

1. ÖLÇÜ ALETLERİ

Elektriksel Ölçü Aletlerinin Tanıtılması



Tipik elektrik ölçü aletleri

1 Yapısına Göre  l   Aletleri

Yapısına göre elektriksel ölçü aletleri, kendi aralarında ikiye ayrılır. Bunlar analog ölçü aletleri ve dijital ölçü aletleridir. Őimdi bunları sırası ile inceleyelim.

➤ Analog  l   Aletleri

 l  t    değeri skala taksimatı üzerinden ibre ile gösteren ölçü aletleridir. Analog  l   aletleri çok değişik yapı ve skala taksimatlarına sahip olarak imal edilirler. Bu  l   aletlerinde değer okumak daha zor gibi görünse de analog ölçü aletleri daha hassas ölçümlere olanak sağlarlar. Resim 1.3'te bazı analog ölçü aletleri görülmektedir. Analog  l   aletlerinin yapısı ve kullanım Şekli ilerideki konularda ayrıntılı olarak iŐlenecektir.



Analog  l   aletleri

➤ Dijital Ölçü Aletleri

Ölçtüğü değeri dijital bir gösterge de sayılarla gösteren ölçü aletleridir. Bu ölçü aletlerinin kullanımı kolay olup özellikleri analog ölçü aletlerine göre daha fazladır. Günümüzde dijital ölçü aletleri ile ayarlanan değer aşıldığında sinyal alma, ölçülen değerlerin bilgisayar ortamına taşınması ve kullanılması gibi ilave işlemler yapılabilmekte olup yeni özellik ve nitelikler ilave edilerek geliştirilen ölçü aletleridir.



Dijital ölçü aletleri

2. Ölçtüğü Büyüklüğü Gösterme Şekline Göre

➤ Gösteren Ölçü Aletleri

Bu ölçü aletleri ölçtükleri elektriksel büyüklüğün o andaki değeri skalasından veya göstergesinden gösteren, başka bir ölçüme geçildiğinde eski değeri kaybedip yeni ölçüm değerini gösteren ölçü aletleridir (Resim 1.5). Bu ölçü aletlerinin ölçtükleri değerleri geriye dönük kendi belleğine kaydetme özelliği yoktur, ancak son zamanda gösteren ölçü aletlerinde ölçü aletleri ile bilgisayar arasında yapılan bağlantı ve bilgisayara yüklenen yazılım ile bu ölçü aletlerinin istenen gün, saat ve dakikada kaydettikleri değerler bilgisayar ortamında görüntülenebilmektedir.



Gösteren ölçü aletlerine örnekler

➤ Kaydedicili Ölçü Aletleri

Kaydedici ölçü aletleri, ölçülen büyüklüğün değerini zamana bağlı olarak grafik kağıdı üzerine çizerek kayıt ederler (Resim 1.6). Bu ölçü aletlerinde geriye dönük ölçülen değerlerin okunması ve incelenmesi mümkündür. Bu tip ölçü aletleri genellikle elektrik santrallerinde üretilen enerjinin takibi için kullanılır.



Kaydedicili ölçü aletlerine örnekler

➤ Toplayıcı Ölçü Aletleri

Toplayıcı ölçü aletleri, ölçtükleri elektriksel büyüklük değerini zamana bağlı olarak toplarlar (Resim 1.7). Bu ölçü aletlerinin ekranında okunan değer, ölçüme başladığı andan itibaren ölçtüğü değerdir. Yani ölçtüğü değeri bir önceki değerine ilave ederek ölçüm yaparlar. Enerji kesildiğinde ölçülen değer sıfırlanmaz. Elektrik sayaçları bu tip ölçü aletlerine verilebilecek en iyi örneklerden biridir.



Toplayıcı ölçü aletlerine en iyi örnek sayaçlardır

3. Kullanım Yerlerine Göre Ölçü Aletleri

➤ Taşınabilir Ölçü Aletleri

Bu tür ölçü aletleri çoğunlukla atölye, işletme ve laboratuvar ortamlarında pratik ölçüm yapmak amacı ile kullanılan sabit bir yere monte edilmeyen ölçü aletleridir

Bu tip ölçü aletleri kendine ait bir kapalı kap içerisine alınmış taşınmaya uygun ölçü aletleridir. Ancak çarpma ve darbelere karşı hassas olduklarından kullanımında gerekli özen gösterilmelidir.



Taşınabilir ölçü aletleri

➤ Pano Tipi Ölçü Aletleri

Bu tür ölçü aletleri sanayide, fabrikalarda ve atölyelerde, elektriki büyüklüklerin sık sık kontrol edilmesi istenen yerlerde kullanılır. Pano veya tablo üzerine özel montaj malzemeleri kullanılarak sabitlenen bu ölçü aletleri dik çalışacak şekilde tasarlanır

Günlük ölçümlerde ve deney masalarında kullanım için uygun değildir. Pano tipi ölçü aletleri sipariş edilirken gösterme şekli ne olursa olsun 3 ayrı ölçüde imal edilirler. Bu ölçüler 72x72, 96x96, 144x144 mm şeklindedir. Bu boyutlar arasında teknik olarak bir farklılık olmayıp görünüş ve okuma kolaylığı dikkat alınarak seçim yapılır.



Pano tipi ölçü aletleri

Çeşitli Elektriksel Ölçü Aleti Tanımları

- **Ampermetre:** Doğru veya alternatif akım devrelerinde alıcının çektiği akımı ölçen ölçü aleti olup devreye seri bağlanır. Amperetreler (A) harfi ile belirtilir.



- **Voltmetre:** Doğru ve alternatif akım devresinin ya da devreye bağlı bir alıcının uçlarındaki gerilim değerini ölçmeye yarayan ölçü aleti olup devreye paralel bağlanır. Voltetreler (V) harfi ile belirtilir.



- **Wattmetre:** Doğru ve alternatif akım devrelerinde alıcıların çektikleri elektriksel gücü ölçen aletleridir. Wattetreler akım ve gerilim bobinlerine sahip olup akım bobini devreye seri, gerilim bobini devreye paralel bağlanır. Güç hesaplamalarda (P) harfi ile ifade edilir.



- **Frekansmetre:** Alternatif akım devrelerinde elektrik enerjisinin frekansını ölçen aletlerdir. Frekansmetreler devreye paralel bağlanır ve (Hz) şeklinde ifade edilir.



- **Multimetre:** Elektrik veya elektronik devrelerinde akım, gerilim, direnç, frekans endüktans ve kapasite ölçümü yapar. Bunların yanı sıra elektronik elemanların sağlamlık kontrolü ve uç tespiti işlemleri yapabilen tümleşik ölçü aletleridir.



- **Osilaskop:** Elektrik ve elektronik devrelerinde akım ve gerilimin değeri, frekans ve faz farkı ölçümelerini dijital veya analog ekranda grafiksel olarak gösteren aletlerdir.



Direnç Değerinin Ölçülmesi

Direnç değerini ölçen ölçü aletlerine **ohmmetre** denir. Yalnız direnç ölçen ohmmetreler bulunduğu gibi bu işlem, birden fazla büyüklüğü ölçebilen, bu yüzden daha pratik kullanım imkanı sağlayan avometreler ile de yapılmaktadır.



Dikkat

Ohmmetre veya avometreler ile kesinlikle enerji altında direnç ölçümü yapılmaz.

Ohmmetreler veya avometreler çalışan bir cihazda ölçüm yapılırken problemlerinin ikisinin de elle tutulmamasına dikkat edilmelidir. Bu direncin yanında vücut direncinin ölçülmesine özellikle de büyük değerli dirençlerin ölçülmesinde, değerlerin yanlış belirlenmesine neden olur.

Analog Ohmmetre ile Ölçme

Her şeyden önce analog ohmmetre ile ölçüme başlamadan önce sıfır ayarı yapılmalıdır. Tüm ölçü aletlerinde olduğu gibi ohmmetreler ile ölçüm yapılırken analog ohmmetrelerde büyüklüğün tespiti için: **Kademe anahtarının bulunduğu konum ile skaladan okunan değer çarpılarak ölçülen büyüklüğün değeri tespit edilir.** Örneğin, kademe anahtarı X100 kademesinde iken skalada okunan değer 100 ile çarpılarak ölçülen büyüklüğün değeri bulunur.



Avometre ile direnç ölçümü

Kademe seçiminin doğru ve uygun yapılması ölçmedeki hata oranını azaltan en önemli faktörlerden biridir. Ölçme için kademe anahtarının konumu belirlenirken direnç değerine göre kademe tayin edildikten sonra ölçme yapılır. Sapma miktarı az ise kademe küçültülür.

Skalada okunan değer	Kademe anahtarının konumu	Ölçülen büyüklüğün değeri
20	X1	20 Ω
50	X10	500 Ω
120	X100	1200 Ω /1,2 K Ω
47	X1K	47 K Ω
2K	X10K	20 M Ω

Dijital Ohmmetre ile Ölçme

Dijital ohmmetrelerle ölçüm sonucunu tayin etmek daha kolaydır. Ancak, dijital ohmmetre veya avometreler ile direnç ölçümü yapılırken hatasız bir ölçüm yapabilmek için dikkat edilmesi gereken noktalar bulunmaktadır. Günümüzde kademe anahtarı direnç ölçme konumuna getirildikten sonra, kademe seçimi (200, 2K, 20K...2M) gerektirmeyen ölçü aletleri bulunmaktadır. Ancak kademe seçimi gerektiren ohmmetre veya avometrelerde doğru kademe seçimi yapmak önemlidir.



AKIM ÖLÇME



Ampermetreyi Devreye Bağlama ve Akım Ölçme



Ampermetreler devreye seri bağlanır.

- Akım çeşidine uygun(AC-DC) ampermetre seçilmelidir.
- Ampermetrenin ölçme sınırı, ölçülecek akım değerinden mutlaka büyük olmalıdır.
- Alternatif akım ölçmelerinde ampermetreye bağlanan giriş ve çıkış uçları farklılık göstermezken doğru akımda “+” ve “-” uçlar doğru bağlanmalıdır. Aksi takdirde analog ölçü aletlerinde ibre ters sapar dijital ölçü aletlerinde değer önünde negatif ifadesi görünür.
- Ölçülecek akım değerine uygun hassasiyete sahip ampermetre seçilmelidir. μA seviyesindeki akım, amper seviyesinde ölçüm yapan bir ampermetre ile ölçülemez.
- Ampermetre ölçüm yapılacak noktaya, alıcının veya devrenin çektiği akımın tamamı üzerinden geçecek şekilde, yani seri bağlanmalıdır.

GERİLİM ÖLÇME



Voltmetreyi Devreye Bağlamak ve Gerilim Ölçmek



Voltmetreler devreye paralel bağlanır.

- Gerilim çeşidine uygun(AC-DC) voltmetre seçilmelidir.
- Gerilimin ölçme sınırı ölçülecek gerilimin değerinden mutlaka büyük olmalıdır.
- Alternatif gerilim ölçmelerinde voltmetreye bağlanan giriş ve çıkış uçları farklılık göstermezken doğru akımda “+” ve “-” uçlar doğru bağlanmalıdır. Aksi takdirde analog ölçü aletlerinde ibre ters sapar, dijital ölçü aletlerinde gerilim değeri önünde (—) ifadesi görünür.
- Ölçülecek gerilim değerine uygun hassasiyet ve yapıya sahip voltmetre seçilmelidir. 10 mV’luk gerilim, kV seviyesinde ölçüm yapan voltmetre ile ölçülemez.
- Voltmetre gerilimi ölçülecek kaynak veya alıcının uçlarına bağlanmalıdır.
- Enerji altında, sabit voltmetrelerin bağlantısı yapılmamalı ve yapılmış bağlantıya müdahale edilmemelidir. Ancak taşınabilir ve probalar vasıtası ile ölçüm yapılabilecek voltmetreler ile gerekli önlemler alındıktan sonra ölçüm yapılabilir.

OSİLASKOP

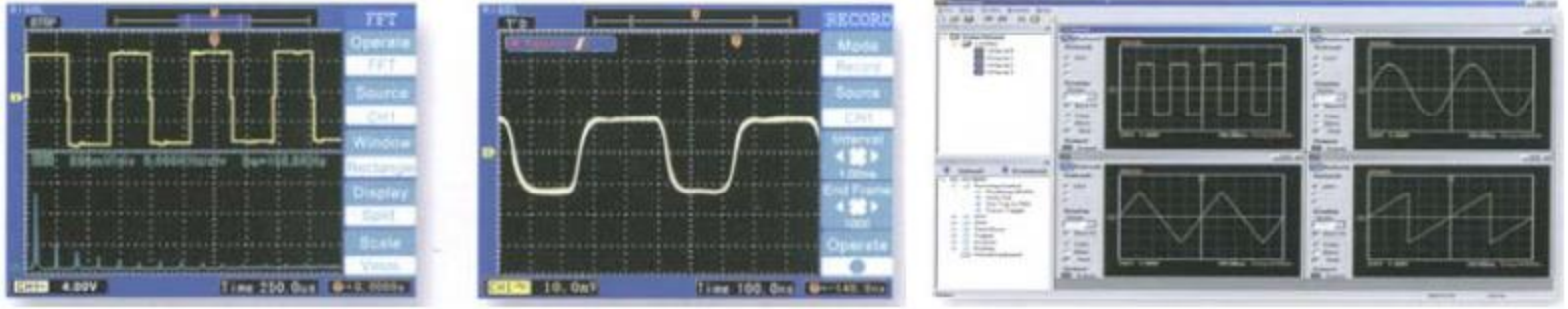
1. Osilaskobun Tanıtılması

Elektriksel büyüklükleri ölçen aletleri, ölçtükleri büyüklükleri sayısal veya analog olarak ifade ederler. Osilaskoplar ise ölçtüğü büyüklüğün dalga şeklini göstererek maksimum değerini ölçer. Örneğin, bir voltmetre ile ölçülen 12 V AC gerilim osilaskop ile ölçüldüğünde yaklaşık 16,97 V gibi bir değer okunur. Bu değerlerin farklı olmasının sebebi ölçü aletlerinin AC’de etkin değeri, osiloskobun ise AC’nin maksimum değerini ölçmesidir.



Osilaskoplar

Osilaskopların dijital ve analog çeşitleri mevcuttur. Standart olarak iki kanallı olan bu cihazların daha fazla kanala sahip olan modelleri de bulunmaktadır. Örneğin; 3 kanallı, 8 ışınlı, 200 Mhz lık bir osilaskop ile 3 kanaldan sinyal girilip, bu sinyaller ve tabi tutulduğu işlemler sonucunda oluşan 8 değer aynı anda görüntülenebilir ve 200 Mhz kadar olan sinyaller ölçülebilir. Son üretilen dijital osilaskoplar ile ölçülen büyüklük renkli olarak izlenebilmekte, ölçülen değer hafızaya alınıp bilgisayara aktarılabilir.



Osilaskopda yapılan bazı ölçümler ve bilgisayar ortamına aktarılmış hali

Osilaskop ile Aşağıdaki Değerler Ölçülebilir

- AC ve DC gerilim değerleri
- Değişen elektriksel büyüklüklerin dalga şekilleri
- Devreden geçen akım
- Faz farkı
- Frekans
- Diyot, transistör gibi yarı iletken elemanların karakteristikleri
- Kondansatörün şarj ve deşarj eğrileri

Osilaskop ile Ölçüm Yapmak

Gerilim Ölçmek

Osilaskop ile alternatif akım doru akım ve yüksek frekanslı sinyaller maksimum 400 V'a kadar ölçülebilir. Osilaskop ile gerilim ölçme işleminde VOLTS/DIV anahtarı ölçülecek gerilime uygun konuma getirilir. Hangi girişten ölçüm yapılacaksa o giriş için AC-DC seçimi yapılır. Osilaskop uçları gerilim ölçülecek uçlara bağlanır. Ekrandaki gerilimin genliği rahat okunabileceği değere kadar VOLTS/ DIV kademesi ayarlanır. Ekrandaki görüntü hareketli, yani kayıyor ise TIME/DIV anahtarı ile ekrandaki görüntü sabitlenir. Bu işlemler yapıldıktan sonra gerilimin osilaskopta meydana getirdiği sinyalin yüksekliği (H) tespit edilir. Bu andaki VOLTS/ DIV anahtarının gösterdiği değer (D) V/cm veya mV/cm cinsinden okunur. Bu değerler yardımı ile ölçülen gerilimin değeri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$U_{tt} = H \text{ (cm)} \times D \text{ (V/cm)} \text{ Volt, } U_m = U_{tt} \text{ (V)} / 2 \text{ Volt, } U = 0,707 \times U_m \text{ Volttur.}$$

Burada:

U_{tt}: Ölçülen gerilimin tepeden tepeye değeri. **U_m**: Ölçülen gerilimin maksimum değeri. **U** : Ölçülen gerilimin etkin değeridir.

Frekans Ölçmek

Her osiloskopun bir frekans ölçme sınırı vardır. Yüksek frekanslar ölçülürken bu sınıra dikkat edilmelidir. Ölçülecek frekans değerine uygun osilaskop seçildikten sonra frekans ölçülecek noktaya osilaskop bağlantısı yapılır. Ekrandaki frekans genliği rahat okunana kadar VOLTS/DIV kademesi küçültülür veya büyültülür. Ekrandaki sinyal hareketli ise TIME/DIV anahtarı ile uygun kademe seçilerek sinyal sabitlenir. Bu anda ekrandaki bir peryodun boyu (L), ekrandaki karelerden faydalanılarak tespit edilir. Bu anda TIME/DIV anahtarının seçilmiş olan değeri (T_c) s/cm, ms/cm veya μ s/cm cinsinden tespit edilir. Bu değerler vasıtası ile ölçülen frekans değeri aşağıdaki gibi tespit edilir.

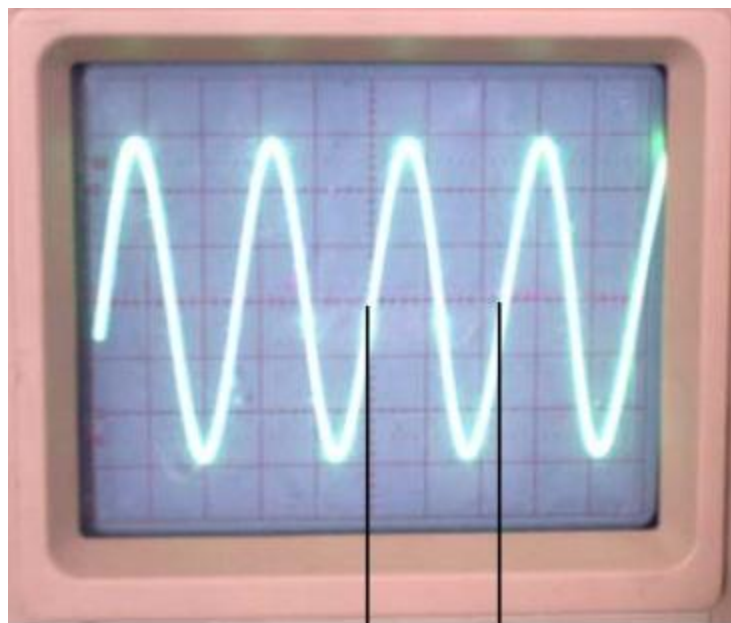
$$T = L \text{ (cm)} \times T_c \text{ (s/sn)} \quad \text{saniye}$$

$$F = 1 / T \quad \text{Hz}$$

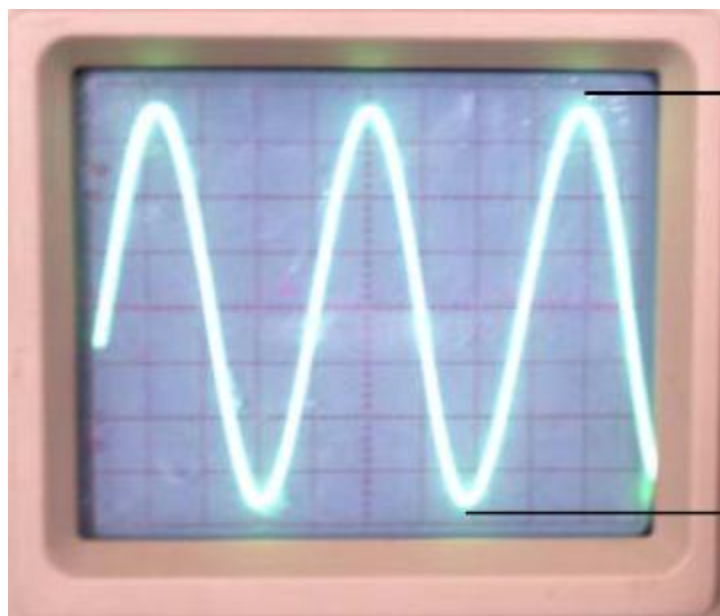
Burada :

T: Ölçülen gerilimin peryodu

F: Ölçülen gerilimin frekansıdır.



$L = 2,3 \text{ cm}$



$H = 6,6 \text{ cm}$

DİRENÇLER

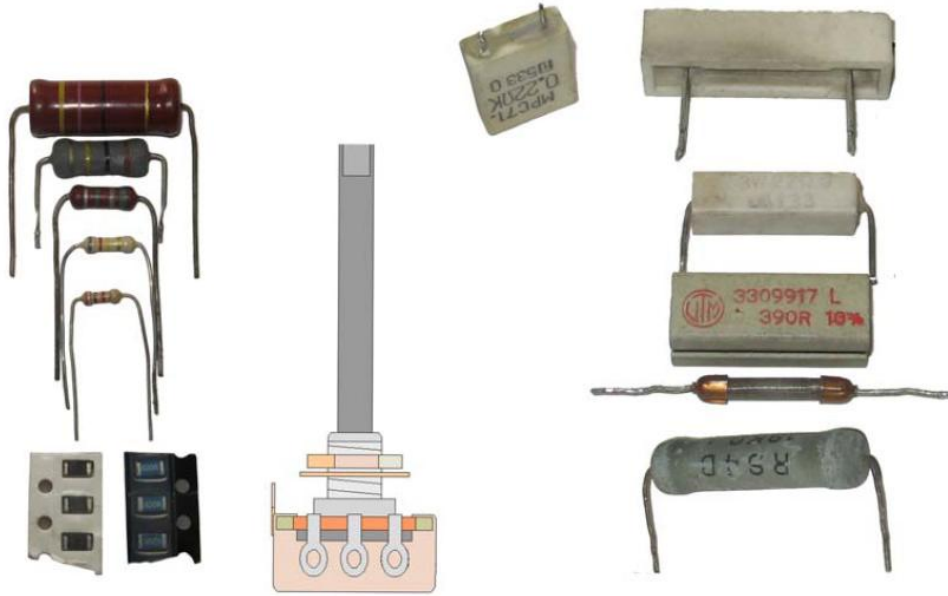
- Elektrik akımına karşı zorluk gösterilmesi elektriksel direnç olarak adlandırılır. Bu zorluğu belli bir elektriksel büyüklükte gösteren özel üretilmiş devre elemanlarına da **direnç** (resistor) denir.
- Elektronik devrelerde en sık kullanılan devre elemanıdır ve 'R' harfiyle gösterilir.
- Dirençler sahip oldukları elektriksel büyüklüklerle anılırlar. Direncin elektriksel büyüklüğü 'ohm' dur ve ' Ω ' (omega) harfiyle gösterilir.

- Temel olarak iki yaygın kullanım amacı vardır:
Devrenin herhangi bir noktasından arzu edilen akımın geçmesini sağlamak
Devrenin herhangi bir noktasında arzu edilen gerilimin elde edilmesi için kullanılırlar.

Direnç Çeşitleri

Kullanım yerlerine göre üç tür direnç vardır:

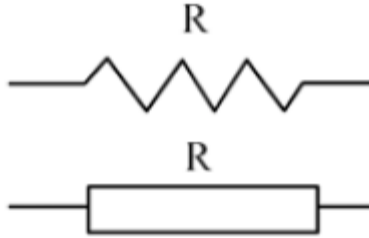
- Sabit değerli dirençler
- Ayarlı dirençler (potansiyometre, trimpot, reosta)
- Ortam etkili dirençler (LDR, NTC, PTC, VDR)



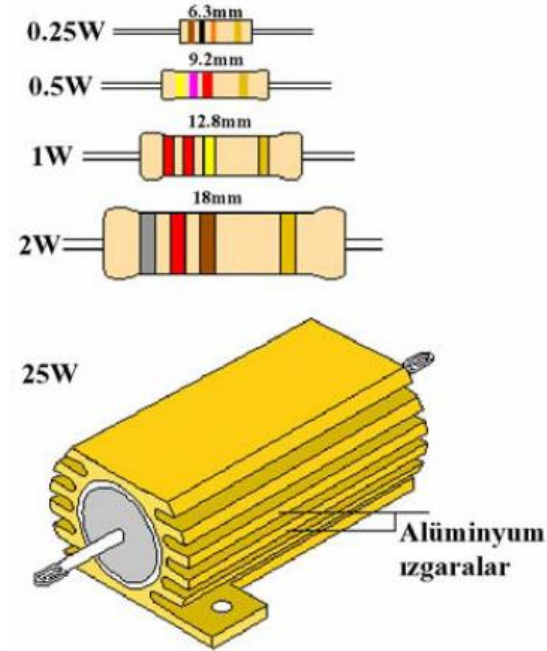
Çeşitli dirençler

1. Sabit Dirençler:

Devre akımını ya da gerilimini belirli bir değerde sabitlemek amacıyla kullanılan, direnç değeri değiştirilemeyen elemanlara sabit direnç denir.



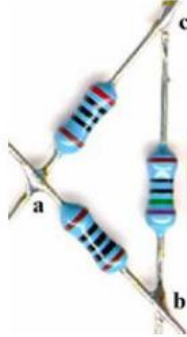
Sabit direnç
devre sembolleri



Farklı elektriksel güçlere
sahip sabit dirençler



Karbon dirençler



Film dirençler



Entegre direnç



(a)



(b)



(c)



Yüzey temaslı dirençler (SMD)

2. Ayarlı Dirençler

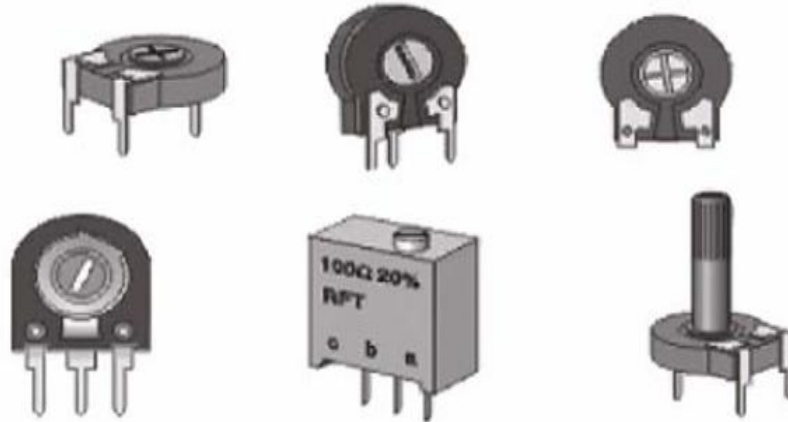
Direnç değerinin belli bir aralık boyunca arlanabildiği dirençlerdir. Bu şekilde bağlandıkları noktanın gerilimini ya da bağlandıkları noktadan geçen akımı ayarlama olanağı sağlarlar. **Trimpot**, **Potansiyometre** ve **Reosta** olmak üzere üç türü vardır.

2.1. Trimpotlar:

Devre direncinin her zaman değiştirilmesi gerekmeyen durumlarda kullanılır. Devre kartı üretilirken bir defa uygun ayar yapılır ve trimpotun değeri o ayarda bırakılır.



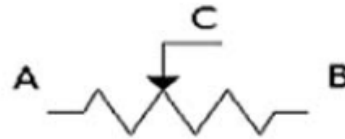
Sembolü



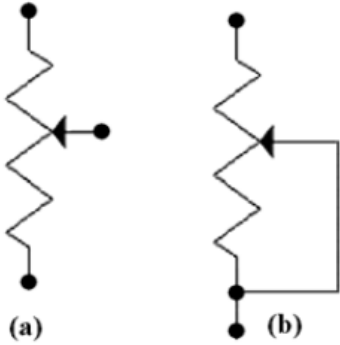
Çeşitli trimpot görünümüleri

2.2. Potansiyometreler

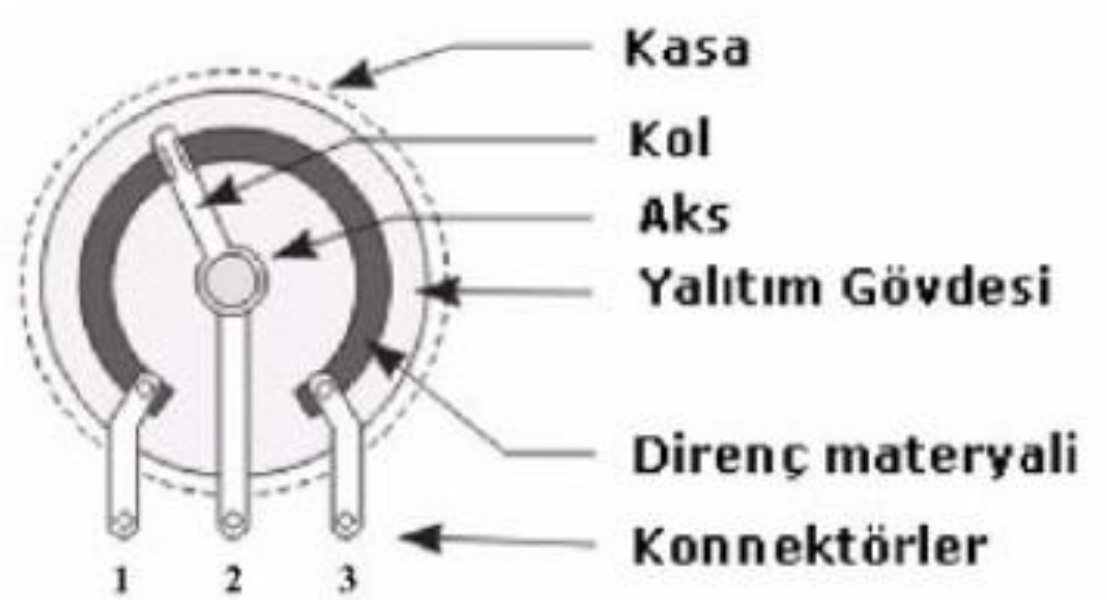
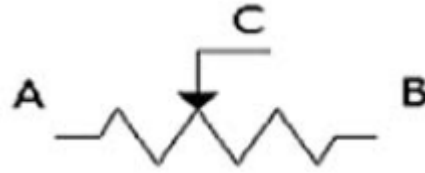
Potansiyometreler (Pot olarak da adlandırılırlar), yaygın olarak belli bir noktadaki elektrik seviyesini ayarlamak amacıyla kullanılır. Ayarlama işlemi pot üzerindeki ayar kolu (şaft) aracılığıyla yapılır. Böylece elektronik cihazlarda elektrik seviyesinin kullanıcı aracılığıyla ayarlanması istenen her durumda potansiyometreler kullanılabilir.



Sembolü



Bağlantı şekilleri



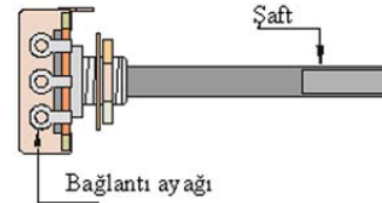
Potun iç yapısı

○ Doğrusal (Lineer) Potansiyometreler:

Bu potlarda direnç değeri doğrusal olarak değişir. Doğrusal potansiyometrede şaft dönüşüyle direnç değişim yüzdesi eşit aralıklarla artıp azalmaktadır.



Çeşitli potlar



Potansiyometrenin yapısı

○ **Logaritmik Potansiyometreler:**

Logaritmik potlarda direnç değişimi şaftın dönme açısıyla doğru orantılı değildir.

Logaritmik potansiyometrelerde 180 'ye kadar şaft değişimine oranla direnç değişimi düşükken, 180 'den sonra büyüktür.

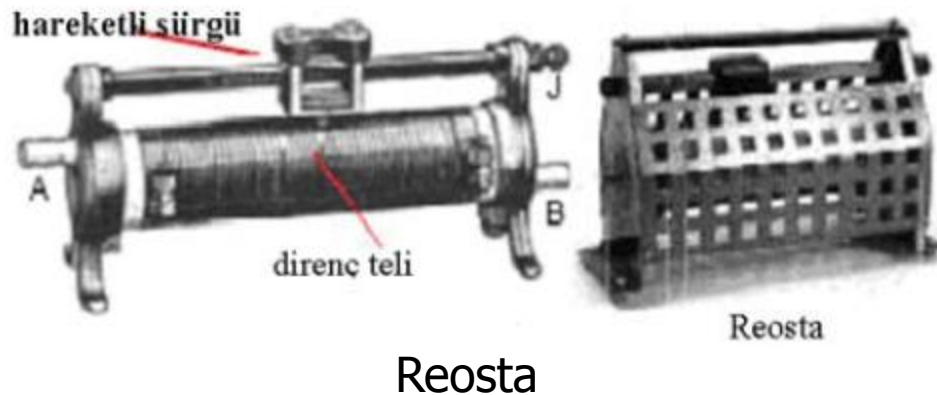
- **Çok Turlu Potansiyometreler:**

Belli bir dönüş mesafesi olmayan potansiyometredir. Bunun dışında direnç ayarının kademeli olarak yapıldığı potansiyometreler vardır.

2.3. Reostalar

Bu tip ayarlı direncin trimpotlar ve potlardan ayrılan en büyük özelliği yüksek güçlü devrelerde kullanılabilmesidir. Dolayısıyla üzerinden büyük miktarlarda akım geçebilir.

Ayrıca reostaların boyutları diğer ayarlı dirençlere göre çok büyüktür.

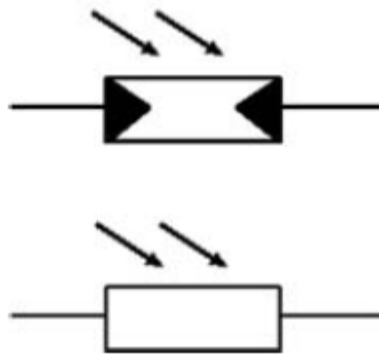


3. Ortam Etkili Dirençler

Direnç değeri çeşitli doğa olayları neticesinde değişen dirençlere “ortam etkili direnç” denir. Üzerine uygulanan ısı, ışık ve elektrik potansiyeli (gerilim) gibi etkilerle direnç değişimi sağlanır.

○ Işık Etkili Dirençler (LDR)

Üzerine düşen ışık şiddetiyle ters orantılı olarak direnci değişen devre elemanlarıdır. Işığa duyarlı sistemleri kontrol edecek elektronik devrelerde yaygın olarak kullanılır. Işığa duyarlı robotlar, otomatik devreye giren gece lambaları gibi örnekler verilebilir.



Sembolleri



LDR'nin üstten görünüşü



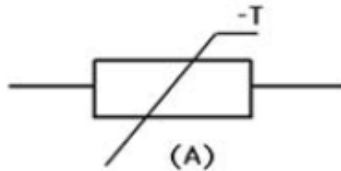
Çeşitli LDR'ler

○ Isı Etkili Dirençler (NTC, PTC)

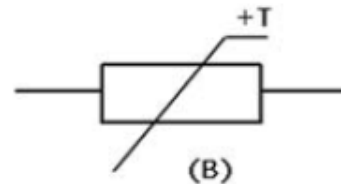
Pozitif Kat Sayılı Direnç – **PTC** ; gövde sıcaklığı yükseldikçe direnci yükselen ve gövde sıcaklığı düştükçe de direnci düşen dirençlerdir.

Negatif Kat Sayılı Direnç – **NTC** ; gövde sıcaklığı düştükçe direnci yükselen ve gövde sıcaklığı yükseldikçe de direnci düşen dirençlerdir.

Bu dirençler **termistör** olarak adlandırılırlar.



NTC Sembolü



PTC Sembolü

○ Gerilim Etkili Dirençler (Varistör) (VDR)

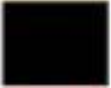
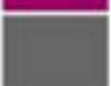
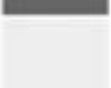
Gerilim yükselince direnci hızla azalarak geçirdiği akım değeri artan elemanlardır. Başka bir deyişle, üzerindeki gerilim düşükken VDR'nin direnci çok yüksektir. Gerilim değeri yükseldiğinde ise direnci hızla azalır.

Bu elemanlar; bobin, röle, trafo, transistör, tristör, anahtar vb. gibi elemanları ani gerilim artışlarının getirdiği zararlı etkilere karşı korumak için adı geçen elemanlara paralel bağlanarak kullanılır.

Direnç Renk Kodları

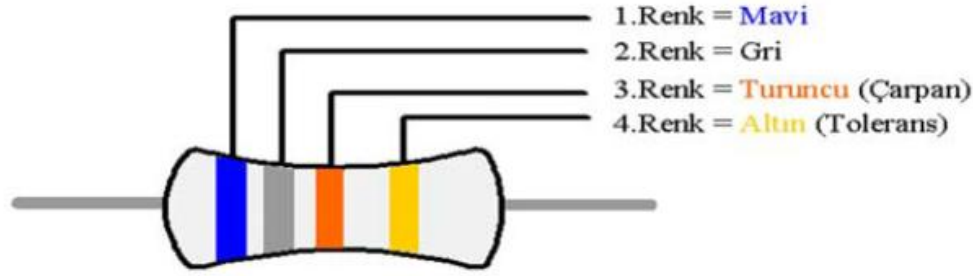
Sabit dirençlerin elektriksel büyüklüğü (ohm değeri), yaygın olarak üzerlerine üretim sonrası çizilen renk bantları yardımıyla anlaşılır. Bazı dirençlerde direnç değeri rakam yazılarak belirtilse de piyasada yaygın olarak kullanılan dirençlerin büyük çoğunluğu renk bantlarıyla üretilmektedir.

Ölçü aleti kullanmadan direncin değerini renk bantları yardımıyla belirleyebilmek önemlidir. Dirençler 4 ve 5 bantlı olarak üretilmektedir.

RENKLER		SAYI	ÇARPAN	TOLERANS
Siyah		0	10^0	%20
Kahverengi		1	10^1	%1
Kırmızı		2	10^2	%2
Turuncu		3	10^3	-----
Sarı		4	10^4	-----
Yeşil		5	10^5	%0,5
Mavi		6	10^6	-----
Mor		7	10^7	-----
Gri		8	10^8	-----
Beyaz		9	10^9	%10
Altın		-----	10^{-1}	%5
Gümüş		-----	10^{-2}	%10

Direnç renk tablosu

Örnek:

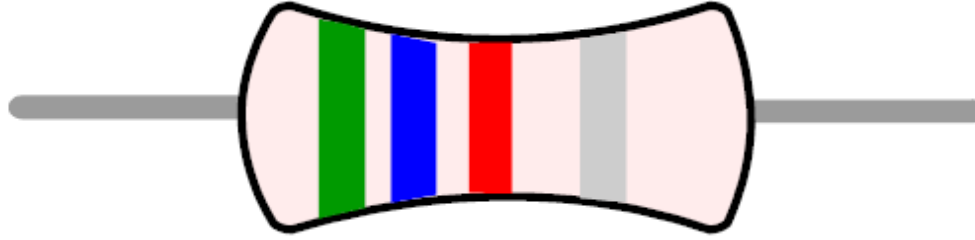


Öncelikle ilk iki renge karşılık gelen sayısal değerleri yan yana yazılır. (örnekte mavi:6 ve gri:8 = 68)

Ardından elde edilen bu değer üçüncü rengin çarpan değeriyle çarpılır (örnekte $68 \times \text{turuncu}:1000 = 68000\Omega = 68\text{k}\Omega$).

1. Renk	2. Renk	3. Renk (Çarpan)	Tolerans
6	8	$\times 10^3 = 1000$	%5
Direnç = 68 K Ω			

Soru: Aşağıdaki dört renkli direncin değeri hangi şıkta doğru verilmiştir?

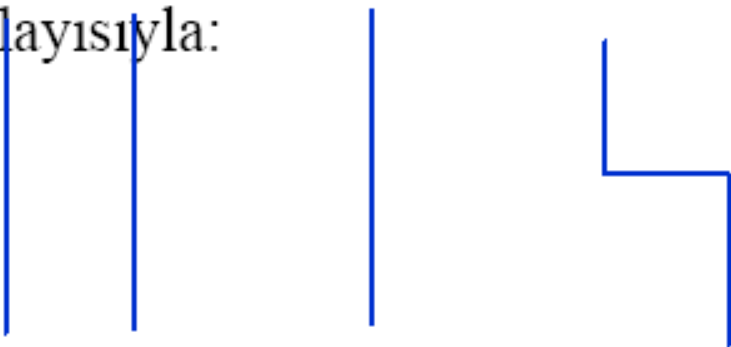


- A) 5,6k %10 B) 5,6k %5 C) 56k %10 D) 56k %5**

Çözüm:

Öncelikle direncimizin değerini ve ardından tolerans değerini hesaplayalım. Renkler; yeşil, mavi, kırmızı ve gümüştür.

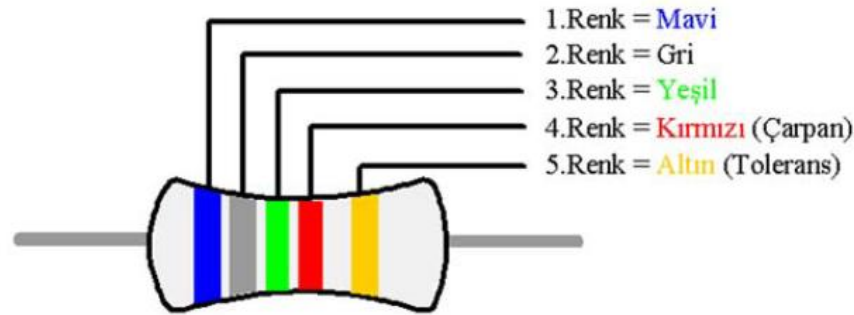
Dolayısıyla:


$$\text{5} \quad \text{6} \quad \times \quad 10^2 \quad \%10$$

$$= 56 \times 100 = 5600 = 5,6\text{k ve } \%10 \text{ tolerans}$$

Cevap A şıkkıdır.

Örnek:



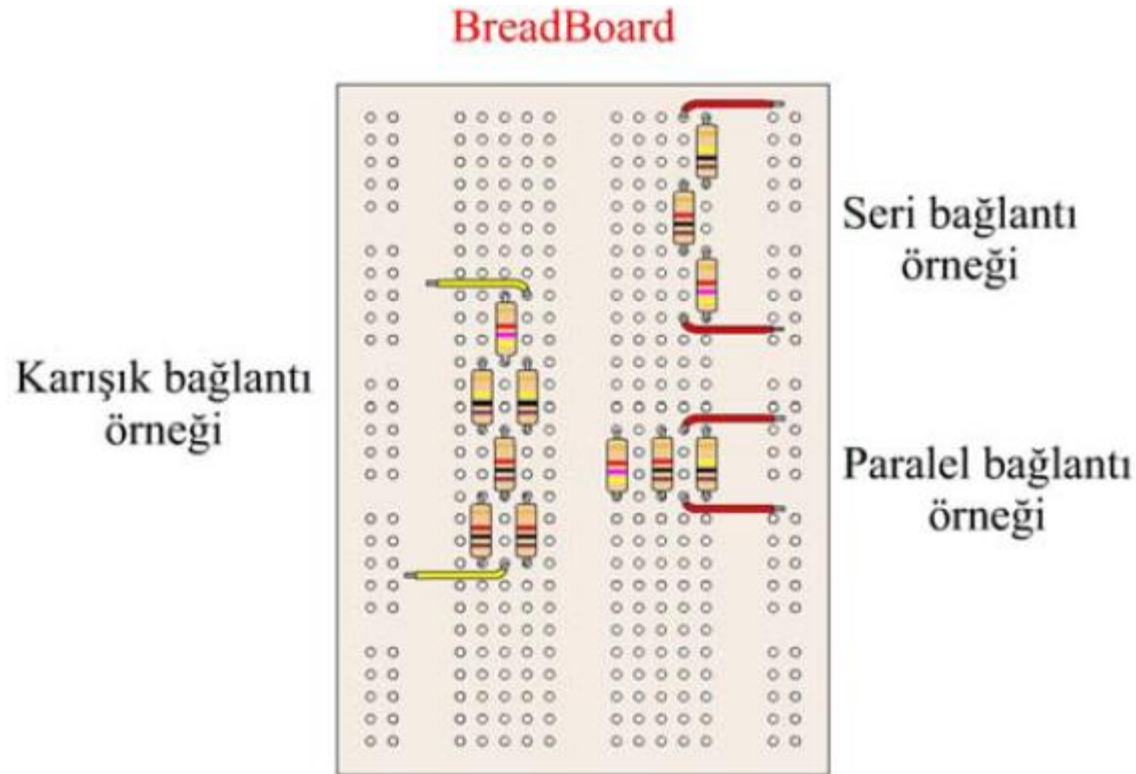
Öncelikle ilk üç renge karşılık gelen sayısal değerleri yan yana yazılır. (örnekte mavi:6, gri:8 ve yeşil:5= 685).

Ardından elde edilen bu değer dördüncü rengin çarpan değeriyle çarpılır. (örnekte $685 \times \text{kırmızı}:100 = 68500\Omega = 68,5\text{k}\Omega$)

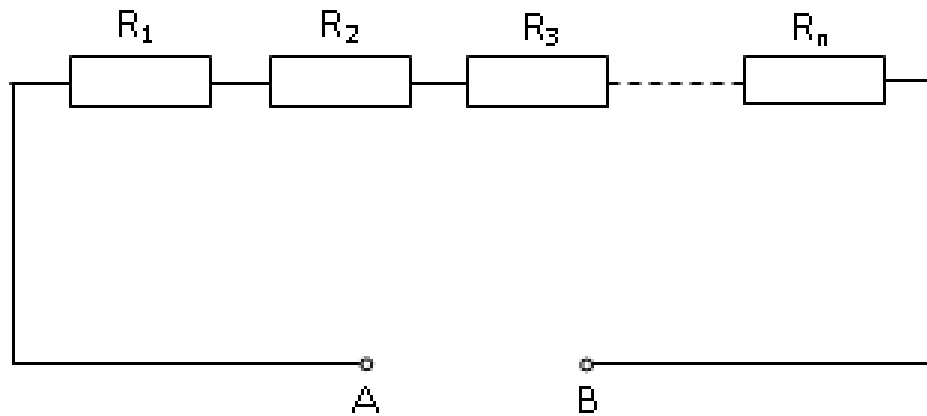
1. Renk	2. Renk	3. Renk	4. Renk (Çarpan)	Tolerans
6	8	5	$\times 10^2=100$	%5
Direnç = 68,5 K Ω				

Direnç Bağlantıları

Dirençler seri, paralel ya da karışık bağlanarak farklı değerlerde dirençler elde edilebilir.

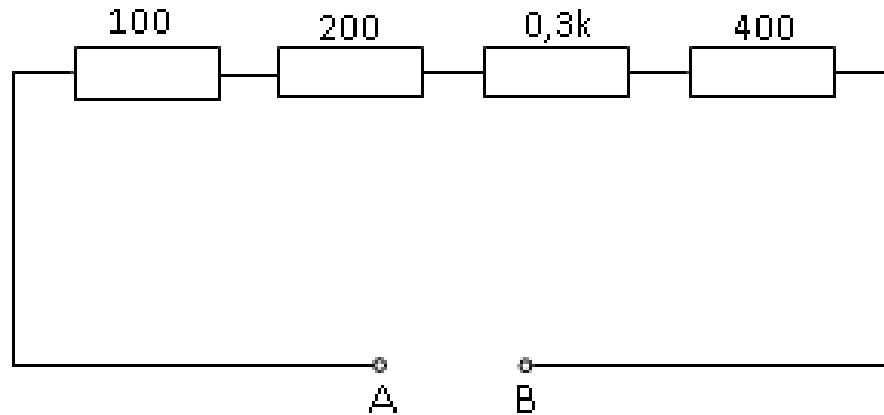


○ Dirençlerin Seri Bağlanması:



$$R_{AB} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Örnek:



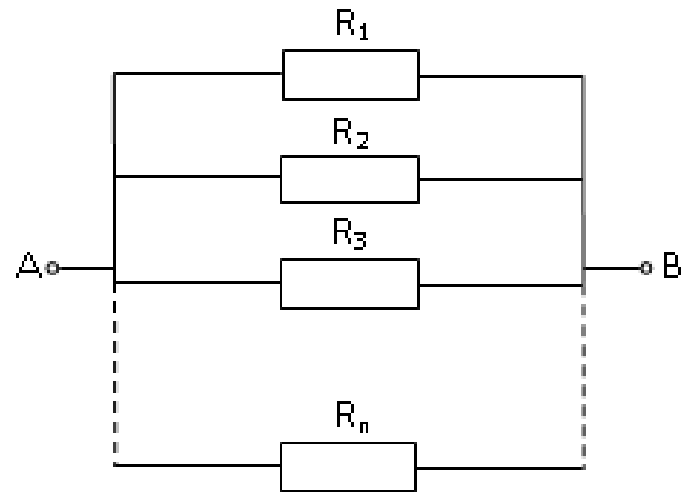
A ve B noktaları arasındaki eşdeğer direnç;

$$R_{AB} = 100 + 200 + 0,3k + 400$$

$$0,3k = 300 \, \Omega \text{ olduğundan}$$

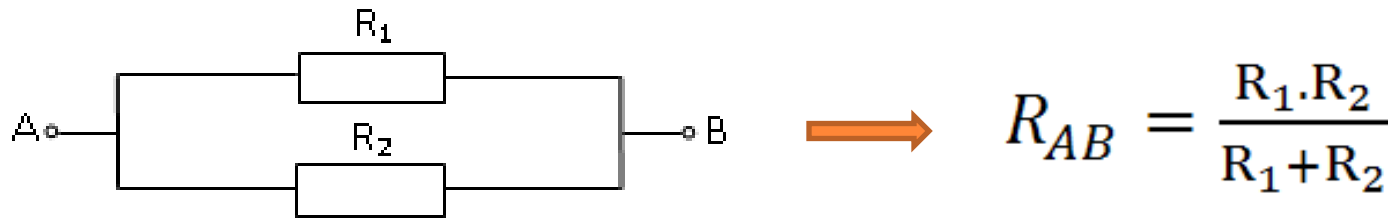
$$R_{AB} = 1000 \, \Omega = 1k \, \Omega$$

○ Dirençlerin Paralel Bağlanması:



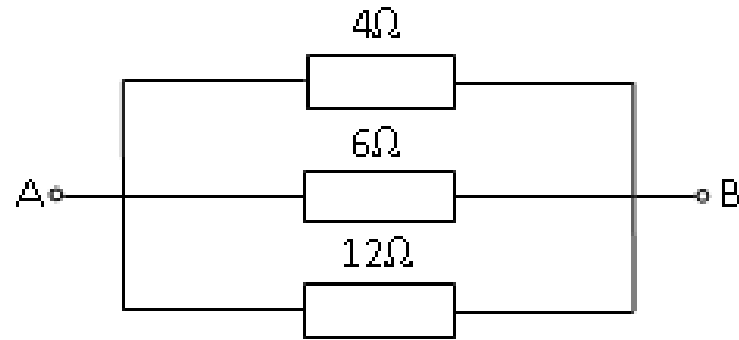
$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

- İki direnç paralel bağlı ise aşağıdaki formül ile eşdeğer direnç daha kolay hesaplanabilir.



- Dirençler paralel bağlandığında eşdeğer direnç değeri, paralel bağlı dirençlerden en küçüğünün değerinden daha küçük olur.

Örnek:



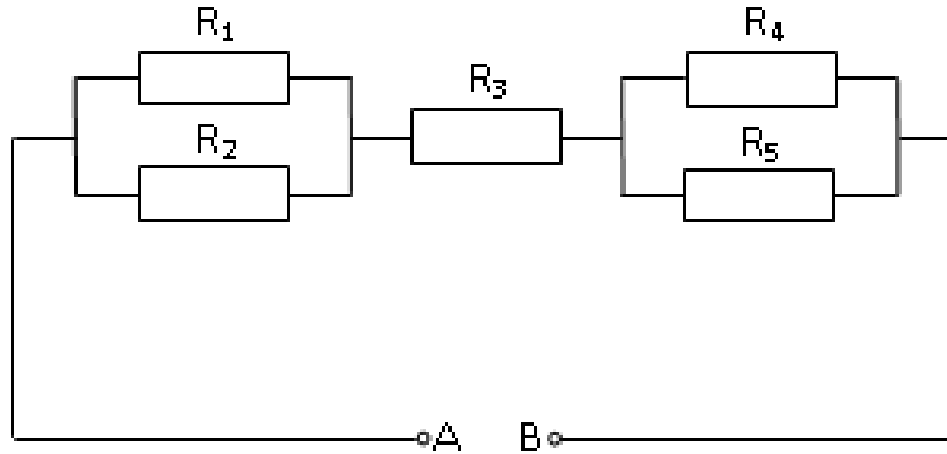
A ve B noktaları arasındaki eşdeğer direnç;

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{3}{12} + \frac{2}{12} + \frac{1}{12}$$

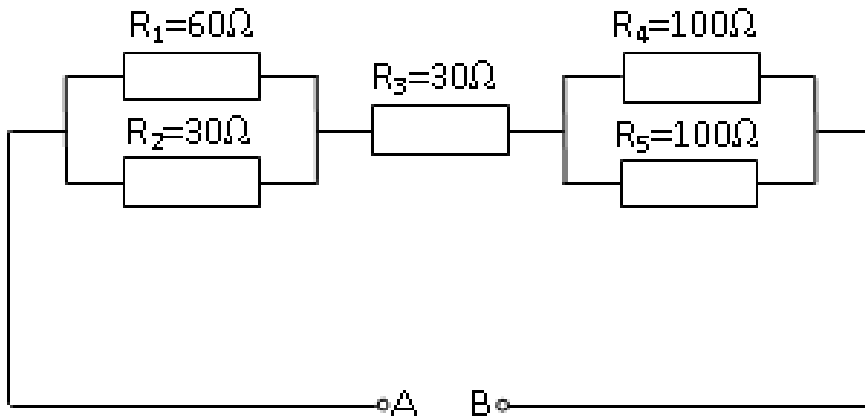
$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{6}{12} \quad \longrightarrow \quad R_{AB} = \frac{12}{6} = 2\Omega$$

○ Dirençlerin Karışık Bağlanması:



- Karışık bağlanmış dirençlerde, eşdeğer direnç hesaplanırken, dirençler uygun gruplara ayrılır ve her grup bağlantı şekline göre hesaplanarak devre sadeleştirilir. Son olarak, sadeleştirilmiş devre bağlantı şekline göre hesaplanır ve eşdeğer direnç değeri bulunur.

Örnek:



Bu karışık bağlı direnç devresinde, öncelikle R_1 ve R_2 dirençleri bir grup, R_4 ve R_5 dirençleri bir grup olacak şekilde hesaplanır ve sadeleştirilmiş devre elde edilir.

R_1 ve R_2 dirençleri paralel bağlı olduklarından;

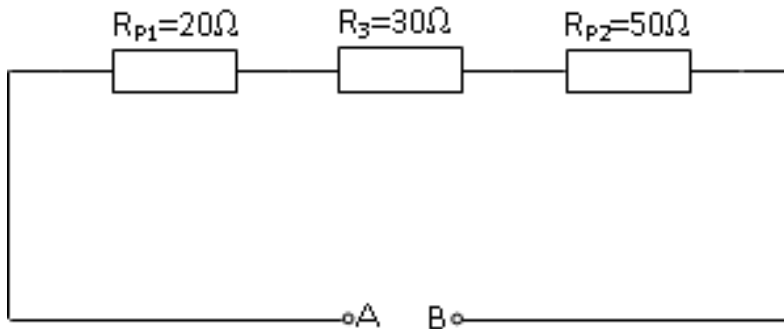
Bu iki direncin eşdeğerine R_{P1} dersek;

$$R_{P1} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{60 \cdot 30}{60 + 30} = \frac{1800}{90} = 20\Omega$$

Benzer şekilde R_4 ve R_5 dirençleri de paralel bağlı olduklarından;
Bu iki direncin eşdeğerine de R_{p2} dersek;

$$R_{p2} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5} = \frac{100 \cdot 100}{100 + 100} = \frac{10000}{200} = 50\Omega$$

Bu hesaplamalar yapıldıktan sonra devre aşağıdaki gibi olur;



Görüldüğü gibi devre oldukça sadeleşti ve sadece seri dirençlerden oluşan bir devre haline geldi.

Son olarak A ve B noktaları arasındaki eşdeğer direnç;

$$R_{AB} = R_{p1} + R_3 + R_{p2} = 20 + 30 + 50$$

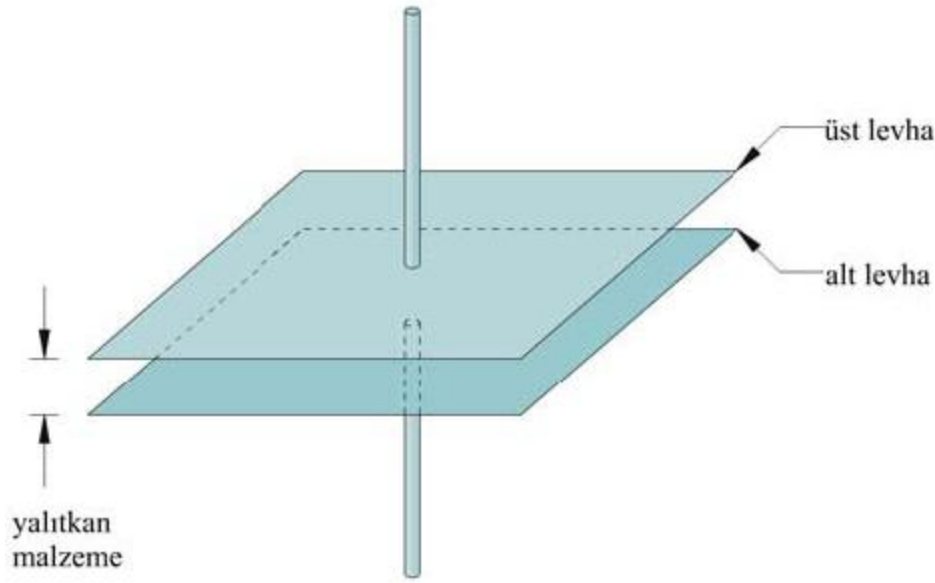
$$R_{AB} = 100\Omega$$

KONDANSATÖRLER

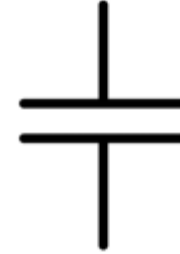
- Kondansatörler elektrik enerjisini depolamak amacıyla kullanılan devre elemanlarıdır.
- Karşılıklı duran ve aralarında fiziksel bir temas olmayan iki ayrı plaka ve plakalara bağlı elektrodlardan oluşurlar.
- Devrelerde C harfiyle temsil edilirler.



Çeşitli Kondansatörler



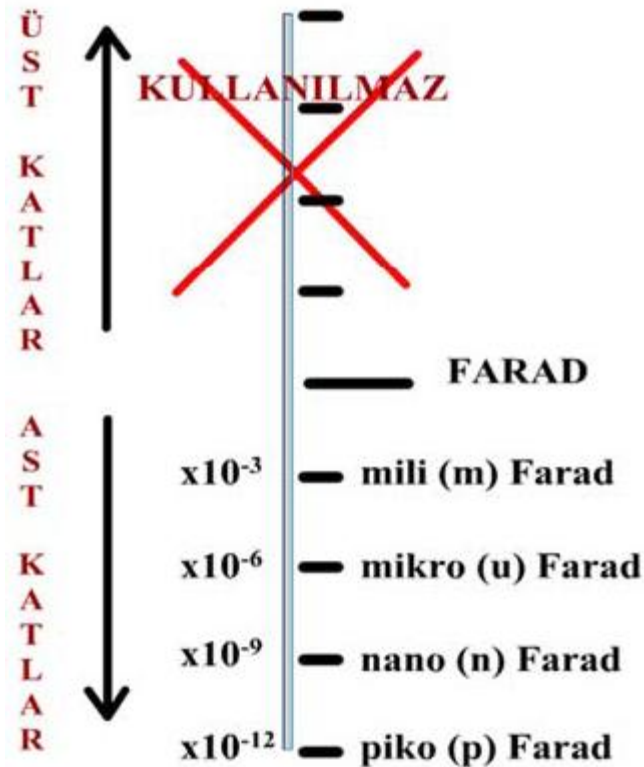
Yapısı



Sembolü

Kondansatör sığası plakaların yüzey alanı ve plakalar arasındaki mesafeyle ilişkilidir. Ayrıca plakalar arasındaki yalıtkan maddenin yalıtkanlık özelliği de kondansatörün sığasını etkiler. Kondansatörlerin elektriksel değeri kapasitans olarak adlandırılır.

- Kondansatör kapasitesi farad olarak adlandırılır ve 'F' harfiyle gösterilir.
- Farad birimi yalnız başına çok büyük bir sığaya karşılık geldiğinden genellikle ast katları kullanılır.



Örnek:

$0,1 \mu\text{F} = \dots\dots\dots? \text{nF}$ eder.

Mikro (μ) kat sayısı, nano (n) kat sayısının 1000 katı olduğu için;

$0,1 \mu\text{F} = 100 \text{nF}$ yapar.

Örnek:

$1200 \text{pF} = \dots\dots\dots? \mu\text{F}$ eder.

piko (p) ve mikro kat sayıları arasındaki fark 1 milyondur. Piko kat sayısı mikro kat sayısından küçük olduğu için 6 basamak sola gidilir:

$1200 \text{pF} = 0,0012 \mu\text{F}$ yapar.

Soru:

$$47 \mu\text{F} = \dots\dots\dots? \text{ nF}$$

$$100 \text{ pF} = \dots\dots\dots? \text{ nF}$$

$$1,2 \text{ nF} = \dots\dots\dots? \text{ pF}$$

$$680 \text{ nF} = \dots\dots\dots? \mu\text{F}$$

$$0,1 \text{ mF} = \dots\dots\dots? \mu\text{F}$$

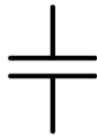
$$10000 \text{ pF} = \dots\dots\dots? \mu\text{F}$$

Kondansatör Çeşitleri

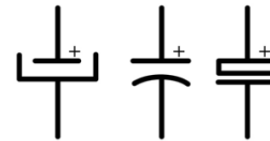
1. Sabit Kondansatörler

Kapasitesi değiştirilemeyen kondansatörlerdir. Değişik türlerde sabit kondansatörler vardır.

Kutuplu ya da kutupsuz olarak ayrılabilirler. Kutuplu kondansatörlerde artı (+) ve eksi(-) kutupların devreye doğru bağlanması gerekir. Aksi durumda levhalarda aşırı ısınma meydana gelir ve kondansatör delinebilir.



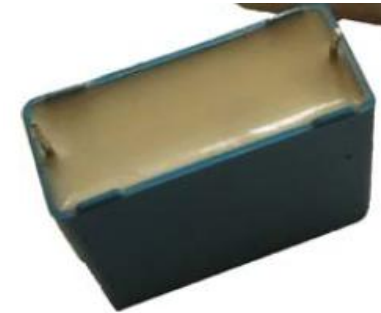
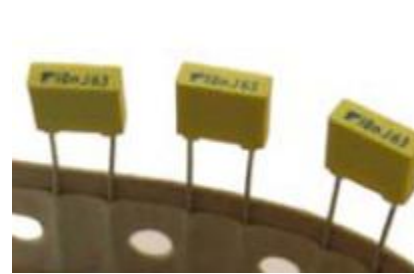
Kutupsuz kondansatör sembolü



Kutuplu kondansatör sembolleri



Film Kondansatörler



Seramik Kondansatörler

Mika Kondansatörler



Elektrolitik Kondansatörler

SMD Kondansatörler

2. Ayarlı Kondansatörler

Kapasite değerleri değiştirilebilen kondansatörlerdir.

2.1. Varyabl Kodansatörler:

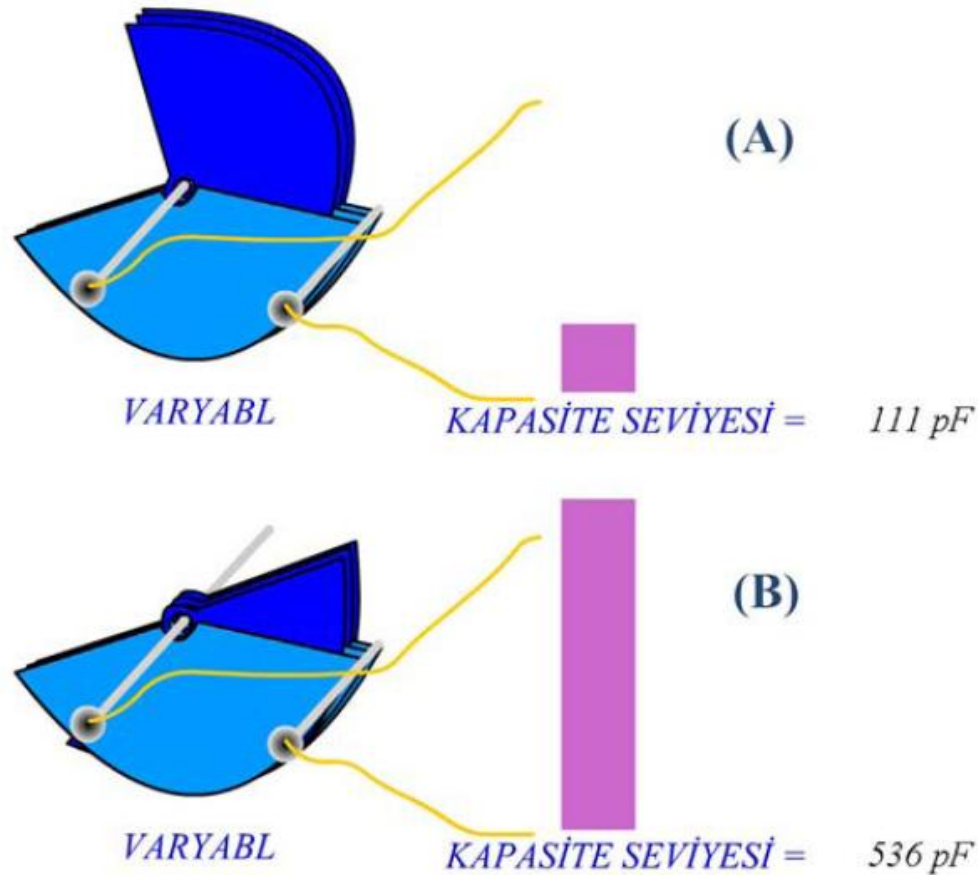
Kapasite değerleri elle ayarlanır. Levhalar arasında yalıtkan olarak, plastik ya da hava vardır.



Sembolü

Radio alıcılarında anten katının frekansını değiştirmek amacıyla kullanılır.

Aşağıdaki şekil'de bir varyabl kondansatörde levhaların değişiminin sığaya etkisi gösterilmiştir.



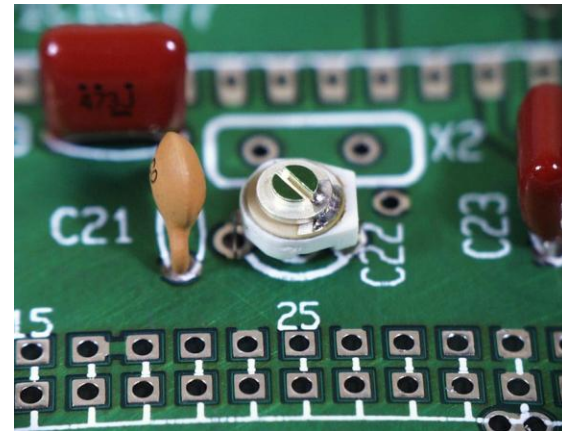
2.2. Trimer Kondansatörler:

Sığanın tornavida gibi yardımcı bir aletle ayarlanabildiği kondansatör türüdür.

Sığanın bir defa ayarlandıktan sonra belli bir değerde sabit bırakıldığı yerlerde kullanılır.

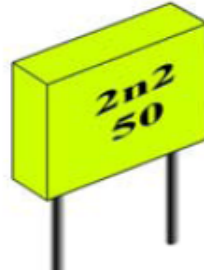


Sembolü



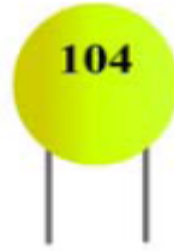
Rakamlarla Kondansatör Değerinin Okunması

Kondansatörlerin kapasitesi ve çalışma gerilimleri yükseldikçe gövde boyutları da büyür. Büyük kondansatörlerde kapasite değeri ve çalışma gerilimleri üzerlerinde yazılıyken küçük boyutlu kondansatörlerde bazı kısaltmalar kullanılır.



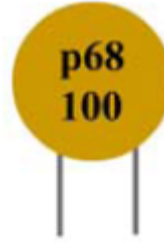
Eğer yazılı değerin içinde birim kullanılmışsa birimin yazılı olduğu yerde virgöl olduğu varsayılır.

Şekilde, 2n2 kodu ve 50 değeri olan kondansatörün sığası 2,2 nF ve çalışma gerilimi 50 V'tur.



Özellikle mercimek kondansatörlerde 10 sayısının yanına rakam yazılarak sığa değeri belirtilir ve birim yazılmaz. Bu durumda kondansatör sığası piko farad (pF) üzerinden değerlendirilir. 10 sayısının yanında yer alan rakam kadar 10 sayısının yanına sıfır (0) eklenir.

Şekilde, 104 kodu olan kondansatörün sığası;
 $10.0000 \text{ pF} = 100 \text{ nF}$ 'dir.



Bazı kondansatörlerde sayının önüne birim yazılır. Bu durumda birimin yazıldığı yerde "0." olduğu varsayılır.

Şekilde p68 kodu ve 100 değeri olan kondansatörün sığası 0.68 pF ve çalışma gerilimi 100 V'tur.

KONDANSATÖRLERİN KULLANIM YERLERİ

Filtre elemanı olarak,

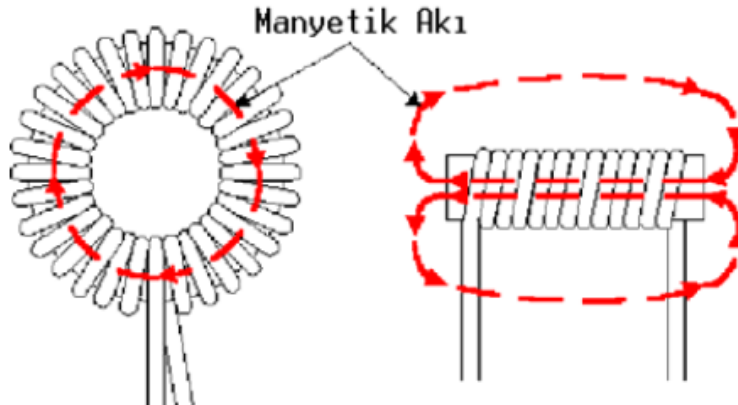
Güç kaynaklarında paralel bağlanarak AC'yi

Amp. devrelerinde seri bağlanarak DC'yi filtreler.

Osilatörlerde (RC)

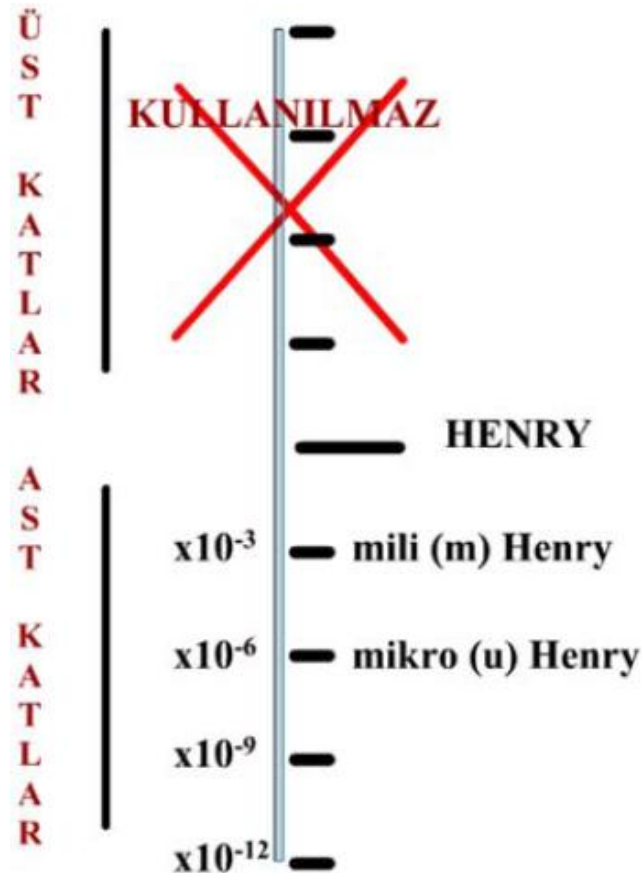
BOBİNLER

Bobinler iletken bir telin 'nüve' denilen bir malzeme üzerine sarılmasıyla elde edilirler. Tel ardışık şekilde ve belli bir çapta sarılır. Teller birbiri üzerine sarılırken kısa devre oluşmaması için yalıtılırlar (yalıtım için vernik tercih edilir). Nüve malzemesi yerine hava da olabilir.



Bobinlerin elektriksel değeri endüktans olarak adlandırılır ve 'L' harfiyle gösterilir.

Birimi 'Henry' dir ve H harfi ile gösterilir.



Örnek:

$10 \mu\text{H} = \dots\dots\dots? \text{mH}$ eder.

Mili (m) kat sayısı, mikro (μ) kat sayısının 1000 katı olduğu için;

$10 \mu\text{H} = 0,01 \text{mH}$ yapar.

Örnek:

$1,2 \text{mH} = \dots\dots\dots? \mu\text{H}$ eder.

Büyük kat sayıdan küçük kat sayıya gidildiği için 3 basamak sağa gidilir (1000'le çarpılır)

$1,2 \text{mH} = 1200\mu\text{H}$ yapar.

Soru:

$$47 \text{ H} = \dots\dots\dots? \text{ mH}$$

$$100 \text{ }\mu\text{H} = \dots\dots\dots? \text{ mH}$$

$$1200 \text{ }\mu\text{H} = \dots\dots\dots? \text{ H}$$

$$0,68 \text{ mH} = \dots\dots\dots? \text{ }\mu\text{H}$$

$$0,1 \text{ H} = \dots\dots\dots? \text{ }\mu\text{H}$$

$$10000 \text{ mH} = \dots\dots\dots? \text{ H}$$

Bobin Çeşitleri

1. Sabit Bobinler

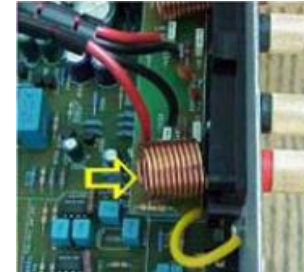
Endüktansı değiştirilemeyen bobinlerdir.

1.1. Hava Nüveli Bobinler:

Çoğunlukla yüksek frekanslı devrelerde kullanılır.



Sembolleri



Görünümü

1.2. Ferit Nüveli Bobinler

Radio frekans devrelerinde kullanılan bobin türüdür.

Nüve olarak manyetik geçirgenliği yüksek bir malzeme kullanılmıştır ve bu malzeme alüminyum, demir, nikel, kobalt, bakır ve bazı katkı maddelerinin bir araya getirilmesiyle üretilmiştir.



Sembolleri



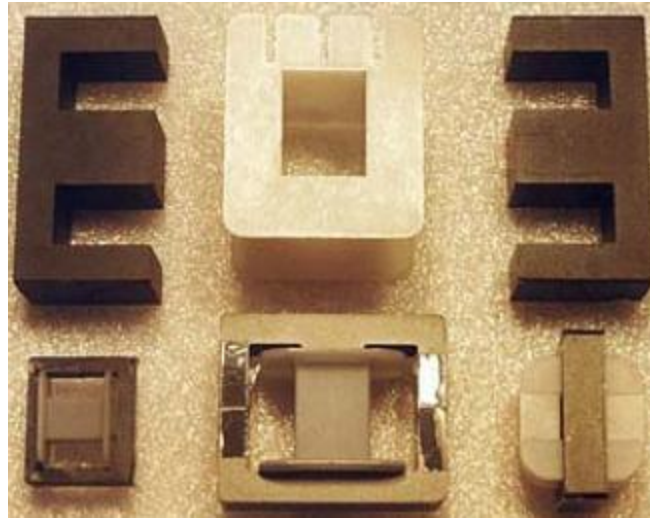
Görünümü

1.3. Demir Nüveli Bobinler:

Nüve olarak çok sayıda ince sac kullanılmıştır.



Sembolleri



Nüve Görünümleri

1.4. Toroid Bobinler:

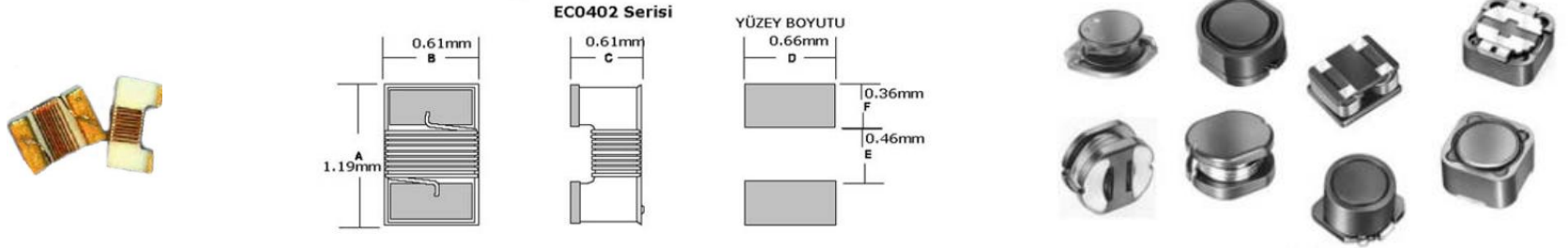
Manyetik akı sızıntısı gerçekleşmez. Manyetik akının diğer elemanları etkilememesi istenen yerlerde kullanılır.



Görünümleri

1.5. SMD Bobinler:

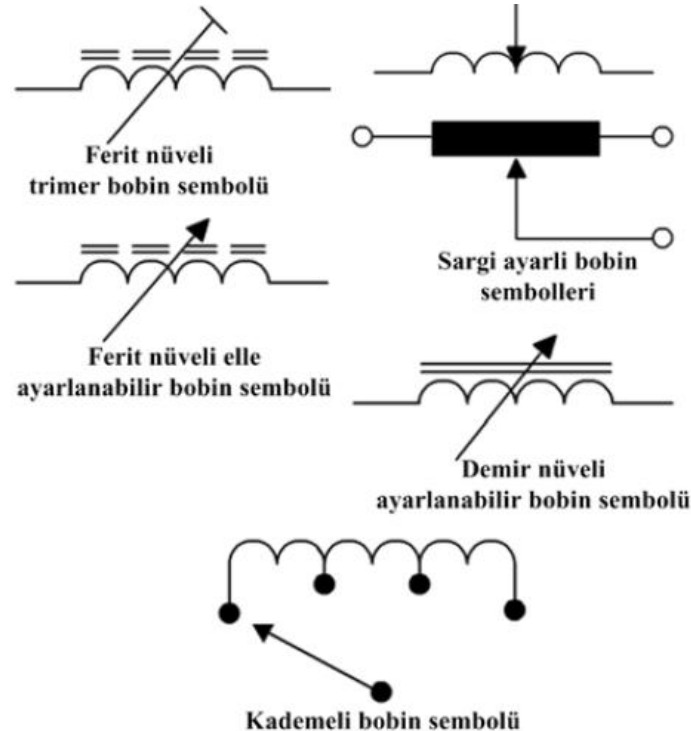
Elektronik devre kartlarına yüzey temaslı olarak monte edilmeye uygun yapıda üretilmiş bobinlerdir. Boyutları diğer bobinlere göre çok daha küçüktür.

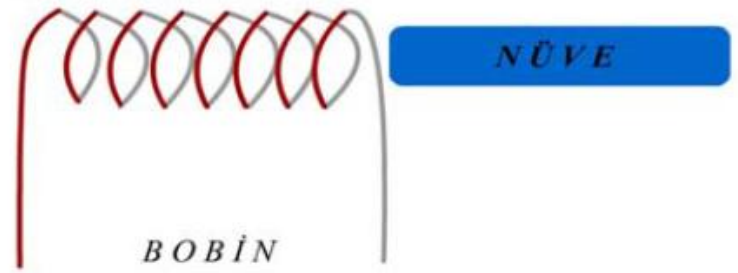


2. Ayarlı Bobinler

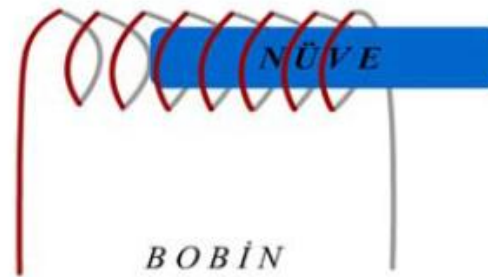
Endüktans değerleri değiştirilebilen bobinlerdir.

Kademeli olarak ayarlanan, nüvesi hareket ettirilerek ayarlanan ya da sargısı ayarlanan türleri vardır.

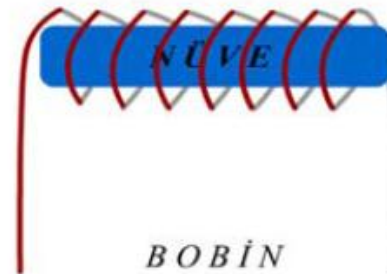




Bobin Endüktansı = 20 H



Bobin Endüktansı = 92.85 H

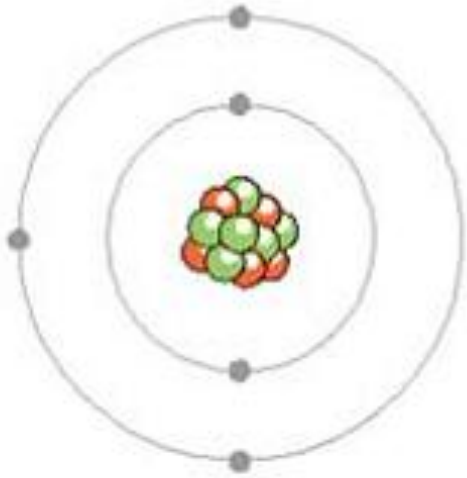


Bobin Endüktansı = 130 H

Nüvesi ayarlanabilir bir bobinde endüktans değişimi

YARI İLETKEN ELEMANLAR

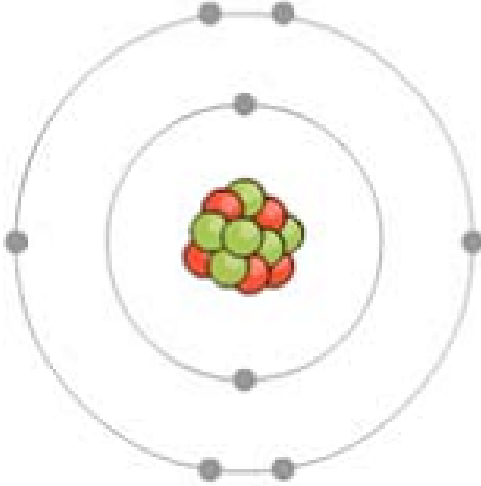
İletken, Yalıtkan ve Yarı İletken Maddeler



Bor atomu
(iletken)

İletken:

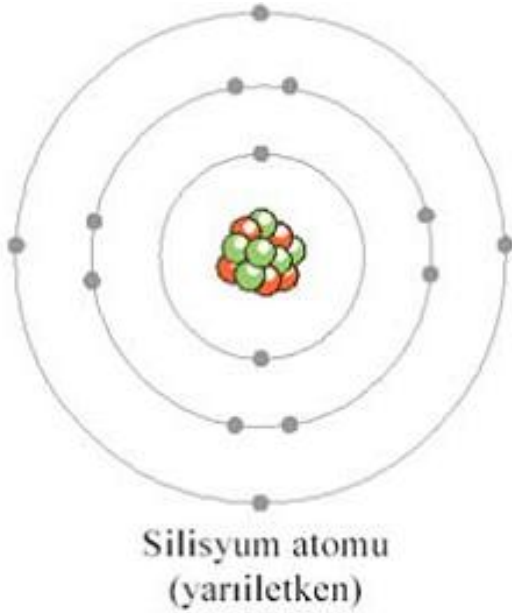
- Atomlarının son yörüngesinde dörtten az elektron bulunan maddelere **iletken** denir.



Oksijen atomu
(yalıtkan)

Yalıtkan:

- Atomlarının son yörüngesinde dörtten fazla elektron bulunan maddelere **yalıtkan** denir.

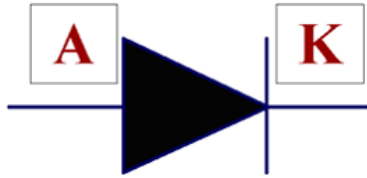


Yarı İletken:

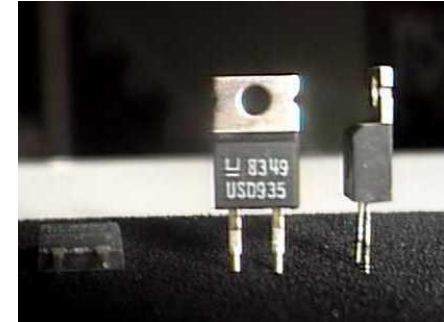
- Atomlarının son yörüngesinde dört elektron bulunan maddelere **yarı iletken** denir.

DİYOTLAR

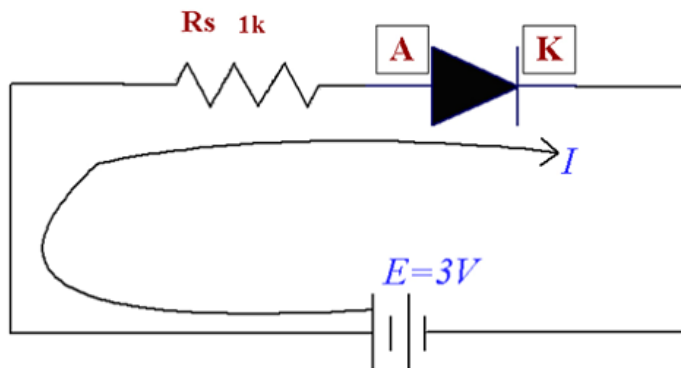
- Diyot, silisyum gibi bir yarı iletken maddenin P ve N tipi olarak elde edilmiş iki türünün birleşiminden oluşan bir devre elemanıdır. Pozitif elektriksel özellik gösteren kutbu Anot, negatif elektriksel özellik gösteren kutbu Katot, olarak adlandırılır.
- Diyotun en önemli elektriksel özelliği akımı tek yönde iletmesidir.
- Silisyum (Si) diyotlarda ilettime geçme gerilimi 0,7V, germanyum (Ge) diyotlarda 0,3V' tur.



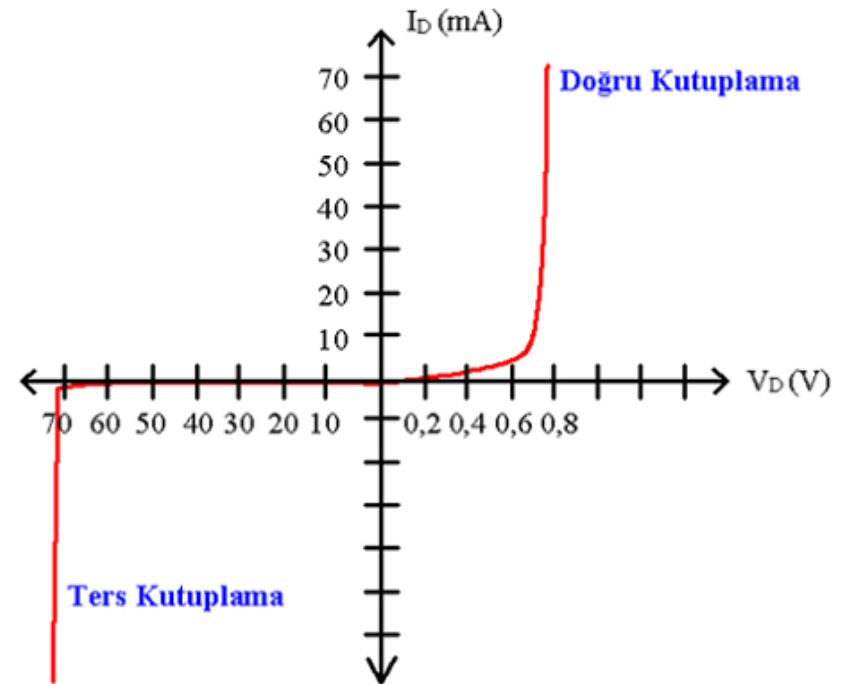
Diyot Sembolü



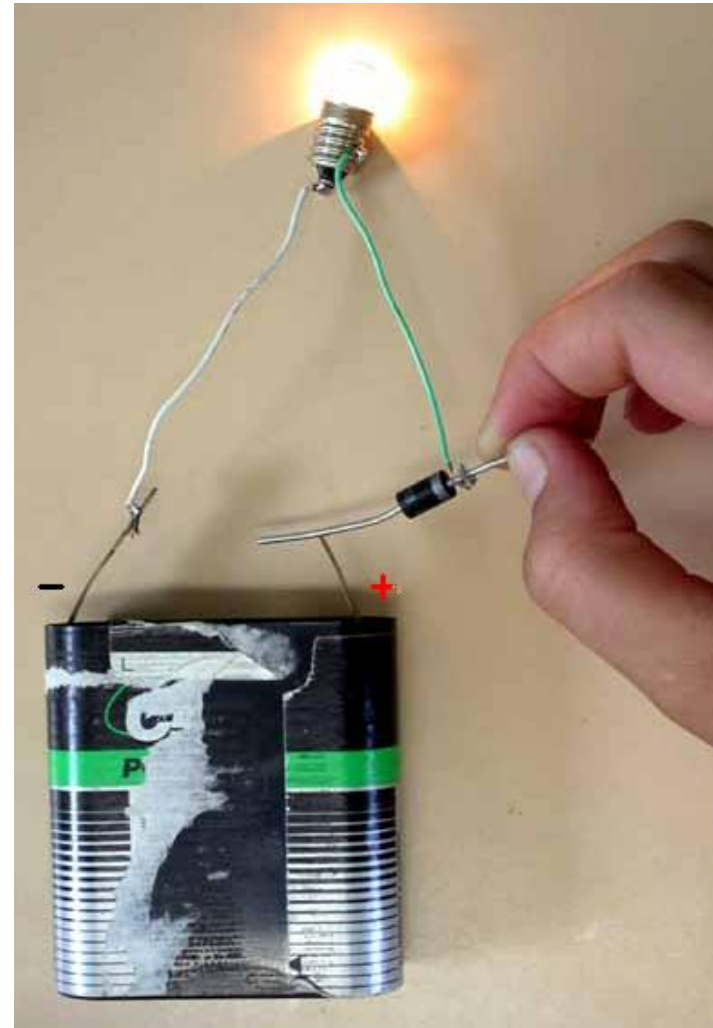
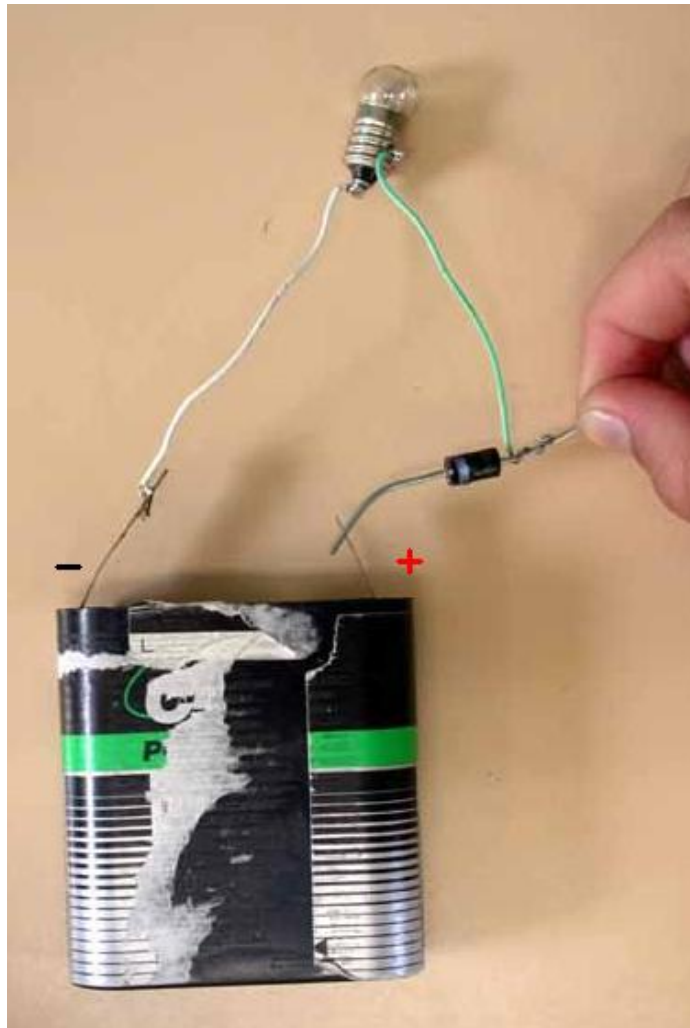
Diyot Görünümleri



Doğru polarma devresi



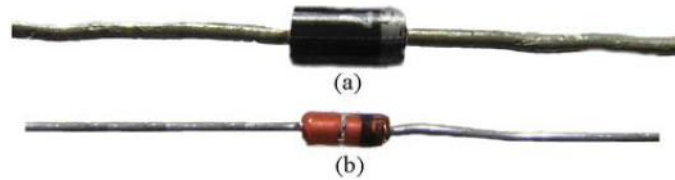
Diyot Karakteristiği



Diyot Çeşitleri

1. Kristal Diyotlar

Kristal diyotlar çoğunlukla alternatif gerilimin doğrultulması gereken yerlerde ya da elektronik devrelerin kısa devreden korunması istenen yerlerde kullanılır. Değişik çalışma gerilimi ve akımlarına sahip kristal diyotlar vardır.

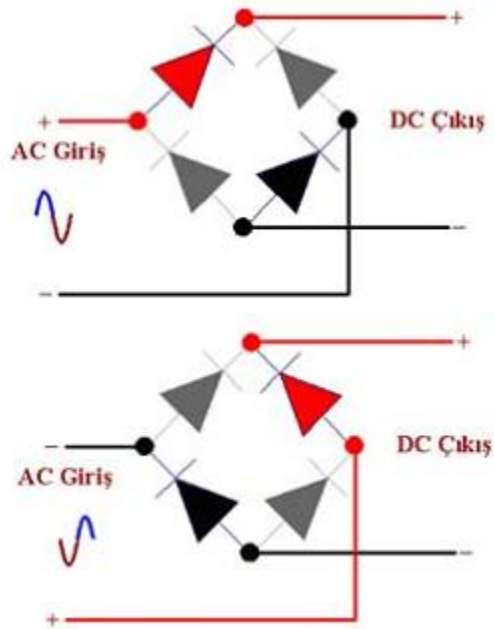


(a) 1N4001 - 1N4007 arası diyotların kılıf yapısı, (b) 1N4148'in kılıf yapısı

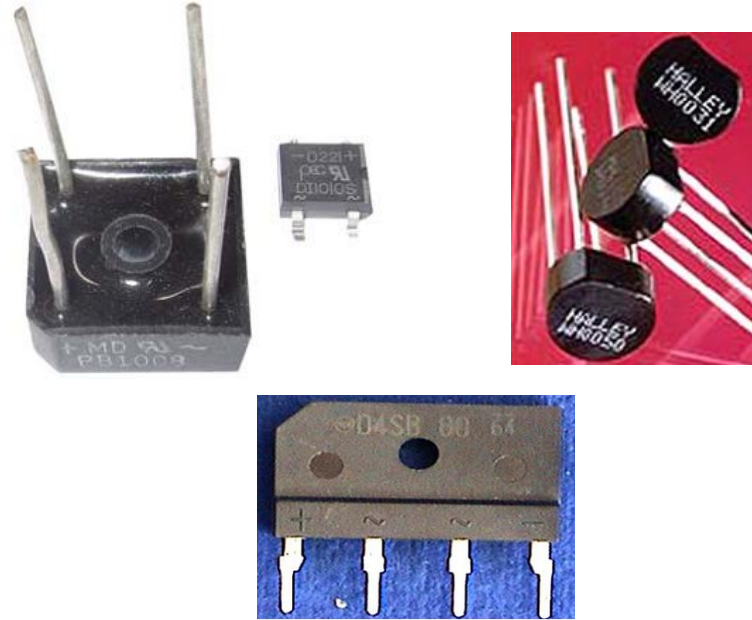
- Normal diyetin sağlamlık kontrolü...

2. Köprü Diyotlar

- Köprü diyot dört adet kristal diyotun köprü şeklinde bağlanarak bir paket halinde üretildiği dört bağlantı noktasına sahip diyottur.
- Genellikle güç kaynaklarında kullanılırlar.



Köprü Diyot Sembolü

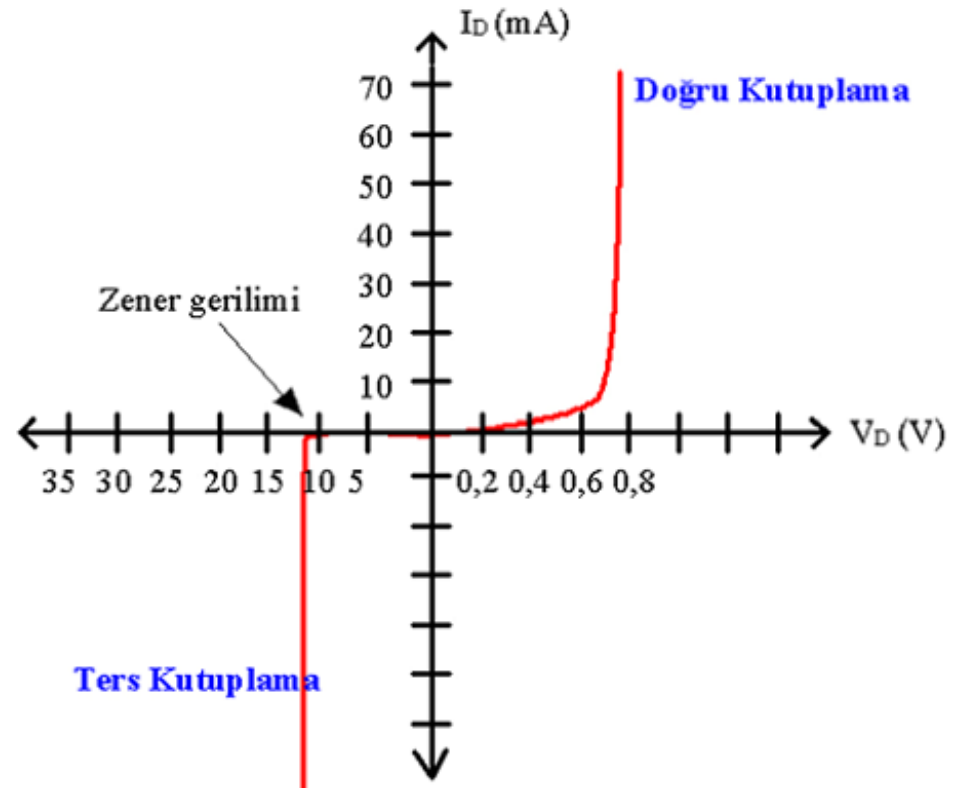
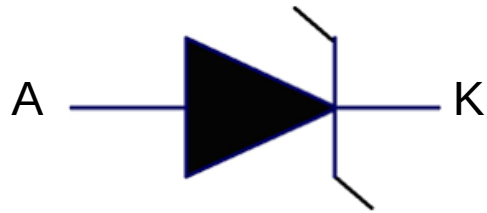


Köprü Diyot Görünümleri

- Köprü diyotun sağlamlık kontrolü...

3. Zener Diyotlar:

- Zener diyotlar normal diyotların delinme gerilimi noktasından faydalanılarak yapılmıştır.
- Zener diyot doğru polarmada normal diyot gibi çalışır.
- Ters polarmada ise zener diyota uygulanan gerilim "Zener Voltajı" 'nın altında ise zener yalıtıma geçer. Fakat bu voltajın üzerine çıkıldığında zener diyotun üzerine düşen gerilim zener voltajında sabit kalır.



Zener Diyot Sembolü ve Karakteristik Eğrisi

(Simülasyon Gösterilecek)

- Zener diyotun sağlamlık kontrolü...

4. Foto Diyotlar:

- Işığa duyarlı olarak iletme geçen diyotlardır.
- Foto diyotlar devreye ters bağlanır.
- Üzerine düşen ışıkla beraber içinden geçmeye başlayan ters yöndeki sızıntı akımları yükselir.

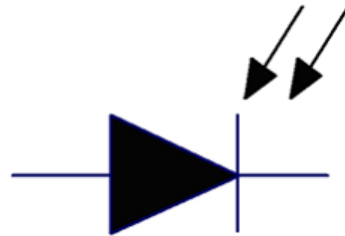
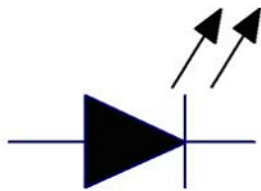


Foto Diyot Sembolü

5. Işık Yayan Diyotlar:

a) LED'ler (Light Emitting Diode):

- LED' ler uçlarına gerilim uygulandığında görülebilen bir ışık yayarlar.



LED Sembolü



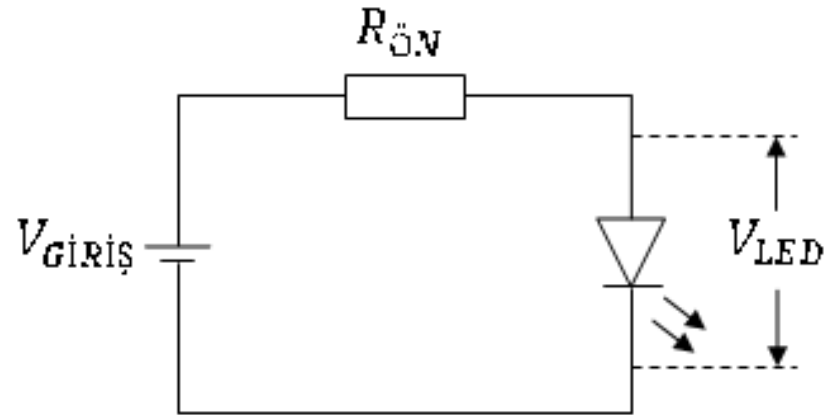
LED Görüntüleri

- LED'lerin Önüne Bağlanacak Direnç Değeri:

LED'lerin çalışma gerilimleri, genellikle kullanılan 5V, 9V, 12V gibi gerilim değerlerinden küçük olduğundan devreye bağlanırken bir ön direnç ile bağlanmaları gerekir.

Bağlanacak ön direnç küçük değerlikli seçilirse LED zarar görebilir, diğer taraftan ön direnç değeri büyük seçilirse LED yeterince ışık veremez.

Bu nedenle bağlanacak ön direnç değeri tam olarak hesaplanmalıdır.

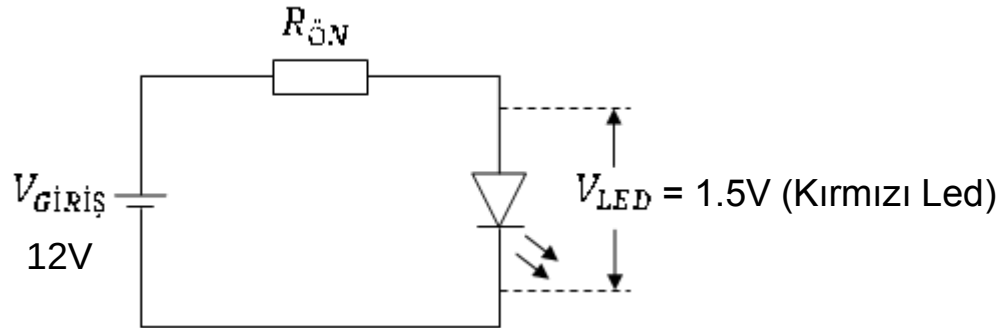


- Bu direnç değeri aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$R_{\text{ÖN}} = \frac{V_{\text{GİRİŞ}} - V_{\text{LED}}}{I_{\text{LED}}}$$

I_{LED} değeri özellikle belirtilmedikçe, 20 mA olarak alınır.

Örnek:



Verilen değerlere göre bağlanması gereken ön direnç değerini hesaplayınız.

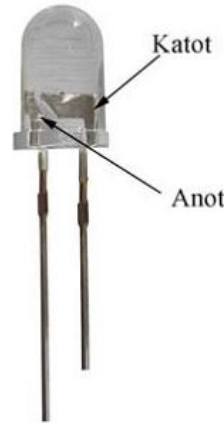
$$I_{LED} = 20 \text{ mA}$$

$$R_{ÖN} = \frac{V_{GİRİŞ} - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{12V - 1.5V}{20mA} = \frac{10.5V}{20mA} = 525\Omega$$

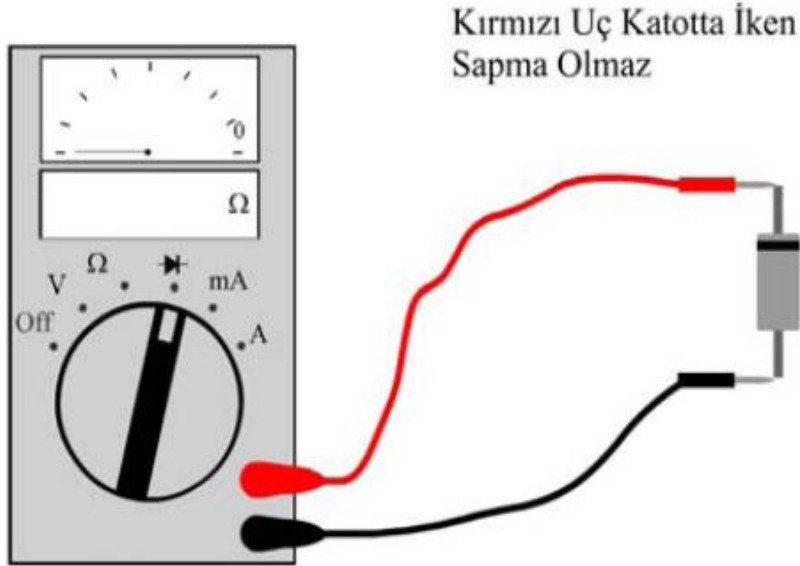
- LED'in sağlamlık kontrolü...

6) İnfrared Diyotlar (IR):

- İnsan gözünün göremeyeceği frekansta ışık yayan diyottur. Çalışma ilkesi LED'le aynıdır.
- Uzaktan kumandalı sistemlerin verici kısmında kızıl ötesi bilgi iletimi sağlamak amacıyla kullanılır.



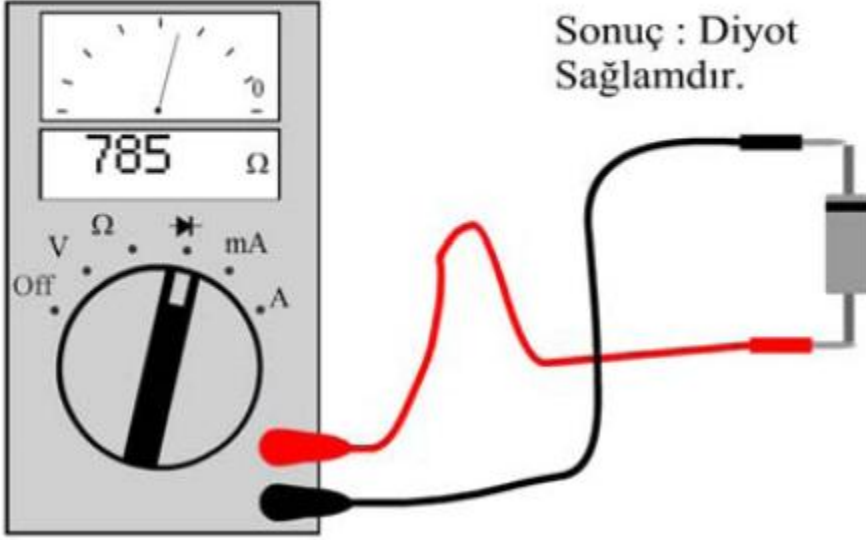
Analog ve Dijital Ölçü Aletiyle Diyodun Sağlamlık Testi ve Diyot Uçlarının Bulunması:



Ölçü aletinin kırmızı probu diyodun bir ayağına, siyah prob diyodun diğer ayağına değerlendirilir. Şekil’de görüldüğü gibi değer okunmadığını görürsek ölçü aletinin problemleri ters çevrilir.

Kırmızı Uc Anotta İken
Sapma Olur

Sonuç : Diyot
Sağlamdır.



Şekil'de görüldüğü gibi değer okunuyorsa diyodun sağlam olduğu sonucuna varılır.

Diyodun sağlam olduğu anlaşıldıktan sonra anot-katot uçları bulunur.

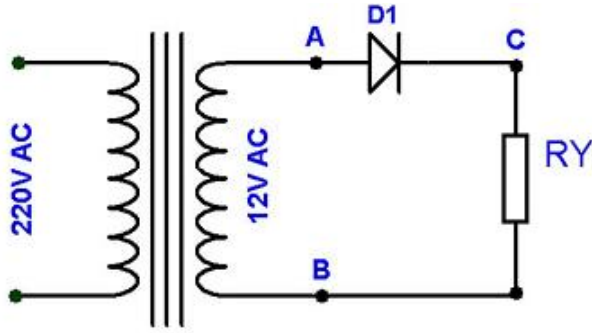
Dijital ölçü aletlerinde diyodun iletme geçtiği anda kırmızı probun bağlı olduğu diyot ayağı anot, siyah probun bağlı olduğu ayaksa katottur.

Analog ölçü aletinde durum tam tersidir. Bunun nedeni, analog ölçü aletlerinde pil uçlarının problara göre ters bağlanmış olmasıdır.

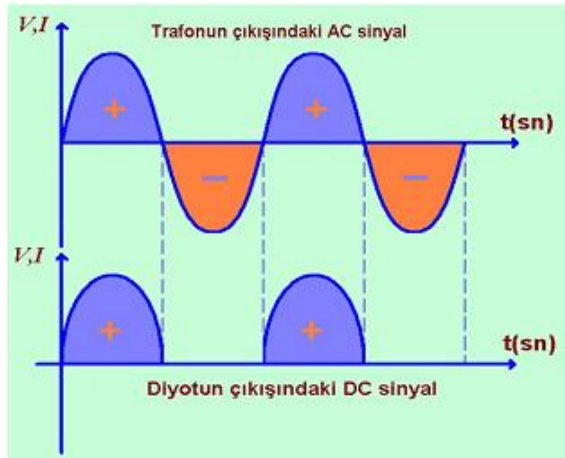
Diyotlu Doğrultma devreleri

- Yarım Dalga Doğrultma
- İki Diyotlu Tam Dalga Doğrultma
- Köprü Tipi Tam Dalga Doğrultma

Yarım Dalga Doğrultma:



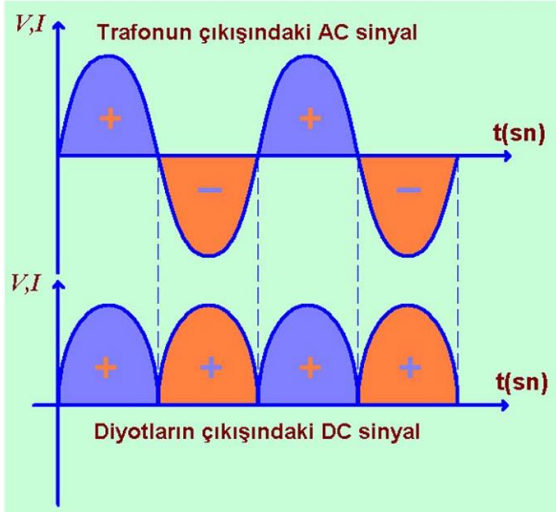
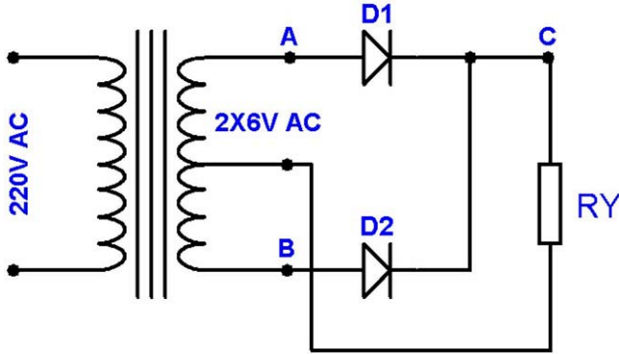
Şekil 1.6: Yarım dalga doğrultma devresi



Simülasyon için tıklayın

- Yarım dalga doğrultma devresinde tek doğrultma diyotu kullanılır.
- Yarım dalga doğrultma devresinde çıkış sinyali tam düzgün olmaz.
- Transformatörün çıkışındaki değişken akım, pozitif ve negatif olmak üzere iki alternanstan meydana gelmiştir. Diyotlar tek yönlü olarak akım geçirdiğinden transformatörün çıkışındaki sinyalin yalnızca bir yöndeki alternansları alıcıya ulaşabilmektedir.

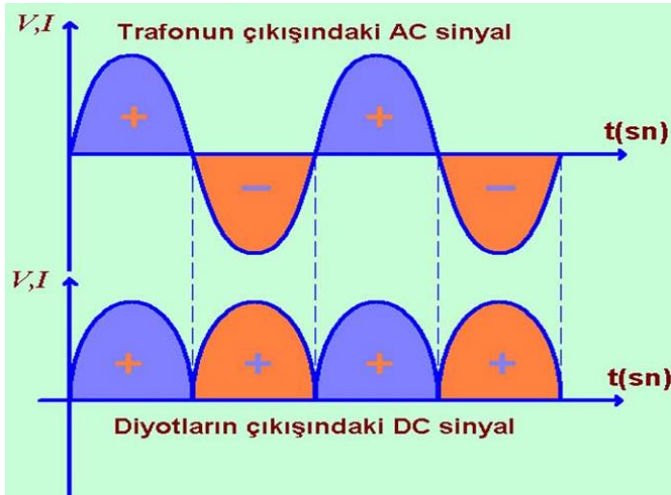
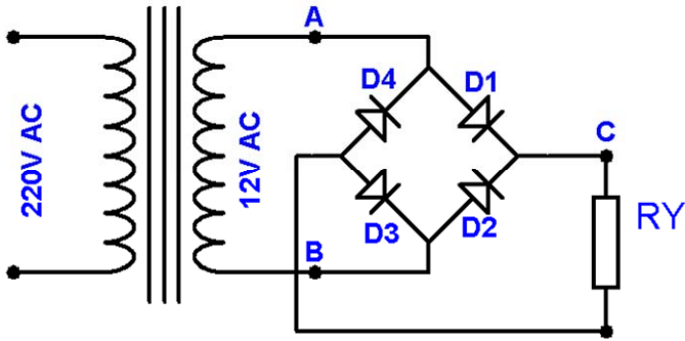
İki Diyotlu Tam Dalga Doğrultma:



- Tam dalga doğrultma devresinde, sekonderi orta uçlu bir transformatör ve iki adet doğrultma diyotu kullanılır.
- Tam dalga doğrultucuda, AC gerilimin pozitif alternanslarında diyotlardan biri, negatif alternanslarda ise diğeri iletken olur.
- İki diyotlu doğrultma devresinin çıkışından alınan DC gerilim, uygulanan AC gerilimin etkin değerinin 0,9'u kadardır.

[Simülasyon için tıklayın](#)

Köprü Tipi Tam Dalga Doğrultma:



Simülasyon için tıklayın

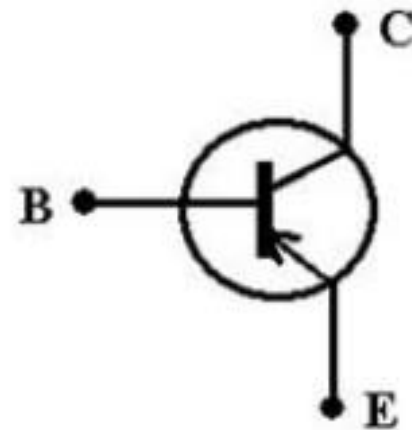
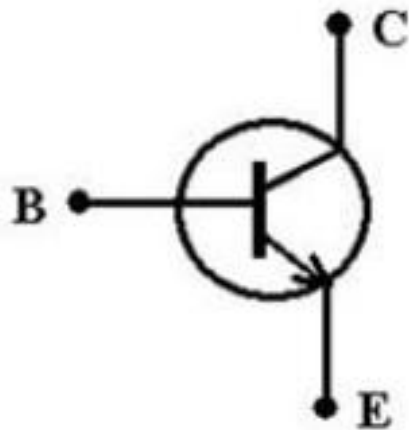
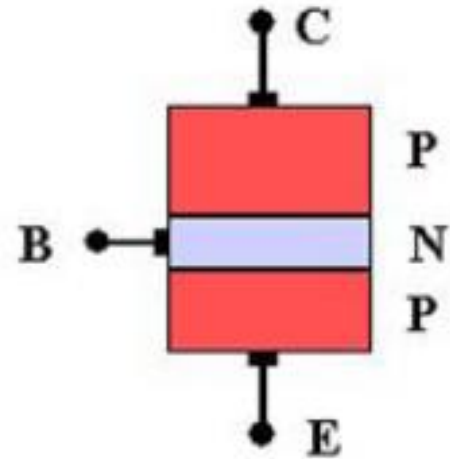
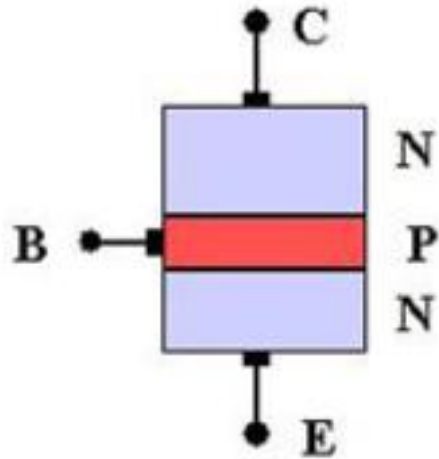
- Köprü tipi doğrultma devresinde dört adet doğrultma diyotu kullanılmıştır.
- AC 'yi en verimli şekilde DC 'ye dönüştüren devredir.
- Şekilde verilen devrede görüldüğü gibi transformatörün sekonder sarımının üst ucunun (A noktası) polaritesi pozitif olduğunda D1 ve D3 diyotları ilettime geçer.
- Transformatörün sekonder sarımının alt ucunun (B noktası) polaritesi pozitif olduğunda ise D2 ve D4 diyotları ilettime geçerek RY üzerinden akım dolaşır.

TRANSİSTÖRLER

Çift Kutup Yüzeyli Transistörler (BJT)

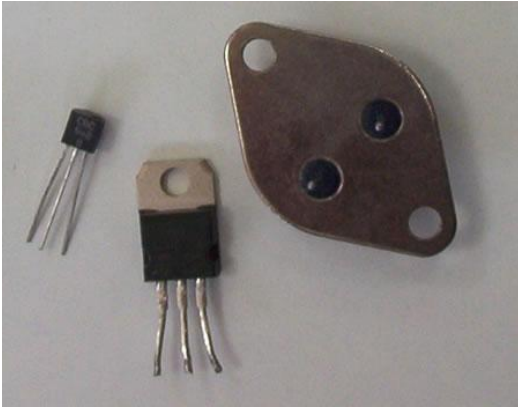
BJT (Bipolar Junction Transistor) çift birleşim yüzeyli transistördür. İki N maddesi ve bir P maddesi ya da iki P maddesi ve bir N maddesi birleşiminden oluşur.

Girişine uygulanan sinyali yükselterek gerilim ve akım kazancı sağlayan, gerektiğinde anahtarlama elemanı olarak kullanılan yarı iletken bir elektronik devre elemanıdır.

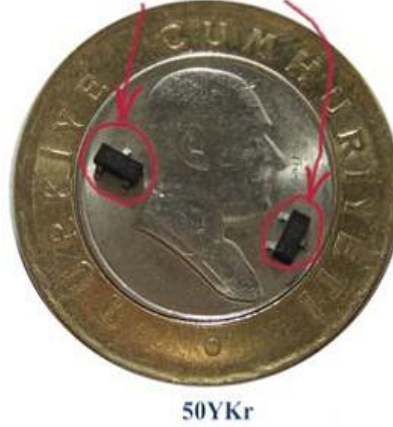


NPN Tipi Transistör

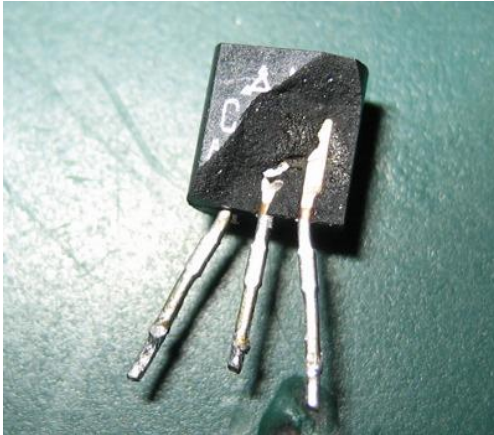
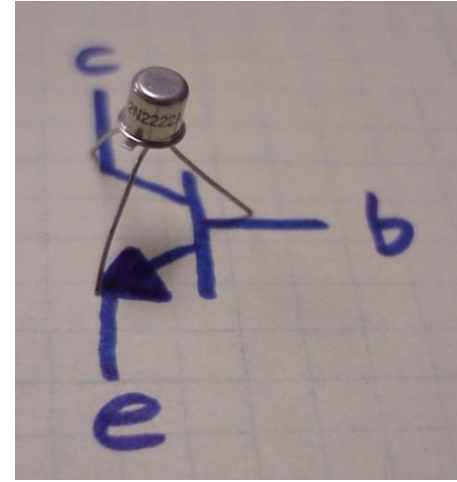
PNP Tipi Transistör



SMD Transistörler
SOD 23 KILIF

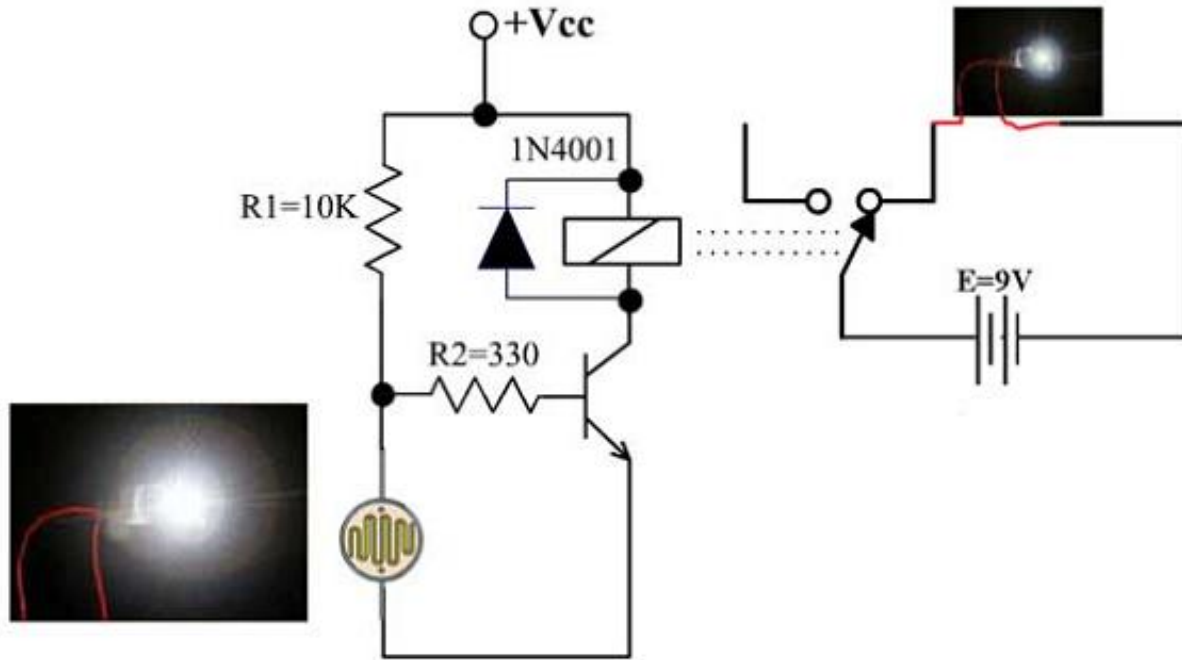


50YKr

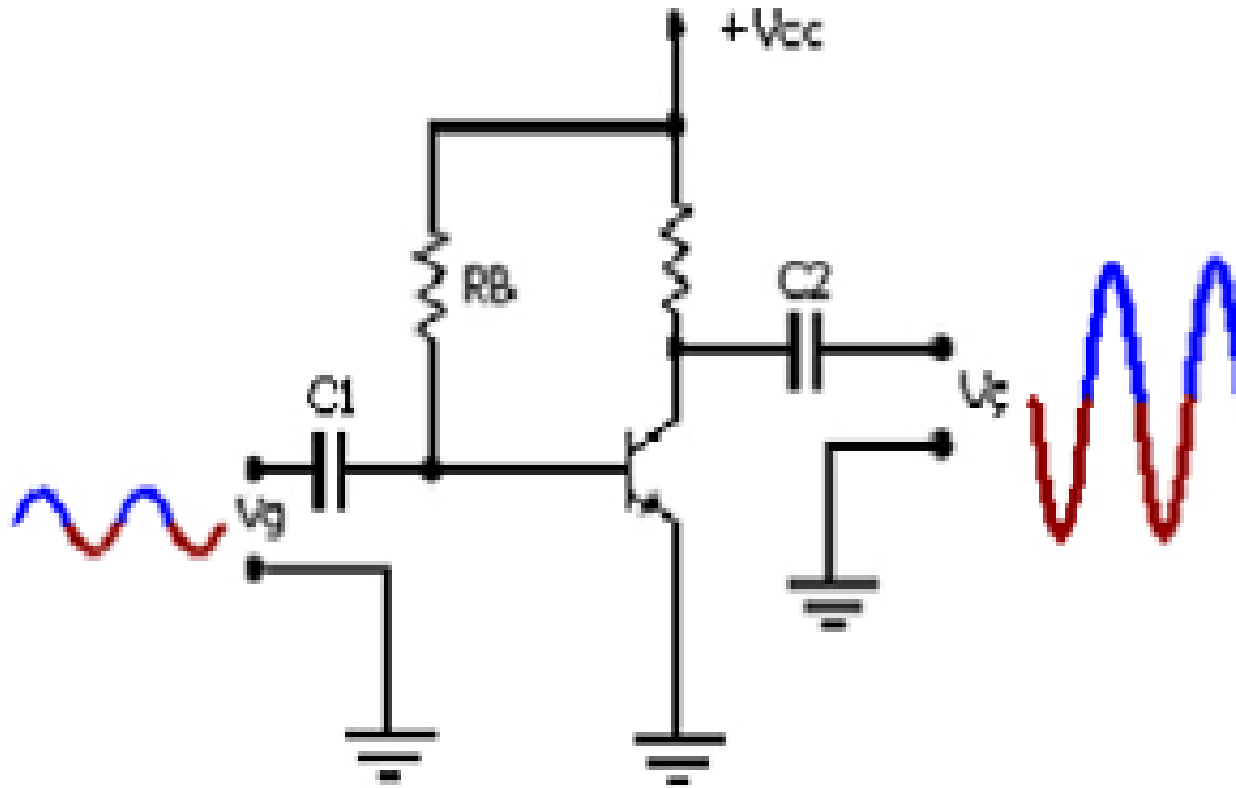


Transistör Görüntüleri

- Transistör'ün sağlamlık kontrolü ve uçlarının bulunması.



Transistörün anahtar olarak kullanılması



Transistörün yükselteç olarak kullanılması

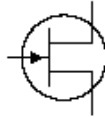
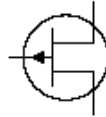
Alan Etkili Transistörler (FET)

FET (Field Effect Transistor) alan etkili transistör demektir. JFET ve MOSFET olarak iki ana türü vardır. Transistör gibi üç ayaklı bir yarı iletken devre elemanıdır.

Oluk (drain-D), kaynak (source-S) ve kapı (gate-G) olarak adlandırılan ayakları vardır. Kontrol ayağı olarak kapı ayağı kullanılır.

1. JFET'ler

Birleşim yüzeyli (junction) FET'tir. Kapı (G) ucuna uygulanan ters kutuplu gerilime göre oluk (D) ve kaynak (S) uçları arasından geçen akım kontrol edilir. Bu nedenle gerilim kontrollü akım kaynağı gibi çalışır.

N Kanallı JFET'in Devre Sembolü	P Kanallı JFET'in Devre Sembolü
	

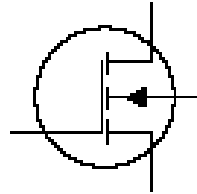
JFET'lerin Özellikleri

- Giriş dirençleri transistörlere göre çok yüksektir.
- Anahtar olarak kullanımları transistörlere göre daha kolaydır.
- Transistörlere göre daha az gürültülü çalışırlar.
- Sıcaklık değişimlerinden daha az etkilenirler.
- Gövde boyutları transistörlerden daha küçüktür.
- Yüksek frekanslı devrelerde kullanıma uygun yapıları vardır.
- Çalıştıkları frekans aralığı (bant genişliği) dardır.
- Transistöre benzer olarak N kanal ve P kanal olarak iki türü vardır.

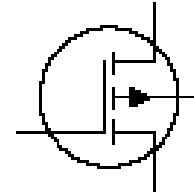
2. MOSFET'ler

MOSFET'lerin de ayakları JFET'ler gibi adlandırılmakla beraber aralarında teknik farklılıklar vardır. Kapı bölgesi gövdeden tamamen yalıtılmıştır. Bu sebeple giriş empedansları JFET'lerden de çok daha fazladır (yaklaşık $1 \times 10^{14} \Omega$, sonsuz olarak kabul edilebilir).

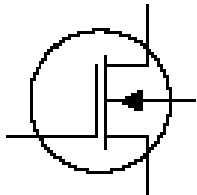
MOSFET'lerin kapı ucundaki silisyum oksit tabakası insan bedenindeki statik elektrikten etkilenip delinebilir. Bu nedenle MOSFET'lerle çalışırken daha fazla dikkat etmek gerekir. Bu devre elemanlarının lehimlenmesinde topraklı ve düşük güçlü havyalar kullanılmalıdır.



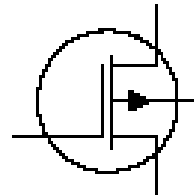
N Kanal



P Kanal



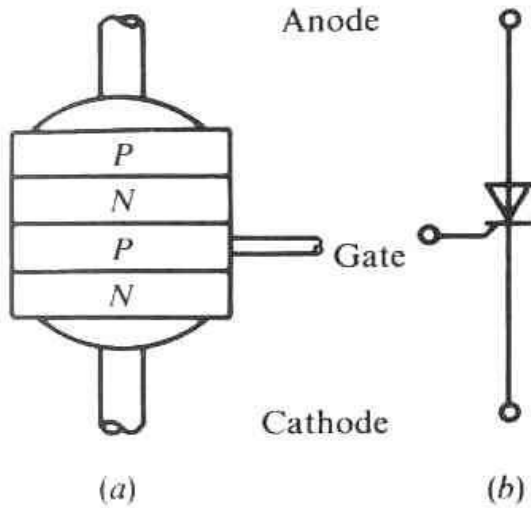
N Kanal



P Kanal

MOSFET'lerin devre sembolleri

TRİSTÖR (SCR)

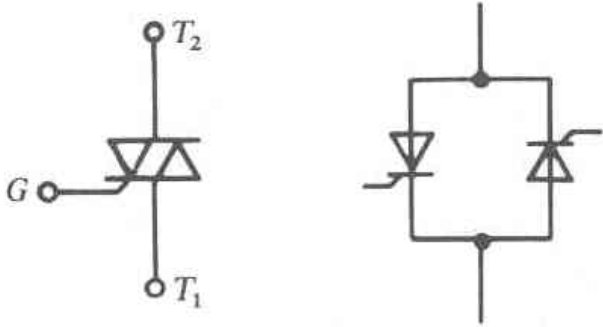


Yarı İletken Yapısı
ve Sembolü

- Tristör, dört katmanlı PNPN yapılı ve kapı ucu bulunan bir elemandır.
- Kontrollü bir doğrultucu olarak kullanılabilir.
- Doğru akımda çalışırken gate (kapı) ucundan bir kere tetiklendiğinde dışarıdan durdurulana kadar iletimde kalır.
- Alternatif akımda çalışırken her pozitif alternansın başında tetiklenmesi gerekir.

- Tristör'ün sağlamlık kontrolü ve uçlarının bulunması.

TRİYAK



Sembolü

ve

Tristörlü Eşdeğer Devresi

- Triyak, iki adet tristörün ters paralel bağlanmasıyla elde edilmiş devre elemanıdır.
- İki yönde de ilettime geçebilir.
- İki yönde de ilettime geçebildiği için triyak alternatif akım devrelerinde kıyıcı veya elektronik anahtar olarak kullanılır.

DIYAK

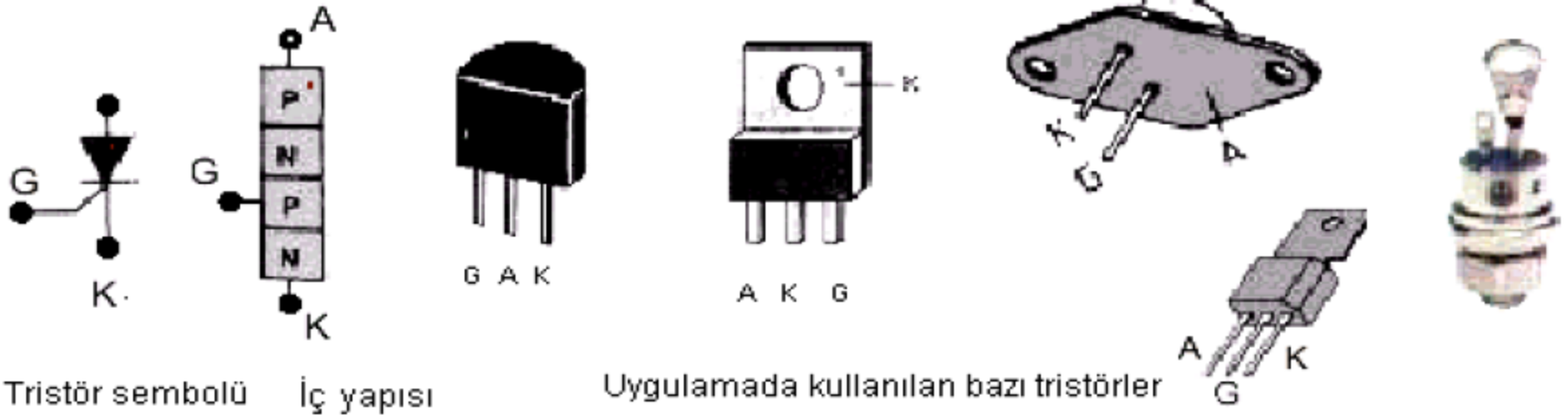


Sembolü

- Diyak, iki yönde de ilettime geçebilen bir devre elemanıdır. Bu özelliğinden dolayı alternatif akımda kullanılır.
- Diyaklar uçlarına uygulanan belirli bir gerilim değerinden sonra iletken olurlar ve uçlarındaki gerilim bu değerin altına düştüğünde tekrar yalıtkan hale gelirler.

TRİSTÖRLER (SCR)

1. Tristörün Yapısı ve Çalışması



Tristörler: Anot, Katot, Geyt adı verilen üç ayaklı, iç yapısında PNPN olarak dört yarı iletken tabakadan oluşmaktadır. Tristörler hem DC hem de AC akım ve gerilimlerde çalışır. Elektrik-elektronikte “Güç Kontrolü” işlemlerinde kullanılırlar.

Tristör, küçük bir geyt (kapı) akımıyla büyük akımların kontrolünü yapabilen yarı iletken sessiz bir anahtarlama devre elemanıdır. Anoduna (+), katoduna (-) gerilim verildiğinde hemen çalışmaz. Anot katot arasını ilettime geçirebilmek için katoda göre geyte (+) gerilim vermek gerekir. DC gerilimde, tristör iletken olduktan sonra geyt tetikleme gerilimini kesseniz dahi tristör çalışmaya devam eder. Ancak bu olay AC gerilimde çalışılırken geyt tetikleme gerilimi kesildiğinde tristörün iletkenliği kaybolur ve yalıtkan hale geçer.

Tristörlerde yük, anot veya katot uçlarına bağlanır. Anahtarlama işlemini yaptıracak düşük tetikleme akımı ise geyt ucuna uygulanır.

Geyt tetikleme akımı uygulanmadığında anot–katot arası direnci çok yüksektir. Anot–katot arasından yük akımı geçemez. Bu durumda tristör “**yalıtkandır**” ifadesini kullanırız.

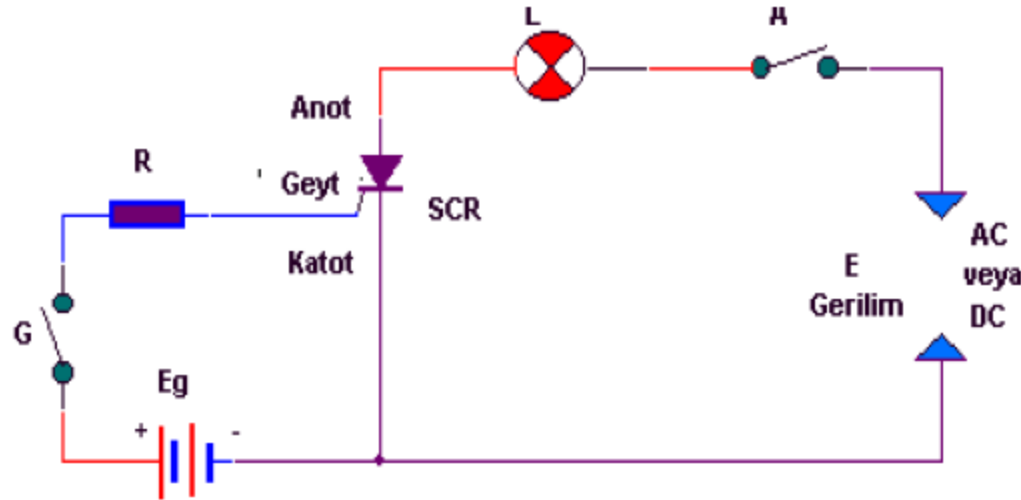
Geyt tetikleme akımı uygulandığında anot–katot arası direnci çok düşüktür. Anot–katot arasından yük akımı geçer. Bu durumda tristör “**iletkendir**” ifadesini kullanırız.

2. Tristörü Tetikleme Yöntemleri

2.1. Geyt Kontrollü Tetikleme

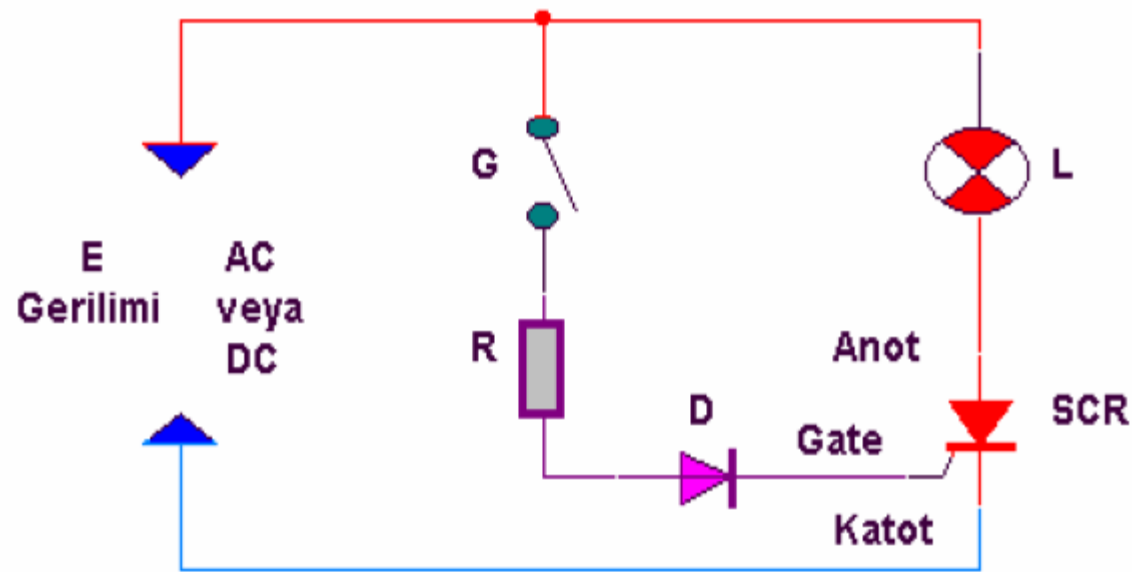
G (Tetikleme) ucuna tetikleme akımını kısa süreli uygulayarak anot-katot arası direnci azaltarak akımın akması sağlanır; yani tristör iletken yapılır.

2.1.1. Ayrı Bir DC Üreticinden Tetikleme Akımı Sağlama



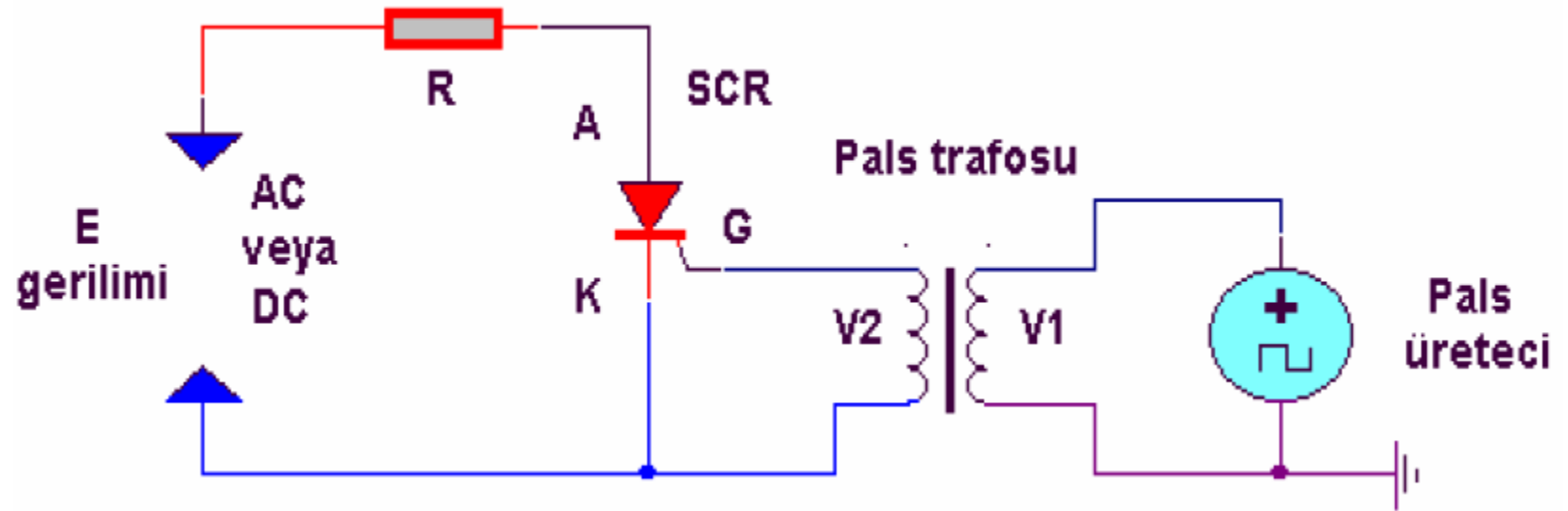
Tristör sürme devresi

2.1.2. Ana Besleme Kaynağından Tetikleme Akımı Sağlama



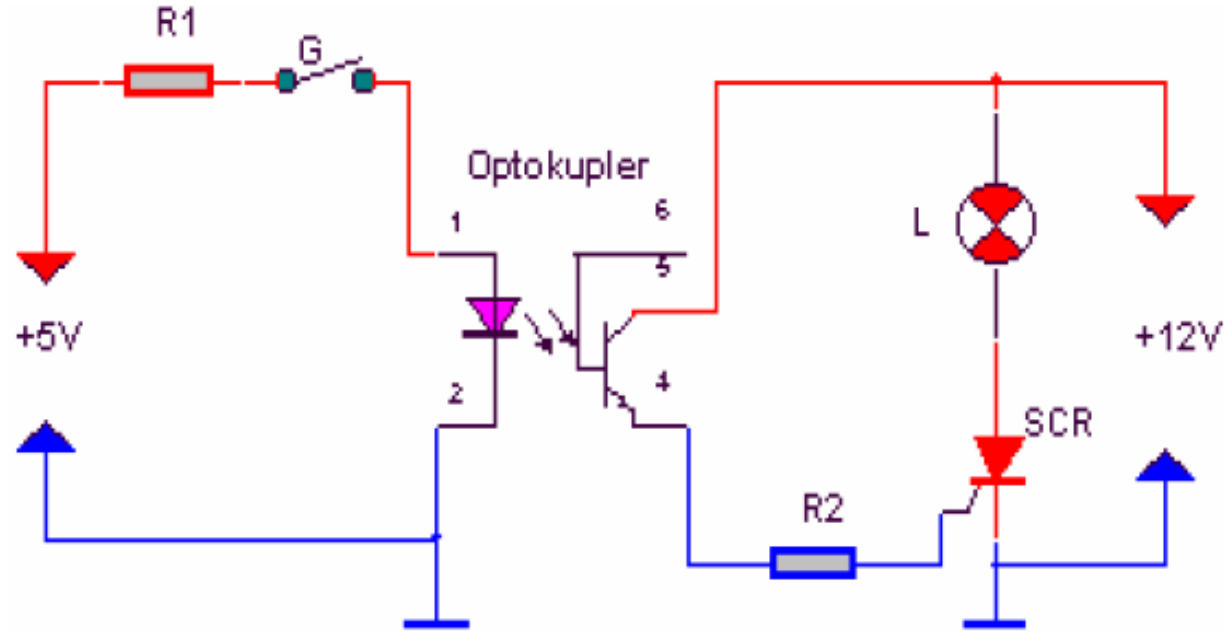
Ana besleme kaynağından anahtarlanan tristör sürme devresi

2.1.3. İzolasyon Trafosuyla Tetikleme



Darbe trafosu ile tristör sürme devresi

2.1.4. Optokuplör ile Tristörün Tetiklenmesi



Optokuplörlü tristör sürme devresi

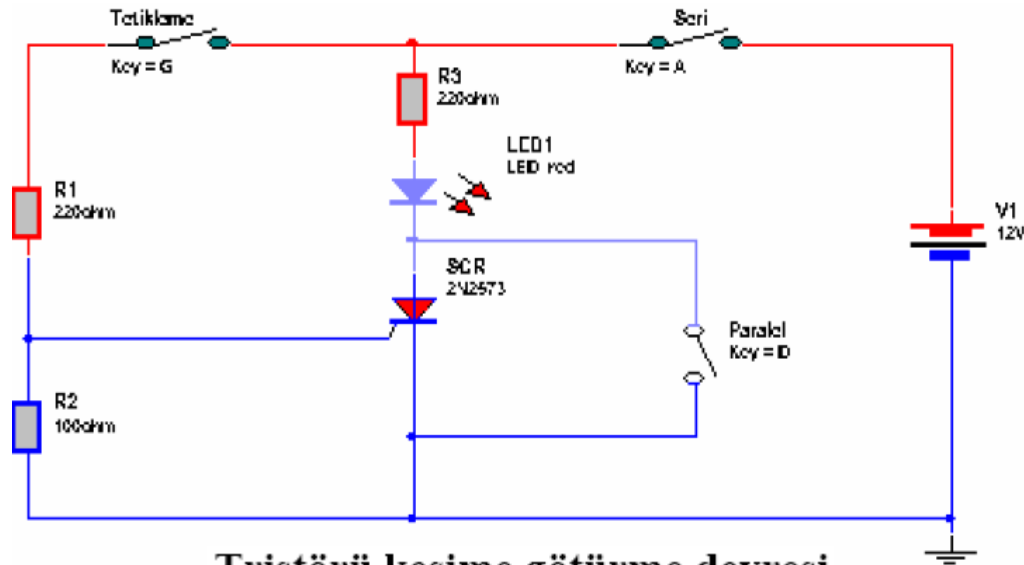
1.5. Tristörün Anot–Katot Arasına Yüksek Gerilim Uygulamak ile Tetikleme

Tristörün geyt ucu boşa iken, anot katot arası gerilimin artırılmasıyla iletim sağlanır. Tavsiye edilen bir uygulama değildir. Çünkü tristörlerin dayanma gerilimlerinden daha yüksek gerilim uygulamak sakıncalı olabilir.

3. Tristörü Durdurma (Kesime Sokma) Yöntemleri

3.1. Seri-Paralel Anahtarla Tristörü Durdurma

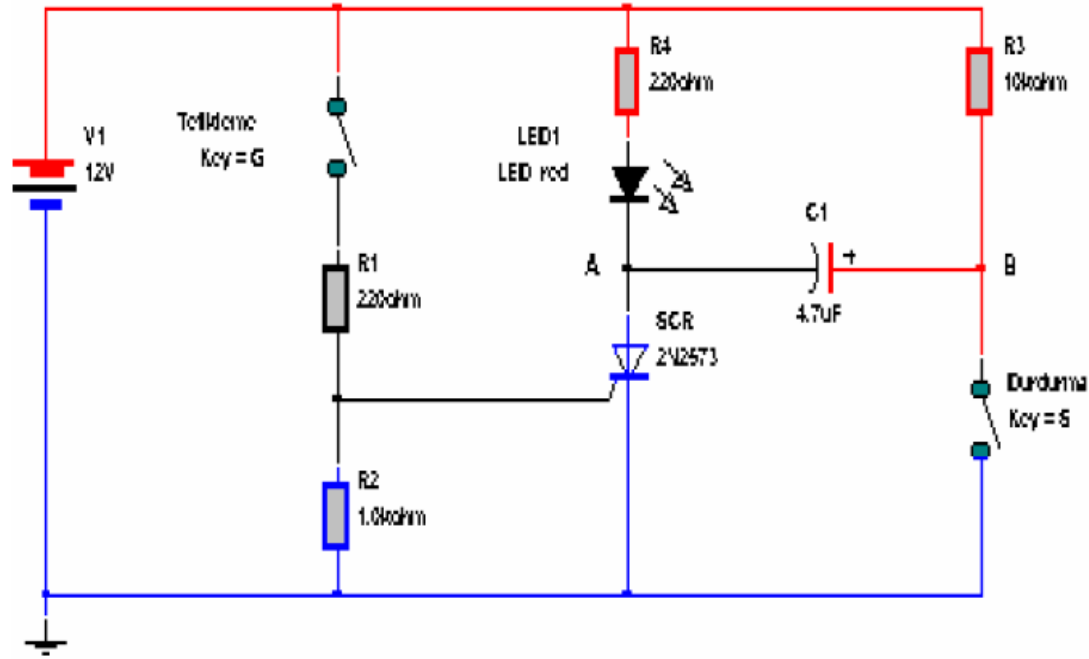
DC gerilim altında çalışan tristörler, bir kez ilettime geçtiklerinde geyt tetikleme gerilimi kesilse dahi tristör iletimde kalmaya devam eder. Bu durumda tristörü yalıtkan yapabilmek için çeşitli metotlar uygulanır. Bu metotlardan biri tristöre seri veya paralel bağlanacak anahtarla gerçekleştirilir.



Tristörü kesime götürme devresi

Yukarıdaki devrede G anahtarıyla tetiklenen tristörü, seri bağlı A anahtarını veya paralel bağlı D anahtarını kapatarak kesime getirebilirsiniz.

3.2. Tersleyici Anahtarla Tristörü Durdurmak



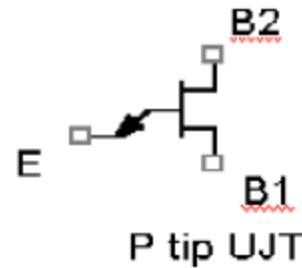
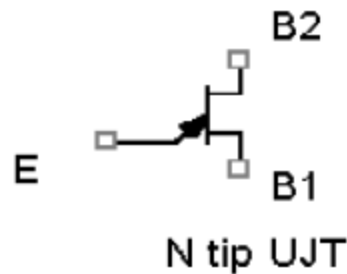
Tersleyici anahtar ile tristörü kesime götürme

Yukarıdaki devrede C1 kondansatörü tristörü durdurmaktadır. Durdurma anahtarına (S) basıldığında C1 kondansatörü, tristörün anoduna ters bir gerilim uygulayarak onu pasif duruma sokar. Bu yöntem “**kapasitif anahtarla durdurma yöntemi**” denir.

UJT (Unijunction Transistor)

1. Çalışma İlkesi ve Kullanıldığı Yerler

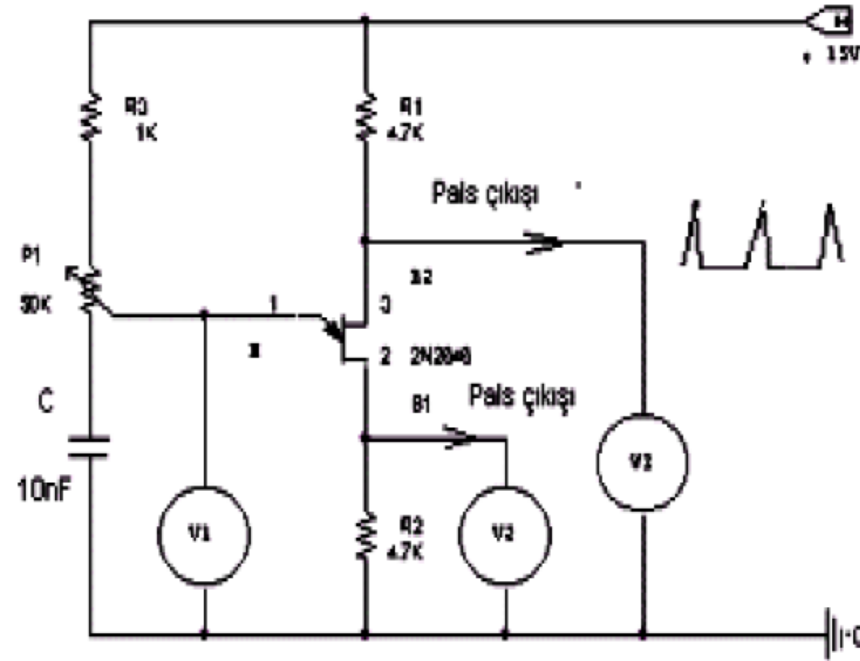
UJT transistörleri, üç ayaklı ve iki tipte (N ve P tipi emiter) üretilir. Tristör ve triyak devrelerinde tetikleme için gerekli olan darbeleri üretir. Relaksasyon (gevşemeli) osilatör yapımında kullanılan yarı iletken bir devre elemanıdır. UJT AVO metre ile test edilirken, UJT'nin B2-B1 (beyz2-beyz1) uçları arasında her iki yönde de 5–10 K Ω arasında bir direnç değeri ölçülür. Emiterle B2 ve B1 arasında bir yönde küçük, diğer yönde yüksek direnç değeri ölçülür. Bu durumda UJT sağlamdır, denir. Emiterle, B1 ve B2 arasında direnç ölçümünde küçük değer gösteren uç B1, biraz daha yüksek değer gösteren uç ise B2 ucudur. Emiter ucu normal transistör de beyz ucu nasıl bulunuyorsa, aynı yöntemlerle bulunur.



UJT sembolleri

UJT : Emiter-B1 arasına uygulanan gerilimin belli bir değeri, aşamasıyla ilettime geçen ve B1 – B2 arasından akım akıtan, yarı iletken bir devre elemandır.

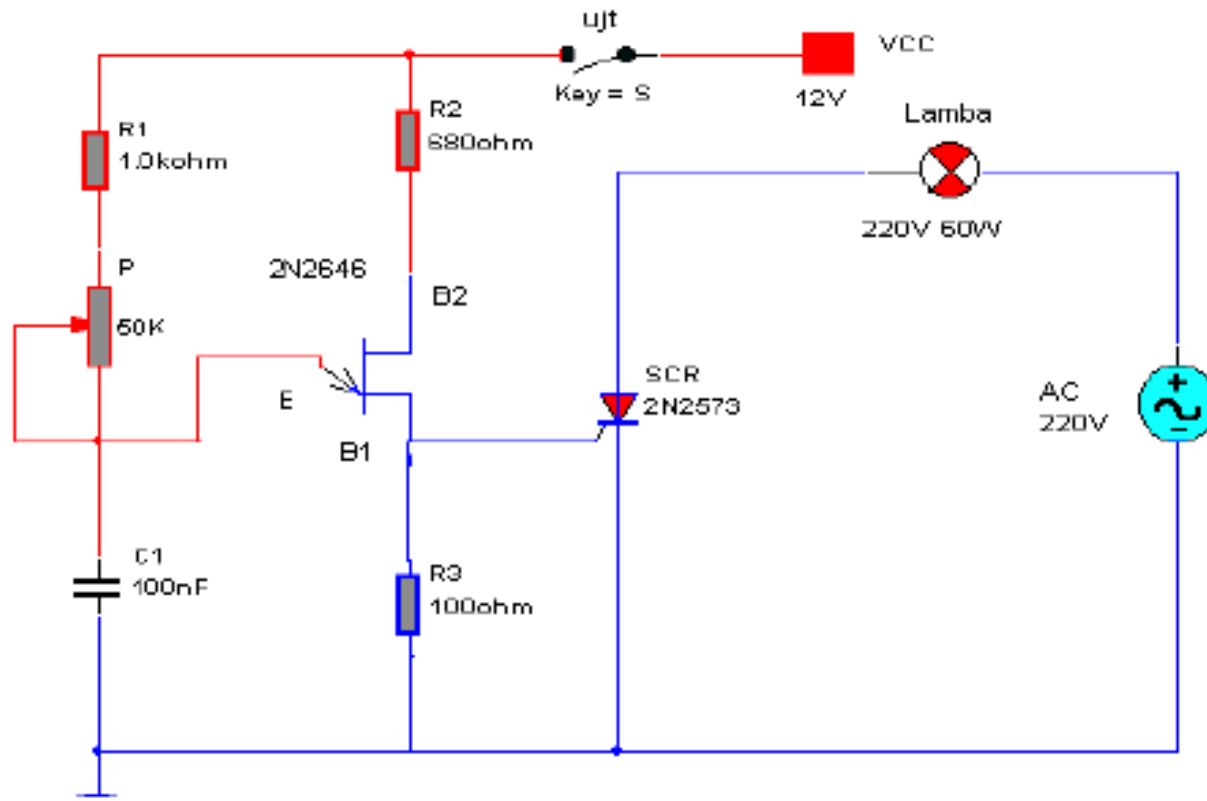
2. UJT Transistörlü Darbe Osilatörü Devresi



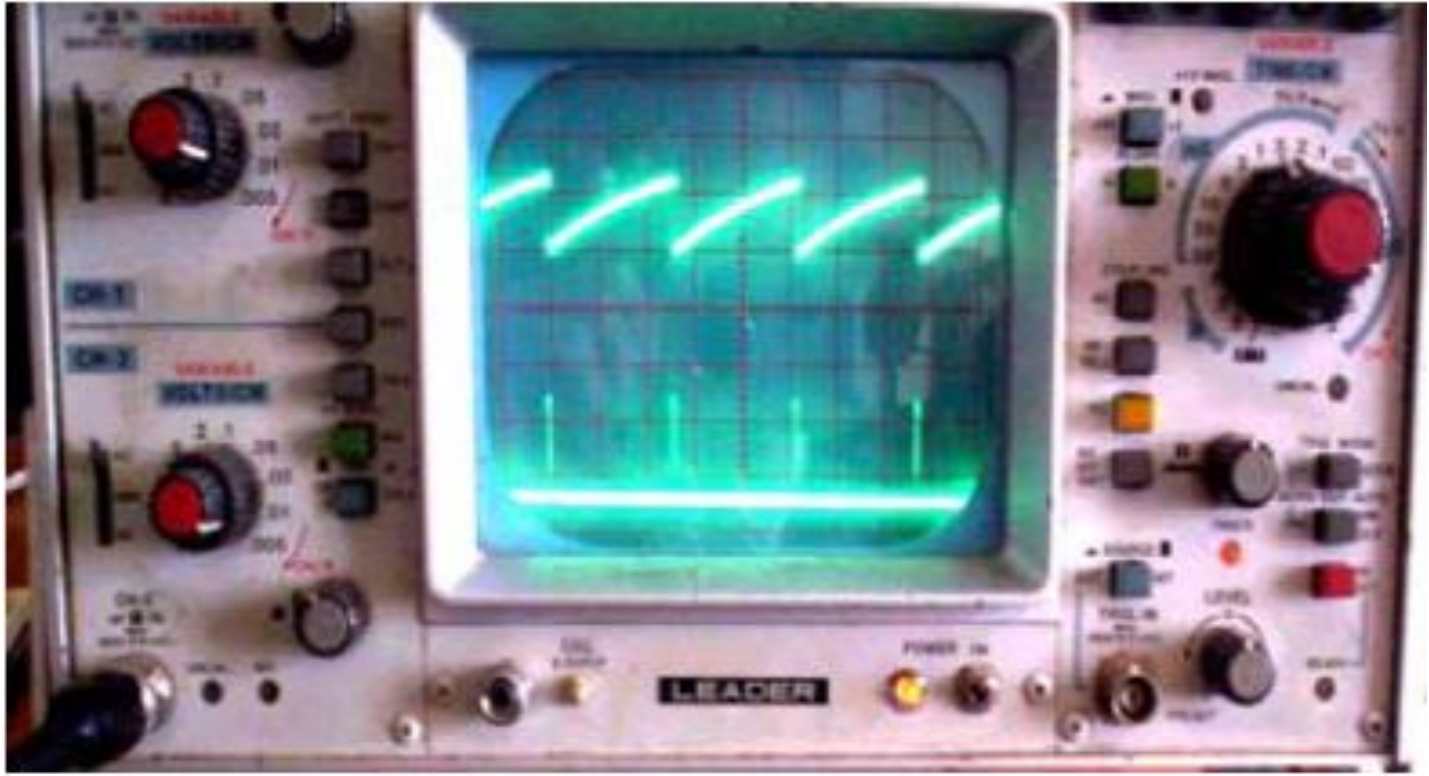
UJT’li darbe üretici

Burada C kondansatörü, R3 ve P1 dirençleri üzerinden şarj olmaya başlar. Kondansatör uçlarındaki şarj gerilimi, UJT’nin E–B1 eklemi kırılma değerine ulaştığı ana kadar sürer. UJT’nin E–B1 arası, dolayısıyla B1–B2 arası ilettime geçer ve kondansatör derhal deşarj olur, olay başa döner, işlem tekrarlanır. B1 ve B2 uçlarından iğne şeklinde darbeler alınır ve ilgili diğer devrelerde kullanılır.

Tristörün Ujt ile Tetiklenmesi Uygulaması

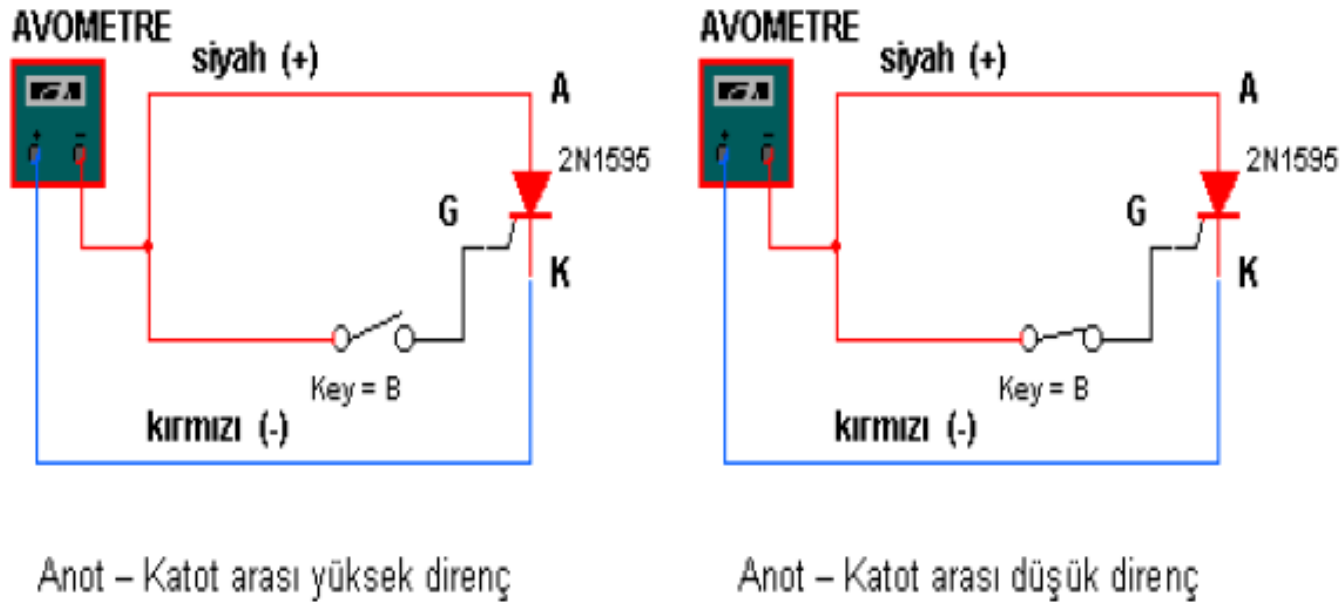


UJT ile tristör sürme devresi



Osilaskopta üstteki dalga şekli UJT'nin emiterindeki kondansatörün şarj-deşarj eğrisini, alttaki iğne şeklindeki darbeler ise UJT'nin B1 ayağındaki çıkış darbeleri olup tristörü tetiklerler. S anahtarı kapatılınca C1 kondansatörü şarj olmaya başlar. Bu şarj gerilimi UJT'nin iletim gerilimine ulaştığı an, UJT aniden iletme geçer. R3 üzerinde oluşan iğne şeklindeki darbeler tristörü tetikler. Tristör, AC 220 voltta çalışan lambayı çalıştırır. (P) potansiyometresi kondansatörün dolma, boşalma (şarj ve deşarj) süresini ayarlar. Buna bağlı olarak tristörün iletimde kalma süresi değişir, dolayısıyla lambanın parlaklığını ayarlamış olursunuz. Tetikleme olduğu sürece yük olarak kullanılan lamba etrafına ışık saçacaktır.

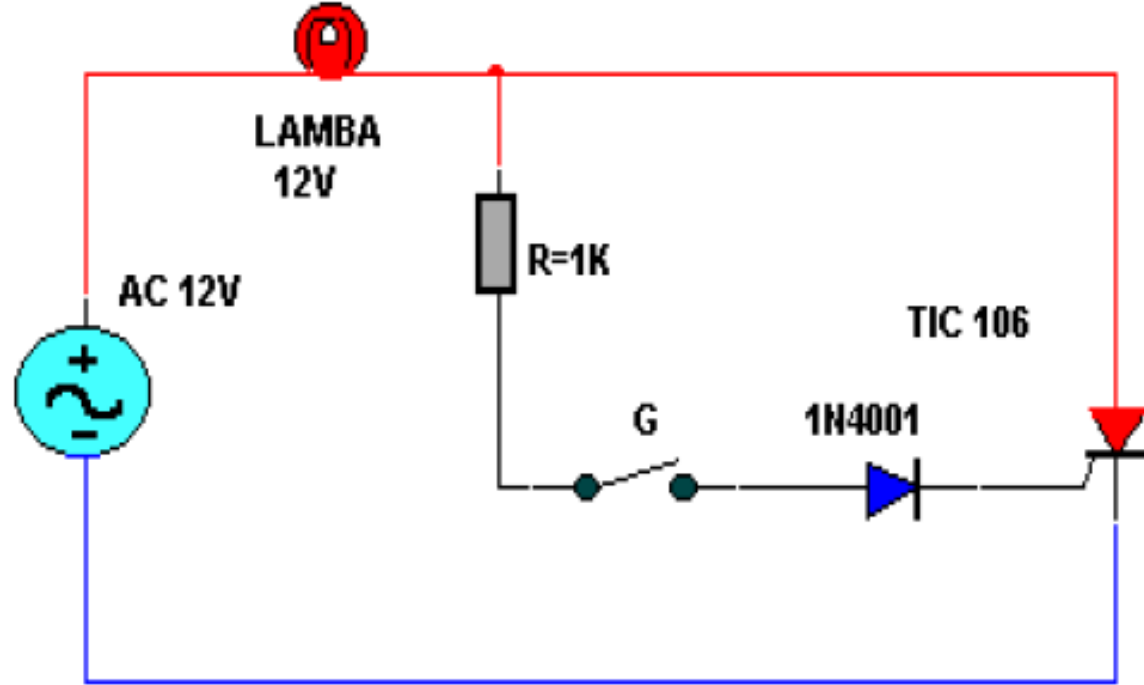
Tristörün AVO metre ile Sağamlık Kontrolü



Tristörün AVO metreyle Uçlarının Tespiti

AVO metrenin problemlerini sırayla tristörün ayaklarına değdiriniz. Sadece iki ayak arasında bir yönde sapma olacaktır. Sapma olduğu anda siyah probun değdiği ayak geyt, diğeri ise katottur diyebilirsiniz. Geri kalan diğeri ayak ise anot olur.

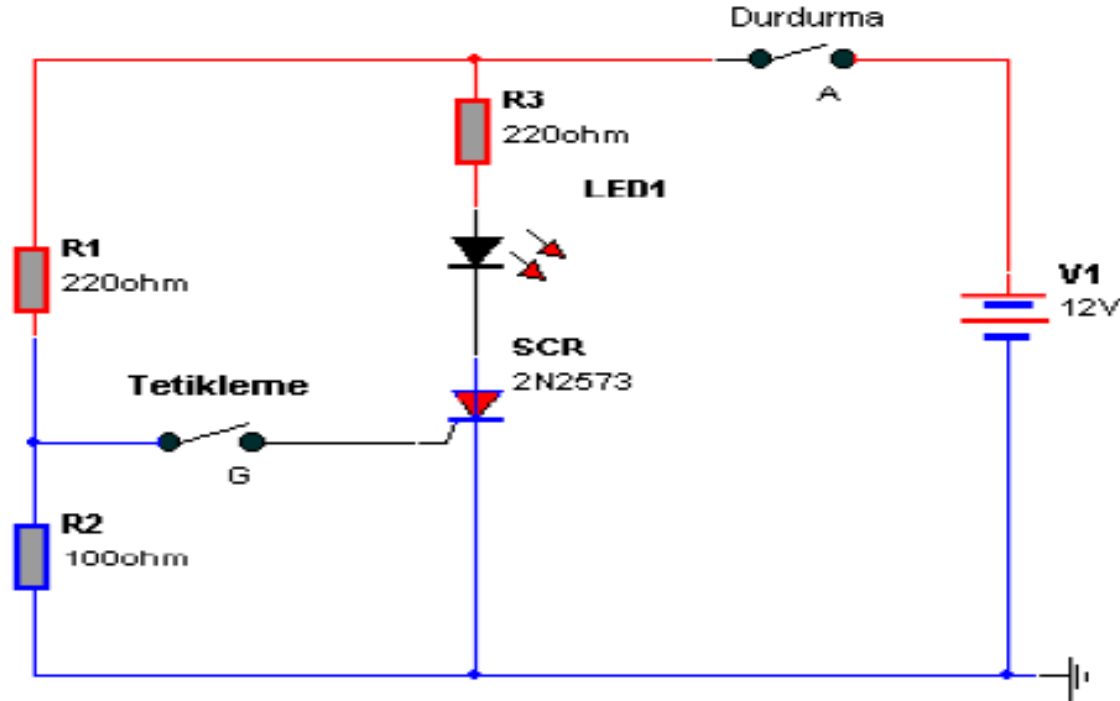
Tristörün AC Akımda Çalıştırılması



AC'de tristör sürme devresi

Yukarıdaki devrede AC 12 Volt'ta çalışan bir lambanın tristörle çalıştırılabilmesi için G anahtarını kapatmanız gerekir. R direnci üzerinden gelen AC gerilimin pozitif alternansları D diyodu tarafından geçirilerek tristörün tetiklenmesini sağlayabilirsiniz.

Tristörün DC Akımda Çalıştırılması



DC'de tristör sürme devresi

Yukarıdaki devrede, tristör DC 12 Volt ile beslenmekte ve yük olarak LED diyot kullanılmaktadır.

Tetikleme gerilimi, R1 ve R2 gerilim bölücü dirençlerle sağlanmıştır. G anahtarını bir kez kapatıp açmanız yeterli olacaktır. Tristör tetiklenecek, LED etrafına ışık verecektir. Ancak A anahtarının kapalı olması koşulunu unutmayınız. LED'in ışık vermesini istemediğinizde ise A anahtarını açmanız ve tiristörü kesime getirmeniz yeterli olacaktır.

DİYAK

Diyakın Yapısı, Çalışması



Sembolü



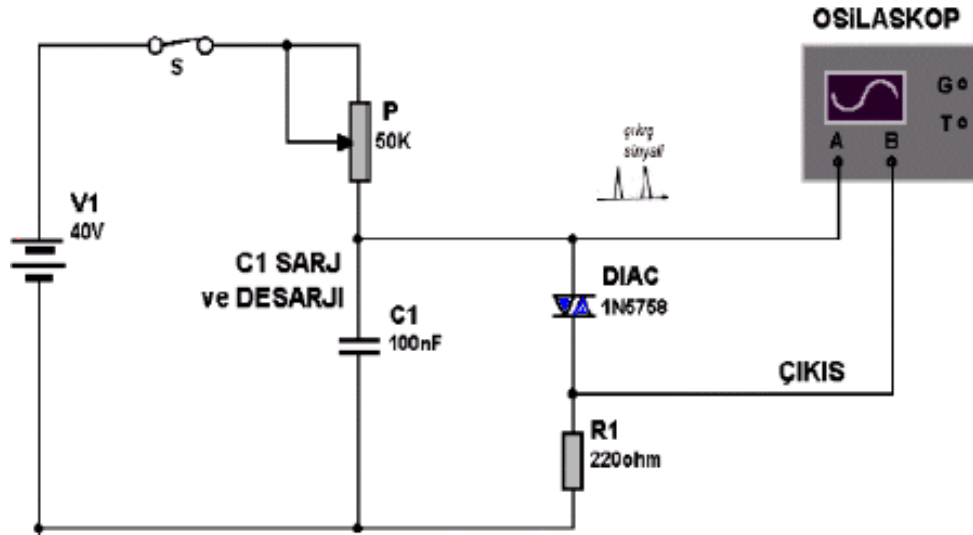
Uygulamada Diyak

İki uçlu bir tetikleme elemanıdır. İki yönde akım geçirir. Tetikleme ucu olmayan iki tristörden oluşmuştur.

Diyak, bir sinyali (akımı) belli bir seviyeye kadar (her diyakın belli bir geçirme gerilimi vardır) geçirmez. Daha açık bir ifade kullanırsak: Uçlarına uygulanan gerilim 20 – 45 Volt arasında olduğunda iletken hale geçer.

Diyaklar, darbe osilatörü olarak, tristör ve triyakların tetiklenmesi işlemlerinde kullanılırlar.

Diyak ile Darbe Üretici Uygulaması



Diyak ile darbe üretici bağlantı şeması

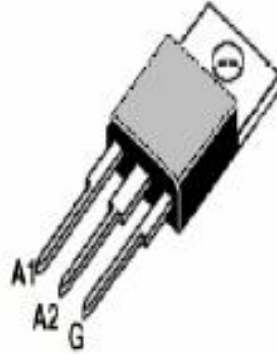
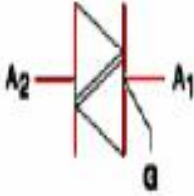


Çift ışınlı osilaskopta, üstteki testere dişi dalga, kondansatörün şarj deşarjı sonucu elde edilirken, altta diyakın oluşturduğu darbeler görülüyor.

Yukarıda sizin için ideal bir devre görülüyor. Yukarıdaki devreye DC ya da AC gerilim uygulanabilir.(S) anahtarını kapattığınızda C1 kondansatörü potansiyometre üzerinden dolmaya başlar. Şarj gerilimi yaklaşık olarak 25 – 50 volt arasına ulaştığında diyak ilettime geçer, uçlarında bir gerilim oluşur. C1 kondansatörü bu anda hemen deşarj olur ve diyak tekrar kesime gider, olay başa döner, işlemler böylece devam eder. Böylelikle çıkıştan istenen darbeler alınmış olur. Diyak çıkışındaki sinyalleri osilaskopta izleyiniz.

TRİYAK

Triyakın Yapısı ve Çalışması



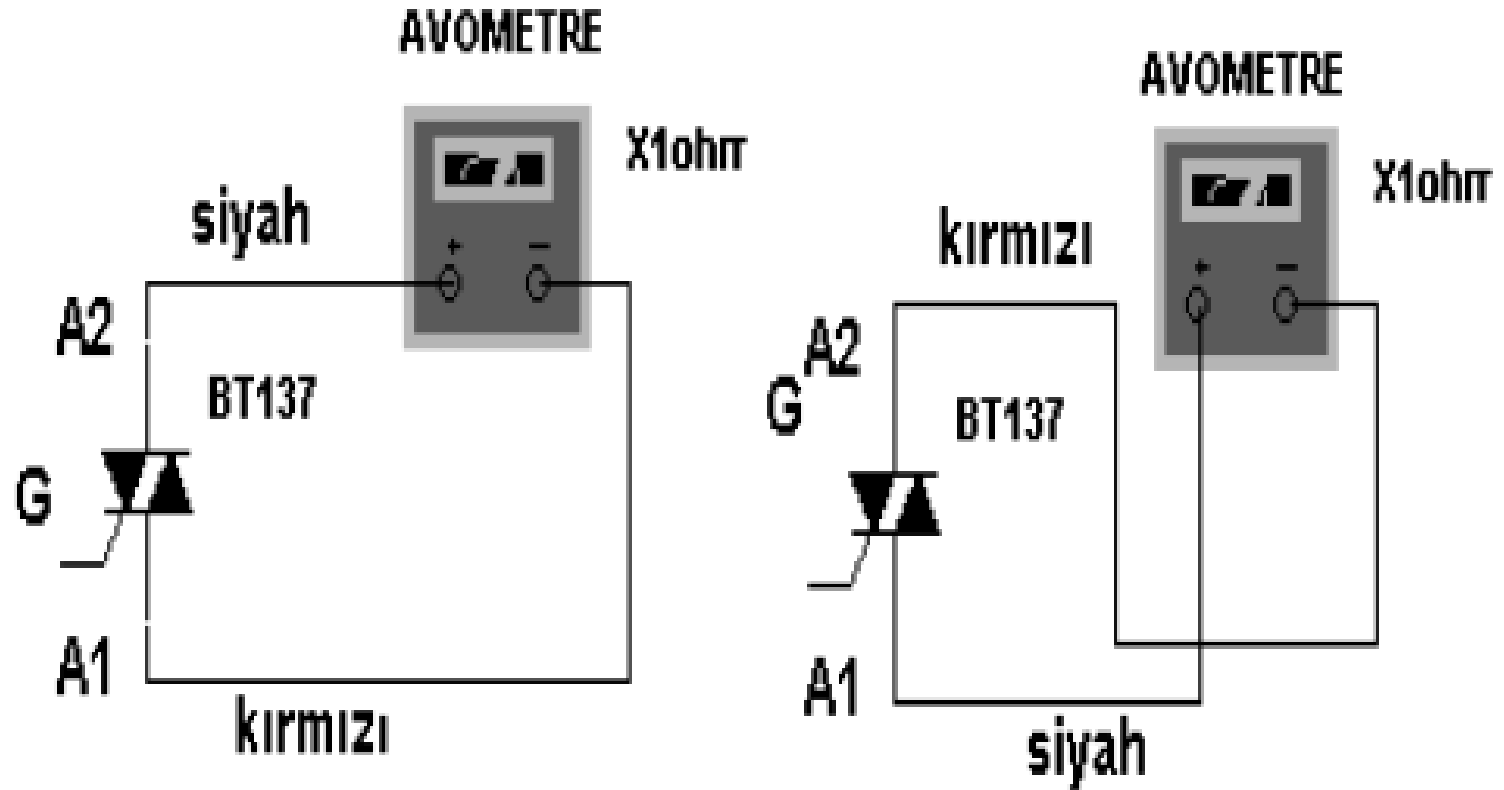
Triyak sembolü, resimleri

İki yönde akım geçiren güç kontrol elemanlarına triyak denir. Triyak, iki tristörün ters paralel bağlanmasıyla oluşmuştur. Triyakın A1(Anot 1), A2(Anot 2) ve G(Tetikleme) uçları bulunur. Geyt ucu, A1 ve A2 arasından geçen akımı denetler. Yük genelde A2 ucuna bağlanır.

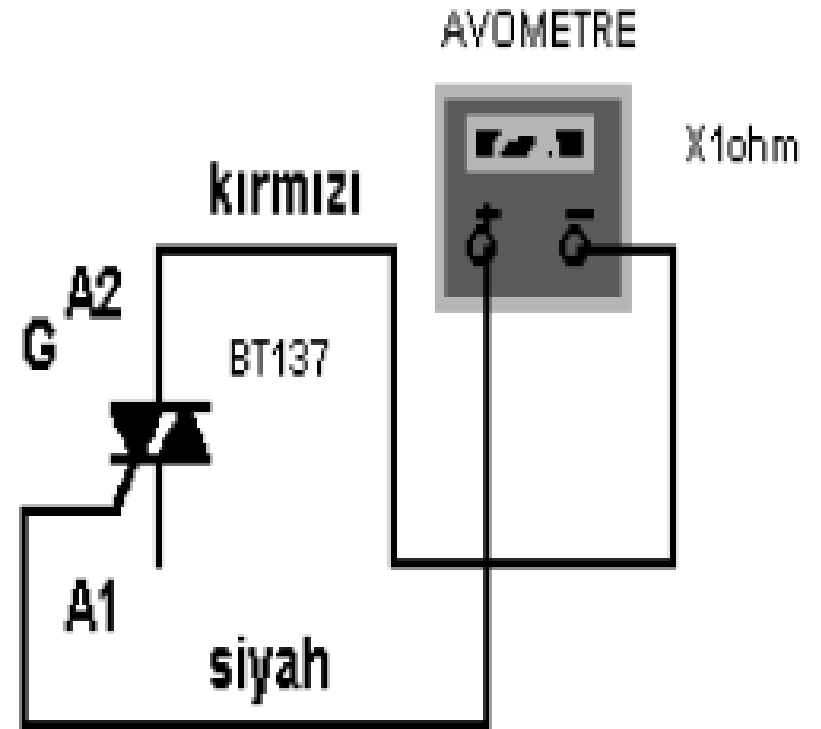
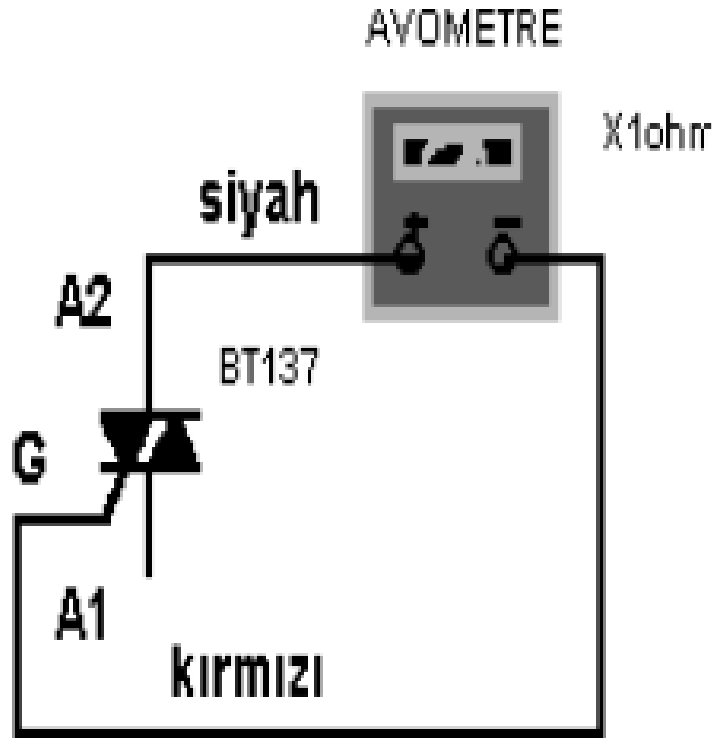
Triyaklar, DC ve AC gerilimde çalışır. DC’de çalışırken G ucu bir kez tetiklendiğinde A1–A2 arası sürekli iletimde kalır. AC’ de çalışırken ise G ucu tetiklendiği sürece A1–A2 arası iletken olur.

Triyaklar, AC gerilimle beslenen devrelerde kullanılırken G ucuna bağlanan tetikleme elemanlarıyla tetiklenme açısı daha iyi ayarlanabilir. Bu sayede A1–A2 arasından geçen akım kontrol edilerek alıcının istenen güçte çalışması sağlanabilir.

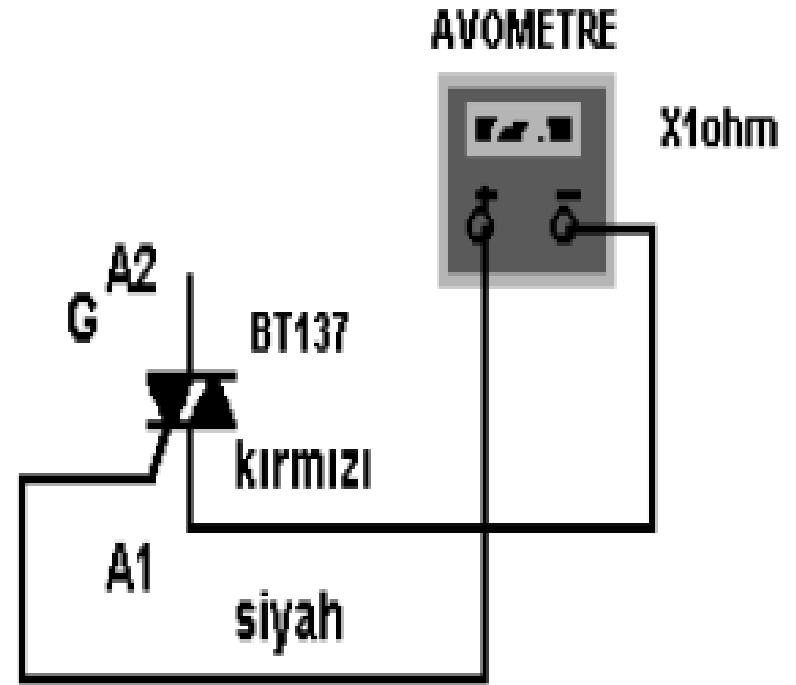
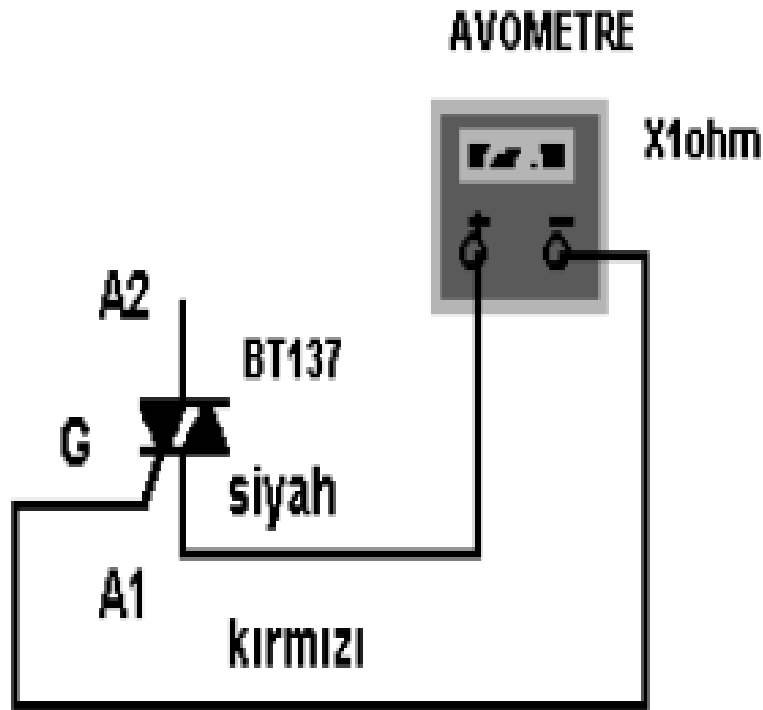
Triyakın AVO metre ile Sağamlık Kontrolü



Sağlam bir triyakta A1-A2 arası her iki yönde yüksek direnç gösterir.

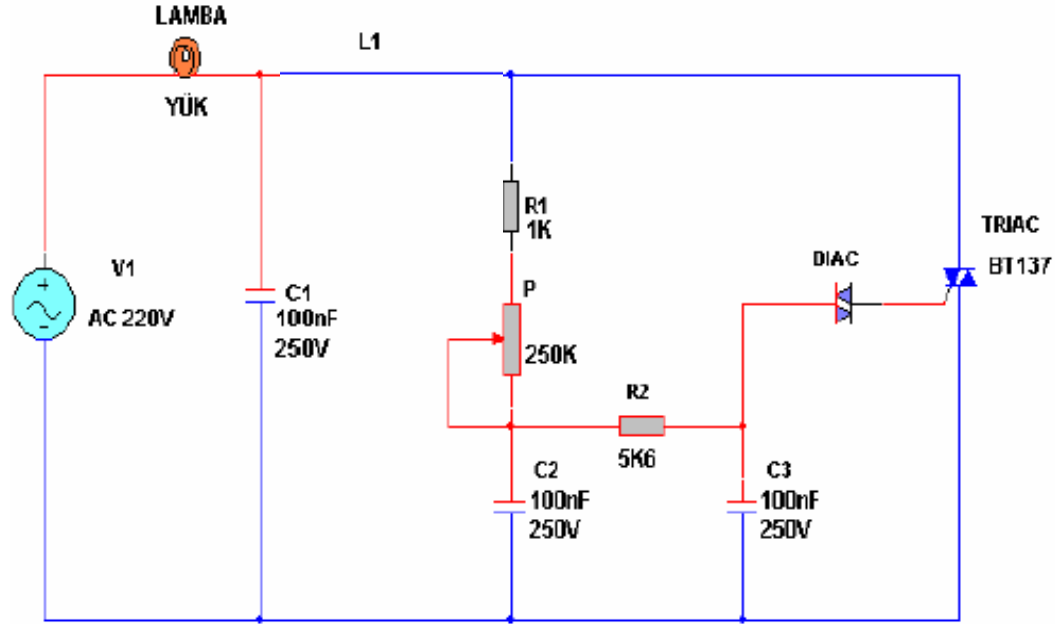


Sağlam bir triyakta G-A2 arası her iki yönde yüksek direnç gösterir.



Sağlam bir triyakta G-A1 arası her iki yönde küçük direnç gösterir (15 - 30 ohm) arasında.

Dimmer Uygulaması



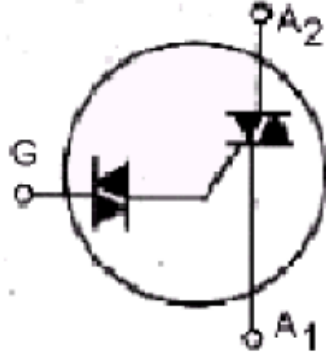
Tetiklemeli dimmer devre şeması

Yukarıdaki devrede lambanın parlaklığı P potansiyometresiyle ayarlanabilir.

Potansiyometrenin değeri minimum iken kondansatör şarj olur. Kondansatör uçlarındaki gerilim, diyak ateşleme gerilimi değerine ulaştığı zaman diyak iletken olur ve kondansatör diyak üzerinden deşarj olur. Dolayısıyla triyak tetiklenerek lambanın en parlak şekilde yanması sağlanır. Potansiyometrenin değeri maksimum iken kondansatörün şarj olma süresi uzar. Dolayısıyla triyak tetiklenmediğinden lamba sönüktür.

KUADRAK

Kuadrakın Yapısı ve Çalışması



Kuadrakın sembolü ve dış görünüşü

Diyak ve tiriyakın bir gövde içerisinde birleştirilmesiyle yapılmış güç kontrol elemanlarıdır. Devre üretiminde kuadrak kullanımı montaj kolaylığı sağlar, devrede ayrıca diyak kullanılmaz.



REGÜLE DEVRELERİ



Güç kaynaklarında aranan en önemli özelliklerden birisi de giriş gerilimindeki veya çıkışa bağlı yükte meydana gelen değişimlerin çıkış gerilimini etkilememesidir. Güç kaynaklarının çıkış gerilimlerini sabit tutma işlemine regülasyon, bu iş için kullanılan devrelere de regülatör devreleri denir.

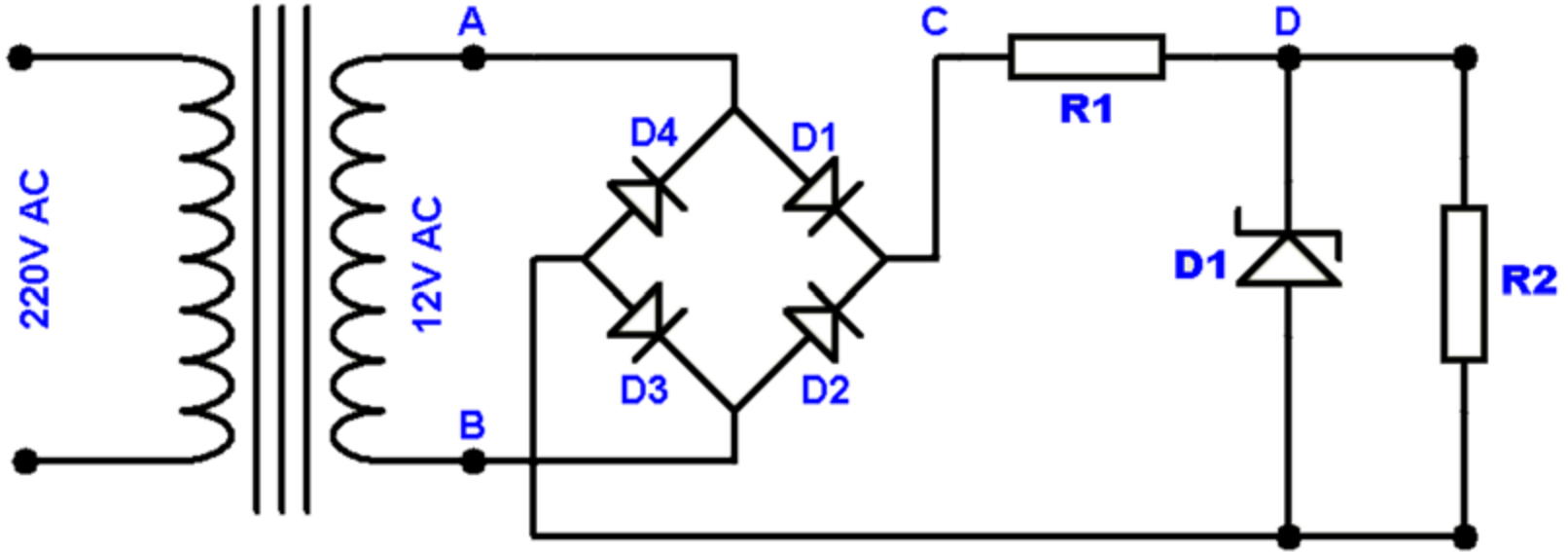
Regülatör devrelerinde, zener diyot, transistör veya entegre gerilim regülatörleri kullanılır.

Zener Diyotun Regülatör Olarak Kullanılması

Zener diyotlu reg lat rde, zener diyotun belirli bir ters gerilimden sonra ilettime geçme özelliğinden yararlanılmaktadır. Zener diyot, y k direncine ters yönde paralel olarak bağlanmakta ve yüke gelen gerilim belirli bir değeri geçince zener diyot ilettime geçerek devreden geçen akımı arttırmaktadır. Bu akım, devreye bağlanan seri dirençteki gerilim d   m n  arttırdığından yüke gelen gerilim sabit kalmaktadır.

Zener diyot yapısı gereği, uçlarına uygulanan gerilim zener geriliminden fazla bile olsa zener uçlarında sabit bir gerilim meydana gelir. Yalnız zener diyotun regülasyon yapabilmesi için uçlarına zener geriliminden daha fazla gerilim uygulanması gerekir.

Zener diyodun regülatör olarak kullanılması (Uygulama Devresi)



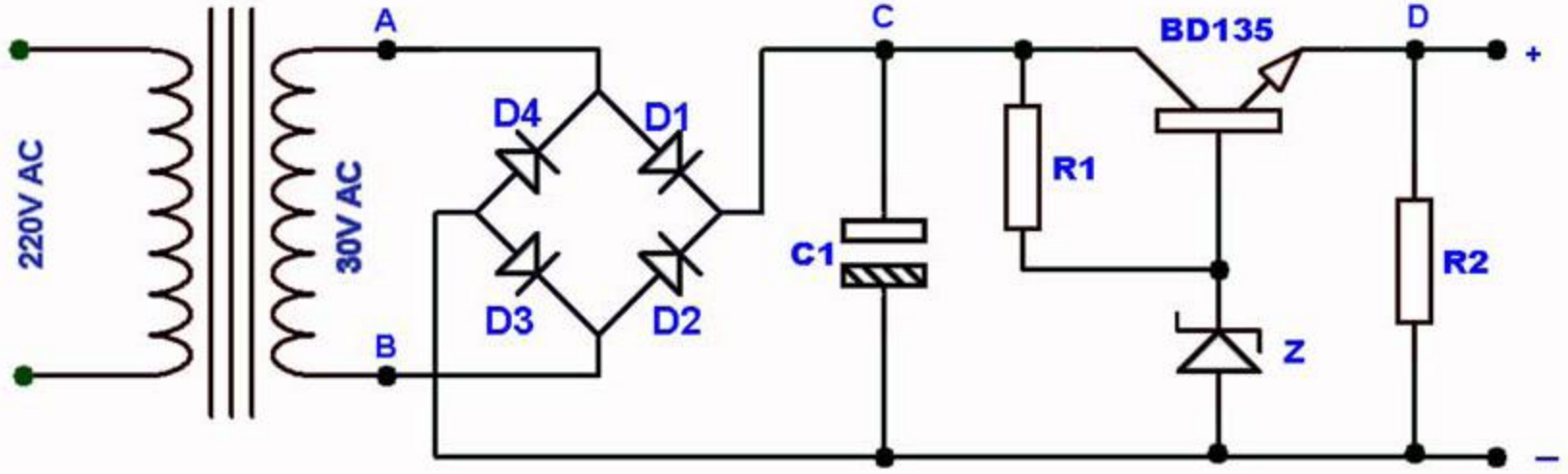
Malzeme Listesi:

- 1 X 220V/12V 4W transformatör
- 4 X 1N4001 Diyot
- 1 X 1000 μ F Kondansatör
- 1 X R1 100 Ω Direnç
- 1 X R2 1 K Ω Direnç
- 1 X Z 9.1V Zener diyot

Seri Regüle Devresi

Zener diyotun tek başına kullanıldığı regüle devresinden çekilen akım sınırlıdır. Bu sebeple daha fazla akım ihtiyacı olduğunda zener diyotun bir transistörün beyzine bağlanmasıyla çalışan seri regüle devreleri kullanılır. Bu devrelerde zener diyot, transistörün beyz gerilimini sabit tutarak regülasyon yapılmasını sağlar.

Seri regülatör (Uygulama Devresi)



Malzeme Listesi:

- 1 X 220V/2X6V 4W transformatör
- 4 X 1N4001 Diyot
- 1 X 1000 μ F Kondansatör
- 1 X R1 330 Ω Direnç
- 1 X R2 1 K Ω Direnç
- 1 X 9.1 V Zener diyot
- 1 X BD 135 Transistör

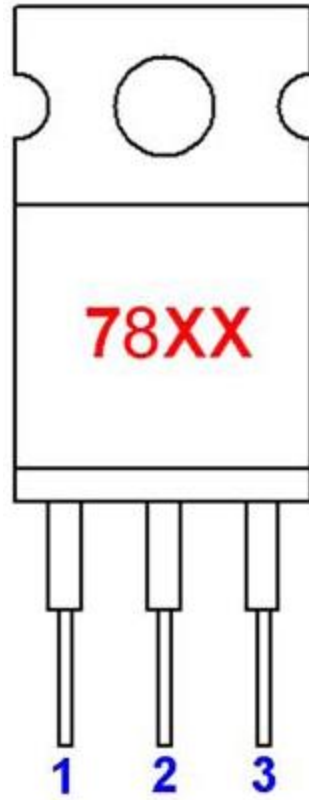


Seri regülatör, yük akımını sabit tutmak için kullanılır. Bu tür bir uygulama bir veya iki transistörle gerçekleştirilebilmektedir. Transistör yük hattına seri bağlandığından, bu tür devreye **seri regüle devresi** veya **seri regülatör** adı verilir.

Entegre (IC) Gerilim Regülatörleri

Regüleli güç kaynaklarında, entegre regülatör elemanları da yaygın olarak kullanılmaktadır. En çok olarak kullanılan gerilim regülatör entegreleri ve özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

ENTEARENİN ADI	ÇIKIŞ GERİLİMİ (VOLT)	ÇIKIŞ AKIMI (AMPER)	BACAK BAĞLANTILARI
7805	+5	1	a
7905	-5	1	b
7809	+9	1	a
7909	-9	1	b
7812	+12	1	a
7912	-12	1	b
7815	+15	1	a
7915	-15	1	b
7824	+24	1	a
7924	-24	1	b



Bacak Bağlantısı(a)

- 1: Giriş ucu
- 2: Ortak uç
- 3: Çıkış ucu

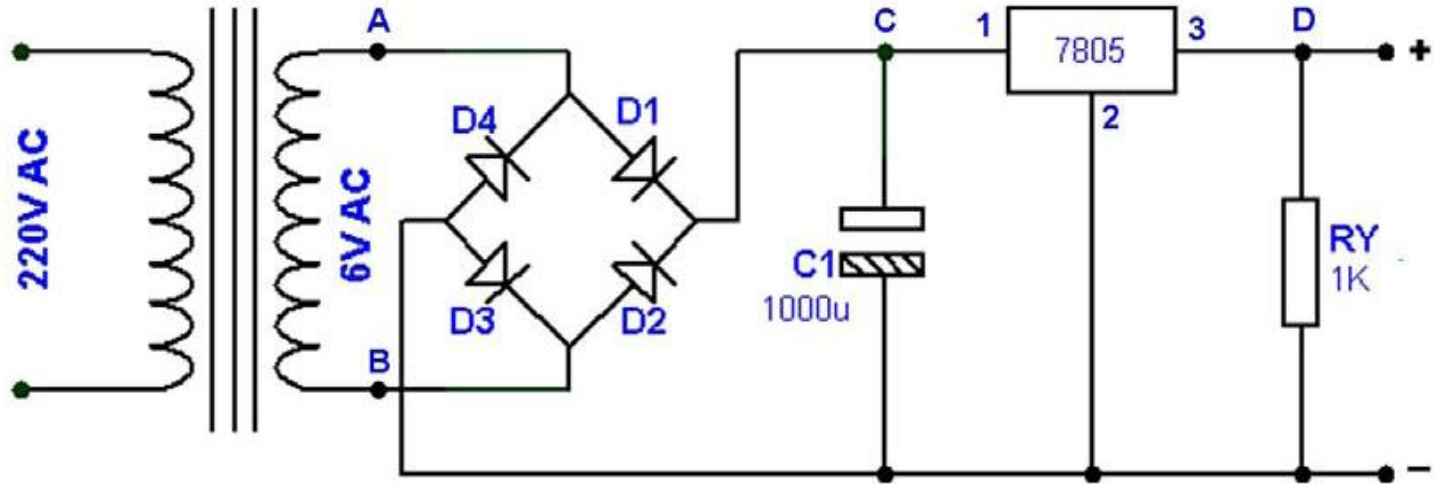


Bacak Bağlantısı(b)

- 1: Ortak uç
- 2: Giriş ucu
- 3: Çıkış ucu

Pozitif Gerilim Regülatörü

Şekilde 7805 entegresi ile yapılan +5 Voltluk regülatör görülmektedir. Bu entegrenin girişine regülesiz 6 Volt pozitif gerilim uygulandığında, çıkışında regüleli +5 Voltluk bir gerilim elde edilir. Aynı zamanda bu entegrenin çıkış akımı 1 Amper olduğuna göre, çıkıştan en fazla 1 Amper akım çekilebilir.



Malzeme Listesi:

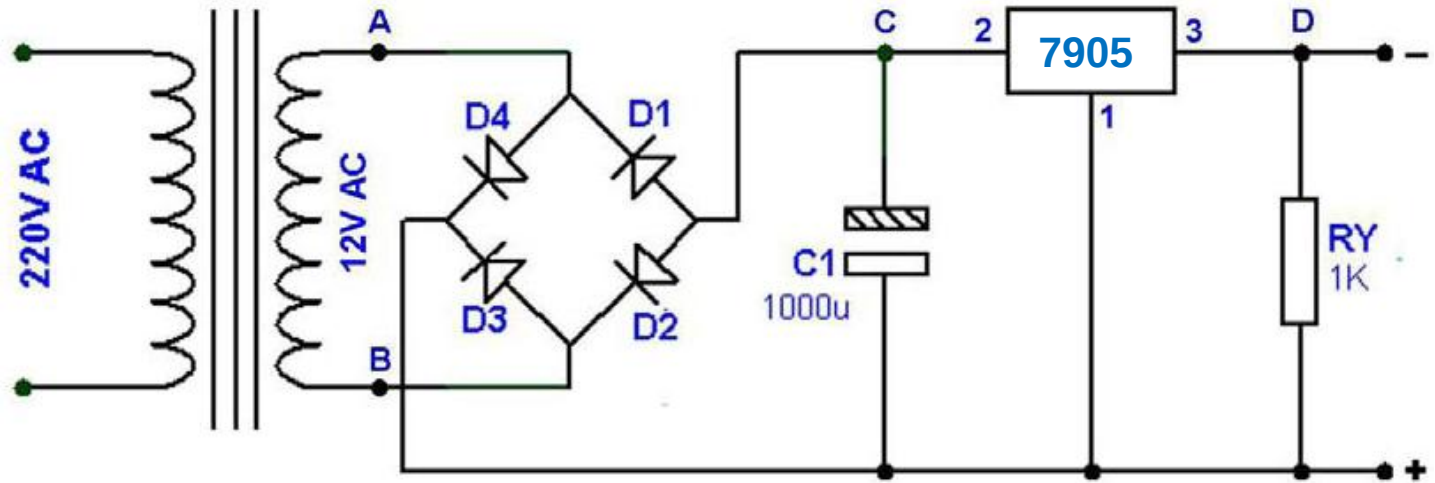
- 1 X 220V/6V 4W transformatör
- 4 X 1N4001 Diyot
- 1 X 1000 µF Kondansatör
- 1 X 1 KΩ Direnç
- 1 X 7805 regüle entegresi



Simülasyon için tıklayın

Negatif Gerilim Regülatörü

 ekilde 7905 entegresi ile yapılan -5 Voltluk Negatif Gerilim Regülatör devresi görülmektedir. Bu entegrenin girişine reg lesiz 6 Volt pozitif gerilim uygulandığında, çıkışında regüleli -5 Voltluk bir gerilim elde edilecektir. Bu devrede de çıkış akımı 1 Amperdir.



Malzeme Listesi:

- 1 X 220V/6V 4W transformatör
- 4 X 1N4001 Diyot
- 1 X 1000  F Kondansatör
- 1 X 1 K  Direnç
- 1 X 7905 regüle entegresi



78XX ve 79XX serisi gerilim regülatörü entegrelerinin ortak (GND) uçlarına bir direnç bağlayarak çıkış gerilimleri arttırılabilir.

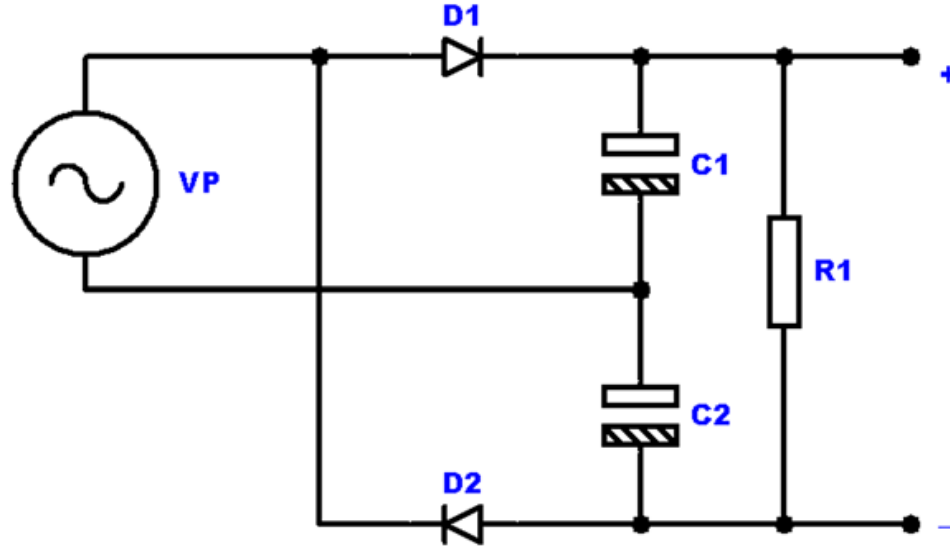
Örneğin 7805 entegresinin 2 numaralı aya ına bir direnç bağlanıp çıkış gerilimi 6 Volta (veya giriş gerilimi ile sınırlı olarak daha yüksek bir değere)  ıkarılabilir.



GERİLİM ÇOKLAYICILAR

Gerilim İkileyiciler

Gerilim ikileyiciler, girişlerine uygulanan AC gerilimin büyüklüğünü 2 katına çıkarır. Çıkış gerilimi DC gerilim olup büyüklüğü girişteki AC gerilimin maksimum değerinin iki katına eşittir.



Şekilde gerilim ikileyici devre görülmektedir. Bu devrede AC gerilimin pozitif alternansında kaynağın üst ucunun pozitif ,alt ucunun negatif olduğunu kabul edelim. Bu durumda D_1 diyodu ilettime geçer ve C_1 kondansatörü AC gerilimin maksimum değerine şarj olur. D_2 diyodu ise ters polarma olduğu için yalıtım durumundadır.

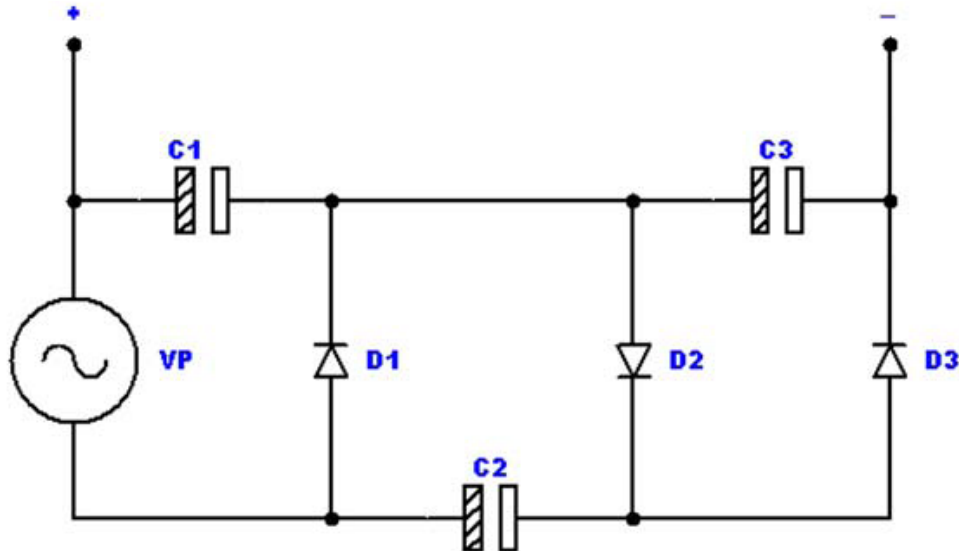
Simülasyon için tıklayın



AC gerilimin negatif alternansında ise kaynağın üst ucunun negatif alt ucunun pozitif olduğunu kabul edelim. Bu durumda D2 diyodu ilettime geçerek D1 diyodu kesime gider. Böylece C2 kondansatörü negatif alternansın maksimum değerine şarj olur. C1 ve C2 kondansatörleri seri bağlı olduğu için çıkış gerilimi kondansatörlerin uçlarındaki gerilimlerin toplamına eşittir. Bu yüzden çıkış gerilimi girişteki AC gerilimin maksimum değerinin 2 katına eşit olur.

Gerilim Üçleyiciler

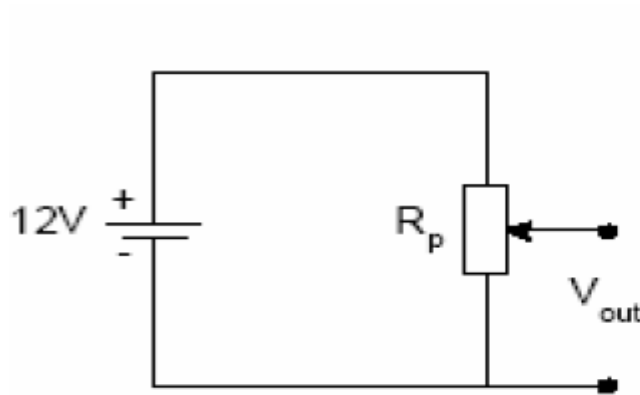
Şekilde gerilim üçleyici devre görülmektedir. Bu devrede D1 ve D2 diyotlarıyla C1 ve C2 kondansatörleri gerilim ikileyici olarak çalışmaktadır. D3 diyodu, negatif alternanslarda doğru polarma alarak C3 kondansatörü, gerilim ikileyici çıkışındaki gerilime şarj olur. Çıkış gerilimi, C1 ve C3 kondansatörlerinin uçlarındaki gerilimlerinin toplamına eşit olur. C1 kondansatörü, AC giriş geriliminin maksimum değerine; C3 kondansatörü ise AC giriş geriliminin maksimum değerinin iki katına eşit olduğundan, devrenin çıkış gerilimi AC giriş geriliminin maksimum değerinin üç katına eşit olur.



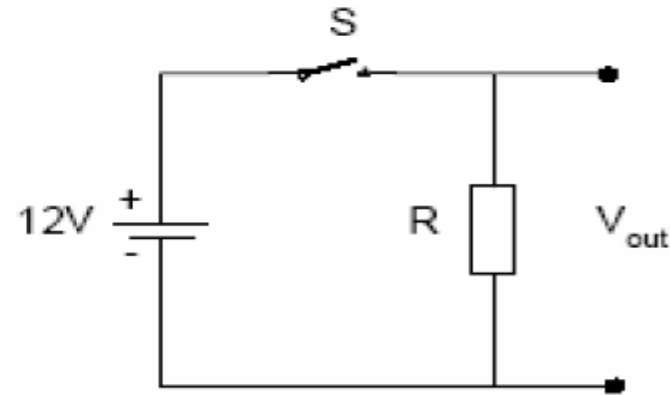
LOJİK DEVRELER

ANALOG VE SAYISAL (DİJİTAL) KAVRAMLAR

Günümüz Elektroniği Analog ve Sayısal olmak üzere iki temel türde incelenebilir. Analog büyüklükler sonsuz sayıda değeri içermesine rağmen Sayısal büyüklükler sadece iki değer alabilirler. Analog büyüklüklere örnek olarak Basınç, Sıcaklık gibi bir çok fiziksel büyüklüğü örnek olarak verebiliriz. Şekil 1’deki Elektrik devresinde çıkış gerilimi ayarlı direncin değiştirilmesi ile birlikte 0 ile 12 Volt arasında sonsuz sayıda değer alabilir. Şekil 2’deki devrenin çıkış gerilimi sadece iki gerilim seviyesinde tanımlanabilir. Eğer anahtar açıksa 0 Volt, anahtar kapalı ise 12 Volt devrenin çıkış geriliminin alabileceği değerlerdir.



Şekil 1



Şekil 2

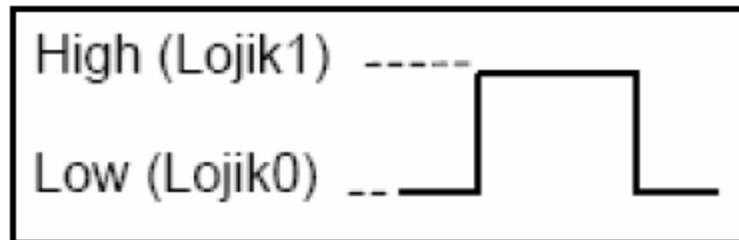
Sayısal Mantık Seviyeleri ve Dalga Formları

Sayısal Sistem iki gerilim seviyesine göre çalışır. Her Sayısal Sistemin bu iki gerilim seviyesine karşılık gelen bir biçimi olmalıdır. Bu nedenle Sayısal Devreler Binary (İkilik) Sayı sisteminde kullanılan 1 ve 0 ile tanımlanmak zorundadır. Bu Sayısal Sistemin girdilerinin ikilik koda dönüşmesini sağlar.

Pozitif Mantık

Yüksek	Alçak
1	0
Doğru	Yanlış
+5V	0V
Kapalı	Açık

Bir kare dalganın yükseleme ve düşmesinin çok küçük zaman diliminde olduğu düşünülürse kare dalga sayısal sinyallere güzel bir örnek olabilir. Aşağıda bir kare dalga üzerindeki Lojik seviyeler gösterilmiştir.

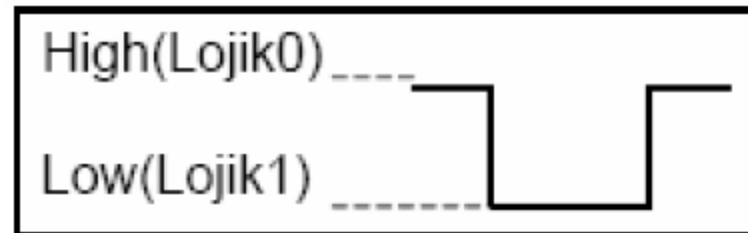


Pozitif Mantık Sayısal Sinyal

Negatif Mantık

Yüksek	Alçak
0	1
Doğru	Yanlış
0V	+5V
Açık	Kapalı

Sayısal devrelerde negatif mantık kullanımı bazı uygulamalarda tasarımcıya büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Örneğin elektriksel gürültü problemi yaşanan sistemlerin tasarımında Negatif mantık kullanımı gürültü probleminin ortadan kalkmasını sağlayabilir.



Negatif Mantık Sayısal Sinyal

BOOLEAN MATEMATİĞİ

İngiliz matematikçi George Bole tarafından 1854 yılında geliştirilen BOOLEAN matematiği sayısal devrelerin tasarımında ve analizinde kullanılması 1938 yılında Claude Shanon tarafından gerçekleştirildi. BOOLEAN matematiği sayısal devrelerin çıkış ifadelerinin giriş değişkenleri cinsinden ifade edilmesi ve elde edilen ifadenin en basit haline ulaşması için kullanılır.

BOOLEAN MATEMATİĞİ SEMBOLLERİ

Boolean matematiğinde kullanılan değişkenler veya fonksiyonlar büyük harfler kullanılarak gösterilmiştir. Sayısal olarak bir değişken veya fonksiyon iki değer alabilir. Bu değerler 1 veya 0 olacaktır. Değişkenlerin veya fonksiyonların aldığı bu değerler sayısal devrelerde eğer “1” ise YÜKSEK gerilim seviyesi , “0” ise ALÇAK gerilim seviyesini gösterecektir.

Değil veya tümleyen (komplement), boolean matematiğinde değişkenin üzerine çizilen bir çizgi ile gösterilir. Örneğin $\bar{A}$ ifadesi “ A’ nın değili veya A’nın komplementi” şeklinde okunur. Eğer $A=1$ ise $\bar{A}=0$, $A=0$ ise $\bar{A}=1$ olur. Tümleyen (komplement) veya değil için A’ şeklinde yazım kullanılabilir.

BOOLEAN TOPLAMA VE ÇARPMA

TOPLAMA

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 1$$

ÇARPMA

$$0 \cdot 0 = 0$$

$$0 \cdot 1 = 0$$

$$1 \cdot 0 = 0$$

$$1 \cdot 1 = 1$$

BOOLEAN MATEMATİĞİ KURALLARI

$$1.a- A + 0 = A$$

$$b- A + 1 = 1$$

$$c- A + \bar{A} = 1$$

$$d- A + A = A$$

$$2.a- A \cdot 0 = 0$$

$$b- A \cdot 1 = A$$

$$c- A \cdot \bar{A} = 0$$

$$d- A \cdot A = A$$

$$3. \quad \bar{\bar{A}} = A$$

$$4. \quad A + A.B = A$$

$$5. \quad A + \bar{A}.B = A+B$$

$$6. \quad (A + B) \cdot (A + C) = A + B \cdot C$$

LOJİK KAPILAR

Doğruluk Tabloları (Truth Table)

Doğruluk tablosu giriş değişkenlerinin alabileceği olası bütün durumlar için çıkış ifadesinin ne olduğunu gösteren tablodur. Bir doğruluk tablosunda eğer n sayıda giriş değişkeni varsa bu değişkenler olası 2^n sayıda değişik durum alabilirler. Örneğin bir sayısal devrenin iki ($n=2$) giriş değişkeni varsa bu değişkenlerin alabileceği durum sayısı $2^2=4$ iken, üç giriş değişkeni ($n=3$) için $2^3=8$ farklı durum yazılabilir. Sayısal devreleri tasarlarken en önemli şilerden birisi doğruluk tablosunun oluşturulmasıdır. Doğruluk tablosu oluştururken belli bir amaç için tasarlanacak devrenin giriş değişken sayısı bulunduktan sonra bu giriş değişkenlerinin alacağı olası durumlarda devre çıkışının ne olması gerektiği tabloya yazılmalıdır.

Aşağıda A ve B iki giriş değişkeni, Q ise çıkışı göstermek üzere iki giriş değişkeni için oluşturulmuş olan doğruluk tablosu verilmiştir.

GİRİŞLER		ÇIKIŞ
A	B	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

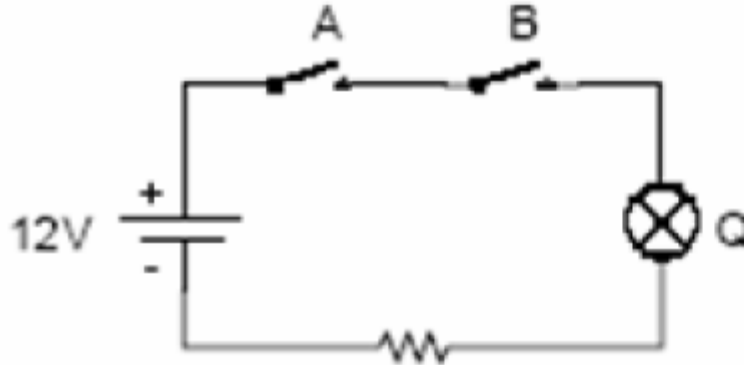
Mantık Kapıları (Logic Gates)

1. VE Kapısı (AND GATE)

VE kapısının bir çıkış, iki veya daha fazla giriş hattı vardır. Şekil 'de iki giriş,bir çıkışlı VE kapısının sembolü, doğruluk tablosu ve elektrik eşdeğer devresi verilmiştir.



a) Sembolü



c) Elektrik Eşdeğer Devresi

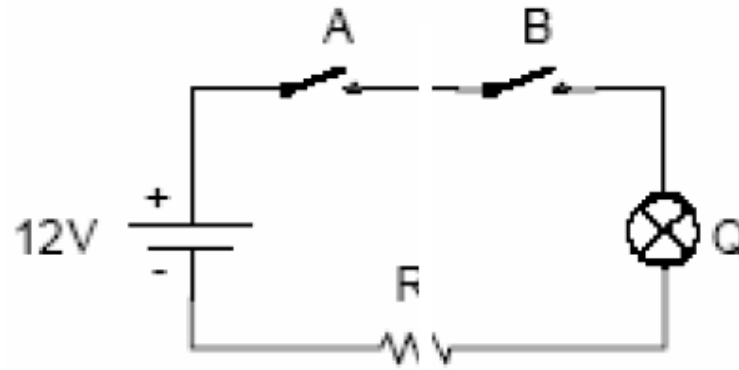
Girişler		Çıkış
A	B	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

b) Doğruluk Tablosu

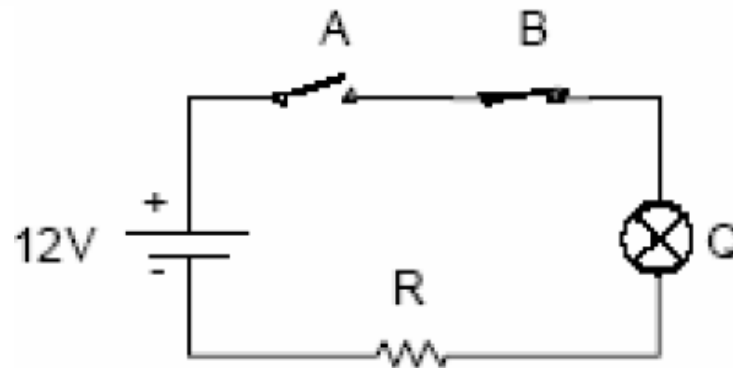
İki Girişli VE Kapısı

Bir VE kapısının çalışmasını elektrik eşdeğer devresi yardımı ile açıklayalım

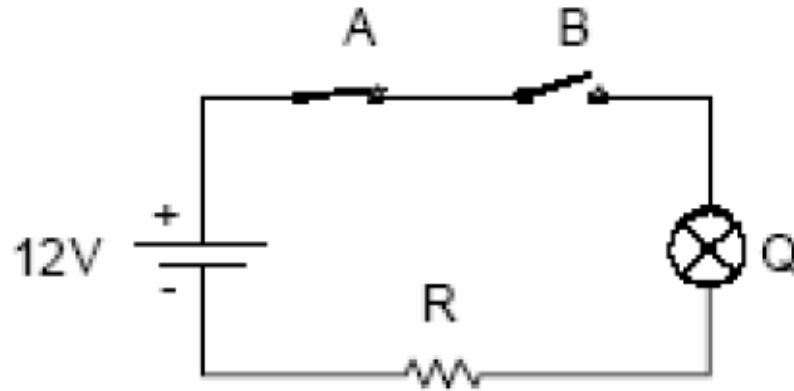
I- Eğer A ve B anahtarları açık ise ($A=0$, $B=0$) lamba yanmayacaktır ($Q=0$).



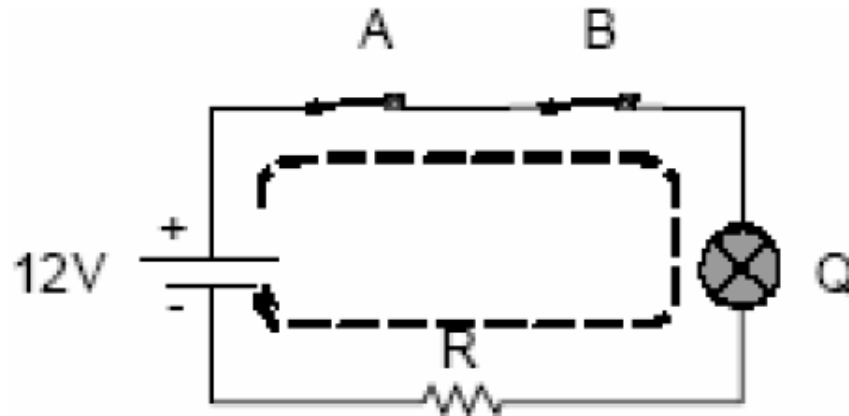
II- Eğer A anahtarı açık ($A=0$), B anahtarı kapalı ($B=1$) ise, lamba yanmayacaktır ($Q=0$).



III-Eğer A anahtarı kapalı ($A=1$),B anahtarı açık($B=0$) ise, lamba yanmayacaktır ($Q=0$) .



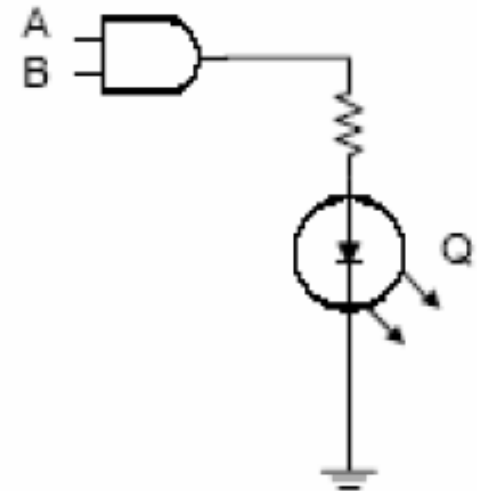
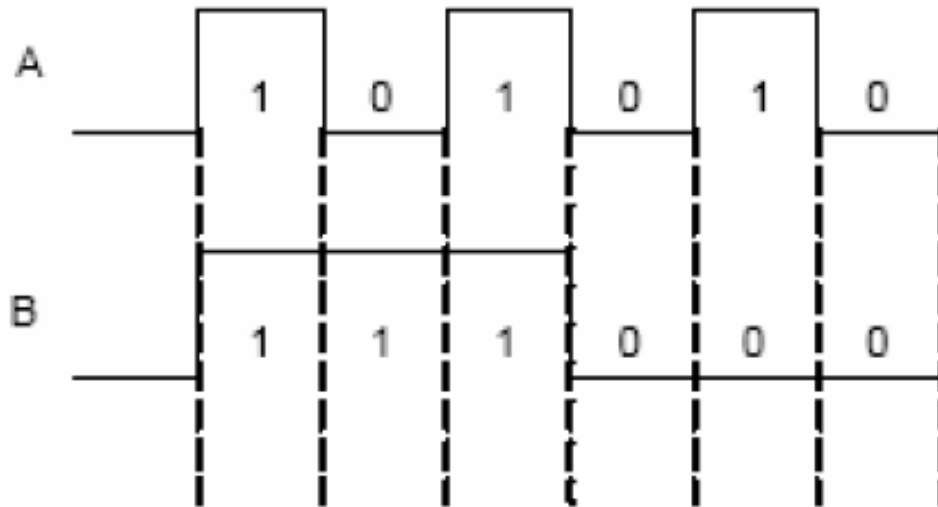
IV- Eğer A ve B anahtarları kapalı ($A=1,B=1$) ise,lamba yanacaktır ($Q=1$).



Çıkış Boolean ifadesi şeklinde $Q = A \cdot B$ yazılır. " Q eşit A VE B " şeklinde okunur.

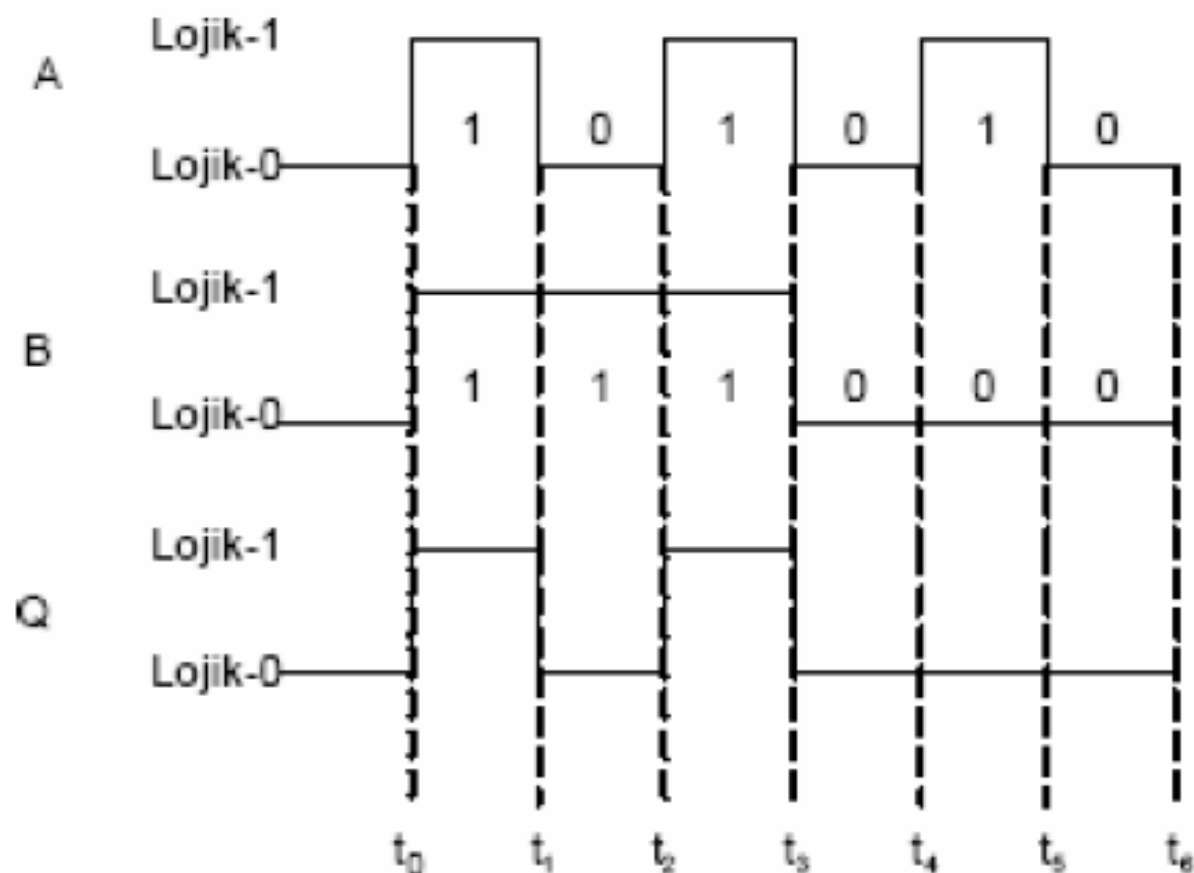
Örnek: Aşağıda dalga şekilleri verilen A ve B işaretleri bir VE kapısı girişlerine uygulanırsa;

- Çıkış dalga şekli nasıl olacaktır?
- LED hangi zaman aralıklarında yanacaktır?



Çözüm:

a- Kapısının doğruluk tablosu yardımı ile çıkış;

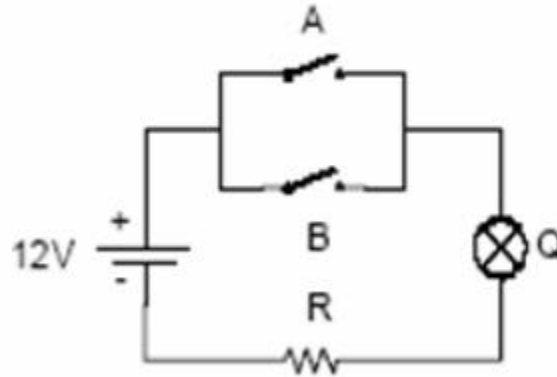


2. VEYA Kapısı (OR GATE)

Bir VEYA kapısının iki veya daha fazla giriş, bir çıkış hattı vardır. Şekil'de iki giriş bir çıkışlı VEYA kapısının lojik sembolü, doğruluk tablosu ve elektrik eşdeğer devresi verilmiştir.



a) Sembolü



c) Elektrik Eşdeğer Devresi

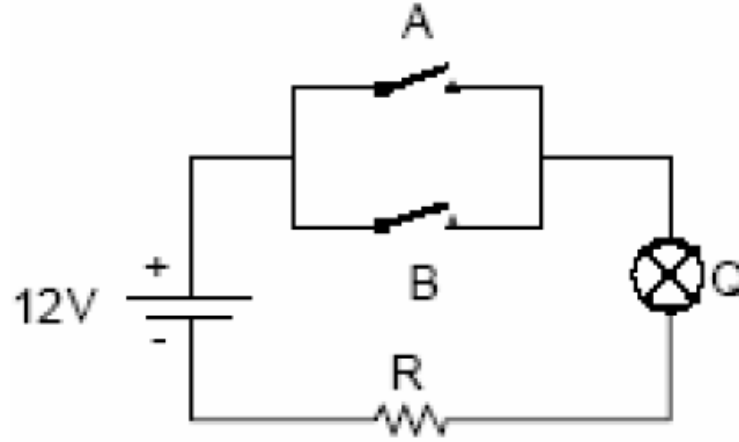
Girişler		Çıkış
A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

b) Doğruluk Tablosu

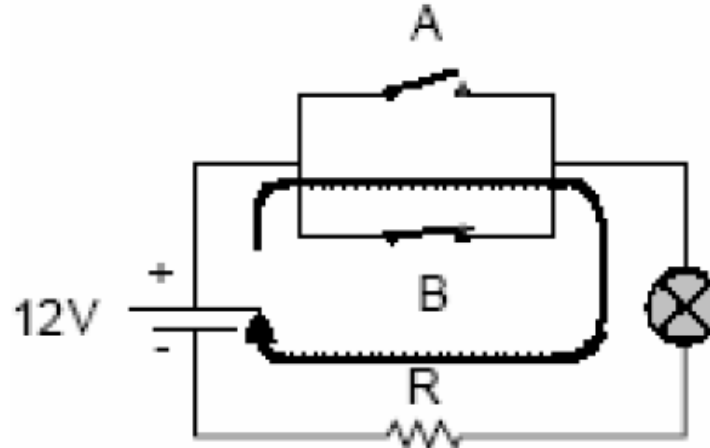
İki Giriş Bir Çıkışlı VEYA Kapısı

Elektrik eşdeğer devresi ile VEYA kapısının çalışmasını açıklayalım;

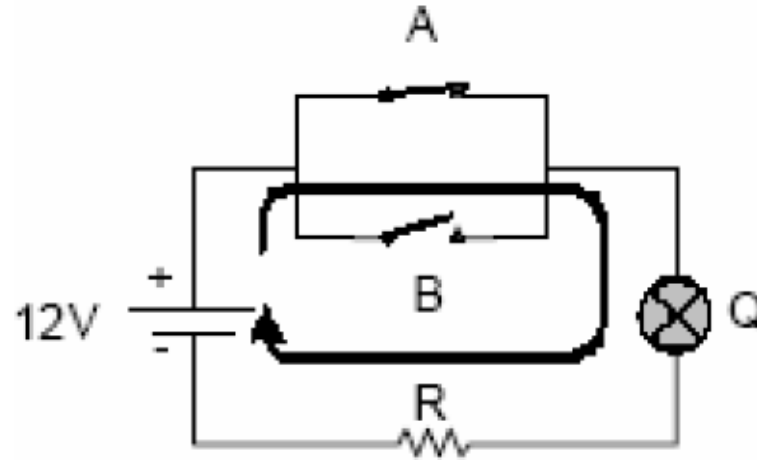
I- Eğer A ve B anahtarları açık ise ($A=0$, $B=0$) lamba yanmayacaktır $Q=0$



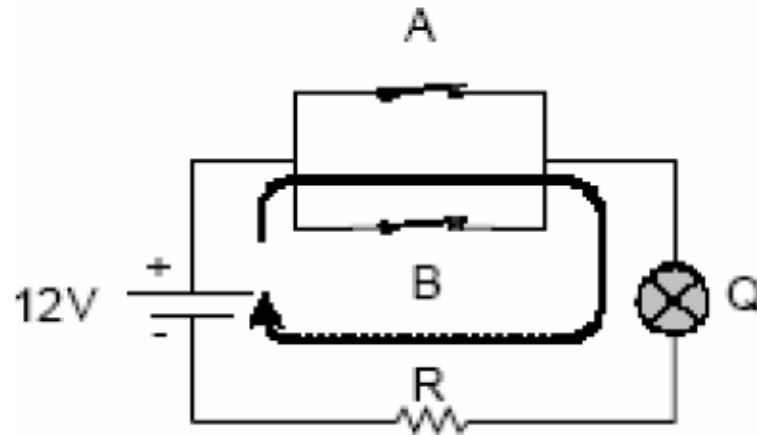
II- Eğer A anahtarı açık ($A=0$), B anahtarı kapalı ($B=1$) ise, lamba yanacaktır $Q=1$



III-Eğer A anahtarı kapalı ($A=1$), B anahtarı açık ($B=0$) ise, lamba yanacaktır $Q=1$



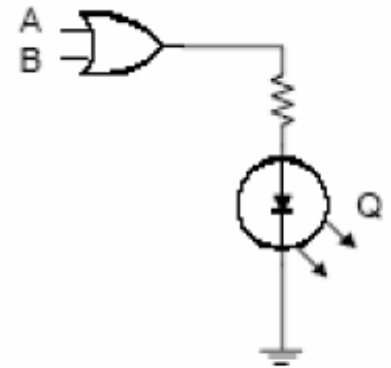
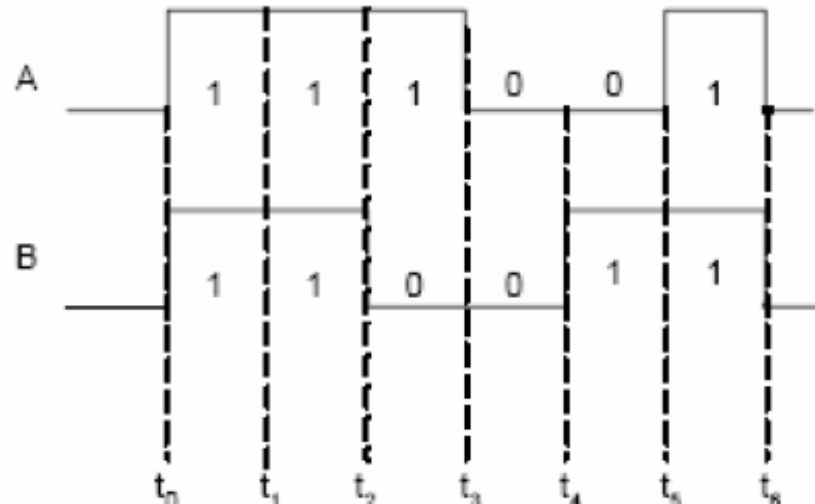
IV- Eğer A ve B anahtarları kapalı ($A=1, B=1$) ise, lamba yanacaktır $Q=1$



Çıkış Boolean ifadesi şeklinde $Q=A + B$ şeklinde yazılır." Q eşit A VEYA B " şeklinde okunur.

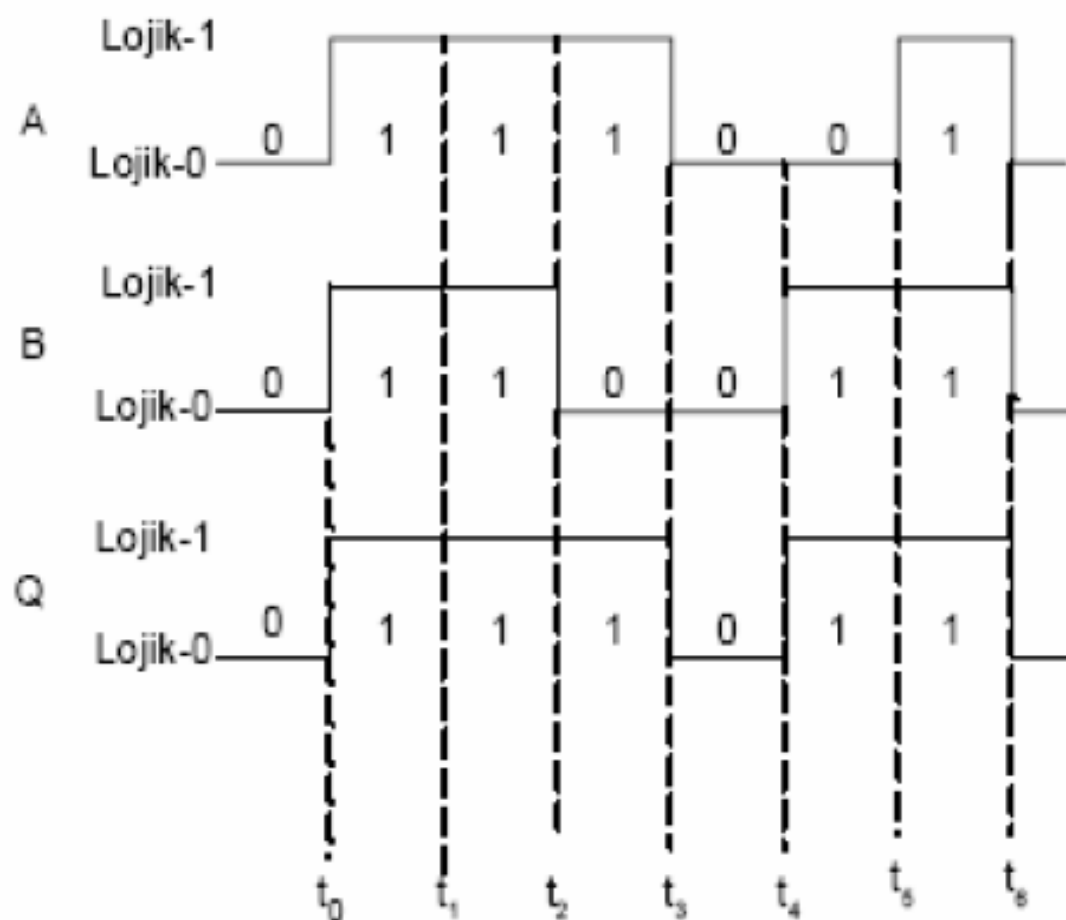
Örnek: Aşağıda dalga şekilleri verilen A ve B işaretleri bir VEYA kapısı girişlerine uygulanırsa;

- a) Çıkış dalga şekli nasıl olacaktır?
- b) LED hangi zaman aralıklarında ışık verecektir.



Çözüm:

a- Doğruluk tablosu yardımıyla çıkış dalga şekli çizilirse;

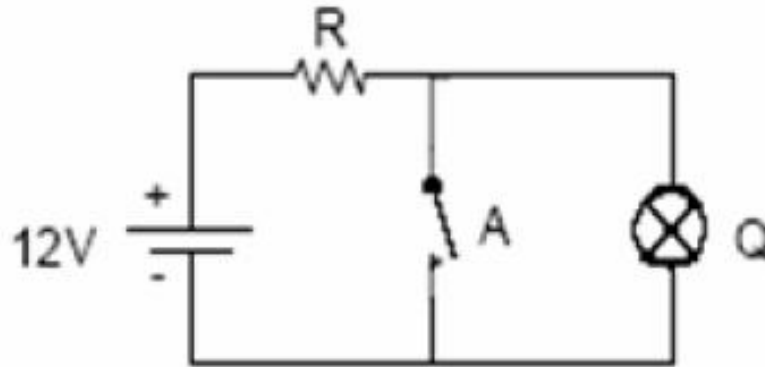


3 Değil Kapısı (Not Gate-Inverter)

DEĞİL kapısı bir giriş ve bir çıkış hattına sahiptir. Çıkış işareti giriş işaretinin tersi (değili-tümleyen) olur. Şekil 'de standart değil kapısı sembolü, doğruluk tablosu ve elektrik eşdeğer devresi verilmiştir.



a) Sembolü



c) Elektrik Eşdeğer Devresi

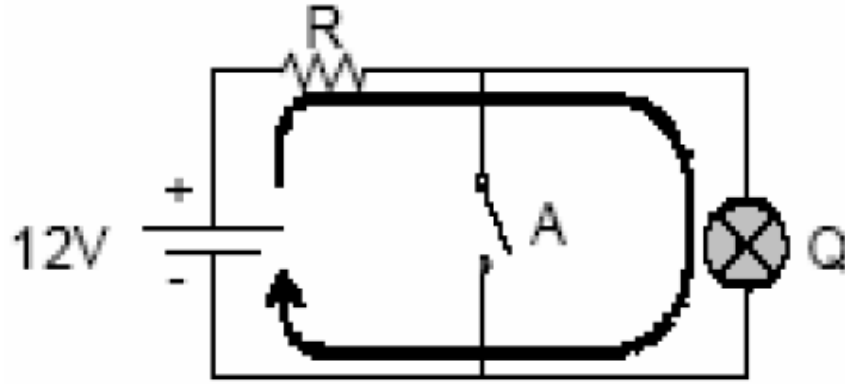
Giriş	Çıkış
A	Q
0	1
1	0

b) Doğruluk Tablosu

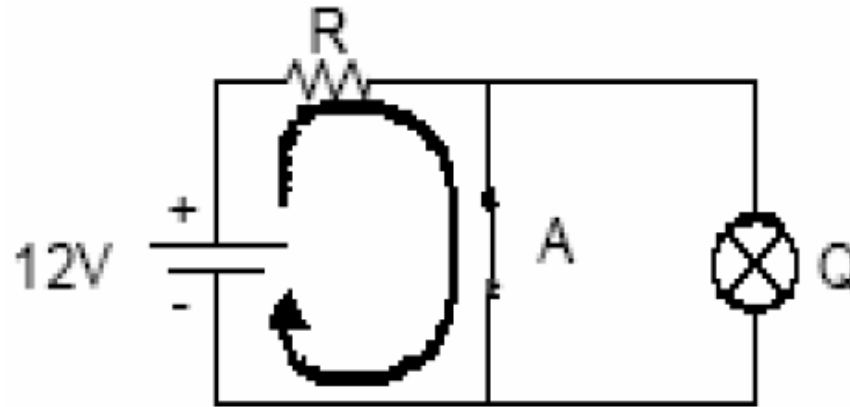
DEĞİL (NOT) Kapısı

Elektrik eşdeğer devresi yardımıyla DEĞİL kapısının çalışmasını açıklayalım;

I-Eğer A anahtarı açıksa ($A=0$) akım devresini Q lambası üzerinden tamamlayacağından lamba yanacaktır($Q=1$).

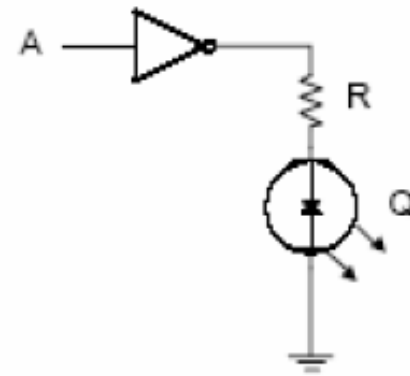
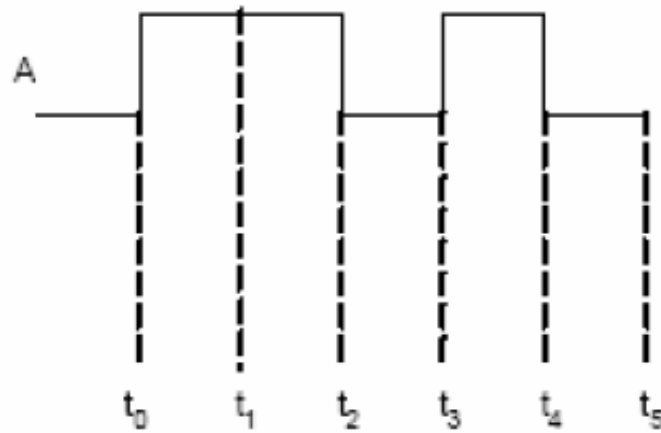


II-Eğer A anahtarı kapalı ise ($A=1$) akım devresini A anahtarı üzerinden tamamlayacağından lamba yanmayacaktır ($Q=0$)

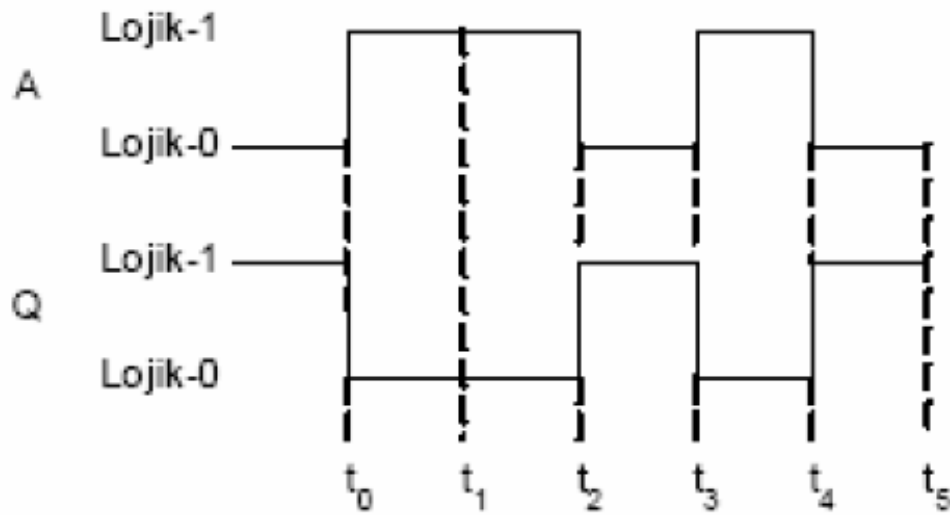


Çıkış Boolean ifadesi olarak $Q = A'$ olarak yazılır. " Q eşit A 'nın değili" şeklinde okunur.

Örnek: Aşağıda verilen dalga şekli bir DEĞİL kapısı girişine uygulanırsa çıkış dalga şekli ne olur?

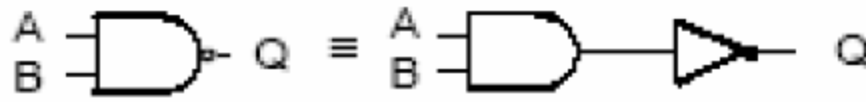


Çözüm: DEĞİL kapısının doğruluk tablosu yardımı ile çıkış dalga şekli aşağıdaki gibi olacaktır.

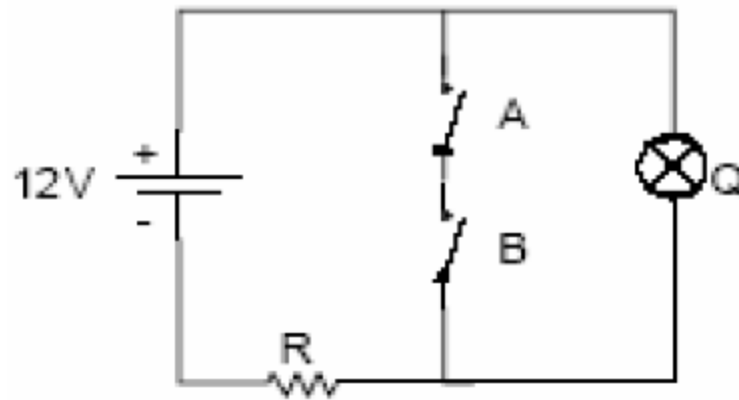


4. VE DEĞİL Kapısı (NAND GATE)

VE DEĞİL kapısının en az iki giriş ve bir çıkışı vardır. Lojik VE fonksiyonunun DEĞİL'i olarak tanımlayabiliriz. Şekil 'de iki giriş, bir çıkışlı VEDEĞİL kapısının sembolü, doğruluk tablosu ve elektrik eşdeğer devresi verilmiştir.



(a) Sembolü



(c) Elektrik eşdeğer devresi

Girişler		Çıkış
A	B	Q
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(b) Doğruluk Tablosu

İki Girişli VE DEĞİL Kapısı

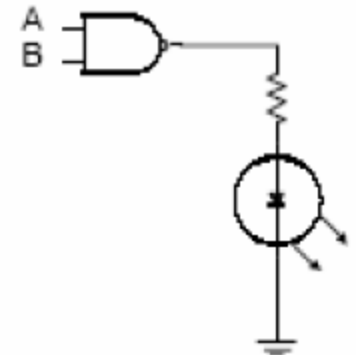
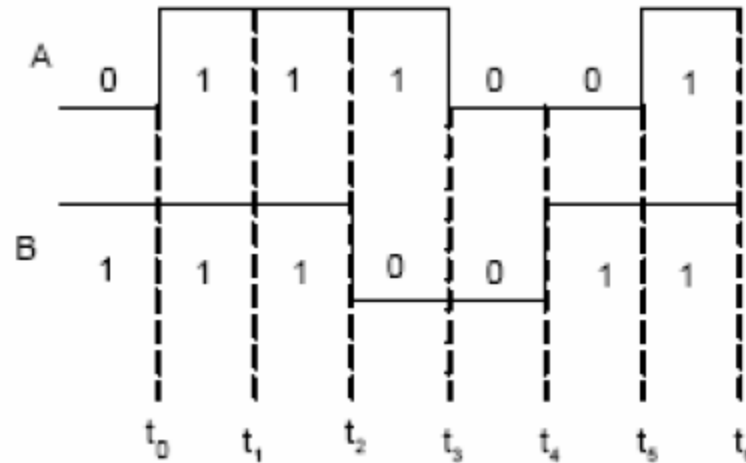
Çıkış Boolean ifadesi olarak
şekilnde okunur.

$$Q = \overline{A \cdot B}$$

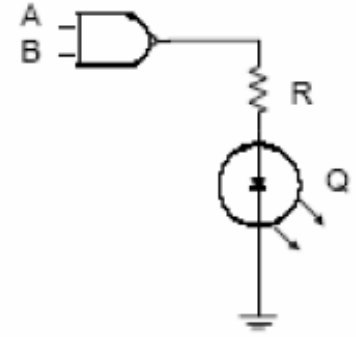
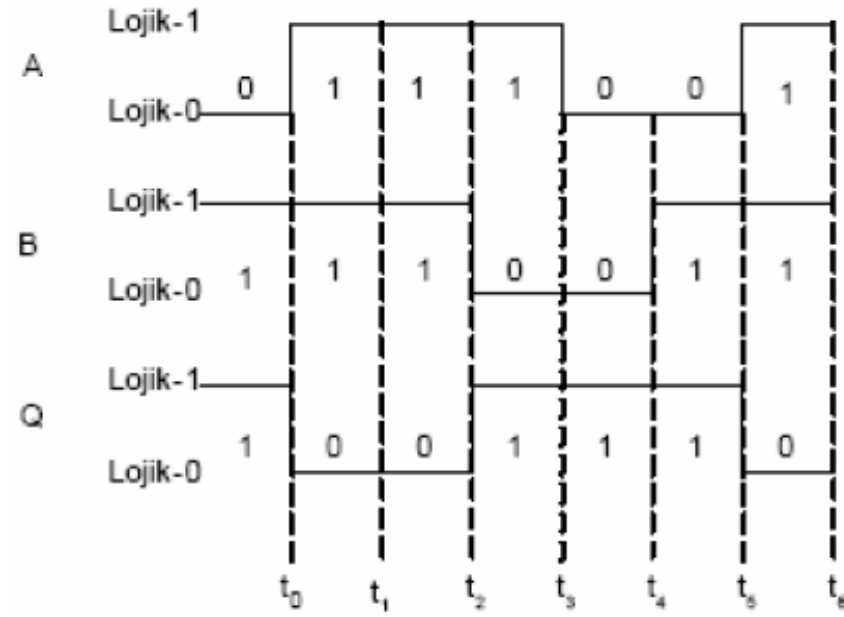
yazılır. "Q eşit A VEDEĞİL B"

"VEDEĞİL kapısının girişlerinden birisi veya tamamı Lojik-0 ise çıkış Lojik-1, her iki giriş birden Lojik-1 ise çıkış Lojik-0 olur."

Örnek: Aşağıda verilen dalga şekilleri bir VE DEĞİL kapısı girişlerine uygulanırsa çıkış dalga şekli ne olur.

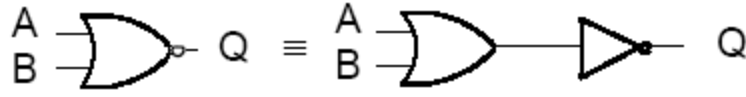


Çözüm: Girişlere uygulanan dalga şekillerinin Lojik seviyelerine bakılarak çıkış dalga şekli aşağıdaki gibi olacaktır

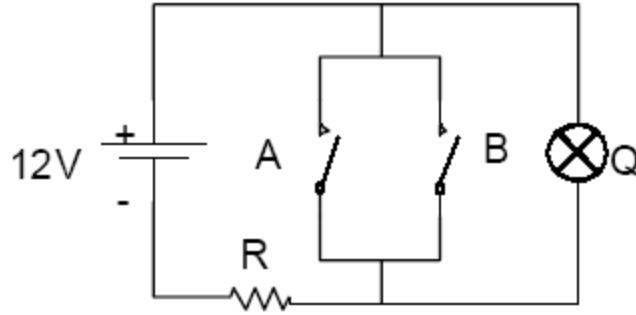


5. VEYA DEĞİL Kapısı (NOR GATE)

VEYA DEĞİL kapısının en az iki giriş ve bir çıkış hattı vardır. Lojik fonksiyon olarak VEYA fonksiyonunun DEĞİL'i olarak tanımlayabiliriz. Şekil 1'de iki giriş, bir çıkışlı VEYA DEĞİL kapısının sembolü, doğruluk tablosu ve elektrik eşdeğer devresi verilmiştir.



(a) Sembolü



(c) Elektrik eşdeğer devresi

Girişler		Çıkış
A	B	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

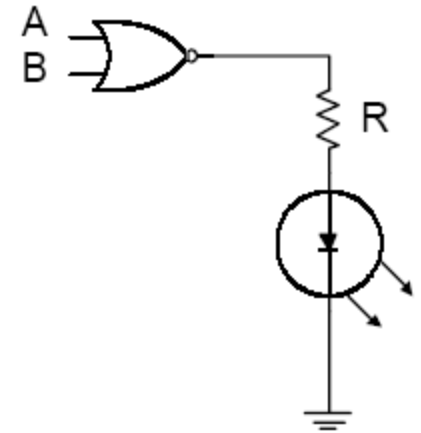
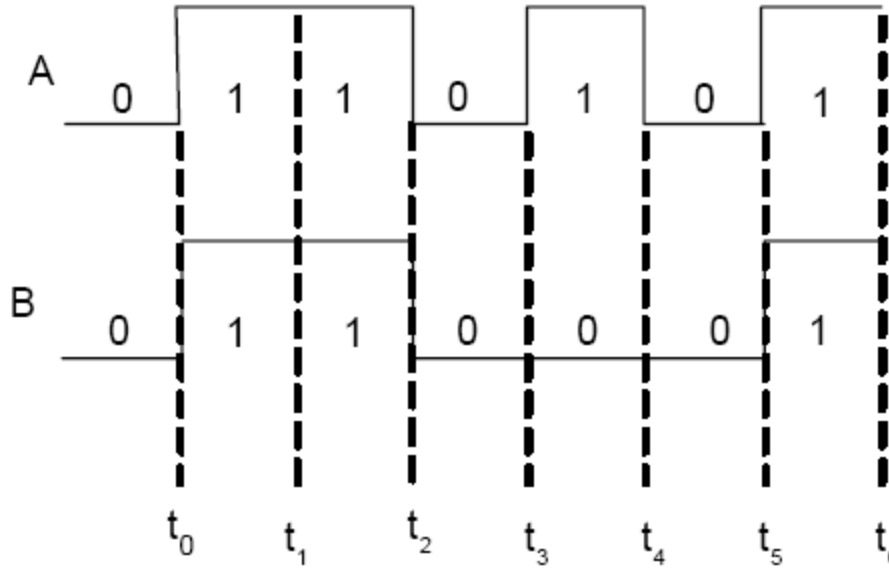
(b) Doğruluk Tablosu

İki girişli VE DEĞİL Kapısı

Çıkış Boolean ifadesi olarak $Q = \overline{A + B}$ yazılır. “Q eşit A VEYA DEĞİL B” şeklinde okunur.

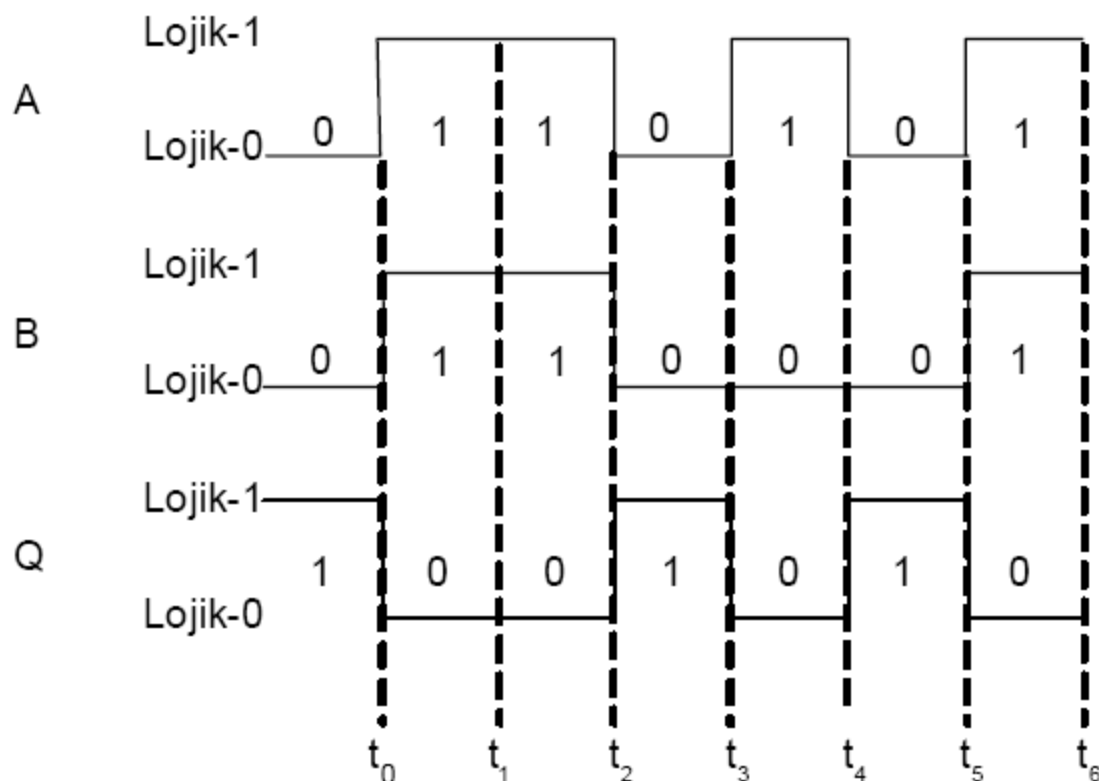
Örnek:

Aşağıda verilen dalga şekilleri bir VEYA DEĞİL kapısı girişlerine uygulanırsa çıkış dalga şekli ne olur.



Çözüm:

VEYA DEĞİL kapısının girişlerinden birisi veya tamamı Lojik-1 ise çıkış Lojik-0, her iki giriş birden Lojik-0 ise çıkış Lojik-1 oluyordu. Girişlere uygulanan dalga şekillerinin Lojik seviyelerine göre çıkış dalga şekli aşağıdaki gibi olacaktır

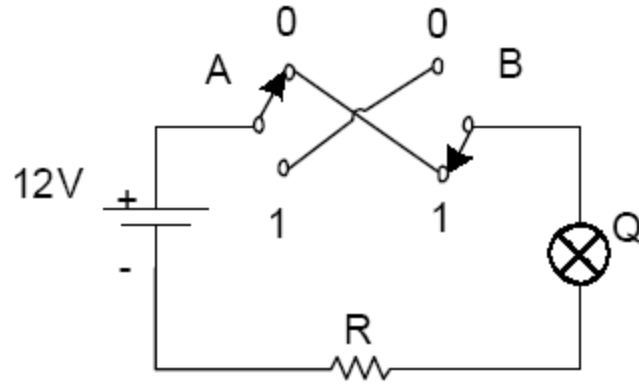


6 ÖZEL VEYA KAPISI (XOR GATE)

Bir ÖZEL VEYA kapısının iki veya daha fazla giriş, bir çıkış hattı vardır.



(a) Sembolü



(c) Elektrik eşdeğer devresi

Girişler		Çıkış
A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

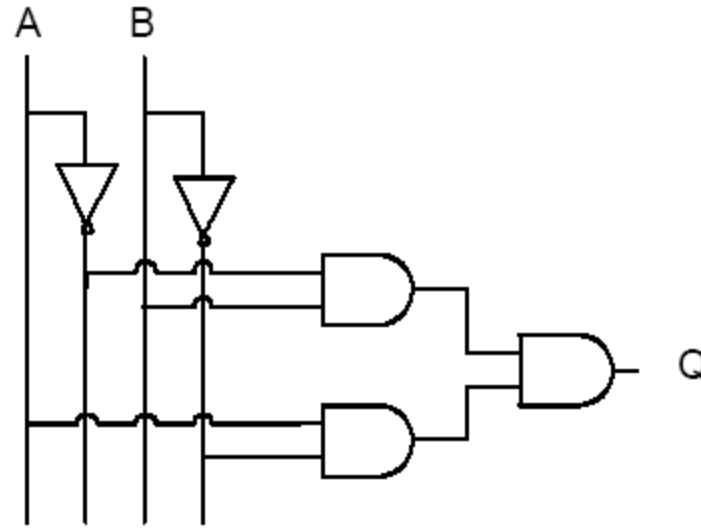
(b) Doğruluk Tablosu

İki girişli ÖZELVEYA Kapısı

Çıkış Boolean ifadesi olarak ; $Q = A \oplus B$ veya şeklinde yazılır. “Q eşit A ÖZEL VEYA B” şeklinde okunur.

ÖZEL VEYA kapısı DEĞİL-VE-VEYA kapıları ile ifade edilebilir. Bu durumda bir ÖZEL VEYA fonksiyonunu;

$Q = \overline{A} \cdot B + A \cdot \overline{B}$ şeklinde tanımlayabiliriz.

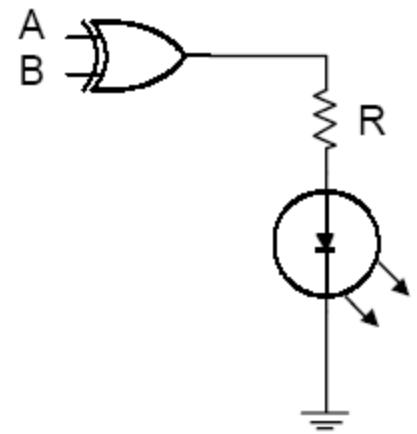
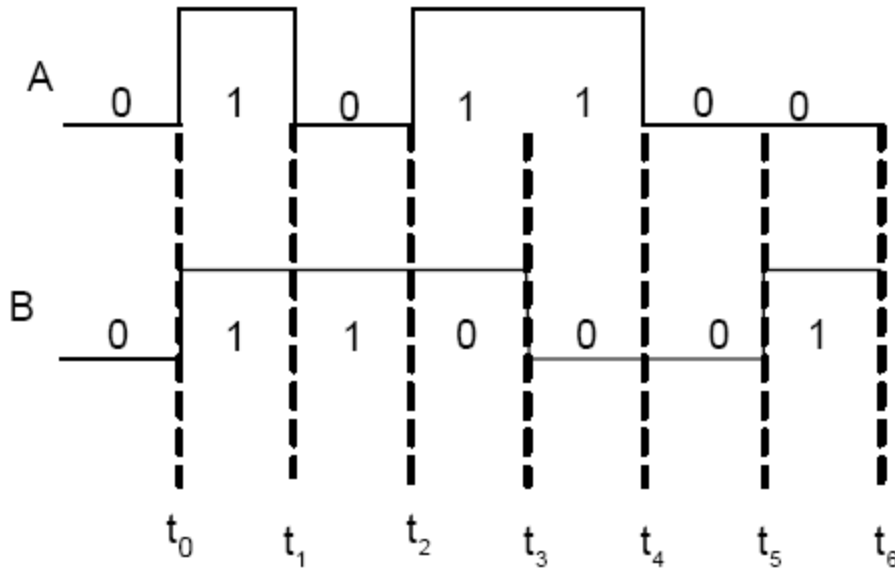


Şekil 3.17
DEĞİL-VE-VEYA kapıları ile
ÖZEL VEYA kapısı

“ÖZEL VEYA kapısının girişleri aynı lojik seviyede ise çıkış Lojik-0, her iki giriş farklı lojik seviyede ise çıkış Lojik-1 olur.”

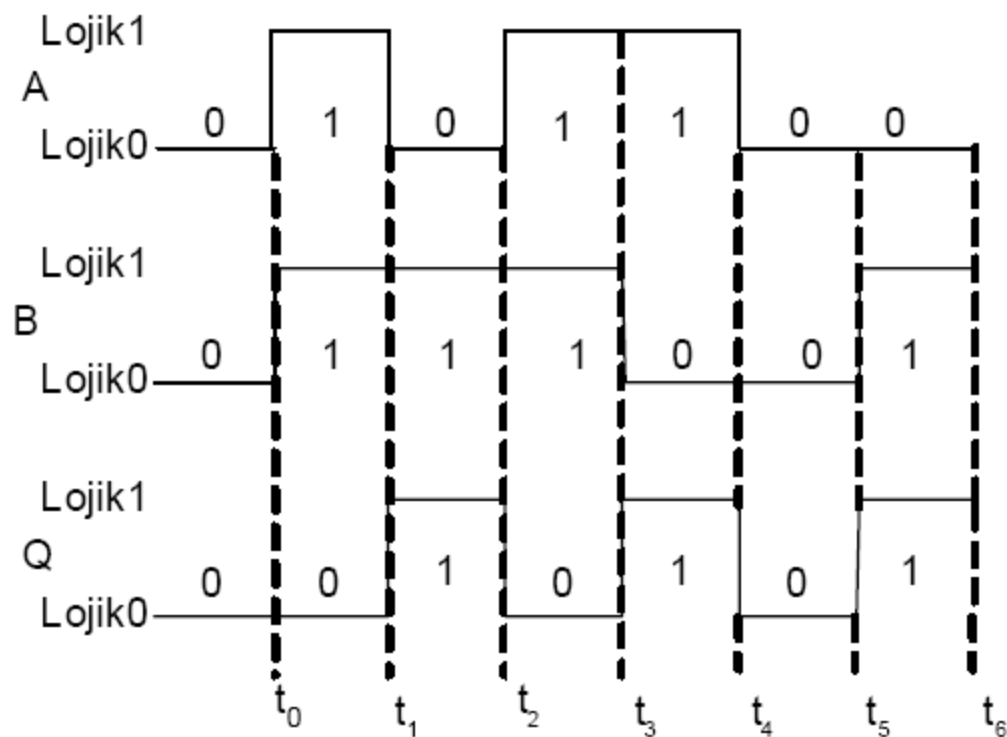
Örnek:

- a) Aşağıda verilen dalga şekilleri bir ÖZEL VEYA kapısı girişlerine uygulanırsa çıkış dalga şekli ne olur.
- b) Çıkışa bir LED bağlanırsa hangi zaman aralıklarında LED ışık verecektir.



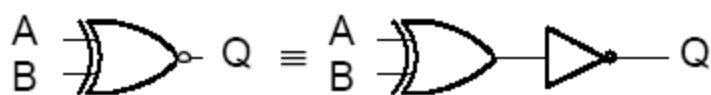
Çözüm:

a- ÖZEL VEYA kapısının girişleri aynı Lojik seviyede ise çıkış Lojik-0, her iki giriş farklı lojik seviyede ise çıkış Lojik-1 oluyordu. Girişlere uygulanan dalga şekillerinin Lojik seviyelerine göre çıkış dalga şekli aşağıdaki gibi olacaktır

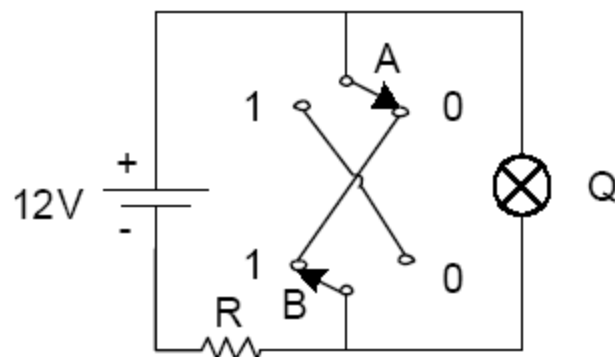


7 ÖZEL VEYA DEĞİL KAPISI (XNOR GATE)

Bir ÖZEL VEYA DEĞİL kapısının iki veya daha fazla giriş, bir çıkış hattı vardır. Lojik fonksiyon olarak ÖZEL VEYA işleminin değildir. Şekil-3.17'de iki giriş bir çıkışlı ÖZEL VEYA DEĞİL kapısının lojik sembolü, doğruluk tablosu ve denk anahtar devresi verilmiştir.



(a) Sembolü



(c) Elektrik eşdeğer devresi

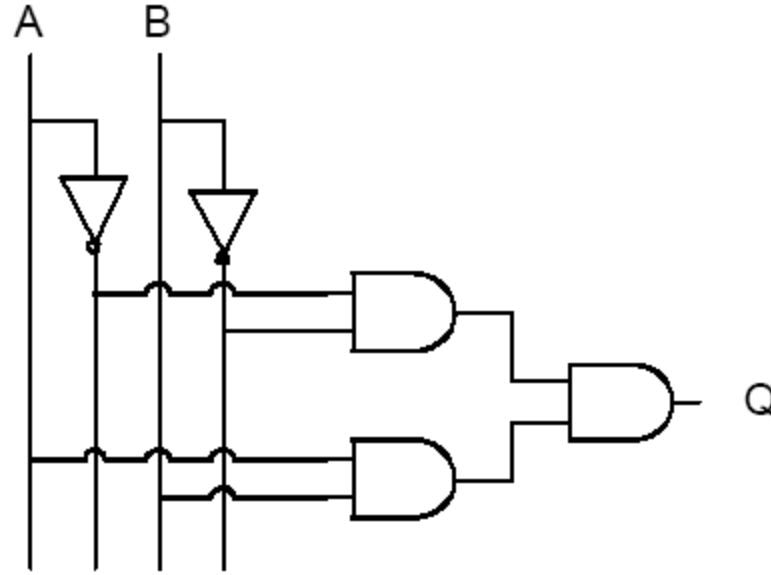
Girişler		Çıkış
A	B	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(b) Doğruluk Tablosu

İki girişli ÖZELVEYA DEĞİL Kapısı

Çıkış Boolean ifadesi olarak ; $Q = \overline{A \oplus B}$ veya şeklinde yazılır. “Q eşit A ÖZEL VEYA DEĞİL B” şeklinde okunur.

ÖZEL VEYA-Değil kapısı DEĞİL-VE-VEYA kapıları ile ifade edilebilir. Bu durumda bir ÖZEL VEYA- Değil fonksiyonunu; $Q = \overline{A} \cdot \overline{B} + A \cdot B$ şeklinde tanımlayabiliriz.

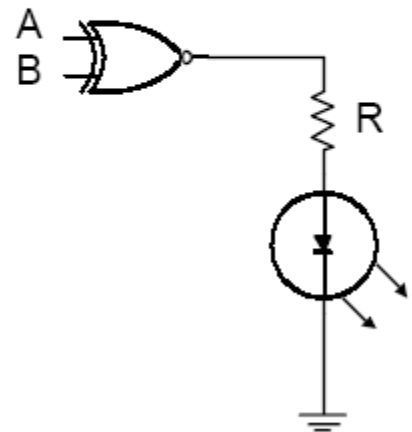
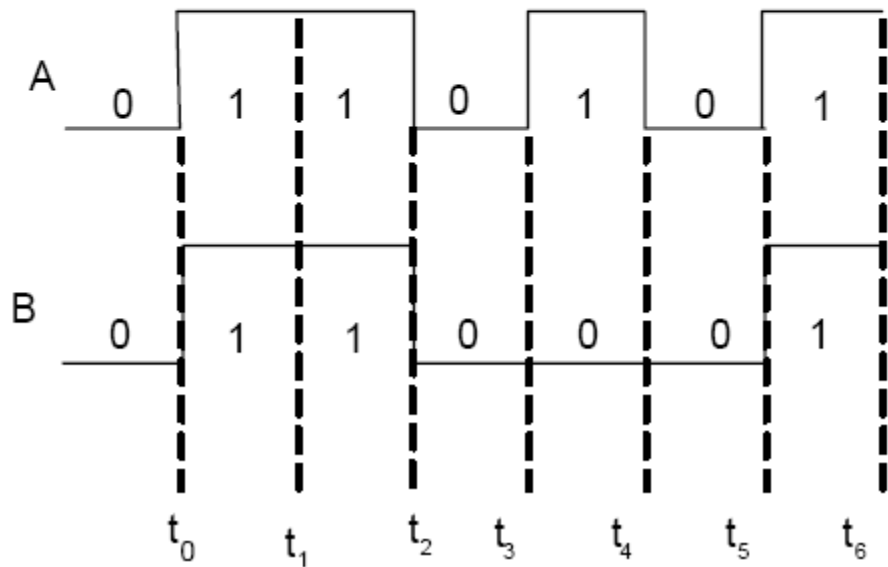


Şekil 3.17
DEĞİL-VE-VEYA kapıları ile
ÖZEL VEYA DEĞİL kapısı

“ÖZEL VEYA DEĞİL kapısının girişleri aynı lojik seviyede ise çıkış Lojik-1, her iki giriş farklı lojik seviyede ise çıkış Lojik-0 olur.”

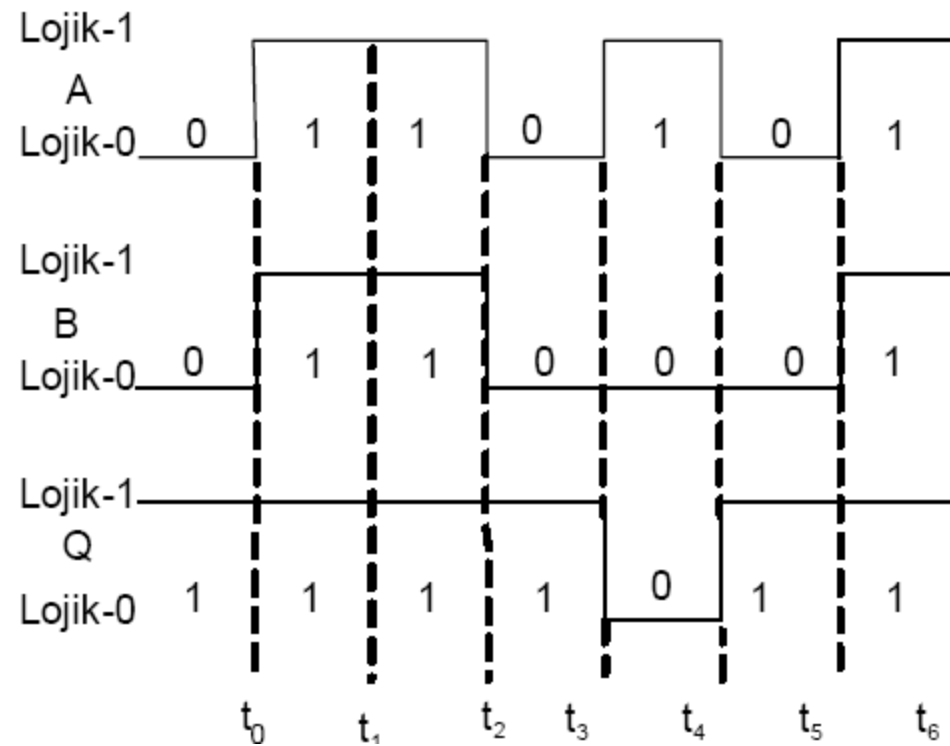
Örnek:

Aşağıda verilen dalga şekilleri bir ÖZEL VEYA DEĞİL kapısı girişlerine uygulanırsa çıkış dalga şekli ne olur.



Çözüm:

Çıkış dalga şekli doğruluk tablosu yardımı ile çizilirse aşağıdaki gibi olacaktır.



SAYISAL DEVRE TASARIMI

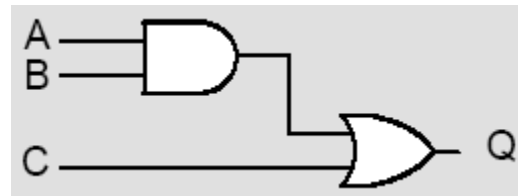
1 BOOLEAN İFADESİNDEN SAYISAL DEVRELERİN ÇİZİLMESİ

Örnek:

$Q = A.B + C$ ifadesini gerçekleştirecek sayısal devreyi tasarlayınız.

Çözüm:

$Q = A.B + C$ ifadesinde A,B,C üç giriş değişkenini, Q ise çıkış değişkenini göstermektedir. İşlemin gerçekleştirilmesine Boolean çarpma ile başlanır. Boolean çarpma işlemi VE kapısı ile gerçekleşeceğinden, ilk adımda A ile B değişkenlerinin VE kapısına uygulanması gerekir. Boolean çarpma işlemi ile elde edilen ifade (A. B), diğer giriş değişkeni ile Boolean toplama işlemine tabi tutulur. Boolean toplama işlemi VEYA kapısı ile gerçekleşeceğinden A.B ifadesi C ile VEYA kapısına uygulanır.

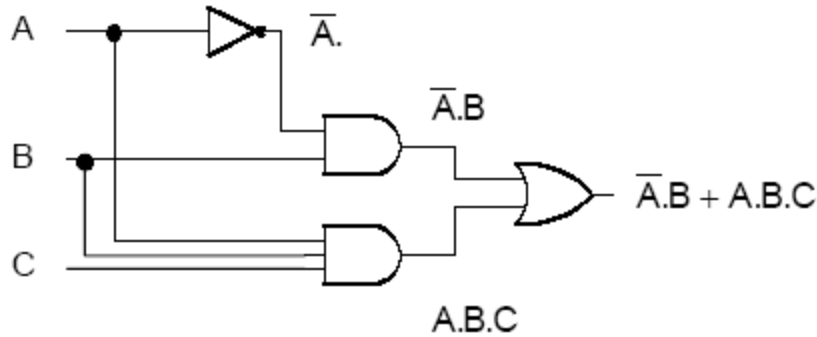


$Q=A.B+C$ ifadesine ait sayısal devre

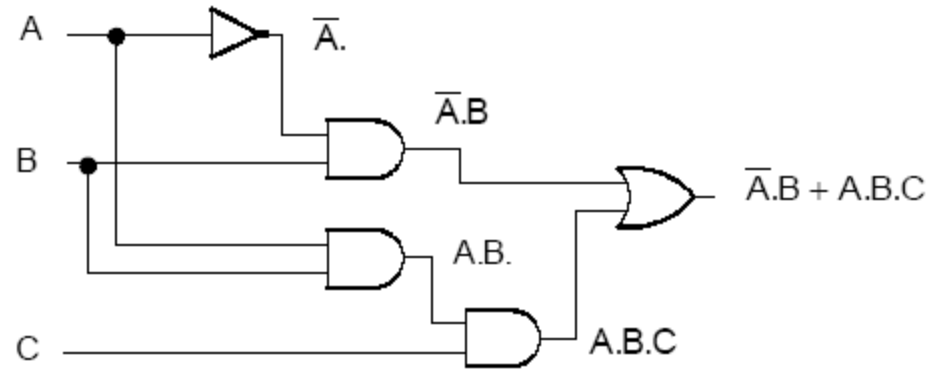
Örnek:

$Q = \bar{A}.B + A.B.C$ ifadesini gerçekleştirecek sayısal devreyi tasarlayınız.

Çözüm:



(a) Üç girişli VE kapıları kullanarak devre çizimi



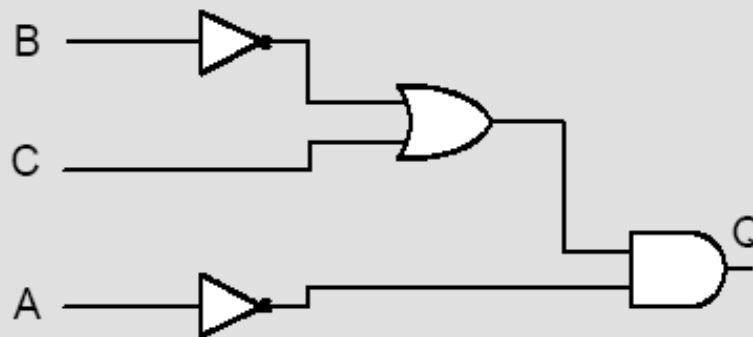
(b) İki girişli VE kapıları kullanarak devre çizimi

$Q = \bar{A}.B + A.B.C$ ifadesine ait devre çizimleri

2 SAYISAL DEVREDEN BOOLEAN İFADESİNİN ELDE EDİLMESİ

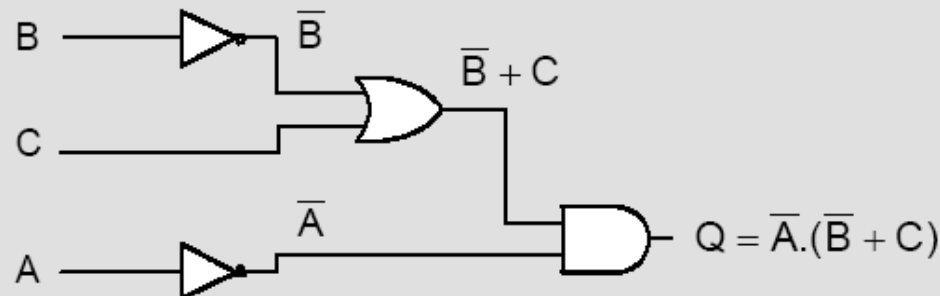
Örnek:

Aşağıda verilen sayısal devrenin çıkışına ait Boolean ifadesini bulunuz.



Çözüm:

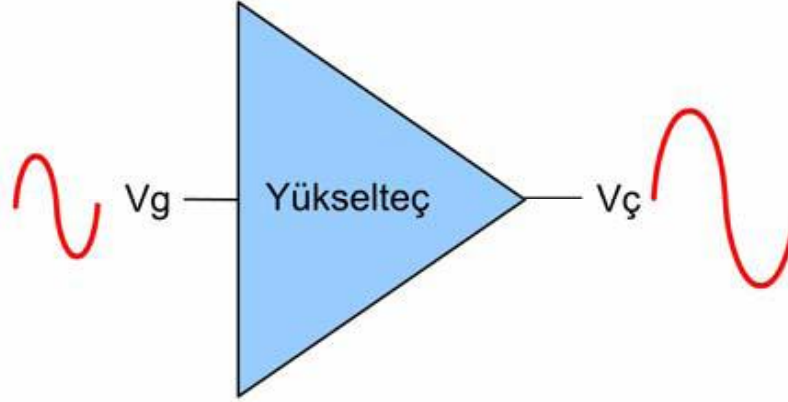
Her bir kapı giriş ve çıkış ifadesi devredeki son kapıya kadar yazılarak ifade elde edilir.



İŞLEMSEL YÜKSELTEÇLER

İŞLEMSEL YÜKSELTECİN YAPISI

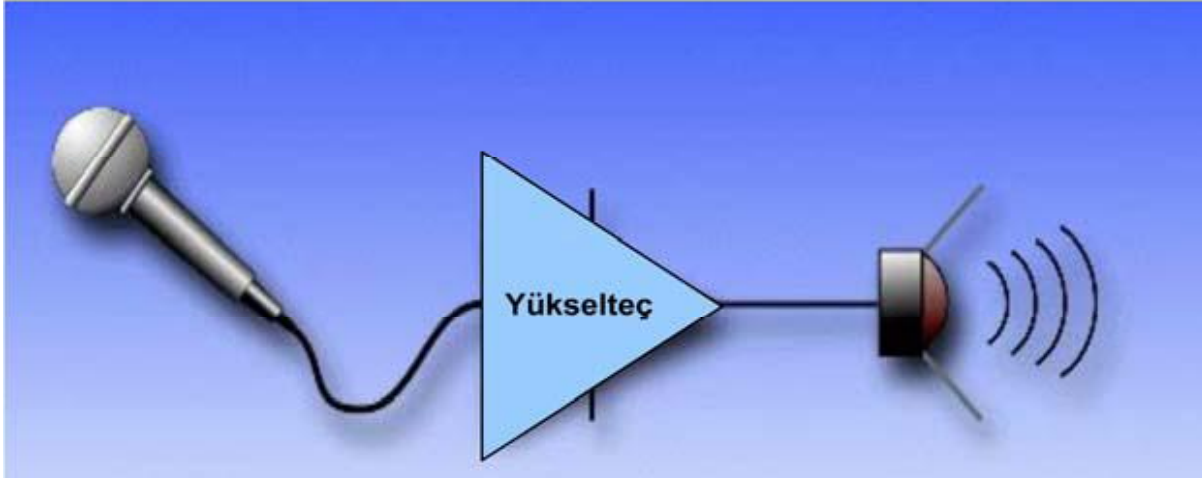
1. Yükselteçlerin Genel Özellikleri



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.

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

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.

1.1. Kazanç

Yükseltecin girişine uygulanan sinyalin çıkışta ne kadar yükseltildiği “kazanç katsayısı” ile ifade edilir. Kazanç katsayısı ürün bilgi sayfalarında G (gain) ya da A (Average) 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.

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

1.2. Giriş Direnci

Birden fazla elektronik devre art arda bağlandığında, kaynak devrenin çıkışından, alıcı devrenin girişine doğru bir akım akışı olur. Bu akımın miktarı kaynak devrenin çıkış direnci ve alıcı devrenin giriş direncine bağlıdır. Giriş direnci, 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.

Bir devrenin giriş direncinin 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.

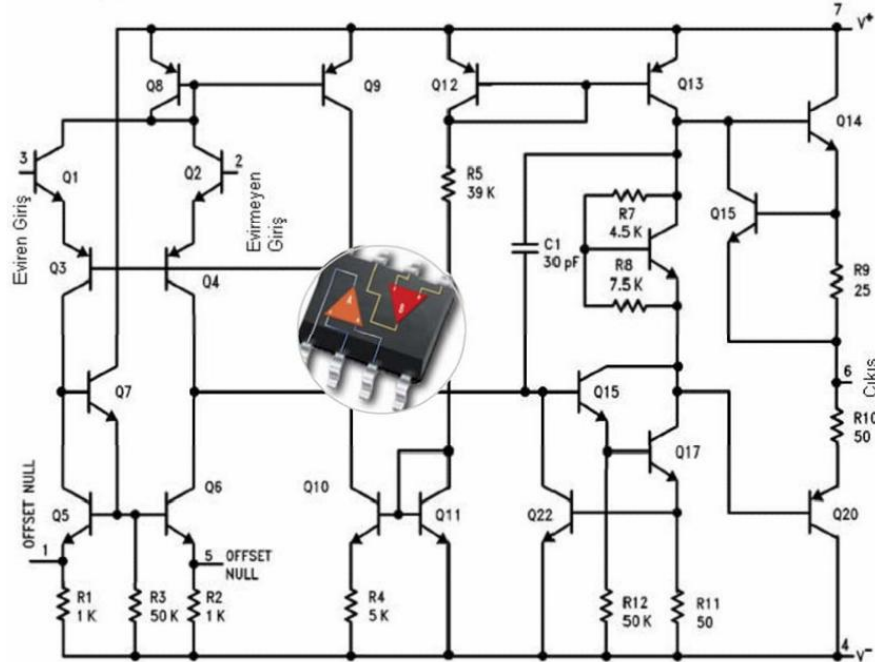
1.3. Çıkış Direnci

Bir devrenin çıkış direnci devrenin çıkışından ne kadar akım çekilebileceğinin, bir başka anlatımla devrenin ne kadar akım verebileceğinin bir göstergesidir. Çıkış direnci aynı zamanda, bir devrenin çıkış terminali ile toprak arasında görülen direnç olarak ta 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.

2. İşlemsel Yükselteçlerin Özellikleri

İşlemsel yükselteçlerin temel özellikleri arasında, son derece yüksek gerilim kazancı, yüksek giriş direnci ve düşük çıkış direnci, sayılabilir. İç devre yapısı tek bir yonga üzerine bir ila dört adet işlemsel yükselteç oluşturabilmek için, yüzlerce son derece küçük transistör ve devre elemanından oluşur. Bu devreler sadece BJT (bipolar junction transistor), JFET (junction field effect transistor) ya da MOSFET (metal oxide semiconductor FET) kullanılarak yapılabilir. Günümüzde yüksek giriş dirençleri nedeniyle JFET işlemsel yükselteçler yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 1.3' te en çok kullanılan LM741 işlemsel yükseltecinin iç devre şeması görülmektedir.

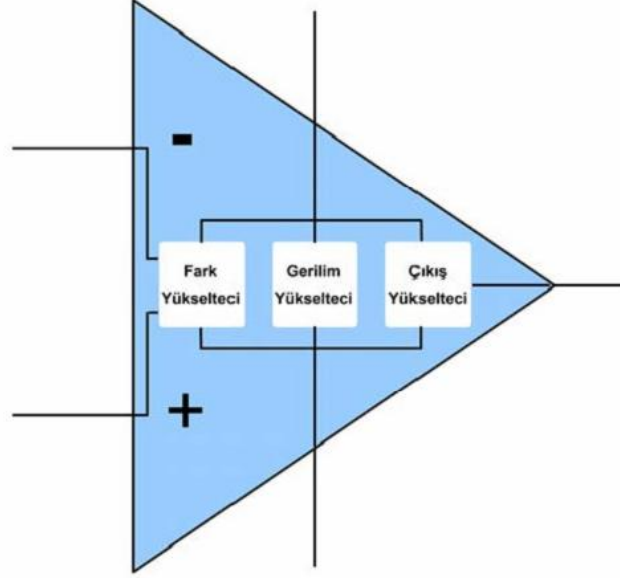


Şekil 1.3: LM741 işlemsel yükseltecinin iç devre şeması

İşlemsel yükselteçler yüksek kazançlı, kazancı geri besleme ile ayarlanabilen, iki ayrı girişi olan yükselteçlerdir. Çok amaçlı kullanılan devreler olduğundan işlemsel (Operational) denilmiştir. İşlemsel yükselteç üç ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar, giriş devresini oluşturan diferansiyel (fark) devresi, gerilim yükselteci ve çıkış yükselteç devreleridir.

Genel olarak işlemsel yükselteç, çok yüksek (teorik olarak sonsuz) kazançlı bir yükselteçtir. Bu entegrelere dışarıdan bağlanan direnç ve kondansatör gibi bir kaç devre elemanı ile kazancı kontrol edilebilmektedir.

2.2. İşlemsel Yükseltecin Yapısı ve Çalışması

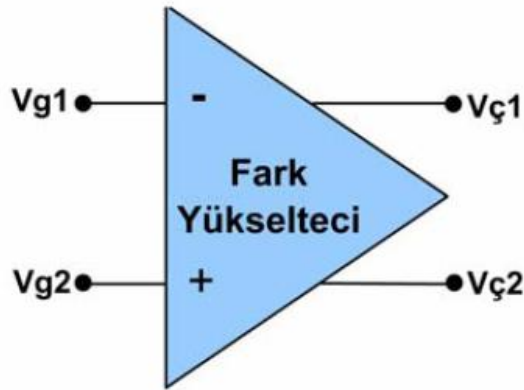


Şekil 1.5: İşlemsel yükseltecin fonksiyonel blok şeması

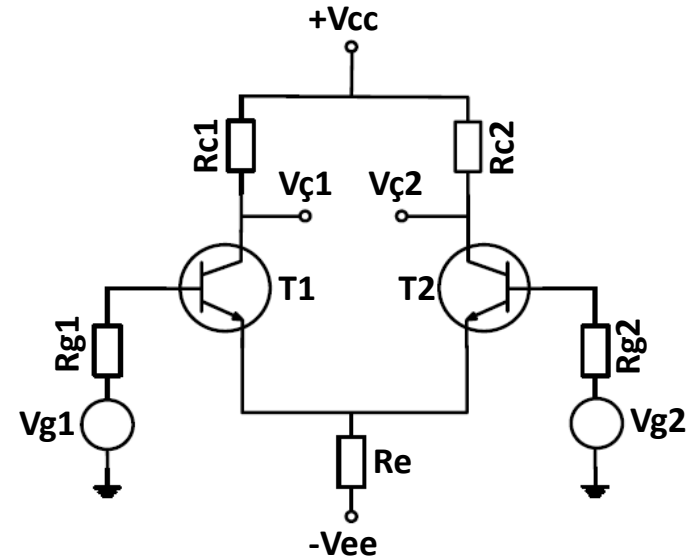
Şekil 1.3'te de görüldüğü gibi işlemsel yükselteçlerin iç yapıları oldukça karmaşıktır. Ancak bunları kullanabilmek için içyapılarının ayrıntılarını bilmeye gerek yoktur. İşlemsel yükselteci kullanmak için, dış devre bağlantılarını, temel bazı özelliklerini ve nerede kullanılacağını bilmek yeterlidir. 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.

2.2.1. Fark Yükselteci

Fark yükselteçleri, işlemsel yükselteçlerin giriş devresinde bulunan en önemli parçasıdır ve çok çeşitli uygulamalarda kullanılan özel bir devre türüdür. Şekil 1.6'da 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 1.7'de ise temel fark yükseltecinin açık devre şeması görülmektedir.



Şekil 1.6: Fark yükselteci sembolü



Şekil 1.7: Temel fark yükselteci devresi

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° 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.

Devredeki giriş V_{g1} ve V_{g2} gerilimleri birbirine eşit ya da sıfır olduğunda, transistörlerden geçen akımlar da birbirine eşit olacağından çıkış gerilimi $V_{\text{ç}}=0$ 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 hali denir.

Devrenin giriş gerilimlerini değiştirirsek, örneğin V_{g2} sabit tutulup V_{g1} değiştirilirse çıkış gerilimi $V_{\text{ç}}$ 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 $V_{\text{ç}}$ 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.

2.2.2. 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 devrelerde bulunur.

2.2.3. 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.

2.3. İdeal İşlemsel Yükseltecin Özellikleri

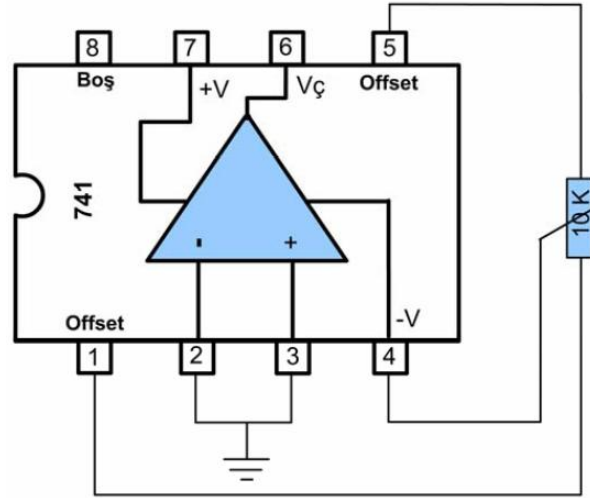
- İdeal bir işlemsel yükselteçten beklenen özellikler şu şekilde sıralanabilir:
- Açık çevrim (geri beslemesiz) kazancı sonsuzdur. ($K=\infty$)
- Bant genişliği sonsuzdur. ($BG=\infty$)
- Gürültüsü yoktur.
- Hem iki giriş arası hem de her girişle toprak arası direnç sonsuzdur. ($R_g=\infty$)
- Çıkış direnci sıfırdır. ($R_{\text{ç}}=0$)
- Çıkış direnci sıfır olduğu için sonsuz akım sürebilir.
- Gerilim kaldırma kapasitesi sonsuzdur. Yani her gerilimde çalışır.
- Yukarıdakilerin hepsi her sıcaklıkta doğrudur.

Yukarıda ideal bir işlemsel yükseltece ait özellikler sıralanmıştır. Ancak uygulamada bu özellikler tam olarak kullanılamaz.

2.4. Pratikte Kullanılan İşlemsel Yükseltecin Özellikleri

İşlemsel yükselteçlerin idealde istenen özellikleriyle, ortaya çıkan ürünün özellikleri arasında farklılıklar vardır. Bu özellikler üreticilerin ürün bilgi sayfalarında (data sheet) ayrıntılı olarak verilir. Ürün bilgi sayfalarında verilen bazı önemli özellikler aşağıda başlıklar halinde incelenmektedir.

2.4.1. Giriş Dengesizlik Gerilimi



Şekil 1.8: Giriş dengesizlik gerilimi ayarı

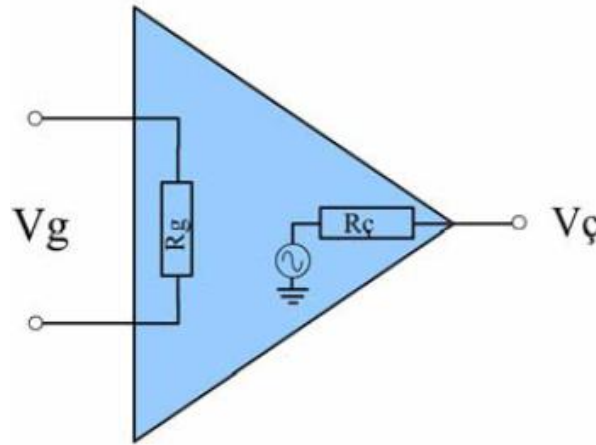
İdeal durumda ($V_{g2} - V_{g1} = 0$ V) olması gerekir. Yani giriş gerilimlerinin birbirine eşit olduğu durumda çıkış geriliminin ($V_{ç} = 0$ V) olması istenir. Ancak işlemsel yükseltecin girişinde bulunan fark yükselteci devresindeki transistör çiftleri tam olarak eş değer özelliklerde üretilemeyebilir. Bu durumda fark devresindeki transistörlerin beyz emiter gerilimleri az da olsa değişiklik gösterir.

Bu değişiklik, işlemsel yükseltecin içindeki yükselteçler tarafından kuvvetlendirilerek çıkışa ulaşır. Sonuçta ($V_{g1}=V_{g2}=0$) yapıldığında çıkış gerilimi ($V_{\text{ç}} \neq 0$) olur ki bu istenmeyen bir durumdur. Çıkıştaki bu gerilime “çıkış dengesizlik (ofset) gerilimi” adı verilir. İşlemsel yükselteçlerde giriş dengesizlik gerilimi özelliği daha çok kullanılır ve bu gerilim, çıkışı ($V_{\text{ç}}=0$) olmasını sağlayacak olan ($V_{g2}-V_{g1}$) fark giriş gerilimi olarak tanımlanır.

Uygulamada dengesizlik gerilimi, Şekil 1.8’de görüldüğü gibi kolaylıkla ayarlanabilir. LM741 entegresi için, 10 k Ω ’luk bir potansiyometre, orta ucu $-V_{cc}$ ye (4 nu’ lu ayak) ve 1 ile 5 numaralı ayaklar arasına bağlanır. Giriş uçları doğrudan ya da 50 Ω dirençler üzerinden toprağa bağlanır ve çıkış gerilimi voltmetreden $V_{\text{ç}} = 0$ V oluncaya kadar ayarlanır. Eğer uygulamada geri besleme kullanılıyorsa dengesizlik gerilimi ayarı geri beslemeli durumda yapılmalıdır.

2.4.2. Giriş Direnci

İşlemsel yükseltecin fark girişleri arasında görülen ya da girişlerden herhangi biri ile toprak arasında görülen direnç olarak tanımlanır. Bu değer genellikle ürün bilgi sayfalarında sadece giriş direnci olarak verilir. İdeal işlemsel yükselteçte bu direnç sonsuz olarak ifade edilmekle birlikte pratikte giriş direnci LM741 için $R_g = 2 \text{ M}\Omega$ kadardır. FET girişli LM13741 işlemsel yükselteci için giriş direnci $R_g = 5 \times 10^{11}$ kadardır. Çok yüksek olan bu giriş direnci 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 1.9: İşlemsel yükseltecin giriş ve çıkış direnci

2.4.3. Çıkış Direnci

İşlemsel yükseltecin çıkış terminali ile toprak arasında görülen direnç olarak tanımlanır. Tipik olarak $100\ \Omega$ olan çıkış direnci, 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 $R_c = 75\Omega$ 'dur.

Giriş ve Çıkış Direnci Nasıl Ölçülür?

Giriş direncinin ölçülmesi işlemi ohmmetre ile yapılan bir ölçme işlemi değildir. Giriş direnci, giriş gerilimi değişiminin girişlerden birinin toprağa göre ölçülen akımındaki değişime oranı ile bulunur. Aynı şekilde çıkış direnci de, çıkış gerilimindeki değişimin, çıkış akımına oranı ile bulunur.

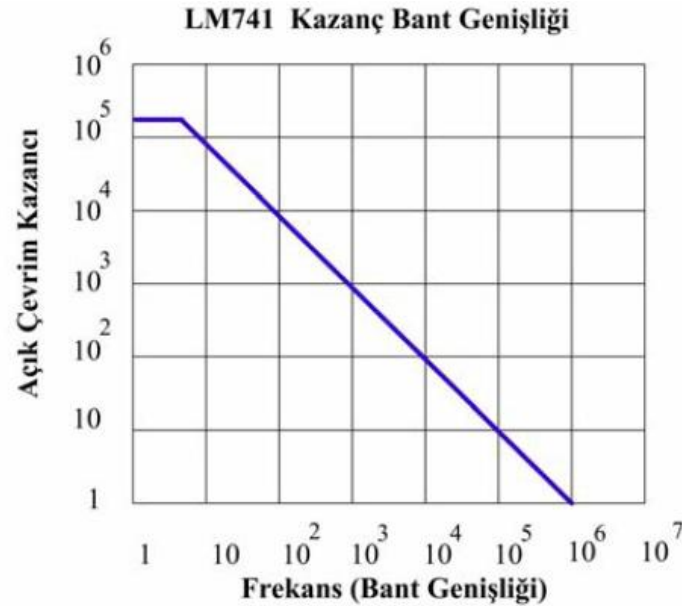
2.4.4. Çıkış Kısa Devre Akımı

Çıkış kısa devre akımı özelliği, işlemsel yükseltecin çıkış ucu kaynak ya da toprakla kısa devre olduğunda ya da aşırı yüklendiğinde verebileceği maksimum akımı ifade eder. Bu aynı zamanda devreden alınabilecek en fazla çıkış akımını da gösteren bir parametredir. LM741 için kısa devre durumundaki çıkış akımının tipik değeri yaklaşık 25 mA en fazla 40 mA' dir.

2.4.5. Açık Çevrim 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 (200V/mV) olarak verilmektedir. Buna göre birkaç milivoltluk bir giriş gerilimi uygulanan işlemsel yükselteç birkaç volt düzeyinde çıkış gerilimi üretir. Bu derecede yüksek kazaçlı bir devrenin daha büyük giriş gerilimleriyle kullanılabilmesi için geri besleme devresi ile kazancının sınırlandırılması gerekir.

2.4.6. Bant Genişliği



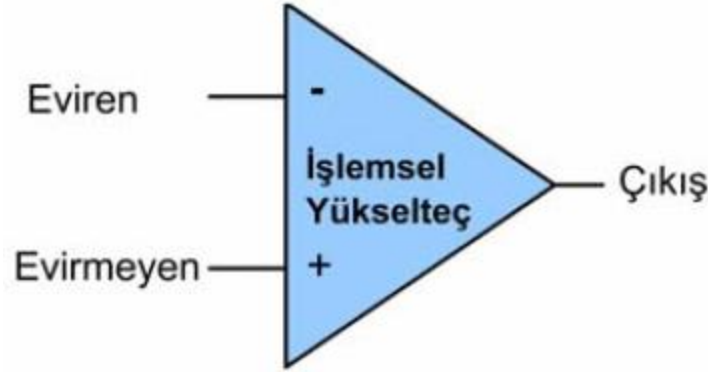
Şekil 1.10: İşlemsel yükseltecin frekans bant genişliği

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 elemanının 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 1.10'da kazancın frekansa göre değişimi grafiksel olarak gösterilmiştir. Dikkat edilecek olursa ($\text{kazanç} \times \text{bant genişliği} = \text{sabit}$) 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.

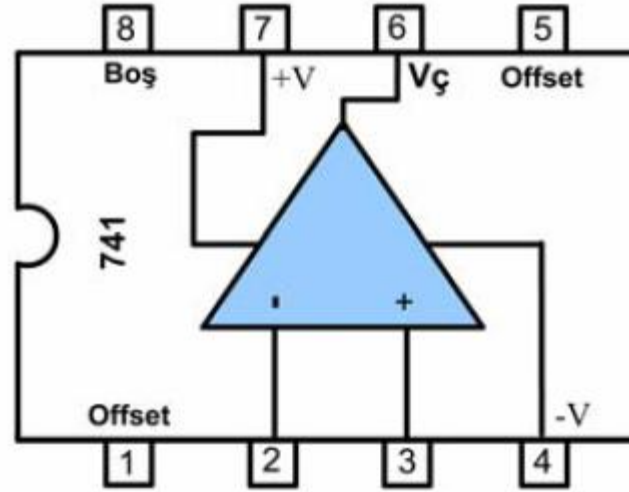
2.5. İşlemsel Yükseltecin Sembolü ve Ayak Bağlantıları

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 uçları da gösterilirken, çoğu zaman bu uçlar sembol üzerinde verilmez.



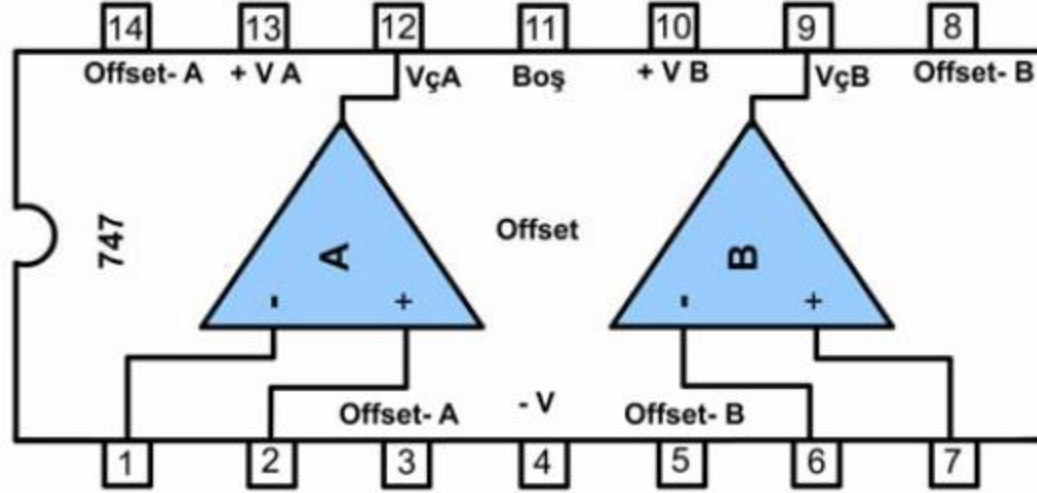
Şekil 1.14: İşlemsel yükseltecin sembolü

İşlemsel yükselteçler kullanıldıkları devrelere, çalıştırıldıkları frekansa, kullanım amacına, montaj şekline bağlı olarak çok çeşitli karakteristik özelliklerde ve farklı kılıf tiplerinde üretilir.



Şekil 1.15: LM 741 iç yapısı ve ayak bağlantıları

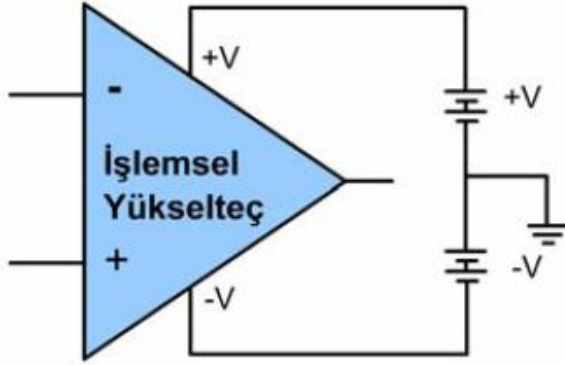
Şekil 1.15'te görüldüğü gibi LM741 işlemsel yükselteci 8 uçlu, genellikle plastik bir kılıf içinde bulunmaktadır. 2 nu' lu uç eviren giriş, 3 nu' lu uç evirmeyen giriş, 6 nu' lu uç ise çıkış ucudur. 7 nu' lu uç +V ve 4 nu' lu uç -V besleme gerilimi için kullanılmıştır. 1 ve 5 numaralı uçlar giriş dengesizlik gerilimi ayarı için kullanılmaktadır. 1 ve 5 nu' lu uçlar gerekmedikçe kullanılmaz ve boş bırakılır. 8 nu' lu uç ise kullanılmamaktadır.



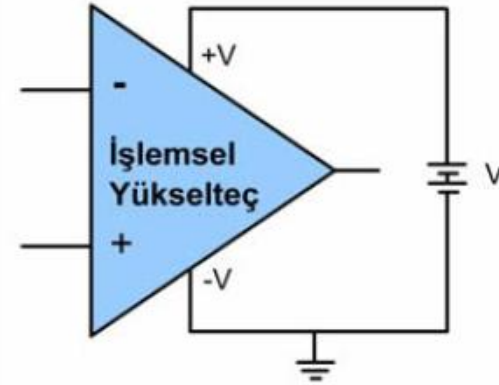
Şekil 1.16: LM747 nin iç yapısı ve ayak bağlantıları

Şekil 1.16’da 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.

2.6. İşlemsel Yükselteçlerin Beslenmesi



Şekil 1.17: İşlemsel yükseltecin simetrik kaynaktan beslenmesi



Şekil 1.18: İşlemsel yükseltecin tek kaynaktan beslenmesi

İşlemsel yükselteç sembolünde $+V$ ve $-V$ uçları, besleme kaynağının bağlandığı uçlardır. Bir işlemsel yükseltece 5 V, 12 V, 15 V, 18 V gibi besleme gerilimi uygulanabilir. Entegrenin hangi gerilimlerde çalışabileceği ürün bilgi sayfalarında ayrıntılı olarak yer almaktadır. İşlemsel yükselteçli devrelerin çalışma gerilimleri genellikle simetrik kaynaktan sağlanır. Şekil.1.17'de 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.

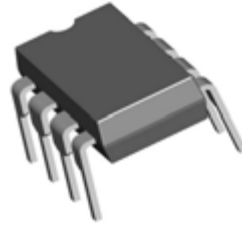
İşlemsel yükseltecin beslenmesinde bazı durumlarda tek güç kaynağı kullanmak yeterlidir. Şekil 1.18'de ise işlemsel yükseltecin tek kaynaktan beslendiği devre şeması verilmiştir.

2.7. İşlemsel Yükselteçlerin Kılıf Şekilleri

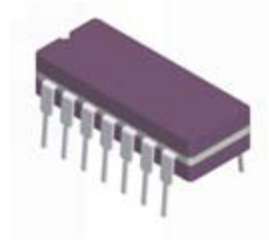
Şekil 1.19’da LM741 entegresi için National Semiconductor firması internet sitesinden alınan kılıf şekilleri gösterilmiştir. Görüldüğü gibi işlemsel yükselteç entegreleri ihtiyaca göre çok çeşitli boyut ve kılıf şekillerinde üretilebilmektedirler. Örneğin genel amaçlı ya da eğitim amaçlı kullanılacak 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



e-Küçük entegre boyutları

Şekil 1.19: İşlemsel yükselteç kılıf şekilleri ve boyutları

2.8. Ürün Bilgi Sayfaları

Aşağıda LM741 için ürün bilgi sayfalarından bazı bölümlere yer verilmiştir. National Semiconductor tarafından üretilen LM741 entegre sinin ürün bilgi sayfasına ulaşmak için www.national.com/pf/LM/LM741.html adresini kullanabilirsiniz.

**National Semiconductor**

November 1994

LM741 Operational Amplifier

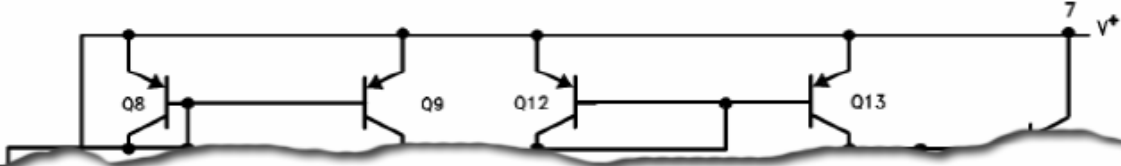
General Description

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 1.20: LM741 ürün bilgi sayfası , genel açıklamalar

Şekil 1.20’de LM741 ürün bilgi sayfalarında giriş bölümünde, ürünle ilgili genel açıklamalara yer verilmiş. Bunu yanında entegre nin iç devre şeması ve ofset ayarının nasıl yapılacağını gösteren örnek bir devre mevcuttur.

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/
Distributors for availability and specifications.

(Note 5)

	LM741A	LM741E	LM741	LM741C
Supply Voltage	$\pm 22\text{V}$	$\pm 22\text{V}$	$\pm 22\text{V}$	$\pm 18\text{V}$
Power Dissipation (Note 1)	500 mW	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	$\pm 30\text{V}$	$\pm 30\text{V}$	$\pm 30\text{V}$	$\pm 30\text{V}$
Input Voltage (Note 2)	$\pm 15\text{V}$	$\pm 15\text{V}$	$\pm 15\text{V}$	$\pm 15\text{V}$
Output Short Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	-55°C to $+125^{\circ}\text{C}$	0°C to $+70^{\circ}\text{C}$	-55°C to $+125^{\circ}\text{C}$	0°C to $+70^{\circ}\text{C}$

Şekil 1.21: LM741 ürün bilgi sayfası , sınır değerler

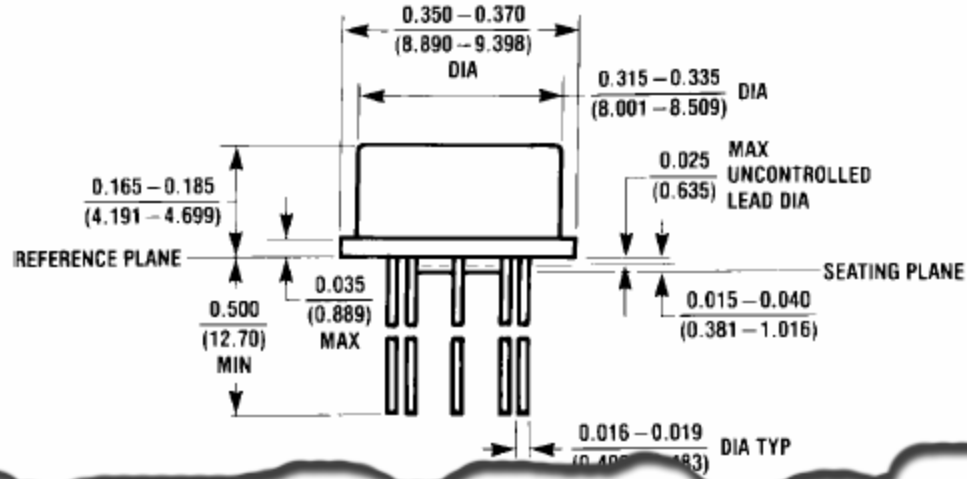
Bu bölüm entegreye uygulanabilecek sınır değerleri göstermektedir. Örneğin besleme gerilimi, kısa devre akımı, çalışma sıcaklığı, kılıf tipine göre lehimleme sıcaklıkları gibi değerler karşılaştırmalı olarak verilmektedir. ayrıca askeri veya uzay uygulamaları için firma ile irtibata geçilmesi gerektiği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

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

Şekil 1.22: LM741 ürün bilgi sayfası , elektriksel karakteristikler

Şekil 1.22’de 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.

Physical Dimensions inches (millimeters)



Şekil 1.23: LM741 ürün bilgi sayfası , kılıf şekilleri ve fiziksel ölçüler

Şekil 1.23'te ise LM 741'e ait çeşitli kılıf şekilleri ve ayrıntılı fiziksel ölçüleri yer almaktadır.

İŞLEMSEL YÜKSELTEÇ UYGULAMALARI

1. Geri Besleme

Geri besleme (feedback) elektronik alanında sık karşılaşılan bir kavramdır. Genel olarak elektriksel geri besleme bir devrenin çıkışından alınan sinyalin işlendikten sonra aynı devrenin girişine uygulanmasıdır.

Pek çok ortamda karşılaştığımız klimaların ortam sıcaklığını ayarlama şekli geri besleme prensibini açıklamak için güzel bir örnektir. Ortam sıcaklığı istenen sıcaklıktan yüksek ise soğutucu devreye girerek ortam sıcaklığını düşürür. Ortam sıcaklığı istenen sıcaklıktan düşükse ısıtıcı devreye girerek ortam sıcaklığını yükseltir. Isıtma işlemini ortama yapılan pozitif geri besleme, soğutma işlemini de negatif geri besleme olarak düşünebiliriz. Sıcaklık düştüğünde ortam sıcaklığını artırıcı yönde ortama ısı verilir. Sıcaklık yükseldiğinde ise ortam sıcaklığını azaltıcı yönde bir ısı verilir.

1.1. Pozitif Geri Besleme

Pozitif geri besleme daha çok osilatör devrelerinde karşılaşılan bir geri besleme türü olup çıkış sinyalinin girişe aynı fazda uygulanmasıyla gerçekleştirilir. Pozitif geri beslemede çıkıştan alınan sinyal giriş ile aynı fazda, giriş sinyalini arttırıcı yönde ve katkıda bulunmak amacıyla tekrar girişe uygulanır. Pozitif geri besleme de kazancın 1 veya daha fazla olması yükseltecin salınıma başlamasına ve bir osilatör olarak çalışmasına neden olur.

Osilatör çalışmasına örnek olarak, seslendirme düzeneklerinden çıkan ıslık sesini verebiliriz. Mikrofon ve hoparlörün karşı karşıya gelmesi durumunda, mikrofona ulaşan çok küçük ses sinyalleri yükselteçte yükseltilerek hoparlörden çıkmakta, bu yükseltilmiş ses sinyali tekrar mikrofona ulaşır yükselteçte yeniden yükseltilmektedir. Pozitif geri besleme ve kazancın 1'den büyük olması nedeniyle giderek yükselen bir ıslık sesi duyulmaktadır. Bu yükselteç devresi mikrofon ve hoparlörün karşı karşıya gelmesiyle meydana gelen pozitif geri besleme nedeniyle osilatör olarak çalışmaktadır.

1.2. Negatif Geri Besleme

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 derece 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;

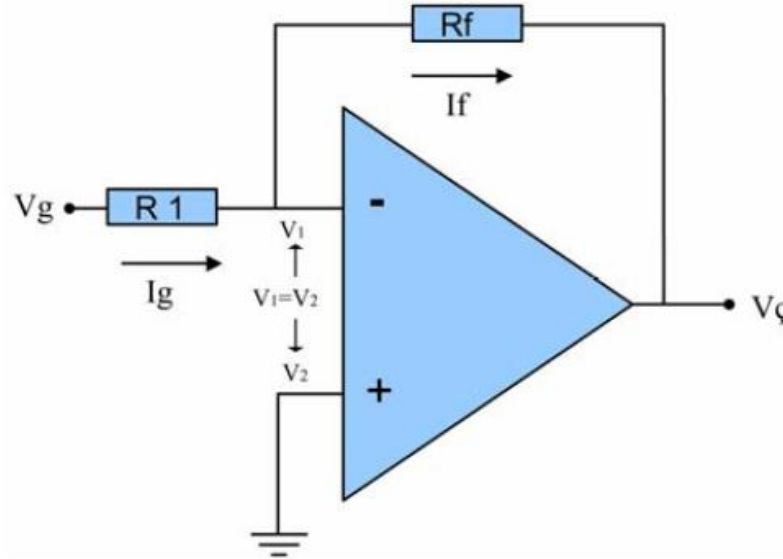
- Daha kararlı bir gerilim kazancı,
- Daha iyi bir frekans tepkisi,
- Daha fazla doğrusal çalışma,
- Daha yüksek giriş direnci,
- Daha düşük çıkış direnci,
- Daha az gürültü, elde etmek amacıyla kullanılır.

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

2. İşlemsel Yükseltecin Eviren Yükselteç Olarak Kullanılması

Bu yükselteç türüne eviren denmesinin nedeni, girişine uygulanan herhangi bir sinyali 180 faz çevirerek çıkışına yükseltilmiş olarak aktarmasıdır. Sonraki konularda açıklanacağı gibi bu devre aynı zamanda bir çarpma veya bölme devresi olarak da kullanılabilir.

Şekil 2.6'daki devrede giriş sinyali işlemsel yükseltecin (-) ucu olan eviren girişine uygulandığı için devreye “eviren yükselteç” adı verilmiştir. Bu devrede R_1 direnci giriş, R_f direnci ise geri besleme direncidir. İşlemsel yükseltece harici dirençler bağlandığı için, bu yükselteç açık çevrim kazancından bağımsız bir kapalı çevrim kazancına sahiptir. Kapalı çevrim kazancı harici olarak bağlanan dirençlerin değerine bağlıdır.



Şekil 2.6: Eviren yükselteç

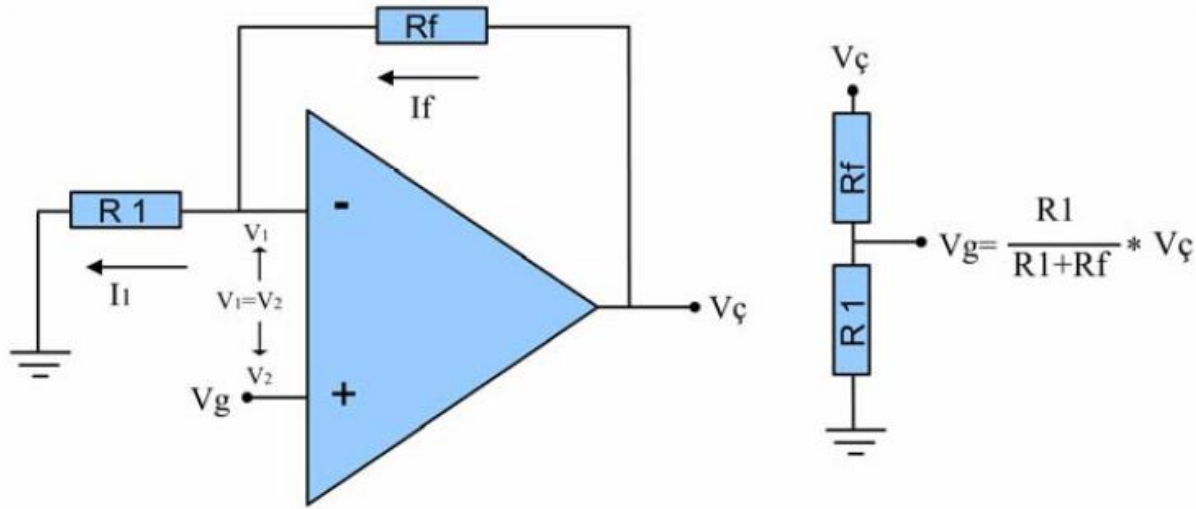
İşlemsel yükseltecin en önemli özelliklerinden biri de (+) ve (-) giriş uçları arasındaki potansiyel farkın 0 V olmasıdır. Diğer bir ifadeyle eviren giriş ile evirmeyen giriş uçlarındaki (uçların işlemsel yükseltece bağladığı nokta) gerilim $V_1=V_2$ birbirine eşittir. Çünkü işlemsel yükselteçlerin giriş empedansları çok yüksek olduğundan (+) ve (-) giriş uçlarından akan akım pratikte nanoamper seviyesindedir ve 0 kabul edilebilir. İdeal bir işlemsel yükselteçte (+) ve (-) giriş uçlarından akım akmadığı kabul edilirse (+) ve (-) giriş uçlarındaki voltaj farkı da sıfır olacaktır. Bundan dolayı işlemsel yükselteçlerde devreye uygulanan akımın, elemana girmediği kabul edilir. Şekil 2.6'da akım yönleri bu kurala göre çizilmiştir.

İşlemsel yükseltecin evirmeyen (+) girişinin toprağa bağlı olduğuna dikkat edin. İşlemsel yükseltecin özelliğinden dolayı $V_1=V_2$ olduğundan, V_1 noktasındaki potansiyel 0 Volt 'tur ($V_1 = 0$).

Eviren yükselteçte kazanç;

$$K = - \frac{R_f}{R_1}$$

3. İşlemsel Yükseltecin Evirmeyen Yükselteç Olarak Kullanılması



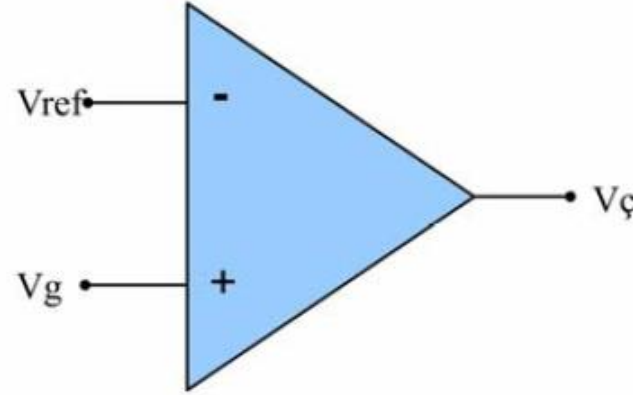
Şekil 2.8: Evirmeyen yükselteç

Şekil 2.8’de görüldüğü gibi giriş sinyali, işlemsel yükseltecin evirmeyen (+) girişine uygulanmıştır. Dolayısıyla çıkış sinyali ile giriş sinyali arasında faz farkı bulunmaz. İdeal bir işlemsel yükseltecin giriş direnci sonsuzdur, evirmeyen (+) ve eviren (-) giriş uçlarından akan akım 0 olduğundan, (+) ve (-) giriş uçları arasındaki potansiyel farkı 0 voltur.

Evirmeyen yükselteçte kazanç;

$$K=1+\frac{R_f}{R_1}$$

4. İşlemsel Yükseltecin Karşılaştırıcı Olarak Kullanılması



Şekil 2.8: İşlemsel yükselteç ile yapılan karşılaştırıcı devresi

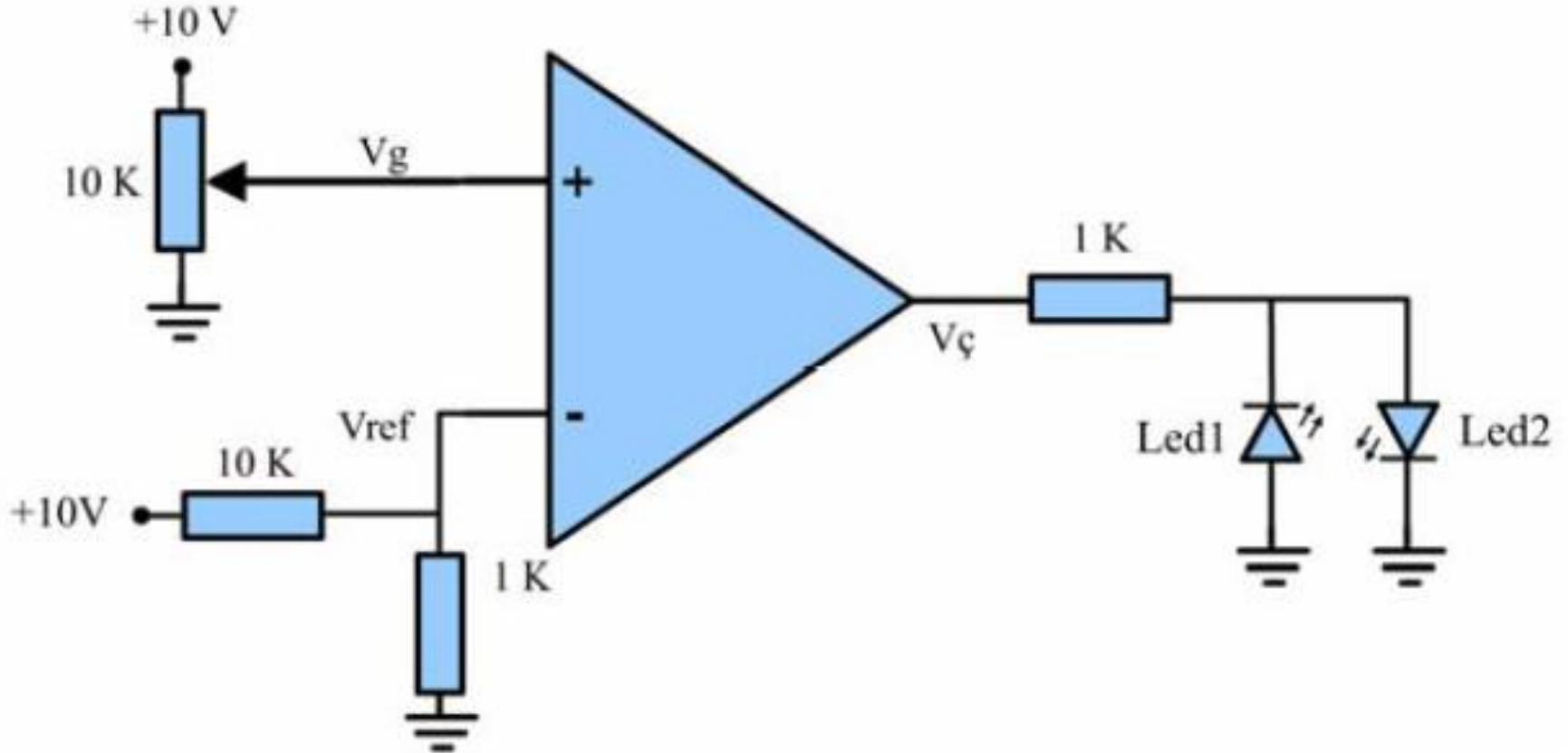
Karşılaştırıcı, bir referans gerilimi ile bir giriş gerilimini karşılaştıran devredir. Çıkış gerilimi giriş sinyalinin referans sinyalinin altında ya da üstünde olması durumuna bağlı olarak yaklaşık pozitif ve negatif kaynak gerilimi arasında değişir. Çıkış gerilimini istenilen bir değerde sınırlamak için çıkışa bir seri direnç ve zener diyot bağlanarak regülasyon yapılabilir.

Karşılaştırıcı devrenin çalışmasını anlayabilmek için fark yükselteci ile ilgili anlatılanları göz önünde bulundurmakta yarar vardır. Karşılaştırıcı uygulamasında işlemsel yükselteç çoğunlukla açık çevrim durumunda çalıştırılır. Hatırlanacağı gibi işlemsel yükselteç geri beslemesiz olarak çalıştırıldığında kazancı 200.000 gibi yüksek değerlere ulaşmaktadır.

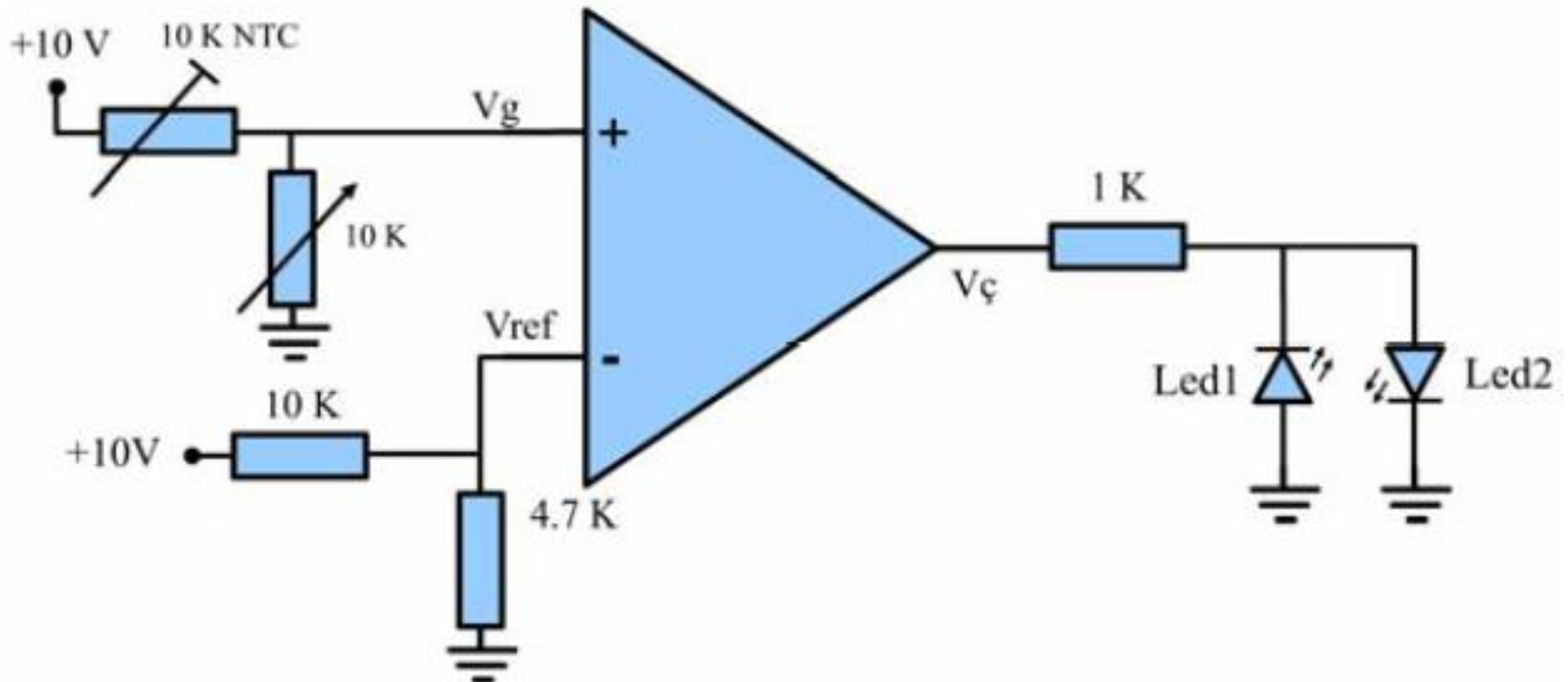
Devrede V_{ref} referans sinyali eviren girişe, V_g giriş sinyali evirmeyen girişe uygulanmıştır. $V_g > V_{ref}$ olursa, çıkıştan yaklaşık $+V$ değeri alınır. $V_g < V_{ref}$ olursa, çıkıştan yaklaşık $-V$ değeri alınır. Devre bu haliyle, evirmeyen karşılaştırmacı olarak çalışmaktadır. Eğer V_{ref} referans işareti evirmeyen giriş ucuna, V_g işareti de eviren giriş ucuna uygulanırsa işlemsel yükselteç, eviren karşılaştırmacı olarak çalışır.

Örneğin, akşamları kendiliğinden yanan sokak lambaları giriş devresine bağlı ışık algılayıcı elemanın algıladığı ışık seviyesinin belli bir referans değerinin altına düşmesi durumunda karşılaştırmacı devre çıkışının konum değiştirmesi prensibine göre çalışmaktadır. Bu tür devreleri işlemsel yükselteçler ile kolayca tasarlayabiliriz, herhangi bir fiziksel büyüklüğün durumuna göre bir yük devresini kontrol edebiliriz.

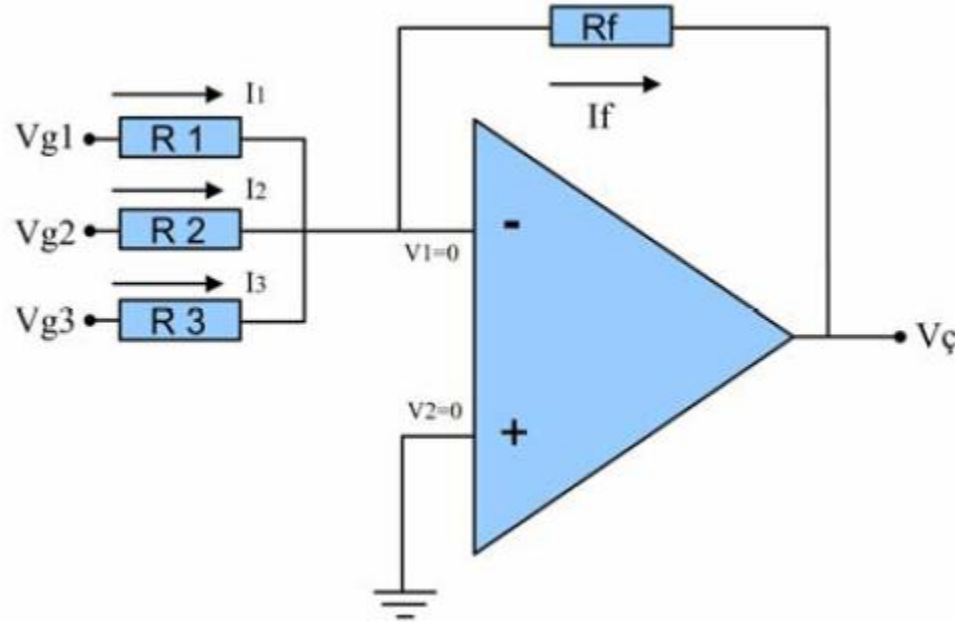
Karşılaştırıcının Kontrol Devresi Olarak Kullanılması



Karşılaştırıcının Isı-Işık Kontrol Devresi Olarak Kullanılması (Uygulama)



5. İşlemsel Yükseltecin Toplayıcı Olarak Kullanılması



Şekil 2.10: İşlemsel yükseltecin toplayıcı olarak çalışması

Şekil 2.10'da görüldüğü gibi devre, eviren yükselteç gibi çalışmaktadır. R_f geri besleme direncinden geçen akıma I_f , R_1 direncinden geçen akıma I_1 , R_2 direncinden geçen akıma I_2 , R_3 direncinden geçen akıma I_3 dersek, işlemsel yükseltecin giriş direncinin çok yüksek olması nedeniyle girişten akım akmayacağından, kirchoff akımlar kanununa göre;

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_f \quad \text{olur.}$$

İşlemsel yükseltecin eviren giriş V1 ucundaki gerilimin, evirmeyen giriş V2 ucundaki gerilime eşit olduğunu hatırlayın. Evirmeyen giriş ucu, toprağa bağlı olduğundan $V_2=0V=V_1$ olmaktadır. Bu durumda:

ohm kanununa göre I_1 yerine $I_1 = \frac{V_{g1}}{R_1}$ yazabiliriz,

$$\frac{V_{g1}}{R_1} + \frac{V_{g2}}{R_2} + \frac{V_{g3}}{R_3} = -\frac{V_{\phi}}{R_f} \text{ olur.}$$

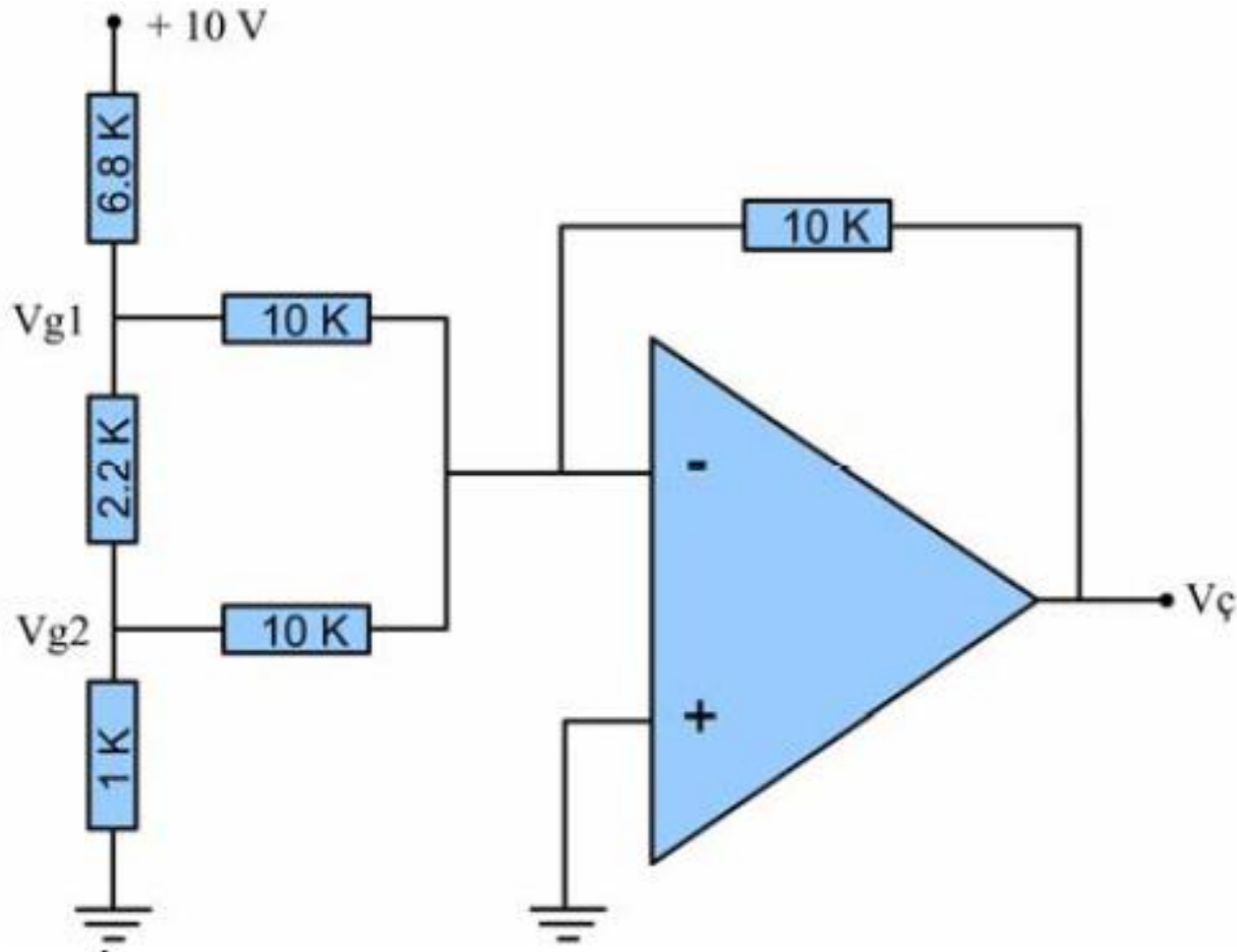
Formül : $V_{\phi} = -\left(\frac{R_f}{R_1} * V_{g1} + \frac{R_f}{R_2} * V_{g2} + \frac{R_f}{R_3} * V_{g3}\right)$ olarak düzenlenebilir.

Eğer dirençler birbirine eşit olarak seçilirse $R_1=R_2=R_3=R_f$

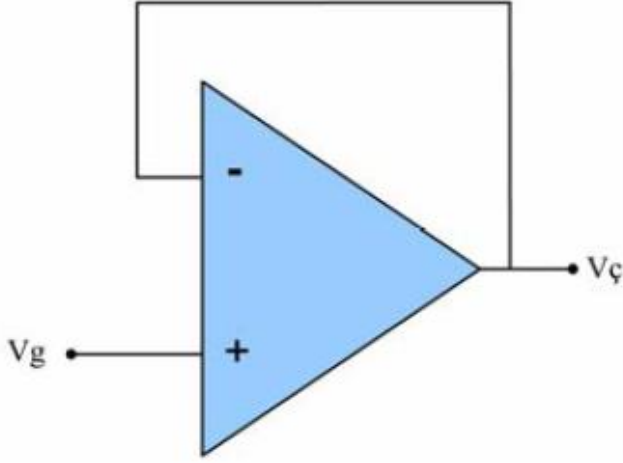
$V_{\phi} = -(V_{g1}+V_{g2}+V_{g3})$ olarak elde edilir.

“-“ işareti devrenin eviren yükselteç olarak çalışmasından kaynaklanmaktadır.

İşlemsel Yükselteç ile Yapılan Toplayıcı Devresi Uygulaması



6. İşlemsel Yükseltecin Gerilim İzleyici Olarak Kullanılması



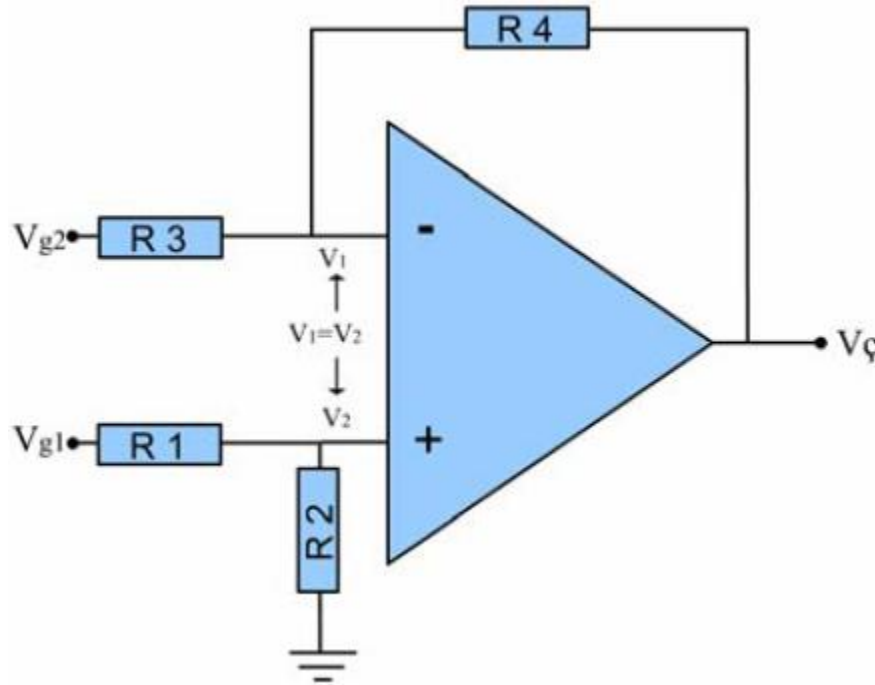
Şekil 2.12: Gerilim izleyici

Gerilim izleyici devre, gerilim kazancının 1 ve giriş, çıkış işaretlerinin aynı fazda olduğu bir yükselteçtir. Şekil 2.12’de görüldüğü gibi herhangi bir ilave devre elemanına gerek olmadan bir gerilim izleyici devre kurulabilir. Bu devre türü daha çok yüksek çıkış direncine sahip bir devre ile düşük giriş direncine sahip devrelerin bağlantısının yapılacağı durumlarda tampon olarak kullanılır. Bilindiği gibi işlemsel yükselteçlerin giriş dirençleri yüksek çıkış dirençleri düşüktür.

Katlar arasında maksimum güç transferinin gerçekleştirilebilmesi için bir katın çıkış direnci ile diğer katın giriş direncinin eşit olması gerekir. Gerilim izleyici iki devre arasındaki direnç uyumsuzluğunu ortadan kaldırmak üzere tampon olarak kullanılır.

Gerilim izleyici aynı zamanda bir sinyalin özelliklerini bozmadan birden fazla çıkış terminaline dağıtılması içinde kullanılabilir. Bir gerilim izleyicinin çıkışına istenilen çıkış sinyali kadar gerilim izleyici paralel olarak bağlanabilir. Bu durumda birbirinin aynı ancak birbirinden yalıtılmış sinyaller elde edilebilir.

7. İşlemsel Yükseltecin Fark Yükselteci (Çıkarıcı) Olarak Kullanılması



Şekil 2.14: Fark yükselteci

Şekil 2.14'te prensip şeması görülen çıkarma devresi olarak da isimlendirebileceğimiz fark devresi, (+) ve (-) girişlerine uygulanan sinyallerin farkını alır, çıkarma işlemini yapar. Devre analizinde, girişlerden birisi yok sayılıp, diğeri var sayılarak "süperpozisyon teoremi" uygulanacaktır.

Hep üzerinde durduğumuz gibi işlemsel yükseltecin eviren ve evirmeyen giriş uçlarındaki V1 ve V2 gerilimleri birbirine eşittir. V1 ve V2 noktalarındaki gerilimleri bulmak için V1 noktasına göre bakıp V2 yi yok sayarak, süperpozisyon teoremini uygulayacak olursak:

$$V_1 = \frac{R_4}{R_4 + R_3} * V_{g1} + \frac{R_3}{R_3 + R_4} * V_{\phi}$$

V_1 noktasındaki gerilim olur.

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * V_{g1}$$

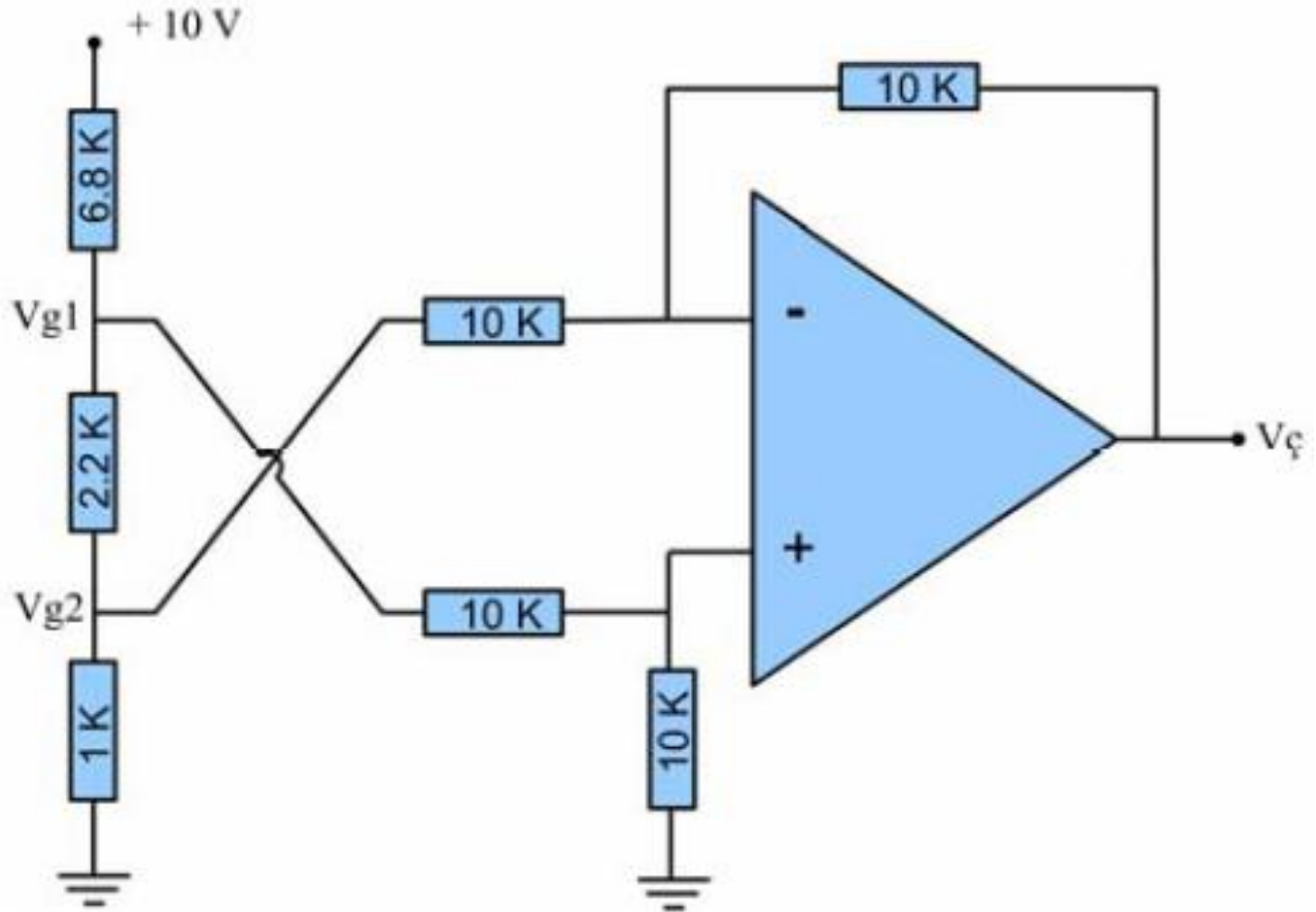
V_2 noktasındaki gerilim ise olarak elde edilir.

Çıkış gerilim denklemi ise;

$$V_{\phi} = \left[\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) * \left(\frac{R_3}{R_3 + R_4} \right) * V_{g1} \right] - \left[\frac{R_4}{\cancel{R_3 + R_4}} * \frac{\cancel{R_3 + R_4}}{R_3} * V_{g2} \right]$$

Eğer bütün dirençler eşitlenirse çıkış gerilimi denklemi $V_{\phi} = V_{g1} - V_{g2}$ olur.

İşlemsel Yükselteç ile Fark Yükselteci Uygulaması



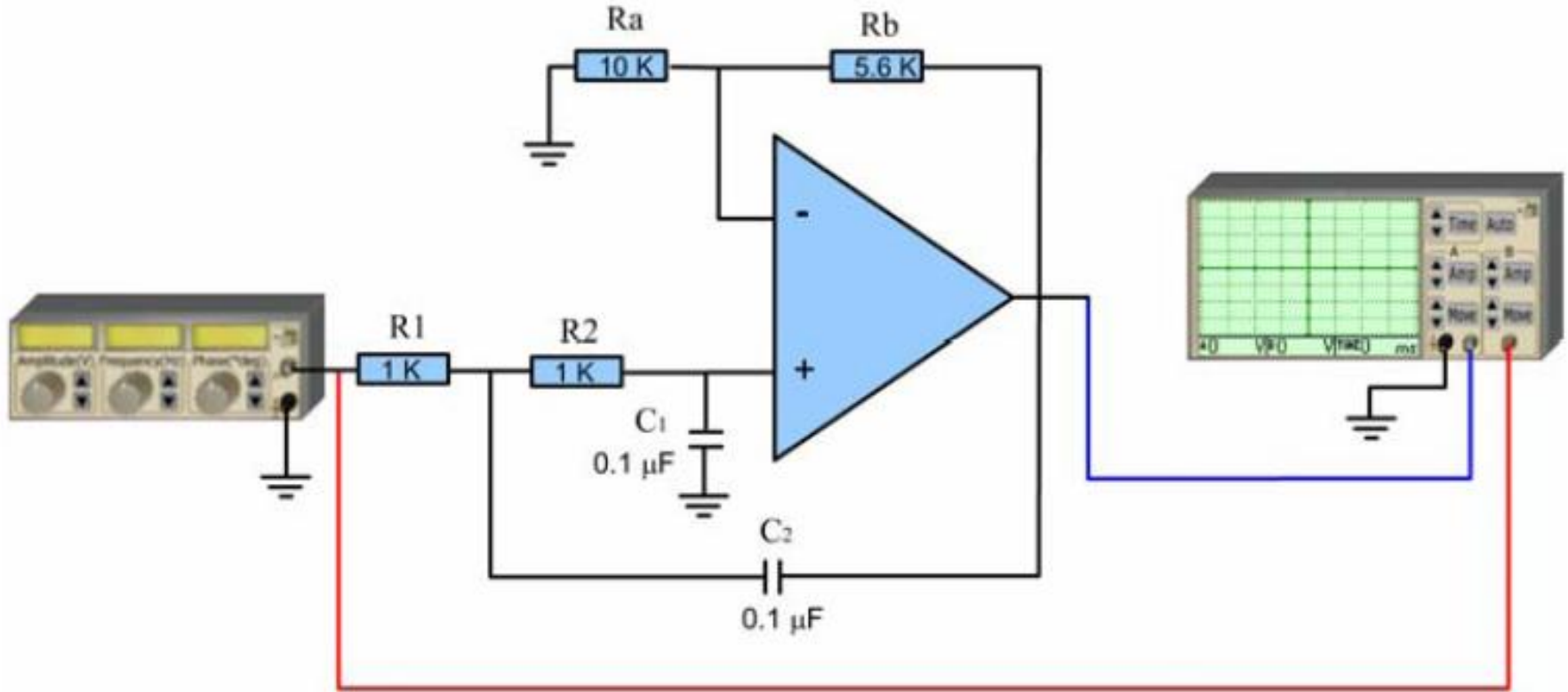
8. İşlemsel Yükseltecin Aktif Filtre Olarak Kullanılması

Basit bir direnç R ve kondansatör C [ve bobin L] kullanarak bir filtre yapılabilir. Devresinde direnç, kondansatör gibi pasif devre elemanları kullanılan ve çalıştırılması için enerji gerektirmeyen filtrelere pasif filtre denir. Devresinde transistör, tümdevre gibi aktif devre elemanları kullanılan ve çalıştırılması için enerji gereken filtrelere de aktif filtreler denir. Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere işlemsel yükselteçler ile yapılan filtre devreleri aktif filtrelerdir.

Eğer bir filtre belli bir kesim (cut-off) frekansının altındaki frekansları geçiriyor, üstündekileri zayıflatıyorsa bu filtre türüne, alçak geçiren(low pass) filtre denir. Yüksek geçiren (high pass) filtreler ise belli bir kesim frekansının üstündeki frekansların geçmesine izin verirken bu frekansın altında kalan frekansları zayıflatır. Belli bir frekans aralığındaki sinyalleri geçiren filtrelere bant geçiren (bant pass), belli bir frekans aralığındaki sinyalleri engelleyen filtrelere ise bant tıkayan filtre denir. Bant tıkayan filtrelerin çalışma frekansları çok dar hatta tek bir frekans için ayarlanabilir. Bant tıkayan filtreler genellikle şebeke geriliminden kaynaklanan parazitlerin giderilmesi amacıyla kullanılır.

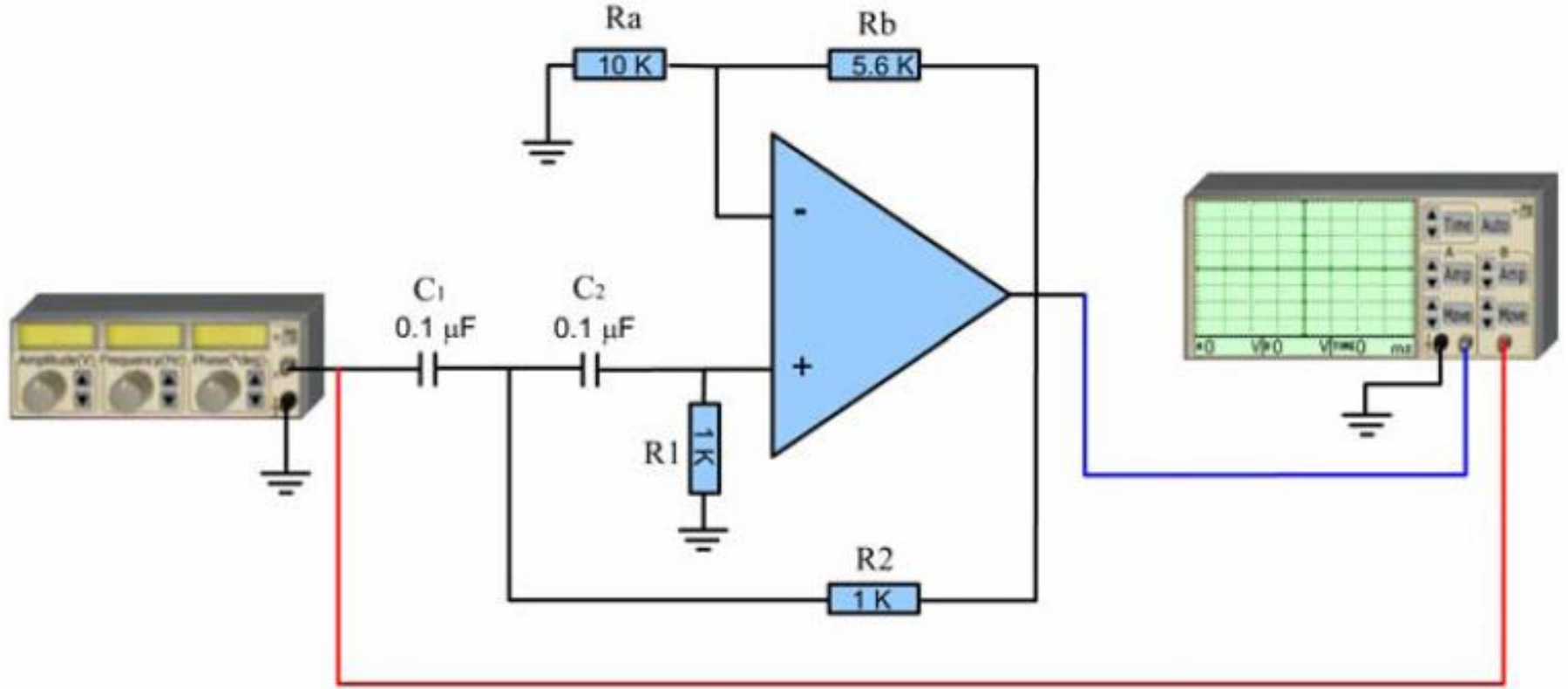
Aktif filtrelerin pasif filtrelere göre bazı önemli üstünlükleri vardır. Aktif filtrelerde filtrenin geçirgen olduğu bölgede herhangi bir sinyal zayıflaması olmaz. Yapısında bobin kullanılmadığından ucuz ve kolayca oluşturulabilir. Giriş empedansları yüksek olduğundan giriş ve çıkışlarına bağlanan devreleri etkilemez.

8.1. İşlemsel Yükselteç ile Alçak Geçiren Filtre Uygulaması



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

8.2. İşlemsel Yükselteç ile Yüksek Geçiren Filtre Uygulaması



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

8.3. İşlemsel Yükselteç ile Band Durduran (Notch) Filtre Uygulaması

