

SAYISAL TASARIM

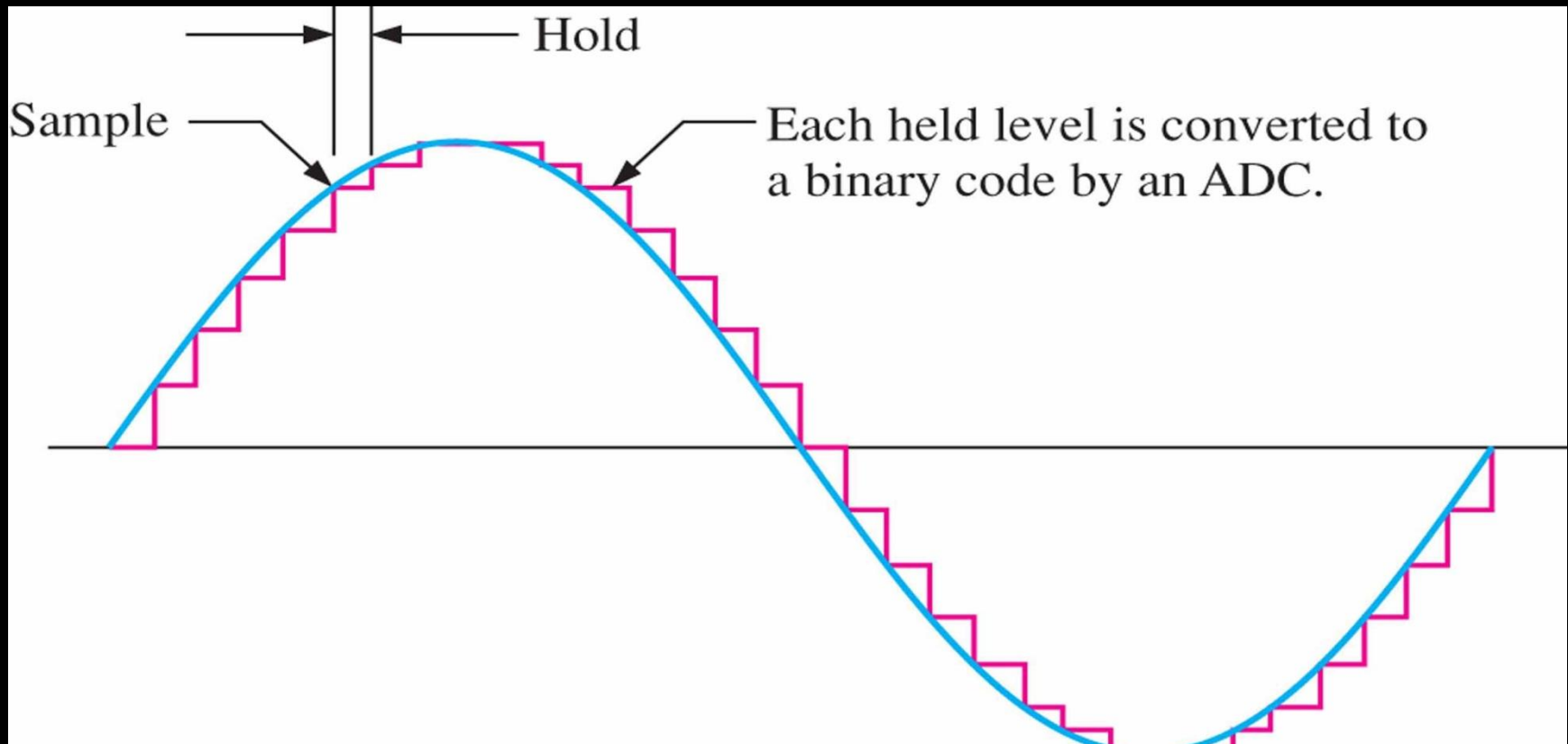
Ege Üniversitesi Ege MYO
Mekatronik Programı

BÖLÜM 6

DAC, Sayısal Analog Dönüştürücüler

DAC Sayısal Analog Dönüştürücüler

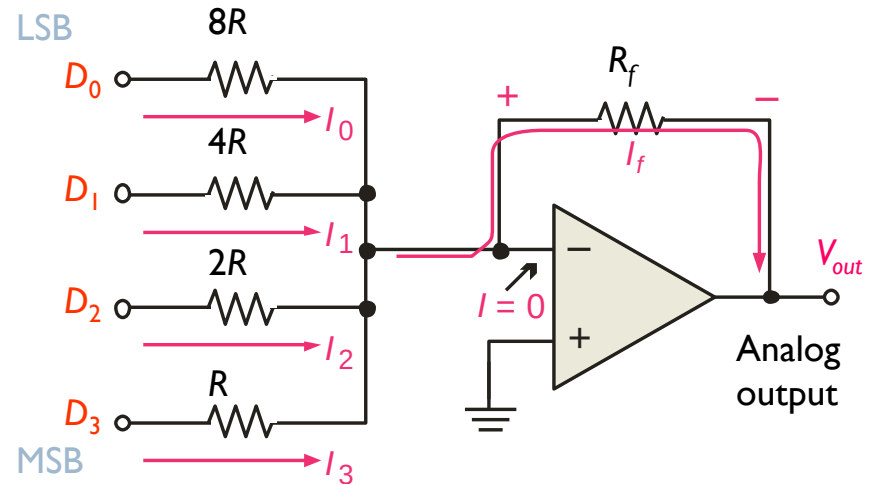
Analog sayısal dönüşümün tersini gerçekleyen elemanlara sayısal analog dönüştürücüler adı verilir. Kısaca SAD veya ingilizce kısaltması DAC.



İkilik ağırlıklı girişli Sayısal-Analog Dönüştürücüler

Giriş dirençleri ikinin ağırlıklarına göre belirlenen bu tip DAC devresi şekilde gösterilmiştir. Bu yöntemde OPAMP toplayıcı ve yükselteç olarak kullanılmıştır. Bu devrenin sayısal işaretin bit adedi kadar girişi olacaktır. Giriş direncinin değeri bu girişin temsil ettiği bitin ağırlığına bakılarak belirlenir. Ağırlığı yüksek olan girişe devrenin çıkış gerilimine etkisinin fazla olması için giriş direnci küçük seçilir. Ağırlık düştükte aynı oranda direnç değeri artar.

MSB en yüksek akım ile temsil edildiğinden direnci en düşük olmalıdır.



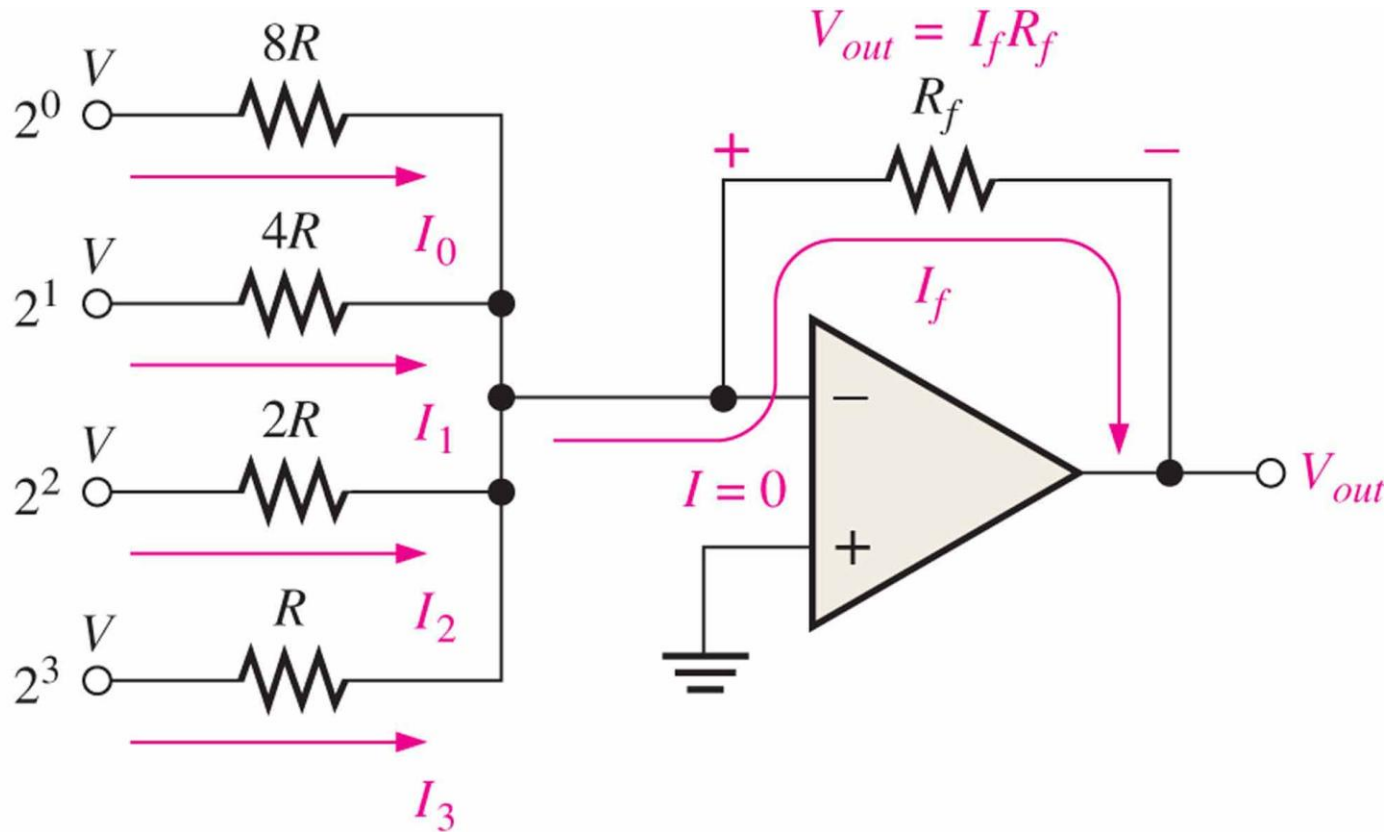
İkilik ağırlıklı girişli Sayısal-Analog Dönüştürücüler

$$I_0 = \frac{V}{8R}$$

$$I_1 = \frac{V}{4R}$$

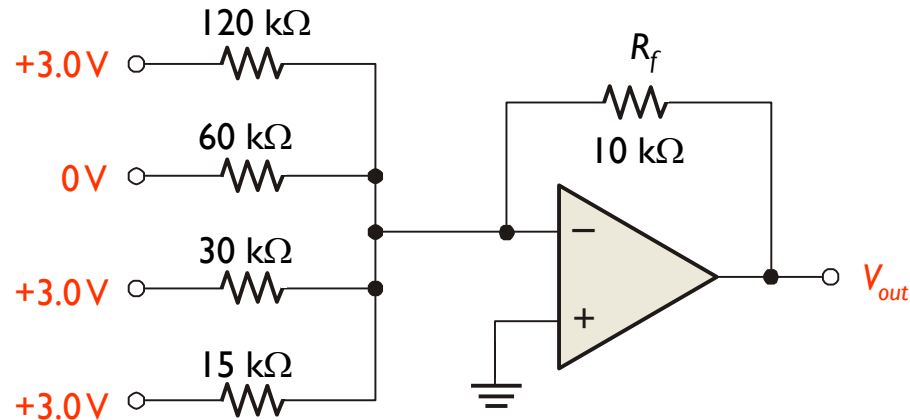
$$I_2 = \frac{V}{2R}$$

$$I_3 = \frac{V}{R}$$



Dijital-Analog Dönüştürücüler

Örnek: İkili-ağırlık girişli DAC 'ın sayısal girişi 1101 iken Mantık 1 = +3.0V ve mantık 0 = 0V, ise V_{out} ne olur?

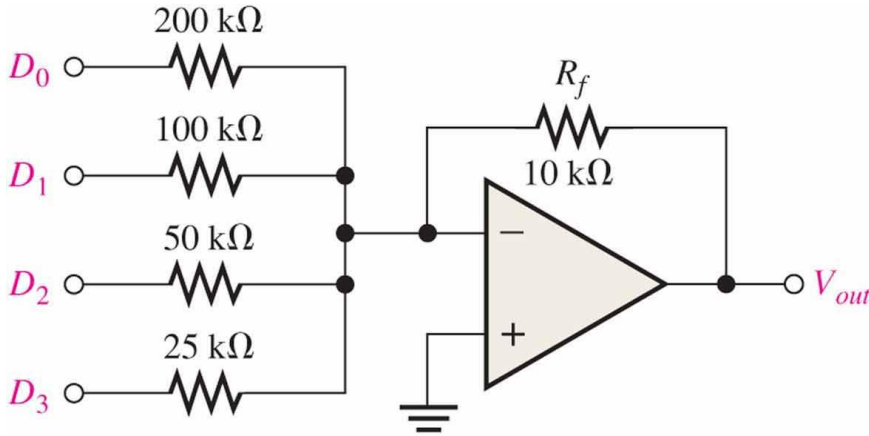


Çözüm:

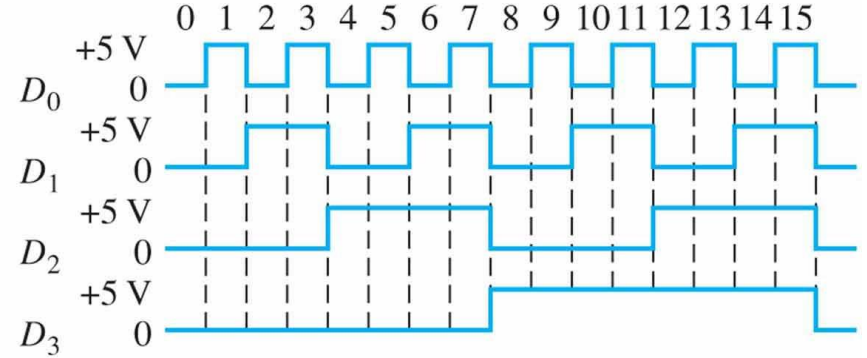
$$\begin{aligned} I_{out} &= -(I_0 + I_1 + I_2 + I_3) \\ &= -\left(\frac{3.0 \text{ V}}{120 \text{ k}\Omega} + 0 \text{ V} + \frac{3.0 \text{ V}}{30 \text{ k}\Omega} + \frac{3.0 \text{ V}}{15 \text{ k}\Omega} \right) = -0.325 \text{ mA} \\ V_{out} &= I_{out} R_f = (-0.325 \text{ mA})(10 \text{ k}\Omega) = -3.25 \text{ V} \end{aligned}$$

Örnek:

Şekildeki devrenin girişine uygulanan sayısal işaretin değişimi verilmiştir. Verilen zaman aralığında çıkışı hesaplayarak dalga şeklini aynı zaman aralıkları için çizin.



(a)



(b)

ÇÖZÜM:

Öncelikle girişlerden gelen akımlar belirlenir. Akımlar belirlenirken girişin 0 ve 1 olmalarına göre akım hesaplanır. Aşağıda sadece 1 için hesaplama yapılmıştır 0 olduğunda akımlar sıfır olacağı için hesaplama yapılmamıştır.

$$I_0 = \frac{5 \text{ V}}{200 \text{ K}} = 0,025 \text{ mA}$$

$$I_1 = \frac{5 \text{ V}}{100 \text{ K}} = 0,05 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{5 \text{ V}}{50 \text{ K}} = 0,1 \text{ mA}$$

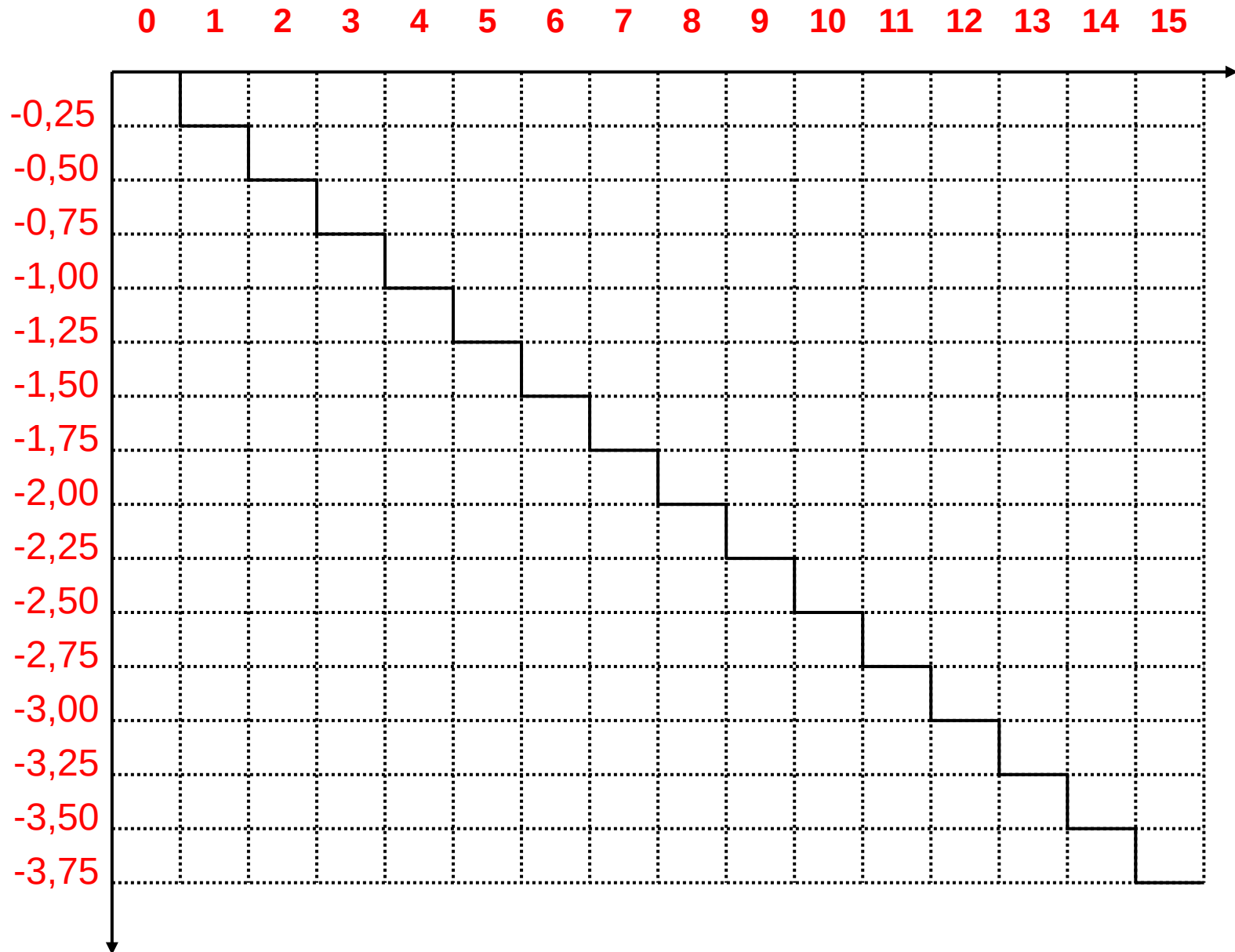
$$I_3 = \frac{5 \text{ V}}{25 \text{ K}} = 0,2 \text{ mA}$$

$$V_{\zeta IKI\mathfrak{S}(D0)} = (10 \text{ k}\Omega)(-0,025 \text{ mA}) = -0,25 \text{ V}$$

$$V_{\zeta IKI\mathfrak{S}(D1)} = (10 \text{ k}\Omega)(-0,05 \text{ mA}) = -0,5 \text{ V}$$

$$V_{\zeta IKI\mathfrak{S}(D2)} = (10 \text{ k}\Omega)(-0,1 \text{ mA}) = -1 \text{ V}$$

$$V_{\zeta IKI\mathfrak{S}(D3)} = (10 \text{ k}\Omega)(-0,2 \text{ mA}) = -2 \text{ V}$$



R-2R Merdiven Dijital-Analog Dönüştürücüler

R-2R merdiven devreli DAC iki değerli dirence gereksinim duyar. Her bir giriş için Thevenin eşdeğer devresi elde edilir, bu durumda çıkış gerilimi girişin ikilik değeri ile doğru orantılıdır.

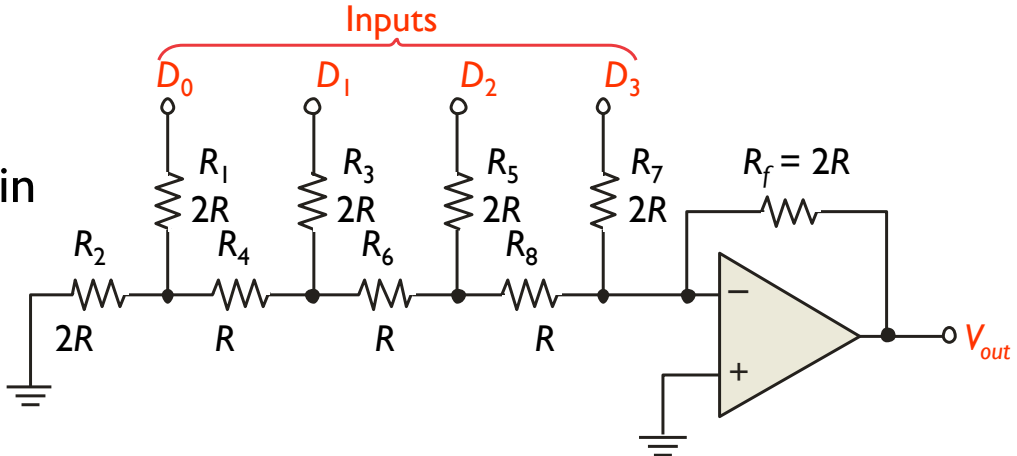
Girişin mantık 1 olanları için çıkış gerilimi: $V_{out} = -\frac{V_S}{2^{n-i}}$

V_S = girişin mantık 1 olduğundaki gerilim değeri.

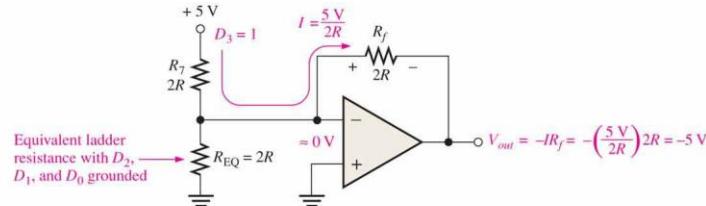
n = bit sayısı

i = bit numarası

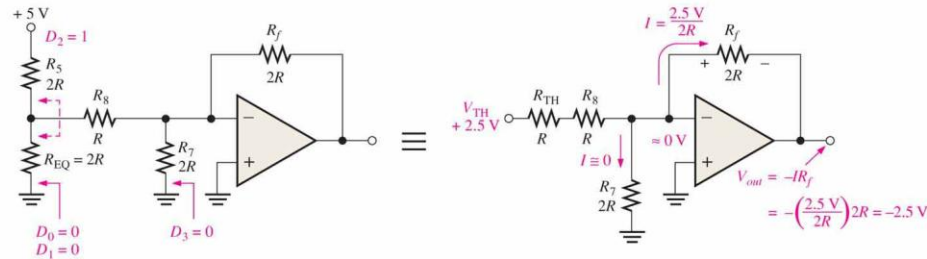
Doğruluk için dirençlerin değerlerinin tam değerinde seçilmelidir.



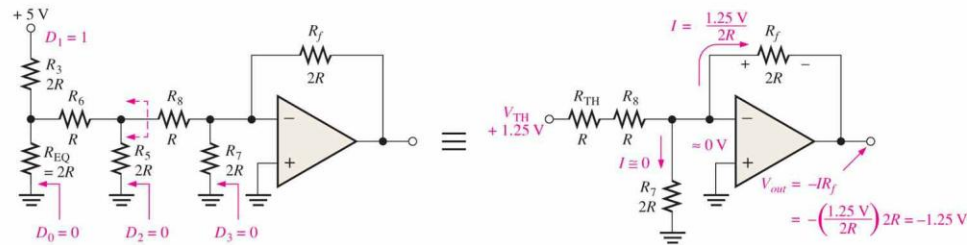
R-2R Merdiven Dijital-Analog Dönüştürücüler



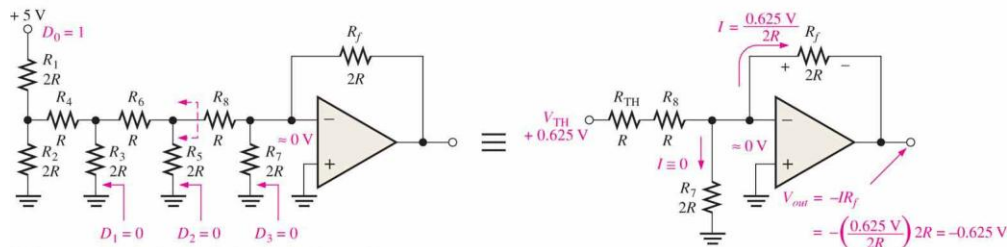
(a) Equivalent circuit for $D_3 = 1$, $D_2 = 0$, $D_1 = 0$, $D_0 = 0$



(b) Equivalent circuit for $D_3 = 0$, $D_2 = 1$, $D_1 = 0$, $D_0 = 0$



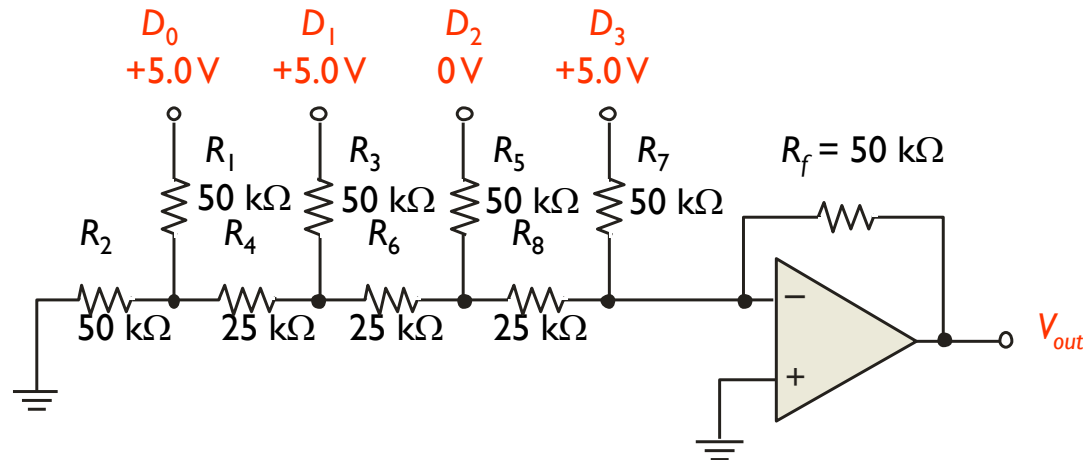
(c) Equivalent circuit for $D_3 = 0$, $D_2 = 0$, $D_1 = 1$, $D_0 = 0$



Dijital-Analog Dönüştürücüler

Örnek:

R-2R bölücü devrenin sayısal girişi 1011 olduğunda HIGH = +5.0 V ve LOW = 0 V, olduğuna göre çıkış gerilimini hesaplayın?



Çözüm:

$$V_{out} = -\frac{V_S}{2^{n-i}}$$

$$V_{out}(D_0) = -\frac{5 \text{ V}}{2^{4-0}} = -0.3125 \text{ V} \quad V_{out}(D_1) = -\frac{5 \text{ V}}{2^{4-1}} = -0.625 \text{ V}$$

$$V_{out}(D_3) = -\frac{5 \text{ V}}{2^{4-3}} = -2.5 \text{ V} \quad \text{süperpozisyon yöntemi ile } V_{out} = -3.43 \text{ V}$$

DAC'ın Kalite Değerlendirmesi

- ▶ **Çözünürlük (*resolution*)**
- ▶ Bir DAC'nin çözünürlük değeri, çıkışındaki basamak sayısının tersidir ve giriş bitlerinin sayısına bağlıdır. Örneğin 4-bitlik bir S/Ö nin ayırması, $2^4 - 1$ de birdir (onbeşte bir). Yüzde olarak belirtilecekse, $(1/15) \times 100 = 6,67\%$ olarak yazılmalıdır.
- ▶ **Nicemleme boyutu (*quantitization size*)**
- ▶ Girişteki ardışık iki veri arasında, çıkıştaki gerilim değişimine nicemleme boyutu denir ve tam ölçek çıkış geriliminin toplam basamak sayısına bölümü ile gösterilir. Örneğin çıkış gerilim değeri 10V olan 8-bitlik bir çeviricinin nicemleme boyutu, $10/2^8 = 0,039\text{V}$ olarak bulunur.

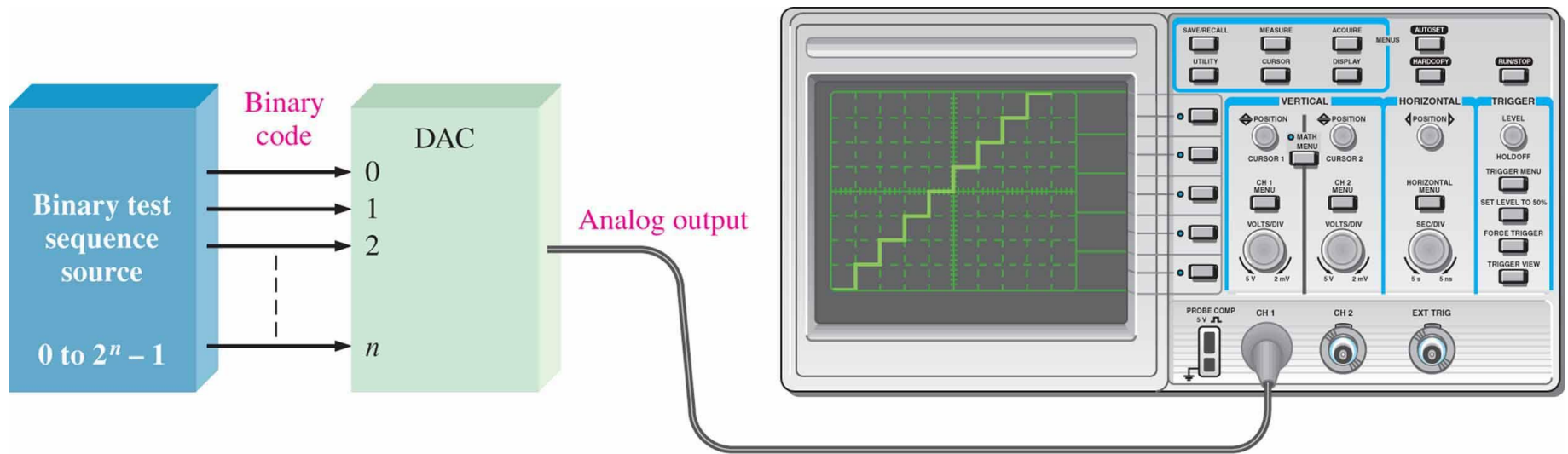
DAC'ın Kalite Değerlendirmesi

- ▶ **Doğruluk (accuracy)**
- ▶ Doğruluk, gerçek DAC çıkışı ile umulan çıkışın karşılaştırılmasıdır. Tam ölçek yada en yüksek çıkış geriliminin yüzdesi olarak gösterilir. Örneğin bir çeviricinin tam ölçek çıkışı 10V ve doğruluğu da $\pm 10\%$ ise, herhangi bir çıkış gerilimindeki en büyük hata, $(10) \times (0,001) = 10 \text{ mV}$ olacaktır. Doğruluğun en azından $\pm 1/2$ LSB (en az önemli bit) değerinde olması istenir. 8-Bit bir çeviricide LSB $1/256 = 0,0039$ (tam ölçeğin 0,39%) değerindedir. Buna göre doğruluk yaklaşık $\pm 0,2\%$ dolayında olmalıdır.
- ▶ **Doğrusallık (linearity)**
- ▶ Doğrusal bir hata, DAC'nin beklenen düz-doğru çıkışından sapmadır. Bu sapmanın özel bir durumu, bütün giriş bitleri sıfır iken çıkışta görülen gerilimdir ve kayıklık hatası (offset error) olarak adlandırılır.

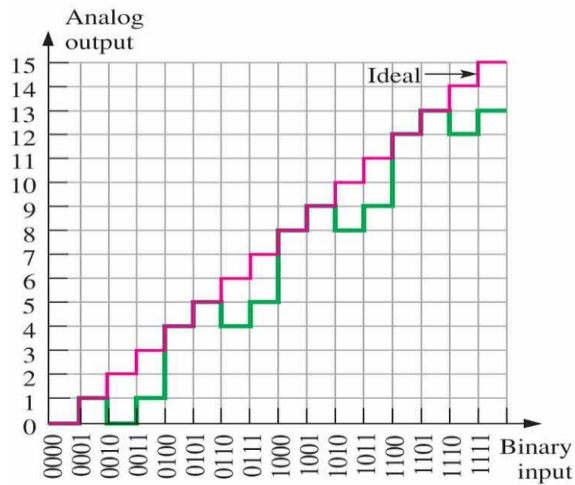
DAC'ın Kalite Değerlendirmesi

- ▶ ***Tekdüzelik (monotonicity)***
- ▶ Giriş verisi sırayla artarken, DAC çıkışının geri adım atmamasıdır.
- ▶ ***Durulma süresi (settling time)***
- ▶ Giriş kodunda bir değişiklik oluştuktan sonra DAC çıkışının $\pm 1/2$ LSB sapma ile oturması arasında geçen süreye denir.

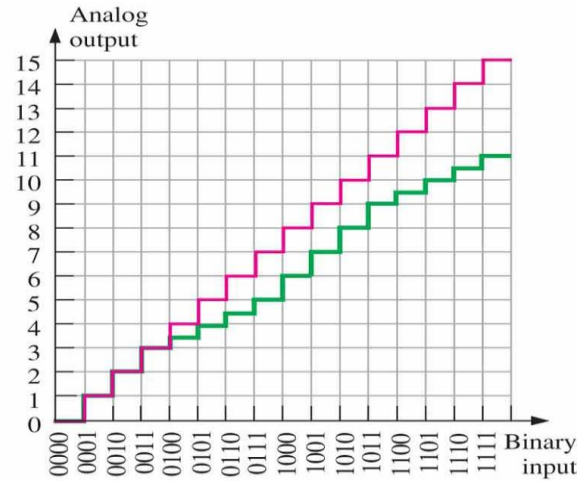
DAC'ın Test Edilmesi



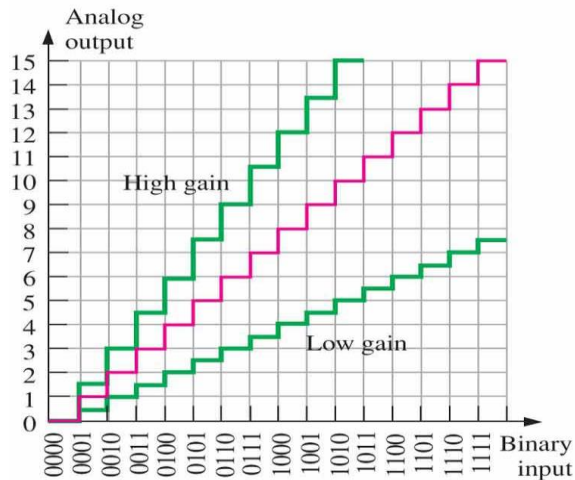
DAC'ın Test Edilmesi



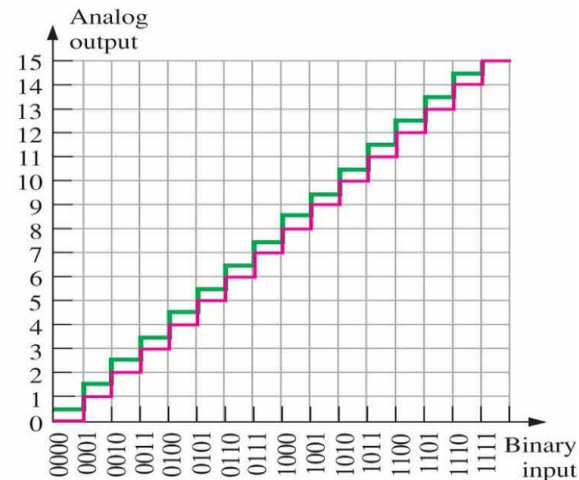
(a) Nonmonotonic output (green)



(b) Differential nonlinearity (green)



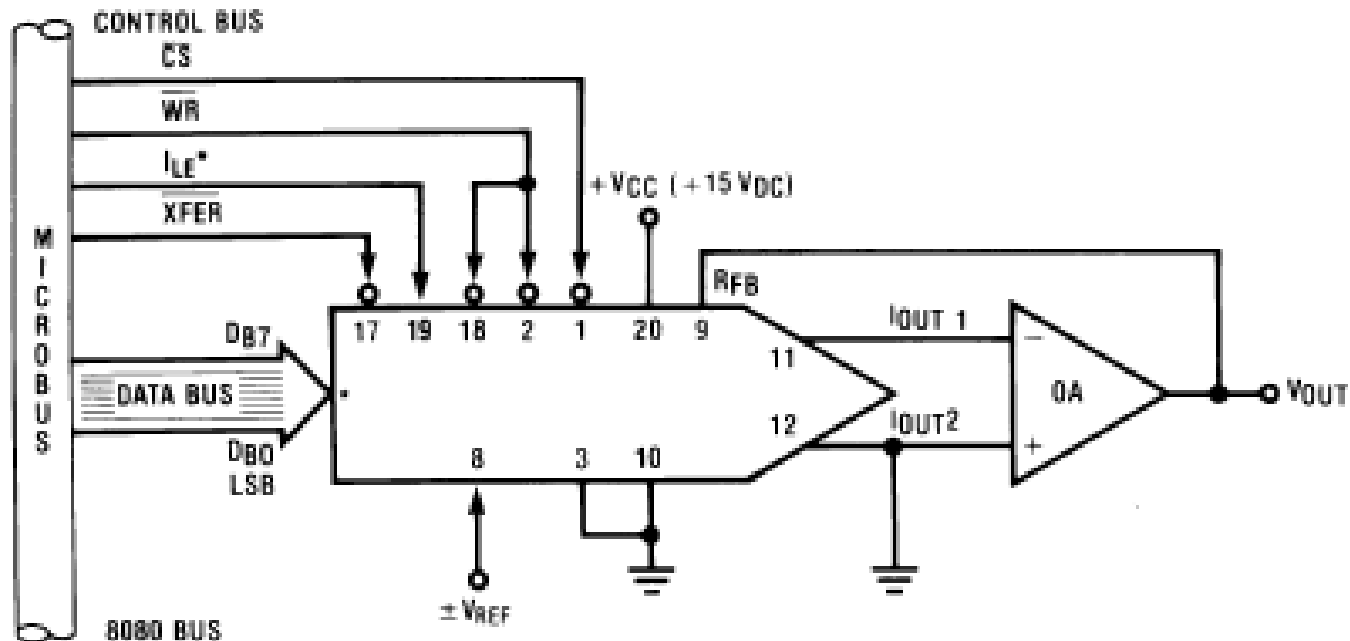
(c) High and low gains (green)



(d) Offset error (green)

DAC0830/DAC0832

- ▶ 8-Bit μ P Compatible, Double-Buffered D to A Converters



$$I_{OUT1} = \frac{V_{REF}}{15 \text{ k}\Omega} \times \frac{\text{Digital Input}}{256};$$

$$I_{OUT2} = \frac{V_{REF}}{15 \text{ k}\Omega} \times \frac{255 - \text{Digital Input}}{256}$$

Özellikler:

±10V referans ile çalışma

Mikroişlemcisiz (tek başına) çalışma

Akım durulma süresi: 1 μs

Çözünürlük: 8 bit

Doğrusallık: 8, 9 veya 10 bit

Düşük güç tüketimi: 20mW

Tek güç kaynağı ile besleme:

+5V...+15V_{DC}

Doğrusallıktan maksimum sapma (-

10V ≤ V_{REF} ≤ +10V için):

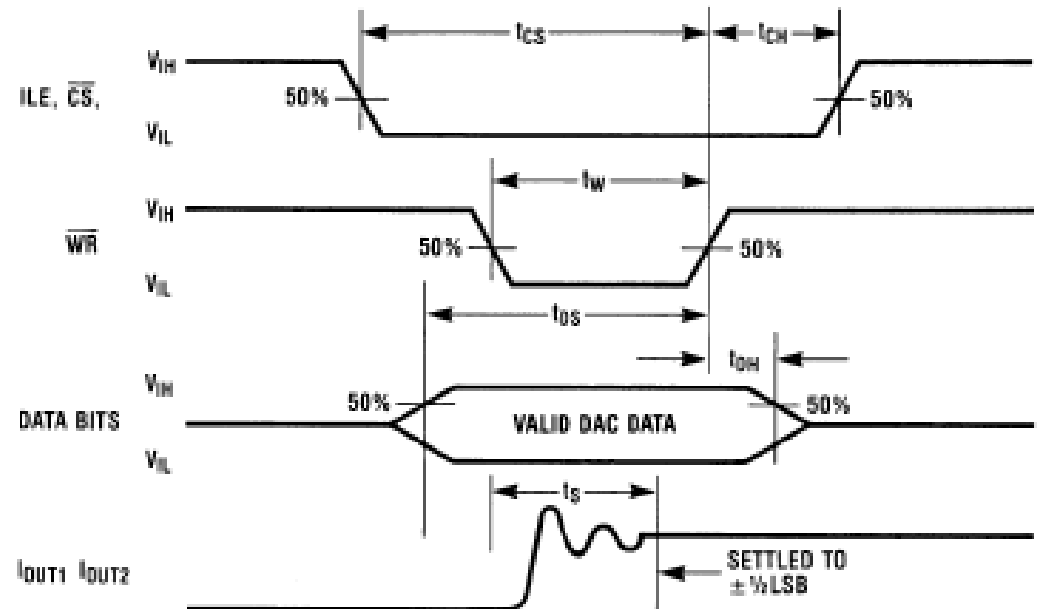
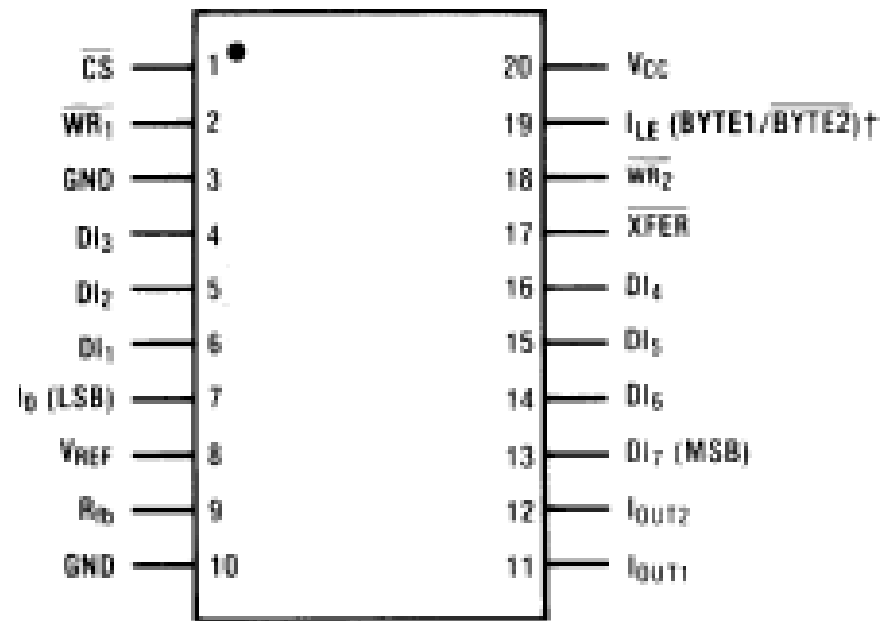
%0.05...%0.2; %FS

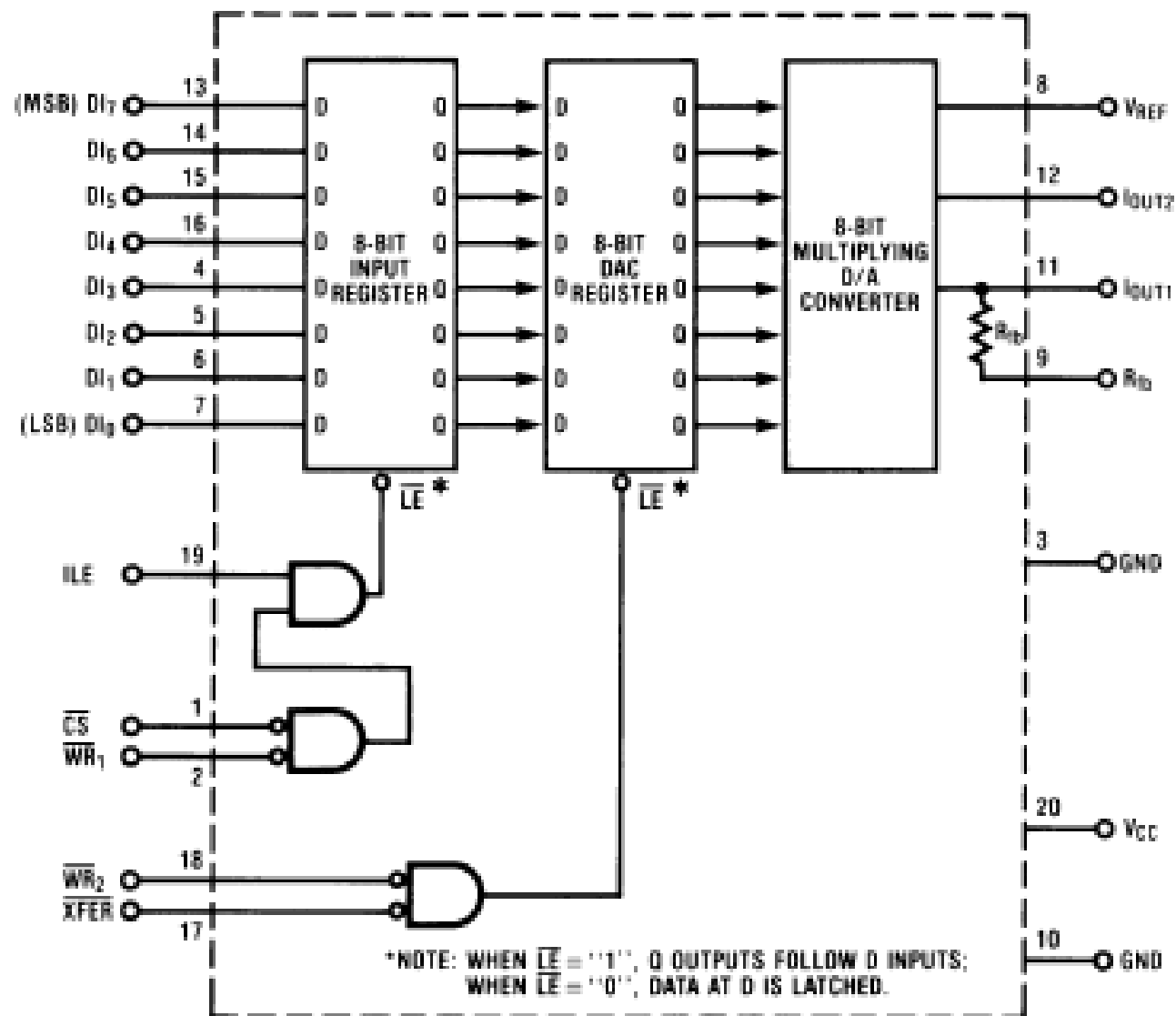
Monotonluk: 8 bit

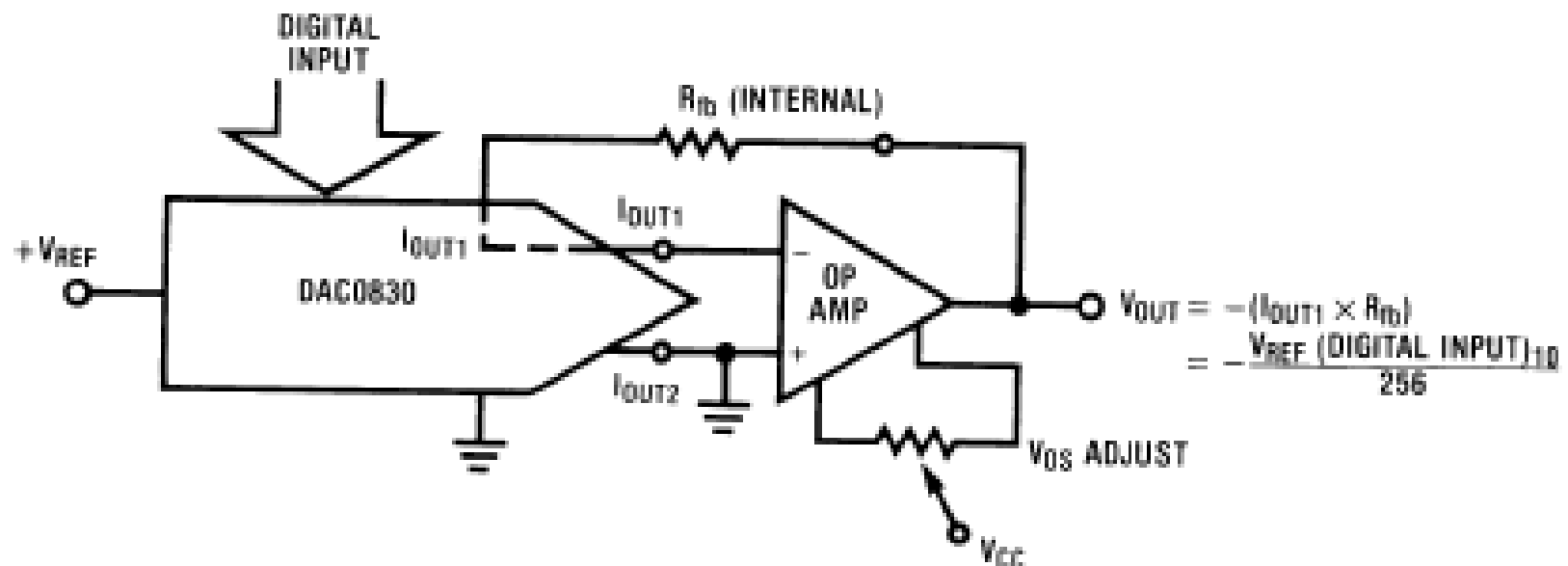
Maksimum kazanç hatası (-10V ≤ V_{REF}

≤ +10V için): ±%0.2 (tipik), ±%1

(maks.)

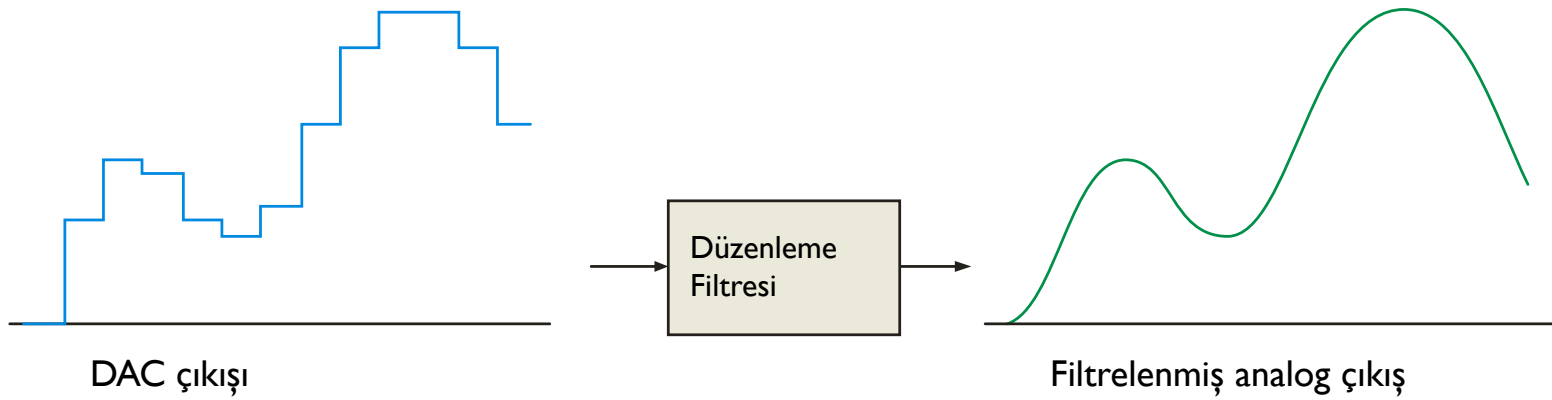






Düzenleme Filtresi

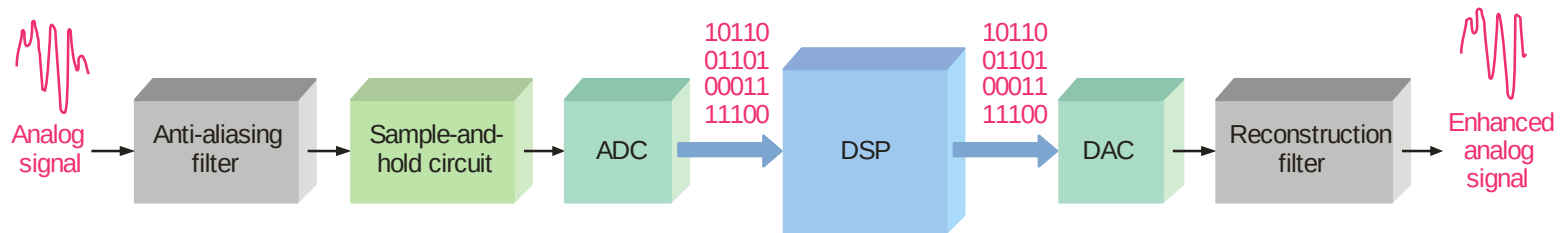
Dönüşüm sonrası analog çıkış merdiven şeklindedir. Bu hali ile kullanılamaz. Düzenleme filtresi ile işaretin yüksek frekanlı bileşenlerini yok edilmesi gerekir. Düzenleme filtresi alçak geçiren filtredir ve kesim frekansı anti-aliasing filtresininki ile aynı olmalıdır.



Digital Signal Processing

Sayısal işaret işleyiciler (DSP) gerçek zamanlı hızlı işlem yapmak amacıyla geliştirilmiş bir işlemcidir. Çoğunlukla komut sayısı indirgenmiş bir mikroişlemcidir.

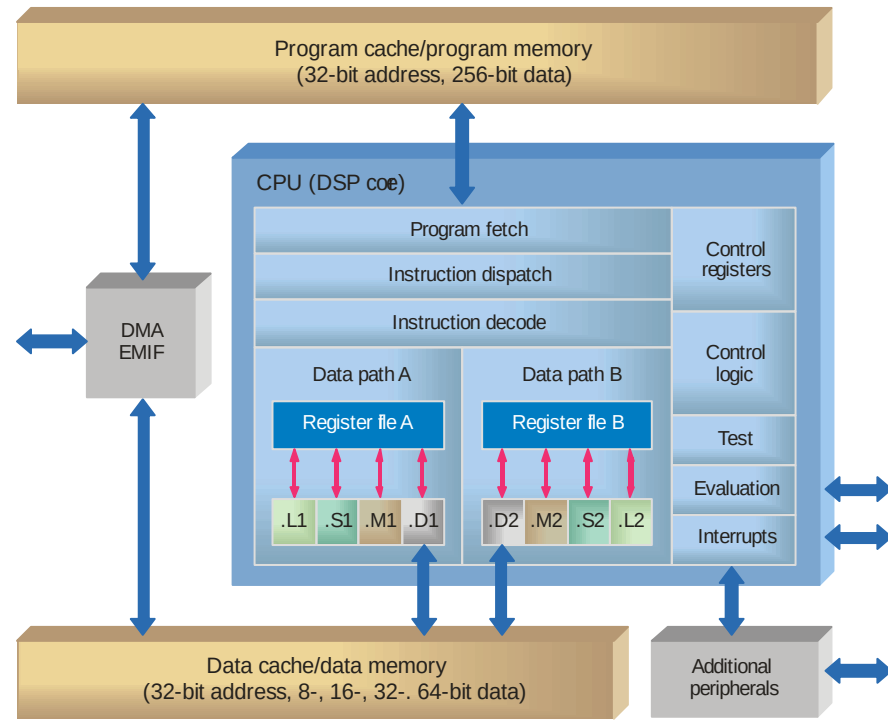
Filtrelenip sayısala dönüştürülen işaret DSP'ye uygulanır. DSP ise önceden belirlenmiş işlemleri (gürültüyü azaltmak, eko eklemek veya kaldırmak, kodlamak gibi işlemler) yapar ve elde ettiği sonucu DAC'a gönderilerek analoga dönüştürülür.



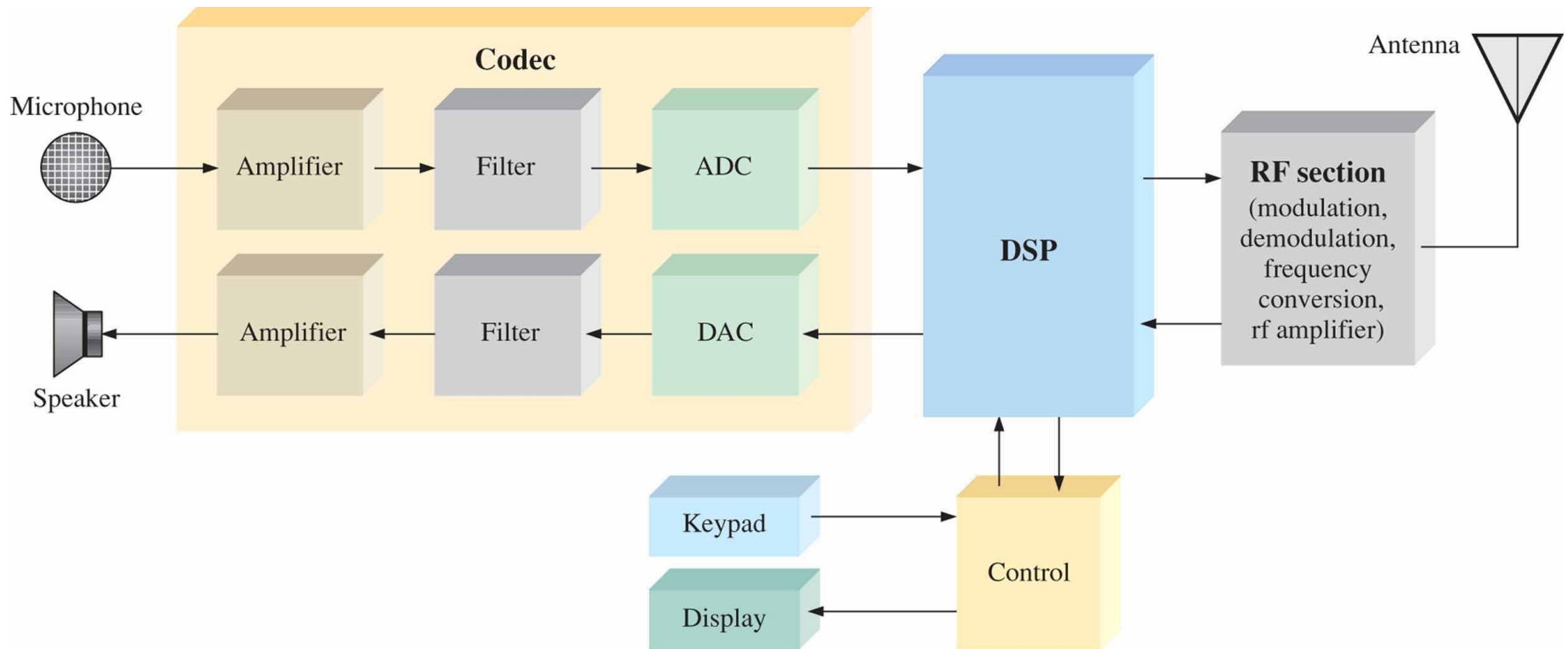
Digital Signal Processing

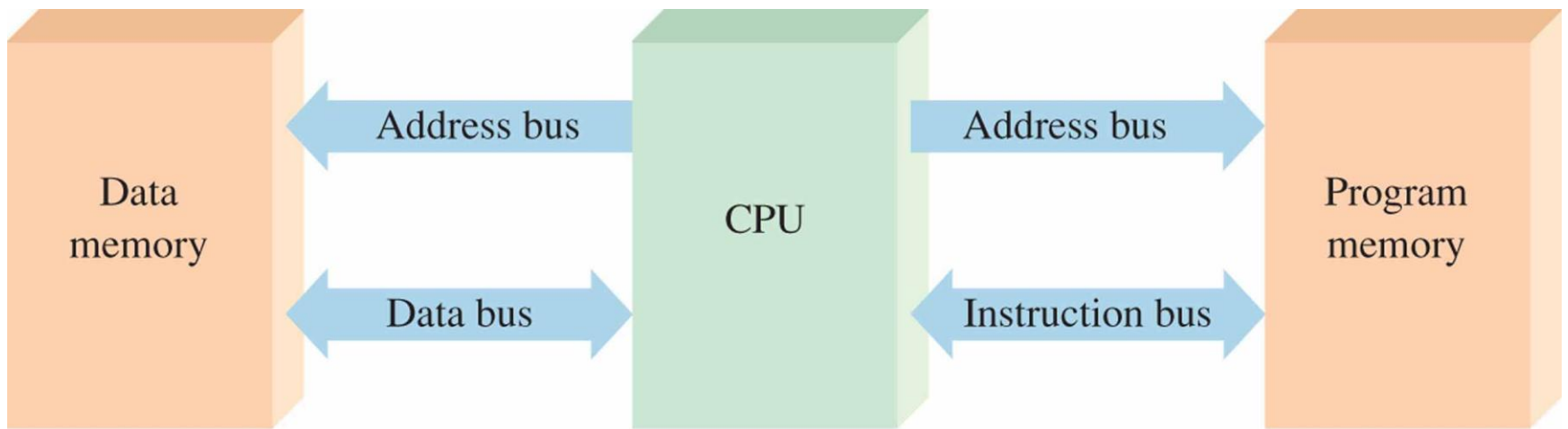
DSP uygulamalarında en kısa ve hızlı çalışan assembly dili kullanılır.

TMS320C6000
DSP'sinin blok
diyagramı

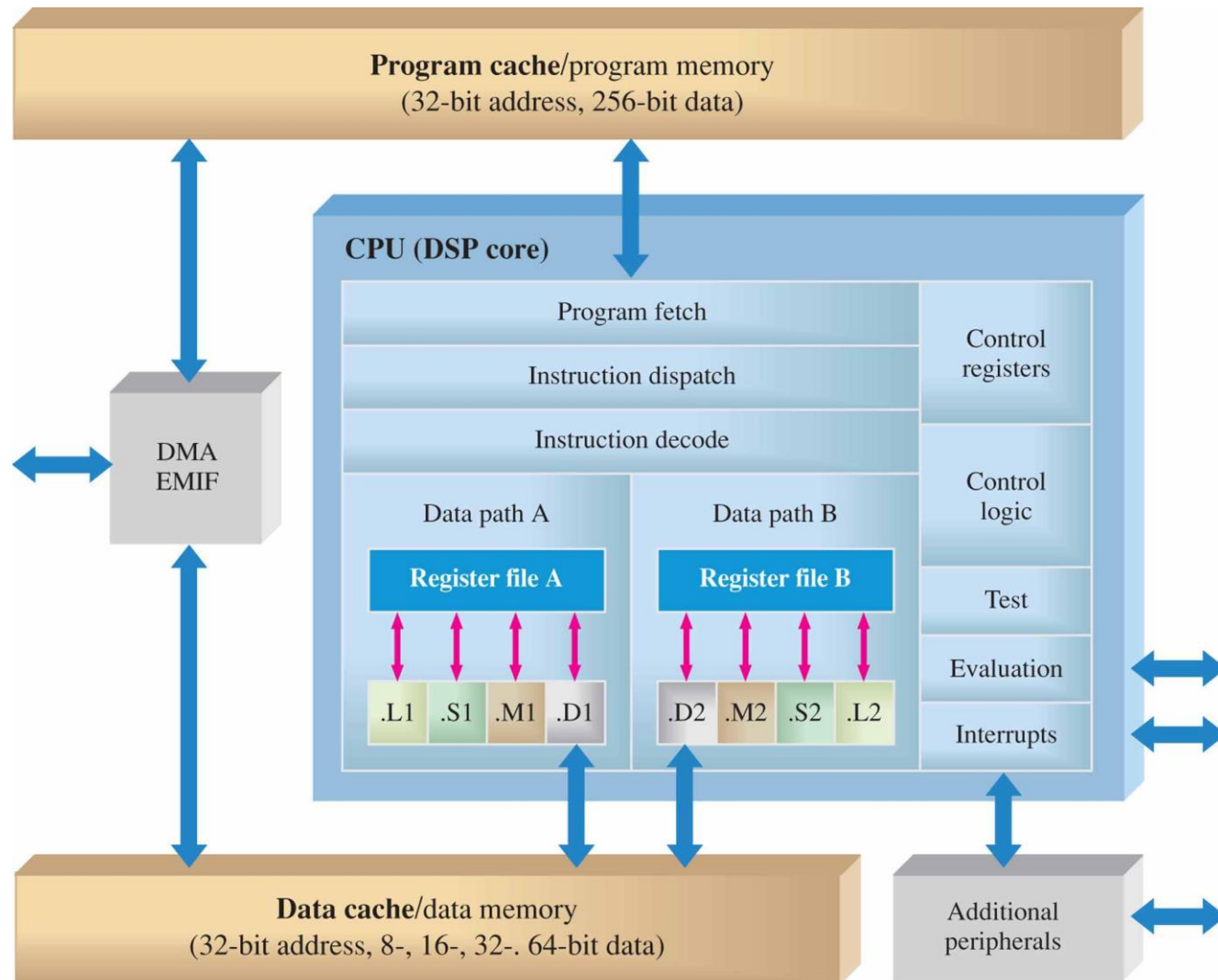


Cep Telefonu Blok Diyagramı

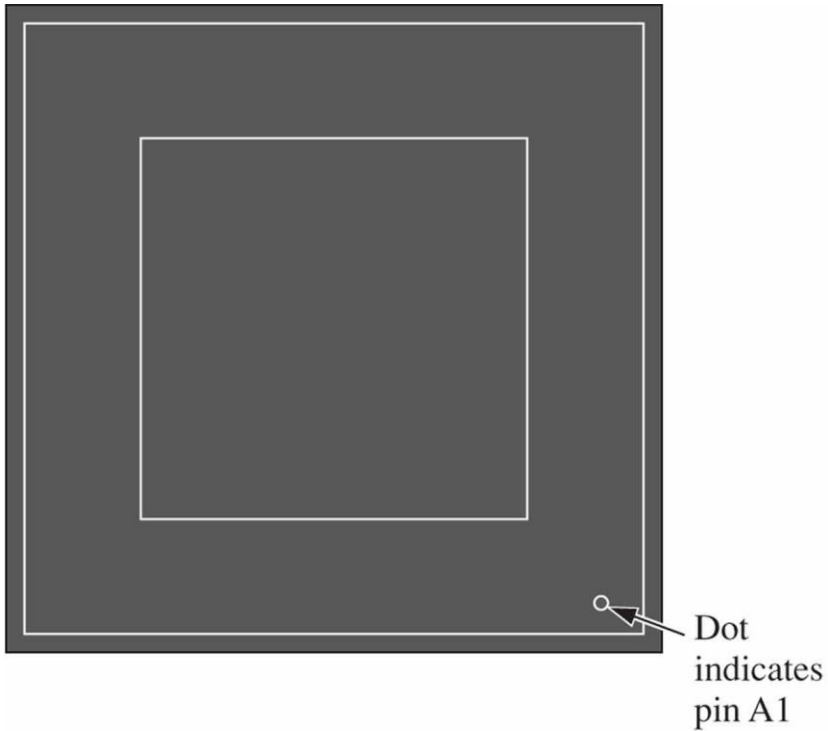




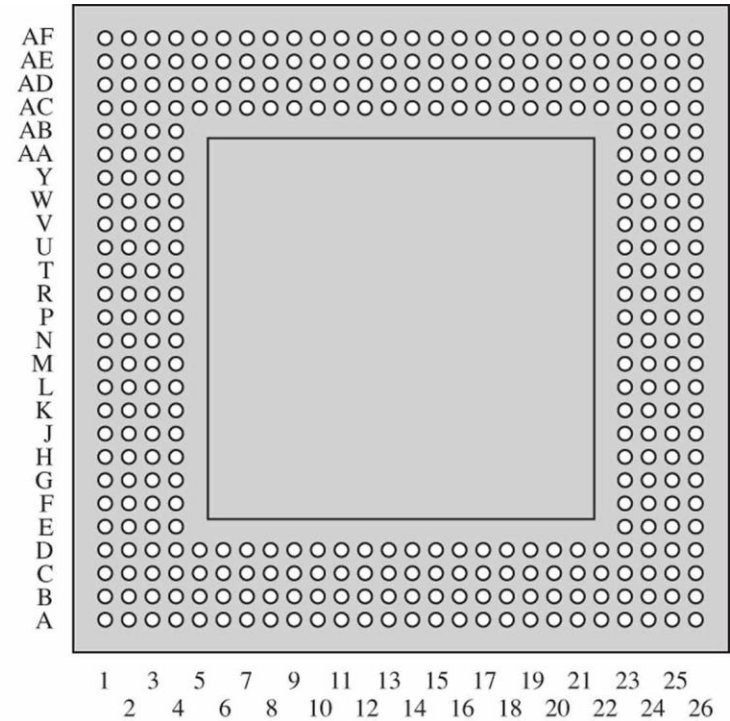
TMS320C6000 series DSP blok diyagramı.



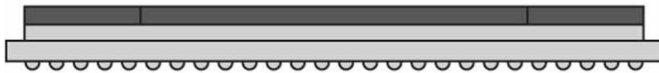
352-pin BGA Sockets



(a) Top view



(b) Bottom view



(c) Side view



DAC Deneyi

- ▶ DAC0832 veya DAC0830 Tümdevresini kullanarak testere dişi, sinisoidal dalga üreten sinyal jeneratörü tasarlayın. Proteusta çalıştırın.
- ▶ Deneyinizin raporunu elektronik ortamda hazırlayıp teslim ediniz.