

Masa No:

No. Ad Soyad:

No. Ad Soyad:

ÖLÇME VE DEVRE LABORATUVARI DENEY: 9

--İşlemsel Yükselteçler—

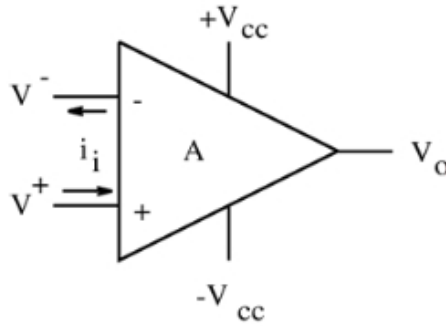
İşlemsel Yükselteçler

(OPERANTIONAL AMPLIFIERS : OP-AMPS)

1. Deneyin Amacı:

Bu deneyin amacı, işlemsel yükselteçlerin özelliklerinin incelenmesi ve devre uygulamalarında kullanımlarının öğrenilmesidir. Bu deneyde eviren - evirmeyen yükselteç kavramlarının ve eşitliklerinin deneysel olarak doğrulanması ve işlemsel yükselteçlerin karşılaştırmalı olarak kullanılmaları incelenmiştir.

2. İşlemsel Yükselteç:



Şekil 1: İşlemsel Yükselteç

İşlemsel yükselteçler iki girişe ve bir çıkışa sahiptirler. Yükseltecin çıkışı V_o aşağıdaki eşitlikle elde edilir.

$$v_o = A(v^+ - v^-) \quad (1)$$

Burada, A yükseltecin açık-çevrim (open - loop) gerilim kazancı, V^+ evirmeyen giriş gerilimi ve V^- eviren giriş gerilimidir. Her iki V^+ ve V^- değeri de toprağa göre düğüm gerilimleridir. Genel olarak, açık-çevrim gerilim kazancı A $10^5 - 10^6$ seviyelerindedir. İşlemsel yükseltecin eviren giriş düğümü ve çıkış düğümüne bağlanacak bir direnç ile geri besleme ve kazanç ayarı sağlanabilmektedir. Bir op-amp doğrusal olarak çalıştığında, çıkış akımını iki girişi arasındaki gerilim farkını sıfıra yakın bir değere getirecek şekilde ayarlar.

$$v^- = v^+ \quad (2)$$

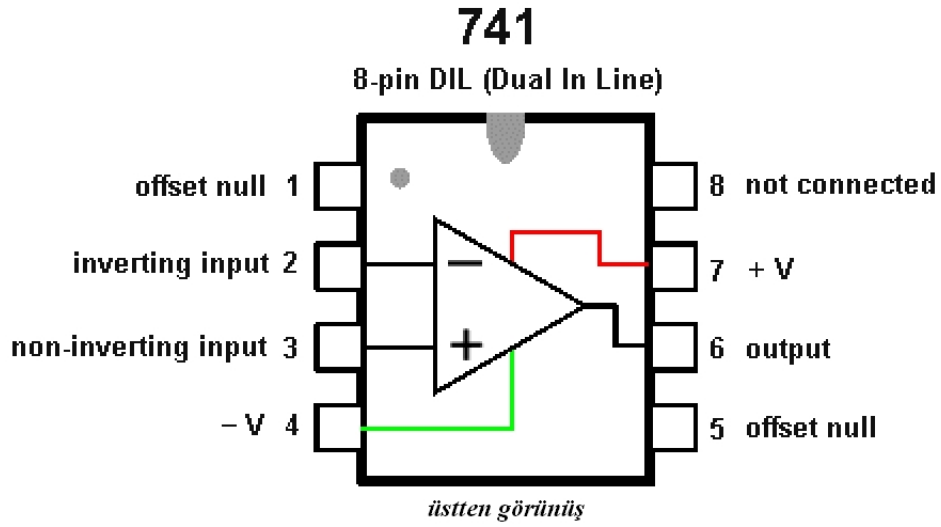
Op-Amp'ların bir diğer önemli özellikleri ise giriş dirençlerinin çok yüksek olması ve bazı uygulamalarda sonsuz kabul edilmesidir. En yaygın Op-Amp türlerinden olan 741 'in giriş direnci $2M\Omega$ 'dur. Bu değer birçok uygulama için sonsuz kabul edilebilecek kadar yüksektir. Bu özellik önemlidir çünkü yüksek giriş direnci sayesinde Op-Amp'ın her iki girişinden de çok düşük bir giriş akımı çekmesine neden olmaktadır. Genel olarak bu akım değeri mikroamper (10^{-6} amper) seviyelerindedir. Düşünel bir Op-Amp söz konusu olduğunda ise,

açık-çevrim gerilim kazancının (A) sonsuz olduğu ve giriş akımlarının $i_i = 0$ olduğu kabul edilir.

3. Op-Amp Gösterimi :

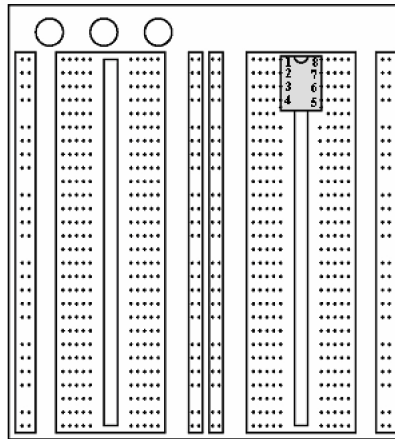
Şekil 1 'de açık-çevrim kazancı A olan bir işlemsel yükselteç gösterilmiştir. $+V_{CC}$ ve $-V_{CC}$ olarak gösterilen bağlantı uçları güç kaynağı bağlantılarını göstermekte olup op-amp'ın çıkış düğümünde oluşturacağı gerilimin sınırlarını belirlerler.

Deneyde kullanılacak olan op-amp Şekil 2 de gösterilen 741'dir. 741 bir çift op-amp tümleşik devresidir (dual op-amp Integrated Circuit IC) ve iki op-amp içerir.



Şekil 2: 741 İşlemsel Yükselteci

Şekil 2 'deki tümleşik devrenin devre düzeneği üzerinde kullanımı Şekil 3'te verilmiştir. Op-amp bir bağlantı şeridinin ortasına konulduğunda bacakları düzenek üzerindeki ilgili deliklere denk gelerek düzgün bir şekilde düzenekle bağlantısı sağlanır. Op-amp üzerindeki oyuk bacakların yönünü belirlemek için kullanılır. Şekil 2 'de gösterildiği gibi bakıldığında birinci bacak her zaman oyukun sol tarafındadır.

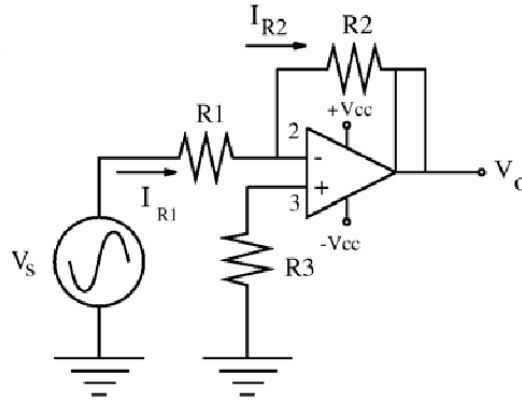


Şekil 3: Deneysel devre düzeneği üzerinde yerleştirilmiş 741 tümleşik devresi.

4. Op-Amp Düzenleşimi

Op-amp'lı doğrusal yükselteç devrelerinde gerilim kazancını denetleyebilmek için bir geri besleme devresi gerekir. **Op-amp'ın çıkış gerilimi değeri hiçbir zaman güç kaynağı gerilim seviyesini geçemez.** Bu deneyde op-amp ile iki tür yükselteç düzeni (eviren ve evirmeyen) incelenecek ve her birinin gerilim kazançları elde edilecektir.

4.1 Eviren Yükselteç



Şekil 4: Eviren İşlemsel Yükselteç Devresi

Şekil 4'te eviren yükselteç devresi düzeninde $+V_{cc}$ ve $-V_{cc}$ güç kaynağı bağlantılarını kullanan bir op-amp'lı devre gösterilmiştir. Bu devreyi çözümlmek için Kirchhoff Akım Kanunu (KAK) kullanılacaktır. Çıkış düğümü gerilimini V_o olarak alırsak devrenin gerilim kazancı eşitliği şöyle olur;

$$\text{gerilim kazancı} = \frac{V_o}{V_s}$$

Bir devrenin gerilim kazancı ile op-amp'ın açık çevrim kazancının ayırt edilmesi önemlidir. Op-amp yükselteç devresinin sadece bir parçasıdır. Bir op-amp'ın açık-çevrim kazancı A , op-amp'ın iki girişinden op-amp'ın çıkışına olan gerilim kazancıdır. Bazı durumlarda bir yükselteç devresinin çıkış düğümü op-amp'ın çıkış düğümü olabilir ancak genellikle yükselteç devresinin girişi op-amp'ın girişlerine uygulanan gerilim olmaz.

Bir op-amp devresini çözümlmek için öncelikle op-amp'ın giriş düğümlerine (2. ve 3. bacaklar) bakmalıyız. Düşünel bir op-amp ile çalıştığımızı varsayalım, op-amp her iki girişinden de akım çekmez. R_3 üzerinden geçen akım sıfırdır ve $V_3 = 0$ olur. Eşitlik 2 'den $V_2 = V_3 = 0$ olduğunu biliyoruz. Böylece R_1 direnci üzerinden geçen akım şöyle hesaplanır,

$$i_{R1} = \frac{v_1 - v_2}{R_1} = \frac{v_S - 0}{R_1} = \frac{v_S}{R_1}$$

Ve

$$i_{R1} = i_{R2} = \frac{v_S}{R_1}$$

$$i_{R2} = \frac{0 - v_O}{R_2} = i_{R1} = \frac{v_S}{R_1}$$

$$-\frac{v_O}{R_2} = \frac{v_S}{R_1}$$

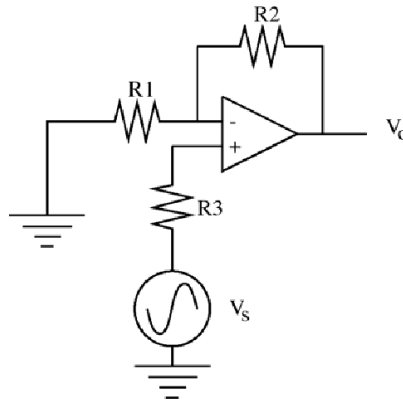
$$v_O = -v_S \left(\frac{R_2}{R_1} \right)$$

Olarak hesaplanır. Gerilim kazancını (yükselteç devresinin) bulmak için çıkı gerilimi değerini giriş gerilimi değerine bölmemiz gerekmektedir.

$$Kazanç = \frac{v_o}{v_s} = \frac{-v_s \left(\frac{R_2}{R_1} \right)}{v_s} = -\frac{R_2}{R_1}$$

Dikkat edilirse en son elde edilen gerilim kazancı eksi işaretlidir, bu nedenle bu devreler eviren yükselteç ismini almıştır. Ancak bazı durumlarda eksi işaretli gerilim kazancı istenmeyebilir. Bu durumlarda iki adet eviren yükselteç kullanılıp birincinin çıkışı ikincinin girişi olacak şekilde toplam kazancın artı işaretli olması sağlanabilir. Ayrıca daha basit olarak evirmeyen yükselteç düzeni de kullanılabilir.

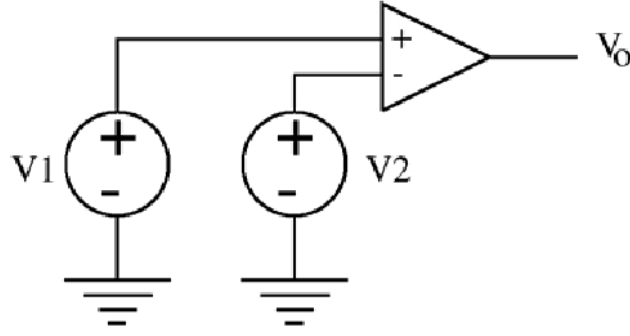
4.2 Eviren Yükselteç



Şekil 5: Evirmeyen Yükselteç

Temel evirmeyen yükselteç düzeni Şekil 5 'te gösterilmiştir. Bu devre için gerilim kazancı: $1 + \frac{R_1}{R_2}$ 'dir. **Bu kazanç değerinin nasıl elde edildiğini bulup deney yazanağına yazmanız gerekmektedir.**

5. Op-Amp 'ın Karşılaştırıcı Olarak Kullanımı



Şekil 6: İşlemsel Yükseltecin Karşılaştırıcı olarak kullanılması

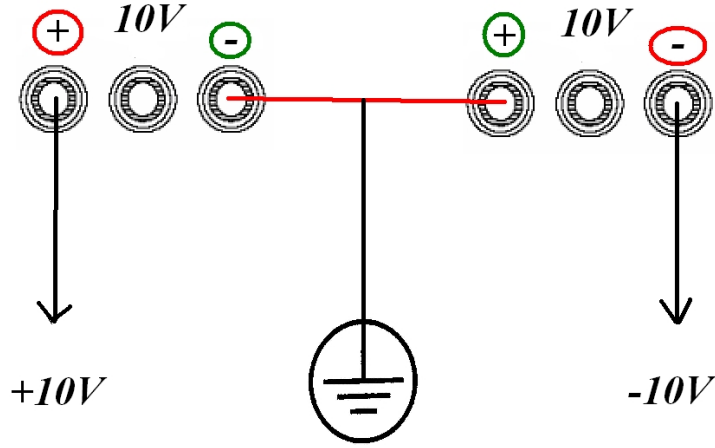
Önceki bölümlerde op-amp'ın bir geri besleme direnci ile doğrusal yükselteç işlemi gördüğü açıklandı. Bu bölümde ise, geri besleme kullanmayan bir op-amp düzeni (karşılaştırıcı) incelenecektir. Karşılaştırıcının amacı iki gerilim değerini karşılaştırıp hangi gerilimin büyük olduğunu gösterecek bir işaret üretmektir. Şekil 6'da karşılaştırıcı olarak kullanılan bir op-amp gösterilmiştir.

Karşılaştırıcı devresinin çalışma ilkesi eşitlik 1 temellidir. İkinci bölüm de açıklandığı gibi bir op-amp'ın gerilim kazancı A çok büyük olduğunda, giriş uçları arasındaki en küçük bir gerilim farkı bile güç kaynağı gerilimine ($\pm V_{cc}$ ye) büyütülmüş olacaktır. Eğer $V_1 > V_2$ ise op-amp'ın giriş uçları arasındaki fark ($V^+ - V^-$) artı işaretli olacak ve bu fark sonucu $+V_{cc}$ değerine yükseltilecektir. Eğer $V_2 > V_1$ olursa gerilim farkı eksi işaretli olacak ve sonuç $-V_{cc}$ değerine yükseltilecektir. Son olarak eğer iki gerilim değeri tam anlamıyla eşit olursa, fark değeri sıfır olacaktır ve böylece çıkış da sıfır olacaktır.

6. Deneyde Yapılacaklar

6.1 Güç Kaynağı Kullanımı

Op-amp 'ın beslemesi için gerekli olan +10V ve -10V gerilim değerleri güç kaynağından Şekil 7' de gösterildiği gibi bakışlımlı (ing. symmetric) besleme ile elde edilir.



Şekil 7: Bakışimli (ing. Symmetric) Besleme

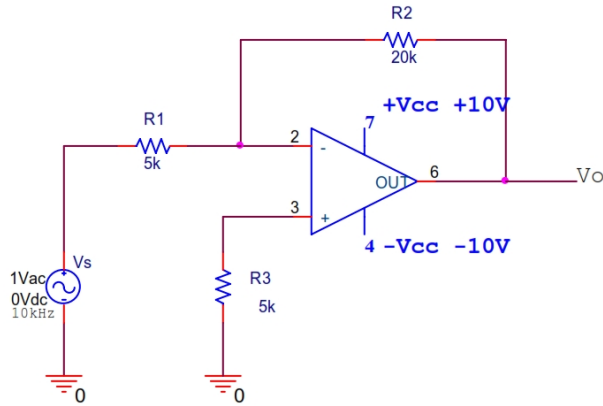
6.2 Eviren Yükselteç

1) $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$ ve $R_3 = 5 \text{ k}\Omega$ olacak şekilde renk kodlarından bulunuz ve direnç değerlerini ölçüp kaydediniz. Daha sonra Şekil 7 'de gösterildiği gibi güç kaynağınızı ayarlayıp Şekil 8 'deki devreyi kurunuz. Güç kaynağını devreye bağlamadan önce op-amp 'ın 1. 5. ve 8. Bacaklarına **bir şey bağlanmadığından** emin olunuz.

$R_1 =$ _____

$R_2 =$ _____

$R_3 =$ _____



Şekil 8: Eviren İşlemsel Yükselteç Devresi

2) V_s gerilimi için işaret üreticiden 1 volt tepeden tepeye (peak-to-peak) gerilim değerine sahip 10 kHz frekansında bir sinüs dalgası ayarlayınız. **Tepeden tepeye gerilim değerini doğrulamak için osiloskop kullanmanız gerektiğini unutmayınız.**

3) Osiloskop ile op-amp 'ın girişindeki ve çıkışındaki dalga biçimlerini görüntüleyiniz. Bunu yaparken CH1 'i giriş işaretini (V_s) ve CH2 'yi çıkış işaretini (V_o) göstermek için kullanınız. Çıkış geriliminin tepeden tepeye olan gerilim değerini yazınız.

Tepeden tepeye $V_o =$ _____

4) Bu Op-amp'lı devre düzeninin gerilim kazancını hesaplayınız.

$$\text{Gerilim Kazancı} = \underline{\hspace{2cm}}$$

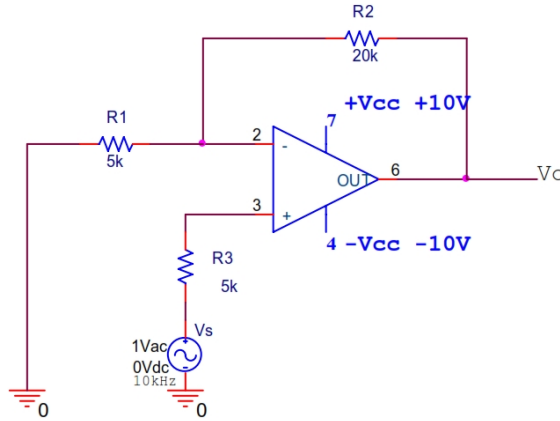
5) İşaret üreticiden giriş geriliminin tepeden tepeye olan değerini çıkıştaki sinüs işaretinin tepeleri kesilene kadar arttırınız. Bu etki kırılma olarak bilinir ve gerilim kazancının çıkış gerilimini güç kaynağının $+V_{cc}$ ve $-V_{cc}$ değerlerinden büyük bir değerde üretmeye çalışmasından kaynaklanır. Giriş geriliminin kırılma olmayan en yüksek değerini $V_{üst}$ ve en düşük gerilim değerini V_{alt} olarak ölçünüz. $V_{üst}$ değerini $+V_{cc}$ ile V_{alt} değerini de $-V_{cc}$ ile karşılaştırınız. (İpucu: $V_{üst}$ gerilim değeri $+V_{cc}$ 'ye ve benzer olarak V_{alt} ' da $-V_{cc}$ 'ye bağlıdır. Eğer giriş geriliminin en yüksek değeri bu değerden büyükse çıkış işareti kırılacaktır.)

$$V_{üst} = \underline{\hspace{2cm}} \quad V_{alt} = \underline{\hspace{2cm}}$$

6) 4. Adımda bulduğunuz gerilim kazancı değerini kuramsal olarak hesapladığınız gerilim kazancı değeri ile karşılaştırınız.

6.3 Evirmeyen Yükselteç

1) Bölüm 6.2 'de kullandığınız direnç değerleri Şekil 9'daki devreyi kurmak için kullanınız.



Şekil 9: Evirmeyen İşlemsel Yükselteç Devresi

2) V_s gerilimi için işaret üreticiden 1 volt tepeden tepeye (peak-to-peak) gerilime değerine sahip 10 kHz frekansında bir sinüs dalgası ayarlayınız. **Tepeden tepeye gerilim değerini doğrulamak için osiloskop kullanmanız gerektiğini unutmayınız.**

3) Osiloskop ile op-amp 'ın girişindeki ve çıkışındaki dalga biçimlerini görüntüleyiniz. Bunu yaparken CH1 'i giriş işaretini (V_s) ve CH2 'yi çıkış işaretini (V_o) göstermek için kullanınız. Çıkış geriliminin tepeden tepeye olan gerilim değerini yazınız.

$$\text{Tepeden tepeye } V_o = \underline{\hspace{2cm}}$$

4) Bu Op-amp'lı devre düzeninin gerilim kazancını hesaplayınız.

$$\text{Gerilim Kazancı} = \underline{\hspace{2cm}}$$

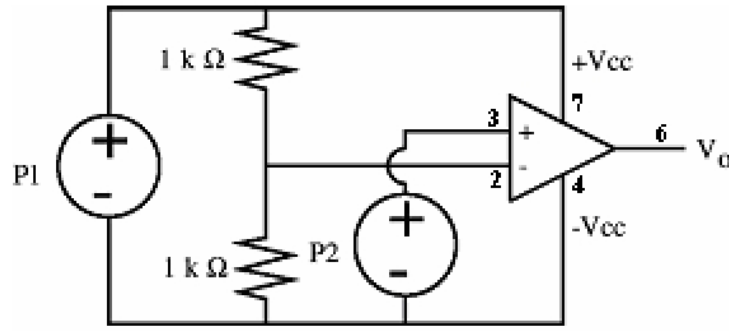
- 5) İşaret üreticiden giriş geriliminin tepeden tepeye olan değerini çıkıştaki sinüs işaretinin tepeleri kesilene kadar arttırınız. Bu etki kırılma olarak bilinir ve gerilim kazancının çıkış gerilimini güç kaynağının $+V_{cc}$ ve $-V_{cc}$ değerlerinden büyük bir değerde üretmeye çalışmasından kaynaklanır. Giriş geriliminin kırılma olmayan en yüksek değerini $V_{üst}$ ve en düşük gerilim değerini V_{alt} olarak ölçünüz. $V_{üst}$ değerini $+V_{cc}$ ile V_{alt} değerini de $-V_{cc}$ ile karşılaştırınız. (İpucu: $V_{üst}$ gerilim değeri $+V_{cc}$ 'ye ve benzer olarak V_{alt} ' da $-V_{cc}$ 'ye bağlıdır. Eğer giriş geriliminin en yüksek değeri bu değerden büyükse çıkış işareti kırılacaktır.)

$$V_{üst} = \underline{\hspace{2cm}} \quad V_{alt} = \underline{\hspace{2cm}}$$

- 6) 4. Adımda bulduğunuz gerilim kazancı değerini kuramsal olarak hesapladığınız gerilim kazancı değeri ile karşılaştırınız.

6.4 Karşılaştırıcı

- 1) Şekil 10'da verilen devreyi kurunuz.



Şekil 10: İşlemsel Yükselteçli Karşılaştırıcı Devresi

- 2) Gerilim kaynağı P1 'i 5V 'a ayarlayınız.
- 3) Op-amp'ın eviren giriş ucundaki gerilimi ölçünüz. (Bilgi: Bu bölümdeki bütün gerilim değerleri güç kaynağının eksi bağlantı ucuna göre ölçülmelidir.)
- 4) P2 kaynağını 0V a ayarlayınız.
- 5) Çıkış gerilimini ölçüp kaydediniz. $V_o = \underline{\hspace{2cm}}$
- 6) V_o gerilimini gözlemleyerek, P2 gerilimini yavaşça V_o değeri değişene kadar arttırınız.
- 7) V_o değeri değiştiği andaki P2 gerilimini yazınız. P2 = $\underline{\hspace{2cm}}$

7. Deney Sonunda Aşağıdaki Soruları Cevaplayınız

- 1) İşlemsel yükselteç uygulamaları sırasında bazı kırpma örnekleri gördük. Tasarlanan bir yükselteç devresinden kırpma etkisinin neden oluştuğunu açıklayınız. Özel olarak, kırpma etkisinin kötü tasarlanmış doğal ses üreten bir ses yükselteci (high-fidelity audio amp) için kırpma etkisinin nasıl sonuçlara yol açabileceğini yorumlayınız.
- 2) Bölüm 6.4 'te V_0 'ın neden değiştiğini açıklayınız.

ÖN HAZIRLIK OLARAK DENEYİN MULTISIM VEYA PSPICE UYGULAMASINI YAPINIZ. ÇIKTILARINIZI RENKLİ ALMANIZA GEREK YOKTUR.