

T.C.  
MARMARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞ MAKİNELERİNİN OTOMATİK KONTROLU  
MİKROİŞLEMCİLERLE DENETİMİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Mürşit YAZGAN

Tezi Yöneten:  
Prof. Dr. Atif URAL

İstanbul - Mart 1986



Eşim AYNUR'a

Teşekkür

Çalışmamda yakın destek ve ilgisini gördüğüm çok değerli hocam Sayın Atif URAL'a ve tezin yazımını üstlenen Marmara Mali Müşavirlik ve Organizasyon Ltd.Şti. elemanlarına teşekkürü borç bilirim.

Ö Z E T

1971 yılında ilk mikroişlemcinin piyasaya sürülmesini takiben, uygulama alanları şaşırtıcı boyutlarda artmış ve çeşitlenmiştir.

Çalışmamızda minimum donanımla bir mikroişlemci sistemi ile temel proses kontrol uygulamalarının gerçekleştirilmesi yolunda, ihtiyaç duyulan bilgiler özlü biçimde derlenmek istenmiştir.

Kontrol teorisinde sık sık başvurulan geribeslemeli blok diyagramlardan hareket edilerek sistem kısım, kısım ele alınmış gerekli yazılım ve donanım bilgileri gözden geçirilmiştir.

İ Ç İ N D E K İ L E R

	<u>Sayfa</u>
Ö Z E T .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
BÖLÜM 1. SİSTEMLER VE SAYISAL KONTROLLARI .....	1
1.1. Kontrol Sistemleri .....	1
1.2. Sistemlerin Yazılımla (Software) Kontrolü ve Bazı Algoritmalar .....	6
1.2.1. SISO ve MIMO Sistemler İçin Bazı Algoritmalar .....	6
1.3. Donanım ve Yazılım Gereksinimleri .....	11
BÖLÜM 2. MİKROBİLGİSAYARLI İLETİŞİM, YAZILIM VE DONANIM .....	12
2.1. Programlama Dilleri .....	12
2.2. Minimum Sistem Yapısı .....	13
BÖLÜM 3. MİKROİŞLEMÇİ SİSTEMİNE GİRİŞ-ÇIKIŞ .....	16
3.1. Standart Mikroişlemci Sistemi .....	16
3.1.1. Kontrol Barası ve Kontrol Sinyalleri .....	17
3.2. Temel Giriş-Çıkış .....	18
3.2.1. Paralel Giriş-Çıkış .....	19
3.2.2. Seri Giriş-Çıkış .....	28
3.3. Üç Giriş-Çıkış Metodu .....	34
BÖLÜM 4. ANALOG-DİGİTAL, DİGİTAL-ANALOG ÇEVİRME VE ARAYÜZLEME TEKNİKLERİ .....	38
4.1. Digital-Analog Çevirme .....	38
4.2. Analog-Digital Çevirme .....	41
4.2.1. Örnekleme .....	41
4.2.2. A/D Çevirme Teknikleri .....	42
4.2.3. Analog-Digital Veri Toplama .....	49
4.3. Gerçek Zamanda Clock Temini .....	51

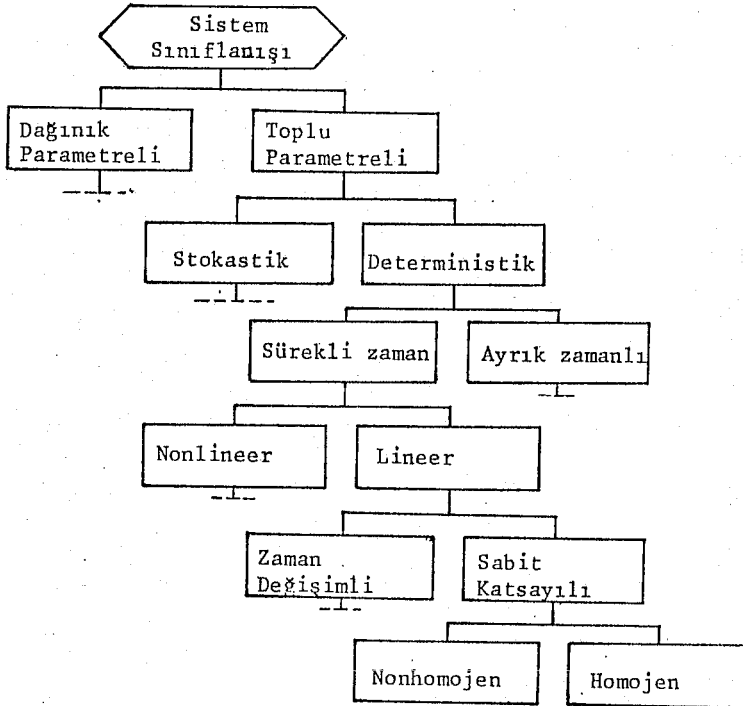
	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 5. DUYARLIK ELEMANLARI (SENSORS) .....	53
5.1. Basınç Sensorleri .....	54
5.2. Isı Sensorleri .....	55
5.3. Akış Sensorleri .....	57
5.4. Nem Sensorleri .....	58
5.5. Pozisyon Sensorleri .....	59
5.6. Optik Sensorleri .....	61
E K .....	62
YARARLANILAN KAYNAKLAR .....	63

# I. SİSTEMLER VE SAYISAL KONTROLLARI

## I.1. KONTROL SİSTEMLERİ

Sistem bir ya da bir kaç amaca ulaşmak için madde, enerji ve informasyonun kontrol edildiği, aralarında anlamlı ilişkiler bulunan birimlerin bütünü olarak tanımlanır. Kontrol sistemleri sözüyle, endüstriyel üretim araçlarında, kara hava ve deniz ulaşım araçlarında, askeri saldırı ve müdahale silahlarında, günlük ihtiyaçları karşılayan, ev ve büro araçlarında ısı, basınç, nem, akış, pozisyon gibi birtakım fiziksel parametrelerin kontrol edildiği yapısal veya fonksiyonel yönden basit ya da kompleks sistemlerden bahsedilmektedir.

Sistem yapısı mekanik, elektronik ya da kimyasal elemanlar içerebilir. Kontrol sistemleri teorisi açısından sistem yapısını sınıflandırmak istediğimizde karşımıza aşağıdaki gibi bir tablo çıkar.

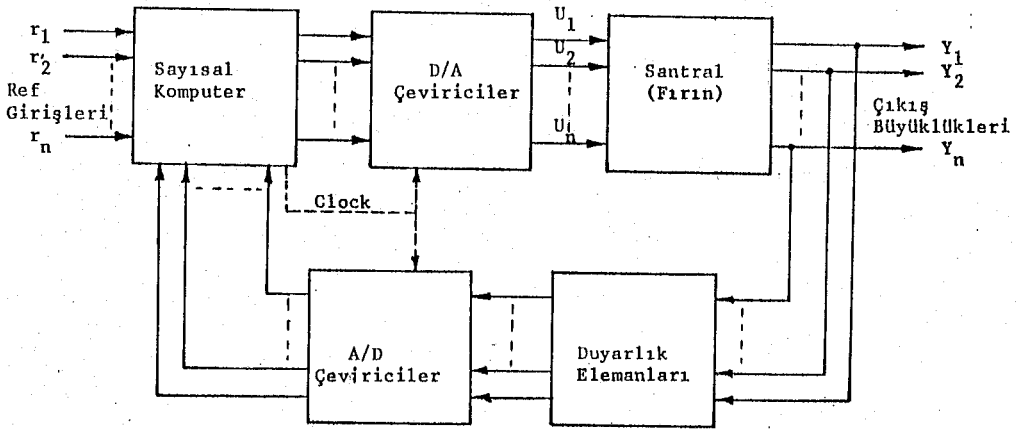


Şekil 1.1. Sistemlerin sınıflandırılması .

Bu sınıflandırmada adı geçen terimler bu sistemlere ait matematiksel modellerden türetilmişlerdir. Örneğin bir elektrik motoru hız kontrol sistemi, belirli bir aralık için sabit katsayılı, lineer bir diferansiyel denklem sistemiyle ve Laplace dönüşümüyle elde edilebilecek bir modelle temsil edilebilir.

Tabloda sürekli zaman sistemlerinin, ayrık zamanlı (Discrete Time) karşılıkları gösterilmemiştir. Bu sistemler içinde matematik modeller geliştirilmiştir. Örnek olarak ayrık zamanlı lineer sistemler diferens denklemler ve Z transformasyonu ile modellenenabilir.

Tek girişli ve tek çıkışlı (SISO) klasik kontrol sistemleri yerini kompleks fonksiyonlarıyla çok giriş, çok çıkışlı (MIMO) sistemlere terk ederken, bilgisayarlarda kontrol sistemindeki yerini almıştır. Bir MIMO (multiple input, multiple output) sistemine bir örnek olarak bir yüksek fırını ele alalım.



Şekil 1.2. Çok giriş/çıkışlı bir sistem.

Günlük kapasitenin 4-5 bin ton demir olduğu böyle bir fırında çalışma, doğal olarak sürekli kontrol edilir. Demir filizi, kok ve kireç taşı uygun oranlarda (bir ton demir filizi için bir ton kok, yarım ton kireç taşı, diğer katkı

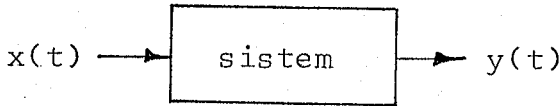


maddeleri) fırına konur. Hava fırına ısıtılarak üflenir. Fırındaki ısı yanan kok tarafından oluşturulur. Onun kısmi yanmasıyla karbonmonoksit açığa çıkar. Kok ile bu gaz demir filizini metale indirger. Kireç taşı curuf ayrılmasını temin eder. Erimiş demir fırınının tabanına çöker ve sıvı artıklar yüzeye çıkar. Eriyik demir ve curuf sürekli olarak, bu iş için ayrılmış olan tepe delikleri yoluyla süzülürler.

Karbon, manganez, silikon, sülfür, fosfor gibi elementlerin varlığı ve miktarı demir filizinin yapısına ve kullanılan kireç taşına bağlı olduğuna göre, demirin fırından alınma işleminin insan tarafından kontrolunun zorluğu açıkça görülür.

Böyle bir fırınının bilgisayarla kontrol edilmesi halinde ise şekil 1.2'de görüldüğü gibi  $y_1, y_2, \dots, y_n$  çıkış büyüklükleri ki bunlar demir filizinin kompozisyonu, curuf, atık gazlar, ısı basınç, kok, kireç taşı miktarları olabilir, bu büyüklükler sayısal komputere geri beslenirler. Çeşitli hammaddelerin optimum miktarlarının tespiti için gereken kompleks hesaplar komputer tarafından yapılır. Böylelikle pik demirin kompozisyonu istendiği gibi elde edilebilir. Tablodaki sınıflamaya biraz daha açıklık getirmek üzere bazı örnekler verelim.

Bir sistem deterministik (gerekirci) ise, sistemde her bir giriş,  $x(t)$ , için yalnızca bir çıkış mevcuttur.



Şekil 1.3. Tek giriş çıkışlı (SISO) sistem.

Stokastik (Rassal) bir sistemde verilen çıkışa karşılık çeşitli ihtimali çıkışlar söz konusudur. Bir sisteme verilen giriş ya bilinen fonksiyonlar ya da probabilistik tarzdaki fonksiyonlardan oluşur. Gürültüler ve çeşitli bo-

zucular gibi rassal fonksiyonlar sisteme verildiğinde çıkışta rassal olacaktır.

$x_1$  ve  $x_2$  sistemdeki iki farklı giriş olsun.  $c_1$  ve  $c_2$  sistem sabitleri ve  $y_1$ ,  $y_2$  ise sırasıyla çıkış olsunlar. Şimdi eğer bir sistem lineer ise  $x(t) = c_1 x_1(t) + c_2 x_2(t)$  girişine, her  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $c_1$  ve  $c_2$  için, cevap  $y(t) = c_1 y_1(t) + c_2 y_2(t)$  dir. Bunu sembolik olarak ifade edersek;

$$K[c_1 x_1(t) + c_2 x_2(t)] = c_1 K[x_1(t)] + c_2 K[x_2(t)]$$

Bu denklem superpozisyon prensibi olarak da bilinir. Pratikte sistemler değişkenlerin belli aralıkları için lineer davranırlar.

Eğer bir sistem zaman değişimsiz ise giriş/çıkış arasındaki bağıntı zamandan bağımsızdır.  $x(t-\lambda)$  girişine cevap  $y(t-\lambda)$  olur. Sembolik olarak;

$$K[x(t-\lambda)] = y(t-\lambda)$$

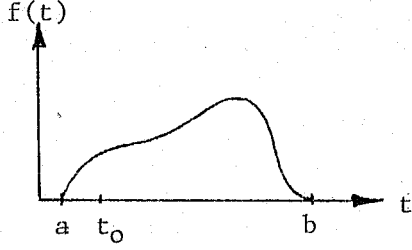
Örnek olarak aşağıdaki sistem zaman değişimlidir.

$$y(t) = t \frac{d}{dt} x(t)$$

$$t \frac{d}{dt} x(t-\lambda) \neq (t-\lambda) \frac{dx(t-\lambda)}{d(t-\lambda)}$$

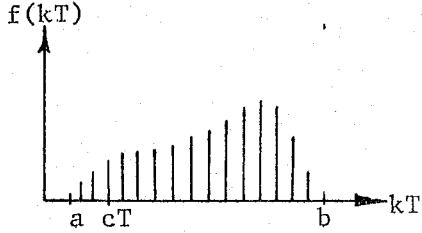
eşitsizliği mevcuttur.

Sistemler içerdikleri sinyal şekline göre de sınıflanırlar. Sürekli zaman sinyaller bağımsız değişken  $t$ 'nin fonksiyonlarıdır. Sinyal,  $t$ 'nin verilen aralığında tüm değerleri için tanımlıdır.



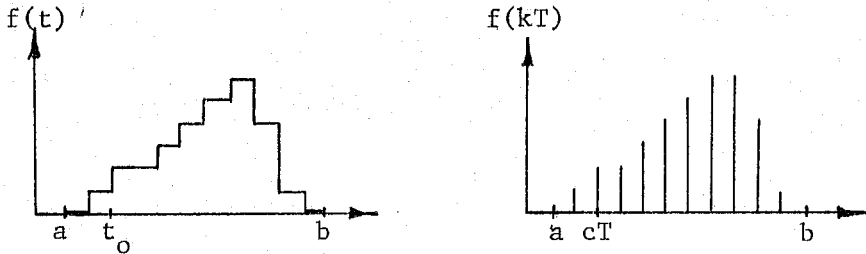
Şekil 1.4.

Ayrık Zamanlı Sinyaller bağımsız değişken  $t$ 'nin belirli aralıklarıyla değer alan dizi fonksiyonlardır. Bu aralıklar  $t=t_0 +kT$  şeklindedir. Bu  $T$  değer alma aralıklarıdır.



Şekil 1.5.

Quantize Sinyaller sürekli ya da ayrık zamanlı olabilirler. Ondalıklı bir sayının indirgenerek ya da yükseltgenerek yuvarlatılmasında olduğu gibi belirli değerler olabilirler.



Şekil 1.6. Sürekli ve ayrık zamanlı quantize sinyaller

Sayısal sinyaller quantize edilmiş ayrık zamanlı sinyallerdir. Bunlar bir kaç şekilde kodlanabilirler. Bilgisayarlı proses kontrol sisteminde bu sinyaller bilgisayarın giriş ve çıkışında yer alır.

## 1.2. SİSTEMLERİN YAZILIMLA (SOFTWARE) KONTROLU VE BAZI ALGORİTMALAR

Yazılımla kontrol, sistem donanım ve elemanlarını değiştirmeden, fonksiyonunu, programlama yoluyla değiştirmektedir. Bu özellik, sayısal komputerle, kontrolün klasik kontrole göre en üstün yanıdır.

Yazılım yoluyla, komputer, sistemde şu görevleri yüklenabilir:

- \* ON-OFF Kontrolör
- \* Sayısal filtreleme
- \* Sistem tanılama (Estimation and Identification)
- \* Filtreleme harici hesaplamalar

Sayılanlar on-line çalışma için söz konusudur. Ayrıca bilgisayar destekli dizayn (CAD) ve simulasyon diğer fonksiyonları arasındadır.

### 1.2.1. SISO VE MIMO SİSTEMLER İÇİN BAZI ALGORİTMALAR

Tek giriş/çıkışlı (SISO) lineer, bir proses çoğu zaman Z tranformu içinde

$$y(Z) = Z^{-d} \frac{B(Z^{-1})}{A(Z^{-1})} U(Z) =$$
$$= Z^{-d} \frac{b_0 + b_1 Z^{-1} + \dots + b_n Z^{-n}}{1 + a_1 Z^{-1} + \dots + a_n Z^{-n}} U(Z) \quad (1)$$

şeklindedir.

Denklemdede d zaman gecikmesidir.  $U_0$  ve  $Y_0$  giriş ve çıkış için başlangıç değerleri olmak üzere

$$U(k) = U(k) - U_0 ; \quad y(k) = Y(k) - Y_0 \quad (2)$$

sırasıyla giriş ve çıkış varyansları olur. Eğer bilinen bozucu etki varsa o da;

$$y_d(Z) = \frac{D(Z^{-1})}{C(Z^{-1})} V(Z) = \frac{d_0 + d_1 Z^{-1} + \dots + d_g Z^{-g}}{1 + c_1 Z^{-1} + \dots + c_g Z^{-g}} V(Z) \quad (3)$$

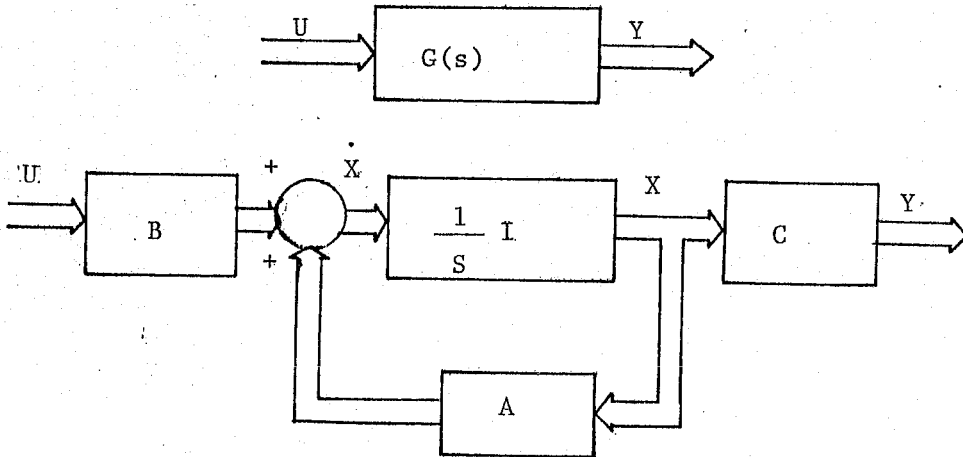
bağıntısıyla modellenenebilir.

Çok giriş/çıkışlı (MIMO) prosesler ise state-space denklemleriyle

$$x(k+1) = Ax(k) + BU(k) \quad (4.1)$$

$$y(k) = Cx(k) \quad (4.2)$$

tanımlanır.



Şekil 1.7. MIMO sistem state-space modeli.

Denklemlerde sırasıyla;

- x, Durum vektörü
- A, Sistem Matrisi
- B, Giriş veya kontrol matrisi
- Y, Çıkış vektörü
- C, Çıkış Matrisi

Sistemde yine bilinen bozucular varsa bunlarda;

$$x_d(k+1) = A_d x_d(k) + B_d V(k) \quad (5.1)$$

$$Y_d(k) = C_d x_d(k) \quad (5.2)$$

şeklinde modellenenir.

SISO Prosesler İçin Kontrol Algoritmaları

#### PID Algoritma

Oransal-İntegratif-Türevsel kaskat kontrol algoritmasıdır. Gerçekleştirilmesi;

$$\begin{aligned} W(k) &= W(k-1) + [r - y(k)] \\ U(k) &= -k_p y(k) + k_i w(k) - k_d [y(k) - y(k-1)] \end{aligned} \quad (6)$$

şeklinde dir. Denklemde r sabit referans sinyalidir. w integratör çıkışı,  $k_p$ ,  $k_i$ ,  $k_d$  ise oransal, integratör ve türevsel kazançlardır. İç ve dış çevrimlerde kontrol

$$\begin{aligned} W_1(k) &= W_1(k-1) + [r - y(k)] \\ U_2(k) &= -k_{p1} y(k) + k_{i1} W_1(k) - k_{d1} [y(k) - y(k-1)] \\ e_2(k) &= U_2(k) - y_2(k) \end{aligned} \quad (7)$$

$$W_2(k) = W_2(k-1) + e_2(k)$$

$$U(k) = K_{p_2} e_2(k) + k_{i_2} W_2(k)$$

denklemleriyle yapılır. Denklemlerde  $W_1$ ,  $W_2$  integratör çıkışları,  $e_2, y_2$  ile  $U_2$  arasındaki fark (error) dır.

### Kompansatör Kontrol Algoritması

Lineer bir SISO kompansatör

$$\begin{aligned} U(k) &= \frac{G(Z^{-1})}{F(Z^{-1})} e(k) = \\ &= \frac{g_0 + g_1 Z^{-1} + \dots + g_n Z^{-n}}{1 + f_1 Z^{-1} + \dots + f_n Z^{-n}} e(k) \end{aligned} \quad (8)$$

$$e(k) = r - y(k)$$

şu şekilde gerçekleştirilebilir.

$$\begin{aligned} U(k) &= -f_1 U(k-1) - \dots - f_n U(k-n) - \\ &\quad - g_0 e(k) - \dots - g_n e(k-n) \end{aligned} \quad (9)$$

veya state-space formunda

$$\begin{aligned} U(k) &= h x_c(k) \\ x_c(k+1) &= A_c x_c(k) + b_c U(k) \end{aligned} \quad (10)$$

daha az bellek gereksinimi duyduğu için tercih edilir.

### Feedforward Algoritm

Sistem üzerindeki, belirlenmiş bozucuların, etkisini azaltmak üzere gerçekleştirilen filtre

$$\frac{M(Z^{-1})}{N(Z^{-1})} = \frac{M_0 + M_1 Z^{-1}}{1 + n_1 Z^{-1}} \quad (11)$$

şeklindedir.

Filtre 9 veya 10 daki gibi oluşturulabilir.

### Self-Tuning Kontrol Algoritm

Pratik birçok uygulamada, kontrolör parametrelerini tespit etmek güçtür. Proses modelinin parametrelerinin sabitler olduğu kabul edilirse, oluşturulan regülatör bu parametreleri, on-line çalışarak, ayarlar. Her örnekleme periyodunda

- 1) Proses parametrelerinin kestirilmesi
- 2) Kontrolörün on-line dizaynı
- 3) Kontrol değişken değerlerinin tespiti

işini yapar. Bunun için Ardışık parametre kestirim yöntemlerinden birini kullanır. Bu kestirim algoritmaları için detaylı kaynaklara başvurulmalıdır.

### MIMO Prosesler İçin Kontrol Algoritmaları

#### Feedforward Algoritm

Sabit veya yavaş değişimli bozucuları elimine etmek üzere, SISO sistemlerindeki benzer şekilde oluşturulur.



### PI Kontrol

Oransal-Integral kontrol algoritması kalıcı-durum hatasını sıfırlamak, üzere oluşturulur. Detaylar için kaynakçaya bakılmalıdır.

### Optimal Kontrol Algoritmaları

Bir kaç kontrol performansı aynı anda doyurulabilir.

Kompleks kontrol kanununda

$$W(k) = W(k-1) + [Y_r(k) - y(k)]$$

$$U(k) = -H_i \hat{x}(k) - H_i W(k) + H_r x_r(k) + H_{rc} Y_r(k) -$$

$$-H_d x_d(k) - H_{dc} V(k) \quad (12)$$

$H$ ,  $H_i$ ,  $H_r$ ,  $H_{rc}$ ,  $H_d$  ve  $H_{dc}$  matrisleri söz gelimi kuadratik optimizasyon yaklaşımıyla tespit edilebilir. Optimal Kontrol modern kontrol terosinin uğraşı alanı olmuştur. Bu konuda sayısız yayın ve çalışma mevcuttur.

### 1.3. DONANIM VE YAZILIM GEREKSİNİMLERİ

Sayılan algoritmaları mikrokomputerde gerçekleştirebilmesi için 64 kbyte varan RAM, ROM bellek kapasitesi A/D, D/A konverterler, 16 kanal multiplexer, I/O modülleri ve yazılım ihtiyacı olarak da bazı temel servis programları, matris-vektör hesaplamaları, veri çevirmeleri, sınır testleri, gereklidir.

## 2. MİKROBİLGİSAYARLA İLETİŞİM, YAZILIM VE DONANIM

Kontrol edilen sistem spesifikasyonlarını, kontrolör parametrelerini belirlemek için mikrobilgisayarın programlanması gerektiği açıktır. Bir mikrobilgisayar sistemi yazılım (Programlama) ve donanım olmak üzere iki kısımdan oluşur.

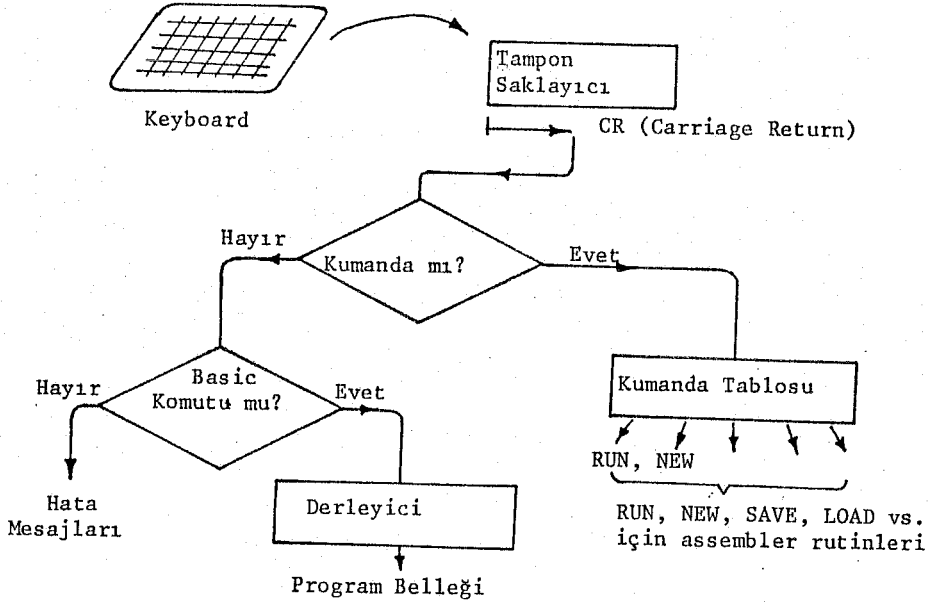
### 2.1. PROGRAMLAMA DİLLERİ

Bir mikroişlemci (microprocessor) yalnızca 01100100 gibi ikili kodlardan oluşan komutları tanır. Bu komutlar mikroişlemcinin üretimi sırasında belirlenir. Bu kodlardan oluşan komutlar *makina dilini* meydana getirir.

Ancak makina dili programlayıcıya düşünme ve yazma zorlukları çıkarır. Sıfır ve birlerden oluşan komut yerine onun heksadesimal eşdeğerini kullanmak da ona bir anlam kazandırmaz. Komutlara düşünsel bir anlam kazandırmak üzere her biri için birer *sözsel simge (mnemonic)* kullanılabilir. Örnek olarak M6800 mikroişlemciler için A saklayıcısının bir artırılmasını öngören 4C kodu için INC A simgesi kullanılabilir. Simgeler kolay hatırlanabilir ve programlar geliştirilebilir. Böyle simgeler kullanılarak yazılmış bir program *birleştirici dil (Assembly Language)* olarak isimlenir. Birleştirici dilde yazılmış bir program mikroişlemci için bir çevirici (Assembler) ile makina diline çevrilir.

Programlamanın daha da kolaylaştırılması yolunda birleştirici dilde yeterli olmamış daha basit, Fortran, Basic, Cobol, gibi makina için daha üst düzeydeki diller geliştirilmiştir. Bu dillerdeki komutların işlenebilmeleri, mikrocomputer belleğinde sürekli saklı olan derleyici (Compiler) programlar yardımıyla makina diline dönüştükten sonra mümkün olur. Örnek olarak Basic dilindeki LET A=B+1 komutu için makina dilinde çok sayıda komutun ardarda sıralaması gerekir.

Üst düzeydeki bir dilin keyboarddan başlayarak makina dilinde, bellekte yerini alabilmesi, söz gelişi Basic dili için, aşağıdaki şemayı takip eder.

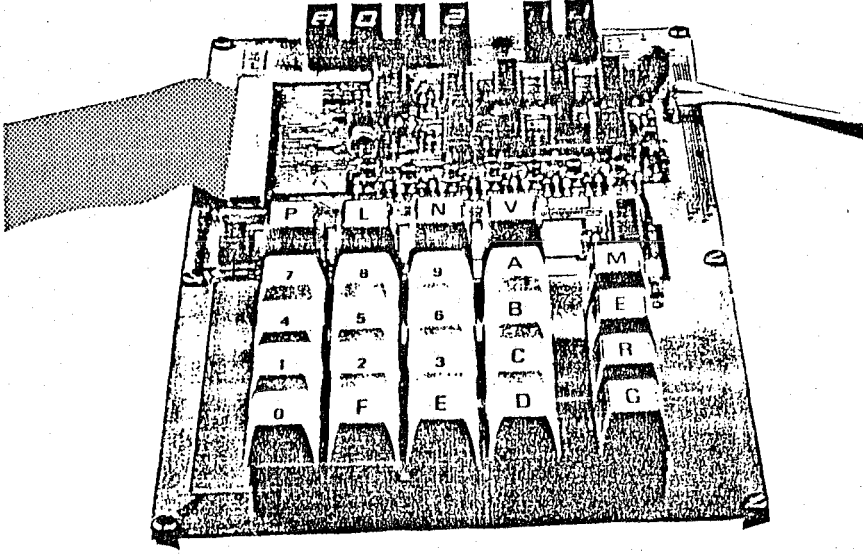


Şekil 2.1. Üst düzey dilden giriş

Keyboarddan bir giriş yapıldığı zaman mikroişlemci okuma servis programına geçerek ASCII kodunu okuyarak tampon saklayıcıya yazar. Karakter dizinin tamamlandığını belirten kumandadan (Return, execute vs) sonra dizi değerlendirilir. Tablodaki aşamalardan geçerek makina kodunda (object Code) bellekte yerini alır.

## 2.2. MINIMUM SİSTEM YAPISI

Bugün birçok mikrobilgisayarlı kontrol uygulamalarında heksadesimal terminallerle giriş yapılmaktadır. Kodlanmış bir heksadesimal Keyboard değişik düzenlemeler göstermesine rağmen birbirine benzemektedir. Bir örnek olmak üzere Motorola MEK-6800-D2 kitini gösterebiliriz.



Resim 2.2.

Keyboard üzerinde 0-F hex sayılar ve M, E, R, G, P, L, N, V alfabetik karakterler mevcuttur. Bunlar adreslerin displayde görünmeleri, bellek no larının ileri ve geri gi-dişlerini, işlemenin başlamasını ve durdurulmasını temin eden anahtarlardır. Altı adet Led displayın ilk iki gözü adres no ları, üçüncü ve dördüncü gözler operasyon kodu ve son iki göz operand ları gösterir.

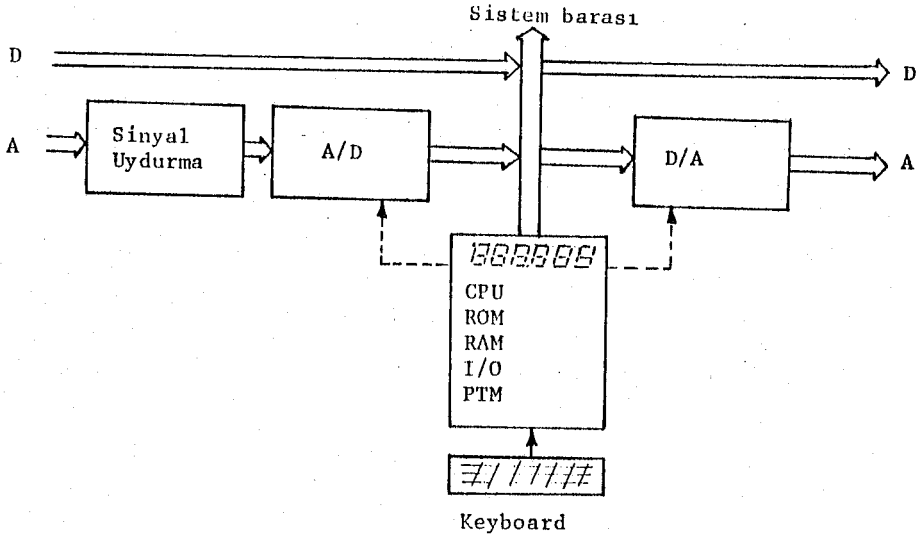
Makina dilinde programlama prensipleri bir olmakla birlikte mikroişlemci tipine göre yapımcının belirleyeceği bazı değişiklikler göstereceği muhakkaktır. Temel bir prog-ramlama şu bölümlerden oluşur;

- \* Giriş/Çıkış cihazının ve yığın göstericilerinin düzenlemeleri
- \* Esas programın yazımı
- \* Varsa alt programların oluşturulması

İlk basamaktaki birtakım resetler power-on switch ile birlikte otomatik reset programları ile yapılabileceği gibi, her çalışmada kullanıcı tarafından da yapılabilir.

İleriki bölümlerde M6800 mikroişlemci sistemi ile örnekler verildiğinden, eklerde bu işlemciye ait komutların makina dilindeki karşılıkları hex olarak verilmiştir. Bu işlemcinin programlanması ve sisteme ait ayrıntılar yapım-cının manuaillerinden temin edilebilir.

Bir mikrobilgisayarla minimum proses kontrol sistem donanımı aşağıdaki şekildeki blok olarak gösterilen cihazlardan meydana gelir.



Şekil 2.3. Proses Kontrolü için minimum donanım

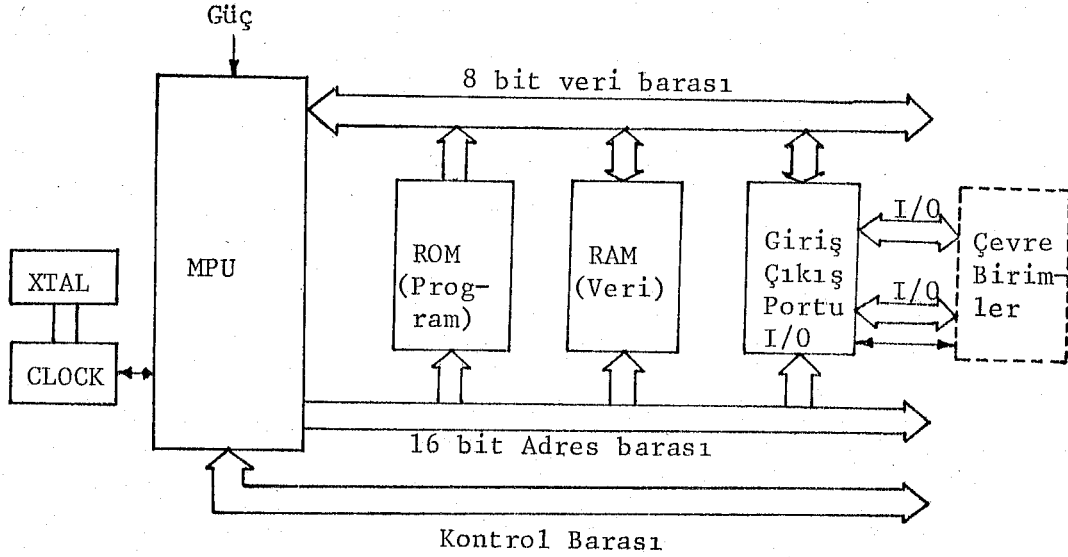
Bloklardaki cihazların ayrıntıları ileriki bölümlerde incelenecektir.

### 3. MİKROİŞLEMCI SİSTEMİNE GİRİŞ-ÇIKIŞ

Sayısal formdaki bilginin mikroişlemci sistemince kabul edilmesi ya da işlenen bilginin çevre birimlere transferinin donanım, metod ve teknikleri bu başlık altında incelenmektedir.

#### 3.1. STANDART MİKROİŞLEMCI SİSTEMLERİ

8 bit mikroişlemci bugün standart olarak kabul edilmiştir. Intel 8080, 8085, Zilog Z-80, Motorola 6800, Signetics 2650 vs. sekiz bit mikroişlemcilere örnektir. Standart bir sistem aşağıdaki gibi bir blok diyagramla gösterilebilir.



Şekil 3.1. Standart mikroişlemci sistemi

Sistemde üç bara mevcuttur. İki yönlü üç durumlu (Direk bellek erişimine müsait) veri barası, tek yönlü adres barası, 10-12 bitlik kontrol barasıda yine üç durumludur.

Sistemin tüm birimleri bu üç baraya bağlanır. Bu ana birimler ROM, RAM ve PIO dur. ROM yani yalnız okunur bellek programları tutar. RAM yani okunur, yazılır bellek veriyi depolar. PIO ise programlanabilen ve veri barasını çevre birimlere bağlayan port'dur.

Çeşitli mikroişlemci sistemlerini birbirinden ayıran esasta veri barası ve adres barası değil, kontrol barasıdır.

### 3.1.1. KONTROL BARASI ve KONTROL SİNYALLERİ

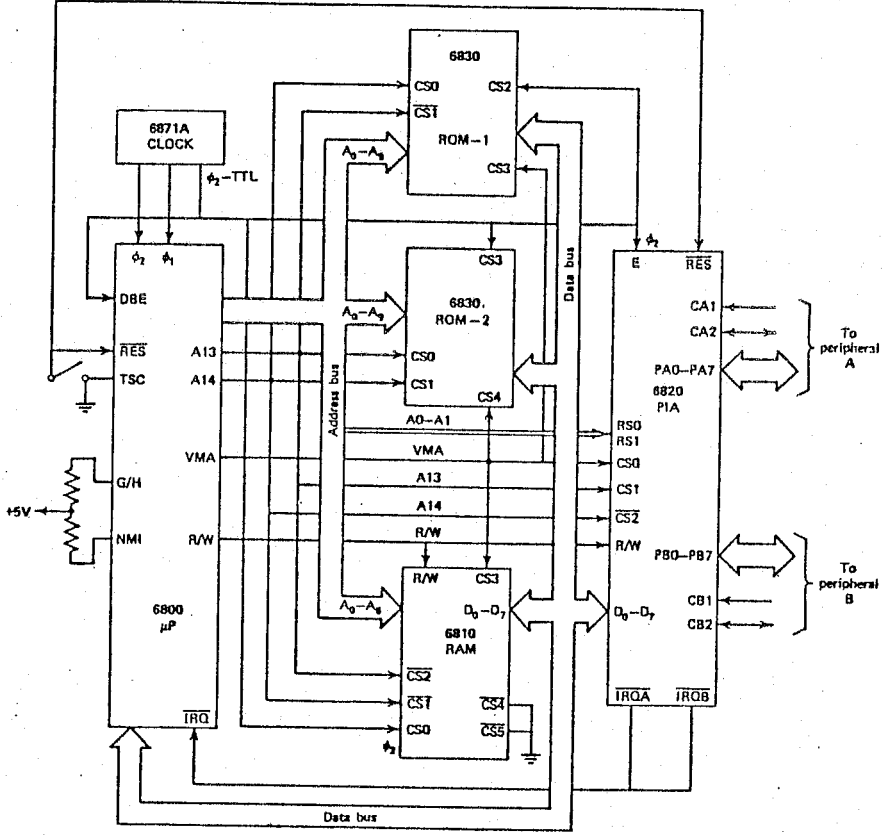
Kontrol barasının dört, fonksiyonu vardır. Bunlar;

- Bellek erişim senkronizasyonu
- Giriş-Çıkış "
- Kesme ve direk-bellek erişimi temin etmek
- Reset ve Clock temin etmek

dir.

Bellek erişim ve giriş-çıkış senkronizasyonu hemen, hemen birbirinin aynıdır. Mevcut mikroişlemci kontrol baraları bugün için benzerlikler göstermekte, bazıları birbiriyile uyumlu yapılmaktadır.

Aşağıdaki şekilde kontrol sinyallerine de örnek olmak üzere standart bir mikroişlemci sistemin konfigürasyonu gösterilmiştir. Motorola 6800 sistemi örneklerimizde bolca yer alacaktır. Sistemin ayrıntılarına değinilecektir.



Şekil 3.2. M6800 mikroişlemci sistemi

### 3.2. TEMEL GİRİŞ-ÇIKIŞ

Sistemin dış dünya ile iletişimi giriş-çıkış başlığı altında incelenir. Mikroişlemci sistemlerde seri ve paralel olmak üzere iki şekilde giriş-çıkış işlemi yapılabilir. Çevre birimin yapısı ve iletişim mesafesi gibi etkenlere bağlı olarak iletişim biçiminde tercih yapılır.

Giriş-Çıkış işlemi iletişimin şeklinden başka, sistemdeki dahili birtakım teknikler yönünden de incelenebilir. Şöyleki, değişik mikroişlemcilerde bellek birimleriyle, giriş-çıkış birimleri için ayrı ayrı komutlar kullanılabildiği gibi böyle bir ayırım yapılmayanlarıda mevcuttur.



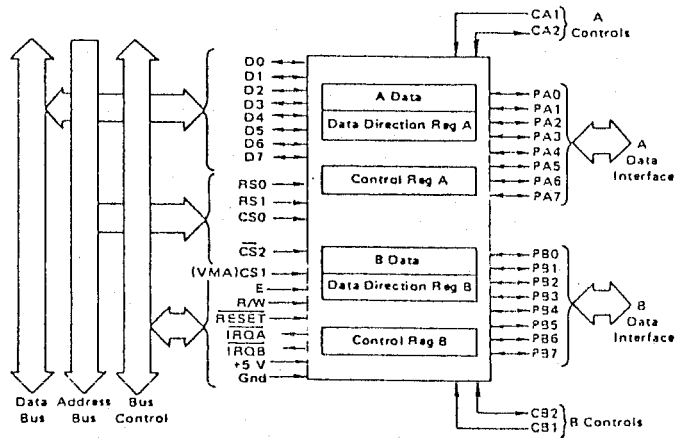
### 3.2.1. PARALEL GİRİŞ-ÇIKIŞ

Paralel iletişim 8 bitlik kelimeler halinde olur. Ve 8 hatlık bara gerektirir. Hız yüksektir. Uzun mesafeler için maliyet ve iletişim güvenliği açısından çekiciliğini kaybeder.

Paralel giriş-çıkış, mikroişlemci sistemlerde birer programlanabilen tüm devre ile gerçekleştirilmektedir. M6800 ailesinde 6820 veya 6821 PIA (Peripheral Interface Adapter) ya da 68488 (General Purpose Interface Adapter), Z-80 de PIO, Intelde 8255 PPI kullanılmaktadır.

Paralel giriş-çıkışı anlatabilmek için M6800 mikroişlemcisi ve 6820 PIA cihazını ele alacağız. PIA programlanabilen bir arayüz cihazıdır. Mikroişlemciden kontrol kelimesi ve bilgi kelimesi alır mikroişlemciye bilgi veya durum kelimesi gönderir. Kontrol kelimesi PIA yı programlar. Durum kelimesi (byte) mikroişlemciye PIA nın o anki durumu hakkında bilgi verir.

PIA 40 uçlu bir tüm devredir. PIA daki registerler ve uç durumları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.3. PIA (Peripheral interface adapter) registerleri

## PIA nın Registerleri

PIA da A ve B olmak üzere iki port mevcuttur. İkisi-  
de aynı anda giriş ve çıkışa programlanabildikleri gibi, gi-  
riş ve çıkış için değişik kombinasyonlarada izin verir.

1. Kontrol/Durum Registeri: PIA nın operasyonunu be-  
lirler.
2. Yön Registeri: Bu register I/O (input-output) hat-  
larının giriş ya da çıkış yönünde seçimini belir-  
ler. Yani hat üzerindeki bilginin ne yönde akaca-  
ğını tespit eder.
3. Veri Registeri: Sisteme giren ve sistemden harici  
birimlere akan veriyi tutar.

Bu registerlerin ayrıntılarına girilecektir. Şekilde  
görülen hatlar ise sırayla şu görevleri yüklenirler:

1. Girişler D0-D7: 8 bitlik veri barası bağlantıları-  
dır.

2. RS0, RS1, ve CS0, CS1, CS2 hatları: Bu hatlar mik-  
roişlemci sistemin adres barasına bağlanırlar. RS0 ve RS1  
PIA daki registerleri CS0, CS1, CS2 (chip select lines) ise  
kullanılıyorsa bir kaç PIA dan birini adresler.

3. E (Enable) hattı: Enable hattı PIA nın dinamik bir  
cihaz olması nedeniyle sayısal devrelerde gerekli olan ikazı  
temin eder. Genellikle  $\phi_2$  clock palsinden türetilen bir sin-  
yalle ikaz edilir.

4. PIA Read/Write, R/W hattı: Mikroişlemciden kontrol  
edilir, PIA ile mikroişlemci arasındaki veri akış yönü bel-  
li. Low durumu girişe karşılık gelir. Bu durumda veri  
mikroişlemciden PIA ya transfer edilir.

5. Reset hattı: Bu aktif Low durumu PIA daki tüm register bitlerini Lojik 0 (Low) durumuna getirir. Bu hat sistemin reset hattına bağlıdır. Genellikle bir reset switch ile veya sistemin ilk açılışında (Power On) otomatik bir devre ile kontrol edilir.

6. IRQA ve IRQB hatları: PIA nın kesme hatlarıdır. Veya bağlantısı ile mikroişlemcinin kesme girişine bağlanırlar. Lojik low durumu M6800 için kesme sinyalidir. Mikroişlemcinin operasyonunu durdurur.

7. Giriş-Çıkış hatları: Şekilde sağ tarafta görülen hatlar PIA nın dış çevre birimlerle olan bağlantılarıdır. İki grup halinde sekiz adet çift yönlü giriş-çıkış hatlıdır. (PA0-PA7 ve PBO-PB7). Her iki port içinde ikişer kontrol hattı (CA1 ve CA2 veya CB1 ve CB2) mevcuttur. Bu kontrol hatları PIA nın harici cihazlarla olan iletişimini düzenler.

PIA yoluyla iletişimden önce, PIA nın programlanması gerekir. Bu işleme başlangıç işlemi (initialization) denmektedir. Bu işlem kontrol registerini ve veri yön registerini kurar. Çalışmanın modunu belirler. Yön registerindeki bir 1 (high) karşılık gelen PA veya PB hattının bir çıkış hattı olarak davranmasına neden olur. 0 (Low) ise o hattın giriş olarak programlanması demektir. Yön registerinin 00 veya FF ile yüklenmesi tüm bitlerin toptan giriş ya da girecek ya da çıkacak sayısal bilgiyi (byte) içerir. Yön ve veri registeri aynı adres numarasına sahiptir. Akümülatörden gelen verinin hangisine varacağı kontrol registerinin 2. bitinin değerine bağlıdır. PIA nın adreslenmesi şemalarla açıklanmıştır.

#### PIA nın Kurulması

Daima, çalışmadan önce PIA reset edilmelidir. PIA nın reset hattı Low yapılırsa tüm registerler temizlenir. Bu PA0-

PA7, PB0-PB7, CA2 ve CB2 hatlarının giriş olarak kurulması demektir. Kontrol registerinin 2. bitide 0 (Low) olduğundan normal olarak yön registerine ulaşılır. Reset hattı mikroislemcinin reset hattına bağlı olduğu için bir reset işlemini restart program rutini arzulan PIA konfigürasyonunu seçer. PIA yı kurar. Eğer restart programı kullanılmazsa istenilen konfigürasyona aşağıda sıralanan işlemle ulaşılır.

1. Kontrol/Durum registeri temizlenir.
2. Yön registeri yazılır.
3. Veri registerine ulaşmak için kontrol/durum registerinin 2. biti 1 yapılır.

a) Dahili Adresleme				
RS1	RS0	CRA2	CRB2	Registerler
0	0	1	x	Veri Registeri A
0	0	0	x	Yön Registeri A
0	1	x	x	Kontrol/Durum Registeri A
1	0	x	1	Veri Registeri B
1	0	x	0	Yön Registeri B
1	1	x	x	Kontrol Registeri B

b) Bellek Lokasyonu	
Adres	Registerler
xxx11	B Kontrol/Durum (1 Register)
xxx10	B Veri/Yön (2 Register)
xxx01	A Kontrol/Durum (1 Register)
xxx00	A Veri/Yön (2 Register)

Tablo 3.4. PIA nın adresleme şeması ve bellek lokasyonu.

### Örnek 3.1.

45 ve 46 nolu bellek gözlerinin içeriğini PIA yoluyla bir çevre birime nakledecek bir program yazalım. Kontrol registerinin 8009 ve yön ve veri registerinin aynı 8008 nolu adrese sahip olduklarını kabul edelim.

### Çözüm Basamakları;

1. 00 yüklü A akümülatörü 8009 nolu adrese yüklenir. Bu, kontrol registerin 2. bitinin 0 olmasını sağlar.
2. A akümülatörü FF ile doldurulup, 8008 nolu adrese yüklenir. Bu tüm veri hatlarının çıkış olarak davranmasını sağlar.
3. A akümülatörüne 2. bitinin 1 olduğu bir kelime doldurulup 8009 nolu adrese yüklenir. Bu veri registerine ulaşılmasını sağlar.
4. 45 nolu bellek gözünün içeriği A akümülatörüne alınıp 8008 nolu adrese yüklenir. Bu veri çıkış hatlarında belirir. Bu verinin çevre birim tarafından algılandığı kontrol hatları yoluyla belirlendikten sonra 46 nolu bellek gözü içinde aynı işlem yapılır.

PIA ile çevre birimler arasındaki iletişimde senkronizasyonu CA1 ve CA2 veya CB1 ve CB2 hatları temin ederler. Bu hatların davranışının programlanması ile PIA ile çevre birim arasında bir protokol oluşturulur. CA1 ve CA2 veya CB1 ve CB2 hatlarının fonksiyonları şemalarla anlatılmıştır.

### CA1 ve CB1 Hatlarının Fonksiyonu;

Bunlar çevre birimden giriş hatlarıdır. Kontrol/Durum registerinin 0 ve 1 bitleriyle aksiyonları tespit edilir. Aşağıdaki iki tabloda sırasıyla Kontrol/Durum registerinin bit fonksiyonları ve CA1 ve CB1 kesme girişlerinin kontrol tablosu verilmiştir.

	7	6	5	4	3	8	1	0
CRA	IRQA1	IRQA2	CA2 KONTROL			DDRA ERİŞİM	CA1 KONTROL	
	7	6	5	4	3	2	1	0
CRB	IRQB1	IRQB1	CA2 KONTROL			DDRB ERİŞİM	CB1 KONTROL	

Tablo 3.5. PIA kontrol kelimesinin fonksiyon tablosu.

CRA-1 (CRB-1)	CRA-0 (CRB-0)	KESME GİRİŞİ CA1 (CB1)	KESME BAYRAĞI CRA-7 (CRB-7)	MPU KESME RİCASI IRQA (IRQB)
0	0	↓ Aktif	Set high on ↓ of CA1 CB1	İptal-IRQ high kalır.
0	1	↓ Aktif	" " ↑ "	CRA-7 high olduğunda Low'a gider.
1	0	↑ Aktif	" " ↓ "	İptal-IRQ high kalır.
1	1	↑ Aktif	" " ↑ "	CRA-7 (CRB-7) high olduğunda Low'a gider.

Tablo 3.6. CA1 ve CB1 kesme girişlerinin kontrol tablosu.

CRA-1 veya CRB-1 bitleri çevre birimden gelecek kesme işaretinin potansiyeli için bir anlaşma temin eder. Diğer bir deyişle IRQA1 veya IRQB1 kesme bayraklarının Low mu yoksa High pozisyonunda mı kalkacağını belirler.

CRA0 veya CRB0 bitleri ise µP kesme bayraklarının iptal edilip edilmeyeceğini belirler.

M6800 sisteminde harici bir birimin kesme ricasına üç biçimde cevap verilebilir.

1. Durum bitlerinin sürekli periyodik olarak yoklama yoluyla.

2. Elektronik bir cihazla kesme sinyalini algılayarak sorumlu birimi tespit ederek.

3. 6828 PIC (Priority Interrupt Controller) gibi, yoklama yapmaksızın kesme rutin programlarının adreslerini üreten bir cihaz kullanmak yoluyla.

#### CA2 ve CB2 Hatlarının Fonksiyonu;

Bu hatlar çevre birimler için, giriş ya da çıkış olarak, Kontrol/Durum registerinin 3. 4. ve 5. bitleriyle kontrol edilebilir. Kontrol/Durum registerinin 5. biti 0 ise bu hat aynı CA1 hattı gibi davranır. Yalnız IRQA2 bayrağını değiştirir. Aşağıdaki iki tablo sırasıyla bu hatların kesme girişi ve iç çıkış hattı olarak kontrol edilme tablosudur.

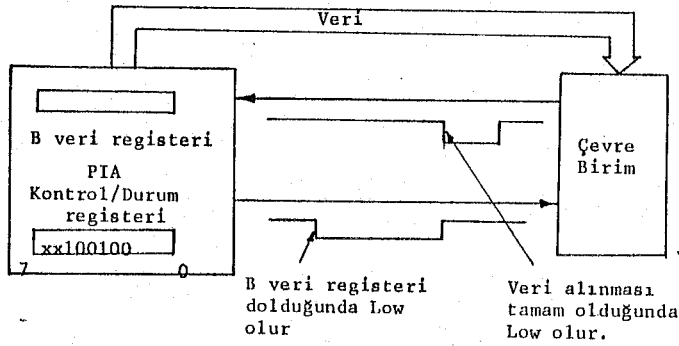
CRA-5 (CRB-5)	CRA-4 (CRB-4)	CRA-3 (CRB-3)	Kesme Gir. CA2(CB2)	Kesme Bayrağı CRA-6(CRB-6)	MPU Kesme Ricası IRQA (IRQB)
0	0	0	Aktif	Set high on of CA2(CB2)	İptal-IRQ high kalır
0	0	1	"	"	CRA-6 high olunca Low'a gider.
0	1	0	"	"	İptal-IRQ high kalır
0	1	1	"	"	CRA-6 high olunca Low'a gider.

Tablo 3.7. CA2 ve CB2 hatlarının kesme girişi olarak kullanılması.

CRB-5	CRB-4	CRB-3	CB2	
			Silinmiş	Kurulmuş
1	0	0	İlk E pulsunun gelmesiyle Low olur	CB1 sinyalinin değişmesiyle CRB-7 set olunca high olur.
1	0	1	Veri Registeri işleminden sonra Low'a gider.	E pulsunun düşmesiyle high olur.
1	1	0	B Kontrol Registerinin dolmasıyla Low olur.	CRB-3 Low olduğu sürece Low kalır.
1	1	1	CRB-3 high olduğu sürece high kalır.	High olur.

Tablo 3.8. CB2 hattının çıkış olarak kullanılması.

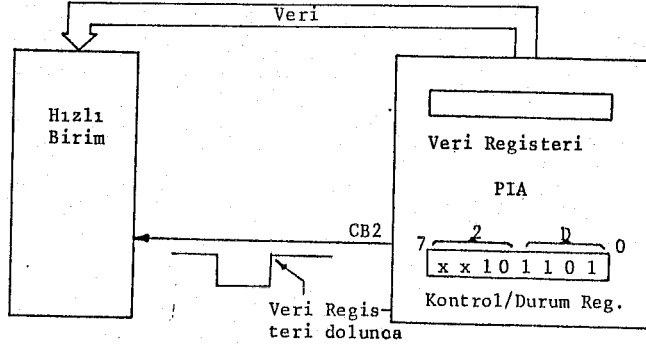
Tablo 3.8. deki ilk sıraya karşılık gelen çalışma durumunda çevre birimle PIA arasındaki sinyal zaman ve seviyeleri şekil 3.9. da şematik olarak anlatılmaya çalışılmıştır.



Şekil 3.9. B portu için çevre birimle protokol (Handshake modu)

Tablo 3.8. deki ikinci satıra karşılık gelen çalışma biçiminde veri registeri doldukça CB2 hattı çevre birime puls gönderir.



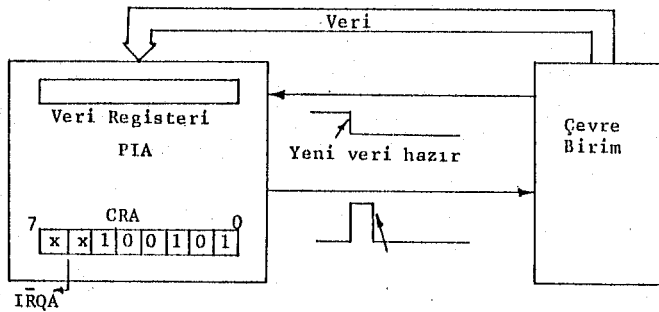


Şekil 3.10. Pulse modunda çalışma

Çevre birimden alındı işareti beklemeksizin sonraki veri gönderilir. Bu çalışma modu hızlı çalışmaya müsait üniteler için tercih edilir. Floppy disk ünitesi buna örnektir.

Son olarak tablodaki son iki satıra karşılık gelen çalışma şeklinde CB2 hattının potansiyeli direkt olarak kontrol edilir. CRB3 hattının sinyal seviyesi ile aynı değişimlere uğrar.

CA2 hattı CB2 hattı gibi çıkış olarak kullanılabilir. Yalnız bir farkla ki oda CA2 hattının çevre birimden PIA ya akan bilgi okundukça çıkış yapmasıdır. Yani CA2 hattı bilgi girişlerinde bir senkronizasyon ögesidir.



Şekil 3.11. A portu için çevre birimle protokol (Handshake modu)

Tablo 3.12. de CA2 hattının çıkış hattı olarak kontrol edilmesi gösterilmiştir.

CRA-5	CRA-4	CRA-3	CA2	
			Silinmiş	Kurulmuş
1	0	0	A veri registeri okununca Low olur	CRA-7 kesme bayrağı kalkınca high olur.
1	0	1	"	E pulsu kesilince high olur.
1	1	0	MPU A kontrol registerine veri gönderince low olur.	CRA-3 low oldukça low kalır.
1	1	1	CRA-3 high oldukça high kalır.	MPU A kontrol registerine gönderince high olur.

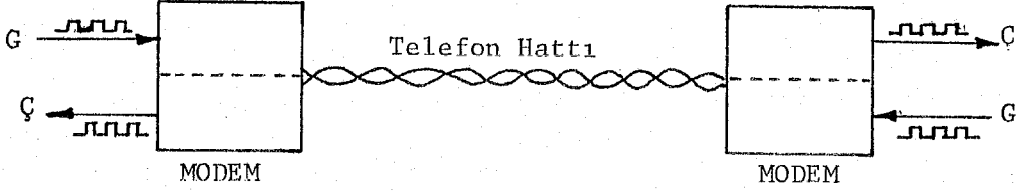
Tablo 3.12. CA2 hattının çıkış olarak kullanılması.

Tablodaki her satıra karşılık gelen çalışma şekilleri CB2 hattınıninki gibidir. Ancak daha önce de söylendiği gibi, bilgi çıkışı için değil bilgi girişi için kullanılır.

### 3.2.2. SERİ GİRİŞ-ÇIKIŞ

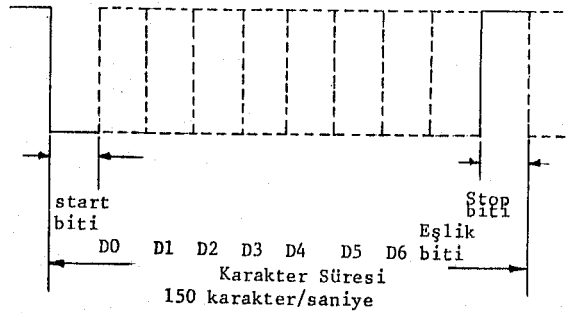
Paralel iletişimde bir hamlede 8 bitlik veri aktarıldığını gördük. Haberleşen iki cihaz ayrı ayrı kabinlerde olduğundan ayrı topraklama noktaları dolayısıyla girişim ve gürültü sorunları baş gösterir. AC topraklaması da aynı hat-tan sağlandığından istenmeyen pulslar sayısal sinyali bozarlar. Bu sorunları elimine etmek üzere paralel sayısal sinyal, tek hat üzerine seri forma dönüştürülür. Veri, bir hamlede, bir bit olarak iletilir.

İletişim mesafesinin 150 metrenin üzerinde olduğu durumda sayısal bilgi MODEM (MODulator-DEMODulator) cihazıyla audio tonlara dönüştürülerek telefon hattı üzerinden iletilir.



Şekil 3.14. Çift taraflı iletim sistemi

Seri iletişimde genellikle asenkron aktarım tercih edilir. Yani senkronizasyon hattı ve ayrıca bir sinyal kullanılmaz. İletim formlarına isimler verilmiştir. Asenkron iletişimde en çok kullanılan kodlama ya da form ASCII (American Standart Code for Information Interchange) adı verilen formdur. ASCII kodu 128 adet farklı karakteri elde etmek üzere 7 bit kullanır. Bu 128 adet karakter A dan Z ye harfleri, 0 dan 9 a rakamları, matematiksel sembol ve imla işaretlerini kapsar. Karakter 7 bit ve birde eşlik (Parity) bitinden oluşur.



Şekil 3.15. 150 Baud seri ASCII formu

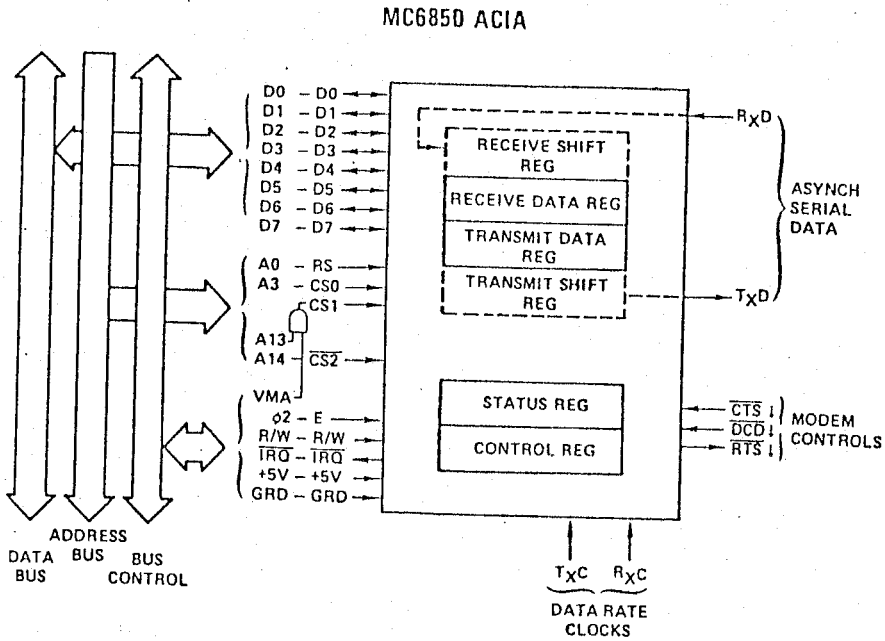
Form bir start biti, eşlik bitini de kapsayan sekiz veri biti ve bir veya iki adet stop biti kapsar.

Mikroişlemci sistemlerinin çevre birimlerle (Disk, tape, TTY) seri bilgi alış verişleri örneklmek üzere yine Motorola 6800 sistemini ve 6850 ACIA (Asynchronous Communications Interface Adapter) seri iletişim cihazını ele alacağız.

6850 ACIA cihazı yine, mikroişlemci yoluyla fonksiyonları programlanabilen bir I/O ara yüz cihazıdır.

### ACIA

Şekilde ACIA'nın blok diyagramı çizilmiştir. Alıcı kaydırma registeri tek tek aldığı bilgiyi veri registerine kaydırarak yazar. Gönderici kaydırma registeri veri registerindeki kelimeyi seri formda tek tek bitler halinde kaydırarak gönderir.



Şekil 3.16. ACIA register konfigürasyonu ve bara bağlantısı

## ACIA Registerleri

1. Gönderici veri registeri: Çevre birime iletilecek kelime  $\mu P$  tarafından önce bu registre yazılır. Sonra kaydırıcı registre aktarılır. Bu register boşalınca ikinci bir kelime veri registerine yazılır.

2. Alıcı veri registeri: Çevre birimlerden sisteme gelen bilgi seri olarak önce kaydırıcı registre girer. Stop bitinin alınmasından sonra tamamlanan byte paralel olarak alıcı veri registerine aktarılır. Buradan  $\mu P$  tarafından okunur. Eğer okumada gecikilirse ikinci bir byte nin alınması önceki bilgiyi yok eder. Böyle bir olayda durum registerindeki alıcı taşı bayrağı kalkar.

3. ACIA kontrol registeri: Aşağıdaki tablo ACIA registerlerinin içeriğini göstermektedir.

Veri barası hat no	Buffer Adresi			
	RS.R/W İletici veri Registeri	RS.R/W Alıcı veri Registeri	$\bar{R}S.R/W$ Kontrol Registeri	$\bar{R}S.R/W$ Durum Registeri
	Yazma	Okuma	Yazma	Okuma
0	Veri biti 0	Veri biti 0	Sayıcı bölme biti 0	Alıcı Veri Reg. dolu
1	" " 1	" " 1	" " 1	Gönderici Veri Reg. boş
2	" " 2	" " 2	Kelime seçme biti 1	Veri taşıyıcı alındı
3	" " 3	" " 3	" " 2	Göndermek için hazır
4	" " 4	" " 4	" " 3	Şekil hatası
5	" " 5	" " 5	Gönderici kontrol 1	Alma yığılması
6	" " 6	" " 6	" " 2	Eşlik hatası
7	" " 7	" " 7	Alıcı kesme enable	Kesme Ricası

Tablo 3.17. ACIA Registerlerinin kapsamı.

Tablodaki  $\overline{RS}.R\overline{W}$  denklemi kontrol registerini adreslemek için RS ve R/W girişlerinin ikisinin birlikte 0 olması gerektiğini gösterir. Sayıcı bölme bitleri (CR0 ve CR1) saat palsini bölme katsayısını değiştirmektedir.

CR1	CR0	Fonksiyon
0	0	÷ 1
0	1	÷ 16
1	0	÷ 64
1	1	Master Reset

Tablo 3.18. Sayıcı bölme bitleri ve bölme oranları.

CR2, CR3 ve CR4 bitleri alınacak ya da gönderilecek verinin formuna ait tanımlamayı temin ederler. Tablo 3.19. da bu bitlerin çeşitli kombinasyonlarında seçilen ASCII kodunun formlarını göstermektedir.

CR4	CR3	CR2	Fonksiyon
0	0	0	7 bit+Çift eşlik biti+2 stop biti
0	0	1	7 " +Tek " +2 " "
0	1	0	7 " +Çift " +1 " "
0	1	1	7 " +Tek " +1 " "
1	0	0	8 + 2 stop biti
1	0	1	8 " + 1 " "
1	1	0	8 " +Çift eşlik biti+1 stop biti
1	1	1	8 " +Tek " +1 " "

Tablo 3.19. Kelime formu seçme bitleri.

CR5 ve CR6 bitleri gönderici porta ait  $\mu P$  kesme kontrol bitleridir. Aşağıdaki tablodan da görüleceği gibi örnek olarak CR6 ve CR5 0 ve 1 iseler gönderici veri registeri boşaldığı anda mikroişlemciye kesme sinyali gönderilir. Bu durum gönderme işleminde hızı arttırır.

CR6	CR5	Fonksiyon
0	0	$\overline{RTS}$ =Low, Gönderme kesmesi iptal
0	1	$\overline{RTS}$ =Low, " " mümkün
1	0	$\overline{RTS}$ =High, " " iptal
1	1	$\overline{RTS}$ =Low, Gönderme " iptal

Tablo 3.20. Gönderici kesme sinyali kontrolü.

CR7 biti ise alıcı portuna ait kesme sinyali kontrolüne aittir. Bu bit 1 ise alıcı veri registeri dolduğunda mikroişlemciye kesme sinyali gönderilir. 0 ise sinyal iptal edilmiş olur.

Sisteme enerji verildiğinde (Power-ON) ACIA kendini sıfırlar. Bu sırada ACIA'nın bir servis programı ile yeniden isteğe göre programlanması gerekir.

4. ACIA durum registeri: Adından da anlaşılacağı gibi, durum registeri bitlerinin fonksiyonları, iletişim sırasındaki olan biteni mikroişlemciye haber vermektir. Bitlerin sırasıyla fonksiyonları özetlenmiştir.

Bit 0- Alıcı veri registeri dolu. Bir karakterin alınması tamam olduğunda bu bit kurularak veri registerinin okunması gerektiğini bildirir.

Bit 1- Gönderici veri registeri boş. Mikroişlemci tarafından diğer bir karakterin ACIA ya gönderilebileceğine işaret eder.

Bit 2 ve 3- Veri taşıyıcısı alındı, yeni veri gönderilebilir. RS2326 MODEM cihazının kullanılmasını mümkün kılarlar.

Bit 4- Form hatası: Karakter senkronizasyonun kaybolduğunu veya bir iletim hatasını high olarak gösterir.

Bit 5- Taşma hatası: Bir karakterin ACIA ya ulaştığını ancak alıcı veri registeri tarafından okunmadığını gösterir.

Bit 6- Eşlik hatası: Eşlik biti kontrolü fonksiyonu işletilirse bir eşlik hatası durumunda bu bit kurulur.

Bit 7- Kesme ricası: Şu üç durumda bu bit kurulur.

- a) Gönderi veri registeri boşaldığında
- b) Alıcı " " dolduğunda
- c) Veri taşıyıcısı kayıp olduğunda

### 6852 SSSA

İki yönlü seri senkron iletişim adapteridir. Yedi register içeren kompleks bir cihazdır. Teyp kasetlerinde, disklerde, uygulama yeri bulmuştur. Bu konuda detaya girilmeyecek.

### 3.3. ÜÇ GİRİŞ-ÇIKIŞ METODU

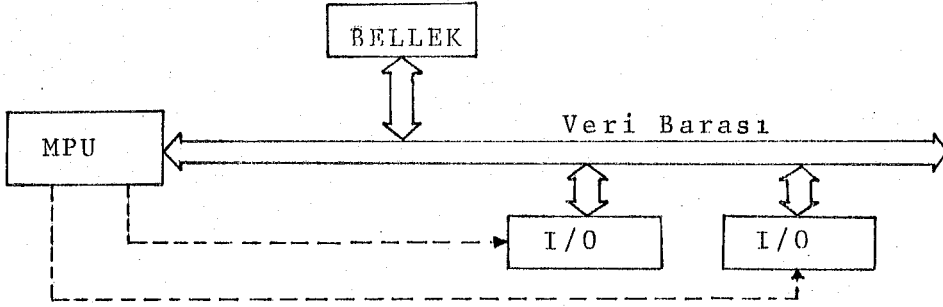
İster paralel ister seri giriş çıkış kullanılıyor olsun giriş-çıkışta uygulanan stratejiler değişmez. Yani çevre birimlerden sisteme giren çıkan verinin sistemce kabul edilip işlem görmesinin, kontrol mantığı aynıdır. Bunlar;

- a) Giriş-Çıkış portlarının tekrar tekrar yoklanması
- b) I/O portunun kesme ricasıyla kontrol
- c) Direk bellek ulaşımıyla



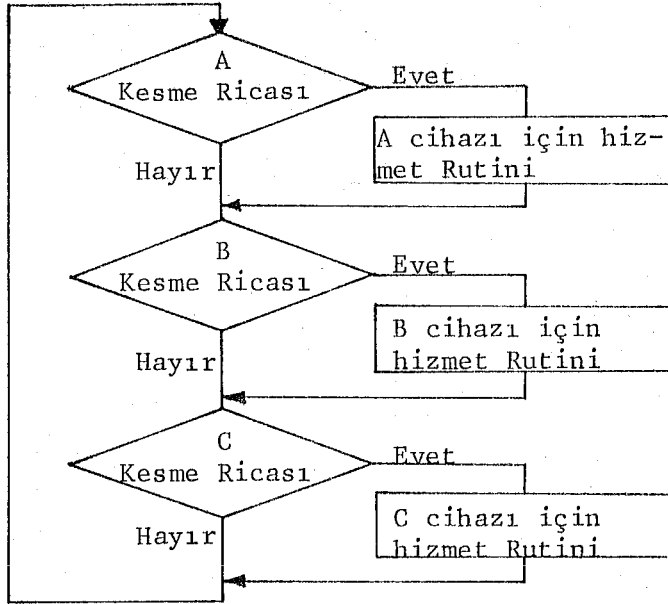
Birinci metoda programlanmış giriş-çıkışta dendiği olur.

a) Polling denilen bu metotta sistemle çevre birimler arasında olan tüm transferler programlama ile kontrol edilir. İletişimde daha önce incelenen handshake modu kullanılır. Yani I/O cihazının kesme bitleri (flags) sürekli olarak mikroişlemci tarafından kontrol edilir.



Şekil 3.21. Programlı giriş-çıkış

Yukarıdaki şekilde polling işleminin prensibi anlatılmak istenmiştir. Aşağıdaki akış diyagramında da yoklama çevrimi anlatılmıştır.

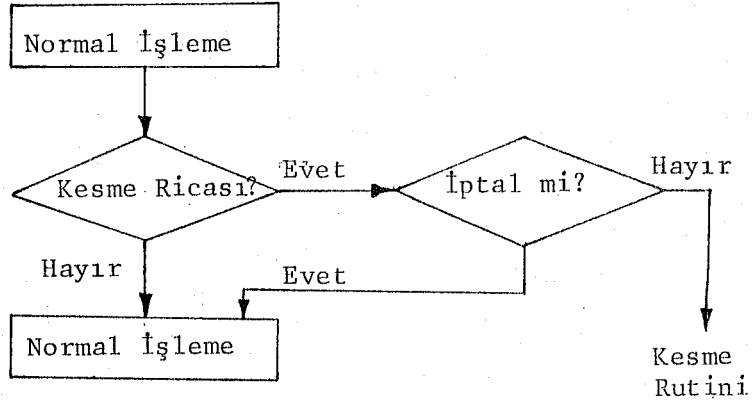


Şekil 3.22. Polling çevrimi

Sistemde meşgul olan cihaz tespit edilince, bu cihaz için hizmet programına geçilir.

b) Kesme (interrupt) ricasıyla kontrol, polling tekniğinin iki sakıncasını giderir. Birincisi yoklama işlemi için harcanan zaman, ikincisi ise tüm I/O cihazlarının yoklanması nedeniyle, meşgul olan cihaza geç erişmedir. Bu ikincisi real-time kontrol sistemleri için engel teşkil eder. Ayrıca hızlı birimlerin çalışmasına uygun değildir.

Kesme ricasıyla çalışma şeklinde mikroişlemci her komut arasında kesme ricası olup olmadığını kontrol eder.

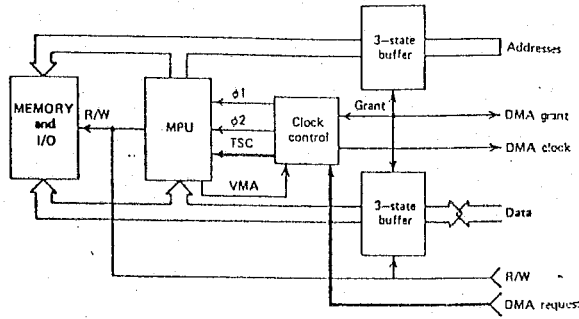


Şekil 3.23. Kesme ricasıyla kontrol

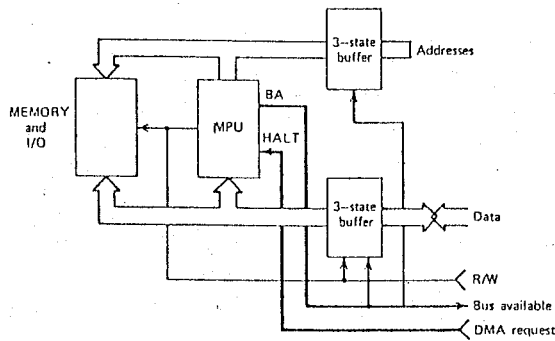
Bir kesme ricası oluştuğunda sorumlu cihaz, ya devresel çözümlerle ya da yazılım yoluyla tespit edilerek bu cihaz için hizmet programına geçilir. Bu sırada mikroişlemciye register içerikleri yiğın belleğine saklanır.

Kesme ricasında sorumlu cihazı tespit etmek için çeşitli metodlar vardır. Bütün cihazların kesme girişleri aynı hatta bağlıdır. Bu yüzden tespit için polling, ya da hardware tespit cihazları kullanılır, PIC (Priority Interrupt Controller) gibi.

c) Direk bellek ulaşımı; Bu iletişim tarzında, I/O cihazı yoluyla, çevre birimle bellek arasında doğrudan bağ kurulur. Bu arada mikroişlemci devreden çıkar. Veri ve adres barası, R/W hattı direk bellek erişim cihazı tarafından devralınılır. Bu işlem sırasında mikroişlemciye TSC, DBE, HALT, BA hatları kullanılır. Mikroişlemciyi devre dışı bırakmak için ya clock pulsü durdurulur ya da halt hattından faydalanılır. Aşağıdaki şekillerde sırasıyla bu iki metoda ait prensip şemaları verilmiştir.



Şekil 3.24. TSC hattını kullanarak direk bellek erişimi

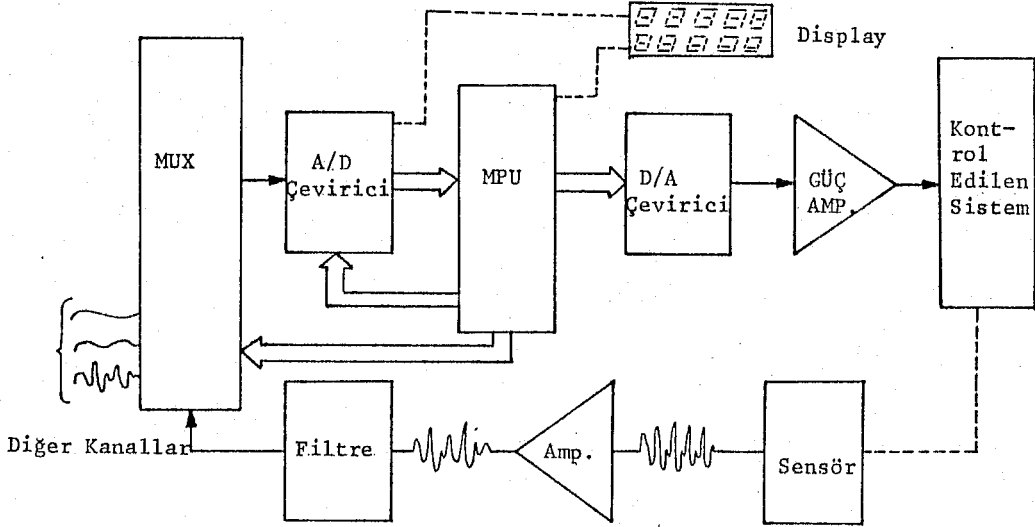


Şekil 3.25. HALT hattını kullanarak direk bellek erişimi

Direk bellek erişimini M6800 sisteminde MC6844 DMAC (Direct Memory Access Controller) cihazı kontrol eder.

## 4. ANALOG-DİGİTAL, DİGİTAL-ANALOG ÇEVİRME VE ARA YÜZLEME TEKNİKLERİ

Kompüterin dışındaki dünyada, yani kontrol edilen sisteme sensörlere, aktuatörlere ait sinyaller çoğu yerde sürekli-zaman sinyalleridir. Bu sinyallerin gerek işlenmek üzere kompütere girişi ve gerekse iş yapmak üzere kompüterden alınışı Analog-Digital ya da Digital-Analog çevirme işlemi gerektirir.

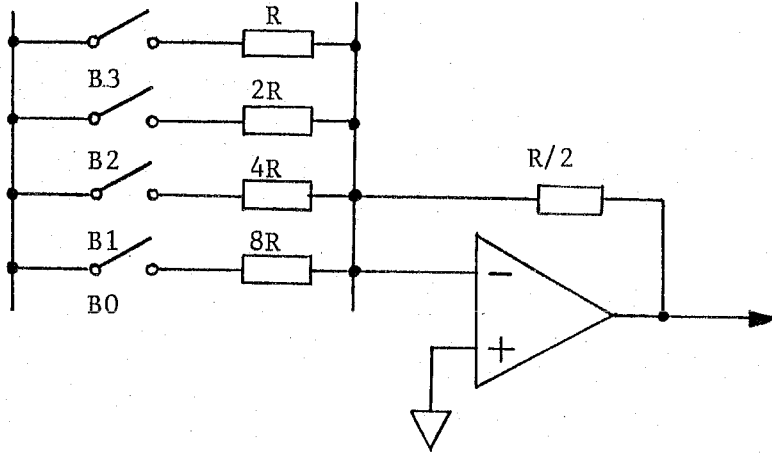


Şekil 4.1. Komple kontrol sistemi.

### 4.1. DİGİTAL-ANALOG ÇEVİRME

Aktuatör cihazların çoğu analog sinyalle sürüldüğü için komputer sayısal çıkışı analog sinyale dönüştürülür.

Digital-Analog çevirme binary sayıya karşılık gelecek gerilim üreterek yapılır. Aşağıdaki şekil prensip olarak bu işlemi göstermektedir.



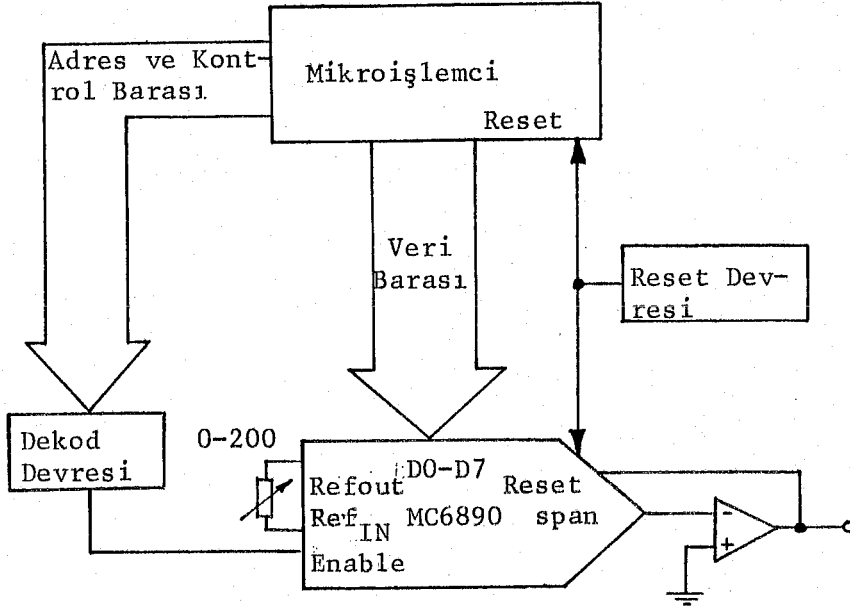
Şekil 4.2. 4 bitlik basit D/A çevirici.

Çıkış gerilimi,

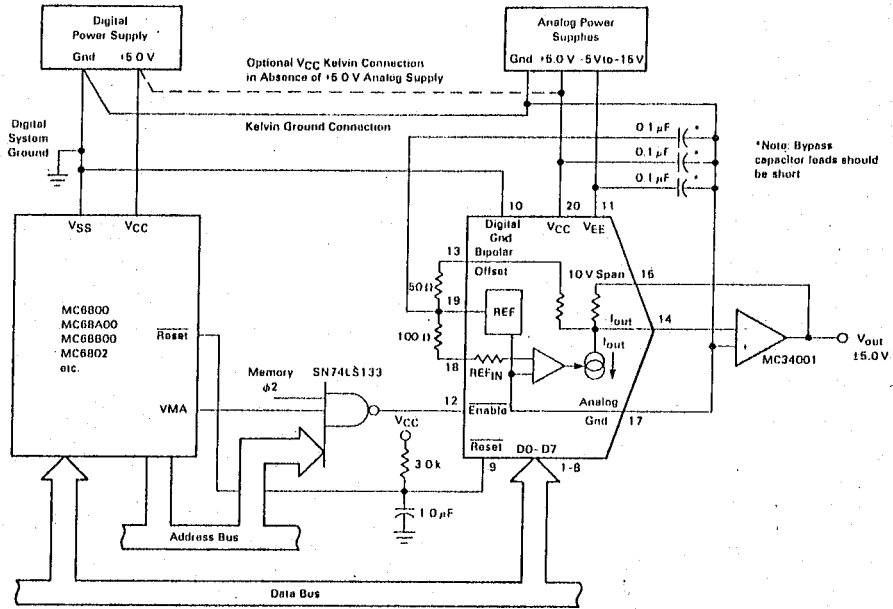
$$V_o = \pm V_{ref} \frac{R}{2} \left[ \frac{b_3}{R} + \frac{b_2}{2R} + \frac{b_1}{4R} + \frac{b_0}{8R} \right] \quad (4.1)$$

bağıntısıyla belirlidir.  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  karşılık gelen binary kodudur. Bunada yine bir örnek olmak üzere 8 bitlik ve mikro-işlemci bara sistemine uyumlu bir D/A çevirici cihaz olan MC6890 tüm devresini ele alacağız. Devre  $\pm 0.19\%$  duyarlıklı  $\pm 2,5$  volt bant genişliği ile TTL seviyesinde çalışmaktadır. Herhangi bir 8 bitlik mikro-işlemci bara sistemine bağlantısı aşağıdaki yapıya sahiptir.

Tüm devre ile ilgili daha ileri bilgi için Motorola Manuellerine başvurulmalıdır. Bu tüm devrenin MC6800 serisi mikro-işlemcilerle birlikte kullanılması ise Şekil 4.4'deki yapıya sahiptir. Devrede 18-19 nolu uçlar arasındaki direnç değerinde değişiklikler yaparak  $\pm 10$  volta kadar değişen seviyelerde analog çıkış sinyali almak mümkündür. Bu konfigürasyonlar için Motorola A/D, D/A Conversion Manualine bakılmalıdır.



Şekil 4.3. Bir mikroişlemci ile çalışma



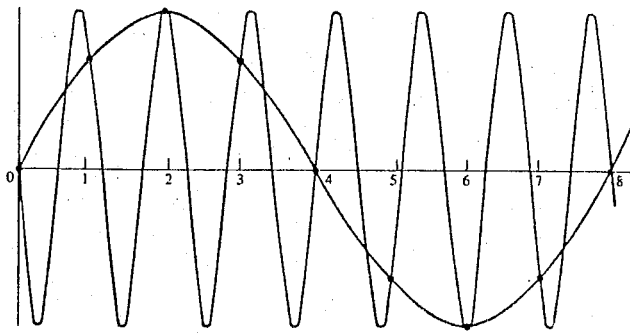
Şekil 4.4. MC6890 D/A çeviricinin MC6800 serisi mikroişlemcilerle birlikte çalışması.

## 4.2. ANALOG-DİGİTAL ÇEVİRME

Analog sinyali karşılık gelen binary sayısına çevirme işlemidir. Bu işlem için üç metod vardır. Bunlar tahmini yaklaşım, integrasyon ve direk karşılaştırma metodlarıdır. Analog-Digital çevirme işlemi analog sinyalden örnekler alınmak suretiyle yapılır.

### 4.2.1. ÖRNEKLEME

Analog sinyali temsil eden binary sayısı herhangi bir andaki değeri gösterir. Bu değere örnek adı verilir. Analog sinyalden örnekleme frekansıyla örnekler alınır. Sayısal sinyalin analog sinyali temsil edebilmesi için bu örneklerin toplanması gerekir. Bu işlemin geçerli olabilmesi için, ayrıca örnekleme hızının belirli bir değere ulaşması şarttır. Aşağıdaki şekilden de bu zorunluk açıkça görülebilir. Farklı iki sinüs sinyali bazı anlarda aynı değeri almaktadır. Seyrek örnekleme bu iki sinyalin ayrılmasını önler.



Şekil 4.5. Örnekleme anında, özdeş, iki sinüsoid.

### Örnekleme Teoremi

Örnekleme hızının ne olması gerektiği sorusuna yanıt bu teoremdir. Fourier analizi yoluyla elde edilen sonuca

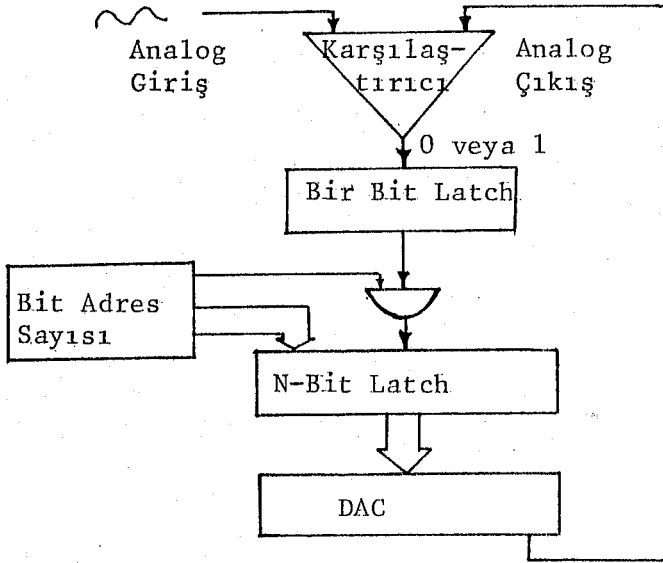
göre örnekleme hızımız, en yüksek frekanstaki analog sinyalin en az iki katı daha yüksek hızda olmalıdır. Veya daha kabaca bir yaklaşımla ortalama frekansın en az on katı hızla yapılmalıdır. Teoremin ayrıntıları için sinyaller ve sistemlerle ilgili kaynaklara bakılmalıdır.

#### 4.2.2. A/D ÇEVİRME TEKNİKLERİ

Çevirme teknikleri arasındaki fark, hız, maliyet ve doğruluk açısından doğmaktadır.

##### Tahmini Yaklaşım Metodu

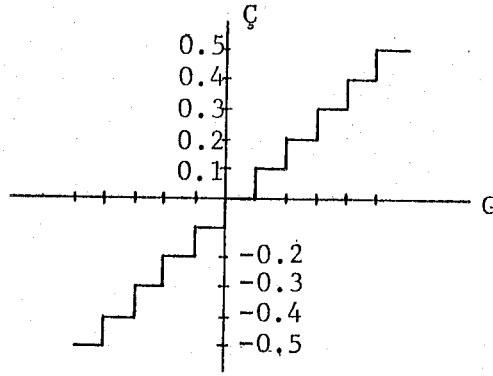
Mikroişlemcilerle beraber en çok kullanılan metoddur. Prensibi, başlangıçta bir tahmini sayı üreterek, analog sinyale dönüştürülür, çevrilecek sinyalle karşılaştırılır. Fark sinyalden hareketle tahmin edilen binary sayısı arttırılarak ya da azaltılarak fark sinyalinin sıfır olmasına çalışılır. Bu durumdayken, üretilen binary sayısı analog sinyalin karşılığıdır.



Şekil 4.6. Tahmini yaklaşım metodu prensibi.



Çevirme işlemi sırasında alınan analog sinyal örneğinin ikinci bir örnek gelinceye kadar sabit tutulması (hold) gerekir. Ayrıca herhangi iki sayısal değer arasında yine bir değer mevcut olacağı için, analog sinyaller quantize edilirler. 8 bitlik bir binary sayısı, ondalık olarak 256 değişik değer alabilir. 10 voltluk bir analog sinyal  $q=10/256=0.039$  voltluk aralıklarla bölünebilir, toplanabilir. Böyle oluncada basamaklar arası gerilim değerleri ya alt basamağa indirgenir ya da üst değere yükseltir. Bu işleme quantization denilmektedir. Bu işlem sırasında kaçınılmaz olarak bir hata doğar.

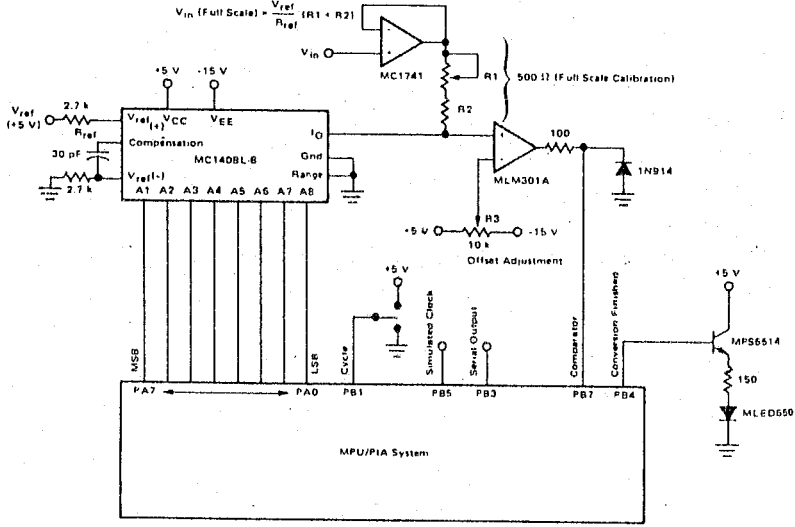


Şekil 4.7, A/D çevirici giriş/çıkış karakteristiği.

Bu hata, doğal olarak örnekleme periyodu ve  $q$  (Quantum genişliği) düştükçe azalacaktır. Bu hataların analizi için kaynakçaya başvurulabilir.

Tahmini yaklaşım metoduna bir örnek olmak üzere burada MC6800 mikroişlemciyle uyumlu bir A/D çeviriciyi ele alacağız. Çevirici prensip olarak Şekil 4.6'daki mantığı kullanmaktadır.

Şekilde MC14081-8 tüm devresi Digital-Analog çeviricidir. 8 bitlik sayısal veri PIA'nın A portundan devreye girer. MC1741 işlemsel yükselticisi giriş sinyali için tampon devredir. MLM301A karşılaştırıcı olarak görev yapmaktadır.



Şekil 4.8. 8 bit tahmini yaklaşık A/D çevirici

Karşılaştırıcının çıkışı PIA'nın PB7 hattından mikroişlemci tarafından okunur. Bu devre için MC6800 komutlarıyla oluşturulmuş bir program örneği Şekil 4.9'da sunulmuştur.

Kontrol sistemlerinin çoğunda birden fazla kontrol çevrimi vardır. Aşağıdaki örnek kazan kontrol sisteminden de görülebileceği gibi aynı mikrobilgisayara birden çok analog sinyal örneği gelebilir (Şekil 4.10).

Bu durumda analog girişlerin, Şekil 4.11'deki blok şemada yer alan MUX (Multiplexer) cihazıyla sisteme alınmaları gerekir.

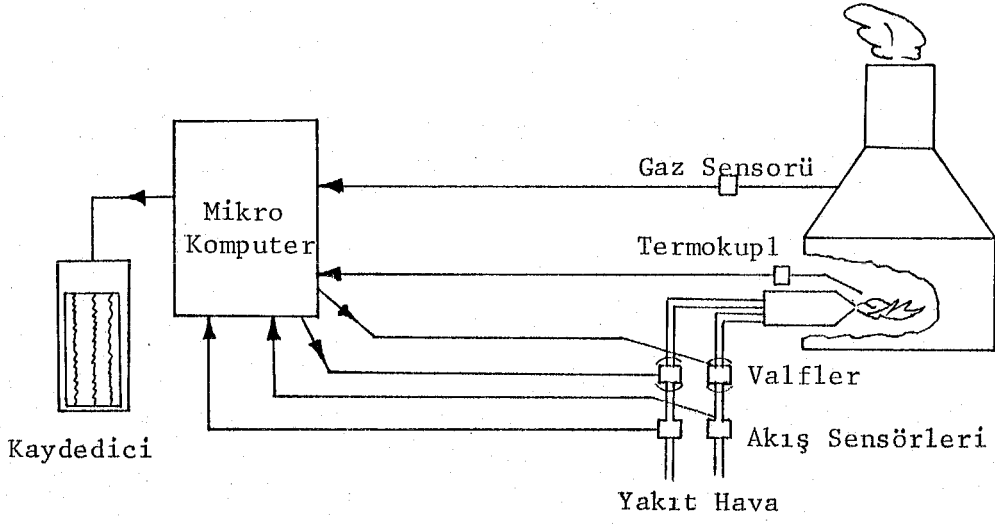
Bugün birçok firma tarafından mikroişlemcilerle kullanılmak üzere A/D paket modüller mevcuttur. Bunlar uygulamada kullanıcılara değişik alternatifler sunmaktadır.

1	1200	7F	4005	CLR		PIA1AC	Yön Registerini seç.	
2	1203	7F	4007	CLR		PIA1BC	" " "	
3	1206	8G	7D	LDA	A	#\$7D	B yönünü seç.	
4	1208	B7	4006	STA	A	PIA1BD		
5	120B	86	FF	LDA	A	#\$FF		
6	120D	B7	4004	STA	A	PIA1AD	A'nın tüm bitlerini çıkış yap	
7	12010	86	04	LDA	A	#4		
8	1212	B7	4005	STA	A	PIA1AC	I'yı iptal et yönü kitle.	
9	1215	B7	4007	STA	A	PIA1BC	" " " " "	
10		*						
11	1218	86	40	LDA	A	#\$10		
12	121A	B7	4006	STA	A	PIA1BD	Çevirme sonu bitini kur.	
13		*						
14		*	Period testi					
15		*						
16	121D	B6	4006	LDA	A	PIA1BD	B durum registeri	
17	1220	84	02	AND	A	#2	1. Biti test et.	
18	1222	27	F9	BEQ		PERIOD		
19		*						
20	1224	7F	4004	CLR		PIA1AD	Çıkış registerini temizle.	
21	12227	7F	0021	CLR		İŞARET	Başlangıcı temizle.	
22		*						
23	122A	76	4006	CLR		PIA1BD	Çevirme sonu bitini temizle.	
24	122D	0D		SEC			Elde bitini kur.	
25		*						
26	122E	76	0021	RDR		İŞARET	Eldeyi MSB'ye taşı.	
27	1231	25	E5	BCS		TEKRAR	Elde 1 ise çevirme sonu bitini kur.	
28	1233	BG	4004	IDA	A	PIA1AD	Bir önceki çıkış değerini tekrar al.	
29	1236	9B	0021	ADD	A	İŞARET	Başlangıcı A'ya toplama.	
30	1238	B7	4004	STA	A	PIA1AD		
31		*						
32		*	Karşılaştırmacı için gecikme					
33		*						
34	123B	01		NOP			İşlem yok.	
35	123C	01		NOP			" "	
36	123D	01		NOP			" "	
37	123E	01		NOP			" "	
38	123F	B6	4006	LDA	A	PIA1BD	B Durum registeri.	
39	1242	2B	10	BMI		EVET	7 bit 1 ise evet'e git.	
40		*						
41		*	Düşük karşılaştırmacı çevrimi.					
42		*						
43	1244	B6	4004	LDA	A	PIA1AD	Veri registerini oku.	
44	1247	90	0021	SUB	A	İŞARET		
45	1249	C6	20	LDA	B	#\$20		
46	124B	F7	4006	STA	B	PIA1BD	Clock set.	
47	124E	5F		CLR	B			
48	124F	F7	4006	STA	B	PIA1BD	Clock reset.	
49	1252	20	10	BRA		SON		
50		*						
51		*	Yüksek karşılaştırmacı çevrimi.					
52		*						
53	1254	B6	4004	LDA	A	PIA1AD	Veriyi oku.	
54	1257	01		NOP			Geciktirme.	
55	1258	01		NOP			"	
56	1259	01		NOP			"	
57	125A	C6	28	LDA	B	#\$28	Clock set.	
58	125C	F7	4006	STA	B	PIA1BD		
59	125F	C6	08	LDA	B	#\$8		
60	1261	F7	4006	STA	B	PIA1BD	Clock set.	
61		*						
62	1264	B7	4004	STA	A	PIA1AD		
63	1267	97	20	STA		CEVAP	Cevap gözüne yaz.	
64	1269	20	C3	BRA		ÇEVİRME	Geriye git.	
65		*						
66				END				

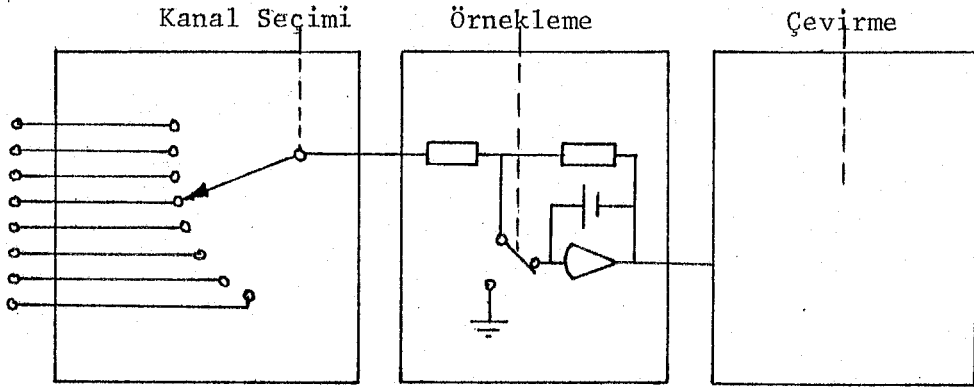
ADDR

- 0020 = Son cevap gözü.
- 0021 = Başlangıç (işaret) gözü.
- 4004 = A portu Veri/Yön Registeri.
- 4005 = A Portu Kontrol/Durum Registeri.
- 4006 = B portu Veri/Yön Registeri.
- 4007 = B portu Kontrol Durum Registeri.
- 1200 = Program başlangıcı.
- 1218 = TEKRAR adresi.
- 121D = PERİYOD adresi.
- 122E = ÇEVİRME adresi.
- 1254 = EVET adresi.
- 1264 = SON adresi.

Şekil 4.9. 8 bit A/D çevirici program örneği.



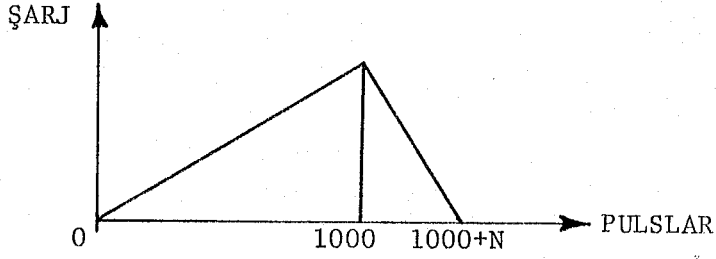
Şekil 4.10. Örnek kontrol sistemi.



Şekil 4.11. A/D çevirici sistemi.

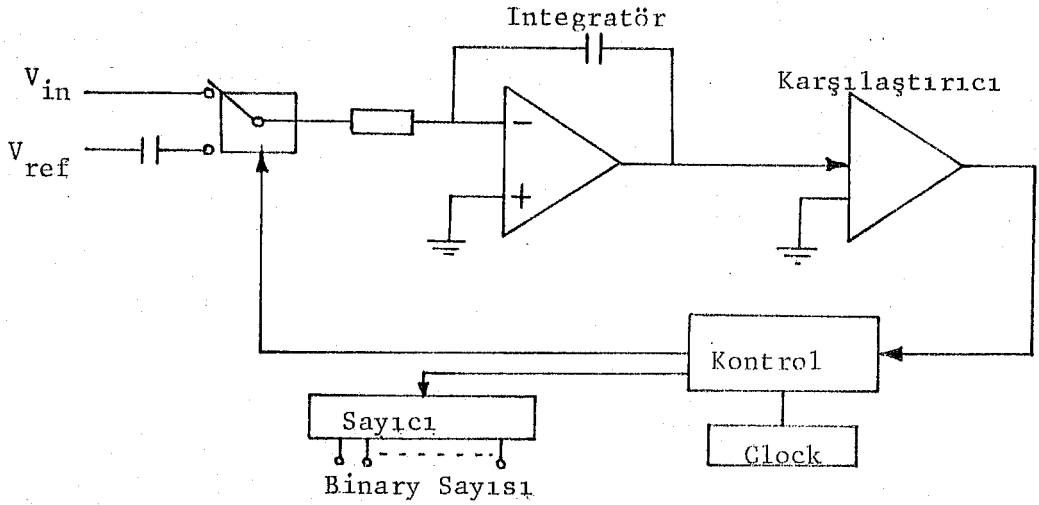
### İntegrasyon Tekniği

Bu tekniğin esası, bir kondansatörün ölçülecek analog sinyalle şarjı ve bir referans gerilim üzerinden deşarj edilmesidir. Voltajlar arası oran, şarj ve deşarj zamanları oranına denk olacaktır. Bu sürenin clocklarla sayımı ile digital değer ortaya çıkar.



Şekil 4.12. İntegrasyon süreleri.

Bu metod, tahmini yaklaşım metoduna göre daha yavaştır. Çevirme için minimum süre  $1/T$  ile sınırlıdır.



Şekil 4.13. Çift eğimli integrasyonla A/D çevirici.

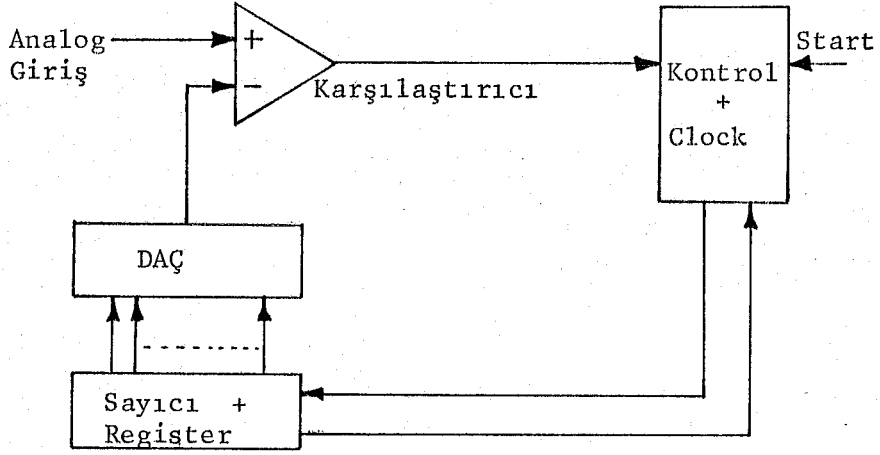
Çevirici güvenli, lineer ve ucuzdur. Önceden de belirtildiği gibi tek dezavantajı çok yavaş olmasıdır. Bu nedenle bu teknik termociftlerde sayısal voltmetrelerde, diğer yavaş değişimli sinyaller için kullanılmaktadır.

Tek eğimli integrasyon metodunda referans voltaj giriş sinyaline ters polaritededir. İntegrasyon iki voltaj

denk oluncaya kadar sürer. İntegrasyon süresi bir sayıcıyla tespit edilir. Çifteğimli çeviriciye göre daha hızlıdır.

#### Sayma-Karşılaştırma Metodu

Bu teknik tek eğimli integrasyon metoduna benzer. Aşağıdaki şekilde de görüleceği gibi giriş sinyali DAC çıkışı ile karşılaştırılır. Ve sayıcı, DAC çıkışı analog sinyalde büyük oluncaya kadar sayar.



Şekil 4.14. Sayıcı-Karşılaştırıcı çevirici.

Bu tekniğin dezavantajında yavaş olmasıdır. Bazı girişlerde arama süresi kısa olabilir. Ancak genelde  $n/2$  sayma gerektirir. Burada  $n$  sayıcı ile sayılabilen maximum değerdir.

#### Paralel Çevirme

Paralel çevirme tekniğinin esası, tüm mümkün sayısal değerleri analog forma çevirerek onları giriş sinyali ile karşılaştırmaktır. Hemen anlaşılacağı gibi, direk karşılaştırma nedeniyle çok hızlı çalışan bir sistemdir. Fakat oldukça çok eleman gerektirir. Binary kelime uzunluğu arttıkça parça sayısında geometrik olarak artar.

### Tek Chip Çeviriciler

Sözü edilen çevirme prensiplerine göre çalışan, çeşitli firmalara ait tüm devre ADÇ'ler mevcuttur. Bunların bazıları aşağıdaki tabloda görülmektedir.

<u>Üretici</u>	<u>Tipi</u>	<u>Bit Sayısı</u>	<u>Hız</u>	<u>Çevirme Prensibi</u>
National	MM5357	8	40 µs	Tahmini Yaklaşım
PMI	AD-02	8	8 µs	"
Analog Devices	AD7570	10	18 µs	"
Datel	ADC-EK1213	12	24 ms	İntegrasyon
Analog Devices	AD7550	13	40 ms	"
National	ADC0816	8	114 ms	Tahmini Yaklaşım

#### 4.2.3. ANALOG-DIGITAL VERİ TOPLAMA

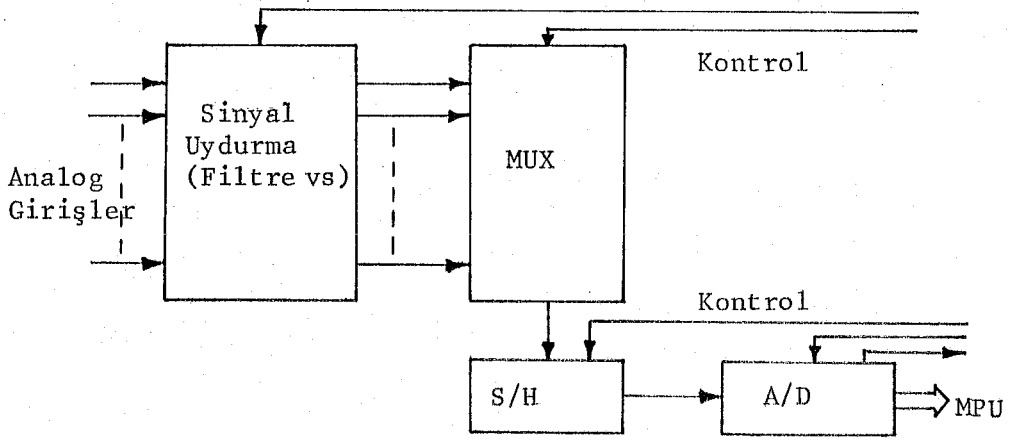
Bir kaç analog sinyal kaynağından gelen veriyi birlikte değerlendirmek gerekebilir. Reel kontrol sistemlerinin çoğundaki durum budur. Daha öncede sözü edildiği gibi veri değerlendirme sistemlerinden biriside MUX (multiplexer) kullanılarak veri girişlerinin paylaşımını temin etmektir.

MUX, sistemde, S/H (sample and hold) dan önce veya sonra olabilir. Ama genellikle önce olması ekonomiklik sağlar (Şekil 4.15).

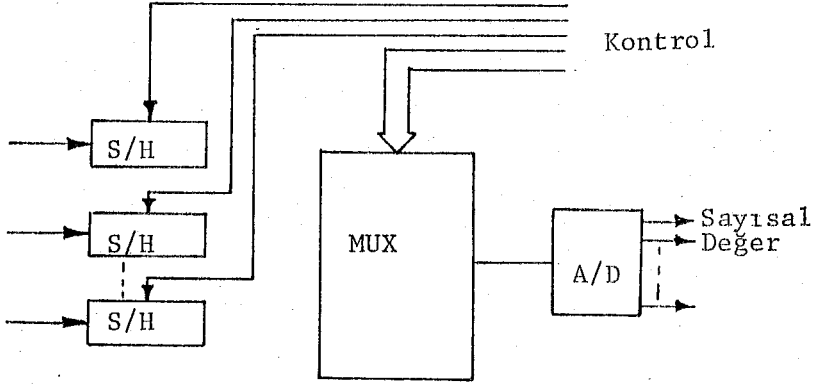
Tüm analog girişlerin aynı anda örneklenmesi gereken durumlarda her hat için ayrı bir S/H cihazından sonra MUX bağlanır (Şekil 4.16).

Veriler dondurularak, tek tek çevirilir. Bu sistem için organizasyon şeması 4.16'da gösterilmiştir.

Reel kontrol sistemlerinde, mikroişlemcilerle arayüzleme temini donanım (Hardware), yazılım (software) veya



Şekil 4.15. MUX ile analog veri toplama.



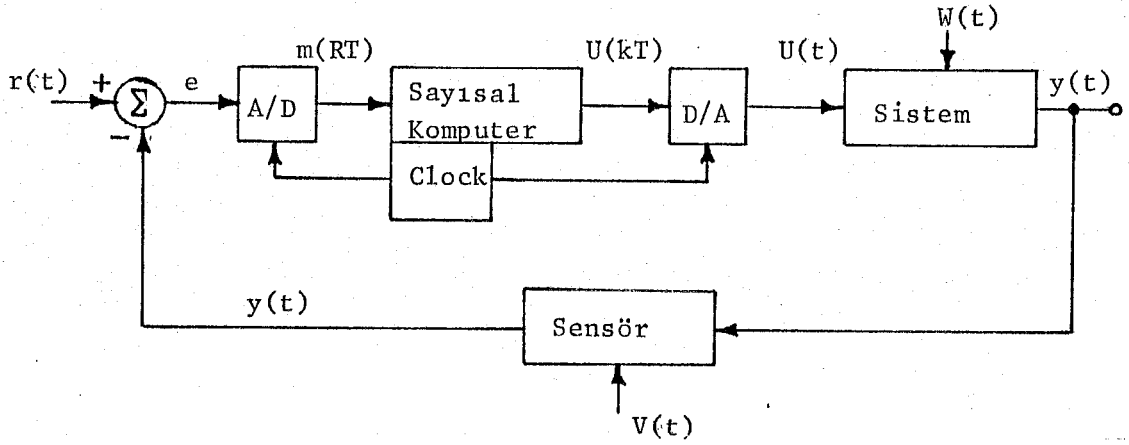
Şekil 4.16. Hızlı girişli sistemlerde multiplasyon.

her ikisinin kombinasyonu ile sağlanır. Yazılım ağırlıklı bir sistem parça sayısını azaltır. Ancak hızı düşürür. LSI (Large Scale Integrating) teknolojisinin gelişimi, hardware maliyet ve boyutunu düşürmektedir. Böyle oluncada donanıma yönelmemek için neden kalmaz.



#### 4.3. GERÇEK ZAMANDA CLOCK TEMİNİ

Gerçek zaman sözüyle, işleyen kontrol sisteminde bilgisayarın sürekli bir kontrol aracı olduğu durum kastedilmektedir.

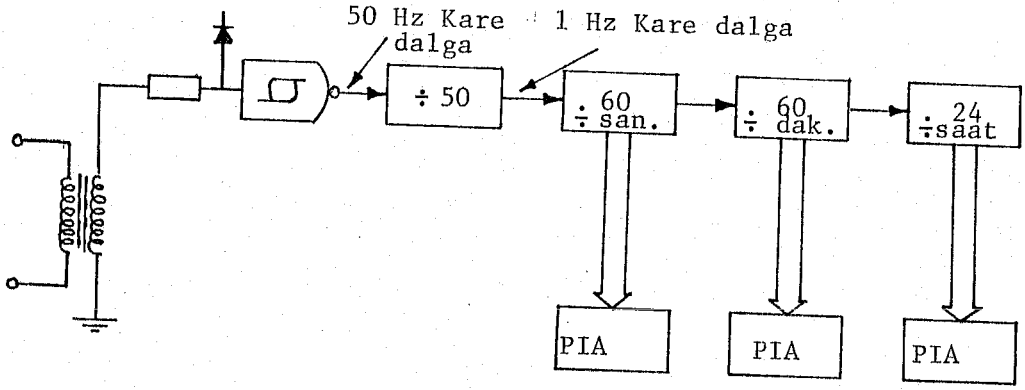


Şekil 4.17. Sistemde Real-Time clock.

Söz konusu olan clock pulsları, mikroişlemci sisteminin dahili clock sinyalleri değildir. Yukarıdaki şekilden de görüleceği gibi. Bu sinyaller Konverter, multiplexer gibi harici birimlere ilişkin clock pulslarıdır. Bu sinyaller yazılım yoluyla düzenlenebileceği gibi, çoğu sistemde tercih edilen programlanabilen zamanlayıcılarda da sağlanabilir. Ya da güç şebekesinin frekansından elde edilir.

Donanım yoluyla elde edilebilecek clock pulslarına örnek olarak şunlar sayılabilir.

Her dönüşünde bir kontağı kapayan elektrik motoru, olabilir. Şehir ceryanından alınan pulsların sayıcılarla bölünmesiyle sağlanabilir.



Şekil 4.18. Şehir şebekesinden clock temini.

Programlanabilen zamanlayıcılara örnek olarak MC6840 NMOS tüm devresini verebiliriz. Devre hem dahili clock'ları ve hem de harici clock'ları üstlenebilir. Fonksiyonları şöylece sıralanabilir.

- Süre ve frekans ölçmesi
- Olay sayma
- Kare dalga üretimi
- Gecikme sinyalleri
- İstenilen genişlikte tek bir darbe üretimi
- Darbe genişlik modülasyonu

PTM ile çok uzun gecikmeler temin edilebilir. Ayrıntıları ve programlanması konusunda kaynakçaya başvurulmalıdır.

Yazılımlarda clock elde etmenin geçerli bir yol olduğunu belirtmiştik. Bunun için dahili clock'dan komutların işlenmesi için gereken süreden faydalanılarak zamanlama çevrimleri (timing loops) oluşturulur.

## 5. DUYARLIK ELEMANLARI (SENSORS)

### G İ R İ Ő

Bir duyarlık elemanı (sensör) fiziksel bir parametreyi elektrik sinyaline çeviren cihaz olarak tanımlanır.

Endüstriyel işlem kontrolunda mekanik işleticiler (Controller) yerini elektronik olanlara bırakmakta ve bu kontrolör feed-back sinyalleri, duyarlık elemanlarından sağlanmaktadır.

### SİLİKON SENSÖRLER

Silikon sensörler üzerindeki araştırmalar, bunların mikroelektronik devrelerle kolaylıkla uyum sağlamaları nedeniyle yoğunlaşmıştır. Aynı zamanda küçük boyutlu olmaları, bol ve ucuz üretimi nedeniyle tercih edilmektedirler.

Bugün için silikon sensörler basınç, ısı, akış, pozisyon, optik, magnetik ve kimyasal ölçümlemede kullanılmaktadır.

### SİNYAL ENTEGRASYONU

Birçok sensör, çıkışında, linearizasyon, amplifikasyon, konversiyon, digitasyon, sekonder parametrelerin kompanzasyonu gibi işlemlere gerek duyar. Sensör üreticileri, gerekli olan bu ünitelerin ilgili sensörle entegrasyonu yoluna da gitmektedirler.

### PAYLAŞIMLI (multiple) SENSORLER

Sekonder parametrelerin kompanzasyonu söz konusu ise, bu aynı sensörün birden fazla parametre ölçümlemesi yaptığını gösterir. Örnek olarak bir sensörün basınçla, ısıya ait

bilgiyi aynı anda transfer etmesi gibi. Bu özellik, endüstriyel proses kontrolunda yerleşim maliyetini azaltmada yararlı olmaktadır. Bu gibi uygulamalara örnek olarak, ısı ve nem ölçümleme, ısı ve akış ölçümlemesi gösterilebilir.

## SAYISAL ÇIKIŞ

Sayısal çıkış sinyali özelliğindeki bir sensör sayısal mikro-elektronik sistemlerle kolayca uyum sağlar. Ayrıca sayısal çıkış, çevre birimlerle iletişimde güvenliği artırır. Böyle bir sensöre örnek olarak, akım kontrollu bir osilatörün basınç diyaframıyla birleşmesinden oluşan basınç sensörünü verebiliriz. Sayısal çıkış nedeniyle, böyle bir sensörden sonra A/D (Analog to Digital) çeviriciye gerek kalmaz. Microprocessor basıncı hesaplamak için, sadece bir periyoddaki pulsları sayar.

### 5.1. BASINÇ SENSÖRLERİ

Basınç birçok uygulamada gözlenmesi gereken bir parametredir. Ve aynı zamanda basınç sensörleri seviye, akış ve ağırlık gibi diğer parametrelerin ölçümünde de sıkça kullanılırlar. Basıncı ölçmek için bugün;

- Potansiyometrik
- Kapasitif
- İndüktif
- Piezo-elektrik
- Piezo-rezistif
- Optik
- Yüzey akustik dalgalar

gibi teknikler kullanılmaktadır.

## ÜÇ TELLİ ÇIKIŞ

Birçok sensör üç uçlu gerilim çıkışına sahiptir. Bu dizayn elektronik kontrolörlerle kolay uyuşuma yardımcı olur.

Buna rağmen proses kontrol endüstrisinde standart olarak kabul edilen 4-20 mA lik akım çıkışlı iki hatlı sistemde, uzun mesafeli iletişimde güvenilirlik özelliğine sahiptir.

Buna ek olarak bu sistemden, gerilim çıkışı elde etmek mümkündür. Bu sistemin dezavantajı, sabit akım çıkışı sağlamak için maliyetin yükselmesidir.

## SAYISAL ÇIKIŞ

Tüm sensörlerde sayısal çıkış temin edilmesi düşünülen bir konudur. Ancak mevcut standartlar ve yürürlükteki sistemlerle oluşturacağı uyum gibi sorunlar mevcuttur.

Tek çip devreyle sağlanabilecek sayısal çıkış sinyal iletişiminde düşük gürültü seviyesi temin eder ve daha önce belirtildiği gibi iletişim güvenliğini artırır. Ayrıca microişlemcilerle, kolayca arayüz temin edilir.

Sayısal çıkış birçok şekilde elde edilebilir. En kolay metod değişken frekans çıkışıyla yapılındır. Bu, bir voltaj kontrollü osilatörle sağlanabilir.

## 5.2. ISI SENSORLERİ

Klasik ısı sensörlerinin çoğu bimetalik şerit özelliğindedir. Bu tip sensörlerin basitlik ve ucuzluklarından başka avantajları yoktur. Çok büyük histeresize sahiptirler. Bir andaki gerçek değeri göstermezler. Bugün için aşağıda

Bir andaki gerçek değeri göstermezler. Bugün için aşağıda sıralanan şekillerde sensörler yapılabilmektedir.

- Termoçifler
- Rezistif ısı detektörleri
- Termik dirençler
- Silikon sensörler
- Tüm devre ısı sensörleri
- Kontaksız sensörler
- Seramik sensörler
- Manyetik sensörler
- Rezistif anahtarlar

Termoçifler geniş bir ölçme alanına, cevap hızına ve güvenilirliğe sahip elemanlardır. Ölçme alanları çiftleri oluşturan metallerin cinsine bağlı olarak  $-200^{\circ}\text{C}$  ile  $+2800^{\circ}\text{C}$  arasında değişir.

Termoçiftler non-linear çıkışları nedeniyle genellikle non-linear analog yükselticilerle kompanse edilirler.

Nikel, tungsten, bakır, platin gibi metallerin dirençleri ısı ile artar. Platin ve tungsten dirençleri doğrusal değişme özelliğine sahiptirler. İnce film tekniğiyle yapılan bu tür sensörler bugün uygulama yeri bulmuşlardır.

Termistörler negatif ısı katsayılı malzemelerden yapılırlar. İşletme ısıları  $-100^{\circ}\text{C}$  ile  $+300^{\circ}\text{C}$  arasındadır.  $0-100^{\circ}\text{C}$  arasında duyarlılıkları  $\pm 2\%$  dir.

Silikon ısı sensörleri  $50^{\circ}\text{C}-150^{\circ}\text{C}$  arasında işletme ısısına sahiptirler. Bunlar diyot ve transistör olarakta çokça kullanılırlar. Non-linear çıkışa sahiptirler.  $2-3\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$  lik ısı katsayısıyla  $-55$  ile  $+150^{\circ}\text{C}$  arasında çalışırlar. Isıl ataletlerinin küçüklüğü nedeniyle yüksek cevap hızına sahiptirler.

Tüm devre ısı sensörleri ısı sensörünün yanısıra, aynı çip üzerinde amplifikasyon ve voltaj referans devresini de içerirler. Bu tip devrelere örnek olarak National LX 5600/5700 serisini gösterebiliriz. Bunlar sayısal çıkışlı olanları da mevcuttur.

Diğer sensör tipleri arasında bazı imalatçı firmaların geliştirdikleri temassız infrared-radiation prensibiyle çalışan ve  $-80^{\circ}\text{C}$  ile  $+1500^{\circ}\text{C}$  arasında ölçme alanına sahip sensörleri, ısı ve aynı zamanda nem sensörü olarakta çalışan seramik tipleri, ısı ile magnetik permeabilite değişiminden istifade ile çalışan sensörleri sayabiliriz.

### 5.3. AKIŞ SENSÖRLERİ

Şimdiye kadar akış hızını ölçmek için ultrasonik ve elektro magnetik teknikler kullanılmıştır. Sıvı ve gazların akış hızı ölçümü bilhassa ulaşım araçlarında uygulama bulmuştur. Genelde iki tip akış sensörü vardır. Birincisi mesafe sensörleri (dişli sistemleri, hareketli piston vs.), ikincisi ise sıvıların momentumundan ve diğer bazı özelliklerinden yararlanan sensör tipleridir. Akış sensörlerini çözümü;

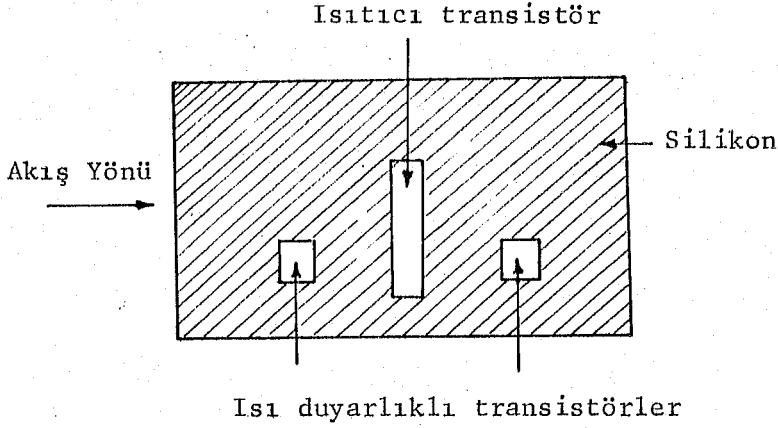
- Pozitif mesafe metreler
- Diferansiyel basınç-akış sensörleri
- Türbin tip sensörler
- Elektromanyetik
- Girdap akış sensörleri
- Ultrasonik sensörler
- Yarı iletken sensörler

olarak sınıflayabiliriz. Diferansiyel basınç-akış sensörleri petrol tesislerinde ve santrallarda kullanılmaktadır. Dezavantajları kayıplı olmalarıdır,

Türbin tip sensörlerin çıkışları sayısaldır. Bunlar da akışkandaki artıklardan kötü etkilenirler.

Elektromanyetik akış sensörleri iletken akışkanların hızının ölçümünde kullanılırlar. Yukarıda sayılan teknikler, haricinde bazı firmaların ürettiği tekil sensörlerde vardır. Örnek olarak Bosch, sıcak tel üzerinde akışkanın soğutma etkisini gözönüne alan sensörü üretmiştir.

Yarı iletken sensörlere örnek olarak aşağıda prensip gösterimi verilen tüm devreleri gösterebiliriz.



Şekil 5.1.

#### 5.4. NEM SENSÖRLERİ

Nem sensörlerinin en çok kullanılanı lityum-klorid gibi neme duyarlı malzemelerden oluşanlardır. Bu malzemenin atmosferden emdiği nem metal ızgara elektrodların empedansını değiştirir. Bu tip sensörler yüzde 10 ile 95 RH ranjı, -40 ila +90°C arasında,  $\pm 1\%$  hassasiyet temin ederler. Bunlar aynı zamanda ısı duyarlı elemanlardır. Uygulamaları, mikrodalga fırınlar, video teypler, kurutucular, air-conditioning sistemler, otomobil, ilaç, üretim sistemlerinde, ağaç, pudra, yiyecek endüstrisinde görülür. Bugün için;



- Seramik tip sensörler
- Reziftif film sensörler
- Çiğ-nokta sensörler

bulmak mümkündür. Seramik sensörler hızlı-cevap, geniş işleme ranjı, iyi toleransa sahiptirler. Nem sensörlerinin yapımında, titanium dioksitle, vanadium pentoxide, magnesium chromium tetroxide, barium titanium trioxide, strontium titanium trioxide gibi seramikler kullanılmaktadır.

### 5.5. POZİSYON SENSÖRLERİ

En zengin cihazlar pozisyon ölçümlemesinde kullanılmaktadır diyebiliriz. Pozisyon sözü ile, mesafe, açı, hız ve seviye kastedilmektedir. Pozisyon ölçümlemesinde optik, kapasitif, potansiyometrik, Hall, ultrasonik ve piezo elektrik gibi teknikler kullanılmaktadır. Elektromekanik mikro-switchler bugün hâlâ yaşamaktadır. Burada bazı sensörlere kısaca örnekler vererek bahsedelim.

Mesafe sensörleri arasında lineer değişken diferansiyel transformatörü sayabiliriz. Manyetik nüvesi hareket ederek simetrik sargılar gerilim farkını düzenler. Dezavantajları boyutlarıdır. Ancak bu da yenilmeyecek sorun değildir.

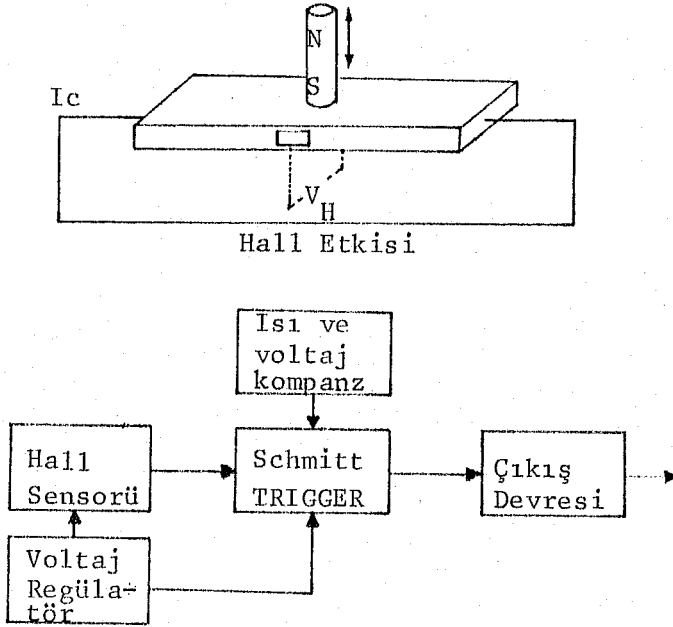
Optik shaft kodlayıcı sensör, açı ve düzgün pozisyon değişimini ölçümler. Bu cihazda üretilen ışık pulsları dönen delikli diskten sonra optik alıcılarla binary çıkış verimleri sağlanır.

Potansiyometrik sensörler en basit tiplerdir diyebiliriz. Çok değişik tarzlarda dizayn edilirler. Ömürleri iletken plastik film gibi gelişmekte olan yapım teknikleriyle arttırıldıklarından hâlâ birçok yerde tercih edilmektedirler.

Kapasitif mesafe sensörlerinde elektrodların etkin yüzeyleri değiştirilmektedir. Tahmin edileceği gibi bunlarda oldukça değişik tarzlarda imal edilmektedir. Uzun ömürleri, düşük ısı katsayıları, temassız çalışmaları avantajlarıdır.

Yakınlık ve sınır anahtarları endüktif, optik, hall etkili tiplerde yapılmaktadır.

Aşağıdaki şekillerde hall etkisi ile çalışan sensörün prensibi ve organizasyon şeması gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Hall etkili sensörün prensibi.

Haraketli magnetin yarı iletkene olan mesafesi hall gerilimine etkimektedir. Bu cihazların yapılarına ait ayrıntılar bölümün sonunda bildirilen kaynaklardan temin edilebilir.

## 5.6. OPTİK SENSÖRLER

Bugün vidicon ve plumbicon en çok kullanılan imaj sensörleri olmakla birlikte bu konu yeni gelişmelere gebe- dir. Geliştirilen diğer sensörler fotodiyod tarlası, şarj kuplajlı cihaz ve şarj enjeksiyon cihazlarıdır.

Şarj kuplajlı cihaz (CCD) video kameraları, robot endüstrisi ve otomatik kalite kontrol sistemlerinde kulla- nılan en geniş taramalı sensördür.

Işık dışındaki parametrelerin ölçülmesinde kullanılan optik sensörlerden bu bölümde bahsedilmeyecektir.

00	.		40	NEG	A		80	SUB	A	IMM	C0	SUB	B	IMM
01	NOP		41	.			81	CMP	A	IMM	C1	CMP	B	IMM
02	.		42	.			82	SBC	A	IMM	C2	SBC	B	IMM
03	.		43	COM	A		83	.			C3	.		
04	.		44	LSR	A		84	AND	A	IMM	C4	AND	B	IMM
05	.		45	.			85	BIT	A	IMM	C5	BIT	B	IMM
06	TAP		46	ROR	A		86	LDA	A	IMM	C6	LDA	B	IMM
07	TPA		47	ASR	A		87	.			C7	.		
08	INX		48	ASL	A		88	EOR	A	IMM	C8	EOR	B	IMM
09	DEX		49	ROL	A		89	ADC	A	IMM	C9	ADC	B	IMM
0A	CLV		4A	DEC	A		8A	ORA	A	IMM	CA	ORA	B	IMM
0B	SEV		4B	.			8B	ADD	A	IMM	CB	ADD	B	IMM
0C	CLC		4C	INC	A		8C	CPX	A	IMM	CC	.		
0D	SEC		4D	TST	A		8D	BSR		REL	CD	.		
0E	CLI		4E	.			8E	LDS		IMM	CE	LDX		IMM
0F	SEI		4F	CLR	A		8F	.			CF	.		
10	SBA		50	NEG	B		90	SUB	A	DIR	D0	SUB	B	DIR
11	GBA		51	.			91	CMP	A	DIR	D1	CMP	B	DIR
12	.		52	.			92	SBC	A	DIR	D2	SBC	B	DIR
13	.		53	COM	B		93	.			D3	.		
14	.		54	LSR	B		94	AND	A	DIR	D4	AND	B	DIR
15	.		55	.			95	BIT	A	DIR	D5	BIT	B	DIR
16	TAB		56	ROR	B		96	LDA	A	DIR	D6	LDA	B	DIR
17	TBA		57	ASR	B		97	STA	A	DIR	D7	STA	B	DIR
18	.		58	ASL	B		98	EOR	A	DIR	D8	EOR	B	DIR
19	DAA		59	ROL	B		99	ADC	A	DIR	D9	ADC	B	DIR
1A	.		5A	DEC	B		9A	ORA	A	DIR	DA	ORA	B	DIR
1B	ABA		5B	.			9B	ADD	A	DIR	DB	ADD	B	DIR
1C	.		5C	INC	B		9C	CPX		DIR	DC	.		
1D	.		5D	TST	B		9D	.			DD	.		
1E	.		5E	.			9E	LDS		DIR	DE	LDX		DIR
1F	.		5F	CLR	B		9F	STS		DIR	DF	STX		DIR
20	BRA	REL	60	NEG		IND	A0	SUB	A	IND	E0	SUB	B	IND
21	.		61	.			A1	CMP	A	IND	E1	CMP	B	IND
22	BHI	REL	62	.			A2	SBC	A	IND	E2	SBC	B	IND
23	BLS	REL	63	COM		IND	A3	.			E3	.		
24	BCC	REL	64	LSR		IND	A4	AND	A	IND	E4	AND	B	IND
25	BCS	REL	65	.			A5	BIT	A	IND	E5	BIT	B	IND
26	BNE	REL	66	ROR		IND	A6	LDA	A	IND	E6	LDA	B	IND
27	BEO	REL	67	ASR		IND	A7	STA	A	IND	E7	STA	B	IND
28	BVC	REL	68	ASL		IND	A8	EOR	A	IND	E8	EOR	B	IND
29	BVS	REL	69	ROL		IND	A9	ADC	A	IND	E9	ADC	B	IND
2A	BPL	REL	6A	DEC		IND	AA	ORA	A	IND	EA	ORA	B	IND
2B	BMI	REL	6B	.			AB	ADD	A	IND	EB	ADD	B	IND
2C	BGE	REL	6C	INC		IND	AC	CPX		IND	EC	.		
2D	BLT	REL	6D	TST		IND	AD	JSR		IND	ED	.		
2E	BGT	REL	6E	JMP		IND	AE	LDS		IND	EE	LDX		IND
2F	BLE	REL	6F	CLR		IND	AF	STS		IND	EF	STX		IND
30	TSX		70	NEG		EXT	B0	SUB	A	EXT	F0	SUB	B	EXT
31	INS		71	.			B1	CMP	A	EXT	F1	CMP	B	EXT
32	PUL	A	72	.			B2	SBC	A	EXT	F2	SBC	B	EXT
33	PUL	B	73	COM		EXT	B3	.			F3	.		
34	DES		74	LSR		EXT	B4	AND	A	EXT	F4	AND	B	EXT
35	TXS		75	.			B5	BIT	A	EXT	F5	BIT	B	EXT
36	PSH	A	76	ROR		EXT	B6	LDA	A	EXT	F6	LDA	B	EXT
37	PSH	B	77	ASR		EXT	B7	STA	A	EXT	F7	STA	B	EXT
38	.		78	ASL		EXT	B8	EOR	A	EXT	F8	ADC	B	EXT
39	RTS		79	ROL		EXT	B9	ADC	A	EXT	F9	ADC	B	EXT
3A	.		7A	DEC		EXT	BA	ORA	A	EXT	FA	ORA	B	EXT
3B	RTI		7B	.			BB	ADD	A	EXT	FB	ADD	B	EXT
3C	.		7C	INC		EXT	BC	CPX		EXT	FC	.		
3D	.		7D	TST		EXT	BD	JSR		EXT	FD	.		
3E	WAI		7E	JMP		EXT	BE	LDS		EXT	FE	LDX		EXT
3F	SWI		7F	CLR		EXT	BF	STS		EXT	FF	STX		EXT

Notlar: 1. Adresleme: A - Akümülatör A, B - Akümülatör B, IMM - Hemen,  
DIR - Doğrudan, REL - Bağlı, IND - İndisli.  
2. Tanımlanmamış kod "\*" ile gösterilmiştir.

TABLO : Makina kodlarının heksadesimal eşdeğerleri.

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. 6800 Microprocessors Applications Manual, Motorola Semiconductors, 1975.
2. A/D And D/A Conversion Manual, Motorola Semiconductors, 1983.
3. O. Kaynak ve Ö. Cerit: "Mikroişlemciler ve Endüstriyel Uygulamaları", B.Ü. 1985.
4. Y. İstefanopulos: "State Variables and Linear Control Systems", B.Ü., 1981.
5. J.D. Greenfield and W.C. Wray: "Using Microprocessors and Microcomputers, The 6800 Family", John Wiley, 1981.
6. G.F. Franklin and J.D. Powell: "Digital Control of Dynamic Systems", Addison Wesley, 1980.
7. G. Markesjö: "The ABC of Microcomputers", Esselte Studium AB, 1980.
8. Low Cost Sensors Technology and Applications, Benn Electronics Publ., 1983.
9. R. Zaks and A. Lesea: "Microprocessor Interfacing Techniques", Sybex, 1979.
10. M. Novak: "Software For Computer Control", IFAC/IFIP 2. Symposium, Pergamon Press, 1979.
11. Applications of Mini and Microcomputers, IEEE, 1981 IECI Proceedings.

12. K. Ogata: "Modern Control Engineering", Prentice Hall, 1980.
13. R.B. Jacquot: "Modern Digital Control", Markel Decker, 1981.
14. S.A. Tretter: "Introduction To Discrete Time Signal Processing", John Wiley, 1976.