-emiter birleşimi ilettime kutuplandığında ise kollektör-emiter arası kısa devredir. Bir transistörün ideal anahtarlama, kollektör akımının maksimum doyma değerine ulaşması için baz akımının yeterince büyük olmasını gerektirir. Doymada ise kollektör-emiter arası gerilim oldukça küçük bir değere düşer [9].



B=Baz  
E=Emiter  
C=Kolektör

Şekil 5.2. NPN transistör anahtarı.

### 5.2.3. Yaklaşım Anahtarları (Proximity Switch)

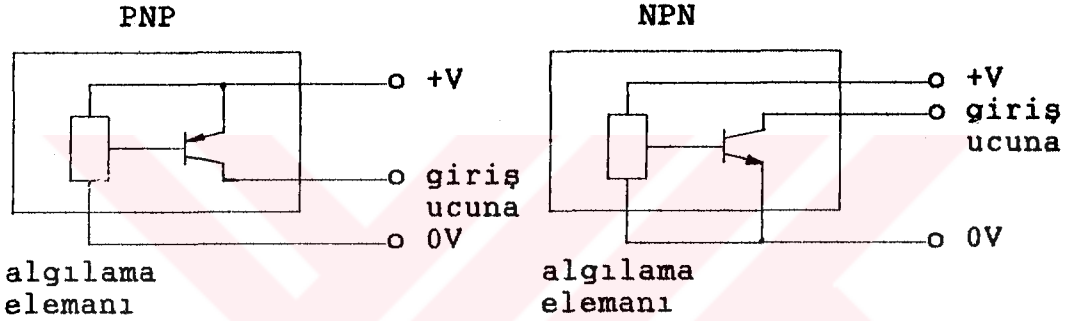
Yaklaşım anahtarları, fiziksel bir kontak kurmadan bir objenin varlığını denetleyen kontaklız katı hal anahtarlarıdır. Mekanik anahtarların tersine hareketli parçaları yoktur. Bunlar, mekanik anahtarların çalışmasını etkileyen yağlı ve tozlu ortamlarada kullanılmaya müsaittir. Endüktif ve kapasitif olmak üzere iki çeşit yaklaşım anahtarı vardır.

Endüktif yaklaşım anahtarları, yalnızca metal cisimleri denetlerler. Algılama mesafesine giren metal bir objenin, anahtar içindeki bobinin endüktansını değiştirmesi prensibi ile çalışır. Eğer bir metal malzeme, yaratılan elektromagnetik alan içine girerse, endüksiyon yasasına göre malzeme içinde girdap akımları oluşur ve osilatör devresinden enerji çeker [11].

Kapasitif yaklaşım anahtarları da, bir kapasitörün elektrik alanına yaklaşan bir cismin neden olduğu kapasite değişimini sezebildiği için metal veya metal olmayan cisimlerin denetiminde kullanılır. Kapasitif yaklaşım anahtarları,

dielektrik katsayısına bağılı olarak iletken olan veya olmayan tüm malzemeleri algılayabilmektedir. Endüktif yaklaşım anahtarlarındaki gibi cismin hareket etmesi çalışmasını etkilemez [11].

Doğru gerilim yaklaşım anahtarları Şekil 5.3'deki gibi NPN ve PNP transistörlerle kullanılır. Yaklaşım anahtarının algılama mesafesi yaklaştırılan cismin kütlesi kadar malzeme özelliklerine de bağılıdır [11].

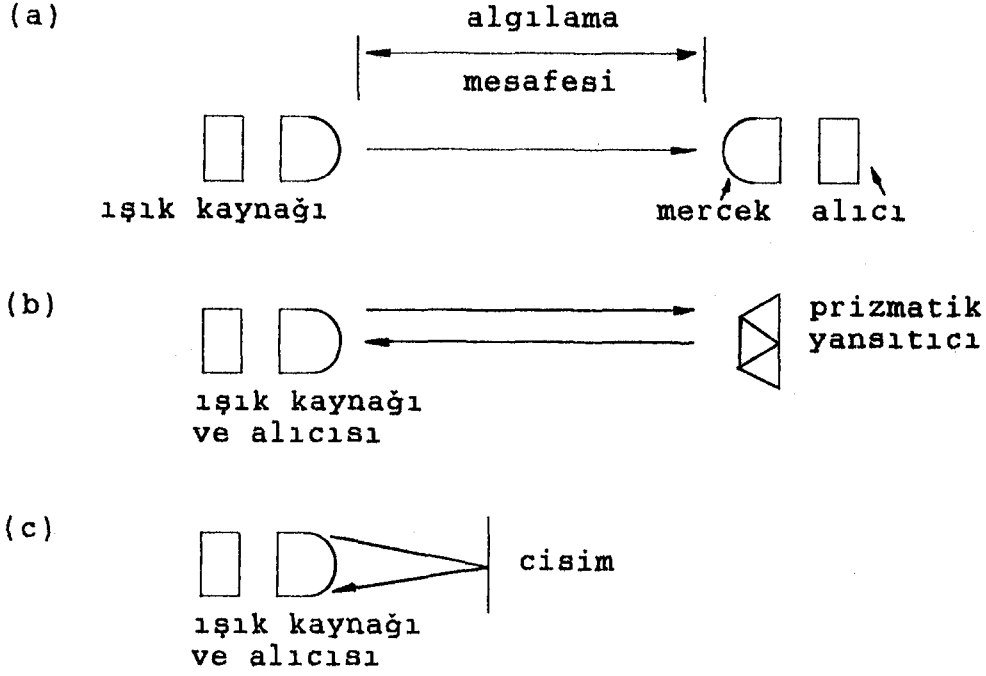


+V= Pozitif d.c. kaynak gerilimi

Şekil 5.3. D.C. yaklaşım anahtarları [11].

#### 5.2.4. Opto-Elektronik Dedektörler

Opto-elektronik dedektörler, bir ışık kaynağı ve ışık alıcısından oluşan elemanlardır. Bunlar bir ışık hüzmesinin yansımalarını veya kesintisini denetleyen elemanlardır. Şekil 5.4'de görüldüğü gibi karşılıklı, yansıtıcılı, ve cisimden yansımalı olmak üzere üç çeşit opto-elektronik dedektör vardır [11].



Şekil 5.4. (a)Karşılıklı, (b)yansıtıcılı, (c)cisimden yansımali opto-elektronik dedektörler.

- Karşılıklı: Işık kaynağı ve alıcı olmak üzere iki ayrı üniteden oluşur. Işık hüzmesini kesen bir obje alıcı içindeki anahtarı tetikler. Bu eleman, 100 metre mesafeye kadar uzun mesafelerde kullanılır fakat saydam elemanların algılanmasında kullanılmaz.

- Yansıtıcılı: Bu tipte ise ışık kaynağı ve alıcısı aynı elemanın içindedir. Kaynaktan üretilen ışık hüzmesi, ışık hüzmesini alıcıya geri yansıtan prizmatik yansıtıcıya yöneltilir. Kesilen ışık hüzmesi alıcıyı tetikler.

Geri yansımali dedektör de denilen bu eleman 5 metreye kadar menzile sahiptir. Polarizasyon filtresi, yanlış tetiklemeye neden olan kaçak yansımaları önlemek için kullanılır.

- Cisimden Yansımali: Bu elemanlar, cisimin yüzey

yansımaları esasına göre çalışır. Genelde algılama mesafeleri kısadır (2 metre). Bu uzaklık cismin yüzey rengine, dokusuna ve yansıtıcılığına bağlıdır [11].

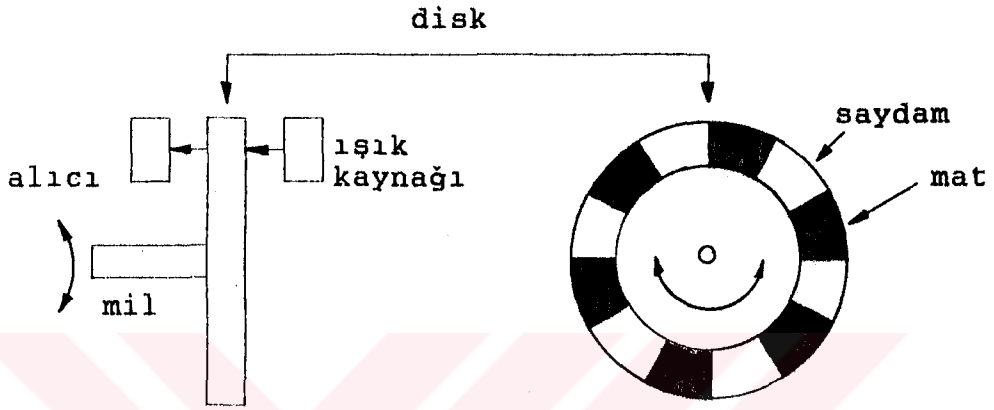
#### 5.2.5. Kodlayıcılar (Encoders)

Kodlayıcılar, dönüş hareketi ve doğrusal yerdeğiştirmeyi dijital sinyallere çeviren elemanlardır. Doğrusal kodlayıcı, doğrusal yerdeğiştirmeyi, mil kodlayıcıları da dönüş hızını ölçerler. Mutlak ve artımlı olarak ikiye ayrılırlar. Artımlı (incremental) kodlayıcılar, pozisyonu bir referans noktası ile karşılaştırarak ölçerler. Mutlak (absolute) kodlayıcılar, pozisyonlara uyarlanan kodlu sayılar üretirler [2].

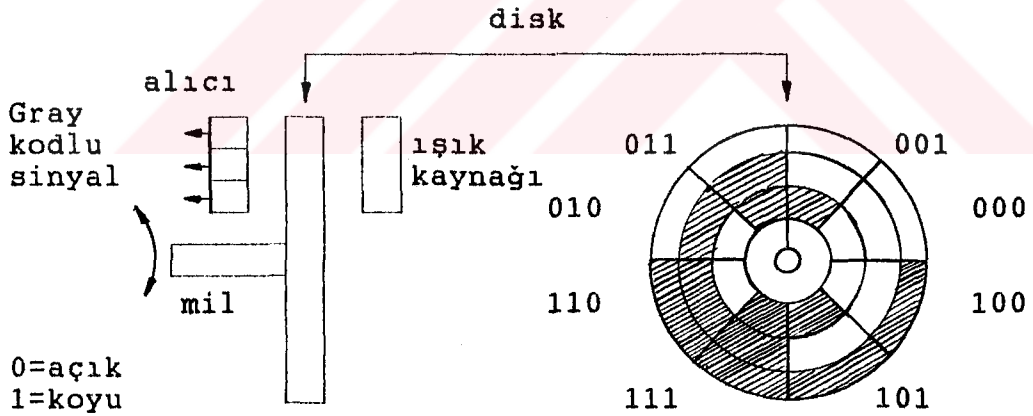
Artımlı mil kodlayıcısının bir örneği Şekil 5.5'de görülmektedir. Bu kodlayıcı, ışık kaynağı ve bir ışık alıcısı arasına yerleştirilen, üzeri eşit aralıklarla saydam ve koyu renklerle bölümlendirilmiş diskten oluşur. Mil döndüğünde, disk de döner ve ışık hüzmesini açıp kapadığı için ışık alıcısında bir seri sinyal üretir. Üretilen sinyal referans ile karşılaştırılarak pozisyon ölçülür. Birçok artımlı mil kodlayıcıları, birbirleri ile  $90^{\circ}$  farklı fazlarda iki sinyal üretebilmesi için yerleştirilmiş iki opto-elektronik eleman kullanırlar. İkinci sinyalin lojik durumu birinci ile karşılaştırılarak dönüş yönü belirlenebilir. Eğer disk, bir motor tarafından döndürülüyor ise sinyal hızı motor hızı ile orantılı olarak değişmektedir [2].

Mutlak mil kodlayıcılarına bir örnek, Şekil 5.6'da görülmektedir. Kodlayıcı, bir ışık kaynağı ve üç alıcı

arasına yerleştirilmiş bir diskten oluşur. Disk, herbir mil pozisyonu için farklı kod üretmesi için saydam ve koyu bölmelere ayrılmıştır. Disk, normal olarak Gray kodu adı verilen bir kod ile işaretlenmektedir. Tablo 5.1. Gray kodu ikili sayı dönüşümünü göstermektedir [2].



Şekil 5.5. Artımlı mil kodlayıcı.



Şekil 5.6. 3-Bitlik Gray kodlu mutlak mil kodlayıcısı.

Doğrusal kodlayıcılar, açık ve koyu renkler ile işaretlenmiş şeritler kullanırlar. İşletimi diğerlerine benzerdir [2].

Tablo 5.1. İkili ve Gray kodları

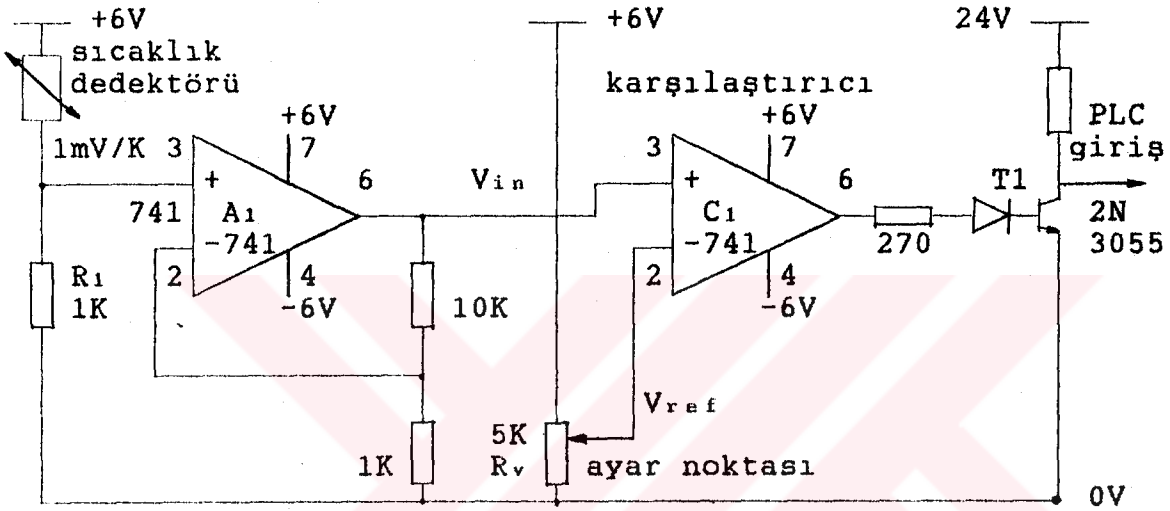
İkili kod	Gray kodu
0000	0000
0001	0001
0010	0011
0011	0010
0100	0110
0101	0111
0110	0101
0111	0100

### 5.2.6. Sıcaklık Anahtarları

Sıcaklık anahtarları, özel bir geçiş sıcaklığı civarında hızla direnç değiştiren yarıiletken elemanlardır. Örneğin, böyle bir eleman  $75^{\circ}\text{C}$  geçiş sıcaklığına kadar  $100\text{K}\Omega$  gibi yüksek bir direnç gösteriyorsa bu sıcaklık üzerinde ısıtıldığında eleman direnci  $100\ \Omega$  gibi bir değere düşer. Eleman yüksek direnç gösterdiğinde açık devre durumdadır ve küçük bir akım çeker. Uçları arasındaki direnç düştüğünde ilettime geçer. Sıcaklık anahtarları, güç yarıiletkenleri, trafo ve motor gibi ısınan elemanları yüksek ısıdan korumak için kullanılır. Bu elemanlar, sıcaklık alarm girişlerinde kullanılmaktadır [1].

Termokupl ve yarıiletken sıcaklık dedektörleri, bir karşılaştırmacı yükselteci ile birlikte, dijital sıcaklık anahtarı olarak kullanılırlar. Şekil 5.7'de, bir sıcaklık dedektörünün nasıl bir sıcaklık anahtarı olarak kullanıldığı görülmektedir. Sıcaklık dedektörü akımı, sıcaklık oranında geçirir. Elemanın sıcaklık katsayısı  $1\mu\text{A/K}$  değerindedir. Devrede  $R_1$  direnci kullanılarak dedektör akımı gerilime çevrilir. Bu gerilim  $A_1$  tarafından yükseltilir ve diğer  $C_1$

yükselticisini besler. Sıcaklık giriş gerilimi, ( $V_{in}$ ) ayarlı değerden veya referans girişinden ( $V_{ref}$ ) daha büyükse veya eşitse karşılaştırıcı çıkışta lojik "1" üretir. Karşılaştırıcı çıkışı, T1 transistörünü anahtarlar bu da PLC giriş ucuna bir gerilim verir. Anahtarlama sıcaklığı  $R_v$  ayarlı direnci ile ayarlanır [2].



Şekil 5.7. Sıcaklık anahtarı devresi.

### 5.2.7. Basınç Anahtarları

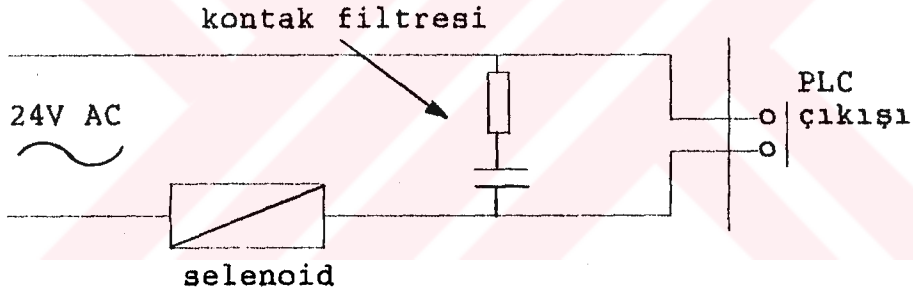
Basınç anahtarları, belirli bir geçiş basıncında açılıp kapanan elemanlardır. Sıvı basıncı oranında hareket eden diyaframın, bir mikroanahtarı işletmesiyle çalışır. Sonuçta basınç anahtarı da normal anahtar gibi devreye bağlanır [1].

### 5.3. Dijital Çıkış Elemanları

Dijital çıkışlar, sıralı işlem değişkenlerini ve makine hareketlerini denetleyen işletme mekanizmalarını kontrol eder. Bu işletme mekanizmaları, motorlar, katı hal röleleri, kontaktörler ve selenoidlerdir [1].

### 5.3.1. Selenoidler

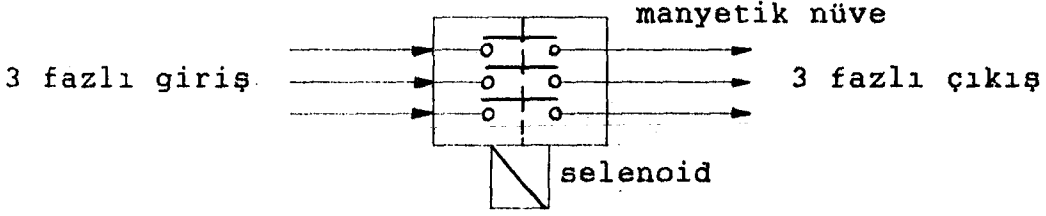
Selenoid, elektrik sinyalini mekanik harekete çeviren bir elektromagnetik elemandır. Aslında bir bobin ve hareketli bir parçadan oluşur. Enerjilenen bobin, parçanın hareket etmesine sebep olur. Hareket uzaklığına darbe ismi verilir. Tipik darbe uzunluğu elemana uygulanan kuvvete göre 4- 20 mm arasında değişir. İşletme gerilimleri, 12V DC, 24V DC/AC ve 240V AC'dir. Şekil 5.8'de 24V AC bir selenoidin PLC röleli çıkış ucuna bağlantısı görülmektedir. Bir RC filtre devresi de bir reaktif yük anahtarlandığında ortaya çıkan gürültüyü bastırmak için röle kontaklarına bağlanır. Bu, ayrıca rölenin kontak ömrünü de artırır [2].



Şekil 5.8 Bir selenoidin PLC çıkışına bağlantısı.

### 5.3.2. Kontaktör

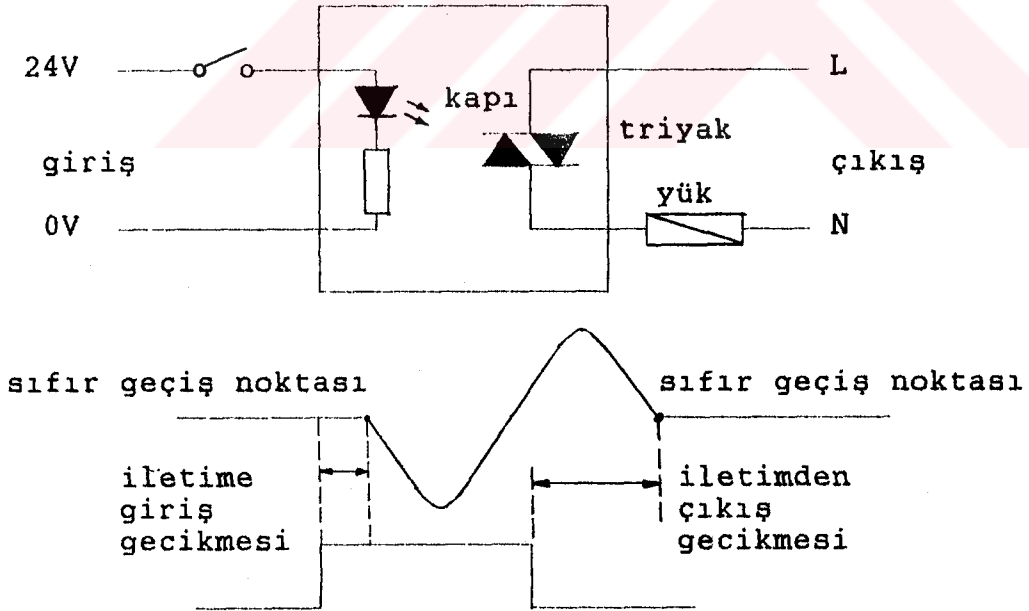
Bir kontaktör, elektriksel veya mekaniksel olarak işletilebilen bir yüksek akım anahtarıdır. Şekil 5.9'da bir kontaktör görülmektedir. Bu bir selenoid, manyetik nüve ve kontaklardan oluşur. Bobin enerjilendiğinde manyetik nüve etkilenecek yüksek akıma dayanabilen kontakları kapatır. Kontaktörler bir ve üç fazlı kaynakları anahtarlama için endüstride oldukça yaygın olarak kullanılır [2].



Şekil 5.9 Üç fazlı kontaktör.

### 5.3.3. Katı Hal Rölesi

Bir katı hal rölesi, normal röle ile aynı özellikleri gösterir fakat hareketli parçası yoktur. Şekil 5.10'daki gibi optik olarak izoleli bir triyaktan meydana gelir. Katı hal rölesinde bir led ile tetiklenebilmesi için triyağın kapı ucu optik olarak izole edilmiştir. Katı hal röleleri sıfır geçiş devreleri ile birleştirilerek şebeke anahtarlamaalarında kullanılırlar [1].



Şekil 5.10 Sıfır geçiş noktasında çalışan katı hal rölesi.

## 6. ANALOG ARABİRİM ELEMANLARI

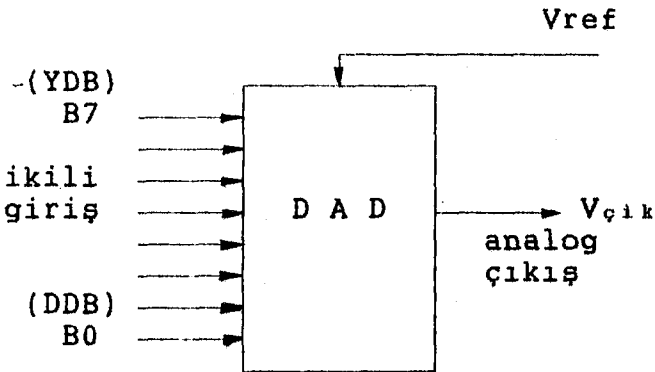
### 6.1. Giriş

Daha önceki bölümde incelendiği gibi dijital elemanlar açık ve kapalı olmak üzere iki kesikli seviyeye sahiptirler. Analog sinyaller ise bunlardan farklı olarak seviyeleri değişebilen sürekli sinyallerdir [2].

PLC'ler dijital cihazlardır. Analog sinyalleri kullanmak için, analog-dijital dönüştürücüler, dijital-analog dönüştürücüler, çoklayıcılar ve tekleyiciler gibi özel arabirimler gerektirmektedirler [2].

### 6.2. Dijital Analog Dönüştürücüler (DAD)

Dijital analog dönüştürücü (DAD), Şekil 6.1'deki gibi bir dijital girişten analog bir çıkış üretir. DAD'nün bütün tiplerinin analog gerilimi, bir referans geriliminden ( $V_{ref}$ ) sağlanır. DAD'ye girilen ikili kodlu sinyal, çıkışta temsil edilen  $V_{ref}$  geriliminin kesirlerini belirler. Bir DAD çıkışı, sürekli bir sinyal değil fakat bir seri kesikli gerilim seviyesidir [2].



Şekil 6.1. 8-Bitlik DAD.

Örneğin, Şekil 6.1'de gösterilen 8-bitlik DAD'nün B0 ve B7 bitleri "0" veya "1" değerlerini alabilirler ve çıkış ise aşağıdaki gibi verilmektedir.

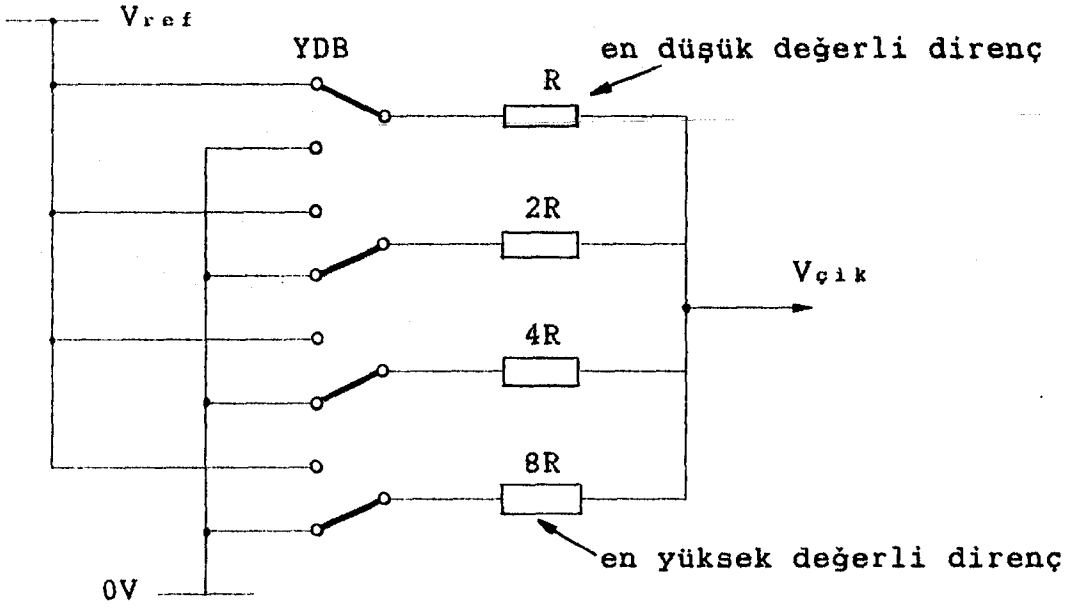
$$V_{\text{çık}} = V_{\text{ref}} \cdot \left( \frac{B7}{2} + \frac{B6}{4} + \frac{B5}{8} + \frac{B4}{16} + \frac{B3}{32} + \frac{B2}{64} + \frac{B1}{128} + \frac{B0}{256} \right) \quad (6.1)$$

B7, yüksek değerli bit (YDB) B0'da düşük değerli bittir (DDB)

Referans gerilimi, ( $V_{\text{ref}}$ ) 10V olan 8-bitlik bir DAD düşünülürse. 00000001 ikili girişi, en düşük kesirli çıkışı (örneğin; 10/256 volt) üretir. 00000010 ikili giriş değeri, 10/128 voltluk bir sonraki kesri üretir. İkili giriş kullanılarak 256 kesirli analog seviye üretilebilir. N-bitlik bir DAD'nün gerilim ayarı maksimum işletme gerilimini  $2^{N-1}$ 'e bölerek bulunabilir.  $2^{N-1}$  çarpanı seviyeler arası basamak sayısını temsil eder. 10 volt bir referans gerilimi ile 8 bitlik bir DAD, 10/255 volt kararlılıkta çalışır [2].

DAD'nün hızını, girişteki bir değişiklikten sonra değerinin kararlı hale gelene kadar geçen süre belirler. DAD'nün diğer önemli parametreleri linearite ve doğruluktur. Linearite, ikili girişe göre belirlenen çıkış hattından sapma miktarıdır. Doğruluk ise DAD gerçek çıkışı ile istenen çıkış arasındaki farktır [2].

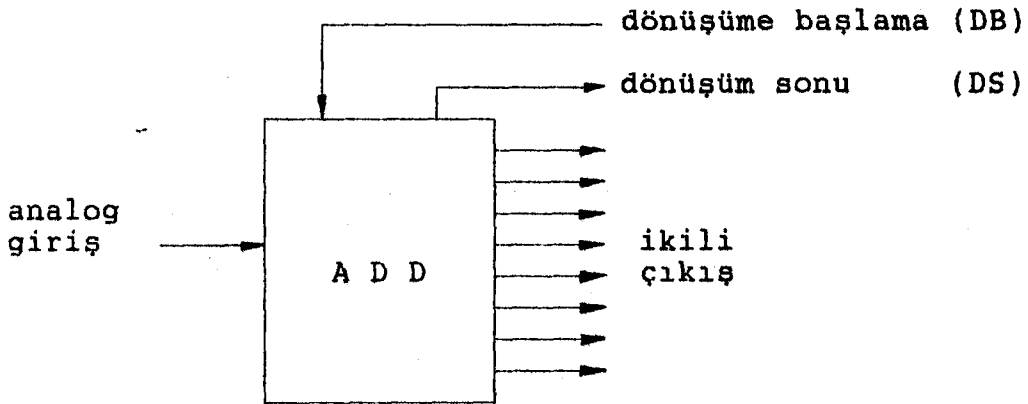
Bir DAD'nün işletme prensibi, Şekil 6.2'deki gibidir. DAD'ler  $V_{\text{ref}}$  geriliminden bir analog çıkış üretmek için ikili giriş tarafından anahtarlanan bir grup ağırlıklı direnç kullanılır. En ağırlıklı direnç analog çıkışta en küçük kesirli değeri üretir. En düşük ağırlıklı direnç ise en yüksek kesirli değeri üretir [2].



Şekil 6.2. DAD'nün çalışma prensibi.

### 6.3. Analog Dijital Dönüştürücüler

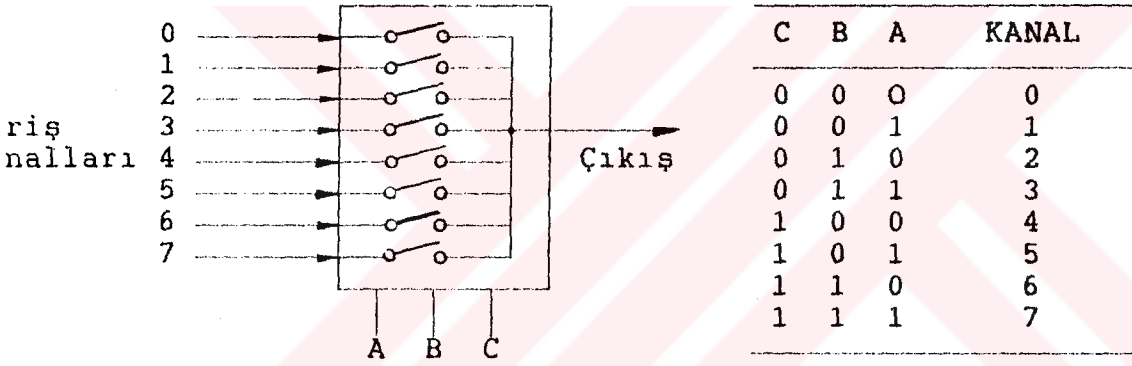
Analog dijital dönüştürücüler (ADD), bir analog girişten dijital bir çıkış üretirler. ADD'ler, dönüşüme başlama (DB) ve dönüşüm sonu (DS) uçlarını içerirler. DB darbesi uygulandığında, ADD o anda analog girişi eşdeğer ikili sinyale çevirir. ADD, daha sonra dönüşümün bittiğini belirten DS sinyalini üretir. ADD'nin ana parametreleri, kararlılık, doğruluk, linearite ve hızdır [2].



Şekil 6.3. 8-Bitlik analog dijital dönüştürücü (ADD).

#### 6.4. Çoklayıcılar (Multiplexers)

Çoklayıcılar, birçok sinyalin tek bir hattı paylaşmasını mümkün kılarlar. Şekil 6.5'de bir çoklayıcının blok diyagramı görülmektedir. Bu şekilde her bir giriş kanalı, çoklayıcının içindeki anahtarlardan biri kapatıldığında çıkış hattına bağlanır. Pratikte eleman içindeki anahtarlar A, B ve C hatları tarafından kontrol edilen bir grup transistördür. A, B ve C hatlarına girilen bir ikili sayı çıkışta anahtarlana- bakan kanalı belirler. Tekleyiciler (De-multiplexers), çoklayıcıların tersine çalışan elemanlardır [2].



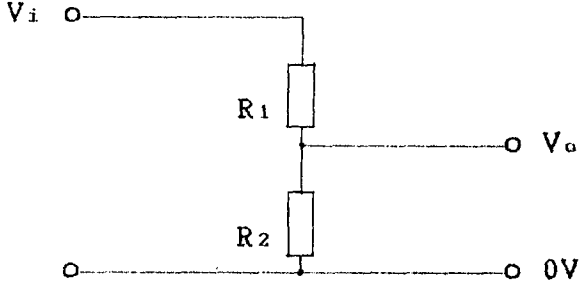
Şekil 6.5. Çoklayıcı (Multiplexer).

#### 6.5. Aradevreler

Analog sinyalleri iletmenin genel kuralı, gerilim seviyelerini eşlemek ve kaynak devresi empedansının yük devresi empedansına eşit veya yakın olmasını sağlamaktır. Yük devresine optimum güç transferi için empedans adaptasyonu önemlidir. Gerilim seviyelerini eşlemek, bizi gerilim seviyesini artırmaya veya azaltmaya belkide iki kutuplu gerilimi tek kutuplu gerilime dönüştürmeye zorlar. Empedans değerini eşitlemek için empedans değıştirici bir devreye gerek vardır.

Bir gerilim bölücü, Şekil 6.6'daki gibi giriş sinyalinin gerilim seviyesini düşürmek için kullanılan seri bağlı direnç grubudur.  $V_o$  çıkış gerilimi, aşağıda formülde verildiği gibi  $V_i$  giriş geriliminden daha düşüktür [2].

$$V_o = V_i \cdot R_2 / (R_1 + R_2) \quad (6.2)$$



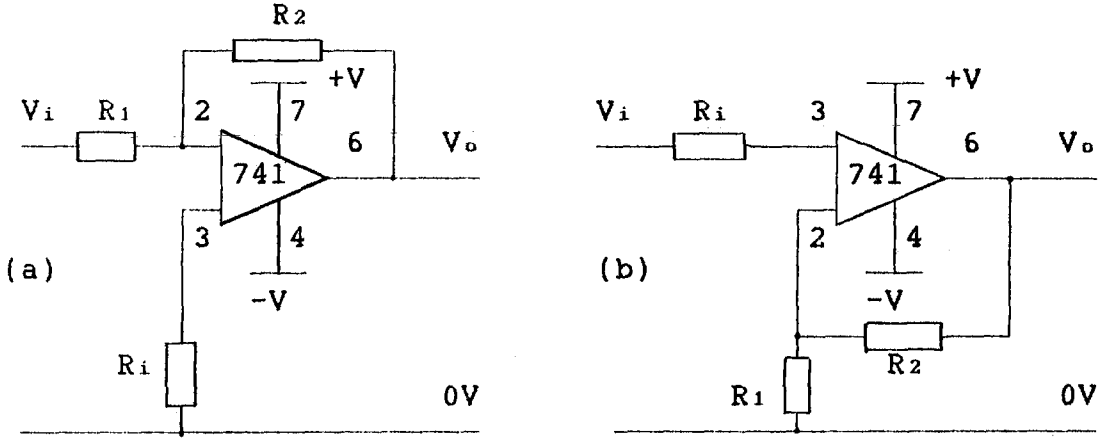
Şekil 6.6. Gerilim bölücü.

Gerilim seviyesini yükseltmek için eviren veya evirmeyen yükselteçler kullanılabilir. 741 işlemsel kuvvetlendirici (op-amp) kullanılarak eviren ve evirmeyen yükselteç devresi Şekil 6.7'de görülmektedir. Çıkış geriliminin ( $V_o$ ), giriş gerilimine ( $V_i$ ) oranına yükseltecin kazancı denir. Eviren yükselteçler,  $-R_2/R_1$  lik kazançla sahip olduklarından negatif çıkış üretirler. Evirmeyen yükselteçlerin kazancı,  $(R_2+R_1)/R_1$  dir. Devrelerdeki  $R_1$  direnci, işlemsel kuvvetlendiricinin her iki girişinin 0V da aynı direnci göstermesini sağlar ve aşağıdaki formülle hesaplanır [2].

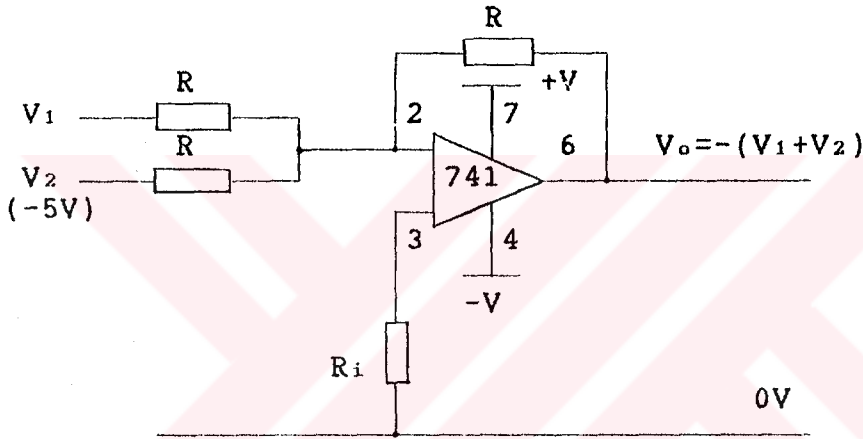
$$R_1 = R_2 \cdot R_1 / (R_1 + R_2) \quad (6.3)$$

Bir toplam yükseltici, iki kutuplu gerilimi tek kutuplu gerilime dönüştürmek için kullanılır. Şekil 6.8, 741 işlemsel kuvvetlendiricisi ile yapılan bir toplam yükseltici devresini vermektedir.  $V_o$  çıkış gerilimi şöyle verilir [2].

$$V_o = -(V_1 + V_2) \quad (6.4)$$



Şekil 6.7. (a)Eviren, (b)evirmeyen yükselteç.



$V_1$	$V_2$	$V_0 = -(V_1 + V_2)$
-5V	-5V	+10V
0V	-5V	+ 5V
+5V	-5V	0V

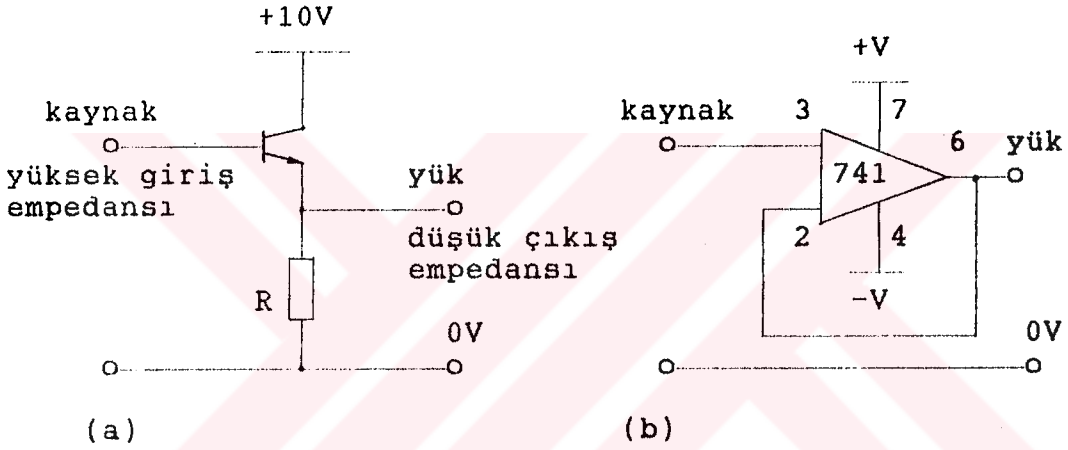
iki kutuplu giriş                      tek kutuplu çıkış

Şekil 6.8. Toplam yükseltici.

Eğer yükseltici, iki kutuplu gerilimi (bipolar) tek kutuplu gerilime (unipolar) dönüştürmek için kullanıyorsa girişlerden biri uygun bir negatif gerilimde tutulmalıdır. Örneğin;  $V_2$ ,  $-5V$  da tutulursa toplam işlemi,  $V_1$  gerilimini  $0V$

ile 10V arasında tek kutuplu gerilime dönüştürür (Şekil 6.8).

Emiter takipçisi ve gerilim takipçisi devre, yük ve kaynak arasında bir empedans sağlar. Kaynak, bir yükseltici veya dijital analog dönüştürücü çıkışı olabilir. Şekil 6.9'da emiter çıkışlı ve gerilim takipçisi devreler görülmektedir. Bu devrelerde çıkış gerilimi, giriş gerilimini takip eder fakat giriş empedansı çıkış empedansından oldukça büyüktür. Böylece bu devreler kaynak empedansını düşürürler [2].



Şekil 6.9. Empedans değiştiren (a) emiter takipçisi, (b) gerilim takipçisi, devreler.

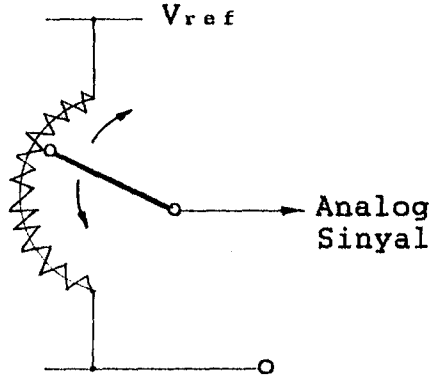
## 6.6. Analog Dönüştürücüler

Konum değişikliği, sıcaklık ve basınç gibi fiziksel büyüklükler, dönüştürücülerle analog gerilime veya akıma çevirilir. Aşağıda bazı dönüştürücü tipleri açıklanmaktadır.

### 6.6.1 Potansiyometreler

Bir ADD'ye analog giriş sağlamanın en basit yolu, Şekil 6.10'daki gibi bir potansiyometre devresi kullanmaktır. Potansiyometrenin orta ucu, bağlı bulunduğu kontağın fiziksel

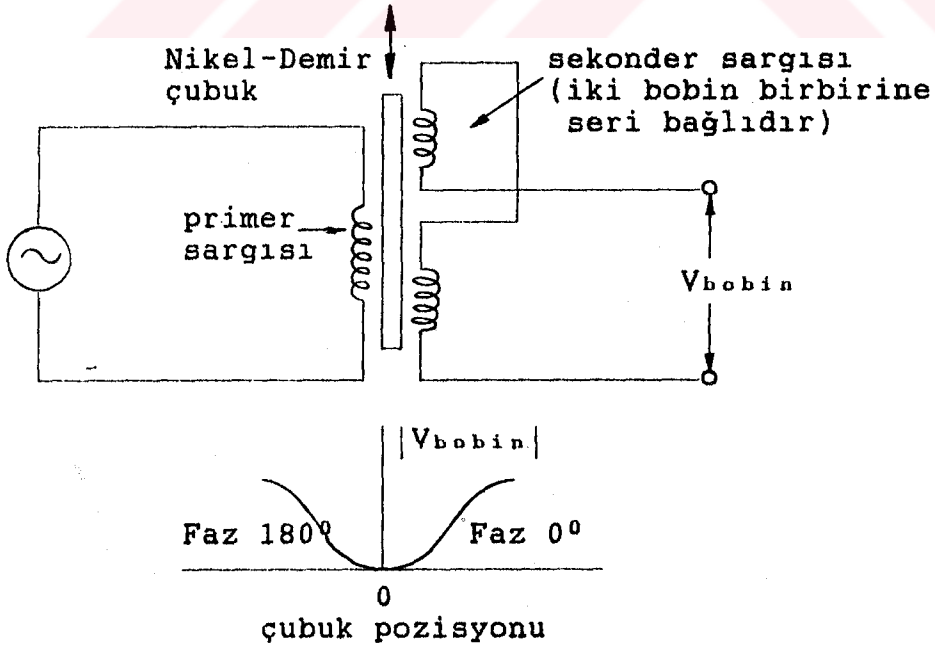
konumunu bir gerilim değerine çevirir. Doğrusal ve dönel potansiyometreler, düşük fiyatlı dönüştürücüler olarak çok kullanılmaktadır [2].



Şekil 6.10. Dönel pozisyon potansiyometresi.

#### 6.6.2. Doğrusal Değişebilir Diferansiyel Transformator

Doğrusal değişebilir diferansiyel transformator (DDDT), bir konum dönüştürücüdür. Bu eleman, Şekil 6.11'deki gibi primer ve sekonder bobinleri arasında serbestçe hareket edebilen nikel-demir bir çubuktan oluşur [2].

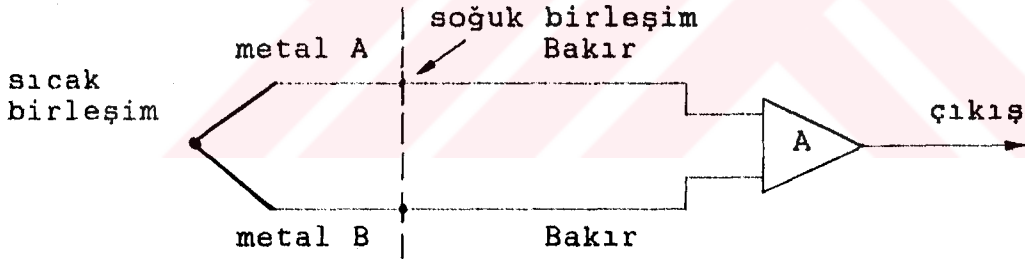


Şekil 6.11. DDDT.

Primer bobini, sekonder bobininin her iki yarısında da gerilim endüklensin diye alternatif gerilim ile beslenir. Yukarı ve aşağı doğru hareket eden çubuk, sekonder sargıdaki gerilimi ve fazını değiştirir. Nüve, merkeze doğru hareket ettiğinde girişe (primer sargısı) göre çıkışın faz açısı  $180^{\circ}$  değişir. Böylece istenen her nüve konumu ile bir fazdedektörü oluşturulur [2].

### 6.6.3. Termokupl

Termokupl, Şekil 6.12'deki gibi düzenlenen iki benzer olmayan telden meydana gelir. Bu birleşim, ısıtıldığında termoelektrik etki ile gerilim üretilir. Termokupl tipleri harflerle gösterilir. Bu harfler birleşimde kullanılan metalleri sembolize eder [2].



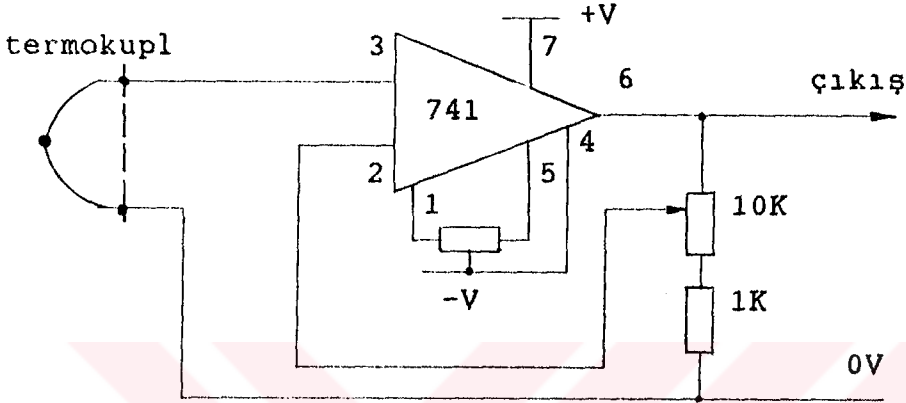
Tip	Metal A/Metal B
E	Krom/Konstantan
J	Demir/Konstantan
K	Krom/Aluminyum
T	Bakır/Konstantan

Şekil 6.12. Termokupl.

Termokupllar, doğrusal olmayan elemanlardır yani çıkış gerilimleri sıcaklıkla orantılı olarak artmaz. Gerçekte bir

termokupl, çıkış geriliminin sıcaklığa çevrimini gösteren kalibrasyon tablosuna göre beslenir [2].

Termokupldan üretilen gerilim bir ADD ünitesi girişine uygulanmadan önce yükseltilmelidir. 741 op-amp ile basit bir yükseltici devresi, Şekil 6.13'de görülmektedir [2].



Şekil 6.13. Termokupl yükseltici devresi.

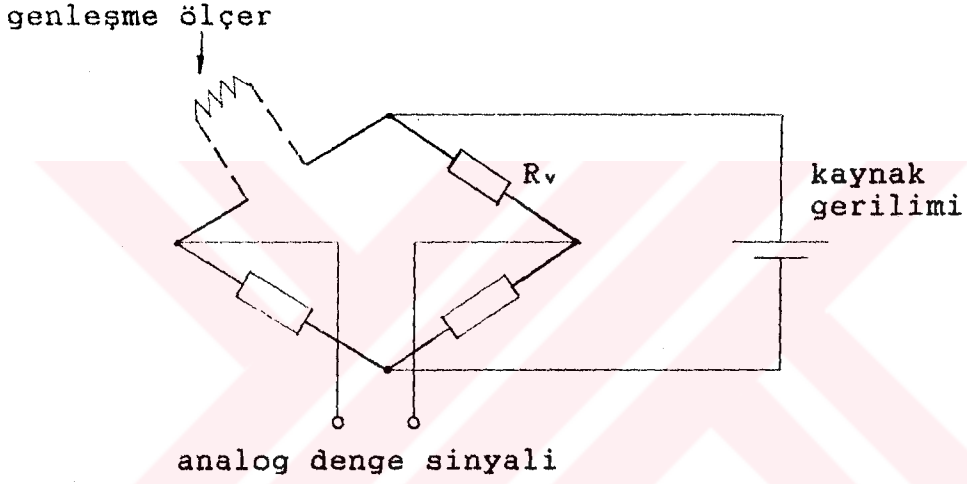
#### 6.6.4. Genleşme Ölçer

Genleşme ölçer, uzatıldığında veya sıkıştırıldığında direnci değişen elemandır. G, kalibre faktörü olarak isimlendirilirse, direnç değişimi ( $\Delta R/R$ ) ile basınç değişimi ( $\Delta L/L$ ) arasındaki ilişki aşağıdaki gibi verilmektedir [2].

$$G = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L} \quad (6.5)$$

Kalibre faktörü (G), metal alaşımlı genleşme ölçer için yaklaşık 2 ve yarıiletken genleşme ölçer için ise 100  $\Omega$  civarındadır. Basınç direkt olarak yukarıdaki eşitliği kullanarak bulmak mümkün olduğu halde, pratikte Şekil 6.14'de dengeleme köprü devresi kullanılır. Köprünün analog çıkışı, alete herhangi bir baskı uygulanmadığında  $R_v$  ayarlı direnci

kullanılarak sıfırlanır. Alete bir baskı uygulandığında, köprünün dengesi bozulduğundan köprü devresinde bir gerilim oluşur. Bu gerilim, genellikle ayarlanmış değer ile karşılaştırılabilmesi için yükseltilerek ADD girişine geri beslenir. Büyük kalibre faktörü nedeniyle yarıiletken genleşme ölçerler metal tipleri ile karşılaştırıldığında daha geniş sinyaller üretirler. Buna rağmen sıcaklık değişimlerine karşı daha hassastır [2].



Şekil 6.14. Genleşme ölçer köprüsü.

## 7. PLC PROGRAMLAMASI

### 7.1. Giriş

PLC'lerin programlanma yöntemleri temelde 4 gruba ayrılır.

- \* Merdiven programlama,
- \* Boolean programlama,
- \* Fonksiyon blokları,
- \* İngilizce bildirimler.

Bunlardan ilk ikisi, temel PLC dilleri olup diğer ikisi üst düzey diller sınıfına girerler. Temel PLC dilleri ile sadece röle kontağı kumandası, zamanlama, sayma, sıralama ve mantık işlemleri yapılabilir. Daha ileri düzeyde komutlar gerektiren denetim uygulamaları, belirtilen üst düzey dillerin geliştirilmesine neden olmuştur [9].

### 7.2. Merdiven Programlama

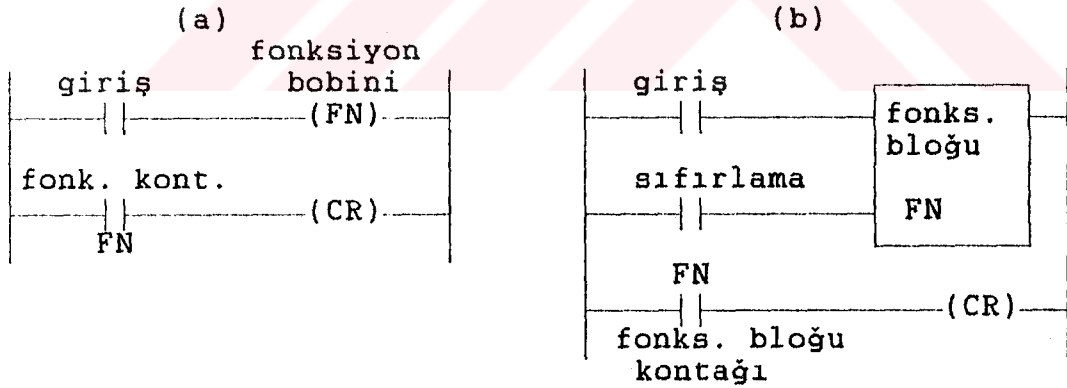
PLC'lerin programlamasında kullanılacak dilin endüstri ortamında çalışan teknisyen ve operatörler tarafından öğrenilmesi kolay ve kullanımı basit olması istenmiştir. Bu nedenle çokça bilinen ve kullanılan kontaktör planına benzer merdiven dili (ladder diyagram) geliştirilmiştir [9].

Merdiven programlamada, tarama işlemi dikey kollarda çalışmayacağı için kontaklar yatay kollarda bulunmaktadır. Kontaklar ve bobinlerden oluşan merdiven program devresi anahtarlama işlemleri ile sınırlıdır. PLC'lerin daha ileri düzeyde kontrol görevlerini yapması için, üreticiler makinaya

özel fonksiyonlar da dahil etmişlerdir. Bu fonksiyonlar, özel bobinler veya blok elemanlar olarak Şekil 7.1'deki gibi gösterilirler. Böylece merdiven programlar, kontaklar, bobinler, özel fonksiyon bobinleri veya bloklarını kapsarlar. Merdiven programlamada kullanılan temel ve geliştirilmiş komutlar Tablo 7.1'de gösterilmektedir [9].

Tablo 7.1. Temel PLC komutları.

Temel Komutlar	Geleştireilmiş Komutlar
* Röle kontağı	* Çift duyarlılıklı işlem
* Röle çıkışı	* Karekök
* Zamanlayıcı	* Taşıma (Move)
* Sayıcı	* Öteleme
* Git (Go to)	* Döndürme
* Toplama	* Blok transferi
* Çıkartma	* PID
* Çarpma	* Network
* Bölme	
* Karşılaştırma	



Şekil 7.1 Merdiven diyagramda (a)fonksiyon bobini, (b)fonksiyon bloğu gösterimi.

Merdiven programlamada kullanılan komutların grupları, isimleri, sembolleri ve işlevleri Tablo 7.2., Tablo 7.3., Tablo 7.4., Tablo 7.5'de gösterilmektedir [9].

Tablo 7.2. Röle türü komutlar.

Sembolü	Karşılığı
—   —	Normalde açık kontak
— / —	Normalde kapalı kontak
—( )—	Çıkış bobini

Tablo 7.3. Zamalama ve sayma komutları.

Sembolü	Karşılığı
—(TON)—	Gecikme ile sargıyı uyar
—(TOF)—	Gecikme ile sargıdan uyarıyı kes
—(RTO)—	Kilitlemeli düz zaman rölesi
—(RTR)—	Kilitlemeli düz zam. röl. sıfırlama
—(CTU)—	Yukarı sayıcı
—(CTD)—	Aşağı sayıcı
—(CTR)—	Sıfırlama girişi

Tablo 7.4. Aritmetik işlem komutları.

Sembolü	Karşılığı
—(ADD)—	Toplama işlemi(*)
—(SUB)—	Çıkartma işlemi(*)
—(MUL)—	Çarpma işlemi(*)
—(DIV)—	Bölme işlemi(*)

\* Tablo E.2'de bu işlemlerin farklı gösterim sembolleri verilmektedir [2].

Tablo 7.5. PLC program denetimi ve diğer komutlar.

Sembolü	Karşılığı
—(MCR)—	Ana kumanda rölesi
—(JMP)—	Atlama (Jump) fonksiyonu
—(JSB)—	Alt programa atlama
—(RET)—	Geriye dön

### 7.3. Boolean Dili

Boolean dili veya komut listesi olarak da adlandırılan PLC programlama metodu, temel bir dil olup çokça kullanılmaktadır. Yapı olarak basit olmasına karşın, her firmanın ürettiği PLC'nin ayrı ve kendine özgü komutları vardır. Bu nedenle merdiven dili gibi anlaşılması kolay değildir. Ancak bazı ihtiyaçlardan dolayı bu dil kullanılmaktadır [3].

Özellikle fabrika ortamında veya bir tezgah üzerinde ferdi kontrolü yapılan bir PLC'nin programlanması için kullanılan el programlama cihazlarının ekran ve diğer yeteneklerinin kısıtlı olması nedeniyle Boolean dili kullanılmaktadır.

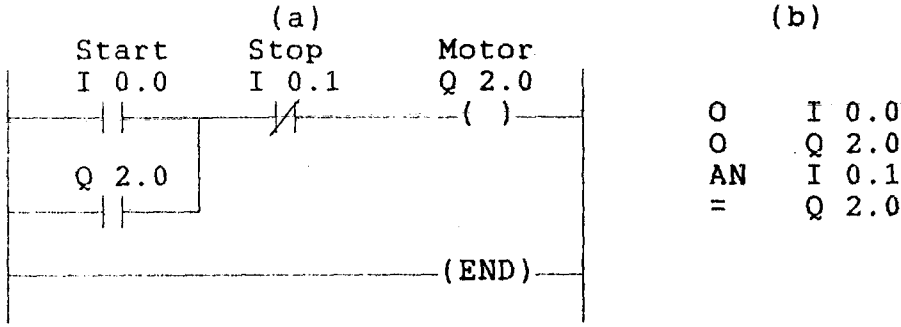
Boolean dilinin kullanılması için diğer bir sebep de, bazı programların yazılmasında bu dilin kullanımının kolay olmasıdır. Özellikle bazı firmaların ürettikleri PLC'lerde merdiven dili ile tüm işlemleri yapmak (Siemens'te aritmetik işlemler gibi) mümkün değildir. Bu gibi durumlarda bu dili kullanmak zorunluluk haline gelmektedir [3].

Genelde kullanılan Boolean dili komutları ve bunların merdiven dilindeki karşılıkları Tablo 7.6'da verilmektedir.

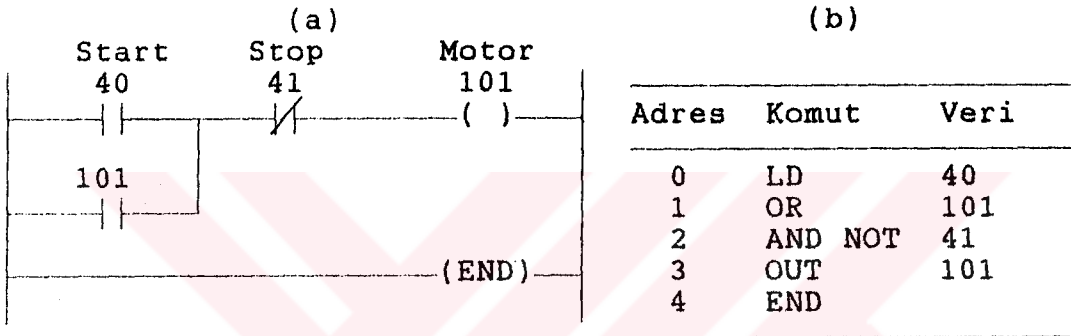
Tablo 7.6. Kullanılan tipik Boolean komutları [1].

Komut	İşlevi	Merdivem dili
LD veya STR	NA kontak ile başla	----- -----
LD/STR NOT	NK kontak ile başla	-----/-----
AND	NA kontak ile seri bağla	----- -----
AND NOT	NK kontak ile seri bağla	-----/-----
OR	NA kontak ile paralel bağla	----- -----
OR NOT	NK kontak ile paralel bağla	-----/-----
OUT	Çıkış bobinini enerjile	----- ( ) -----
OUT NOT	NK bobini enerjile	----- ( / ) -----
OUT AR	Dahili röleyi enerjile	----- ( ) -----
TIM (TON)	Zamanlayıcı	----- (TON) -----
CNT (CTU)	Sayıcı	----- (CTU) -----
ADD	Toplama	----- (ADD) -----
SUB	Çıkartma	----- (SUB) -----
MUL	Çarpma	----- (MUL) -----
DIV	Bölme	----- (DIV) -----
JMP	Atlama	----- (JMP) -----
MCR	Ana kumanda rölesi	----- (MCR) -----
END	Program sonu	----- (END) -----
ENT	Kaydedici veri girişi	-----

Boolean dili ile merdiven dilini karşılaştırmak için bir motorun start-stop devresinin her iki dilde de programını, Siemens firmasına ait Simatic S5-100 U için Şekil 7.2'de Omron Sysmac C20K için Şekil 7.3'de verilmektedir. Bu iki şekilden görüldüğü gibi Boolean yazılımları çok farklıdır.



Şekil 7.2. Siemens S5 100 U için start-stop (a)merdiven dili, (b)boolean diyagramı [8].

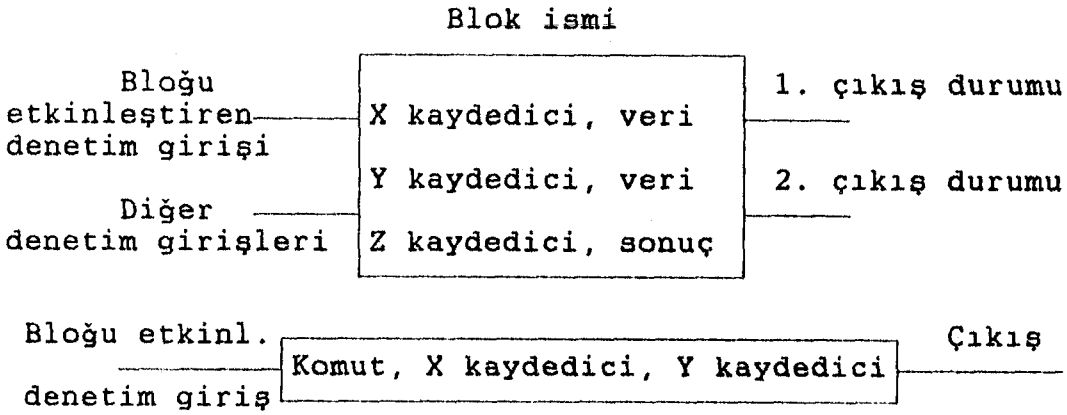


Şekil 7.3. Omron C20K için start-stop, (a)merdiven dili, (b)boolean diyagramı [6].

#### 7.4. Fonksiyon Blokları

Bu programlama dilinde yürütülmek istenen işlemler bloklar halinde tanımlanmaktadır. Bu tür programlama dilinde kullanıcı, merdiven diyagramı kullanarak daha karmaşık işlemler gerçekleştirmektedir. Tüm işlemler için ayrı ayrı bloklar vardır ve bu bloklardaki tanımlanmış yerlere veriler girilir. Bloklar normalde açık ve kapalı tür kontaklar ile denetlenir. CPU, blok içinde hangi verinin nerede olduğunu ve ne anlama geldiğini bilmektedir. Buna göre gerekli işlemleri yaparak sonucu belirlenen bölgeye yazar. Bu sonuç üzerinde enerjilendirilecek kontak varsa enerjiler. Şekil 7.4'de

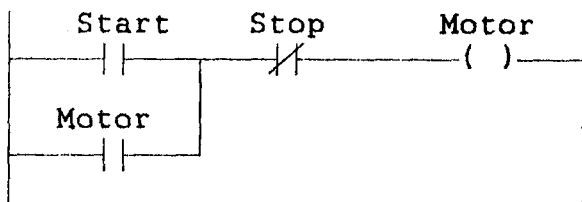
çeşitli tipte fonksiyon blok örnekleri verilmelidir [3].



Şekil 7.4. Fonksiyon blok örnekleri.

### 7.5. İngilizce Bildirim Kullanılan Diller

İngilizce bildirim kullanılan diller, üst düzey diller sınıfına girmektedirler. Bu diller, genelde bilgisayarda çok kullanılan dillerin (Basic, Pascal vs.) PLC'ye uyarlanmış şeklidir. Şekil 7.5'de görülen star-stop merdiven şeması Basic türü bir programlama dili ile yazılmıştır. Dikkat edilirse yazılım tamamen Basic gibidir [5].



```

10 REM Motor Start-Stop Devresi
20 Motor = 0
30 IF Start = 1 THEN GO TO 60
40 IF Motor = 1 THEN GO TO 60
50 GO TO 20
60 IF Stop = 1 THEN GO TO 20
70 Motor = 1
80 GO TO 30
90 END

```

Şekil 7.5. Start-stop devresi Basic yazılımı.

## 8. MERDİVEN PROGRAMI OLUŞTURMA

### 8.1. Giriş

Bu bölümde, PLC programlanmasında en çok kullanılan ve programlama kabiliyetlerini geliştirmeye izin veren merdiven programlama örnekleri verilmektedir. Her örnek, bir merdiven diyagram ve onun eşdeğeri olan program kodlarından oluşur. Program kodları cihaza adres-komut-veri formunda girilir [2].

Tablo 8.1'de tanımlanan genel komutlar merdiven diyagramları kodlamak için kullanılır. Bu komutlar herhangi bir program için ortaktır ve bütün PLC üreticileri tarafından kullanılır yalnızca yazımları değişik olabilir. Tablo E.1'de ise Omron ve Mitsubishi firmaları tarafından kullanılan işlem kodları karşılaştırılmaktadır [2].

Tablo 8.1. Programlama komutları.

PLC komutu	Tanımlaması
LOAD	Kontağı yükle
AND	Lojik VE işlemi
OR	Lojik VEYA işlemi
NOT	Evirme
LOAD NOT	Kontağın evriğini yükle
AND NOT	Lojik VE değil işlemi
OR NOT	Lojik VEYA değil işlemi
AND BLOK	iki tali devre ile VE işlemi
OR BLOK	iki tali devre ile VEYA işlemi
RESET	Sıfırlama
SHIFT	Bir bit kaydır
CONSTANT	Sabit sayıyı gir
END	Diyagram sonu

Veriler için kullanılan yazılımlar aşağıdaki gibidir.

IN = Giriş kontağı  
CR = Kontrol rölesi  
AR = Yardımcı röle  
C = Sayıcı bobini  
T = Zamanlayıcı bobini

Günümüzde birçok PLC, programlama paneli olarak kişisel bir bilgisayar kullanır. Bir paket program yardımıyla, bilgisayar ekranı üzerinde merdiven program devresi geliştirmek ve bu programı PLC'ye yüklemek mümkündür. Bu durumda da program kodlarını kullanmaya gerek yoktur [2].

Bütün PLC programları ile oluşturulan sistemler, kontak uçlarına bağlı anahtarları normalde açık kontaklı olarak kabul ederler. Sistem içinde normalde kapalı olan bir kontak yerine, dışarıda bağlı olan normalde açık kontak kapatıldığında anahtar açılmış olarak kabul edilmektedir [2].

## 8.2. Merdiven Diyagram

PLC'lerin büyük bir çoğunluğu için, bir program yazmak anahtarlama devresi çizmeye eşdeğerdir. Anahtarlama devresi merdiven diyagram formunda çizilir. Bu form aşağıdaki gibidir

- Devreler, girişleri ve çıkışları içeren yatay hatlardan meydana gelir

- Normalde açık ve/veya kapalı kontak formunda olan girişler çıkışlardan önce gelir. Normalde açık kontakın merdiven sembolü  $\left| \right|$  şeklinde, normalde kapalı kontakın merdiven sembolü  $\left| \right|$  şeklindedir.

- Herbir hatta, en az bir çıkış bulunmalıdır. Bir PLC çıkışı için merdiven sembolü kapalı bir parantez ( ) veya bir daire  $\bigcirc$  şeklindedir.

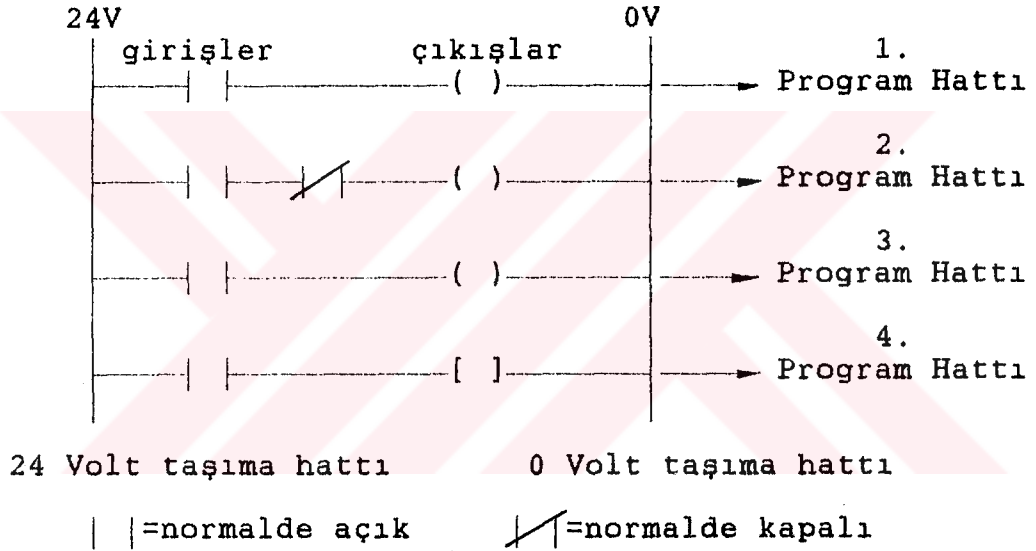
- Dikey hatlar formunda devreler kullanılmaz.

- Girişler ve çıkışlar için numaralı sınıflamalar merdiven diyagramın bir parçasıdır.

- Zamanlayıcı (Timer), sayıcı (Counter), ötelemeli

kaydedici (Shift Register) gibi diğer elemanlarla merdiven diyagram tamamlanır [2].

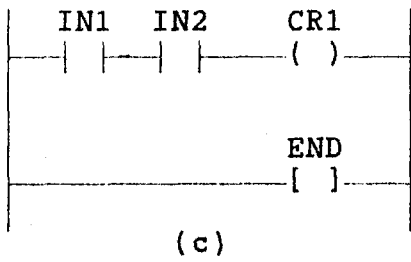
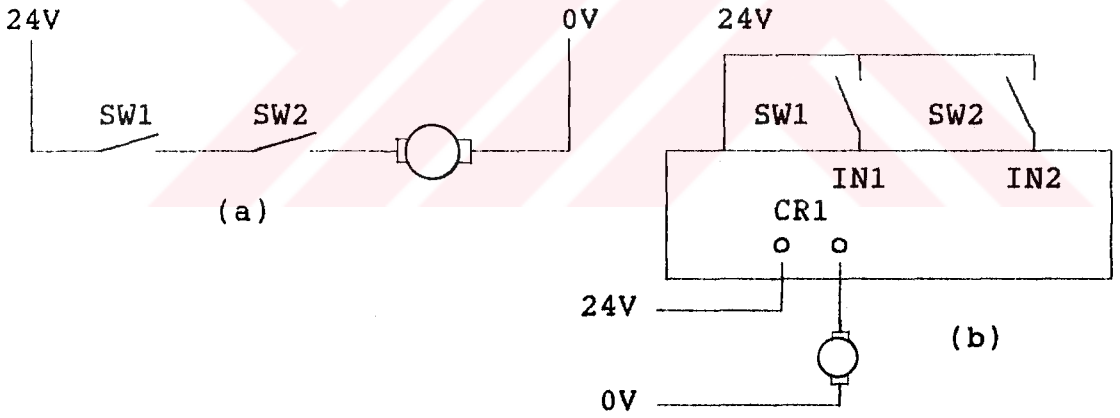
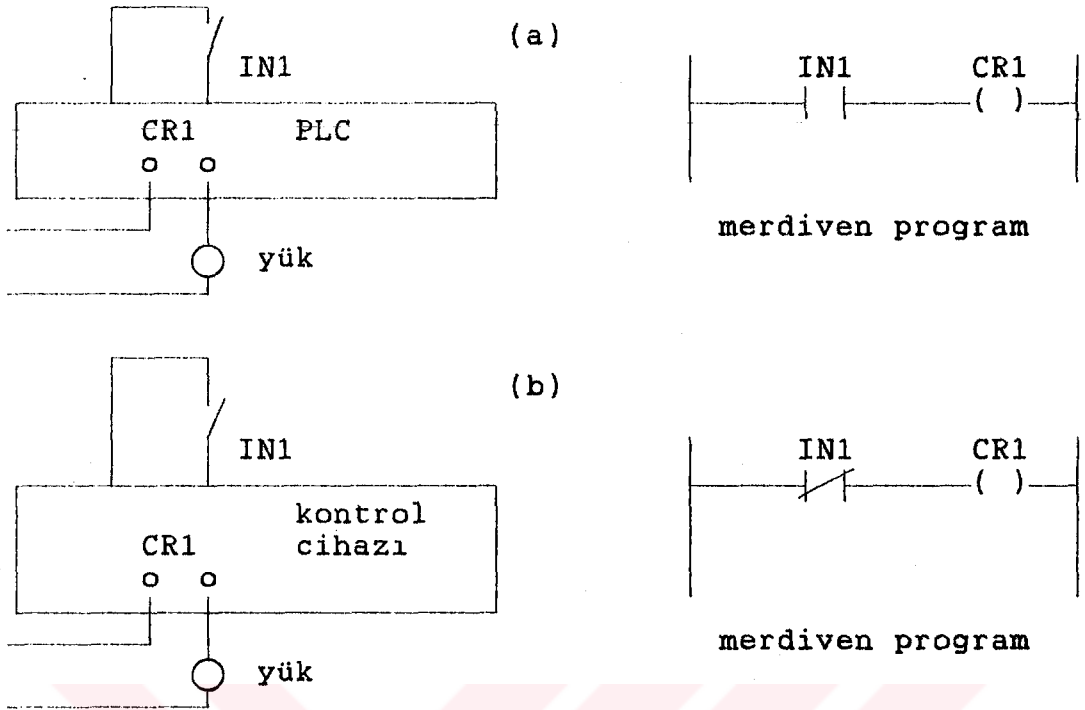
Komple bir diyagramın hatları bir merdivenin basamaklarına benzedikleri için merdiven (Ladder) terimi kullanılır. Şekil 8.1'de iki dikey hat, güç bağlantılarını gösterir ve taşıma hatları (Bus Lines) olarak isimlendirilir. Herbir yatay hat bir program basamağını temsil eder. Program basamağındaki bir çıkış onun girişi kapatıldığında enerjilenir [2].



Şekil 8.1. Merdiven diyagram.

Şekil 8.2'de, IN1 giriş noktalarına bağlı normalde açık anahtara sahip iki kontrol cihazı görülmektedir. Şekil 8.2(a) da kontak kapandığında çıkış enerjilenir. Şekil 8.2.(b)'de ise kontak kapandığında çıkış enerjisi kesilir [2].

Şekil 8.3'de, geleneksel bir kontrol devresinin PLC uygulaması görülmektedir. Devre, bir motoru enerjilemek için birbirine seri bağlı normalde açık kontaklı iki anahtardan oluşmaktadır [2].



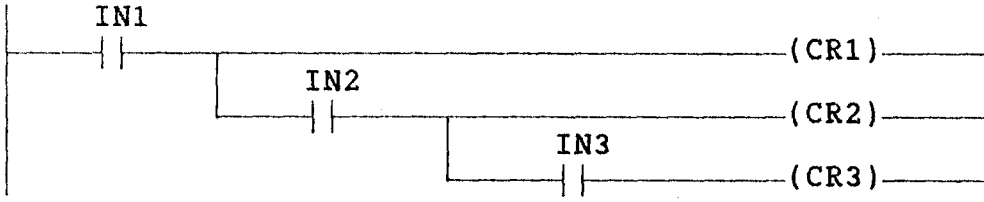
(d)

ADRES	KOMUT	VERİ
0	LOAD	IN1
1	AND	IN2
2	OUT	CR1
3	END	

Şekil 8.3. Seri bir devrenin (a)genel devre, (b)PLC devresi, (c)merdiven diyagramı ve (d)PLC programı.

### 8.3. Çok Katlı Paralel Çıkışlar

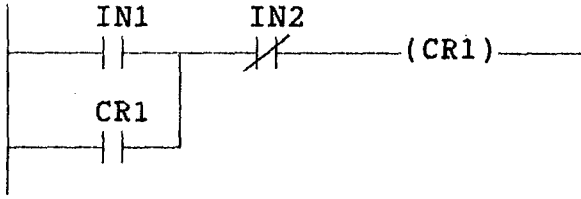
Merdiven diyagramda, bir kontağa birden fazla bobin bağlamak mümkündür. Bu, Şekil 8.4'deki gibi sıralı bir basamak düzenlemesini gerektirir. Bu örnekte, CR1, CR2 ve CR3 giriş kontaktarı ancak IN1, IN2, IN3 sırasında kapandığında birbirini ardına enerjilenir [2].



Şekil 8.4. Çok katlı paralel çıkışlar.

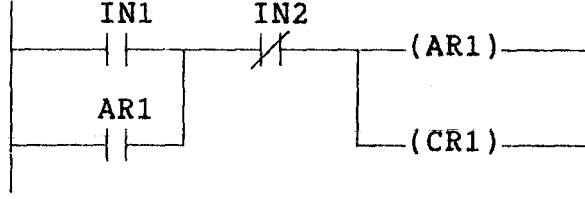
### 8.4. Mühürleme

Bir mühürleme devresi, enerjilenen giriş kontağı bunu takiben açılırsa bobini enerjide tutmak için kullanılır. Şekil 8.5'de görülen mühürleme devresi açılması için IN2 anahtarlanmalıdır [2].



Şekil 8.5. Mühürleme devresi.

Sık sık şebeke kesintisi sırasında, bir çıkış mühürlemesini korumak gerekli olabilir. Bu durumlarda batarya bağlı yardımcı röleler Şekil 8.6'daki gibi kullanılmaktadır [2].



Şekil 8.6. Batarya bağlı röle kullanarak mühürleme.

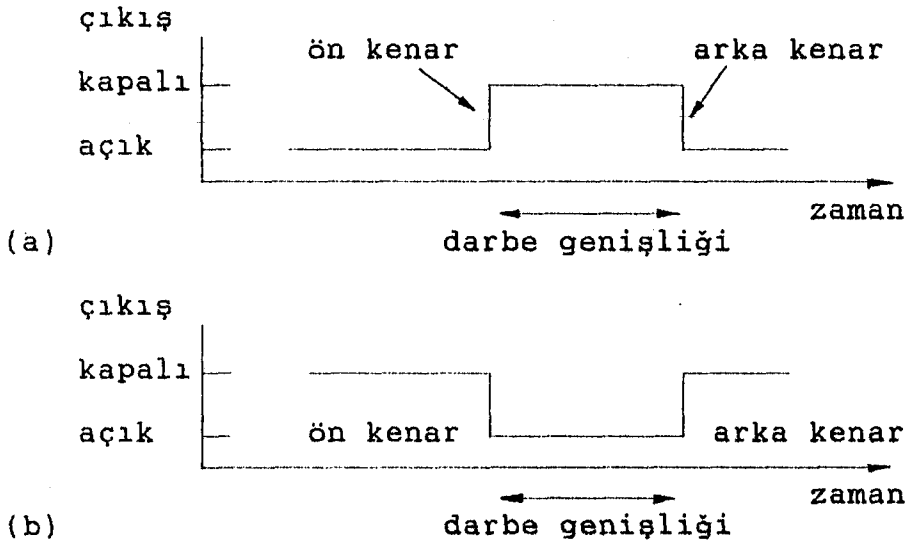
### 8.5. Zamanlayıcılar (Timers)

Zamanlayıcılar, dahili CPU saatini kullanarak, saniye veya saniyenin belirli bölümlerini sayarlar. Zamanlayıcı önceden ayarlı değeri, istenen gecikme periyodudur. Bu değer, 0,1 saniyelik basamaklarda 0.1 saniye ile 999 saniye arasında ayarlanabilmektedir [2].

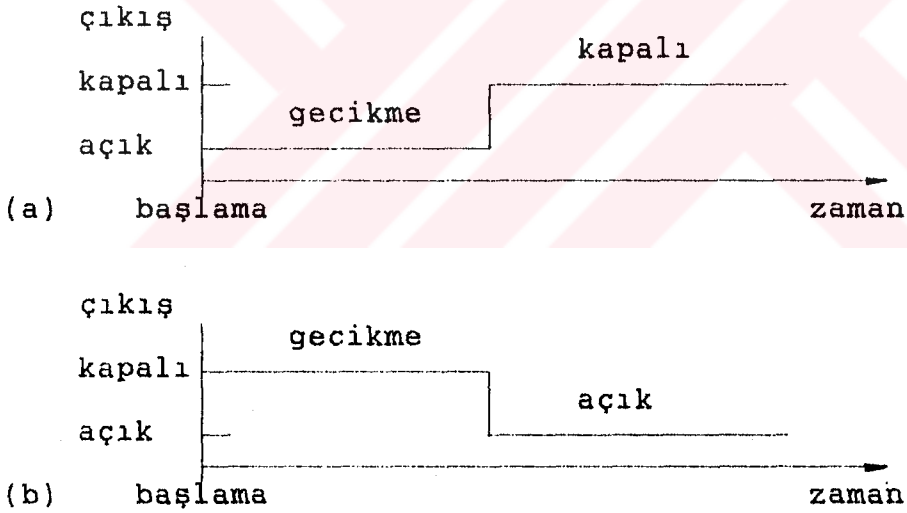
Değişik tipteki zamanlayıcılar şunlardır:

- Pals Zamanlayıcı, aktif olduğu zaman pals genişliği belirli tek bir pals üretir. Şekil 8.7'de görüldüğü gibi, pozitif yönde artan ve negatif yönde artan olmak üzere iki tip pals üretebilir. Şekilde pals genişliği, ön kenar ve arka kenar terimleri tanımlanmaktadır.

- Gecikmeli kapanan zamanlayıcı, ilk çalıştırıldığında kapanmadan önce belirli bir gecikme süresi kadar bekler. Gecikmeli kapanan zamanlayıcı için zamanlama diyagramı Şekil 8.8'de görülmektedir. Bütün PLC'ler gecikmeli kapanan zamanlayıcı içerirler.



Şekil 8.7. (a)Pozitif yönde artan, (b)negatif yönde artan darbe.

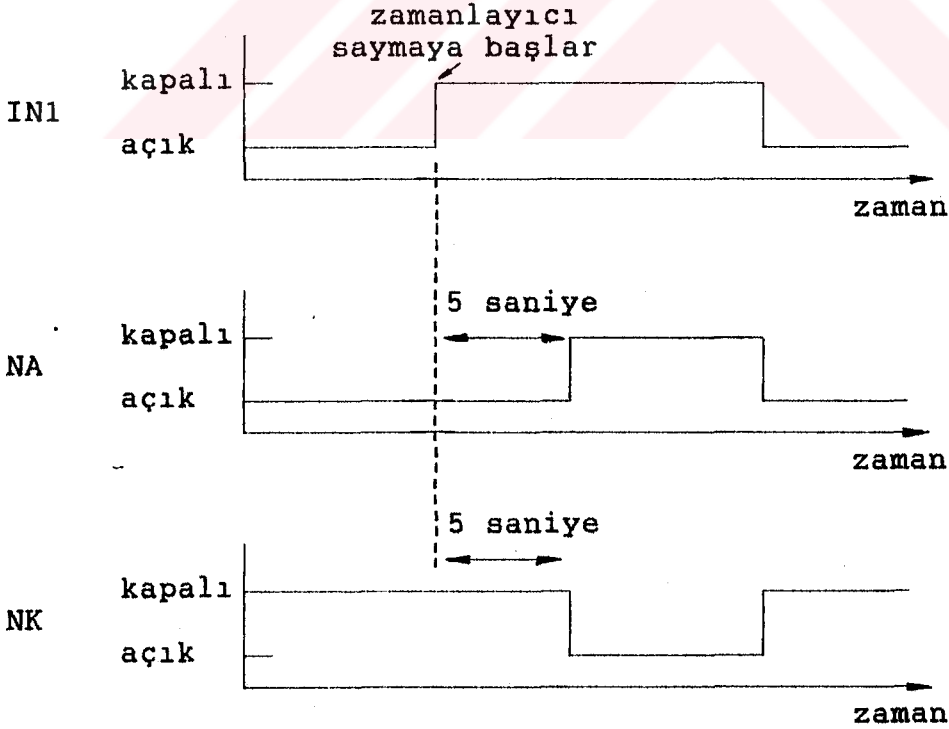


Şekil 8.8. (a)Gecikmeli açılan, (b)gecikmeli kapanan zamanlayıcı zamanlama diyagramları.

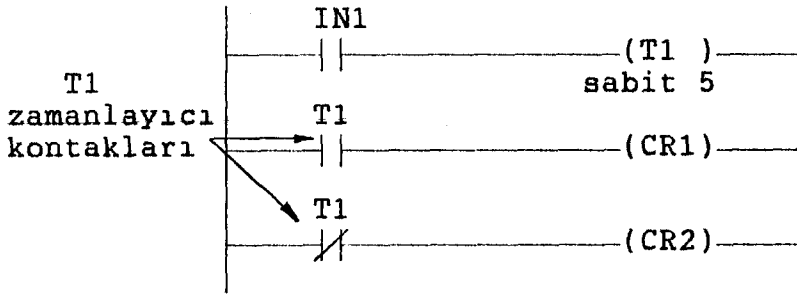
- Gecikmeli Açılan Zamanlayıcı, kontakları açmadan önce belirli bir süre kapalı kalır. Gecikmeli açılan zamanlayıcı için zamanlama diyagramı Şekil 8.9'da görülmektedir.

- Tekrarlayan Zamanlayıcı, düzenli aralıklarla bobinin tekrar tekrar açılıp kapanmasını sağlar. Bunlar "Periyodik Zamanlayıcı" olarak da bilinmektedir [2]

Şekil 8.10'da gecikmeli kapanan zamanlayıcı kullanan bir merdiven program örneği verilmektedir. Zamanlayıcı bir bobin gibi sembolize edilir. Bağımlı sabitler saniye olarak zamanlayıcının gecikme süresini belirtir. Bu örnekte gecikme periyodu 5 saniyeye ayarlıdır. IN1 kontağı kapatıldığı andan itibaren 5 saniye geçtiğinde, zamanlayıcı kontakları ile CR1'i enerjiler, enerjili CR2'yi devreden çıkarır. Zamanlayıcı ancak IN1'i devreden çıkararak sıfırlanır (başlangıç noktasına döner). Şekil 8.9'da, gecikmeli kapanan bir zamanlayıcı için zamanlama diyagramı verilmektedir [2].

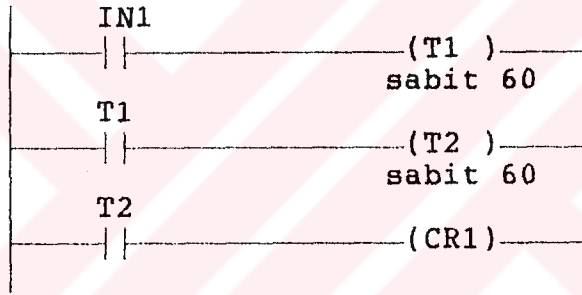


Şekil 8.9. Zamanlayıcı devresi zamanlama diyagramı.



Şekil 8.10. Zamanlayıcı devresi.

Zamanlayıcılar, daha büyük gecikme zamanı sağlamak için arka arkaya kaskat bağlanırlar. Kaskat bağlı zamanlayıcının bir örneği Şekil 8.11'de görülmektedir. Gecikme zamanı, iki zamanlayıcı değerinin toplamıdır (örnekte 120 saniye) [2].



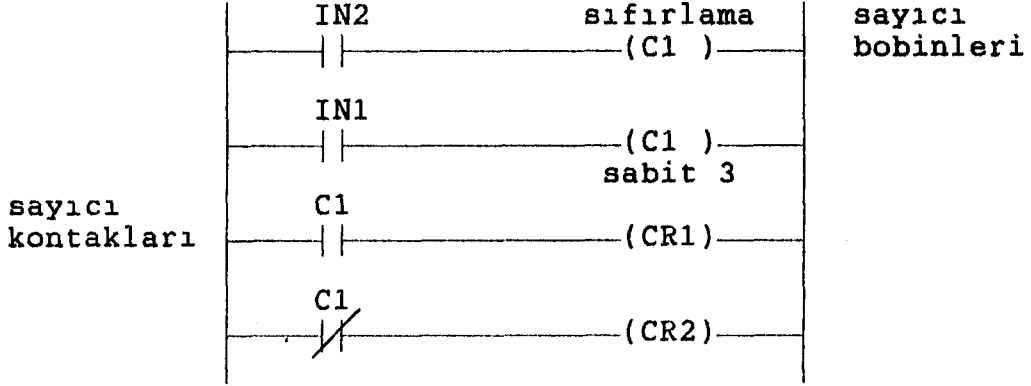
Şekil 8.11. Kaskat bağlı zamanlayıcılar.

### 8.6. Sayıcılar (Counters)

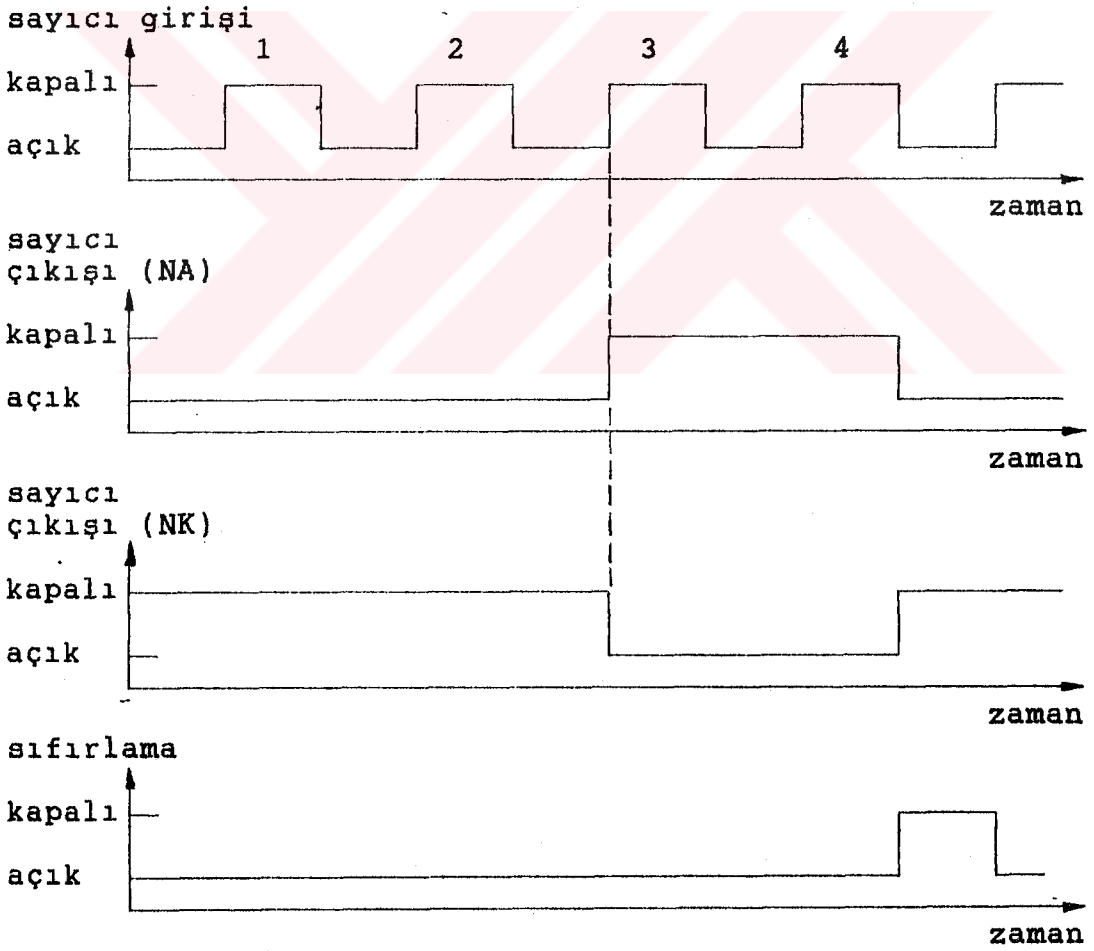
Sayıcılar, belirli sayıdaki kontak işlemlerini saymak için kullanılırlar. Bir sayıcının merdiven program gösterimi iki bobin ihtiva eder, biri giriş sinyallerini saymak için diğeri de sayıcıyı sıfırlamak içindir. Bütün sayıcılar, istenen sayma değerini temsil eden bir sabit sayı gerektirir.

Şekil 8.12'de sayıcı kullanılan bir merdiven program devresi Şekil 8.13'de zamanlama diyagramı görülmektedir. Sayıcı, C1 ile isimlendirilen iki bobinle temsil edilir. Ayarlı sayma değeri üçe eşittir. IN1, 3 defa açılıp

kapatıldığında, sayıcı devreye girer ve kontaktarı CR1'i enerjiler CR2'yi devreden çıkarır. Sayıcı IN2 ile sıfırlanır.



Şekil 8.12. Sayıcı devresi.

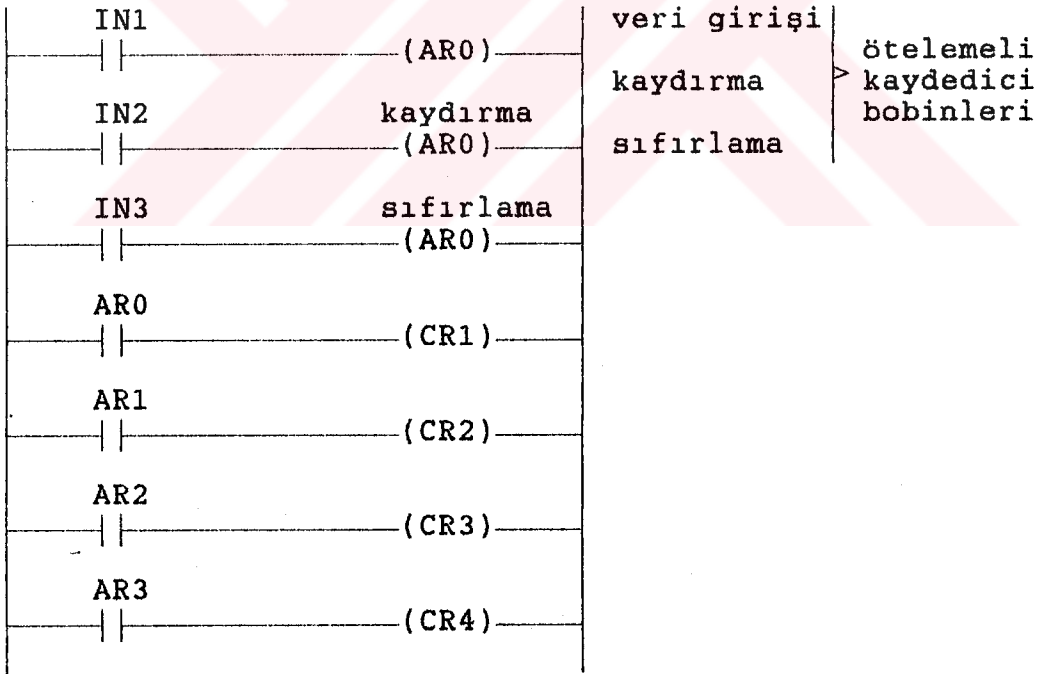


Şekil 8.13. Yukarıdaki devre için zamanlama diyagramı.

### 8.7. Ötelemeli Kaydedici

Hafızadaki bitleri kaydırmanın mümkün olduğu bir kaydediciye "Ötelemeli Kaydedici" adı verilir [2].

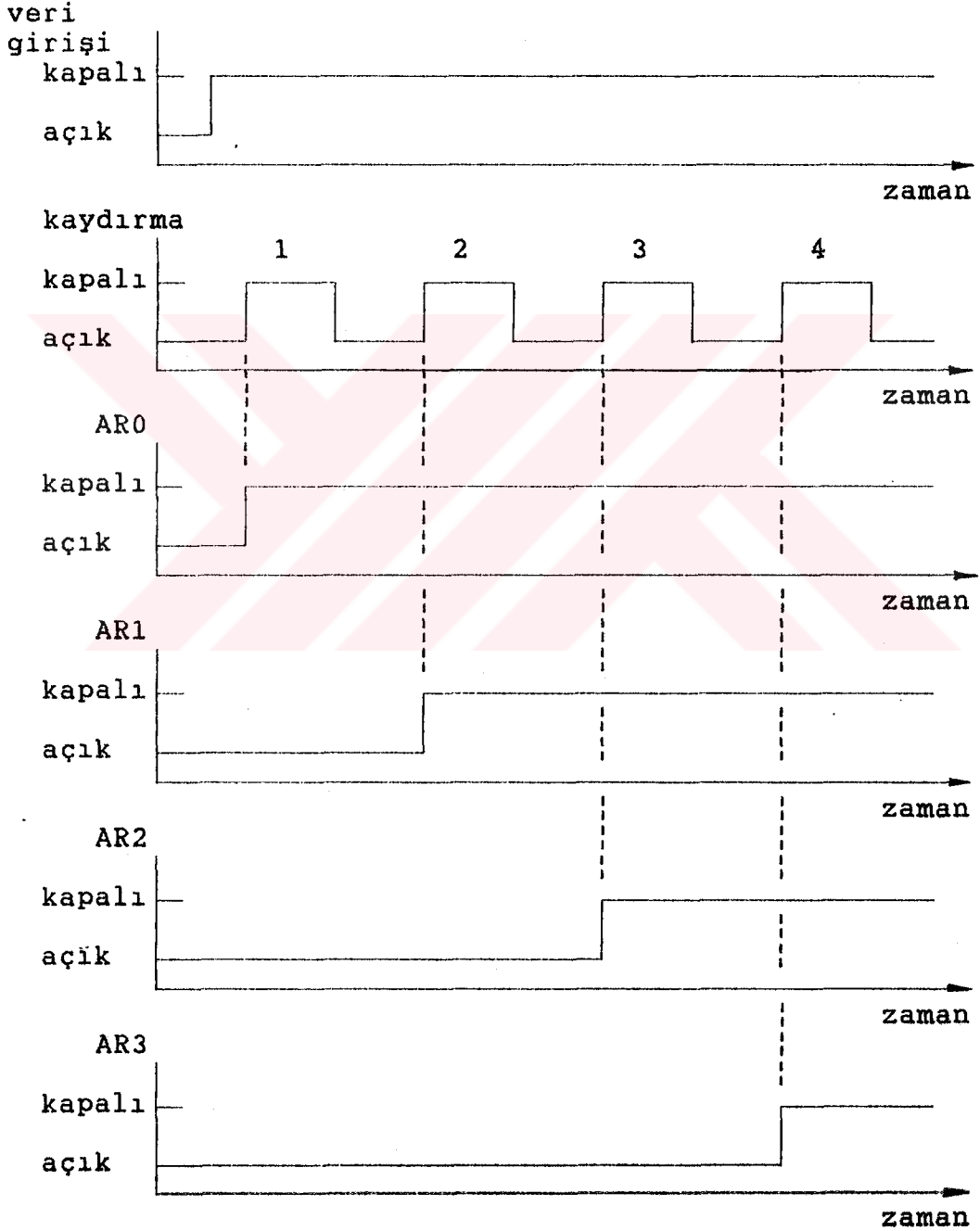
Ötelemeli kaydedici, biri verileri kaydedicinin ilk elemanına girmek için, biri kaydırma emri ve diğeri de sıfırlama için olmak üzere en az üç giriş gerektirir. AR0, AR1, AR2 ve AR3 yardımcı rölelerinden oluşan 4-bitlik ötelemeli kaydedici Şekil 8.14'de görülmektedir. IN1 kontağı kapatıldığında, kaydedici'nin ilk elemanı olan AR0 içine lojik "1" değeri yüklenir. IN2 kapatıldığında her bir yüklü bit değerini bir sağa doğru kaydırır. IN3 kontağı, ötelemeli kaydedici hafızasını temizlemek için kullanılır [2].



Şekil 8.14. Ötelemeli kaydedici devresi.

Bir ötelemeli kaydedicinin her bir hafıza elemanı veya yardımcı rölesi bir merdiven diyagram devresinde bir kontak

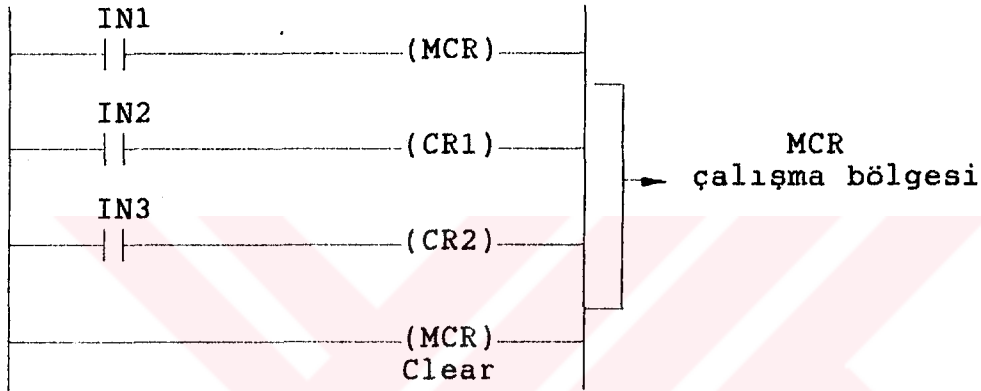
olarak kullanılır. Şekil 8.14'de AR0, AR1, AR2 ve AR3 her biri ayrı ayrı CR1, CR2, CR3 ve CR4'e bağlanmıştır. Eğer lojik "1" değeri kaydediciye girilip kaydırılırsa, kontrol röleleri Şekil 8.15'deki zamanlama diyagramında gösterildiği gibibiribiri ardına enerjilenir [2].



Şekil 8.15. Ötelemeli saklayıcı zamanlama diyagramı.

### 8.8. Ana Kumanda Rölesi

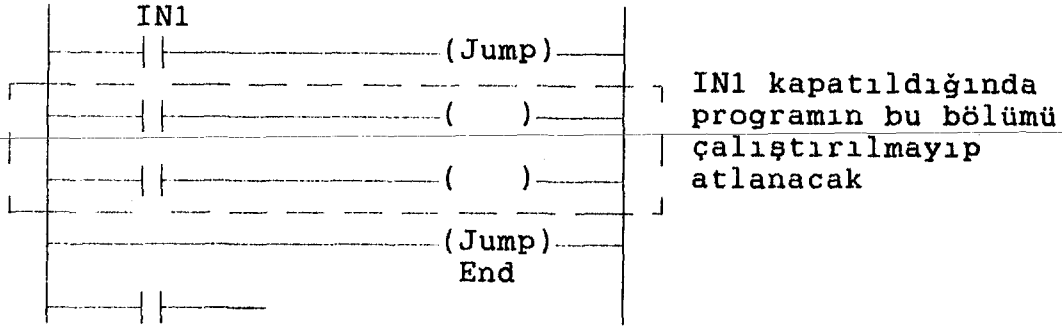
Ana kumanda rölesi (MCR), kendi programı içindeki bobinleri devreden çıkaran bir elemandır. MCR'nin çalışma örneği Şekil 8.16'de görülmektedir. IN1 kontağı kapatıldığında MCR, IN2 ve IN3 kontaklarının lojik durumuna bakmaksızın CR1 ve CR2 bobinlerinin enerjisini keser. MCR yalnızca şekilde gösterildiği bölgede işlem görür [2].



Şekil 8.16. Ana kumanda rölesi (MCR).

### 8.9. Atlama (Jump) Fonksiyonu

Bazı durumlarda bir kontak lojik durumunu değiştirdiğinde merdiven programın bir bölümünü atlamak gerekir. Merdiven diyagramının basamaklarının bir bölümünü atlamak için bir atlama (jump) fonksiyonu Şekil 8.17'deki gibi kullanılır. IN1 kontağı kapatıldığında iki atlama fonksiyonu arasındaki program basamakları çalıştırılmaz ve işleme bir altan devam edilir [2].

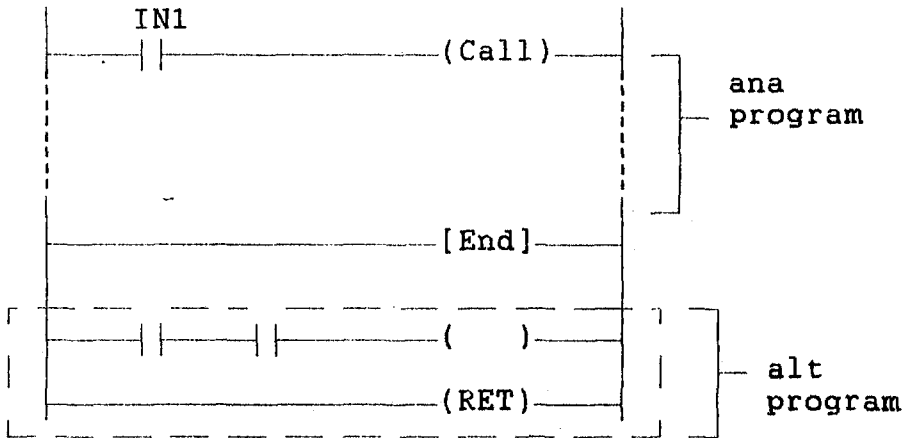


Şekil 8.17. Atlama (Jump) fonksiyonu.

### 8.10. Alt Programlar

Bir alt program, başka bir merdiven program devresinin parçası olabilen komple bir merdiven program devresidir. Alt program merdiven diyagramları ana programdan gerekli olduğunda çağırılır. Alt programlar daima geri dön komutu ile sonlandırılır (RET komutu) [2].

Şekil 8.18'de bir alt program örneği görülmektedir. Ana merdiven diyagramdaki IN1 kontağı kapatıldığında, CPU alt programı taramaya başlar ve lojik işlemleri gerçekleştirir. Tarama alt programın geri dön (RET) komutuna ulaştığında, CPU ana programda kaldığı yerden taramaya devam eder [2].



Şekil 8.18. Alt program devresi.

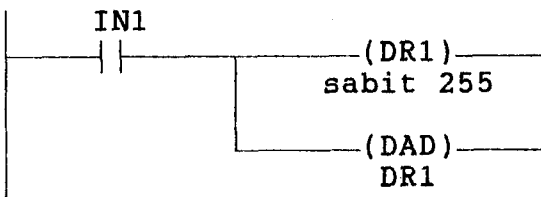
### 8.11. Aritmetik Fonksiyonlar

Birçok PLC, kaydedici içindeki saklı verilerle basit aritmetik işlemleri yapabilir. Genellikle, ikisi kullanılan verileri saklamak için, biri de sonuçları saklamak için kullanılan üç kaydedici içerir. Birçok PLC de kaydedici içindeki veriler BCD kodundadır ve toplama, bölme, çarpma ve çıkarma gibi aritmetik işlemler BCD kodunda gerçekleştirilir.

Fonksiyonel komutlar, bir kaydedici içine veri yüklenmesini veya kaydedici içindeki verilerin okunmasını sağlar. Eğer bir kaydedici içine ikili bir sayı yüklenmiş ise bunu BCD koduna çevirecek fonksiyonlar vardır [2].

### 8.12. Giriş/Çıkış Fonksiyonları

Bir PLC analog, yüksek hızlı sayıcı ve diğer değişik tipte birçok standart olmayan uçlara sahiptir. Programlama, veri kaydedicilerinin kullanımını gerektirir. Örneğin, bir analog çıkışın üretilmesi işlemi bir veri kaydedicisindeki yüklü dijital verileri bir dijital analog dönüştürücü (DAD) girişine transfer edecektir. Şekil 8.19 bu işlemin merdiven diyagramında nasıl yapıldığını göstermektedir. IN1 kapatıldığında DR1 isimli 8-bitlik veri kaydedicisi 255 sabiti ile yüklenir. Bir ikincil fonksiyon bobini ile PLC'nin dijital analog çeviricisi bu analog çıkışı sağlar [2].



Şekil 8.19. DAD fonksiyonu.

## 9. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

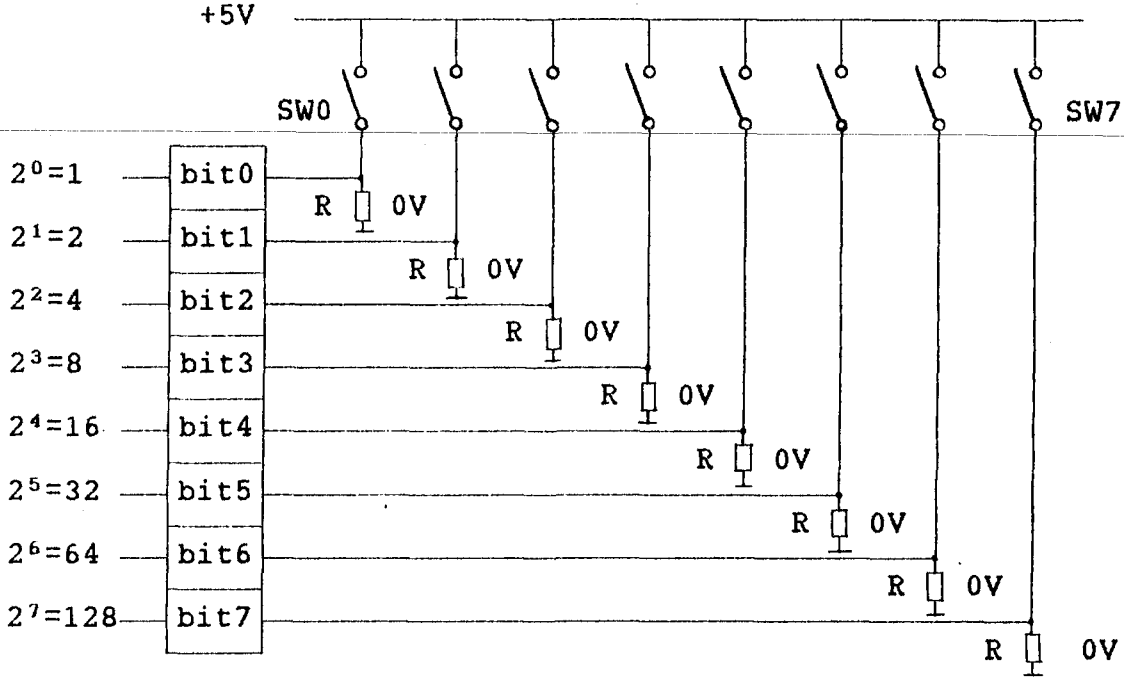
### 9.1. Giriş

Bu bölüm PLC'lerin kontrol uygulamalarını içermektedir.

Bir kontrol probleminin başarılı çözümü, kontrol edilecek sistemin anlaşılmasını gerektirdiğinden her bir örnek aşağıdaki gibi üç bölüme ayrılmaktadır [2].

- Kontrol problemi,
- Kontrol elemanlarının tanımlanması,
- Program çözümü.

Program çözümü, merdiven diyagram ve Basic programında ifade edilmiştir. Basic programın yazılıp okunabilmesi için 8-bit bilgisayar tipi paralel giriş çıkış arabirimi kullanılmalıdır. Giriş verileri için kullanılan 8-bit paralel giriş çıkış arabirimi, Şekil 9.1. de görülmektedir. SW0,...,SW07 isimli anahtarlar 0,...,7 bit uçlarına bağlıdır. Kullanıcı uçlardaki veri değerleri yardımıyla yedi anahtardan hangisinin kapanacağını belirler. Bu veri değeri, bütün anahtarların açık olduğu "0" ile bütün anahtarların kapalı olduğu "255" değeri arasındadır. Örneğin, SW0 anahtarı kapalı diğerleri açık iken paralel arabirim uçlarından okunan veri değeri "1" dir. Benzer biçimde, SW7 kapalı diğerleri açık iken uçlardan okunan veri değeri "128" dir. SW0 ve SW7 kapalı diğerleri açık iken veri değeri "128+1=129" dur. Tam tersine 0 ile 255 arası veri değeride çıkış ucunda açık ve kapalı her bir hattı belirler [2].



Şekil 9.1. 8-bit paralel arabirim uçları [2].

## 9.2. Bir Pnömatik Pistonun Hareketi

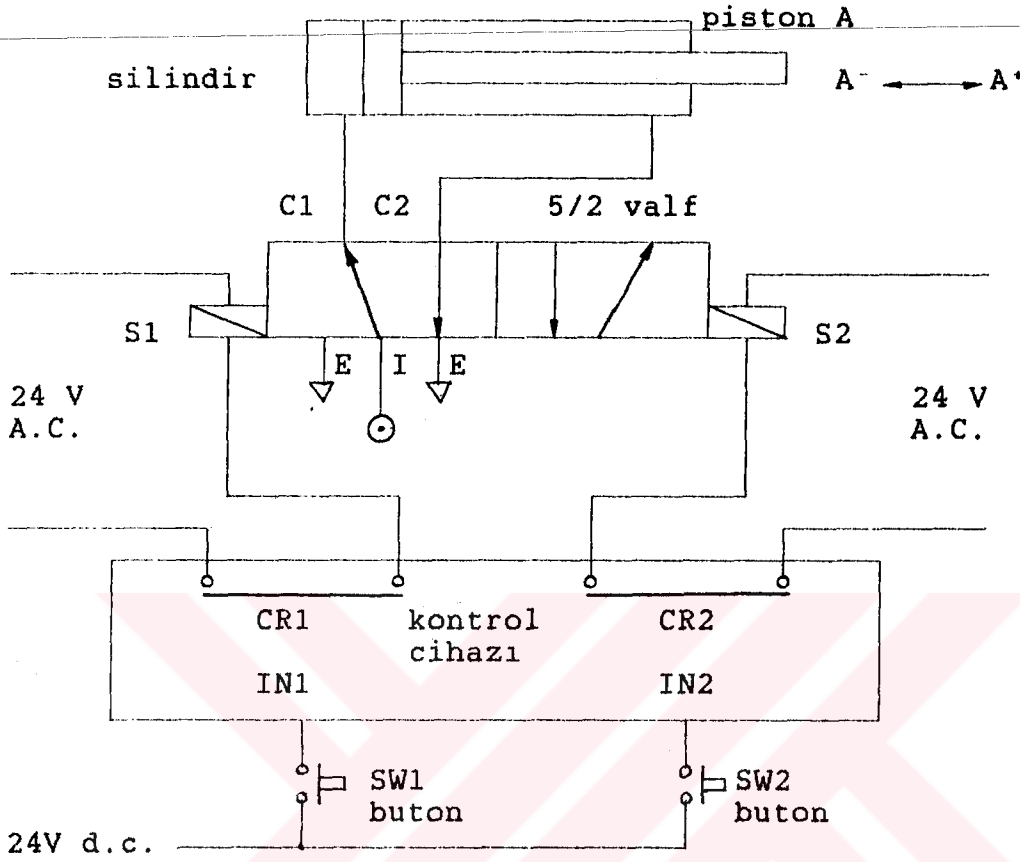
### Kontrol Problemi

PLC'nin görevi, pistonu, Şekil 9.2'deki gibi pnömatik silindirin içine ve dışına doğru hareket ettirmektir. SW1 anahtarı kapatıldığında A pistonu silindirin dışına doğru A<sup>+</sup> yönünde hareket eder. SW2 anahtarı kapatıldığında ise A pistonu silindir içine doğru A<sup>-</sup> yönünde hareket eder [2].

### Kontrol Elemanlarının Tanımlanması

Pnömatik silindir, basınçlı hava tarafından hareket ettiren bir piston içerir. Silindirdeki hava akışı, 5/2 lik bir selenoid sürücülü yön kontrol valfi yardımıyla kumanda edilir. S1 selenoid valfinin enerjilenmesi ile S2 enerjili değilken hava C1'e doğru geçer ve pistonun silindir dışına A<sup>+</sup> yönünde hareketini sağlar. S2 selenoidi enerjilenmesiyle S1 enerjili değilken hava C2'ye doğru geçer ve pistonun

silindir içine doğru A<sup>-</sup> yönünde hareketini sağlar [2].

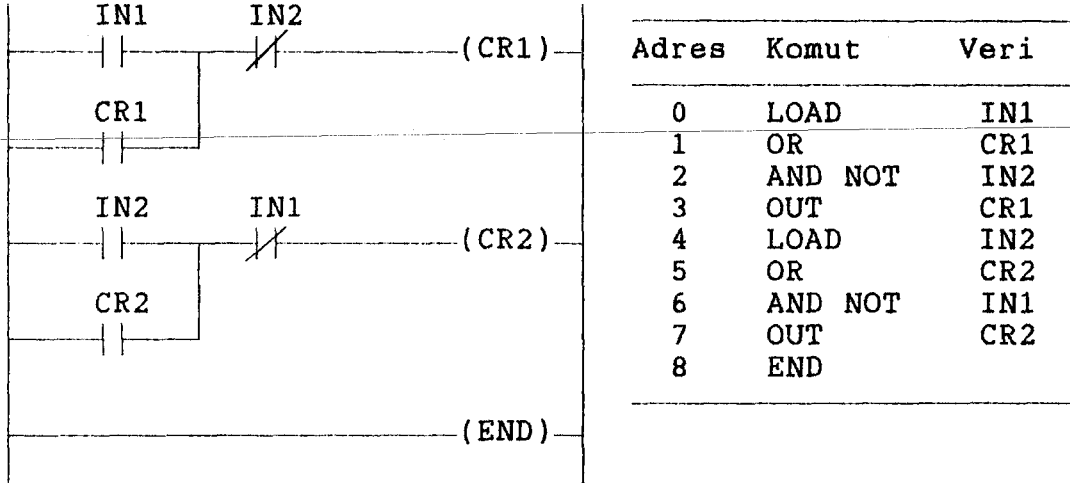


Şekil 9.2. Pnömatik pistonun kontrol şeması [2].

Çizilen oklar içeren kutular, dışarı ve içeri doğru hava akış yönünü gösterir. E ucu eksoza I ucu ise basınçlı hava kaynağına bağlıdır. Şekildeki anahtarlar kullanıcı veya pistonun hareketi ile aktif hale gelirler [2].

#### Programlama

Şekil 9.3'de, kontrol hareketi için bir merdiven diyagram verilmektedir. IN1 kapatıldığında R1 enerjilenir. IN2 kapatıldığında ise CR1 devreden çıkar ve CR2 enerjilenir.



Şekil 9.3. Pnömatik piston kontrol devresi [2].

Kontrol hareketi için Basic programı aşağıdaki gibidir.

```

10 A = INP(PORT1)
20 IN1 = A AND 1
30 IN2 = A AND 2: IF IN2 = 2 THEN IN2 = 1
40 IF IN1 = 1 AND IN2 = 0 THEN OUT PORT2, 1
50 IF IN2 = 1 AND IN1 = 0 THEN OUT PORT2, 2
60 IF IN1 = 1 AND IN2 = 1 THEN OUT PORT2, 0
70 GOTO 10

```

### 9.3. Bir Zamanlayıcı ile Pistonun Periyodik Hareketi

#### Kontrol Problemi

PLC'nin görevi, bir zamanlayıcı kullanarak bir pnömatik pistonun silindir içine ve dışına doğru sürekli hareketini sağlamaktır. Düzenleme, Şekil 9.2'deki gibidir yalnız SW1 ve SW2 anahtarları kullanılmaz [2].

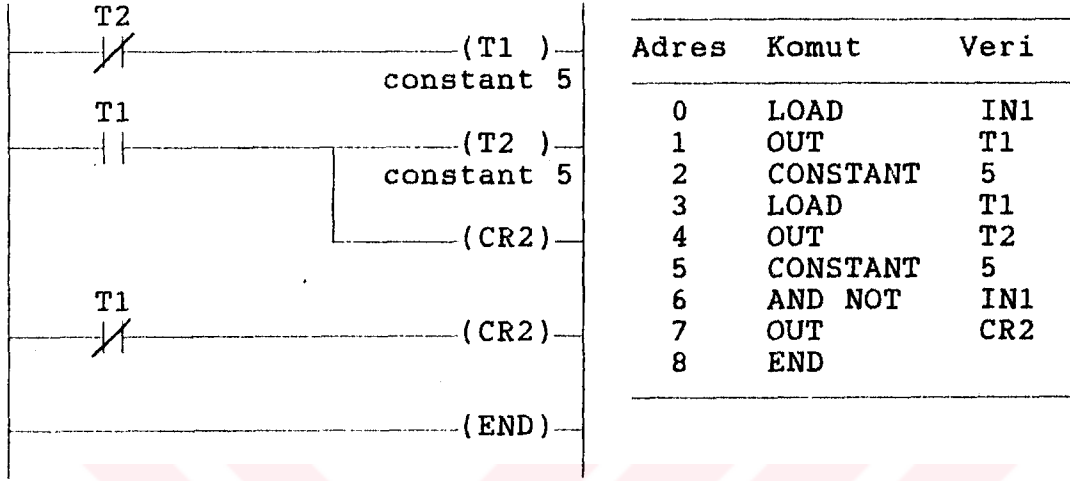
#### Kontrol Elemanlarının Tanımlanması

Bir önceki devrede kontrol elemanları açıklandı. Otomatik kontrol bir zamanlayıcı kullanımını içerir [2].

#### Programlama

İstenen kontrol hareketini gerçekleyen bir merdiven program Şekil 9.4'de görüldüğü gibi periyodik bir

zamanlayıcıya dayalıdır. T1 ve T2 zamanlayıcıları, birbirlerini 5 saniye aralıklarla anahtarlar ve sonuçta CR1 ve CR2 her 5 saniyede bir karşılıklı olarak devreye girip çıkar.



Şekil 9.4. Pistonun zamanlayıcı ile periyodik kontrolü.

Kontrol hareketi için Basic programı aşağıdaki gibidir.

```

10 OUT PORT2, 1
20 GOSUB 60
30 OUT PORT2, 2
40 GOSUB 60
50 GOTO 10
60 REM TIMER SUBROUTINE
70 FOR T = 1 TO 50000: NEXT T
80 RETURN

```

2 nolu çıkış arabirimi, bit 0'a bağlı S1 selenoidi ve bit 1'e bağlı S2 selenoidi ile birlikte 8-bitlik bir arabirimdir. Programdaki 10. satır S1'i enerjiler, S2'nin enerjisini keser. 20. satır belirli bir gecikme sağlayan zamanlayıcı alt devresini çağırır. Bu belirli bir süre için S1'in enerjili S2'nin ise devre dışı tutulmasını sağlar. 30. satır ise S2'yi enerjiler S1'in enerjisini keser. 40. satır, belirli bir süre selenoidleri enerjili tutmak için

tekrar zamanlayıcı devresini çağırır. 50. satır, kontrolü 10. satıra transfer eder ve PLC taraması tekrarlanır [2].

Zamanlayıcı alt devresi, belirli bir gecikme sağlamak için "For Next" döngüsünü kullanır. Döngüdeki sınır değerini değişimi eşdeğeri olan gecikme periyodunu değiştirir. Tam gecikme periyodu PLC sistemine bağlıdır. Bu örnekte çevrimin 10000 değeri 1 saniye gecikme sağlar [2].

#### 9.4. Üç Pnömatik Pistonun Ard Arda Sıralaması

##### Kontrol Problemi

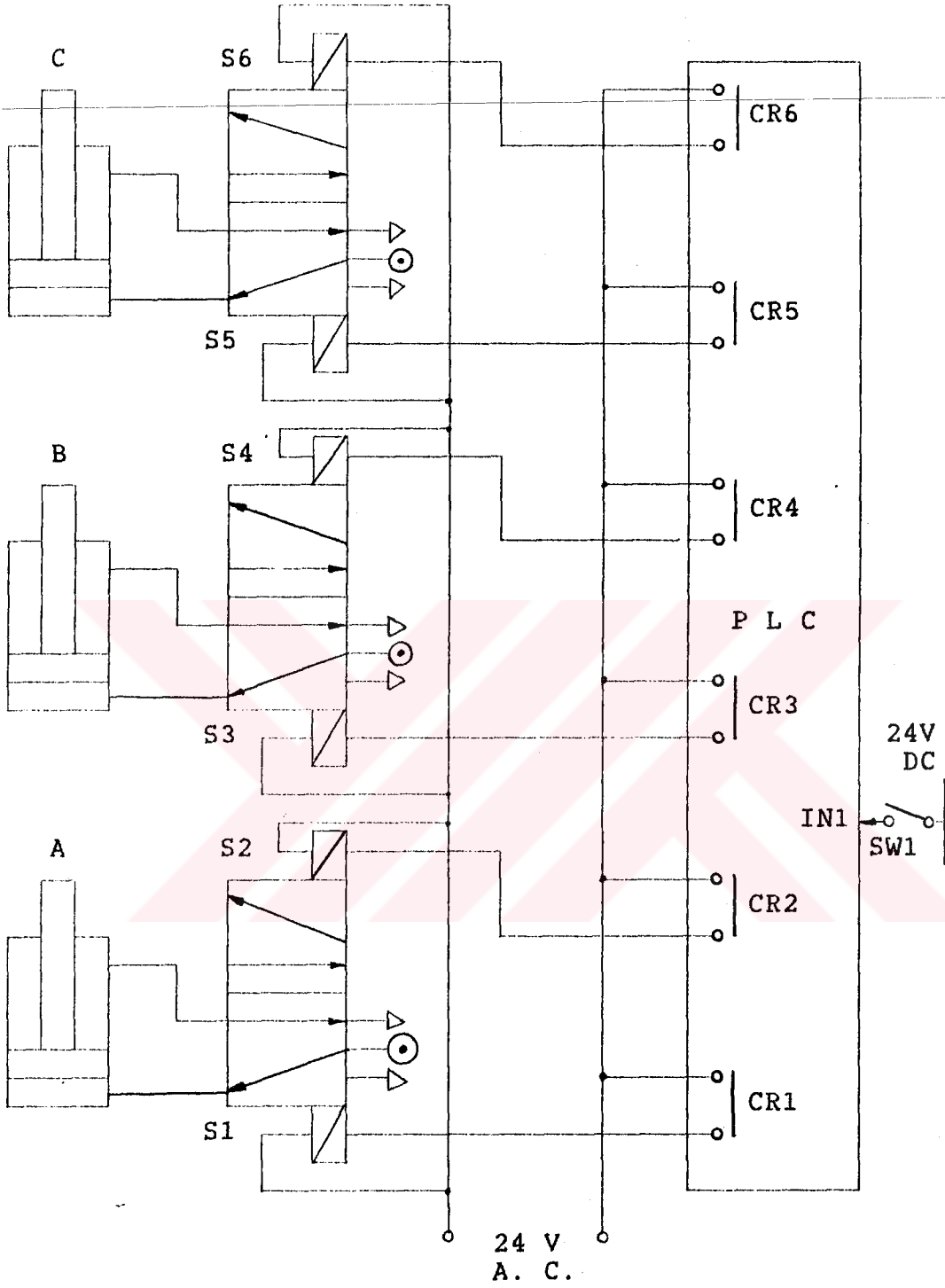
PLC'nin görevi, Şekil 9.5'deki devreyi kullanarak, A pistonunu arkasından B pistonunu ve son olarak C pistonunu hareket ettirmektir. A+, A-, B+, B-, C+, C- sıralaması IN1 girişine bağlı SW1 anahtarı kapatıldığında tekrarlanır [2].

##### Kontrol Elemanlarının Tanımlanması

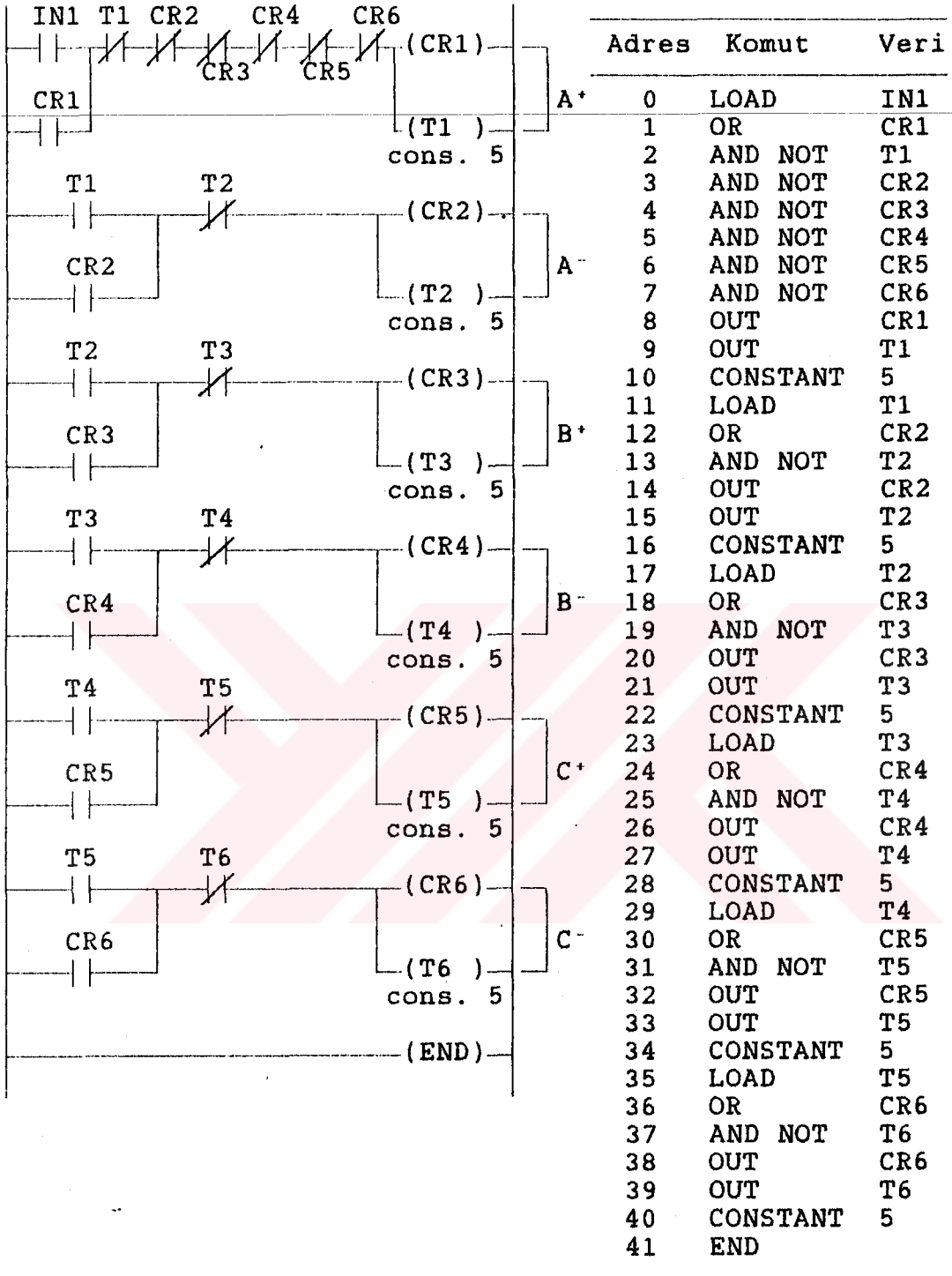
Şekil 9.5'deki üç pnömatik piston selenoid sürücülü 5/2 lik yön kontrol valfi ile kontrol edilir. İstenen kontrol hareketini gerçekleştirmek için selenoid valfler S1, S2, S3, S4, S5, S6 sırası PLC tarafından enerjilenir. Herbir selenoid pistonun hareketi için gerekli kısa bir süre enerjili kalır. Selenoidlerin sıralaması SW1 kapatıldığında tekrarlanmaktadır [2].

##### Program Çözümü

Bu hareketi merdiven diyagram ile gerçekleştirmenin birçok yolu vardır. Şekil 9.6'daki gibi bir grup gecikmeli açılan zamanlayıcı devresi kullanılabilir. Alternatif olarak da bir periyodik zamanlayıcıya bağlı bir ötelemeli kaydedici kullanılabilir [2].



Şekil 9.5. Üç pünomatik pistonun kontrolü [2].



Şekil 9.6. Üç pistonun sıralı PLC kontrol devresi [2].

Kontrol hareketi için Basic programı aşağıdaki gibidir.

```

10 A = INP(PORT1)
20 IN1 = A AND 1
30 WHILE IN1 > 0
40 FOR I = 0 TO 5
50 OUT PORT2, 2 ↑
60 GOSUB 120
70 NEXT I
80 A = INP(PORT1)
90 IN1 = A AND 1
100 WEND
110 GOTO 10
120 REM TIMER SUBROUTINE
130 FOR T = 1 TO 50000: NEXT T
140 RETURN

```

Program SW1 anahtarının 1 nolu giriş arabiriminin 0 bit ucuna bağlı olduğunu kabul eder. S1,...,S6 selenoidleri ise 2 nolu çıkış arabirimi 0-5. bitlere bağlıdır. WHILE komutu ise selenoidlerin, ancak SW1 kapalı olduğunda enerjilenmesini sağlamak için kullanılır. Basic programında ↑ sembolü üstel (exponansiyel) işlemcidir. Böylece 2 nolu çıkış arabirimi çıkış değeri uygun selenoid tarafından tespit edilen 2'nin üstel bir değeridir. 8-bit paralel arabirimin herbiti Şekil 9.1'deki gibi düzenlenir [2].

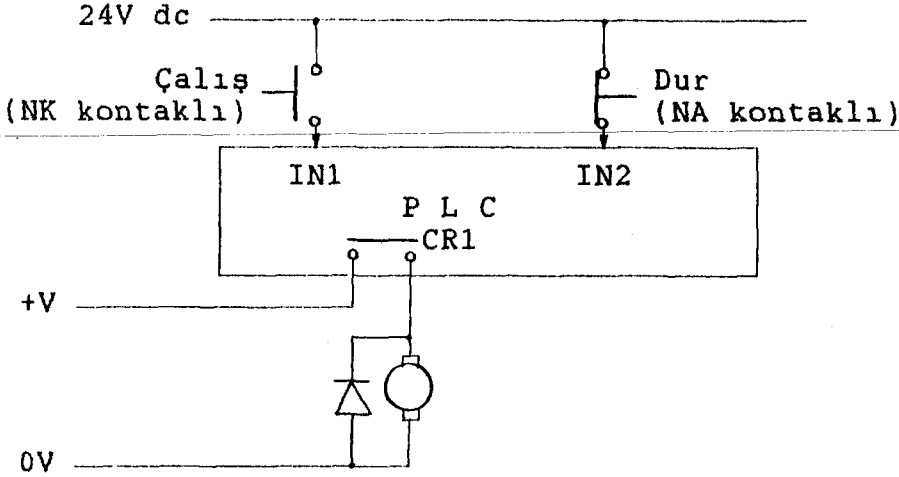
### 9.5. Çalış Dur Motor Kontrolü

#### Kontrol Problemi

PLC'nin görevi Çalış butonuna basıldığında motoru çalıştırmak ve Dur butonuna basıldığında motoru durdurmaktır [2].

#### Kontrol Elemanlarının Tanımlanması

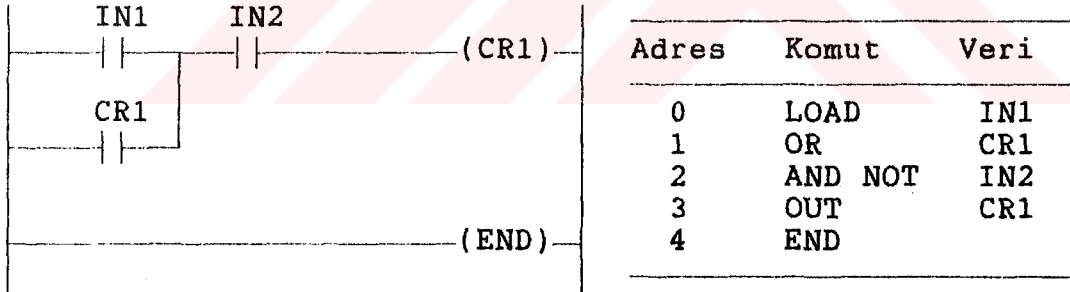
Şekil 9.7'de görüldüğü gibi Çalış butonu IN1, Dur butonu IN2 girişlerine, doğru akım motorunda CR1 çıkış ucuna bağlıdır. Büyük endüstri tipi motor kullanılacaksa ikinci bir kontaktör kullanılmalıdır [2].



Şekil 9.7. Çalış dur motor kontrolü [2].

#### Program Çözümü

Motoru çalıştırıp durdurmak için Şekil 9.8'de görüldüğü gibi basit bir kilitleme devresi kullanılır. IN1'e bağlı Çalış butonuna basıldığında CR1 enerjilenir ve motor çalışır. IN'ye bağlı Dur butonuna basılarak motor durdurulur [2].



Şekil 9.8. Çalış dur motor kontrolü için mühür devresi.

Kontrol hareketi için Basic programı aşağıdaki gibidir.

```

10 A = INP(PORT1)
20 IN1 = A AND 1
30 IN2 = A AND 2: IF IN2 = 2 THEN IN2 = 1
40 IF IN1 = 0 AND IN2 = 0 THEN OUT PORT2, 0
50 IF IN1 = 0 AND IN2 = 1 THEN OUT PORT2, 0
60 IF IN1 = 1 AND IN2 = 0 THEN OUT PORT2, 0
70 IF IN1 = 1 AND IN2 = 1 THEN OUT PORT2, 1
80 GOTO 10

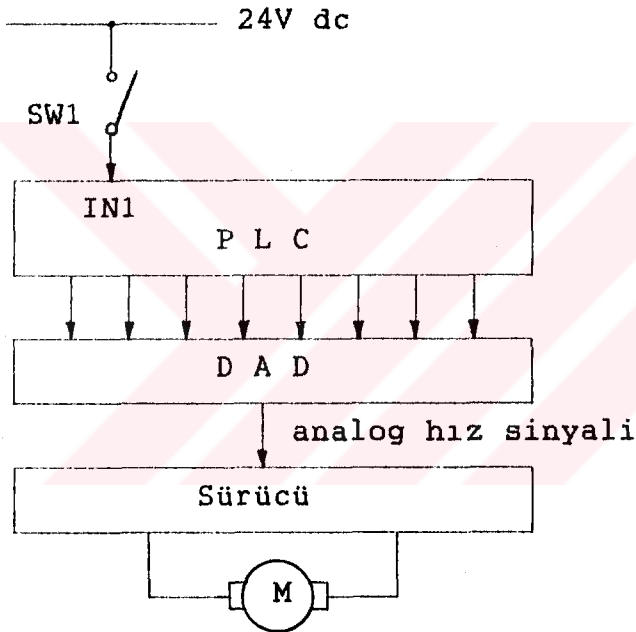
```

1 nolu giriş (Port1) Çalış ve Dur butonlarının sırası ile 0 ve 1 bitlere bağlı olduğu 8-bitlik bir arabirimdir. 2 nolu çıkış (Port2) ise 0. bite motorun bağlı olduğu bir çıkış arabirimidir [2].

### 9.6. Motor Hız Kontrolü

#### Kontrol Problemi

PLC'nin görevi Şekil 9.9'daki devreyi kullanarak motoru daha önceden belirlenen hızda çalıştırmaktır [2].



Şekil 9.9. Motor hız kontrol devresi [2].

#### Kontrol Elemanlarının Tanımlanması

Aynı şekilde motor hız kontrolünde da PLC bir DAD kullanarak bir analog sinyal üretir. Birçok motor sürücü devresi oransal olarak motor hızını kontrol eden bir analog sinyal girişine ihtiyaç duyarlar. Hız kontrol sinyali genellikle 0 ile 10V arası bir değerdedir [2].

Kontrol devresi Şekil 9.9'da görüldüğü gibi doğrultucu

ile beslenen bir d.c. motor yada bir inverter yardımıyla beslenen bir a.c. motor olabilir. Ayrı bir ünite olarak gösterilen bir DAD genelde PLC içindedir. Ancak DAD' nün analog sinyal çıkışı yükseltilmelidir [2].

#### Program Çözümü

Uygulamada, DAD'den üretilen analog değer artırılarak motorun hızı artırılır. Bir 8-bitlik DAD girişine 0 ile 255 arası bir değer uygulanır. 0 için 0V, 255 için ise tam çıkış değeri üretilir. Motoru tam hıza kadar ayarlı bir hızda çalıştırabilecek merdiven diyagram devresi Şekil 9.10'daki gibi olur. IN1 kontağı açıldığında DR veri kaydedicisi 0 değerini saklar ve DAD çıkış vermez. IN1 kapatıldığında veri kaydedicisindeki saklı değer "1"e çıkar ve DAD çıkış değeri rampa şeklinde artar. Alternatif olarak periyodik bir zamanlayıcı da motor hızını düzenli aralıklarla artırmak için kullanılabilir [2].

Kontrol hareketi için Basic programı aşağıdaki gibidir.

```

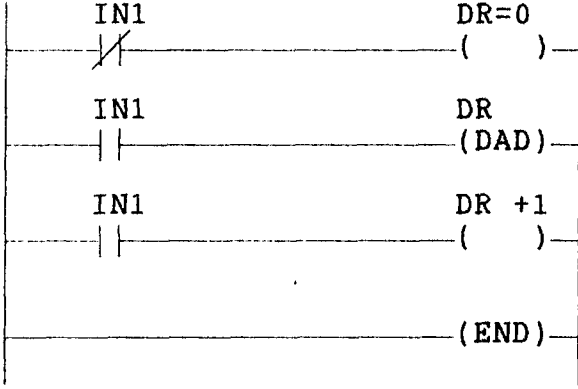
10 A = INP(PORT1)
20 IN1 = A AND 1
30 IF IN1 > 0 THEN GOTO 40 ELSE OUT PORT2, 0: GOTO 10 40
FOR I = 0 TO 255
50 OUT PORT2, I
60 NEXT I

```

Programda SW1 anahtarının 1 nolu giriş arabiriminin 0. bit ucuna bağlı olduğu ve 2 nolu çıkışın ise DAD'nin dijital girişine bağlı 8-bitlik paralel bir arabirim olduğu kabul edilir. Programdaki FOR kapalı çevrimi DAD'nin dijital girişini azar azar artırmak için kullanılır. Motor hızını sıfıra doğru azaltabilmek içinde ikinci bir FOR kapalı

çevrimi aşağıda görüldüğü gibi kullanılabilir [2].

```
70 FOR I = 255 TO 0 STEP -1
80 OUT PORT2, I
90 NEXT I
```



Şekil 9.10. Motor hız kontrolü merdiven diyagramı [2].

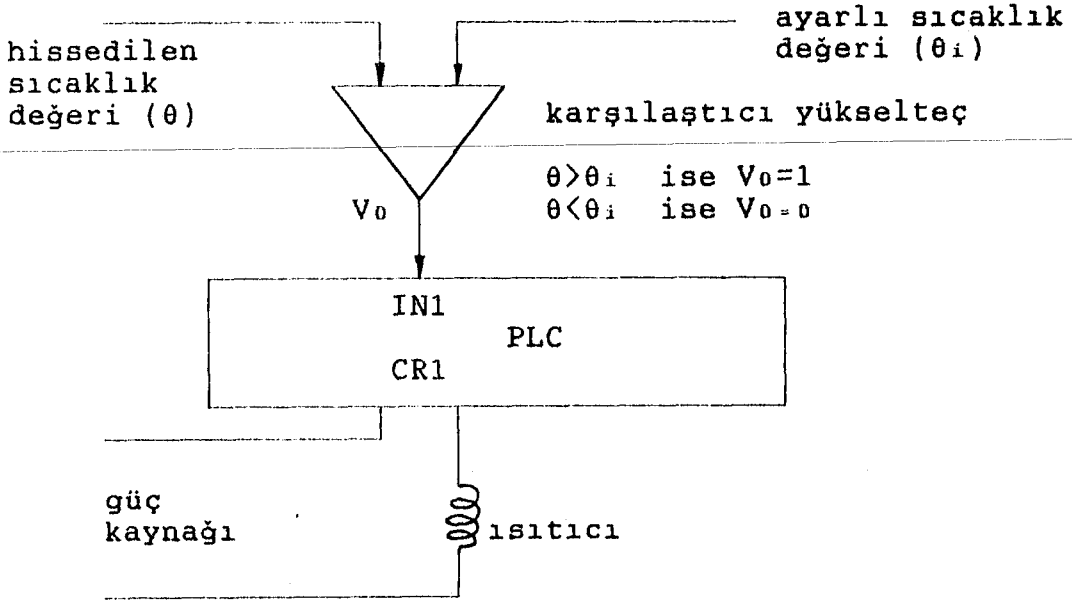
### 9.7. ON/OFF Sıcaklık Kontrolü

#### Kontrol Problemi

Bu uygulamada, PLC bir on/off (açık/kapalı) sıcaklık kontrol cihazı olarak çalışır. Şekil 9.11'de görüldüğü gibi on/off sıcaklık denetleyicisi, hissedilen veya ölçülen sıcaklık ayarlanan değerin altına düştüğünde ısıtıcıyı devreye sokar sıcaklık ayarlanan değeri aştığında ise ısıtıcıyı devreden çıkarır [2].

#### Kontrol Elemanlarının Tanımlanması

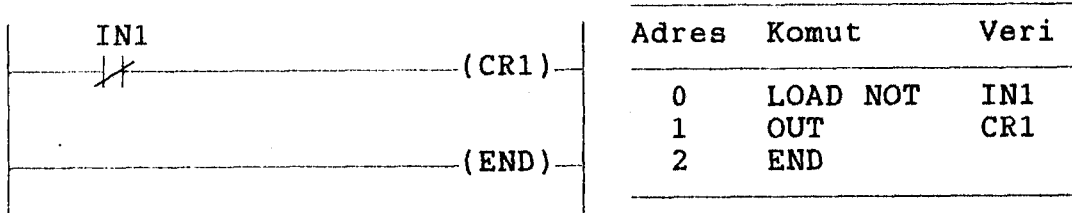
Termokupl gibi analog sıcaklık dedektörleri PLC'ye ancak bir karşılaştırıcı yükselteç kullanılarak bağlanabilir. Bu uygulamada hissedilen sıcaklık belirlenen değerin altına düştüğünde karşılaştırıcı lojik 0 değerini üretir. Hissedilen sıcaklık belirlenen değerin üzerinde ise karşılaştırıcı lojik 1 değerini üretir [2].



Şekil 9.11. ON/OFF sıcaklık kontrol devresi [2].

#### Program Çözümü

Uygulamanın merdiven diyagram çözümü Şekil 9.12'deki gibidir. Karşılaştırıcı yükselteç çıkış vermediğinde ısıtıcı devrede olmalıdır. Tam terside geçerli olmak üzere çözüm devresi aşağıdaki gibidir [2].



Şekil 9.12. ON/OFF sıcaklık kontrolü merdiven diyagramı.

Kontrol hareketi için Basic programı aşağıdaki gibidir.

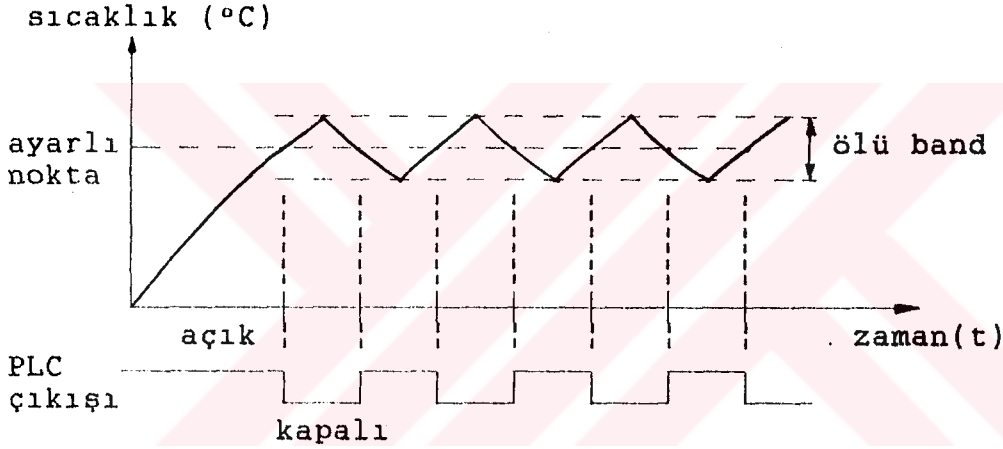
```

10 A = INP(PORT1)
20 IN1 = A AND 1
30 IF IN1 = 0 THEN OUT PORT2, 1
40 IF IN1 = 1 THEN OUT PORT2, 0
50 GOTO 10

```

Programda, karşılaştıcı yükseltecin 1 nolu 8-bitlik paralel giriş arabiriminin 0 bitine bağlı olduğu ve ısıtıcının da 2 nolu 8-bitlik paralel çıkış arabiriminin 0 bit ucu ile anahtarlandığı kabul edilir [2].

Bu tip bir kontrol devresi ile sıcaklık ayarlı değer civarında Şekil 8.12'de görüldüğü gibi sallınır. Bu salınımlar sistemin ısınma zaman sabiti ile oransal olarak değişir. Eğer zaman sabiti küçük ise salınımlar hızlıdır. Ayarlı noktadan sapma değerine "Ölü Band" ismi verilir [2].



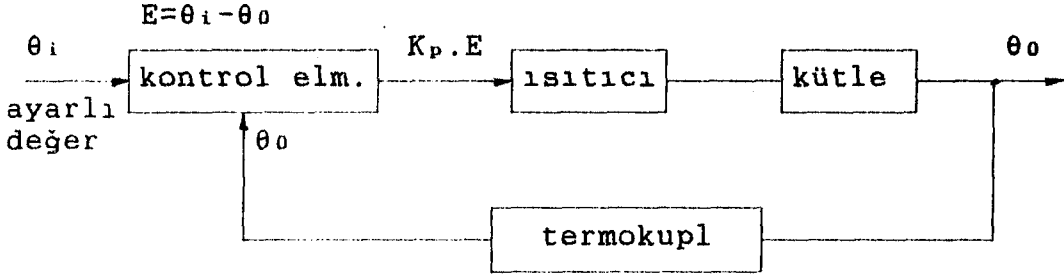
Şekil 9.13. ON/OFF sıcaklık kontrolü sıcaklık cevabı[2].

## 9.8. Orantılı Sıcaklık Kontrolü

### Kontrol Problemi

Bu örnekte de PLC, Şekil 9.14'de görüldüğü gibi bir orantılı sıcaklık kontrol cihazı olarak çalışır. Sistem, bir geribesleme termokuplu kullanarak, ısıtılan kütle için gerçek sıcaklığı ( $\theta_0$ ) ile istenen ayarlı değeri ( $\theta_i$ ) karşılaştırır. E hata sinyali  $E = \theta_i - \theta_0$  şeklinde ifade edilir. Kontrol cihazı çıkış gerilimi ( $V_\varphi$ ),  $K_p$  oransal kazanç sabiti olmak üzere;  $V_\varphi = K_p \cdot E$  olmaktadır. (9.1)

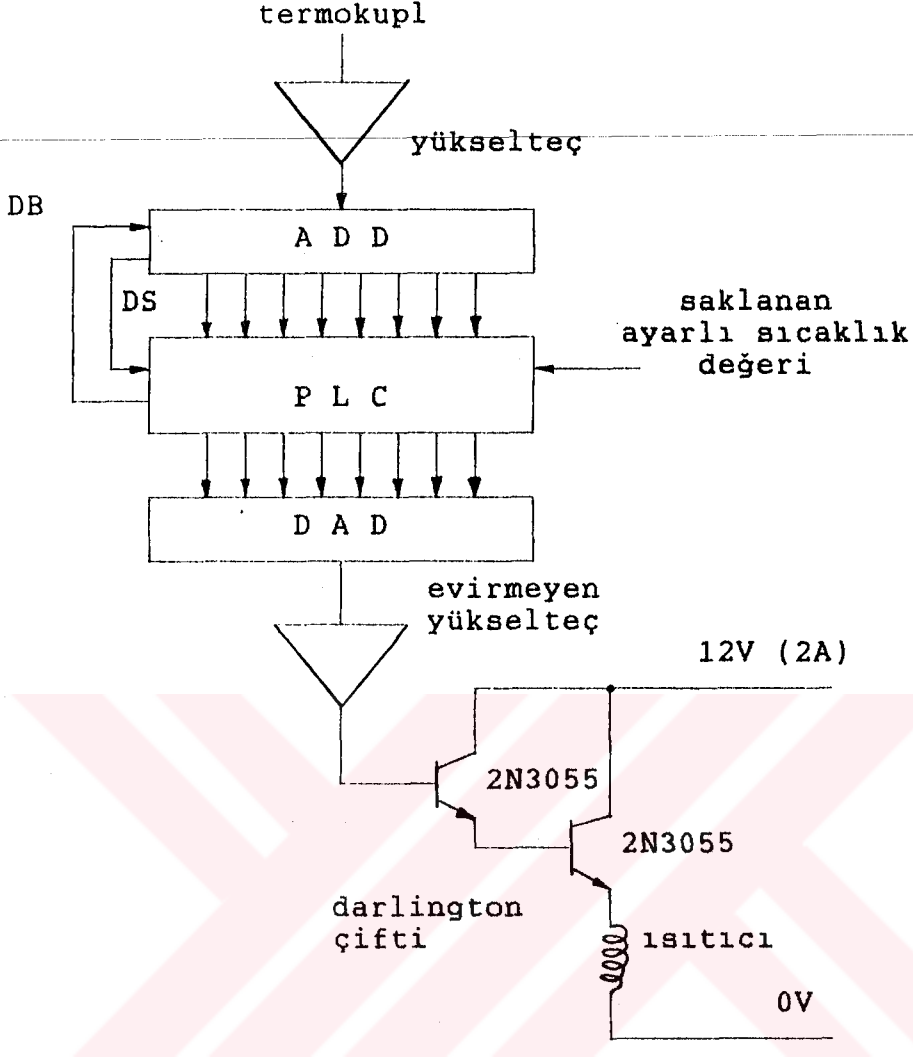
Geri beslemede kullanıldığında devre, kapalı çevrim bir sistem oluşturur [2].



Şekil 9.14. Kapalı çevrim sıcaklık kontrol sistemi [2].

#### Kontrol Elemanlarının Tanımlanması

Bir PLC'ye ısıtıcı ve termokupl eklenerek ısıtıcının kontrol devresi, Şekil 9.15'de verilmektedir. ADD termokupl yükselteçden üretilen analog gerilimi okur. Yükseltecin kazancı istenen sıcaklığa göre ayarlanır. 8-bit ADD istenen sıcaklık değerine karşılık gelen 0 ile 255 arası bir değer üretir. Bu sayı değeri Kelvin derece cinsinden bir değer vermek için skalalandırılır veya direk olarak kullanılabilir. Isıtıcı güç kaynağı bir darlington transistör çifti yolu ile DAD tarafından kontrol edilir. 8-bit DAD 0 ile 255 arası bir değeri kabul eder. Isıtıcı gücü, DAD girişine uygulanan oransal artan bir değerdir. Örneğin, DAD girişine 0 değeri uygulandığında ısıtıcı devre dışıdır. 128 değeri gönderildiğinde ısıtıcı yarı güçte çalışır. 255 değeri gönderildiğinde ise ısıtıcı tam güçte çalışır. Bir DAD kullanmak, ısıtıcı gücünü çok hassas ayarlama imkanı vermektedir [2].



Şekil 9.15. Sıcaklık kontrol sistemi devresi [2].

#### Program Çözümü

Oluşturulan merdiven diyagram ile şu işlemler

gerçekleştirir:

- ADD oku.
- ADD sıcaklık değerini, veri kaydedicide saklı ayarlı değerden çıkar.
- Fark değeri oransal kazanç sabiti ile çarp ve bu değeri DAD'den çıkart.

Şekil 9.16'daki gibi düzenlenen bir merdiven diyagram

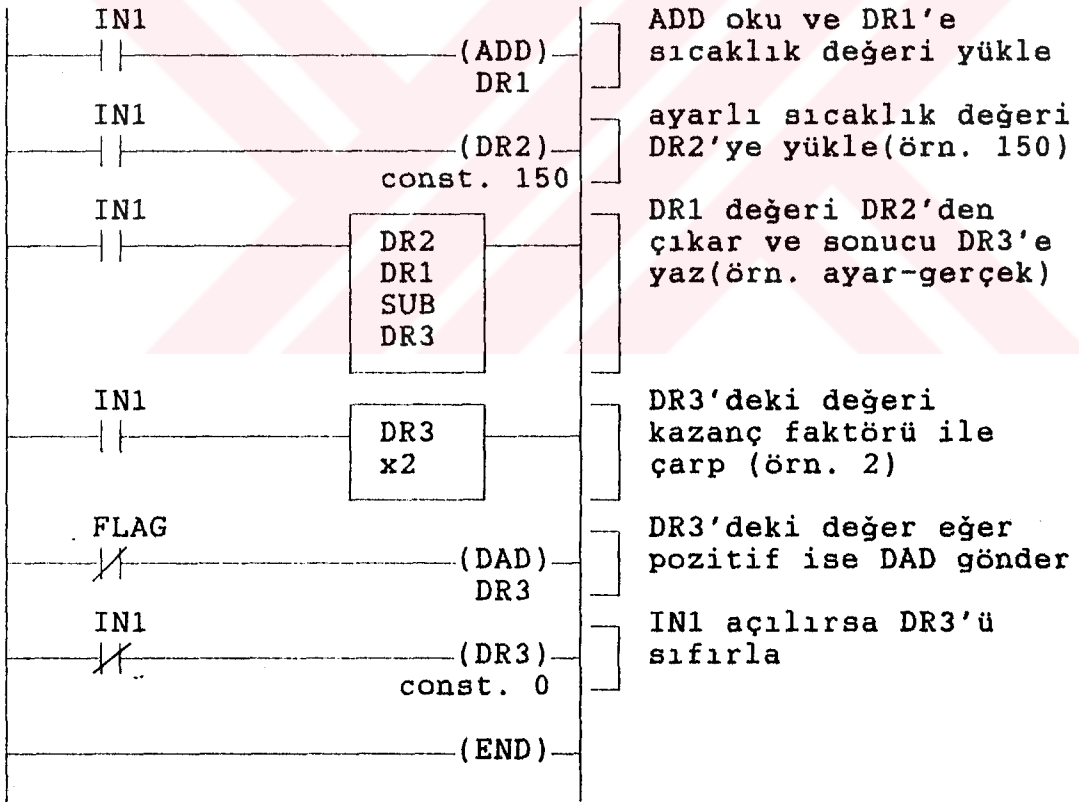
ile kullanılan dahili bir yardımcı röle sayesinde fark değerinin negatife gitmesi önlenmektedir [2].

Kontrol hareketi için Basic programı aşağıdaki gibidir.

```

10 REM PROPORTIONAL TEMPARATURE CONTROL
20 REM SETUP PORTS
30 REM PORT1 - ADD
40 REM PORT2 - DAD
50 REM
60 ST = 150
70 GAIN = 2
80 T = INP(PORT1)
90 ERROR = ST - T
100 P = GAIN * ERROR
110 IF P < 0 THEN P = 0
120 OUT PORT2, P
130 GOTO 80

```

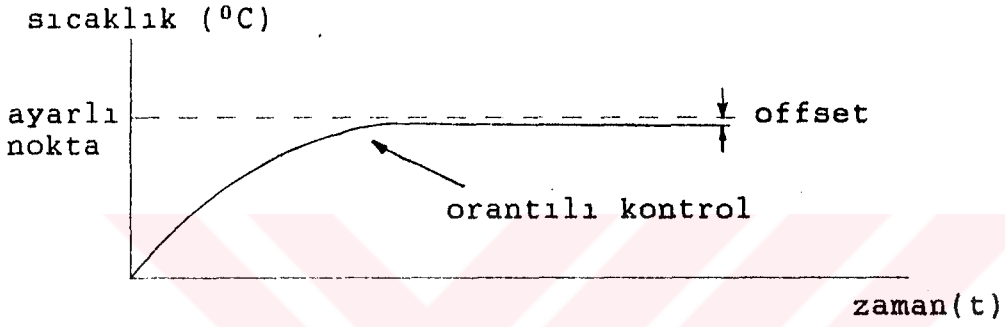


Şekil 9.16. Orantılı sıcaklık kontrolü için merdiven

diyagram, [2].

ADD'nin 1 nolu giriş arabirimine, DAD'nün ise 2 nolu çıkış arabirimine bağlı olduğu kabul edilir. Orantılı kontrol ile gerçek sıcaklık, istenen sıcaklık noktasından Şekil 9.17. de görüldüğü gibi daima bir offset değeri kadar farklıdır. Bunu önlemek için programın 100. satırı aşağıdaki gibi değiştirilir [2].

$$100 P = GAIN * ERROR + OFFSET$$



Şekil 9.13. Orantılı sıcaklık kontrol cihazının cevabı.

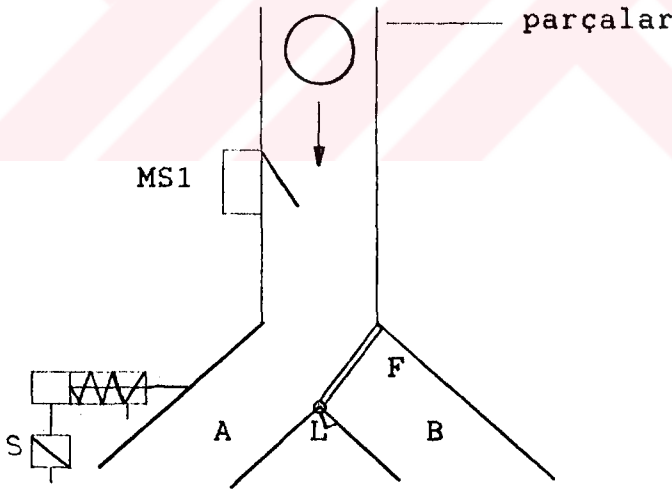
## 10. PLC İLE TİPİK ENDÜSTRİYEL UYGULAMALAR

### 10.1. Giriş

Bu bölümde, PLC ile yapılan endüstriyel uygulamalar incelenmektedir. Bu uygulamalar, sayma ve gruplandırma sistemleri, ayırma ve yerleştirme işlemleri, eleme sistemleri ve üretim hattı kontrolü ile ilgilidir. Her uygulama için istenen sistemin merdiven programı verilmektedir.

### 10.2. Sayma ve Gruplandırma

Bu çalışma, hareketli bir konveyör üzerindeki elemanları sayıp gruplandıran bir makinenin PLC ile kontroluyla ilgilidir. Bir gruplandırma makinesi modeli, Şekil 10.1'de görülmektedir. 10 elemanın A kanalına, 20 elemanın B kanalına gitmesi ayrıca bir de sıfırlama kolaylığı istenmektedir [2].

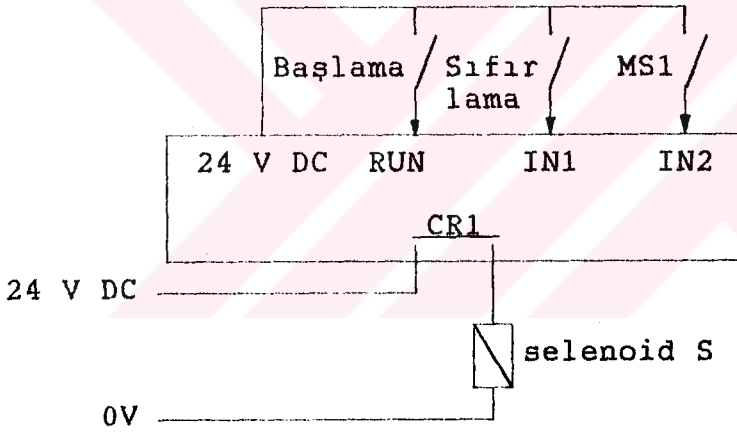


Şekil 10.1. Gruplandırma makinesi.

Makine L yardımcı mili yardımıyla, P pistonu tarafından hareket ettirilen bir F kapakçığından meydana gelir. S selenoidi enerjilendiğinde, elemanların B kanalına ilerlemesi için piston kapağı hareket ettirir. Selenoidin enerjisi

kesildiğinde elemanların A kanalına ilerlemesi için yaylı tip piston, kapağı hareket ettirir. MS1 mikroanahtarı her bir eleman geçişinde kapanır. Anahtarın işlevi konveyör üzerinde gelen elemanları saymaktır. Mikroanahtar yerine endüktif yaklaşım anahtarı kullanılabilir [2].

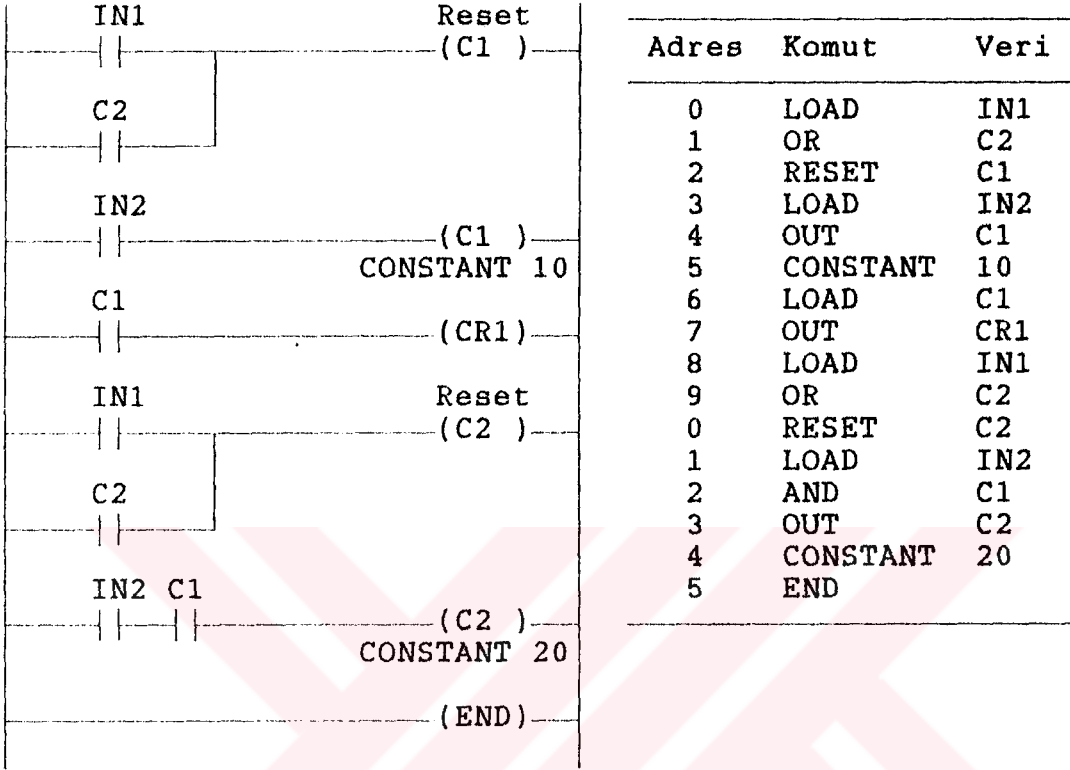
Şekil 10.2'de gruplandırma makinesi kontrol elemanlarının PLC giriş/çıkışlarına bağlantısı görülmektedir. Başlatma anahtarı çalıştırma (Run) girişine bağlanmaktadır. Elemanları sayan mikroanahtar IN2 ucuna, sıfırlama anahtarında IN1 ucuna bağlanmaktadır. Kapağı kontrol eden S selenoidi ise CR1 çıkışına bağlanmaktadır [2].



Şekil 10.2. PLC ile gruplandırma makinesi bağlantısı.

Gruplandırma makinesini kontrol eden merdiven program, Şekil 10.3'de görüldüğü gibi iki sayıcı içerir. MS1 anahtarı 10 sinyal gönderdikten sonra C1 sayıcısı kontaktları konum değiştirir ve selenoid enerjilenir. Bu anda C2 sayıcısı devreye girerek MS1 sinyallerini saymaya başlar. 20 eleman sayıldıktan sonra sayıcılar sıfırlanır ve selenoid enerjisi kesilir. PLC sürekli tarama sistemi, başlatma anahtarı

açılana kadar işlemin tekrarlanmasını sağlar. Sıfırlama anahtarı, her iki sayıcının sıfırlamasını sağlar [2].



Şekil 10.3. Gruplandırma makinesi merdiven programı.

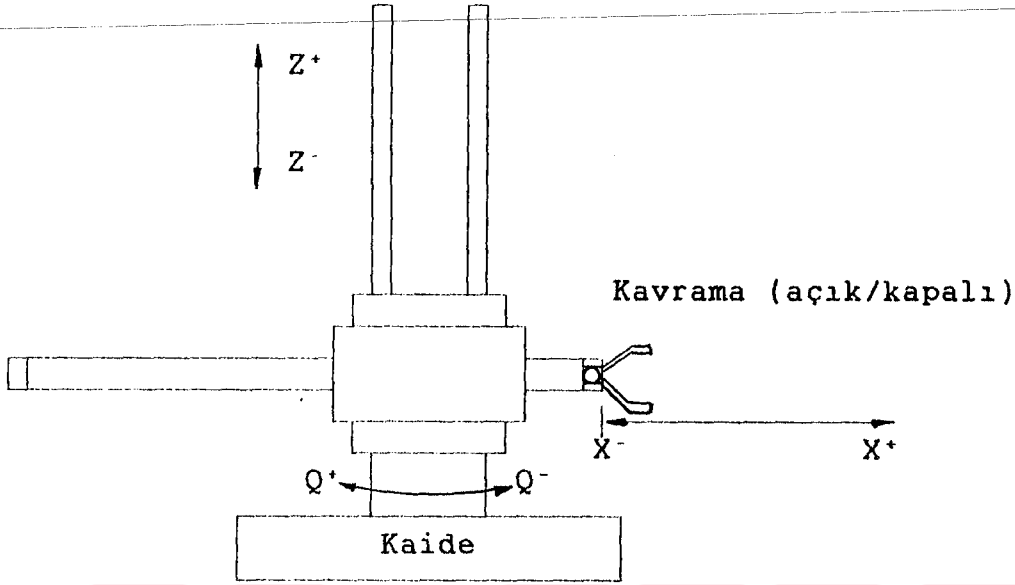
### 10.3. Robot Kolu Kontrolü

Şekil 10.4'de görüldüğü gibi bir robot kolu, iki lineer ve bir dönme hareketini gerçekleştirmektedir. Bu hareketler pünomatik pistonlar tarafından gerçekleştirilir. Ek olarak pünomatik bir kavrama açılıp kapatılabilmektedir [4].

Başalgiçta kavrama, X<sup>-</sup> ve Q<sup>-</sup> konumunda ve açıktır. PLC işlem sırası aşağıdaki gibidir.

- \* Kol X<sup>+</sup> konumuna hareket eder,
- \* Kavrama kapanır,
- \* Kavrama Q<sup>+</sup> konumuna doğru 180<sup>0</sup> döner,
- \* Kavrama açılır,

\* Kavrama  $Q^-$  konumuna geri döner ve işlem tekrarlanır.

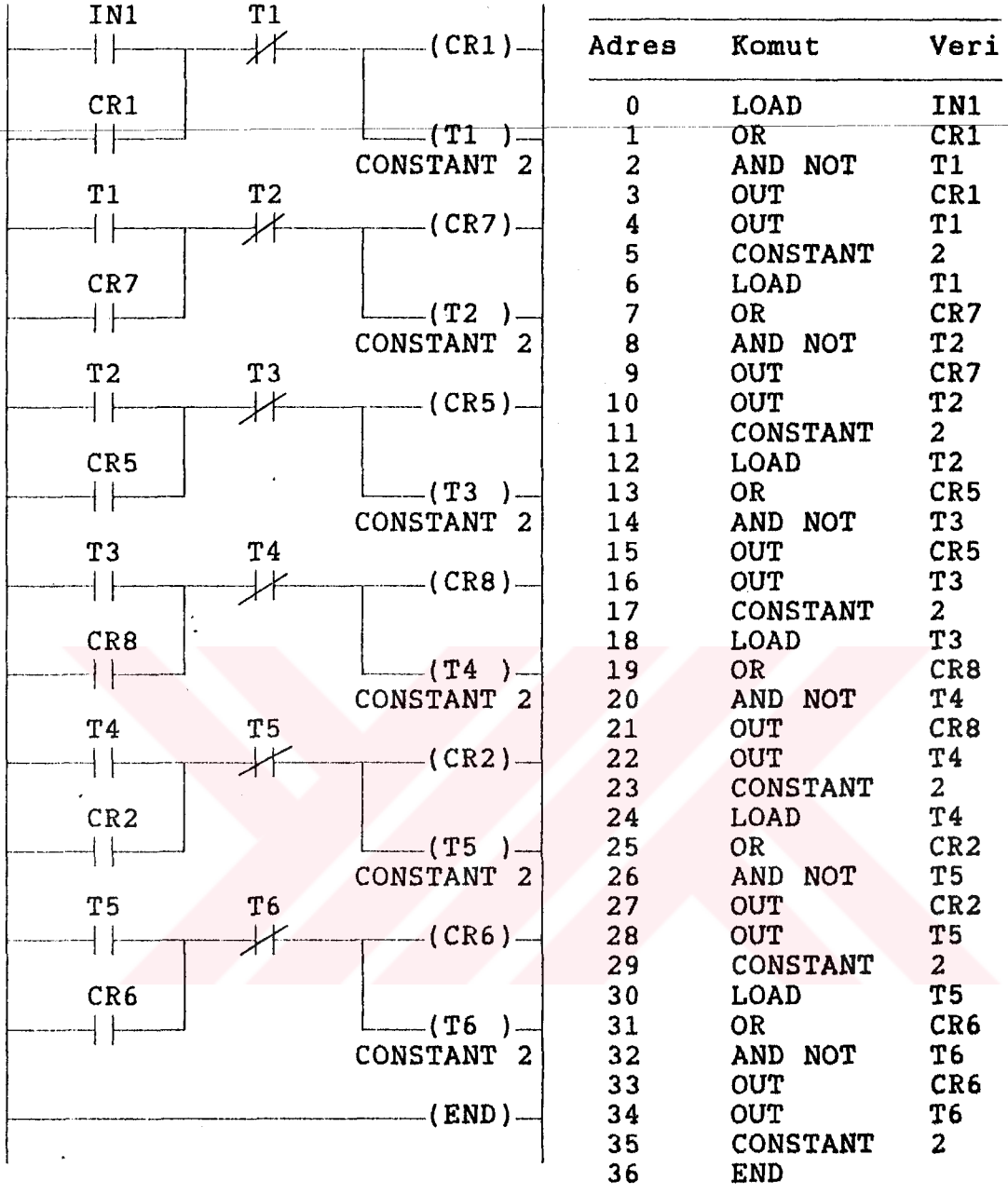


Şekil 10.4. Robot kontrol mekanizması [4].

Bütün hareketler uygun selenoidler tarafından kontrol edilir. 8 çıkış rölesi, 8 selenoidi aşağıdaki hareketleri yaptırmak için enerjiler [4].

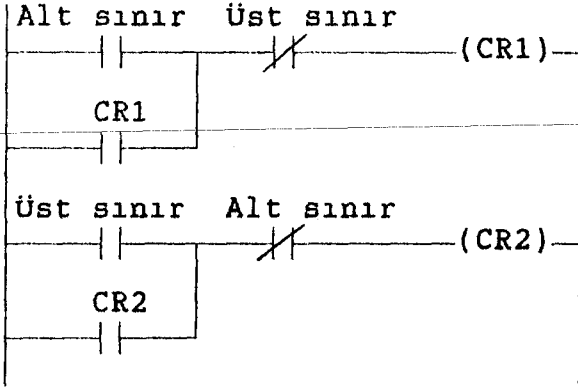
- CR1  $X^+$
- CR2  $X^-$
- CR3  $Z^+$
- CR4  $Z^-$
- CR5  $Q^+$
- CR6  $Q^-$
- CR7 kavramayı kapat
- CR8 kavramayı aç

Şekil 10.5'de görüldüğü gibi kontrol hareketini gerçekleyen merdiven program, selenoidleri istenen sırada işletmek için bir seri gecikmeli açılan zaman rölesi devresi içerir. Pnömatik pistonun bir hareketi gerçekleştirmesi için 2 saniye yeterli olduğundan zaman sabiti 2 saniyeye ayarlıdır [4].



Şekil 10.5. Robot kontrolü merdiven program [4].

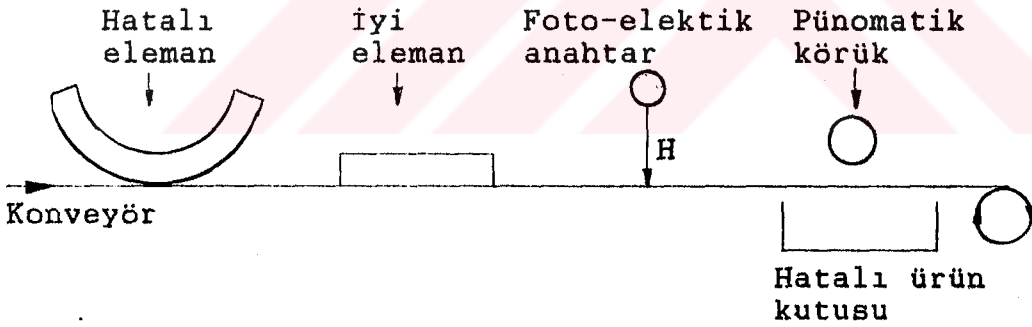
Hareketlerin kontrolü da çok önemlidir. Bunun için sınır anahtarları kullanılır.  $X^+$  ve  $X^-$  konumlarını denetleyen iki sınır anahtarı kullanılması durumunda ek merdiven diyagram Şekil 10.6'da görülmektedir [4].



Şekil 10.6. Sınır anahtarı kullanarak hareket kontrolü.

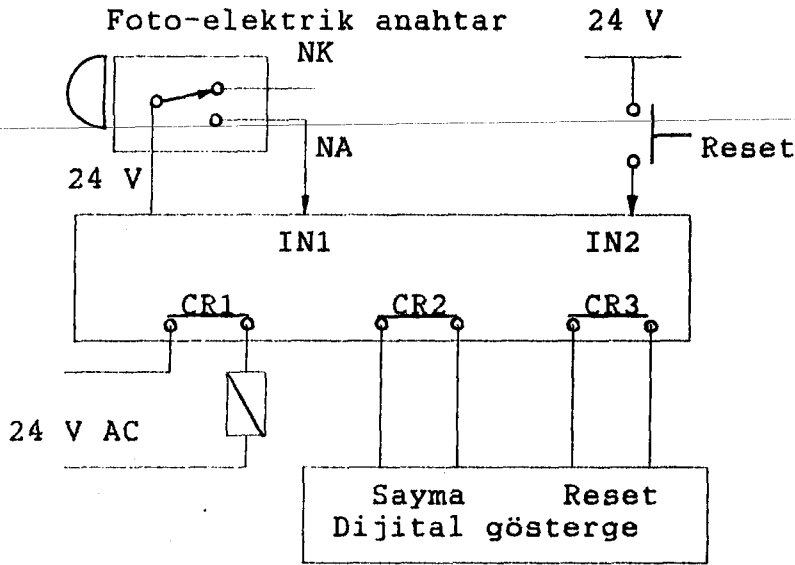
#### 10.4. Eleme Makinası

Bu sistemde hatalı ürünleri elemek ve denetlemek için PLC kullanımını içerir. Şekil 10.7'deki gibi ürünler geri yansımali tip bir foto-elektrik anahtarın önünden geçerek konveyör üzerinde taşınırlar. Anahtar hatalı malzeme durumunda sinyal verir [2].

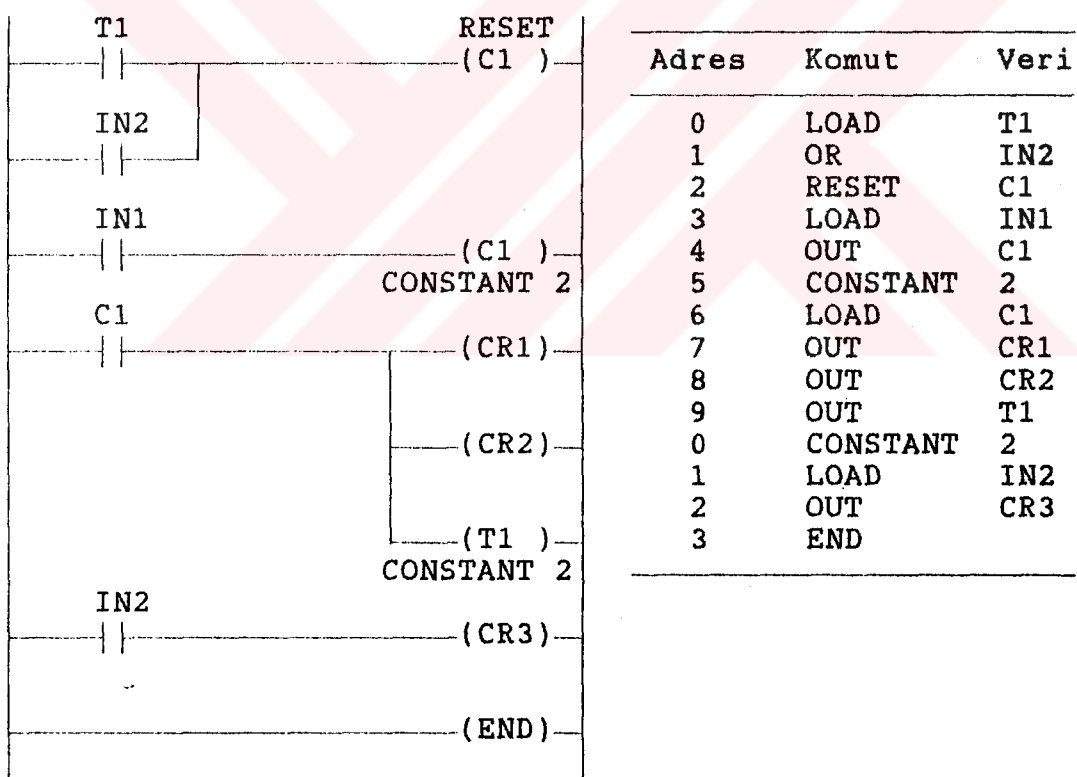


Şekil 10.7. Eleme sistemi.

Hatalı bir ürün tespit edildiğinde, pnömatik körük hatalı ürünü kutu içine üfler. Bütün elemanlar sayılır hatalı elemanlar hariç bir dijital gösterge yardımıyla belirtilir. Şekil 10.8'de eleme sistemi, PLC ile kontrolü için giriş/çıkış bağlantıları görülmektedir. Şekil 10.9'da ise merdiven program görülmektedir [2].



Şekil 10.8. Eleme sistemi PLC giriş/çıkış bağlantıları.

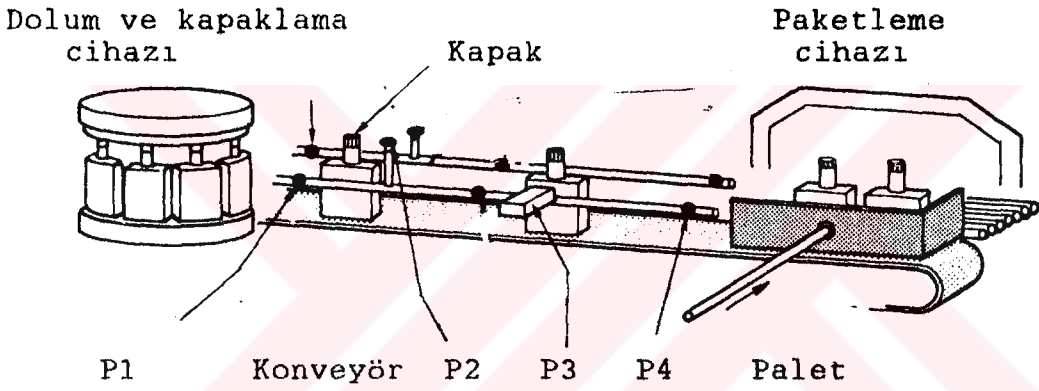


Şekil 10.9. Eleme sistemi merdiven diyagramı [2].

### 10.5. Üretim Hattı Kontrolü

Bu çalışmada bir üretim hattının PLC ile kontrolü ile

ilgilidir. Şekil 10.10'daki sistemde kutular konveyöre girmeden önce sıvı ile doldurulur ve kapakları takılır. P1 ve P2 foto-elektrik anahtarları her bir kutunun kapağının olup olmadığını kontrol eder. P3 anahtarı kutular üzerine bir grup mumarası basan yazıcıyı çalıştırmak için kullanılır. P4 anahtarı ise palet içinde bulunması gereken üç kutuyu saymak için kullanılır. Palet ise üç kutuyu, sıkıca plastikle sarıp paket eden makineye doğru iter. Bütün foto-elektrik anahtarlar geri yansımalı tiptedir [2].



Şekil 10.10. Üretim hattı kontrolü.

PLC sıra ile şu işlemleri yaptırır,

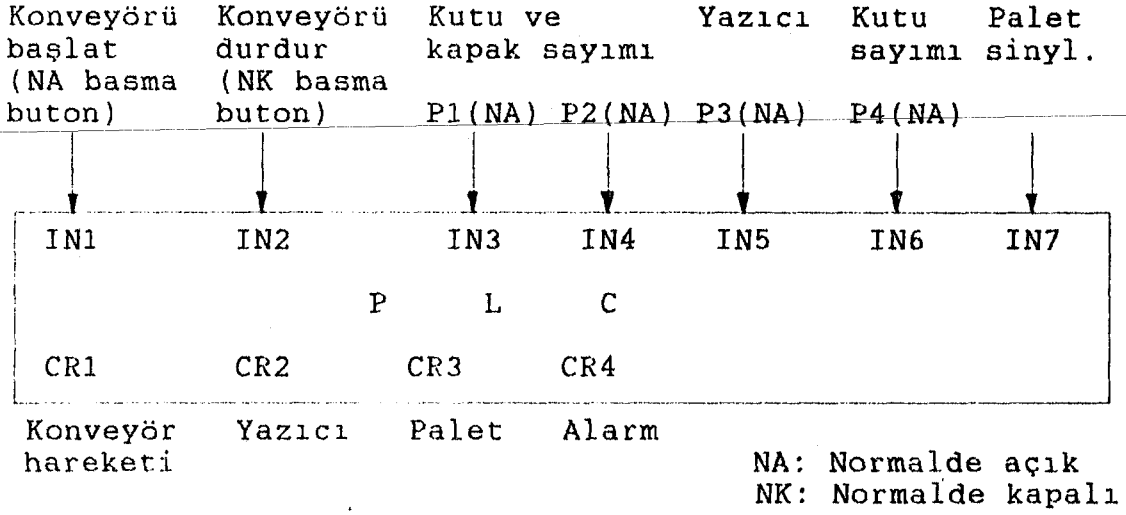
- \* Kapaksız kutu tespitinde konveyörü durdurur,
- \* P3 bir kutu tespit ettiğinde yazıcıyı çalıştırır,
- \* P4 3 kutu sayınca paleti harekete geçirir,
- \* P4 palet hareketi bitmeden bir kutu tespit ederse

konveyörü durdurur,

- \* Konveyör durduğunda ise sesli bir alarm çalar.

Kontrol edilen üretim hattı PLC bağlantısı, Şekil 10.11.

de görülmektedir. Giriş/çıkış uçlarına bağlı eleman ve görevi belirtilmektedir [2].



Şekil 10.11. Üretim hattı PLC giriş/çıkış bağlantısı.

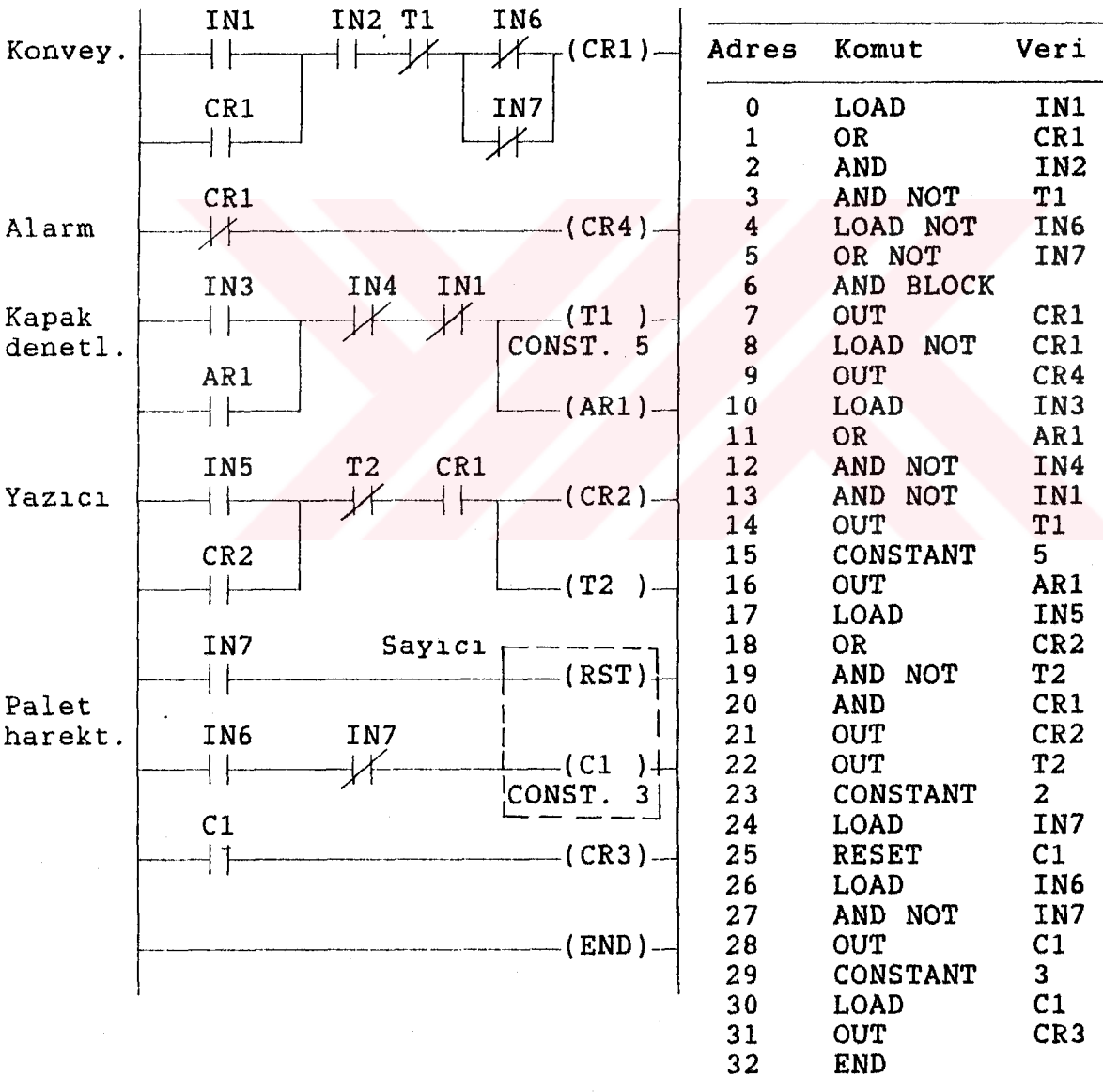
Üretim hattı kontrolü için, Şekil 10.12'de görülen PLC merdiven programında konveyörü devrede tutmak için bir mühürleme devresi kullanılmaktadır. Konveyörü durdurmaya zorlayabilecek bütün sinyaller ilk basamağa konmaktadır. Konveyör, durdurma butonuna basılarak, kapak dedektör devresi yoluyla veya P4 ve Palet sinyali her ikisi birden geldiğinde durdurulmaktadır. Güvenilir işletim (fail-safe) sağlamak için durdurma butonu normalde kapalı kontaklı olarak seçilmiştir.

Kapak denetleme devresi 5 saniyelik zamanlayıcı içerir. IN3 kontağı (P1), zamanlayıcının çalışmasını sağlar. Eğer IN4 (P2) tarafından 5 saniye içinde kapak tespit edilemez ise zamanlayıcı kontaktarı konveyörü durdurur. IN4 kapak tespit ederse zamanlayıcı sıfırlanır [2].

CR2 çıkışına bağlı yazıcı, IN5 (P3) yardımıyla çalışır. T2 zamanlayıcısı, yazıcıyı 2 saniye süreyle enerjilemek için mühürleme devresini açar [2].

C1 sayıcısı, IN6'ya bağlı P4 tarafından üretilen

darbeleri sayar. Üç darbe (puls) sayıldığında yani 3 kutu sayıldığında, palet harekete geçer. Palet, sayıcıyı sıfırlar ve kutu sayımını engelleyen IN7'yi kapatır. Eğer palet sinyali varsa ve P4 bir kapak tespit etti ise konveyör durur. PLC çalışmaya başladığında C1 sayıcısının sıfırlandığı kabul edilmektedir [2].



Şekil 10.12. Üretim hattı kontrol PLC programı [2].

## 11. BİR ENDÜSTRİYEL ROBOTUN PLC İLE KONTROLU VE TASARIMI

### 11.1. Giriş

Bu bölümde kavrama ve bırakma işlemleri için birçok fonksiyona sahip bir robotun PLC ile kontrolü verilmektedir. Robot kolunun hareketi, yaylı pünomatik pistonlarla gerçekleştirilmektedir. Konveyörlerin hareketi ise alternatif akım motorları ile sağlanmaktadır. Pozisyon kontrolleri PLC çıkış rölelerinin durumları tarafından belirlenir. Röle kapalı "ON" durumu, robot eksenini veya kolunun en uç pozisyona kadar hareketini sağlar. Röle açık "OFF" durumu ise pistondaki havanın dışarı çıkmasını ve robot eksenini veya kolunun eski konumuna dönmesini sağlar. Hareketlerin gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğinin kontrolü yaklaşım anahtarları ile yapılmaktadır. Kullanılan malzemeler metal olduğundan endüktif yaklaşım anahtarları kullanılmaktadır.

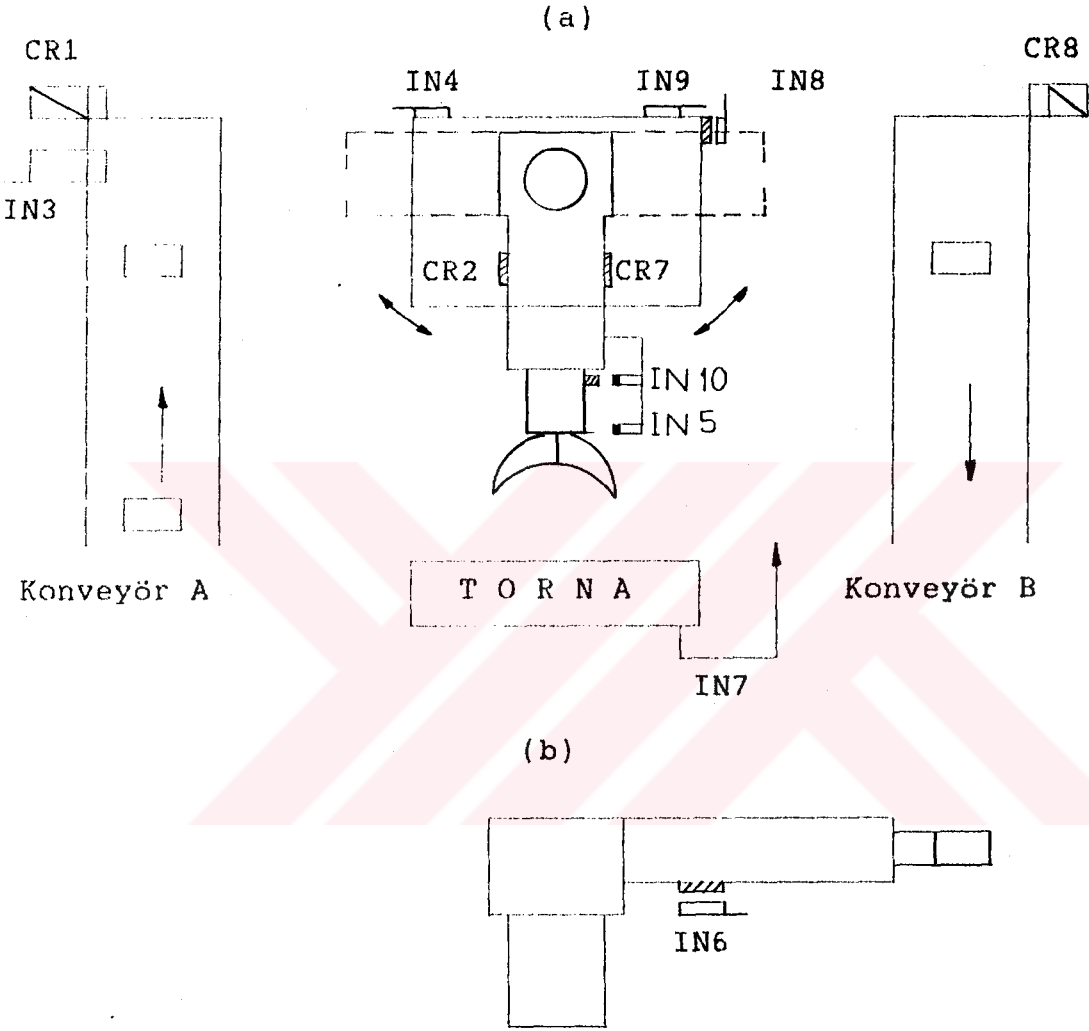
### 11.2. Robot Kontrol Şeması

Şekil 11.1'deki robot için kontrol şeması geliştirilmektedir. Verilen şekilde robot başlangıç konumundadır. Kavrama içeride ve açık durumdadır. Robota malzeme getirme yönünde çalışan A konveyöründe malzemenin uygun yere gelmesiyle başlayan işlem sırası aşağıdaki gibidir.

- Kol A konveyörüne doğru döner,
- Kol uzanır ve kavrama kapanır,
- Kol ortadaki pozisyona döner,
- Kol tornaya doğru gider,
- Tornalama işlemi bitince kol B konveyörüne döner,

- Kavrama açılır ve parça bırakılır,
- Kol ortadaki pozisyona döner ve B konveyörü çalıştırır-

arak parça geri gönderilir.



Şekil 11.1. Robot çalışma hücresi (a) üstten, (b) yandan görünüşü.

Robot, beş pnömatik selenoid valf ile çalıştırılır. Eğer bütün selenoidler açık devre ise robot işletme mekanizmalarına hava uygulanmaz. Bu anda robot kolu ortada, kavrama açık ve içeri çekik vaziyettedir. Beş selenoidin herbirinin enerjilenmesi aşağıdaki işlemleri yaptırır.

- A'ya dön: kol A konveyörüne doğru döner.
- Kolu uzat: kavrama kol içinden uzatılır.
- Kavra: kavrama kapanır.
- İleri git: kol mekanizması tornaya doğru ilerler.
- B'ye dön: kol B konveyörüne doğru döner.

Birden fazla selenoid birkaç hareket kombinasyonu için aynı anda enerjili olabilmektedir. Eğer bir selenoid enerjili değilse kol listedekinin tam tersi uç pozisyonunda yerini alır. Başlangıç konumundan son harekete kadar robot işletim matrisi Tablo 11.1'de gösterilmektedir.

Tablo 11.1. Robot işletim matrisi.

Basamak	A'yı Çalıştır	A'ya Dön	Kolu Uzat	Kavra	İleri Git	B'ye Dön	B'yi Çalıştır
Başlangıç	1	0	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	0	1
2	0	1	1	0	0	0	1
3	0	1	1	1	0	0	1
4	1	0	1	1	0	0	1
5	1	0	1	1	1	0	1
6	1	0	1	1	0	0	1
7	1	0	1	1	0	1	0
8	1	0	1	0	0	1	0
9	1	0	0	0	0	1	1
10	1	0	0	0	0	0	1

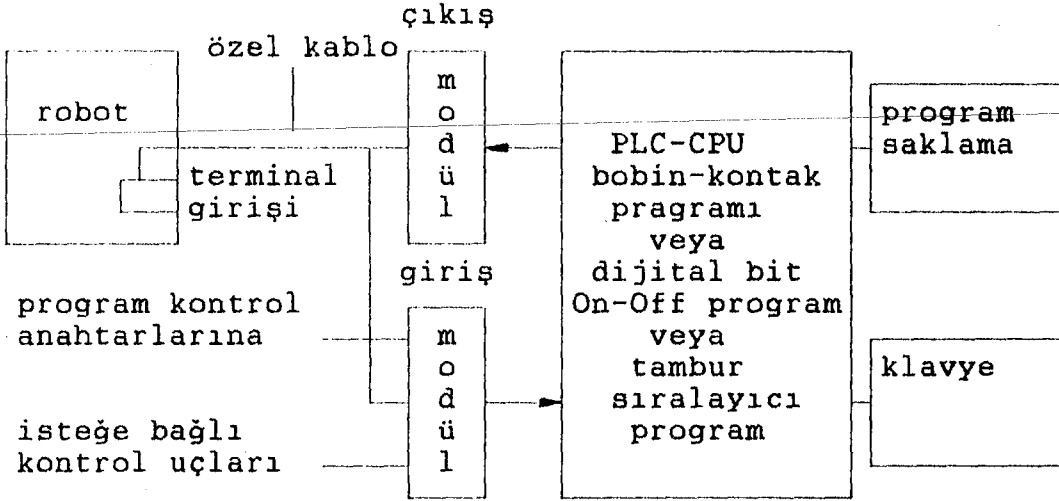
### 11.3. Robot Kontrol Sisteminin Oluşturulması

Robot kontrolü için PLC programı hazırlamadan önce, robot ve PLC'yi birleştiren bağlantı şeması Şekil 11.2'deki gibi geliştirilir. Robot kontrolunda kullanılan çıkış elemanları çalışma gerilimlerine uygun PLC çıkış ve girişleri kullanılmaktadır. PLC'de 3 yedek olmak üzere 10 çıkış ucu, 4 yedek olmak üzere 15 giriş ucu gereklidir. Bu işlem için 16

giriş çıkışlı bir PLC modülü kullanılmaktadır. Şekil 11.3'de bu kontrol sistemi blok diyagramı görülmektedir.

<u>PLC girişi</u>	<u>Kablo harfi</u>	<u>Robot ucu</u>	<u>Robot fonksiyonu</u>
1	A	-	-
2	B	27	Yedek giriş
3	C	26	Yedek giriş
4	D	25	Yedek giriş
5	E	24	Yedek giriş
6	F	1	IN1
7	G	2	IN2
8	H	3	IN3
9	J	4	IN4
10	K	5	IN5
11	L	6	IN6
12	M	7	IN7
13	N	8	IN8
14	P	9	IN9
15	Q	10	IN10
16	R	11	IN11
	S	12	Ortak giriş
<u>PLC çıkışı</u>	<u>Kablo harfi</u>	<u>Robot ucu</u>	<u>Robot fonksiyonu</u>
17	T	13	CR1
18	U	14	CR2
19	V	15	CR3
20	W	16	CR4
21	X	17	CR5
22	Y	18	CR7
23	Z	19	CR8
24	a	20	Yedek çıkış
25	b	21	Yedek çıkış
26	c	22	Yedek çıkış
27	d	-	-
28	e	-	-
29	f	-	-
30	g	-	-
31	h	-	-
32	j	-	-
	k	23	Ortak çıkış

Şekil 11.2. Robot kontrol kablo uçları [4].



Şekil 11.3. PLC kontrol sistemi blok diyagramı [4].

#### 11.4. Robot Kontrolü PLC Programı

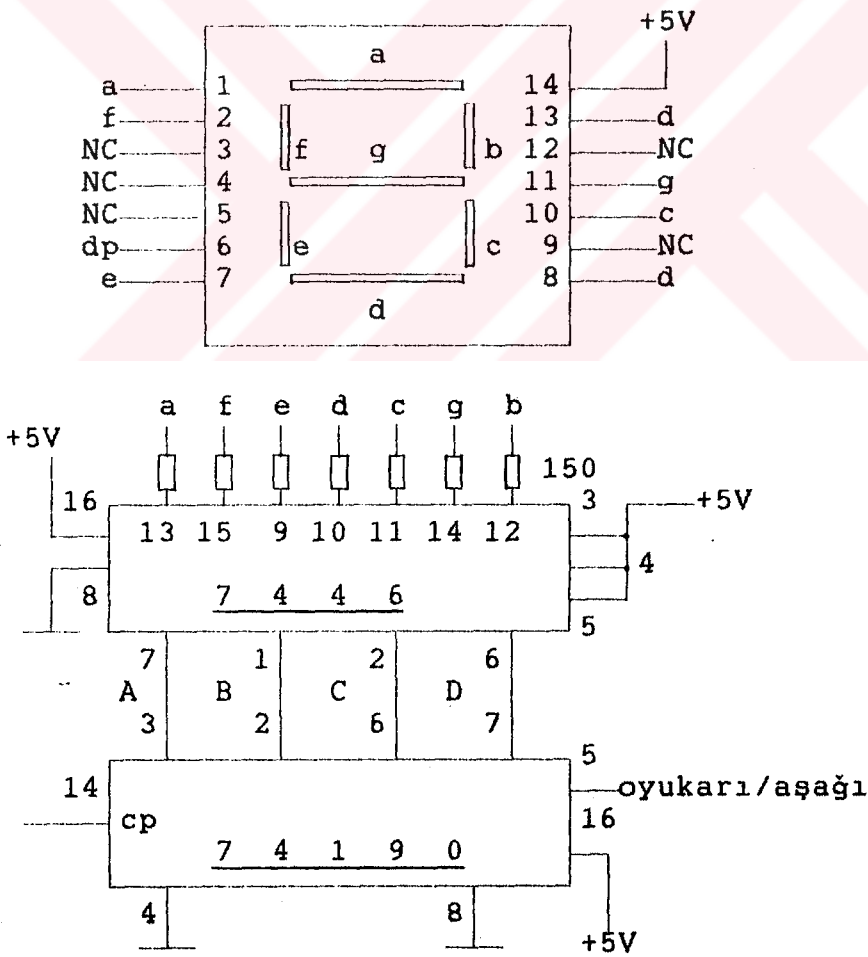
Yukarıda açıklanan robot için en basit kontrol sistemi her bir hareket için bir anahtar olmak üzere 7 anahtar ile oluşturulabilir. Yedi anahtarlı kontrolün dezavantajı bir hareketin kontrol hareketini sürekli yapması gerekliliğidir. Ek olarak da anahtarın açılması hareketi anında durdurup konumu eski haline getirdiğinden çeşitli tehlikeler oluşabilmektedir.

Aynı şekilde sistem bir zamanlayıcı ve bir de sıralayıcı kullanılarak yapılabilir. Zamanlayıcının zaman aralığı her bir hareketin tamamlanması için geçen süre kadar ayarlanır. Bir hareket sinyalinin sonra bu süre beklenecek diğer sinyal gönderilir. Bu sistemde bazı sakıncaları vardır. Her bir hareketin gerçekleşme süresi aynı olmayabilir. Ayrıca eğer bir pnömomatik silindir hata yapar veya arızalanırsa, PLC programı işlemeye devam edeceğinden malzeme hasarı veya personel yaralanması meydana gelebilmektedir.

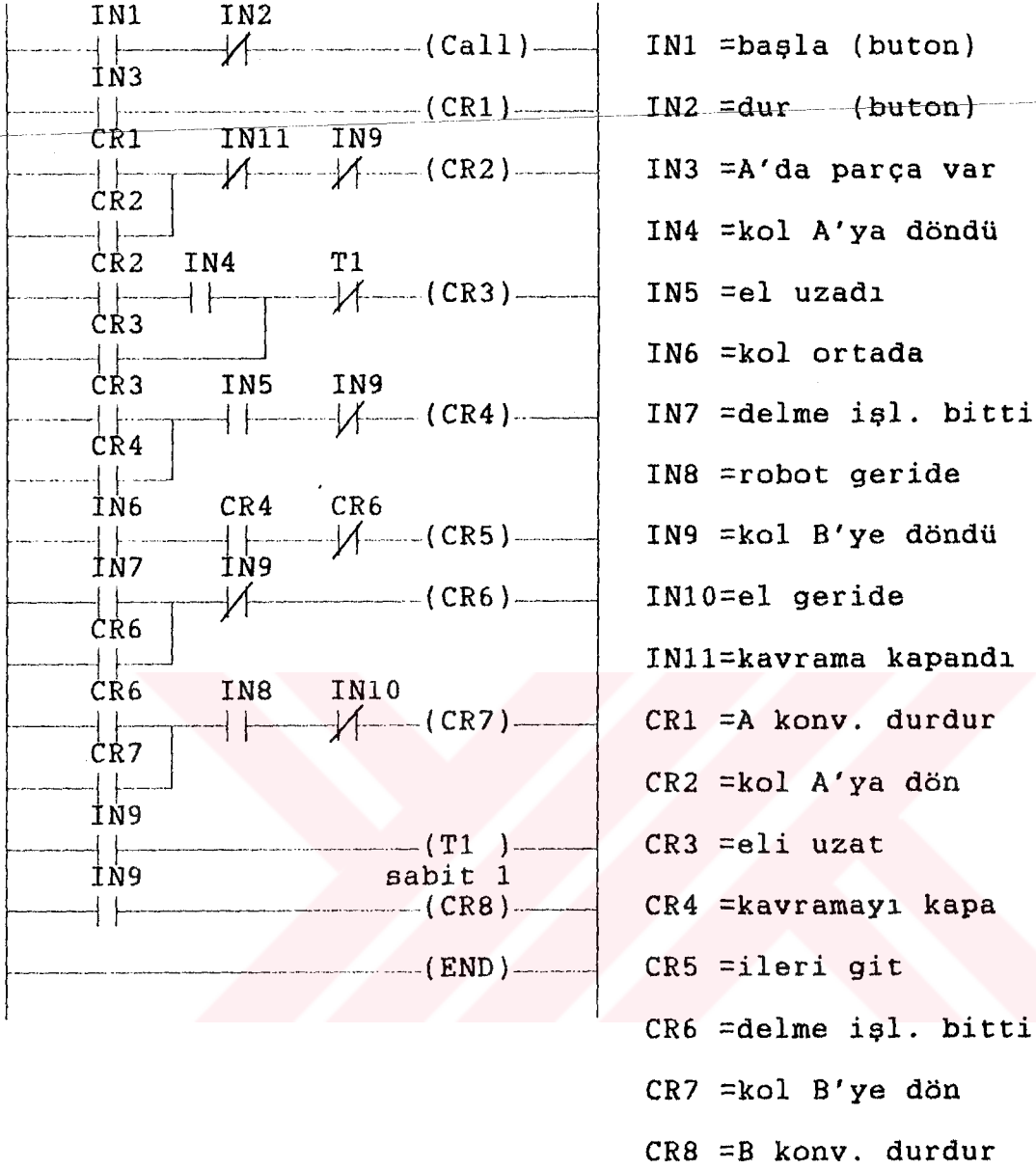
Yukarıdaki özetlenen olumsuzlukları ortadan kaldırmak

için dahili kilitlemeli, hareket kontrollü, acil durdurmalı bir PLC programı geliştirilmektedir. Cihaz ve personel güvenliği için, program tamamen işlem bağımlı bir merdiven diyagramı olarak Şekil 11.5'de verilmektedir. Şeklin yanında da giriş ve çıkış elemanlarının işlevleri tanımlanmaktadır. Program, işlemlerinin kontrolü için, devrenin zamanlama diyagramı Şekil 11.6'da çıkarılmaktadır.

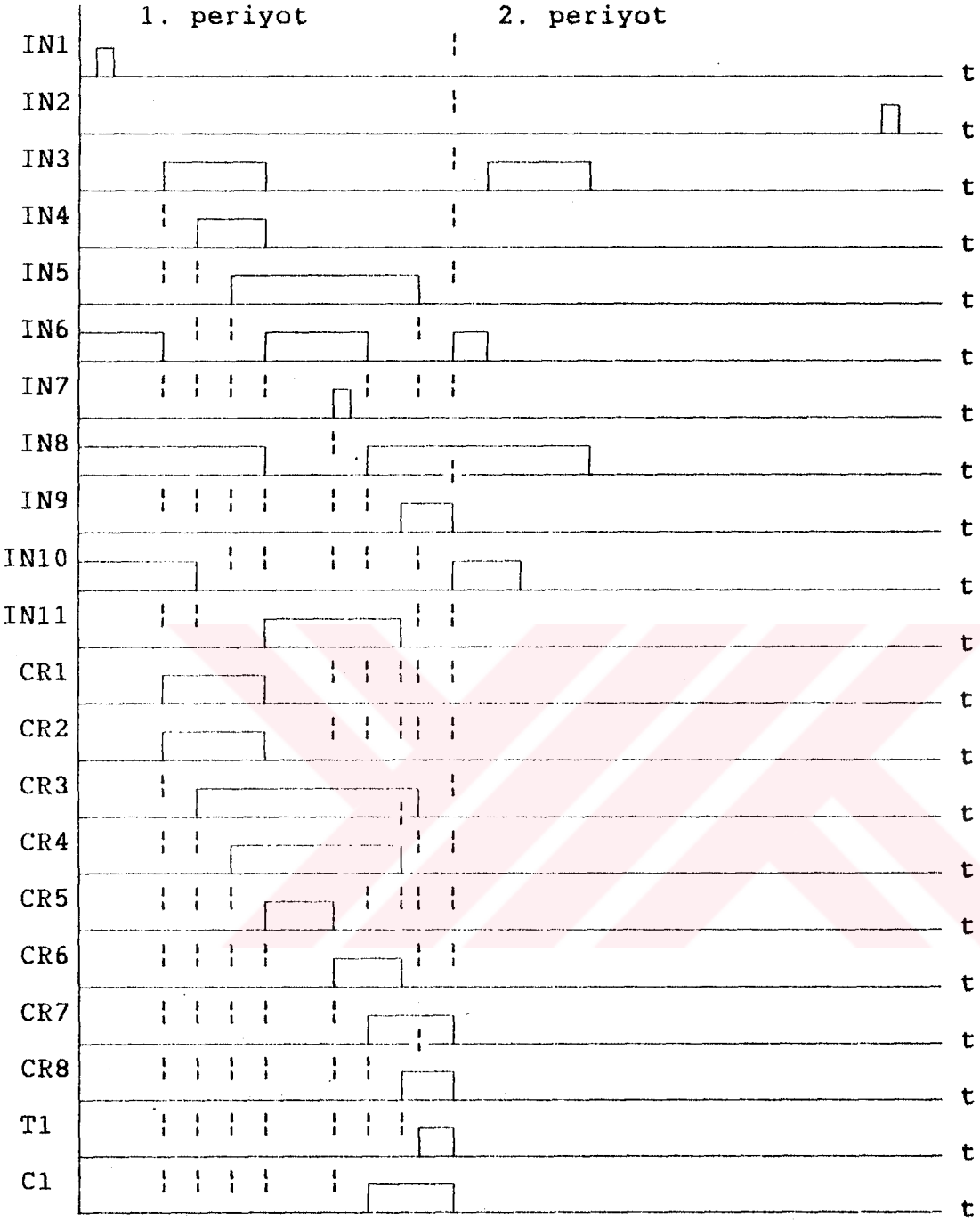
Ayrıca PLC kontrol devresine bir 74190 ikili sayıcı entegresi ve 7446 yedi parçalı gösterge sürücü entegresi Şekil 11.4'da görüldüğü gibi eklenerek parçaların sayma işlemi de yapılmaktadır.



Şekil 11.4. Sayma devresi bağlantı şeması [6].



Şekil 11.5. Robot kontrol PLC programı.



Şekil 11.6. PLC kontrol devresi zamanlama diyagramı.

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Programlanabilir kumanda cihazı (PLC), belleğinde saklı bir program ve çeşitli giriş çıkış elemanları ile bir makina veya sürecin denetlemesini sağlayan katı hal elemanıdır. Yeni teknolojilerin endüstriyel tesislere sağladığı bir kolaylık olan bu cihazlar, sağladıkları esnek denetim, kolay tesis edilme, az yer kaplama, kolaylıkla değişen koşullara uyabilme ve bakım kolaylığı gibi birçok yararları nedeni ile hemen hemen her endüstri dalında, çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ülkemizde de özellikle yeni kurulan tesislerde bu cihazlar yer almakta, daha eski tesislerde ise eski elektromanyetik kontrol elemanları yerine bunların kullanılması planlanmaktadır.

Endüstrideki mühendis ve yönetici, otomatize edilen imalat ve süreç kontrol sistemlerinin bütün elemanlarına ilişkin çalışma ve uygulama üzerinde detaylı bilgiye gerek duyar. Bu tez ile, PLC alanında bu gereksinim karşılanmaya çalışılmaktadır. Modern bilgisayar kontrollü düzenlerin bir çoğu, büyük ihtimalle, sistemi oluşturan teknolojik yapıya ilişkin ayrıntılı bilgisi olmayan bir eleman tarafından çalıştırılır. Bu hususta PLC'ler, yardımcısız kullanım açısından önemli bir yer tutmaktadır.

Bu çalışmada, esas olarak PLC'ler tanıtılmakta, giriş çıkış arabirim devreleri ile kullanılan arabirim elemanları açıklanmakta ve çeşitli endüstriyel uygulama örnekleri verilerek son olarak da tipik bir endüstriyel robotun PLC ile kontrolü ve tasarımı gerçekleştirilmektedir.

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

- [1] Brayn, L.A., 1988. "Programmable Controllers Theory and Implementation". Industrial Text Co.
- [2] Crispin, A.J., 1990. "Programmable Logic Controllers and Their Engineering Applications". McGraw-Hill.
- [3] Gilbert, R.A., 1985. "Programmable Controllers, Practices and Concepts". International Training Corp.
- [4] Greshock, K., W.J., 1993. "Industrial Control Electronics". MacMillan Publishing, ISBN: 0-02-424864.
- [5] Kaynak, O., 1988. "Programlanabilir Denetleyiciler". Boğaziçi Üniversitesi Müh. Fak.
- [6] Otter, J.D., 1988. "Programmable Logic Controllers Operation, Interfacing and Programing". Prent.-Hall Inc.
- [7] Sancak, Z., Yonemuro, S., 1992. "Programlanabilir Kumanda". JICA projesi Tuzla Teknik Lisesi, İstanbul.
- [8] Simatic, 1994. "S5, S5-90U, S5-95U, S5-100U Programmable Controllers". Siemens Catalog ST 52.1.
- [9] Warnock, I.G., 1988. "Programmable Controllers Operation and Application". McGraw-Hill.
- [10] Webb, J., 1992. "Programmable Logic Controllers Principles and Applications". MacMillan Publishing, ISBN: 0-02-946411.
- [11] Voltam Teknik Elektrik, 1993. "Yaklaşım Anahtarları ve Opto-Elektronik Sensörler", seminer notları.

## EKLER

Tablo E.1. Omron ve Mitsubishi komutları.

Komut	Mitsubishi	Omron	Tanımlama
LOAD	LD	LD	Kontağı yükle
AND	AND	AND	VE işlemi
OR	OR	OR	VEYA işlemi
NOT	I	NOT	Ters
LOAD NOT	LDI	LD NOT	Tersini yükle
AND NOT	ANI	AND NOT	VE değil işlemi
OR NOT	ORI	OR NOT	VEYA değil işlemi
AND BLOCK	ANB	AND LD	iki VE alt devre
OR BLOCK	ORB	OR LD	iki VEYA alt devre
OUT	OUT	OUT	Çıkış
		TIM*	Zamanlayıcı çıkışı
		CNT*	Sayıcı çıkışı
RESET	RST		Sıfırlama
SHIFT	SHT		Kaydırma
CONSTANT	K	#	Sabit değer
END	END	END	Diyagram sonu



\* Omron PLC zamanlayıcı için TIM ve sayıcı için CNT kullanır.

Tablo E.2. Aritmetik işlem komutları.

Sembolü	Karşılığı
—( + )—	Toplama işlemi
—( - )—	Çıkartma işlemi
—( x )—	Çarpma işlemi
—( : )—	Bölme işlemi

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

## ÖZGEÇMİŞ

1970 yılında İzmit'te doğdu. 1987 yılında girdiği Y.Ü. Kocaeli Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği bölümünden 1991 yılında Elektrik Mühendisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Y.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans çalışmalarına başladı. Halen 1993 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü Elektrik Makinaları A.B.D'da Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.