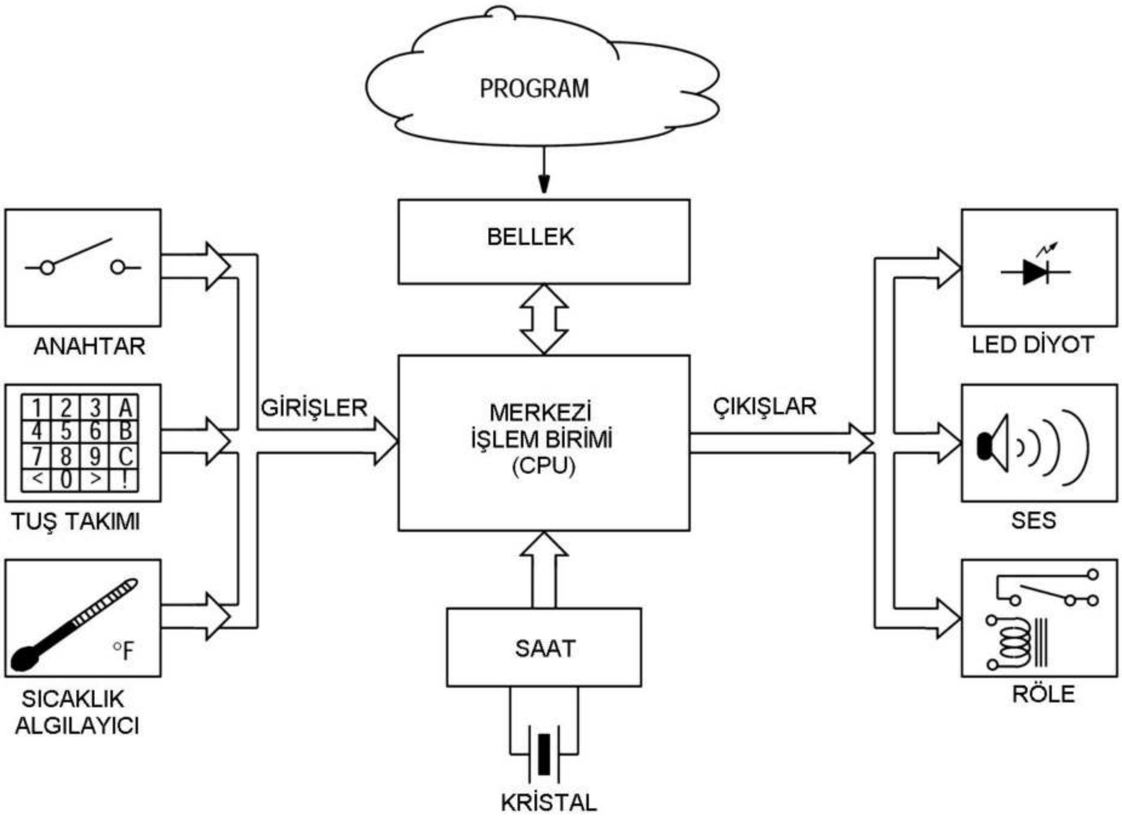
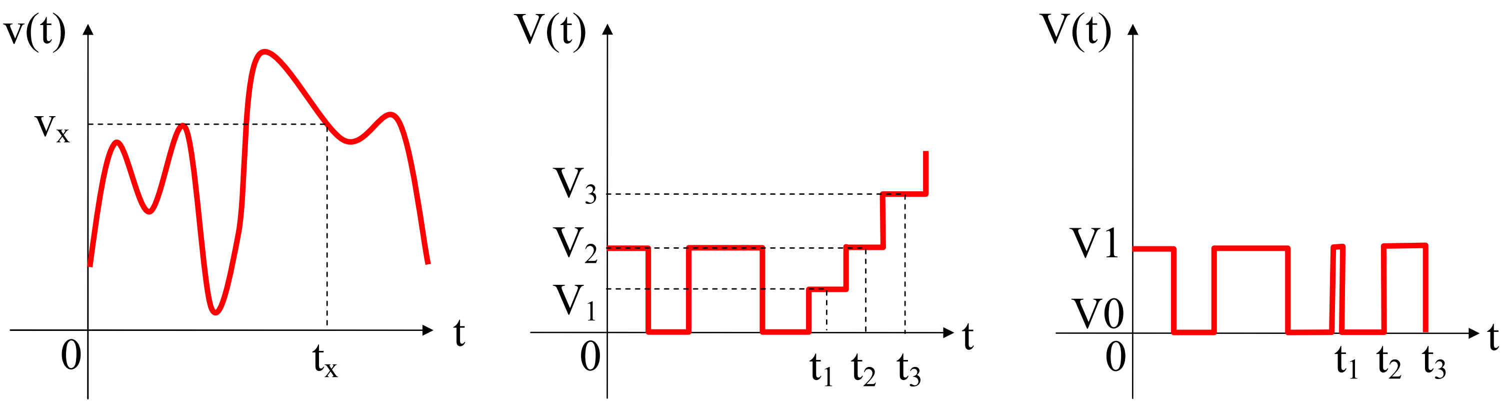
1. MİKROİŞLEMCİLERE GİRİŞ



Şekil 1-1 Mikroişlemci Temelli Sistem Uygulamaları



a) analog işaret b) sayısal işaret c) ikili sayısal işaret

Şekil 1-2 Analog ve sayısal işaretlerin zamana bağlı değişimleri

Analog Bilgisayar (Analog Computer)

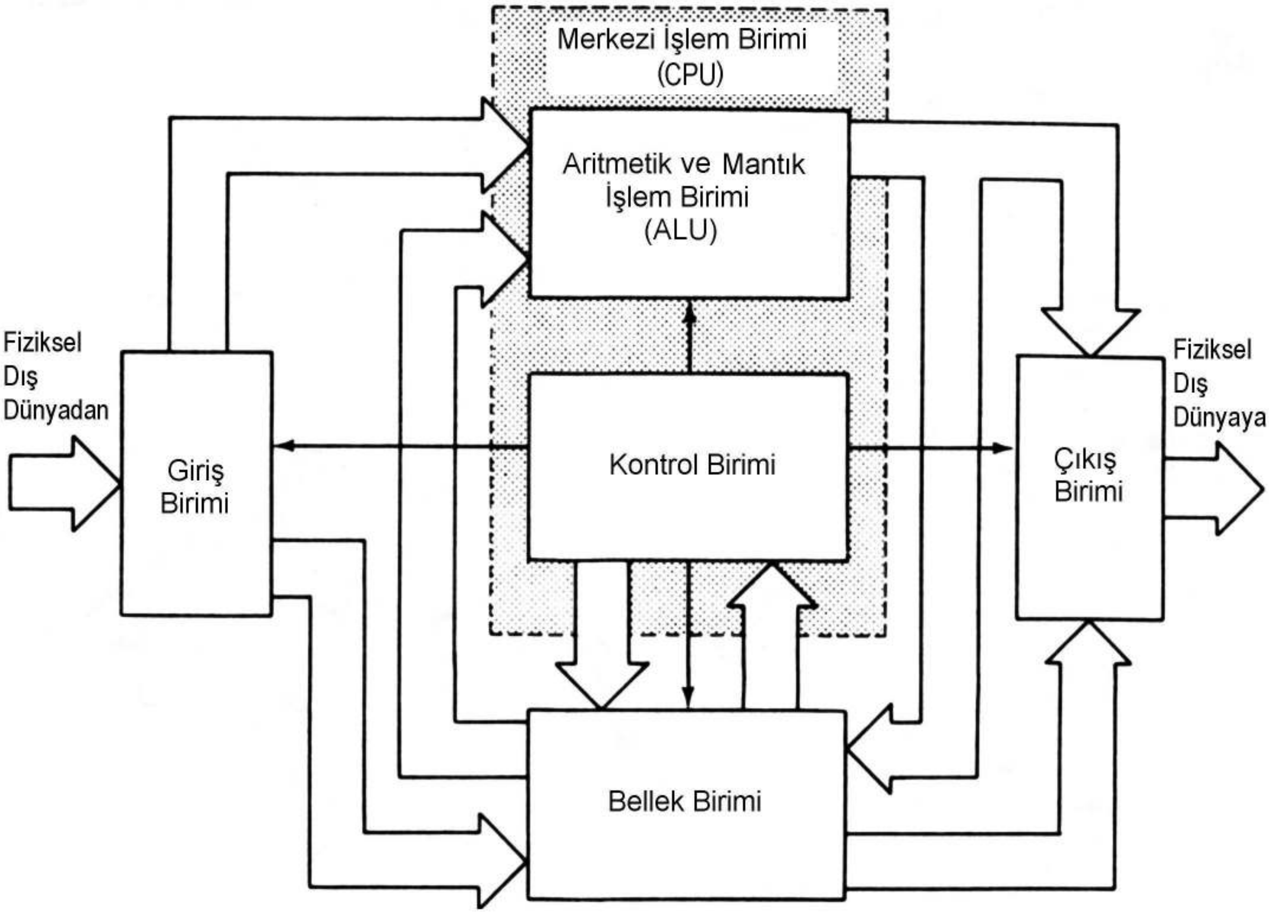
Çözülmek istenen matematiksel ifade → analog elektrik devresi

Giriş=elektriksel işaret → işlem analog → sonuç=analog elektrik işareti

Sayısal Hesaplayıcı "Bilgisayar" (Digital Computer)"

Çözülmek istenen matematiksel ifade → yazılım

Giriş bilgisi=sayısal → işlem=program → çıkış bilgisi=sayısal



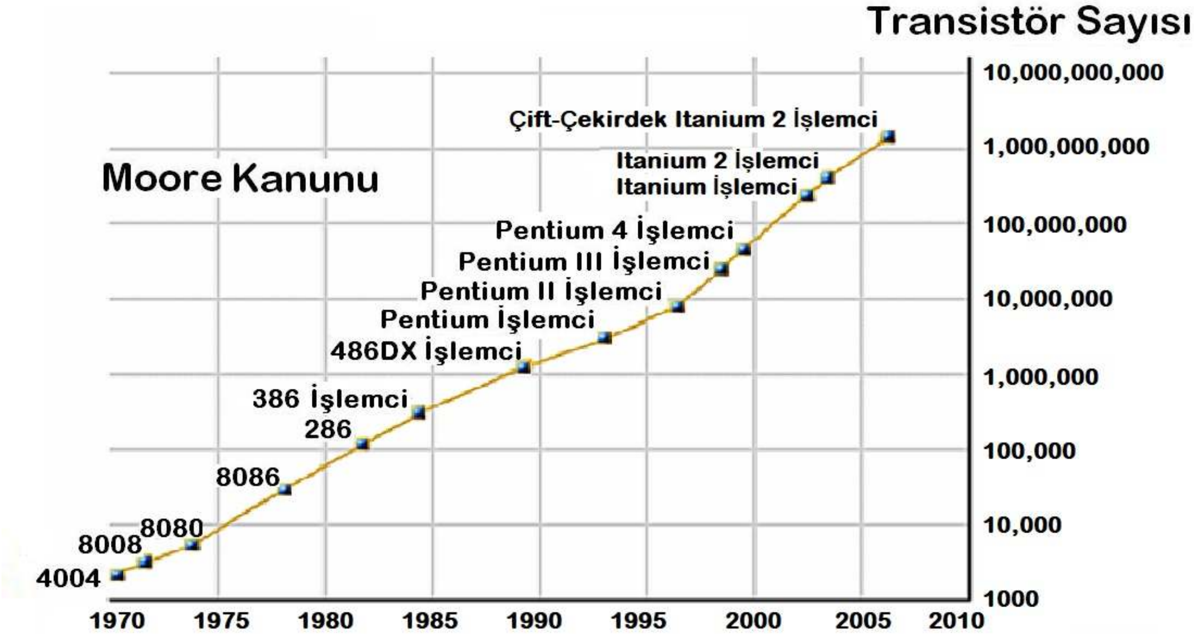
Şekil 1-3 Mikroişlemci Temelli Sistemlerin Genel Blok Diyagramı

1.2. Mikroişlemcilerin Tarihçesi

Tablo 1-1 Mikroişlemcilerin özelliklerine ve tarihçesine kısa bir bakış

Intel	**Motorola**	**Diğer Üreticiler**	**Çıkış Yılı**	**Transistor Sayısı**
4004			**1971**	**2,250**
8008		**Rockwell PPS-4**	**1972**	**2,500**
		National IMP-16	**1973**	
8080	**6800**	**RCA 1802**	**1974**	**5,000**
		Fairchild F8	**1974**	
		Zilog Z80	**1975**	**8,500**
		Signetics 2650	**1975**	
		MOS tech. 6502	**1976**	
		Texas Ins. 9900	**1976**	
8086			**1978**	**29,000**
8088	**68000/68k**		**1979**	**68,000**
286			**1982**	**120,000**
386™		**Stanford R2000**	**1985**	**275,000**
		SPARC	**1987**	**50,000**
486™ DX			**1989**	**1,180,000**
Pentium®	**PowerPC**		**1993**	**3,100,000** **2,800,000**
		Cyrix 6x86	**1996**	
Pentium II MMX		**AMD K6**	**1997**	**7,500,000**
Pentium III			**1999**	**24,000,000**

Pentium 4			2000	42,000,000
		IBM PowerPC G5	2003	58,000,000
Core 2 Duo Dual-Core Xeon			2006	291 milyon
Dual-Core Itaninum 2 9000			2007	1,72 milyar
Atom Z540			2008	47 milyon



Şekil 1-4 Mikroişlemci tümleşik devre teknolojisinin gelişimi

2. SAYI SİSTEMLERİ VE KODLAR

Sayı sistemleri iki ana gruba ayrılır.

1. **Sabit Noktalı Sayı Sistemleri**
2. **Kayan Noktalı Sayı Sistemleri**

2.1. Sabit Noktalı Sayı Sistemleri

2.1.1. Ondalık Sayı Sistemi

Günlük yaşantımızda kullandığımız sayı sistemi ondalık (decimal) sayı sistemidir. Ayrıca 10 tabanlı sistem olarak da adlandırılır ve bu sistemde on tane sembol kullanılır.
Semboller : 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9
Ondalık sayı sisteminin genel biçimi ve terminolojisi aşağıda verilmiştir.

Tam Kısım Kesir Kısmı

2 3 4 . 5 6

↑ ↑ ↑

En büyük Değerli Basamak (Most Significant Digit,MSD)

Ondalık Nokta (Decimal Point, DP)

En Küçük Değerli Basamak (Least Significant Digit, LSD)

234.56_{10} =234.56D

Basamak Değeri ↓

Basamak Ağırlığı

$$234.56_{10} = 2 \times 10^{+2} + 3 \times 10^{+1} + 4 \times 10^{+0} + 5 \times 10^{-1} + 6 \times 10^{-2}$$

↑
Taban Değeri

2.1.2. İkili Sayı Sistemi

İkili (Binary) sayı sistemi, sayısal elektronik sistemlerinde yaygın olarak kullanılır. Günlük yaşantımızda kullandığımız ondalık sayı sisteminden iki yönlü dönüşüm yapılarak kullanılır. Bu sistemde, Boole cebrinde doğru ve yanlışı belirtmek üzere iki tane sembol kullanılır.
Semboller : 0,1
İkili sayı sisteminin genel biçimi ve terminolojisi aşağıda verilmiştir.

1 1 0 1 . 0 1

En büyük Değerli Bit (Most Significant Bit, MSB)	İkili Nokta (Binary Point, BP)	En Küçük Değerli Bit (Least Significant Bit, LSB)

1101.01_2 =1101.01B

Basamak Değeri   Basamak Ağırlığı

$$1101.01_2 = 1 \times 2^{+3} + 1 \times 2^{+2} + 0 \times 2^{+1} + 1 \times 2^{+0} + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

Taban Değeri

İki tabanlı sistemden on tabanlı sisteme dönüşüm için daha önce verilen kuvvet serisi şeklindeki açılım kullanılarak iki tabanlı sayının on tabanlı değeri elde edilmiştir.
$1101.01_2 = 13.25_{10}$

13.25_{10}= (? $)_2$
Birinci kısımda önce tamsayı kısmın dönüşümü yapılır.

$$\frac{\mathbf{13}}{\mathbf{2}} = \mathbf{6} + \textbf{kalan 1}$$

$$\frac{\mathbf{6}}{\mathbf{2}} = \mathbf{3} + \textbf{kalan 0}$$

$$\frac{\mathbf{3}}{\mathbf{2}} = \mathbf{1} + \textbf{kalan 1}$$

$$\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}} = \mathbf{0} + \textbf{kalan 1}$$

Buradan 1 1 0 1 elde edilir.

İkinci ve son kısımda ise kesirli kısmın dönüşümü yapılır.
0.25 x 2 = 0.5 tam kısmı 0
0.5 x 2 = 1.0 tam kısmı 1

Sonuç olarak **1 1 0 1 . 0 1** elde edilir.
$13.25_{10} = 1101.01_2$

2.1.3. Sekizli Sayı Sistemi

2.1.4. Onaltılık Sayı Sistemi

Onaltılık (Hexadecimal, Hex) sayı sistemi, sayısal elektronik sistemlerinde mikroişlemci temelli uygulamalarda yaygın olarak kullanılır.
Semboller 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F
Onaltılık sayı sisteminin genel biçimi ve terminolojisi aşağıda verilmiştir.

1 A 3 . 1 F

En büyük Değerli Basamak (Most Significant Digit, MSD)	On altılı Nokta (Hexadecimal Point)	En Küçük Değerli Basamak (Least Significant Digit, LSD)
↑ 1	↑ .	↑ F

On altı tabanlı sayı sisteminin gösterimi ve sayıların kuvvet serisi şeklindeki açılımı aşağıda verilmiştir

Basamak Değeri ↓ Basamak Ağırlığı ↙

$$1A3.1F_{16} = 1 \times 16^{+2} + 10 \times 16^{+1} + 3 \times 16^{+0} + 1 \times 16^{-1} + 15 \times 16^{-2}$$

↑ Taban Değeri

$1A3.1F_{16} = 1A3.1FH$
Onaltılık sistemden ondalık sisteme dönüşüm için bir örnek aşağıda verilmiştir. Burada daha önce verilen kuvvet serisi şeklindeki açılım kullanılarak onaltılık sayının ondalık değeri elde edilmiştir.

$1A3.1F_{16} = 419.12109375_{10}$

$419.12109375_{10} = (?)_{16}$

Birinci kısımda önce tamsayı kısmın dönüşümü yapılır.

$$\frac{\mathbf{419}}{\mathbf{16}} = \mathbf{26} + \mathbf{kalan\ \ 3}$$

$$\frac{\mathbf{26}}{\mathbf{16}} = \mathbf{1} + \mathbf{kalan\ \ 10}$$

$$\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{16}} = \mathbf{0} + \mathbf{kalan\ \ 1}$$

Buradan **1 A 3** elde edilir.

İkinci ve son kısımda ise kesirli kısmın dönüşümü yapılır.

0.12109375 x 16 = 1.9375 tam kısmı **1**
0.9375 x 16 = 15.0 tam kısmı **15**
Buradan **0 . 1 F** elde edilir.

Sonuç olarak **1 A 3 . 1 F** elde edilir.

$$\mathbf{419.12109375_{10} = 1A3.1F_{16}}$$

$16=2^4$ olduğu için onaltılık sistemden ikili sisteme dönüşüm için onaltılık sayının her basamağına karşılık olarak 4-bitlik ikili kodu yazılarak elde edilebilir.

$$1A3.1F_{16} = 0001\ 1010\ 0011.0001\ 1111_2$$

İkili sistemden onaltılık sisteme dönüşüm için ikili sayı 4-bitlik gruplara ayrılır ve bunların onaltılık karşılığı ($16=2^4$ olduğu için bunu yapmaya hakkımız var) yazılarak elde edilmesi aşağıda verilmiştir.

$$1011\ 1001.0111_2 = B9.7_{16}$$

2.1.5. İkili Kodlanmış Ondalık Sayı Sistemi

İkili kodlanmış ondalık (Binary Coded Decimal, BCD) sayı sistemi, ikili sayıların ondalık karşılıklarının fiziksel dış dünyada gösterilmesini sağlamak üzere sayısal elektronik sistemlerinde yaygın olarak kullanılır.
Semboller 0, 1

BCD sayı sisteminin genel biçimi ve terminolojisi aşağıda verilmiştir.

0111	0011	.	0010	0101
7	3	.	2	5

Ondalık sistemden BCD sisteme dönüşüm, her bir ondalık basamak ayrı ayrı 4-bit ikili sayıya dönüştürülerek yapılır.

$$73.25_{10} = 0111\ 0011\ .\ 0010\ 0101_{BCD}$$

BCD sistemden ikili sisteme dönüşüm için sayı önce ondalık nokta referans alınarak 4-bit gruplara ayrılır ve her bir 4-bit ikili sayı bağımsız olarak ondalık sayıya dönüştürülür. Sonra ondalık sayı ikili sayıya dönüştürülerek BCD sistemden ikili sisteme dönüşüm yapılır.

$$0111\ 0011\ .\ 0010\ 0101_{BCD} = 73.25_{10} = 1001001.01_2$$

İkili sistemden BCD sisteme dönüşüm yapmak için önce ikili sayı ondalık sayıya dönüştürülür. Sonra ondalık sistemden BCD sisteme dönüşüm için her bir ondalık basamak ayrı ayrı 4-bit ikili sayıya dönüştürülür.

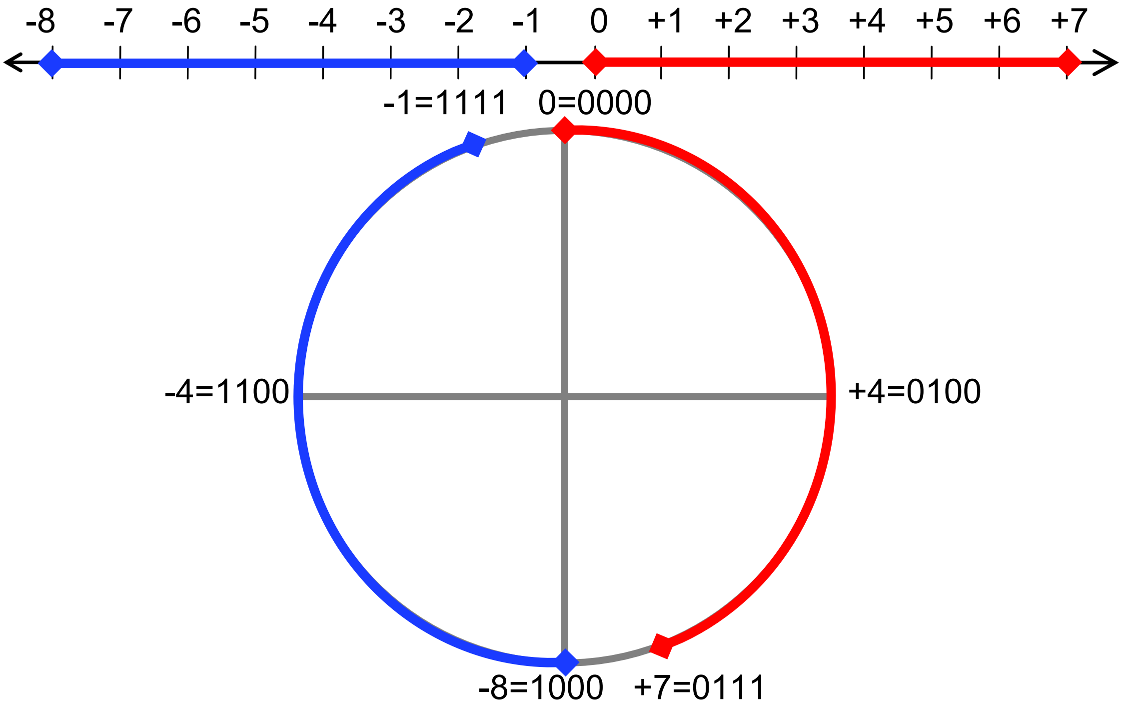
$$1001001.01_2 = 73.25_{10} = 0111\ 0011\ .\ 0010\ 0101_{BCD}$$

2.2. İşaretli Sayılar

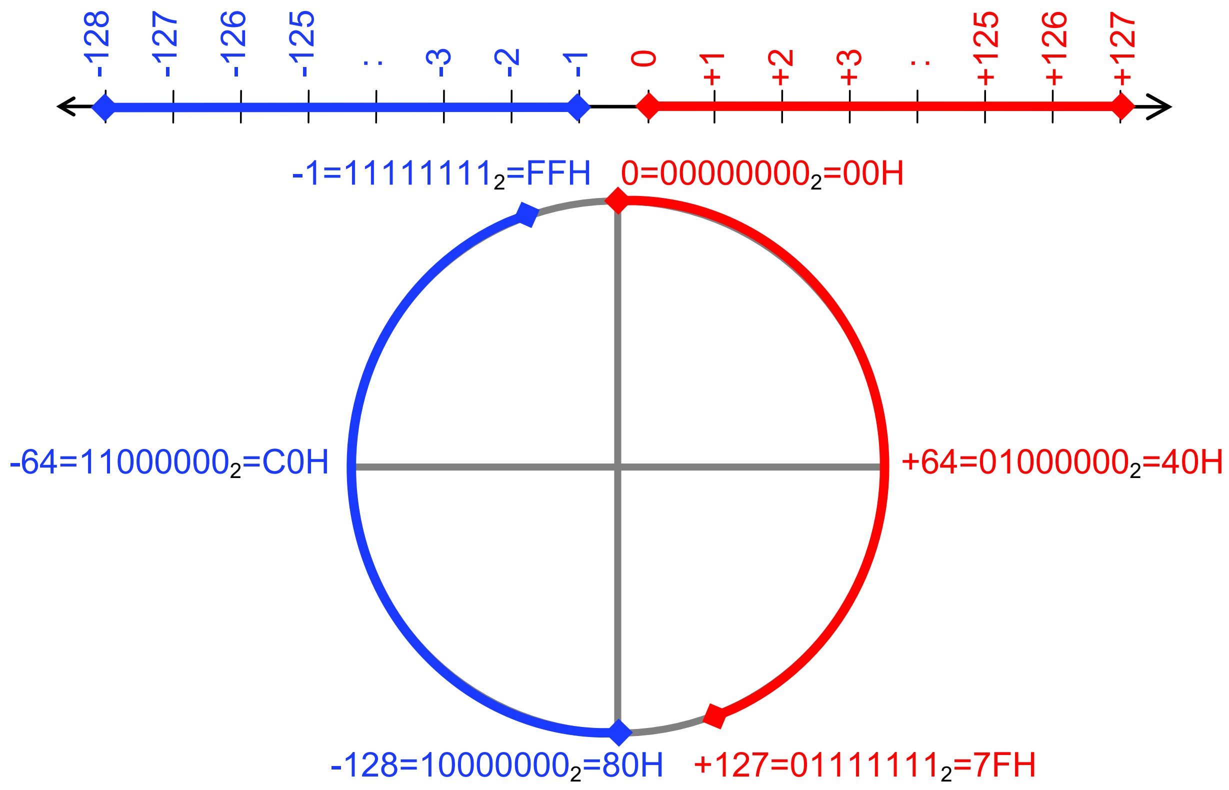
Tablo 2-1 İkili sayıların (4-bit) işaretli gösterimi

Ondalık Değer	İşaretli 2'ye tümleyen	İşaretli 1'e tümleyen	İşaretli büyüklük
+ 7	0111	0111	0111
+ 6	0110	0110	0110
+ 5	0101	0101	0101
+ 4	0100	0100	0100
+ 3	0011	0011	0011
+ 2	0010	0010	0010
+ 1	0001	0001	0001
+ 0	0000	0000	0000
- 0	——	1111	1000
- 1	1111	1110	1001
- 2	1110	1101	1010
- 3	1101	1100	1011
- 4	1100	1011	1100
- 5	1011	1010	1101
- 6	1010	1001	1110
- 7	1001	1000	1111
- 8	1000	——	——

Buradaki gösterim şekilleri Şekil 2-1 ile karşılaştırıldığında en uygun ve verimli olan 2'ye tümleyen işaretli tamsayı gösterimidir ve matematiğe de en uygun olan şekildir.



Şekil 2-1 **İşaretli tamsayılar ile 2'ye tümleyen sayıların grafik gösterimi**



8-bit 2'ye tümleyen işaretli tamsayılar

Pozitif İşaretli sayılardan negatif işaretli sayıların elde edilmesi :

1'e Tümleme İle Pozitif Sayıların Negatif Karşılığının Elde Edilmesi	2'ye Tümleme İle Pozitif Sayıların Negatif Karşılığının Elde Edilmesi
+ 5 → 0101 - 5 → 1010	; önce sayının 1'e tümleyeni bulunur. + 5 → 0101 1010 + 1 ; sonra 1 eklenir. ——— - 5 → 1011
1010B	1011B
İkili Sistemde	On altılı Sistemde
+ 15 = 0000 1111 1'e tümleme 1111 0000 + 1 ——— 1111 0001	+ 2A 1'e tümleme FF – 2A = D5 + 1 ——— - 2A = D6
- 15 →1111 0001B	- 2AH →D6H

2.3. Kayan Noktalı Sayı Sistemleri

32-bit ikili sayı ile işaretsiz olarak 0 ile 4,294,967,295 veya 2'ye tümleyen işaretli olarak -2,147,483,648 ile 2,147,483,647 arasında ondalık sayıları gösterebiliriz. Daha büyük ve küçük değerli sayıları, ancak bilimsel gösterimden yararlanarak kayan noktalı (Floating Point) sayılar biçiminde gösterebiliriz. Aşağıda IEEE/ANSI 754 standardına uygun bir 32-bit kayan noktalı sayı biçimi gösterilmiştir.

b31	b30 b23		b22 b0
İşaret	**Üst (127 eklenmiş)**	**(1.)**	**Kesir (sayının değeri)**
1-bit	8-bit		23-bit (+ doğal halinden 1-bit)

Kayan Noktalı Sayıların (FPN, Floating Point Number) genel biçimi aşağıda verilmiştir.

FPN)r = F x r^E

İki tabanı için kayan noktalı sayının genel biçimi aşağıda verilmiştir.

$A = (-1)^S \cdot f \cdot 2^e$, S : işaret biti, e : üst kısmı, f : kesir kısmı

FPN_2 biçimindeki kayan noktalı sayıların sınır değerleri aşağıda verilmiştir.

8-bit için üst kısmın sınırları:

$-126 \leq f \leq 128$

en küçük ve en büyük değer :

eb = 1 , e = -126 , f = 000000
(2^{-126}) = 1.18 x 10^{-38}

eb = 255 , e = 128 , f = 7FFFFF
(2^{128} · 2) = 3.4 x 10^{+38} x 2 = 6.8 x 10^{+38}

Örnek 1 :

45.781_{10}=101101.11001_2 sayısı IEEE 32-bit normalize FPN_2 gösterimi:
Önce sayının en büyük ağırlıklı biti dışında tamamı kesir haline getirilir.

101101.11001_2 = 1.0110111001 x 2^5

İşaret biti = 0 (pozitif)

Üst (E_{xs}) = 5 + 127 = 132_{10} = 10000100_2

Kesir (F) = 0110111001…00 (MSB = 1 gösterilmez)

b31	b30 ….b23		b22……………….. …………. b0
0	**10000100**	**(1.)**	**01101110010000000000000**

Bunun sonucunda IEEE normalize FPN

FPN_2 = $01000010001101110010000000000000_2$=**42372000H**

Örnek 2 :

0.15625 için e = -3 , f= 1.01000000000000000000000

Örnek 3 :

0.1 için e = -4 , f= $1.10011001100110011001100_2$

Dönüşümden elde edilen bu 32-bit kayan noktalı sonuç yeniden ondalık sayıya dönüştürülürse 0.099999994039536 elde edilir.

Örnek 4 :

1.0 için e = 0 , f= 1.00000000000000000000000

Örnek 5 :

$1.23x10^{+3}$ için e = 10 , f= 1.00110011100000000000000

2.4. Aritmetik İşlemler

İkili sayılar ile dört işlem (toplama, çıkarma, çarpma ve bölme), özelliklede toplama ve çıkarma işlemleri sayısal elektronik sistemlerin programlanmasında sıkça kullanılan işlemlerdir.

2.4.1. Toplama / Çıkarma İşlemi

İkili sayılar ile yapılan toplama işlemi, işleme giren sayıların karşılıklı bitleri bit bit toplanır ve oluşması halinde eldenin bir sonraki toplamaya eklenmesi şeklinde yapılır. Bu toplama işleminde işleme giren sayılar, 2'ye tümleyen işaretli değerler ise doğal olarak sayıların işareti dikkate alınarak doğru sonuç elde edilir. Çıkarma işlemi ise, toplama işlemine giren ikinci sayının işareti değiştirilerek gerçekleştirilir.

+ 15	0000 1111	**+ 15**	0000 1111	**- 15**	1111 0001	**- 15**	1111 0001
+ 08	0000 1000	**- 08**	1111 1000	**+ 08**	0000 1000	**- 08**	1111 1000
+ 23	0001 0111	**+ 07**	0000 0111	**- 07**	1111 1001	**- 23**	1110 1001

2BH=43D, 78H=120D

+	2B	+ 2B	2B	- 2B	D5	- 2B	D5
+	78	- 78	88	+ 78	78	- 78	88
(+)	A3	(-)	B3	(+)	~~1~~ 4D	(-)	~~1~~ 5D

2.4.2. Çarpma İşlemi

İkili sayılarla çarpma işlemi, çarpan sayının çarpılan sayının bütün bitleri ile tek tek lojik "VE" işlemine sokulması ve çarpan sayının her bir biti için sola ötelenerek toplanması ile elde edilir.

İkili Sistemde	On altılı Sistemde
5 x 4 = 20	24 x 26 = 624
0101B x 0100B ——— 0000 0000 0101 + 0000 ——— 0010100	18H x 1AH ——— F0 + 18 ——— 270
0010100B	270H

2.4.3. Bölme İşlemi

Bölme işlemi, bölünen sayının bölen sayı ile karşılaştırılarak çıkarılması ve bu işleme bölünen sayının bölen sayıdan küçük olana kadar devam edilmesi şeklinde yapılır.

İkili Sistemde	On altılı Sistemde
50/5=10	9CH/06H
110010B/ 0101B 101 →(1) —— 001 101 101 →(01) —— 000 0 →(0)	9CH / 06H 6 →(1) —— 3C 3C →(A) —— 00
1010B	1AH

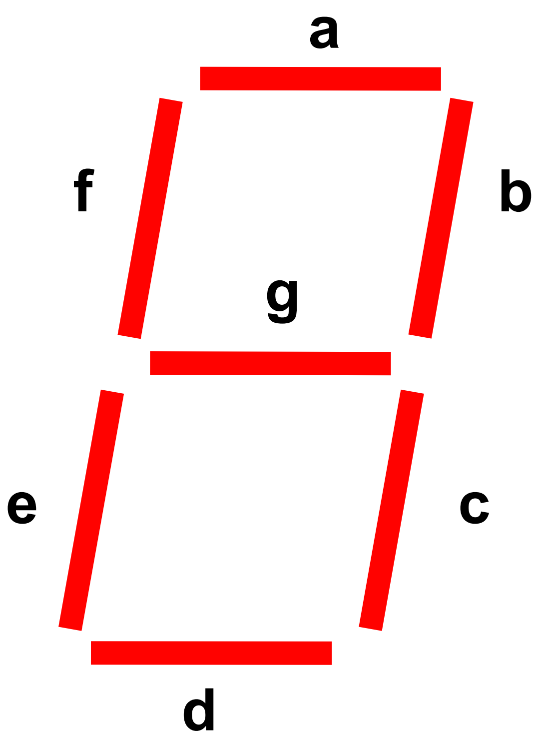
2.5. Kodlar

2.5.1. Sayısal Kodlar

İkili sayıların sıralamasını değiştirmek veya bunlara fiziksel anlam yüklemek gibi özellikler katılmasıyla elde edilen sayı gruplarına, yapılan kodlama ile ilgili bir ad verilir.

Tablo 2-2 Çok kullanılan bazı ikili kodlanmış ondalık kodlar

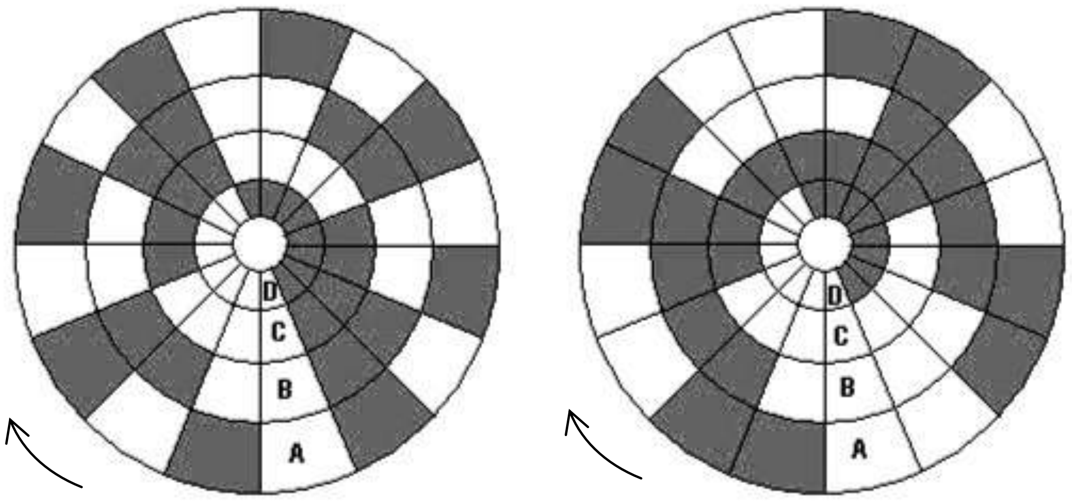
Ondalık Sayı	2421 Kodu	3-Fazla Kodu	7-parçalı LED (aktif "0") gfedcba
0	0000	0011	1000000
1	0001	0100	1111001
2	0010	0101	0100100
3	0011	0110	0110000
4	0100	0111	0011001
5	1011	1000	0010010
6	1100	1001	0000010
7	1101	1010	1111000
8	1110	1011	0000000
9	1111	1100	0010000



Şekil 2-2 Bir 7-parçalı göstergenin harfli kodlaması

Tablo 2-3 Çok kullanılan ikili kodlar

Ondalık Sayı	4-bit İkili DCBA	"Gray" DCBA
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100
8	1000	1100
9	1001	1101
10	1010	1111
11	1011	1110
12	1100	1010
13	1101	1011
14	1110	1001
15	1111	1000



(a) ikili kodlanmış disk (b) Gray kodlanmış disk

Şekil 2-3 Mil açısı kodlayıcı diskler

2.5.2. Alfa Nümerik Kodlar

Fiziksel dünyada bilgi iletişimde kullanılan semboller yalnız sayıları içermez. Bunlara ek olarak büyük ve küçük harfler, noktalama ve özel işaretler de kullanılır.

Bunlardan en yaygın olanı Tablo 2-4'de verilen 128 sembolden oluşan ASCII (**A**MERICAN **S**TANDARD **C**ODE for **I**NFORMATION **I**NTERCHANGE, Bilgi Değişimi için Standart Amerikan Kodu) alfa nümerik kodudur.

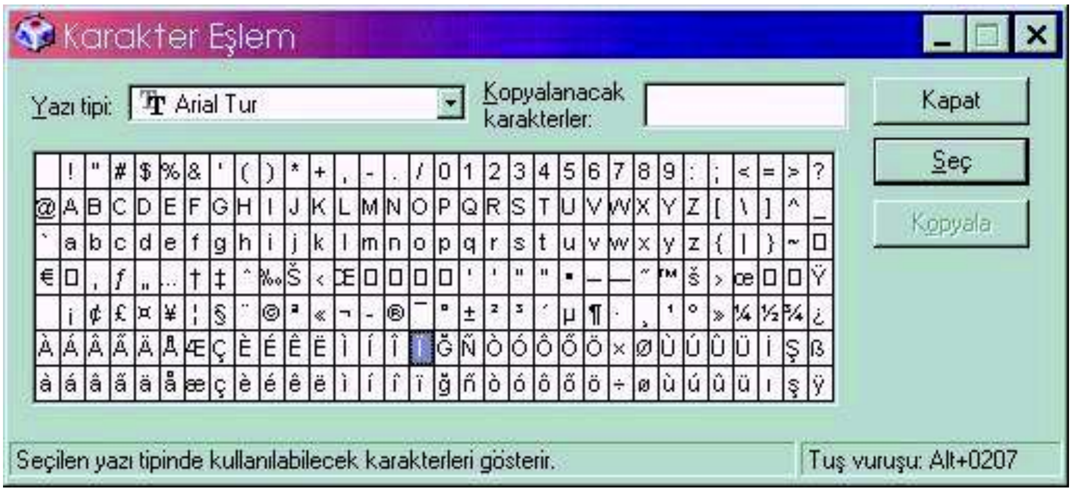
Ör : ‘A’ = 41H = 65

Tablo 2-4 ASCII tablosu

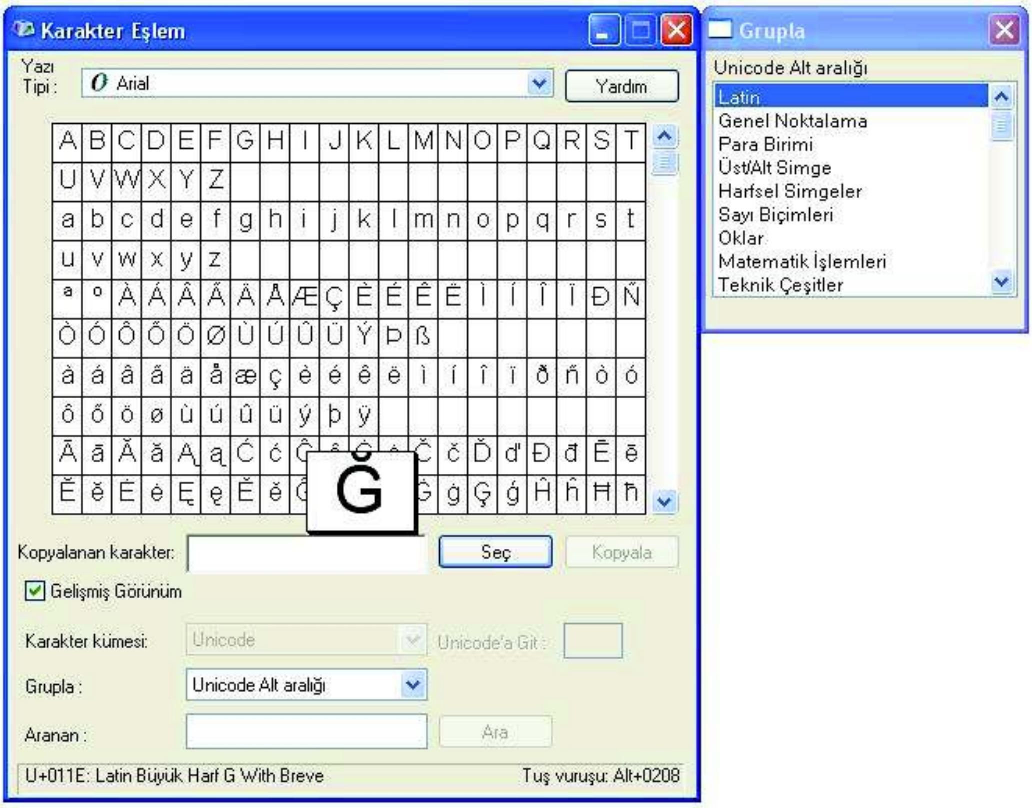
		MSB →							
	Hex	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
LSB ↓	**0**	**NUL**	**DLE**	**Boşluk**	**0**	**@**	**P**	**`**	**p**
	1	**SOH**	**DC1**	**!**	**1**	**A**	**Q**	**a**	**q**
	2	**STX**	**DC2**	**"**	**2**	**B**	**R**	**b**	**r**
	3	**ETX**	**DC3**	**#**	**3**	**C**	**S**	**c**	**s**
	4	**EOT**	**DC4**	**$**	**4**	**D**	**T**	**d**	**t**
	5	**ENQ**	**NAK**	**%**	**5**	**E**	**U**	**e**	**u**
	6	**ACK**	**SYN**	**&**	**6**	**F**	**V**	**f**	**v**
	7	**BEL**	**ETB**	**'**	**7**	**G**	**W**	**g**	**w**
	8	**BS**	**CAN**	**(**	**8**	**H**	**X**	**h**	**x**
	9	**HT**	**EM**	**)**	**9**	**I**	**Y**	**i**	**y**
	A	**LF**	**SUB**	*****	**:**	**J**	**Z**	**j**	**z**
	B	**VT**	**ESC**	**+**	**;**	**K**	**[**	**k**	**{**
	C	**FF**	**FS**	**,**	**<**	**L**	****	**l**	**|**
	D	**CR**	**GS**	**-**	**=**	**M**	**]**	**m**	**}**
	E	**SO**	**RS**	**.**	**>**	**N**	**^**	**n**	**~**
	F	**SI**	**US**	**/**	**?**	**O**	**_**	**o**	**DEL**

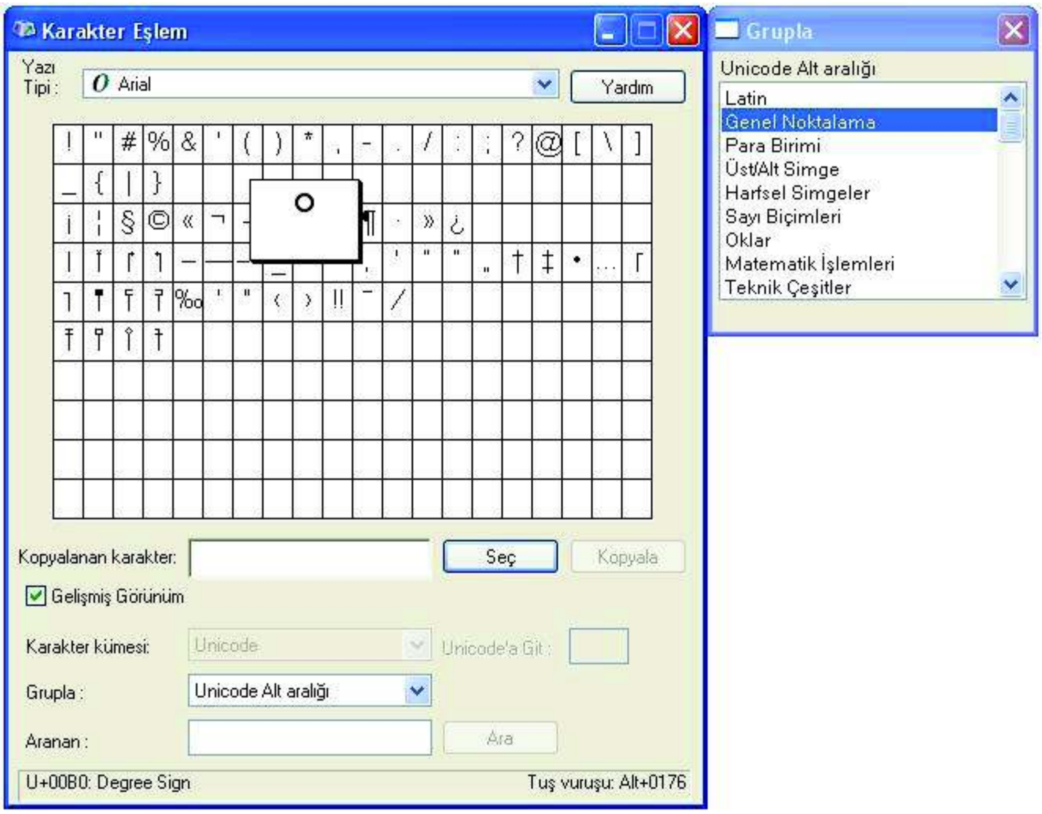
IBM uyumlu bilgisayarlarda EBCDIC (**E**XTENDED **BCD I**NTERCHANGE **C**ODE, Bilgi Değişimi için Genişletilmiş BCD Kodu) karakter kod tabloları kullanılır. Bu gelişmiş karakter kodu, ASCII koduna ek olarak fazladan 128 tane daha karakter kodu içerir ve bilginin yanında değişik uluslara göre özel karakterleri değişir.

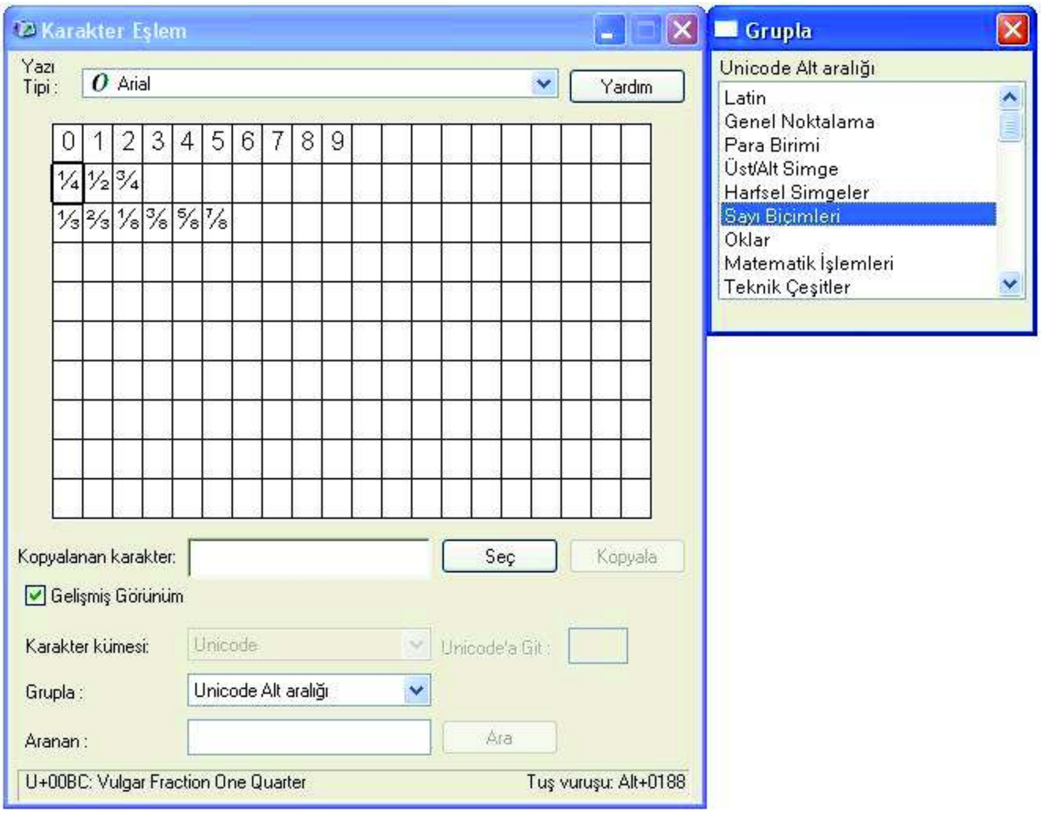
Tablo 2-5 Bir EBCDIC tablosu



Ör : ‘Ğ’ = D0H = 208


Karakter Eşlem
Yazı Tipi : Arial
Yardım
Kopyalanan karakter:
Seç
Kopyala
Gelişmiş Görünüm
Karakter kümesi: Unicode
Unicode'a Git :
Grupla : Unicode Alt aralığı
Aranan :
Ara
U+011E: Latin Büyük Harf G With Breve
Tuş vuruşu: Alt+0208
Grupla
Unicode Alt aralığı
Latin
Genel Noktalama
Para Birimi
Üst/Alt Simge
Harfsel Simgeler
Sayı Biçimleri
Oklar
Matematik İşlemleri
Teknik Çeşitler


Karakter Eşlem
Yazı Tipi : Arial
Yardım
Kopyalanan karakter:
Seç
Kopyala
Gelişmiş Görünüm
Karakter kümesi: Unicode
Unicode'a Git :
Grupla : Unicode Alt aralığı
Aranan :
Ara
U+00B0: Degree Sign
Tuş vuruşu: Alt+0176
Grupla
Unicode Alt aralığı
Latin
Genel Noktalama
Para Birimi
Üst/Alt Simge
Harfsel Simgeler
Sayı Biçimleri
Oklar
Matematik İşlemleri
Teknik Çeşitler

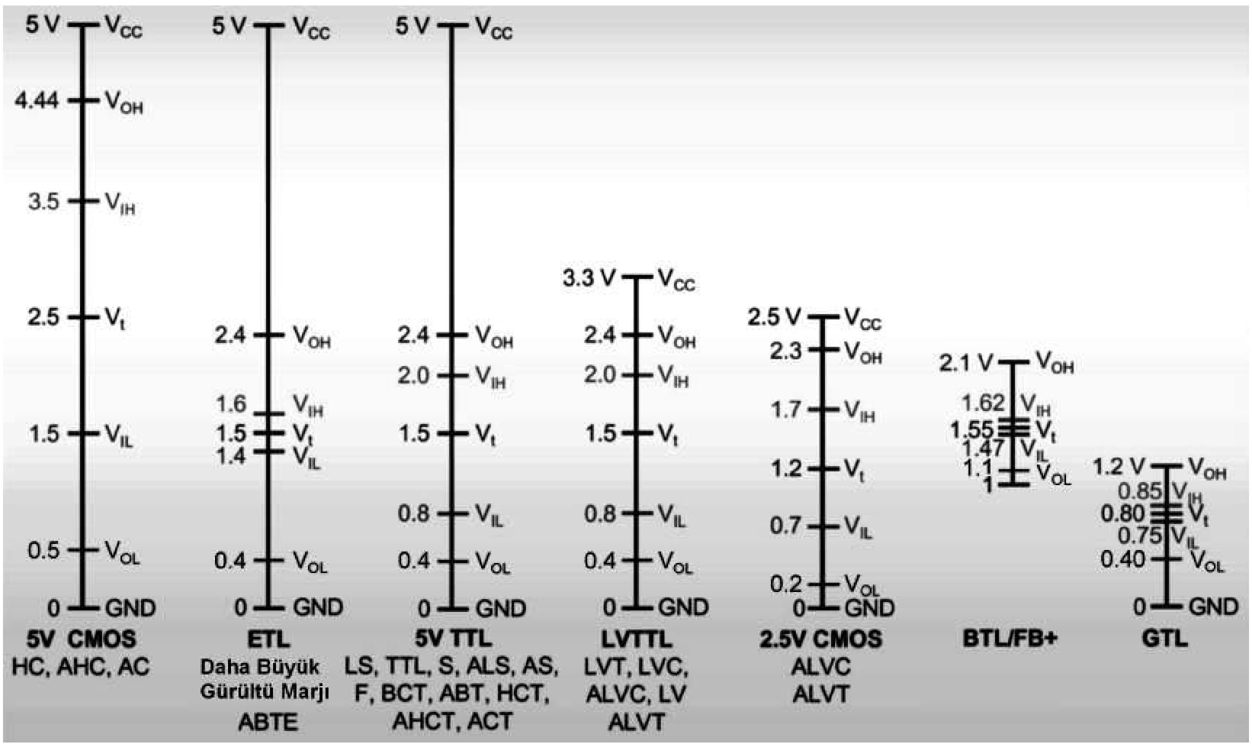

Karakter Eşlem
Yazı Tipi :
Arial
Yardım
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
¼ ½ ¾
⅓ ⅔ ⅛ ⅜ ⅝ ⅞
Kopyalanan karakter:
Seç
Kopyala
Gelişmiş Görünüm
Karakter kümesi:
Unicode
Unicode'a Git :
Grupla :
Unicode Alt aralığı
Aranan :
Ara
U+00BC: Vulgar Fraction One Quarter
Tuş vuruşu: Alt+0188
Grupla
Unicode Alt aralığı
Latin
Genel Noktalama
Para Birimi
Üst/Alt Simge
Harfsel Simgeler
Sayı Biçimleri
Oklar
Matematik İşlemleri
Teknik Çeşitler

3. SAYISAL LOJİK DEVRELER

Tümleştirme Seviyelerine, Üretim teknolojilerine, …
göre gruplara ayrılır.

1. **Küçük Çapta Tümleştirme, 12'den az kapı**
   (Small-Scale Integration, SSI) Lojik kapılar, FF
2. **Orta Çapta Tümleştirme, 12-99 kapı**
   (Medium-Scale Integration, MSI) Yazmaçlar, Sayıcılar
3. **Büyük Çapta Tümleştirme, 100-9.999 kapı**
   (Large-Scale Integration, LSI) Bellekler Aritmetik Lojik İşlem
4. **Çok Büyük Çapta Tümleştirme, 10.000-99.999 kapı**
   (Very Large-Scale Integration, VLSI) Mikrodenetleyiciler
5. **Aşırı Büyük Çapta Tümleştirme, 100.000-999.999 kapı**
   (Ultra Large-Scale Integration, ULSI) İşlemciler, Bellekler
6. **Milyar ölçeğinde Tümleştirme, 1.000.000'dan çok kapı**
   (Giga-Scale Integration, GSI) İşlemciler, Bellekler

3.1. Sayısal Lojik Tümleşik Devre Teknolojisi



Şekil 3-1 Sayısal Tümleşik Devrelerin Lojik Gerilim Seviyeleri

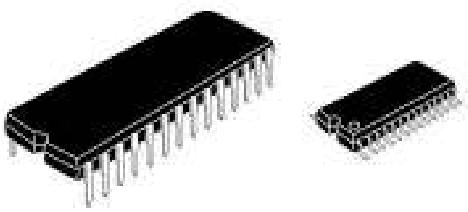
Tablo 3-1 Sayısal Tümleşik Devre Teknolojileri

Lojik Aile	Çıkış Yılı	Teknoloji	Güç Harcaması	Sürme ($-I_{OH}$ / I_{OL})	Çalışma Hızı (ns)	Standart Paket Tipleri	V_{OLP} Gürültü
TTL	1968	Bipolar	Yüksek	-15 / 24	18	DIP, SO	< 0.8 V
S	1974	Bipolar	Yüksek	-15 / 64	9	DIP, SO	< 0.8 V
LS	1976	Bipolar	Orta	-15 / 24	18	DIP, SO	< 0.8 V
ALS	1979	Bipolar	Orta	-15 / 24	10	DIP, SO, SSOP	< 0.8 V
HC/HCT	1975	CMOS	- Düşük	-8 /18	25	DIP, SO	< 1 V
F	1983	Bipolar	+ Yüksek	-15 / 64	6.5	DIP, SO, SSOP	< 0.8 V
AS	1982	Bipolar	+ Yüksek	-15 / 64	6.2	DIP, SO	< 0.8 V
FCT	1986	CMOS	Düşük	-32 / 64	6.5 / 4.8	DIP, SO	> 2 V
BCT	1987	BiCMOS	+ Düşük	-15 / 64	5.5	DIP, SO	< 0.8 V
AC/ACT	1985	CMOS	Düşük	-24 / 24	10	DIP, SO	* > 2 V
ABT	1990	BiCMOS	Düşük	-32 / 64	4.1	DIP, SO, SSOP, TSSOP	< 0.8 V
FCT - T	1991	CMOS	Düşük	-32 / 64	6.5 / 4.8 / 4.1	DIP, SO, SSOP, QSOP	< 1 V
LVT	1992	BiCMOS	- Düşük	-32 / 64	4.2	SO, SSOP, TSSOP	< 0.8 V
LVC / ALVC	1993	CMOS	- - Düşük	-24 / 24	7 / 3.6	SO, SSOP, TSSOP	< 0.8 V
ETL/ABTE	1993	BiCMOS	Düşük	-60 / 90	4.6	SSOP, TSSOP	< 0.8 V
CBT	1994	BiCMOS	Düşük	0	250 ps	SOIC, SSOP, TSSOP	< 0.8 V
AHC/AHCT	1996	CMOS	- Düşük	-8 / 8	8.5	DIP, SOIC, SSOP, TSSOP	< 1 V

3.1.1. Sayısal Tümleşik Devre Üretim Teknolojisi

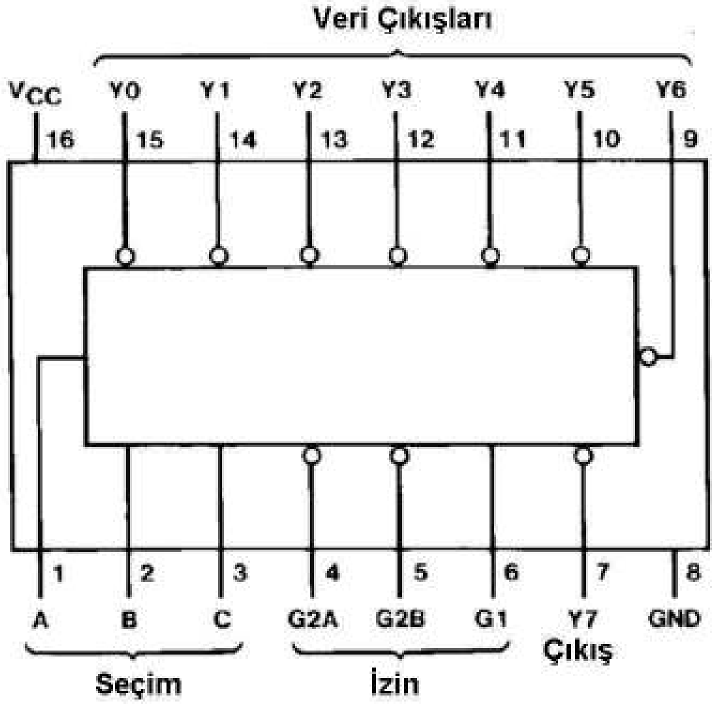
Tümleşik devreler, Şekil 3-2'de görülen işlemler yapılarak üretilirler.

Şekil 3-2 Yarıiletken Yonga Üretim basamakları



Şekil 3-3 Bazı tümleşik devrelerin fiziki görünümleri

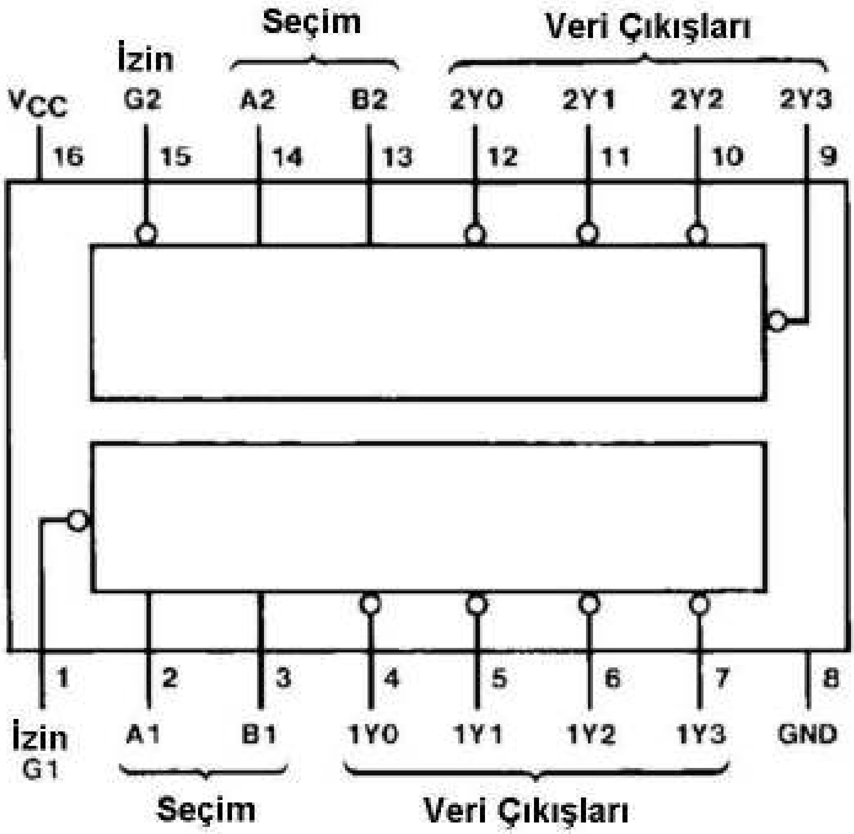
3.1.2. Kod Çözücü Tümleşik Devreleri



Şekil 3-4 74LS138 3'den 8'e İzin Denetimli Kod Çözücü

Girişler					Çıkışlar							
İzin		Seçim										
G1	G2*	C	B	A	YO	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
X	H	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H
H	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
H	L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H
H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H
H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

Tablo 3-2 74LS138 3'den 8'e Kod Çözücünün Çalışma Tablosu



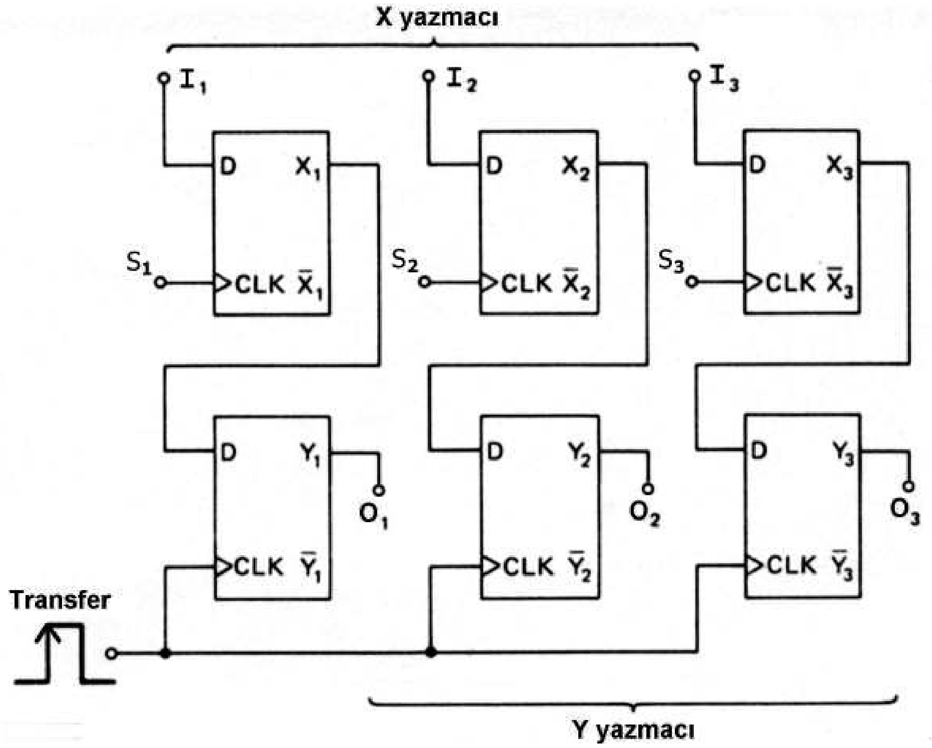
Şekil 3-5 74LS139 Çift 2'den 4'e İzin Denetimli Kod Çözücü

Girişler			Çıkışlar			
İzin	Seçim					
G	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3
H	X	X	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H
L	H	L	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	L

Tablo 3-3 74LS139 Çift 2'den 4'e Kod Çözücünün Çalışma Tablosu

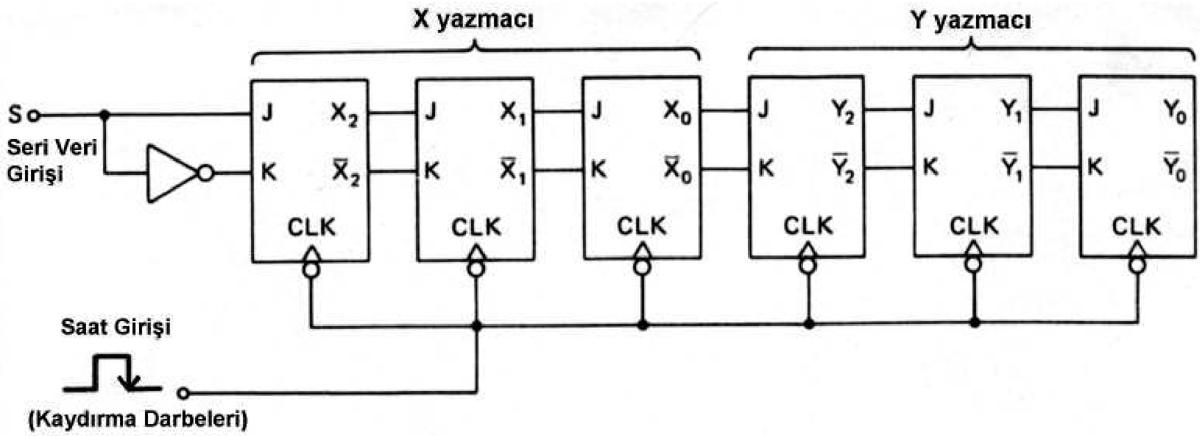
3.2. Yazmaçlar ve Uygulamaları

3.2.1. Paralel Veri Transferi Uygulaması



Şekil 3-6 Paralel Veri Transfer

3.2.2. Seri Veri Transfer Uygulaması

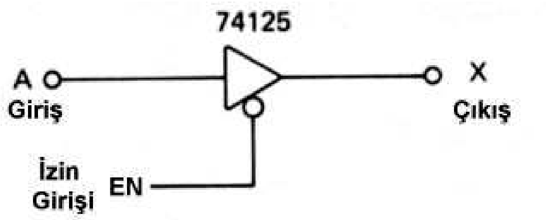


Kaydırma Zamanlaması

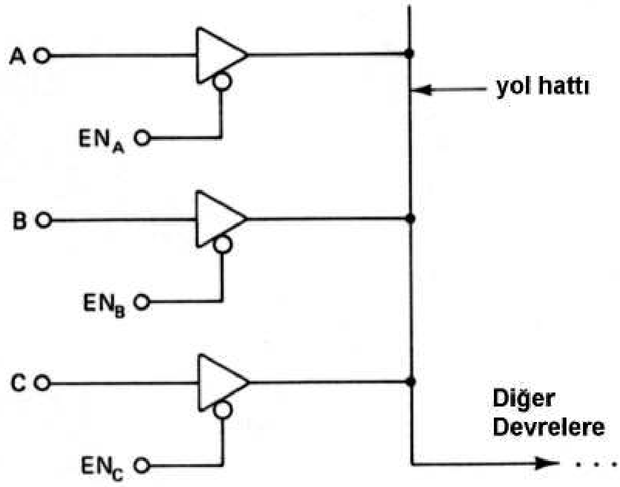
S	X_2	X_1	X_0	Y_2	Y_1	Y_0	
0	1	0	1	0	1	1	(saat darbelerinden önce)
0	0	1	0	1	0	1	(bir saat darbesi sonra)
0	0	0	1	0	1	0	(iki saat darbesi sonra)
0	0	0	0	1	0	1	(üç saat darbesi sonra)

Şekil 3-7 Seri Veri Transferi

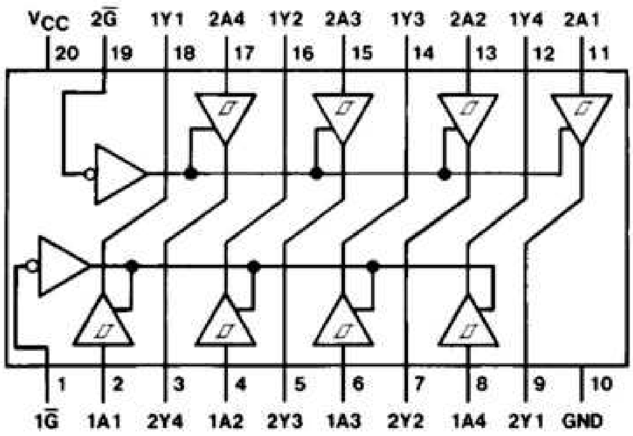
3.3. Veri Yolu Kavramı



Şekil 3-8a 3-durumlu tampon kapısı lojik sembolü



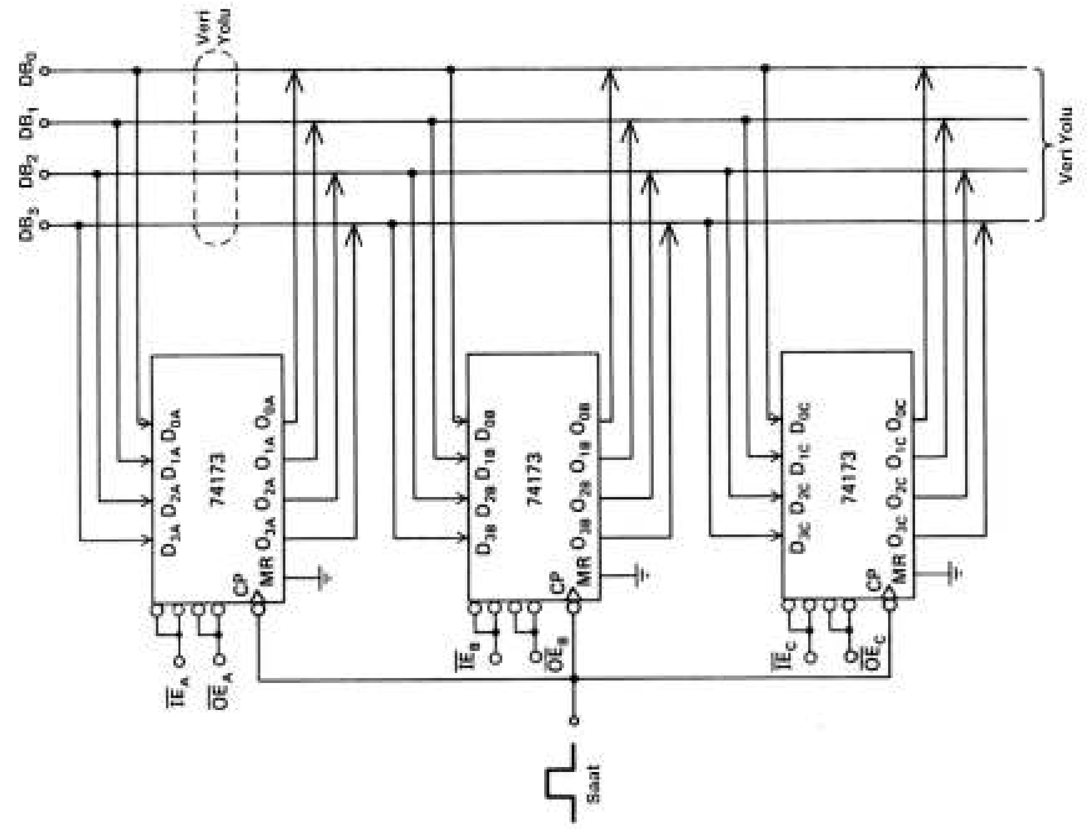
Şekil 3-8b 3-durumlu lojik ile yol oluşturma



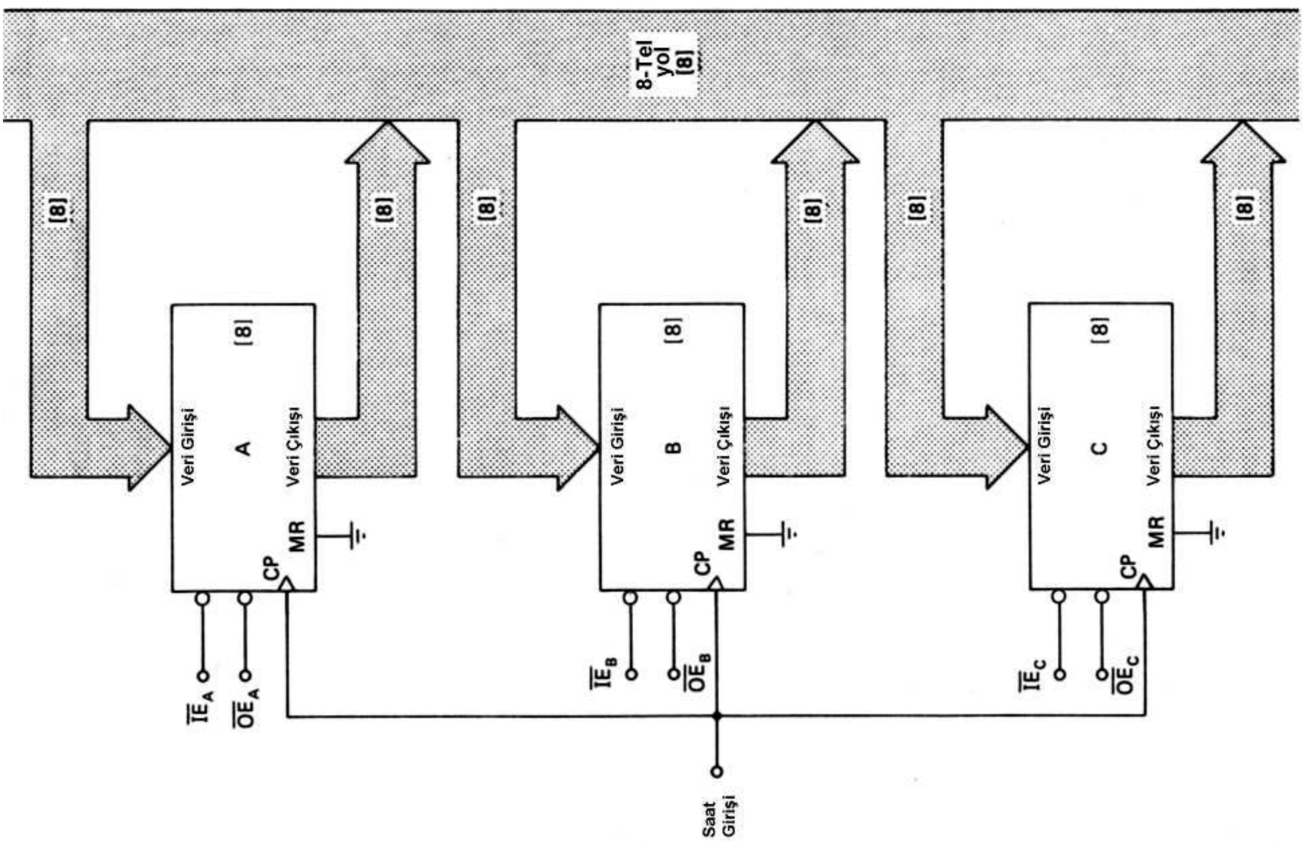
Şekil 3-9 74LS244 Çift 4’lü 3-durumlu Schmitt tetikleyicili tek yönlü tampon kapısı

Tablo 3-4 Çift 4’lü 3-durumlu tek yönlü tampon kapısının çalışma tablosu

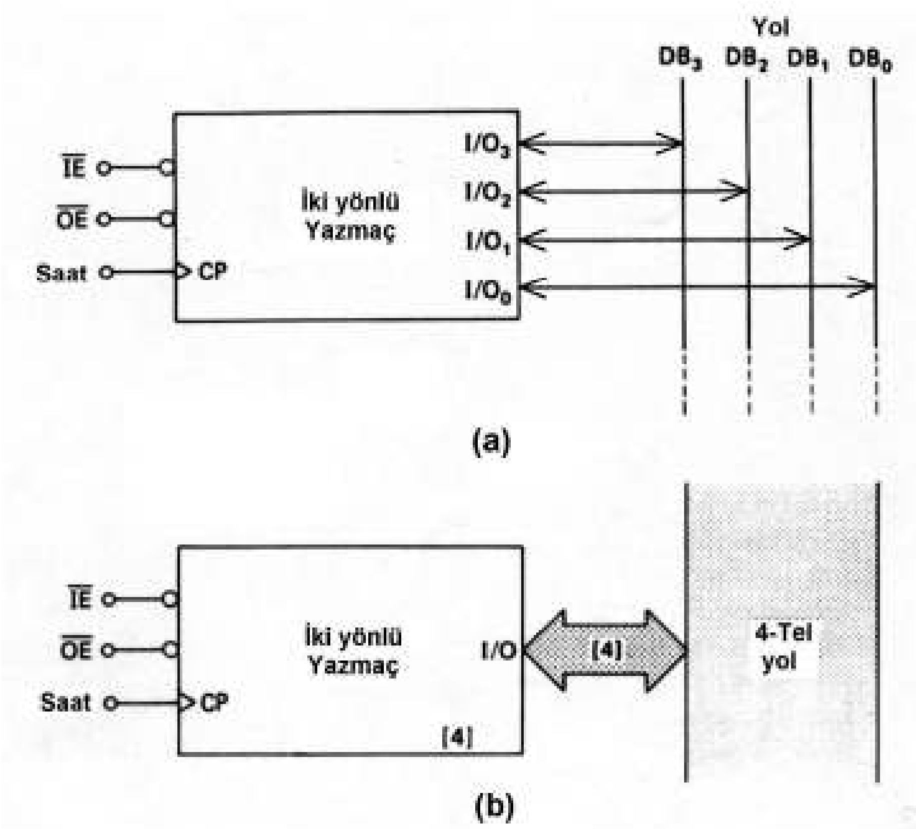
Girişler		Çıkış
$\overline{G}$	A	Y
L	L	L
L	H	H
H	X	Z



Şekil 3-10 3-durumlu yazmaçların veri yoluna bağlanması

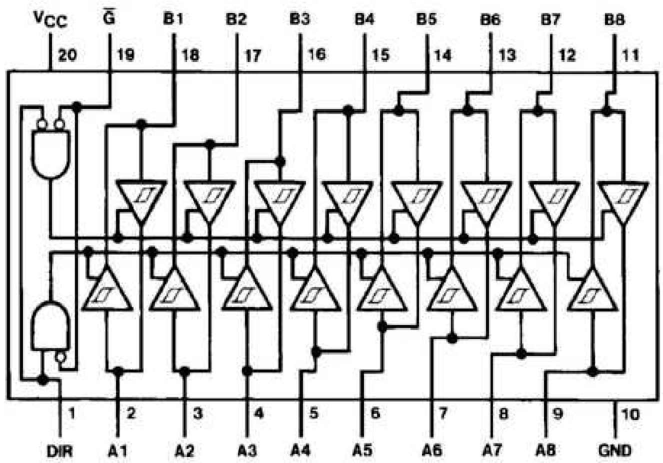


Şekil 3-11 Yol bağlantılarının basitleştirilmiş çizimi



Şekil 3-12 İki yönlü yazmaçlar ve iki yönlü yol kavramı

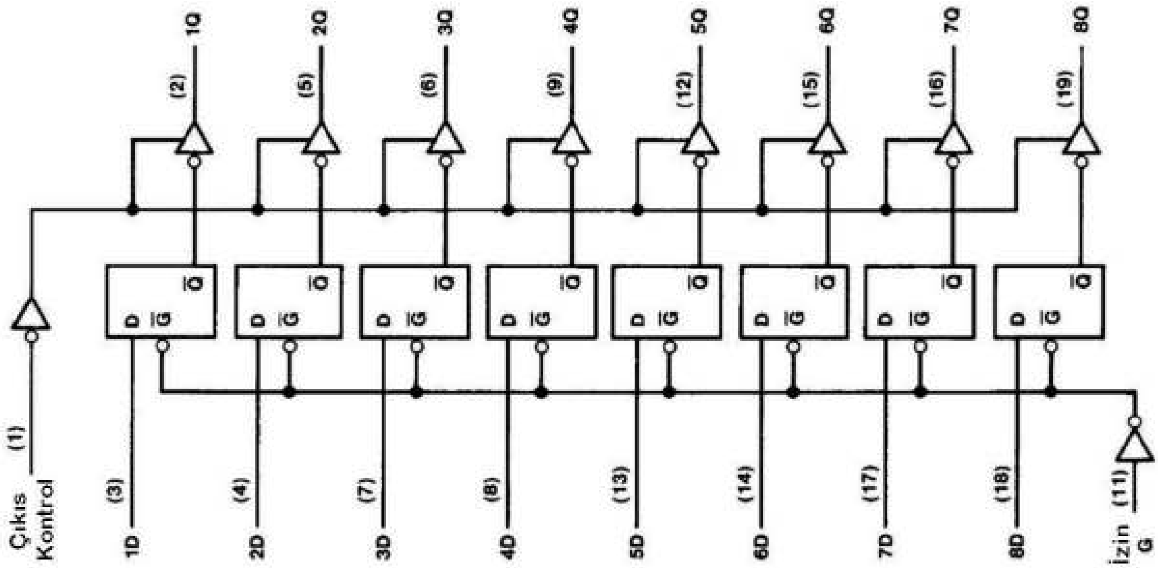
3.3.1. Mikroişlemcili Sistemlerde Kullanılan 3-Durumlu Tümleşik Devreler



Şekil 3-13 74LS245 8'li 3-durumlu Schmitt tetikleyicili iki yönlü tampon kapısı

Tablo 3-5 74LS245 8'li 3-durumlu iki yönlü tampon kapısının çalışma tablosu

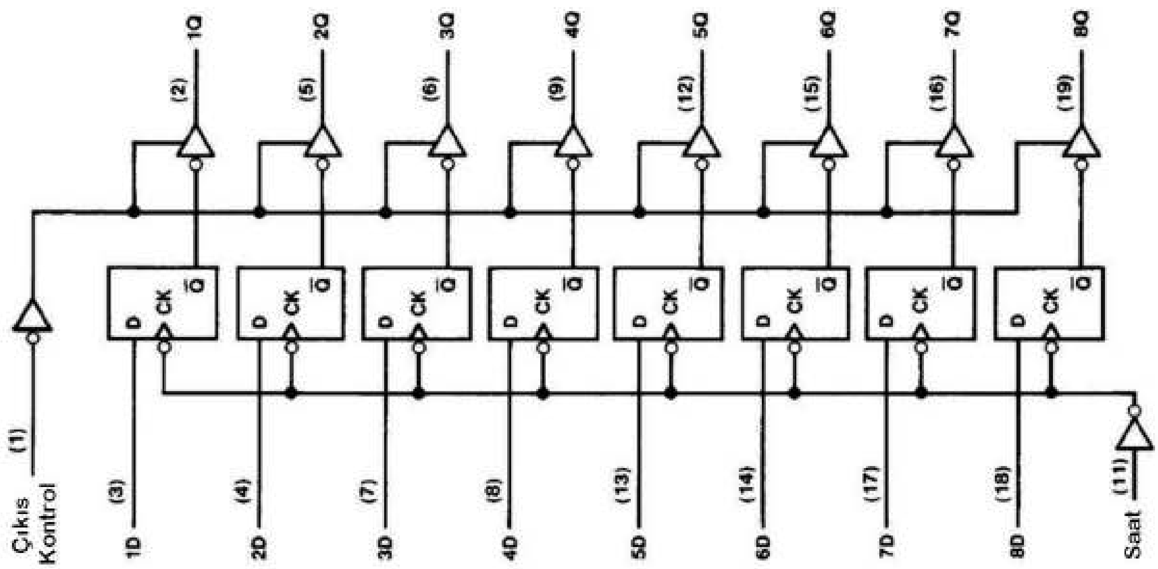
İzin $\overline{G}$	Yön Kontrol DIR	Çalışma
L	L	B veriden A yoluna
L	H	A veriden B yoluna
H	X	izolasyon



Şekil 3-14 8'li 3-durumlu 74373 seviye tetiklemeli saydam tutucu iç yapısı

Tablo 3-6 8'li 3-durumlu 74373 seviye tetiklemeli tutucunun çalışma tablosu

Çıkış Kontrol	İzin G	Giriş D	Çıkış Q
L	H	H	H
L	H	L	L
L	L	X	Q_0
H	X	X	Z

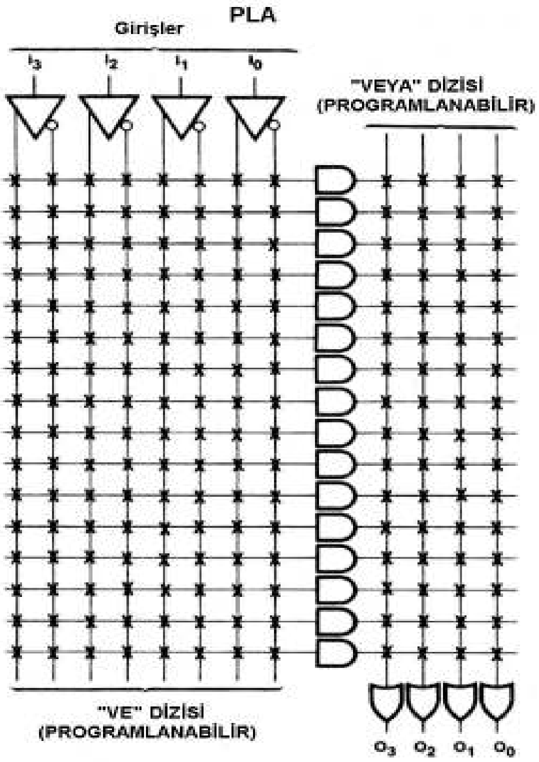


Şekil 3-15 74374 kenar tetiklemeli D tipi FF 'un iç yapısı

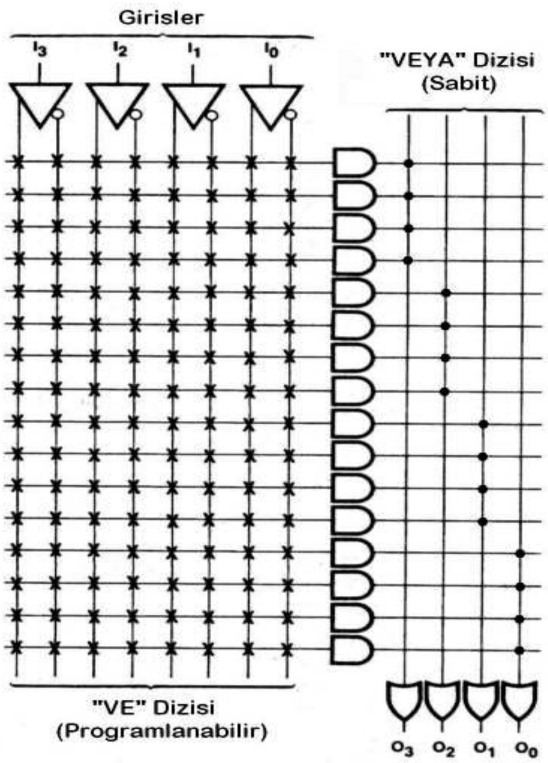
Tablo 3-7 74374 kenar tetiklemeli D tipi FF 'un çalışma tablosu

Çıkış Kontrol	Saat	Giriş D	Çıkış Q
L	↑	H	H
L	↑	L	L
L	L	X	Q_0
H	X	X	Z

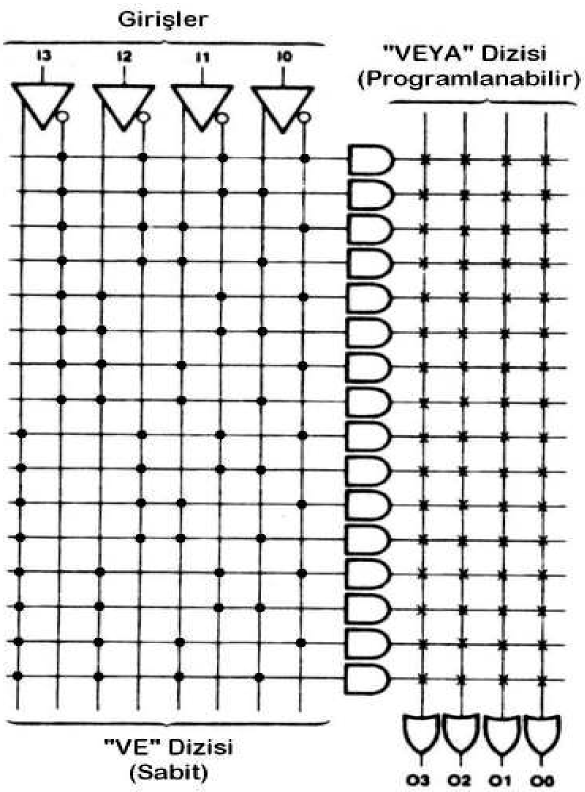
3.4. Programlanabilir Sayısal Lojik Devreler



Şekil 3-16 Programlanabilir Lojik Dizi



Şekil 3-17 Programlanabilir Dizi Lojik

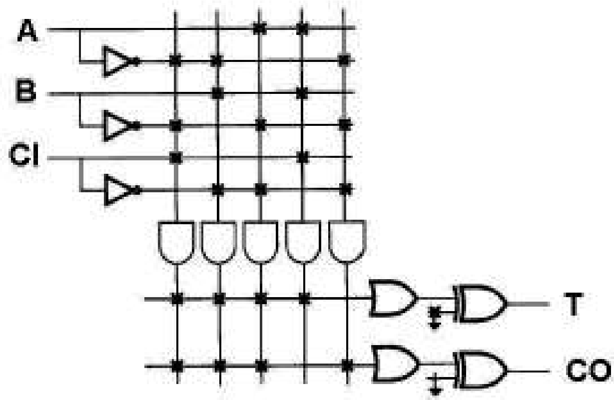


Şekil 3-19 Programlanabilir Lojik Eleman

Tablo 3-8 Programlanabilir lojik devrelerin özellikleri

	VE	VEYA	ÇIKIŞ SEÇENEKLERİ
PROM	Sabit	Prog.	TS, OC
PLA	Prog.	Prog.	TS, OC, Prog. Lojik seviye
PAL	Prog.	Sabit	TS, Saklayıcılı Geribesleme, I/O Prog. Lojik seviye

T = /A*/B*CI + /A*B*/CI + A*/B*/CI + A*B*CI
CO = A*/B*CI + A*B*CI + A*B*/CI + /A*B*CI
/CO = /A*/B*CI + /A*B*/CI + A*/B*/CI + /A*/B*/CI



Şekil 3-18 PLA ile tam toplayıcı tasarımı