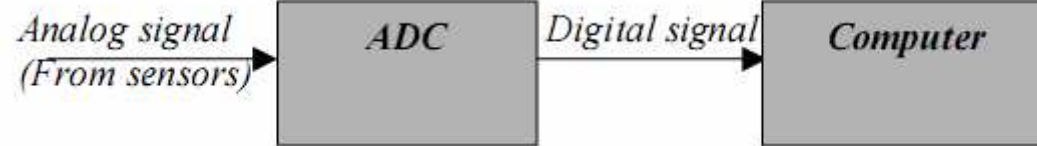


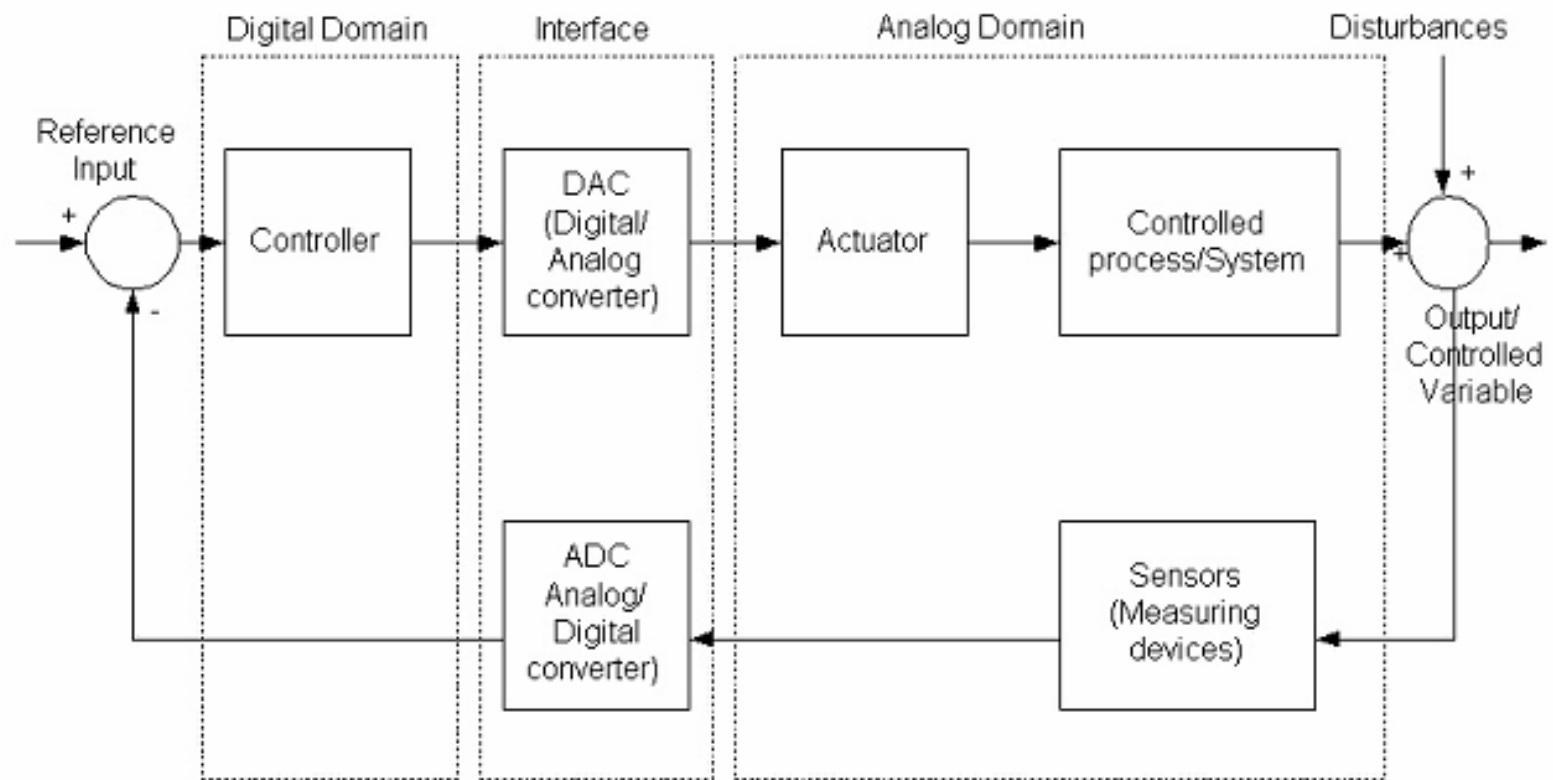
İŞARET İŞLEME (SIGNAL PROCESSING)

Modern ölçme sistemlerinde İşaret İşleme bloğunun yerini çoğunlukla bir PC almıştır.

Söz konusu bloğun en önemli fonksiyonu, ölçülen fiziksel büyüklük elektriksel işarete dönüştürüldükten sonra, **analog formdaki işareti sayısal forma çevirmektir.**

Böylelikle analog formdaki işaret, bir PC veya bir denetleyici ya da işlemci tarafından işlenebilecek hale dönüştürülmüş olur.





Block diagram of a typical closed-loop control system with various components

Daqtutorial.pdf from www.ni.com

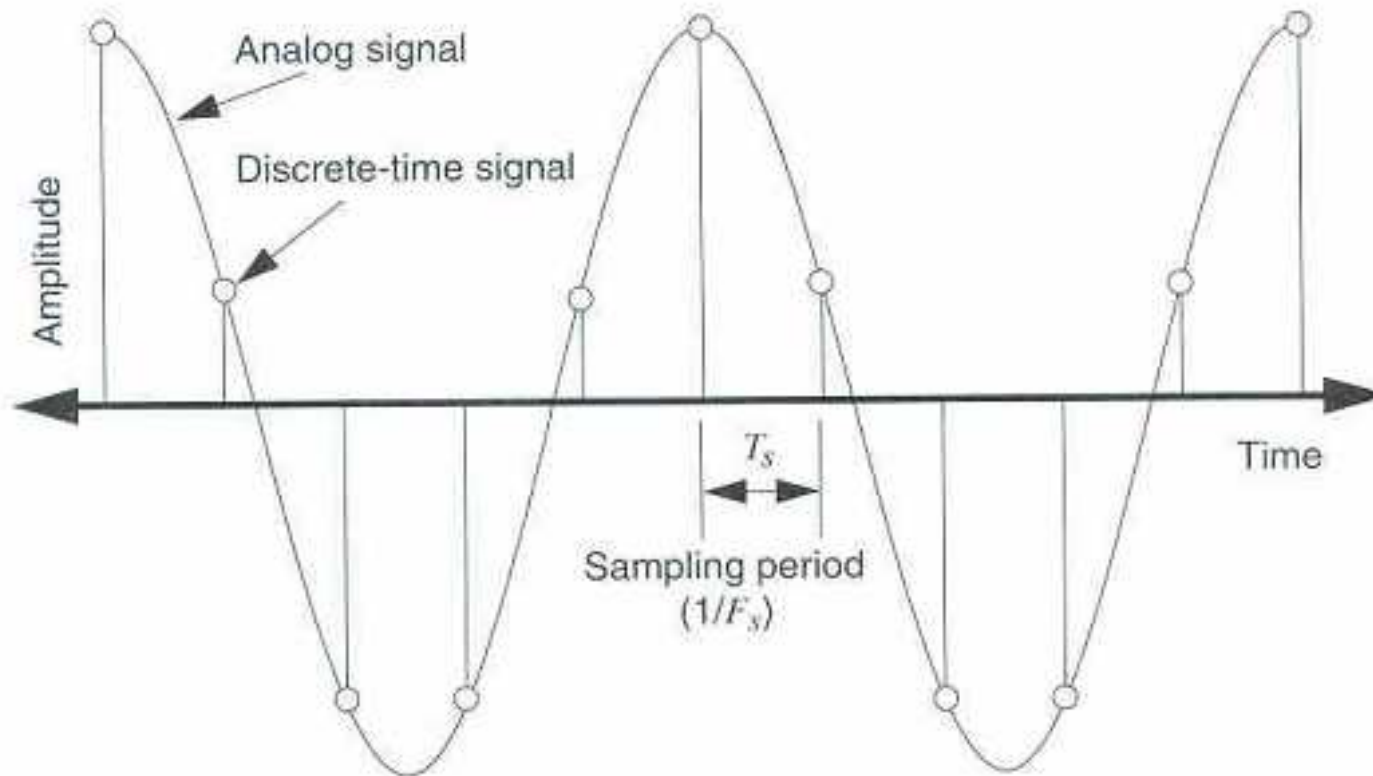
Sayısal-Analog çevrimde üç önemli kavram vardır:

- ✓ **Örnekleme (*sampling*)**
- ✓ **Basamaklandırma (*Quantisation*)**
- ✓ **Kodlama (*Encoding*)**

Örnekleme

- Zamanda sürekli olan bir işaret, ΔT aralıklarla N adet örnek alınarak zamanda ayırık olarak temsil edilebilir.
- Nyquist örnekleme teoremine göre sürekli formdaki bir işaret, en azından işaretin içinde yer alan en yüksek frekansın 2 katı değerindeki bir frekansla örneklenmelidir.

$$f_s \geq 2f_{\max}$$



Basamaklandırma

- Belli aralıklarla örneklenmiş ayırık işaretlerin genliğini y_i olarak isimlendirirsek, bu değer y_{min} den y_{max} a kadar olan aralıkta herhangi bir değer alabilir.

$$V_0 = y_{min}$$

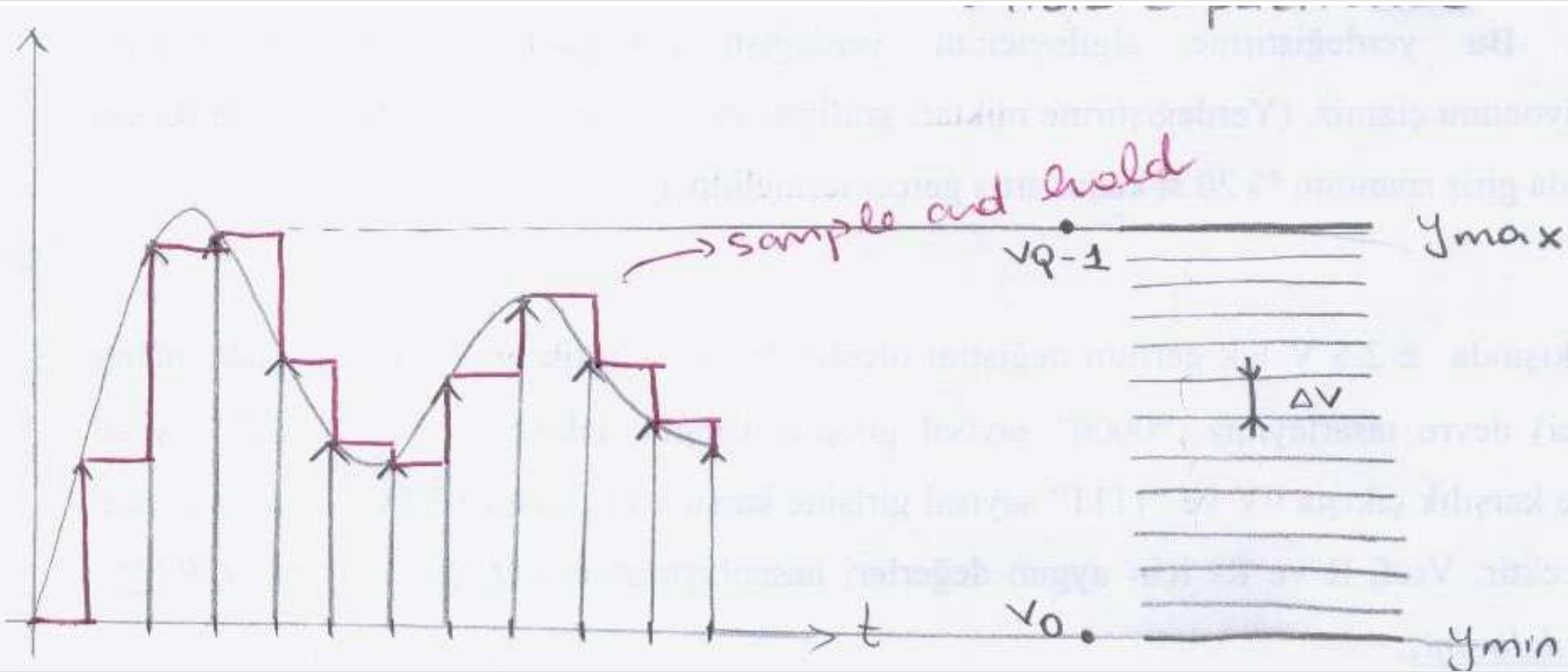
$$V_{Q-1} = y_{max}$$

- İşaretten Q adet örnek elde edilecek ise, burada Q-1 tane aralık oluşacaktır. Buna göre aralık değeri

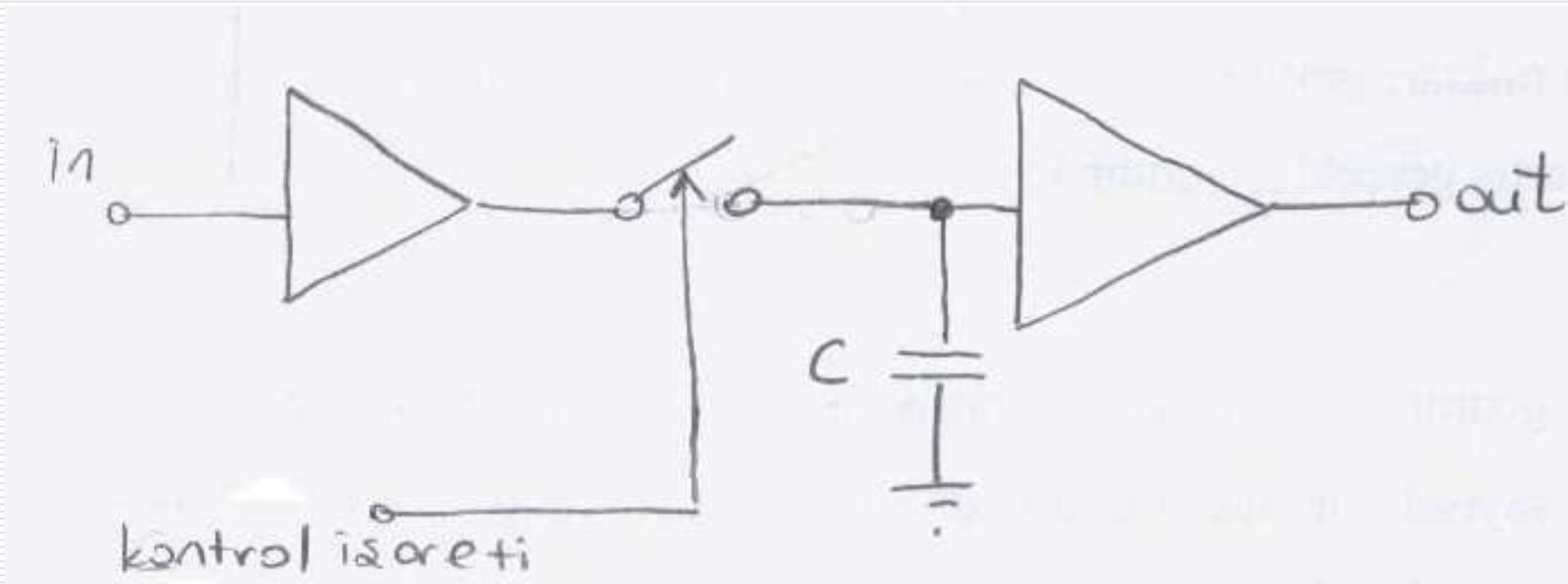
$$\Delta V = \frac{y_{max} - y_{min}}{Q - 1}$$

olur.

Bu işlemde örneklenmiş gerilim değerleri bir üst adım değerine ya da bir alt adım değerine yuvarlanır.

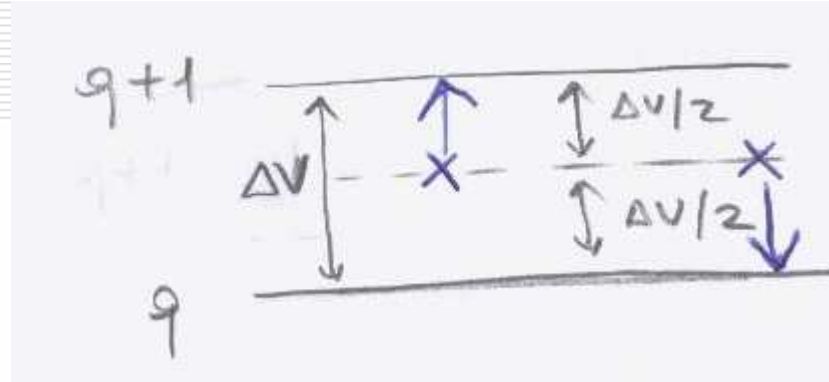


Sample and Hold (Örnekle ve Tut)



Basamaklandırma Hatası

$$e_q = V_q - y_i$$



Maksimum niceliklendirme yüzde hata değeri aşağıdaki hesaplanır:

$$e_{q \text{ max}} = \pm \frac{\Delta V}{2(y_{\text{max}} - y_{\text{min}})} \times \%100 = \pm \frac{100}{2(Q - 1)}$$

Q onlu sayı sistemindeki rakamı kodlamak için gerekli bit sayısı n olarak düşünürsek, n aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$Q = 2^n$$

ya da

$$n = \log_2 Q = \frac{\log_{10} Q}{\log_{10} 2}$$

Örnek: 200 adet örnek alınmış işareti kodlamak için kaç bit gerekir?

$$Q = 200$$

$$n = \frac{\log_{10} 200}{\log_{10} 2} = \frac{2,301}{0,301} = 7,64$$

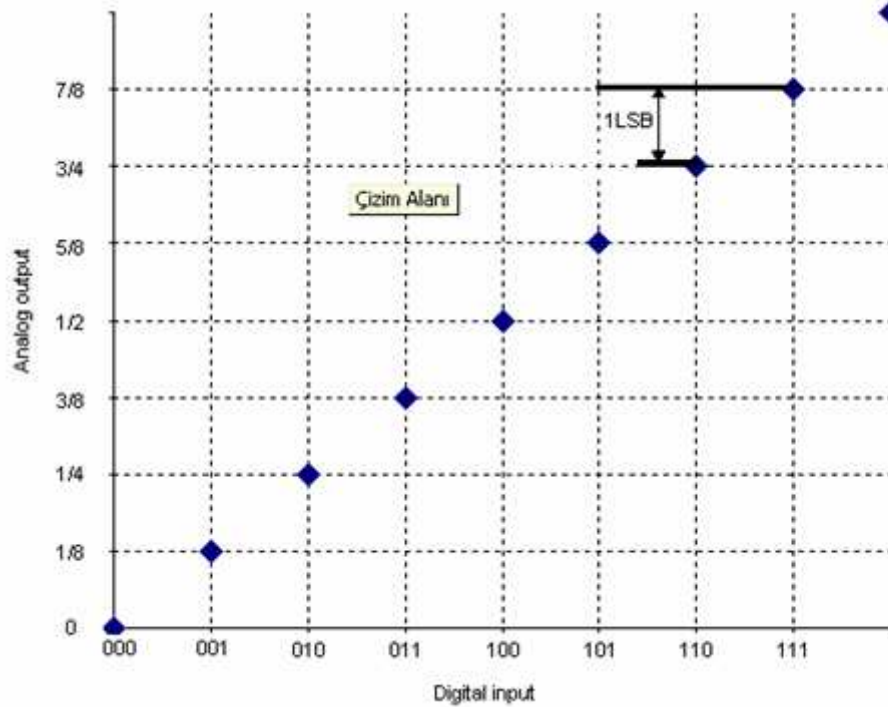
n sayısı bir tamsayı olmalıdır. Dolayısıyla burada n sayısı 8 olarak alınır. Ancak 8 basamaklı ikili kodla oluşacak örnekleme adedi

$$Q = 2^8 = 256 \text{ olacaktır.}$$

Bu durumda maksimum niceliklendirme yüzde hata değeri

$$\pm \frac{100}{2(256 - 1)} = \pm 0,196 \text{ olur.}$$

3-bitlik ideal bir D/A çevirici için sayısal giriş-analog çıkış ilişkisi



3 bitlik Sayısal kod	Analog çıkış (Volt)
000	0
001	-1,25
010	-2,5
011	-3,75
100	-5
101	-6,25
110	-7,5
111	-8,75

DaqBoard/2000 Series

16-Bit, 200-kHz PCI Data Acquisition DaqBoards with DBK Signal Conditioning Support



Key Highlights

- ✓ 16-bit, 200-kHz A/D converter
- ✓ 8 differential or 16 single-ended analog inputs
- ✓ Expandable up to 256 analog input channels
- ✓ Up to four boards can be installed into one PC
- ✓ DMA bus mastering for synchronous analog I/O, digital I/O, and counter inputs
- ✓ Trigger modes include analog, digital and software, with $<5 \mu\text{s}$ latency
- ✓ Up to four 16-bit, 100-kHz analog outputs
- ✓ 40 digital I/O lines, expandable up to 272 lines
- ✓ Four counter/pulse input channels
- ✓ Two timer/pulse output channels
- ✓ Support for DBK signal conditioning options

Software

- ✓ Includes DaqView *Out-of-the-Box* software application for effortless data logging and analysis
 - ✓ Comprehensive drivers for DASyLab®, LabVIEW®, and MATLAB®
 - ✓ **Supported Operating Systems:** Windows 2000®, Windows Vista® x86 (32-bit), Windows XP®
-

Prices shown are in U.S. dollars for orders placed within the U.S. For international orders, please contact one of our [distributors in your area](#).

DaqBoard/2000	PCI data acquisition board, 200-kHz with 16SE/8DE inputs, 40 DIO, 4 CTR, 2 analog outputs	\$799.00	<input type="text"/>	Add to cart
DaqBoard/2001	PCI data acquisition board, 200-kHz with 16SE/8DE inputs, 40 DIO, 4 CTR, 4 analog outputs	\$1,149.00	<input type="text"/>	Add to cart
DaqBoard/2005	PCI data acquisition board, 200-kHz with 16SE/8DE inputs, 40 DIO, 4 CTR	\$689.00	<input type="text"/>	Add to cart
<i>Signal Conditioning Options</i>				
DBK1	16-connector BNC interface module + More Options...	\$419.00	<input type="text"/>	Add to cart

ÖRNEK 2:

Sayısal-analog bir çeviricide çıkışın 0,04 V adım aralığında değişmesi için DAC kaç bitlik olmalıdır? (Referans gerilimini 10 V olarak alınız.)

$$\Delta V = V_{\text{ref}} * 2^{-N}$$

$$0,04 = 10 * 2^{-N}$$

$$\log(0,04) = \log(10 * 2^{-N})$$

$$\log(0,04) = \log 10 - N \log 2$$

$$N = \frac{\log 10 - \log 0,04}{\log 2}$$

$$N = 7,69$$

N, 8 bit olarak alınabilir.

DAC

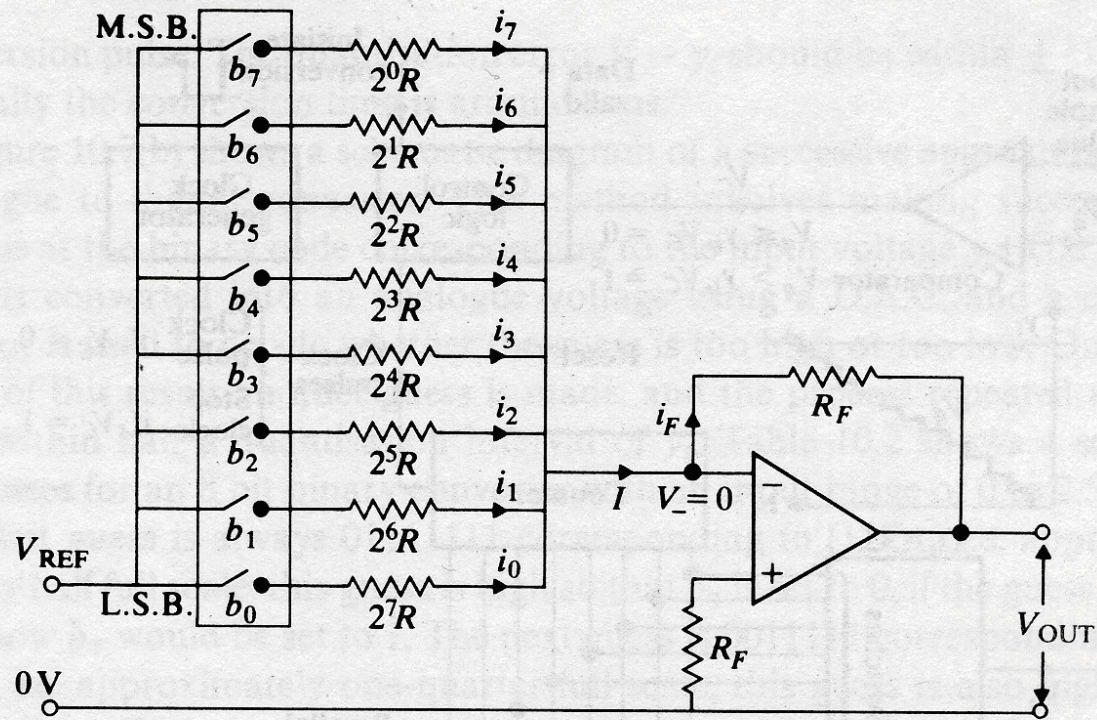
Sayısal veriler analog verilere çevrilirken, belli oranlarda kazançlara sahip girişler "0" veya "1" seviyelerine anahtarlansarak, bu değerler toplanır.

Bu tekniğe ***binary -weighting of switched analog level*** ismi verilir. (Analog verilerin ikili sayı sisteminde ağırlıklandırılması tekniği)

BINARY WEIGHTED RESISTOR NETWORK

(binary weighting of switched analog level)

241



$b_i = 1$ - switch closed , $b_i = 0$ - switch open

$$i_f = I = i_7 + i_6 + i_5 + \dots + i_1 + i_0$$

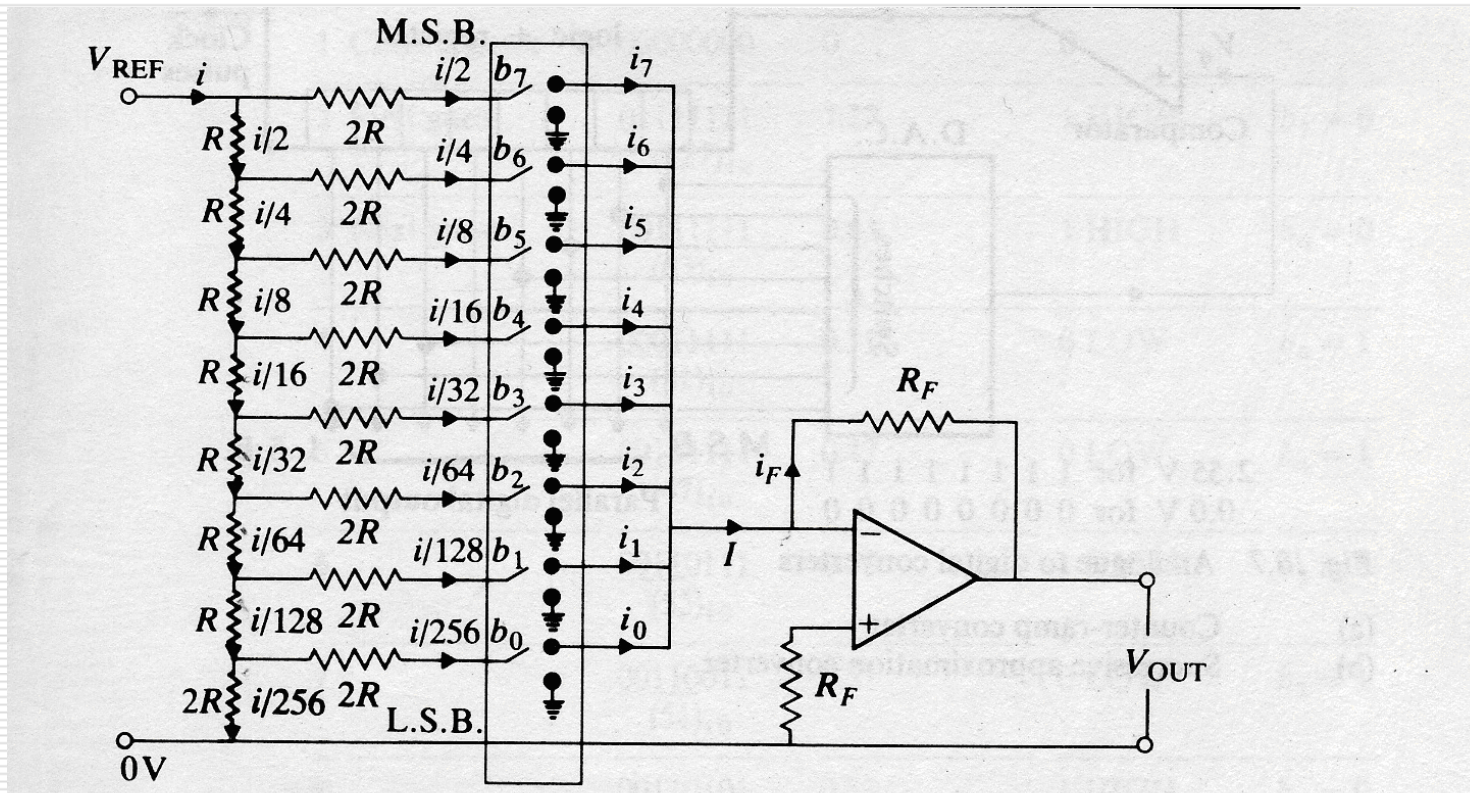
$$\text{but } i_f = \frac{0 - V_{OUT}}{R_f}$$

$$\text{i.e. } V_{OUT} = -R_f (i_7 + i_6 + i_5 + \dots + i_1 + i_0)$$

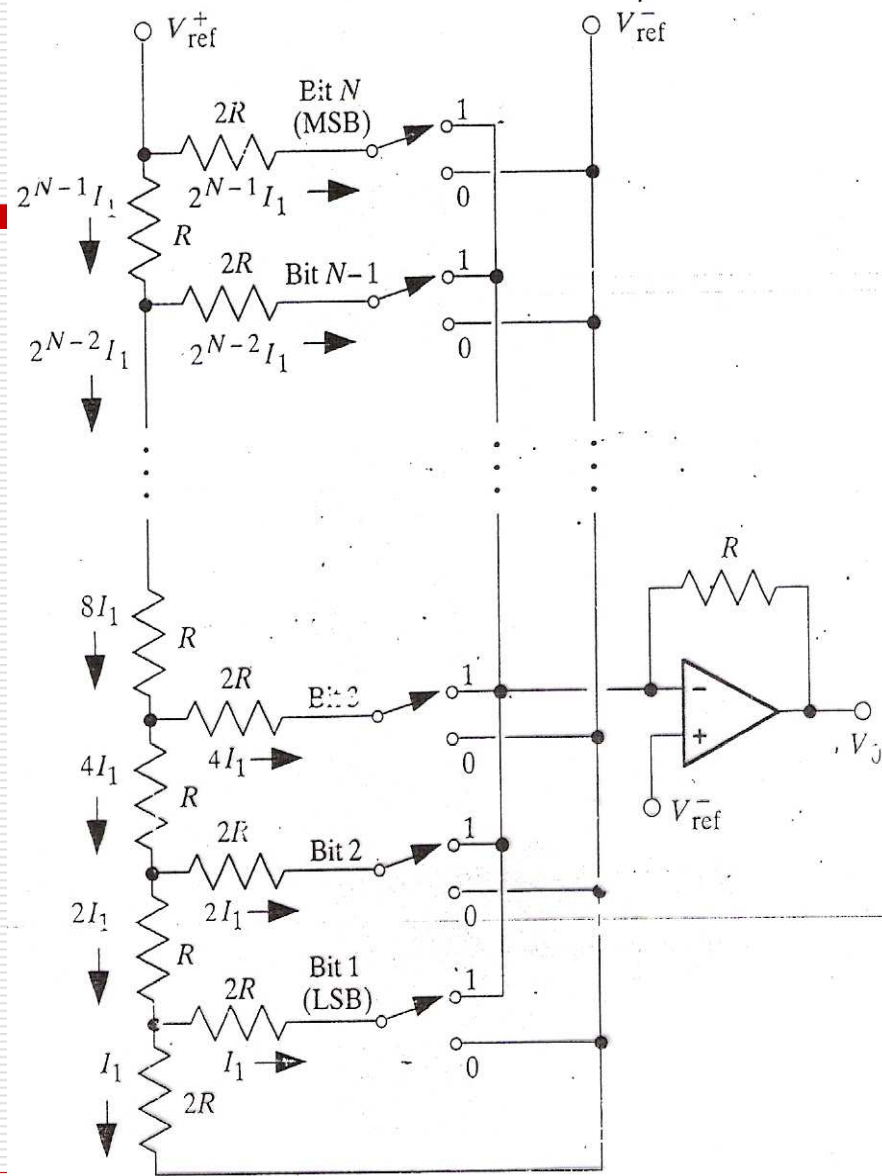
$$i_7 = \frac{V_{REF}}{2^0 R} b_7 \cdot i_6 = \frac{V_{REF}}{2^1 R} b_6 \cdot \dots \cdot i_1 = \frac{V_{REF}}{2^6 R} b_1 \cdot i_0 = \frac{V_{REF}}{2^7 R} b_0$$

$$V_{OUT} = -\frac{R_f}{R} V_{REF} \left[\frac{b_7}{2^0} + \frac{b_6}{2^1} + \frac{b_5}{2^2} + \dots + \frac{b_1}{2^6} + \frac{b_0}{2^7} \right]$$

R-2R LADDER NETWORK



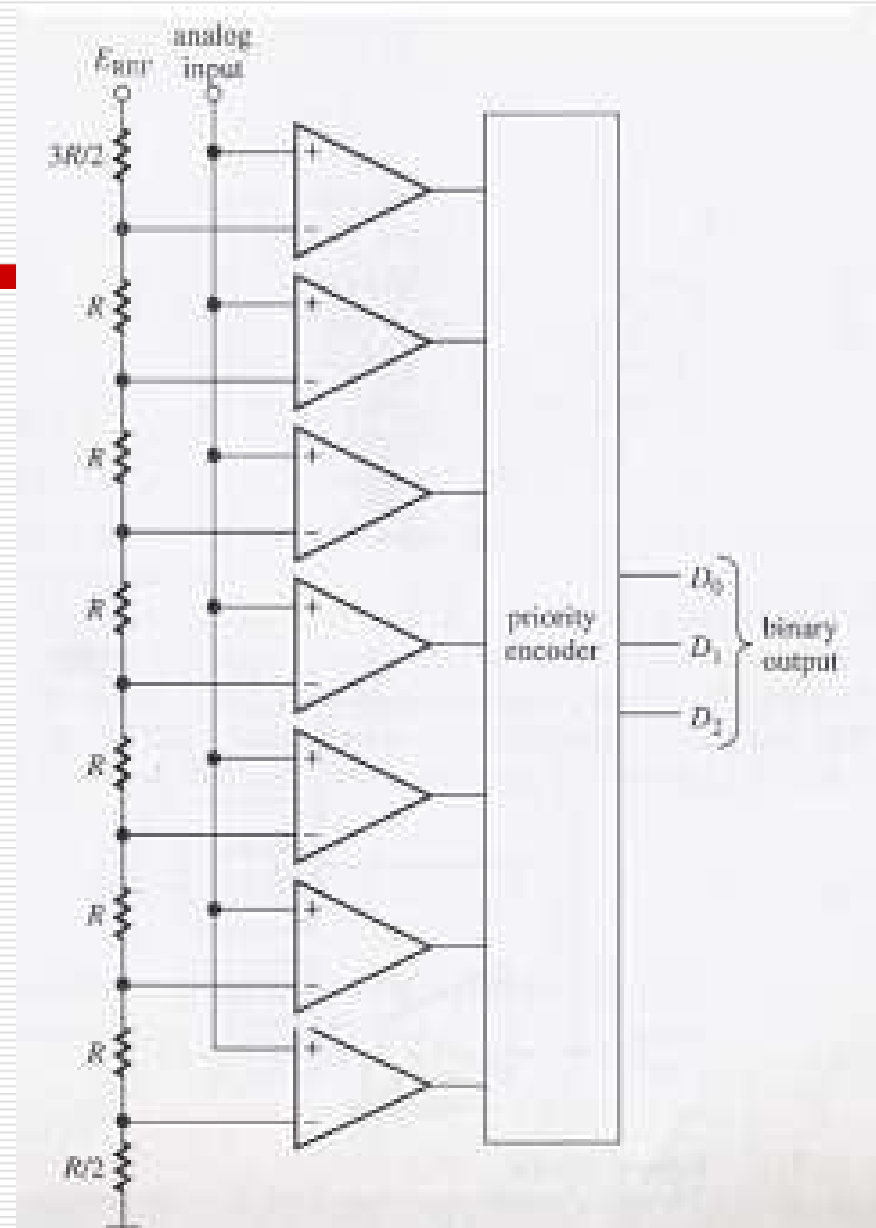
Digital-to-Analog Converter Circuits



$$b_i = 1 - \text{switch up} \quad b_i = 0 - \text{switch down}$$
$$i_7 = i/2 b_7, i_6 = i/4 b_6, i_5 = i/8 b_5, \dots, i_1 = i/128 b_1, i_0 = i/256 b_0$$
$$V_{\text{OUT}} = \frac{-R_F i}{2} \left[\frac{b_7}{2^0} + \frac{b_6}{2^1} + \frac{b_5}{2^2} + \dots + \frac{b_1}{2^6} + \frac{b_0}{2^7} \right]$$

Flash ADC

□ 3-bit ADC



Flash ADC

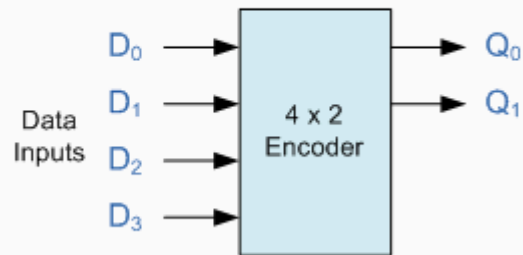
- Ref gerilimi her biri eşit ($2^n - 1$) değer aralığına bölünmüş bir gerilim bölücüye uygulanır.
- Her bir seviye, analog giriş ile karşılaştırılır.
- Eğer karşılaştırıcının girişine uygulanan analog giriş, referans değerine göre büyükse, çıkış "high" olur.

Priority Encoders

- Her bir karşılaştırıcının çıkışı bir öncelikli kodlayıcıya uygulanır.
- **Öncelikli kodlayıcılar**, birçok sayısal giriş için çıkışında olabilecek en az sayıda çıkış üreten mantıksal devre elemanlarıdır.

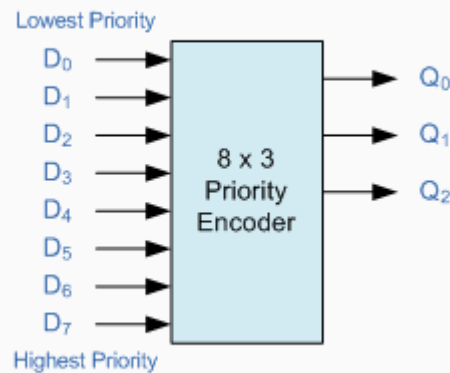
2^n tane giriş \rightarrow n tane çıkış

4-to-2 Bit Binary Encoder



Inputs				Outputs	
D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	Q ₁	Q ₀
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	0	1	1
0	0	0	0	x	x

8-to-3 Bit Priority Encoder



Inputs								Outputs		
D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	Q ₂	Q ₁	Q ₀
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	x	0	0	1
0	0	0	0	0	1	x	x	0	1	0
0	0	0	0	1	x	x	x	0	1	1
0	0	0	1	x	x	x	x	1	0	0
0	0	1	x	x	x	x	x	1	0	1
0	1	x	x	x	x	x	x	1	1	0
1	x	x	x	x	x	x	x	1	1	1

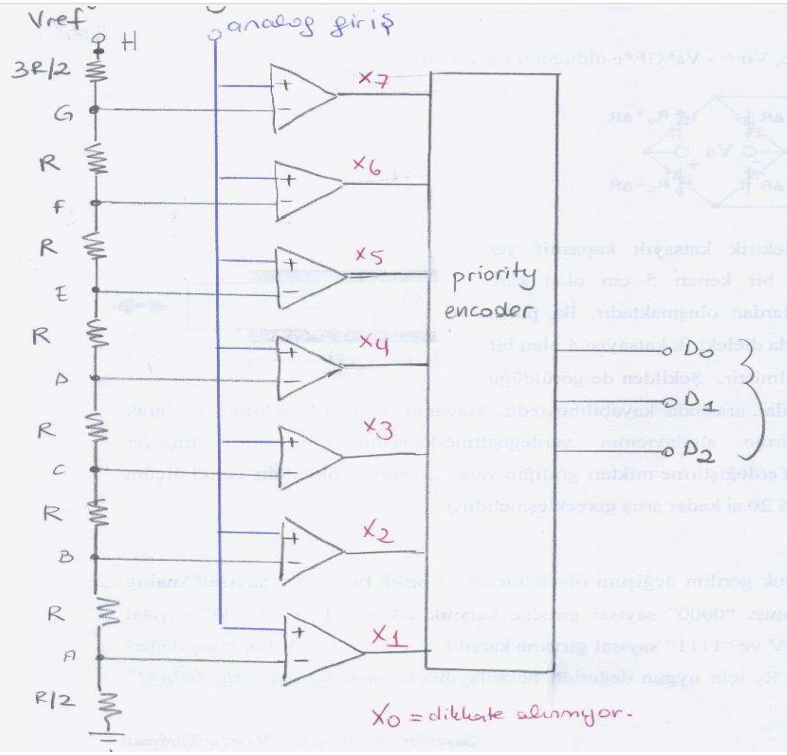
X = dont care

Priority Encoders

4-2 Öncelikli Kodlayıcı

I_3	I_2	I_1	I_0	O_1	O_2
0	0	0	X	0	0
0	0	1	X	0	1
0	1	X	X	1	0
1	X	X	X	1	1

x7	x6	x5	x4	x3	x2	x1	x0	y2	y1	y0
1	x	x	x	x	x	x	x	1	1	1
0	1	x	x	x	x	x	x	1	1	0
0	0	1	x	x	x	x	x	1	0	0
0	0	0	1	x	x	x	x	0	1	1
0	0	0	0	1	x	x	x	0	1	0
0	0	0	0	0	1	x	x	0	0	1
0	0	0	0	0	0	1	x	0	0	0



$V_{ref} = 5V$ ise

$$V_A = \frac{V_{ref}}{8R} \times \frac{R}{2} = \frac{1}{16} V_{ref} = 0,312V$$

$$V_B = \frac{V_{ref}}{8R} \times \left(\frac{R}{2} + \frac{R}{2} \right) = \frac{V_{ref}}{8R} \times \frac{3R}{2} = \frac{3}{16} V_{ref} = 0,937V$$

$$V_C = \frac{V_{ref}}{8R} \times \left(\frac{3R}{2} + \frac{2R}{2} \right) = \frac{V_{ref}}{8R} \times \frac{5R}{2} = \frac{5}{16} V_{ref} = 1,562V$$

$$V_D = \frac{V_{ref}}{8R} \times \left(\frac{5R}{2} + \frac{2R}{2} \right) = \frac{V_{ref}}{8R} \times \frac{7R}{2} = \frac{7}{16} V_{ref} = 2,187V$$

$$V_E = \frac{9}{16} V_{ref} = 2,812V$$

$$V_F = \frac{11}{16} V_{ref} = 3,43V$$

$$V_G = \frac{V_{ref}}{8R} \cdot \left(\frac{6R}{2} + \frac{R}{2} \right) = \frac{V_{ref}}{8R} \cdot \frac{13R}{2} = \frac{13}{16} V_{ref} = 4,06V$$

$$V_H = \frac{V_{ref}}{8R} \times \left(\frac{13R}{2} + \frac{3R}{2} \right) = \frac{V_{ref}}{8R} \cdot \frac{16R}{2} \Rightarrow V_H = V_{ref} // 5V$$

$R_{total} = \frac{3R}{2} + \frac{6R}{1} + \frac{R}{2} = \frac{3R}{2} + \frac{12R}{2} + \frac{R}{2} = \frac{16R}{2} = 8R //$

$\Delta V = 0,625V$

Örnek

- $V_{ref}=5V$ ve $A_I=3.5 V$ ise ADC çıkışındaki sayısal kodu yazınız.