

# Bölüm 9 A/D Çeviriciler

## 9.1 AMAÇ

1. Bir Analog-Dijital Çeviricinin çalışma yönteminin anlaşılması.
2. ADC0804 ve ADC0809 entegrelerinin karakteristiklerinin anlaşılması.
3. ADC0804 ve ADC0809 entegrelerinin uygulamalarının anlaşılması.

## 9.2 TEMEL KAVRAMLARIN İNCELENMESİ

Analog-Dijital çeviriciler (ADC yada A/D çeviriciler), genellikle gerilim yada akım olan analog ölçümleri dijital bilgiye çevirirler. Bu dijital bilgi, bilgisayar işlemlerinde, işaret işlemede, data iletiminde, data depolama ve kontrol sistemlerinde kullanılır. Bu çevrimi yapmamızın başlıca gerekçeleri, dijital işaretlerin depolanmasının daha kolay olması, debug edilebilmesi(çok sayıda kodlama teknikleri kullanılarak), ve genellikle gürültüden bağımsız olmalarından dolayıdır.

### Analog-Dijital Çeviricinin Çalışma Yöntemi

Fig. 9-1, 3 bitlik ideal bir ADC'nin transfer karakteristiğini göstermektedir. Analog giriş aralığı 0 – 1V arasındadır ve 8 aralıkta bölünerek quantize edilir. Her aralıktaki analog seviyeler aynı dijital koda karşılık gelmektedir. Her aralıktaki dijital kod o aralığın orta noktasındaki nominal değere göre belirlenir. Bu nedenle, doğal olarak, analog-dijital çevirme işleminde  $\pm 1/2$  en düşük anlamlı bit(LSB) quantalama hatası mevcuttur. Bu quantalama hatasını azaltmanın tek yolu bit sayısını arttırmaktır.

Q, quantalama değeri yada quantum olsun. Q, ADC tarafından ayırt edilebilir en düşük analog fark seviyesidir. Aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$Q = \frac{FS}{2^n - 1} = \frac{1}{2^n} \quad (9-1)$$

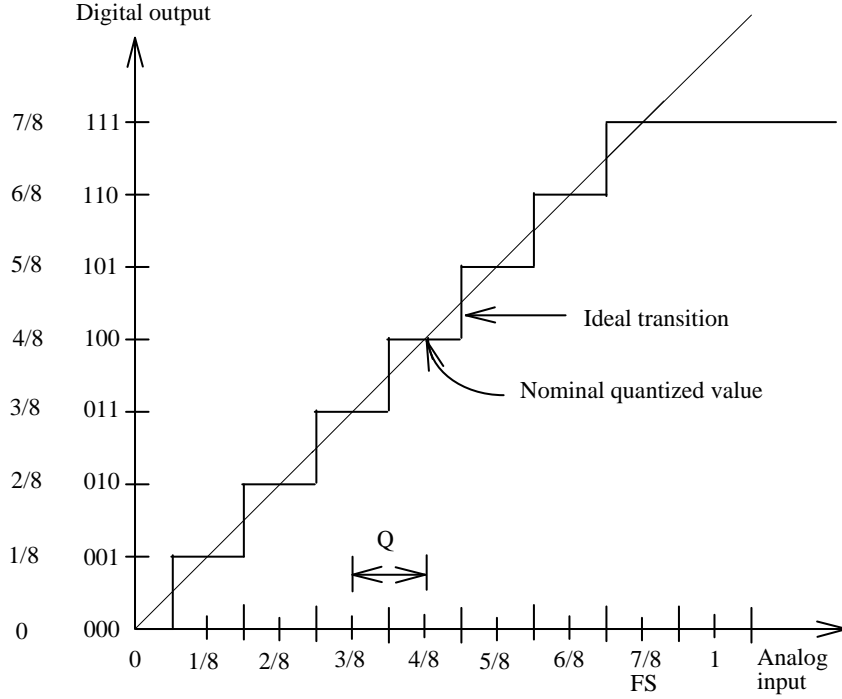


Fig. 9-1 3 bitlik ideal ADC'nin transfer karakteristiđi.

FS, tüm skala aralığını göstermektedir ve  $[(2^n - 1) / 2^n]$  değerine eşittir.  $2^n$ , n dijital bit sayısı ile belirlenen çözünürlüktür. Dolayısıyla, n sayısı ne kadar büyük ise çözünürlük o kadar yüksektir. Genellikle, ADC üreten firmalar, çözünürlüğü bit sayısı ile ifade etmektedirler. Örnek olarak, ADC0804'ün çözünürlüğü teknik kullanım kılavuzunda 8 bit ile ifade edilir.

A/D çeviricileri ile çok sayıda devre tasarımları mevcuttur. Örnek olarak, digital-ramp, successive approximation, flash ve tracking devreleri bazılarıdır. Yapılacak deneylerde, ADC devrelerinden sadece Successive Approximation devresi kullanılmaktadır. Bu nedenle ileriki bölümlerde successive approximation devresinin çalışma biçiminden bahsedilecektir.

Fig. 9-2'de 8 bitlik successive approximation ADC devresinin blok diyagramı gösterilmektedir. Normal çalışma aşağıdaki gibi işlemektedir. Örnekle ve tut devresi(Sample and hold – S/H yada S&H), analog dijital çevrim başlamadan önce verilen bir zaman aralığında analog giriş gerilimi  $V_i$  'yi tutmak ve çevrim periyodu boyunca herhangi bir değişime karşı gerilim seviyesini sabit tutmak için kullanılır.

Kontrol lojik, register'ın en anlamlı biti(MSB) olan D7'ye 1 değerini atar, diğer bitlere ise 0 değerini atar. Dijital - Analog çevirici (DAC yada D/A), ikilik düzendeki kodları bir analog  $V(D)$  çıkışına çevirir ve bu değer aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$V(D) = 2^{n-1} \times Q = 2^{n-1} \times \frac{V_{ref}}{2^n} = \frac{1}{2} V_{ref} \quad (9-2)$$

DAC çıkışı  $V(D)$ , referans gerilimi  $V_{ref}$  'in sadece yarısıdır. Karşılaştırıcı(comparator),  $V(D)$  gerilimini analog giriş gerilimi  $V_i$  ile karşılaştırır. Eğer  $V_i > V(D)$  ise  $D_7$ 'de 1 kalır. Eğer  $V_i < V(D)$  ise 1,  $D_7$ 'den kaldırılır ve bir sonraki en anlamlı bit  $D_6$  denenir. Bu şekilde, 1, register çıkışlarındaki her bir bit' de denenir ve ta ki  $V_i$  'nin ikilik düzendeki eşdeğeri bulunana kadar.

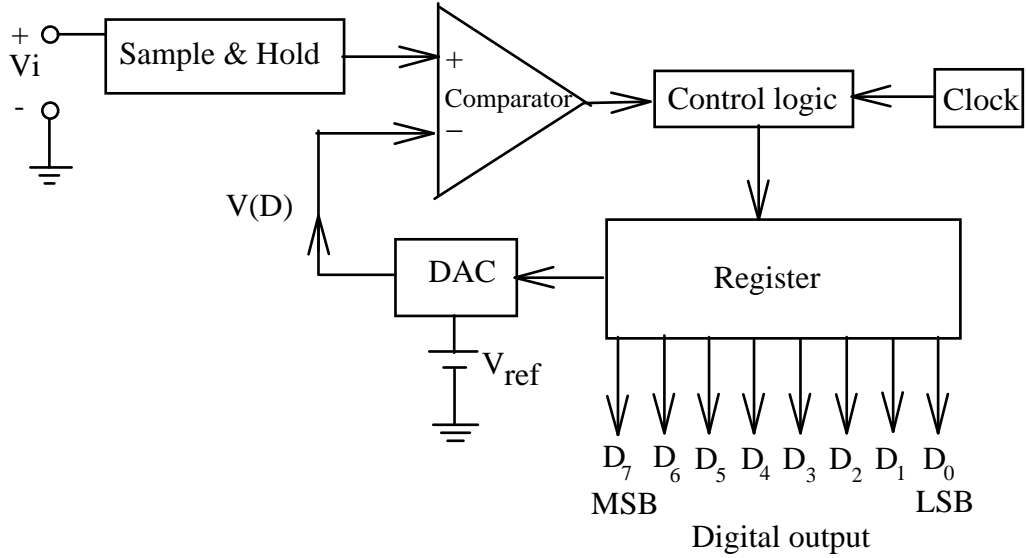


Fig. 9-2 Successive Approximation ADC devresinin blok diyagramı.

### Analog Dijital Çevirici – ADC0804

20 pinli dual-in-line paket(DIP-20) ADC0804, successive approximation prensibine göre çalışan 8 bitlik bir ADC'dir. Ana karakteristikleri, sadece 5V besleme ile beslenmesi, 0V – 5V analog giriş gerilim aralığına sahip olması, 15mW güç tüketimi, ve 100µs çevrim süresine sahip olmasıdır. ADC0804'ün çözünürlüğü 8 bit olduğundan dolayı, analog giriş aralığı  $2^8$  yani 256 ayrık aralığa bölünür. 5V referans gerilimi olduğundan her bir aralık  $5/256=0.01953V$  ile gösterilir. Böylelikle 00000000 (00H) dijital çıkış kodu ise 0V'luk bir analog giriş gerilimine, 11111111(FFH) dijital çıkış kodu ise 4.9805V'luk bir analog giriş gerilimine karşılık gelir. Tüm skalayı içeren ayarlanamama hatası, ofset, ve lineer olmama hataları  $\pm 1$  LSB yada 0.01953V 'dur.

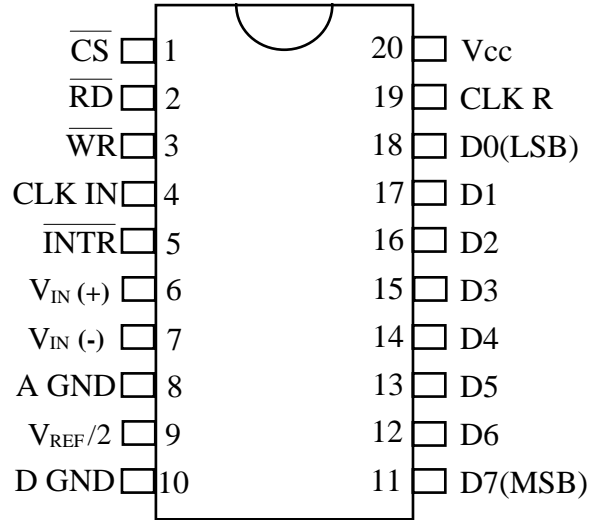


Fig. 9-3 ADC0804 pin konfigurasyonu.

ADC0804'ün bağlantı diyagramı Fig. 9-3'de gösterilmiştir. D0 – D7 çıkış portlarından data okunabildiği zaman, low olan hem  $\overline{CS}$  hem de  $\overline{RD}$  'nin kombinasyonu, 8 bitlik dijital çıkışı sağlamak için 3 durumlu çıkış latch 'lerini olanaklı kılarlar.  $\overline{CS}$  yada  $\overline{RD}$  high olduğu zaman, D0 – D7 çıkışları rastgele değerler alırlar(floating). ADC0804 çeviricisi,  $\overline{CS}$  ve  $\overline{WR}$  aynı zamanda low olduğu zaman başlatılır.

Bu, 8 bitlik register'ı resetler.  $\overline{WR}$  high olduğu zaman, ADC çevirme işlemine başlar. CLK IN(pin 4), saat darbeleri için giriş pinidir. Saat darbe frekansları 100kHz'den 800kHz'e kadar olabilir.  $\overline{INTR}$  pini, analogdan dijital çevrim boyunca high durumunda kalır. Çevrim tamamlanınca, high durumundan low durumuna geçer. Analog fark giriş gerilimi  $V_{in}(+)$  ve  $V_{in}(-)$  pinlerine uygulanır. Eğer tek hatlı giriş isteniyorsa,  $V_{in}(-)$  pini toprağa bağlanır. AGND, analog işaretler için toprak, DGND ise dijital işaretler için topraktır. Referans gerilimi  $V_{CC}$  pinine uygulanan gerilimin yarısı yada  $V_{ref} / 2$  pinine dışarıdan uygulanan gerilime eşittir.

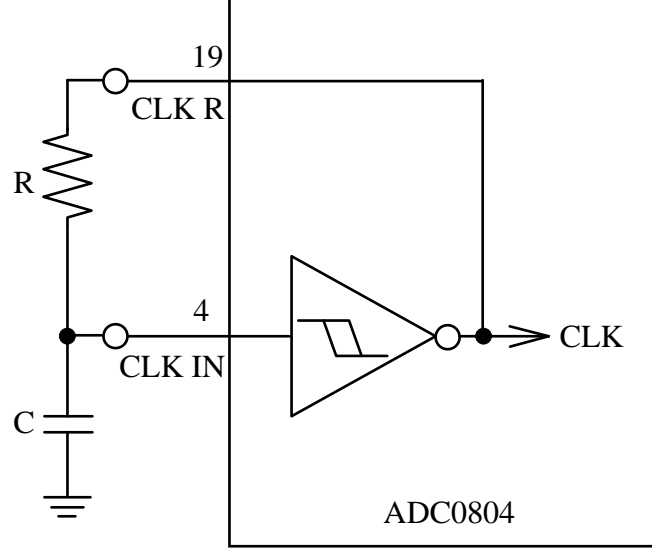


Fig. 9-4 ADC0804 entegresinin içerisindeki saat üretici.

ADC0804 entegresinin saat işareti, CLK IN(pin 4) pinine dışarıdan bağlanan bir kaynak işaret ile belirlenebileceği gibi dışarıdan bağlanan bir RC yapısı ile kendi saat işaretini de elde edebilir. Fig. 9-4'de gösterildiği gibi, CLK R(19. pin) ve CLK IN(4. pin) pinlerine dışarıdan bağlanan RC yapısı ile ADC için saat işareti sağlanmaktadır. Saat frekansı şu şekilde bulunabilir;

$$f_{CLK} \approx \frac{1}{1.1RC} \text{ (Hz)} \quad (9-3)$$

Fig. 9-5'de, ADC0804 ile gerçekleştirilen bir analog-dijital çevirici devresi görülmektedir. Analog giriş işareti  $V_{in}(+)$  girişine bağlanmıştır ve genlik seviyesi  $VR_2$  ile kontrol edilmektedir.  $V_{in}(-)$  girişi toprağa bağlanmıştır.  $V_{ref} / 2$  girişine sağlanan referans gerilimi, +5V'un  $R_1$ ,  $R_2$  ve  $VR_1$  gerilim bölücüleri üzerinden sağlanan değeriyle elde edilmektedir.  $C_1$ , ve  $R_3$  elemanlarının oluşturduğu kombinasyon saat frekansını belirlemektedir.  $\overline{CS}$  (pin 1) ve  $\overline{RD}$  (pin 2) , ADC'nin aktif durumda olması için doğrudan toprağa bağlanmıştır. Kolaylık açısından,  $\overline{WR}$  (pin 3) ve  $\overline{INTR}$  (pin 5), daha sonraki deneyimizde kontrol işaretini simüle etmek için  $SW_1$  anahtarına bağlanır.

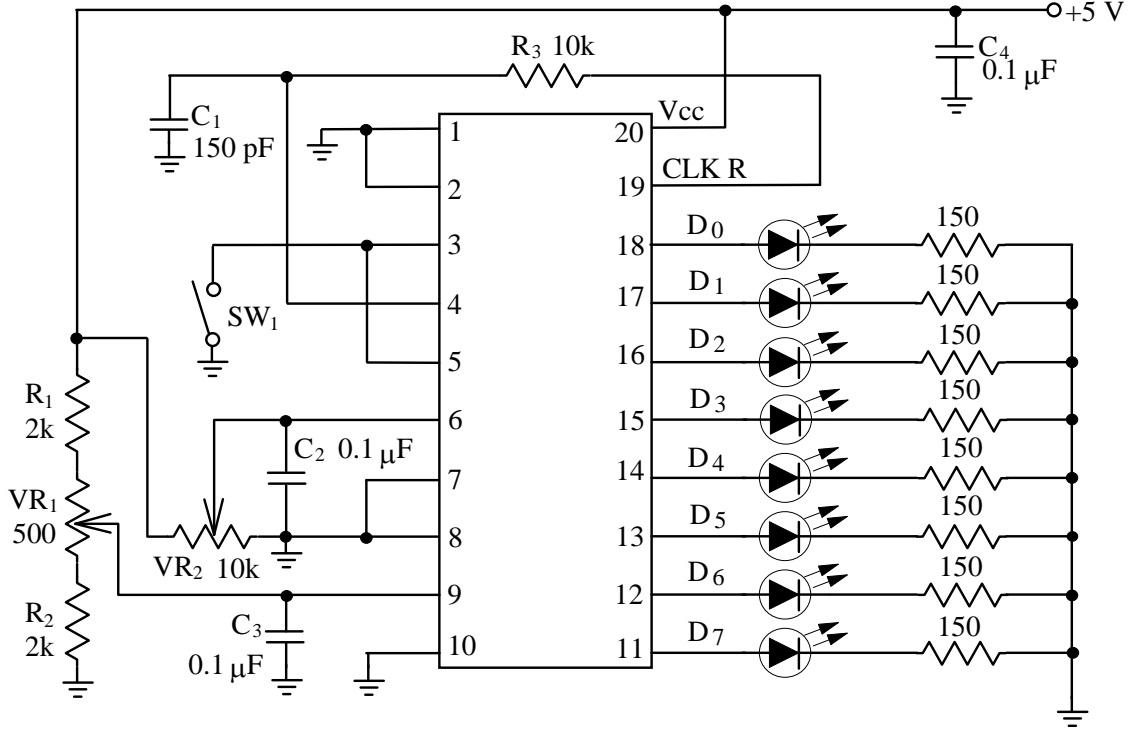


Fig. 9-5 ADC0804 ADC devresi.

### Analog-Dijital Çevirici – ADC0809

ADC0809, 28 pinli dual-in-line paket bir entegredir. ADC0809, 8 kanallı çoğullayıcı ile successive approximation tekniğine göre çalışan 8 bitlik bir ADC'dir. 5V tek besleme ile çalışır. Analog giriş gerilim aralığı 0 – 5V arasındadır. 15mW güç tüketimine sahiptir. ADC0809, 8 kanallı çoğullayıcı devresinden dolayı 8 tane analog girişe sahiptir. ADC0809 'un çözünürlüğü 8 bit olduğundan dolayı, analog giriş  $2^8$  yani 256 farklı aralığa bölünür. 5VDC referans gerilimi ile, her bir aralık  $5V/256=0.01953V$  ile ifade edilir. Bu nedenle, 00000000(00H) dijital çıkış kodu, 0V analog giriş gerilimine karşılık gelir. 11111111(FFH) dijital çıkış kodu ise,  $(255/256) \times 5V = 4.9805V$  analog giriş gerilimine karşılık gelir. Tüm skalayı kapsayan toplam ayarlanamama hatası, ofset, lineer olmama ve çoğullayıcı hataları  $\pm 1$  LSB yani  $0.01953V$ 'dur. ADC0809'un çalışmasını kontrol etmek için gerekli olan saat frekansı 10kHz ile 1280kHz arasındadır. 640kHz saat frekansında, tipik analog-dijital çevrim süresi  $100\mu s$ 'dir.

Fig. 9-6, ADC0809'un bağlantı diyagramını göstermektedir. 5, 4, 3, 2, 1, 28, 27 ve 26. pinler  $IN_7$ 'den  $IN_0$ 'a kadar olan analog girişlerdir. 21, 20, 19, 18, 8, 15, 14 ve 17. pinler  $D_7$ 'den  $D_0$ 'a kadar olan dijital çıkışlardır. 10. pin saat işareti girişidir. Pratikte, kolaylık açısından, besleme girişi Vcc(pin 11) ve referans gerilim girişi Vref(+) (pin 12) birbirine bağlanır. Fakat dikkat edilmesi gerekir ki, eğer besleme düzgün değilse(bad stability) böyle bir

düzenek ADC'nin hassasiyetini azaltır. Adres çözücü girişleri ADDA(pin 25), ADDB(pin 24) ve ADDC(pin 23)'nin durumları kontrol edilerek herhangi belirli bir kanal seçilir. Örnek olarak, ADDA, ADDB, ve ADDC için 000 durumunda IN<sub>0</sub> analog giriş kanalı seçilir.

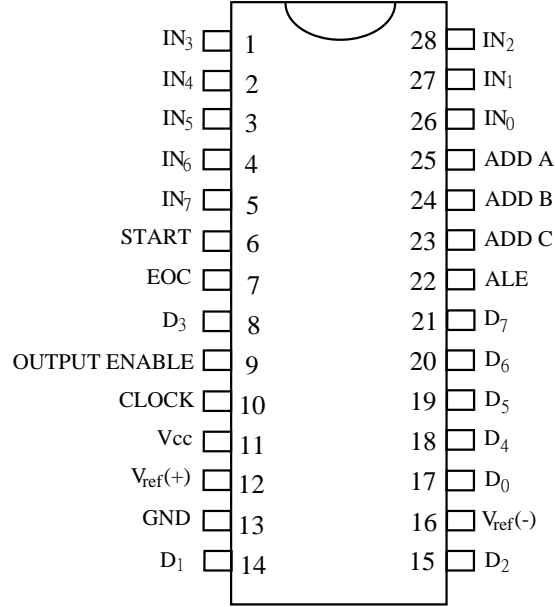


Fig. 9-6 ADC0809 pin konfigürasyonu.

ADC0809, doğrudan bir mikroişlemci yada bir sistem ile ara yüz oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. ADC0809'un 3 durumlu(3-state) çıkış yeteneği, herhangi başka dış devre yapısını gerektirmez. Kontrol hatları, START, EOC(end-of-conversion), OE(output enable), genellikle CPU'nun standart kontrol data hatlarına(control-bus lines) bağlanır. Bu kontrol hatlarına rağmen, ADC0809, CPU ile kolaylıkla haberleşebilir ve birbirleri arasında data transferi yapabilirler. ADC0809 çevrim işlemini tamamlar tamamlamaz, EOC işareti CPU'ya interrupt sağlar. CPU, dijital çıkışlarından data almak için hazır olduğu zaman, CPU, OE işaretini hazır kılar(enable) ve dijital dataları okur. Ve daha sonra ALE ve START işaretlerini hazır hale getirerek(enable) bir sonraki çevrim işlemi için ADC0809'u tekrar başlatır. Elbette, birçok kanal girişi kullanıldığı zaman, adres çözücü girişleri tekrar başlama döngüsü sırasında seçilmelidir.

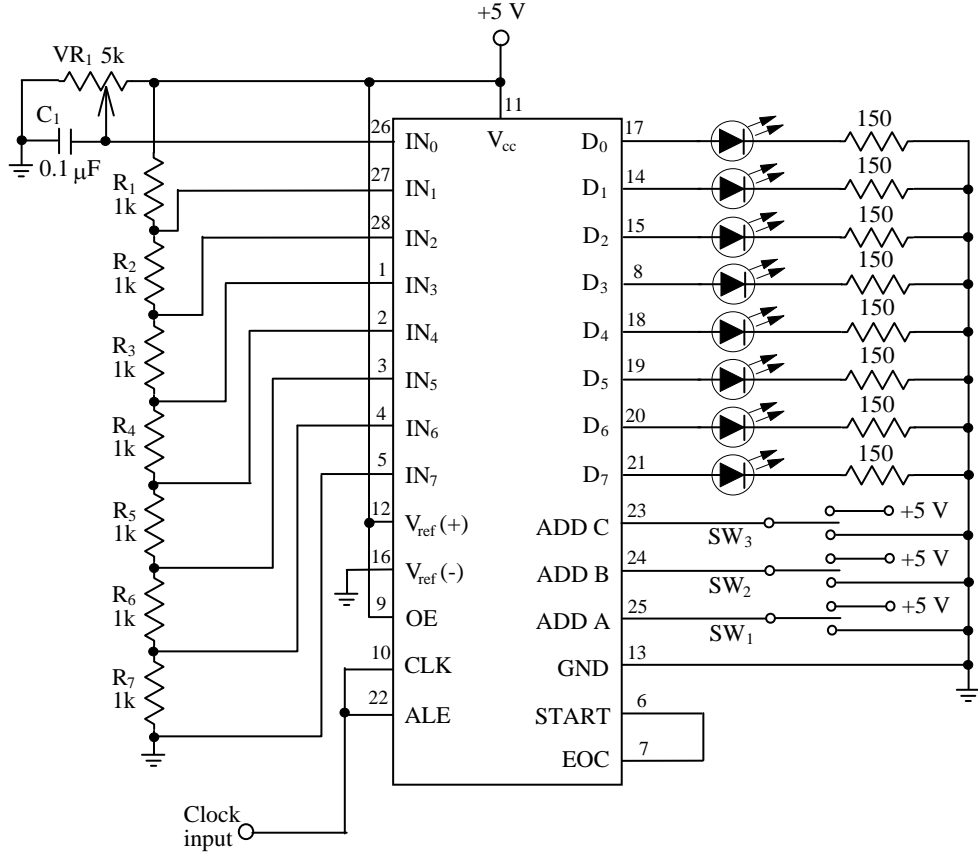


Fig. 9-7 ADC0809 ADC devresi.

ADC0809 ile pratik bir ADC devresi Fig. 9-7'de görülmektedir. EOC pini doğrudan START pinine bağlanmıştır. Bu, EOC çıkış işaretini ADC0809'u başlatmak için kullanır. ADC çalışmasını kontrol etmek için saat darbeleri, ALE ve CLK pinlerine uygulanır.  $IN_0$  girişine uygulanan analog gerilimin seviyesi,  $VR_1$  ayarlanarak kontrol edilir. Ancak,  $IN_1$ 'den  $IN_7$ 'ye kadar olan girişlerin seviyeleri  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$ ,  $R_6$ , ve  $R_7$  elemanlarından oluşan gerilim bölücüleri ile belirlenir. Analog kanal girişleri,  $SW_1$ ,  $SW_2$ , ve  $SW_3$ 'ün durumlarına göre seçilir. LED göstergesi, dijital çıkışların durumlarını gösterir.



### 9.3 GEREKLİ EKİPMANLAR

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

### 9.4 DENEYLER VE KAYITLAR

#### ***Deney 9-1 ADC0804 A/D Çevirici***

- 1. ADC0804 Analog - Dijital çevirici devresini KL-94001 modülü üzerine yerleştiriniz. Güç kaynağını açınız.
- 2. DVM kullanarak,  $V_{ref} / 2$  girişindeki(pin 9) gerilimi ölçün.  $VR_1$ 'i ayarlayarak gerilim seviyesini yavaşça arttırın ta ki ölçülen gerilim seviyesi 2.5V'a gelene kadar. Bu, ADC0804'ün analog gerilim giriş aralığının 0'dan 5V'a kadar olmasını sağlayacaktır.
- 3. Analog girişi(pin 6) ölçün ve yavaşça  $VR_2$ 'yi ayarlayın ta ki ölçülen gerilim 0V'a ulaşana kadar.
- 4. Bağlantı konnektörünü J1'e bağlayın. Bu, dijital çıkışları tutacaktır. LED ekranındaki durumları gözlemleyin ve sonuçları Tablo 9-1' e kaydedin.
- 5. J1'den bağlantı konnektörünü sökün. Dijital çıkış, analog girişin değişimi ile değişecektir.
- 6. Tablo 9-1'de listelenen diğer analog giriş gerilimlerini elde etmek için  $VR_2$ 'yi dikkatlice ayarlayın. 4. ve 5. adımları tekrarlayın. Tablo 9-1'i doldurun.

#### ***Deney 9-2 ADC0809 A/D Çevirici***

- 1. ADC0809 Analog - Dijital çevirici devresini KL-94001 modülü üzerine yerleştiriniz. Güç kaynağını açınız.
- 2. 2.5V ofseti olan 120kHz ve 2.5V'luk kare dalgayı(high=5V, low=0V) saat girişine bağlayın(CLK).
- 3.  $SW_3$ ,  $SW_2$  ve  $SW_1$  anahtarlarını toprağa bağlayın(GDN). Analog işaret  $IN_0$  giriş portuna gelecektir.

- 4. Tablo 9-2'de listelenen analog gerilimleri tek tek elde etmek için  $VR_1$ 'i dikkatlice ayarlayın.
- 5. Her analog giriş işareti için LED göstergesindeki durumları gözlemleyin ve sonuçları Tablo 9-2'ye kaydedin.
- 6.  $IN_1$ 'den  $IN_7$ 'ye kadar olan giriş portlarındaki giriş gerilimini hesaplayın ve sonuçları Tablo 9-2'ye kaydedin.
- 7. Tablo 9-3'de listelenen  $SW_3$ ,  $SW_2$  ve  $SW_1$  anahtarlarının konumlarını, her seferinde bir analog giriş olarak  $IN_1$ 'den  $IN_7$ 'ye kadar olan girişlerden birini seçmek için ayarlayınız.
- 8. LED göstergesindeki durumları gözlemleyin ve sonuçları Tablo 9-3'e kaydedin.

Tablo 9-1

| Analog<br>Voltaj<br>Girişi<br>( V ) | Dijital Çıkış    |              |               |              |
|-------------------------------------|------------------|--------------|---------------|--------------|
|                                     | Hesaplanan Değer |              | Ölçülen Değer |              |
|                                     | Binary           | Hexa-decimal | Binary        | Hexa-decimal |
| 0.0                                 |                  |              |               |              |
| 0.5                                 |                  |              |               |              |
| 1.0                                 |                  |              |               |              |
| 1.5                                 |                  |              |               |              |
| 2.0                                 |                  |              |               |              |
| 2.5                                 |                  |              |               |              |
| 3.0                                 |                  |              |               |              |
| 3.5                                 |                  |              |               |              |
| 4.0                                 |                  |              |               |              |
| 4.5                                 |                  |              |               |              |
| 5.0                                 |                  |              |               |              |

Tablo 9-2

| Analog<br>Voltaj<br>Giriş<br>( V ) | Dijital Çıkış    |              |               |              |
|------------------------------------|------------------|--------------|---------------|--------------|
|                                    | Hesaplanan Değer |              | Ölçülen Değer |              |
|                                    | Binary           | Hexa-decimal | Binary        | Hexa-decimal |
| 0.0                                |                  |              |               |              |
| 0.5                                |                  |              |               |              |
| 1.0                                |                  |              |               |              |
| 1.5                                |                  |              |               |              |
| 2.0                                |                  |              |               |              |
| 2.5                                |                  |              |               |              |
| 3.0                                |                  |              |               |              |
| 3.5                                |                  |              |               |              |
| 4.0                                |                  |              |               |              |
| 4.5                                |                  |              |               |              |
| 5.0                                |                  |              |               |              |

Tablo 9-3

| SW3  | SW2  | SW1  | Analog Giriş<br>( Hesaplanan Değer ) |        | Dijital Çıkış<br>( Ölçülen Değer ) |              |
|------|------|------|--------------------------------------|--------|------------------------------------|--------------|
|      |      |      | Giriş Portu                          | Voltaj | Binary                             | Hexa-Decimal |
| GND  | GND  | +5 V | IN <sub>1</sub>                      |        |                                    |              |
| GND  | +5 V | GND  | IN <sub>2</sub>                      |        |                                    |              |
| GND  | +5 V | +5 V | IN <sub>3</sub>                      |        |                                    |              |
| +5 V | GND  | GND  | IN <sub>4</sub>                      |        |                                    |              |
| +5 V | GND  | +5 V | IN <sub>5</sub>                      |        |                                    |              |
| +5 V | +5 V | GND  | IN <sub>6</sub>                      |        |                                    |              |
| +5 V | +5 V | +5 V | IN <sub>7</sub>                      |        |                                    |              |

## 9.5 SORULAR

1. Fig. 9-5'deki ADC0804 ADC devresinde bulunan  $R_3$  ve  $C_1$ 'in görevini yorumlayın.
2. Fig. 9-7'deki ADC0809 ADC devresinde bulunan  $SW_1$ ,  $SW_2$ , ve  $SW_3$  anahtarlarının görevini yorumlayın.
3. ADC0804'ün ayarlanamama hatasını(unadjusted error) ifade edin.
4. ADC0809'un ayarlanamama hatasını ifade edin.