

DİJİTAL HABERLEŞME

Günümüzde haberleşme teknolojisinin gelişmesi ile genlik modülasyonlu haberleşme sistemleri yerine daha modern olan dijital (**sayısal**) haberleşme sistemleri kullanılmaktadır. Dijital haberleşme sistemlerinin, analog sistemlere göre büyük üstünlükleri vardır. Bunlar; işleme kolaylığı çoklama kolaylığı ve gürültüye bağışıklıktır. Dijital haberleşme sistemi bilginin iki nokta arasında sayısal darbelerle iletilmesidir. İki nokta arasındaki iletim ortamı iletken teller, koaksiyel kablolar, fiber optik kablolar ya da atmosfer olabilir.

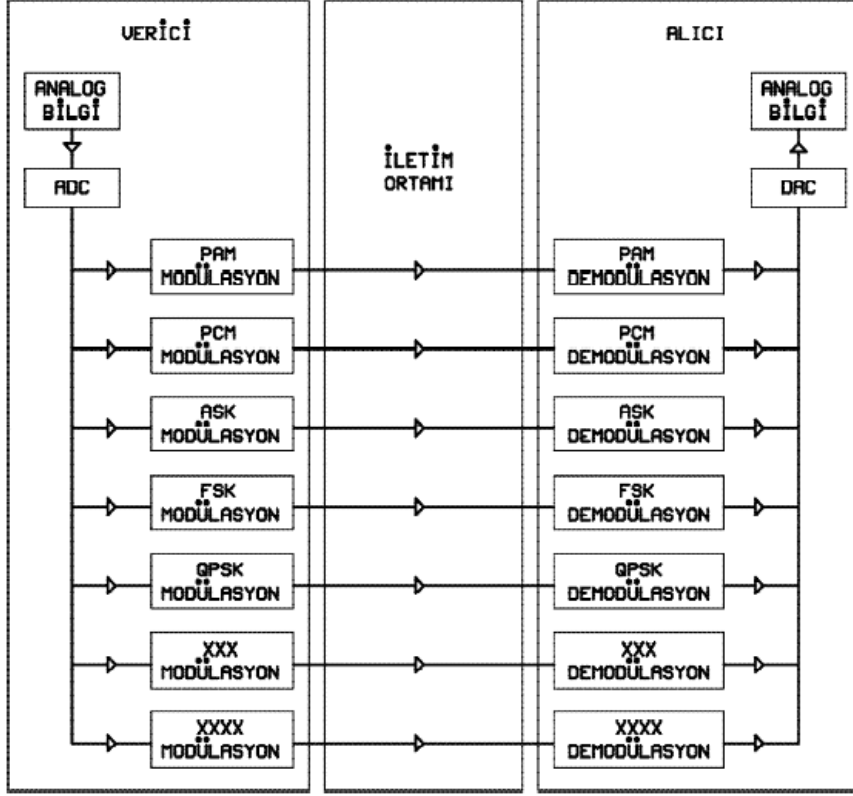
Dijital haberleşme sisteminde bilgi genellikle ses, resim gibi analog biçimdedir. Dijital haberleşme için yapılması gereken ilk iş bilginin sayısal darbelerle çevrilmesidir. Sayısal darbeler halindeki verici tarafından iletim ortamına gönderilir. Alıcı iletim ortamından sayısal darbeler şeklinde olan bilgiyi alır ve tersi bir işlem yaparak tekrar analog bilgi haline getirir.

Analog bilgiyi sayısal iletim ortamına hazırlamak için değişik modülasyon işlemleri vardır. Her modülasyonun da kendisine uygun demodülasyon sistemi vardır. Yaygın olarak kullanılan dijital haberleşme sistemleri aşağıdadır.

- 1- PAM (Pulse Amplitude Modulation)**
- 2- PCM (Pulse Code Modulation)**
- 3- PWM (Pulse Width Modulation)**
- 4- PPM (Pulse Position Modulation)**
- 5- ASK (Amplitude Shift Modulation)**
- 6- FSK (Frequency Shift Modulation)**
- 7- PSK (Phase Shift Modulation)**
- 8- QPSK (Quadro Phase Shift Modulation)**
- 9- PAM (Pulse Amplitude Modulation)**
- 10- PCM (Pulse Code Modulation)**
- 11- DM (Delta Modulation)**
- 12- FDM (Frequency Division Multiplexing Modulation)**
- 13- TDM (Time Division Multiplexing Modulation)**

Şüphesiz ki zamanla bu modülasyon sistemlerine daha kolay yapılan, daha iyi çalışan modülasyonlar eklenecektir.

Dijital haberleşme sistemi genel olarak Şekil 4.1’de en kolay anlaşılır biçimde görülmektedir.



Şekil 4.1

Şekilde **"ADC"** Analog Dijital Çevirici, **"DAC"** Dijital Analog Çevirici kısaltmalarıdır.

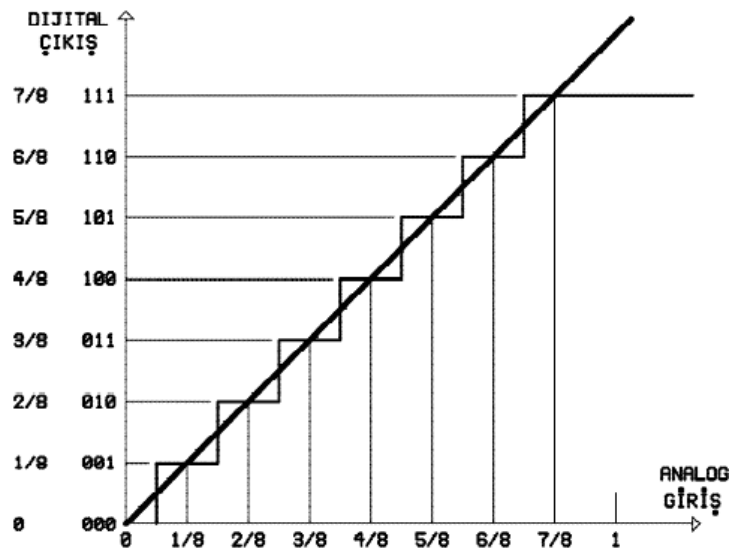
Görüldüğü gibi vericide analog bilgi önce dijital (**sayısal**) bilgiye çevrilmiş seçilen bir sistemle modüle edilerek iletim ortamına sürülmüştür. Alıcı iletim ortamından bu modülasyonlu sistemi almış, demodüle etmiş sonra dijital bilgiyi tekrar analog bilgiye çevirmiştir.

DENEY 4.1

ANALOG DİJİTAL ÇEVİRİCİ'NİN (ADC) İNCELENMESİ (ADC 0804)

Bir değişkenin alabileceği değerler "0" dan başlayıp "1"e kadar değişiyor ve "0,1-0,2....0,9" gibi ara değerleri voltmetre, ampermetre ya da benzeri aletler ile ölçülüyor ise bu değişken analog sinyaldir. Bu değişken yalnız "0" ve "1" değerlerini alıyor ise başka sözle ara değerleri yok ise bu değişken dijital (**sayısal**) sinyaldir. Eğer bir cihaz ya da devre, analog sinyali dijital sinyale çeviriyor ise böyle cihaz ya da devreye Analog Dijital Çevirici (**ADC Analog Dijital Converter**) denir. Analog Dijital Çevirici'ler gürültü etkisini azaltır. Dijital sinyaller kolay kodlanır ve kolay depo edilir.

Şekil 4.1.1'de 3 bit analog dijital çeviricinin karakteristik eğrisi görülmektedir.



Şekil 4.1.1

Analog giriş 0Volt ile 1Volt arasındadır. Giriş sinyali 3 bit için $2^3=2 \times 2 \times 2=8$ parçada ya da aralıkta ifade edilebilir. Her aralıktaki bütün analog değerler aynı ikili kod kullanılarak gösterilir. Analog dijital çevrim sırasında her aralığın ortanoktasındaki değer alt değeri "0" üst değeri "1" olarak algılanır. Eğer analog değerler, aralığın ya da parçanın tam orta noktasında ise ikili kodlu sistemde ne olacağının anlaşılamadığı nokta olarak ortaya çıkar.



Şekil 4.1.2

Belirsizlik noktası Şekil 4.1.2’de görülmektedir. Bu duruma Kuantumlama belirsizliği ya da hatası denir. Kuantumlama hatası $\pm 0,5$ düşük değerli bit (**LSB Least Significant Bit**) kadardır. Düşük değerli bit değiştiğinde sonucu en az etkileyen bit demektir. Kuantumlama hatası analog dijital çeviricinin bit sayısını artırarak azaltılır. Kuantumlama değeri “Q” düşük değerli bit’in (**LSB**) değişimine neden olabilecek gerilim değeridir. Formül olarak:

$$Q = \frac{FS}{2^n - 1} = \frac{1}{2^n} \text{’dir.}$$

Formülde;

n = Bit sayısı

FS=Tam skala gerilim (**Full Scale**) değeridir.

Analog dijital çevrimi yapılırken değişik yöntemler kullanılır. Bu yöntemlerden bazıları merdiven (**Digital Ramp**) tipi ADC, Flash ADC, İzleyen (**Tracking**) ADC ve Başarılı yaklaşım (**Sussessive approximation**) ADC’ dir.

Şekil 4.1.3’de 8 bit çözünürlüğe sahip başarılı yaklaşım ADC (**ADC 0804**) blok şeması görülmektedir. Örnekle ve tut (**SH Sample and Hold**) devresi çevrim sırasında giriş sinyalinin değişmesini önler. Kontrol mantığı (**Control Logic**) en düşük değerli bitten (**LSB**) başlayıp en yüksek değerli bit’e (**MSB Most Significant Bit**) kadar olan bitleri (**D0-D1-D2-D3-D4-D5-D6**) “0”a , en yüksek değerli bit’i (**D7**) “1”e ayarlar. Bu dijital bilgi ADC 0804 entegresi içinde bulunan Dijital Analog Çevirici- ye (**DAC**) uygulanır. Dijital analog çeviriciye aynı zamanda dışardan bir referans gerilimi (**VR**) uygulanmıştır.

Dijital analog çeviricinin çıkış gerilimi (**VD**) Formül olarak;

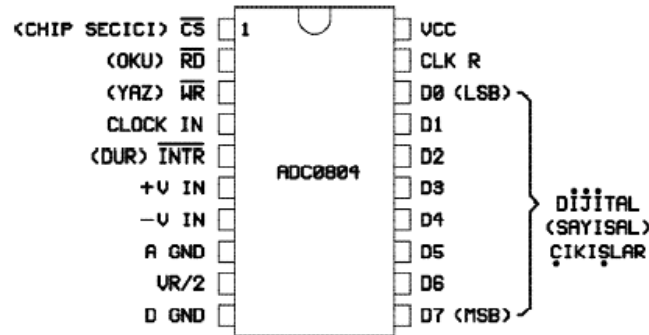
$$VD = 2^{n-1} \cdot Q = 2^{n-1} \cdot \frac{VR}{2^n} = \frac{1}{2} VR \text{ olur.}$$

Görüldüğü gibi VD gerilimi referans geriliminin yarısı kadardır. Eğer giriş gerilimi (**VG**), (**VD**)'den büyük ise en yüksek değerli bit (**D7**) "**1**", küçük ise "**0**" olur. Ardından (**D6**) bitini "**1**" yaparak dijital analog çevirici çıkışında yeni bir (**VD**) elde edilir. Yeni elde edilen VD ile giriş gerilimi karşılaştırıcıda (**Comparator**) karşılaştırılır. Eğer giriş gerilimi (**VG**) yeni elde edilen VD'den büyük ise (**D6**) biti "**1**", küçük ise "**0**" olur. Aynı işlem (**D0**) bitine kadar sırayla yapılır. İşlemler sonunda (**D7**) bitinden, (**D0**) bitine kadar bütün dijital çıkışlar elde edilir.

ADC 0804 8 bit çözünürlüklü tek kanallı 20 ayaklı bir entegredir. Besleme gerilimi 5V DC ile analog giriş gerilim aralığı 0-5V DC arasındadır.

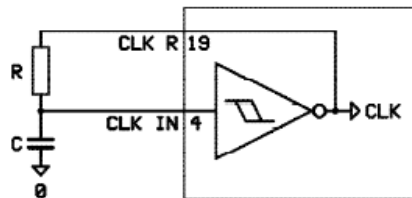
15mW güç harcaması, 100µS (**Mikro Saniye**) çevirme zamanı vardır. Bu entegrenin 8 bit çözünürlüğü olduğu için $2^8=256$ kuantumlama aralığı vardır.

Kuantumlama hatası gerilim olarak referans gerilimini 5V kabul edersek $5V/256=0.0195V$ 'tur. Demek ki ADC 0804 entegresinin hatası ± 1 LSB= $0.0195V$ ' tur. Bunun içinde tam aralık hatası, offset hatası ve doğrusal olmama hatası da vardır. Şekil 4.1.4'de ADC 0804 entegresinin ayak bağlantısı görülmektedir.



Şekil 4.1.4

ADC 0804 entegresi gerekli clock işaretini kendisi içinde üretebilir. Bunun için CLKR ve CLKIN ayakları arasında bir direnç ve CLKIN' den "**0**"'a bir kondansatör bağlamak gerekir.



Şekil 4.1.5

$$F_{clk} = \frac{1}{1.1 \cdot R : C} (Hz) \text{ dir.}$$

00000000 (**00H**) 0.00V'u
11111111 (**11F**) 4.9805V'u gösterir.

Şekil 4.1.6

Dijital çıkışlar için LED'ler kullanılmıştır. Diyotların yandığı durum "1" söndüğü durum "0" dir. R4-R11 dirençleri LED'lerin yükleridir. VR/2 gerilimini doğru sonuç elde etmek için Dijital Voltmetre kullanınız.

1-P1 potansiyometresi ile VR/2=2.5V DC ayarlayınız. Bu durumda analog dijital çevirici hangi analog gerilim değerini dijital değerlere çevirir.

--

2-Analog giriş ucu gerilimini Dijital Voltmetre kullanarak P2 potansiyometresi ile "0"V yapınız. J1 noktalarını bir an için kısa devre yapınız ve kısa devreyi açınız. Dijital çıkışlar ne oldu izleyiniz ve yorumlayınız.

--

3-P2 potansiyometresi ile analog giriş gerilimi Şekil 4.1.7'deki tablodaki değerlere sırayla ayarlayınız. Her basamakta okuduğunuz değeri tabloya kaydediniz. Tabloda orta bölümde olması gereken ideal değerler görülmektedir. Elde ettiğiniz değerleri ideal değerlerle kıyaslayınız.

ANALOG GİRİŞ U (VOLT)	İDEAL SAYISAL DEĞER (BINARY DIGITS)	OKUNAN SAYISAL DEĞER (BINARY DIGITS)
0.0	0000 0000	
0.5	0001 1010	
1.0	0011 0011	
1.5	0100 1101	
2.0	0110 0110	
2.5	1000 0000	
3.0	1001 1010	
3.5	1011 0011	
4.0	1100 1101	
4.5	1110 0110	
5.0	1111 1111	

Şekil 4.1.7

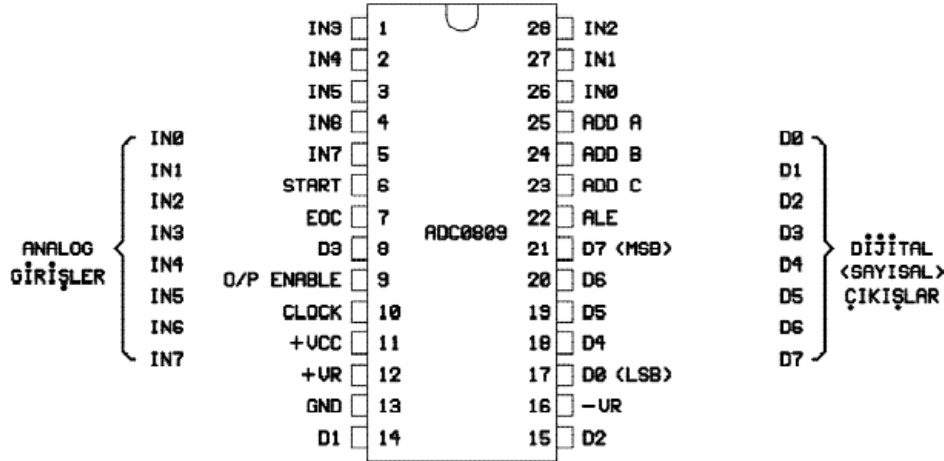
--

DENEY 4.2

ANALOG DİJİTAL ÇEVİRİCİ' NİN (ADC) İNCELENMESİ (ADC 0809)

HAZIRLIK BİLGİLERİ

ADC 0809 8 bit çözünürlüklü ve 8 kanal multiplekser (**çoklayıcı**) 28 ayaklı analog dijital çevirici entegresidir. 8 kanal denilme sebebi analog giriş ucunun 8 adet olmasından dolayıdır. Güç harcaması 150mW'tır. 10KHz-1280KHz arasındaki clock frekansında çalışır. 680KHz clock frekansında 100µS (**mikrosaniye**) çevrim zamanı vardır. ADC 0809 entegresine 5V DC besleme kaynağı ile 0-5V DC aralığında analog giriş gerilimi uygulanabilir.Çözünürlüğü 8 bit olduğundan kuantumlama adımı $2^8=256$ olup kuantumlama değeri $5/256=0.0195V$ 'tur.Bu değer bildiğimiz gibi ayarlanamayan hata değeri olup ± 1 LSB'e (**en küçük değerli bit**) eşittir.



Şekil 4.2.1

Şekil 4.2.1'de ADC 0809 entegresinin ayak bağlantıları görülmektedir. 26-27-28-1-2-3-4-5 nolu ayaklar IN0 dan IN7'ye kadar olan giriş uçlarıdır. Giriş uçlarından her birine ayrı analog değeri uygulanabilir. 17-14-15-8-18-19-20-21 nolu ayaklar D0'dan D7'ye kadar sayısal çıkış uçlarıdır. Sayısal çıkış uçlarında okunan değerlerin hangi giriş ucundan olduğu 25-24-23 nolu ayakların (**ADD A-ADD B-ADD C**) konumu seçer.23-24-25 nolu ayaklar 3 bitlik sayısal bilgiyi gösterir. "**25**" nolu ayak (**ADD A**) en değersiz bit, "**23**" nolu ayak (**ADD C**) en değerli bittir. Şekil 4.2.2'deki tabloda ADD A- ADD B-ADD C konumuna göre seçilen giriş ucu görülmektedir.

+5 VDC=1, TOPRAK=0 ⁰ DIR			OKUNAN GİRİŞ UCU
ADD C (AYAK 23)	ADD B (AYAK 24)	ADD A (AYAK 25)	
0	0	0	IN0
0	0	1	IN1
0	1	0	IN2
0	1	1	IN3
1	0	0	IN4
1	0	1	IN5
1	1	0	IN6
1	1	1	IN7

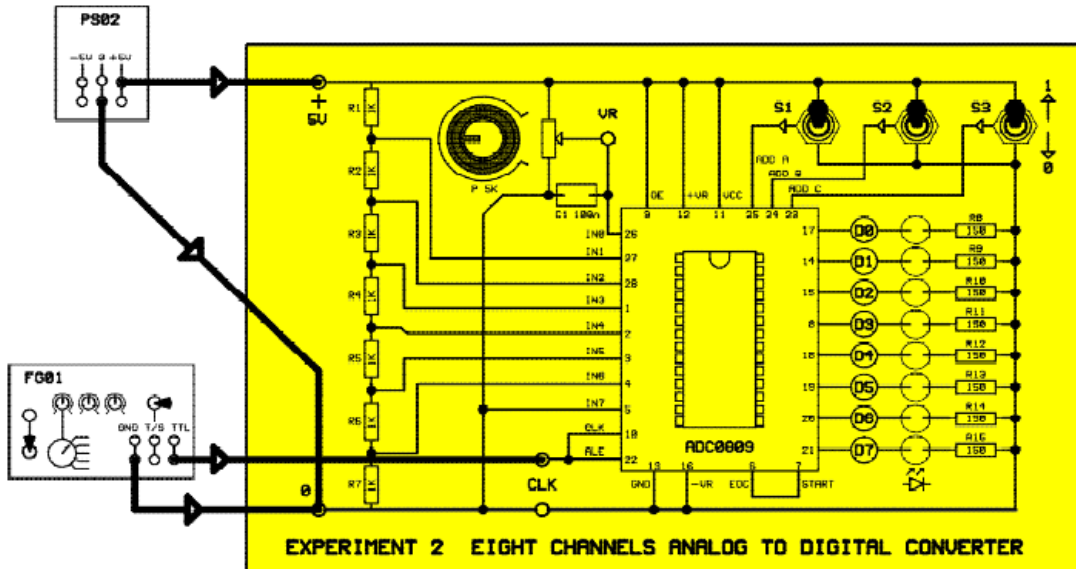
Şekil 4.2.2

ADC 0809 entegresine çevrim için dışardan clock işareti uygulanmalıdır. 10 nolu ayak clock işaretinin giriş ucudur. "12" nolu ayak +VR (**pozitif referans gerilimi**) kaynağın pozitif ucuna "16" nolu ayak -VR (**negatif referans gerilimi**) kaynağın negatif ucuna bağlanmalıdır.

ADC 0809 entegresi kolayca bir mikroişlemciye bağlanabilir. "6" nolu ayak (**START**), "7" nolu ayak (**EOC haberleşme sonu**), "9" nolu ayak (**OE çıkış açık**) ve "22" nolu ayak (**ALE adres alma açık**) mikroişlemcinin bilgi çevrim clock işaretlerinin kontrolünde kullanılır. Eğer çok kanallı giriş kullanılacaksa ADD A-ADD B-ADD C- ALE ve START uçları açık ya da +Vcc kaynak gerilimine bağlı kullanılır.

DENEYİN YAPILIŞI

Y-0024/004 modülünü yerine takınız. Devre bağlantılarını Şekil 4.2.3'deki gibi yapınız.



Şekil 4.2.3

Devre EOC çıkış sinyalinin START girişine uygulanmış, ALE ve CLOCK uçlarına clock işaretinin uygulandığı şekilde düzenlenmiştir. Dijital çıkış uçlarındaki LED diyotların yanık durumu dijital "1", sönük durumu dijital "0" olduğunu gösterir. R8-R15 dirençleri LED yük dirençleridir.

1- S1,S2 ve S3 anahtarlarını "0" konumuna alınız. Bu durum sayısal çıkışlar, hangi analog girişleri gösterir.

2- Clock girişine +5V DC genlikli, 100KHz frekanslı kare dalga uygulayınız. VR noktasındaki gerilimi "P" potansiyometresi ile toprağa göre dijital bir Voltmetre kullanarak sırasıyla Şekil 4.2.4'deki tablodaki değerlere ayarlayınız. Her basamakta okuduğunuz sayısal değeri tabloya yazınız. Tabloda orta bölümde olması gereken ideal değerler görülmektedir. Elde ettiğiniz değerleri ideal değerlerle kıyaslayınız.

ANALOG GİRİŞ U (VOLT)	İDEAL SAYISAL DEĞER (BINARY DIGITS)	OKUNAN SAYISAL DEĞER (BINARY DIGITS)
0.0	0000 0000	
0.5	0001 1010	
1.0	0011 0011	
1.5	0100 1101	
2.0	0110 0110	
2.5	1000 0000	
3.0	1001 1010	
3.5	1011 0011	
4.0	1100 1101	
4.5	1110 0110	
5.0	1111 1111	

Şekil 4.2.4

3- P potansiyometresi ile VR=5V DC yapınız. S1,S2 ve S3 anahtarlarını sırasıyla şekil 4.2.5'deki tabloda görülen konumlara alınız. Her basamakta hangi girişteki analog değer okunmaktadır. İlgili girişteki analog giriş gerilimini ve sayısal çıkış değerini tabloya yazınız.

+5 VDC=1, TOPRAK=0'DIR			OKUNAN GİRİŞ UCU	OKUNAN ANALOG GERİLİM (VOLT)	OKUNAN SAYISAL DEĞER
ADD C S3(MSB)	ADD B S2	ADD A S1(LSB)			
0	0	0	IN0		
0	0	1	IN1		
0	1	0	IN2		
0	1	1	IN3		
1	0	0	IN4		
1	0	1	IN5		
1	1	0	IN6		
1	1	1	IN7		

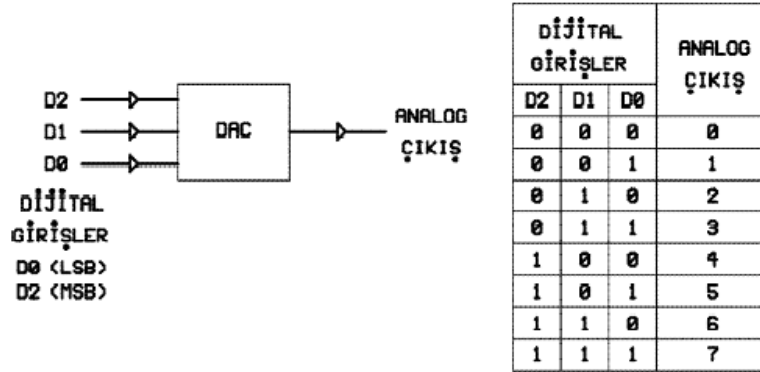
Şekil 4.2.5

DENEY 4.3

UNIPOLAR DİJİTAL ANALOG ÇEVİRİCİ'NİN İNCELENMESİ (DAC 0800)

HAZIRLIK BİLGİLERİ

Dijital sinyalleri analog sinyallere çeviren cihaz ya da devrelere dijital analog çeviriciler (**DAC DİJİTAL TO ANALOG CONVERTER**) denir. Şekil 4.3.1'de 3 bit dijital girişe sahip dijital analog çeviricinin blok şeması ve doğruluk tablosu görülmektedir. 3 bit $2^3=8$ adet ikili grup belirtir. İkili grup sayısına adım sayısı denir.

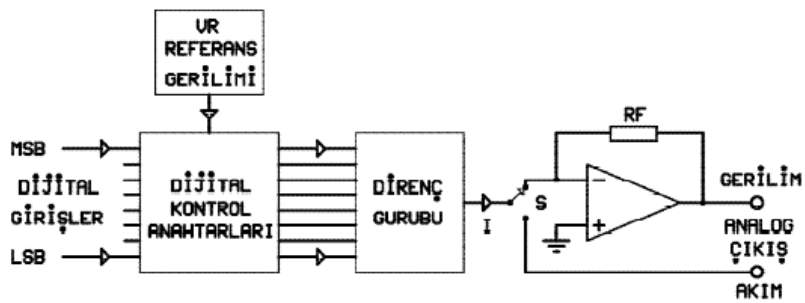


Şekil 4.3.1

Devre her giriş değeri için belli bir çıkış akımı ya da gerilimi üretir. Birbirini takip eden iki giriş bilgisi için çıkış değerindeki değişime adım değeri ya da giriş ağırlığı denir. Doğruluk tablosundan adım değerine bakarsak giriş "000" iken çıkış "0", takip eden giriş "001" olduğunda çıkış "1" olduğundan çıkış işaretindeki değişim başka sözle adım değeri $1-0=1$ dir.

Dijital analog çeviricilerin çıkış işareti "**VÇ**";

$VÇ$ =Adım değeri. Adım sayısı' dır.



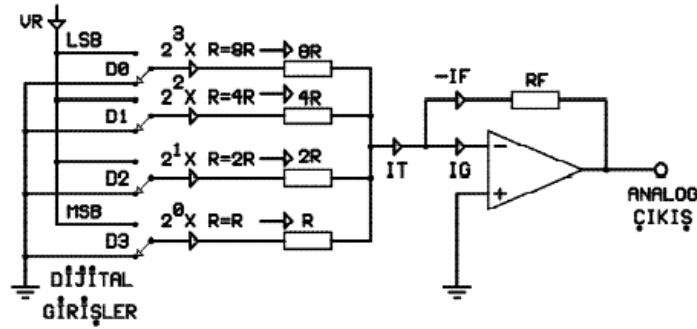
Şekil 4.3.2

Şekil 4.3.2'de dijital analog çeviricinin yapısı görülmektedir. Direnç gurubu çıkış işareti akım olarak kullanılacaksa başka eleman gerekmez.

Direnç gurubu çıkış işareti gerilim olarak kullanılacak ise toplayıcı olarak düzenlenmiş bir işlemsel yükselteç (**Op-Amp**) devresi gerekir.

Dijital analog çeviriciler direnç gurubunun bağlantılarına göre iki grupta incelenir.

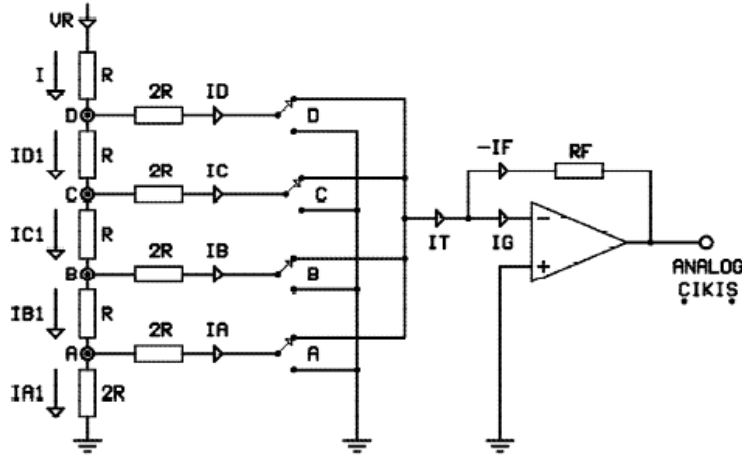
1-AĞIRLIKLI DİRENÇLİ DAC:



Şekil 4.3.3

Şekil 4.3.3’de 4 bit ağırlıklı dirençli dijital analog çevirici görülmektedir. Devrenin esası toplayıcı işlemsel yükselteç devresidir. En yüksek değerli bit (**MSB**) için “**R**” değerinde bir direnç kullanılırsa diğer girişler için gerekli direnç değerleri “**2ⁿ.R**” olur. Burada “**n**” değişkenin basamak sayısıdır. En yüksek değerlikli bitin basamak sayısı “**0**” en düşük değerlikli bitin sayısı devre 4 bit olduğu için “**3**”tür. Her giriş farklı değerde dirençler üzerinden uygulanır. 4 bitlik bir devrede elde edilen giriş sayısı $2^4=2.2.2.2=16$ ikili guruptur. Buna göre çıkış işareti birbirinin katı “**16**” analog değer olacaktır. Ağırlıklı dirençli dijital analog çeviricide doğru sonuç elde etmek için tüm dirençler toleranssız olmalıdır. Ağırlıklı dirençli dijital analog çevirici pek kullanılmaz.

2- R-2R MERDİVEN TİPİ DAC:



Şekil 4.3.4

R-2R merdiven tipi dijital analog çeviriciler en çok kullanılan guruptur. Şekil 4.3.4’de 4 bit “**R-2R**” tipi dijital analog çevirici görülmektedir. Dikkat edilirse kullanılan direnç değeri yalnız iki çeşittir. “**R-2R**” adı buradan gelmektedir.

En yüksek sayısal değer işlemsel yükseltece “**D**” noktasından uygulanmıştır. “**C**” noktasındaki sayısal değer “**D**” noktasının yarısı, “**B**” noktasının sayısal değeri “**C**” noktasının yarısı ve “**A**” noktasının sayısal değeri de “**B**” noktasının yarısıdır.

Her düğüm noktasındaki sayısal değer bir öncekinin yarısıdır. Buna göre referans gerilimi (**VR**) işlemsel yükseltece "**D**" düğüm noktasından "**1**" "**C**" düğüm noktasından "**1/2**", "**B**" düğüm noktasından "**1/4**" ve "**A**" düğüm noktasından "**1/8**" oranında ulaşır.

Her düğüm noktasından ayrılan akımlar birbirine eşittir.

$$ID=ID1, IC=IC1, IB=IB1 \text{ ve } IA=IA1$$

İşlemsel yükseltecin giriş empedansının yüksek olması nedeniyle giriş akımını "**IG=0**" kabul edersek toplam akım $IT=-IF=ID+IC+IB+IA$ olur.

Bu durumda çıkış gerilimi (**VÇ**);

$$VÇ=-IF.RF'dir.$$

Her düğüm noktasındaki gerilimlere "**VD-VB-VA**" der kol akımlarını yazarsak;

$$ID = \frac{VD}{2R}, IC = \frac{VC}{2R}, IB = \frac{VB}{2R}, IA = \frac{VA}{2R} \text{ olur.}$$

Buna göre çıkış gerilimi;

$$VÇ = -\left(\frac{VD}{2R} + \frac{VC}{2R} + \frac{VB}{2R} + \frac{VA}{2R}\right).RF \text{ olur.}$$

$$VÇ = \left[\frac{1}{2R}(VD + VC + VB + VA)\right].RF \text{ 'dir.}$$

"**D**" düğüm noktasındaki gerilimi $VD=VR$ kabul edersek diğer düğüm noktalarındaki gerilimler "**VR**" olarak;

$$VD = VR, VC = \frac{VR}{2}, VB = \frac{VR}{4}, VA = \frac{VR}{8} \text{ 'dir.}$$

Bu değerleri çıkış gerilimi formülünde yerine koyarsak;

$$VÇ = -\left[\frac{1}{2R}\left(VR + \frac{VR}{2} + \frac{VR}{4} + \frac{VR}{8}\right)\right].RF \text{ 'dir.}$$

Parantez içinin paydaları eşitlenirse;

$$VÇ = -\left[\frac{1}{2R}\left(\frac{8VR + 4VR + 2VR + VR}{8}\right)\right].RF$$

$$VÇ = -\left[\frac{1}{2R} \cdot \frac{1}{8}(8VR + 4VR + 2VR + VR)\right].RF$$

$$VÇ = -\left[\frac{1}{16R} \cdot (8VR + 4VR + 2VR + VR)\right].RF$$

Parantez içindeki referans gerilimleri (**VR**) çarpanların hangi düğüm noktasında olduğunu belirlersek çıkış gerilimine hangi bitin ne kadar etkideği dijital olarak görülür.

$$V_C = - \left[\frac{1}{16R} (8D.VR + 4C.VR + 2B.VR + A.VR) \right].RF$$

Parantez içinden "VR" çekilecek olursa;

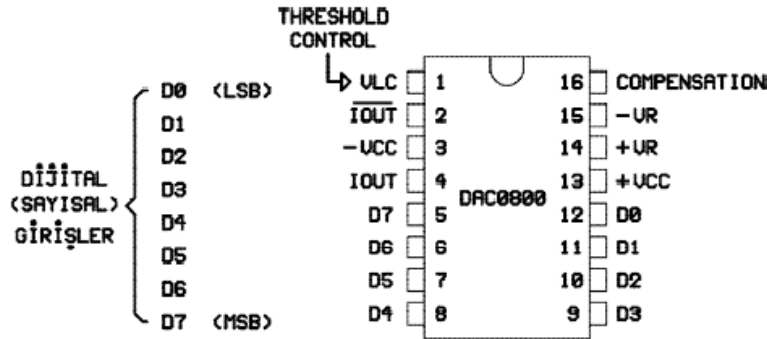
$$V_C = - \left[\frac{1}{16R} .VR(8D + 4C + 2B + A) \right].RF$$

$$V_C = \frac{VR.RF}{16R} (8D + 4C + 2B + A) \text{ olur.}$$

Parantez içindeki değerler dijital değerlerdir. Çıkış gerilimi giriş bitlerinin lojik durumlarının toplamının $-VR.RF/16R$ ile çarpımıdır.

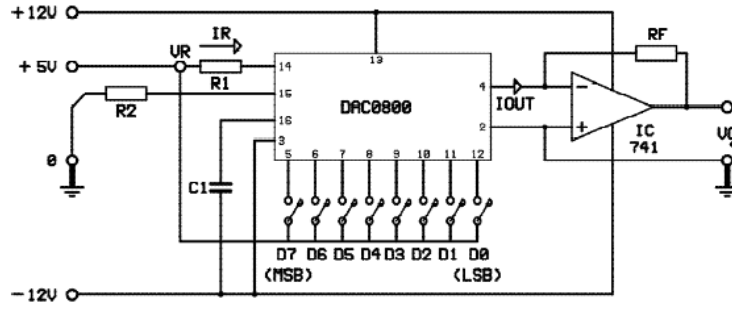
Dijital analog çevrim işlemini yapan entegre devreler çok kullanılır. DAC 0800 entegresi "**R-2R**" yöntemiyle yapılmış 8 bit $\pm 4.5V$ DC ile $\pm 18V$ DC arasında besleme kaynağında çalışan $\pm 5V$ DC altında 33mW güç tüketen, çevrim işlemini 85nS (**nanosaniye**) zaman gecikmesi ile yapan dijital analog çeviricidir.

Şekil 4.3.5'de DAC 0800 entegresinin ayak bağlantısı görülmektedir.



Şekil 4.3.5

"14 nolu ayak "+VR" pozitif referans geriliminin uygulanacağı ayaktır. DAC 0800 entegresinde $+VR=5V$ DC' dir. **"15" nolu "-VR"** ayağı bir direnç ile toprağa bağlanmalıdır. Şekil 4.3.6'da uygulama devresi görülmektedir.



Şekil 4.3.6

Çıkışta elde edilen gerilim tek kutpludur. Başka sözle toprağa göre çıkış gerilimi her zaman pozitifdir. Bu nedenle bu tip bağlantıya UNIPOLAR denir. R1 direncinden geçen referans akımı (**IR**) formül olarak;

$$IR = \frac{VR}{R1} \text{ dir.}$$

"14" nolu ayaktan çekilebilecek çıkış akımı (**IOUT**) formül olarak;

$$IOUT = \frac{VR}{R1} \left(\frac{D7}{2} + \frac{D6}{4} + \frac{D5}{8} + \frac{D4}{16} + \frac{D3}{32} + \frac{D2}{64} + \frac{D1}{128} + \frac{D0}{256} \right)$$

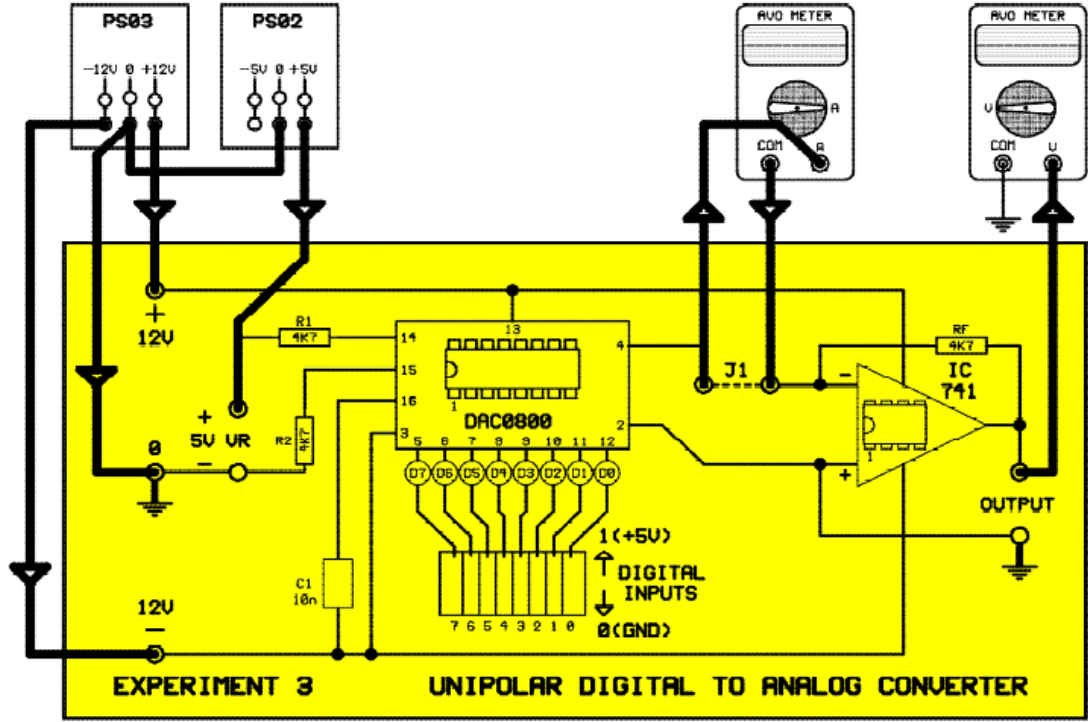
D7-D6-D5-D4-D3-D2-D1-D0 bağlandığı ayağın toprağa göre gerilim değeridir. Akım çıkışının uygulandığı işlemsel yükselteç akım çıkışını gerilim çıkışına çevirmek için kullanılmıştır.

Devrenin çıkış gerilimi (**VÇ**) formül olarak;

$$VÇ = IOUT \cdot RF \text{ dir.}$$

DENEYİN YAPILIŞI

Y-0024/004 modülünü yerine takınız. Devre bağlantılarını Şekil 4.3.7'deki gibi yapınız.



Şekil 4.3.7

1- DAC 0800 8 bit çözünürlüğe sahip olduğuna göre adım sayısını, referans gerilimi +5V ise adım aralığını hesaplayınız.

2- J1 noktaları arasına Dijital Ampermetre, çıkış uçları arasına Voltmetre bağlayınız. D0-D7 dijital giriş anahtarlarını sırayla şekil 4.3.8'deki tablodaki konumlara alınız. Her basamak için çıkış akımını ve çıkış gerilimini yazınız.

DİJİTAL GİRİŞLER								VÇ (VOLT)	IOUT
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
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		

Şekil 4.3.8