

İŞLEMSEL YÜKSELTEÇLER VE UYGULAMALARI

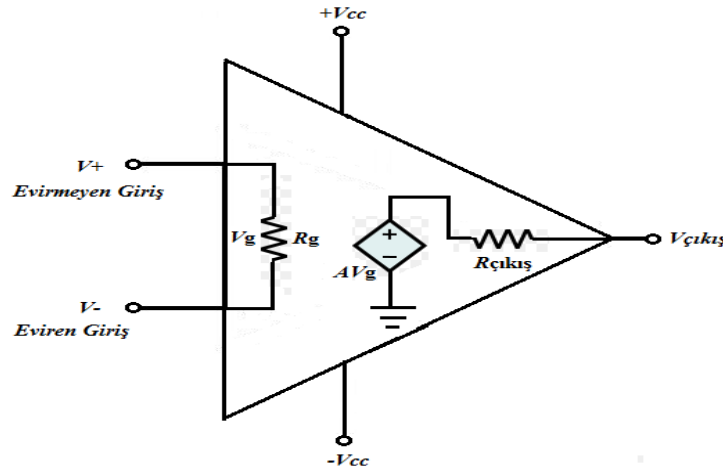
HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. 741 İşlemsel yükselteçlerin özellikleri ve yapısı hakkında bilgi veriniz.
2. İşlemsel yükselteçlerle gerçekleştirilen eviren yükselteç, türev alıcı, integral alıcı, toplayıcı ve karşılaştırıcı devrelerine ilişkin denklemleri belirleyiniz.
3. Deney1, Deney2, Deney3, Deney4 ve Deney5’ te verilen devreleri Multisim programında kurarak verilen giriş değerlerine karşılık oluşan çıkış işaretlerini gözlemleyiniz.
4. Breadbord (Devre tahtası) özelliklerini inceleyiniz ve bir breadboard üzerinde elektrik devresinin nasıl kurulacağı hakkında bilgi edininiz.

NOT: Hazırlık çalışmalarını rapor halinde hazırlayarak (rapor kapağı ile birlikte) deneylere geliniz. Hazırlık raporu olmayanlar deneylere alınmayacaktır.

1. AÇIKLAMALAR

Bir işlemsel yükselteç, çok yüksek kazançlı, çok yüksek giriş empedanslı (tipik olarak birkaç M Ω) ve düşük çıkış empedanslı (100 Ω ’ dan az) bir yükselteçtir. Temel devre iki girişe (V_+ , V_-), iki beslemeye ($+V_{cc}$, $-V_{cc}$) ve en az bir çıkışa ($V_{çıkış}$) sahip bir fark yükseltecinden oluşur. Temel bir işlemsel yükselteç devresi Şekil 1’ de gösterilmektedir.



Şekil 1. Temel işlemsel yükselteç devresi

Şekil 1’deki devrede evirmeyen giriş (V_+) ucundan uygulanan işaret, yükseltecin çıkışında ($V_{çıkış}$) kendisiyle aynı fazda yükseltilmiş bir işaret oluştururken, eviren girişten uygulanan işaret ile çıkış işareti arasında 180° faz farkı oluşur. İşlemsel yükselteçlerin kazançları çok yüksek değerlerdedir (10^3 - 10^{15}) ve işlemsel yükseltecin çeşidine göre farklılık göstermektedir. İşlemsel yükselteçlerin çalışma frekansları ise DC’den başlayıp, THz mertebelerine kadar çıkmaktadır. Çok iyi olarak bilinmelidir ki, İşlemsel yükselteçlerin çıkış geriliminin (V_o) en büyük değeri, bu yükseltecin besleme gerilimleri ($+V_{cc}$, $-V_{cc}$) kadardır. Yani öncelikle hesaplama yapılır ve eğer

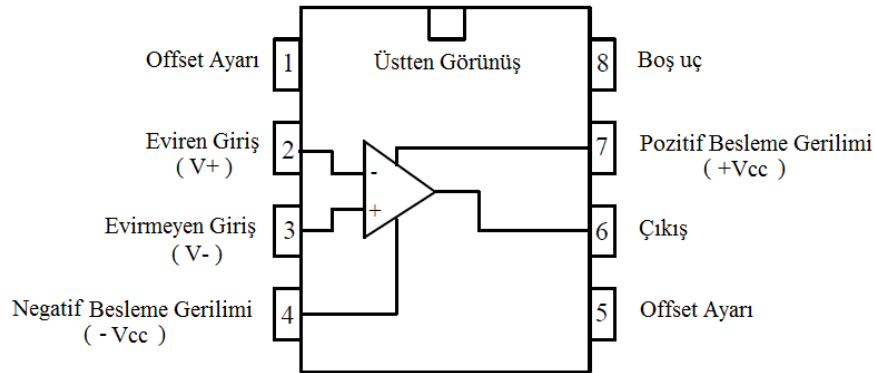
hesaplama sonucunda elde edilen çıkış değeri besleme gerilimlerinden fazla ise, çıkış ($+V_{cc}$, $-V_{cc}$) ile sınırlanır.

İşlemsel yükselteçler çarpma, bölme, toplama, çıkarma, türev ve integral alma gibi matematiksel işlemleri yapabilirler ve birçok ölçü ve kontrol sistemlerinde bulunan, regülatör, osilatör, logaritmik kuvvetlendirici, tepe dedektörü, ve gerilim karşılaştırıcısı gibi devrelerde yaygın şekilde kullanılmaktadır.

İdeal işlemsel yükselteçleri analiz etmek için kullanılan iki temel kural vardır;

- İdeal işlemsel yükselteçlerin giriş akımları sıfırdır.
- İdeal işlemsel yükselteçlerin giriş uçları arasındaki gerilim düşümü sıfırdır.

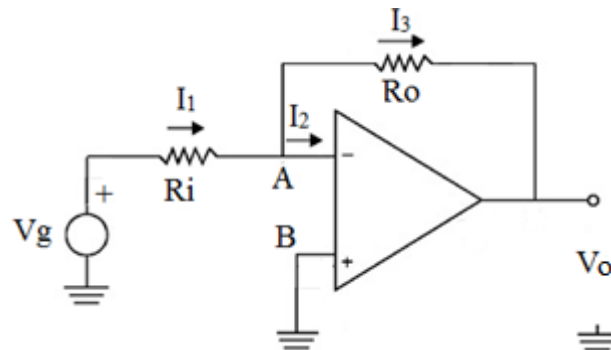
Deneyde kullanılacak olan LM741 işlemsel yükseltecinin bacak bağlantıları Şekil 2’de verilmektedir.



Şekil 2. LM741 İşlemsel yükselteç bacak bağlantıları

1. 1. Eviren Yükselteç (İnverting Amplifier)

Temel eviren yükselteç devresi Şekil 3’te verilmektedir. R_o geri besleme direnci konumundadır.



Şekil 3. Eviren Yükselteç

Şekil 3’ te verilen devrede V_o gerilimi hesaplanırken işlemsel yükselteçlerde kullanılan iki temel kural üzerinden yola çıkılır. Bu durumda birinci kural olarak I_2 akımı sıfır alınır ve I_1 akımı I_3 akımına eşitlenir, ikinci kural olarak giriş uçları arasında gerilim düşümü olmayacağından dolayı

A noktasındaki gerilim ile B noktasındaki gerilim birbirlerine eşittir. Bu ifadelerden yola çıkarak V_o gerilimi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$I_2 = 0A; \quad (1)$$

$$I_1 = I_3; \quad (2)$$

$$V_A = V_B = 0V; \quad (3)$$

(1), (2) ve (3) denklemleri kullanılarak çıkış gerilimi, giriş gerilimi cinsinden;

$$V_g = I_1 * R_i \quad (4)$$

$$I_1 = \frac{V_g}{R_i} \quad (5)$$

$$V_o = -I_3 * R_o = -I_1 * R_o \quad (6)$$

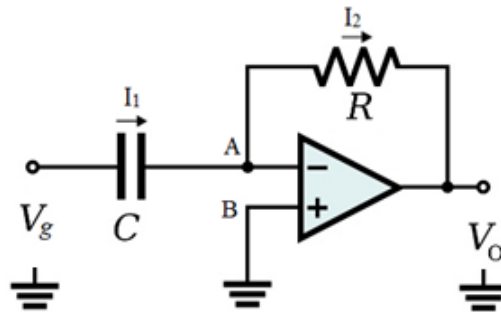
(5) denkleminde bulunan I_1 değeri (6) denkleminde yerine konulursa çıkış gerilimi;

$$V_o = -\frac{R_o}{R_i} V_g \quad (7)$$

şeklinde hesaplanır.

1. 2. Türev Alıcı

Türev alıcı devresinin genel yapısı Şekil 4' te verilmektedir. Bu devrenin eviren yükselteçten farkı R_i direnci yerine C kondansatörünün kullanılmasıdır. Giriş işaretine bağlı olan kondansatör AC işaretleri geçirirken DC işaretleri geçirmeyecektir ve böylece sabit bir sayının türevinin sıfır olması gibi, türev alıcı devreye uygulanan DC bir işaret sonucu çıkış gerilimimizde 0 Volt olacaktır.



Şekil 4. Türev Alıcı devre

Çıkış işareti v_o 'ı giriş işareti v_g cinsinden hesaplamak için eviren yükselteç devresinde yaptığımız işlemlerin aynısı yapılmaktadır, şöyle ki;

A noktasıyla B noktasının gerilimleri birbirlerine eşit ve 0 Volt olduğundan dolayı öncelikle (8) ve (9) denklemlerindeki gibi yazılır.

$$V_g = \frac{1}{C} \int I_1 dt \quad (8)$$

$$I_1 = C \frac{dV_g}{dt} \quad (9)$$

Çıkış gerilimi için;

$$V_o = -I_2 * R \quad (10)$$

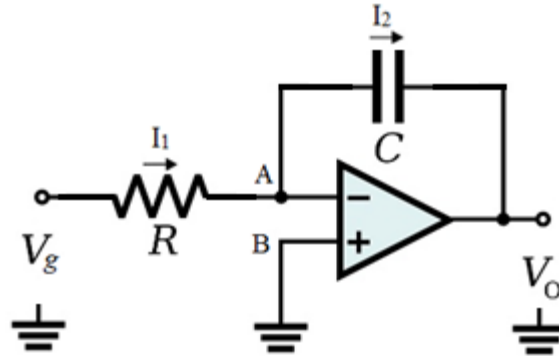
I_1 ve I_2 akımları birbirlerine eşittir bundan dolayı (9) denkleminde bulunan I_1 ifadesi (10) denkleminde I_2 yerine yazılırsa;

$$V_o = -RC \frac{dV_g}{dt} \quad (11)$$

(11) denkleminde de görülebilir ki, çıkış işareti giriş işaretinin türevinden oluşmaktadır.

1.3. İntegral Alıcı

Girişine uygulanan işaretin integralini alan devre Şekil 5' te verilmektedir. Bu devrede geri besleme yolu üzerindeki C kondansatörü yardımıyla integral işlemi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 5. İntegral Alıcı devre

Çıkış geriliminin (V_o), giriş gerilimi (V_g) cinsinden ifadesi aşağıda verilen denklemler cinsinden yapılmaktadır.

$$V_g = I_1 * R \quad (12)$$

$$V_o = -\frac{1}{C} \int I_2 dt \quad (13)$$

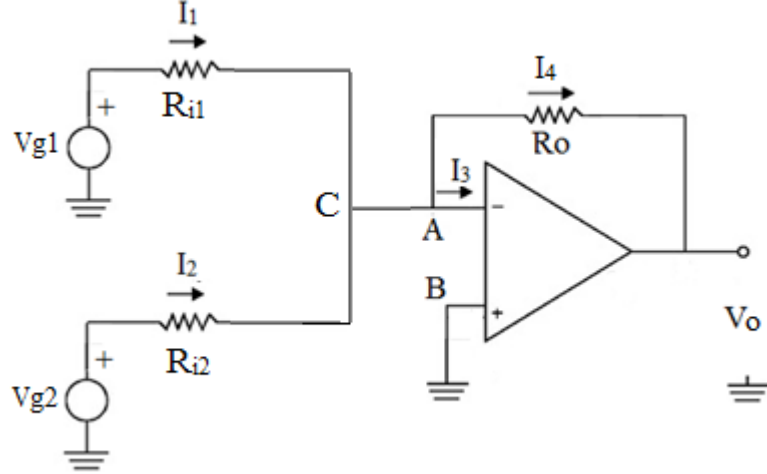
I_1 ve I_2 akımları birbirlerine eşittir bundan dolayı (12) denkleminde elde edilebilecek olan I_1 ifadesini (13) denklemindeki I_2 ifadesinin yerine yazarsak çıkış gerilimini;

$$V_o = -\frac{1}{RC} \int V_g dt \quad (14)$$

(14) denkleminde de görülebilir ki, çıkış işareti giriş işaretinin integralinden oluşmaktadır.

1.4. Toplayıcı yükselteç

İşlemsel yükselteç devrelerinin pratikte belki de en fazla kullanılan devresi toplayıcı yükselteçlerdir. Bir işlemsel yükselteçle kurulan ve iki giriş işaretini toplamayı sağlayan toplayıcı devresi Şekil 6’da gösterilmektedir.



Şekil 6. Toplayıcı devresi

A ve B noktasının gerilimleri birbirlerine eşit ve 0 Volt olduğundan dolayı öncelikle (15) ve (16) denklemleri yazılır;

$$Vg1 = I_1 * R_{i1} , I_1 = \frac{Vg1}{R_{i1}} \quad (15)$$

$$Vg2 = I_2 * R_{i2} , I_2 = \frac{Vg2}{R_{i2}} \quad (16)$$

I_1 ve I_2 akımları C noktasında toplanır ve I_3 akımı sıfır olduğundan dolayı I_4 akımı I_1 ve I_2 akımlarının toplamına eşittir yani $I_4 = I_1 + I_2$ şeklindedir. Çıkış gerilimi V_0 ise;

$$V_0 = -I_4 * R_o \quad (17)$$

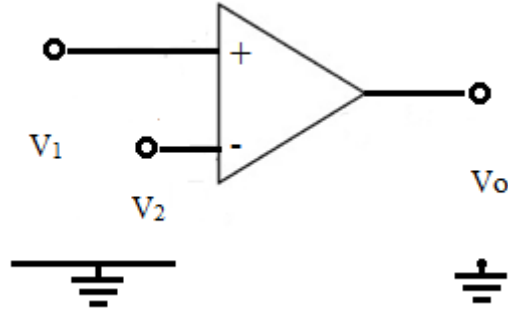
I_4 akımı I_1 ve I_2 cinsinden yerine yazılırsa çıkış gerilimi (18) denklemindeki gibi yazılabilir;

$$V_0 = -R_o \left(\frac{Vg1}{R_{i1}} + \frac{Vg2}{R_{i2}} \right) \quad (18)$$

(18) denkleminde de görüleceği gibi çıkış işareti giriş işaretlerinin toplamından oluşmaktadır.

1.5. Karşılaştırıcı

Karşılaştırıcı, bir referans gerilimi ile bir giriş gerilimini karşılaştıran devredir. Çıkış gerilimi giriş sinyalinin referans sinyalinin altında ya da üstünde olması durumuna bağlı olarak pozitif ve negatif besleme gerilimlerinden ($+V_{cc}$, $-V_{cc}$) birine eşit olmaktadır. Temel bir karşılaştırıcısı Şekil 7’ de verilmektedir.



Şekil 7. İşlemsel Yükselteç ile karşılaştırıcı devresi

Şekil 7' de verilen devrede evirmeyen girişe (V_1) uygulanan işaretin genliği, eviren girişe (V_2) uygulanan gerilimin genliğinden büyükse çıkış gerilimi (V_o) pozitif besleme gerilimine ($+V_{cc}$) eşit olur. Ancak tersi durumda çıkış gerilimi (V_o), negatif besleme gerilimine ($-V_{cc}$) eşit olur. İlgili denklemler aşağıda verilmektedir;

$$V_1 > V_2 \Rightarrow V_o = +V_{cc} \quad (19)$$

$$V_2 > V_1 \Rightarrow V_o = -V_{cc} \quad (20)$$

İşlemsel yükselteçlerin karşılaştırıcı olarak çalıştırıldıkları durumda, aktif bölge çalışma durumu göz ardı edilir.

DENEYİN YAPILIŞI:

Deneyde Kullanılan Malzemeler

- 1k Ω , 10k Ω direnç ve 10nF, 0.1 μ F kondansatör.
- 741 İşlemsel yükselteç
- İşaret üretici
- Osiloskop
- Bağlantı kabloları

Deney 1. Eviren Yükselteç Deneyi

Şekil 3' te verilen devreyi $R_i=1k\Omega$ ve $R_o=10k\Omega$ dirençlerini kullanarak kurunuz ve devrenin girişine maksimum değerini 1Volt ile 2Volt arasında değişen sinüsoidal bir işaret uygulayarak devrenin çıkışında oluşan gerilim değişimini deney raporunda bulunan ilgili grafiklere çiziniz.

Deney 2. Türev Alıcı Deneyi

Şekil 4' te verilen devreyi $C=10nF$ ve $R_o=10k\Omega$ değerlerini kullanarak kurunuz, devrenin girişine genliğinin tepeden tepeye değişimi 0.5 Volt ve olan frekansı 2kHz olan bir üçgen dalga işareti uygulayınız. Giriş geriliminin ve çıkış geriliminin değişimini deney raporunda bulunan ilgili grafiklere çiziniz.



Deney 3. İntegral Alıcı Deneyi

Şekil 5' te verilen devreyi $C=0.1\mu F$ ve $R_i=4.7k\Omega$ değerlerini kullanarak kurunuz, devrenin girişine genliğinin maksimum değeri 1Volt ve olan frekansı 2kHz olan bir kare dalga işareti uygulayınız. Giriş geriliminin ve çıkış geriliminin değişimini deney raporunda bulunan ilgili grafiklere çiziniz.

Deney 4. Toplayıcı Deneyi

Şekil 6' da verilen devreyi R_{i1} , R_{i2} ve R_o direnç değerleri 1 k Ω olacak kurunuz. Devrenin girişine, maksimum değerleri 1Volt ve frekansları 2kHz olan bir kare dalga ve bir üçgen dalga uygulayınız. Giriş işaretlerini ve çıkış işaretini deney raporunda bulunan ilgili grafiklere çiziniz.

Deney 5. Karşılaştırmalı Deneyi

Şekil 7. de verilen devrede, V_1 girişine DC 2Volt ve V_2 girişine maksimum gerilimi 4 Volt olan bir sinüsoidal işaret uygulayınız. Giriş işaretlerini ve çıkış işaretini deney raporunda bulunan ilgili grafiklere çiziniz.

ÖNEMLİ NOT

Deneylerin düzgün bir şekilde yapılabilmesi için hazırlık sorularının yapılması ve yöntemlerin teorik kısmının iyi bilinmesi gerekmektedir.