

Bölüm 10 D/A Çeviriciler

10.1 AMAÇ

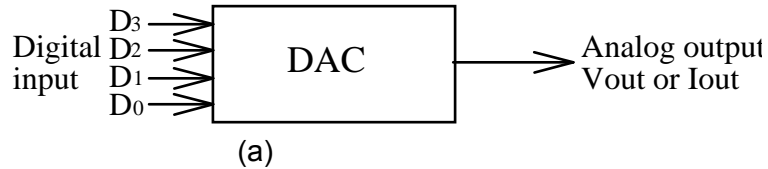
1. Bir dijital – analog çeviricinin çalışma prensibinin anlaşılması.
2. DAC0800'ün çalışma prensibinin anlaşılması.
3. DAC0800 kullanarak tek kutuplu yada çift kutuplu çıkışların nasıl elde edileceğinin anlaşılması.

10.2 TEMEL KAVRAMLARIN İNCELENMESİ

Dijital – analog çeviriciler(DAC yada D/A çeviriciler), iletilen datada bulunan, bir ortamda saklanan yada hesaplama sonuçlarındaki dijital bilgilerin tekrar analog işarete çevrilmesinde kullanılır. Kontrol, bilgi görüntüleme yada daha başka analog işlemler için, analog işaretlere ihtiyaç duyulabilir.

DAC Çalışma Prensibi

Kısaca, D/A çeviriciler, dış dünya ile haberleşen dijital sistemler için gerekli cihazlardır. Bir DAC, dijital giriş işaretlerini analog çıkış gerilimlerine yada akımlarına çeviren yapıdır. 4 bitlik bir DAC'ın şematik sembolü Fig. 10-1(a)'da gösterilmiştir.



| D ₃ | D ₂ | D ₁ | D ₀ | V _{out} | D ₃ | D ₂ | D ₁ | D ₀ | V _{out} |
|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 9 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 10 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 11 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 12 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 5 | 1 | 1 | 0 | 1 | 13 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 6 | 1 | 1 | 1 | 0 | 14 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 15 |

(b)

Fig. 10-1 4-bit DAC. (a) Şematik sembol, (b) Doğruluk tablosu.

D_3 , D_2 , D_1 ve D_0 dijital girişleri genellikle bir dijital sistemin register çıkışı tarafından sürülürler. Fig. 10-1(b), 4-bitlik DAC yapısının doğruluk tablosunu göstermektedir. Her binary giriş kelimesi, tek ve ayrık bir analog çıkış değeri üretir. Çıkışta 2^4 yani 16 tane farklı gerilim değeri üretilir. Sıfır seviyesi, bu 16 seviyeden biridir. Çıkış, girişle bire bir uyumludur.

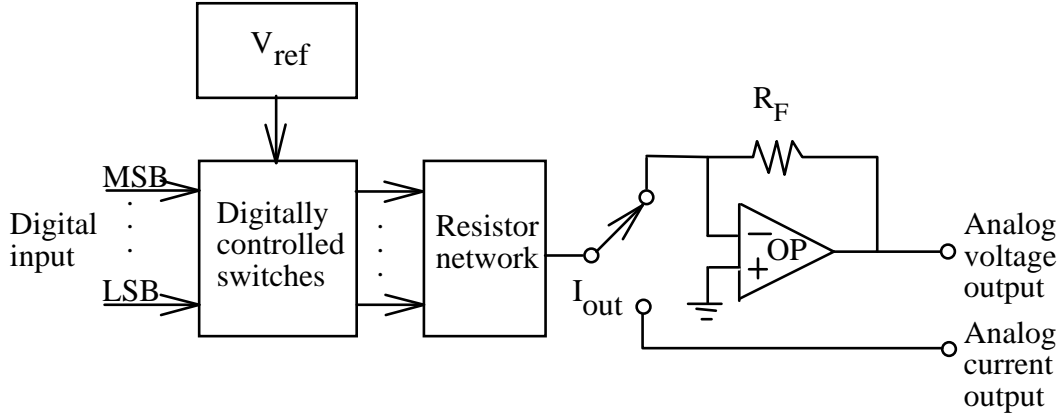


Fig. 10-2 DAC blok diyagramı.

Fig. 10-2, DAC blok diyagramını göstermektedir. DAC, çok düzgün bir referans gerilim kaynağı, dijital olarak kontrol edilen anahtarlar, direnç bloğu ve bir OP AMP yapısına sahiptir. Direnç bloğundaki her direnç, dijital olarak kontrol edilen bir anahtara bağlıdır. Direnç bu anahtar vasıtasıyla V_{ref} referans gerilimine bağlıdır. Direncin bir diğer ucu da OP AMP'ın toplama noktasına bağlıdır. Dijital giriş durumları, anahtarların durumlarını belirler. OP AMP, DAC çıkış akımı I_{out} değerini çıkış gerilimi V_{out} değerine çevirir.

Direnç bloğu, DAC yapısının ana konfigürasyonudur. İki yaygın tipi vardır; ağırlıklı-direnç bloğu ve R-2R ladder direnç bloğudur. Ağırlıklı - direnç metodu şu şekilde düşünülebilir. Her toplam direncin değeri, seri anahtarları harekete geçiren dijital bit ağırlığı ile ters orantılıdır. Ağırlıklı-direnç tekniği, basitlik ve yüksek hız gibi avantajlara sahiptir. Yüksek çözünürlüklü DAC tasarımlarının uygulanmasında karşılaşılan zorluk, uzun bir direnç dizisine ve yüksek değerli dirençlere ihtiyaç duyulmasıdır.

Yüksek değerli dirençler, hem sıcaklıktan kaynaklanan kararsızlıklara hem de anahtarlama hızında problemlere sebep olur. Eğer dirençler tümleşik devre(IC) biçiminde üretilmiş olsa idi, böyle bir dizi toplam olarak pratik olmayacaktı. R-2R ladder metodunun avantajı sadece iki direnç değerine (R ve 2R) ihtiyaç duyulmasıdır. Dolayısıyla, eşleşme(matching) ve ayarlama(trimming) kolaylığı söz konusudur.

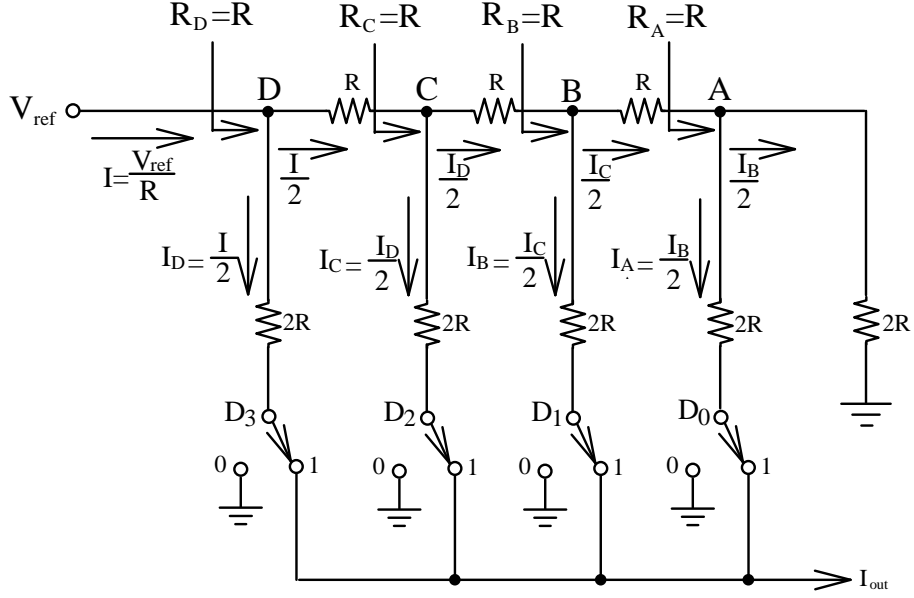


Fig. 10-3 4-bit R-2R Ladder DAC yapısı.

Fig. 10-3, 4 bitlik R-2R ladder DAC devresini göstermektedir. Direnç bloğu, seri kola bağlı R ve paralel kola bağlı 2R dirençlerinden oluşmaktadır. R-2R ladder konfigürasyonunun gözlemlenmesi şunu ortaya çıkarmaktadır; A, B, C, ve D noktalarının herhangi birinden sağa doğru bakıldığında 2R direnci görülmektedir. Bu nedenle, ladder konfigürasyonuna girilen referans girişi R direnç değerine sahiptir. Bu özelliğe göre, çıkış akımı şu şekilde elde edilebilir;

$$I = V_{ref} / R$$

$$I_D = I / 2$$

$$I_C = I_D / 2 = I / 4$$

$$I_B = I_C / 2 = I / 8$$

$$I_A = I_B / 2 = I / 16$$

$$I_{out} = I_D + I_C + I_B + I_A = I \left(\frac{D_3}{2} + \frac{D_2}{4} + \frac{D_1}{8} + \frac{D_0}{16} \right)$$

$D_3, D_2, D_1,$ ve D_0 'ın değerleri anahtarların konumlarına göre ya "1" yada "0" olabilir.

Giriş Ağırlığı

Bir DAC için, her bir dijital giriş kendi ağırlığına sahiptir. Bu ağırlık, bit 1 olduğu zamanki analog çıkış değeridir. Fig. 10-1(a) 'da ki 4-bit DAC devresini düşünelim. Eğer, $D_0=1$, $D_1=D_2=D_3=0$ ise 1V analog çıkış değeri D_0 'ın ağırlığıdır. Benzer olarak, D_1 , D_2 ve D_3 'ün ağırlıkları sırası ile 2V, 4V ve 8V'dur. Sonuç bir analog çıkış elde etmek için, basit olarak bu ağırlıklar toplanır. Örnek olarak, 0111 dijital giriş için analog çıkış gerilimi V_{out} , $4+2+1=7V$ olmalıdır.

Çözünürlük ve Adım Aralığı

DAC çözünürlüğü, dijital giriş bir birim değiştiği zaman analog çıkıştaki en küçük değişim olarak tanımlanır. Genellikle bir LSB ağırlığı kadardır. Fig. 10-1(b)'ye göre her bir dijital girişteki bir birimlik artış, V_{out} 'da 1V'luk bir analog değer artışına sebep olur. Dolayısıyla, bu DAC'ın çözünürlüğü 1V'dur.

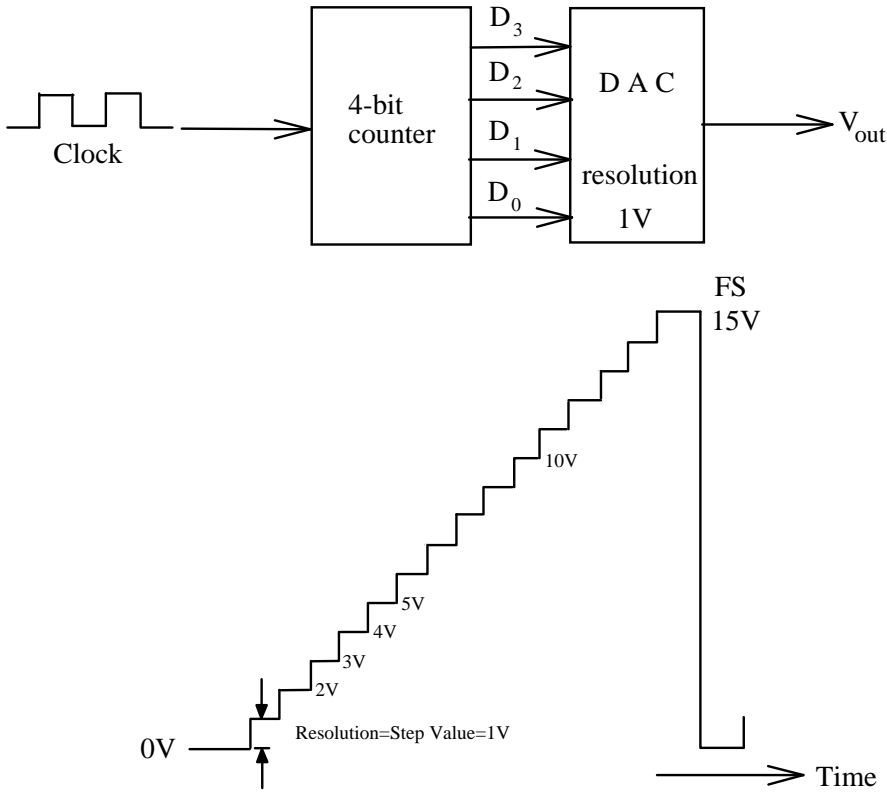


Fig. 10-4 Merdiven rampalı DAC.

Çözünürlük, diğer bir deyişle adım aralığı yada adım ağırlığı olarak da anılmaktadır. Fig. 10-4'de gösterilen 4-bit'lik merdiven rampalı DAC devresini düşünelim. Girişteki her birim artış, çıkışta 1V'luk bir gerilim artışı oluşturmaktadır. Adım ağırlığı olarak adlandırılan, çıkıştaki adımlar arasındaki fark, tam olarak 1V'dur.

DAC0800 Dijital-Analog Çevirici

DAC 0800, pahalı olmayan monolitik 8-bit'lik bir DAC'dır. Bu DAC, referans gerilim kaynağı, R-2R ladder ve tranzistör anahtarlar içermektedir. Fig. 10-5, DAC0800'ün pin konfigürasyonunu göstermektedir.

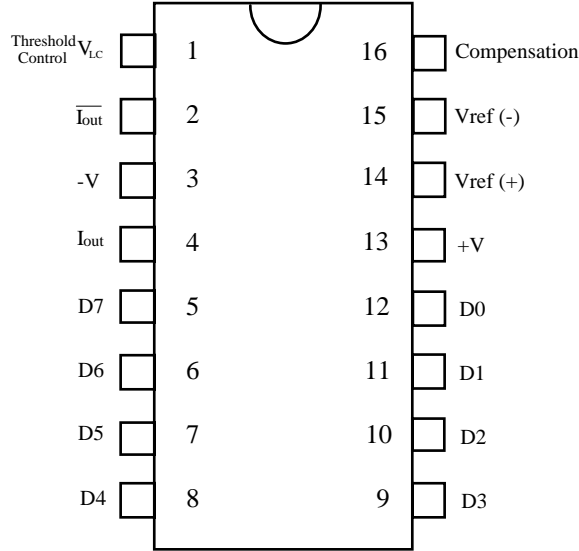


Fig. 10-5 DAC0800 pin konfigürasyonu.

DAC0800'ün güç kaynağı gereksinimi, ± 4.5 V'dan ± 18 V'a kadar olan gerilimlerdir. ± 5 V_{DC} güç kaynağı ve 85ns. oturma süresi için 33mW'lık güç tüketimi söz konusudur. I_{out} (pin 4) ve $\overline{I_{out}}$ (pin 2) tamamlayıcı akım çıkışları ile DAC0800, tek kutup yada çift kutup çıkışlı olarak kullanılabilir.

Fig. 10-6, DAC0800 ve $\mu A741$ kullanılarak gerçekleştirilen tek kutup gerilim çıkışlı DAC devresini göstermektedir. $V_{ref(-)}$, R_2 direnci üzerinden toprağa bağlanmıştır. Pozitif referans kaynağı +5V, R_1 direnci üzerinden $V_{ref(+)}$ 'ya uygulanmıştır. Dolayısıyla, R_1 direnci üzerinden akan I_{ref} referans akımı şu şekilde bulunabilir;

$$I_{ref} = \frac{V_{ref}}{R_1} \quad (10-1)$$

Çıkış akımı,

$$I_{out} \approx \frac{V_{ref}}{R_1} \left(\frac{D_7}{2} + \frac{D_6}{4} + \frac{D_5}{8} + \frac{D_4}{16} + \frac{D_3}{32} + \frac{D_2}{64} + \frac{D_1}{128} + \frac{D_0}{256} \right) \quad (10-2)$$

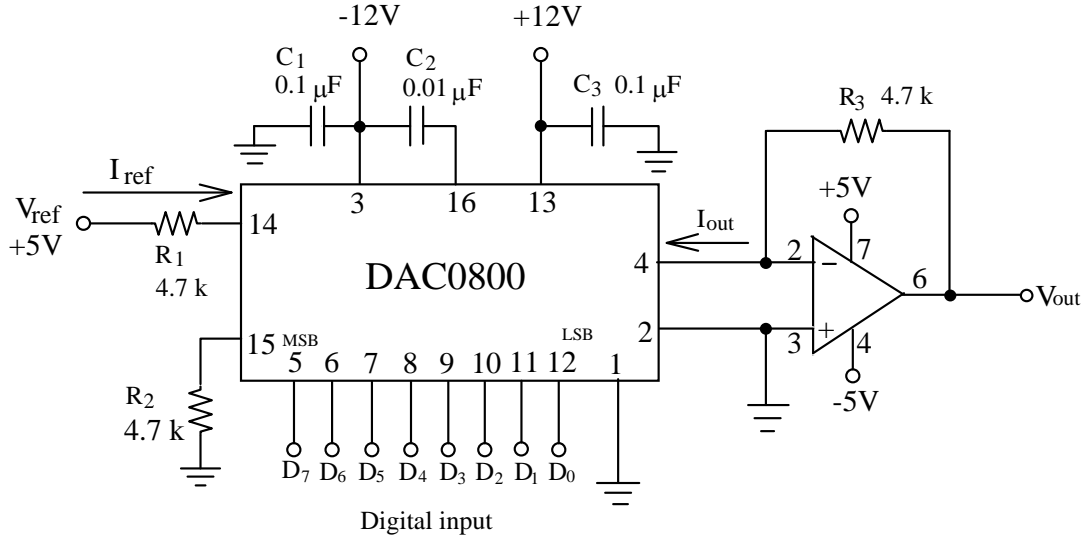


Fig. 10-6 DAC0800 tek kutup gerilim çıkışlı devre.

I_{out} , çeviricinin çıkışından akan akım olup bu akım daha sonra $\mu A741$ ile çıkış gerilimine çevrilir. V_{out} çıkış gerilimi şu şekilde belirlenebilir;

$$V_{out} = I_{out} R_3 \quad (10-3)$$

Fig. 10-7'de çift kutup(bipolar) gerilim çıkışlı DAC0800 devresi gösterilmiştir. $\overline{I_{out}}$ pini, toprağa bağlanmak yerine, Fig. 10-6'da gösterildiği gibi $\mu A741$ 'in evirici olmayan girişine bağlanır. Bu nedenle, $\mu A741$ 'in çıkış gerilimi şu şekilde hesaplanabilir;

$$V_{out} = (I_{out} - \overline{I_{out}}) R_4 \quad (10-4)$$

I_{out} ve $\overline{I_{out}}$ tamamlayıcı akım çıkışlarıdır. Tanıma göre, tüm akım skalası

$$I_{FS} = I_{out} + \overline{I_{out}} \text{ şeklinde ifade edilebilir.}$$

$$\overline{I_{out}} = I_{FS} - I_{out} \quad (10-5)$$

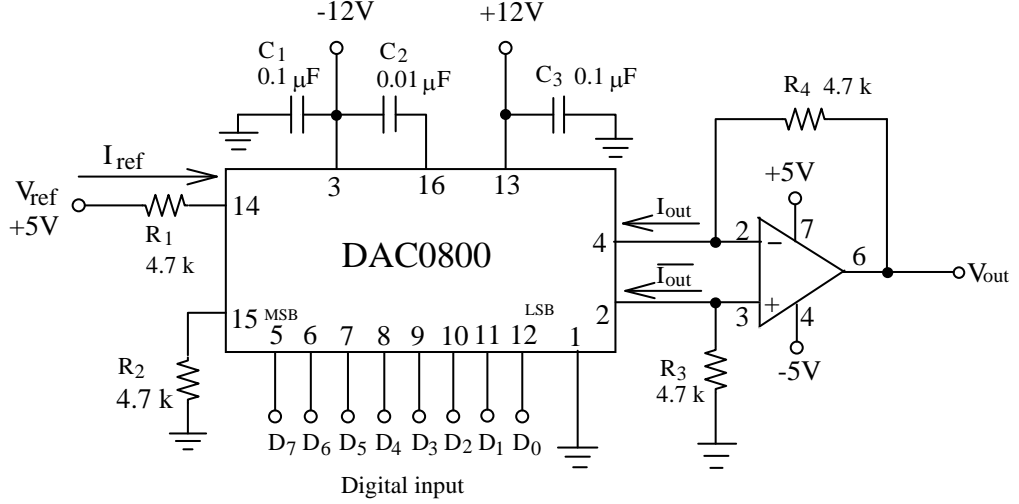


Fig. 10-7 DAC0800 çift kutup gerilim çıkışlı devre.

(10-5) denklemini, (10-4) denkleminde yerine koyarsak aşağıdaki eşitliği elde ederiz.

$$V_{out} = 2I_{out}R_4 - I_{FS}R_4 \quad (10-6)$$

10.3 GEREKLİ EKİPMANLAR

1. KL-96001 Modülü
2. KL-94001 Modülü
3. DMM

10.4 DENEYLER VE KAYITLAR

Deney 10-1 DAC0800 Tek Kutup Gerilim Çıkışlı Devre

- 1. DAC0800 tek kutup gerilim çıkışlı dijital-analog çevirici devreyi KL-94001 modülü üzerine yerleştiriniz. DAC0800 I_{out} (pin 4) çıkışını, $\mu A741$ girişine(pin 2) bağlamak için J1'e bağlantı konnektörünü bağlayınız.
- 2. Adım aralığını hesaplayın ve Tablo 10-1'e kaydedin.
- 3. D0'dan D7'ye kadar olan anahtarları 0000 0000 pozisyonlarını doğrulamak için ayarlayın. ("0"=GND, "1"=+5V)
- 4. (10-2) ve (10-3) denklemlerini kullanarak I_{out} çıkış akımı ve V_{out} çıkış gerilimini hesaplayınız. Tablo 10-1'e kaydediniz.

- 5. J1'den bağlantı konnektörünü çıkartınız. DAC0800 ve $\mu A741$ arasına DMM akım ölçeri bağlayarak I_{out} değerini ölçünüz. Sonucu Tablo 10-1'e kaydediniz.
- 6. DMM'yi kaldırın ve J1'e bağlantı konnektörünü tekrar bağlayın. DMM voltmetresini kullanarak $\mu A741$ çıkış(O/P) gerilimi V_{out} değerini ölçün. Sonucu Tablo 10-1'e kaydedin.
- 7. Tablo 10-1'de sıralanan dijital kodları izleyin, D7'den D0'a kadar olan anahtarları değiştirin. 5. ve 6. adımları sırasıyla tekrarlayın. Sonuçları Tablo 10-1'e kaydedin.

Deney 10-2 DAC0800 Çift Kutup Gerilim Çıkışlı Devre

- 1. DAC0800 çift kutup gerilim çıkışlı dijital-analog çevirici devreyi KL-94001 modülü üzerine yerleştiriniz. J1 ve J2'ye bağlantı konnektörünü bağlayınız.
- 2. Adım aralığını hesaplayın ve Tablo 10-2'ye kaydedin.
- 3. D0'dan D7'ye kadar olan anahtarları 0000 0000 pozisyonlarını doğrulamak için ayarlayın. ("0"=GND, "1"=+5V)
- 4. (10-2) ve (10-6) denklemlerini kullanarak V_{out} çıkış gerilimini hesaplayınız. Tablo 10-2'ye kaydediniz.
- 5. DMM kullanarak V_{out} çıkış gerilimini ölçün ve Tablo 10-2'ye kaydedin.
- 6. J1'den bağlantı konnektörünü kaldırın. J1'e DMM bağlayarak çıkış akımı I_{out} değerini ölçün ve sonucu Tablo 10-2'ye kaydedin.
- 7. J2'den bağlantı konnektörünü çıkarıp J1'e bağlayın. J2'ye DMM bağlayarak $\overline{I_{out}}$ çıkış akımını ölçün. Sonucu Tablo 10-2'ye kaydedin.
- 8. $I_{out} + \overline{I_{out}}$ değerini hesaplayın ve sonucu Tablo 10-2'ye kaydedin.
- 9. Tablo 10-2'de sıralanan dijital kodları izleyin, D7'den D0'a kadar olan anahtarları değiştirin. 5. ve 8. adımları sırasıyla tekrarlayın. Sonuçları Tablo 10-2'ye kaydedin.

Tablo 10-1

Adım Değeri= _____

| Dijital Giriş | | | | | | | | Analog Çıkış | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|---------|------------------|---------|
| D ₇ | D ₆ | D ₅ | D ₄ | D ₃ | D ₂ | D ₁ | D ₀ | V _{out} | | I _{out} | |
| | | | | | | | | Hesaplanan | Ölçülen | Hesaplanan | Ölçülen |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |

Gerilim(V)

Akım(mA)

Tablo 10-2

Adım Değeri=_____

| Dijital Giriş | | | | | | | | Analog Çıkış | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|---|
| D ₇ | D ₆ | D ₅ | D ₄ | D ₃ | D ₂ | D ₁ | D ₀ | Hesaplanan | Ölçülen Değer | | | |
| | | | | | | | | V _{out} | V _{out} | I _{out} | $\overline{I_{out}}$ | I _{out} + $\overline{I_{out}}$ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |

Gerilim(V)

Akım(mA)

10.5 SORULAR

1. Fig. 10-6'da, eğer dijital girişler 01101010 ise bit ağırlığı ile çıkış gerilimini hesaplayınız.
2. Adım aralığı yada çıkış aralığı bakış açısından, tek kutup ve çift kutup yapılarını karşılaştırınız.
3. Tablo 10-2'deki sonuçlara göre, I_{out} ve $\overline{I_{out}}$ arasındaki ilişkiyi yorumlayınız.