

# ANALOG ELEKTRONİK - II



İLYAS KAPLAN

## TRANSİSTÖRLÜ DİFERANSİYEL YÜKSELTEÇ

### KONU:

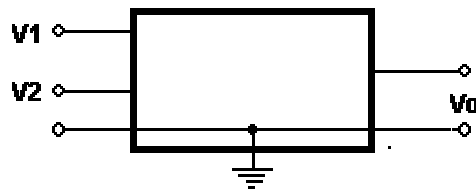
Transistörlerle gerçekleştirilmiş Diferansiyel (farksal) yükseltecin özellikleri, çalışması ve çeşitli karakteristikleri incelenecektir.

### GEREKLİ DONANIM:

Güç Kaynağı: 2x12VDC  
İşaret Üreteci (SIG.GEN)  
Transistör: 3xBC108C  
Direnç Kutusu (Rezistor Box)  
Direnç: 680W, 3x1KW, 2K2W, 4K7W, 3x10KW  
Potansiyometre: 1KW  
Kondansatör: 2x100 $\mu$ F

### ÖN BİLGİ:

Özellikle fiziksel ve biyolojik büyüklüklerin ölçülmesinde diferansiyel yükselteçler kullanılır. Bu tip yükselteçler iki ayrı girişe sahiptirler ve girişlerinden uygulanan işaretlerin farkını alarak çıkışa aktarırlar. Diferansiyel yükseltecin blok diyagramı şekil-1.1'de gösterilmiştir.



Şekil-1.1 Diferansiyel Yükseltecin Blok Diyagramı

İdeal bir diferansiyel (farksal) yükselteç, her iki girişinden uygulanan V1 ve V2 işaretlerinin farkını alır ve istenilen oranda yükselterek çıkışına aktarır. Dolayısıyla çıkış işaretinin değeri;



$$V_0 = A_d(V_1 - V_2)$$

şeklinde formüle edilir. Pratik uygulamalarda yukarıdaki  $V_0$  eşitliğini elde etmek mümkün değildir. Çünkü yükseltecin yapımından ve elemanların toleranslarından kaynaklanan kısıtlamalar vardır. Bu kısıtlamalar Diferansiyel yükselteci ideal durumdan uzaklaştırır. Diferansiyel yükselteci ideal çalışmadan uzaklaştıran etkenlerden en önemlisi Ortak Mod Kazancıdır. Bu kazanç,  $A_C$  olarak tanımlanır. İyi düzenlenmiş bir diferansiyel yükselteçte; Ortak Mod Kazancı yok edilmeli veya minimuma indirilmelidir.

Ortak mod kazancının yok edilmesi, oransal olarak CMRR ile ifade edilir. CMRR değeri (Common Mode Rejection Ratio) aşağıdaki gibi formüle edilir.

$$CMRR = \rho = \frac{|A_d|}{|A_c|} \qquad \rho (dB) = 20 \log \frac{|A_d|}{|A_c|}$$

Yukarıdaki formülde  $A_d$ , diferansiyel kazanç,  $A_c$  ise ortak mod kazancıdır. İyi düzenlenmiş bir diferansiyel yükselteçte CMRR oranı yüksek olmalıdır.

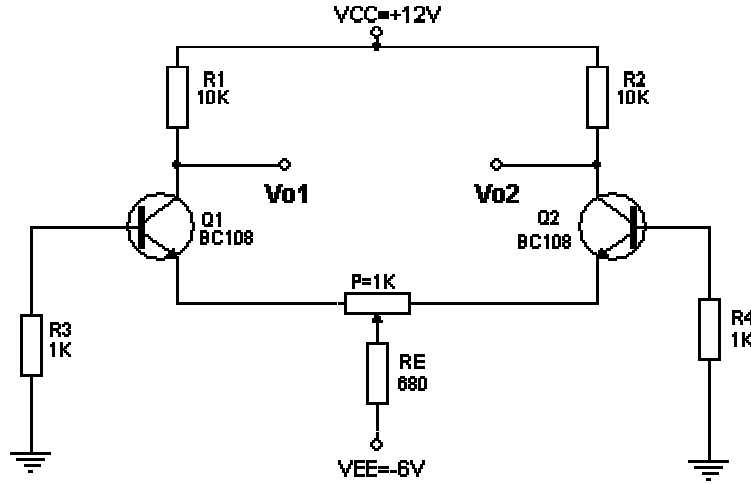
## DENEY: 1

### DİFERANSİYEL YÜKSELTEÇ:

- Bu deneyde iki transistörle gerçekleştirilmiş temel diferansiyel yükseltecin DC analizini yapıp çalışma şartlarını inceleyeceğiz. Ayrıca diferansiyel yükseltecin optimum çalışma noktalarını belirleyeceğiz.

**DENEYİN YAPILIŞI:**

Şekil-1.2'deki devreyi deney seti üzerine kurunuz. P potansiyometresini kullanarak her iki transistörün kollektör gerilimleri eşit olacak şekilde 6V'a ayarlayınız.

**Şekil-1.2 Temel Diferansiyel Yükselteç Devresi**

Sayısal bir voltmetre kullanarak her transistörün beyz, emiter ve kollektör polarma gerilimlerini devrenin şasesine göre ölçünüz. Elde ettiğiniz sonuçları tablo-1.1'deki ilgili yerlere kaydediniz.

Transistör	Kollektör Gerilimi Vc (v)	Beyz Gerilimi VB (v)	Emiter Gerilimi VE (v)
Q1			
Q2			

**Tablo-1.1 Diferansiyel Yükselteç Devresinde DC Çalışma Şartları****DENEY: 2****ORTAK MOD KAZANCI (Ac):**

Bu deneyde; diferansiyel yükselteci ideal durumdan uzaklaştıran ortak mod kazancını (Ac) belirleyeceğiz ve bu kazancı minimuma indirme yöntemlerini araştıracağız ve uygulayacağız.

### ÖN BİLGİ:

Diferansiyel yükseltecin her iki girişinden aynı işaret uygulandığında çıkış işaretinin ideal olarak sıfır olması gerekir. Pratikte bu durum mümkün olmayabilir. Şekil-1.3'de diferansiyel yükseltecin ortak mod kazancını ölçmek için gerekli devre bağlantısı verilmiştir. Dikkat ederseniz yükseltecin her iki girişine de aynı işaret uygulanmaktadır.

### DENEYİN YAPILIŞI:

Deney-1'de kullandığınız (şekil-1.2) devreyi şekil-1.3'deki gibi düzenleyerek deney seti üzerine kurunuz.

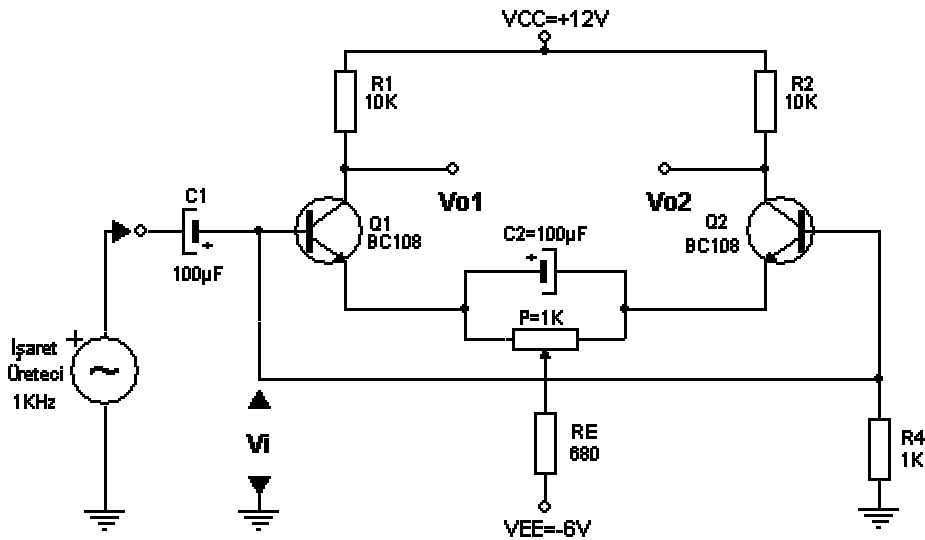
İşaret üretici devreye bağlı değilken P potansiyometresi ile yükseltecin DC polarma gerilimlerini optimum seviyeye ayarlayınız.

### Not:

Bunun için bir önceki deneyde elde ettiğiniz tablo-1.1'deki sonuçlardan yararlanabilirsiniz.

Yükseltecin girişine, 1KHz sinüsoydal işaret veren ve genliği minimum olan işaret üreticini bağlayınız.

Yükseltecin giriş ve çıkış işaretlerini (V01 ve V02) gözlemlemek amacı ile gerekli osiloskop bağlantılarını yapınız.



Şekil-1.3 Ortak Mod Kazancının Ölçülmesi



İşaret üreticinin çıkış genliğini yükselteç çıkışlarında (V01 ve V02) maksimum distorsiyonsuz bir gerilim elde edene kadar artırınız.

Bu durumda yükselteç girişine uyguladığınız işaretin etkin değerini (Virms) bir voltmetre ile ölçerek sonucu tablo-1.2'deki ilgili yere kaydediniz.

ORTAK MOD (COMMEN MOD) ÇALIŞMA				
RE ( $\Omega$ )	Vi (rms)	Vo1 (rms)	Vo2 (rms)	Ac*
680 $\Omega$				
1K $\Omega$				
4K7				
Transistörlü Akım Kaynağı				

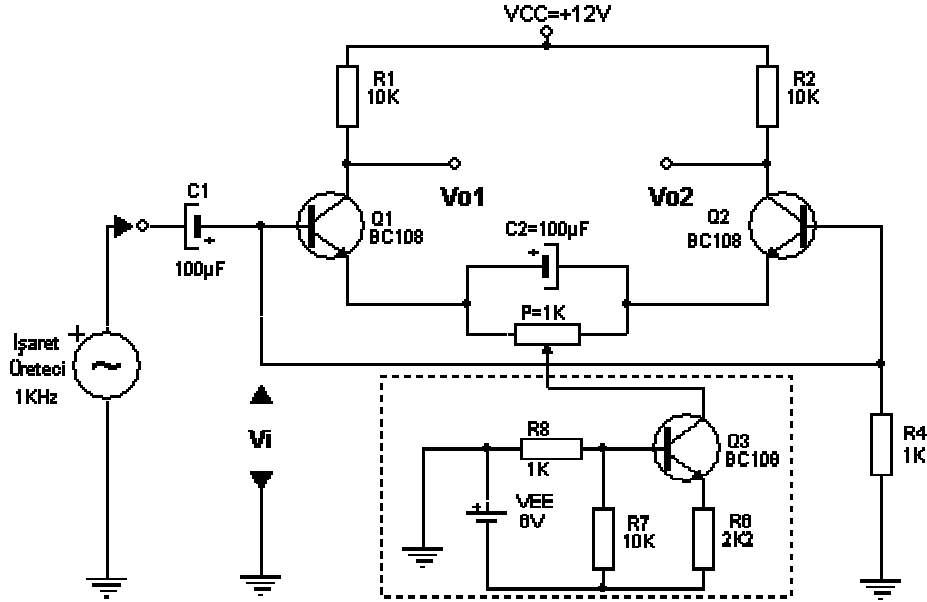
Sonuçların Analizi Bölümünde Hesaplanacaktır.

### Tablo-1.2 Diferansiyel Yükselteç de Yapılan Çeşitli Ölçümler

Her iki transistörün çıkış işaretlerinin (V01 ve V02) etkin değerlerini ölçünüz. Elde ettiğiniz sonuçları tablo-1.2'deki ilgili yerlere kaydediniz.

Devrede, RE emiter direncini 1K $\Omega$  yapınız. Deneyi paragraf-2.2'den 2.7'ye kadar tekrarlayınız. Elde ettiğiniz sonuçları tablo-1.2'deki ilgili yerlere kaydediniz. Deneyi, emiter direnci (RE) 4K7 $\Omega$  içinde aynı şekilde tekrarlayınız. Elde ettiğiniz sonuçları tablo-1.2'deki ilgili yerlere kaydediniz.

Şekil-1.3'deki diferansiyel yükselteç devresinde emiter direnci (RE) yerine transistörlü sabit akım kaynağı bağlamak için devreyi şekil-1.4'deki gibi yeniden düzenleyiniz. Transistörlü sabit akım kaynağı devresi şekil üzerinde kesik çizgilerle belirtilmiştir. Deneyi paragraf-2.2'den 2.7'ye kadar tekrarlayınız. Elde ettiğiniz sonuçları tablo-1.2'deki ilgili yerlere kaydediniz.



Şekil-1.4 Transistörlü Sabit Akım Kaynağı

### DENEY: 3

#### DİFERANSİYEL (FARKSAL) KAZANÇ:

Bu deneyde; diferansiyel yükselteç devresinin en önemli parametresi olan diferansiyel kazanç ( $A_d$ ) miktarını inceleyeceğiz.

#### ÖN BİLGİ

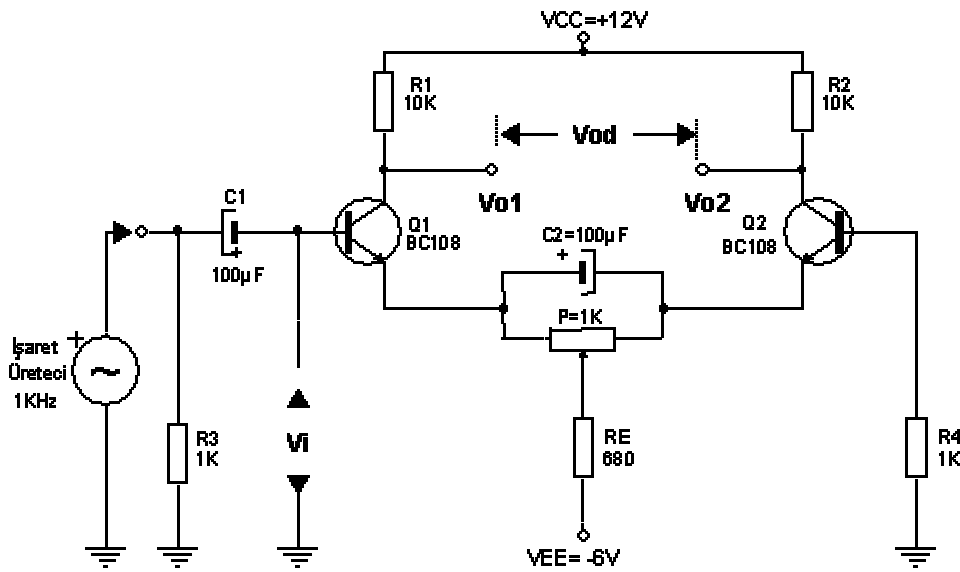
Şekil-1.5'de diferansiyel kazancı ölçmek için gerekli devre bağlantısı verilmiştir. Devre incelendiğinde yükseltecin her iki girişine farklı işaretler uygulandığı görülür. Bu durum da ideal olarak çıkıştan alınan işaret her iki girişe uygulanan işaretin farkı olmalıdır.

#### DENEYİN YAPILIŞI:

Bir önceki deneyde kullandığınız devreyi şekil-1.5'deki gibi yeniden düzenleyiniz. Bu devre içinde bir önceki deneyde yaptığınız paragraf-2.2'den 2.7'ye kadar olan işlemleri tekrarlayınız. Giriş gerilimi ( $V_i$ ) ile çıkıştaki fark gerilimi ( $V_{od}$ ) değerlerini ölçerek elde ettiğiniz sonuçları tablo-1.3'deki ilgili yerlere kaydediniz.

**NOT:**

Fark gerilimi  $V_d$ , çıkıştan alınan  $V_{o1}$  ve  $V_{o2}$  işaretlerinin farkıdır. Bu gerilimi ölçmek için; voltmetrenin negatif ucunu  $Q_1$ 'in kollektörüne, pozitif ucunu ise  $Q_2$ 'nin kollektörüne bağlayınız. Bu ölçmeyi yaparken çıkış işareti distorsiyonlu olmamalıdır.  $V_{o1}$  ve  $V_{o2}$  işaretlerini osilaskobun iki kanalına ( $Y_1$  ve  $Y_2$ ) bağlayınız ve osilaskobu fark moduna ayarlayınız. Eğer fark işareti ( $V_d$ ) distorsiyonlu ise, giriş gerilimini distorsiyonun başladığı noktaya kadar azaltınız.

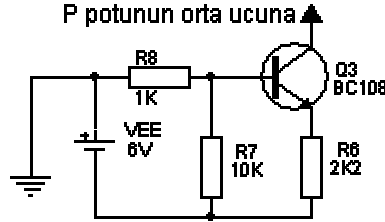
**Şekil-1.5 Diferansiyel Kazancın Ölçülmesi**

Aynı devreyi  $R_E=1K\Omega$ ,  $4K7\Omega$  değerleri içinde tekrarlayınız. Sonuçları tablo-1.3'deki ilgili yerlere yazınız.

DİFERANSİYEL MOD				CMRR*
$R_E$ ( $\Omega$ )	$V_i$ (rms)	$V_{od}$ (rms)	$A_d$ *	
680 $\Omega$				
1K $\Omega$				
4K7				
Transistörlü Akım Kaynağı				

**Tablo-1.3 Diferansiyel Yükselteç de Yapılan Çeşitli Ölçümler**

Aynı deneyi emiter direnci (RE) yerine şekil-1.6'deki transistörlü sabit akım kaynağını kullanarak tekrarlayınız. Elde ettiğiniz sonuçları tablo-1.3'deki ilgili yerlere yazınız.



Şekil-1.6 Transistörlü Sabit Akım Kaynağı Devresi

### SONUÇLARIN ANALİZİ:

Diferansiyel yükseltecin ortak mod kazancını ( $A_c$ ) tablo-1.2'de elde ettiğiniz sonuçlardan yararlanarak hesaplayınız. Elde ettiğiniz değerleri ilgili yerlere kaydediniz. Ortak mod kazancı aşağıdaki formül yardımı ile bulunur.

$$A_c = \frac{V_{02}}{V_i}$$

Yükseltecin diferansiyel kazancını ( $A_d$ ) tablo-1.3'de belirtilen her değer için hesaplayınız. Sonuçları tablodaki ilgili yerlere yazınız.

$$A_d = \frac{V_{02}}{V_{01}}$$

Yükseltecin ortak mod eleme oranını (CMRR) tablo-1.3'de elde ettiğiniz değerlerden faydalanarak hesaplayınız. Sonuçları tablodaki ilgili yerlere yazınız.

### ÖZET:

Diferansiyel yükselteç iki girişe sahiptir.

Diferansiyel çıkışında bir kazanç elde edebilmek için girişlerinden farklı fazda işaret uygulanmalıdır. Diğer taraftan aynı fazda iki işaret uygulandığı zaman ortak mod kazancı elde edilir.



Ortak mod eleme oranının (CMRR) sayısal değeri yükseltecin kalitesini belirler. Bu değerin yüksek olması iyi bir diferansiyel yükselteç için gereklidir. Diferansiyel yükselteçlerde Ortak mod eleme oranı direkt olarak emiter devresindeki direnç değerine (RE) bağlıdır.

Ortak mod eleme oranı, emiter direnci yerine transistörlü sabit akım kaynağı kullanılarak yükseltilebilir.

**SORULAR:**

Diferansiyel yükseltecin direkt kuplajlı yükselteçlere nazaran avantajları nelerdir?

VEE besleme kaynağı kullanılmadan diferansiyel yükselteçler çalıştırılabilir mi?

Neden? Açıklayınız?

Diferansiyel yükselteçlerde emiter direnci yerine transistörlü akım kaynağı

bağlamanın avantajları nelerdir? Açıklayınız?

## DİFERANSİYEL YÜKSELTEÇ UYGULAMALARI

### KONU:

Transistörlü Diferansiyel Yükseltecin İşleyişi tanıtılacak ve örnek bir uygulama devresi incelenecektir.

### GEREKLİ DONANIM:

Güç Kaynağı: 12VDC  
Osilaskop (çift kanallı)  
Sayısal veya Analog Multimetre  
Transformatör: N1:1600 N2:2x525 Sarım  
Transistor: 3xBC108C  
NTC: Negatif Isı Katsayılı Direnç  
Direnç: 100Ω, 150Ω, 1KΩ, 2K2Ω, 2x4K7Ω, 10KΩ, 47KΩ  
Potansiyometre: 470Ω, 10KΩ

### ÖN BİLGİ:

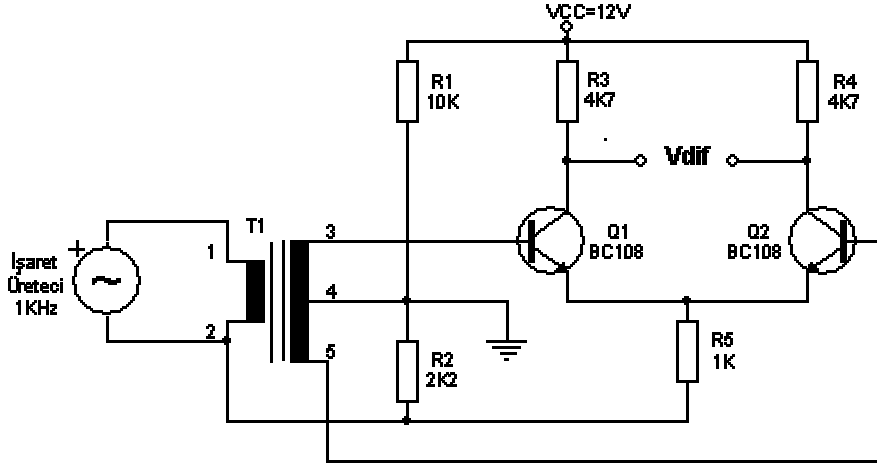
Bölüm-1'de diferansiyel yükselteç devresi ayrıntıları ile incelenmişti. Bu bölümde; DC polarma gerilimleri sabit olarak ayarlanmış diferansiyel yükseltecin diferansiyel kazancını inceleyeceğiz. Bunun için şekil-2.1'deki devre geliştirilmiştir. Devrenin en önemli özelliği ortak mod ve diferansiyel çalışmanın bir transformatör yardımı ile gerçekleştirilmesidir.

Diferansiyel yükseltecin giriş işaretleri bir transformatör üzerinden uygulanmıştır. Transformatör yardımı ile yükseltecin diferansiyel mod'da ve ortak mod'da çalışması sağlanabilir.

### DENEY: 1

### DİFERANSİYEL YÜKSELTEÇ:

Bu deneyde diferansiyel yükseltecin diferansiyel ve ortak mod'da çalışması incelenecektir. Çalışmalarda kullanılacak diferansiyel yükselteç devresi şekil-2.1'de verilmiştir.

**Şekil-2.1 Transistörlü Diferansiyel Yükselteç Devresi****DENEYİN YAPILIŞI:**

Şekil-2.1'deki diferansiyel yükselteç devresini deney seti üzerine kurunuz. İşaret üreticinin çıkışını 100mVp-p değerine ayarlayarak, 1KHz'lik sinusoidal bir gerilimi devre girişine transformatör üzerinden uygulayınız.

Her iki transistörün (Q1 ve Q2) beyz ve kollektör gerilimlerini osilaskopta gözleyiniz. Elde ettiğiniz sonuçları tablo-2.1'deki ilgili yerlere kaydediniz.

Diferansiyel yükseltecin çıkış gerilimini ( $V_d$ ) osilaskopta gözleyiniz. Elde ettiğiniz değeri kaydediniz.

$V_d =$  \_\_\_\_\_ volt

Transistör	VB (beyz) p-p	VC (kollektör)p-p	A=VCp-p/VBpp
Q1			
Q2			

**Tablo-2.1 Puş-pul Çalışmada Veriler.**

Tablo-2.1'e kaydettiğiniz değerleri kullanarak, her iki transistörün diferansiyel çalışmada (Bu çalışma şekline puş-pul çalışmada denir) kazançlarını hesaplayınız. Elde ettiğiniz sonuçları tablo-2.1'deki ilgili yerlere kaydediniz. Hesaplamalarda aşağıdaki formülleri kullanabilirsiniz.



$$A_{G1} = \frac{V_{C1p-p}}{V_{B1p-p}} \Rightarrow A_{G2} = \frac{V_{C2p-p}}{V_{B2p-p}}$$

Q1 transistörünün beyz'inden transisformatörün 3 nolu noktasına gelen bağlantıyı çıkarınız. Bu bağlantıyı transformatörün 5 nolu noktasına yapınız.

**Not:**

*Bu durumda; her iki transistörün girişine aynı işareti uyguladınız. Bu çalışmaya ortak mod çalışma denir.*

Transformatör girişine  $V_{in}=10V_{p-p}$ , 1KHz sinüsoydal bir işaret uygulayınız. Osilaskopla her iki transistörün beyz ve kollektör gerilimlerinin tepeden tepeye değerlerini ölçünüz. Elde ettiğiniz sonuçları tablo-2.2'deki ilgili yerlere kaydediniz.

Transistör	VB (beyz) p-p	VC (kollektör)p-p	A=VCp-p/VBpp
Q1			
Q2			

**Tablo-2.2 Ortak-Mod İşleyişinde Veriler**

**1.9** Aynı şekilde diferansiyel çıkış geriliminde tepeden tepeye değerini ölçerek sonucu kaydediniz.

$V_d = \underline{\hspace{2cm}}$  volt

**1.10** Ölçtüğünüz değerleri kullanarak ortak mod çalışmada yükseltecin gerilim kazançlarını hesaplayınız. Sonuçları tablo-2.2'deki ilgili yerlere yazınız.

$$A_{G1GL} = \frac{V_{C1p-p}}{V_{B1p-p}} \Rightarrow A_{G2GL} = \frac{V_{C2p-p}}{V_{B2p-p}}$$

**1.11** Diferansiyel yükseltecin ortak mod eleme oranını (CMRR) bulunuz. Sonucu ilgili yere kaydediniz.

$$CMRR = \frac{A_V}{A_{VGL}} \quad CMRR = \underline{\hspace{2cm}}$$



### ÖZET:

$Q_1$  ve  $Q_2$  transistörlerinin giriş işaretleri genlik ve faz olarak aynı değerinde tutulursa, bu duruma ortak mod işleyişi denir.

Ortak mod işleyişinde;  $Q_1$  ve  $Q_2$  transistörlerinin kollektör potansiyelleri arasındaki fark pratik olarak 0'dır.

$Q_1$  ve  $Q_2$  transistörlerinin girişlerine uygulanan işaretler ters fazda iseler, bu çalışma moduna puş-pul (diferansiyel) çalışma denir. Bu durumda yükseltecin çıkış direnci alçak, gerilim kazancı ise yüksektir.

Diferansiyel gerilim;  $Q_1$  ve  $Q_2$  transistörlerinin kollektörlerindeki gerilimlerin toplamıdır.

### DENEY: 2

#### DİFERANSİYEL YÜKSELTEÇ İLE ISI ÖLÇÜMÜ:

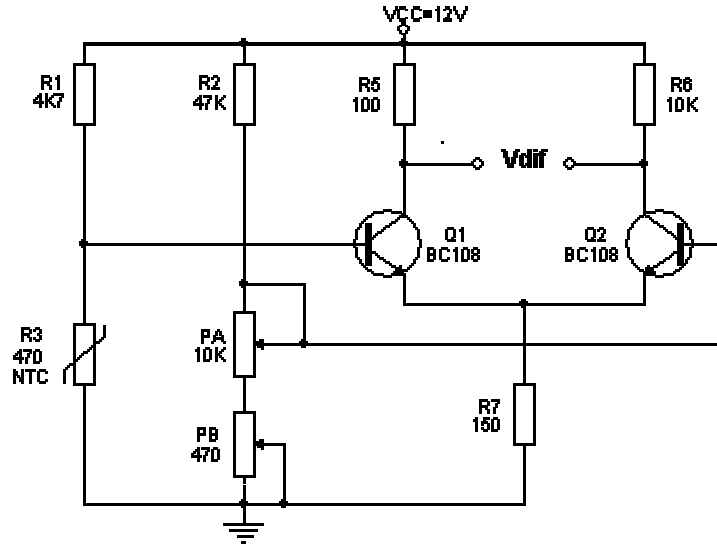
Diferansiyel yükselteçlerle pek çok uygulama gerçekleştirildiğine değinmiştik. Bu bölümde bir NTC yardımı ile ısı ölçümü ve kontrolünü inceleyeceğiz. Isı ölçümünde kullanılmak üzere ısı katsayılı dirençler üretilmiştir. Bunlar NTC ve PTC olarak adlandırılırlar.

NTC; negatif ısı katsayılı bir dirençtir. Yüzeyine uygulanan ısı miktarına artığında direnç değeri düşer. PTC ise pozitif ısı katsayılı direnç'dir. Yüzeyine uygulanan ısı miktarına artığında direnç değeri artar. Üretici firmalar çok farklı direnç değerlerine sahip NTC ve PTC üretimi yapmaktadırlar.

### ÖN BİLGİ:

Şekil-2.2'de çevre sıcaklığının veya referans alınan herhangi bir sıcaklık değerinin değiştiğini bildiren uygulama devresi görülmektedir.

Devrede,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  ve  $R_4$  (PA+PB) wheatstone köprüsü olarak görev yaparlar. Çevre sıcaklığı PB potansiyometresi ile dengelenerek yükseltecin  $V_{dif}$  çıkışı 0V'a ayarlanır.



Şekil-2.2 NTC İle Sıcaklık Kontrolü Ve Ölçümü

Q1 ve Q2 transistörleri yüksek kazançlı bir diferansiyel yükselteç gibi bağlanmışlardır. Çevre sıcaklığındaki küçük bir değişim NTC'nin direncini değiştirecektir. NTC direncindeki bu değişim ise köprüdeki dengeyi bozar.

Bu durumda; Q1 ve Q2 transistörlerinin beyzleri arasında bir fark gerilimi oluşur. Bu gerilim sıcaklık değişimi ile orantılıdır ve Q1 ile Q2 transistörünün kollektörleri arasından yükseltilmiş olarak ölçülebilir. ( $V_{diff}$ )

Sonuçta; NTC'nin algıladığı çevre sıcaklığındaki küçük bir değişim, NTC'nin direnç değerini değiştirecektir. Bu durum, sistemin dengesini bozacak ve diferansiyel yükselteç çıkışında belirlenecektir.

### DENEYİN YAPILIŞI:

Şekil-2.2'de verilen uygulama devresini deney seti üzerine kurunuz. Devreye enerji uygulamayınız.

NTC'yi; 40cm'lik bağlantı kabloları kullanarak devreye bağlayınız. NTC yüzeyi size dönük olmalıdır.

Devreye enerji uygulayınız. Devredeki  $V_{diff}$  gerilimini ölçmek için sayısal voltmetre bağlayınız.  $V_{diff}$  gerilimini PB potansiyometresi yardımı ile 0V'a ayarlayınız.

NTC'yi elinize alınız. NTC'nin ısı direncini değiştirmek için parmaklarınızla yüzeyine dokununuz veya nefesinizle sıcak hava üfleyiniz.

Bu anda sayısal voltmetreden  $V_{diff}$  gerilimindeki değişimi gözlemleyiniz ve elde ettiğiniz sonucu kaydediniz.

$V_{diff} =$  \_\_\_\_\_



**ÖZET:**

Bu çalışmada ısı değişimi bir NTC yardımı ile algılanmış ve diferansiyel yükselteçle kontrol edilmiştir. Bir çok endüstriyel uygulamada bu tür devreler kullanılmaktadır. NTC, ısı katsayılı bir dirençtir. NTC'nin direnci bulunduğu ortam koşullarına bağlı olarak değişmektedir. NTC; negatif katsayılı direnç, PTC; pozitif katsayılı direnç'dir.

**SORU:**

Isıya duyarlı elektronik devre elemanları hakkında bilgi veriniz. Devre sembollerini çiziniz?

## OPAMP KARAKTERİSTİKLERİ

### KONU:

Operasyonel (işlemsel) yükselteçlerin temel özellikleri ve çeşitli karakteristikleri incelenecektir.

### GEREKLİ DONANIM:

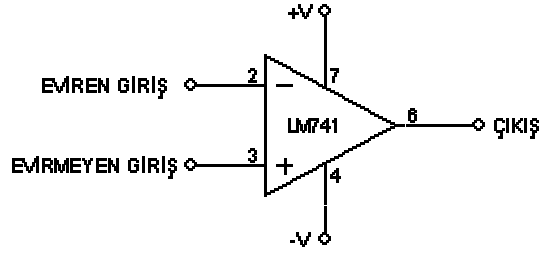
Güç Kaynağı:  $\pm 12V$  DC,  
İşaret Üretici (Signal Genarator)  
Multimetre (Sayısal veya Analog)  
741 Tipi opamp (LM741, NE741, uA741v.b)  
Direnç:  $1K\Omega$ ,  $100K\Omega$ ,  $1M\Omega$   
Potansiyometre:  $2x10K\Omega$

### ÖN BİLGİ:

Operasyonel yükselteçler, elektronik ve endüstriyel kontrol düzenlerinde yaygın olarak kullanılan devre elemanlarıdır. Kısaca **opamp** olarak isimlendirilirler. Günümüzde tek bir tümdevre (entegre) içerisine yerleştirilmiş yüzlerce tip opamp vardır. Bunlar üretici kataloglarından incelenebilir. Bu kitap boyunca; 741 tipi opamp tümdevresini inceleyeceğiz ve pek çok uygulama devresi gerçekleştireceğiz. Bu nedenle 741 tipi Opamp'ın bazı önemli karakteristik değerleri aşağıda verilmiştir.

Besleme gerilimi :  $\pm 18V$  (maksimum)  
Giriş gerilimi :  $\pm 18V$  (maksimum)  
Kazanç ( $f=1Hz$ ) : 500000  
Kazanç ( $f=100KHz$ ) : 10  
Çıkış empedansı : 300 ohm (yaklaşık)  
Giriş empedansı : 1 Mohm  
CMRR: 90 Db

741 tipi Opamp'lar genellikle pozitif ve negatif olmak üzere simetrik besleme gerilimi ile çalışırlar. Eviren (faz çeviren) ve evirmeyen (faz çevirmeyen) olmak üzere iki adet girişe sahiptirler. 741 tipi tümdevre Opamp çıkışından maksimum 25mA akım çekilebilir ve çıkışı aşırı akıma karşı ısı korumalıdır. Şekil-1.1'de 741 tipi opamp'ın sembolü, pin bağlantıları ve bazı önemli özellikleri gösterilmiştir. Opamp'ların en temel özellikleri, açık çevrim ve kapalı çevrim altında çalışmaları ile belirginleşir. Bu bölümde; opamp'ın bu iki özelliği ayrıntılı olarak incelenerek tasarım yeteneği geliştirilecektir.



Şekil-1.1 741 tipi Opamp tümdevresinin bacak (pin) bağlantıları

## DENEY: 1

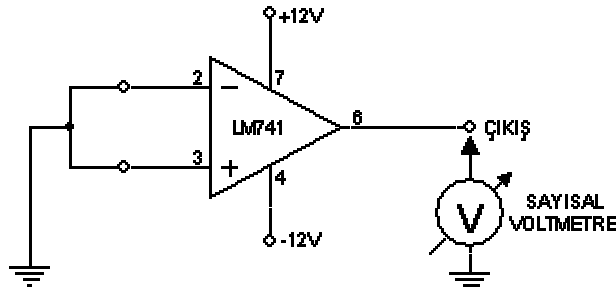
### AÇIK ÇEVİRİM KAZANCI

Opamp'ın gerilim kazancı, çıkış işaretinin bir kısmı girişe geri beslenerek kontrol edilebilir. Geri besleme kullanılmadığında ise kazancı kontrol etmek mümkün değildir. Bu bölümde de 741 tipi opamp tümdevresinin geri beslemesiz (açık çevrim) kazancını inceleyeceğiz.

### DENEYİN YAPILIŞI

Opamp'ın geribeslemesiz (açık çevrim) çalışmasını incelemek için Şekil-3.1'deki deney devresini, deney seti üzerine kurunuz. Güç kaynaklarını açınız. *Devreyi dikkatlice inceleyiniz. Opamp çıkış ucu boşta bırakılmış, çıkış ucu ile giriş ucu arasında geribesleme yapılmamıştır.*

Opamp çıkışında elde edilen gerilimi ölçünüz. Giriş gerilimi şase (0V) potansiyelinde olduğu halde çıkış geriliminin +V veya -V besleme gerilimine kilitlendiğini göreceksiniz.



Şekil-3.1 Opamp'ın Açık Çevrim (Geribeslemesiz) Çalışması

Opamp girişlerini şase potansiyelinden sökünüz ve boş bırakınız. Çıkış işaretini voltmetrede tekrar gözlemleyiniz.

**Opamp'ın geribeslemesiz (Açık çevrim) çalışmasını incelemeye devam edelim. Opamp'ın her bir girişine uygulanan işaretlerdeki değişimler opamp çıkışını nasıl etkiliyor. Bu durumu incelemek amacı ile şekil-3.2'deki bağlantılardan faydalanacağız.**

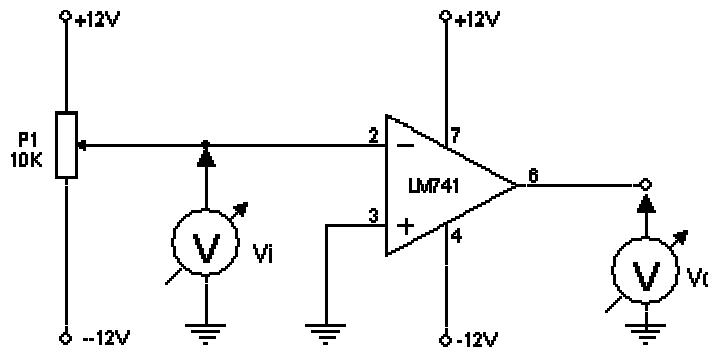
Önce opamp'ın negatif girişine uygulanan işaretler, çıkışında nasıl bir değişime neden oluyor. Bu durumu incelemek için şekil-3.2'deki devre bağlantısını set üzerine kurunuz.

**Devreyi dikkatlice incelersek opamp'a geri besleme yapılmamıştır. Opamp'ın Negatif (eviren) girişine 10K $\Omega$ 'luk pot üzerinden +12V ile -12V arasında ayarlanabilen bir gerilim uygulanacaktır. Negatif girişe uygulanan bu gerilimin, opamp çıkışına etkisi araştırılacaktır.**

Opamp'ın negatif girişine tablo-3.1'de belirtilen gerilim değerlerini P1 potansiyometresini kullanarak sıra ile uygulayınız. Uyguladığınız her değer için çıkış gerilimi ( $V_o$ ) değerlerini ölçerek tablo-3.1'deki ilgili yerlere kaydediniz.

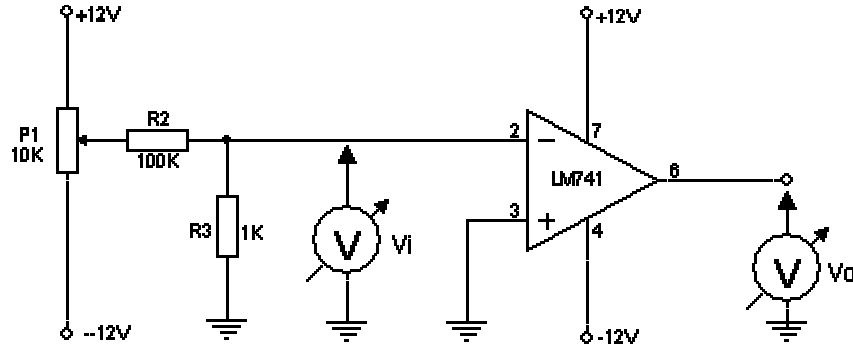
AÇIK ÇEVİRİM ÇALIŞMA (EVİREN GİRİŞ)									
$V_i$ (v)	10	5	3	2	1	-1	-3	-5	-10
$V_o$ (v)									

Tablo-3.1 Eviren Girişle Açık Çevrim Çalışmada Veriler



Şekil-3.2 Açık Çevrim Çalışmada Eviren Girişin Çıkışa Etkisi

Açık çevrim çalışmada eviren girişe uygulanan çok küçük işaretlerin opamp çıkışını nasıl etkilediğini araştırmak için şekil-3.3'deki deney devresi düzenlenmiştir. Bu devre dikkatlice incelenirse; opamp'ın negatif girişine uygulanan işaretler, R2 ve R3 gerilim bölücü dirençleri ile mV'lar seviyesine düşürülmüştür.

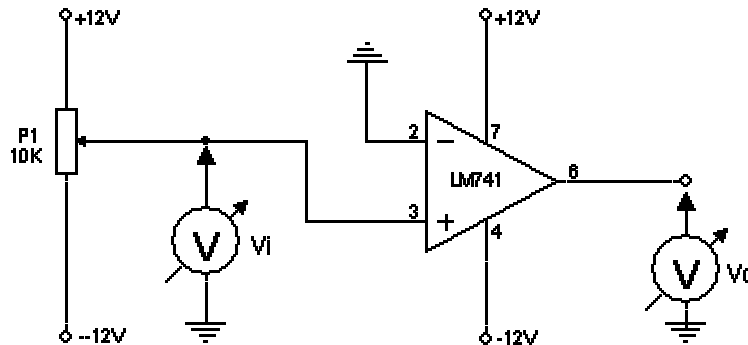
**Şekil-3.3 Opamp'la Açık Çevrim Çalışma (Eviren Giriş)**

Opamp'ın eviren (negatif) girişine uygulanan işaretin gerilim seviyesini P1 potunu kullanarak tablo-3.2'de görülen değerlere sıra ile ayarlayınız. Ayarladığınız her  $V_i$  değeri için çıkış işaretinin ( $V_o$ ) değerini ölçüp tablodaki ilgili yere kaydediniz.

AÇIK ÇEVİRİM ÇALIŞMA (EVİREN GİRİŞ)									
$V_i$ (v)	100mV	50mV	30mV	20mV	10mV	-10mV	-30mV	-50mV	-100mV
$V_o$ (v)									

**Tablo-3.2 Eviren Girişle Açık Çevrim Çalışmada Veriler**

Açık çevrim çalışmada eviren girişin opamp çıkışına etkisini inceledik. Bu bölümde evirmeyen (pozitif) girişin çıkışa etkisini inceleyeceğiz. Bu işlem için şekil-3.4'de görülen devre kullanılacaktır. Bu devreyi deney seti üzerine kurunuz. *Devreyi dikkatlice incellerseniz eviren giriş şase potansiyeline bağlanmış, giriş işareti evirmeyen girişten uygulanmıştır.*

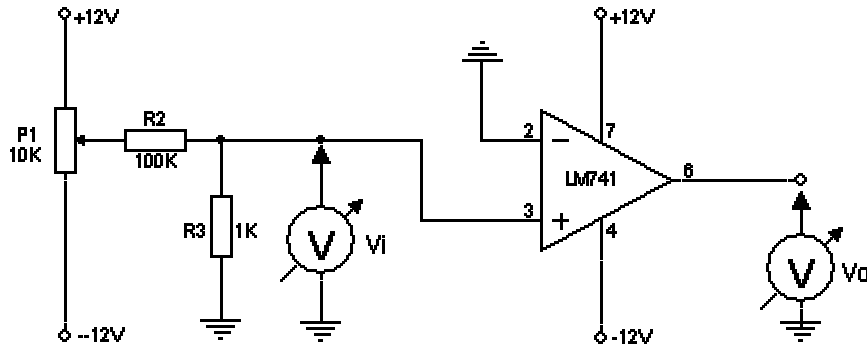
**Şekil-3.4 Evirmeyen Giriş'le Açık Çevrim Çalışma**

Opamp'ın evirmeyen girişine uygulanan işaretin gerilim seviyesini P1 potunu kullanarak tablo-3.3'de görülen değerlere sıra ile ayarlayınız. Ayarladığınız her  $V_i$  değeri için çıkış işaretinin ( $V_o$ ) değerini ölçüp tablodaki ilgili yere kaydediniz.

AÇIK ÇEVİRİM ÇALIŞMA (EVİRMEYEN GİRİŞ)									
$V_i$ (v)	10	5	3	2	1	-1	-3	-5	-10
$V_o$ (v)									

**Tablo-3.3 Evirmeyen Girişle Açık Çevrim Çalışmada Veriler**

Açık çevrim çalışmada evirmeyen girişe uygulanan çok küçük işaretlerin çıkışı nasıl etkilendiğini araştırmak için şekil-3.5'deki deney devresi düzenlenmiştir. *Bu devre dikkatlice incelenirse; opamp'ın eviren girişine uygulanan işaretler,  $R_2$  ve  $R_3$  gerilim bölücü dirençleri ile mV'lar seviyesine düşürülmüştür.*



**Şekil-3.5 Evirmeyen Giriş'le Açık Çevrim Çalışma**

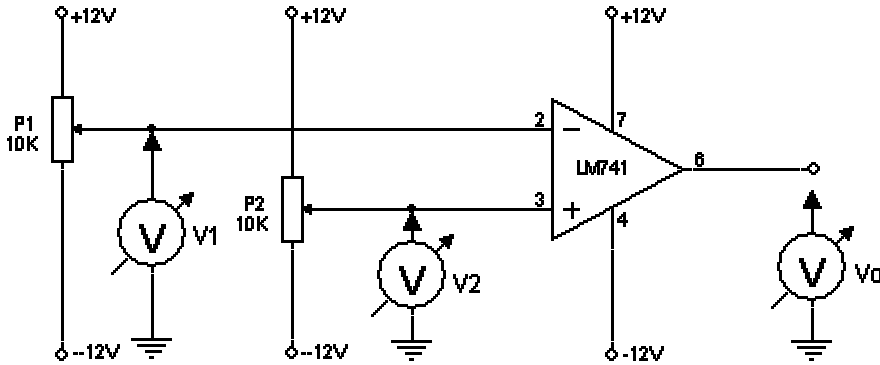
Opamp'ın eviren (negatif) girişine uygulanan işaretin gerilim seviyesini P1 potunu kullanarak tablo-3.4'de görülen değerlere sıra ile ayarlayınız. Ayarladığınız her  $V_i$  değeri için çıkış işaretinin ( $V_o$ ) değerini ölçüp tablodaki ilgili yere kaydediniz.

AÇIK ÇEVİRİM ÇALIŞMA (EVİRMEYEN GİRİŞ)									
$V_i$ (v)	100mV	50mV	30mV	20mV	10mV	-10mV	-30mV	-50mV	-100mV
$V_o$ (v)									

**Tablo-3.4 Evirmeyen Girişle Açık Çevrim Çalışmada Veriler**

Açık çevrim çalışmada; Opamp'ın eviren ve evirmeyen girişleri birlikte kullanılırsa opamp çıkışı nasıl etkilenir. Bu durumu incelemek için şekil-3.6'daki devreden yararlanılacaktır. Şekil-3.6'daki deney devresini kurunuz.

Bu tür çalışmaya; opamp'ın Gerilim karşılaştırıcı (Voltage comparator) olarak çalışması denir. Özellikle iki farklı büyüklüğü ölçmek veya karşılaştırmak amacı ile endüstride sıkça kullanılır. Komparatörler ileriki bölümlerde ayrıntılı olarak ayrıca incelenecektir.



**Şekil-3.6 Açık Çevrim Çalışmada, Eviren ve Evirmeyen Girişlerin Çıkışa Etkileri**

Devre dikkatlice incelenirse; P1 ve P2 potansiyometreleri ile Opamp'ın eviren (V1) ve evirmeyen (V2) girişlerine uygulanan işaretlerin gerilim seviyeleri +12V ile -12V arasında ayarlanmaktadır. P1 ve P2 potlarını kullanarak opamp girişlerine uygulanan gerilim değerlerini tablo-3.5'de verilen sıra ile ayarlayarak uygulayınız. Bu anda çıkışta elde ettiğiniz gerilim değerlerini (Vo) ölçerek sonuçları tablo-3.5'deki ilgili yerlere kaydediniz.

V1 (V)	V2 (V)	Vo (V)
+1	0	
-1	0	
0	+1	
+2	+1	
+1	+2	
+1	-1	
-1	+1	
-1	-2	
-2	-1	

**Tablo-3.5 Opamp'ın Gerilim Komparatörü olarak çalışması**



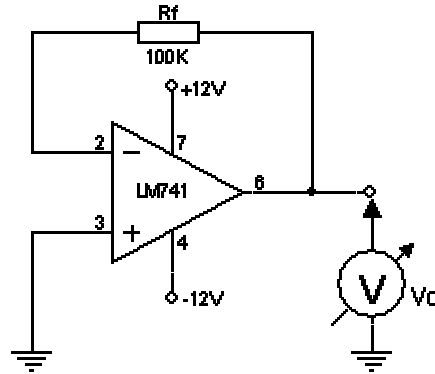
## DENEY: 2

### KAPALI ÇEVİRİM KAZANCI:

Opamp'ın açık çevrimde nasıl çalıştığını inceledik. Dikkat ettiğiniz gibi açık çevrim kazancını incelemede geri besleme kullanmadık. Bu bölümde geribeslemenin opamp'ın gerilim kazancına etkisini göreceğiz. Geribesleme altında oluşan opamp kazancına, kapalı çevrim kazancı denir.

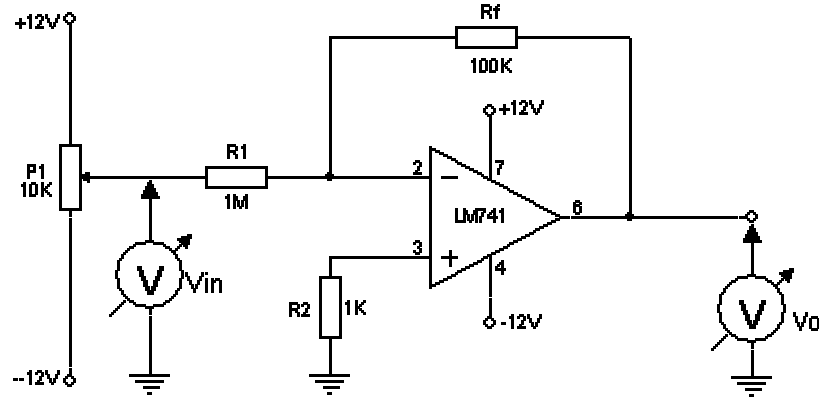
### DENEYİN YAPILIŞI

Opamp'ın kapalı çevrim altında çalışmasını incelemek amacı ile Şekil-3.7'deki devreyi deney seti üzerine kurunuz. Bu durumda opamp çıkış gerilimini gözleyiniz. *Devreyi dikkatlice inceleyiniz. Opamp'ın çıkışı 100K $\Omega$ 'luk  $R_f$  direnci ile girişe geribeslenmiştir. Bu tür çalışmaya kapalı çevrim çalışma denir.*



Şekil-3.7 Opamp'ın Kapalı Çevrim Çalışması

Opamp'ın kapalı çevrimde davranışını ayrıntılı olarak incelemek ve gerilim kazancını kontrol etmek amacıyla şekil-3.8'deki deney devresi düzenlenmiştir. Bu devreyi deney seti üzerine kurunuz.

**Şekil-3.8 Geri Beslemeli opamp devresi**

Tablo-3.6'da verilen giriş gerilimi değerlerini ( $V_{in}$ ) P1 potu ile sağlayarak, her giriş değeri için opamp'ın çıkış gerilimi ( $V_o$ ) değerlerini ölçüp sonuçları tablo-3.6'daki ilgili yerlere kaydediniz.

Geri Beslemeli Opamp Devresi					
$V_{in}$ (v)					
$V_o$ (v)					

**Tablo-3.6 Geri Beslemeli opamp devresinin verileri****ÖZET:**

Opampların çok yüksek gerilim kazançlarından dolayı geribesleme olmaksızın kontrol edilebilmeleri çok güçtür. Bu tür çalışmadaki gerilim kazancına Açık çevrim gerilim kazancı denir.

Açık çevrim çalışmada giriş işaretinin değeri ne olursa olsun, opamp çıkışı daima +V veya -V besleme gerilimine kenetlenir.

Çıkış işaretinin alacağı +V veya -V değerleri eviren giriş ile evirmeyen girişe uygulanan işaretlerin polariteleri ve gerilim değerlerine bağlıdır.

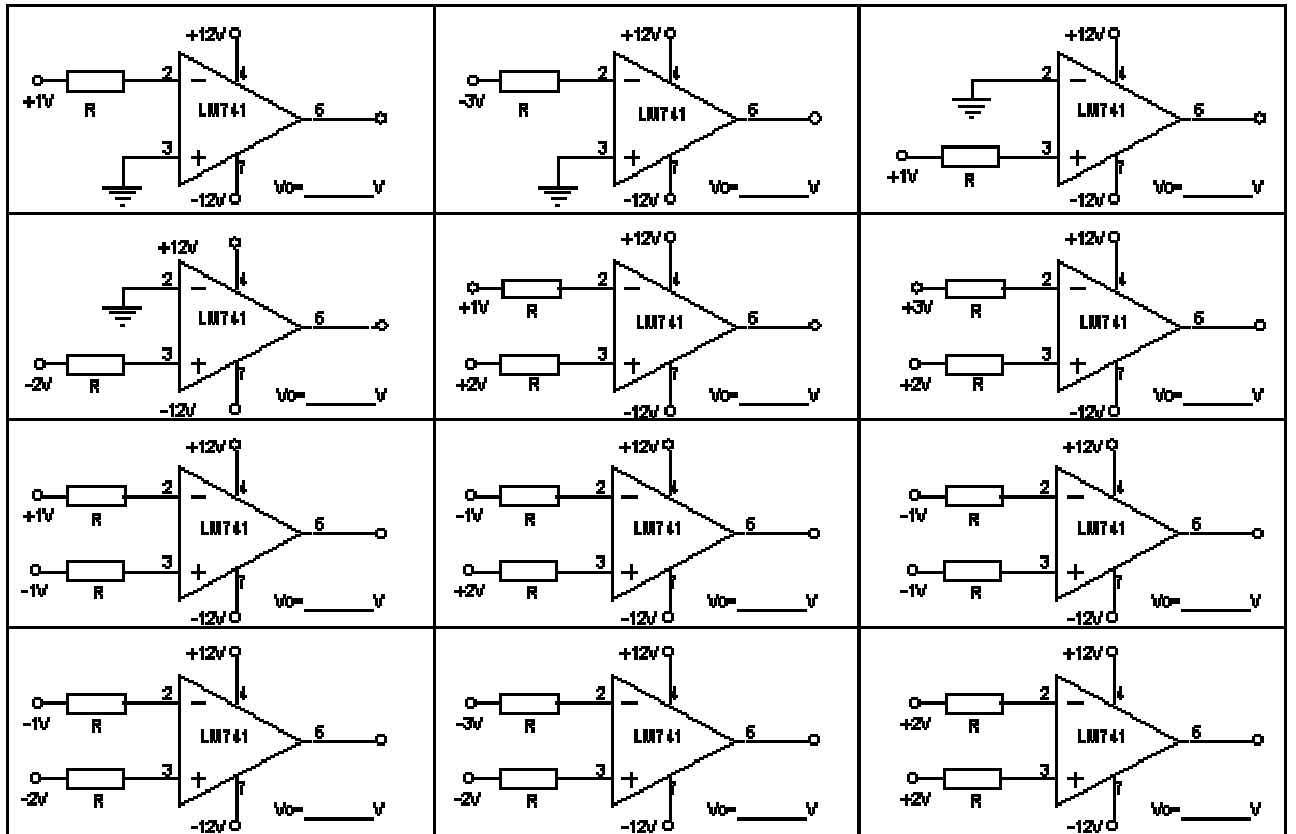
Opamlarda geri besleme yapılırsa (kapalı çevrim) gerilim kazancını kontrol etmek mümkündür.

Opamp'ın gerilim kazancı; opamp çıkışından alınan gerilimle, opamp girişine uygulanan gerilimin oranıdır ve A harfiyle ifade edilir.  $A=V_o/V_i$  Örneğin; 100KΩ'luk dirençle yapılan geri besleme sayesinde hassas ve kontrol edilebilir sonuçlar alınması sağlanmıştır.



**SORULAR:**

Üretici kataloglarını araştırarak 741 tipi bir opamp'ın pin bağlantılarını çizin?  
Yaygın olarak kullanılan LM747 ve LM324 tipi opampların pin bağlantılarını ve özelliklerini kısaca belirtiniz?  
Aşağıda verilen devrelerde çıkış işaretinin alabileceği değerleri ilgili yerlere kaydediniz.



## EVİREN (INVERTİNG) YÜKSELTEÇ

### KONU:

Opamp uygulaması olarak eviren yükselteç (op-amp Inverting Amplifier) devresinin çalışması ve özellikleri incelenecektir.

### GEREKLİ DONANIM:

Multimetre (Sayısal veya Analog)  
İşaret üretici (Signal Genarator)  
Osilaskop (Çift Kanallı)  
Güç Kaynağı:  $\pm 12V$  DC  
Opamp (LM741 tipi)  
Direnc:  $4K7\Omega$ ,  $6K8\Omega$ ,  $5 \times 10K\Omega$ ,  $22K\Omega$ ,  $47K\Omega$ ,  $100K\Omega$   
Potansiyometre:  $10K\Omega$   
Kondansatör:  $2 \times 1\mu F$  Elektrolitik

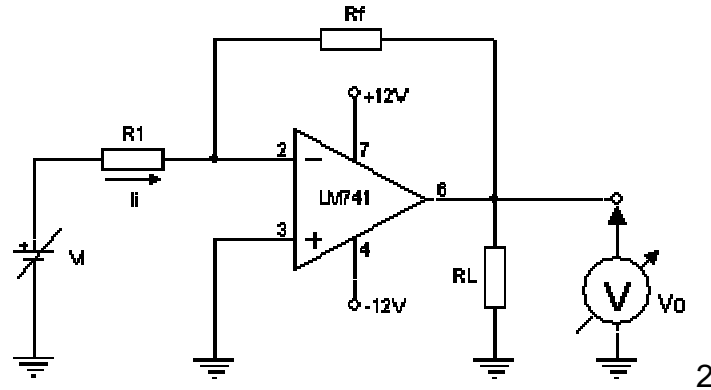
### ÖN BİLGİ:

Eviren yükselteç devresi temel opamp uygulamalarındandır. Şekil-4.1'de görülen eviren yükselteç devresinde opamp'ın evirmeyen (pozitif) girişi toprağa bağlanmıştır. Yükseltilecek işaret ise opamp'ın eviren (negatif) girişine uygulanmıştır. Devrenin bir diğer temel ilkesi ise  $R_F$  direnci ile yapılan negatif geri beslemedir. Geribesleme devrenin gerilim kazancını belirlemede etkindir. Bu devrenin gerilim kazancı aşağıda formüle edilmiştir.

$$Kazanç (A) = \frac{V_0}{V_i} = -\frac{R_F}{R_i}$$

Opamp'ın çıkış empedansı çok düşük olduğundan, yükselteç çıkışına hariçten düşük değerli bir yük bağlanması halinde, devrenin çalışmasında herhangi bir aksama görülmez.

Opamp'ın maksimum çıkış akımı, üretici tarafından  $25mA$ 'de sınırlanmıştır. Opamp'ın maksimum çıkış gerilimi ise besleme gerilimi ile sınırlıdır ( $\pm V$ ).



Şekil-4.1 Temel Eviren Yükselteç Devresi

## DENEY: 1

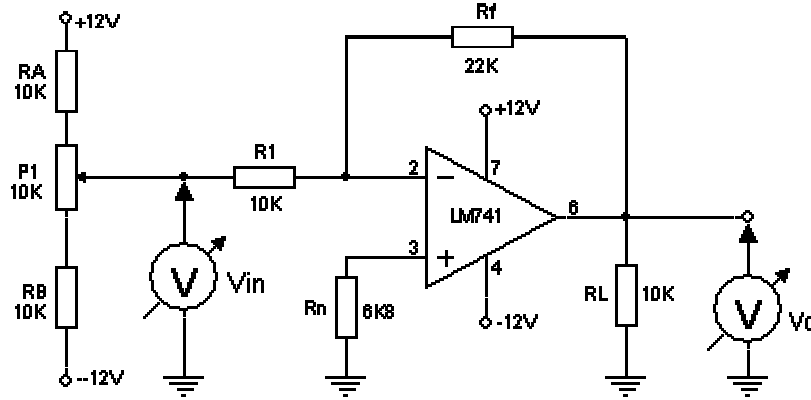
### DC KAZANCIN ÖLÇÜLMESİ

Bu deneyde; eviren yükselteç devresinin DC çalışma altında özelliklerini ve davranışının inceleyeceğiz.

### ÖN BİLGİ

Eviren yükselteç devresinin çalışmasını ve özelliklerini incelemek amacıyla şekil-4.2'deki devre geliştirilmiştir. Devreyi kısaca tanıyalım.

Eviren yükselteç devresi temel olarak  $R_1$ ,  $R_F$ ,  $R_n$  ve  $R_L$  dirençlerinden meydana gelmiştir.  $R_A$  ve  $R_B$  dirençleri P potu ile birlikte opamp'ın eviren girişine farklı polarite ve değerlerde gerilim uygulamak amacıyla kullanılmış gerilim bölücü dirençlerdir. Devrenin gerilim kazancını,  $R_F$  geri besleme direnci ve  $R_1$  direnci kontrol etmektedir.  $A_V = -R_F/R_1$ ; formüldeki  $-$  işareti devrenin faz çevirmesinden dolayı oluşmaktadır. Opamp'ın evirmeyen girişi bir  $R_n$  direnci üzerinden devrenin şasesine bağlanmıştır. Bu direnç opamp'ın offset akımını dengelemek amacıyla konulmuştur.  $R_n$  direncinin değeri yaklaşık  $R_F/R_1$  oranı kadar olmalıdır. Çıkış geriliminin boşta salınmaması amacıyla opamp çıkışına bir  $R_L$  yük direnci bağlanmıştır.



Şekil-4.2 Eviren Yükselteç Devresi

**DENEYİN YAPILIŞI:**

Şekil-4.2'deki uygulama devresini deney seti üzerine kurunuz.  $V_{in}$  ve  $V_o$  gerilimlerini ölçmek için gerekli bağlantıları yapınız.

Devreye güç uygulayarak opamp'ın eviren girişine uygulanan  $V_{in}$  gerilimini +1V'a ayarlayınız. Opamp çıkışında elde ettiğiniz  $V_o$  gerilimini ölçerek sonucu tablo-4.1'deki ilgili yere yazınız.

$R_1$ (K $\Omega$ )	$R_F$ (K $\Omega$ )	$V_{in}$ (v)	$V_o$ (v)	$A_{V=-} = R_F / R_1$	$A_{V=-} = V_o / V_{in}$
10	22	+1			
10	47	+1			
10	100	+1			
4.7	47	-1			
22	47	-1			
10	47	-1			

Tablo-4.1 Eviren Yükselteç Devresi Verileri

Eviren yükselteç devresindeki  $R_F$  direnci değerini 47K $\Omega$  yapınız. Elde ettiğiniz çıkış gerilimi değerini ölçerek sonucu tablo-4.1'deki ilgili yerlere yazınız. Eviren yükselteç devresinin çalışmasını tüm boyutları ile irdeleyebilmek için Tablo-4.1'de verilen tüm;  $V_{in}$ ,  $R_f$  ve  $R_1$  değerleri için deneyi tekrarlayınız. Elde ettiğiniz sonuçları ilgili yerlere yazınız.

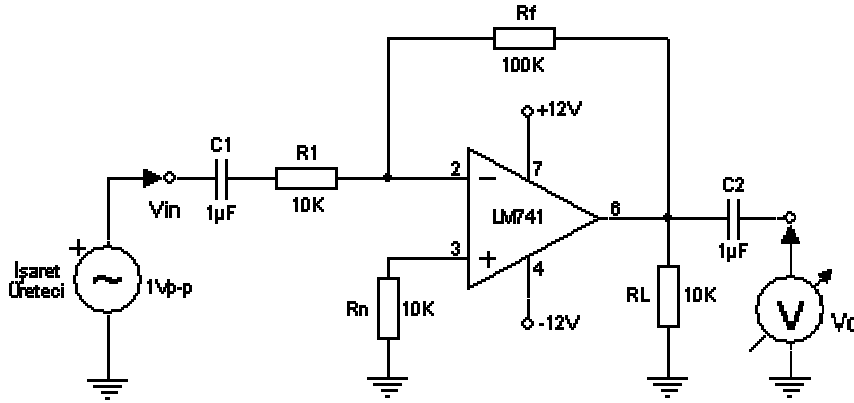
Tablo-4.1'de elde ettiğiniz verilerden yararlanarak eviren yükselteç devresinin gerilim kazancını ( $A_V$ ) hesaplayınız. Elde ettiğiniz sonuçları tablo-4.1'deki ilgili yerlere kaydediniz.

**DENEY: 2****AC ÇALIŞMA:**

Bu deneyde eviren yükselteç devresinin AC işaretler altında çalışmasını ve özelliklerini inceleyeceğiz. AC analizde kullanacağımız eviren yükselteç devresi şekil-4.3'de görülmektedir.

Devrede; C1 ve C2 kondansatörleri giriş ve çıkış işaretleri için DC yalıtımı sağlar ve distorsiyon etkisini minimuma indirir.

Bu deney sonucunda; Eviren yükselteç devresinin farklı frekanslarda çalışması ve frekans-kazanç karakteristiği incelenecektir.



Şekil-4.3 Eviren Yükselteçle AC Çalışma

**DENEYİN YAPILIŞI:**

Eviren yükseltecin AC işaretlerdeki çalışmasını incelemek için şekil-4.2'deki deney devresini set üzerine kurunuz. Giriş ve çıkış işaretlerinin dalga biçimlerini incelemek için gerekli osilaskop bağlantılarını yapınız.

İşaret üreticinin çıkış genliğini tepeden tepeye  $V_{p-p}=1V$ 'a, frekansını ise 100Hz'e ayarlayarak yükselteç girişine sinüsoydal bir işaret uygulayınız.

Çıkış işaretinin aldığı değeri osilaskopta ölçerek sonucu tablo-4.2'deki ilgili yere kaydediniz.



İşaret üreticinin genliği sabit kalmak koşuluyla frekansını tablo-4.2'de verilen 1KHz değerine ayarlayın. Bu durumda çıkış işaretinin tepeden tepeye değerini osilaskopta ölçerek sonucu ilgili yere kaydediniz.

Deneyi tablo-4.2'de verilen her frekans değeri için tekrarlayınız. Elde ettiğiniz sonuçları tablo-4.2'deki ilgili yerlere kaydediniz.

Deney devresindeki RF direncini 47KΩ yapınız. Tablo-4.2'deki verileri kullanarak deneyi adım adım tekrarlayınız. Sonuçları ilgili yerlere kaydediniz.

Eviren Yükselteç Giriş İşareti $V_{in}=1V_{p-p}$				
Frekans	$R_F=100K\Omega$ İçin		$R_F=47K\Omega$ İçin	
	$V_o$ ( $V_{p-p}$ )	$V_o$ ( $V_{p-p}$ )	$V_o$ ( $V_{p-p}$ )	$V_o$ ( $V_{p-p}$ )
100 Hz				
1KHz				
10KHz				
100KHz				
500KHz				
1MHz				

**Tablo-4.2 Eviren Yükseltecin AC Çalışmada Karakteristikleri**

### ÖZET:

Temel opamp uygulamalarından birisi Eviren Yükselteç devresidir. Eviren yükselteç devresinde; Giriş işareti opamp'ın negatif terminaline uygulanır. Pozitif terminal ise şase potansiyelindedir. Eviren yükselteç devresinin Gerilim kazancı kontrol edilebilir. ( $R_F/R_1$ ) Eviren yükselteç devresinde; girişten uygulanan işaret, ters çevrilerek çıkışa aktarılır. Eviren yükselteç, AC işaretler altında çalışabilir. Çıkış işareti ile giriş işareti arasında  $180^\circ$  faz farkı vardır.

### SORULAR

Bir DC eviren yükselteç ile AC eviren yükselteç arasındaki başlıca fark nedir? Eviren yükselteç niçin yüksek giriş ve alçak çıkış empedansına sahiptir? Açıklayınız? Yükselteç DC ve AC işaretler altında çalışırken çıkış işareti besleme gerilimi değerini aşılıyor mu? Neden? Yükselteç girişinden uygulanan işaret çıkışında aynı formda mı alınıyor? İşaret ve faz farkı var mı? Neden? Açıklayınız?



## EVİREN TOPLAYICI

### KONU:

Opamp uygulaması olarak, eviren toplayıcı (Op-Amp Summing/adder Amplifier) devresinin çalışması ve özellikleri incelenecektir.

### GEREKLİ DONANIM:

Multimetre (Sayısal veya Analog)

Güç Kaynağı:  $\pm 12V$  DC

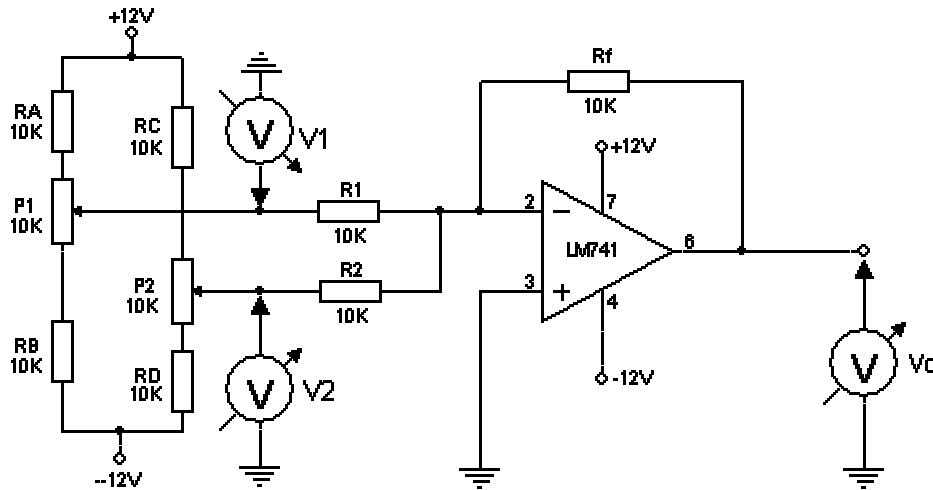
Opamp (LM741 tipi)

Direnç:  $4K7\Omega$ ,  $6K8\Omega$ ,  $5 \times 10K\Omega$ ,  $22K\Omega$ ,  $47K\Omega$ ,  $100K\Omega$

Potansiyometre:  $2 \times 10K\Omega$

### ÖN BİLGİ:

Bir önceki deneyde kullanılan eviren yükselteç devresi tek bir giriş işaretini evirerek yükseltmekteydi. Bu devre geliştirilerek eviren toplayıcı devre haline dönüştürülebilir. Eviren toplayıcı devre, girişine uygulanan işaretleri toplayarak çıkışına aktarmaktadır. Temel bir eviren toplayıcı devresi şekil-5.1'de görülmektedir. Devrede; RA, RB, RC, RD dirençleri ve P1, P2 potları gerilim bölücü olarak kullanılmıştır. Bu dirençler ve potlar yardımıyla, eviren toplayıcı girişine iki farklı gerilim (V1, V2) uygulanacaktır.



Şekil-5.1 Eviren Toplayıcı Devresi



Bu devrede çıkış işareti  $V_o$ , girişten uygulanan işaretlerinin cebirsel toplamına eşittir ve aşağıdaki gibi formüle edilir.

$$V_o = -\left(\frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \dots + \frac{R_f}{R_n} V_n\right)$$

Bu devrede kullanılan tüm dirençler eşit değerde seçilirse yukarıdaki formül;

$$V_o = -(V_1 + V_2 + \dots + V_n)$$

olur. Aynı devrede Tüm giriş dirençleri eşit seçilip,  $R_f$  geri besleme direnci daha büyük seçilirse devremiz bu defa gerilim kazancına sahip olur. Girişten uygulanan işaretleri toplayıp  $R_f/R$  oranında yükseltir.

### DENEYİN YAPILIŞI:

Şekil-5.1'deki uygulama devresini deney seti üzerine kurunuz. P1 ve P2 potlarını ayarlayarak opampın eviren girişine uygulanan  $V_1$  ve  $V_2$  işaretlerini tablo-5.1'de belirtilen gerilim değerlerine ayarlayınız ( $V_1=+1V$ ,  $V_2=+2V$ ). Tablo-5.1'in ilk satırında belirtilen bu değerler ( $V_1=+1V$ ,  $V_2=+2V$ ) için çıkış gerilimi  $V_o$ 'ın alacağı değeri hesaplayınız. Elde ettiğiniz sonucu tablodaki ilgili yere yazınız.

$$V_o = -(V_1 + V_2)$$

Giriş Gerilimi (volt)		Rf=10KΩ için		Rf=22KΩ için	
V1	V2	Vo (volt)		Vo (volt)	
V1	V2	Hesaplanan	Ölçülen	Hesaplanan	Ölçülen
+1	+2				
+1	-2				
-1	-2				
+2	+1				
+2	-1				
-2	-2				

**Tablo-5.1 Eviren Toplayıcı Devresinin Verileri**

Toplayıcı devresinin çıkış gerilimini ( $V_o$ ) ölçünüz. Elde ettiğiniz değeri tablo-5.1'deki ilgili sütuna yazınız.

Deneyi, tablo-5.1'de verilen her  $V_1$  ve  $V_2$  değeri için sırayla tekrarlayınız. Elde ettiğiniz sonuçları ilgili yerlere kaydediniz.

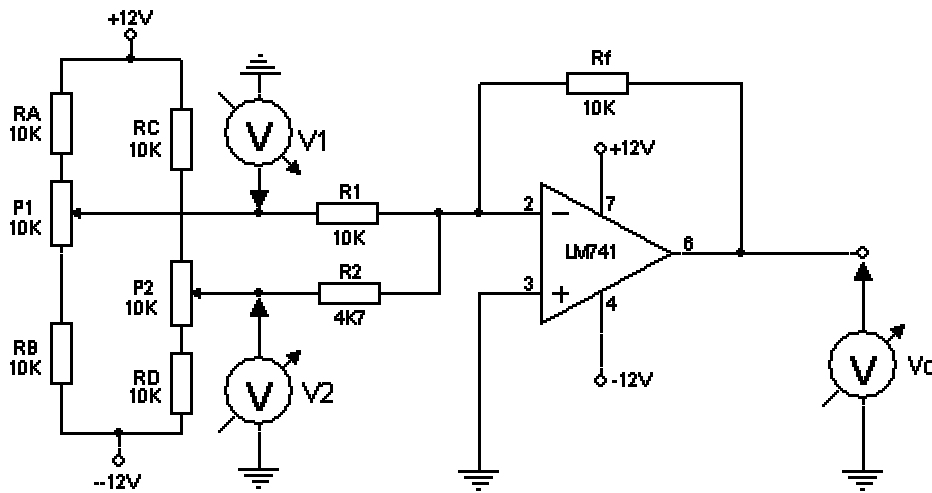
Tablo-5.1'de verilen  $V_1$  ve  $V_2$  değerleri için, çıkış gerilimi  $V_o$ 'ın alacağı değerleri hesaplayınız. Elde ettiğiniz sonuçları tablodaki ilgili yerlere kaydediniz.

Eviren toplayıcı devresindeki  $R_F$  geri besleme direnci değerini  $22K\Omega$  yapınız.  $V_1$  ve  $V_2$  giriş gerilimlerini tablo-5.1'de verilen değerlere dikkate alarak her değer için hesaplayınız. Sonuçlarınızı tablo-5.1'deki ilgili yerlere kaydediniz.

$$V_0 = - \left( \frac{R_F}{R_1} V_1 + \frac{R_F}{R_2} V_2 \right)$$

Tablo-5.1'de verilen  $V_1$  ve  $V_2$  değerlerini sıra ile ayarlayarak opampa uygulayınız. Her değer için eviren toplayıcı devresinin çıkış gerilimini ölçünüz. Elde ettiğiniz sonuçları tablodaki ilgili yerlere kaydediniz.

Şekil-5.1'de görülen eviren toplayıcı devresinde  $R_2$  direncinin değerini  $4K7\Omega$ ,  $R_F$  değerini ise  $10K\Omega$  yaparak devreyi şekil-5.2'de görülen duruma dönüştürünüz.



Şekil-5.2 Eviren Toplayıcı Devresi

Devredeki potansiyometreleri kullanarak;  $V_1$  ve  $V_2$  gerilimlerini tablo-5.2'nin ilk satırında verilen değerlere ayarlayınız. Çıkış gerilimi  $V_0$ 'ı ölçerek sonucu tablo-5.2'deki ilgili yere kaydediniz.

Deneyi tablo-5.2'de verilen tüm  $V_1$  ve  $V_2$  değerleri için tekrarlayınız. Sonuçları ilgili yerlere yazınız.

Tablo-5.2'de verilen her  $V_1$  ve  $V_2$  değeri için çıkış işareti  $V_0$ 'ın alacağı değerleri hesaplayarak sonuçları ilgili yerlere yazınız.



Giriş Gerilimi (volt)		Çıkış Gerilimi Vo (volt)	
V1	V2	Ölçülen	Hesaplanan
+1	+2		
+1	-2		
+2	+1		
+2	-1		
-2	-2		

Tablo-5.2 Eviren Toplayıcı Devresinin Verileri

### ÖZET:

Toplayıcı devreler; girişine uygulanan gerilimlerin cebirsel toplamını alarak çıkışına aktaran devrelerdir.

Toplama işlemi ile birlikte istenirse toplanan işaretler yükseltme işlemine de tabi tutulabilir.

Toplayıcı devreler opamp kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bu durum bize toplama işlevinin evirilerek veya evirmeden yapılabileceğini belirtir.

## EVİRMEYEN (NONINVERTİNG) YÜKSELTEÇ

### KONU:

Opamp uygulaması olarak evirmeyen yükselteç (Op-Amp Noninverting Amplifier) devresinin çalışması ve özellikleri incelenecektir.

### GEREKLİ DONANIM:

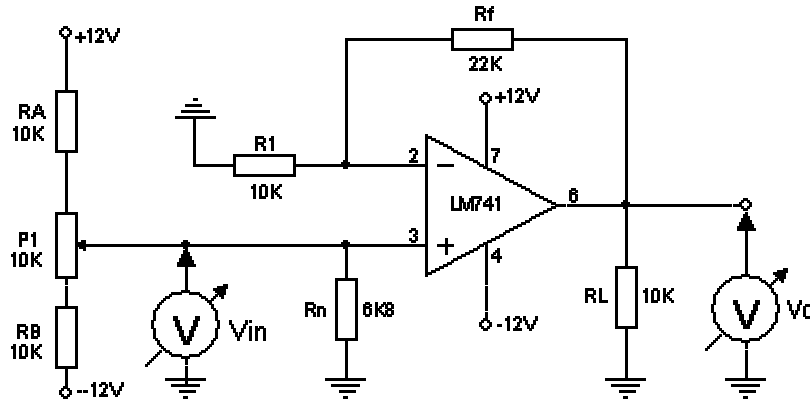
Multimetre (Sayısal veya Analog)  
İşaret üretici (Signal Generator)  
Osilaskop (Çift Kanallı)  
Güç Kaynağı:  $\pm 12V$  DC  
Opamp (LM741 tipi)  
Direnç:  $4K7\Omega$ ,  $6K8\Omega$ ,  $5x10K\Omega$ ,  $22K\Omega$ ,  $47K\Omega$ ,  $100K\Omega$   
Potansiyometre:  $10K\Omega$   
Kondansatör:  $2x1\mu F$  Elektrolitik

**ÖN BİLGİ:**

Temel bir Evirmeyen Yükselteç devresi şekil-6.1'de görülmektedir. Bu temel devre;  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_L$  ve  $R_F$  dirençlerinden oluşmaktadır. Devredeki  $R_A$ ,  $R_B$  ve  $R_C$  dirençleri, Opamp'ın evirmeyen girişine uygulanacak DC gerilimi ayarlamaya yarayan gerilim bölücü dirençlerdir. Evirmeyen yükseltecin gerilim kazancı ( $A_V$ ) aşağıdaki gibi formüle edilir.

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

Formülden de görüldüğü gibi evirmeyen yükselteç devresinin gerilim kazancını belirlemede  $R_F$  geri besleme direnci etkindir. Evirmeyen yükselteç devresinde; çıkış işaretinin, giriş işaretine oranlanması aynı şekilde yükseltecin gerilim kazancını ( $A_V$ ) verir. Geri besleme direnci  $R_F$  ve  $R_1$  dirençleri istenilen seviyede ayarlanarak evirmeyen yükselteç devresinin gerilim kazancı kontrol edilebilir. Opamp'ın maksimum çıkış gerilimi her koşulda besleme geriliminden büyük olamayacağı unutulmamalıdır.



**Şekil-6.1 Evirmeyen Yükselteç Devresi**

$$A_V = \frac{V_o}{V_{in}}$$

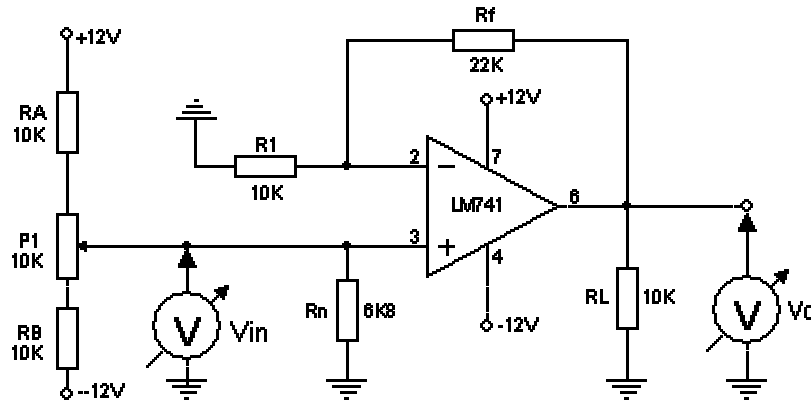
Evirmeyen yükselteçte, giriş sinyali değişse bile kazanç sabittir. Giriş ile çıkış işaretleri arasında faz farkı yoktur. Çok yüksek giriş empedansına sahip olan evirmeyen yükselteçte  $R_1$  direnci, yüksek değerde kullanılmaktadır. Bu direnç devrenin kazancını etkiler ve yüksek gürültüye neden olur. Evirmeyen yükselteç devresine, ters çevirmeyen devrede denilmektedir. Pek çok endüstriyel uygulamada kullanılır.

Bu bölümde evirmeyen yükselteç devresinin DC ve AC işaretler altında çalışmasını ve özelliklerini ayrıntılı olarak inceleyeceğiz.

## DENEY: 1

### DC ÇALIŞMA

Bu deneyde evirmeyen yükselteç devresinin DC gerilimler altında çalışmasını inceleyeceğiz. Gerekli incelemeleri yapmak için şekil-6.2de verilen evirmeyen yükselteç devresinden yararlanacağız.



Şekil-6.2 Evirmeyen Yükselteç Devresinde DC çalışma

Şekil-6.2'de verilen uygulama devresini deney seti üzerine kurunuz. Vin ve Vo gerilimlerini ölçmek için gerekli bağlantıları yapınız.

Devreye güç uygulayarak opamp'ın evirmeyen girişine uygulanan Vin gerilimini P1 potansiyometresini kullanarak +1V'a ayarlayınız. Opamp çıkışında elde ettiğiniz Vo gerilimini ölçerek sonucu tablo-6.1'deki ilgili yere yazınız.

$R_1$ (KΩ)	$R_F$ (KΩ)	$V_{in}$ (v)	$V_o$ (v)	$A_V = \frac{R_F}{1 + R_1}$	$A_V = \frac{V_o}{V_{in}}$
10	22	+1			
10	47	+1			
10	100	+1			
4.7	47	-1			
22	47	-1			
10	47	-1			

Tablo-6.1 Evirmeyen Yükselteç Devresi Verileri

Evirmeyen yükselteç devresinde  $V_{in}=+1V$ 'da sabit kalmak koşuluyla  $R_F$  direncini  $47K\Omega$  yapınız. Elde ettiğiniz çıkış gerilimi değerini ölçerek sonucu tablo-6.1'deki ilgili yerlere yazınız.

Evirmeyen yükselteç devresinde  $V_{in}=+1V$ 'da sabit kalmak koşuluyla  $R_F$  direncini  $100K\Omega$  yapınız. Elde ettiğiniz çıkış gerilimi değerini ölçerek sonucu tablo-6.1'e kaydediniz.

Evirmeyen yükselteç devresinin çalışmasını tüm boyutları ile irdeleyebilmek için Tablo-6.1'de verilen tüm;  $V_{in}$ ,  $R_f$  ve  $R_1$  değerleri için deneyi sırayla tekrarlayınız. Elde ettiğiniz sonuçları ilgili yerlere yazınız.

Tablo-6.1'de elde ettiğiniz verilerden yararlanarak evirmeyen yükselteç devresinin gerilim kazancını ( $A_V$ ) hesaplayınız. Elde ettiğiniz sonuçları tablo-6.1'deki ilgili yerlere kaydediniz.

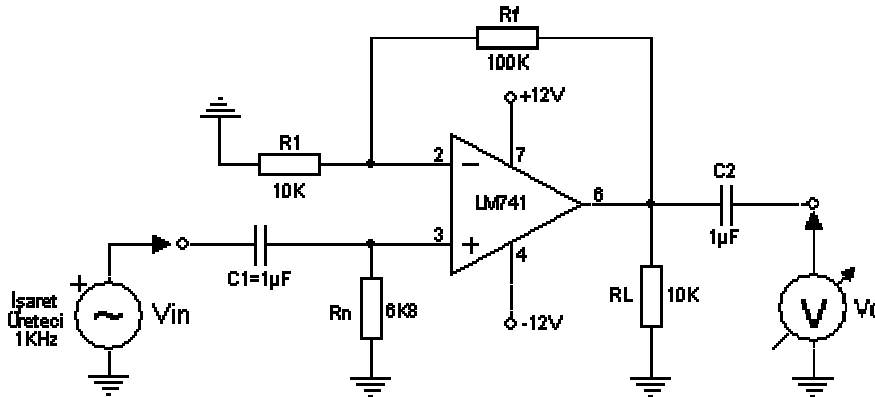
## DENEY: 2

### AC ÇALIŞMA:

Bu deneyde eviren yükselteç devresinin AC işaretler altında çalışmasını ve özelliklerini inceleyeceğiz. AC analizde kullanacağımız evirmeyen yükselteç devresi şekil-6.3'de görülmektedir.

Evirmeyen yükselteç devresinin giriş empedansı oldukça yüksektir. Bu nedenle  $R_1$  direnci çok yüksek seçilmemelidir. Çünkü gürültü faktörünü artırır ve kazancın düzenli olmasını önler.

Devredeki  $C_1$  kondansatörü girişte oluşabilecek DC gerilimi yalıtım ve distorsiyonları önlemek amacıyla kullanılmıştır. Çıkışta kullanılan kondansatörün işlevide benzerdir.



Şekil-6.3 Evirmeyen Yükselteç Devresinde AC işaretlerde Çalışma



### DENEYİN YAPILIŞI:

Şekil-6.3'deki evirmeyen yükselteç devresini deney seti üzerine kurunuz. Devreye henüz güç uygulamayınız.

İşaret üreticinin çıkış frekansını 1KHz ve genliğini ise 0.1  $V_{p-p}$  sinüsoydal işaret verecek şekilde ayarlayınız. Çıkış işaretinin tepeden tepeye değerini osilaskopta ölçüp sonucu Tablo-6.2'ye kaydediniz.

Evirmeyen Yükseltecin gerilim kazancını gerekli formülleri kullanarak hesaplayınız ve sonucu ilgili yere kaydediniz.

Vin giriş işaretini, Tablo-6.2'de belirtilen değerlere frekansı 1KHz'de sabit kalmak koşuluyla sıra ile ayarlayın ve her değer için çıkışı ölçüp sonucu ilgili yere kaydedin.

Vin ( $V_{p-p}$ )	Vout (Ölçülen)	$A_V = 1 + (R_F / R_1)$ (Hesaplanan)	Vout= $A_V \times Vin$ (Hesaplanan)
100mV			
200mV			
500mV			
1V			
1.5V			

Tablo-6.2 Evirmeyen Yükselteçle AC Çalışma bilgi tablosu

### ÖZET:

Evirmeyen yükselteç (Noninverting amplifier) devresi, opamp'ın bir diğer uygulamasıdır.

Evirmeyen yükselteç devresinde; giriş işareti opamp'ın evirmeyen girişinden (+ giriş) uygulanır. Giriş işareti ile çıkış işareti arasında faz farkı yoktur. Evirmeyen yükselteç devresinin gerilim kazancı harici elemanlarla kontrol edilebilir.

### SORULAR:

Evirmeyen yükseltecin kazancı nelere bağlıdır? Neden? Açıklayınız?  
Evirmeyen yükseltecin giriş ile çıkış işareti arasında faz farkı var mıdır? Neden? Açıklayınız?



## GERİLİM İZLEYİCİ (VOLTAGE FOLLOWER)

### KONU:

Opamp uygulaması olarak; Gerilim İzleyici (Op-Amp Voltage Followers) devrelerinin çalışmaları ve özellikleri incelenecektir.

### GEREKLİ DONANIM:

Multimetre (Sayısal veya Analog)  
İşaret üretici (Signal Genarator)  
Osilaskop (Çift Kanallı)  
Güç Kaynağı:  $\pm 12V$  DC  
Opamp (LM741 tipi)  
Direnc:  $1K\Omega$ ,  $1x10K\Omega$ ,  $100K\Omega$ ,  $1M\Omega$   
Potansiyometre:  $10K\Omega$   
Kondansatör:  $2x1\mu F$  Elektrolitik

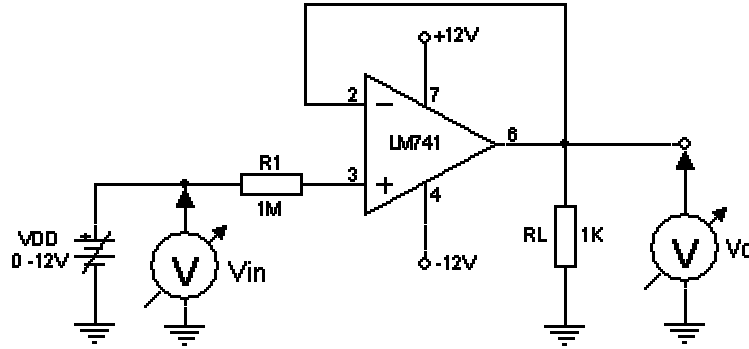
### ÖN BİLGİ:

Gerilim izleyici devreler (voltage follovers); yüksek giriş, alçak çıkış empedansa sahip olmaları nedeniyle pek çok uygulama ve tasarımda sıklıkla kullanılırlar. Eviren ve evirmeyen olmak üzere 2 ayrı tip gerilim izleyici devresi tasarlanabilir. Şekil-7.1'de Evirmeyen gerilim izleyici devresi görülmektedir. Bu devrede; opamp'ın çıkışı eviren girişle kısa devre edilmiştir. Bu nedenle devrenin gerilim kazancı 1'dir. Giriş işareti, opamp'ın evirmeyen girişine uygulanmıştır. Giriş işareti ile çıkış işareti aynı fazdadır.

Eviren Gerilim İzleyici devresi ise aslında tipik bir eviren yükselteç devresidir. Eviren yükselteç devresinin gerilim kazancı 1 olarak ( $R_f/R_1=1$ ) tasarlanırsa gerilim izleyici olarak kullanılabilir. Eviren gerilim izleyici devresinde giriş işareti ile çıkış işareti arasında  $180^\circ$  faz farkı vardır. Bu tür devrelerin giriş empedansı ise  $R_1$  direncinden dolayı genellikle küçüktür.

**DENEY:1****DC ÇALIŞMA**

Bu bölümde Evirmeyen tip Gerilim izleyici devrenin DC çalışmada analizini yapılacak ve özellikleri incelenecektir. Gerekli devre düzeneği Şekil-7.1'de görülmektedir.

**Şekil-7.1 Gerilim İzleyici Devresi****DENEYİN YAPILIŞI:**

Şekil-7.1'de görülen gerilim izleyici devreyi deney seti üzerine kurunuz. Besleme gerilimlerini uygulayınız. VDD gerilimini başlangıçta 0V'a ayarlayınız. Giriş gerilimini ( $V_{in}$ ), Tablo-7.1'de belirtilen değerlere VDD kaynağını kullanarak sıra ile ayarlayınız. Ayarladığınız her  $V_{in}$  değeri için  $V_o$  çıkış gerilimini ölçerek sonucu Tablo-7.1'deki ilgili yerlere kaydediniz

**NOT:**

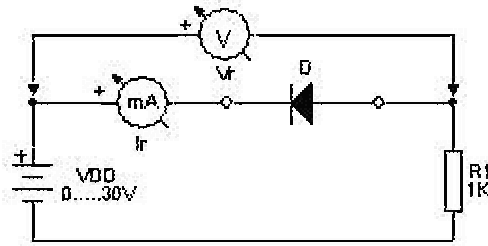
Her iki devrede de ölçmeyi daha hassas yapabilmek için opampın pozitif girişi ile çıkışı arasına voltmetre bağlayarak ölçme yapabilirsiniz. Ölçmelerde Sayısal voltmetre kullanınız.

1KΩ YÜK		YÜKSÜZ		R1=Kısa Devre=0	
$V_{in}$ (v)	$V_o$ (v)	$V_{in}$ (v)	$V_o$ (v)	$V_{in}$ (v)	$V_o$ (v)
1		1		1	
2		2		2	
4		4		4	
6		6		6	
8		8		8	
10		10		10	

**Tablo-7.1 Gerilim İzleyici Devrenin Verileri**

Opamp çıkışına bağlı olan  $1K\Omega$ 'luk  $R_L$  yük direncini sökünüz (açık devre). Deneyi tekrarlayınız. Elde ettiğiniz sonuçları tablo-7.1'deki ilgili yerlere kaydediniz.. Girişteki  $R_1$  direncini kısa devre ediniz. Deneyi tekrarlayınız. Elde ettiğiniz sonuçları Tablo-7.1'deki ilgili yerlere kaydediniz.

**Soru:** Girişte kullanılan  $R_1$  direncinin kısa devre olması veya olmaması opampın çalışmasını etkiliyor mu? Nedenini açıklayınız?



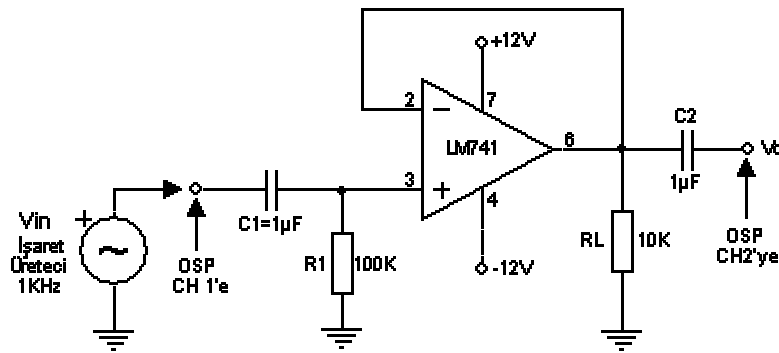
### ÖZET:

Bu deneyde; tüm koşullarda çıkış geriliminin çok fazla değişmediğini gözledik. Bu durum devrenin ideale yakın bir tampon yükselteç olduğunu gösterir. Giriş sinyali, çıkış yükünün etkisinden korunmuştur. Bundan dolayı bu devrelere; "Gerilim sürücü = Gerilim izleyici" veya "Tampon Yükselteç" denir.

### DENEY:2

#### AC ÇALIŞMA

Bu bölümde; Gerilim izleyici devrenin AC işaretler altında çalışmasını test edip analizini yapacağız. Gerekli devre düzeneği şekil-7.2'de verilmiştir. Devredeki  $C_1$  ve  $C_2$  kondansatörlerinin kullanım amacı, AC ve DC işaretleri birbirinden yalıtım ve gürültü faktörünü minimuma indirmektir.



Şekil-7.2 Gerilim İzleyici Devrede AC çalışma

**DENEYİN YAPILIŞI:**

Şekil-7.2'de verilen Gerilim İzleyici devreyi deney seti üzerine kurunuz. Gerekli Osilaskop (OSP) bağlantılarını yapınız.

Devrenin girişine; frekansı 1KHz, genliği  $1V_{P-P}$  olan sinüsoydal bir işareti uygulayınız. Giriş ve çıkış işaretlerini osilaskopta inceleyiniz. Giriş ve çıkış işaretlerinin tepeden tepeye değerlerini ölçerek sonuçları tablo-7.2'deki ilgili yerlere kaydediniz. Giriş işaretinin erilim ve frekans değerlerini tablo-7.2'deki verileri dikkate alarak sıra ile değiştiriniz. Her durumda çıkışta elde ettiğiniz işaretin tepeden tepeye değerlerini osilaskopla ölçerek ilgili yerlere kaydediniz.

F=1KHz		F=10KHz		F=100KHz		F=1MHz	
Vin (Vp-p)	Vo (Vp-p)	Vin (Vp-p)	Vo (Vp-p)	Vin (Vp-p)	Vo (Vp-p)	Vin (Vp-p)	Vo (Vp-p)
1		1		1		1	
5		5		5		5	
10		10		10		10	

**Tablo-7.2 Gerilim İzleyici Devrenin AC İşaretlerde Çalışması**

**Soru:** Evirmeyen Gerilim İzleyici devresinde, Giriş işareti ile çıkış işareti arasında fark var mı? Neden? Açıklayınız?

**Soru:** Evirmeyen Gerilim İzleyici Devresinin gerilim kazancı var mı? Neden? Kısaca açıklayınız.

**ÖZET:**

Gerilim izleyici devrede, çıkış işareti direkt olarak opampın negatif girişine geri beslenmiştir. Giriş işareti ise opampın evirmeyen (pozitif) girişine uygulanmaktadır. Gerilim İzleyici devrenin gerilim kazancı 1 olup, giriş empedansı çok yüksektir. Bu değer yaklaşık olarak  $1M\Omega$  civarındadır. Çıkış empedansı ise çok düşüktür. Gerilim İzleyici Devresinde giriş işareti ile çıkış işareti arasında faz farkı yoktur.

## GERİLİM SEVİYE DEDEKTÖRÜ

### KONU:

Opamp uygulaması olarak; Gerilim Seviye Dedektörü (Op-amp Voltage-Level Dedectors) devrelerinin çalışmaları ve özellikleri incelenecektir.

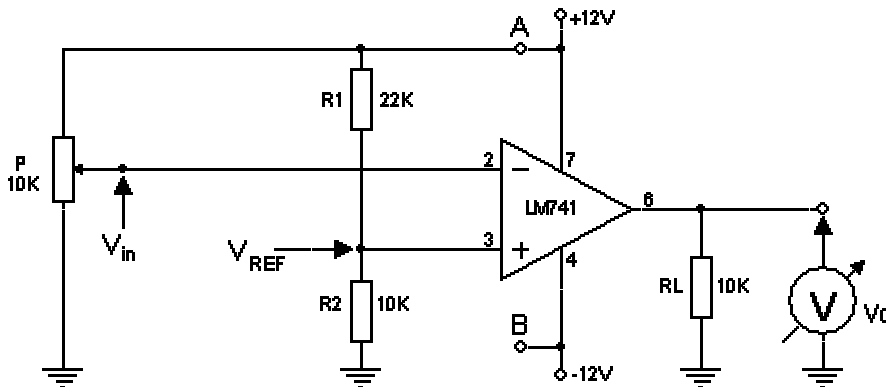
### GEREKLİ DONANIM:

Multimetre (Sayısal veya Analog)  
Güç Kaynağı:  $\pm 12V$  DC  
Opamp (LM741 tipi)  
Direnç:  $2 \times 10K\Omega$ ,  $22K\Omega$ ,  
Potansiyometre:  $10K\Omega$

### ÖN BİLGİ:

Değeri ve polaritesi bilinmeyen her hangi bir gerilim, değeri ve polaritesi daha önceden bilinen başka bir referans gerilimle karşılaştırılıp, seviyesi ve polaritesi hakkında bilgi edilebilir. Bu işlemi yapan devrelere "Gerilim Seviye Dedektörü" denilmektedir.

Gerilim seviye dedektörleri opamplarla gerçekleştirilebilir. Gerilimi dedekte etme işlemi için opamp'ın eviren veya evirmeyen girişleri kullanılabilir. Şekil-8.1'de eviren girişine uygulanan giriş işaretinin seviyesini, opamp'ın evirmeyen girişindeki referans işareti ile karşılaştıran "Eviren Girişli Gerilim Seviye Dedektörü" görülmektedir.

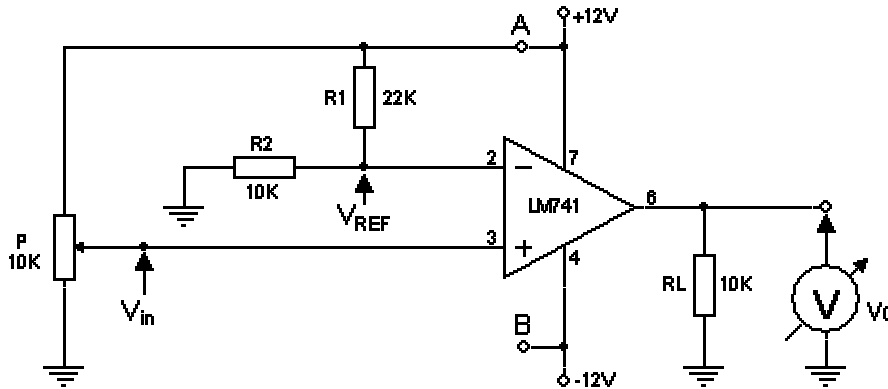


Şekil-8.1 Eviren Girişli Gerilim Seviye Dedektörü Devresi

Dedekte edilecek işaret opamp'ın eviren girişine P potu ile uygulanmaktadır. Opamp'ın pozitif girişine ise karşılaştırma yapılacak olan  $V_{REF}$  gerilimi uygulanmaktadır.  $V_{REF}$  geriliminin değerini R1 ve R2 gerilim bölücü dirençleri belirlemektedir. Bu değer aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$V_{REF} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (+V)$$

Devrede opampın negatif girişine uygulanan  $V_{in}$  giriş işareti;  $V_{REF}$  işaretinden büyükse, opampın çıkışı +V besleme gerilimine kilitlenir. Çünkü opamp açık çevrimde çalışmaktadır ve gerilim kazancı yaklaşık sonsuzdur. Aynı şekilde  $V_{in}$  giriş işareti  $V_{REF}$  işaretinden küçükse bu defa opamp çıkışı -V gerilimine kilitlenir. Gerilim seviye dedektörü eviren girişli ve evirmeyen girişli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Şekil-8.2'de evirmeyen girişli bir gerilim seviye dedektörü görülmektedir. Bu devrede; opampın pozitif girişindeki giriş işareti ile negatif girişindeki referans gerilimi karşılaştırılmaktadır. Bu durumda devrenin çıkış işareti  $V_{in}$  işaretinin değerine bağlı olarak +V ile -V arasında olmaktadır.



Şekil-8.2 Evirmeyen Girişli Komparatör Devresi

## DENEY: 1

### EVİREN GİRİŞLİ GERİLİM SEVİYE DEDEKTÖRÜ

Şekil-8.1'deki eviren girişli gerilim seviye dedektörü devresini deney seti üzerine kurunuz.

P potansiyometresi ayarlayarak seviyesi tespit edilecek  $V_{in}$  giriş gerilimini 0V potansiyeline getiriniz ( $V_{in}=0V$ ).

Aşağıdaki formülü kullanarak devrenin referans gerilimini hesaplayınız ve sonucu tablo-8.1'deki ilgili yere kaydediniz.

$$V_{REF} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (+V)$$

Sayısal voltmetre ile opampın evirmeyen girişindeki (pozitif giriş)  $V_{REF}$  gerilimini ölçüp sonucu tablo-8.1'deki ilgili yere kaydediniz.

Eviren girişli Gerilim Seviye dedektörü devresinin çıkış gerilimini ( $V_o$ ) ölçüp sonucu tablo-8.1'deki ilgili yere kaydediniz.

Giriş geriliminin değerini ( $V_{in}$ ), çıkış gerilimi ( $V_o$ ) değişinceye kadar artırınız. Çıkışın değiştiği andaki tüm değerleri ( $V_{in}$ ,  $V_{REF}$  ve  $V_o$ ) ölçerek sonuçları Tablo-8.1'deki B sütununda ilgili yerlere kaydediniz.

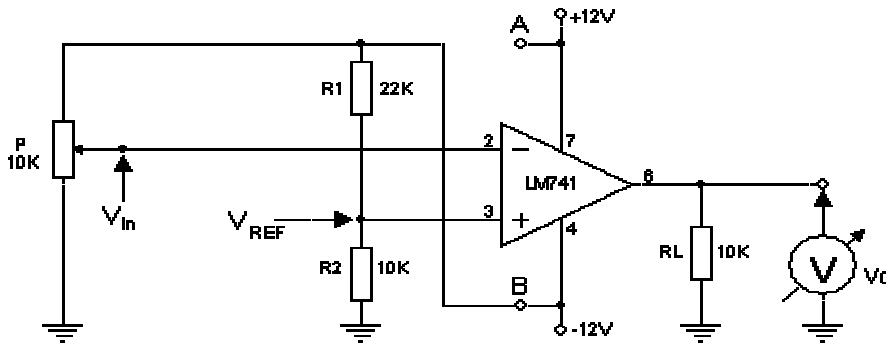
A		B	
$V_{REF}$ (ölçülen)		$V_{REF}$ (ölçülen)	
$V_{REF}$ (hesaplanan)		$V_{REF}$ (hesaplanan)	
$V_{in}$ (volt)	0V	$V_{in}$ (volt)	
$V_o$ (volt)		$V_o$ (volt)	

**Tablo-8.1 Eviren Girişli Gerilim Seviye Dedektörünün Verileri**

Devrede referans gerilimi olarak, A noktasından alınan +V gerilimi uygulanmaktadır. Devreye, referans gerilimi olarak negatif bir gerilim uygulayarak devrenin çalışmasını gözlemleyelim.

Bu işlem için, şekil-8.1'deki devrede A noktasındaki bağlantıyı, B noktasına alarak devreyi şekil-8.3'deki gibi yeniden düzenleyin.

Bu durumda deneyi adım 1.2'den 1.6'ya kadar aynı şekilde tekrarlayıp elde ettiğiniz sonuçları tablo-8.2'deki ilgili yerlere kaydediniz.



**Şekil-8.3 Eviren Girişli Gerilim Seviye Dedektörü**



A		B	
V <sub>REF</sub> (ölçülen)		V <sub>REF</sub> (ölçülen)	
V <sub>REF</sub> (hesaplanan)		V <sub>REF</sub> (hesaplanan)	
V <sub>in</sub> (volt)	0V	V <sub>in</sub> (volt)	
V <sub>o</sub> (volt)		V <sub>o</sub> (volt)	

**Tablo-8.2 Eviren Girişli Gerilim Seviye Dedektörünün Verileri****DENEY:2****EVİRMİYEN GİRİŞLİ GERİLİM SEVİYE DEDEKTÖRÜ**

Bu bölümde; Evirmeyen girişli gerilim seviye dedektörünün çalışmasını test edip analizini yapacağız.

**ÖN BİLGİ:**

Şekil-8.2'de evirmeyen girişli gerilim seviye dedektörü devresi görülmektedir. Bu devrede referans gerilimi ile karşılaştırma yapılacak olan işaret opamp'ın evirmeyen (+) girişine uygulanmıştır. Opamp'ın eviren girişine ise R1 ve R2 gerilim bölücü dirençlerle bir referans gerilimi sağlanmıştır.

**DENEYİN YAPILIŞI:**

Şekil-8.2'deki evirmeyen girişli gerilim seviye dedektörü devresini deney seti üzerine kurunuz.

P potansiyometresi ayarlayarak seviyesi tespit edilecek V<sub>in</sub> giriş gerilimini 0V potansiyeline getiriniz (V<sub>in</sub>=0V).

Aşağıdaki formülü kullanarak devrenin referans gerilimini hesaplayınız ve sonucu tablo-8.3'deki ilgili yere kaydediniz.

$$V_{REF} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (+V)$$

Sayısal voltmetre ile opamp'ın evirmeyen girişindeki (pozitif giriş) V<sub>REF</sub> gerilimini ölçüp sonucu tablo-8.3'deki ilgili yere kaydediniz.

A		B	
$V_{REF}$ (ölçülen)		$V_{REF}$ (ölçülen)	
$V_{REF}$ (hesaplanan)		$V_{REF}$ (hesaplanan)	
$V_{in}$ (volt)	0V	$V_{in}$ (volt)	
$V_o$ (volt)		$V_o$ (volt)	

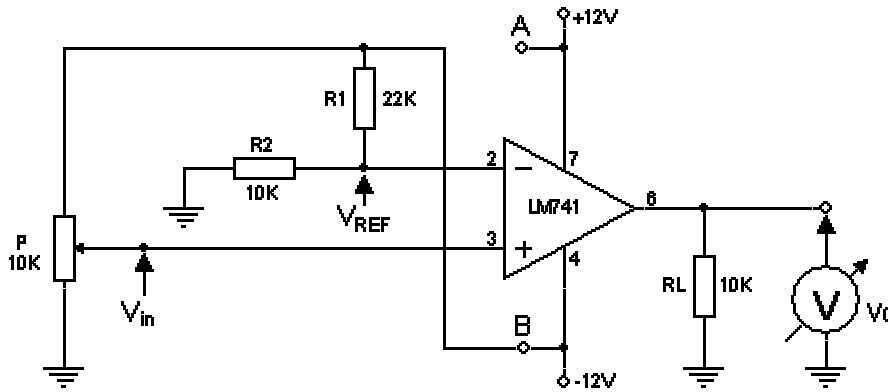
**Tablo-8.3 Evirmeyen Girişli Gerilim Seviye Dedektörünün Verileri**

Giriş geriliminin değerini ( $V_{in}$ ), çıkış gerilimi ( $V_o$ ) değışinceye kadar artırınız. Çıkışın değıştiği andaki tüm değerleri ( $V_{in}$ ,  $V_{REF}$  ve  $V_o$ ) ölçerek sonuçları Tablo-8.3'deki B sütununda ilgili yerlere kaydediniz.

*Devrede referans gerilimi olarak, A noktasından alınan +V gerilimi uygulanmaktadır. Devreye, referans gerilimi olarak negatif bir gerilim uygulayarak devrenin çalışmasını gözlemleyelim.*

Bu işlem için, şekil-8.2'deki devrede A noktasındaki bağlantıyı, B noktasına alarak devreyi şekil-8.4'deki gibi yeniden düzenleyin.

Bu durumda deneyi adım 1.2'den 1.6'ya kadar aynı şekilde tekrarlayıp elde ettiğiniz sonuçları tablo-8.4'deki ilgili yerlere kaydediniz.


**Şekil-8.4 Evirmeyen Girişli Gerilim Seviye Dedektörü**

A		B	
$V_{REF}$ (ölçülen)		$V_{REF}$ (ölçülen)	
$V_{REF}$ (hesaplanan)		$V_{REF}$ (hesaplanan)	
$V_{in}$ (volt)	0V	$V_{in}$ (volt)	
$V_o$ (volt)		$V_o$ (volt)	

**Tablo-8.4 Evirmeyen Girişli Gerilim Seviye Dedektörünün Verileri**



### ÖZET:

Gerilim Seviye Dedektörü devresi iki adet girişe sahiptir. Girişlerden birine değeri belirlenen bir referans gerilimi uygulanır. Diğer girişe ise değeri bilinmeyen ve kontrol edilecek bir giriş gerilimi uygulanır.

Kontrol (giriş) gerilimi, referans geriliminden farklı ise opamp çıkışı doyuma gider. ( $\pm V$  besleme gerilimine kilitlenir) Aynı ise 0V olur. Böylece kontrol sinyali test edilebilir. Gerilim Seviye dedektörü (Komparator) devresinin hassasiyeti harici elemanlarla ayarlanabilir.

### SORULAR:

Şekil-8.1'deki devrede opamp çıkış işareti Besleme gerilimlerinde salınması opampın hangi özelliklerine bağlıdır? Açıklayınız?

Opampın çıkış işareti hangi durumlarda değişmektedir? Niçin? Açıklayınız?

Gerilim seviye dedektörlerine endüstriyel uygulamalardan örnekler veriniz. Nerelerde ne amaçla kullanabiliriz? Açıklayınız?

## FARK YÜKSELTECİ (DIFFERENCE AMPLİFİER)

### KONU:

Opamp uygulaması olarak; fark alıcı (Op-amp Difference Amplifier) devrenin çalışmaları ve özellikleri incelenecektir.

### GEREKLİ DONANIM:

Multimetre (Sayısal veya Analog)

Güç Kaynağı:  $\pm 12V$  DC

Opamp (LM741 tipi)

Direnç: 3.3K $\Omega$ , 5x10K $\Omega$ , 22K $\Omega$ , 4x100K $\Omega$

Potansiyometre: 2x10K $\Omega$

### ÖN BİLGİ:

Opamp uygulaması olarak çıkartma (fark alma) işlemini yapan devre şekil-9.1'de görülmektedir. Devrenin matematiksel analizini kısaca yapalım. Devreye süperpozisyon teoremi uygulandığında  $V_1$  den dolayı çıkış ( $V_{01}$ );

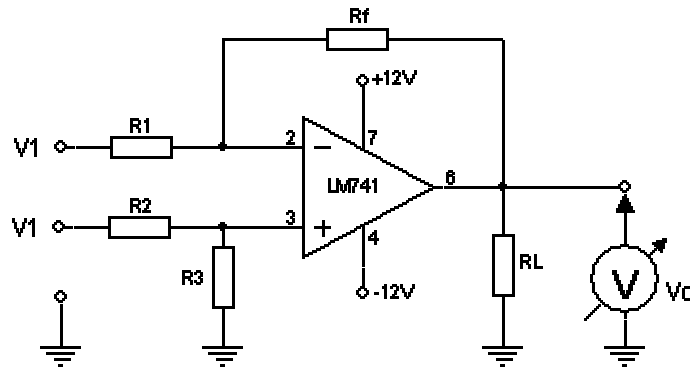
$$V_{01} = -\frac{R_F}{R_1} V_1$$

Olur.  $V_2$  den dolayı çıkış ( $V_{02}$ );

$$V_{02} = \left[ \frac{V_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} \right] \left[ 1 + \frac{R_F}{R_1} \right]$$

$$V_{02} = \left[ 1 + \frac{R_F}{R_1} \right] \left[ \frac{R_3}{R_2 + R_3} \right] V_2$$

Olur. Devredeki  $V_1$  ve  $V_2$  işaretlerinin çıkışa toplam tepkisi ise;  
 $V_0 = V_{01} + V_{02}$



Şekil-9.1 Opamp ile Gerçekleştirilen Fark Yükseltici Devresi

$$V_0 = \frac{R_F}{R_1} V_1 + \left[ 1 + \frac{R_F}{R_1} \right] \left[ \frac{R_3}{R_2 + R_3} \right] V_2$$

olarak bulunur. Eğer Şekil-9.1'deki fark alıcı devresinde;

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_F$$

olarak seçilirse, çıkış işaretinin alacağı değer;

$$V_0 = V_1 - V_2$$

olur. Görüldüğü gibi devre; her iki girişine uygulanan gerilimlerin farkını almaktadır. Bu devrede  $R_3 = R_F$  ve  $R_1 = R_2$  olarak seçmek şartıyla, devreyi fark yükseltici haline getirmek mümkündür.

Örneğin  $R_3 = R_F = 100K$  ve  $R_1 = R_2 = 10K$  olarak seçilirse devrenin çıkışında;  $V_1$  ve  $V_2$  giriş işaretleri arasındaki farkın 10 katı görülecektir.

Bu bölümde opamp kullanılarak gerçekleştirilmiş fark alıcı devrenin DC ve AC işaretler altında çalışmalarını ayrı ayrı inceleyeceğiz.

**DENEY: 1****DC ÇALIŞMA:**

Bu deneyde Fark yükselticinin DC işaretler altında çalışmasını inceleyeceğiz. DC çalışma için tasarlanan deney devresi şekil-9.2'de görülmektedir.

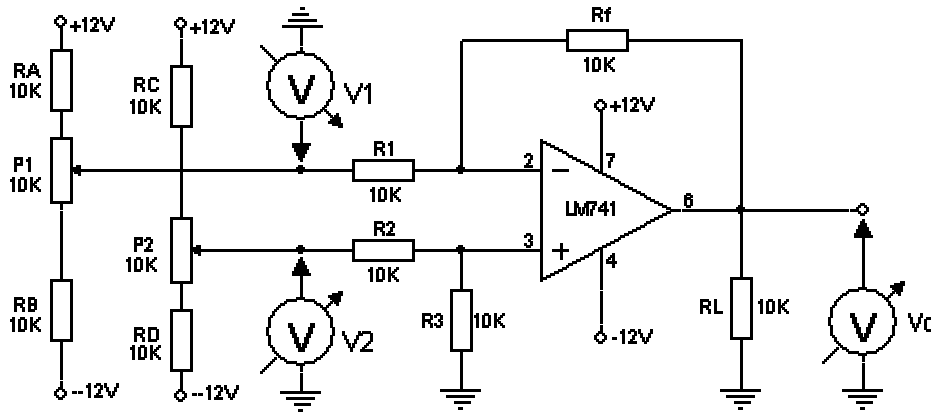
Devrede opamp'ın eviren girişine değeri ayarlanabilen bir DC gerilim uygulamak amacıyla RA, RB dirençleri ve P1 potu kullanılmıştır. Bu elemanlar, gerilim bölücü olarak çalışmaktadır.

Opamp'ın evirmeyen girişine ise; RC, RD ve P2 gerilim bölücü elemanları kullanılarak ayarlanabilen bir DC gerilim uygulamaktadır.

Fark alıcı devresinin gerilim kazancını ise, devrede kullanılan R1 ve RF dirençleri belirlemektedir.

**Not:**

Deney devresinde RA, RB, RC ve RD dirençlerini 2K2Ω, 4K7Ω gibi farklı değerler seçerek kullanabilirsiniz.



Şekil-9.2 Fark Alıcı Devresi

**DENEYİN YAPILIŞI:**

Şekil-9.2'deki fark alıcı devreyi deney seti üzerine kurunuz. Devreye ±12V besleme gerilimlerini uygulayınız.

P1 ve P2 Potansiyometrelerini kullanarak opamp giriş gerilimlerini;  $V_1=+2V$  ve  $V_2=+4V$  değerine ayarlayınız. Çıkış gerilimi  $V_o$ 'u ölçerek, sonucu tablo-9.1'deki ilgili yere kaydediniz. Ölçmelerde sayısal voltmetre kullanınız.

Giriş Gerilimleri		Çıkış Gerilimi = $V_o$ (v)	
V1 (v)	V2 (v)	Ölçülen	Hesaplanan
+2	+4		
+4	+2		
+4	-2		
-2	+4		
-4	-2		

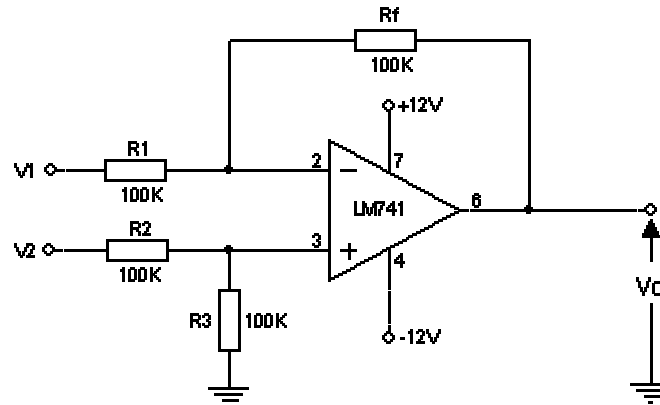
### Tablo-9.1 Fark Alıcı Devrede Veriler

$V_1$  ve  $V_2$  gerilimlerini tablo-9.1'de belirtilen değerlere sıra ile ayarlayınız. Ayarladığınız her değer için  $V_o$  gerilimini ölçünüz ve tablo-9.1'deki ilgili yere kaydediniz. Tablo-9.1'de verilen  $V_1$  ve  $V_2$  değerleri için,  $V_o$  çıkış işaretinin alabileceği değerleri gerekli formülleri kullanarak hesaplayınız. Elde ettiğiniz sonuçları tablo-9.1'deki ilgili yerlere yazınız.

### DENEY: 2

#### AC ÇALIŞMA:

Bu bölümde fark yükselteci Devresinin AC işaretlerde çalışmasını ve özelliklerini inceleyeceğiz. Gerekli devre düzeneği şekil-9.3'de verilmiştir.



Şekil-9.3 Farksal Yükselteçte AC Çalışma



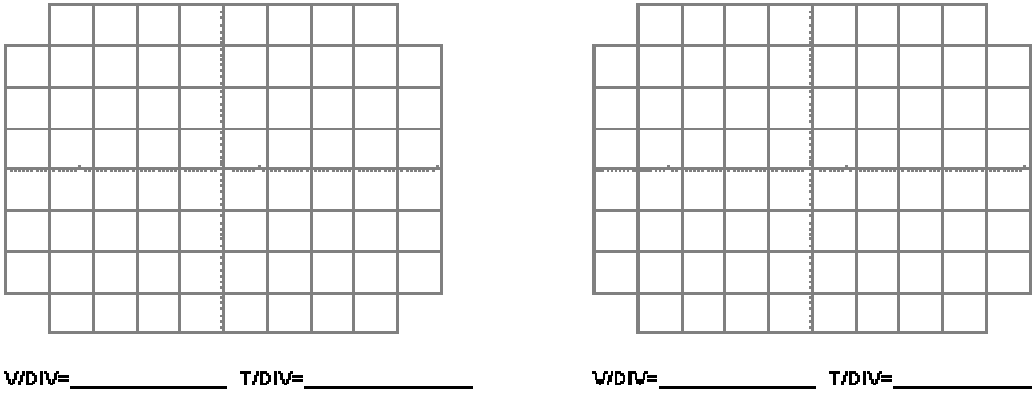
### DENEYİN YAPILIŞI:

Fark yükseltecinin AC çalışmadaki işlevini incelemek için şekil-9.3'deki devreyi deney seti üzerine kurunuz.

Fark yükseltecinin V2 girişini (evirmeyen) topraklayınız. V1 girişinden ; 2Vp-p genliğe sahip, 100Hz'lik sinüsoydal bir işaret uygulayınız.

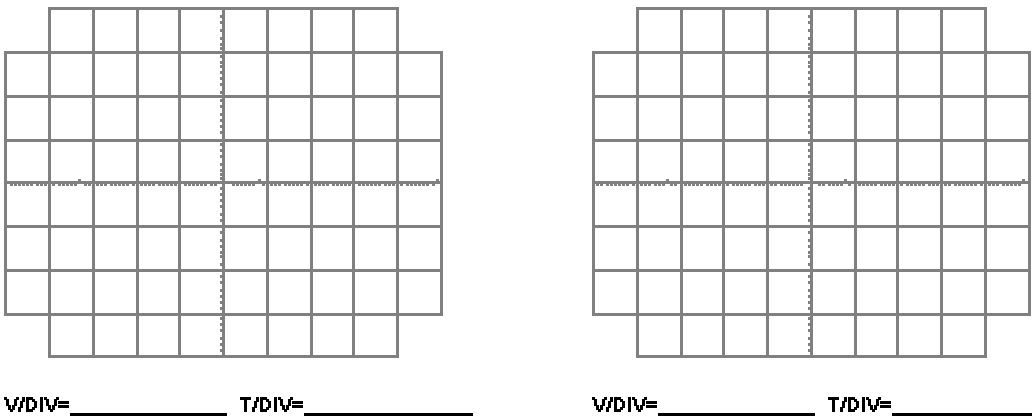
Giriş ve çıkış işaretlerinin dalga biçimlerini osilaskopta inceleyerek şekil-9.4'deki diyagrama orantılı olarak çiziniz.

Aynı devrede V1 girişini topraklayın ve V2 girişinden 2Vp-p, 100Hz'lik sinüsoydal bir işaret uygulayınız. Bu durumda Osilaskop kullanarak giriş ve çıkış işaretlerinin dalga biçimlerini şekil-9.4'deki diyagrama çiziniz.



Şekil-9.4 Fark Yükselteci Giriş ve çıkış dalga biçimleri

V1 girişini topraktan sökün, bu anda osilaskopta çıkış işaretinin dolayısıyla kazancın değiştiğini göreceksiniz. Osilaskopta elde ettiğiniz dalga biçimlerini şekil-9.5'deki diyagrama orantılı olarak çiziniz.



Şekil-9.4 Fark Yükselteci Giriş ve çıkış dalga biçimleri

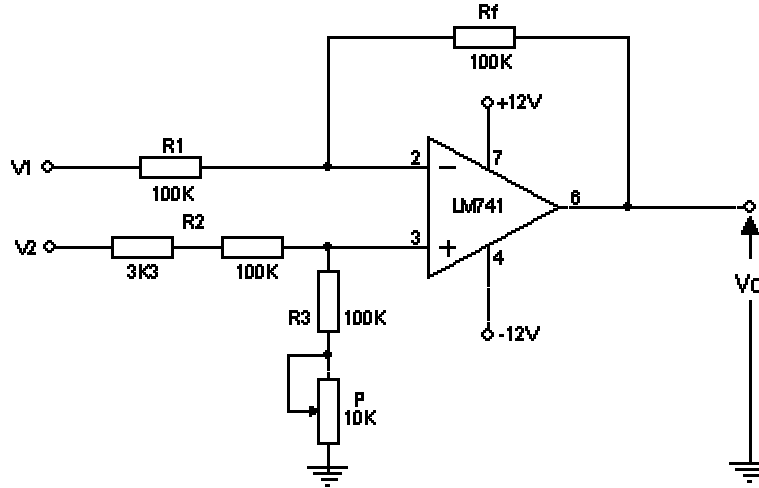


**Soru: 3** Kazanç niçin değişmiştir? Açıklayınız?

2Vp-p genliğe, 100Hz'lik frekansa sahip sinüsoydal işareti opamp'ın her iki girişine birlikte uygulayınız. Bu durumda ideal olarak çıkış işareti 0V olmalıdır.

**Soru: 4** Çıkış işareti neden 0V olacaktır? Açıklayınız?

Eğer opamp'ın çıkış işareti 0 olmuyor ve çıkışta belirli bir sapma gözleniyorsa bunun nedeni opamp girişlerinde kullanılan dirençlerin gerçekte birbirlerine eşit olmamasından ve opamp'ın ortak mod kazancından dolayıdır. Bunun sonucu olarak opamp'ın eviren ve evirmeyen girişlerinin kazançları farklıdır. Eviren ve evirmeyen kazançları dengelemek için (ortak mod kazancını sıfırlamak) devrede iyileştirme yapılabilir. Bunun için yükseltecin V2 girişi şekil-9.5'de görüldüğü gibi düzenlenebilir.



**Şekil-9.5 Farksal Yükseltecin Dengeleme Ayarı**

Devrenin V2 girişinde bulunan potansiyometre yardımı ile kazanç ayarlanabilir. Ayar için uygun bir yöntem R2 değerini artırıp, bu artışı dengelemek için R3'e seri bir potansiyometre bağlanmasıdır. Bu ayarlama esnasında eviren girişin kazancı değişmez.

Şekil-9.5'deki gerekli bağlantıları opamp üzerinde yapınız. Potansiyometre ile oynayarak ortak mod tepkisini sıfırlamaya çalışınız. Çıkış işaretindeki değişimi gözleyiniz ve sonucu yorumlayınız?

### ÖZET:

Fark yükselteci, eviren ve evirmeyen olmak üzere iki adet girişe sahiptir. Girişlerine uygulanan işaretlerle orantılı olarak bir çıkış işareti verir.

Fark yükselteci, uygulamalarda görüldüğü gibi eviren ve evirmeyen yükselteçlerin birlikte kullanılması ile oluşturulmuştur. Bu yükseltecin kazancı harici devre elemanları ile kontrol edilebilmektedir.

## KARE DALGA ÜRETECİ

### KONU:

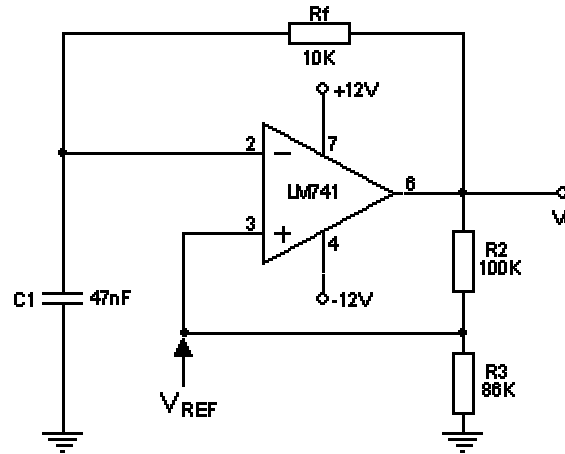
Opamp ile gerçekleştirilen bir Kare Dalga Üreteci (Square Wave Generator) devresinin çalışmasını ve özellikleri incelenecektir.

### GEREKLİ DONANIM:

Multimetre (Sayısal veya Analog)  
Güç Kaynağı:  $\pm 12V$  DC  
Opamp (LM741 tipi)  
Direnç:  $4K7\Omega$ ,  $2 \times 10K\Omega$ ,  $22K\Omega$ ,  $100K\Omega$   
Kondansatör:  $22nF$ ,  $47nF$ ,  $100nF$

### ÖN BİLGİ:

Bir opamp kullanarak oluşturulmuş kare dalga üreteci (Square-Wave Generator) şekil-10.1'de görülmektedir.

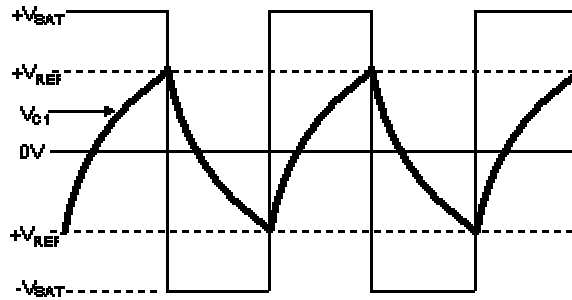


Şekil-10.1 Opamp ile Gerçekleştirilen Kare dalga üreteci

$R_2$  ve  $R_3$  dirençleri, çıkış gerilimini bölerek belirli bir değerde ( $\pm V_{REF}$ ) referans gerilimi oluşturur. Başlangıçta, Opamp'ın çıkış geriliminin ( $V_o$ )  $+V_{SAT}$  ( $+12V$ ) değerinde olduğunu kabul edelim.  $C_1$  kondansatörü  $+V_{SAT}$  değerine  $R_f$  üzerinden şarj olmaya başlar.  $C_1$  üzerindeki gerilim,  $+V_{REF}$  gerilim değerini aştığında opamp çıkışı bu sefer  $-V_{SAT}$  ( $-12V$ ) değerine kilitletlenir. Kondansatör  $R_f$  üzerinden deşarj olur.

Referans gerilimi  $-V_{REF}$  değerini almıştır. Kondansatör bu sefer,  $R_f$  üzerinden  $-V_{REF}$  yönünde şarj olmaya başlar.  $C_1$  gerilimi,  $-V_{REF}$  değerini aştığında opamp çıkışı  $+V_{SAT}$  (+12V) değerine kilitletir.

Bu olay sürekli tekrarlanır. Sonuçta çıkış işareti  $+V_{SAT}$  ile  $-V_{SAT}$  arasında salınan bir kare dalgadır. Şekil-10.2'de çıkış işareti, ve kondansatör geriliminin dalga biçimleri ve sınır değerleri görülmektedir.



Şekil-10.2 Kare Dalga Üreticinin Dalga Biçimleri

$V_{C1}$  geriliminin tepe değerini de belirleyen  $+V_{REF}$  ve  $-V_{REF}$  gerilimlerinin değerleri aşağıdaki formüller yardımıyla bulunur.

$$+V_{REF} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} (+V_{SAT})$$

$$-V_{REF} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} (-V_{SAT})$$

Çıkış işaretinin frekansı ise;  $R_3$  direncini  $R_2$  direncinin Yüzde 86'sı olarak seçmek koşuluyla aşağıdaki formülden bulunur.

$$F_{OUT} = \frac{1}{2 R_f C_1}$$

### DENEYİN YAPILIŞI:

Şekil-10.1'de Opampla gerçekleştirilmiş Kare dalga Üretici devresini deney seti üzerine kurunuz.

Gerekli formülleri kullanarak  $+V_{REF}$  ve  $-V_{REF}$  gerilim değerlerini hesaplayınız. Elde ettiğiniz sonuçları ilgili yerlere kaydediniz.

$-V_{REF} =$  \_\_\_\_\_ Volt

$+V_{REF} =$  \_\_\_\_\_ Volt



$+V_{SAT}$ ,  $-V_{SAT}$ ,  $+V_{REF}$  ve  $-V_{REF}$  degerlerini osilaskop kullanarak ölçünüz.  $V_{C1}$  ve  $V_o$  işaretinin frekansını gerekli formülü kullanarak hesaplayınız ve elde ettiğiniz değeri Tablo-10.1'deki ilgili yere kaydediniz.

Çıkış işaretinin frekansını gerekli formülü kullanarak hesaplayınız ve elde ettiğiniz değeri Tablo-10.1'deki ilgili yere kaydediniz.

Çıkış işaretinin frekansını osilaskopta ölçerek sonucu Tablo-10.1'deki ilgili yere kaydediniz.

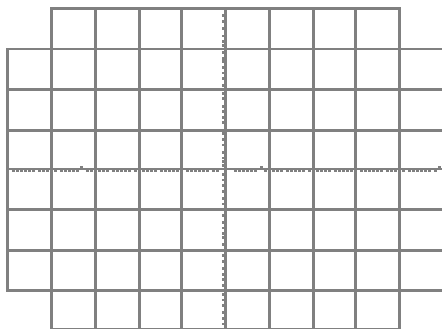
$R_f$  ve  $C_1$  elemanlarının Tablo-10.1'de belirtilen değerlere göre sıra ile değiştirin. Her Değer için Adım-1.4 ve 1.5'te yapılanları tekrarlayın. Sonuçları Tablo-10.1'deki ilgili yerlere kaydediniz.

Çıkış işaretinin dalga biçimini osilaskopta gözleyerek elde ettiğiniz dalga biçimini şekil-10.3'e orantılı olarak çiziniz.

Kondansatör üzerindeki  $V_{C1}$  işaretini osilaskopta gözleyiniz. Elde ettiğiniz dalga biçimini şekil-10.4'e orantılı olarak çiziniz.

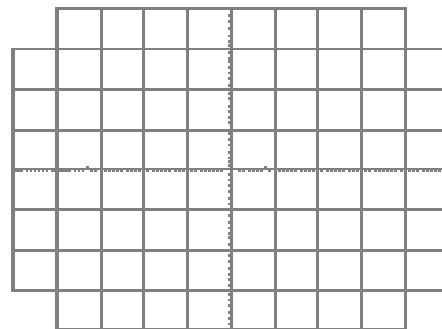
R1 (KΩ)	C1 (nF)	Fo (Hz)	
		Ölçülen	Hesaplanan
10	47		
22	47		
4.7	47		
10	22		
10	100		

Tablo-10.1 Kare Dalga Üretci Verileri



V/DIV= \_\_\_\_\_ T/DIV= \_\_\_\_\_

Çıkış Geriliminin ( $V_o$ ) Dalga Biçimi



V/DIV= \_\_\_\_\_ T/DIV= \_\_\_\_\_

Kondansatör Geriliminin ( $V_{C1}$ ) Dalga Biçimi

Şekil-10.3 ve 4 Kare Dalga Üretci Devresinin Dalga Biçimleri



**SORULAR:**

Karedalga üretici çıkış işaretinin genliği neye bağlıdır? Neden? Açıklayınız?  
Devrede  $C_1$  kondansatörünün işlevi nedir?  $C_1$  değeri devreyi nasıl etkiler?  
Açıklayınız?  
Devrede  $R_2$  ve  $R_3$  elemanlarının işlevi nedir? Bu elemanlar rasgele değerele sahip olabilir mi? Neden? Açıklayınız?

## TÜREV ALICI DEVRE

### KONU:

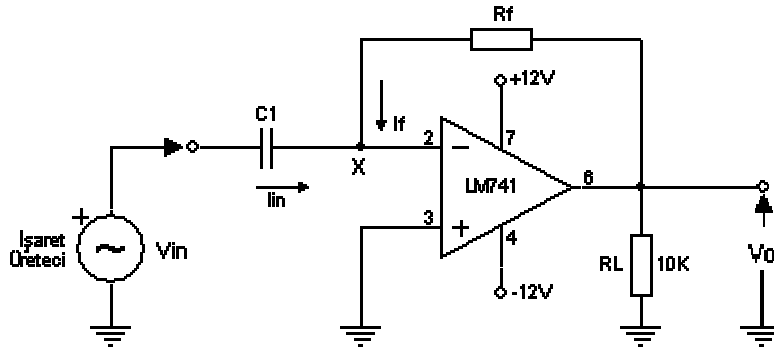
Opamp ile gerçekleştirilen bir türev alıcı (differentiator) çalışmasını ve özellikleri incelenecektir.

### GEREKLİ DONANIM:

Multimetre (Sayısal veya Analog)  
Güç Kaynağı:  $\pm 12V$  DC  
İşaret Üreteci  
Opamp (LM741 tipi)  
Direnç:  $4K7\Omega$ ,  $2 \times 10K\Omega$ ,  $22K\Omega$ ,  $100K\Omega$   
Kondansatör:  $22nF$ ,  $47nF$ ,  $100nF$

### ÖN BİLGİ:

Türevleyici devresi, genel olarak bir eviren yükselteç özelliğindedir. Fark olarak girişte direnç yerine kondansatör ( $C_1$ ) bulunmaktadır. Devre, girişine uygulanacak periyodik işaretin türevini alarak çıkışa aktaracaktır. Şekil-11.1'de temel bir türevleyici devresi görülmektedir. Türevleyici devrenin matematiksel analizini kısaca açıklayalım.



Şekil-11.1 Temel Bir Türev Alıcı Devre

Opamp girişinin giriş empedansı çok yüksek olduğundan  $x$  noktasındaki gerilim yaklaşık 0 Volt (+ uçtaki gerilim) civarındadır. Buna göre;  $C_1$  kondansatörü üzerinden akan akım  $I_{in}$ ;

$$I_{\text{in}} = C_1 \frac{dV_1}{dt}$$

olur. Çıkış gerilimi  $V_0$  ise,

$$V_0 = -R_F \cdot I_F$$

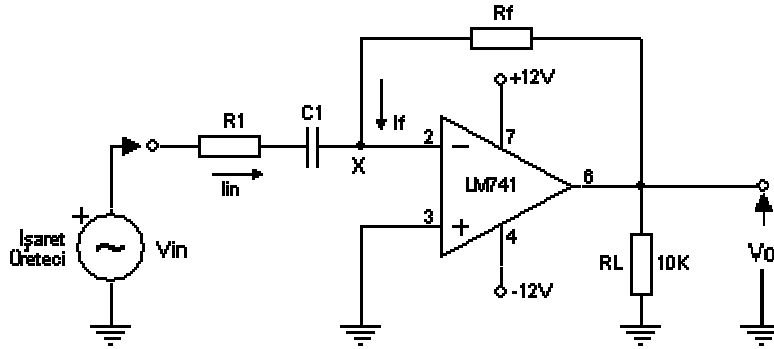
olarak yazılabilir. ( $x$  noktası yaklaşık 0 Volt olduğundan)  $I_F = I_{\text{in}}$  olacaktır. Bu durumda;

$$V_0 = - \left[ R_F \cdot C_1 \frac{dV_1}{dt} \right]$$

olacaktır. Görüldüğü gibi şekil-11.1'deki devre, girişine uygulanan  $V_1$  işaretinin türevini alıp  $[dV_1/dt]$  belirli bir sabite ile  $(R_F \cdot C_1)$  çarparak çıkışa aktarmaktadır. Şekil-11.1'deki devre uygulamada bu haliyle yeterli değildir. Çünkü  $C_1$  kondansatörü yüksek frekanstaki işaretlere kısa devre gibi davranacağından yükseltecin kazancı artar.

Çıkış bu frekanslar için yüksek değerlere ulaşır.  $V_1$  işaretinin frekansı yüksek olmasa bile beraberinde gürültü mevcut olabilir. Gürültü işareti çok geniş frekans tayfına sahip olduğundan, şekil-11.1'deki devre gürültünün yüksek frekans bölümünü olduğu gibi yükseltebilir. Bu ise istenmeyen bir durumdur.

Bu nedenle Opamp devresinin kazancına yüksek frekanslar için sınır koymak gerekir. Bu işlem şekil-11.2'de görüldüğü gibi girişe bir  $R_1$  direncinin eklenmesi ile sağlanabilir. Böylece devrenin kazancı  $R_F/R_1$  ile sınırlandırılmıştır.



Şekil-11.2 Geliştirilmiş Türevleyici Devre

Şekil-11.2'de görülen devrenin türevleyici olarak çalışabilmesi için iki şartın yerine getirilmesi gerekir. Bu şartlar aşağıda açıklanmıştır.

Giriş işaretinin frekansı  $F_{in}$ ;

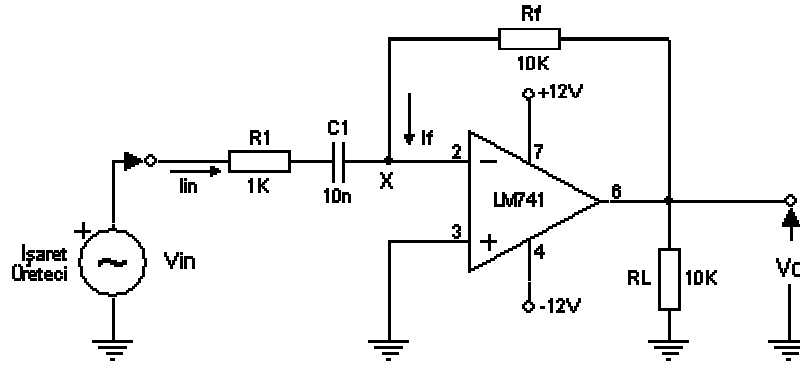
$$F_{in} \leq \frac{1}{2\pi R_1 C_1} = F_c$$

olmalıdır. Bu değerden büyük frekansa sahip giriş işaretleri için devre türevleyici olarak çalışmaz.

Türevleyici devresinde; "  $R_F.C_1$  " çarpımı "Zaman Sabitesi" olarak isimlendirilir. Giriş işaretinin periyodu, yaklaşık bu değer civarında olmalıdır.

### ÖRNEK:

Şekil-11.3'deki devreye frekansı 1KHz olan bir sinüsoydal işaret uygulanmıştır. Bu devre türevleyici olarak çalışır mı?



Şekil-11.3 Örnek Uygulama Devresi

Bu durumda önce devrenin zaman sabitesini bulmamız gerekir.

$$F_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

$$F_c = \frac{1}{(2\pi)(1 \times 10^3)(0.01 \times 10^{-6})} = \frac{10^4}{2\pi}$$

olarak bulunur. Bu durumda devrede;

$$F_{in} < F_c$$

olur. Devrenin zaman sabitesi;

$$C_1 \times R_F = (0.01 \times 10^{-6})(10 \times 10^3)$$

$$C_{in} = 1 \text{ mili saniye}$$

bulunur. Giriş işaretinin periyodu ise;



$$T_F = \frac{1}{F_F} = \frac{1}{1K Hz} = 1 ms$$

olarak bulunur. Görüldüğü gibi giriş işaretinin periyodu devrenin zaman sabitesine eşittir. Şu halde, devre 1 KHz frekanslı bir sinüsoydal işaret için türevleyici olarak çalışabilir.

Şekil-11.3'deki devrenin türevleyici olarak çalışabileceğini ispatladıktan sonra, devre girişine 0.5 volt genliğe ve 1 KHz frekansa sahip bir sinüsoydal işaret uygulandığında çıkışta görülecek işaretin ne tip bir işaret olabileceğini araştıralım.

Giriş işaretini;

$$V_{gr} = 0.5 \sin(2\pi ft)$$
$$V_{gr} = 0.5 \sin 2\pi (1000)t$$

olarak formülize etmek mümkündür.

$$V_o = -R_F C_F \frac{dV_{gr}}{dt}$$

$$V_o = - \left[ (10K) (0.01 \mu F) \frac{d}{dt} [0.5 \sin 2\pi (1000)t] \right]$$

$$V_o = -(10K\Omega)(0.01\mu F)[(0.5 \times 2\pi \times 1000)(\cos 2\pi (1000)t)]$$

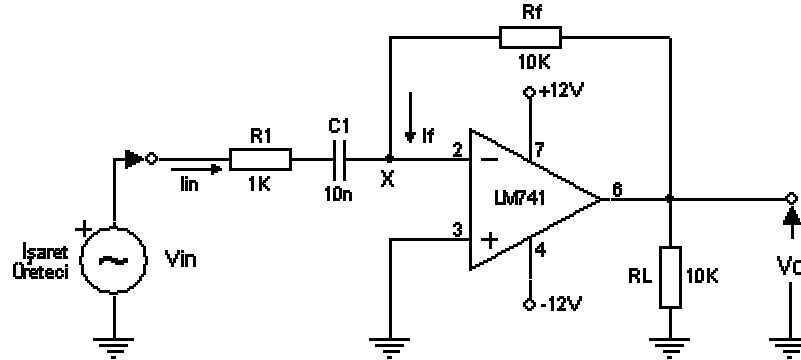
$$V_o = -3.14 \cos 2\pi (1000)t$$

olur. Bu durumda, çıkış işareti 3.14 volt tepe değerli ve 1KHz frekanslı bir kosinus eğrisidir.

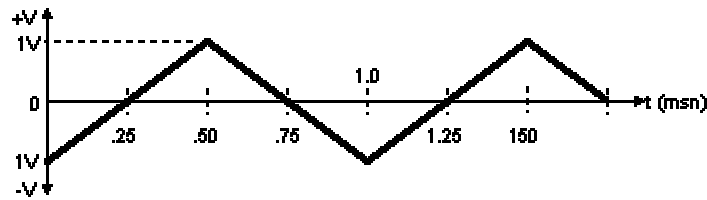
$$\text{Not: } \frac{d}{dt} \sin 2\pi ft = 2\pi f \cos 2\pi f$$

### ÖN ÇALIŞMA:

Şekil-11.4'deki devre girişine Şekil-11.5'de görülen işaret uygulandığında devre türevleyici olarak görev yapar mı? Gerekli işlemleri yaparak açıklayınız?  $F_C$  ve  $F_{in}$  frekanslarını ve devrenin zaman sabitesini ile  $T_{in}$  değerini karşılaştırarak cevabı bu sonuçlarla karşılaştırınız?



Şekil-11.4 Türevleyici Devresi



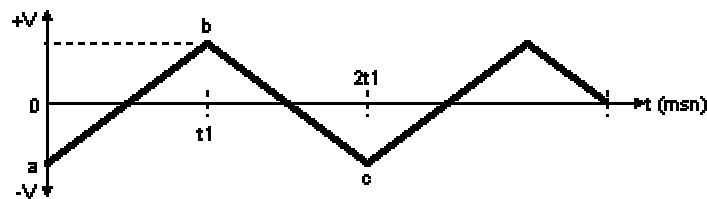
Şekil-11.5 Türevleyici Girişine Uygulanacak İşaret

Şekil-11.4'deki devre girişine şekil-11.5 deki işaret uygulandığında çıkış işaretinin dalga biçimi, frekansı ve genliği ne olur? Açıklayınız?  $V_{in}$  ve  $V_o$  işaretlerini orantılı olarak alt alta çiziniz?

### **YOL GÖSTERME:**

Şekil-11.6'daki doğru parçası  $t_1$  msn kadar bir süre içerisinde  $-V$ 'den  $+V$ 'ye çıkmaktadır. Denklemi ise;

$$V_{ab} = -V + 2 \frac{V}{t_1} t$$



Şekil-11.6 Türevleyici Girişine Uygulanacak İşaret



olarak yazılabilir. Çünkü;

$$t=0 \text{ olduğunda; } V_{ab}=-V$$

$$t=t_1 \text{ olduğunda; } V_{ab}=+V$$

olmaktadır. bc arasındaki doğru parçası ise,  $t_1$  ile  $2t_1$  arasında  $+V$ 'den  $-V$ 'ye inmektedir. Denklemi;

$$V_{bc} = +V - 2 \frac{V}{t_1} (t - t_1)$$

olur. Çünkü;

$$t=t_1 \text{ olduğunda; } V_{bc}=+V$$

$$t=2t_1 \text{ olduğunda; } V_{bc}=-V$$

olmaktadır.

$$V_{bc} = V_{ab} = -V + 2 \frac{V}{t_1} t$$

olduğunda;

$$V_o = R_F C_F \frac{d}{dt} \left[ -V + 2 \frac{V}{t_1} t \right]$$

$$V_o = -2 R_F C_F \frac{V}{t_1}$$

olur.  $V_{bc}$  aralığında da benzer şekilde;

$$V_o = R_F C_F \frac{d}{dt} \left[ V - 2 \frac{V}{t_1} (t - t_1) \right]$$

bulunur. Buradan;

$$V_o = 2 R_F C_F \frac{V}{t_1}$$

sonucu elde edilir. Bu sonuçlara göre;  $V_o$  işaretinin ( $V_{in}$ 'nin tamamı için) genliği aşağıda formülde görüldüğü gibi ifade edilir.

$$\pm 2 R_F C_F \frac{V}{t_1}$$

Bu sonuca göre çıkış işaretinin bir kare dalga olacağı açıktır. Bu bilgilerin ışığında Ön çalışma 2'deki soruyu cevaplayınız.

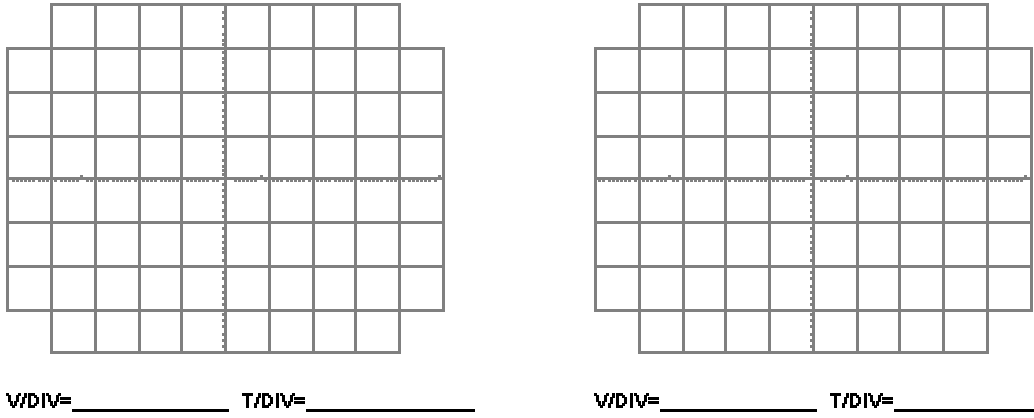


### DENEYİN YAPILIŞI:

Şekil-11.7'de verilen türevleyici devresini deney seti üzerine kurunuz. İşaret üreticinin çıkışını  $2 V_{P-P}$  genliğe sahip, 1KHz üçgen dalga verecek şekilde ayarlayınız ve devreye uygulayınız.

Osilaskopun x kanalına giriş işaretini, y kanalına ise çıkış işaretini uygulayınız. Ekranda net bir görüntü elde ediniz.

$V_{in}$  ve  $V_o$  işaretlerini ekranda izleyerek aradaki farkları not ediniz. Türevleyici devresinin giriş ve çıkış işaretlerini osilaskopla izleyerek dalga biçimlerini Şekil-11.8'deki diyagrama orantılı olarak çiziniz.



**Şekil-11.8 Türevleyici Devrenin Giriş ve Çıkış Dalgaları**

Çıkış işaretinin tepe değerini ölçüp not ediniz. Bu değeri ön çalışma-2'de bulduğunuz değer ile karşılaştırınız.

Girişe uyguladığınız işaretin genliği aynı kalmak koşuluyla frekansını yarıya (0.5KHz) indiriniz. Çıkış işaretlerindeki değişiklikleri not ediniz. Bu değişiklikleri nasıl açıklarsınız?

Girişe uyguladığınız işaretin frekansını 10KHz yaparak deneyi tekrarlayınız. Çıkış işaretinde oluşan değişimleri not ediniz ve açıklayınız?

Devrenin gerilim kazancı ne kadardır? Teorik sonuçlara yakın mıdır? Devreye artık sadece eviren yükselteç gözü ile bakabilir miyiz? Neden? Açıklayınız?



## İNTEGRAL ALICI DEVRE

### KONU:

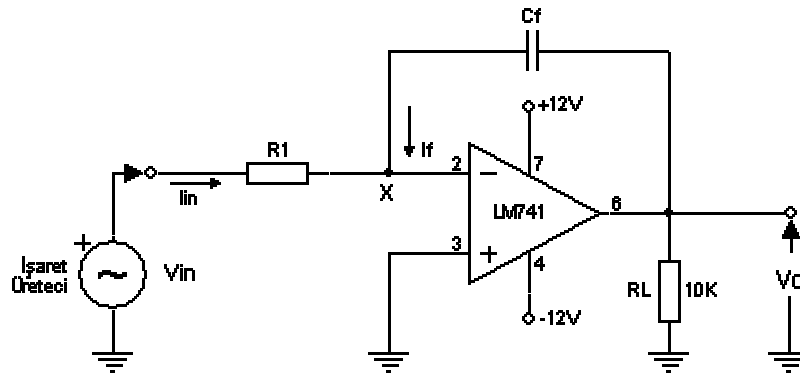
Opampla gerçekleştirilen bir İntegratör devresinin çalışması ve özellikleri incelenecektir.

### GEREKLİ DONANIM:

Multimetre (Sayısal veya Analog)  
Güç Kaynağı:  $\pm 12V$  DC  
Opamp (LM741 tipi)  
Direnç:  $3 \times 10K\Omega$ ,  $100K\Omega$   
Kondansatör:  $10nF$ ,  $100nF$

### ÖN BİLGİ:

İntegratör devresi, girişine uygulanan işaretin integralini alarak çıkışına aktarır. Bu işlemi yapan bir opamp devresi şekil-12.1'de gösterilmiştir. Dikkat edilirse bu devrede geri besleme bir kondansatör ile yapılmaktadır. Bu devrede a noktasındaki gerilim opamp giriş özelliğinden dolayı  $0V$  civarındadır.



Şekil-12.1 İntegratör Devresi

Bu durumda;

$$I_{in} = V_{in} / R_1$$

yazılabilir. Opampın çıkış işareti  $C_f$  kondansatörü üzerindeki gerilime eşittir.  $C_f$  üzerindeki gerilimi ise  $C_f$  üzerinden geçen akımın zamana göre integrali verir. Bu durumda;



$$V_o = \frac{1}{C_f} \int I_f dt$$

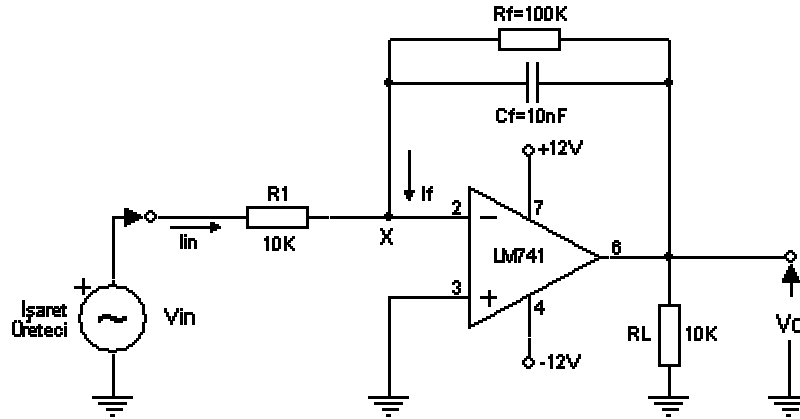
Olur. burada  $I_f = -I_{in}$  olduğuna göre;

$$V_o = -\frac{1}{C_f R_1} \int I_{in} dt = -\frac{1}{C_f} \int \frac{V_{in}}{R_1} dt$$

olur. Dolayısıyla;

$$V_o = -\frac{1}{C_f R_1} \int V_{in} dt$$

elde edilir. Bilindiği gibi integral; anlam olarak, bir eğrinin altında kalan alana karşılık gelmektedir. Opamp devresindeki giriş offset geriliminin giderek opampı doyuma götürmesini engellemek için şekil-12.1'deki devrede bazı değişiklikler yapmak gerekir. Bu değişiklik  $C_f$  kondansatörüne paralel bir  $R_f$  direnci bağlanarak yapılır. Bu durum şekil-12.2 de gösterilmiştir.



Şekil-12.2 Geliştirilmiş İntegratör Devresi

Ayrıca, giriş polarma akımlarının eşit olmayışından doğacak offset gerilimini ve dolayısı ile bu gerilimin etkilerini gidermek amacı ile, şekil-12.3'de görüldüğü üzere integratör devresinde birde  $R_2$  direnci kullanılır. Bu direncin değeri;

$$R_2 = R_f // R_1$$



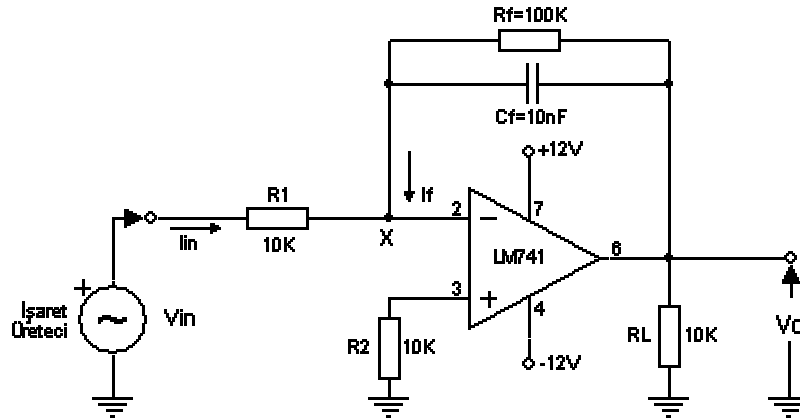
olmalıdır. Bu devrenin bir integratör olarak görev yapabilmesi için girişe uygulanan işaretin frekansı ( $F_1$ );

$$F_1 \geq F_C = \frac{1}{2\pi R_F C_F}$$

olmalıdır. Ayrıca devrenin zaman sabitesi;

$$T = \frac{1}{R_1 C_F}$$

ile girişe uygulanan işaretin periyodu birbirlerine yakın değerde olmalıdır.  $F_1^3 F_C$  olduğunda, devre eviren yükselteç olarak çalışır ve çıkışta girişin  $R_f/R_1$  kadar yükseltilmiş görür.

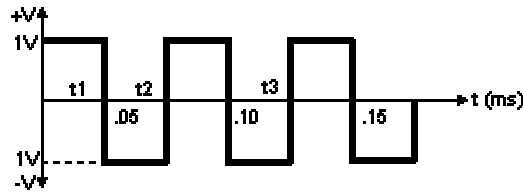


Şekil-12.3 Geliştirilmiş İntegratör devresi

İntegral alma işlemi, türev alma işleminin tersi olduğundan bir integratör girişine kare dalga uygulandığında çıkışta üçgen dalga alınır.

### ÖN ÇALIŞMA:

Şekil-12.3'deki devre girişine şekil-12.4'deki işaret uygulandığında devre integratör olarak çalışır mı?



Şekil-12.4 İntegral Alıcı Devre Girişine Uygulanacak İşaret

$F_C$  ile  $F_1$  frekanslarını ve devrenin zaman sabitesi ile giriş işaretinin periyodunu ( $T_{Giriş}$ ) karşılaştırarak cevabınızı bu sonuçlara dayandırınız.

### YOL GÖSTERME:

0 ile 0.05 msn arasında;

$$V_o = \frac{1}{R_1 C_F} \int_0^t V_{in} dt = - \int_0^t 1 dt$$

$$V_o = - \frac{1}{R_1 C_F} t$$

bu değer  $[-1/R_1 C_F]$  eğimli doğru denklemdir ve tepe değerini;

$$t=t_1=0.05 \times 10^{-3} \text{ sn}$$

anında alır. Bu durumda;

$$V_{o(Tepe)} = - \frac{1}{(10 \times 10^3)(0.01 \times 10^{-6})} t \Big|_0^{0.05 \times 10^{-3}}$$

denklem çözüldüğünde;

$$V_{o(Tepe)} = -10^4 (0.05) 10^{-3}$$

$$V_{o(Tepe)} = -0.5 \text{ volt}$$

olur. 0.05 msn ile 0.1 msn arasındaki durumda aynı şekilde hesaplanmalıdır.

### DENEYİN YAPILIŞI:

Şekil-12.3'deki İntegratör devresini deney seti üzerine kurunuz ve besleme gerilimlerini bağlayınız.

İşaret üreticinin çıkışını 10KHz, 2V<sub>P-P</sub> kare dalga verecek şekilde ayarlayınız ve devre girişine uygulayınız.

Osilaskopla giriş ve çıkış işaretlerini gözleyiniz. Elde ettiğiniz giriş ve çıkış dalga biçimlerini şekil-12.4'e çiziniz. Değerlerini yazınız. Devre İntegratör olarak Çalışıyor mu? Açıklayınız?



Çıkış işareti Vo'in tepe genliğini ölçüp not ediniz. Bu sonucu ön çalışmada bulduğunuz sonuç ile karşılaştırınız?

$R_F=100K\Omega$  direncine paralel olarak bir de  $10K\Omega$  bağlayınız ne oldu? niçin? Açıklayınız?

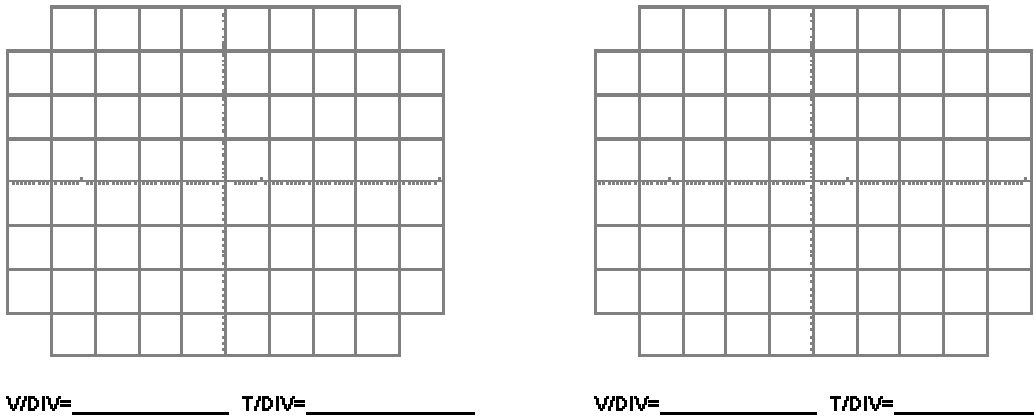
Girişe uygulanan kare dalganın genliği aynı kalmak şartıyla, frekansını 5 KHz yapınız. Çıkışta gözlediğiniz işaretle ne gibi değişiklikler oldu? Bu değişikliği nasıl açıklarsınız?

Girişe uygulanan kare dalganın genliği aynı kalmak şartıyla frekansını 50 Hz yapınız. Çıkış işaretinin dalga biçimi öncekilere oranla değişti mi? niçin? Açıklayınız? Devrenin gerilim kazancı ne kadardır? bu kazanç ;

$$A = \frac{R_F}{R_i} = \frac{100}{10} = 10$$

sonucuna yakın mı? Açıklayınız?

Devreye artık sadece eviren yükselteç gözüyle bakmak doğru olur mu? Niçin? Açıklayınız?



Şekil-12.4 İntegratör Devresi Çıkış Dalga Biçimleri

## ÖZET

İntegratör devresi, Girişine uygulanan işaretin integralini alarak çıkışına aktarmaktadır.

İntegratör devresinin kazancı harici elemanlarla kontrol edilebilir. Belirli sınırlar dahilinde ayarlanabilir.

İntegral alma işlemi operasyonel yükselteçlerle tasarlanabilir.



## ALÇAK GEÇİREN FİLTRE

### KONU:

Opamp uygulaması olarak; 2. dereceden Alçak Geçiren Aktif Filtre (Low Pass- Filter) devresinin özellikleri ve çalışma karakteristikleri incelenecektir.

### GEREKLİ DONANIM:

Multimetre (Sayısal veya Analog)  
Osilaskop  
Güç Kaynağı:  $\pm 12V$  DC  
Opamp (LM741 tipi)  
Direnc:  $2 \times 10K\Omega$ ,  $22K\Omega$ ,  $100K\Omega$   
Kondansatör:  $10nF$ ,  $100nF$

### ÖN BİLGİ:

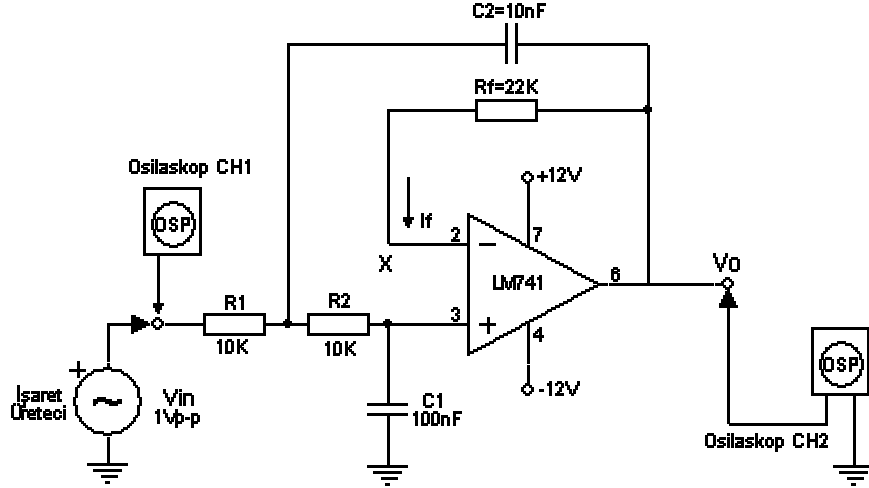
Bir filtre devresi, belli bir frekans bandını geçirerek ve bu frekansın dışındakileri zayıflatmak amacı ile geliştirilmiş, aktif veya pasif bir devredir. Pasif filtre devreleri; direnc, self ve kapasitif elemanlar içerir. Aktif filtreler ise bunlara ilaveten transistor veya opamp gibi aktif devre elemanları içerirler. Aktif filtrelerde self elemanı kullanılmaz.

Aktif filtreler, pasif filtrelere nazaran bir çok üstünlük içerirler. Örneğin filtrenin geçirgen olduğu frekanslarda bir zayıflatma olmaz. Bu filtrelerde giriş empedansı çok yüksek, çıkış empedansı ise çok düşüktür. Opampın band genişliği sınırlı olduğundan bazı frekanslarda filtreleme işlemi yapmak mümkün değildir. Çeşitli derecelerde aktif filtre yapmak mümkündür. Bu bölümde; 2.dereceden ( $-40$  dB/dekad) bir aktif filtre devresini inceleyeceğiz. Bunun yanı sıra 1. ve 3. dereceden ( $-20$ dB/dekad ve  $-60$ dB/dekad) filtre devreleri de vardır.

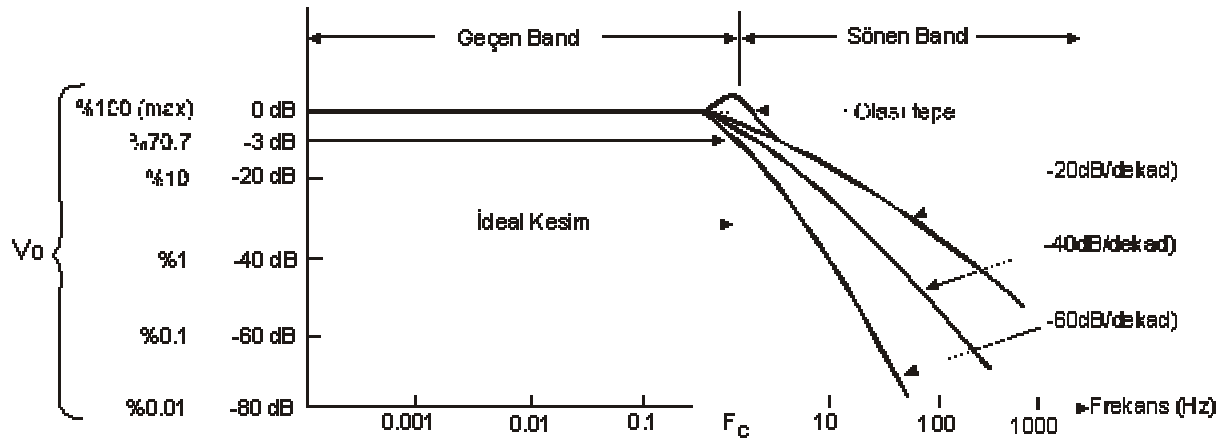
Alçak geçiren filtre, belirli bir **köşe frekans** ının altındaki frekansları geçiren üstündekileri ise zayıflatma bir devredir. Köşe frekansına **Fc** denir. Fc, aynı zamanda; **0.707 frekansı**, **-3dB frekansı** veya **kesimfrekansı** olarakta isimlendirilir. Şekil-13.1'de uygulamasını yapacağımız 2. dereceden aktif filtre devresi görülmektedir. Bu devrenin kazancı; kesim frekansı Fc'den sonra  $-40$ dB/dekad'lık bir eğimle zayıflar. Bu durum şekil-13.2'de alçak geçiren filtrenin frekans karakteristiği incelenerek görülebilir.

Şekil-13.1'deki alçak frekans filtresinde dirençler frekanstan etkilenmezler. Devredeki kondansatörlerin ( $C_1$  ve  $C_2$ ) kapasitif reaktansı ( $XC$ ) ise frekansa bağlıdır. Başlangıçta  $XC$  değeri büyüktür ve  $C_2$  yüksek empedans gösterir. Aynı zamanda  $C_1$  kondansatöründe geribesleme akımına karşı yüksek bir empedans gösterir. Bundan dolayı  $V_o$  çıkış işareti yüksek değerdedir. Giriş işaretinin frekansı arttığında,  $XC$  azalır ve  $C_2$  kondansatörü giriş işaretini daha fazla şöntlemeye başlar. Bu anda  $C_1$

kondansatörü daha fazla geribesleme akımına müsade eder ve devrenin kazancı azalır. Böylece yüksek frekanslarda kazancı azalan devre, alçak frekanslarda yüksek kazanç gösterir.



Şekil-13.1 -40dB/Dekad'lık Alçak Geçiren Aktif Filtre Devresi



Şekil-13.2 Alçak Geçiren Aktif Filtrenin Frekans Tepkisi

### DENEYİN YAPILIŞI:

Şekil-13.1'de Opampla gerçekleştirilmiş alçak geçiren aktif filtre devresini deney seti üzerine kurunuz. İşaret üreticini başlangıçta devreye bağlamayınız. İşaret üreticinin çıkış genliğini tepeden tepeye 1Vp-p sinüsoydal bir gerilim verecek şekilde ayarlayınız. İşaret üreticinin çıkış frekansını ise tablo-13.1'de belirtilen 250Hz değerine ayarlayınız.

Giriş ve çıkış işaretlerini ölçmek için gerekli osilaskop bağlantılarını yapınız. İşaret üreticini alçak geçiren filtrenin girişine bağlayınız.



Çıkış işaretinin tepeden tepeye değerini [Vo(p-p)] osilaskop ile ölçerek sonucu tablo-13.1'deki ilgili sütuna kaydediniz.

Deneyi işaret üreticinin çıkış genliği her durumda aynı kalmak koşuluyla tablo-13.1'de verilen her frekans değeri için tekrarlayınız. Her frekans için elde ettiğiniz çıkış geriliminin tepeden tepeye değerini ilgili yere kaydediniz.

Tablo13.1'deki verilerden yararlanarak her frekans değerinde –40dB/Dekad lık alçak geçiren filtre devresinin gerilim kazancını hesaplayarak sonuçları tablo-13.1'deki ilgili yerlere yazınız.

Uygulaması yapılan alçak geçiren filtre devresinin köşe frekansı  $F_c$ ; aşağıdaki formülden bulunur. Bu formülü kullanarak devrenin köşe frekansını hesaplayınız. Bulduğunuz sonucu ilgili yere kaydediniz.

$$F_c = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

$F_c =$  \_\_\_\_\_ Hz

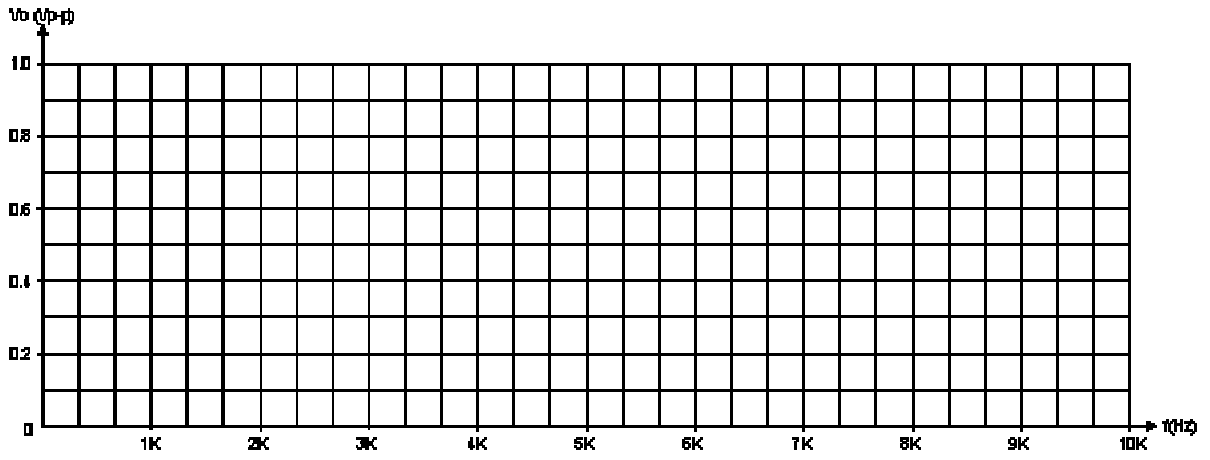
Alçak Geçiren Filtre Devresi; Giriş İşareti (Vin)= 1Vp-p Sinüsoydal										
Fin (Hz)	250	500	750	1K	1.25K	1.5K	2K	3K	5K	10K
Vo (Vp-p)										
A=Vo/Vin										

**Tablo-13.1 –40dB/Dekad’lık Alçak Geçiren Filtre Devresinin Bilgi Tablosu.**

**SORULAR:**

Tablo-13.1'deki sonuçlardan yararlanarak alçak geçiren filtrenin kazanç-frekans karakteristiğini şekil-13.3'deki diyagrama orantılı olarak çiziniz. Çizim için şekil-13.2'de verilen frekans karakteristiğinden yararlanabilirsiniz.

Devre köşe frekansını altındaki ve üstündeki frekans değerlerine nasıl tepki gösteriyor? Açıklayarak sonucu yorumlayınız?



**Şekil-13.3 -40dB/Dekad'lık Alçak Geçiren Filtre Devresinin Frekans Karakteristiği**

## YÜKSEK GEÇİREN FİLTRE

### KONU:

Opamp uygulaması olarak; 2. dereceden Yüksek Geçiren Aktif Filtre (High-Pass Filter) devresinin özellikleri ve çalışma karakteristikleri incelenecektir.

### GEREKLİ DONANIM:

Osilaskop  
Güç Kaynağı: ±12V DC  
Opamp (LM741 tipi)  
Direnc: 4K7Ω, 2x10KΩ, 22KΩ, 100KΩ  
Kondansatör: 22nF, 47nF,

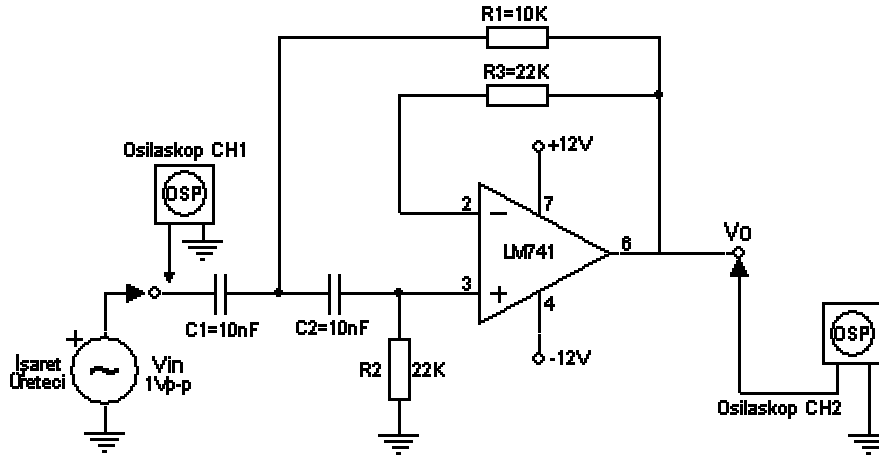
### ÖN BİLGİ:

Yüksek geçiren filtre; belirli bir köşe frekansının yalnız üzerindeki frekansları geçiren, altındakileri frekansları ise zayıflatan filtre devresidir. Yüksek geçiren filtre, Alçak geçiren filtrenin simetriğidir. Bu deneyde inceleyeceğimiz filtre devresi -40dB/dekad'lık bir eğime sahiptir ve frekans tepkisi şekil-13.2'de çizilmiştir. Filtrenin köşe frekansı  $F_C$ , aşağıdaki formülden elde edilir.

$$F_C = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

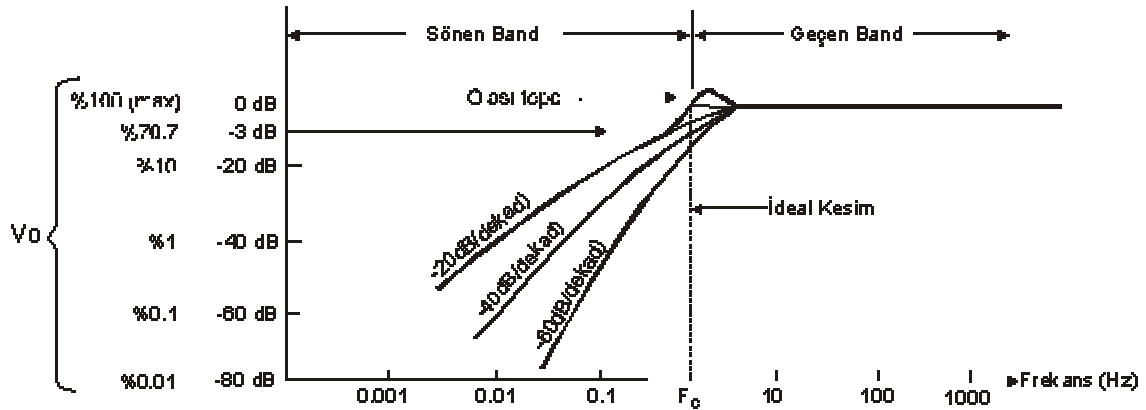
İkinci dereceden (-40dB/Dekad) yüksek geçiren filtre devresi şekil-14.1'de çizilmiştir. Devrenin özellikleri ve çalışmasını kısaca açıklayalım. Alçak frekanslarda  $C_1$  ve  $C_2$  kondansatörlerinin kapasitif reaktansları büyüktür. Bundan dolayı giriş işaretinin önemli bir miktarı bu elemanlar üzerinde düşer. Bu ise küçük bir giriş işaretinin opampa ulaşması demektir.

Filtre girişinden uygulanan işaretin frekansını artırırsak  $C_1$  ve  $C_2$  kondansatörlerinin kapasitif reaktansları azalır. Bu durumda opampa daha fazla sinyal ulaşır ve daha büyük bir çıkış işareti elde edilir. Böylece; devrenin yüksek frekanslarda kazancı artarken düşük frekanslarda kazancı azalır ve yüksek geçiren bir filtre devresi elde edilmiş olur.



Şekil-14.1 İkinci Dereceden Yüksek Geçiren Aktif Filtre Devresi

Şekil-14.2'de Yüksek geçiren aktif filtre devresinin frekans karakteristiği görülmektedir. Şekil dikkatlice incelenirse; düşük frekanslarda çıkış işaretinin belirli bir eğimle zayıfladığı görülmektedir. Yapacağınız deney sonucunda benzer sonuçlar elde ederek yüksek geçiren aktif filtre devresinin frekans karakteristiğini sizde çizeceksiniz.



Şekil-14.2 Yüksek Geçiren Aktif Filtrenin Frekans Tepkisi

### DENEYİN YAPILIŞI:

Şekil-14.1'de verilen yüksek geçiren filtre devresini deney seti üzerine kurunuz. Besleme gerilimlerini uygulayınız.



İşaret üreticinin çıkış genliğini 1Vp-p sinüsoydal işaret verecek şekilde ayarlayınız. Çıkış frekansını ise tablo-14.1'de görülen ilk değere ayarlayınız (250Hz) ve yüksek geçiren filtre devresinin girişine uygulayınız.

Çıkış işaretinin tepeden tepeye değerini [Vo(p-p)] osilaskop ile ölçerek elde ettiğiniz sonucu tablo-14.1'deki ilgili yere kaydediniz.

İşaret üreticinin çıkış genliği aynı kalmak koşuluyla frekansını 500Hz yapınız. Bu frekansta elde ettiğiniz çıkış geriliminin tepeden tepeye değerini osilaskop ile ölçerek tablodaki ilgili yere kaydediniz.

İşaret üreticinin çıkış frekansını tablo-14.1'de verilen değerlere sıra ile ayarlayınız. Her frekans değeri için çıkış işaretinin tepeden tepeye değerlerini osilaskop ile ölçerek sonuçlarınızı tablo-14.1'deki ilgili yerlere kaydediniz.

Giriş işaretinin her frekans değeri için yüksek geçiren filtre devresinin Gerilim kazancını (A) hesaplayınız. Elde ettiğiniz sonuçları tablo-14.1'deki ilgili yerlere yazınız.

Şekil-14.1'de uygulaması yapılan yüksek geçiren aktif filtre devresinin köşe frekansı aşağıdaki formülden bulunur.

$$F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

Bu formülü kullanarak; -40dB/Dekad'lık yüksek geçiren aktif filtre devresinin devrenin köşe frekansını hesaplayınız. Sonucu kaydediniz.

$$F_c = \text{_____ Hz}$$

Tablo-14.1'deki sonuçlardan yararlanarak devremiz yüksek geçiren filtre olarak çalışıyor mu? Açıklayınız?

Yüksek Geçiren Filtre Devresi; Giriş İşareti Vin=1Vp-p Sinüsoydal										
Fin (Hz)	250	500	750	1K	1.25K	1.5K	2K	3K	5K	10K
Vo (Vp-p)										
A=Vo/Vin										

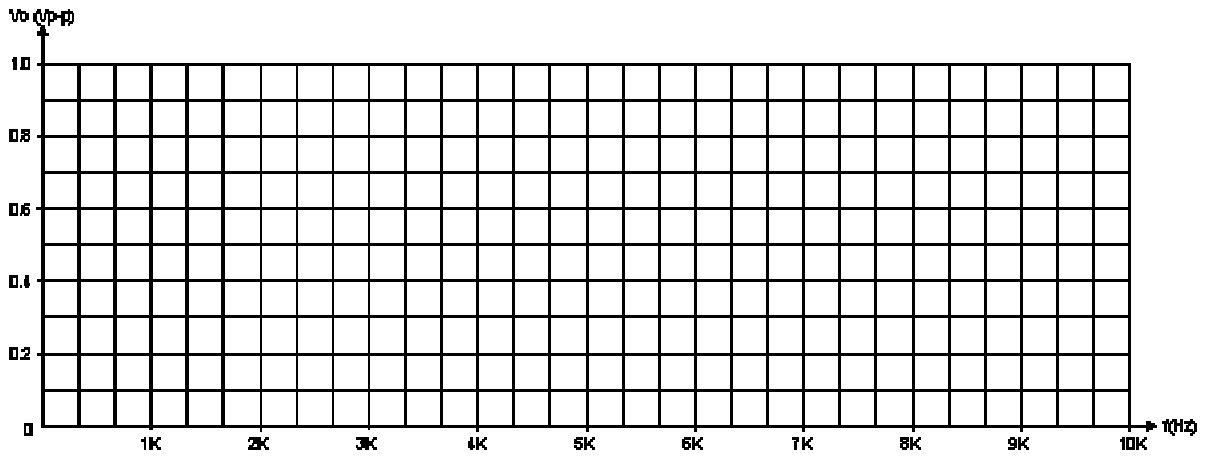
**Tablo-14.1 Yüksek Geçiren Filtre Devresinin Veri Tablosu**



**SORULAR:**

Devrenin frekans-kazanç karakteristiğini tablo-14.1'deki sonuçlardan yararlanarak şekil-14.3'deki diyagrama orantılı olarak çiziniz? Çizim işlemi için şekil-14.1'deki karakteristikten yararlanabilirsiniz.

,Devrenin kazancı geçiren olduğu frekans bantlarında ne kadardır? Açıklayınız? Yüksek geçiren bir pasif filtre devresi çizerek çalışmasını kısaca anlatınız?



**Şekil-14.3 –40dB/Dekad'lık Yüksek Geçiren Filtre Devresinin Frekans Karakteristiği**

**BAND GEÇİREN FİLTRE**

**KONU:**

Opamp uygulaması olarak; 2. dereceden Band Geçiren Aktif Filtre (Bandpass Pass Filter) devresinin özellikleri ve çalışma karakteristikleri incelenecektir.

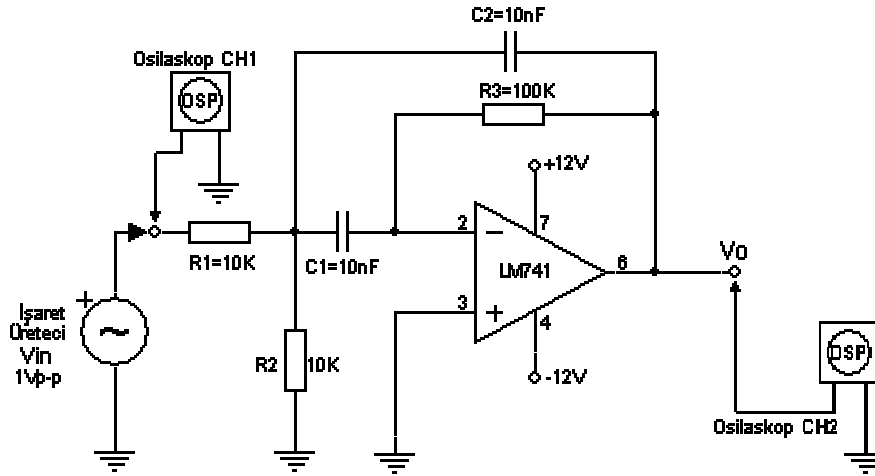
**GEREKLİ DONANIM:**

- İşaret Üretici
- Osilaskop
- Güç Kaynağı:  $\pm 12V$  DC
- Opamp (LM741 tipi)
- Direnç:  $4K7\Omega, 2x10K\Omega, 22K\Omega, 100K\Omega$
- Kondansatör:  $2x10nF$

**ÖN BİLGİ:**

Band geçiren filtre, belirli bir frekans aralığındaki işaretleri geçiren dışındaki işaretleri ise geçirmeyen bir filtre devresidir. Rezonans ( $F_r$ ) frekansının her iki yanındaki yarı güç noktaları arasında bir grup frekansta çalışır. (Filtrenin çıkış geriliminin ve kazancının maksimum olduğu frekansa Rezonans frekansı denir) Bu frekans sınırları dışında frekans zayıflar. En büyük çıkış gerilimi Rezonans frekansında oluşur ve bu nokta tepe noktası olarak adlandırılır.

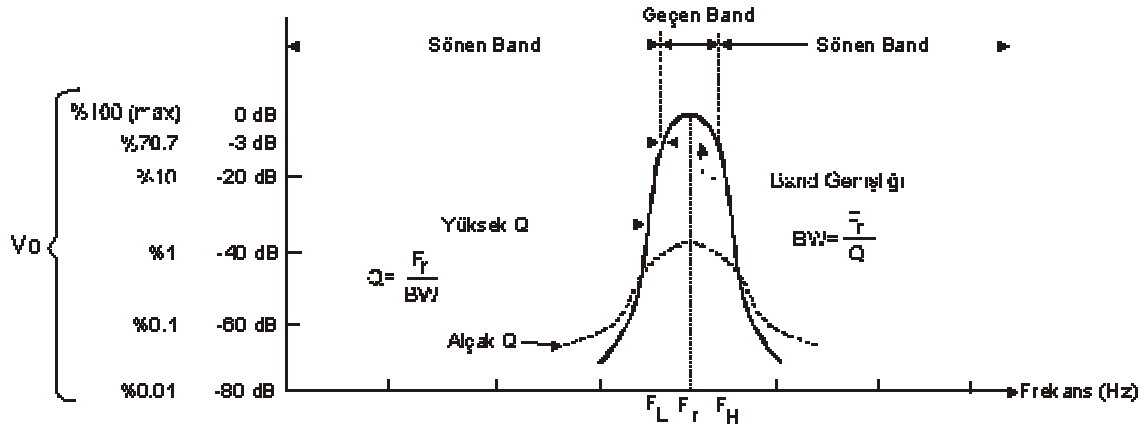
Şekil-15.1'de opampla gerçekleştirilmiş aktif band geçiren filtre devresi görülmektedir. Bu filtre devresi  $-40\text{dB/dekad}$ 'lık bir eğime sahiptir. Bu filtreye 2.dereceden band geçiren filtreye denilmektedir.



**Şekil-15.1 –40dB/Dekadlık Band Geçiren Aktif Filtre Devresi**

Band geçiren filtreye kazancın 0.707 katı olan frekanslara alt ( $F_L$ ) ve üst ( $F_H$ ) kesim frekansları denir. Bu iki kesim frekansı arasındaki bölge **Band Genişliği** olarak adlandırılır ve devrenin  $Q$ 'suna bağlıdır.

Devrenin  $Q$ 'su; devrenin direnci ile ters orantılıdır. Düşük dirence sahip bir devre yüksek  $Q$  değerine sahiptir ve çok dar bir frekans bandı oluşturur. Büyük dirence sahip devre ise daha az çıkış işareti üretir ve band genişliği artar. Şekil-15.2'de band geçiren filtre devrelerinin frekans tepkisini görmekteyiz. Karakteristikten de görüldüğü gibi Band genişliği  $F_L$  ile  $F_H$  arasında oluşmaktadır.



Şekil-15.2 Band Geçiren Filtre Devresinin Frekans Tepkisi

### DENEYİN YAPILIŞI:

Şekil-15.1'de görülen  $-40\text{dB/Dekadlık}$  band geçiren aktif filtre devresini deney seti üzerine kurunuz. İşaret üreticini şimdilik devreye bağlamayınız.

Devreye besleme gerilimlerini uygulayınız. Giriş ve çıkış işaretlerini ölçmek için gerekli osilaskop bağlantılarını yapınız. İşaret üreticinin çıkış genliğini tepeden tepeye  $V_{in}=1\text{Vp-p}$  sinusoidal bir işaret verecek şekilde ayarlayınız ve band geçiren filtre girişine bağlayınız.

İşaret üreticinin genliği  $1\text{Vp-p}$  değerinde sabit kalmak koşuluyla frekansını  $100\text{Hz}$ 'e ayarlayınız. Filtre çıkışında çıkış geriliminin tepeden tepeye değerini ( $V_o$ ) osilaskopla ölçerek sonucu tablo-15.1'deki ilgili yere kaydediniz.

Band geçiren filtrenin kazancını (A) hesaplayarak sonucu tablo-15.1'deki ilgili yere kaydediniz.

İşaret üreticinin frekansını, genliği sabit kalmak koşuluyla  $500\text{Hz}$  değerine ayarlayınız. Band geçiren filtre devresinin çıkış işaretinin tepeden tepeye değerini osilaskopla ölçerek sonucu tablo-15.1'deki ilgili yere kaydediniz.

Deneyi tablo-15.1'de verilen her frekans değeri için sırayla tekrarlayınız. Elde ettiğiniz sonuçları tablo-15.1'deki ilgili yerlere kaydediniz.

Ölçme yaptığınız her frekans değeri için Band geçiren filtre devresinin gerilim kazancını hesaplayarak sonuçları tablo-15.1'deki ilgili yerlere yazınız. Band Geçiren Filtre Devresinin rezonans frekansı aşağıdaki formülden bulunur.

$$F_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_p R_f C_1 C_2}}$$



bu formülde  $R_p$  değeri;

$$R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

ifadesine eşittir. Devrenin Rezonans frekansını hesaplayınız. Sonucu aşağıya kaydediniz.

$F_r =$  \_\_\_\_\_ Hz

Band Geçiren Filtre Devresi; Giriş İşareti $V_{in}=1V_{p-p}$ Sinüsoydal										
$F_{in}$ (Hz)	100	250	500	750	1K	1.25K	1.5K	2K	3K	5K
$V_o$ ( $V_{p-p}$ )										
$A=V_o/V_{in}$										

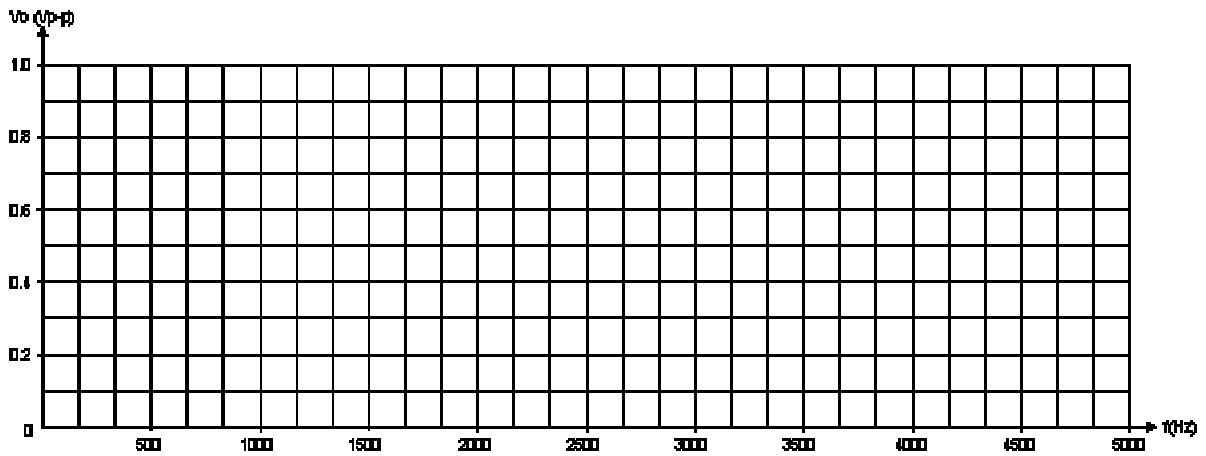
**Tablo-15.1 Band Geçiren Filtre Devresinin Bilgi Tablosu.**

**SORULAR:**

Band geçiren filtrenin frekans tepkisini tablo-14.1'deki sonuçlardan yararlanarak şekil-15.3'deki diyagrama orantılı olarak çiziniz? Çizim işlemi için şekil-15.2'deki karakteristikten yararlanabilirsiniz.

Devrenin kazancı geçiren olduğu frekans bantlarında ne kadardır? Bu konuda neler söyleyebilirsiniz?

Band geçiren filtrenin kullanım alanlarında örnekler vererek örnek bir uygulama devresi çiziniz?



**Şekil-15.3 Band Geçiren Aktif Filtre Devresinin Frekans Karakteristiği**

## BAND SÖNDÜREN FİLTRE

### KONU:

Opamp uygulaması olarak; 2. dereceden Band Söndüren Aktif Filtre (Banreject (notch) Filter) devresinin özellikleri ve çalışma karakteristikleri incelenecektir.

### GEREKLİ DONANIM:

Osilaskop

Güç Kaynağı:  $\pm 12V$  DC

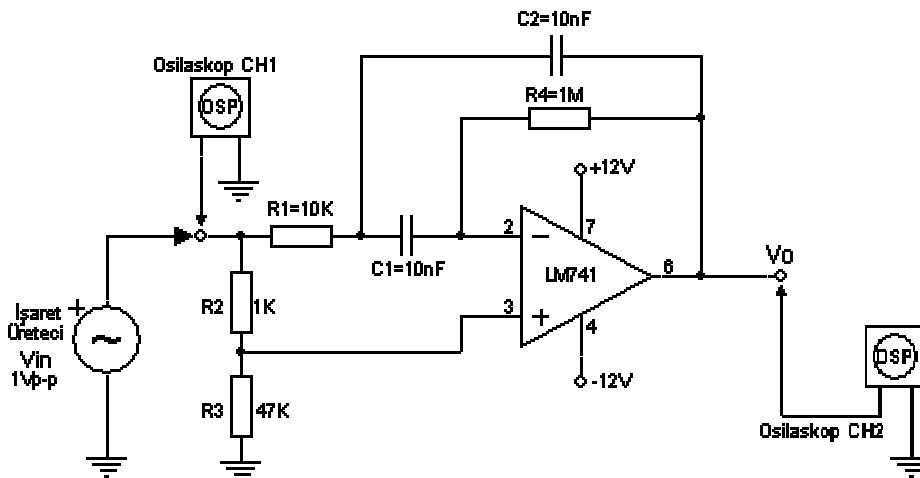
Opamp (LM741 tipi)

Direnç:  $1K\Omega$ ,  $10K\Omega$ ,  $47K\Omega$ ,  $1M\Omega$

Kondansatör:  $2 \times 10nF$

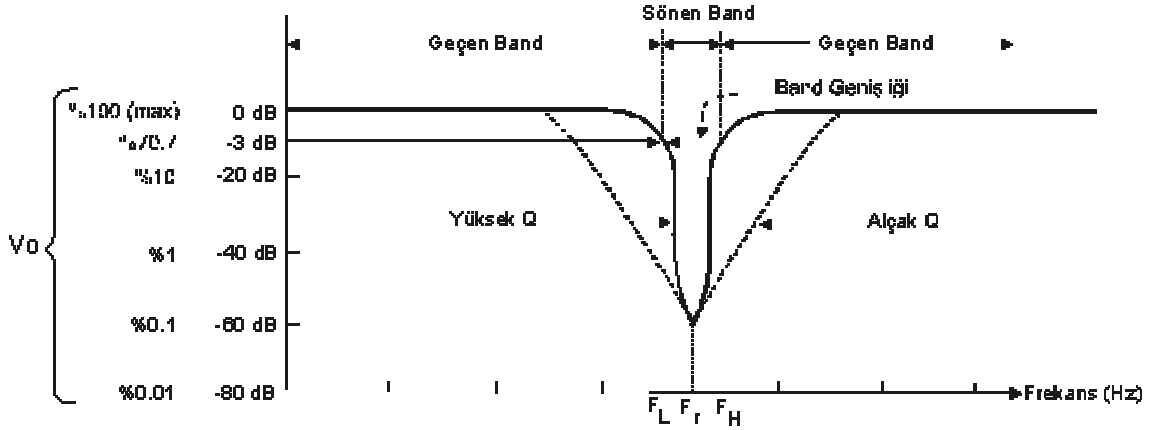
### ÖN BİLGİ:

İstenmeyen veya parazit etkisi yapan işaretlerin devre üzerindeki etkisini azaltmak veya yok etmek için band söndüren filtreler kullanılmaktadır. Özellikle şehir şebekesinden dolayı oluşan parazitlerin çeşitli elektronik cihazlarda bozucu etkisini önlemek amacı ile bu tip filtrelerden yararlanılmaktadır. PRIVATE Bant söndüren filtrelere band durduran filtreye denilmektedir. Band durduran filtrenin fonksiyonu band geçiren filtrenin tersidir. Bu tip bir filtreye band genişliği içerisinde belli bir grup frekans hariç, diğer tüm frekansların geçişine izin verilir. Şekil-16.1'de bir band durduran filtre devresi görülmektedir. Bu filtre; giriş işaretinin bir kısmının evirmeyen girişe uygulanması hariç, band geçiren filtreye çok benzer. Kondansatörlerin fonksiyonu ve her iki girişteki aktiflik bu filtrenin çalışma karakteristiklerini oluşturur.



Şekil-16.1 Band Söndüren Aktif Filtre Devresi

Şekil-16.2'de Band söndüren filtrenin frekans tepkisi görülmektedir. Karakteristik dikkatle incelendiğinde durdurulan band genişliği, geçen frekanslar arasında bir çentik olarak görülmektedir. Durdurulan bandın alt ve üst frekans limitleri karakteristikte  $F_L$  ve  $F_H$  olarak işaretlenmiştir. Devrenin Q faktörü bu çentiğin dar olacağını tanımlar.



Şekil-16.2 Band Söndüren Filtrenin Devresinin Frekans Tepkisi

### DENEYİN YAPILIŞI:

Şekil-16.1'de görülen Aktif band durdurucu filtre devresini deney seti üzerine kurunuz. Devreye besleme gerilimlerini uygulayınız. İşaret üreticinin çıkış genliğini 1Vp-p sinüsoydal bir işaret verecek şekilde ayarlayınız. İşaret üreticinin çıkış frekansını ise tablo-16.1'de görülen ilk frekans değerine (50Hz) ayarlayınız.

Çıkış işaretinin tepeden tepeye değerini osilaskopla ölçerek tablo-16.1'deki ilgili yere kaydediniz.

Band söndüren aktif filtre devresinin 50Hz'deki gerilim kazancını hesaplayarak sonucu tablo-16.1'deki ilgili yere kaydediniz.

İşaret üreticinin genliği sabit kalmak koşulu ile frekansını tablo-16.1'de verilen 100Hz değerine ayarlayınız.

Bu durumda band söndüren filtrenin çıkış işaretinin ( $V_o$ ) tepeden tepeye değerini bir osilaskopla ölçerek sonucu tablo-16.1'deki ilgili yere kaydediniz.



Tablo-16.1'de belirtilen her frekans değeri için aynı ölçmeleri tekrarlayınız. Elde ettiğiniz sonuçları tablodaki ilgili yerlere kaydediniz. Ölçmesi yapılan her frekans için devrenin kazancını hesaplayarak tablodaki ilgili yere kaydediniz.

**Not:**

Giriş işaretinin ( $V_i$ ) çıkış genliğinin her frekans değerinde  $1V_{p-p}$  olmasına dikkat ediniz.

Band Geçiren Filtre Devresi; Giriş İşareti $V_{in}=1V_{p-p}$ Sinüsoydal										
$F_{in}$ (Hz)	50	75	100	125	150	175	200	225	250	300
$V_o$ ( $V_{p-p}$ )										
$A=V_o/V_{in}$										

**Tablo-16.1 Band Söndüren Aktif Filtre Devresinin Bilgi Tablosu.**

Devrenin rezonans frekansı aşağıdaki formülden bulunur.

$$F_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_F C_1 C_2}}$$

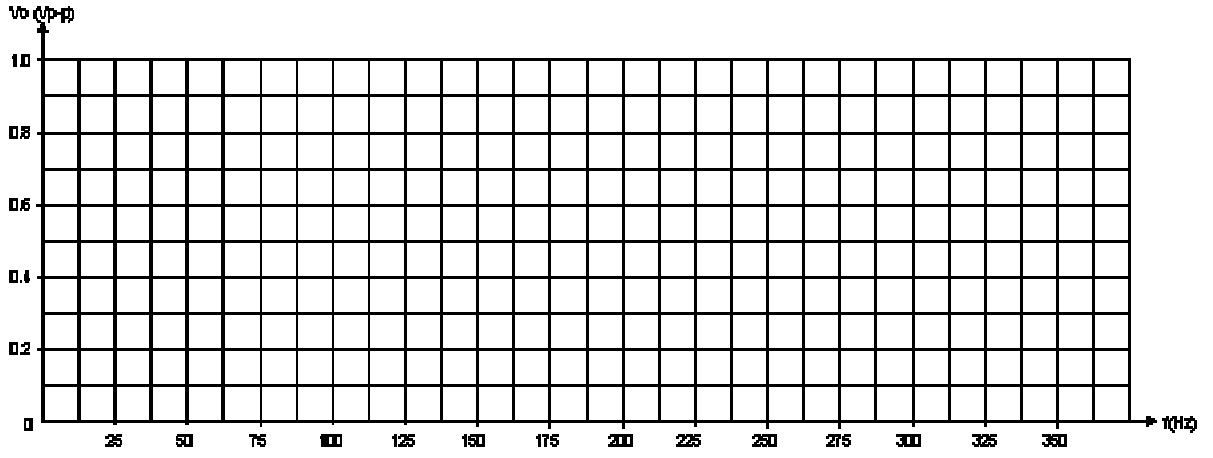
Devrenin Rezonans frekansını hesaplayınız. Sonucu ilgili yere kaydederek sonucu yorumlayınız?

$F_r =$  \_\_\_\_\_ Hz

**SORULAR:**

Band söndüren filtrenin frekans tepkisini tablo-16.1'deki verilerden yararlanarak şekil-16.3'deki diyagrama orantılı olarak çiziniz?

Devrenin kazancı band durduran olduğu frekanslarda ne kadardır? Band söndüren filtrenin uygulamalarına örnekler vererek bir uygulama devresi çiziniz?



Şekil-16.3 Band Söndüren Filtre Devresinin Frekans Karakteristiği