

**T.C.  
MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI**

# **ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ**

**İŞLEMSEL YÜKSELTEÇLER  
523EO0009**

**Ankara, 2012**

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	ii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....	2
1. OP-AMPIN YAPISI.....	2
1.1. Genel Amplifikatörlerin Özellikleri.....	2
1.1.1. Giriş Empedansı .....	3
1.1.2. Çıkış Empedansı.....	4
1.1.3. Gerilim Kazancı.....	4
1.2. Op-Ampın Fonksiyonel Blok Diyagramı.....	5
1.2.1. Fark Yükselteci.....	5
1.2.2. Gerilim Yükselteci.....	7
1.2.3. Çıkış Katı.....	7
1.3. Op-Ampın Sembolü, Entegre Kılıfları ve Beslenmesi.....	7
1.3.1. İşlemsel Yükseltecin Sembolü ve Ayak Bağlantıları .....	7
1.3.2. İşlemsel Yükselteçlerin Beslenmesi .....	9
1.3.3. İşlemsel Yükselteçlerin Kılıf Şekilleri.....	10
1.4. Op-Ampın Özellikleri .....	11
1.4.1. Giriş Empedansı.....	11
1.4.2. Çıkış Empedansı.....	11
1.4.3. Gerilim Kazancı.....	12
1.4.4. Bant Genişliği .....	12
1.4.5. İdeal Op-Amp ve Pratik Op-Ampın Karşılaştırılması .....	13
1.5. Katalog Değerlerinin Okunması .....	14
UYGULAMA FAALİYETİ .....	17
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	22
ÖĞRENME FAALİYETİ-2.....	23
2. OP-AMPIN KULLANIM ALANLARI.....	23
2.1. Negatif Geri Besleme Prensipleri, Avantaj ve Dezavantajları.....	23
2.2. Negatif Geri Beslemenin Giriş-Çıkış Empedansına ve Kazanca Etkisi.....	24
2.3. Negatif Geri Besleme ve Op-ampın Faz Tersleyen (İnverting) Yükselteç Olarak Kullanılması.....	25
2.4. Op-Ampın Karşılaştırmacı Olarak Kullanılması .....	26
2.5. Op-Ampın Toplayan Yükselteç Olarak Kullanılması.....	27
2.6. Op-Ampın Faz Terslemeyen (Non-İnverting) Yükselteç Olarak Kullanılması .....	28
2.7. Op-Ampın Gerilim İzleyici Olarak Kullanılması .....	29
2.8. Op-Ampın Fark Alıcı Yükselteç Olarak Kullanılması.....	29
2.9. Op-Ampı Filtre Devreleri .....	30
UYGULAMA FAALİYETİ .....	33
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	49
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	50
CEVAP ANAHTARLARI.....	51
KAYNAKÇA.....	52

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>523EO0009</b>
<b>ALAN</b>	<b>Elektrik-Elektronik Teknolojisi</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Dal Ortak</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>İşlemsel Yükselteçler (Op-Amp)</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Elektrik Elektronik Teknolojisi alanında yaygın olarak kullanılan İşlemsel Yükselteçlerin temellerinin anlatıldığı ve uygulama faaliyetlerinin yer aldığı öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/32
<b>ÖN KOŞUL</b>	Bu modülün ön koşulu yoktur.
<b>YETERLİK</b>	İşlemsel Yükselteçleri Elektronik Devrelerde Kullanmak
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Öğrenci, bu modül ile işlemsel yükselteç uygulama devrelerini çalıştırıp arızasını giderebilecektir. <b>Amaçlar</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. İşlemsel yükselteçlerin genel yapısı ve fiziksel özelliklerini tanıyıp, ürün bilgi sayfasındaki özellikler doğrultusunda devreye uygun işlemsel yükselteci seçebilecektir.</li><li>2. İstenen çalışmayı gerçekleştiren işlemsel yükselteç uygulama devresini çalıştırabilecek ve arızasını giderebilecektir.</li></ol>
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	<b>Ortam</b> Elektrik-elektronik laboratuvarı, işletme, kütüphane, ev, bilgi teknolojileri ortamı vb. <b>Donanım</b> İşlemsel yükselteçler, deney setleri, portatif montaj setleri, osilaskop, sinyal kaynağı, güç kaynağı, avometre, çalışma masası, bilgisayar, internet
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığımız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

# GİRİŞ

## Sevgili Öğrenci,

Elektrik akış teorisini ortaya koyan Amerikalı bilim adamı Benjamin Franklin (1706-1790)'dan günümüze, elektrik elektronik teknolojisi baş döndürücü bir şekilde gelişmiş ve hayatımızın her alanına hükmetmeyi başarmıştır. Bugün farkında olmadan yaşamımızın bir parçası haline gelen pek çok sistemin arka planında kusursuz çalışan elektronik devreler bulunmaktadır.

Bir an için bilgisayar, telefon, televizyon, radyo, tıbbi cihazlar, internet, hesap makinası, elektronik saatler, ulaşım araçlarındaki elektronik devreler, endüstriyel otomasyon sistemleri, elektronik uçuş sistemleri vb. elektronik sistemlerin olmadığını düşünelim. Hayatımızın elektrik-elektronik teknolojisi sayesinde ne kadar kolaylaştığını ve bu sistemlerin hayatımızın vazgeçilmez birer parçaları olduğunu anlayabiliriz.

Elinizdeki modül, elektroniğin harika çocukları diyebileceğimiz “İşlemsel Yükselteçleri” (Op-Amp) incelemektedir. Harika çocuk dedik çünkü, işlemsel yükselteçler, sadece bir yükselteç (Amplifikatör) değildir. Toplama, çıkarma gibi basit aritmetik işlemlerden türev, integral, logaritma alma gibi ileri matematik işlemlerine, regülatörden, osilatöre ve karar devrelerine kadar çok geniş bir kullanım alanına sahip programlanabilir, analog bilgisayar işlemleri yapabilen devrelerdir.

Bu modülde “İşlemsel Yükselteçler”in temelleri ve yaygın kullanımları incelenmektedir. Birinci bölümde işlemsel yükselteçlerin yapısı ve temel özellikleri incelenmiştir. İkinci bölümde ise ağırlıklı olarak uygulama faaliyetlerine yer verilmiştir.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

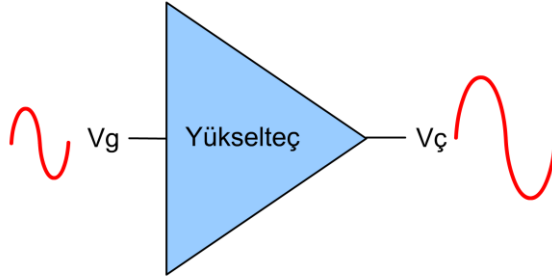
İşlemsel yükselteçlerin genel yapısı ve fiziksel özelliklerini tanıyıp, ürün bilgi sayfasındaki özellikler doğrultusunda devreye uygun işlemsel yükselteci seçebilecektir.

## ARAŞTIRMA

- Analog bilgisayarlar hakkında bir ön araştırma yapınız. Çevrenizde kullanılan hesaplama araçları hakkında bilgi toplayınız. Transistörlü yükselteçler hakkında aldığımız bilgileri hatırlayınız. Yükselteç devrelerinde transistör dışında kullanılan devre elemanlarını araştırınız.

## 1. OP-AMPIN YAPISI

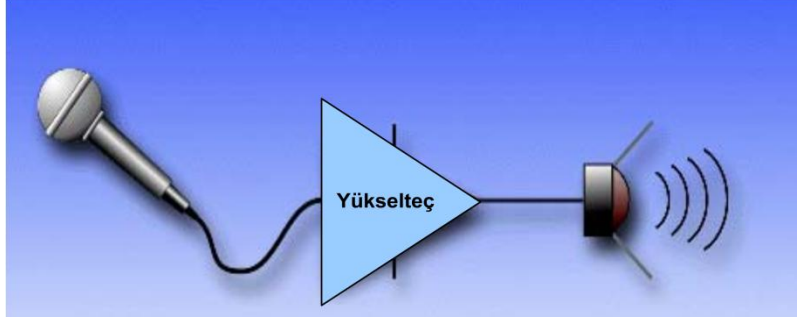
### 1.1. Genel Amplifikatörlerin Özellikleri



Şekil 1.1: Yükselteç sembolü ve yükseltme

Elektronik sistemlerle işlenecek sinyallerin hemen hepsi düşük genlikli yani zayıf sinyallerdir. Örneğin insan vücudundan alınan biyoelektrik sinyaller ya da cep telefonumuza ulaşan elektromanyetik dalgalar son derece zayıf elektriksel sinyallerdir. Elektronik sistemlerin pek çoğunda yeterli derecede yükseltilmiş elektriksel sinyallere ihtiyaç duyulur. Elektriksel sinyallerin istenilen derecede kuvvetlendirilmesi için yükselteç (amplifikatör) devreleri kullanılır. Yükselteçler akım ya da gerilim, dolayısıyla güç kazancı sağlamak amacıyla kullanılan devrelerdir. Şekil 1.1’de bir yükseltecin sembolü görülmektedir.

Yükselteç, girişine uygulanan küçük elektriksel sinyalleri, kaynaktan aldığı enerjiyi de kullanarak, devresindeki aktif devre elemanları yardımıyla çıkışına büyütülmüş olarak aktarır. Bunu yaparken güç kaynağından almış olduğu enerjiyi giriş sinyaliyle aynı özellikte, fakat güçlendirilmiş bir çıkış sinyali elde etmek üzere işler. Yani yükseltecin çıkışından alınan elektriksel sinyalin gücü, girişine uygulanan sinyalin gücünden daha büyüktür.



**Şekil 1.2: Ses yükseltme işlemi**

Bir spor salonunda oynanan maçla ilgili anonsların kalabalık bir seyirci topluluğuna duyurulabilmesi amacıyla ses yükselteçleri kullanılır. Ses yükselteçleri mikrofon ile hoparlör arasında çalışır ve herkes tarafından duyulabilmesi için ses gücünü yükseltir. Yükselteçler girişlerine uygulanan sinyalin akım ya da gerilimini yükseltmek suretiyle çıkışta bir güç kazancı sağlar. Şekil 1.2’de bir ses yükseltecinin çalışma prensibi canlandırılmıştır.

Elektrik elektronik teknolojisinde ihtiyaca göre pek çok türden yükselteç kullanılmaktadır. Çalışma şekline göre, kullanım şekline göre, bağlantı şekline göre, frekans durumuna göre, yükün rezonans durumuna göre yükselteçleri sınıflandırabiliriz.

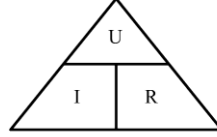
- Düşük frekans yükselteçleri
- Ses frekans yükselteçleri
- Ultrasonik yükselteçler
- Radyo frekans yükselteçleri
- Geniş band yükselteçleri
- Video yükselteçleri
- Enstrümantasyon yükselteçleri
- Küçük sinyal yükselteçleri
- Büyük sinyal yükselteçleri

Her sistemin çalışma standartlarını ifade eden bazı özellikleri vardır. Bu özellikler sistemin tanımlanmasında kolaylıklar sağlamaktadır.

### **1.1.1. Giriş Empedansı**

Birden fazla elektronik devre art arda bağlandığında, kaynak devrenin çıkışından, alıcı devrenin girişine doğru bir akım akışı olur. Bu akımın miktarı kaynak devrenin çıkış empedansı ve alıcı devrenin giriş empedansına bağlıdır. Giriş empedansı, bir devrenin kendinden önce gelen devrenin çıkış akımına karşı ne kadar zorluk göstereceği ya da kendinden önce gelen devreden ne kadar akım çekeceğini ifade eden bir özelliğidir. Ohm kanunu ile ilgili bilgilerinizi hatırlayınız.

$$\text{Akım} = \frac{\text{Gerilim}}{\text{Direnç}}$$



Bir devrenin giriş empedansının düşük olması, kendisinden önce gelen devreden, yani kendisine sinyal sağlayan devreden fazla akım çekmesi, anlamına gelir. Bu durum önceki devrenin yeteri kadar akım verebilmesi, yeteri kadar güçlü olmasını gerektirir.

Yüksek giriş empedansına sahip bir devre ise, kendinden önce gelen devreden az miktarda akım çekerek önceki devrenin aşırı yüklenmesine ve bundan dolayı sinyal bozulmalarına neden olmaz. Dolayısıyla bu tür devrelerin girişine düşük çıkış gücüne sahip başka devreleri herhangi bir yükseltme işlemine gerek kalmadan bağlayabiliriz.

### 1.1.2. Çıkış Empedansı

Bir devrenin çıkış empedansı devrenin çıkışından ne kadar akım çekilebileceğinin, bir başka anlatımla devrenin ne kadar akım verebileceğinin bir göstergesidir. Çıkış empedansı aynı zamanda, bir devrenin çıkış terminali ile toprak arasında görülen empedansı olarak da tarif edilebilir.

Maksimum güç transferi ile ilgili bilgilerinizi hatırlayınız. Bilindiği gibi bir devreden maksimum enerji çekebilmek için devrenin çıkış direnci ile alıcı devrenin giriş direncinin eşit olması gerekir. Eğer önceki devrenin çıkış direnci yük devresinin giriş direnci ile uyumlu değilse bu durumda önceki devrenin çalışmasında sorunlar ortaya çıkacaktır. Kaynak devre bir osilatör ise, çalışma frekansında kayma ya da tamamen osilasyonun durması, bir yükselteç ise kazançta değişme gibi sorunlar ortaya çıkacaktır. Bu tür sorunlar ile karşılaşmamak için kaynak devrenin çıkış direnci ile yük devresinin giriş direncinin birbirine eşit olması hedeflenir.

### 1.1.3. Gerilim Kazancı

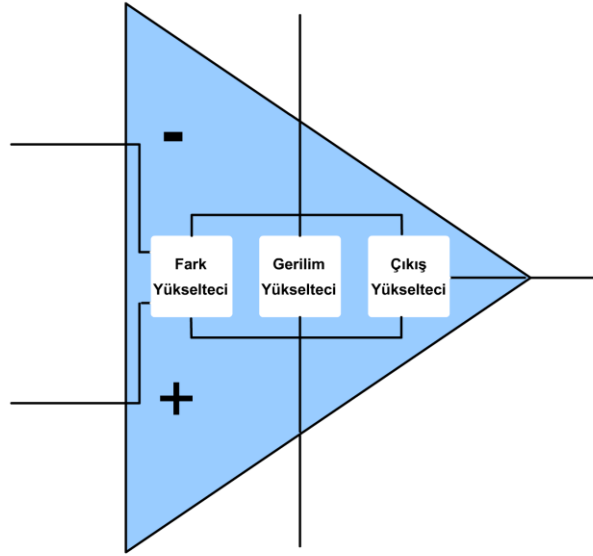
Yükseltecin girişine uygulanan sinyalin çıkışta ne kadar yükseltildiği “kazanç katsayısı” ile ifade edilir. Kazanç katsayısı ürün bilgi sayfalarında G (gain) ya da Av (Amplitude voltage) olarak gösterilmekte olup, bundan sonraki bölümlerde biz K olarak kullanacağız. Kazanç bir sisteme verilen girdinin çıkışta ne kadar arttığını ifade eden bir katsayıdır ve birimsizdir. Herhangi bir sistemin kazanç katsayısı aşağıdaki bağıntı ile ifade edilebilir.



$$K = \frac{\text{Çıkış Değeri}}{\text{Giriş Değeri}}$$

**NOT:** Yükselteçlerle ilgili ayrıntılı bilgi için “Analog Devre Elemanları” modülüne bakınız.

## 1.2. Op-Ampın Fonksiyonel Blok Diyagramı



**Şekil 1.3: İşlemsel yükseltecin fonksiyonel blok şeması**

Yüksek kazançlı lineer entegrelere op-amp denir. Op-amplar plastik ya da metal gövdeli olarak üretilirler.

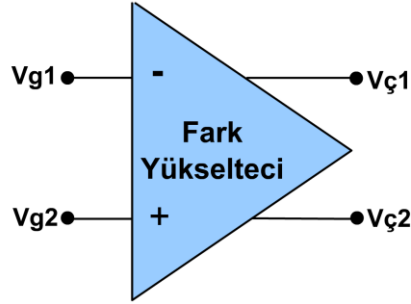
İşlemsel yükselteçlerin iç yapıları oldukça karmaşıktır. Ancak bunları kullanabilmek için içyapılarının ayrıntılarını bilmeye gerek yoktur. İşlemsel yükselteci kullanmak için, dış devre bağlantılarını, temel bazı özelliklerini ve nerede kullanılacağını bilmek yeterlidir. Temel olarak işlemsel yükselteç üç ana bölümden oluşur. Şekil 1.5'te görüldüğü gibi bunlar giriş devresindeki fark yükselteci, kazancı sağlayan gerilim yükselteci ve çıkış yükselteci devreleridir. Bu bölümler aşağıda kısaca incelenmiştir

### 1.2.1. Fark Yükselteci

İşlemsel yükselteçlerin çalışmasını anlayabilmek için öncelikle fark (diferansiyel) yükselteçlerini kısaca incelemek daha doğru olacaktır. Fark yükselteçleri, işlemsel yükselteçlerin giriş devresinde bulunan en önemli parçasıdır ve çok çeşitli uygulamalarda kullanılan özel bir devre türüdür. Şekil 1.5'te iki girişli temel bir fark yükselteci devresi

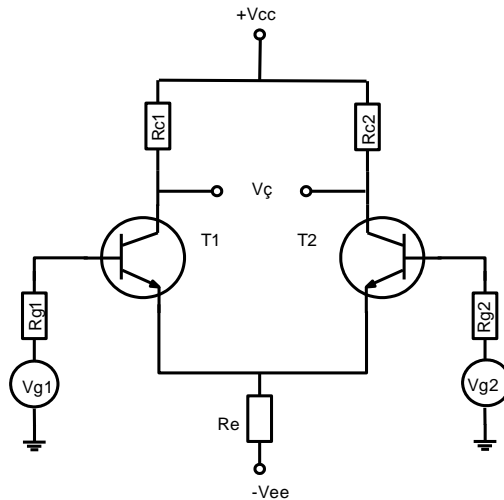
görülmektedir. Bu devrelere fark yükselteci denmesinin nedeni, girişlerine uygulanan iki sinyalin farkıyla orantılı bir çıkış sinyali üretmeleridir.

Şekil 1.5'te ise temel fark yükseltecinin açık devre şeması görülmektedir. Açık devre şemasında gördüğümüz gibi girişler iki ayrı transistörün beyzine uygulanır. Çıkışlar ise transistörlerin kolektör uçlarından alınmıştır.



Şekil 1.4: Fark yükselteci sembolü

Devrenin çalışabilmesi için negatif ve pozitif gerilim verebilen yani simetrik güç kaynağı kullanılmıştır. Ancak yükselteç tek bir güç kaynağıyla da çalışabilir. Devreye uygulanan iki ayrı giriş gerilimine bağlı olarak, iki girişin farklarıyla orantılı ve birbirinden  $180^\circ$  faz farklı çıkış gerilimi alınabilir. Bu tip montaj şekli hem DC hem de AC yükselteç olarak birkaç MHz' e kadar olan giriş sinyallerinin farkını kuvvetlendirebilir. Şekil 1.5'deki devreyi tam olarak dengelenmiş yani bütün devre elemanlarının ideal ve eş değer olduklarını düşünmemiz gerekir.



Şekil 1.5: Temel fark yükselteci devresi

Devredeki giriş  $V_{g1}$  ve  $V_{g2}$  gerilimleri birbirine eşit ya da sıfır olduğunda, transistörlerden geçen akımlar da birbirine eşit olacağından çıkış gerilimi  $V_{\check{c}}=0$  volt olur. Eş değer transistörlerin eşit gerilimle sürülmesi durumunda içlerinden geçen akım miktarı eşit olacak dolayısıyla uçlarında düşen gerilimler de birbirine eşit olacaktır. Her iki transistor ün de kollektörlerindeki gerilimler birbirine eşit olduğundan iki uç arasında bir potansiyel fark bulunmayacaktır. Dolayısıyla bir voltmetre ile kollektörden kollektöre gerilimi ölçtüğümüzde 0 V görürüz. Bu duruma devrenin denge hâli denir.

Devrenin giriş gerilimlerini değiştirecek, örneğin  $V_{g2}$  sabit tutulup  $V_{g1}$  değiştirilirse çıkış gerilimi  $V_{\check{c}}$  de  $V_{g1}$  ile aynı yönde değişir. Bu nedenle  $V_{g1}$  kaynağının bağlı olduğu uca "non-inverting" ya da evirmeyen uç adı verilir. Eğer  $V_{g1}$  sabit tutulup  $V_{g2}$  değiştirilirse çıkış gerilimi  $V_{\check{c}}$   $V_{g2}$  ye ters yönde değişir. Bu nedenle de  $V_{g2}$  nin bağlı olduğu uca "inverting" ya da eviren uç adı verilir. Çıkış sinyali girişlerden hangisinin genliği büyükse onun işaretini alır.

### **1.2.2. Gerilim Yükselteci**

Gerilim yükselteci istenilen yüksek kazancı sağlayabilmek için art arda bağlanmış birkaç yükselteç devresinden oluşur. Gerilim yükselteci katı giriş ve çıkış direnci oldukça yüksek ve yüksek kazançlı bir devredir. Ayrıca bu katın çıkışı ile çıkış yükselteci katları arasında tampon yükselteçleri ve seviye kaydırıcı devreler de bulunur.

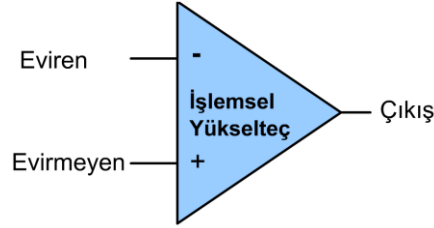
### **1.2.3. Çıkış Katı**

İşlemsel yükselteçlerin çıkış katlarında düşük çıkış direncini elde etmek amacıyla simetrik kolektörü şase yükselteç devreleri kullanılır. Bu düşük çıkış direnci sayesinde yeterli yük akımları elde edilebilir.

## **1.3. Op-Ampın Sembolü, Entegre Kılıfları ve Beslenmesi**

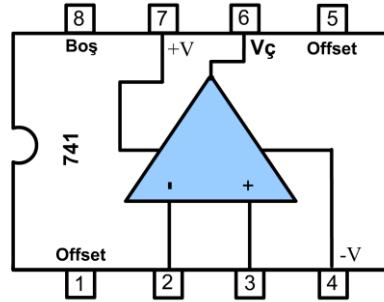
### **1.3.1. İşlemsel Yükseltecin Sembolü ve Ayak Bağlantıları**

Şekil 1.14'te görüldüğü gibi işlemsel yükselteç iki girişli tek çıkışlı bir yükselteç sembolü ile gösterilir. "–" işaretinin bulunduğu uç işlemsel yükseltecin eviren girişini "+" işaretli olan uç ise evirmeyen girişini işaret etmektedir. Bazı işlemsel yükselteç sembollerinde besleme giriş uçları da gösterilirken, çoğu zaman bu uçlar sembol üzerinde verilmez.



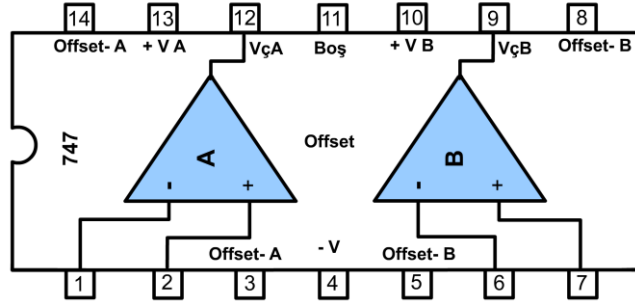
**Şekil 1.6: İşlemsel yükseltecin sembolü**

İşlemsel yükselteçler kullandıkları devrelere, çalıştırıldıkları frekansa, kullanım amacına, montaj şekline bağlı olarak çok çeşitli karakteristik özelliklerde ve farklı kılıf tiplerinde üretilir. Biz burada çok yaygın olarak kullanılan ve üretici firmaya göre adı LM741 ya da UM741 gibi adlarla anılan 741 kodlu işlemsel yükseltece ait kılıf şekilleri ve bağlantı şemasını inceleyeceğiz. Bunun yanında yine yaygın olarak kullanılan ve içinde 2 adet LM741 işlemsel yükselteci bulunan LM747 entegresi de verilmiştir.



**Şekil 1.7: LM741 iç yapısı ve ayak bağlantıları**

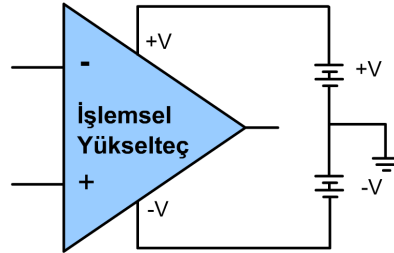
Şekil 1.7’te görüldüğü gibi LM741 işlemsel yükselteci 8 uçlu, genellikle plastik bir kılıf içinde bulunmaktadır. 2 nu.’lu uç eviren giriş, 3 nu.’ lu uç evirmeyen giriş, 6 nu.’lu uç ise çıkış ucudur. 7 nu.’lu uç +V ve 4 nu.’lu uç -V besleme gerilimi için kullanılmıştır. 1 ve 5 numaralı uçlar giriş dengesizlik gerilimi ayarı için kullanılmaktadır. 1 ve 5 nu.’lu uçlar gerekmedikçe kullanılmaz ve boş bırakılır. 8 nu.’lu uç ise kullanılmamaktadır.



**Şekil 1.8: LM747 nin iç yapısı ve ayak bağlantıları**

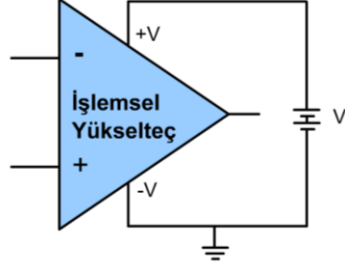
Şekil 1.8’de içinde iki adet LM741 işlemsel yükselteci bulun LM747 entegresi görülmektedir. Her bir işlemsel yükselteç için ayrı ayrı uçlar kullanılmış olup yalnızca “-“ besleme gerilimi ortak kullanılmıştır. Yine her bir işlemsel yükseltecin giriş dengesizlik gerilimi ayarı için ayrı ayrı uçlar bulunmaktadır.

### 1.3.2. İşlemsel Yükselteçlerin Beslenmesi



**Şekil 1.9: İşlemsel yükseltecin simetrik kaynaktan beslenmesi**

İşlemsel yükselteç sembolünde +V ve -V uçları, besleme kaynağının bağlandığı uçlardır. Bir işlemsel yükseltece  $\pm 5$  V,  $\pm 12$  V,  $\pm 15$  V,  $\pm 18$  V gibi besleme gerilimi uygulanabilir. Entegrenin hangi gerilimlerde çalışabileceği ürün bilgi sayfalarında ayrıntılı olarak yer almaktadır. Devrenize çalışma gerilimini vermeden önce kullandığınız entegre ile ilgili ürün bilgi sayfalarından çalışma gerilimini öğrenmeniz yarar vardır. İşlemsel yükselteçli devrelerin çalışma gerilimleri genellikle simetrik kaynaktan sağlanır. Şekil.1.9’da bir işlemsel yükseltecin simetrik kaynaktan beslendiği devre bağlantısı görülmektedir. İşlemsel yükselteç olarak 741 entegresi kullanılacaksa, entegrenin 7 nu’lu ucuna pozitif besleme, 4 nu’lu ucuna ise negatif besleme gerilimi uygulanır. Besleme gerilimi bir pilden elde ediliyorsa pillerin birleşim noktası toprak olarak kullanılır.



**Şekil 1.10: İşlemsel yükseltecin tek kaynaktan beslenmesi**

İşlemsel yükseltecin AC sinyal yükselteci olarak kullanıldığı durumlarda tek güç kaynağı kullanmak yeterlidir. Şekil 1.10'da ise işlemsel yükseltecin tek kaynaktan beslendiği devre şeması verilmiştir.

### 1.3.3. İşlemsel Yükselteçlerin Kılıf Şekilleri

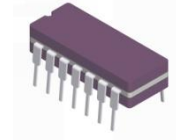
Şekil 1.11'de LM741 entegresi için National Semiconductor firması internet sitesinden alınan kılıf şekilleri gösterilmiştir. Görüldüğü gibi işlemsel yükselteç entegreleri ihtiyaca göre çok çeşitli boyut ve kılıf şekillerinde üretilebilmektedirler. Örneğin genel amaçlı ya da eğitim amaçlı kullanılacak devre elemanları için plastik kılıflı entegreleri tercih edebileceğimiz gibi, otomatik makineler tarafından montajı yapılacak ya da cep telefonu gibi son derece sıkışık alanlarda çalışmak gerektiğinde yüzey montajlı küçük entegreler tercih edilir.



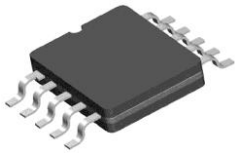
**a-741 Metal Kılıf**



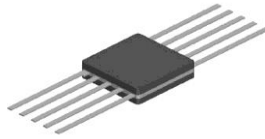
**b-Plastik kılıf**



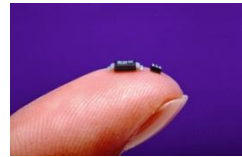
**c-Seramik kılıf**



**d-Seramik yüzey montaj**



**e-Seramik yüzey montaj**



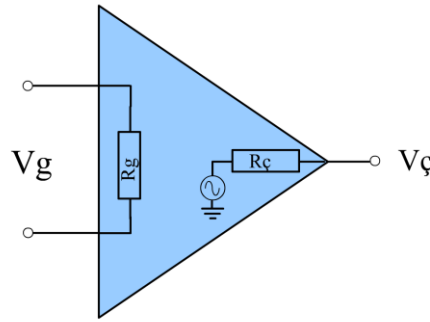
**f-Küçük entegre boyutları**

**Şekil 1.11: İşlemsel yükselteç kılıf şekilleri ve boyutları**

## 1.4. Op-Ampın Özellikleri

### 1.4.1. Giriş Empedans

İşlemsel yükseltecin fark girişleri arasında görülen ya da girişlerden herhangi biri ile toprak arasında görülen empedans olarak tanımlanır. İdeal işlemsel yükselteçte bu empedans sonsuz olarak ifade edilmekle birlikte pratikte giriş empedansı LM741 için  $R_g = 2 \text{ M}\Omega$  kadardır. FET girişli LM13741 işlemsel yükselteci için giriş empedansı  $R_g = 5 \times 10^{11}$  kadardır. Çok yüksek olan bu giriş empedansı nedeniyle işlemsel yükseltecin girişine ihmal edilebilecek düzeyde küçük akımlar akmaktadır. Bu da işlemsel yükseltecin kendinden önce gelen devrelerden çok az akım çekeceği, yani yüklemeyeceği anlamına gelir.



Şekil 1.12: İşlemsel yükseltecin giriş ve çıkış empedansı

### 1.4.2. Çıkış Empedansı

İşlemsel yükseltecin çıkış terminali ile toprak arasında görülen empedans olarak tanımlanır. Tipik olarak  $100 \Omega$  olan çıkış empedansı, çıkış sinyalini yüke uygulamak için kullanılan çıkış katına bağlı olarak gösterilir. İdeal işlemsel yükselteçte sıfır olarak tanımlanan bu parametre pratikte çok düşük bir değerde olup, LM741 için yaklaşık  $R_{\text{ç}} = 75 \Omega$ 'dur.

#### ➤ Giriş ve Çıkış Empedansı Nasıl Ölçülür?

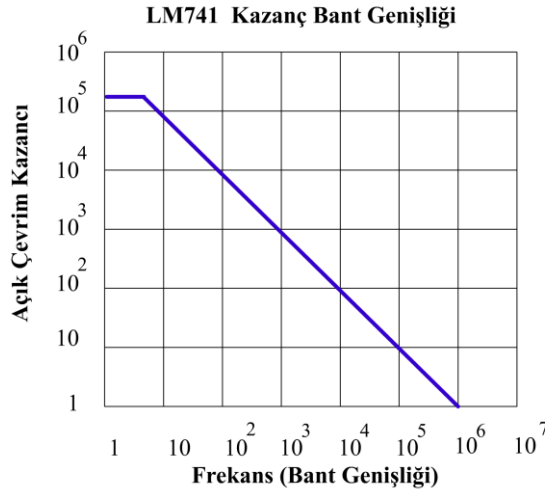
Giriş empedansı ölçülmesi işlemi ohm metre ile yapılan bir ölçme işlemi değildir. Giriş empedansı, giriş gerilimi değişiminin girişlerden birinin toprağa göre ölçülen akımındaki değişime oranı ile bulunur.

Aynı şekilde çıkış empedansı da, çıkış gerilimindeki değişimin, çıkış akımına oranı ile bulunur.

### 1.4.3. Gerilim Kazancı

İdeal bir işlemsel yükselteç için sonsuz olarak tanımlanmış olan bu parametre pratikte çok yüksek olmakla birlikte sonsuz değildir. LM741 için açık çevrim kazancı 200.000 (200 V/mV) olarak verilmektedir. Buna göre birkaç milivoltluk bir giriş gerilimi uygulanan işlemsel yükselteç birkaç volt düzeyinde çıkış gerilimi üretir. Bu derecede yüksek kazançlı bir devrenin daha büyük giriş gerilimleriyle kullanılabilmesi için geri besleme devresi ile kazancının sınırlandırılması gerekir. Açık çevrim kazancı ürün bilgi sayfalarında Avd başlığı altında V/mV cinsinden verilir.

### 1.4.4. Bant Genişliği



**Şekil 1.13: İşlemsel yükseltecin frekans bant genişliği**

Bant genişliği, işlemsel yükseltecin kazancının 1'e düştüğü noktadaki üst frekans değerini belirtir. İdeal işlemsel yükselteçlerin özellikleri tanımlanırken bant genişliğinin sonsuz olduğu belirtilmişti. Sonsuz bant genişliğine sahip bir devre elemanın her frekansta aynı kazancı vermesi gerektiği düşünülebilir. Ancak pratikte işlemsel yükselteçler frekansa bağımlı devre elemanlarıdır. İşlemsel yükselteçlerin iç yapısında, yüksek frekanslarda osilasyon yapmamaları için, devrenin uygun yerlerinde kondansatörler kullanılır. Bu kondansatörler nedeniyle kazanç frekansa bağlı olarak azalır. İşlemsel yükselteç devresine uygulanan sinyalin frekansı yükseldikçe açık çevrim kazancı düşmektedir. Şekil 1.13'de kazancın frekansa göre değişimi grafiksel olarak gösterilmiştir. Dikkat edilecek olursa (kazanç \* bant genişliği = sabit) olmaktadır. Bu sabite 1 Mhz'dir. Grafikte görüldüğü gibi 5-6 Hz frekansa kadar açık çevrim kazancı yaklaşık 200.000 iken, frekans yükseldikçe kazancın doğrusal olarak azaldığı ve 1 Mhz civarında kazancın yaklaşık 1 olduğu görülmektedir. Sonuç olarak işlemsel yükselteç düşük frekans uygulamalarında yüksek kazanç sağlamakta yüksek frekanslarda ise kazanç düşmektedir.



## 1.4.5. İdeal Op-Amp ve Pratik Op-Ampın Karşılaştırılması

### 1.4.5.1. İdeal Op-Amp Yükseltecin Özellikleri

Aşağıda ideal bir işlemsel yükseltece ait özellikler sıralanmıştır. Ancak çoğu zaman ideal bir sistemin uygulamada aynı özellikleri göstermeyebileceği bir gerçektir. İşlemsel yükselteçler için de bu kural geçerlidir ve ideal işlemsel yükselteç ile pratik işlemsel yükselteç arasında farklılıklar vardır. “Bu durum iyi midir, kötü müdür?” gibi bir soru aklımıza takılabilir. Ancak işlemsel yükseltecin ideal özellikleri ile yapamayacağımız bazı şeyleri, ideal olmayan özelliklerinden yararlanarak gerçekleştirmemiz mümkündür.

İdeal bir işlemsel yükselteçten beklenen özellikler şu şekilde sıralanabilir:

- Açık çevrim (geri beslemesiz) kazancı sonsuzdur. ( $K=\infty$ )
- Bant genişliği sonsuzdur. ( $BG=\infty$ )
- Gürültüsü yoktur.
- Hem iki giriş arası hem de her girişle toprak arası empedans sonsuzdur. ( $R_g=\infty$ )
- Çıkış empedansı sıfırdır. ( $R_{\text{ç}}=0$ )
- Çıkış empedansı sıfır olduğu için sonsuz akım sürebilir.
- Gerilim kaldırma kapasitesi sonsuzdur. Yani her gerilimde çalışır.
- Yukarıdakilerin hepsi her sıcaklıkta doğrudur.

### 1.4.5.2. Pratik İşlemsel Yükseltecin Özellikleri

Elektronik devre elemanları kullanılacakları sistemler dikkate alınarak belli toleranslar dâhilinde üretilir. İdeal değerler ile üretim teknolojisi, hammadde ve diğer etkenlerden dolayı ürün belli bir miktar hata payı ile ortaya çıkabilir. Dolayısıyla işlemsel yükselteçlerin idealde istenen özellikleriyle, ortaya çıkan ürünün özellikleri arasında farklılıklar vardır.

Pratik bir işlemsel yükselteçten beklenen özellikler şu şekilde sıralanabilir:


- Gerilim kazancı 45.000-200.000 arasındadır.
- Giriş empedansı 0,3-2M $\Omega$
- Çıkış empedansı 50-100 $\Omega$
- Band genişliği 1MHz dolayındadır.
- Çıkış akımları ( $I_{\text{çıkış}}$ ) 10-100mA dolayındadır.
- Giriş uçlarına 0 volt uygulandığında çıkış uçlarında da 0 volt oluşmaktadır.
- Karakteristikleri sıcaklıkla çok az değişmektedir.
- Giriş uçlarını çektiği akım sıfıra yakındır.

## 1.5. Katalog Değerlerinin Okunması

Üretici firmalar ürünlerinin en etkin ve doğru bir şekilde kullanımını sağlamak amacıyla, tasarımcıların yararlanacağı ayrıntılı ürün bilgi sayfaları hazırlar. Bu sayfalarda ürün hakkında genel açıklamalar, kılıf şekilleri ve uç bağlantıları, tipik uygulamalar ve örnekleri, varsa özel uygulama devreleri, çalıştırılma koşulları, elektriksel karakteristikleri, ürün karşılaştırma tabloları, karakteristik eğrileri, iç devre şeması, her bir kılıf şekli için ayrıntılı fiziksel ölçüleri ve üretici ile irtibat kurmak için gerekli adres, telefon, web adresi gibi bilgiler bulunur.

Ürün bilgi sayfaları belirli aralıklarla üretici firmalar tarafından güncelleştirilerek kataloglar halinde dağıtıldığı gibi, internet üzerinden de yayımlanmaktadır. Örneğin, [www.δατασηεργαταλογ.χομ](http://www.δατασηεργαταλογ.χομ) gibi bazı internet siteleri sadece ürün bilgi sayfaları dağıtım hizmeti vermektedir.

Aşağıda LM741 için ürün bilgi sayfalarından bazı bölümlere yer verilmiştir. National Semiconductor tarafından üretilen LM741 entegre sinin ürün bilgi sayfasına ulaşmak için [www.νατιοναλ.χομ/πφ/AM/LM741.ητυλ](http://www.νατιοναλ.χομ/πφ/AM/LM741.ητυλ) adresini kullanabilirsiniz.

November 1994

### LM741 Operational Amplifier

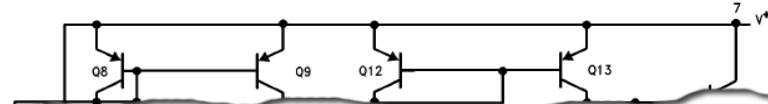
**General Description**

The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications. The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

The LM741C/LM741E are identical to the LM741/LM741A except that the LM741C/LM741E have their performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of -55°C to +125°C.

---

**Schematic Diagram**



LM741 Operational Amplifier

Şekil 1.14: LM741 ürün bilgi sayfası, genel açıklamalar

Şekil 1.14'de LM741 ürün bilgi sayfalarında giriş bölümünde, ürünle ilgili genel açıklamalara yer verilmiş. Bunu yanında entegrenin iç devre şeması ve ofset ayarının nasıl yapılacağını gösteren örnek bir devre mevcuttur.

<b>Absolute Maximum Ratings</b>				
<b>If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications. (Note 5)</b>				
	<b>LM741A</b>	<b>LM741E</b>	<b>LM741</b>	<b>LM741C</b>
Supply Voltage	±22V	±22V	±22V	±18V
Power Dissipation (Note 1)	500 mW	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	±30V	±30V	±30V	±30V
Input Voltage (Note 2)	±15V	±15V	±15V	±15V
Output Short Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	-55°C to +125°C	0°C to +70°C	-55°C to +125°C	0°C to +70°C

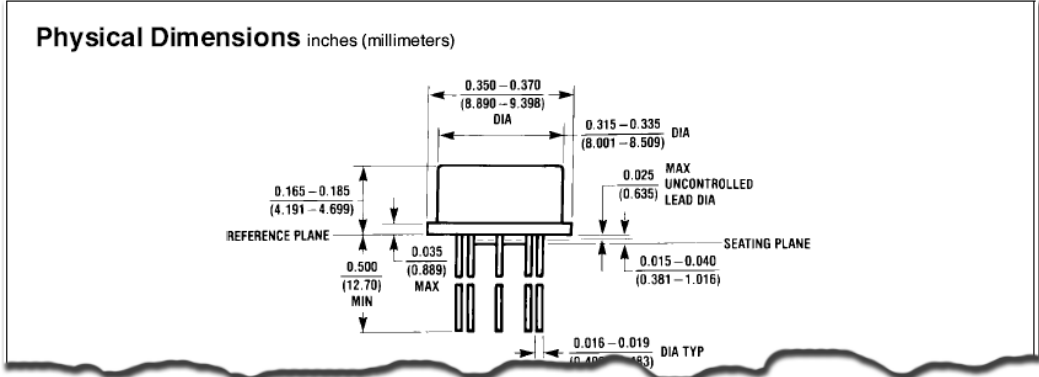
**Şekil 1.15: LM741 ürün bilgi sayfası, sınır değerler**

Bu bölüm entegreye uygulanabilecek sınır değerleri göstermektedir. Örneğin besleme gerilimi, kısa devre akımı, çalışma sıcaklığı, kılıf tipine göre lehimleme sıcaklıkları gibi değerler karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Ayrıca askeri veya uzay uygulamaları için firma ile irtibata geçilmesi gerektiği belirtilmektedir.

<b>Electrical Characteristics</b> (Note 3) (Continued)											
Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 20V$ $R_L \geq 10 k\Omega$ $R_L \geq 2 k\Omega$	±16									V
	$V_S = \pm 15V$ $R_L \geq 10 k\Omega$ $R_L \geq 2 k\Omega$				±12 ±10	±14 ±13		±12 ±10	±14 ±13		V V
Output Short Circuit Current	$T_A = 25^\circ C$	10	25	35		25			25		mA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$	10		40							mA
Common-Mode Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_S \leq 10 k\Omega$ $V_{CM} = \pm 12V$				70	90		70	90		dB

**Şekil 1.16: LM741 ürün bilgi sayfası, elektriksel karakteristikler**

Şekil 1.16'da LM741 için elektriksel karakteristikleri farklı modeller için karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Parameter sütununda, ele alınan özellik yer almaktadır. Conditions sütunu verilen değerlerin hangi koşullarda elde edilebileceği, diğer üç sütunda LM741 in farklı modelleri için en az tipik ve en fazla karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Son olarak units sütununda ise verilen değerlere ait birimler gösterilmiştir.

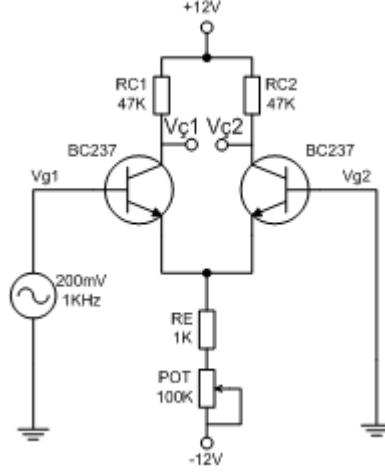


**Şekil 1.17: LM741 ürün bilgi sayfası, kılıf şekilleri ve fiziksel ölçüler**

Şekil 1.17’de ise LM741’e ait çeşitli kılıf şekilleri ve ayrıntılı fiziksel ölçüleri yer almaktadır.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Tek Girişli Fark Yükseltici Uygulamasını Yapınız.



### MALZEME LİSTESİ:

- Bread board, çift ışınlı osilaskop
- AVO metre, sinüsoydal sinyal jeneretörü
- Simetrik ( ± ) 12 V DC güç kaynağı
- 2xBC237 transistör
- Dirençler: 1K, 2 x 47K, 100K potansiyometre

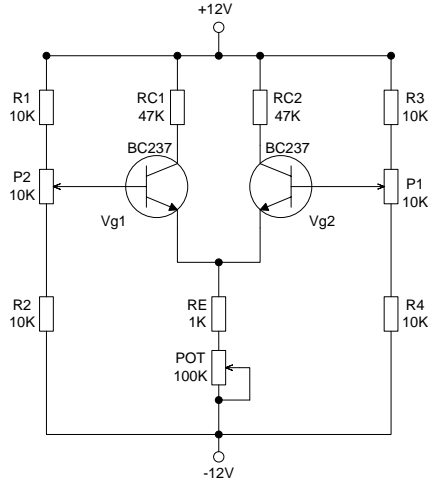
İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Malzemelerin sağlamlık kontrolünü yaparak devreyi kurunuz.	➤ Transistör ve direnci ölçünüz.
➤ Osilaskopun 1.kanalını $V_{c1}$ 'e, 2.kanalını $V_{c2}$ 'e bağlayınız	➤ Osilaskopun sıfır ayarını yapınız.
➤ $V_{g1}$ ve $V_{g2}$ 'yi şaseye bağlayınız. Devreye enerji uygulayarak çalıştırınız. $P_1$ 'i ayarlayarak $V_{c1}$ ve $V_{c2}$ 'nin sıfır olmasını sağlayınız. ( Bu durumda potansiyometrenin değeri 20K. Civarında olur.)	➤ Çıkışları sıfırlamak için pot ayarına dikkat ediniz.
➤ Potansiyometrenin ayarını bozmadan osilaskopun 1.kanalını $V_{g1}$ 'e 2. kanalını önce $V_{c1}$ 'e sonra $V_{c2}$ 'ye bağlayınız. ( Volt/Div: 1.kanal için 50 mV, 2.kanal için 5V, Time/Div: 0,5 mS uygundur.)	➤ Osilaskop uçlarını değiştirirken osilaskopun ayarlarına dikkat ediniz
➤ $V_{g1}$ 'i şaseden ayırarak 200 mV/2KHz sinüsoydal sinyal uygulayınız.	➤ Girişi şaseden ayırırken topraklamaya dikkat ediniz.
➤ Girişe göre $V_{c1}$ ve $V_{c2}$ gerilimlerini Osilaskop yardımıyla ölçülü olarak	➤ Çıkışları defterlerinize düzgün olarak aktarınız.

---

<p>çiziniz. ( Giriş geriliminin seviyesi yüksek olduğunda çıkışlar kırpılır ve kare dalga şeklinde olur. Çıkışta sinüsoidal şekil elde edene kadar <math>P_1</math>'in değeri artırılır. Bu durumda pot'un değeri yaklaşık 50K olur.)</p>	
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

## UYGULAMA FAALİYETİ-

İki Girişli Fark Yükseltici Uygulamasını Yapınız.



### MALZEME LİSTESİ:

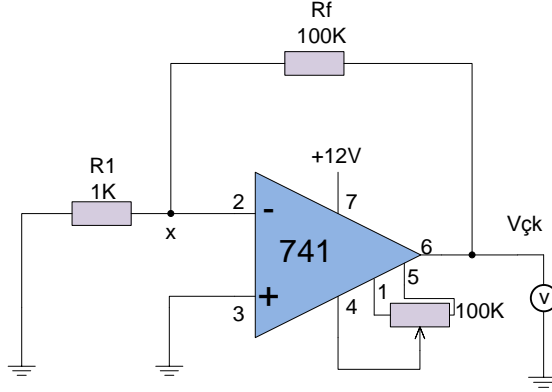
- Bread board, AVO metre, simetrik ( $\pm$ ) 12 V DC güç kaynağı
- 2xBC237 transistör
- Dirençler : 1K, 2 x 47K, 4x10K pot.
- Potlar : 2x10K, 100K

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Malzemelerin sağlamlık kontrolünü yaparak devreyi kurunuz.	➤ Transistör ve direnci ölçünüz.
➤ Devreye enerji uygulayarak çalıştırınız. $P_2$ ve $P_3$ 'ü kullanarak $V_{g1}$ ve $V_{g2}$ 'yi sıfır yapınız. $P_1$ 'i ayarlamak suretiyle $V_{c1}$ ve $V_{c2}$ 'nin şaseye göre sıfır olmasını sağlayınız.	➤ Bu durumda potansiyometre yaklaşık 20K olmalıdır
➤ $V_{g1}$ ve $V_{g2}$ 'ye Tablo-1'deki gerilim değerlerini uygulayacak şekilde $P_2$ ve $P_3$ 'ü ayarlayınız.	➤ Giriş gerilimlerine göre potansiyometre ayarı yapınız.
➤ Giriş değerlerine göre $V_{c1}$ ve $V_{c2}$ gerilimlerini şaseye göre ölçüp tablo'ya kaydediniz.	➤ Eğer giriş uyguladığınızda çıkış sinyali alamıyorsanız, $P_1$ ile hassasiyet ayarı yapınız.

$V_{g1}$	0	0	0	+0,5V	-0,5V	+0,5V	-0,5V	-0,5V	-1V	+1V
$V_{g2}$	0	+0,5V	-0,5V	0	0	+0,5V	+0,5V	-0,5V	-1V	+1V
$V_{c1}$										
$V_{c2}$										

## UYGULAMA FAALİYETİ

Op-Amp'ın Offset Ayarını Yapınız



### MALZEME LİSTESİ:

- Breadboard
- AVO metre
- Simetrik ( ± ) 12 V DC güç kaynağı
- 741 entegresi
- Dirençler: 1K, 2x100K

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Devreyi kurunuz.	➤ Önce Breadbordun çalışmasını öğreniniz.
➤ Pot min. iken çıkış gerilimini ölçüp tabloya kaydediniz.	➤ Potansiyometreyi min. konumuna getirirken dikkat ediniz.
➤ Pot max. iken çıkış gerilimini ölçüp tabloya kaydediniz.	➤ Potansiyometreyi max. konumuna getirirken dikkat ediniz.
➤ Potu ayarlayarak voltmetrede çıkışın sıfır olduğunu görünüz.	➤ Voltmetreyi çıkışa bağlarken doğru bağladığınıza dikkat ediniz.
➤ Potun değerini bozmadan devreden söküp ölçünüz.	➤ Potansiyometreyi sökerken devreye zarar vermeyiniz.

Potansiyometre	MİN.	MAX.
ÇIKIŞ		



## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Op-ampli devreyi kurdunuz mu?		
2. Gerilim kaynağını devreye bağladınız mı?		
3. Offset ayarı yaptınız mı?		
4. Farklı frekanslarda devrenin giriş ve çıkış gerilimlerini ölçtünüz mü?		
5. Kazancı hesapladınız mı?		
6. Frekans kazanç eğrisini çizdiniz mi?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınızı “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

- Aşağıdakilerden hangisi yükseltecin görevlerinden değildir?  
A) Akım kazancı sağlamak  
B) Gerilim kazancı sağlamak  
C) Güç kazancı sağlamak  
D) Frekans kazancı sağlamak
- Aşağıdakilerden hangisi ideal işlemsel yükseltecin özelliklerinden değildir?  
A) Giriş direnci sonsuzdur  
B) Açık çevrim kazancı sonsuzdur  
C) Çıkış direnci sonsuzdur  
D) Bant genişliği sonsuzdur
- Ürün bilgi sayfalarında aşağıdakilerden hangisi bulunmaz?  
A) Fiziksel ölçüler  
B) Üretici adres bilgileri  
C) Fiyat bilgileri  
D) Teknik özellikler
- Aşağıdakilerden hangisi op-ampın blok diyagramı içinde değildir?  
A) Fark yükselteci  
B) Çıkış yükselteci  
C) Gerilim yükselteci  
D) Giriş yükselteci
- Aşağıdakilerden hangisi ideal op-ampın özelliklerinde değildir?  
A) Bant genişliği sonsuzdur.( $BG=\infty$ )  
B) Gürültüsü yoktur.  
C) Çıkış empedansı sıfırdır. ( $R_{\check{c}}=0$ )  
D) Giriş empedansı  $0,3-2M\Omega$
- Aşağıdakilerden hangisi Pratik op-ampın özelliklerinde değildir?  
A) Bant genişliği sonsuzdur.( $BG=\infty$ )  
B) Giriş uçlarını çektiği akım sıfıra yakındır.  
C) Karakteristikleri sıcaklıkla çok az değişmektedir.  
D) Giriş empedansı  $0,3-2M\Omega$

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

İstenen çalışmayı gerçekleştiren işlemsel yükselteç uygulama devresini çalıştırabilecek ve arızasını giderebilecektir.

## ARAŞTIRMA

- Çevrenizde karşılaştığınız ısı ve ışık duyarlı sistemlerin nasıl çalıştığını araştırınız. Bu sistemlerin nasıl çalıştıkları konusundaki fikirlerinizi arkadaşlarınızla tartışınız. Çevrenizdeki elektronik devre elemanı satıcısından işlemsel yükselteç entegresi satın alınız ve ürün bilgi sayfalarından yararlanarak elinizdeki ürünün özellikleriyle ilgili bir rapor hazırlayıp arkadaşlarınızla tartışınız.

## 2. OP-AMPIN KULLANIM ALANLARI

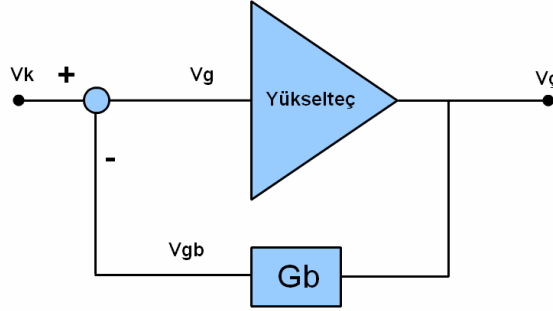
### 2.1. Negatif Geri Besleme Prensipleri, Avantaj ve Dezavantajları

Negatif geri besleme, çıkıştan alınan sinyalin girişe, giriş sinyalini zayıflatıcı yönde uygulanmasıyla gerçekleştirilir. Bu zayıflatmayı gerçekleştirebilmek için geri besleme sinyali ile giriş sinyali arasında  $180^\circ$  faz farkı olmalıdır. Bu geri besleme türü yükseltecin toplam gerilim kazancını azaltır. Bunun yanında aşağıda listelenen bazı önemli faydalar sağlar.

Yükselteç devrelerinde negatif geri besleme:

- Daha kararlı bir gerilim kazancı,
- Daha iyi bir frekans tepkisi,
- Daha fazla doğrusal çalışma,
- Daha yüksek giriş direnci,
- Daha düşük çıkış direnci,
- Daha az gürültü, elde etmek amacıyla kullanılır.

Elbette yukarıda sayılan özellikleri elde etmek için kazancın bir kısmından fedakârlık gerekmektedir. Ancak bu olumsuz bir şey değil aksine, geri besleme sayesinde devrenin daha kararlı çalışması sağlanmış olur.



**Şekil 2.1: Geri besleme prensibi**

Şekil 2.1’de genel bir geri besleme sisteminin prensip devresi görülmektedir. Devrenin girişinde karıştırıcı ya da toplayıcı da diyebileceğimiz bir bağlantı vardır. Devrenin girişine  $V_k$  (kaynak) sinyali uygulanmıştır. Devrenin çıkışındaki  $V_ç$  sinyalinin (küçük) bir kısmı alınarak  $V_{gb}$  olarak geri verilir. Devredeki  $G_b$  kutusu geri besleme devresini temsil etmektedir. Geri besleme devresinde bir kazanç olmayıp bir zayıflatma söz konusudur. Burada negatif geri besleme için en önemli nokta geri besleme devresinden gelen  $V_{gb}$  sinyali ile devrenin girişine bağlanan  $V_k$  sinyalinin fazları birbirine ters olmalıdır. Yani birbirlerini zayıflatmaları gerekir. Bu durumu sağlamak için ya devredeki yükselteç "eviren" cinsten olmalı ya da geri besleme devresi çıkış sinyalinin işaretini ters çevirmelidir. Genellikle yükseltecin eviren cinsten olması tercih edilir. Yükseltecin girişine uygulanan sinyal  $V_g$ ,  $V_k$  ve  $V_{gb}$  sinyallerinin farkıdır. Bu da devrenin toplam kazancının azalmasına yol açar. Bu azalma bir kayıptan ziyade bir iyileşme olarak düşünülmelidir.

Gerri beslemeyi gerçekleştirmek üzere hem gerilim hem de akım girişe seri ya da paralel olarak uygulanabilir. Negatif geri besleme bağlantı türlerine göre dörde ayrılır.

Bunlar:

- Seri gerilim geri beslemesi,
- Paralel gerilim geri beslemesi,
- Seri akım geri beslemesi,
- Paralel akım geri beslemesidir.

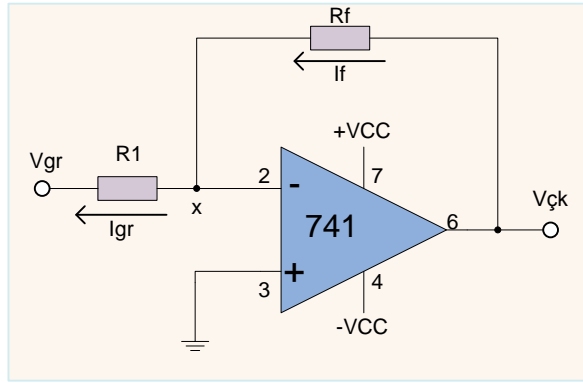
## **2.2. Negatif Geri Beslemenin Giriş-Çıkış Empedansına ve Kazanca Etkisi**

Bu bağlantı türlerinin değişik anlam ve özellikleri vardır. Seri sözcüğü, geri besleme sinyalinin giriş sinyali ile seri bağlandığını; paralel sözcüğü, geri besleme sinyalinin giriş sinyali ile paralel bağlandığını; gerilim sözcüğü, geri besleme devresinin girişine çıkış geriliminin bağlandığını; akım sözcüğü ise, geri besleme devresinin girişine, çıkış akımının bir kısmının girdiğini gösterir.

Paralel geri beslemeli devrelerde giriş empedansı düşük; akım geri beslemeli devrelerde çıkış empedansı yüksek; seri geri beslemeli devrelerde giriş direnci yüksek ve gerilim geri beslemeli devrelerde çıkış empedansı düşük özellikler gösterir.

Yükselteçlerde genellikle giriş empedansının yüksek, çıkış empedansının düşük olması istenir. Bu özellik seri ve gerilim geri beslemesi kullanılarak sağlanır.

### 2.3. Negatif Geri Besleme ve Op-ampın Faz Tersleyen (İnverting) Yükselteç Olarak Kullanılması



Şekil 2.2 Op-ampın faz tersleyen (İnverting) yükselteç devresi

Şekildeki devrede sinyal (-) girişe uygulanır. R1 giriş direnci, Rf ise geribesleme direncidir. Op-amp devresinin özelliğinden dolayı x noktasındaki gerilim 0 volta yakındır. Bu nedenle,

$$V_{gr} = I_{gr} \cdot R_1$$

$$V_{çk} = -I_f \cdot R_f$$

olur. Kirşof'un akımlar kanununa göre

$$I_f = I_{gr}$$

olduğundan,

$$V_{çk} = -I_{gr} \cdot R_f = \left( \frac{V_{gr}}{R_1} \right) \cdot R_f$$

olur. Bunun sonucunda,

$$A_V = \frac{V_{çk}}{V_{gr}} = - \frac{R_f}{R_1}$$

olur. Burada;

$A_V$ = Kazanç
$V_{çk}$ = Çıkış gerilimi (volt)
$V_{gr}$ = Giriş gerilimi (volt)
$R_f$ = Geribesleme direnci ( $\Omega$ )
$R_1$ = Giriş direnci ( $\Omega$ )

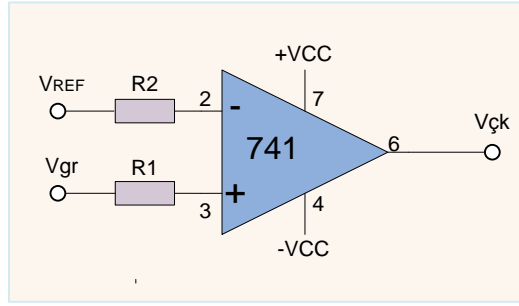
### Örnek1:

Şekil 2.1. deki devrede  
 $R_f = 22 \text{ K}\Omega$   
 $R_1 = 10 \text{ K}\Omega$   
 $V_{gr} = 2 \text{ volt}$   
olduğuna göre  $V_{\text{çk}} = ?$

### Cevap:

$$\frac{V_{\text{çk}}}{V_{gr}} = -\frac{R_f}{R_1} \quad V_{\text{çk}} = -\frac{R_f}{R_1} \cdot V_{gr} \quad V_{\text{çk}} = -\frac{22}{10} \cdot 2 \quad V_{\text{çk}} = -4,4 \text{ volt}$$

## 2.4. Op-Ampın Karşılaştırıcı Olarak Kullanılması



Şekil 2.3: Op-ampın karşılaştırıcı devresi

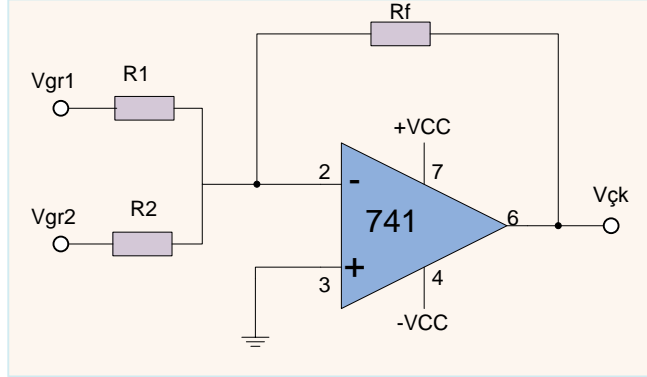
Şekildeki devrede  $V_{gr}$  ve  $V_{REF}$  gerilimleri arasında, çok küçük de olsa bir fark varsa, bu fark op-amp'ın açık devre kazancı (200 000 civarında) ile çarpılır ve çıkışta yaklaşık olarak  $+V$  veya  $-V$  görülür.

Şekildeki kıyaslayıcı, evirmeyen özelliğindedir. Çünkü  $V_{gr}$  (+) uca uygulanmıştır.  $V_{gr} > V_{REF}$  olduğunda  $V_{\text{çk}} = +V$  (yaklaşık)  $V_{gr} < V_{REF}$  olduğunda  $V_{\text{çk}} = -V$  (yaklaşık) olur. Tersi durumda, eviren kıyaslayıcı elde edilir.

Deneylerde kullanılacak 747 op-amp devresinin maksimum dayanabileceği diferansiyel giriş  $\pm 30 \text{ V}$  civarındadır. Buna göre  $V_{gr}$  ile  $V_{REF}$  arasındaki gerilim farkı hiçbir zaman 30 voltu aşmamalıdır. Aksi durumda op-amp hasar görür.

Kıyaslayıcı devresi, A/D (analog to digital) çeviricilerde, delta modülatörlerinde ve daha birçok alanda kullanılan önemli bir devredir.

## 2.5. Op-Ampın Toplayan Yükselteç Olarak Kullanılması



Şekil 2.4: Op-ampın toplayan yükselteç devresi

Şekildeki devrede op-amp'ın toplayan yükselteç olarak kullanımı görülmektedir. Burada op-amp eviren yükselteç olarak çalışmakta olup çıkış;

$$V_{\text{çık}} = -\left(\frac{R_f}{R_1} \cdot V_{\text{gr1}} + \frac{R_f}{R_2} \cdot V_{\text{gr2}}\right)$$
 olarak yazılabilir. Eğer  $R_f = R_1 = R_2$  seçilirse,

$V_{\text{çık}} = -(V_{\text{gr1}} + V_{\text{gr2}})$  olur. Burada (-) işareti op-amp'ın eviren yükselteç olarak çalışmasından kaynaklanmaktadır. Evirmeyen yükselteç olsaydı (+) olacaktı.

### Örnek2:

Şekil 2.3. deki devrede

$$R_f = 10 \text{ K}\Omega$$

$$R_1 = 2 \text{ K}\Omega$$

$$R_2 = 5 \text{ K}\Omega$$

$$V_{\text{gr1}} = 2 \text{ volt}$$

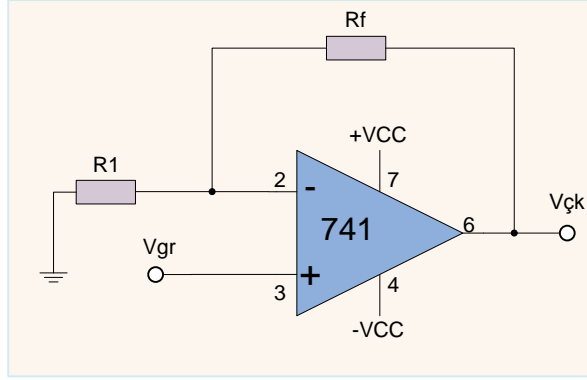
$$V_{\text{gr2}} = 5 \text{ volt}$$

Olduğuna göre  $V_{\text{çık}} = ?$

Cevap:

$$V_{\text{çık}} = -\left(\frac{R_f}{R_1} \cdot V_{\text{gr1}} + \frac{R_f}{R_2} \cdot V_{\text{gr2}}\right) \text{ ise } V_{\text{çık}} = -\left(\frac{10}{2} \cdot 2 + \frac{10}{5} \cdot 5\right) = -(10+10) = -20 \text{ Volt}$$

## 2.6. Op-Ampın Faz Terslemeyen (Non-Inverting) Yükselteç Olarak Kullanılması



Şekil 2.5: Op-ampın faz terslemeyen (Noninverting) yükselteç devresi

Şekilde op-ampın faz terslemeyen yükselteç olarak kullanımı görülmektedir. Devrede sinyal terslemeyen (+) girişe uygulanmıştır. Giriş ile çıkış işaretleri arasında faz farkı yoktur.

$A_v = \frac{V_{çk}}{V_{gr}} = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right)$  olarak ifade edilebilir. Bu bağlantıda çıkış empedansı oldukça yüksektir.

Evirmeyen yükselteç ile, daha önceden incelenen, eviren yükselteç arasındaki belli başlı farklar şunlardır;

Evirmeyen yükselteçte giriş ve çıkış işaretleri aynı fazdadır. Eviren yükselteçte ise aralarında  $180^\circ$  faz farkı vardır.

Evirmeyen yükseltecin giriş empedansı op-amp giriş empedansına eşit olup çok yüksektir. Eviren yükseltecin giriş empedansı ise  $R_1$  kadardır.

Evirmeyen yükseltecin kazancı, eviren yükseltecinkinde daima 1 fazladır, daima da 1' den büyüktür.

Çıkış empedansı, band genişliği gibi diğer özellikler bakımından aralarında fazla fark yoktur.

### Örnek3:

Şekil 2.5. deki devrede

$$R_f = 100 \text{ K}\Omega$$

$$R_1 = 50 \text{ K}\Omega$$

$$V_{gr} = 2 \text{ volt}$$

$$V_{çk} = ?$$

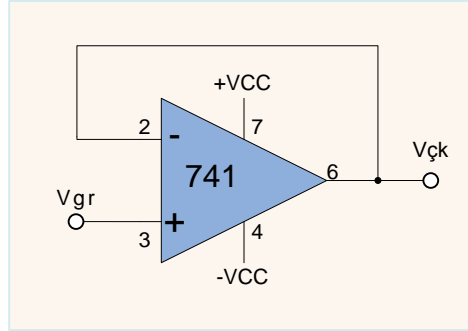


**Cevap:**

$$A_v = 1 + \frac{R_f}{R_1} = 1 + \frac{100 \text{ K}\Omega}{50 \text{ K}\Omega} = 3$$

$$V_{\text{çık}} = A_v \cdot V_{\text{gr}} = 2.3 = 6 \text{ Volt}$$

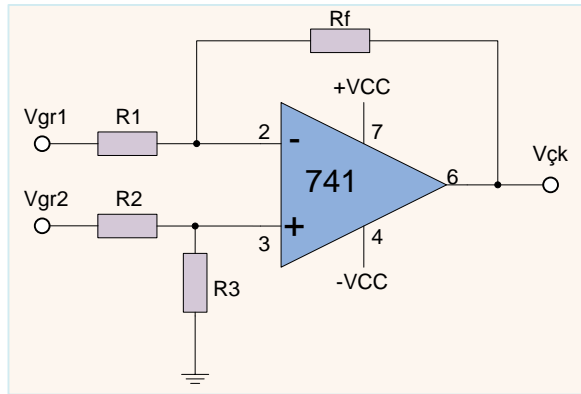
## 2.7. Op-Ampın Gerilim İzleyici Olarak Kullanılması



**Şekil 2.6: Op-ampın gerilim izleyici devresi**

Gerilim izleyici devresi isminden de anlaşılacağı gibi gerilim kazancının 1 ve giriş çıkış işaretlerinin aynı fazda olduğu bir yükselteçtir. Bu özellikler, kazancı 1 olan evirmeyen yükselteç olarak sağlanabilir. Böyle bir devre şekil 2.3'te görülmektedir. Bu devrenin kazancı 1 olduğu için band genişliği oldukça yüksektir. Giriş empedansı büyük, çıkış empedansı ise çok küçüktür.

## 2.8. Op-Ampın Fark Alıcı Yükselteç Olarak Kullanılması



**Şekil 2.7: Op-ampın fark alıcı yükselteç devresi**

Şekildeki op-amp devresinin çıkartma işlemini nasıl yaptığına ait devre görülmektedir. Devrede süperpozisyon teoremi uygulandığında;

$$V_{\text{gr1}} \text{ den dolayı çıkış } (V_{\text{çk1}}); V_{\text{çk1}} = -\frac{R_f}{R_1} \cdot V_{\text{gr1}} \text{ olur.}$$

$$V_{\text{gr2}} \text{ den dolayı çıkış } (V_{\text{çk2}}); V_{\text{çk2}} = \left( \frac{R_3 \cdot V_{\text{gr2}}}{R_2 + R_3} \right) \cdot \left( 1 + \frac{R_f}{R_1} \right)$$

$$V_{\text{çk2}} = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) \cdot \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3}\right) \cdot V_{\text{gr2}} \text{ olur.}$$

$$V_{\text{çk}} = V_{\text{çk1}} + V_{\text{çk2}} = -\frac{R_f}{R_1} \cdot V_{\text{gr1}} + \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) \cdot \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3}\right) \cdot V_{\text{gr2}} \text{ olarak bulunur.}$$

Eğer  $R_1 = R_2 = R_3 = R_f$  ise;  $V_{\text{çk}} = V_{\text{gr2}} - V_{\text{gr1}}$  olur. Görüldüğü gibi, devre girişine uygulanan gerilimlerin farkını almaktadır.

$R_1 = R_2$  ve  $R_3 = R_f$  olarak seçmek suretiyle, devreyi fark yükseltici haline getirmek mümkündür.

Örneğin,  $R_3 = R_f = 100\text{K}$  ve  $R_1 = R_2 = 10\text{K}$  ise devre çıkışında, giriş işaretleri arasındaki farkın 10 katı görülecektir.

#### Örnek4:

Şekil 2.7. deki devrede

$$R_f = 100\text{K}\Omega$$

$$R_1 = 25\text{K}\Omega$$

$$R_2 = 25\text{K}\Omega$$

$$R_3 = 100\text{K}\Omega$$

$$V_{\text{gr1}} = 2\text{ volt}$$

$$V_{\text{gr2}} = -3\text{ volt}$$

Olduğuna göre  $V_{\text{çk}} = ?$

#### Cevap:

$$V_{\text{çk}} = \frac{R_f}{R_1} \cdot (V_{\text{gr2}} - V_{\text{gr1}}) = \frac{100}{25} \cdot (-3 - (+2)) = -20\text{ Volt}$$

## 2.9. Op-Ampli Filtre Devreleri

Sadece direnç, kondansatör ve op-amp kullanarak süzgeç yapmak mümkündür. Bu tip süzgeçlere “aktif süzgeç” denilir. Aktif süzgeçlerin pasif süzgeçlere göre birçok üstünlüğü vardır. Bunlardan en önemlilerini şu şekilde sıralayabiliriz;

Aktif süzgeçlerde, süzgecin geçiren olduğu frekanslarda herhangi bir zayıflama olmaz. Çünkü, aktif süzgeç yapısındaki op-amp, bu işaretleri yükselterek çıkışa aktarır. Pasif süzgeçlerde ise, süzgecin geçiren olduğu frekanslarda, az da olsa zayıflama olmaktadır.

Aktif süzgeç yapısında bobin kullanılmadığından, hem ucuz ve hem de kolay bir şekilde oluşturulabilir.

Aktif süzgeçlerde giriş empedansı çok yüksek, çıkış empedansı ise çok düşüktür. Bu bakımdan giriş ve çıkışına bağlanan devreleri etkilemesi söz konusu olamaz.

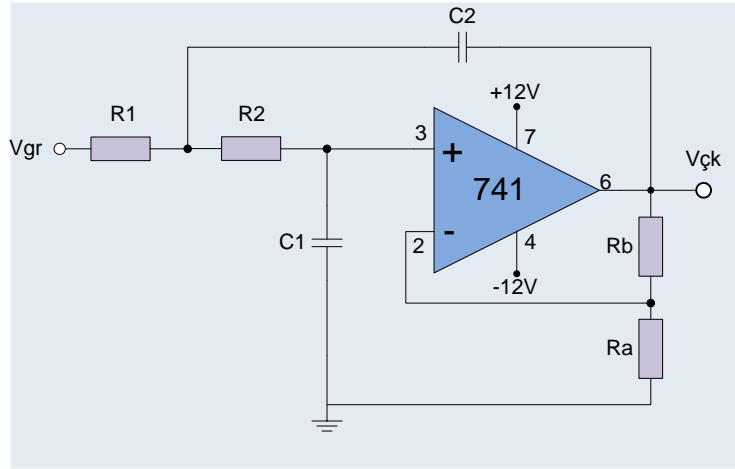
Bu üstünlüklerinin yanı sıra, pasif süzgeçlere oranla dezavantajlı yönleri de vardır.

Bunlar;

Pasif süzgeçler herhangi bir besleme gerilimine ihtiyaç duymadıkları halde aktif süzgeçlerde ( op-amp'dan dolayı ) kaynak gerilimi gerekmektedir.

Aktif süzgeç yapısındaki op-amp'ın band genişliği sınırlı olduğundan her frekansta süzgeç yapmak zordur.

Çeşitli derecelerde aktif süzgeç yapılmaktadır. Süzgecin derecesi arttıkça daha kaliteli olmaktadır. Bu kısımda 2.dereceden alt geçiren ve üst geçiren aktif süzgeçler incelenecektir.



**Şekil 2.8: Op-ampli 2.dereceden alt geçiren aktif süzgeç devresi**

Şekilde 2.dereceden alt geçiren aktif süzgeç görülmektedir.

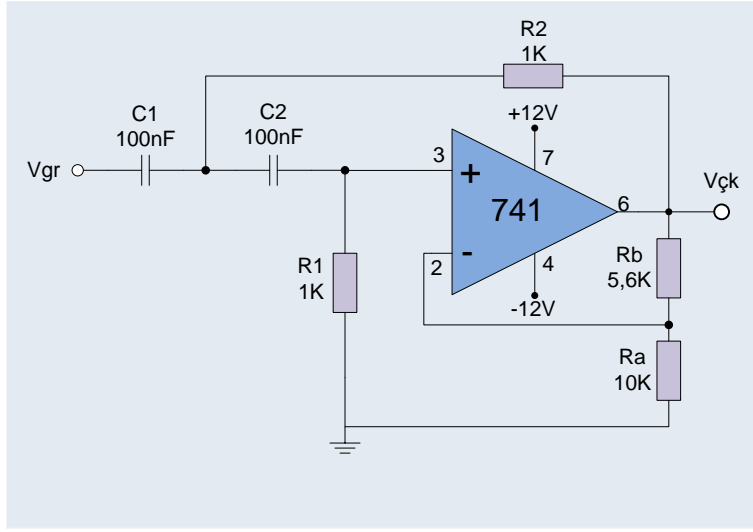
Bu devrede op-amp evirmeyen yükselteç olarak çalışmaktadır. Bu devrenin kesim frekansı ( $f_c$ );

$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2C_1C_2}}$  olmaktadır. Burada  $R_1 = R_2$  ve  $C_1 = C_2$  alındığında  $f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$  olur. Aktif süzgecin geçiren olduğu bölgede frekans karakteristiğinin düz olabilmesi için op-amp'ın kazancı 1,58 olmalıdır. Buna göre,

$$A_v = 1 + \frac{R_b}{R_a} = 1,58$$

Buradan da,

$$\frac{R_b}{R_a} = 0,58 \text{ olmalıdır.}$$

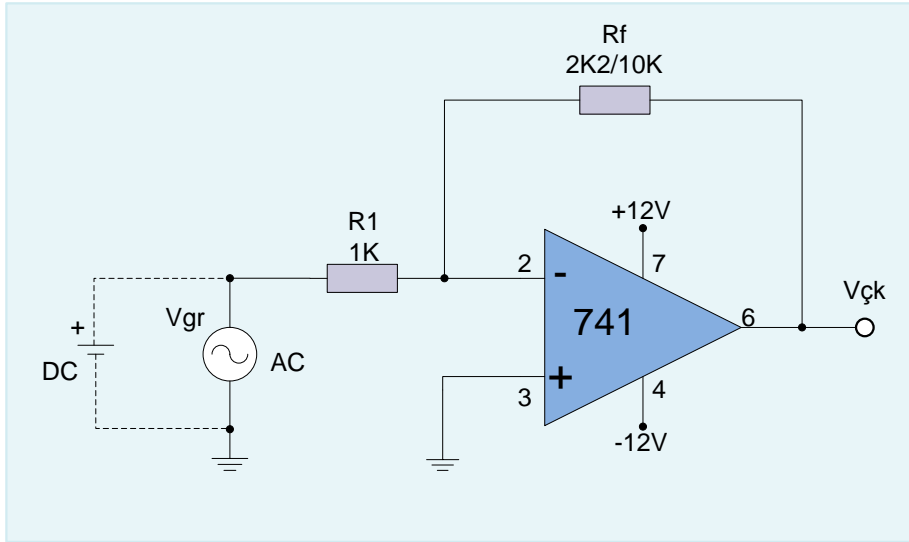


**Şekil 2.9: Op-amplı 2.dereceden üst geçiren aktif süzgeç devresi**

Üst geçiren, 2.dereceden aktif süzgeç şeması ise şekildeki devrede verilmiştir. Alt ve üst geçiren süzgeç devrelerinde direnç ve kondansatörün yer değiştirmeleri dışında herhangi bir farklılık olmadığına dikkat ediniz. Bu devrelerin bir diğer adı da “Butterworth aktif süzgeçleri”dir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Tersleyen Yükselteç Uygulamasını Yapınız



### MALZEME LİSTESİ:

- Breadboard
- Çift ışınli osilaskop
- AVO metre
- Simetrik ( $\pm$ ) 12V DC güç kaynağı
- 741 entegresi
- Sinyal jeneratörü ve DC güç kaynağı ( $V_g$  için)
- Dirençler; 1K, 2K2, 10K

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Devreyi $R_f = 2K2$ , $R_1 = 1K$ olacak şekilde kurunuz.	➤ Breadbord'un çalışmasını öğreniniz.
➤ Osilaskop'un 1.kanalını grişe, 2.kanalında devrenin çıkışına bağlayınız.	➤ Osilaskop hakkında bilgi ediniz.
➤ Girişteki AC sinyal kaynağını 1V( p-p) ve $f= 1KHz$ değerine ayarlayınız. Çıkış gerilim değerini osilaskop ekranında okuyarak tablo 1'e kaydediniz. Dalga şekillerini ayrılan yere çizin	➤ Osilaskopun sıfır ayarını yapınız.
➤ Osilaskop ekranında giriş ile çıkış sinyalleri arasında faz tersleme olayının olup olmadığını gözlemleyiniz.	➤ Eğer faz tersleme var ise çıkış değerini negatif alınız.
➤ $R_f$ direncinin değerini 10K yaparak 3.işem basamağını tekrarlayınız	➤ Direnç değişimi yaparken dikkat ediniz.

<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Giriş geriliminin frekansını 1KHz den itibaren sırasıyla 10KHz, 20KHz, 30KHz, 40KHz, 50KHz, 60KHz, 70KHz, 80KHz, 90KHz, 100KHz yaparak her basamak için çıkış geriliminin tepeden tepeye gerilimini ölçerek tablo 2'ye kaydediniz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tepeden tepeye ölçme işleminde min. ve max. kavramları hakkında bilgi edininiz</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tablo 2'den faydalanarak frekans-gerilim grafiğini tamamlayınız.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bunun için yatay eksendeki frekans değerini dikeydeki gerilim değeri ile birleştirerek grafiği tamamlayınız.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <math>V_g</math> giriş gerilim değerini DC 1 volt olarak değiştiriniz. Çıkış geriliminin değerini ölçerek tablo 1'e kaydediniz. Dalga şekillerini ayrılan yere çiziniz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dalga şekline dikkat ediniz.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <math>R_f = 2K2</math> yaparak 8. işlem basamağını tekrarlayınız.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Direnci değiştirdiğimizde çıkış nasıl etkilenir.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Çıkış gerilimlerini hesaplayarak tablo 1'e kaydediniz ve ölçüm sonuçlarını hesaplanan değerler ile karşılaştırınız.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Karşılaştırmayı yapınız.</li> </ul>

$R_f$	$R_1$	$V_g$	$V_ç$	$A = \frac{V_ç}{V_g}$	$A = \frac{R_f}{R_1}$
2K2	1K	1 V ( p-p )			
10K	1K	1 V ( p-p )			
2K2	1K	1 V DC			
10K	1K	1 V DC			

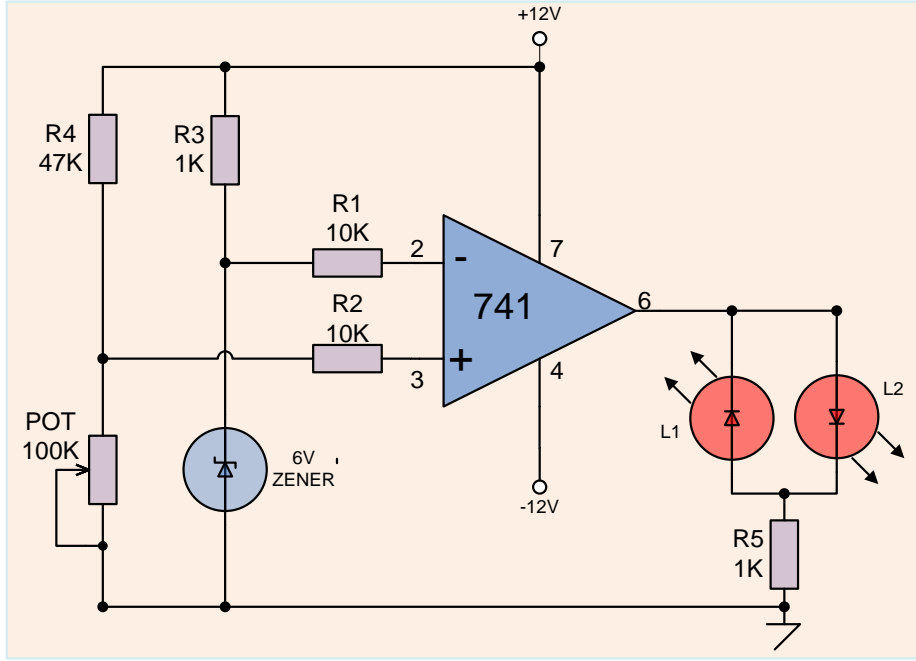
Tablo 1

Giriş frekansı( KHz)	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Çıkış gerilimi ( V )											

Tablo 2

## UYGULAMA FAALİYETİ

Karşılaştırıcı Devre Uygulamasını Yapınız.



### MALZEME LİSTESİ:

- Breadboard
- AVO metre
- Simetrik ( ± ) 12V DC güç kaynağı
- 741 entegresi
- Dirençler; 2x1K, 3x10K
- Potansiyometre 100K
- Diyotlar ; 6V zener diyot, 2adet LED diyot

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Devreyi kurarak çalıştırınız. $V_{ref}$ gerilimini ölçüp tabloya kaydediniz.	➤ Malzemelerin sağlamlık kontrolünü yapınız.
➤ Potansiyometreyi ayarlamak suretiyle $V_g$ 'yi sırasıyla 3,4,5,6,7,8,9 volt yapınız. Her kademedeki çıkış gerilimini ölçerek tabloya kaydediniz. Aynı zamanda hangi ledin yandığını gözlemleyerek durumu ( Y ve S olarak ) tabloda belirtiniz.	➤ Potansiyometre ile ayarlama yaparken dikkat ediniz.
➤ Çıkışın hangi giriş değerinden itibaren değişim gösterdiğini tablo üzerinde işaretleyiniz.	➤ Çıkışın potansiyometrenin değerine bağlı olduğuna dikkat ediniz.

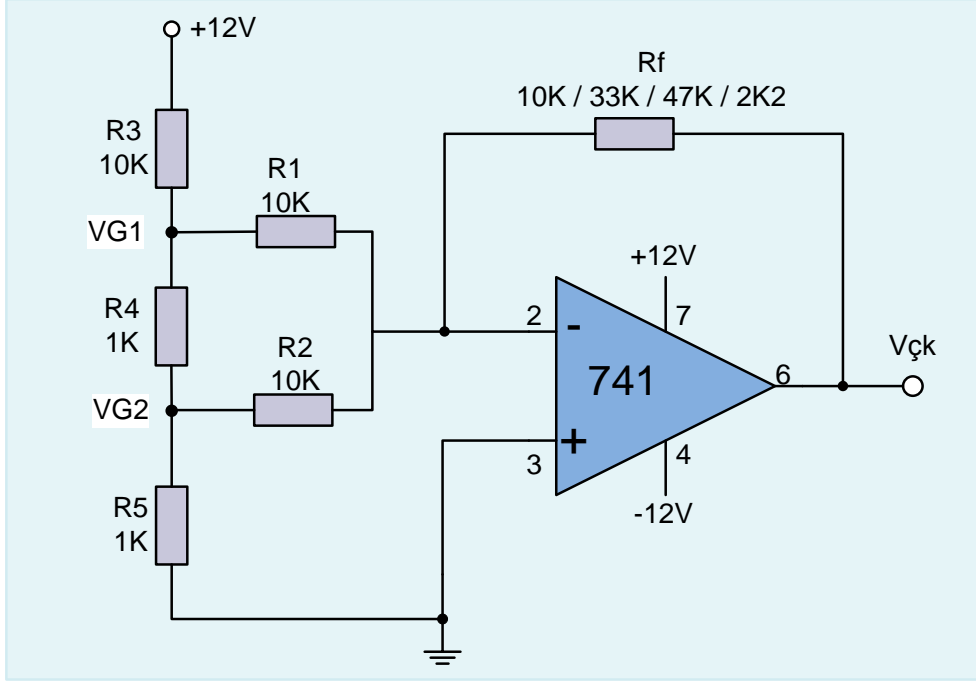
---

$V_g$	3V	4V	5V	6V	7V	8V	9V
$V_{ref}$							
$V_c$							
$L_1$ ( Yanık/ Sönük)							
$L_2$ ( Yanık/ Sönük)							



## UYGULAMA FAALİYETİ

Op-Ampın Toplayan Yükselteç Devresini Yapınız.



MALZEME LİSTESİ:

- Breadboard
- AVO metre
- $\pm 12V$  DC güç kaynağı
- 741 entegresi
- Dirençler; 2x1K, 4x10K, 33K, 100K, 2K2

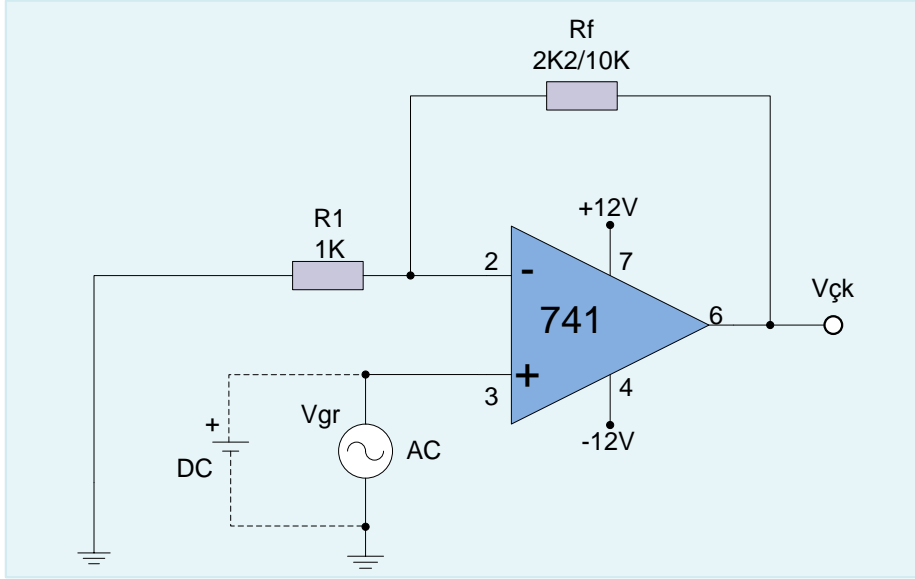
İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Devreyi kurarak çalıştırınız.	➤ $R_3$ un üst ucuna +12V'olu entegrenin 7 nu'lu bacağındaki +12 Volttan alabilirsiniz.
➤ $R_f = 10K$ , $R_f = 33K$ , $R_f = 100K$ , ➤ $R_f = 2K2$ iken $V_{g1}$ , $V_{g2}$ ve $V_{ç}$ gerilimlerini ölçüp tabloya kaydediniz. Her defasında ölçtüğünüz $V_{g1}$ , $V_{g2}$ gerilimlerinin toplamını ve hesapladığınız çıkışı tabloya kaydediniz.	➤ $R_f$ direncini değiştirirken dikkat ediniz.

---

R <sub>f</sub>	V <sub>g1</sub>	V <sub>g2</sub>	V <sub>g1</sub> + V <sub>g2</sub>	Ölçülen	Hesaplanan
				V <sub>ç</sub>	V <sub>ç</sub>
10K					
33K					
100K					
2K2					

## UYGULAMA FAALİYETİ

Terslemeyen Yükselteç Uygulamasını Yapınız.



### MALZEME LİSTESİ:

- Breadboard
- Çift ışnlı osilaskop
- AVO metre
- Simetrik ( $\pm$ ) 12V DC güç kaynağı
- 741 entegresi
- Sinyal jeneratörü ve DC güç kaynağı ( $V_g$  için)
- Dirençler; 1K, 2K2,10K

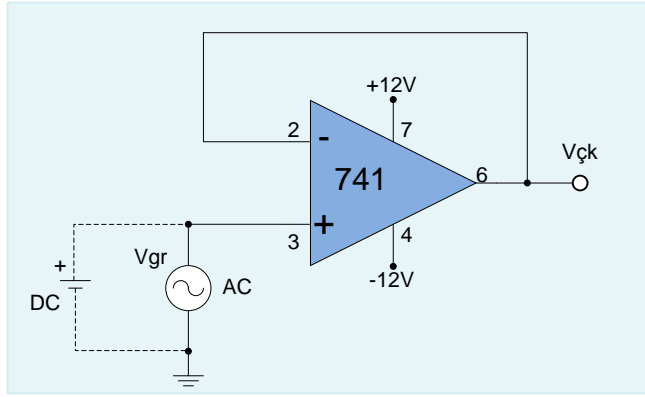
İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Devreyi $R_f = 2K2$ , $R_1 = 1K$ olacak şekilde kurunuz.	➤ Breadbord'un çalışmasını öğreniniz.
➤ Osilaskop'un I.kanalını girişe, II. Kanalını da devrenin çıkışına bağlayınız.	➤ Volt/D1V: 5 volt, Time/D1V: 0,5 mS olacak şekilde kullanabilirsiniz.
➤ Girişteki AC sinyal kaynağını 1V( p-p) ve $f= 1KHz$ değerine ayarlayınız. Çıkış gerilim değerini osilaskop ekranında okuyarak tablo' ya kaydediniz. Dalga şekillerini ayrılan yere çiziniz.	➤ Osilaskopun sıfır ayarını yapınız.
➤ Osilaskop ekranında giriş ile çıkış sinyalleri arasında faz tersleme olayının olup olmadığını gözlemleyiniz.	➤ Eğer faz tersleme yok ise çıkış değerini pozitif alınız.

➤ $R_f$ direncinin değerini 10K yaparak aynı işlemleri tekrarlayınız.	➤ Direnç değişimi yaparken dikkat ediniz.
➤ $V_g$ giriş gerilim değerini DC 1 volt olarak değiştiriniz.	➤ Tepeden tepeye ölçme işleminde min. ve max. kavramları hakkında bilgi ediniz.
➤ Aynı işlemleri $R_f = 10\text{ K}$ için yapınız.	➤ Direncin etkisi nedir?
➤ Çıkış gerilimlerini hesaplayarak tablo ya kaydediniz ve ölçüm sonuçlarını hesaplanan değerler ile karşılaştırınız.	➤ Dalga şekline dikkat ediniz.

$R_f$	$R_1$	$V_g$	$V_c$	$A = \frac{V_c}{V_g}$	$A = 1 + \frac{R_f}{R_1}$
2K2	1K	1 V ( p-p )			
10K	1K	1 V ( p-p )			
2K2	1K	1 V DC			
10K	1K	1 V DC			

## UYGULAMA FAALİYETİ

Gerilim izleyici uygulamasını yapınız.



### MALZEME LİSTESİ:

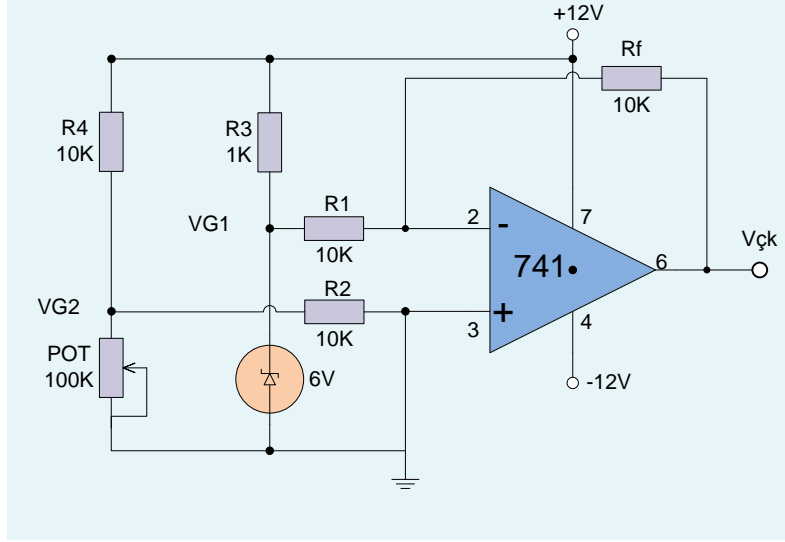
- Breadboard
- Çift ışınlı osilaskop
- AVO metre
- Simetrik ( $\pm$ ) 12V DC güç kaynağı
- 741 entegresi
- AC ve DC güç kaynağı ( $V_g$  için)

➤ İşlem Basamakları	➤ Öneriler
➤ Devreyi kurunuz ve besleme gerilimini uygulayınız.	➤ Besleme vermeden önce devre bağlantılarını kontrol ediniz.
➤ $V_g$ gerilimini sırasıyla DC 1, 2, 3, 4, 5 volt yapınız. Çıkış gerilim değerini DC voltmetre ile ölçerek tabloya kaydediniz.	➤ Voltmetre hakkında bilgi edininiz.
➤ Osilaskop'un 1.kanalını grişe, 2.kanalında devrenin çıkışına bağlayınız.	➤ Osilaskop'un ayarını yapınız.
➤ AC sinyal kaynağının frekansını 1KHz'e getiriniz. Gerilim değerini sırasıyla 1, 2, 3, 4, 5 $V_{p-p}$ yapınız. Çıkış gerilim değerini osilaskop ekranında okuyarak tabloya kaydediniz. Griş gerilimi $1V_{p-p}$ iken çıkışı girişe göre çiziniz.	➤ Devreye AC ve DC kaynakları ayrı ayrı verildiğinde devrenin çıkışı nasıl etkileniyor.

$V_g$	DC ( V )					AC ( V )				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
$V_{çk}$										

## UYGULAMA FAALİYETİ

Op-Ampın fark yükselteç devresini yapınız.



### MALZEME LİSTESİ:

- Breadboard
- AVO metre
- Simetrik ( ± ) 12V DC güç kaynağı
- 741 entegresi
- Dirençler; 5x10K, 1K
- Potansiyometre 100K
- Zener diyot 6V

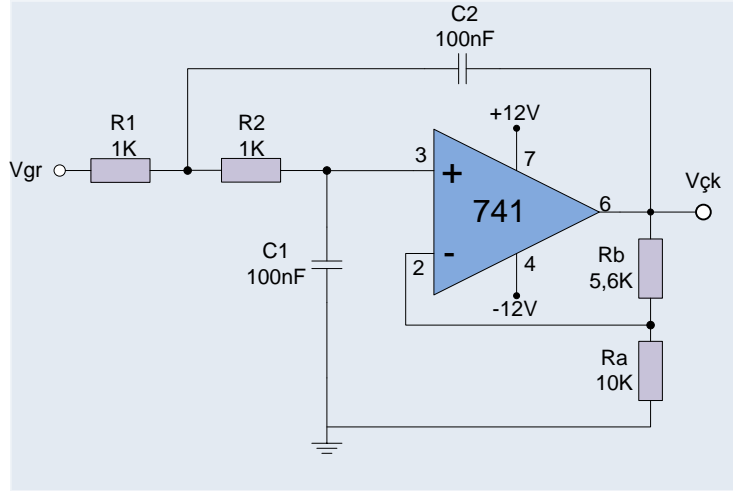
İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Devreyi kurup enerji uygulayarak $V_{g1}$ gerilimini ölçüp tabloya yazınız.	➤ Malzemenin sağlamlık kontrolünü yapınız.
➤ $V_{g2}$ gerilim değeri 4V olacak şekilde Potansiyometre'yi ayarlayınız. Çıkış gerilimini ölçerek tabloya kaydediniz.	➤ Potansiyometre'yi ayarlarken dikkat ediniz.
➤ Potansiyometre'yi ayarlayarak $V_{g2}$ gerilimini sırasıyla 6, 8, 10 volt olacak şekilde değiştiriniz. Her değer için ölçüm yaparak tabloya kaydediniz.	➤ Ölçme işlemi esnasında dikkat ediniz.
➤ Tablodaki boş bırakılan diğer yerleri doldurunuz.	➤ Hesaplama yada ölçme ile sonuçları yazınız.

---

$V_{g2}$	$V_{g1}$	$V_{g2} - V_{g1}$	Ölçülen
			$V_c$
4V			
6V			
8V			
10V			

## UYGULAMA FAALİYETİ

Op-Ampın Aktif Alt Geçiren Devresini Yapınız.



### MALZEME LİSTESİ:

- Breadboard
- AVO metre
- Simetrik ( ± ) 12V DC güç kaynağı
- 741 entegresi
- Dirençler; 5K6, 2x1K, 10K
- Çift ışınli osilaskop
- Kondansatör, 2x0,1µF
- İşaret üretici

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Devreyi kurunuz. +12 Vile -12 V gerilim uygulayınız.	➤ Malzemenin sağlamlık kontrolünü yapınız.
➤ İşaret üretici çıkışını, 2V ( tepen-tepeye) ve frekansı 100Hz olan bir sinusoidal işarete ayarlayınız	➤ Tepe değerine dikkat ediniz.
➤ Osilaskopun I.kanalını işaret üretici çıkışına, II. kanalını da süzgeç çıkışına bağlayınız. Girişler AC konumunda olmalıdır	➤ Osilaskop ayarları hakkında bilgi edininiz.
➤ İşaret üretici çıkışını, aktif süzgeç girişine uygulayınız. ➤ Devre giriş ve çıkışını birlikte gözleyiniz. Tablo 1 ile ilgili haneleri doldurunuz.	➤ Sizce faz farkı var mı? Kontrol ediniz.
➤ İşaret üretici çıkışını tablo 1’de verilen frekans değerlerine sıra ile ayarlayınız ve sonuçları tablo 1’e kaydediniz.	➤ Her seferinde girişin 2 V ( tepeden-tepeye ) olması gerektiğine dikkat ediniz.

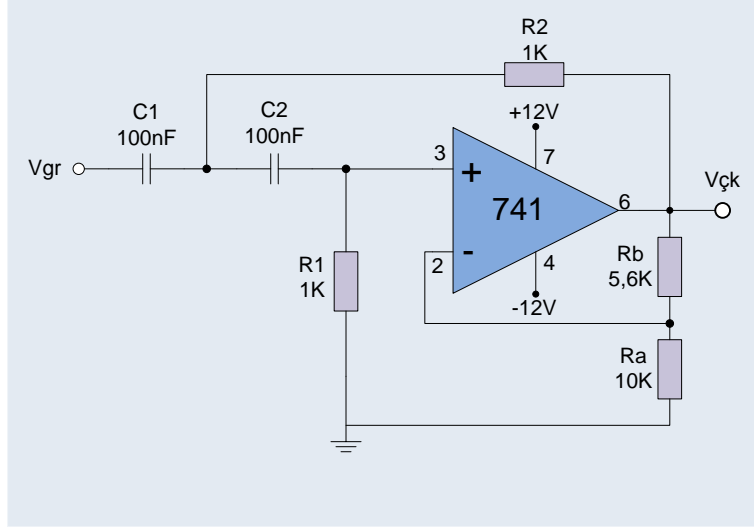


<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tablo 1'deki sonuçlara göre;</li> <li>➤ Devrenin kazanç-frekans karakteristiğini çiziniz.</li> <li>➤ Band genişliğini yaklaşık olarak bulunuz. Kesim frekansı ( <math>f_c</math> ) ne kadardır?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kazanç-frekans grafiğini çizerken osilaskop'ta gördüğünüz sinyali tepeden-tepeye okuyunuz.</li> </ul>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$V_{gr} = 2 \text{ V ( tepeden- tepeye )}$		
f ( Hz)	$V_{\check{c}k} ( t-t)$	$\frac{V_{\check{c}k}}{V_{gr}}$
100		
200		
500		
1000		
1500		
2000		
5000		
10000		

## UYGULAMA FAALİYETİ

Op-Ampın Aktif üst Geçiren Devresini Yapınız.



### MALZEME LİSTESİ:

- Breadboard
- AVO metre
- Simetrik ( ± ) 12V DC güç kaynağı
- 741 entegresi
- Dirençler; 5K6, 2x1K, 10K
- Çift ışınlı osilaskop
- Kondansatör, 2x0,1µF
- İşaret üretici

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Devreyi kurunuz. +12 V ile -12 V gerilim uygulayınız	➤ Malzemenin sağlamlık kontrolünü yapınız.
➤ İşaret üretici çıkışını, 2V ( tepen-tepeye) ve frekansı 100Hz olan bir sinüzoidal işarete ayarlayınız	➤ Tepe değerine dikkat ediniz.
➤ Osilaskop'un I.kanalını işaret üretici çıkışına, II. kanalını da süzgeç çıkışına bağlayınız. Girişler AC konumunda olmalıdır.	➤ Osilaskop ayarları hakkında bilgi ediniz.
➤ İşaret üretici çıkışını, aktif süzgeç girişine uygulayınız. ➤ Devre giriş ve çıkışını birlikte gözleyiniz. Tablo 2 ile ilgili haneleri doldurunuz.	➤ Sizce faz farkı var mı? Kontrol ediniz.

<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ İşaret üretici çıkışını tablo 2’de verilen frekans değerlerine sıra ile ayarlayınız ve sonuçları tablo 2’ e kaydediniz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Her seferinde girişin 2 V ( tepeden-tepeye ) olması gerektiğine dikkat ediniz.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tablo 1’deki sonuçlara göre;</li> <li>➤ Devrenin kazanç-frekans karakteristiğini çiziniz.</li> <li>➤ Band genişliğini yaklaşık olarak bulunuz. Kesim frekansı ( <math>f_c</math> ) ne kadardır?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kazanç-frekans grafiğini çizerken osilaskopta gördüğünüz sinyali tepeden-tepeye okuyunuz.</li> </ul>

$V_{gr} = 2 \text{ V ( tepeden- tepeye )}$		
f ( Hz)	$V_{\check{c}k} ( t-t)$	$\frac{V_{\check{c}k}}{V_{gr}}$
100		
200		
500		
1000		
1500		
2000		
5000		
10000		

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Op-ampli devreyi kurdunuz mu?		
2. Gerilim kaynağını devreye bağladınız mı?		
3. Devrenin giriş ve çıkış gerilimlerini ölçtünüz mü?		
4. Kazancı hesapladınız mı?		
5. Devrenin arızasını giderdiniz mi?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise **D**, yanlış ise **Y** yazınız.

1. ( ) Negatif geri besleme, çıkıştan alınan sinyalin girişe, giriş sinyalini zayıflatıcı yönde uygulanmasıyla gerçekleştirilir
2. ( ) Geri besleme daha fazla gürültü, elde etmek amacıyla kullanılır.
3. ( ) Paralel geri beslemeli devrelerde giriş empedansı yüksektir.
4. ( ) Faz tersleyen devrede sinyal (-) girişe uygulanır.
5. ( ) Gerilim izleyici devresinde band genişliği oldukça yüksektir.

### DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

## MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Giriş empedansı, bir devrenin kendinden önce gelen devrenin çıkış akımına karşı ne kadar zorluk göstereceği ya da kendinden önce gelen devreden ne kadar akım çekeceğini ifade eden bir özelliğidir.
2. ( ) LM741 in bant genişliği sonsuzdur.
3. ( ) İşlemsel yükselteçler analog bilgisayar işlemleri yapabilir.
4. ( ) İdeal bir işlemsel yükseltecin giriş uçları kısa devre edildiğinde çıkış gerilimi 0V olur.
5. ( ) Çıkış gerilimleri hiçbir zaman besleme gerilimine ulaşmaz.
6. ( ) Giriş direnci eviren ve evirmeyen giriş uçlarından ohmmetre ile ölçülür.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	C
3	C
4	D
5	D
6	A

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Yanlış
4	Doğru
5	Doğru

## MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Doğru
4	Doğru
5	Doğru
6	Yanlış

## KAYNAKÇA

- DUTAR Celal, **Transistör Esasları**, Ders Kitabı, İZMİR, 1990.
- TAPLAMACIOĞLU M. Lami, **Elektronik Mühendisliği Cilt 1-2. MEB Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları**, Etüd ve Programlama Dairesi Yayınları, ANKARA, 1976.
- KORÜREK. Mehmet, **Tıp Elektronikinde Kullanılan Kuvvetlendiriciler ve Dönüştürücüler**, İTÜ Elektrik Elektronik Fakültesi Yayınları, 1988.
- ASELSAN, **OP-AMP Prensipleri**, Askeri Elektronik Sanayi ve Tic. AŞ, ANKARA, 1985.
- KURTULDU Şaban, **İleri Elektronik Dijital 1 Ders Kitabı**, Çınarlı ATL ve EML, İZMİR, 1991.
- Boylestad R, Nashelsky L, **Elektronik Elemanlar ve Devre Teorisi**, MEB, ANKARA, 1994.
- Wong, Yu Jen, Ott, William E., **Function Circuits**, Burr-Brown Research Corporation, Kingsport Press, USA, 1976.
- Graeme Jerald G., **Designing With Operational Amplifiers**, Burr-Brown Research Corporation, Kingsport Press, USA, 1977.
- KÜÇÜK Serdar, **Elektronik Ders Kitabı**, Yüce Yayınları, İSTANBUL, 2003.