

BÖLÜM 1. GENEL BİLGİLER

1- Laboratuarda Kullanılan Ölçü Aletleri

- ❖ Analog Ölçü Aleti
- ❖ Dijital Ölçü Aleti
- ❖ Osilaskop

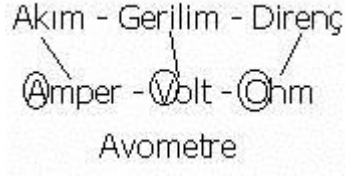
2- Ölçme İşlemi

- ❖ Analog AVO Metre ile Ölçme
- ❖ Osilaskop ile Ölçme

BÖLÜM 1. LABORATUVARDA KULLANILAN ÖLÇÜ ALETLERİ VE ÖLÇME İŞLEMİ

1.1 Ölçme ve Ölçü Aleti

Bir büyüklüğün kendi cinsinden bir birimle karşılaştırılması işlemine ölçme denir. Akım, gerilim, direnç büyüklüklerini ölçebilen cihazlara AVO Metre denir. AVO kısaltmasının çıkış noktası aşağıda ifade edildiği gibidir.



1.2 Laboratuvarda Kullanılan Ölçü Aletleri

- I. Analog AVO Metre
- II. Dijital AVO Metre
- III. Osilaskop

1.2.1 Analog Ölçü Aletleri

Analog ölçü aletleri ibreli ve kadranlı aletlerdir. Kadran ölçülecek değere göre taksimatlandırılmıştır. Analog ölçü aletlerinin genel özelliği sürekli değişim gösteren büyüklüklerin ölçümünde sağladığı kolaylıktır.

1.2.1.1 Analog Ölçü Aletlerinin Avantajları

- Ölçtükları büyüklük ile bağlantıya geçtikleri anda ibreleri sapar. Yani hızlı çalışırlar.
- Daha basit yapılı olmaları sebebiyle ucuzdurlar.
- Bakım ve onarımları kolaydır.

1.2.1.2 Analog Ölçü Aletlerinin Dezavantajları

- Kadran alanı sınırlı olduğu için gerektiği gibi taksimatlandırılma zorluğu vardır. İbrenin gösterdiği değer %1-3 arasında farklı olabilir.

- Ölçülen değerin okunmasındaki hassasiyet kişiden kişiye değişebilmektedir.
- Okuma hızı da kişiden kişiye değişir.
- Elektromanyetik alandan etkilenirler.
- Mekanik arıza yapma olasılıkları fazladır.

1.2.2 Dijital Ölçü Aletleri

Sayısal ölçü aletleridir. Yani ölçülmek istenen büyüklüğü ekranda rakamlarla gösterirler.

1.2.2.1 Dijital Ölçü Aletlerinin Avantajları

- Ölçülen değeri ekranda gösterdiği için insandan kaynaklanan okuma hatalarını ortadan kaldırır.
- Yapısından kaynaklanan hata, %0,01 civarındadır.
- Enerji sarfiyatları çok azdır.
- Elektromanyetik alandan etkilenmeleri çok azdır.
- Mekanik arıza yapmazlar.

1.2.2.2 Dijital Ölçü Aletlerinin Dezavantajları

- Gösterge olarak LCD veya LED kullanıldığı için uzaktan okunması zordur.
- Üretimi, onarımı, bakımı zordur. Dolayısıyla daha pahalıdır.

1.2.3 Osilaskop

Osilaskop, katot ışınlı tüpte (CRT) üretilen elektron demetinin tarama gerilimi ile yatay olarak ve ölçülmek istenen gerilim ile düşey olarak saptırılması prensibine göre çalışan ölçü aletidir. Başka bir ifade ile osilaskop, gözle göremediğimiz elektrik sinyalleri ölçmeye ve görüntülemeye yarayan ölçü aletidir.

1.2.3.1 Osilaskop ile Yapılan Ölçümler

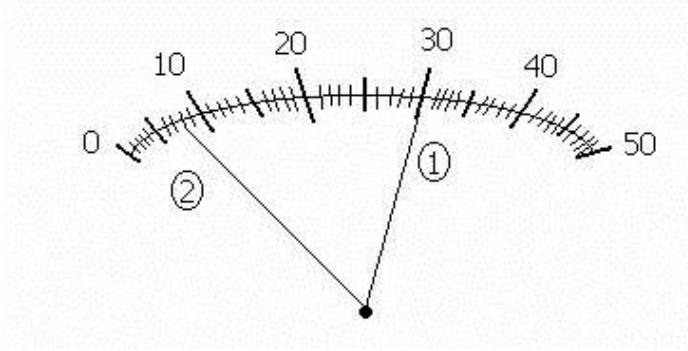
AC sinyalin genlik (gerilim) ve frekansı ölçülebilir.

1. DC sinyalin gerilimi ölçülebilir.

2. Osilaskop girişine uygulanan sinyalin ani değerleri gözlenebilir.
3. Çok kanallı osilaskoplarda, birden fazla sinyalin karşılaştırılması yapılabilir ve faz farkları ölçülebilir.
4. Dolaylı olarak akım ölçümü yapılabilir.

1.3 Analog AVO Metre ile Ölçme

Analog AVO Metre ile ölçüm yaparken ölçülen değere göre ibre sapar. İbrenin kadran üzerinde gösterdiği değer ve ölçü aletinin kademesine bağlı olarak gerçek ölçülmek istenen değer bulunur.



Ölçülen Değer = Kademe/Skalanın Max Değeri × İbrenin Gösterdiği Değer

(1) Kademe = 500V

$$\text{Ölçülen Değer} = \frac{500}{50} \times 30 = 300V$$

(2) Kademe = 500mA

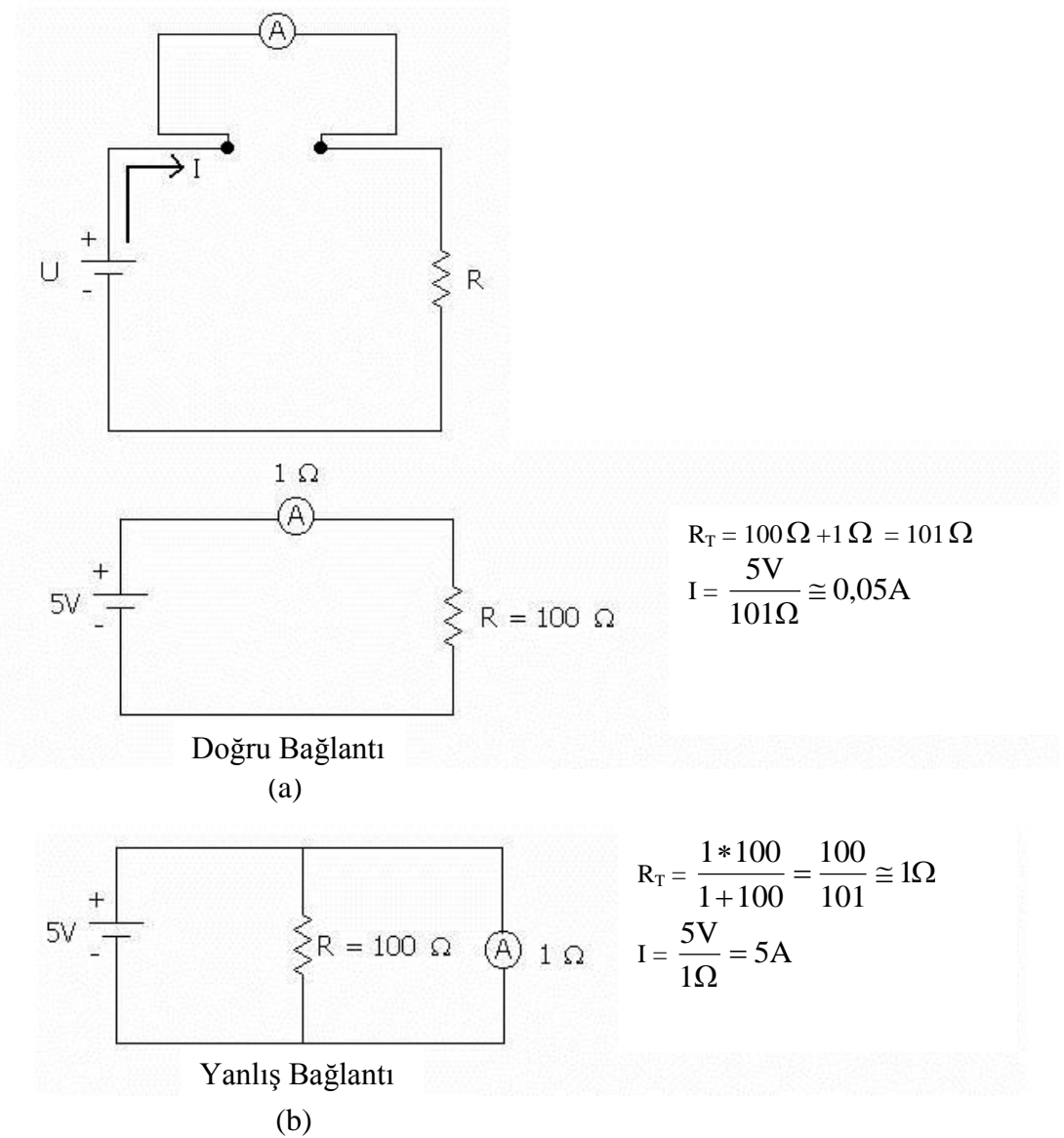
$$\text{Ölçülen Değer} = \frac{500}{50} \times 8 = 80mA$$

1.3.1 Ampermetrenin Devreye Bağlanması ve Akım Ölçme

Ampermetrenin iç direnci çok küçüktür ve devreye daima **seri** bağlanır.

Bağlanış Şekli

Ölçülmek istenen akımın yolu üzerinde devre iki noktada açılır ve açılan kısma ampermetre bağlanır. Kaynağın artı ucu ampermetrenin artı ucuna, kaynağın eksi ucu, ampermetrenin eksi ucuna gelecek şekilde bağlantı yapılmalıdır.



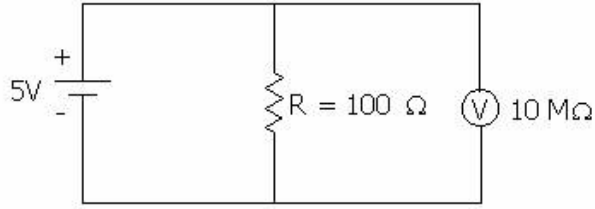
Şekil 1.1. Ampermetrenin devreye bağlanması. a) Doğru Bağlantı b) Yanlış Bağlantı

1.3.2 Voltmetrenin Devreye Bağlanması ve Gerilim Ölçme

Voltmetrenin iç direnci çok büyüktür ve devreye daima **paralel** bağlanır.

Bağlanış Şekli

Voltmetrenin iki ucu gerilimi ölçülmek istenen elemanın iki bacağına değdirilir. Kaynağın artışı voltmetrenin artısına, kaynağın eksisi voltmetrenin eksisine gelecek şekilde bağlantı yapılmalıdır.

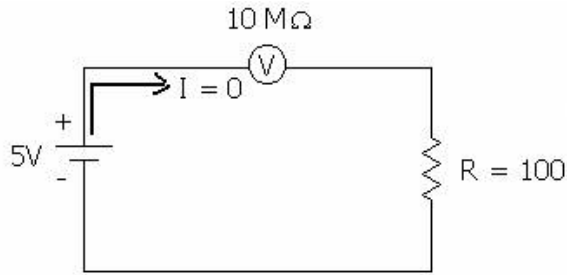


$$R_T = 100 \Omega$$

$$I = \frac{5V}{100\Omega} = 0,05A$$

Doğru Bağlantı

(a)



$$R_T = 100 \Omega + 10M\Omega = 10000100 \Omega$$

$$I = \frac{5V}{10000100\Omega} = 0.5 \mu A$$

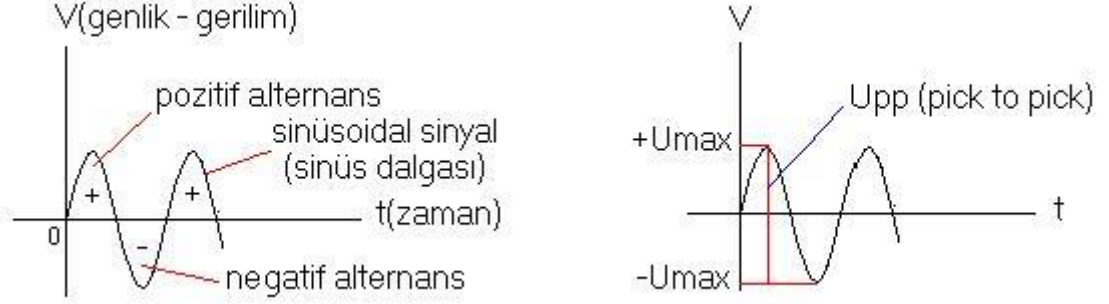
Yanlış Bağlantı

(b)

Şekil 1.2. Voltmetrenin devreye bağlanması. a) Doğru Bağlantı b) Yanlış Bağlantı

1.4 Osilaskop ile Ölçme

1.4.1 Osilaskop ile AC Sinyal Ölçme



Şekil 1.3. Sinüsoidal sinyal

Periyodik olarak genliği ve yönü düzenli olarak değişen sinyale **AC sinyal** denir.

1 saniyedeki periyot sayısına **frekans** denir. Frekansın birimi Hertz'dir ve F ile gösterilir.

Pozitif ve negatif alternansların değişimi için geçen süreye bir **periyot** denir. Periyodun birimi sn'dir ve T ile gösterilir.

Periyot ile frekans arasında şu şekilde bir bağıntı vardır:

$$F = \frac{1}{T}$$

Bu bağıntıda frekans Hz, periyot ise sn olarak alınmalıdır. Verilen değerlere göre gerekli dönüşümler yapılmalıdır.

Gerekli Dönüşümler

1 GigaHertz = 1GHz = 10^9 Hz

Hz – s

1 MegaHertz = 1MHz = 10^6 Hz

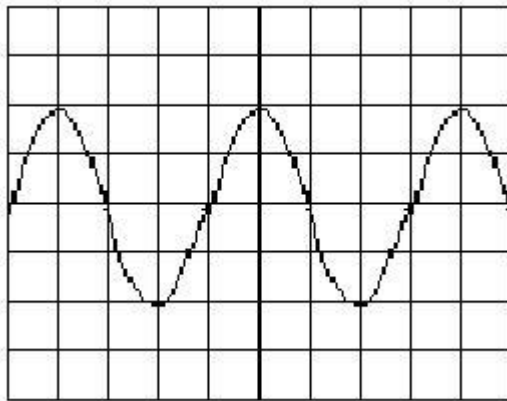
KHz – ms

1 KiloHertz = 1KHz = 10^3 Hz

MHz – μ s

GHz – ns

Örnek 1.1



Time/div = 1ms

Volt/div = 5V

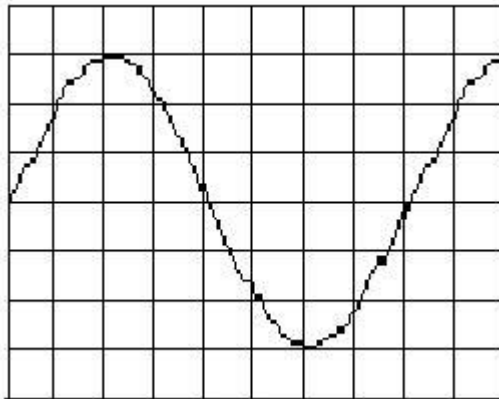
$$U_{\max} = 2 \times 5V = 10V$$

$$U_{pp} = 2 \times 10V = 20V$$

$$T = 4 \times 1ms = 4ms$$

$$F = 1 / T = 1 / 4 = 0,25 \text{ KHz} = 250\text{Hz}$$

Örnek 1.2



Time/div = 0,5ms

Volt/div = 2V

$$U_{\max} = 3 \times 2V = 6V$$

$$U_{pp} = 2 \times 6 = 12V$$

$$T = 8 \times 0,5 = 4ms$$

$$F = 1 / T = 1 / 4 = 0,25 \text{ KHz} = 250\text{Hz}$$

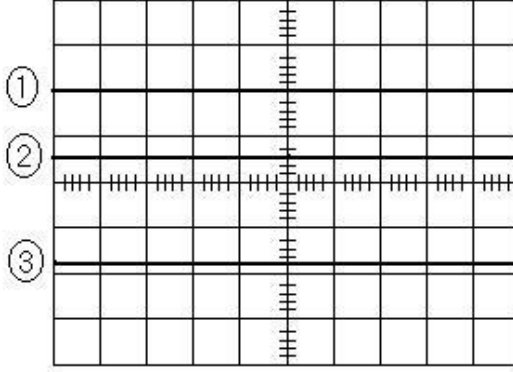
1.4.2. Osilaskop ile DC Sinyal Ölçme

Osilaskop ile bir DC sinyalin genliğini ölçmek de mümkündür. Bu ölçme işleminden önce osilaskop üzerinde bulunan AC GND DC anahtarı DC konumuna alınır. Ekranda görülen sinyalin genliği ise;

$$\text{DC gerilim} = \text{Kare Sayısı} \times \text{Volt/Div}$$

formülünden hesaplanır. Sinyal orjin noktasından yukarıda çıkarsa pozitif, aşağıda çıkarsa negatiftir.

Örnek 1.3



$$U = \text{Kare Sayısı} \times \text{Volt / div}$$

(1) Volt/div = 5V

$$U = 2 \times 5V$$

$$U = 10V$$

(2) Volt/div = 10V

$$U = 0,6 \times 10$$

$$U = 6 V$$

(3) Volt/div = 20V

$$U = 1,8 \times 20V$$

$$U = 36V$$

BÖLÜM 2. DİYOT UYGULAMALARI

1- Doğrultma Deneyleri

- ❖ Yarım Dalga Doğrultma Deneyi
- ❖ İki Diyotlu Tam Dalga Doğrultma Deneyi
- ❖ Dört Diyotlu Tam Dalga Doğrultma Deneyi

2- Seri Limiter (Kırpıcılar) Deneyleri

- ❖ Seri Diyotlu Düz Polarmalı Limiter Deneyi
- ❖ Seri Diyotlu Ters Polarmalı Limiter Deneyi

3- Paralel Limiter (Kırpıcılar) Deneyleri

- ❖ Paralel Diyotlu Düz Polarmalı Limiter Deneyi
- ❖ Paralel Diyotlu Ters Polarmalı Limiter Deneyi

4- Paralel Zener diyodlu limiter Deneyleri

- ❖ Paralel Zener Diyotlu Limiter Devresi
- ❖ İki Zener Diyotlu Limiter Devresi

5- Kenetleyici Deneyleri

- ❖ Pozitif Kenetleyici Deneyi
- ❖ Negatif Kenetleyici Deneyi

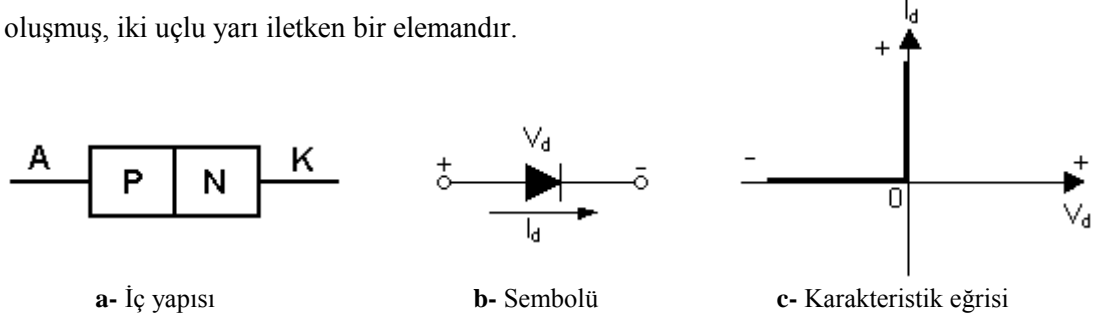
DENEY 1. YARIM DALGA DOĞRULTUCU DEVRELERİ

DENEYİN AMACI

1. Diyot elemanın özelliklerini ve çalışmasını öğrenmek
2. Yarım dalga doğrultucu devresinin çalışmasını öğrenmek

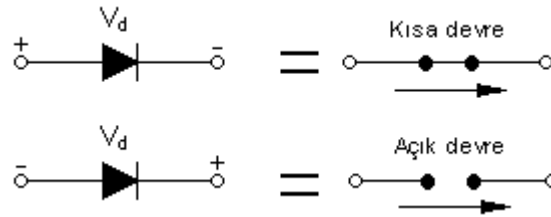
ÖN BİLGİ

Yarı iletken elemanların belki de en basiti olan diyot, elektronik sistemlerde çok önemli rol oynar. En basitinden en karmaşığına çok çeşitli uygulama alanları vardır. Gerçek uygulamalarda kullanılan diyodu tanımadan önce, teorik hesaplamalarda kolaylık sağlayan ideal diyot kavramını incelemek faydalı olacaktır. İdeal diyot, sembolü, iç yapısı ve karakteristik eğrisi Şekil 2.1’de de görüldüğü gibi, P-N katmanlarının birleşiminden oluşmuş, iki uçlu yarı iletken bir elemandır.



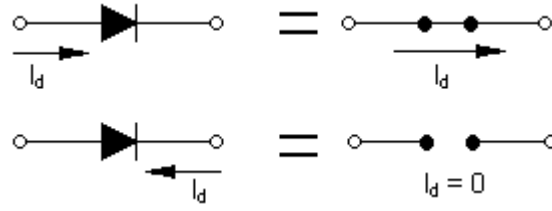
Şekil 2.1. İdeal diyodun iç yapısı, sembolü, karakteristik eğrisi

İdeal diyodun en önemli özelliği, iletim anında üzerinden geçen akımın sıfır olmamasıdır. Yani $I_d \neq 0$ ’dır. Ve iletim olmadığı anda ise üzerinden akım akmayacaktır. Yani $I_d = 0$ olacaktır. Bu durumları sembollerle ifade edecek olursak Şekil 2.2’deki durumlar ortaya çıkacaktır.



Şekil 2.2. Uygulanan ön gerilimlemeye göre, ideal diyodun iletim-kesim durumu

Bir diyodun iletimde olup olmadığı, uygulanan gerilimin oluşturduğu akımın (I_d) yönüne bakarak anlaşılabilir. Eğer gerilimin oluşturduğu akımın yönü, diyodun üzerindeki ok ucu ile aynı yönde ise diyot iletimdedir denebilir(Şekil 2.3). Yarı iletken diyotlar için en çok kullanılan sembol, Şekil 2.1’de verilen semboldür. Anot yüksek veya pozitif potansiyele, katot ise düşük veya negatif uca karşılık gelir.



Şekil 2.3. Uygulanan gerilimin akım yönüne göre, ideal diyodun iletim-kesim durumu

Bir yarı iletken diyodun sağlam olup olmadığı dijital veya analog ölçü aleti yardımıyla kolayca test edilebilir. Bunun için aşağıdaki adımları izlemek yeterlidir.

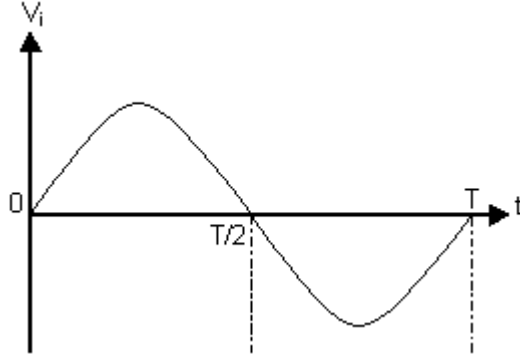
Analog ölçü aletinin siyah probunu diyodun anoduna, kırmızı probunu da katoduna bağlarsak, diyot doğru yönde ön gerilimlenmiş olur ve ölçü aletinin göstergesinde küçük bir direnç okuruz. Eğer bağlantılar bunun tersi şeklinde (siyah prob katoda, kırmızı prob anoda) yapılırsa, diyot ters yönde ön gerilimlenmiş olur ve ölçü aleti yüksek bir direnç değeri gösterir.

Not: Analog ölçü aletlerinde siyah prob, ölçü aletinin pilinin pozitifine, kırmızı prob ise pilin negatifine bağlıdır.

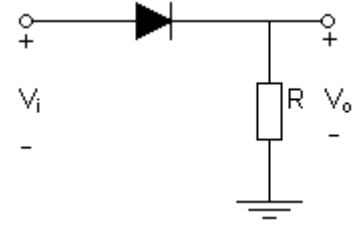
Dijital ölçü aleti kullanılarak test işlemi yapılacaksa öncelikle ölçü aletinin komütatörünü diyot sembolüne getirmeliyiz. Daha sonra ölçü aletinin siyah probunu diyodun katoduna, kırmızı probunu ise diyodun anoduna bağlarız. Bu durumda ölçü aletinin ekranında düşük değerlikli bir direnç okunur. Bu durum diyodun kısa devre durumunda yani iletimde olduğu andır. Eğer problemlerin bağlantılarını değiştirecek olursak, yani siyah proba diyodun anodunu, kırmızı proba ise diyodun katodunu bağlarsak, ölçü aletinin ekranında çok yüksek değerlikli bir direnç okunur (çoğu zaman sola dayalı şekilde sonsuzu ifade eden 1 değeri okunur). Bu durumda diyot kesimdedir.

Sağlamlık testinin sonucuna göre eğer her iki bağlantı durumunda da ölçü aleti aynı değerleri gösteriyorsa diyot arızalı olabilir. Bu durum her iki ölçü aleti için de geçerlidir.

Diyot elemanının birçok uygulama alanı olduğundan bahsetmiştik. Temel eleman olarak diyot'un kullanıldığı bu uygulama alanlarından biriside **doğrultucu devreleridir**. Bu tip devreler zamanla değişen sinyal girişli (sinüsoidal) devrelerdir. Bu devrelerin en basiti şekil 2.4'te de görülen yarım dalga doğrultma devresidir. Şekilde görülen giriş sinyalinin (V_i) ortalama değeri (eksenin altında ve üstünde kalan alanların cebirsel toplamı) sıfırdır. Yarım dalga doğrultma devresi, AC'den DC'ye dönüştürme yapar ve çıkış sinyali (V_o) bir ortalama değere sahip olur.



a- Giriş sinyali



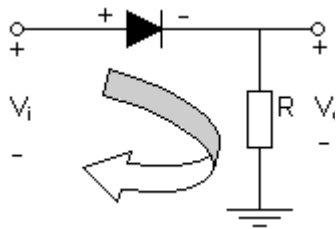
b- Yarım dalga doğrultucu devre

Şekil 2.4. Yarım dalga doğrultucu devresi, giriş sinyali

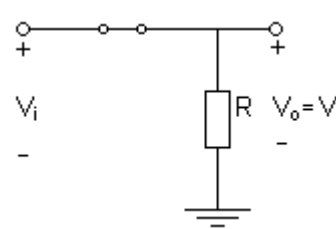
Şekil 2.4.a'da $0 \rightarrow T/2$ aralığında giriş sinyali pozitif alternanstır. Bu durumda diyot iletme geçecek ve çıkış gerilimi giriş geriliminin $0 \rightarrow T/2$ aralığındaki değerine eşit olacaktır (Şekil 2.5).

$T/2 \rightarrow 0$ aralığında ise giriş sinyali negatif alternanstır. Bu durumda diyot kesimdedir ve çıkışta herhangi bir sinyal yoktur (Şekil 2.6). Sonuç olarak çıkış sinyali V_o , tam bir periyot boyunca eksenin üstünde pozitif bir alana ve aşağıda verilen denklemle belirlenen bir ortalama değere sahip olur;

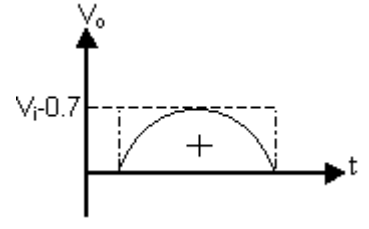
$$\text{Ortalama (dc değeri)} = 0,318V_m$$



a- Yarım dalga doğrultma devresi

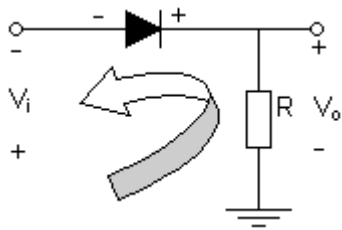


b- Eşdeğer devre

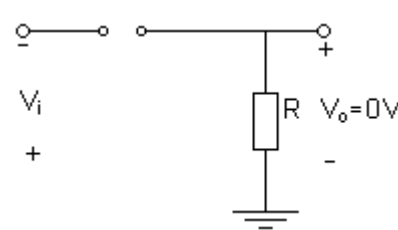


c- Çıkış sinyali

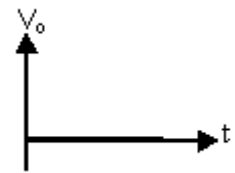
Şekil 2.5. Diyodun iletimde olduğu durum, eşdeğer devre, çıkış sinyali



a- Yarım dalga doğrultma devresi



b- Eşdeğer devre



c- Çıkış sinyali

Şekil 2.6. Diyodun kesimde olduğu durum, eşdeğer devre, çıkış sinyali

Bu devrede şu durum göze çarpmaktadır. Diyot iletme geçmeden önce girişin en az silisyum diyot için 0,7V (germanyum diyot için 0,3V) olması gerekmektedir. Bu sebepten dolayı, iletim durumunda elde edilen çıkış sinyali ile giriş sinyali arasında 0,7V'luk sabit bir fark oluşacaktır ki buda çıkış sinyalinin, eksenin üzerindeki kısmının (genliğinin) küçülmesi demektir. Yani çıkış sinyalinin genliği;

$$V_o = V_i - 0,7 \text{ volt}$$

olacaktır.

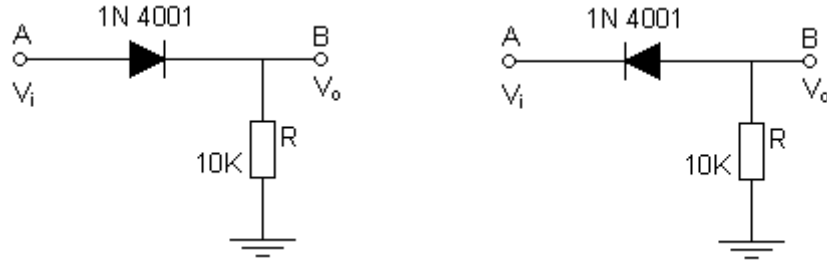
DENEYİN YAPILIŞI:

Deneyde Kullanılacak Elemanlar

- 1 adet 10K direnç
- 1 adet 470 μ F kondansatör
- 1 adet 1N4001 diyot
- 1 adet osiloskop

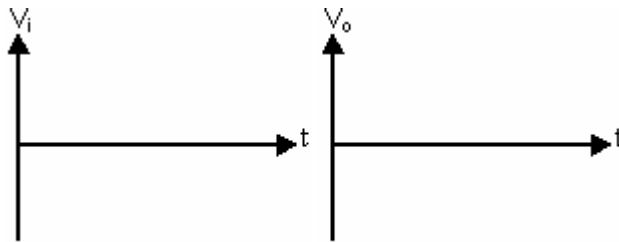
A. YARIM DALGA DOĞRULTMA DEVRESİ

1. Şekil 2.7'deki devreleri sırasıyla kurunuz.



Şekil 2.7. Yarım dalga doğrultma devresi

2. V_i girişine (A noktası), deney setinizdeki AC 6V sinyalini uygulayınız. V_i giriş gerilimini ve V_o çıkış gerilimini (B noktası) osiloskopta gözlemleyiniz. Elde ettiğiniz sonuçlara göre;
a- V_i ve V_o gerilimlerinin tepe değerlerini, osiloskopta ölçüp not alınız.



b- V_i ve V_o gerilimlerini dijital ölçü aleti ile ölçüp not alınız.

c- V_i geriliminin niçin sadece pozitif salınımın çıkışta görüldüğünü açıklayınız.

ÇALIŞMA SORULARI

1- İdeal diyodun ve pratikte kullanılan Si ve Ge diyodun iletme geçme şartlarını yazınız.

2- Diyodun, analog ve dijital ölçü aletleri ile sağlamlık kontrolü nasıl yapılır? Anlatınız.

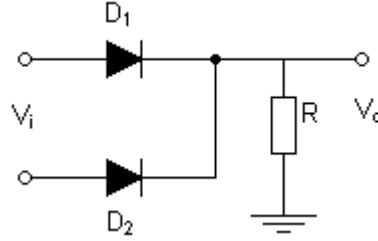
DENEY 2. TAM DALGA DOĞRULTUCU DEVRELERİ

DENEYİN AMACI

1. Tam dalga doğrultucu devresinin çalışmasını öğrenmek

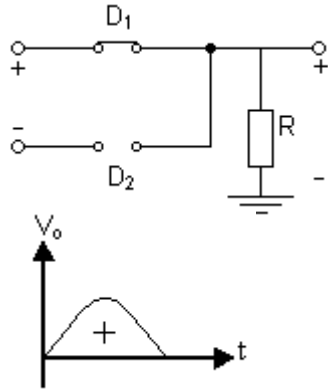
ÖN BİLGİ

Yarım dalga doğrultma devresi, çıkış sinyallerini de incelediğimizde, bazı uygulamalarda yetersiz kalabilir. Çoğu uygulamada, doğrultucuların çıkışlarının ya sürekli pozitif ya da sürekli negatif olması gerekmektedir. Bu uygulamalara en basit örnek olarak şarj makineleri verilebilir. İşte bu ihtiyacı karşılamak için tam dalga doğrultucu devreleri kullanılır. Şekil 2.8'de, iki diyotlu tam dalga doğrultucu devresi verilmiştir. Kısaca devrenin çalışmasını inceleyelim.

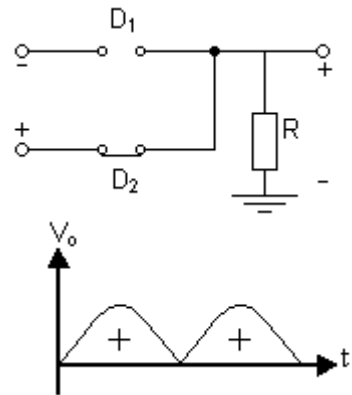


Şekil 2.8. İki diyotlu tam dalga doğrultma devresi

İlk anda, sinüsoidal giriş sinyalinin pozitif alternansında D1 diyodu iletimde, D2 diyodu ise kesimde olur. Bu durumda çıkış sinyali, yarım dalga doğrultma devresindeki aynısıdır (Şekil 2.9). Giriş sinyalinin durum değiştirmesi ile yani negatif alternans devreye uygulandığında, D1 diyodu kesimde D2 diyodu ise iletimde olacaktır. Bu anda devrenin çıkışında, bir önceki durumda elde edilen sinyal tekrar oluşacaktır. Ve bu işlemlerin ardı ardına tekrarlanması ile giriş sinyalinin sadece pozitif kısımları çıkış sinyali olarak elde edilecektir (Şekil 2.10).

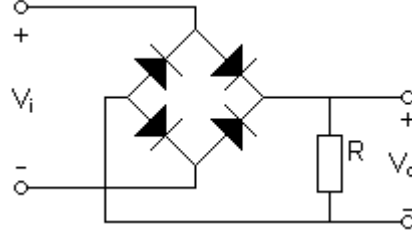


Şekil 2.9. D1 diyodunun iletimde olduğu durum, çıkış sinyali



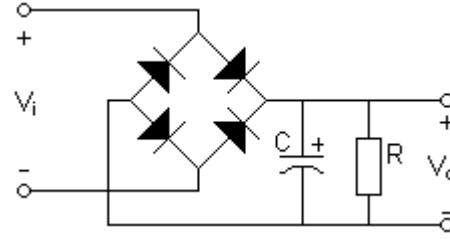
Şekil 2.10. D2 diyodunun iletimde olduğu durum, çıkış sinyali

Birde dört diyotla yapılan tam dalga doğrultucular vardır. Bu tip dört diyot kullanılarak yapılan doğrultma devrelerine, daha çok simetrik besleme gereken yerlerde ihtiyaç duyulur. Şekil 2.11’de dört diyotlu tam dalga doğrultma devresi g6r6lmektedir.



Şekil 2.11. D6rt diyotlu doğrultma devresi

Dikkat edecek olursak doğrultma devrelerinin çıkışında elde edilen sinyallerin genlikleri, 0V gerilim seviyesinden baŐlıyor, y6kseliyor ve sonra tekrar 0V gerilim seviyesine d6Őuyor. Bu olaylar s6rekli devam ederek çıkış sinyali oluyor. Fakat doğrultma devrelerinin çıkışında, belli bir DC seviyede ve deđiŐken olmayan bir sinyal olması istenir. İstenen bu sinyalin elde edilmesi için doğrultma devrelerinin çıkıőına kondansat6r bağlanır (Şekil 2.12). Bu iŐleme ise **filtreleme** denir.



Şekil 2.12. D6rt diyotlu filtreli doğrultma devresi

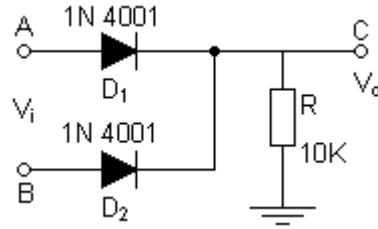
DENEYİN YAPILIŞI:

Deneyde Kullanılacak Elemanlar

- 1 adet 10K direnç
- 1 adet 470 μ F kondansatör
- 4 adet 1N4001 diyot
- 1 adet osiloskop

A. İKİ DİYOTLU TAM DALGA DOĞRULTMA DEVRESİ

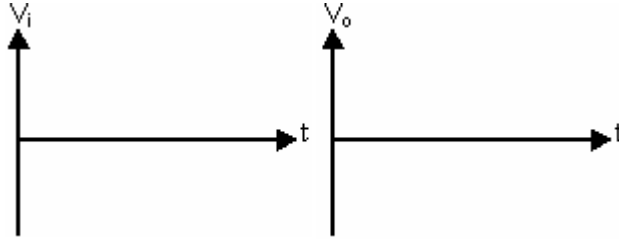
- Şekil 2.13'de ki devreyi kurunuz.



Şekil 2.13. İki diyotlu tam dalga doğrultma devresi

- V_i girişine (A ve B noktası), deney setinizdeki AC 6V sinyalini uygulayınız. V_i giriş gerilimini ve V_o çıkış gerilimini (C noktası) osiloskopta gözlemleyiniz. Elde ettiğiniz sonuçlara göre;

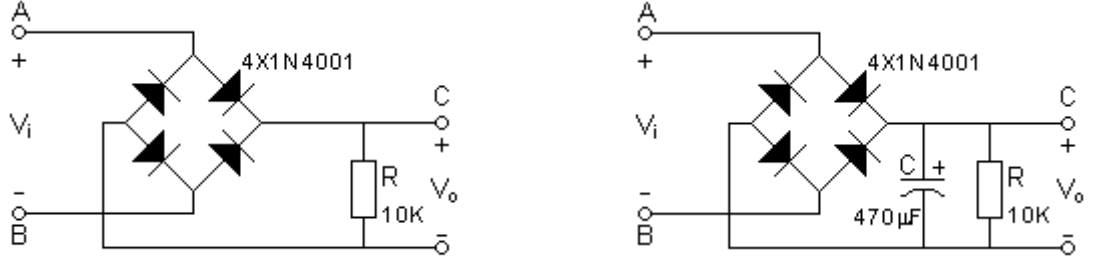
- V_i ve V_o gerilimlerinin tepe değerlerini, osiloskopta ölçüp not alınız.



- V_i ve V_o gerilimlerini dijital ölçü aleti ile ölçüp not alınız.
- Devre, tam dalga doğrultma devresi gibi çalışmakta mıdır? Açıklayınız.

B. DÖRT DİYOTLU TAM DALGA DOĞRULTMA DEVRESİ

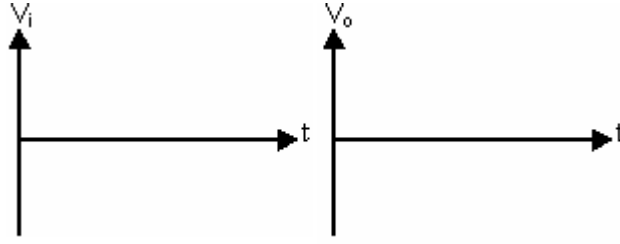
1. Şekil 2.14' deki devreyi kurunuz.



Şekil 2.14. Dört diyotlu filtresiz ve filtreli tam dalga doğrultma devresi

2. V_i girişine (A ve B noktası), deney setinizdeki AC 6V sinyali uygulayınız. V_i giriş gerilimini ve V_o çıkış gerilimini (C noktası) osiloskopta gözlemleyiniz. Elde ettiğiniz sonuçlara göre;

a- V_i ve V_o gerilimlerinin tepe değerlerini, osiloskopta ölçüp not alınız.

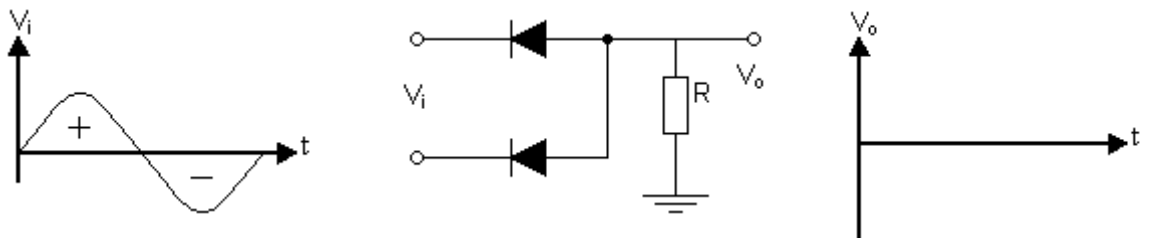


b- V_i ve V_o gerilimlerini dijital ölçü aleti ile ölçüp not alınız.

c- Devre, tam dalga doğrultma devresi olarak çalışmakta mıdır? Filtreleme işleminin etkisi nasıl oldu?

ÇALIŞMA SORULARI

1. Filtreleme işlemi nedir? Neden filtreleme yapmaya ihtiyaç duyulur? Açıklayınız.
2. Şekil 2.15'de iki diyotlu tam dalga doğrultma devresi ve giriş sinyali verilmiştir. Çıkış sinyali nasıl olur?



Şekil 2.15. İki diyotlu tam dalga doğrultma devresi, giriş sinyali

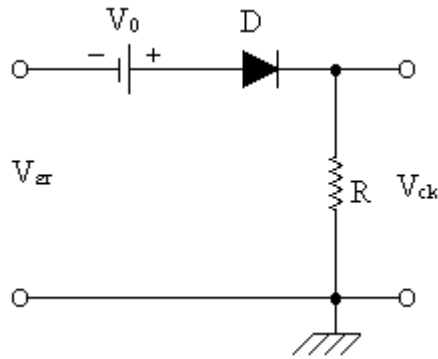
DENEY 3. SERİ DİYODLU LİMİTER (SINIRLAYICI) DEVRELERİ

DENEYİN AMACI

1. Seri limiter devresinin çalışmasını öğrenmek
2. Diyot elemanının limitleyici olarak kullanılmasını öğrenmek
3. Pozitif ve Negatif polarmalı limiter devreleri arasındaki farkı görmek

ÖN BİLGİ

Limiter, bir işaretin genliğinin önceden saptanan bir seviyenin üstünde kalan bölümünü kırpan devre olarak tanımlanır. Limiterler pozitif ve negatif olmak üzere iki tiptirler. Şekil 2.16'da polarmalı bir seri negatif limiter devresi görülüyor. DC polarma geriliminin değeri diyotun düz polarma ön gerilimine eşittir. Dolayısıyla D diyotu sürekli iletkendir. Bu durumda girişten uyguladığımız sinyalin pozitif salınımı çıkışta kayıpsız olarak elde edilir. Negatif salınımlarda ise diyot kesime gideceğinden çıkışta herhangi bir sinyal elde edemeyiz. Şekil 2.16'da görülen devrede, D diyodu ve V_0 geriliminin yönleri ters çevrilirse polarmalı seri pozitif limiter devresi elde edilir. Bu durumda ise giriş sinyalimizin negatif salınımı çıkışta elde edilecektir.

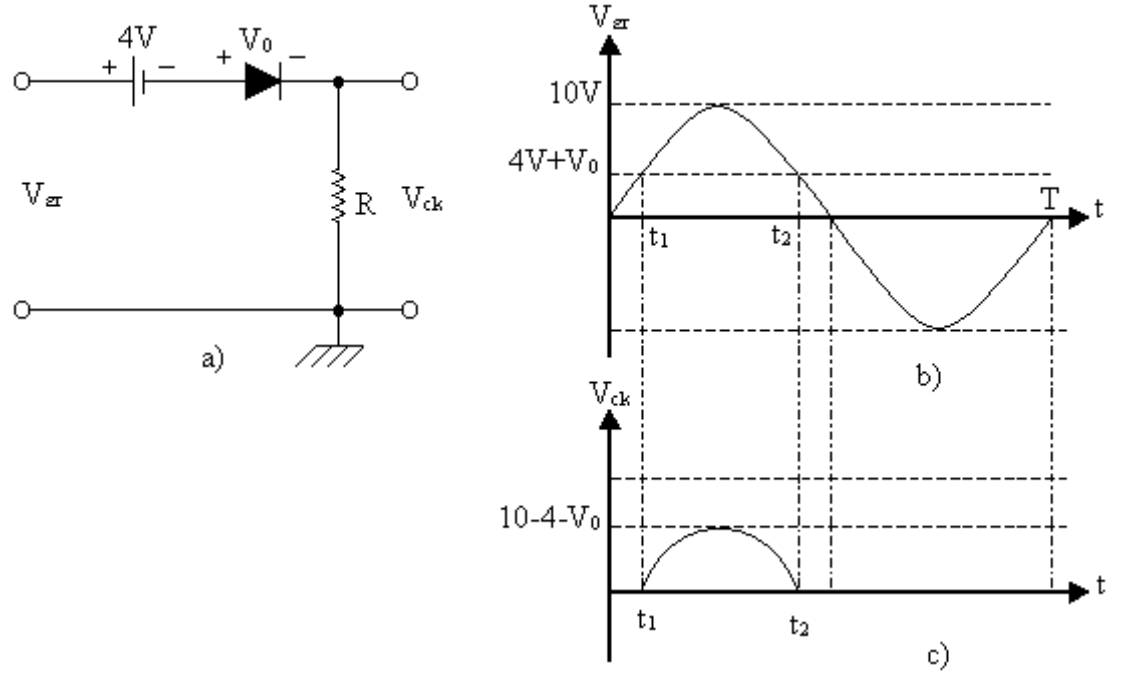


Şekil 2.16. Pozitif polarmalı seri limiter devresi

Diyotun düz polarma ön gerilimini telafi eden devrelerin haricinde birde, giriş sinyalinin çıkışta elde edilecek kısmını da belli ölçülerde sınırlayan devreler vardır. Şekil 2.17-a'da bu tip bir devre görülüyor. Şekil 2.17-b'de gösterilen sinyal devrenin girişine uygulandığında giriş işareti +4V DC gerilimin ve diyot düz polarma ön geriliminin üstüne çıkana kadar diyot kesimdedir. Böyle bir durumda ise Şekil 2.17-c'de gösterilen bir çıkış sinyali elde edilir. Şekilde görüldüğü gibi t_1 anına kadar herhangi bir çıkış sinyali elde edilmez. Giriş t_1 anında $4V+V_0$ gerilimine ulaşınca, diyot iletme geçer ve giriş sinyali çıkışta elde edilir. Giriş, t_2

anında tekrar $4V+V_0$ değerinin altına inince diyot kesime gider. Ve bu durumda ise çıkışta $T+t_1$ anına kadar herhangi bir sinyal elde edilmez.

Şekil 2.17-a'da ki devrede DC geriliminin ve diyotun yönleri ters çevrilirse, giriş sinyalinin negatif salınımının bir kısmının limitlendiği görülür.



Şekil 2.17. Negatif polarmalı seri diyotlu negatif limiter devresi, giriş sinyali, çıkış sinyali

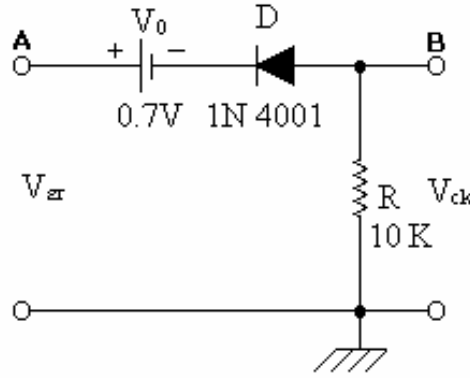
DENEYİN YAPILIŞI:

Deneyde Kullanılacak Elemanlar

- 1 adet 10K direnç
- 1 adet 1N4001 diyot
- 1 adet osiloskop

A. POZİTİF POLARMALI SERİ DİYOTLU POZİTİF LİMİTER DEVRESİ

1. Şekil 2.18'deki devreyi kurunuz.



Şekil 2.18. Pozitif polarmalı seri diyotlu pozitif limiter devresi

2. V_{gr} noktasına (A noktası), deney setinizdeki AC 6V sinyalini uygulayınız. V_{gr} ve V_{ck} (B noktası) gerilimlerini osiloskopta gözlemleyiniz. Elde ettiğiniz sonuçlara göre;
 - a- V_{gr} ve V_{ck} gerilimlerinin tepe değerlerini ölçünüz. Verilen Tablo 2.1'de ilgili yerlere yazınız.
 - b- V_{gr} gerilimi hangi seviyeye çıkınca (t_1 anı) çıkışta sinyal elde edilmektedir? Ölçüm Tablo 2.1'de ilgili yere ($V_{gr}(t_1)$) yazınız.

Tablo 2.1

	$V_{ck \max}$ (V)	$V_{gr}(t_1)$	$V_{gr \max}$ (V)
Pozitif Limiter			

3. Tablo 2.1'deki elde ettiğiniz değerler ışığında;

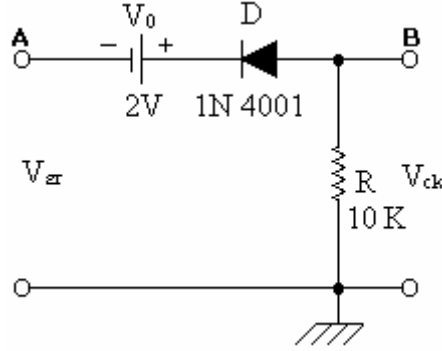
- a- Seri negatif limiter'e ön gerilim uygulanması ile giriş ve çıkış gerilimleri arasındaki genlik farkı kaybolmakta mıdır? Açıklayınız.

Not: Bu soruyu cevaplarken daha önce yapmış olduğumuz seri limiter (yarım dalga doğrultmaç) devresinin sonuçlarından faydalanabilirsiniz.

- b- Düz polarmalı seri pozitif limiter'de giriş ve çıkış sinyalleri arasında gecikme yoktur. Nedenini açıklayınız.

B. NEGATİF POLARMALI SERİ DİYOTLU POZİTİF LİMİTER DEVRESİ

1. Şekil 2.19'daki devreyi kurunuz.

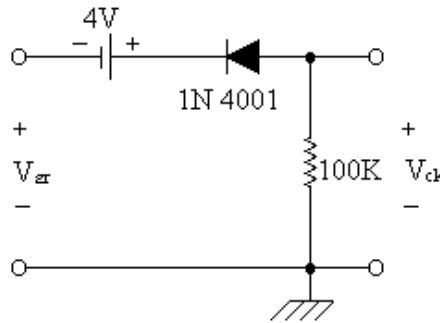


Şekil 2.19. Negatif polarmalı seri diyotlu pozitif limiter devresi

2. V_{gr} noktasına (A noktası), deney setinizdeki AC 6V sinyalini uygulayınız. V_{gr} ve V_{ck} (B noktası) gerilimlerini osilaskopta gözlemleyiniz. Elde ettiğiniz sonuçlara göre;
- a- V_{ck} sinyalinin görüldüğü giriş seviyesini ölçünüz. Elde ettiğiniz sonucu değerlendiriniz.
- b- V_{ck} sinyalinin tepe değerini ölçünüz. Elde ettiğiniz sonucu değerlendiriniz.

ÇALIŞMA SORULARI

- 1- Şekil 2.20'de ki devrede V_{gr} sinyali, genliği 10V (t-t) ve frekansı 500 Hz olan sinüs dalgasıdır.
- a- V_{ck} sinyalinin tepe değeri ne olur? Hesaplayınız.
- b- Giriş sinyalinin (V_{gr}) hangi seviyesinde çıkışta işaret gözlenir? Nedenini yazınız.



Şekil 2.20. Negatif polarmalı seri diyotlu pozitif limiter devresi

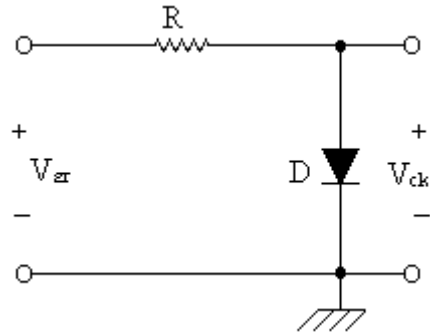
DENEY 4. PARALEL DİYOTLU LİMİTER (SINIRLAYICI) DEVRELERİ

DENEYİN AMACI

1. Paralel limiter devresinin çalışmasını öğrenmek
2. Pozitif ve Negatif polarmalı limiter devreleri arasındaki farkı görmek

ÖN BİLGİ

Paralel diyotlu limiter' dade diyot akım-gerilim özelliğinden yararlanılmıştır. Şekil 2.21' de bir paralel diyotlu limiter devresi görülüyor. Devreye Şekil 2.22-a'da ki gibi bir sinüsoidal sinyal uygulandığında, sinyalin pozitif salınımında D diyodu düz polarmalandırıldığı için direnci çok düşük olmaktadır. Bundan dolayı V_{ck} sinyalinde küçük bir kırırndanma görülür. Bu, diyodun düz polarma gerilimi ve AC direncinden kaynaklanır. V_{gr} sinyalinin negatif salınımında D diyodu ters polarmalandırılmış olur ve giriş sinyali, çıkışta olduğu gibi elde edilir. Çıkış sinyalinin şekli Şekil 2.22-b'de verildiği gibi olacaktır. Bu devre giriş sinyalinin pozitif salınımını limitlediğinden "paralel diyotlu pozitif limiter" devresi olarak adlandırılır. Şekil 2.21'de ki diyotun yönü ters çevrilirse, paralel diyotlu negatif limiter devresi elde edilir. Bu durumda V_{ck} sinyali ise Şekil 2.22-c'de gösterildiği gibi olur.



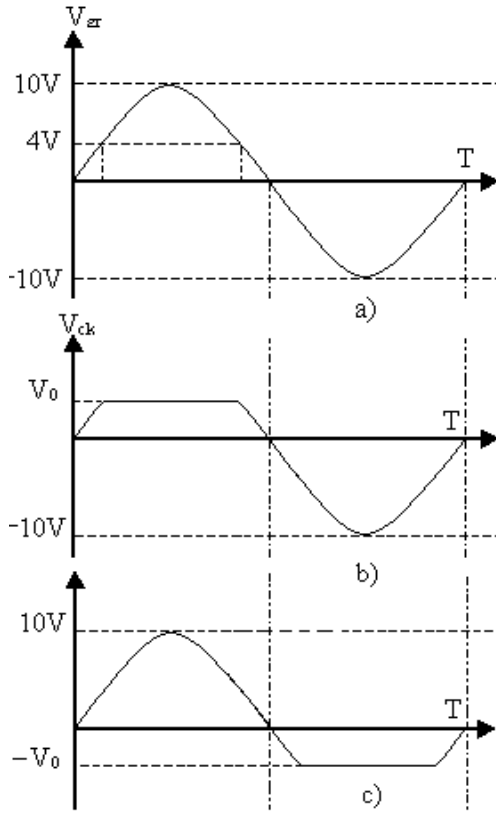
Şekil 2.21. Paralel diyotlu limiter devresi

Paralel diyotlu limiterlarında seri diyotlu limiterlar gibi polarmalı olanları vardır. Polarma gerilimi ile bu tip limiterların limitledikleri düzey değiştirilebilir. Şekil 2.23-a'da bir pozitif polarmalı paralel pozitif limiter görülüyor. Devre incelediğimizde, diyot üzerinden akım geçebilmesi için $V_{gr}-4V > V_0$ durumu sağlanmalıdır. Bu durum göz önünde bulundurularak Şekil 2.22-a'da ki sinyal devrenin girişine uygulandığında, giriş sinyali $V_{gr} > 4V+V_0$ olana kadar diyot kesimdedir. Ve bunun sonucunda giriş sinyali çıkışta olduğu gibi elde edilir. Giriş sinyali t_1 anında $4V+V_0$ gerilimine ulaşınca, diyot iletme geçer, çıkış sinyali diyot iletimde olduğu sürece $4V+V_0$ geriliminde kalır. t_2 anında, giriş sinyalinin genliği $4V+V_0$ 'ın altına düşmesiyle diyot tekrar kesime gider. Daha sonra giriş sinyalinin negatif

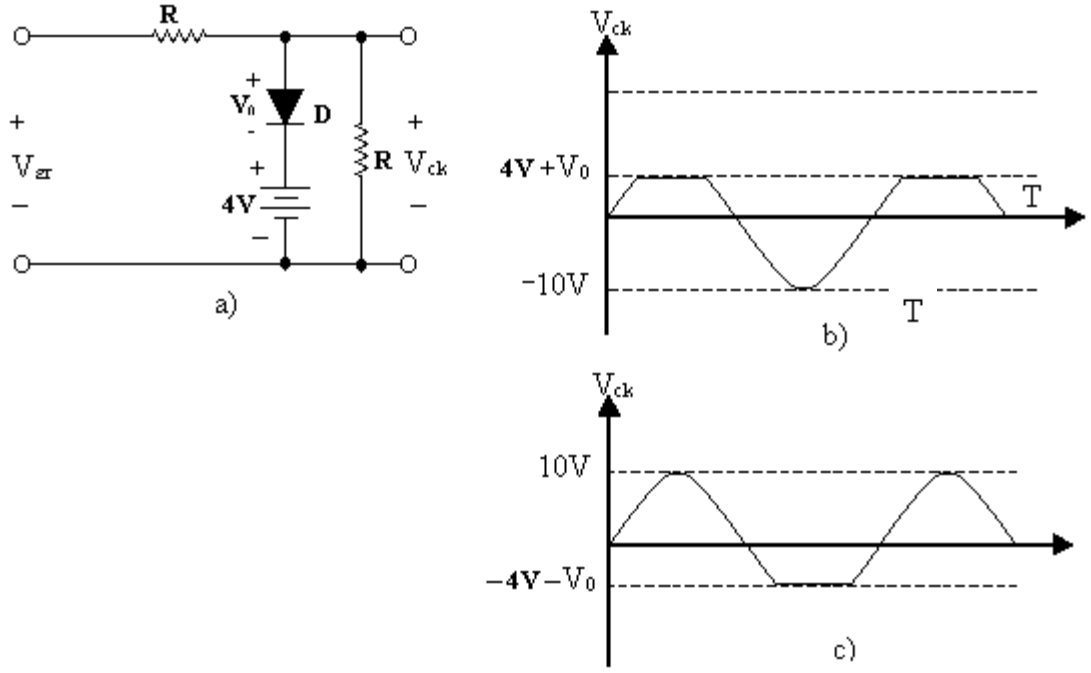
salınımında diyot sürekli kesimde olduğundan $T+t_1$ anına kadar giriş sinyali çıkışta olduğu gibi elde edilir (Şekil 2.23-b).

Şekil 2.23-a'da diyot ve DC gerilimin yönleri ters çevrildiği takdirde negatif polarmalı paralel negatif limiter devresi elde edilir. Şekil 2.22-a'da ki giriş sinyali bu şekilde devreye uygulandığında ise elde edilecek çıkış sinyali (V_{ck}), Şekil 2.23-c'de ki gibi olacaktır.

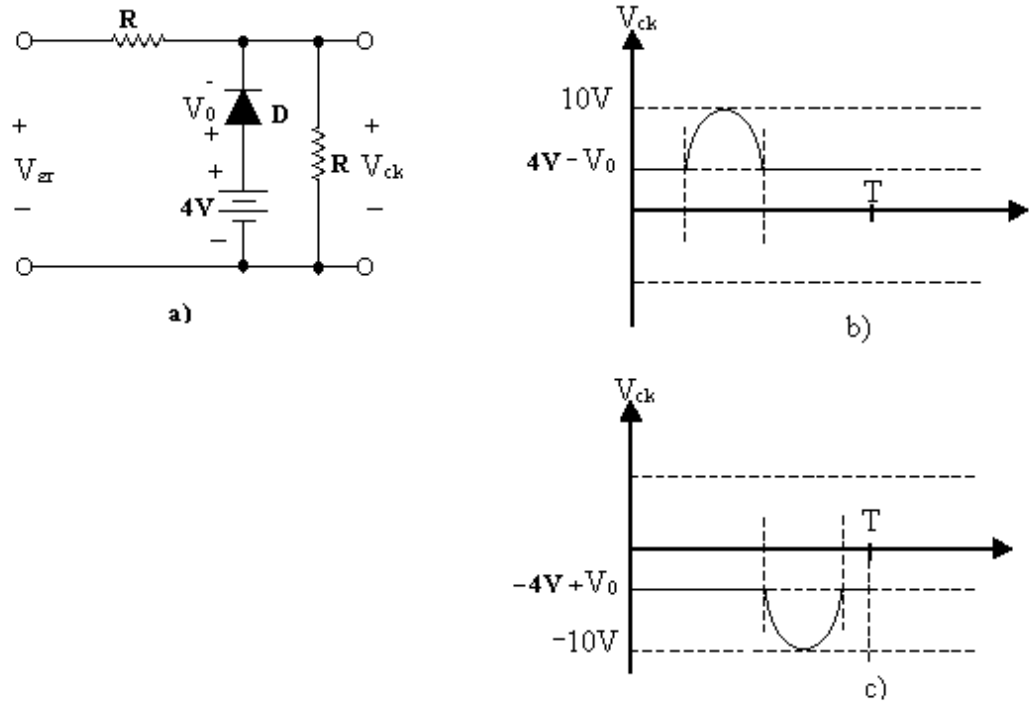
Şekil 2.24-a'da pozitif polarmalı paralel negatif limiter devresi görülmektedir. Devrede D diyotu +4V DC gerilimi ile düz (doğru) polarmalandırılmıştır. Bu durumda V_{ck} gerilimi $4-V_0$ gerilim değerinde sabittir. Şekil 2.22-a'da ki giriş sinyalinin bu devreye uygulandığını düşünelim, giriş düzeyi $+4-V_0$ değerine çıkana kadar diyot iletkendir. Çıkış sabittir (Şekil 2.24-b). Giriş sinyalinin genliği t_1 anında $4-V_0$ değerine ulaşınca diyot ters polarmalandırıldığından kesime gider ve t_2 anına kadar giriş sinyali çıkışta görülür. Giriş t_2 anında $4-V_0$ değerinin altına inince diyot tekrar iletkenleşir ve çıkış yeniden sabitlenir (Şekil 2.24-b). Bu devrede diyot ve DC gerilimin yönleri ters çevrildiği durumda negatif polarmalı paralel pozitif limiter elde edilir. Şekil 2.22-a'da ki giriş sinyali için çıkış sinyali V_{ck} , Şekil 2.24-c'de ki gibi olur.



Şekil 2.22. Giriş sinyali, paralel diyotlu pozitif limiter çıkış sinyali, paralel diyotlu negatif limiter çıkış sinyali



Şekil 2.23. Pozitif polarmalı paralel diyotlu pozitif limiter devresi, çıkış sinyali, negatif polarmalı paralel diyotlu negatif limiter devresi çıkış sinyali



Şekil 2.24. Pozitif polarmalı paralel diyotlu negatif limiter devresi, çıkış sinyali, negatif polarmalı paralel diyotlu pozitif limiter devresi çıkış sinyali

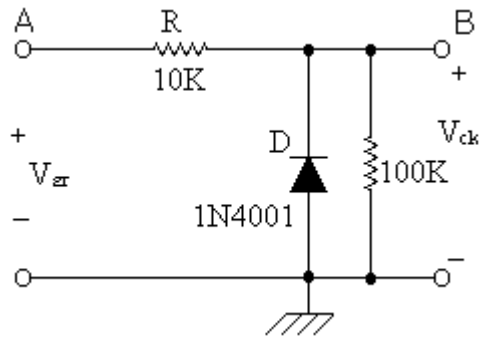
DENEYİN YAPILIŞI:

Deneyde Kullanılacak Elemanlar

- 1 adet 10K direnç
- 1 adet 100K direnç
- 1 adet 1N4001 diyot
- 1 adet osilaskop

A. PARALEL DİYOTLU NEGATİF LİMİTER DEVRESİ

- Şekil 2.25'deki devreyi kurunuz.

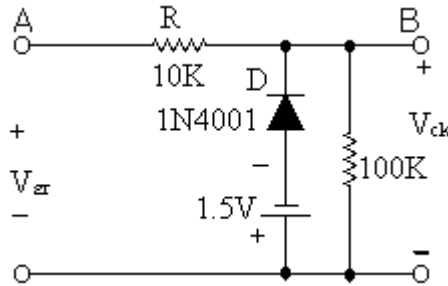


Şekil 2.25. Paralel diyotlu negatif limiter devresi

- V_{gr} girişine (A noktası), deney setinizdeki AC 6V sinyali uygulayınız. V_{gr} ve V_{ck} (B noktası) gerilimini osiloskopta gözlemleyiniz. Elde ettiğiniz sonuçlara göre;
 - V_{ck} geriliminin tepe değerlerini ölçüp not alınız.
 - V_{gr} geriliminin niçin sadece pozitif salınımının çıkışta görüldüğünü açıklayınız.
 - Giriş geriliminin negatif salınımı kaç volta limitlenmiştir? Neden?

B. NEGATİF POLARMALI PARALEL DİYOTLU NEGATİF LİMİTER DEVRESİ

- Şekil 2.26'daki devreyi kurunuz.

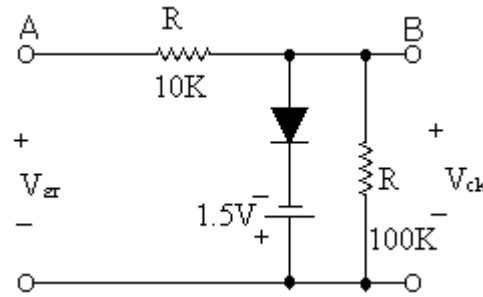


Şekil 2.26. Negatif polarmalı paralel diyotlu negatif limiter devresi

2. V_{gr} noktasına (A noktası), deney setinizdeki AC 6V sinyali uygulayınız. $V_{\check{c}k}$ (B noktası) gerilimini osiloskopta gözlemleyiniz. Elde ettiğiniz sonuçlara göre;
 - a- $V_{\check{c}k}$ geriliminin tepe değerlerini ölçüp not alınız.
 - b- $V_{\check{c}k}$ geriliminin sınırlandırıldığı seviyenin DC gerilim kaynağından farklı oluşunun nedenini açıklayınız.
3. Giriş işaretini bozmadan DC kaynağın değerini $-5V'$ a yükseltiniz. $V_{\check{c}k}$ (B noktası) gerilimini osiloskopta gözlemleyiniz. Sonucu yorumlayınız.

C. NEGATİF POLARMALI PARALEL DİYOTLU POZİTİF LİMİTER DEVRESİ

1. Şekil 2.27'deki devreyi kurunuz.

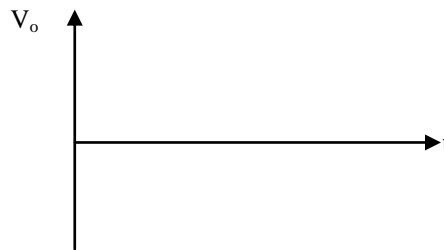


Şekil 2.27. Negatif polarmalı paralel diyotlu pozitif limiter devresi

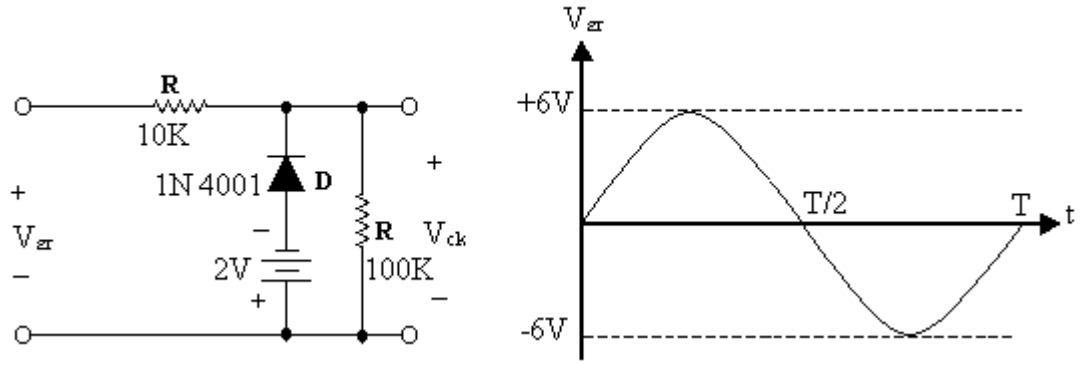
2. V_{gr} noktasına (A noktası), deney setinizdeki AC 6V sinyali uygulayınız. V_{gr} ve $V_{\check{c}k}$ (B noktası) gerilimlerini osiloskopta gözlemleyiniz. Elde ettiğiniz sonuçlara göre;
 - a- $V_{\check{c}k}$ geriliminin tepe değerlerini ölçüp not alınız.
 - b- $V_{\check{c}k}$ geriliminin neden negatif gerilim üzerinde salınım yapan bir işaret olduğunu açıklayınız.

ÇALIŞMA SORULARI

- 1- Şekil 2.28'deki devreye uygulanan giriş gerilimi gösterildiği gibidir.
 - a) $V_{\check{c}k}$ sinyalinin şeklini çiziniz. ($V_0=0.7V$)



- b) Devrenin ne tip bir limiter olarak çalıştığını açıklayınız.



Şekil 2.28. Negatif polarmalı paralel diyotlu negatif limiter devresi, giriş sinyali

2- Şekil 2.258'deki devrede D diyotu ters çevrilirse ne olur? Nedenini açıklayınız.

DENEY 5. ZENER DİYOTLU LİMİTER DENEYLERİ

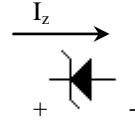
DENEYİN AMACI

1. Zener diyotlu paralel limiter devresinin çalışmasını öğrenmek

ÖN BİLGİ

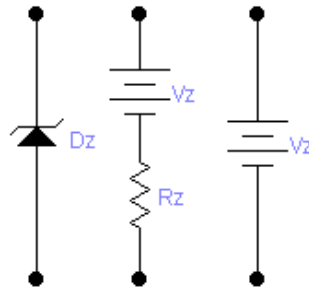
Zener diyot jonksiyon diyotun özel bir tipidir. Zener diyotlar genellikle silisyum maddeden yapılıdır. Ters yöndeki gerilimin belirli bir değerine kadar zener diyot üzerinden yok denecek kadar az bir akım akmaktadır. Ters yöndeki gerilimin belli bir değeri aşması halinde yani kırılma voltajına ulaştığında akım ters yönde büyük bir hızla akmaktadır.

0'dan V_z 'ye kadar herhangi bir gerilim, silisyum diyotda V_T 'nin altına düşmesi gibi, bir açık devre eşdeğerine yol açacaktır. Bununla beraber zener diyot ile silisyum diyotun karakteristikleri arasında geri öngerilimleme bölgesinde önemli farklılıklar vardır. Silisyum diyot geri öngerilimleme bölgesinde açık devre eşdeğerliğini korurken, zener diyotu geri kayma gerilimine ulaştıktan sonra kısa devre konumuna geçer. Şekil 2.29'de gösterilen polariteyle bir V_z geriliminin uygulanması, zener diyotun, açık devre durumundan "açık" durumuna gelmesine yol açacaktır.



Şekil 2.29 Zener Diyot

Zener bölgesinin konumu, katkılama düzeyleri değiştirilerek ayarlanabilir. Katkılamadaki artış, eklenen katkı maddelerinin sayısını arttırarak, zener potansiyelini düşürecektir. Zener diyotun zener bölgesinde tam ve yaklaşık eşdeğer devresi şekilde gösterilmiştir.



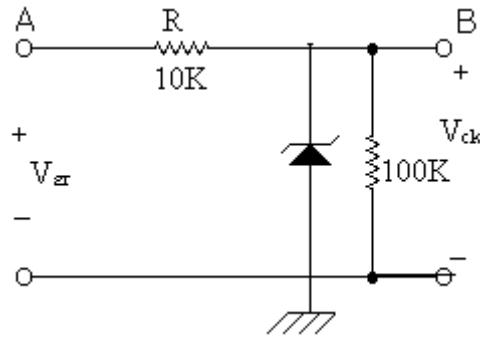
DENEYİN YAPILIŞI:

Deneyde Kullanılacak Elemanlar

- 1 adet 10K direnç
- 1 adet 100K direnç
- 2 adet zener diyot
- 1 adet osilaskop

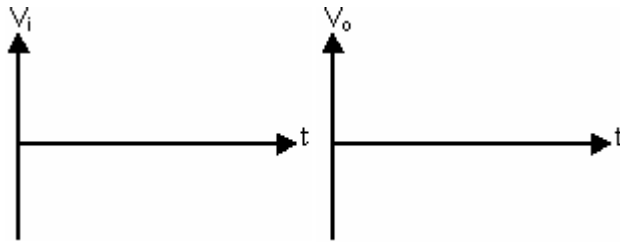
A. PARALEL ZENER DİYOTLU LİMİTER DEVRESİ

- Şekil 2.30'deki devreyi kurunuz.

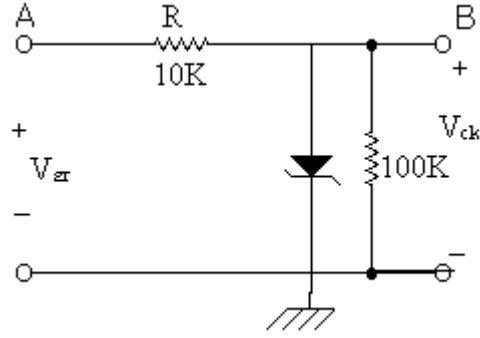


Şekil 2.30. Paralel zener diyotlu limiter devresi

- V_{gr} girişine (A noktası), deney setinizdeki AC 6V sinyalini uygulayınız. V_{gr} ve $V_{çk}$ (B noktası) gerilimini osiloskopta gözlemleyiniz. Elde ettiğiniz sonuçlara göre; $V_{çk}$ geriliminin tepe değerlerini ölçüp not alınız.

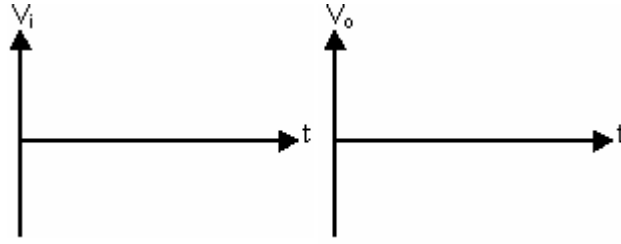


3. Şekil 2.31'deki devreyi kurunuz.



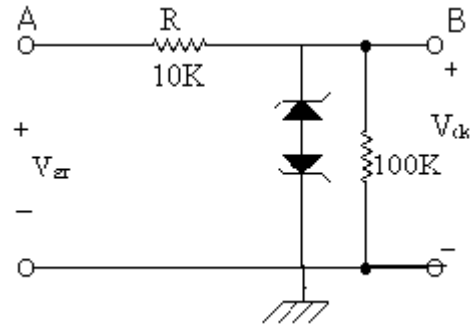
Şekil 2.31. Paralel zener diyotlu limiter devresi

4. V_{gr} girişine (A noktası), deney setinizdeki AC 6V sinyali uygulayınız. V_{gr} ve $V_{çk}$ (B noktası) gerilimini osiloskopta gözlemleyiniz. Elde ettiğiniz sonuçlara göre; $V_{çk}$ geriliminin tepe değerlerini ölçüp not alınız.



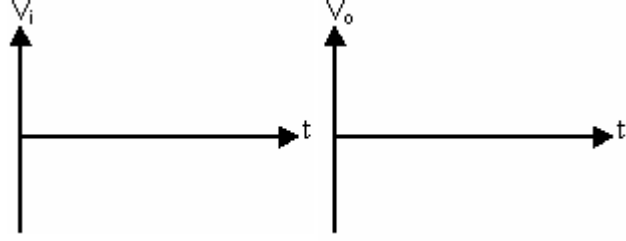
B. İKİ ZENER DİYOTLU LİMİTER DEVRESİ

1. Şekil 2.32'deki devreyi kurunuz.

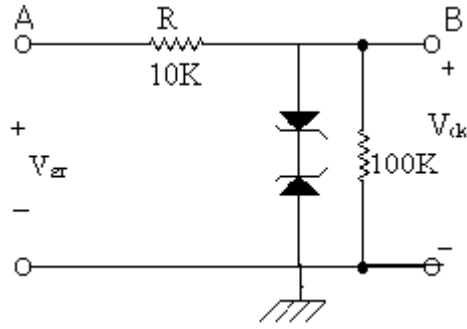


Şekil 2.32. İki zener diyotlu limiter devresi

2. V_{gr} girişine (A noktası), deney setinizdeki AC 6V sinyalini uygulayınız. V_{gr} ve $V_{çk}$ (B noktası) gerilimini osiloskopta gözlemleyiniz. Elde ettiğiniz sonuçlara göre; $V_{çk}$ geriliminin tepe değerlerini ölçüp not alınız.

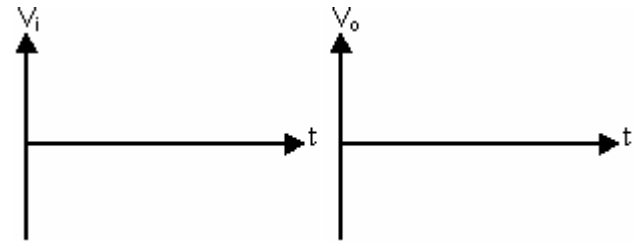


3. Şekil 2.33'deki devreyi kurunuz.



Şekil 2.33. İki zener diyotlu limiter devresi

2. V_{gr} girişine (A noktası), deney setinizdeki AC 6V sinyalini uygulayınız. V_{gr} ve $V_{çk}$ (B noktası) gerilimini osiloskopta gözlemleyiniz. Elde ettiğiniz sonuçlara göre; $V_{çk}$ geriliminin tepe değerlerini ölçüp not alınız.



DENEY 6. KENETLEYİCİ DEVRELERİ

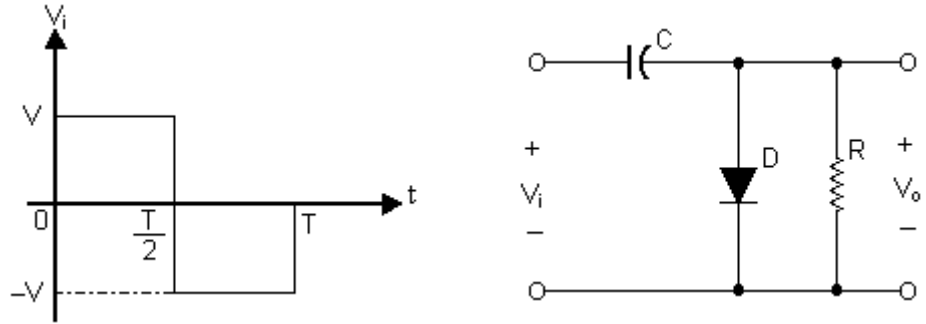
DENEYİN AMACI

1. Kenetleyici devrelerinin çalışmasını öğrenmek
2. Pozitif ve Negatif kenetleyici devreleri arasındaki farkı görmek

ÖN BİLGİ

Kenetleyici, bir işaretin en üst ya da en alt seviyesini sabit bir gerilimde kenetleyen veya tutan devrelerdir. Kenetleyiciler pozitif ve negatif olmak üzere iki tip olmaktadır. Pozitif kenetleyici bir dalga şeklinin en alt ucunu, negatif kenetleyici de en üst ucunu sıfır referansta kenetlemektedir. Bir kenetleyici devresi şu elektronik devre elemanlarından oluşmalıdır; bir kondansatör, bir diyot ve direnç, ancak ek bir kayma elde etmek için (her hangi bir istenilen DC seviye) bağımsız bir DC kaynağı da kullanılabilir.

R ve C'nin değeri, $\tau=RC$ zaman sabiti, kondansatördeki gerilimin, diyodun iletim durumunda olmadığı zaman aralığı içerisinde önemli ölçüde boşalmasını önleyecek büyüklükte seçilmelidir. Yani diyot iletimdeyken kondansatör tam olarak deşarj olmamalıdır. Şekil 2.34'da negatif kenetleyici devresi ve bu devre için uygulanacak bir giriş sinyali görülmektedir.



Şekil 2.34. Giriş sinyali, negatif kenetleyici devresi

$0 \rightarrow T/2$ zaman aralığı içinde devre Şekil 2.35'deki gibi davranacaktır. Burada diyot kısa devre durumunda olduğundan R direncinin etkisini ortadan kaldırır. Bu durumda zaman sabiti ($\tau=RC$) o kadar küçüktür ki (buradaki R devrenin iç direncidir) kondansatör, V giriş voltuna çok çabuk şarj olur. Bu zaman aralığında ise çıkış kısa devredir, yani $V_o=0$ V olur. Girişin $-V$ durumuna geçtiği zaman devre, Şekil 2.36'daki gibi davranacaktır. Burada diyot, açık devre konumunda olacak ve anottan katoda doğru bir akım akışı olacaktır. Bu durumda

devrenin zaman sabiti ($\tau=RC$), $T/2 \rightarrow T$ periyodundan çok daha büyük olduğundan kondansatörün, şarj gerilimini bu süre boyunca tuttuğu kabul edilir.

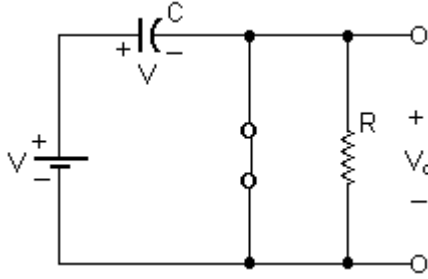
Kirchhoff gerilim yasası girişe ait çevre denkleminde,

$$-V-V-V_o=0$$

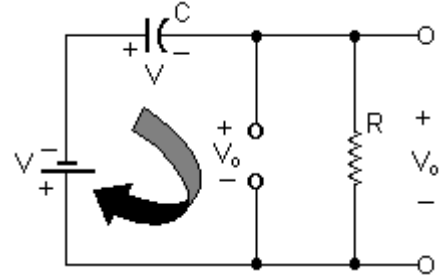
$$V_o=-2V$$

olarak çıkış gerilimi bulunur.

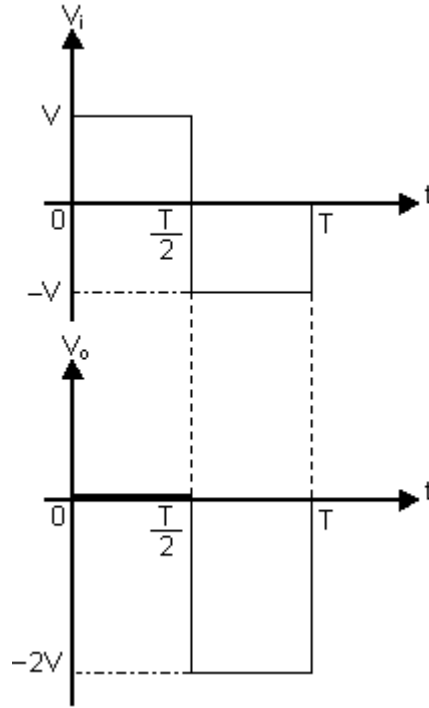
Kenetleme devrelerinde çıkışın toplam salınımı, giriş sinyalinin toplam salınımına eşittir. Bu bilgi, elde edilen sonucun doğruluğunu kontrol etmek için kullanılabilir. Sonuçta elde edilen çıkış sinyali Şekil 2.37’de giriş sinyali ile beraber verilmiştir.



Şekil 2.35. Girişin V olduğu durum



Şekil 2.36. Girişin -V olduğu durum



Şekil 2.37. Giriş sinyali, çıkış sinyali

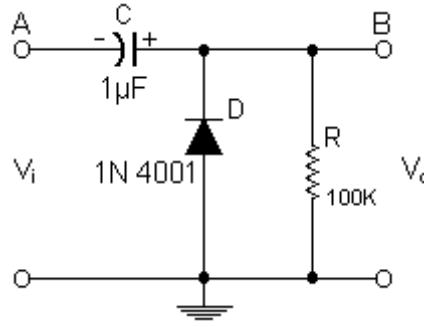
DENEYİN YAPILIŞI:

Deneyde Kullanılacak Elemanlar

- 1 adet 100K direnç
- 1 adet 1N4001 diyot
- 1 adet 1 μ F kondansatör
- 1 adet sinyal jeneratörü
- 1 adet osiloskop

A. POZİTİF KENETLEYİCİ DEVRESİ

1. Şekil 2.38'deki devreyi kurunuz.



Şekil 2.38. Pozitif kenetleyici devresi

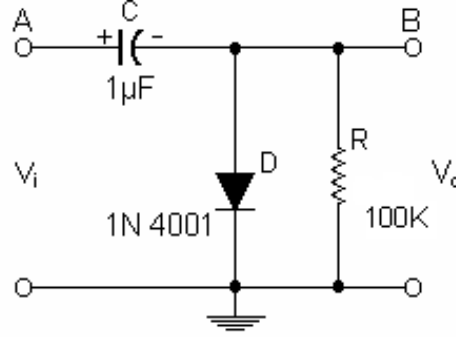
2. Sinyal üreticinizin çıkışını, genliği 5 V_i frekansı 1 KHz olan kare dalga sinyal olarak ayarlayınız. Ayarladığınız sinyal jeneratörünün çıkışını devrenin girişine (A noktasına) uygulayınız. Osiloskopta devrenin giriş ve çıkış sinyallerini görmek için, osiloskop problarınızı sırasıyla A ve B noktalarına takınız.

Not : Osiloskobun DC konumda olmasına dikkat ediniz.

- a- V_i ve V_o gerilimlerinin tepe değerlerini ölçüp not ediniz. V_i gerilimi hangi gerilim seviyesinde kenetlenmiştir? Niçin.
- b- Dijital ölçü aleti ile kondansatör üzerindeki DC gerilimi ölçüp not ediniz. Giriş geriliminin farklı değerleri için kondansatör üzerindeki gerilim değişmekte midir? Neden?
- c- Kondansatör DC gerilimi niçin 5V'tan azdır? Açıklayınız.

B. NEGATİF KENETLEYİCİ DEVRESİ

1. Şekil 2.39'daki devreyi kurunuz.



Şekil 2.39. Negatif kenetleyici devresi

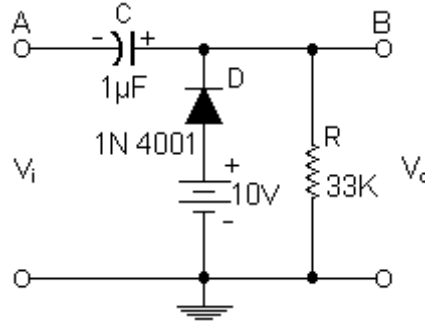
2. Sinyal üreticinizin çıkışını, genliği +5 V_i frekansı 1 KHz olan kare dalga sinyal olarak ayarlayınız. Ayarladığınız sinyal jeneratörünün çıkışını devrenin girişine (A noktasına) uygulayınız. Osiloskopta devrenin giriş ve çıkış sinyallerini görmek için, osiloskop problemlerinizi sırasıyla A ve B noktalarına takınız.

a- V_o geriliminin tepe değerini ölçüp not ediniz. V_i gerilimi hangi gerilim seviyesinde kenetlenmiştir? Niçin. Açıklayınız.

b- Dijital ölçü aleti ile kondansatör üzerindeki DC gerilimi ölçüp not ediniz. Bundan önceki deney işlem basamağında elde ettiğiniz sonuca göre, kondansatör üzerindeki gerilimin değeri ve polaritesi değişti mi? Açıklayınız.

C. ÖN GERİLİMLİ KENETLEYİCİ DEVRESİ

1. Şekil 2.40'daki devreyi kurunuz.



Şekil 2.40. Ön gerilimli kenetleyici devresi

2. Sinyal üreticinizin çıkışını, genliği 5V frekansı 1 KHz olan kare dalga sinyal olarak ayarlayınız. Ayarladığınız sinyal jeneratörünün çıkışını devrenin girişine (A noktasına)

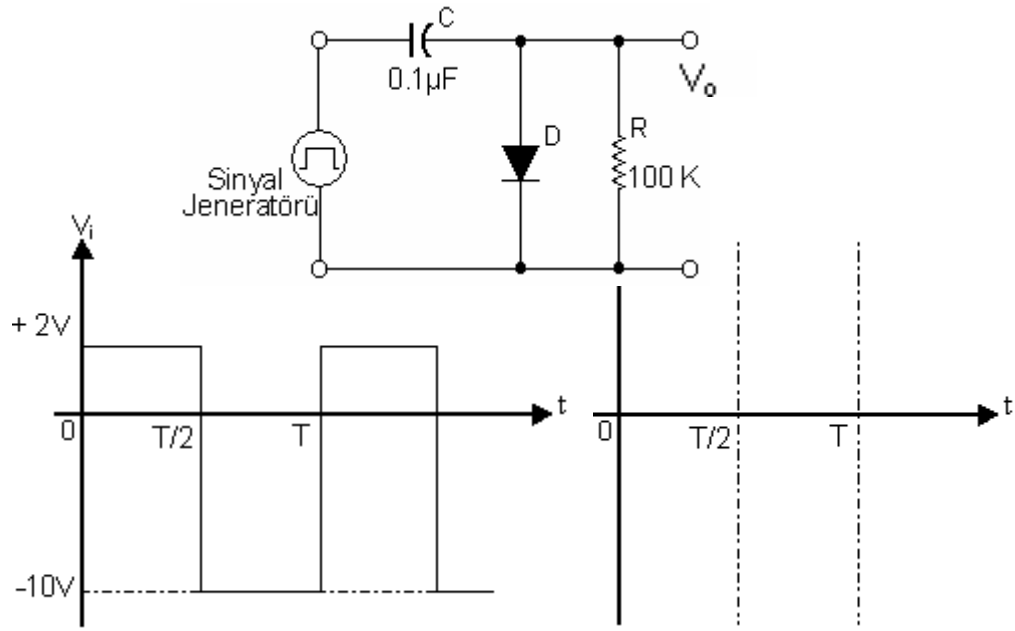
uygulayınız. Osiloskopta devrenin giriş ve çıkış sinyallerini görmek için, osiloskop problemlerinizi sırasıyla A ve B noktalarına takınız.

a- V_i ve V_o gerilimlerinin tepe değerlerini ölçüp not ediniz. V_o geriliminin daha pozitif değerlere kayması neden dolaydır? Açıklayınız.

b- Dijital ölçü aleti ile kondansatör üzerindeki DC gerilimi ölçüp not ediniz. Ölçtüğünüz değer ve polarite beklediğiniz gibimidir? Açıklayınız.

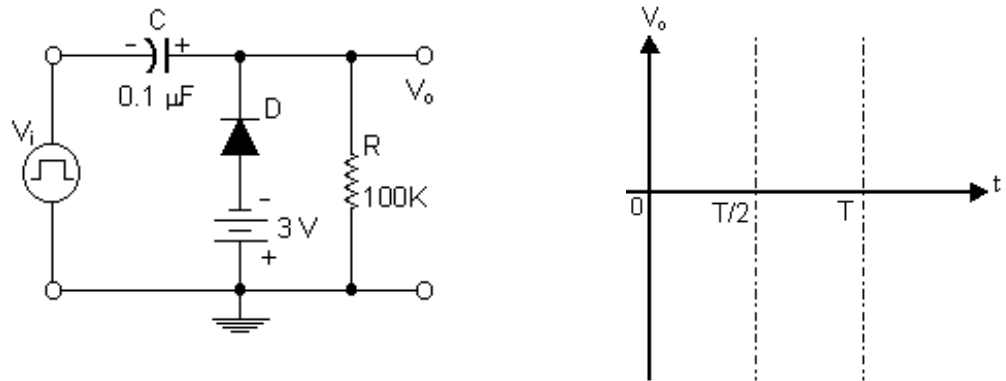
ÇALIŞMA SORULARI

1- Şekil 2.41'deki devrenin çıkış gerilimini, verilen giriş gerilimine göre çiziniz.



Şekil 2.41. Negatif kenetleme devresi, giriş sinyali, çıkış sinyali

2- Şekil 2.42'deki devrenin çıkış gerilimini, Şekil 2.36 de verilen giriş gerilimine göre çiziniz.



Şekil 2.42. Ön gerilimli pozitif kenetleme devresi, çıkış sinyali

BÖLÜM 3. TRANSİSTÖR UYGULAMALARI

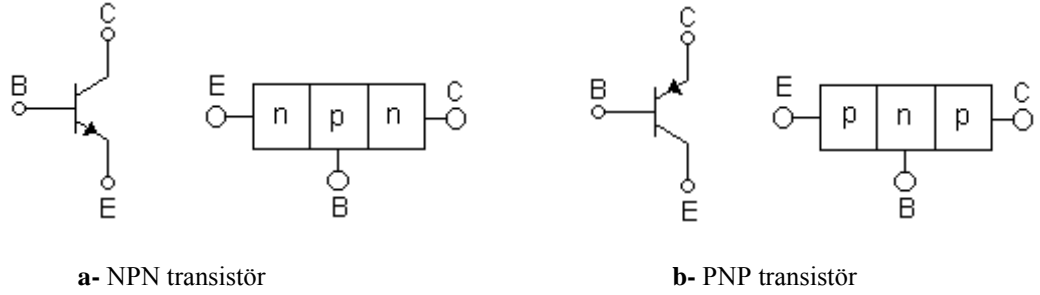
1- Transistörün Anahtar Olarak Kullanılması

DENEY 7. TRANSİSTÖR'ÜN ANAHTAR OLARAK KULLANILMASI

DENEYİN AMACI

1. Transistör'ün sembolünü ve içyapısını öğrenmek
2. Transistör elemanının özelliklerini ve çalışmasını öğrenmek
3. Transistör'ün anahtar olarak kullanılmasını öğrenmek

ÖN BİLGİ



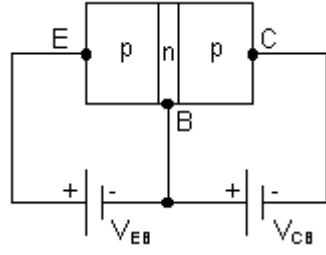
Şekil 3.1. Transistör sembolü, iç yapısı

Transistör, iki n- ve bir p- tipi malzeme tabakasından ya da iki p- ve bir n- tipi malzeme tabakasından oluşan üç katmanlı yarı iletken bir elemandır. Yapı olarak bu transistörlerden ilkinde npn transistör, ikincisine ise pnp transistör denir. Transistör üç bacaklı bir elektronik devre elemanıdır. Bacakların isimleri ve sembollerde kullanılan kısaltmaları şöyledir; Emetör E, Kollektör C, Baz B olarak kısaltılırlar. Transistör, anlatımlarda daha çok BJT olarak isimlendirilir. Bunun nedenini BJT'nin açılımı olan Bipolar Jonksiyon Transistör ifadesini incelediğimizde kolayca anlarız. Bipolar (iki kutuplu) terimi elektron ve deliklerin, zıt polarizasyonlu malzemedeki enjeksiyon işlemine katıldıklarını ifade eder. Transistör'de de iletimin, elektronların (n) ve deliklerin (p) hareketleri ile sağlandığını düşünürsek, transistöründe iki kutuplu bir eleman olduğunu anlarız.

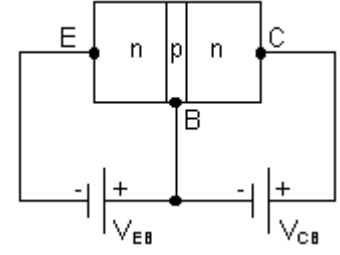
Transistörün ilettime geçmesi için E-B arası ileri-öngerilimlenmesi gerekmektedir (E bacağına +, B bacağına – gerilim verilir, PNP için Şekil 3.2).

B-C arası ise transistör ters-öngerilimlenir (B bacağına +, C bacağına – gerilim verilir, PNP için Şekil 3.2).

Aynı şekilde bu işlemlerin tam tersi düşünüldüğünde ise bir NPN transistörün iletim durumu oluşur (Şekil 3.3).



Şekil 3.2. Bir PNP transistörün iletim durumu

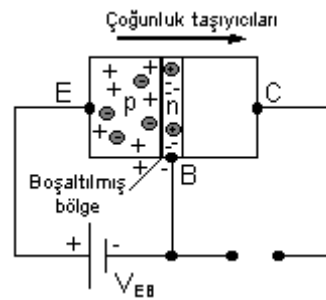


Şekil 3.3. Bir NPN transistörün iletim durumu

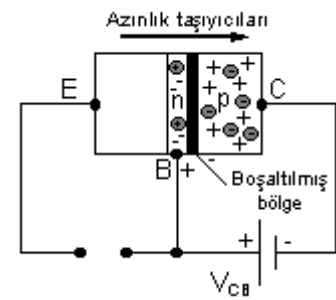
Transistörlerin gerilim-akım yükseltme veya kontrol (açma-kapama) elemanları olarak kullanılabilmesi için, transistörün öngerilimlenmesi gereklidir. Her iki tip transistör için (PNP ve NPN) uygun DC öngerilimlenmiş halleri, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'te verildiği gibi olacaktır. Öngerilimlemenin temel nedeni transistörü açık konuma getirerek transistörün, karakteristik eğrisinde, doğrusal çalışma bölgesinde çalıştırılmasını sağlamaktır.

Şimdi Şekil 3.2'deki PNP transistörünü ele alarak bir transistörün temel çalışmasını inceleyelim. Elektron ve deliklerin (oyukların) durumları karşılıklı olarak değiştirilirse, bir NPN transistörün çalışması da PNP transistörün çalışması gibidir. Şekil 3.4'de PNP transistörü B-C öngerilimlemesi olmadan yeniden çizilmiştir. Görüldüğü gibi bu durum daha önce anlatılmış olan, ileri öngerilimli bir diyodun durumuna benzemektedir. Ve p-tipi malzemedan n-tipi malzemeye büyük bir çoğunluk taşıyıcısı akışı şeklindeki gibi olacaktır.

Şimdide PNP transistörünün B-E öngerilimini Şekil 3.5'de görüldüğü gibi kaldıralım. Bu durumda da daha önce anlatılmış olan, bir diyodun ters öngerilimli durumu meydana gelmiştir. Ve bu anda çoğunluk taşıyıcıları sıfırlanacak, azınlık taşıyıcıları akışı şeklindeki gibi oluşacaktır.



Şekil 3.4. PNP transistörün ileri öngerilimlenmesi



Şekil 3.5. PNP transistörün ters öngerilimlenmesi

Yani, bir transistörün bir p-n jonksiyonu (birleşme noktası) ters öngerilimliyken diğer jonksiyonu ileri öngerilimlidir.

Kısaca özetleyecek olursak, bir transistörün doğrusal veya aktif çalışma bölgesinde iletim durumunda olması için aşağıdaki koşulların sağlanmış olması gerekir:

- Baz-emetör jonksiyonu ileri öngerilimli (p-bölgesinin potansiyeli daha pozitif) olmalı ve baz-emetör jonksiyonu üzerindeki bu ileri öngerilim (silisyum için) 0.6 ile 0.7V arasında olmalıdır (NPN için).
- Baz-kollektör jonksiyonunun ters öngerilimli (n-bölgesinin potansiyeli daha pozitif) olması gerekir. Baz-kollektör jonksiyonu üzerindeki bu ters öngerilim değeri, transistörün maksimum sınırları içinde herhangi bir değeri alabilir.

Transistörün karakteristik eğrisinde görülen kesim, doyum ve doğrusal bölgelerindeki çalışma noktaları şu şekilde sağlanır:

- Doğrusal bölgede çalışma:
 - Baz-emetör ileri öngerilimlenir
 - Baz-kollektör ters öngerilimlenir
- Kesim bölgesinde çalışma:
 - Baz-emetör ters öngerilimlenir
- Doyum bölgesinde çalışma:
 - Baz-emetör ileri öngerilimlenir
 - Baz-kollektör ileri öngerilimlenir

Transistör, elektronik devrelerde çok çeşitli ve geniş kullanım alanı olan bir elemandır. Şimdi, bu uygulama alanlarından biri olan ve transistörün temel uygulamasını oluşturan, transistörün anahtar olarak kullanıldığı devreyi inceleyelim.

Şekil 3.6 transistörün anahtar olarak kullanımının gösterildiği temel bir devredir. Şeklin a kısmında; transistör, B-E arasında bir öngerilimleme olmadığından kesimdedir. Yani B-E jonksiyonunda, transistörün iletme geçmesini sağlayacak bir öngerilimleme yoktur. Bu durumda C-E arasını açık bir anahtar gibi düşünebiliriz.

Şeklin b kısmında ise; transistör, B-E ve B-C jonksiyonları öngerilimlendiği için iletimdedir. Bu anda oluşan baz akımı (I_B), kollektörden akım akmasını sağlar (I_C). Buda transistörün iletme geçmesini sağlar. Bu durumda C-E arasını kapalı bir anahtar gibi düşünebiliriz. C-E arasını ölçtüğümüzde ise bir voltaj düşümü olduğunu görürüz ki bu voltaj düşümüne saturasyon voltajı ($V_{CE(sat)}$) denir.

Daha önce de bahsettiğimiz gibi, bir transistörün B-E arası öngerilimlemesi yoksa o transistörün kesimde olduğunu biliyoruz. Bir transistör kesim durumundayken üzerinden akan sızıntı akımı (azınlık taşıyıcılarının sebep olduğu) ihmal edilir ve üzerinden akım akmadığı kabul edilir.

Ve kollektör emetör arasındaki gerilim;

$$V_{CE(kesim)} = V_{CC}$$

olarak hesaplanır.

Eğer B-E arası öngerilimleme varsa ve maksimum kollektör akımını oluşturacak baz akımı da oluşmuşsa transistör iletimdedir. Transistörün bu iletim durumuna **saturasyon** durumu da denir. Saturasyon akımı ise;

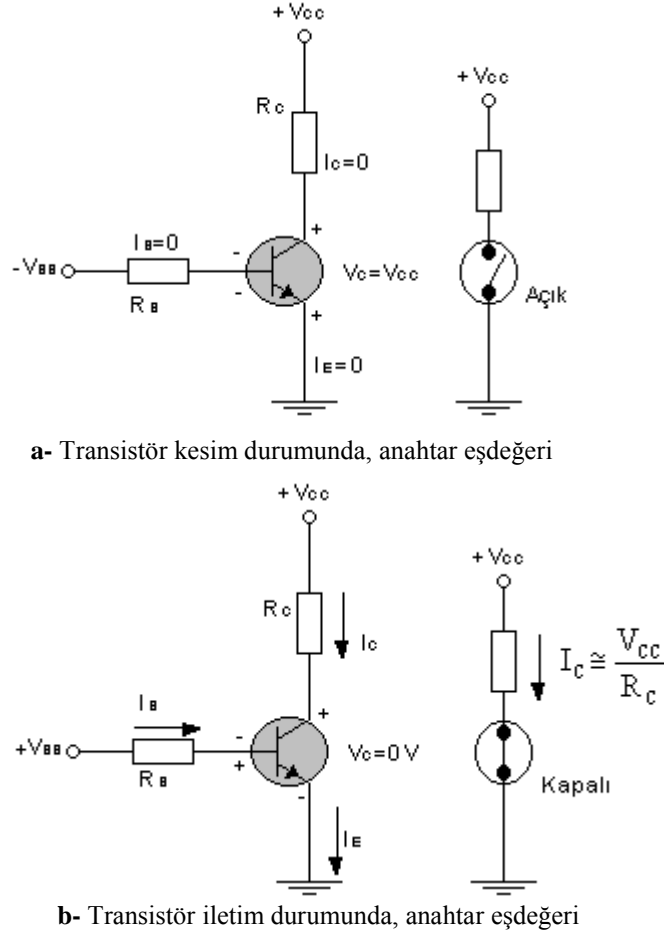
$$I_{C(SAT)} = \frac{V_{CC} - V_{CE(SAT)}}{R_C}$$

olarak hesaplanır. Burada $V_{CE(SAT)}$, V_{CC} 'ye göre çok küçük olduğundan genellikle ihmal edilebilir.

Saturasyon durumu için gerekli olan minimum baz akımı ise;

$$I_{B(min)} = \frac{I_{C(sat)}}{\beta_{DC}}$$

olarak hesaplanır. Transistörün saturasyon durumunda kalması için I_B 'nin $I_{B(min)}$ 'den daha büyük olması gerekmektedir.



Şekil 3.6. Transistörün anahtar olarak kullanılmasını gösteren temel devre

Bir NPN transistörün, öngerilimlenme gerilim değerlerinin ve iletim anında üzerinden geçen akım değerlerinin bulunmasını Şekil 3.7'yi göz önüne alarak inceleyelim. Baz ve emetörden geçen akımlara göre, (Şekil 3.7.a) bu kısma kirchhoff gerilim yasası uygulanırsa;

$$V_{CC} - I_B R_B - V_{BE} - I_E R_E = 0$$

denklemini elde edilir. $I_E = (\beta + 1)I_B$ eşitliği de göz önüne alınınca;

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E}$$

denklemini elde edilir.

Kollektör ve emetörden geçen akımlara göre, (Şekil 3.7.b) bu kısımda kirchhoff gerilim yasası uygulanırsa;

$$V_{CC} - I_C R_C - V_{CE} - I_E R_E = 0$$

denklemini elde edilir. $I_E \cong I_C$ eşitliği de göz önüne alınınca;

$$V_{CE} \cong V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

denklemini elde edilir.

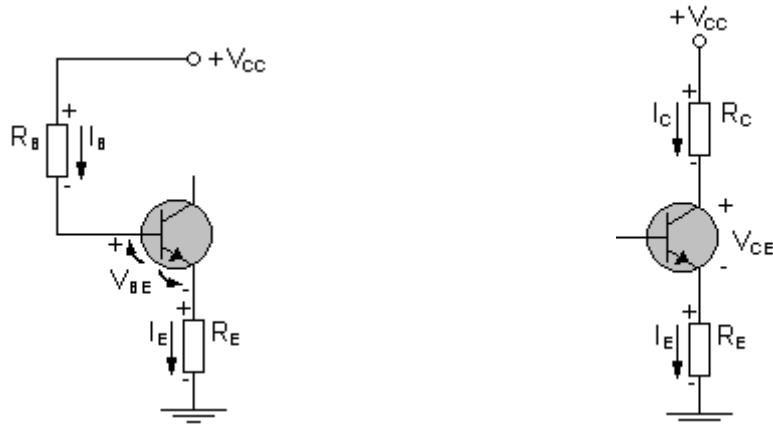
Emetör toprak arası ölçülen gerilim;

$$V_E = I_E R_E \cong I_C R_E$$

Kollektör toprak arası ölçülen gerilim ise;

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C$$

denklemlerinden hesaplanabilir.



a- Baz-Emetör öngerilimlemesi

b- Kollektör-Emetör öngerilimlemesi

Şekil 3.7. Transistörün akımlarının ve öngerilimleme değerlerinin bulunması

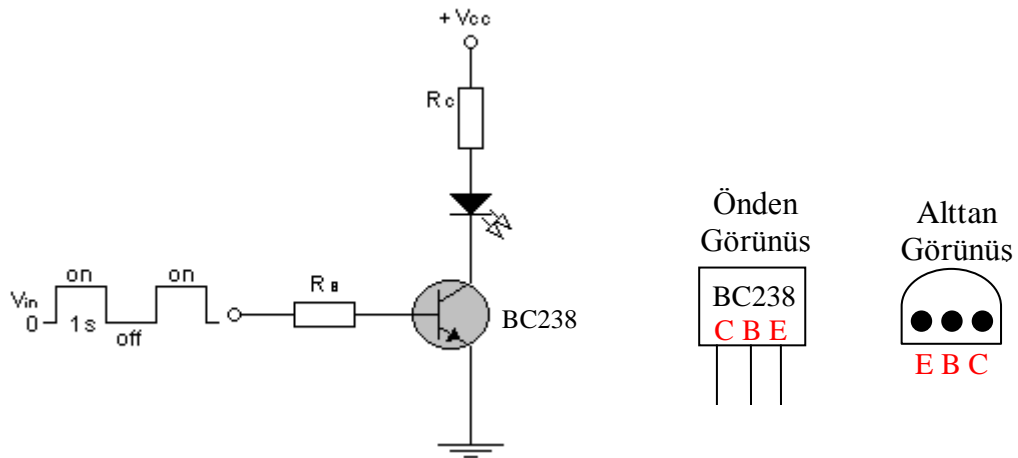
Transistörün sağlamlık kontrolü de diyodun sağlamlık kontrolüne benzer şekilde yapılır. Sağlamlık kontrolünü yapmadan önce hangi tip ölçü aleti (analog veya dijital ölçü aleti) kullanılırsa kullanılsın, öncelikle bazı ayarların yapılması gerekmektedir. Ölçü aletinin komütatörünü diyot simgesinin (analog ölçü aletinde ohm simgesinin) olduğu kademeye getirmeliyiz ve siyah probu toprak, kırmızı probu ohm simgesinin olduğu yere takmalıyız. Bu işlemlerden sonra transistörün sağlamlık kontrolü şu şekilde yapılır;

- NPN bir transistör için, baz ayağına kırmızı probu, emetör ayağına ise siyah probu tutalım (analog ölçü aletinde ise siyah prob baz ayağına tutulur). Bu durumda ölçü aletinde küçük bir direnç değeri okunur (analog ölçü aletinde ibrede sapma gözlenir).
- İkinci işlem olarak baz ayağını hiç değiştirmeden siyah probu emetörden kollektöre tutalım. Bu durumda da küçük bir direnç değeri okunur.
- En son olarak ise problemlerden birini emetöre diğerini kollektöre tutalım. Bu durumda ise ölçü aleti çok yüksek değer anlamına gelen sola dayalı 1 değerini (analog ölçü aletinde ise ibre sapmaz) gösterir.

Anlatılan işlemlerde sadece problemlerin yerleri değiştirilerek, bir PNP transistörünün sağlamlık testi de aynı şekilde yapılabilir.

Şekil 3.8’de transistörün anahtar olarak kullanılması ile ilgili bir uygulama devresi görülmektedir. Verilmiş olan bu uygulama devresinde led yanar (ışık verir) ya da söner. Örneğin, devrenin girişine, periyodu 2sn olan bir kare dalga sinyal uygulandığını varsayalım. Kare dalga 0V seviyesindeyken transistör kesimdedir ve kollektör akımı sıfırdır. Bu durumda led ışık vermez.

Kare dalga yüksek seviyeye çıktığında ise transistör saturasyondadır ve kollektörden geçen akım led’in ışık vermesini sağlayacaktır. Böylece led, giriş sinyalinin periyodundan dolayı 1sn yanacak, 1sn sönecektir.



Şekil 3.8. Transistörün anahtar olarak kullanılmasını gösteren uygulama devresi

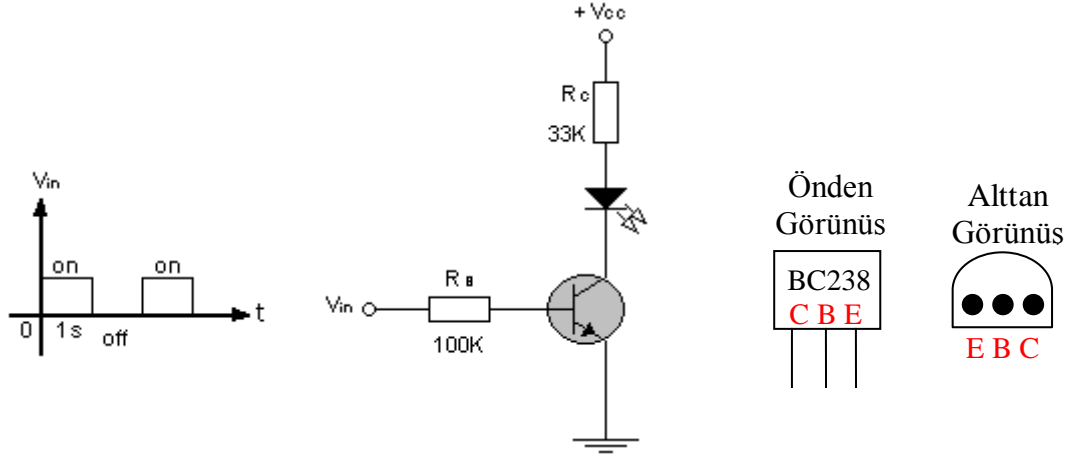
DENEYİN YAPILIŞI:

Deneyde Kullanılacak Elemanlar

- 1 adet 33K direnç
- 1 adet 100K direnç
- 1 adet BC 238 transistör
- 1 adet LED diyot
- 1 adet osilaskop
- 1 adet dijital ölçü aleti
- 1 adet sinyal jeneratörü

A. TRANSİSTÖRÜN ANAHTAR OLARAK KULLANILMASI

1. Şekil 3.9’da ki devreyi kurunuz.



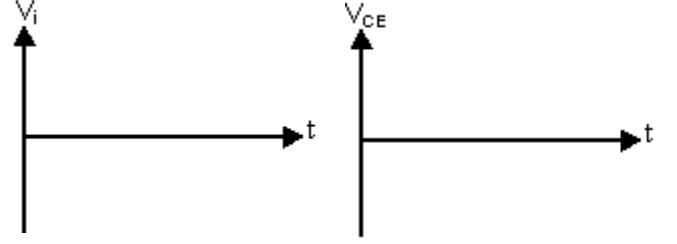
Şekil 3.9. Transistörün anahtar olarak kullanılmasının uygulama devresi, BC238 transistörünün ayak bağlantı isimleri

2. Sinyal jeneratörünü çıkışında, genliği 5V ve periyodu 2sn olan bir kare dalga sinyali üretecek şekilde ayarlayınız.
 3. V_i girişine (A noktası), kare dalgaya ayarladığınız sinyal jeneratörünün çıkışını uygulayınız.
- a- V_i ve V_{CE} gerilimlerini dijital ölçü aleti ile ölçüp not alınız. V_i 'nin gerilim değerine göre led'in durumunu yazınız.

V_i (volt)	V_{CE} (volt)	LED

- b- V_i giriş geriliminin her bir yüksek seviyesinde (5V), transistörün V_{CE} gerilimini osilaskopta ölçüp not alınız.

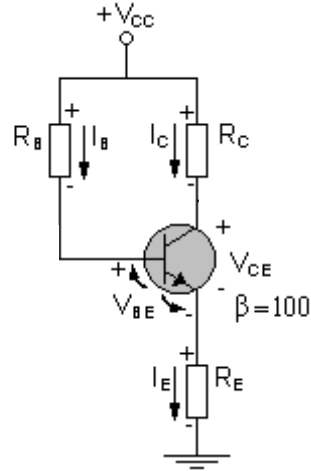
V_i (volt)	V_{CE} (volt)
5	
0	
5	
0	



- c- Led giriş geriliminin her bir farklı seviyesi için nasıl davranmaktadır. Bunun nedenini, transistörün iletim ve kesim anındaki durumunu göz önüne alarak açıklayınız.

ÇALIŞMA SORULARI

- 1- NPN tipinde bir transistörün iletime geçme şartlarını yazınız.
- 2- Bir PNP transistörün, analog ölçü aleti ile sağlamlık kontrolü nasıl yapılır? Anlatınız.
- 3- Aşağıda verilen devrede istenilenleri bulunuz.



$V_{CC}=+20V$ $R_B=470K$ $R_C=2K$ $R_E=1K$ olarak verildiğine göre; DC öngerilimleme gerilimini (V_{CE}) ve I_C akımını bulunuz.

BÖLÜM 4. İŞLEMSEL KUVVETLENDİRİCİLER (OP-AMP) UYGULAMALARI

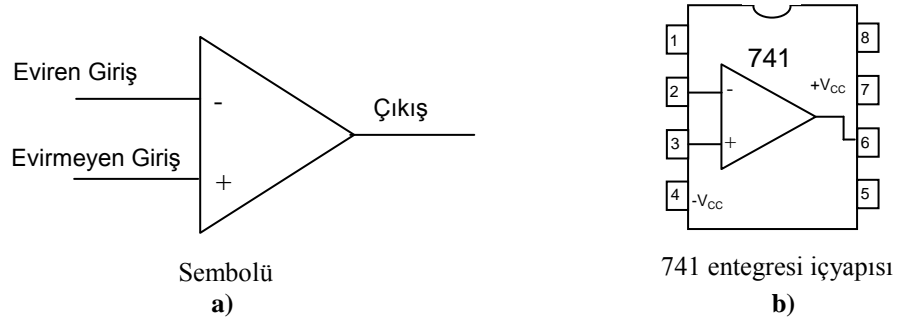
- 1- Eviren, Evirmeyen, Gerilim İzleyici Deneyleri
- 2- Toplayıcı ve Fark Alıcı Deneyleri
- 3- Karşılaştırmalı Deneyi
- 4- Türev ve İntegral Alıcı Deneyleri

DENEY 8. EVİREN-EVİRMEYEN-GERİLİM İZLEYİCİ DEVRELERİ

DENEYİN AMACI

1. İşlemsel Kuvvetlendiricilerin çalışma prensibini öğrenmek.
2. İşlemsel Kuvvetlendiricilerin eviren yükselteç olarak çalışmasını öğrenmek.
3. İşlemsel Kuvvetlendiricilerin evirmeyen yükselteç olarak çalışmasını öğrenmek.

ÖN BİLGİ



Şekil 4.1. İşlemsel Kuvvetlendirici Sembolü ve Entegre İç yapısı

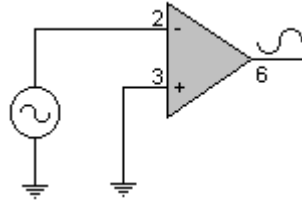
İşlemsel kuvvetlendiriciler (Operasyonel Amplifikatör (OP-AMP)-Fark Yükselteçler), BJT ve FET devreleri içeren, genellikle entegre (Integrated Circuit-IC) devreler içine paketlenen ve gerilim veya akım kazancı sağlayan elektronik devrelerdir. Ayrıca güç kazancı ya da empedans dönüştürme de yapabilir. Kuvvetlendiriciler çeşitli şekilde sınıflandırılabilirler; her birisi öngörülen frekans aralığında çalışan düşük frekans kuvvetlendiricileri, ses kuvvetlendiricileri, ultrasonik kuvvetlendiriciler, radyo frekans (RF) kuvvetlendiricileri, geniş band kuvvetlendiricileri ve görüntü (video) kuvvetlendiricileri vardır.

İşlemsel kuvvetlendirici, kararlı bir gerilim kazancı sağlamak için gerilim geri beslemesi kullanan, yüksek kazançlı bir fark yükselteçidir. Kullanılan kuvvetlendirici, esasında yüksek giriş empedansı ve düşük çıkış empedansı ile yüksek açık devre kazancına sahip bir fark kuvvetlendiricisidir. İşlemsel kuvvetlendiriciler için iki temel devreden biri eviren, diğeri evirmeyen kuvvetlendiricidir.

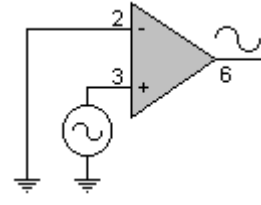
İdeal bir işlemsel kuvvetlendiricininin giriş empedansı ve açık devre kazancı sonsuzdur. İşlemsel kuvvetlendiricilerde 'açık devre kazancı', dışarıdan giriş ile çıkış arasına harici bir geri besleme direnci olmadığı durumda hesaplanan kazançtır. Bu durumun aksine, giriş ile çıkış arasına harici bir geri besleme direnci bağlandığı durumda hesaplanan kazanç ise '**kapalı devre kazancı**'dır.

Şekil 4.1.a'da da görüldüğü gibi bir işlemsel kuvvetlendirici iki sinyal girişine sahiptir. Bu girişlerden başka, çıkış off-set gerilimini sıfıra yaklaştırmak amacıyla iki adet off-set kontrol girişi de bulunabilir. (Off-set gerilimi, sinyal girişlerinin genlik değerleri aynı olduğu anda çıkışta oluşabilecek \pm gerilim değeridir. Bu istenmeyen bir durumdur.)

Şekil 4.1.b'de bir işlemsel kuvvetlendirici olan 741 entegresinin iç yapısı görülmektedir. Entegrenin 2 numaralı pini, işlemsel kuvvetlendiricinin eviren girişidir. Evirmeyen giriş (entegrenin 3 numaralı pini), toprak potansiyelinde veya eviren girişten daha düşük genlikli bir gerilim potansiyelinde olduğunda, eviren girişe uygulanan sinyal, çıkışa terslenerek (180° faz farklı olarak) aktarılır (Şekil 4.2.a). Yani giriş sinyalinin negatif olduğu durumlarda çıkış sinyali pozitif, giriş sinyalinin pozitif olduğu durumlarda ise çıkış sinyali negatiftir. Entegrenin 3 numaralı pini ise, işlemsel kuvvetlendiricinin evirmeyen girişidir. Eviren giriş (entegrenin 2 numaralı pini), toprak potansiyelinde veya evirmeyen girişten daha düşük genlikli bir gerilim potansiyelinde olduğunda, evirmeyen girişe uygulanan sinyal, çıkışta aynı polaritede elde edilir (Şekil 4.2.b). Yani giriş sinyalinin negatif olduğu durumlarda çıkış sinyali negatif, giriş sinyalinin pozitif olduğu durumlarda ise çıkış sinyali pozitiftir.



a) Eviren Kuvvetlendirici

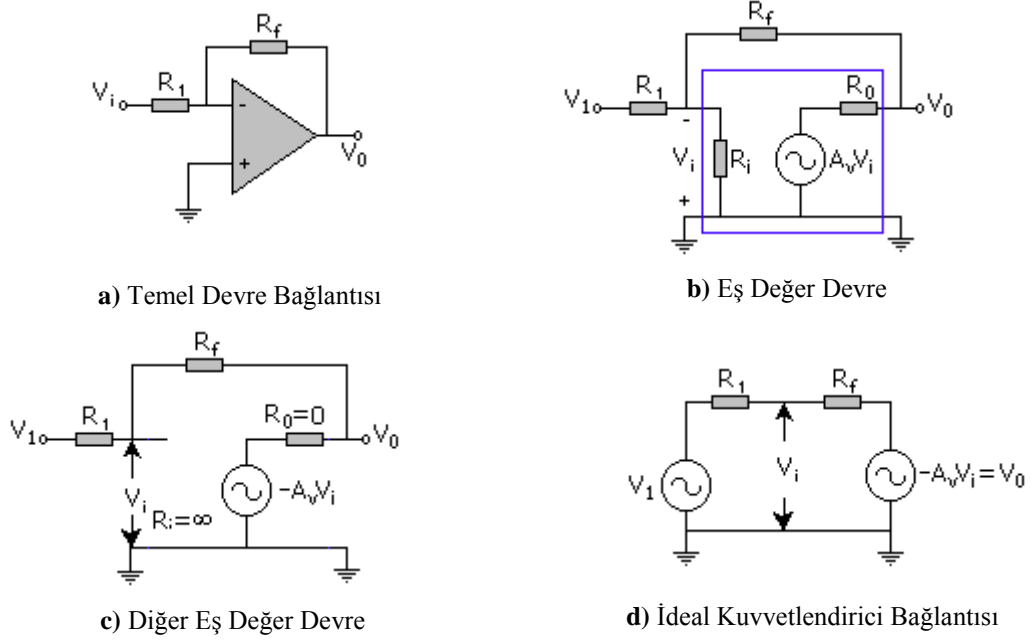


b) Evirmeyen Kuvvetlendirici

Şekil 4.2. Eviren ve Evirmeyen Kuvvetlendiriciler ve Çıkış Sinyalleri

İşlemsel kuvvetlendiricinin temel devre bağlantısı Şekil 4.3.a'da gösterilmiştir. Görüldüğü gibi devre eviren bir yükselteç olarak çalışmaktadır. R_1 direnci üzerinden eviren giriş ucuna bir V_1 giriş sinyali uygulanır. Çıkış gerilimi, R_f direnci üzerinden aynı giriş ucuna (eviren girişe) geri beslenir. Evirmeyen giriş ucu ise toprağa bağlıdır. Bu durumda devrenin toplam kazancını bulmak için eşdeğer devreleri inceleyelim.

Şekil 4.3.b'de, devrenin eşdeğeri verilmiştir. Eşdeğer devre incelenirse ve ideal bir kuvvetlendiricinin giriş direncinin ' ∞ ', çıkış direncinin ' 0 ' ve kazancının da ' ∞ ' olduğu hatırlanırsa Şekil 4.3.c'deki bir diğer eşdeğer devre elde edilir. Bu bilgiler ışığında oluşan kuvvetlendirici Şekil 4.3.d'deki gibi olacaktır.



Şekil 4.3. İşlemsel Kuvvetlendiricinin Eviren Olarak Çalışması

Şekil 4.3’de verilen devreye bilinen devre analizi yöntemleri (Süper Pozisyon Yöntemi) uygulanarak kuvvetlendiricinin kazancı hesaplanabilir. İdeal bir eviren kuvvetlendiricinin kazancı,

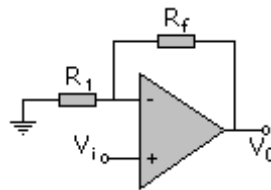
$$A_v = -\frac{R_f}{R_1}$$

ile tanımlanır. R_1 giriş, R_f ise geri besleme direncidir. Eksi işareti ise faz dönüştürme işlemini ifade etmektedir.

Görüldüğü gibi kazanç sadece R_1 ve R_f dirençlerine bağlıdır. Eviren kuvvetlendirici için sıralanan yukarıdaki işlem basamakları, Şekil 4.4’de görülen evirmeyen kuvvetlendirici için de uygulanacak olursa, ideal bir evirmeyen kuvvetlendiricinin kazancı ise,

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

olarak bulunur.



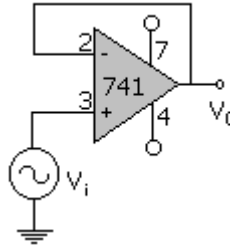
Şekil 4.4. Evirmeyen Kuvvetlendirici

İşlemsel kuvvetlendiricilerin, kazanç veya diğer gerilim hesaplamalarında kolaylık sağlaması açısından, kuvvetlendiricinin girişinde virtual ground (sanal toprak) olduğu varsayılır. Bu varsayım işlemlerde büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Burada göz ardı edilmemesi gereken bir nokta vardır. Çıkışta elde edilen gerilim, besleme kaynağından sağlanır. Kuvvetlendiricinin çıkış geriliminin besleme geriliminden yüksek olması beklenmemelidir. Çıkış gerilimi en fazla, besleme geriliminin yaklaşık 1,5 V altında bir değere kadar elde edilebilir. Bundan dolayı kazancın kontrol edilmesi gereklidir. Eğer giriş geriliminden daha yüksek bir çıkış gerilimi elde edecek olursak, çıkış sinyalinde kırılmalar oluşacaktır. Bu istenmeyen durumun engellenmesi için kazanç kontrol edilir.

Kazancı kontrol eden, giriş ile çıkış arasında bağlanmış olan feedback (geri besleme) direncidir. Girişin pozitif olduğu durumda çıkış negatif olacaktır. Çıkıştaki bu negatif gerilim R_F direnci yardımıyla (-) girişe uygulanarak giriş sinyalinin etkisini azaltır. Buda çıkış geriliminin genliğini azaltır. R_F direnç değeri artırılırsa geri besleme azalacağından çıkış genliği yükselir. Yani kazanç artar. R_F direnci azaltılırsa geri besleme artacağından çıkış genliği düşer.

İşlemsel kuvvetlendiriciler bu uygulamalardan başka gerilim izleyici olarak da kullanılırlar. Gerilim izleyiciler; çıkış sinyalinde, giriş sinyalinin polaritesini ters çevirmeksizin 1 değerinde kazanç sağlayan devrelerdir. Gerilim izleyici devreler birbirine bağlanmak istenen iki devre arasında tampon vazifesi görmek için kullanılırlar. Bu devrelerin uygulamasında Op-Amp'ın evirmeyen girişi kullanılır ve kazanç 1 olarak belirlenir. Bu tip devrelerde Op-Amp'ların kullanılmalarının başında yüksek giriş empedansına ve düşük çıkış empedansına sahip olmaları gelmektedir.



Şekil 4.5. İşlemsel Kuvvetlendiricinin Gerilim İzleyici Olarak Kullanılması

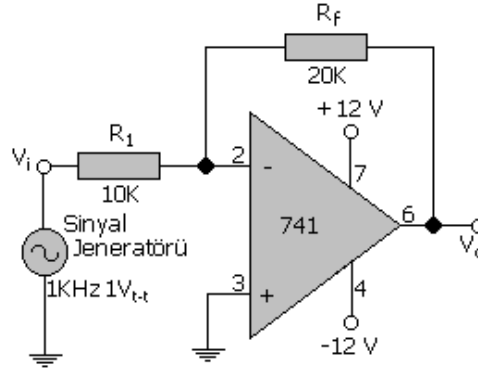
DENEYİN YAPILIŞI:

Deneyde Kullanılacak Elemanlar

- 1 adet 10K direnç
- 1 adet 20K direnç
- 1 adet 30K direnç
- 1 adet 150K direnç
- 1 adet 1M direnç
- 1 adet LM 741 OP-AMP entegresi
- 1 adet Sinyal Jeneratörü
- 1 adet Osilaskop

A. EVİREN YÜKSELTEÇ DENEYİ

1. Şekil 4.6'daki devreyi kurunuz, 741 op-amp entegresine uygulayacağımız ± 12 V DC besleme gerilimini ayarlayınız.

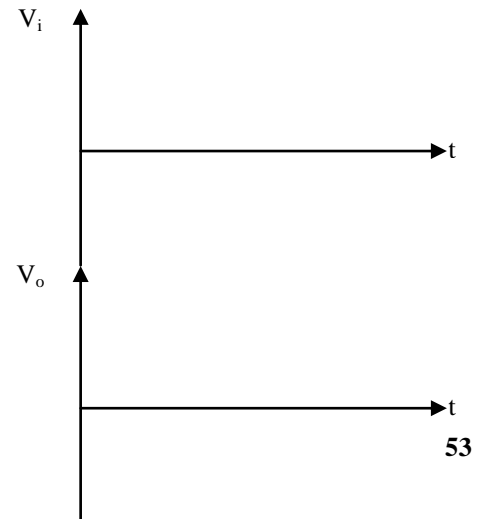


Şekil 4.6. 741 OP-AMP entegresi ile gerçekleştirilen eviren yükselteç devresi

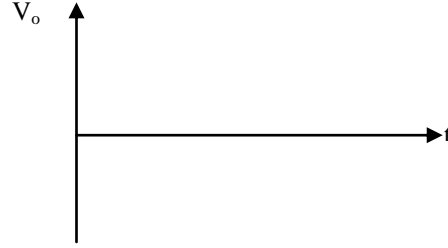
2. Sinyal jeneratörünü 1 Khz ve 1 V_{t-t} ' a (tepeden-tepeye) ayarlayınız. Osilaskopta sinyalleri rahat görebilecek şekilde V/Div ve T/Div komütatörlerini ayarlayınız.
3. Tablo 4.1'deki her R_f değeri için giriş ve çıkış sinyallerini gözlemleyerek dalga şekillerini çiziniz. Çıkış genliğini osilaskopta ölçünüz ve bulmanız gereken V_o değerini hesap yoluyla da elde ediniz. Ölçüm ve hesapla bulduğunuz V_o ve A_v (kazanç) değerlerini Tablo 4.1'de ilgili yerlere kaydediniz.

Tablo 4.1

R_f (Ω)	V_o (Volt)		A_v V_o/V_i
	Hesaplama ile Bulunan	Ölçüm ile Bulunan	
10K			
20K			
30K			
150K			
1M			



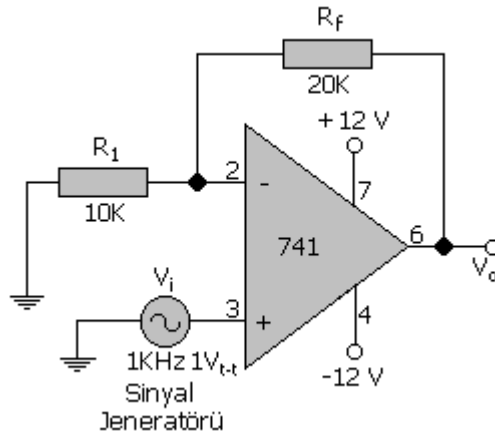
4. R_F direncini 2Mohm yapınız. Çıkış geriliminin şekli nasıldır. Bunun nedenini yazınız. Çıkış gerilimini hesaplayınız. Elde ettiğiniz sonucu yorumlayınız.



5. $R_F=20K$ iken, eviren kuvvetlendiriciyi DC kuvvetlendiriciye dönüştürmek üzere sinyal jeneratörü yerine DC bir gerilim bağlayınız. $V_i = 1,5$ V DC yaparak V_o çıkış gerilimini AVO metre ile ölçünüz ve girişe göre polaritesine dikkat ediniz.
6. R_F direncini 150 K yapınız. Sinyal jeneratörünün genliğini yavaş yavaş arttırınız. Çıkış sinyali kırılmaya başladı mı? Neden? Açıklayınız.

B. EVİRMEYEN YÜKSELTEÇ DENEYİ

1. Şekil 4.7'deki devreyi kurunuz, 741 op-amp entegresine uygulayacağımız ± 12 V DC besleme gerilimini ayarlayınız.

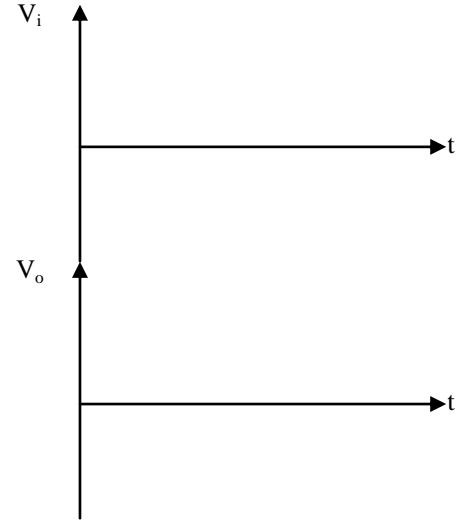


Şekil 4.7. 741 OP-AMP entegresi ile gerçekleştirilen evirmeyen yükselteç devresi

- Sinyal jeneratörünü 1 Khz ve 1 V_{tt}' a (tepeden-tepeye) ayarlayınız. Osilaskopta sinyalleri rahat görebilecek şekilde V/Div ve T/Div komütatörlerini ayarlayınız.
- Tablo 4.2'deki her R_f değeri için giriş ve çıkış sinyallerini gözlemleyerek dalga şekillerini çiziniz. Çıkış genliğini osilaskopta ölçünüz ve bulmanız gereken V_o değerini hesap yoluyla da elde ediniz. Ölçüm ve hesapla bulduğunuz V_o ve A_v (kazanç) değerlerini Tablo 4.2'de ilgili yerlere kaydediniz.

Tablo 4.2

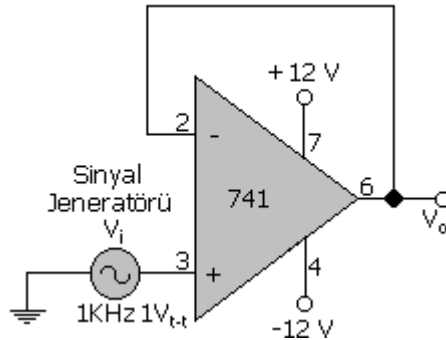
R _F (Ω)	V _o (Volt)		A _v V _o /V _i
	Hesaplama ile Bulunan	Ölçüm ile Bulunan	
10K			
20K			
30K			
150K			
1M			



- Evirmeyen kuvvetlendiriciyi DC kuvvetlendiriciye dönüştürmek üzere sinyal jeneratörü yerine DC bir gerilim bağlayınız. V_i = 1 V DC yaparak V_o çıkış gerilimini ölçünüz ve girişe göre polaritesine dikkat ediniz.

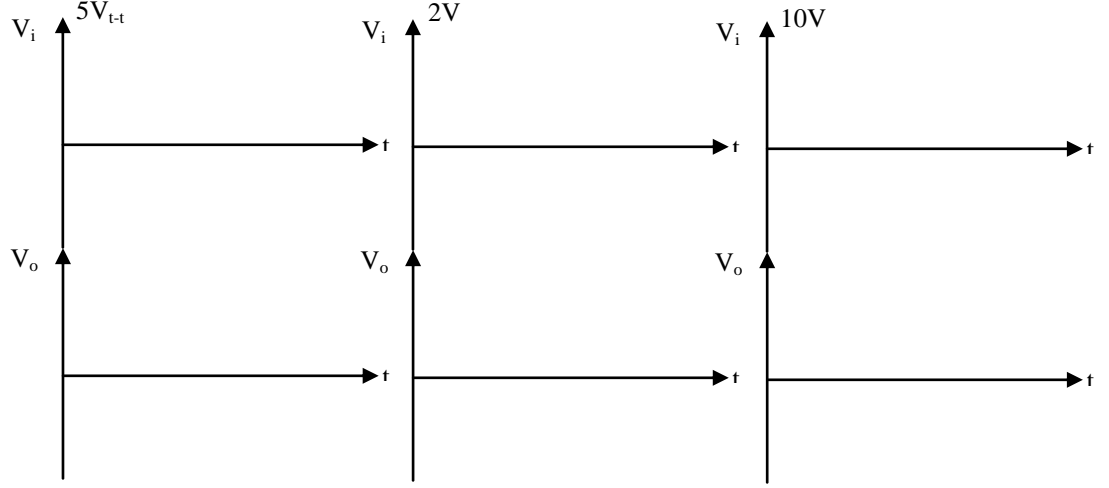
C. GERİLİM İZLEYİCİ DENEYİ

- Şekil 4.8'de verilen devreyi kurunuz.

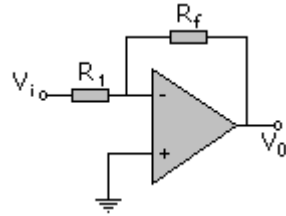


Şekil 4.8. 741 OP-AMP entegresi ile gerçekleştirilen gerilim izleyici devresi

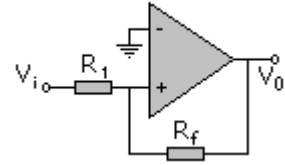
2. Sinyal Jeneratörünü $V_i = 5V$ (tepeden-tepeye) ve 1KHz frekanslı sinyal üretecek şekilde ayarlayınız. Bu durumda V_o çıkış gerilimini gözleyiniz. Giriş sinyali ile çıkış sinyali arasındaki faz açısını yorumlayınız. Aynı işlemleri $V_i = 2V$ tepe değerli kare dalga ve $V_i = 10V$ DC gerilimlerle tekrarlayarak çıkışı gözlemleyiniz.



ÇALIŞMA SORULARI



Şekil 4.9.a) Eviren Yükselteç Devresi



Şekil 4.9.b) Evirmeyen Yükselteç Devresi

1- Şekil 4.9.a'da verilen devrede $R_1=100K$, $R_f=500K$ ' dir. $V_i = -2V$ 'luk giriş sinyali için çıkış gerilimi ne olur?

2- Şekil 4.9.b'de verilen devrede $R_1=20K$, $R_f=300K$ ' dir. $V_i = 2V$ 'luk giriş sinyali için çıkış gerilimi ne olur?

DENEY 9. OP-AMP'IN TÜREV-İNTEGRAL ALICI OLARAK KULLANILMASI

DENEYİN AMACI

- 1- İşlemsel Kuvvetlendiricilerin türev alıcı olarak nasıl çalıştıklarını öğrenmek.
- 2- İşlemsel Kuvvetlendiricilerin integral alıcı olarak nasıl çalıştıklarını öğrenmek.

ÖN BİLGİ

Türevleyici devresi, genel olarak bir eviren yükselteç özelliğindedir (Şekil 4.10). Fark olarak girişte direnç yerine kondansatör (C_i) bulunmaktadır. Elektronik türev alıcının çıkışı, zamanın herhangi bir noktasındaki giriş dalga şeklinin değişim oranıdır. Türev almak için, girişe seri bir kondansatör bağlanır. Türev alma işlemi, formüllerle şu şekilde açıklanabilir.

Op-Amp devresinin giriş empedansı çok yüksek olduğundan A noktasındaki gerilim yaklaşık şase potansiyelindedir (0 Volt). (Op-Amp'ların girişlerindeki virtual ground olayını hatırlayınız). Bu durumda C_i kondansatörü üzerinden akacak akım;

$$I = \frac{CdV}{dt}$$

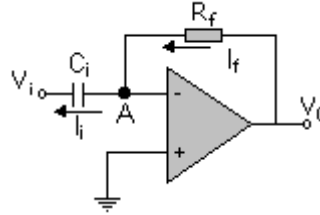
olur. Çıkış gerilimi ise;

$$V_o = -R_f I_f$$

olarak yazılabilir (A noktası yaklaşık 0 V olduğundan). Bu durumda $I_f = I_i$ olacağından dolayı çıkış gerilimi aynı zamanda

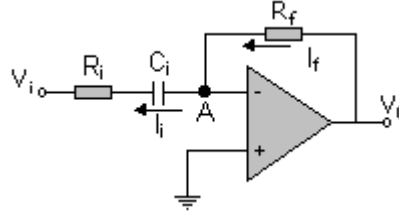
$$V_o = -R_f C_i dV_i / dt$$

olarak da yazılabilir.



Şekil 4.10. Türev alıcı devre

Şekil 4.10'daki devre uygulamada bu haliyle yeterli değildir. Çünkü C_i kondansatörü yüksek frekanslardaki işaretlere kısa devre gibi davranacağından yükseltecin kazancı artar, çıkış bu frekanslar için yüksek değerlere ulaşır. V_i işaretinin frekansı yüksek olmasa bile beraberinde gürültü mevcut olabilir. Şekil 4.10'daki devre gürültüyü yükseltebilir. Bu istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle, op-amp devresinin kazancına yüksek frekanslar için bir sınır koymak gereklidir. Bu işlem Şekil 4.11'de görüldüğü gibi, bir R_i direncinin eklenmesi ile sağlanabilir. Artık devrenin max kazancı R_f/R_i olarak sınırlandırılmıştır.



Şekil 4.11. Türev alıcı devre

Bu devrenin türevleyici olarak çalışması için iki şartı yerine getirmesi gereklidir.

1- Giriş işaret frekansı;

$$f_i \leq \frac{1}{2\pi R_i C_i} = f_c$$

olmalıdır. Bu değerden büyük işaretler için devre türevleyici olarak çalışmaz.

2- Devrede, $R_f C_i$ çarpımı “zaman sabitesi” olarak isimlendirilir. Giriş işaretinin periyodu yaklaşık bu değer civarında olmalıdır.

Elektronik integral alıcının çıkışı o andaki giriş dalga şeklinin altında kalan toplam alandır. Dikkat edilecek olursa, türevleyici devresindeki kondansatörü geri besleme direncine paralel bağlamak suretiyle integratör devresi elde edilmektedir (Şekil 4.12). Bu devre içinde, A noktasındaki gerilim şase potansiyelindedir (0 Volt). Bu durumda;

$$I_i = \frac{V_i}{R_i}$$

yazılabilir.

$$V_o = \frac{1}{C_f} \int_0^t i_f dt \quad \text{ve} \quad i_f = -i_i$$

olduğuna göre

$$V_o = -\frac{1}{C_f} \int_0^t i_i dt = -\frac{1}{C_f} \int_0^t \frac{V_i}{R_i} dt = -\frac{1}{C_f R_i} \int_0^t V_i dt$$

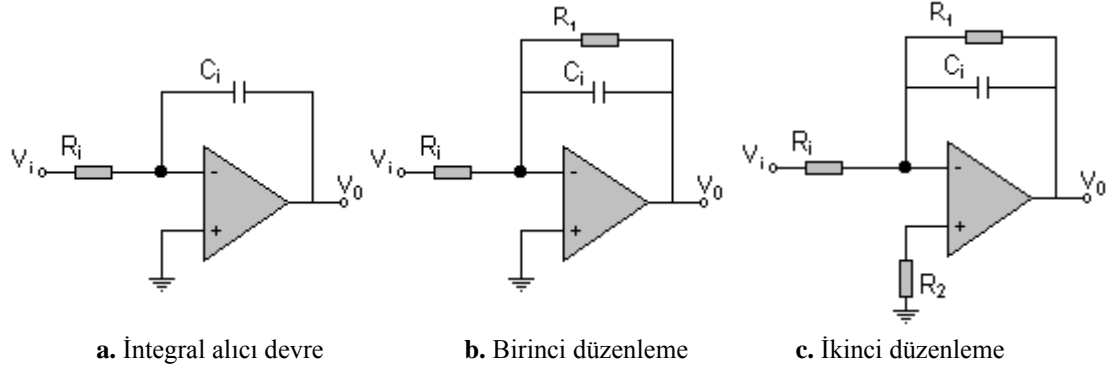
olarak bulunur.

Op-Amp devresindeki giriş ofset geriliminin giderek op-amp'ı doyuma götürmesini önlemek için Şekil 4.12.a'daki devrede değişiklik yapmak gerekir. Bu değişiklik C_f kondansatörüne paralel bir R_1 direnci bağlanarak yapılır (Şekil 4.12.b). Giriş polarma akımlarının eşit olmayışından doğacak ofset gerilimini ve dolayısıyla bu gerilimin etkilerini gidermek amacıyla, Şekil 4.12.c'de görüldüğü üzere R_2 direnci kullanılır. Bu direncin değeri ise;

$$R_2 = R_1 // R_i$$

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

olmalıdır.



Şekil 4.12. İntegral alıcı devre ve gerekli düzenlemeler

Devrenin bir integratör olarak görev yapabilmesi için girişine uygulanan işaretin frekansı (f_i);

$$f_i \geq f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_f}$$

olmalıdır. $f_i < f_c$ olduğunda, devre eviren yükselteç olarak çalışır. Ayrıca devrenin zaman sabitesi $\left(\frac{1}{R_1 C_f}\right)$ ile girişe uygulanan işaretin periyodu birbirlerine yakın değerde olmalıdır. Bir integratör girişine kare dalga uygulandığında çıkışta üçgen dalga elde edilecektir.

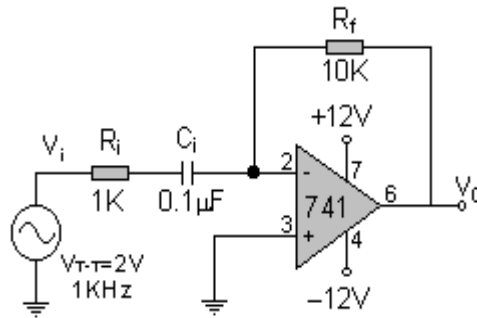
DENEYİN YAPILIŞI:

Deneyde Kullanılacak Elemanlar

- 1 adet 10K direnç
- 1 adet 1K direnç
- 1 adet 0.1µF kondansatör
- 1 adet LM 741 OP-AMP entegresi
- 1 adet Sinyal Jeneratörü
- 1 adet Osilaskop

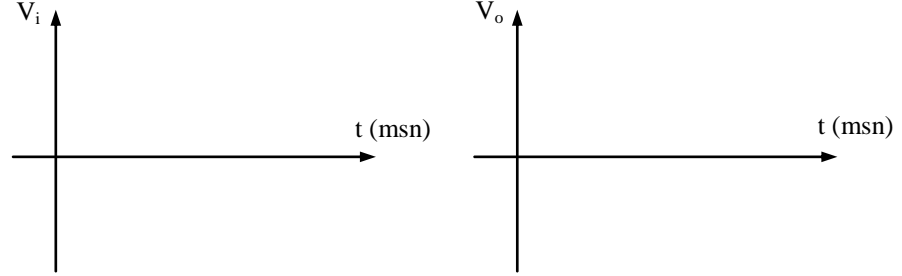
A. TÜREV ALICI DENEYİ

1. Şekil 4.13'deki devreyi kurunuz, 741 op-amp entegresine uygulayacağımız ± 12 V DC besleme gerilimini ayarlayınız.



Şekil 4.13. Türev alıcı devre

2. Sinyal jeneratörünün çıkışını, frekansı 1 Khz ve genliği $2 V_{t-t}$ (tepeden-tepeye) olan bir üçgen sinyal olarak ayarlayınız. Osilaskopta sinyalleri rahat görebilecek şekilde V/Div ve T/Div komütatörlerini ayarlayınız.
3. V_i ve V_o işaretlerini birlikte gözleyip aralarındaki farkları not ediniz. Devre türev alıcı olarak çalışmış mıdır?



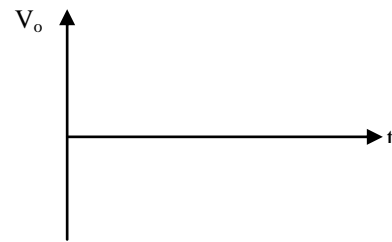
4. Tablo 4.3'deki V_o çıkış voltajının tepe genliğini ölçüp kaydediniz. Bu işlemi Tablo 4.3'de bulunan diğer frekans değerleri içinde yapınız.

Tablo 4. 3

Frekans (Hz)	V_o (Volt)
1500	
1000	
500	
200	

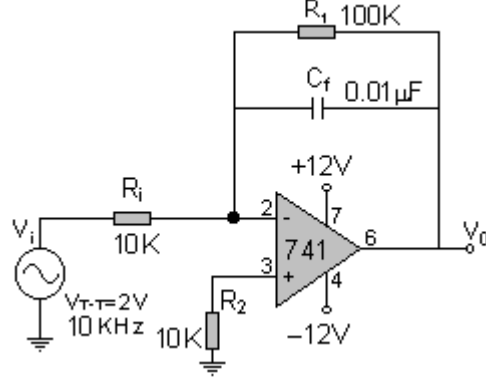
5. Girişe uygulanan üçgen dalganın genliği aynı kalmak koşuluyla frekansını 10KHz yapınız. Çıkış işaret şeklinde değişiklik oldu mu? Neden? Devrenin kazancı ne kadar? Devreye sadece eviren yükselteç gibi bakılabilir mi? Neden? Açıklayınız.

Av =



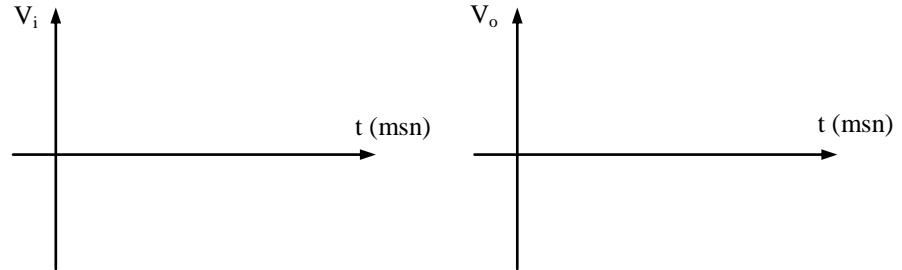
B. İNTEGRAL ALICI DENEYİ

1. Şekil 4.14'deki devreyi kurunuz, 741 op-amp entegresine uygulayacağımız ± 12 V DC besleme gerilimini ayarlayınız.



Şekil 4.16.İntegral alıcı devre

2. Sinyal jeneratörünün çıkışını, frekansı 10 KHz ve genliği $2 V_{t-t}$ (tepeden-tepeye) olan bir kare sinyal olarak ayarlayınız. Osilaskopta sinyalleri rahat görebilecek şekilde V/Div ve T/Div komütatörlerini ayarlayınız.
3. V_i ve V_o işaretlerini birlikte gözleyip aralarındaki farkları not ediniz. Devre integral alıcı olarak çalışmış mıdır?



4. Tablo 4.4'deki V_o çıkış voltajının tepe genliğini ölçüp kaydediniz. Bu işlemi Tablo 4.4'de bulunan diğer frekans değerleri içinde yapınız.

Tablo 4.4

Frekans (Hz)	V_o (Volt)
50	
100	
150	
500	
2000	

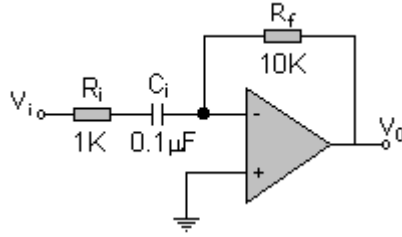
5. Girişe uygulanan kare dalga'nın genliği aynı kalmak koşuluyla frekansını 50Hz yapınız. Çıkış işaret şeklinde değişiklik oldu mu? Neden? Devrenin kazancı ne kadar? Devreye sadece eviren yükselteç gibi bakılabilir mi? Neden? Açıklayınız.

$A_v = \dots\dots\dots$

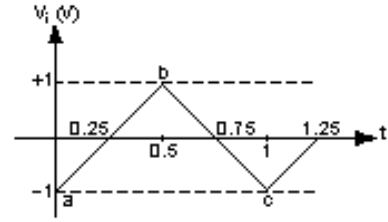


ÇALIŞMA SORULARI

- 1- Şekil 4.15.a'daki devre girişine Şekil 4.15.b'deki işaret uygulandığında devre türevleyici olarak çalışır mı? F_c ve F_i frekanslarını ve devrenin zaman sabiti ile T_i değerini karşılaştırarak cevabı bu sonuçlara dayandırınız.



Şekil 4.15.a. İntegral alıcı devre

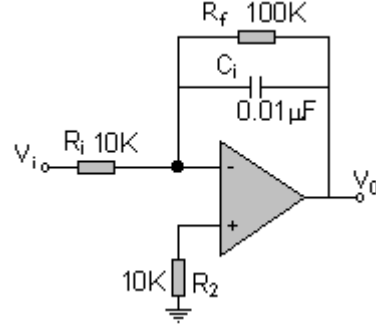


Şekil 4.15.b. Giriş sinyali

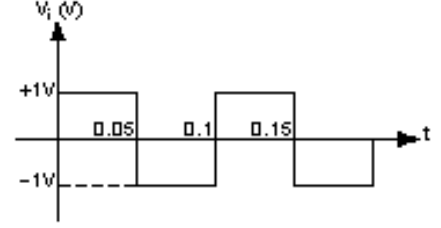
- 2- Şekil 4.15.a'daki devre girişine Şekil 4.15.b'deki işaret uygulandığında çıkış işaretinin şekli, frekansı ve genliği ne olur? Açıklayınız. V_i ve V_o işaretlerini çiziniz.



- 3- Şekil 4.16.a'daki devre girişine Şekil 4.16.b'deki işaret uygulandığında devre integratör olarak çalışır mı? F_c ve F_i frekanslarını ve devrenin zaman sabiti ile T_i değerini karşılaştırarak cevabı bu sonuçlara dayandırınız.

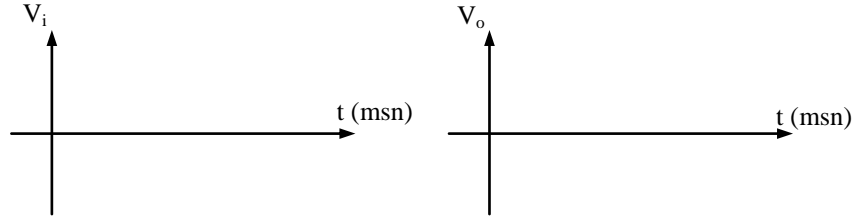


Şekil 4.16.a. İntegral alıcı devre



Şekil 4.16b. Giriş sinyali

- 4- Şekil 4.16.a'daki devre girişine Şekil 4.16.b'deki işaret uygulandığında çıkış işaretinin şekli, frekansı ve genliği ne olur? Açıklayınız. V_i ve V_o işaretlerini çiziniz.



DENEY 10. OP-AMP'IN TOPLAYICI-FARK ALICI OLARAK KULLANILMASI

DENEYİN AMACI

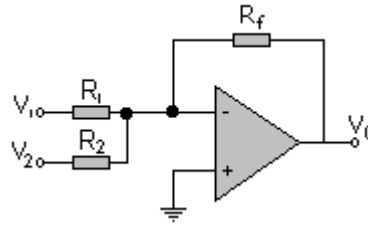
- 1- İşlemsel Kuvvetlendiricilerin toplayıcı olarak nasıl çalıştıklarını öğrenmek.
- 2- İşlemsel Kuvvetlendiricilerin fark alıcı olarak nasıl çalıştıklarını öğrenmek.

ÖN BİLGİ

İlk işlemsel kuvvetlendiriciler gerçekleştirildiğinde, onların temel fonksiyonları analog bilgisayardaki matematiksel işlemleri gerçekleştirmektir. Bunlar toplama, çıkarma, çarpma, bölme, integral ve türev alma gibi işlemlerdir. Analog bilgisayarlarda kullanılan bu işlemsel kuvvetlendiricilerin belki de en yararlısı toplam alan yükselteç devresidir.

Şekil 4.17'de her bir giriş gerilimini sabit kazanç ile çarpıp, daha sonra bunları cebirsel olarak toplayan iki girişli bir toplam yükselteç devresi görülmektedir. Giriş sayısı arttırılabilir. Çıkışın doğru bir değer olarak elde edilebilmesi için, giriş gerilimlerinin toplamları ile kazanç çarpımından elde edilen değer, besleme gerilim değerinden küçük olmalıdır. Burada op-amp eviren yükselteç olarak çalışmakta olup çıkış gerilimi, girişler cinsinden aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

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



Şekil 4.17. Toplayıcı devresi

Şekil 4.18'de op-amp'ın fark yükselteç olarak kullanıldığı devre görülmektedir. Fark alma işlemi V_2 'den V_1 'in çıkarılması ile gerçekleşir. Çıkışta elde edilecek gerilim ise giriş dirençlerinin ve kazancın değerine bağlı olarak değişiklik gösterir. Devrede süperpozisyon teoremi uygulandığında;

V_1 'den dolayı elde edilen çıkış (V_o');

$$V_o' = -\frac{R_F}{R_1} V_1$$

olur.

V_2 'den dolayı elde edilen çıkış (V_o'');

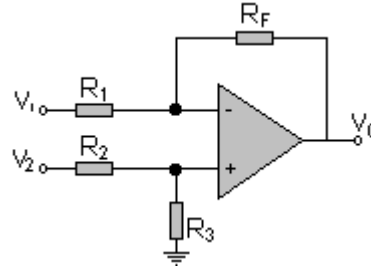
$$V_o'' = \left(\frac{V_2 R_3}{R_2 + R_3} \right) \left(1 + \frac{R_F}{R_1} \right)$$

$$V_o'' = \left(1 + \frac{R_F}{R_1} \right) \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) V_2$$

olur. Buradan da toplam elde edilecek sonuç ise;

$$V_o = V_o' + V_o'' = -\frac{R_F}{R_1} V_1 + \left(1 + \frac{R_F}{R_1} \right) \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) V_2$$

olarak bulunur.



Şekil 4.18. Fark alıcı devre

Dikkat edilirse devre aynı anda eviren ve evirmeyen yükselteç olarak çalışmaktadır. Bu işlemler birbirlerine ters işlemler olduğundan, aynı anda çalıştıklarında giriş gerilimlerinin farkları alınmış olur.

DENEYİN YAPILIŞI:

Deneyde Kullanılacak Elemanlar

- 1 adet 1K direnç
- 1 adet 2.2K direnç
- 1 adet 4.7K direnç
- 4 adet 10K direnç
- 2 adet 22K direnç
- 1 adet LM 741 OP-AMP entegresi
- 1 adet Dijital Ölçü aleti

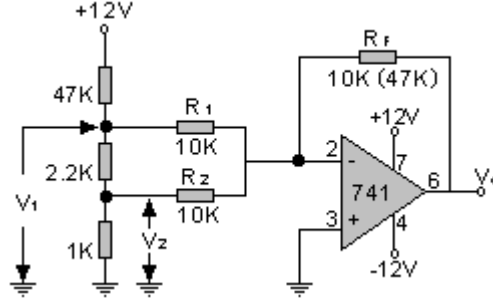
A. TOPLAYICI DENEYİ

1. Şekil 4.19'daki devreyi kurunuz, 741 op-amp entegresine uygulayacağımız ± 12 V DC besleme gerilimini ayarlayınız.
2. Dijital ölçü aleti kullanarak;
 - a- V_1 , V_2 , V_o gerilimlerini ölçüp not ediniz.

$V_o = -(V_1 + V_2)$ oluyor mu?

$V_1 =$
$V_2 =$
$V_o =$

b- Bulduğunuz sonucu, ön çalışma-1’de bulduğunuz sonuç ile karşılaştırınız.



Şekil 4.19. Toplayıcı devresi

3. R_f direncini 47K yapınız. Dijital ölçü aleti kullanarak;

a- V_1 , V_2 , V_o gerilimlerini ölçüp not ediniz. $V_o = -(V_1 + V_2)$ eşitliği halen geçerli mi? Değilse nedenini açıklayınız.

$V_1 =$
$V_2 =$
$V_o =$

b- Bulduğunuz sonucu, ön çalışma-2’de bulduğunuz sonuç ile karşılaştırınız.

B. Fark Alıcı Deneyi İşlem Basamakları

1. Şekil 4.20’deki devreyi kurunuz, 741 op-amp entegresine uygulayacağımız ± 12 V DC besleme gerilimini ayarlayınız.

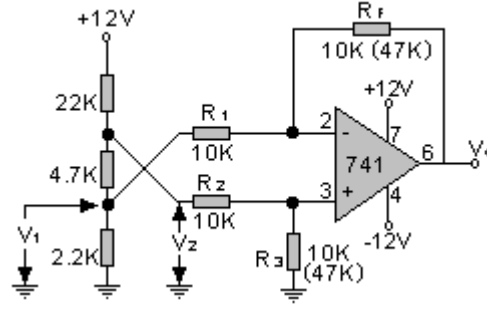
2. Dijital ölçü aleti kullanarak;

a- V_1 , V_2 , V_o gerilimlerini ölçüp not ediniz.

$V_o = (V_2 - V_1)$ oluyor mu?

$V_1 =$
$V_2 =$
$V_o =$

b- Bulduğunuz sonucu, ön çalışma-1’de bulduğunuz sonuç ile karşılaştırınız.



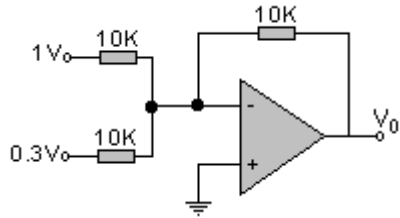
Şekil 4.20 Fark alıcı devre

3. $R_3=R_f=47K$ yapınız.

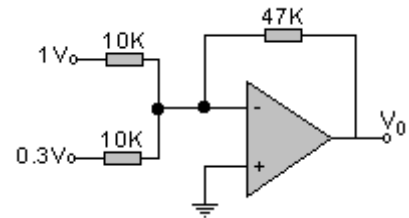
- a- V_1 , V_2 , V_o gerilimlerini ölçüp not ediniz. $V_o=(V_2-V_1)$ eşitliği halen geçerli mi? Değilse nedenini açıklayınız.
- b- Bulduğunuz sonucu, ön çalışma-2’de bulduğunuz sonuç ile karşılaştırmız.

ÇALIŞMA SORULARI

- 1- Şekil 4.21’deki devrenin çıkışında kaç volt görülür? Hesaplayınız.
- 2- 1. basamakta yapılan işlemleri Şekil 4.22’deki devre içinde yapınız.

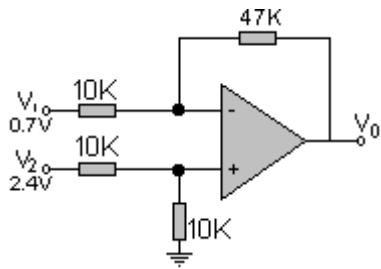


Şekil 4.21. Toplayıcı devre

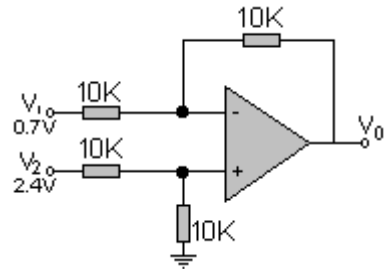


Şekil 4.22. Toplayıcı devre

- 3- Şekil 4.23’deki devrenin çıkışında kaç volt görülür? Hesaplayınız.
- 4- 1. basamakta yapılan işlemleri Şekil 4.24’deki devre içinde yapınız.



Şekil 4.23. Fark alıcı devre



Şekil 4.24. Fark alıcı devre

DENEY 11. OP-AMP'IN KARŞILAŞTIRICI OLARAK KULLANILMASI

DENEYİN AMACI

1- İşlemsel Kuvvetlendiricilerin karşılaştırıcı olarak nasıl çalıştıklarını öğrenmek.

ÖN BİLGİ

İşlemsel kuvvetlendiricinin bir diğer önemli uygulaması olan voltaj karşılaştırıcı Şekil 4.25'de gösterildiği gibidir. Bu fonksiyonda, işlemsel kuvvetlendirici girişlerindeki iki gerilimin genliklerini karşılaştırabilir. Voltaj seviyelerini karşılaştırmak için, op-amp açık çevrim çalıştırılır. Yani geri besleme direnci bağlanmaz. Bundan dolayı gerilim kazancı oldukça büyüktür.

Evirmeyen girişteki gerilimin, eviren girişteki gerilimden çok az büyük olması halinde ($V_+ > V_-$), op-amp'ın çıkışı max pozitif değerine ulaşır. Yani bu demek ki, op-amp'ın çıkışı pozitif ise, evirmeyen giriş ifadesi matematiksel olarak büyük demektir ve çıkış $+V_{cc}$ kadar olacaktır.

Eviren girişteki gerilimin, evirmeyen girişteki gerilimden çok az büyük olması halinde ($V_- > V_+$), op-amp'ın çıkışı max negatif değerine ulaşır. Bu durumda şöyle ifade edilebilir, op-amp'ın çıkışı negatif ise, eviren giriş ifadesi matematiksel olarak büyük demektir ve çıkış $-V_{cc}$ kadar olacaktır.

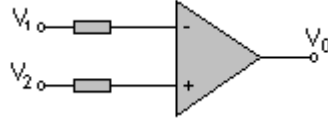
Giriş uçlarından birinin toprağa bağlanması ile basit olarak bir sıfır dedektörü elde edilebilir. Karşılaştırıcının çalışmasını basit bir şekilde ele alalım;

V_1 gerilimi 2V, V_2 gerilimi 1V olarak düşünülürse, eviren giriş gerilimi büyüktür. 2 değeri negatifle çarpıldığında çıkış negatif olur. Çıkışın negatif olması, eviren girişin büyük olduğunu gösterir.

V_1 gerilimi 1V, V_2 gerilimi 2V olursa, evirmeyen giriş gerilimi büyüktür. 2 değeri pozitifle çarpıldığında çıkış pozitif olur. Çıkışın pozitif olması, evirmeyen girişin büyük olduğunu gösterir.

Giriş gerilimlerinin biri veya ikisi negatif olabilir. Örneğin V_1 gerilimi $-2V$, V_2 gerilimi $-1V$ olsun. Matematiksel olarak $-2 < -1$ dir. Op-amp karşılaştırmayı yaparken, $-2V > -1V$ olarak işlemi gerçekleştirir. $-2V$ eviren girişe uygulandığından negatifle çarpılır ve çıkış pozitif olur. Çıkışın pozitif olması evirmeyen girişin, yani $-1V$ 'un daha büyük olduğunu gösterir.

Girişler farklı işaretlerde olabilir. Örneğin V_1 gerilimi 2V, V_2 gerilimi $-1V$ olsun. Matematiksel olarak $2 > -1$ dir. Op-amp, karşılaştırmayı yaparken, $2V > -1V$ olarak işlemi gerçekleştirir. 2V eviren girişe uygulandığından negatifle çarpılır ve çıkış negatif olur. Çıkışın negatif olması eviren girişin yani 2V'un büyük olduğunu ifade eder.



Şekil 4.25. Basit karşılaştırıcı bağlantısı

Voltaj karşılaştırıcının diğer bir önemli uygulaması da, Şekil 4.27’de verilmiş olan kararsız (astable) multivibratördür. Astable multivibratör, çıkış dalga şekli kare dalga olan serbest çalışan bir osilatördür. Osilasyonun periyodu aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilir;

$$T = 2RC \ln \left(\frac{1+\beta}{1-\beta} \right)$$

Burada R, geri besleme direnci, C de eviren girişe bağlı kondansatördür. β ise geri besleme oranıdır ve şu formülle hesaplanır;

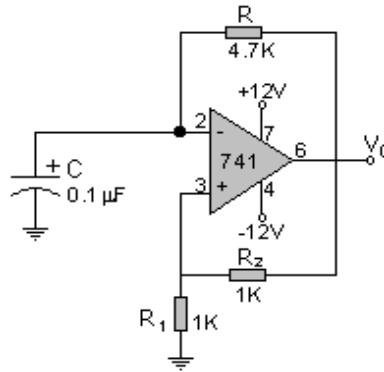
$$\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Astable multivibratör uygulamasında çıkışın, düşük seviyeden yüksek seviyeye ve yüksek seviyeden düşük seviyeye geçme durumları söz konusudur. Bu durumlar alt ve üst tetikleme seviyeleri olarak ifade edilirler. Alt ve üst tetikleme seviyeleri şu şekilde hesaplanabilir;

Alt tetikleme seviyesi: $\frac{R_1}{R_1 + R_2} (-V_{MAX})$

Üst tetikleme seviyesi: $\frac{R_1}{R_1 + R_2} (+V_{MAX})$

Burada R_1 ve R_2 , işlemsel kuvvetlendirici devresinin evirmeyen girişindeki geri besleme voltaj bölücü devresini oluşturur. $+V_{MAX}$ kuvvetlendiricinin maksimum pozitif çıkış voltajı (genellikle pozitif besleme gerilimine eşittir), $-V_{MAX}$ kuvvetlendiricinin maksimum negatif çıkış voltajıdır (genellikle negatif besleme gerilimine eşittir).



Şekil 4.26. Kararsız multivibratör devresi

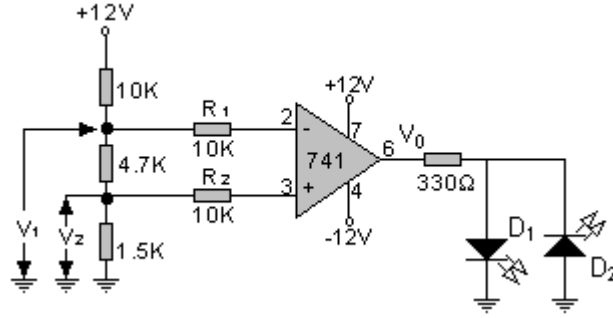
DENEYİN YAPILIŞI:

Deneyde Kullanılacak Elemanlar

- 3 adet 10K direnç
- 1 adet 1,5K direnç
- 1 adet 4,7K direnç
- 1 adet 330Ω direnç
- 2 adet Led diyot
- 1 adet LM 741 OP-AMP entegresi
- 1 adet Dijital Ölçü Aleti

A. KARŞILAŞTIRICI DENEYİ

1. Şekil 4.27'deki devreyi kurunuz, 741 op-amp entegresine uygulayacağımız ± 12 V DC besleme gerilimini ayarlayınız.



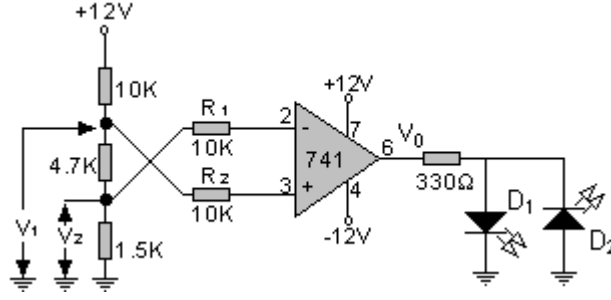
Şekil 4.27. DC volt seviyeli karşılaştırıcı devresi

2. Giriş voltajlarını (V_1 ve V_2), dijital ölçü aleti kullanarak ölçüp Tablo 4.5'de ilgili yere kaydediniz. Çıkışta hangi Led'in ışık verdiğini yine aynı tabloda ilgili yere yazınız. Ölçülen V_1 ve V_2 gerilimlerine göre çıkışta hangi Led'in ışık vermesi gerekir? Matematiksel olarak ifade ediniz. Işık veren Led, doğru Led mi?

Tablo 4.5.

V_1 (Volt)	V_2 (Volt)	D_1	D_2

3. Şekil 4.30'deki devreyi kurunuz. Giriş voltajlarını (V_1 ve V_2), dijital ölçü aleti kullanarak ölçüp Tablo 5.6'da ilgili yere kaydediniz. Çıkışta hangi Led'in ışık verdiğini yine aynı tabloda ilgili yere yazınız. Ölçülen V_1 ve V_2 gerilimlerine göre çıkışta hangi Led'in ışık vermesi gerekir? Matematiksel olarak ifade ediniz. Işık veren Led, doğru Led mi?



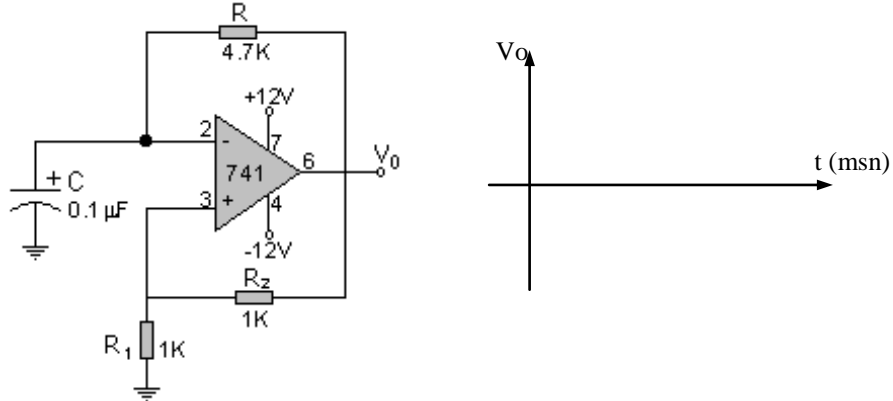
Şekil 4.30. DC volt seviyeli karşılaştırıcı devresi

Tablo 4.6.

V_1 (Volt)	V_2 (Volt)	D_1	D_2

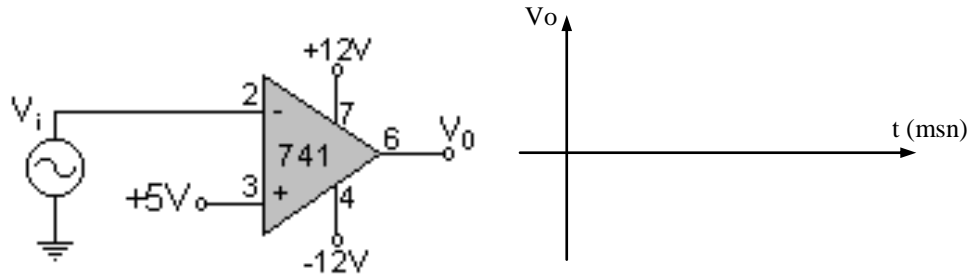
ÇALIŞMA SORULARI

- 1- Şekil 4.31’de görülen astable multivibratör devresinin frekansını teorik olarak hesaplayınız. Çıkışta elde edilecek dalga şekli nasıl olacaktır? Nedenini açıklayınız.



Şekil 4.31. Kararsız multivibratör devresi

- 2- Şekil 4.32’de verilen devrede, V_i genliği 10V (tepe) ve frekansı 1KHz olan sinüsoidal bir sinyaldir. V_o çıkış gerilimi nasıl olur? Devrenin çalışması hakkında bilgi veriniz.



Şekil 4.32. Karşılaştırıcı devresi

BÖLÜM 5. TRİSTÖR UYGULAMALARI

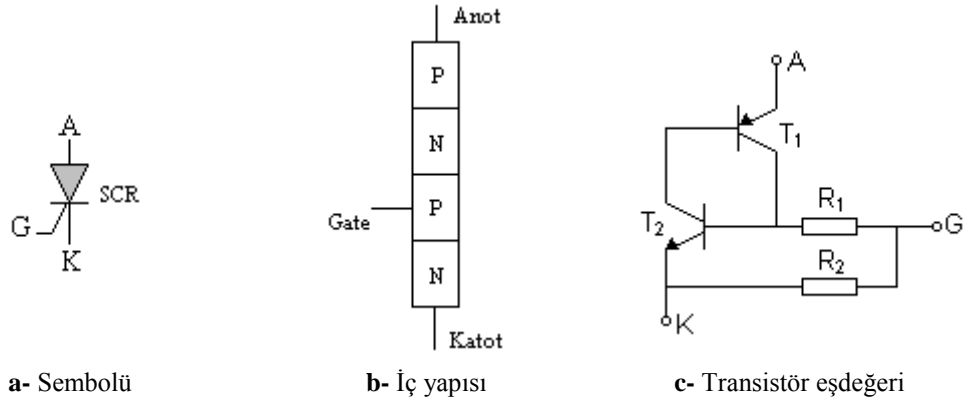
- 1- a) SCR'yi İletime Geçirme ve Durdurma Yöntemleri Deneyi**
 - b) SCR ile Lamba Kontrolü Deneyi**

DENEY 12. TRİSTÖRÜ (SCR) İLETİME VE KESİME GÖTÜRME YÖNTEMLERİ

DENEYİN AMACI

1. Tristörün iç yapısını öğrenmek.
2. Tristörün çalışmasını öğrenmek.
3. Seri, paralel anahtar yöntemini öğrenmek.
4. Kapasitif yöntemi öğrenmek.

ÖN BİLGİ



Şekil 5.1. Tristörün sembolü, iç yapısı ve ayak bağlantısı

Tristör, PNPN birleşimde tek yönlü akım geçiren, bir yarı iletken devre elemanıdır. Üç uçludur. Bunlar, Anot, Katot ve Gate uçlarıdır. Anot ucuna pozitif, Katot ucuna negatif gerilim uygulanır. Gate ucuna ise katoda göre pozitif gerilim uygulandığı anda tristör iletme geçer. Bu anda tristörün iç direnci $0,2 \Omega$ gibi çok küçük bir direnç değerine düşer. A-K arası hemen hemen kısa devre olur. Bu nedenle anot devresinde akımı sınırlayan bir yükün bulunması gerekmektedir. Aksi halde geçen yüksek akım, tristörün bozulmasına neden olabilir.

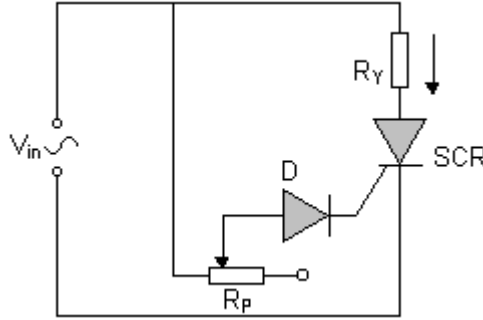
Tristör DC gerilimde bir kere tetiklendiğinde daima iletimde kalır. Tetikleme gerilimi kesilse dahi iletim devam eder. DC gerilimde çalışma sırasında iletimde kalmasının tek şartı anot akımının tristörü iletimde tutacak değer üstünde olmasıdır. Tristörü iletimde tutacak en küçük akım değerine “tutma akımı” denir. İletimdeki tristörü kesime götürmek için anot akımını kesmek gerekir. Bu iki şekilde yapılır. Birincisi besleme geriliminin kesilmesidir. İkincisi ise A-K uçlarının kısa devre edilmesidir.

Tristör AC gerilimde tek yönlü akım geçirir. Sadece anoduna pozitif alternans geldiği zaman gate ucundan tetikleme yapılırsa iletme geçer. Alternans bittiğinde akım kesileceğinden

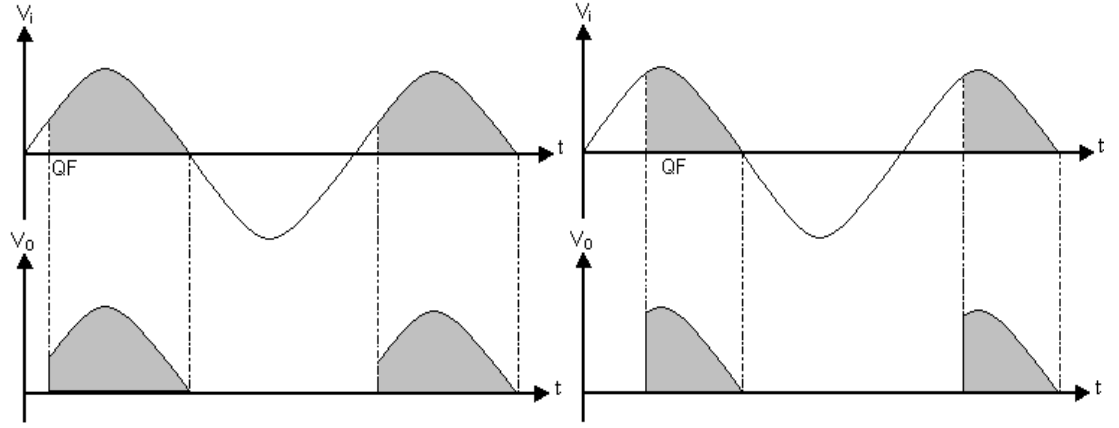
tristör kendiliğinden kesime gider. Yeni bir pozitif alternans geldiği zaman tekrar tetiklenmesi gerekir.

Tristörler çoğunlukla bir alternatif akım kaynağından herhangi bir yüke uygulanan gücün kontrolü ya da ayarı için kullanılırlar. Bu tür uygulamalarda SCR periyodik olarak açılır-kapanır ve ortalama güç, SCR'nin iletimde olduğu sürenin ayarlanması ile kontrol edilir.

Şekil 5.2'de bu prensibe göre çalışan basit bir yarım dalga güç kontrol devresi görülmektedir. Devreye uygulanan AC sinyal pozitif alternanstayken ve SCR iletimdeyken akım yük direnci R_Y üzerinden akacaktır. Şekil 5.2.b ve Şekil 5.2.c'de görüldüğü gibi SCR'nin iletimde olduğu toplam süre SCR'nin tetiklendiği noktaya bağlıdır. SCR tetiklendikten sonra, alternatif akımın pozitif sinyali 0 V seviyesine düşene kadar iletimdedir. Sinyal 0 V'a düştükten sonra, bir sonraki pozitif sinyalin aynı noktasında ateşlenene kadar SCR yalıttır. SCR'nin iletime geçtiği AC sinyalin açısına ateşleme açısı (QF) ya da gecikme açısı denir. Ateşleme açısı R_p direnci ayarlanarak kontrol edilir. R_p çok büyük olduğunda, AC gerilim SCR'yi ateşleyebilecek yeterli gate akımını üretebilmek için büyük bir değere ulaşmalıdır. Sonuç olarak ateşleme açısı büyüktür (Şekil 5.2.c görüldüğü gibi). R_p küçük olduğunda ise küçük bir voltaj SCR'yi ateşleyecektir ve doğal olarak ateşleme açısı da küçük olacaktır. Devredeki diyot gate'i AC sinyalin negatif kısmından korumak için kullanılır.



a- SCR ile yarım dalga güç kontrolü devresi



b- Küçük R_p , küçük ateşleme açısı, büyük iletim aralığı.

c- Büyük R_p , büyük ateşleme açısı, küçük iletim aralığı.

Şekil 5.2. Yarım dalga güç kontrolü devresi

Şekil 5.3’de verilen devrelerde, tristörün DC gerilimde tetiklenmesi, çeşitli yöntemlerle (seri anahtar yardımıyla, paralel anahtar yardımıyla ve kapasitif etki yardımıyla) kesime götürülmesi gösterilmektedir. Şimdi bu devreler yardımıyla tristörün tetiklenmesini ve durdurma yöntemlerini inceleyelim;

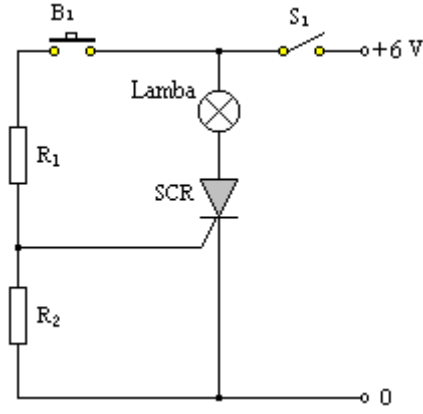
B₁ butonu tetikleme butonudur. **B₁** butonunun tetikleme yapabilmesi için **S₁** anahtarının kapalı olması gerekir (Şekil 5.3.a).

B₂ butonu paralel anahtar yöntemiyle tristörü kesime götürür (Şekil 5.3.c).

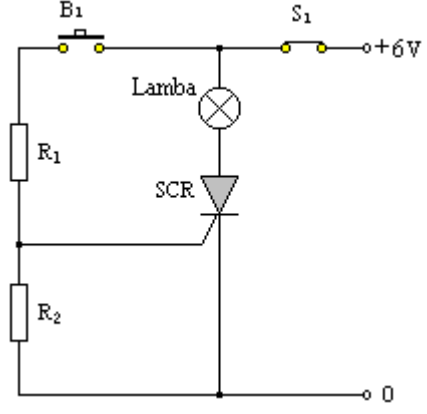
B₃ butonu ise kapasitif yöntemle tristörü kesime götürür (Şekil 5.3.d).

S₁ anahtarı kapatıldığında tristör kesimdedir. **B₁** butonuna basıldığında **R₁** ve **R₂** gerilim bölücü dirençler yardımıyla tristör gate tetikleme gerilimi alır ve iletme geçerek lamba ışık verir. **B₁** butonu bırakılsa dahi tristör iletimde kalacaktır. Tristörün kesime götürülmesi için aslında yapılacak bir tek şey vardır. O da anot akımını tutma akımının altına düşürmektir. Bu işlem üç şekilde yapılabilir.

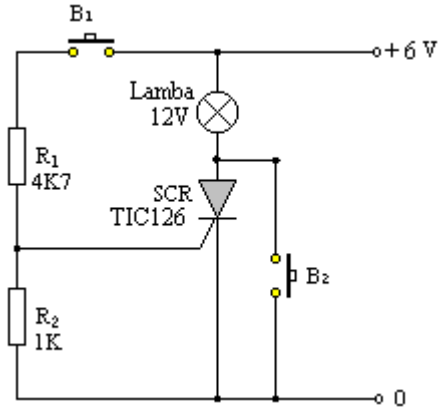
1. **S₁** anahtarı açılarak anot akımı sıfıra düşürülür (Şekil 5.3.b).
2. **B₂** butonu basılarak anot katodun kısa devre edilir. Dolayısıyla anot akımı sıfıra düşürülür. Lamba **B₂** butonu bırakıldığında söner (Şekil 5.3.c).
3. **B₃** butonuna basılarak (-, +) şeklinde şarj olmuş kondansatörün anot-katoda paralel bağlanır. Bir anlık ters polarma uygulanan tristör akımı sıfıra düşer (Şekil 5.3.d).



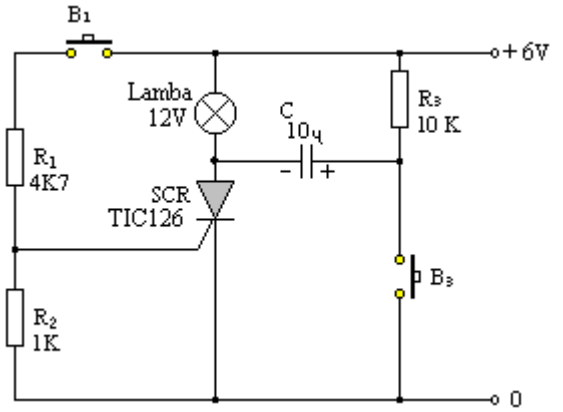
a- SCR'nin iletime geçirilmesi.



b- SCR'nin seri anahtar yardımıyla kesime götürülmesi.



c- SCR'nin paralel anahtar yardımıyla kesime götürülmesi.



d- SCR'nin kapasitif etki ile kesime götürülmesi.

Şekil 5.3. SCR'nin iletime geçmesi, çeşitli yöntemlerle kesime götürülmesi

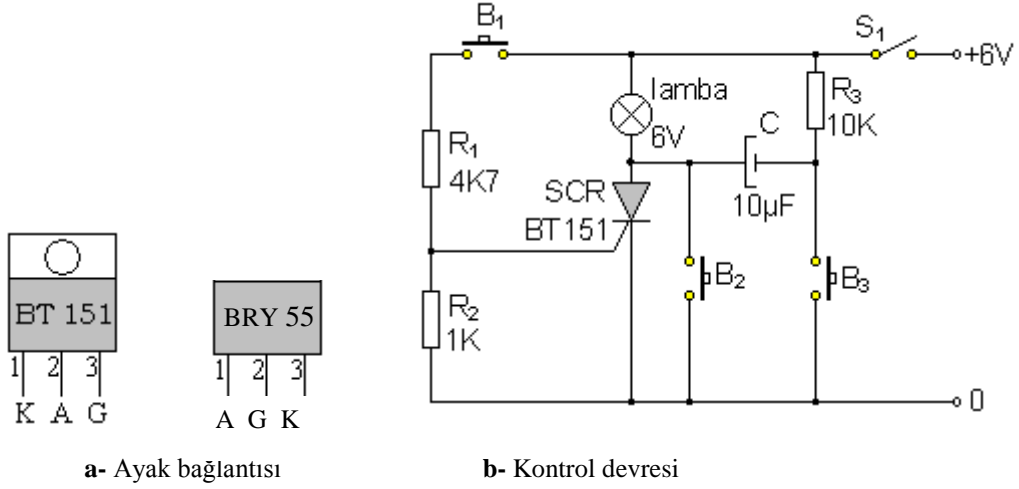
DENEYİN YAPILIŞI:

Deneyde Kullanılacak Elemanlar

- 1 adet 1K direnç
- 1 adet 4.7K direnç
- 1 adet 10K direnç
- 1 adet 10 µF kondansatör
- 1 adet BT 151 (BRY 55) tristör
- 1 adet 6 V lamba

A. TRİSTÖRÜ İLETİME GEÇİRME VE DURDURMA DENEYİ

1. Şekil 5.4'deki devreyi kurunuz.

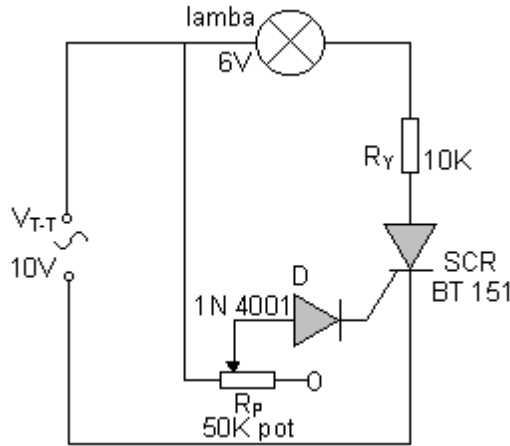


Şekil 5.4. BT 151 ve BRY 55 ayak bağlantısı, SCR'li lamba kontrol devresi

- İlk anda lamba yanıyorsa S_1 anahtarını açıp kapayınız. S_1 anahtarı kapalı iken B_1 butonuna basıp bırakın. Sonuç ne oldu? Neden?
- S_1 anahtarını açıp kapatın. Sonuç ne oldu? Neden?
- S_1 kapalı iken B_1 'e basıp bırakarak tristörü tetikleyiniz. Lamba ışık veriyor iken B_2 butonuna basıp bırakın. Sonuç ne oldu? Neden?
- S_1 kapalı iken B_1 'e basıp bırakarak tristörü tetikleyin. Lamba ışık veriyor iken B_3 butonuna basıp bırakın. Sonuç ne oldu? Neden?

B. ALTERNATİF GERİLİMDE TRİSTÖRÜN İLETİME GEÇİRİLMESİ DENEYİ

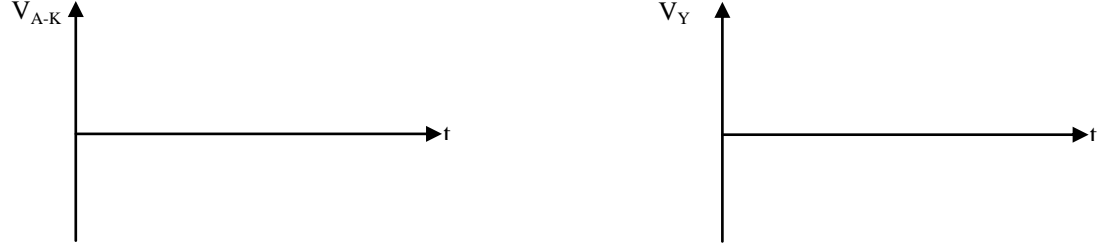
1. Şekil 5.5'deki devreyi kurunuz.



Şekil 5.6. SCR ile yarım dalga güç kontrolü devresi

2. Devrede SCR'nin gate ayağına bağlanmış olan R_p potansiyometresinin görevi nedir? Diyotu neden kullanılmıştır? Açıklayınız.

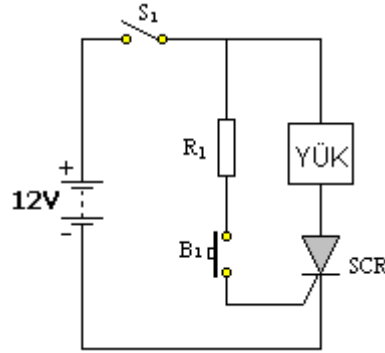
3. SCR iletimdeyken, SCR'nin A-K arası ve yük üzerindeki sinyal şekillerini osiloskopta gözlemleyiniz. Şekilleri not alınız. R_p 'nin etkisini osiloskopta gözlemleyiniz ve açıklayınız.



ÇALIŞMA SORULARI

1- SCR'ler kaç katmandan oluşmaktadır? İletime geçtiklerinde nasıl davranırlar? İletime geçme anlarında oluşabilecek sorunlar nasıl giderilir? İletime geçme şartları nelerdir? DC ile AC çalışma arasındaki fark nedir? Yazınız.

2- Şekil 5.6'daki yük kontrol devresinin çalışmasını açıklayınız.



Şekil 5.6. SCR ile yük kontrol devresi

KAYNAKLAR

1. Aselsan, Osilatörler ve Dalga Şekillendiriciler, 1990.
2. Howard M. Berlin, Design of Op-Amp Circuits with Experiments, Howard W. Sams&Company, 1977.
3. Robert Boylestad, Louis Nashelsky Çeviri: Hakan Özyılmaz, Ünal Küçük, Elektronik Devre Elemanlar ve Devre Teorisi, Milli Eğitim Basımevi, 2000.
4. Theodore F. Bogart, James W. Brown, Experiments In Electronic Devices and Circuits, Merrill Publishing Company, USA, 1986.
5. Thomas L. Floyd, Electronic Devices, Prentice-Hall International, 1999.
6. Harun Bayram, Dijital Elektronik, Bursa, 1990.
7. Alpgün Çolpan, Haluk Vural, Nusret Bölük, Endüstriyel Elektronik, Ankara, 1997.
8. Mehmet Emin Aydınüz, Salih Zeki Taşçı, Endüstriyel Kontrol, İstanbul, 1993.
9. “Elektronik devre elemanları ve uygulamaları”, Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik Öğretmenliği Bölümü Deney Föyü