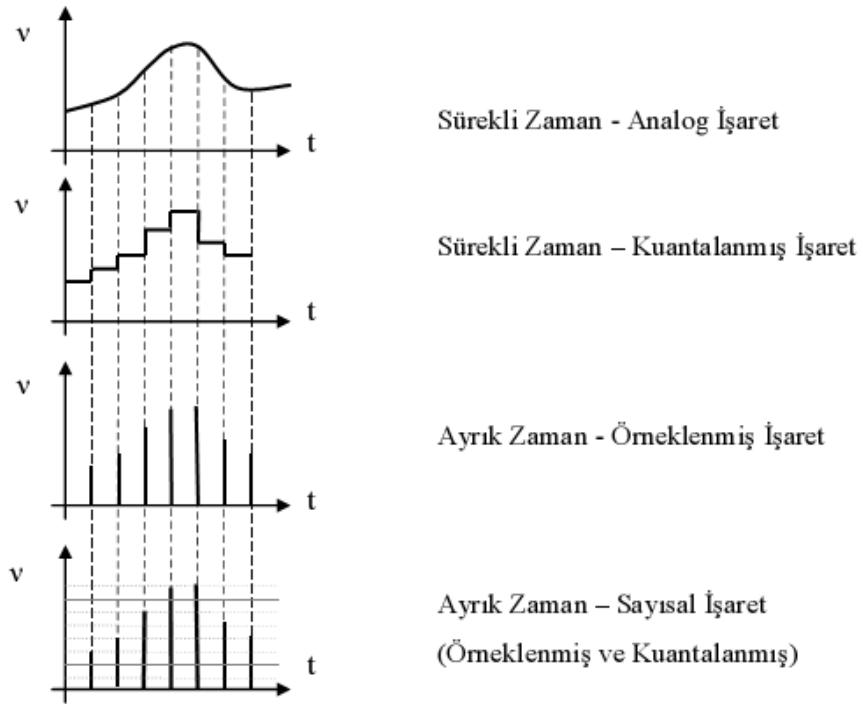


SAYISAL-ANALOG (DAC) ANALOG-SAYISAL(ADC) DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

Fiziksel sistemlerdeki ısı, sıcaklık, basınç, ağırlık, nem oranı, ışık şiddeti, ses şiddeti gibi büyüklükler analog olarak değişirler. Dış ortamdaki büyüklüklerin analog değerlerden oluşmasına karşılık, bilgi işleyen cihazlar dijital sistemlerdir. Dijital sistemler, bilgiyi daha güvenli ve daha hızlı işleyip değerlendirebilmektedir. Sayısal sistemde değerlendirilen bilginin tekrar dış dünyaya aktarılması analog veya dijital biçimde olabilmektedir. Bu nedenlerle analog değerlerin dijitale, dijital değerlerin de analog değerlere çevrilmesi gerekebilmektedir.



Şekil 1: Analog ve dijital işaretler

Dış dünyadaki fiziksel değişiklikler (ısı, sıcaklık, basınç, ağırlık, nem oranı, ışık şiddeti, ses şiddeti), sensör (algılayıcı) ve transduser'ler (çeviriciler) kullanılarak elektrik gerilimine çevrilir. Bu gerilim analog bir gerilimdir. Daha sonra bu analog gerilim Analog/Dijital (A/D) çevirici yardımı ile dijitale çevrilir. Dijital sistem bu bilgiyi istenilen bir biçimde işler ve bir sonuç elde eder. Bu sonuç dijital veya analog olarak değerlendirilmek istenebilir. Eğer elde edilen sonuç analog olarak değerlendirilecekse (örneğin bir hoparlörün sürülmesi) tekrar analoğa çevrilmesi gerekebilir. Dijital işareti analog işarete çevirme işlemini Dijital/Analog (D/A) çeviriciler yapar.



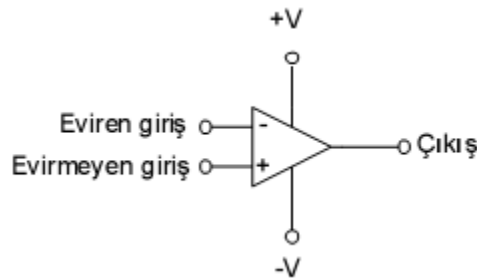
Şekil 2: A/D ve D/A Dönüştürme blok şeması

Yukarıdaki şekilde analog bir değer dijitalleştirilip, işlendikten sonra tekrar analog değere çevrilmesi sürecinin blok diyagramı görülmektedir. Girişteki gerilim bir transducer yardımı ile elektriksel büyüklüğe çevrilmiş bir fiziksel büyüklüğü temsil etmektedir. Bu gerilim daha sonra Analog/Dijital Çevirici vasıtası ile dijitalleştirilir ve dijital olarak işlenir.

Daha sonra elde edilen sonuç Dijital/Analog Çevirici vasıtası ile tekrar analog bilgiye çevrilir ve çıkışa aktarılır. Çıkışta kullanılan eleman ise elektriksel büyüklüğü (gerilim) fiziksel büyüklüğe (ses, ısı, ağırlık vs) çevirir. Örneğin hoparlör elektriksel büyüklüğü sese çeviren bir aygıttır.

İŞLEMSEL YÜKSELTEÇLER (OPERATIONAL AMPLIFIER)

Op-amp eviren (inverting) ve evirmeyen (noninverting) adlı iki girişe sahip lineer bir yükselteçtir. Eviren girişe uygulanan işaret çıkışta 180° derecelik faz farkına uğrayacaktır. Evirmeyen girişe uygulanan işaret çıkış işaretini ile aynı fazda olacaktır. Op-amp'ın iki giriş ucundan başka iki adet besleme ve bir çıkış ucu vardır. Besleme gerilimi simetrik besleme kaynağından sağlanabileceği gibi, tek besleme kaynağı da kullanılabilir.



Şekil 3: İşlemsel yükselteç (op-amp) sembolü

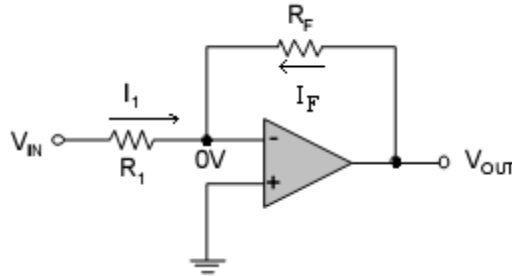
Bir op-amp özellikleri aşağıdaki gibidir;

- Çok yüksek giriş empedansına (ideal op-amp için sonsuz kabul edilir) sahiptir.
- Çıkış empedansı çok düşüktür (ideal op-amp için "0" kabul edilir).
- Gerilim kazancı(AV) çok yüksektir.

- Bant genişliği çok yüksektir.
- Evirmeyen giriş ile eviren giriş aynı potansiyeldedir.

Eviren Yükselteç (Inverting Amplifier)

Bir op-amp yükselteç olarak kullanıldığında zaman gerilim kazancının doğru olarak belirlenebilmesi için negatif bir geri beslemenin olması gerekir.



Şekil 4: Eviren yükselteç

Devrede evirmeyen giriş toprağa bağlanmış, giriş işareti R_1 direnci ile evirmeyen girişe bağlanmıştır. Çıkış ile eviren giriş arasında bağlanan R_F direnci geri beslemeyi sağlamaktadır. Op-amp'ın gerilim kazancı çok yüksek olduğundan toprağa bağlı olan evirmeyen giriş, eviren giriş potansiyelinin toprak potansiyelinde olmasına yol açar. Bu duruma görünür toprak (zahiri toprak) adı verilir. Op-amp'ın iç direnci çok yüksek olduğundan iç devre üzerinden bir akım akmaz. Bu durumda giriş akımı geri besleme akımına eşit olacaktır. Eşitliği yazarsak;

$$I_1 = I_F$$

$$\frac{V_{IN} - 0}{R_1} = \frac{0 - V_{OUT}}{R_F}$$

$$V_{OUT} = -V_{IN} \frac{R_F}{R_1}$$

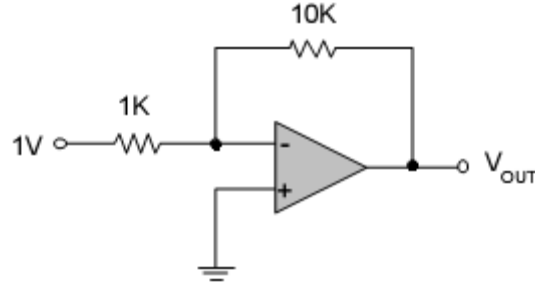
$$A_V = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

$$A_V = -\frac{R_F}{R_1}$$

olacaktır.

Son eşitlikten görüldüğü gibi gerilim kazancı geri besleme direnci ile giriş direnci arasındaki orandır. İfadeadaki (-) işareti giriş gerilimi ile çıkış arasında 180 derece faz farkı olduğunu gösterir.

Örnek: Şekildeki eviren yükselteç devresinde çıkış gerilimi (V_{OUT}) ve gerilim kazancını hesaplayınız.



$$V_{OUT} = -V_{IN} \frac{R_F}{R_1} = -1V \frac{10K}{1K} = -10V$$

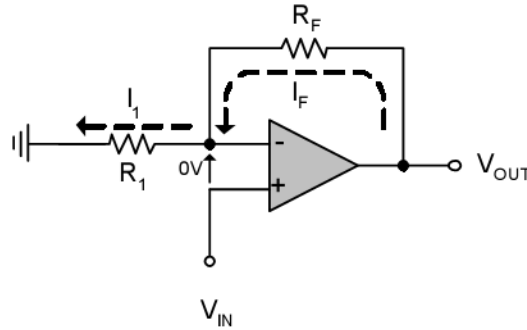
olacaktır. Gerilim kazancı ise;

$$A_V = -\frac{R_F}{R_1} = -\frac{10K}{1K} = -10$$

olacaktır.

Evirmeyen Yükselteç (Noninverting Amplifier)

Evirmeyen yükselteç devresinde, eviren giriş R_1 direnci üzerinden toprağa bağlanırken, giriş işareti evirmeyen girişe uygulanmıştır.



Şekil 5: Evirmeyen yükselteç

Op-amp'ın eviren ucu ile evirmeyen ucu arasındaki potansiyel fark 0V olduğundan R_1 direnci üzerinde giriş gerilimi görülecektir. Bu durumda giriş akımı ile geri besleme akımı birbirine eşittir ($I_1 = I_F$). Bu durumda,

$$I_1 = I_F$$

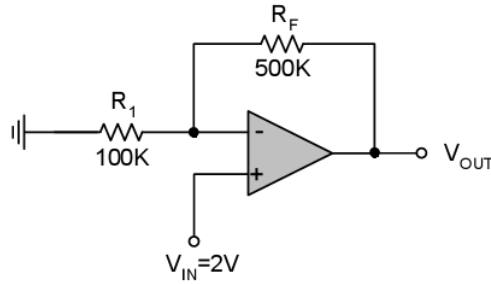
$$\frac{V_{OUT} - V_1}{R_F} = \frac{V_1}{R_1} =$$

$$V_{OUT} = V_1 \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right)$$

$$A_V = 1 + \frac{R_F}{R_1}$$

olacaktır.

Örnek: Şekildeki evirmeyen yükselteç devresinde çıkış gerilimi (V_{OUT}) ve gerilim kazancını hesaplayınız.



Çözüm:

$$V_{OUT} = V_1 \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) = 2V \left(1 + \frac{500K}{100K}\right) = 12V$$

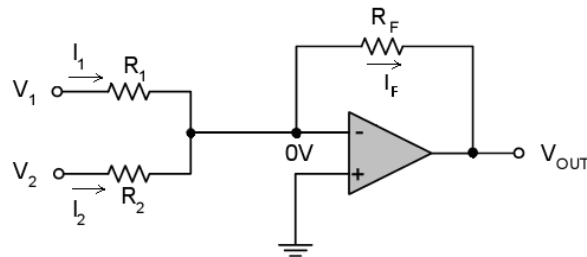
olacaktır. Gerilim kazancı ise,

$$A_V = 1 + \frac{R_F}{R_1} = 1 + \frac{500K}{100K} = 6$$

olacaktır.

Toplam Alma Yükselteç (Summing Amplifier)

Aynı zamanda eviren yükselteç olarak çalışan bu devre, analog sistemlerde kullanılan işlemsel yükselteç devrelerinin en yaygın kullanılanıdır. Şekil 6'da her bir giriş gerilimini sabit bir kazanç faktörüyle çarpıp, sonra bunları toplayan iki girişli bir toplam alma yükselteç devresi gösterilmiştir.



Şekil 6: Toplama Devresi

Toprağa bağı olan evirmeyen giriş, eviren giriş potansiyelinin toprak potansiyelinde olmasına yol açacağından, geri besleme akımı R_1 ve R_2 dirençleri üzerinden akan akıma eşit olacaktır.

Bu durumda,

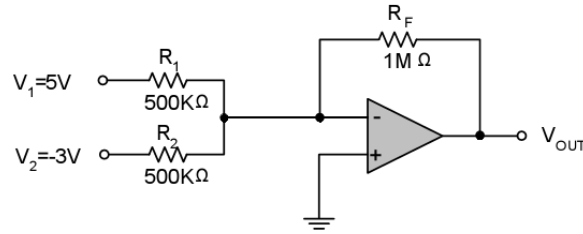
$$I_F = I_1 + I_2$$

$$\frac{-V_{OUT}}{R_F} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2}$$

$$V_{OUT} = -\left(V_1 \frac{R_F}{R_1} + V_2 \frac{R_F}{R_2}\right)$$

olacaktır.

Örnek: Şekildeki evirmeyen yükselteç devresinde çıkış gerilimini (V_{OUT}) hesaplayınız.



Çözüm:

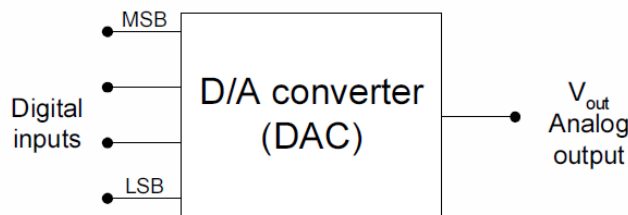
$$V_{OUT} = -\left(V_1 \frac{R_F}{R_1} + V_2 \frac{R_F}{R_2}\right)$$

$$V_{OUT} = -\left(5V \frac{1M\Omega}{500K\Omega} + (-3V) \frac{1M\Omega}{500K\Omega}\right) = -4V$$

DİJİTAL-ANALOG ÇEVİRİCİLER (D/A CONVERTERS)

Temel DAC İşlemleri

Dijital/Analog Çeviriciler (DAC), girişindeki sayısal değerlere karşılık analog bir gerilim veya akım üretmektedir.



8 bitlik bir DAC, maksimum $2^8=256$ adet farklı sayısal değerin analog karşılığını üretebilmektedir.

DAC'nin referans gerilimleri olan $V_{ref(+)} = 5V$ ve $V_{ref(-)} = 0$ ise her bir sayısal değer için üretilecek analog sinyalin karşılığı şu şekilde hesaplanabilir.

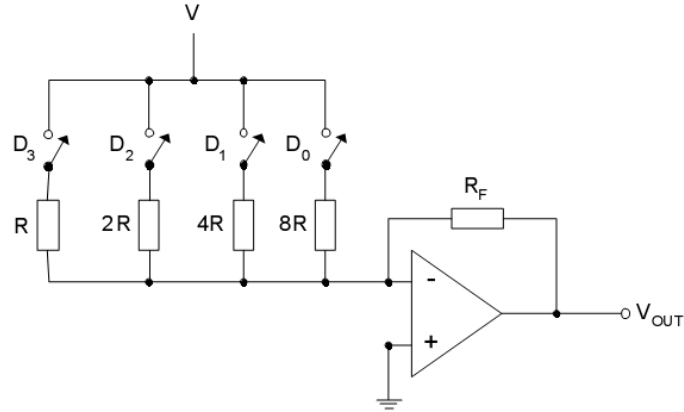
$$Adım\ Büyüklüğü = \frac{Referans\ Gerilimi}{2^{Bit\ sayısı}} = \frac{5}{2^8} = \frac{5}{256} = 0.01953125\ V$$

Dijital Giriş (V)	Analog Çıkış
00000000	0,00
00000001	0,01953125
00000010	0,0390625
00000011	0,05859375
...	...
...	...
11111111	4,98046875

Tablo 1: 8 bitlik bir DAC için çıkış değerleri

İkilik Ağırlıklı Direnç Sayısal-Analog Çevirici

En temel tür sayısal-analog çevirici ikilik ağırlıklı dirençlerin bir op-amp girişlerine bağlanması ile elde edilmiş bir toplayıcı devresidir. Şekil 7'de dört-bitlik ikilik ağırlıklı sayısal analog çevirici devresi gösterilmektedir. Devrede sayısal veriler D_3 , D_2 , D_1 ve D_0 anahtarlarının durumları ile belirlenir. D_3 anahtarı dört bitlik sayısal verinin en yüksek değerli bitini, D_0 ise en düşük değerlikli bitini göstermektedir.



Şekil 7: Dört bitlik ikilik ağırlıklı direnç D/A çevirici

Devrenin çalışması;

I. D_0 anahtarı kapalı iken,

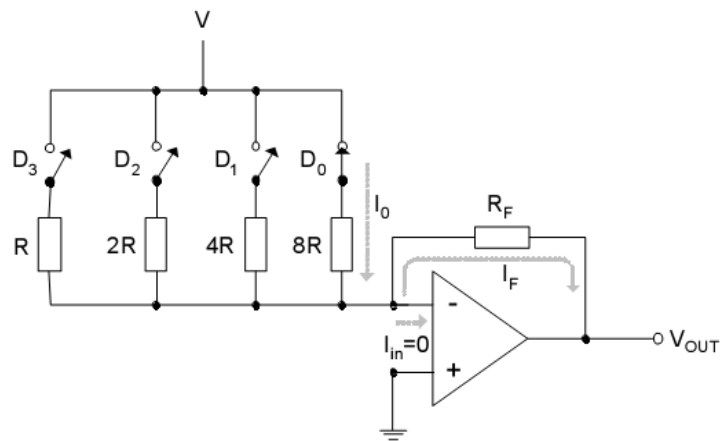
Bu durumda sayısal veri $D_3=0, D_2=0, D_1=0, D_0=1$ durumundadır. Op-amp iç empedansı çok yüksek olduğundan içinden akım akmayacaktır ($I_{in}=0$). Evirmeyen giriş toprağa bağlandığından, eviren giriş 0 V'ta tutulacaktır. Bu durumda çıkışa ait ifade

$$I_0 = I_F$$

$$\frac{V - 0}{8R} = \frac{0 - V_{OUT}}{R_F}$$

$$V_{OUT} = -V \frac{R_F}{8R}$$

olacaktır.



II. D_1 anahtarı kapalı iken

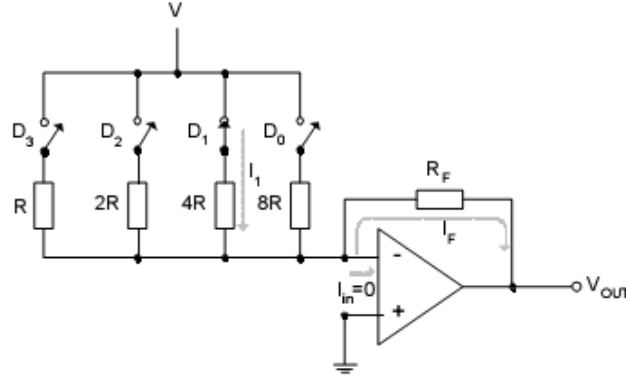
Bu durumda sayısal veri $D_3=0, D_2=0, D_1=1, D_0=0$ durumundadır. Çıkışa ait ifade,

$$I_0 = I_F$$

$$\frac{V - 0}{4R} = \frac{0 - V_{OUT}}{R_F}$$

$$V_{OUT} = -V \frac{R_F}{4R}$$

olacaktır.



III. D1 ve D0 anahtarlarının ikisi birden kapalı iken,

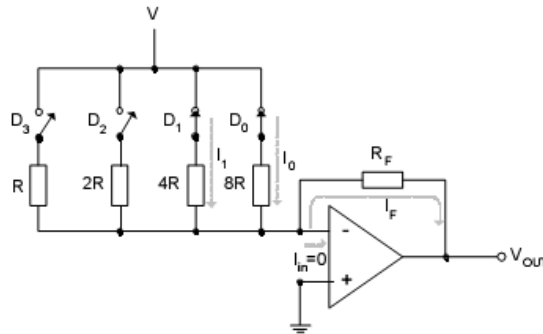
Bu durumda sayısal veri $D_3=0, D_2=0, D_1=1, D_0=1$ durumundadır. Çıkışa ait ifade,

$$I_0 + I_1 = I_F$$

$$\frac{V - 0}{4R} + \frac{V - 0}{8R} = \frac{0 - V_{OUT}}{R_F}$$

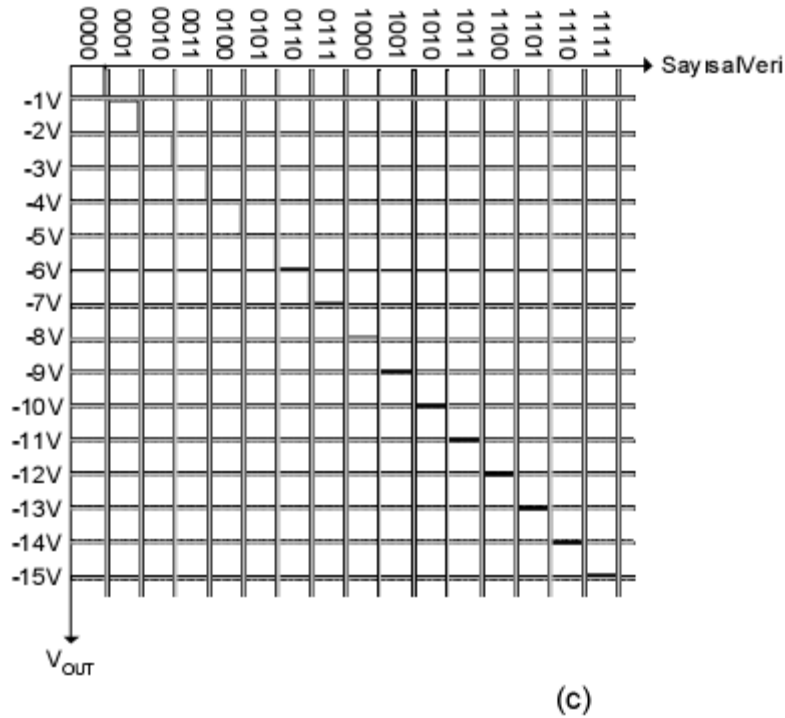
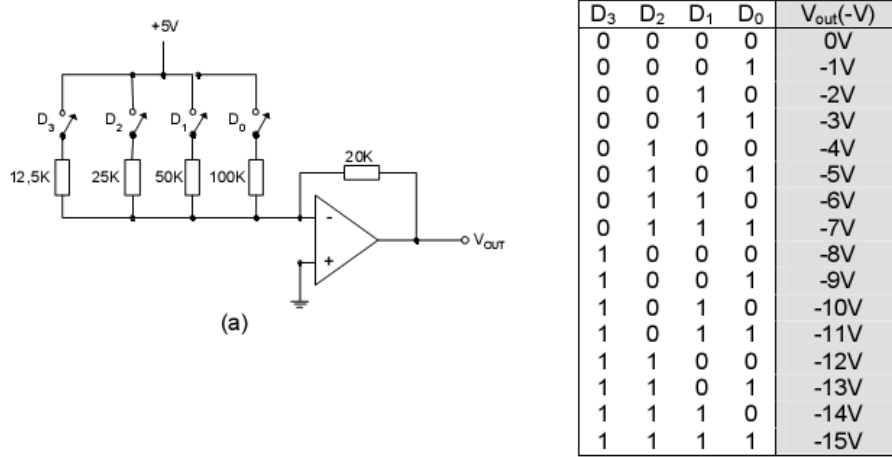
$$V_{OUT} = -V \left(\frac{R_F}{4R} + \frac{R_F}{8R} \right)$$

olacaktır.



Dirençlerin değerleri giriş verisinin basamak ağırlıklarına göre seçilmiştir. Düşük değerlikli direnç (R) yüksek değerlikli biti (2^3) gösteren D_3 anahtarına bağlanmıştır. Diğer dirençler 2R, 4R, 8R ise basamak ağırlıklarına göre sırasıyla D_2 , D_1 ve D_0 anahtarlarına bağlanmıştır.

Bu tip D/A çeviricilerin bir dezavantajı direnç değerleri aralığının ve sayısının farklı olmasıdır. Örneğin sekiz bitlik bir D/A çevirici için sekiz direnç kullanılmalı ve bu dirençlerin değerleri R ile 128R arasında olmalıdır. Direncin, toleransları ve sıcaklığa bağlı olan değişimlerine bağlı olarak sonuç değişeceğinden, kararlılığı düşüktür. Şekil 8, ikilik ağırlıklı D/A çeviricinin sayısal veriye ait çıkış gerilim değerlerini ve çıkış geriliminin şeklini göstermektedir.



Şekil 8: İkilik ağırlıklı D/A çevirici

$$D_0=A; D_1=B; D_2=C; D_3=D$$

$$i_1 = \frac{V_D}{R} \quad i_2 = \frac{V_C}{2R} \quad i_3 = \frac{V_B}{4R} \quad i_4 = \frac{V_A}{8R}$$

$$\frac{V_A}{8R} + \frac{V_B}{4R} + \frac{V_C}{2R} + \frac{V_D}{R} = -\frac{V_{\phi k}}{R_f}$$

$$\frac{V_A + 2V_B + 4V_C + 8V_D}{8R} = -\frac{V_{\phi k}}{R_f}$$

$$V_{\phi k} = -\frac{R_f}{8R}(V_A + 2V_B + 4V_C + 8V_D)$$

$V = V_{Ref}$ olduğuna göre

$$V_{\phi k} = -\frac{R_f}{8R}(V_{Ref}A + V_{Ref}2B + V_{Ref}4C + V_{Ref}8D)$$

$$V_{\phi k} = -\frac{R_f}{8R}V_{Ref}(A + 2B + 4C + 8D)$$

$D_0=A$; $D_1=B$; $D_2=C$; $D_3=D$ olduğundan

$$V_{\phi k} = -\frac{R_f}{8R}V_{Ref}(8D_3 + 4D_2 + 2D_1 + D_0)$$

olarak bulunur.

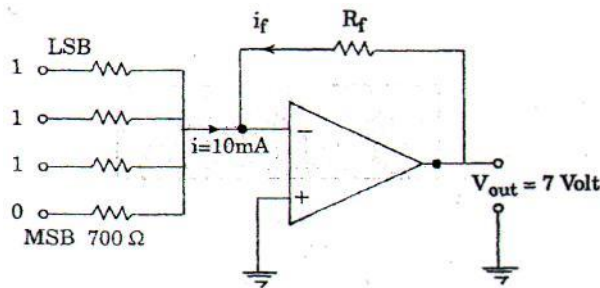
Örnek: $V_{ref} = 3V$, $R = 18,75K\Omega$, $R_f = 10K\Omega$ ve $D=1$, $C=0$, $B=1$, $A=0$ konumunda iken çıkıştan alınacak analog değeri hesaplayınız.

$$V_{\phi k} = -(10k/150k) \times 3(0 + 2.1 + 4.0 + 8.1)$$

$$V_{\phi k} = -0.2 (10)$$

$$V_{\phi k} = -2 \text{ volt}$$

Örnek : Şekildeki devrede V_{ref} , ağırlık dirençlerini ve R_f yi bulunuz.



$$V_{out} = I_f \cdot R_f$$

$$R_f = -(7V/10mA) = 700\Omega$$

Ağırlık dirençleri 700Ω , 1400Ω , 2800Ω , 5600Ω 'dur,

$$V_{out} = -(R_f/8R) \cdot V_{ref} [8D + 4C + 2B + 1.A]$$

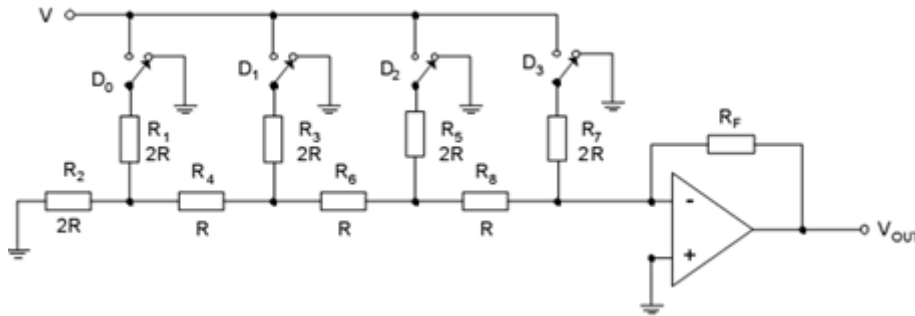
$$7 = -(700/8 \cdot 700) \cdot V_{ref} [8.0 + 4.1 + 2.1 + 1.1]$$

$$7 = -(700/5600) \cdot V_{ref} \cdot 7$$

$$V_{ref} = -8$$

R/2R Merdiven Tipi Sayısal-Analog Çevirici

Bir diğer tip D/A çevirim metodu Şekil 9'da gösterilen dört bitlik R/2R merdiven tipi D/A çeviricidir. Sadece iki direnç değeri kullanılarak ikilik ağırlıklı akımlar üretilir. Devreden akan ikilik ağırlıklı akımlar, op-amp ve geri besleme direnci (R_F) yardımı ile girişle orantılı çıkış gerilimine çevirilirler. Devre oldukça karışık görünmesine rağmen basit direnç oranlarından dolayı oldukça kolaydır.



Şekil 9: R/2R Merdiven Tipi Sayısal-Analog Çevirici

Başlangıçta en yüksek değerlikli bit anahtarı D_3 'ün $+5V$ 'luk referans gerilimine ($D_3=1$), diğer anahtarların ise toprağa bağlandığını ($D_2=0$, $D_1=0$, $D_0=0$) kabul edelim, giriş verisi $(1000)_2$ 'dir. Bu durumda R_1 ve R_2 paralel olarak toprağa bağlı olur. $2R$ değerindeki paralel bir direncin eşdeğer direnci R_4 direncine seri R değerinde bir direnç olur, bu iki seri direncin eşdeğeri ise R_3 direncine paralel $2R$ değerinde bir dirençtir. Bu iki direncin eşdeğer direnci R_6 direncine seri R ağırlığında olacaktır. Devrenin geri kalanında aynı tekniği kullanarak Şekil 10 a 'da gösterilen basitleştirilmiş devre elde edilir. Op-amp'ın evirmeyen girişi toprağa bağlıdır. Eşdeğer direnç üzerinden toprağa akım akmayacağından, eşdeğer direnç ihmal edilir. Bu durumda çıkış gerilimi;

$$V_{OUT} = -V \frac{R_F}{R_7} = -5 \frac{2R}{2R_7} = -5V$$

olacaktır.

D_2 anahtarının +5V 'luk referans gerilimine ($D_2=1$), diğer anahtarlar ise toprağa bağlanırsa ($D_3=0, D_1=0, D_0=0$), bu durumda giriş verisi $(0100)_2$ olacaktır ve Şekil 10 b'de gösterildiği gibi R_5 direncinin solundaki bütün dirençler $2R$ 'lik bir eşdeğer dirence indirgenecektir. Devrenin R_8 direncinden itibaren Thevenin eşdeğeri bulunursa; $V_{TH}=2,5V$ ve R_8 direncine seri $R_{TH}=R$ direncini elde ederiz. Eviren giriş toprağa bağlı olduğundan R_7 direnci üzerinden akım akmayacaktır. Bu durumda çıkış gerilimi;

$$V_{OUT} = -V_{TH} \left(\frac{R_F}{R_{TH} + R_8} \right) = -2.5 \frac{2R}{R+R} = -2.5V$$

olacaktır.

D_1 anahtarının +5V 'luk referans gerilimine ($D_1=1$), diğer anahtarlar ise toprağa bağlanırsa ($D_3=0, D_2=0, D_0=0$), bu durumda giriş verisi $(0010)_2$ olacaktır ve Şekil 8 c'de gösterildiği gibi R_3 direncinin solundaki bütün dirençler $2R$ 'lik bir eşdeğer dirence indirgenecektir. Devrenin R_8 direncinden itibaren Thevenin eşdeğeri bulunursa; $V_{TH}=1,25V$ ve R_8 direncine seri $R_{TH}=R$ direncini elde ederiz. Eviren giriş toprağa bağlı olduğundan R_7 direnci üzerinden akım akmayacaktır. Bu durumda çıkış gerilimi;

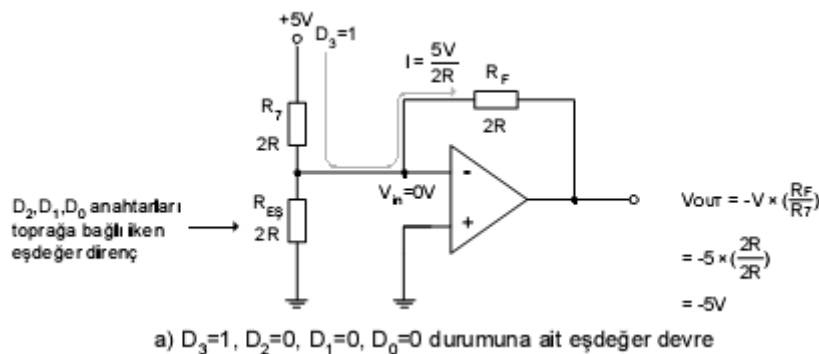
$$V_{OUT} = -V_{TH} \left(\frac{R_F}{R_{TH} + R_8} \right) = -1.25 \frac{2R}{R+R} = -1.25V$$

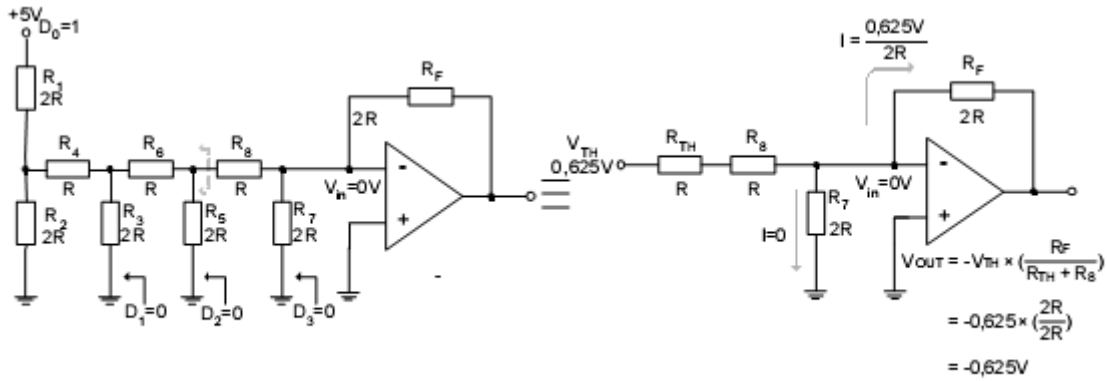
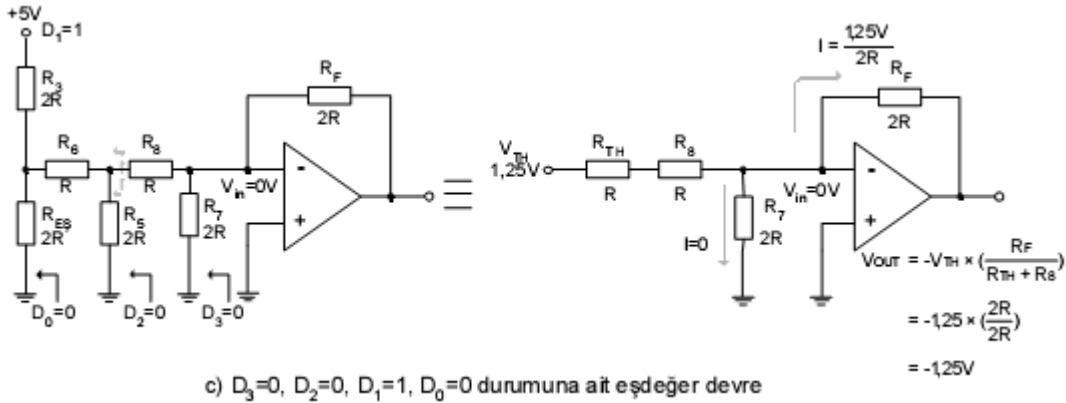
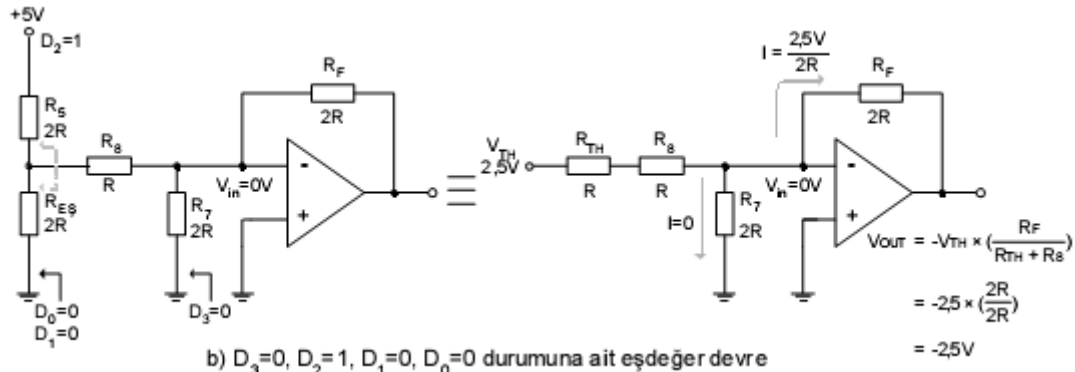
olacaktır.

D_0 anahtarı +5V 'luk referans gerilimine ($D_0=1$), diğer anahtarlar ise toprağa bağlanırsa ($D_3=0, D_2=0, D_1=0$), bu durumda giriş verisi $(0001)_2$ olacaktır. Devrenin R_8 direncinden itibaren Thevenin eşdeğeri bulunursa; $V_{TH}=0,625V$ ve R_8 direncine seri $R_{TH}=R$ direncini elde ederiz. Eviren giriş toprağa bağlı olduğundan R_7 direnci üzerinden akım akmayacaktır. Bu durumda çıkış gerilimi;

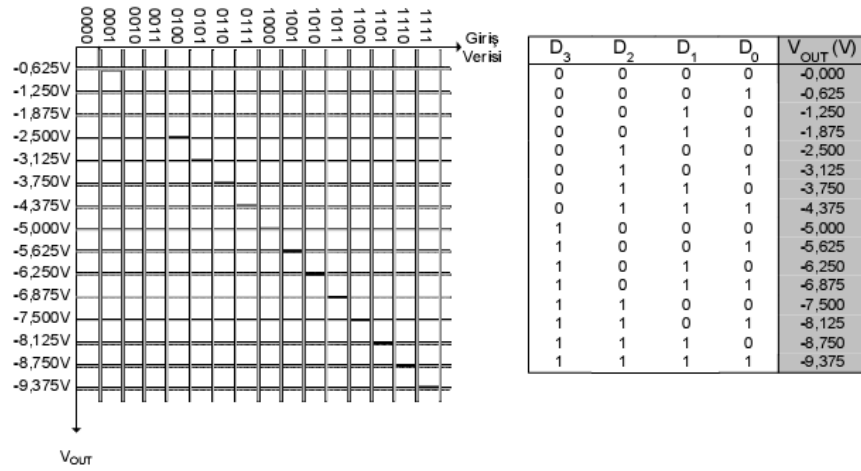
$$V_{OUT} = -V_{TH} \left(\frac{R_F}{R_{TH} + R_8} \right) = -0.625 \frac{2R}{R+R} = -0.625V$$

olacaktır.



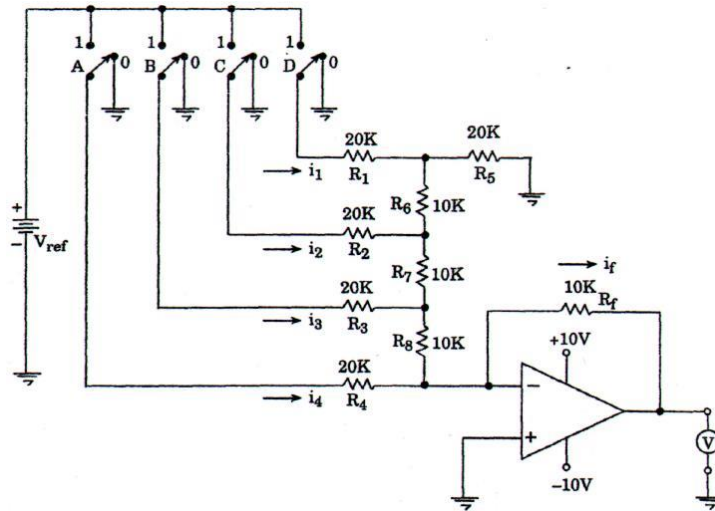


Şekil 10: R/2R merdiven tipi D/A çeviricinin analizi



Şekil 11: R/2R Merdiven tipi D/A çevirici

Dijital bilginin analog bilgiye çevrilmesi için en çok kullanılan yöntemdir. Bu devre R-2R merdiven tipi D/A converter devresi olarak da bilinir.



Şekil 12: Merdiven tipi D/A Çevirici

Bir düğüm noktasına gelen akımların toplamı, giden akıma eşittir prensibine göre:
 $i_1 + i_2 + i_3 + i_4 = i_f$ 'dir. Op-amp'ın evirici ucu kullanıldığı için çıkış girişten 180° faz farklıdır.
 10K Ω luk dirençlere R, 20K Ω luk dirençlere 2R dersek;

$$\frac{V_A}{2R} + \frac{V_B}{2R} + \frac{V_C}{2R} + \frac{V_D}{2R} = -\frac{V_{\text{çk}}}{R_f}$$

$$\frac{V_A + V_B + V_C + V_D}{2R} = -\frac{V_{\text{çk}}}{R_f}$$

$$V_{\text{çk}} \cdot 2R = -R_f (V_A + V_B + V_C + V_D)$$

$$V_{\text{çk}} = -R_f \left[\frac{V_A}{2R} + \frac{V_B}{2R} + \frac{V_C}{2R} + \frac{V_D}{2R} \right]$$

$$V_A = \frac{V_{ref}}{8}, V_B = \frac{V_{ref}}{4}, V_C = \frac{V_{ref}}{2}, V_D = V_{ref}$$

$$V_{\text{çk}} = -R_f \left[A \frac{V_{ref}}{8} + B \frac{V_{ref}}{4} + C \frac{V_{ref}}{2} + D \frac{V_{ref}}{2R} \right]$$

$$V_{\text{çk}} = -R_f \left[A \frac{V_{ref}}{8} \cdot \frac{1}{2R} + B \frac{V_{ref}}{4} \cdot \frac{1}{2R} + C \frac{V_{ref}}{2} \cdot \frac{1}{2R} + D \frac{V_{ref}}{2R} \right]$$

$$V_{\text{çk}} = -R_f \left[A \frac{V_{ref}}{16R} + B \frac{V_{ref}}{8R} + C \frac{V_{ref}}{4R} + D \frac{V_{ref}}{2R} \right]$$

$$V_{\text{çk}} = -R_f \frac{AV_{ref} + B2V_{ref} + C4V_{ref} + D8V_{ref}}{16R}$$

$$V_{\text{çk}} = -\frac{R_f}{16R} [V_{ref} A + 2V_{ref} B + 4V_{ref} C + 8V_{ref} D]$$

$$V_{\text{çk}} = -\frac{R_f}{16R} V_{ref} [A + 2B + 4C + 8D] \quad \text{olarak bulunur.}$$

$D_0=A; D_1=B; D_2=C; D_3=D$ olduğundan

$$V_{\text{ç}} = -\frac{R_f}{16R} V_{ref} x(\text{Binary giriş}) = -\frac{R_f}{16R} V_{ref} x(8D_3 + 4D_2 + 2D_1 + 1D_0)$$

Örnek: $v_{ref} = 3,75$ v ve direnç değeri şekil 12'de gösterildiği gibi olan d/a çeviricide $a=0$, $b=c=1$, $d=0$ konumunda iken çıkıştan alınacak analog değeri hesaplayınız.

$$V_{\text{çk}} = -\frac{10}{16 \cdot 10} 3,75 [0 + 2 \cdot 1 + 4 \cdot 1 + 8 \cdot 0]$$

$$V_{\text{çk}} = -0,234 [2 + 4] = -1,4 \text{ Volt}$$

D/A Çeviricilerin Performans Karakteristikleri

D/A çeviricilerde kullanılan performans karakteristikleri çözünürlük (resolution), doğruluk (accuracy), lineerlik (linearity), monotonluk (monotonicity) çıkış yerleşim zamanı (settling time) olarak adlandırılmaktadır.

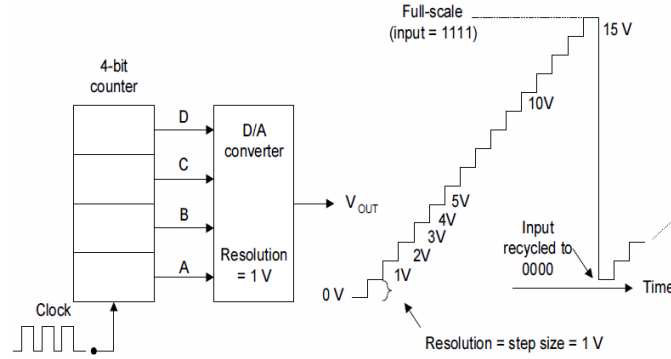
D/A çeviricilerde çözünürlük (resolution) giriş verisindeki bit sayısı ile belirlenir. Örneğin 4-bitlik bir çevirici için çözünürlük, 2^4-1 , 15 de 1 parçadır. Yüzde olarak değeri

$$\% resolution = \frac{step\ size}{full\ scale\ (F.S.)} \times 100\%$$

$$=(1V/15V) \times 100 = \%6,67$$

olacaktır.

Genel olarak çözünürlük n giriş verisindeki bit sayısını göstermek üzere $2^n - 1$ eşitliğinden bulunur. Çözünürlük dönüştürülen bit sayısını anlatmaktadır.



Örnek: 4 metre yüksekliğindeki bir sıvı tankındaki sıvının yüksekliğini 1 mm çözünürlükte ölçmek istediğimizde $4/0.001=4000$. $2^{12}=4096$ olduğuna göre bu çözünürlük için 12 bitlik bir çeviriciye ihtiyaç olmaktadır.

Kuantalama

Sürekli bir büyüklüğü, belirli sayıda eşit aralıklı basamaklara ayırma işlemi olarak tanımlanır. Bu şekilde basamaklara ayrılan büyüklüğe ise kuantalanmış büyüklük adı verilir.

n bitlik bir DAC da 2^n tane kuantalama düzeyi ve $2^n - 1$ tane kuantalama aralığı bulunur. Maksimum ile minimum gerilim arasındaki fark V_{maks} olarak tanımlanırsa, a ile tanımlanan her bir kuantalama aralığının yüksekliği (duyarlılık),

$$a = \frac{V_{max}}{2^n}$$

olur.

Örnek: -3 Volt ile +5 Volt arasında değişen bir analog işaretin 1 Volt duyarlılıkla sayısal olarak ifade etmek için kaç bit kullanmak gerekir?

Burada $V_{max}=5-(-3)=8$ Volt istenen ise $V_{max}/2^n \leq 1$ Volt olmasıdır. $8 \leq 2^n$ olmasından, bu analog gerilimin ancak 3 bit kullanılarak 1 Volt duyarlılıkla ifade edilebileceği bulunur.