

**MARMARA ÜNİVERSİTESİ
TEKNİK EĞİTİM FAKÜLTESİ
ELEKTRONİK-BİLGİSAYAR BÖLÜMÜ**

**ELEKTRONİK 1
LAB. DENEY FÖYLERİ**

DİYOT KARAKTERİSTİĞİ

1

AMAC:

1. Bir ölçü aleti ile (volt-ohm metre) diyodu kontrol etmek.(anot veya katod terminallerinin saptanması)
2. Diyodun doğru ve ters polarma karakteristiğini incelemek.
3. Diyodun dc ve ac direncinin nasıl bulunacağını öğrenmek.

MALZEME LİSTESİ:

1. 1N 4004 Silikon diyot ya da eşleniği
2. 0 – 25 V arasında ayarlanabilen DC güç kaynağı
3. Dirençler: 1 – 470 K Ω , 1 – 1K Ω
4. 2 adet analog ölçü aleti

TEORİK BİLGİ

Diyot bir yönde akımı diğer yöne göre daha iyi ileten, yarı iletken bir malzemedir. Diyot terminalleri arasındaki potansiyel fark, diyodun ilettime geçip geçmeyeceğini belirler. Eğer anot katoda göre daha pozitif ise, diyot akımı iletecektir ve bu durumda diyot *doğru kutuplanmış* demektir. Eğer katod anoda göre daha pozitif ise diyot çok küçük bir sızıntı akımının geçmesine izin verecektir ve bu durumda diyot *ters kutuplanmış* demektir.

Doğru-kutuplamada, tipik bir Silikon diyot üzerinde düşen gerilim yaklaşık 0.7 V'tur. (Germanyum için ise gerilim düşümü 0.3 V'tur.) Bu eşik geriliminden daha düşük değerlerde, diyot sadece küçük bir akımın geçmesine izin verir. Bu eşik gerilimi diyot karakteristik eğrisi üzerinde büküm olarak adlandırılır. Çünkü bu bölgede diyot üzerinde düşen gerilimle diyottan geçen akım değişmektedir. Dolayısıyla diyodun direnci değişmektedir. Aşağıdaki formül diyodun *dinamik* veya *ac* direncini hesaplamak için kullanılır:

$$r_D = \frac{\Delta V}{\Delta I}$$

Burada

ΔV diyot üzerinde düşen gerilimdeki değişim,

ΔI gerilim düşümündeki değişikliğe karşılık oluşan diyot akımındaki değişimdir.

Diyot eğrisi üzerinde her hangi bir noktadaki direnç, *statik* veya *dc* direnç olarak adlandırılır ve Ohm kanunu kullanılarak hesaplanır:

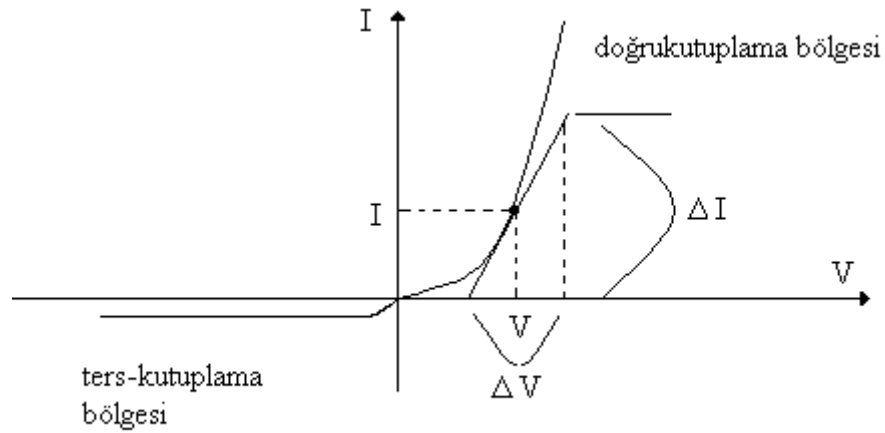
$$R_D = \frac{V}{I} \text{ ohm}$$

Burada

V diyot üzerinde düşen gerilim,

I ise diyottan geçen akımdır.

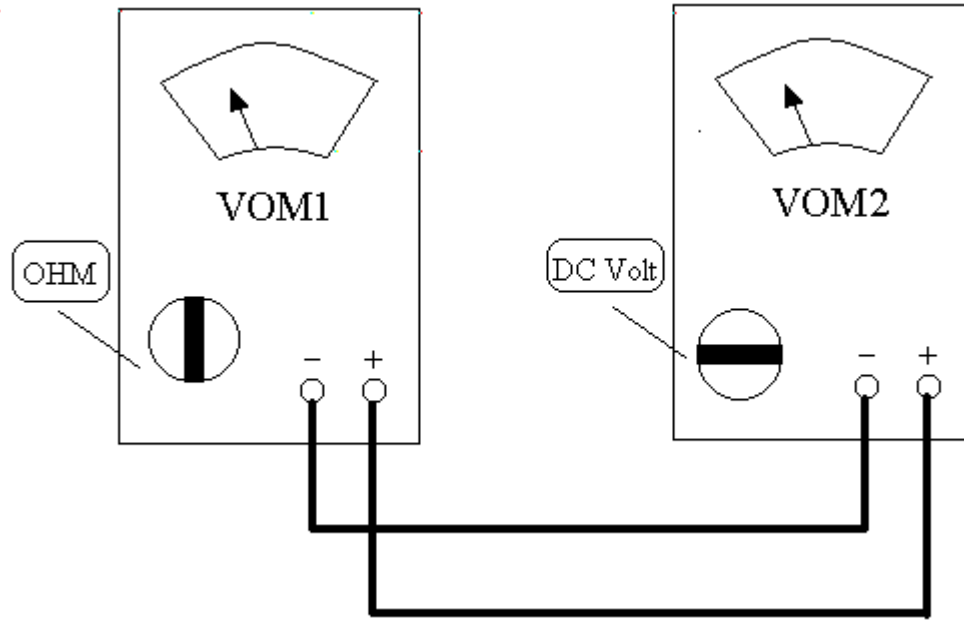
Bu akım-gerilim ilişkisi aşağıdaki şekilde görülmektedir:



Şekil-1

İŞLEM BASAMAKLARI:

1. Deneyde kullanılacak olan Ohmmetre'nin ucundaki gerilimin polaritesini ve büyüklüğünü belirlemek için aşağıdaki devreyi kurunuz.



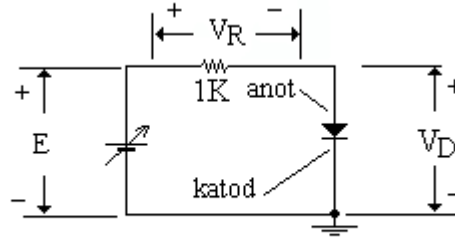
Şekil -2

2. VOM1 diyodun direncini ölçmek için kullanılacaktır. VOM2 ise, VOM1 tarafından sağlanan gerilimin polaritesinin belirlenmesinde kullanılacaktır. Eğer VOM2 tarafından sağlanan ve VOM1 tarafından ölçülen gerilimin değeri 0.7 V daha az ise, VOM1'in direnç skalasını ayarlayarak istenen değere ulaşınız. İşlem basamağı 3'te, 0.7 V'tan daha büyük bir gerilim verecek şekilde ayarlanmış VOM1 'i kullanarak diyodun zarar görmesini engellemiş olacaksınız. Gerilimin polaritesinin belirlenmesi gerekliliği bazı ölçü aletlerinin direnç ölçümünde negatif gerilim kullanmalarından doğmuştur.

3. İşlem basamağı 2'deki gibi ayarlanmış VOM1 aletinin uçlarına diyodu bağlayınız. Ölçü aletleri aslında ölçülen direncin üzerinden akan akımın miktarını ölçtüğünden, burada büyük bir sapma büyük bir akım geçtiğine işaret eder ki bu da bize direncin küçük olduğunu gösterir. Direncin küçük olması da diyodun doğru kutuplanmış olduğunu gösterir. Eğer sapma az ise, sadece küçük bir akım geçişi söz konusudur.(yani büyük bir direnç vardır.) Böyle bir durum gerçekleştiğinde diyot ters kutuplanmıştır. Bu teknik yardımıyla diyodun hangi ucunun anot, hangi ucunun katod olduğunu belirleyebiliriz.

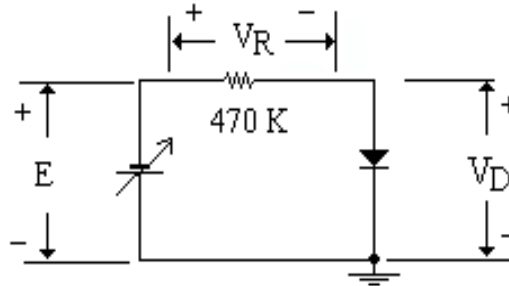
4. Ölçü aletinin problemlerini ters çeviriniz. Böylece her iki türlü sapmayı da gözlemiş olursunuz.

5. Diyodun doğru-polarma karakteristiğinin incelenmesi için Şekil 3'teki devreyi kurunuz.



Şekil-3

6. E gerilim kaynağını, diyot uçlarındaki V_D 'nin Tablo-1'deki değerleri için (0.0 V ile 0.7 V arasında 0.1 V artım aralığıyla) ayarlayınız ve gerekli bilgileri tabloya kaydediniz.



Şekil-4

7. Diyodun ters-kutuplama karakteristiğinin incelenmesi için aşağıdaki devreyi kurunuz.

8. E gerilim kaynağını, diyot uçlarındaki V_D 'nin Tablo-2'deki değerleri için (0 ile -25 V arasında 5 V artım aralığıyla) ayarlayınız ve gerekli bilgileri tabloya kaydediniz.

SORULAR:

1. İşlem basamağı 3'te VOM kullanarak yaptığınız diyot terminallerinin belirlenmesi işleminde, aşağıdaki durumları gözlemiş olsaydınız hangi sonuca varır dınız?

- Sadece yüksek direnç ölçümü
- Sadece düşük direnç ölçümü

2. Tablo-1'deki akım değerlerini hesaplayıp, kaydediniz. Tablo-2'de direnç uçlarındaki V_R gerilimlerini ve direktten geçen akımları hesaplayıp, kaydediniz.

3. Tablo-1’de elde ettiğiniz I ve V_D değerlerini kullanarak, diyodun doğru-kutuplama I-V karakteristik eğrisini çiziniz. Yatay eksene V_D ve dikey eksene de I değerlerini yerleştiriniz.

4. Tablo-1’deki I ve V_D değerlerini kullanarak 0.1V, 0.5V ve 0.6V için diyodun statik dirençlerini hesaplayınız.

5. 3. Sorunun cevabı olarak oluşturduğunuz eğriden faydalanarak, 0.1V, 0.5V ve 0.6V için diyodun dinamik direncini grafiksel olarak hesaplayınız.

6. Tablo-2’den elde edilen I ve V_D değerlerini kullanarak diyodun $-10V$ ’taki statik direncini hesaplayınız.

TABLO-1

V_D (Volt)	E (Volt)	V_R (Volt)	$I = \frac{V_R}{R}$
0.0			
0.1			
0.2			
0.3			
0.4			
0.5			
0.6			
0.7			

TABLO-2

V_D (Volt)	E (Volt)	$V_R = E - V_D$	$I = \frac{V_R}{R}$
0			
- 5			
- 10			
- 15			

Elektronik 1 deney föyleri Arş. Gör. Hayriye Korkmaz tarafından hazırlanmıştır.

- 20			
- 25			

KÜÇÜK-İŞARET DİYOT DEVRELERİ

2

AMAC:

1. Küçük-ışaret diyot devrelerinde çalışma noktasını (Q) belirlemek.
2. Grafıksel ve analitik olarak küçük-ışaret diyot devrelerini çözümlmek.

MALZEME LİSTESİ

1. 1N4004 (ECG 116) Silikon diyot veya eşleniği
2. 0 – 30 V arasında ayarlanabilen DC güç kaynağı
3. Analog İşaret Üreteci (500mV_{t-t} Sinüs, 1KHz)
4. Dirençler: 1 – 270 Ω
5. Osiloskop
6. VOM

TEORİK BİLGİ

Eğer devreye uygulan giriş işaretinin tepeden tepeye toplam değışim aralığı, devredeki dc bileşenin değerinden çok küçük ise buna *küçük-ışaret* denir. Küçük-ışaret diyot devrelerinde, akım ve gerilim değışimi karakteristik eğrinin sadece küçük bir kısmında yer alır. Diyot doğru-kutuplanmış bölgede, büküm noktasının üzerindeki doğrusal kısımda çalışır. (Doğrusal bölgede diyot gerilimindeki küçük bir değışim, diyot akımında büyük bir değışime neden olur.) Diyodun karakteristik eğrisi üzerindeki doğrusal bölgeyi kullanabilmek için, devreye uygulanacak olan küçük-ışareti, büküm noktasının üzerindeki doğrusal bölgeye kaydırmak gerekir. Bu da devreye dc bir gerilim eklenerek sağlanır. Aşağıdaki eşitlik diyoda seri bir direnç olduğunda diyottan geçen akımı bulmak için kullanılır:

$$I = \frac{E - V_D}{R}$$

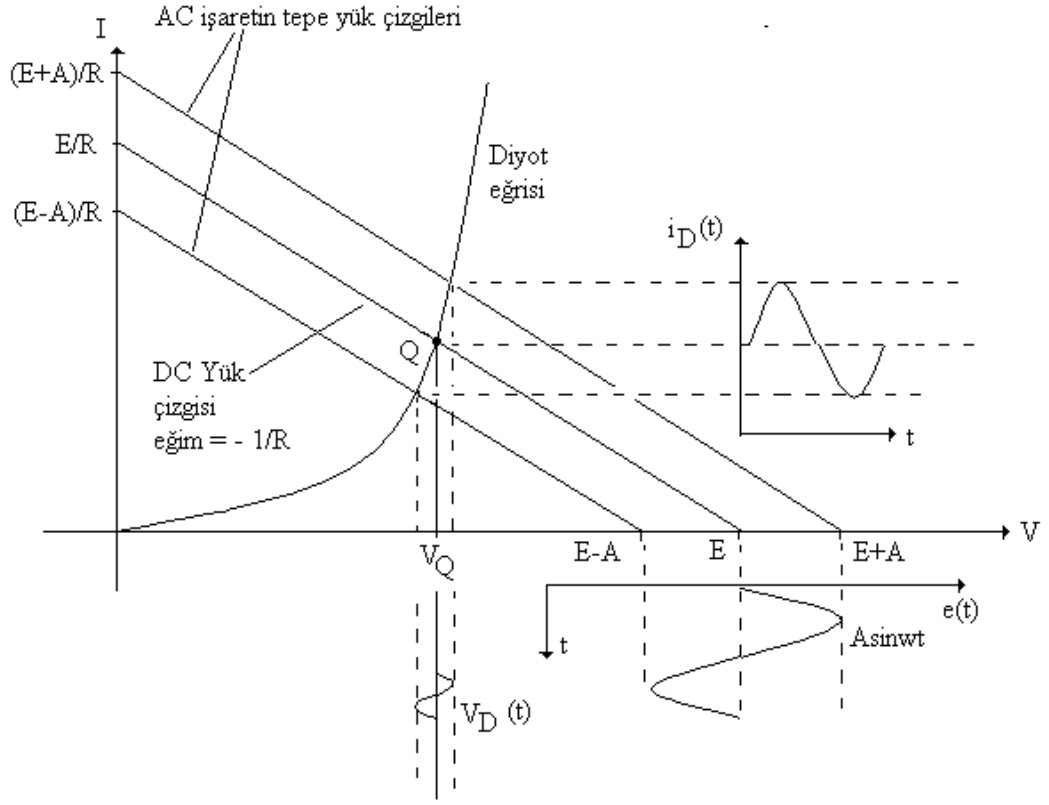
Burada

E, uygulanan dc gerilim

I, diyottan geçen akım

R, seri direnç ve

V_D diyot üzerindeki gerilimi temsil etmektedir.



Şekil-1

Yukarıdaki eşitlik aynı zamanda dc yük doğrusu olarak ta adlandırılır. Mümkün olan tüm I ve V_D ikililerinin hepsi bu eğrinin üzerinde yer alır. Karakteristik eğri ile dc yük doğrusunun kesiştiği noktaya, çalışma noktası denir ve bu noktaya karşılık gelen iki bileşen vardır: Çalışma nok. anındaki akım ve gerilim. Devredeki seri direncin (yük) değeri ile doğrunun eğimi ters orantılı olduğundan bu doğruya dc yük doğrusu adı verilmiştir.

Şekil 1'de giriş gerilimi küçük bir ac bileşene sahip olduğunda yük doğrusunun bunu nasıl değiştirdiği görülmektedir. AC bileşen sıfır olduğunda, diyot akım ve gerilimi I_Q ve V_Q çalışma noktası anındaki değerlerdir. Diyodun ac direnci r_D , Q noktasındaki karakteristik eğrinin eğiminin tersine eşittir.

$$r_D = \frac{\Delta V}{\Delta I} \approx \frac{0.026}{I}$$

Burada

ΔV_D , diyot gerilimindeki değişim ve

ΔI ise diyot akımındaki değişimdir.

Aşağıdaki formül kullanılarak toplam diyot akım ve gerilimi analitik olarak hesaplanabilir.(Diyot üzerindeki gerilim düşümü 0.7 V olarak kabul edilir.)

$$I_D(t) = I + i(t) = \frac{E - 0.7}{R} + \frac{A}{R + r_D} \sin \omega t$$

$$V_D(t) = 0.7 + \left(\frac{r_D}{R + r_D} \right) A \sin \omega t$$

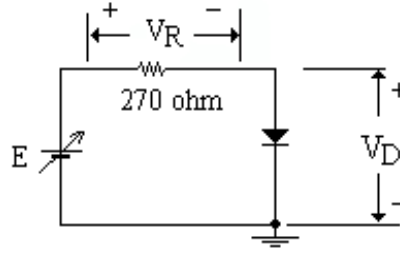
Burada,

$i(t)$ diyot akımının ac bileşeni ve

$A \sin \omega t$ ise ac kaynak gerilimidir.

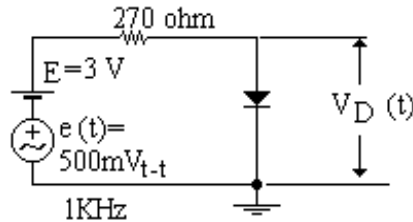
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Doğru-kutuplama diyot karakteristiğini çıkarmak için aşağıdaki devreyi kurunuz.



Şekil-2

2. E gerilim kaynağını, Tablo1'deki V_D değerlerinin her biri için ayarlayınız ve direnç üzerindeki V_R gerilimi ölçünüz. Böylelikle tabloyu doldurunuz.
3. Aşağıdaki küçük-ışaret diyot devresini kurunuz.



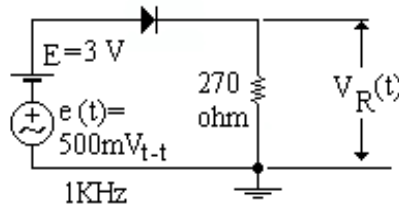
Şekil-3

4. Diyottan geçen akımı ve diyot üzerinde düşen gerilimi ölçmek için $e(t) = 0$ yapınız. (İşaret üreticini devreden çıkarınız) V_D ve V_R gerilimlerini ölçüp, kaydediniz. Çalışma noktasındaki diyot akımını aşağıdaki formülü kullanarak hesaplayınız.

$$I_Q = \frac{V_R}{R}$$

5. İşaret üreticini tekrar devreye bağlayıp, üreticinin çıkışını tepeden tepeye 500 mV ve 1 KHz'e ayarlayınız. Osiloskobu ac konumuna getirerek, diyot üzerinde düşen $V_D(t)$ gerilimini gözlemleyip, çiziniz.

6. Direnç üzerinde düşen ac gerilimi $V_R(t)$ ölçmek için aşağıdaki devreden de görüldüğü üzere dirençle diyodun yerini değiştirerek, devreyi tekrar kurunuz.



Şekil-4

7. Osiloskobu ac konumuna alarak direnç üzerinde düşen ac gerilimi $V_R(t)$ gözlemleyip, çiziniz. $V_R(t)$ değeri ölçüldükten sonra, toplam diyot akımı $i_D(t)$ 'nin ac bileşeni aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanılabilir.

$$i(t) = \frac{V_R(t)}{R}$$

SORULAR

1. Tablo 1'deki akım değerlerini hesaplayarak, kaydediniz. Sonuçları kullanarak, diyodun doğru-polarma I-V karakteristik eğrisini çiziniz. Ayrıca diyodun ac direncini hesaplayıp, tabloya kaydediniz.

2. Şekil-3'teki devre için dc yük doğrusunun eşitliğini belirleyip, yazınız. Soru 1'de çizdiğiniz karakteristik eğrinin üzerine yük doğrularını ekleyiniz. Eğrinin yük doğrusu ile kesiştiği Q noktasına dikkat ediniz. Grafiksel olarak belirlenen Q noktası ile işlem basamağı 4'ten elde ettiğiniz Q noktası ölçümlerini karşılaştırınız.

3. İşlem basamağı 4 ile 7'deki ölçümleri kullanarak, toplam diyot akımı $i_D(t)$ 'nin eşitliğini yazınız.

4. Şekil 1'i referans alarak, karakteristik eğri üzerine ac yük doğrularının tepe değerlerini çiziniz. Yine Şekil 1'de görüldüğü üzere diyot gerilimi $V_D(t)$ 'nin ac bileşenlerini de ekleyip, $i_D(t)$ akımını bulunuz. Soru 3'te hesapladığınız analitik akım değeri ile grafiksel olarak belirlenen $i_D(t)$ akım değerini karşılaştırınız.

TABLO 1

V_D (Volt)	V_R (Volt)	$I = \frac{V_R}{R}$	$r_D = \frac{0.026}{I} \Omega$
0.0			
0.1			
0.2			
0.3			
0.4			
0.5			
0.6			
0.7			

BÜYÜK-İŞARET DİYOT DEVRELERİ

3

(Doğrultucular, Filtreler ve Dalgalanma)

AMAC

1. Yarım ve tam dalga doğrultucunun çalışmasını öğrenmek ve devreyi kurarak doğrultucu oluşturmak.
2. Doğrultucu çıkışındaki dalgalanmayı (ripple) azaltmak için kullanılan kondansatörün etkisini incelemek.
3. Güç kaynaklarının yükleme etkisinin dalgalanmayı nasıl etkilediğini gözlemlemek.

MALZEME LİSTESİ

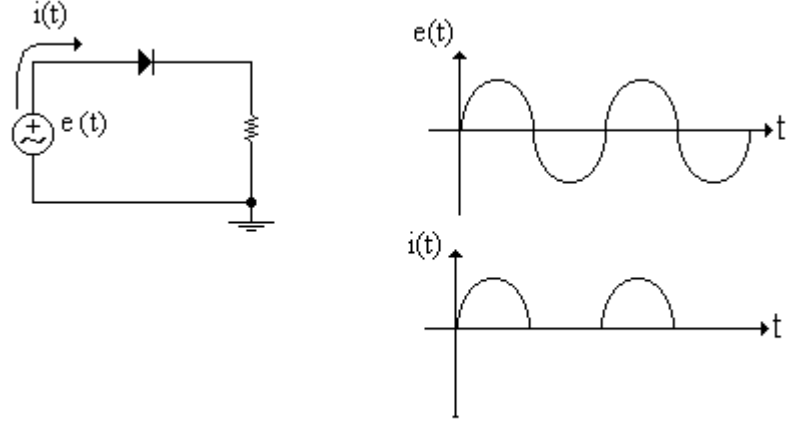
1. 4 adet 1N4004 Silikon diyot ya da eşleniği
2. 1 adet transformatör
3. 0 – 5 V DC güç kaynağı
4. Analog İşaret Üretici (1 KHz'lik 5 V_{t-t} Sinüs veya kare)
5. Dirençler: 1 –10 K Ω , 1-1 K Ω , 1- 470 Ω
6. Potansiyometre: 1 – 10K Ω
7. Çift ışıklı osiloskop

TEORİK BİLGİ

Diyot karakteristik eğrisi üzerinde, doğru-kutuplama bölgesinden ters-kutuplama bölgesine kadar uzanan geniş bir alanı kapsayan akım ve gerilim değişimleri, büyük-ışaret diyot devresi olarak adlandırılır. Bu yüzden diyodun çalışma bölgesi artık doğrusal (küçük-ışaretlerde olduğunun tersine) bölge üzerinde yer almaz. Bu da diyodun direncinin çok küçük değerlerden çok büyük değerlere kadar değiştiğini göstermektedir. Bu durumda diyot bir anahtar gibi davranacaktır.

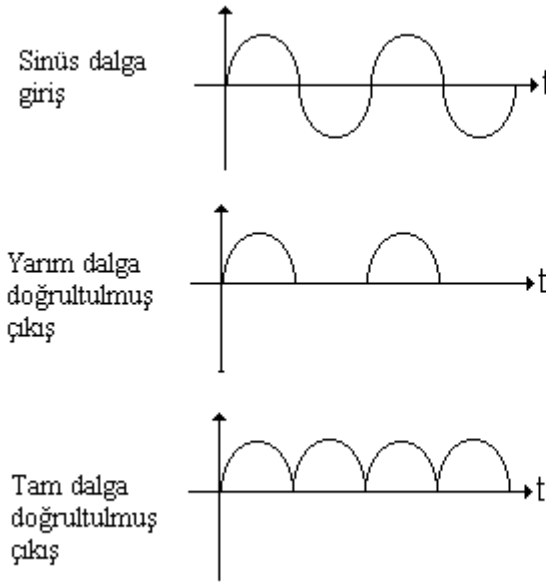
Büyük-ışaret diyot devrelerinde diyotların kullanıldığı en önemli uygulamalardan bir tanesi doğrultma (alternatif akımın doğru akıma çevrilmesi) işlemidir. Burada yük akımı sadece tek yönde akacaktır. Ancak şu da unutulmamalıdır ki diyotlar, devreye uygulanan işaretin 0.7 V kadarını kendi üzerinde düşürecektir. Bu nedenle yük üzerinden bir akım

geçmesini sağlamak için devreye uygulanan gerilim 0.7 V ‘tan daha büyük olmalıdır. Yarım-dalga doğrultucuda devreye uygulanan gerilim ve çıkışta yük üzerinden akan akım aşağıda Şekil 1 ‘de gösterilmiştir.

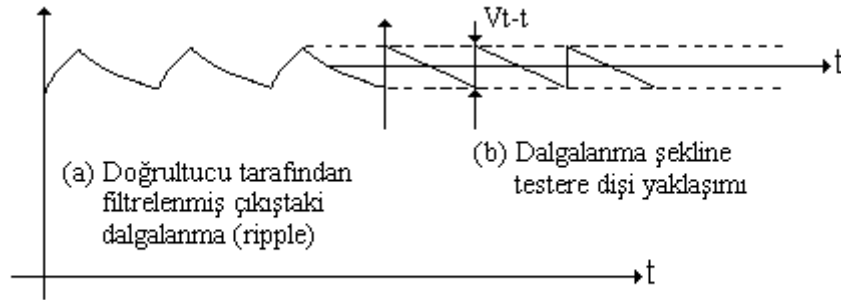


Şekil-1

DC güç kaynaklarında esas eleman ac girişi dc çıkışa çeviren *doğrultuculardır*. Yarım dalga bir doğrultucuda sinüs dalgası şeklindeki giriş sinyalinin sadece bir alternansında yük üzerinden akım geçer; diğer alternansta geçmez. Tam dalga bir doğrultucuda ise her iki alternansta da akım geçer. Tasarım yük üzerinden hep aynı yönde akım akacak şekilde yapılmıştır. Şekil 2’de tam ve yarım dalga doğrultulmuş işaretin dalga şekilleri bulunmaktadır. Şekil 4’de tek diyottan oluşan yarım dalga doğrultucu devreye yer verilmiştir. Şekil 6’da ise 4 diyot kullanarak (köprü diyot) tam dalga bir doğrultucunun nasıl oluşturulduğu gösterilmiştir.



Şekil-2



Şekil-3

Güç kaynaklarında en önemli nokta, doğrultulmuş çıkışın gerilim dalgalanmasını minimuma indirmektir. Dalgalanmanın azalması amacıyla *filtreleme* işlemi yapılır. En basit haliyle bir filtre devresi doğrultucuya paralel olarak bağlanmış bir kondansatörden oluşur. (Şekil 6, 7) Filtreler doğrudan dalgalanmayı azaltmazlar. Bunun yerine kondansatörün yük direnci üzerinden dolup-boşalma sürecinden yararlanarak bunu azaltırlar. Şekil 3a'da filtre çıkışındaki dc gerilim üzerine binmiş bir dalgalanma gözükmektedir. $R_L C$ zaman sabiti ne kadar küçükse, dalgalanma o kadar büyük olur. Şekil 3b'de dalgalanma, testere dişi yaklaşımı

ile ele alınmıştır. Testere dişi yaklaşımda tepeden tepeye değer, dalgalanmanın rms değerinin hesaplanmasında kullanılır:

$$V_{(rms)} = \frac{V_{tt}}{2\sqrt{3}}$$

Bir filtrenin ne kadar verimli olduğunun bir ölçüsü, çıkış dalga şeklinin sahip olduğu dalgalanma yüzdesidir.

$$\text{Dalgalanma \%} = \frac{\text{dalgalanmanın rms değeri}}{\text{dalga şeklinin dc değeri}} \times \%100$$

Dalgalanma yüzdesi % 6,5 ‘tan daha aşağıda ise bu filtreye az yüklenmiş denilir. Az yüklenmiş kondansatörlü bir filtrede dalgalanma yüzdesini hesaplamak için aşağıdaki yaklaşım kullanılabilir:

$$\text{Dalgalanma \%} = \frac{1}{2\sqrt{3} f_R R_L C} \times \%100$$

Burada,

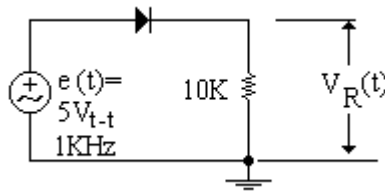
R_L yük direnci ve

C filtre kondansatörünü temsil etmektedir.

f_R yarım dalga doğrultucu için 50 Hz, tam dalga doğrultucu için ise 100 Hz olarak alınır.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Diyodun yarım-dalga doğrultucu olarak kullanılışını göstermek için, aşağıdaki devreyi kurunuz.

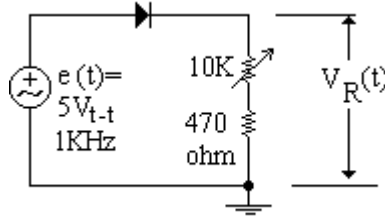


Şekil-4

2. Çift ışınlı bir osiloskobu dc konumuna alarak, $e(t)$ giriş geriliminin tepe değerini ve $V_R(t)$ çıkış gerilimini ölçünüz. Her iki dalga şeklini de çiziniz.

3. Şekil 4’deki sabit değerli R yük direncini, Şekil 5’te görüldüğü gibi seri bağlı 470 Ω ’luk direnç ve 10 K Ω ’luk potansiyometre ile yer değiştiriniz. Potansiyometreyi minumum

değerinden maksimum değerine kadar çevirerek, çıkış dalga şeklindeki değişiklikleri gözlemleyiniz.

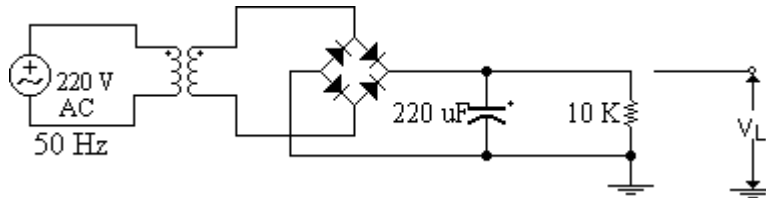


Şekil-5

4. Şekil 4'deki diyodun terminallerini ters çevirip, işlem basamağı 2 ve 3'ü tekrarlayınız.

5. Şekil 4'deki $e(t)$ giriş işaretini 5 V kare dalga ile yer değiştiriniz. İşlem basamağı 2'yi tekrarlayınız.

6. Bir güç kaynağında dalgalanma (ripple) üzerinde filtreleme etkisini göstermek amacıyla Şekil 6' daki devreyi kurunuz. (Öncelikle 220 μ F'lık kondansatörü devreye bağlamayınız.) AC gücün tehlikeli olabileceğini unutmayınız. Devreye ait tüm bağlantıları, ac gücü devreye uygulamadan önce yapınız. AC gerilim uygulandıktan sonra, hiç bir değişiklik yapmayınız ve uygulanan ac gerilimin uçlarına dokunmayınız.



Şekil-6

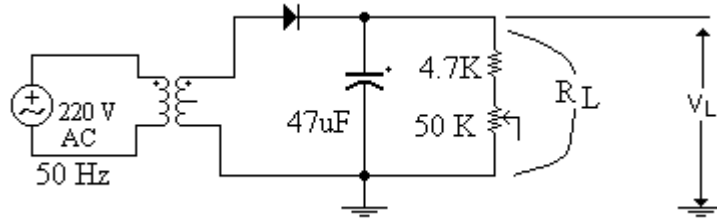
7. Osiloskobu dc konumuna alarak 10 K Ω 'luk direnç üzerindeki dalga şeklini gözlemleyip, çiziniz. AC gücü kestikten sonra, 220 μ F'lık kondansatörü devreye bağlayınız. Tekrar ac gücü devreye uygulayınız.

8. Osiloskobu ac konumuna alarak, çıkış gerilimi V_L 'nin tepeden tepeye değerini ölçüp, kaydediniz. (Daha gerçekçi ve doğruya daha yakın bir ölçme yapmak için, osiloskobun dikey hassasiyetini iyi ayarlayınız. Böylelikle osiloskop ekranına sığacak en büyük şekli elde ediniz.) Bu değeri kaydediniz. Çıkışın dc ortalama değerini ölçmek için, osiloskobun hassasiyetinin tekrar ayarlanması gerekecektir. Osiloskobun dikey hassasiyetini öyle

ayarlayınız ki ac konumdan dc konuma geçildiğinde osiloskop ekranındaki ışın kaybolmasın. Gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra aynı noktadaki voltajı bir ac bir de dc konumda ölçünüz. İki dalga şekli arasındaki farklılık bize çıkıştaki dalganın sahip olduğu dc seviyeyi verecektir.

9. AC gücü devreden keserek, (Şekil 6) ikinci bir 220 μF 'lık kondansatörü diğerine paralel olarak devreye bağlayınız. Gücü devreye tekrar verip, işlem basamağı 7'yi tekrarlayınız. (Devredeki toplam kapasitenin 440 μF olduğuna dikkat ediniz.)

10. Güç kaynakları üzerinde küçük dirençlerin nasıl yük etkisi yarattığını göstermek için Şekil 7'deki devreyi kurunuz. İşlem basamağı 6'daki uyarıların hepsi burada da geçerlidir.



Şekil-7

11. Osiloskobu ac konumuna alınız ve potansiyometreyi değiştirerek dalgalanma genliğinin bundan nasıl etkilendiğini gözlemleyiniz.

12. İşlem basamağı 6'daki uyarıları dikkate alarak, potansiyometreyi devreden çıkarınız. ($R_L = 4.7 \text{ K}\Omega$) İşlem basamağı 8'de tarif edildiği gibi V_L geriliminin tepeden tepeye dalgalanma miktarını ve dc değerini ölçünüz.

13. Kondansatörü devreden çıkarıp, R_L üzerindeki dalga şeklini çiziniz. İşlem basamağı 6'daki uyarılara dikkat ediniz.

SORULAR

1. İşlem basamağı 2'deki sonuçları kullanarak, $i(t)$ akımının tepe değerini hesaplayınız ve dalga şeklini çiziniz. İşlem basamağı 3'te yük direnci değişiminin $i(t)$ akımı üzerindeki etkilerinin açıklayınız.

2. İşlem basamağı 4'teki sonuçlar için soru 1' i tekrarlayınız.

3. İşlem basamağı 5'te gözüken devrede $i(t)$ akımının tepe değerini hesaplayıp, dalga şeklini çiziniz.

4. İşlem basamağı 6 ve 7 ‘deki dalgalanma gerilimi ve dc gerilim ölçümlerini kullanarak, her bir filtre çıkışı için dalgalanma yüzdesini hesaplayınız. Bu filtreler az mı, çok mu yüklenmiştir? Açıklayınız.

5. İşlem basamağı 7 ve 8’de oluşturulan her bir filtre için, az yüklenmiş kondansatör filtrede dalgalanma yüzdesinin formülünü kullanarak, dalgalanma yüzdesini teorik yaklaşımla hesaplayınız.

6. İşlem basamağı 6 ve 12’deki izlenimlerinizden faydalanarak yük direncinin dalgalanmayı nasıl etkilediğini anlatınız.

KIRPICI VE KENETLEYİCİ DEVRELER, MANTIKSAL İŞLEMLER DEVRESİ

4

AMAC

1. Pasif kırpıcı devrelerin nasıl çalıştığını görmek.
2. Pasif kenetleyici devrelerin nasıl çalıştığını görmek.
3. Basit mantıksal devrelerde diyotların fonksiyonlarını araştırmak.

MALZEME LİSTESİ

1. 2 adet 1N4004 Silikon diyot veya eşleniği
2. 0 – 15 V arası ayarlanabilen DC güç kaynağı
3. Analog İşaret Üretici(1 KHz, 5 – 10 V tepeden tepeye Sinüs dalga)
4. Dirençler: 1- 100 K Ω , 1- 10K Ω , 1- 1K Ω , 1- 470 Ω
5. Potansiyometre: 1- 10 K Ω
6. Kondansatörler: 1- 1 μ F (25 V)
7. Çift ışınli osiloskop

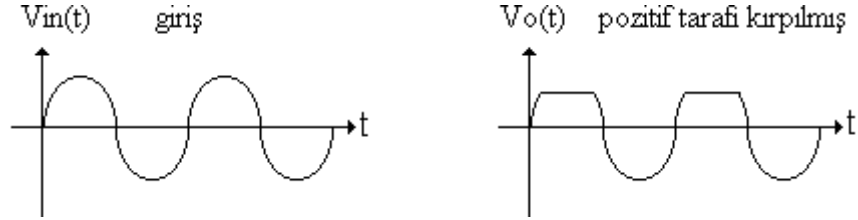
TEORİK BİLGİ

Bu deneyde kırpıcı ve kenetleyici devreler ele alınmıştır. Şekil 1’de, kırpıcı devrenin giriş ve çıkış dalga şekilleri gösterilmiştir. Şekil 3 ve 4’te ise pasif kırpıcı devreler yer almaktadır. Çıkış gerilimi, diyot doğru kutuplanmış olduğu sürece değişmeyecektir. Diğer bir deyişle, çıkış gerilimi sabit pozitif ya da negatif bir değerle *sınırlandırılmış* olacaktır. Deney 3’te ele alınmış olan yarım dalga doğrultucu pasif kırpıcı devreye bir örnektir.

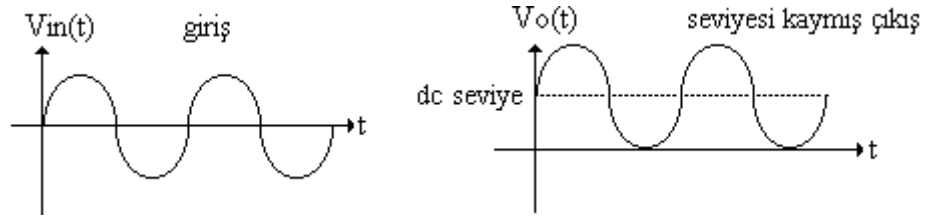
Kenetleyici devreler bir dalga şeklini negatif bölgeden çıkaran veya *kaydıran* devrelerdir. Bazen bu devreler *seviye değiştirici* olarak ta adlandırılırlar. Çünkü dalga şekline belli bir dc seviye eklerler. Şekil 2, tipik bir kenetleyici devrenin giriş ve çıkışını göstermektedir.

Şekil 5’deki devre, pasif bir kenetleyici devre örneğidir. Giriş gerilimi negatif iken, kondansatör diyot üzerinden giriş geriliminin tepe değerine şarj olur. Buna karşılık giriş

gerilimi pozitif iken yük gerilimi, giriş gerilimi ile kondansatör üzerindeki dc gerilimin toplamına eşit olmaktadır. Kondansatör ve yük direncinden ötürü oluşan RC zaman sabiti, giriş geriliminin periyodundan çok daha büyük seçilirse; kondansatör yük direnci üzerinden boşalma fırsatı bulamayacaktır. Dolayısıyla yük gerilimi, giriş geriliminin dc olarak pozitif yöne doğru ötelenmiş hali olacaktır.



Şekil-1

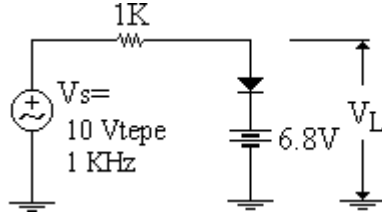


Şekil-2

Büyük-ışaret diyot devrelerinin kullanıldığı önemli uygulamalardan bir tanesi de sayısal lojik fonksiyonlarının gerçekleştirilmesidir. Sayısal lojik kapılar, VE veya VEYA gibi mantıksal işlemlerin gerçekleştirildiği devrelerdir. VE işleminde, eğer iki girişten her ikisinde doğru (yüksek gerilim) olduğunda ancak çıkış doğrudur. VEYA işleminde iki girişten herhangi birinin doğru olması çıkışın doğru olması için yeterlidir. VE kapısında ancak 1. ve 2. girişler 5V olduğunda, kapı çıkışında 5 V oluşacaktır. VEYA kapısında ise 1. veya 2. girişten bir tanesi 5V olduğunda, kapı çıkışında 5 V oluşacaktır.

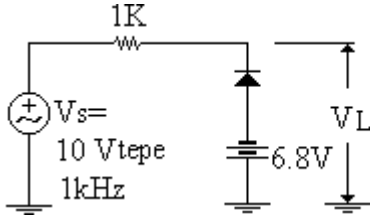
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Pasif bir kırpıcı devreyi görmek amacıyla aşağıdaki devreyi kurunuz.



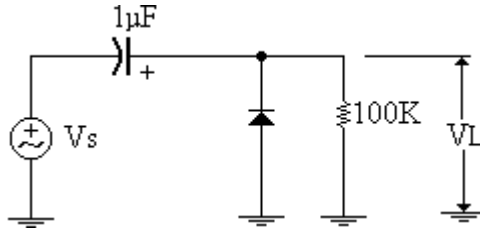
Şekil-3

2. DC konuma alınmış çift ışınli bir osiloskopla V_S ve V_L 'yi gözlemleyip, çiziniz. Kırılmanın gerçekleştiği andaki dc seviyeyi kaydediniz.
3. Aşağıdaki devreyi kurunuz.



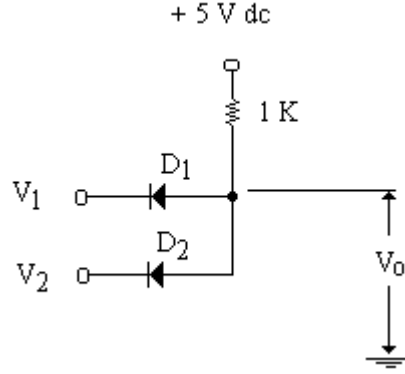
Şekil-4

4. Şekil 4 için işlem basamağı 2'yi tekrarlayınız.
5. Pasif kenetleyici devreyi görmek amacıyla aşağıdaki devreyi kurunuz.



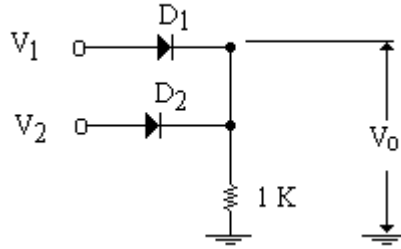
Şekil-5

6. Basit mantık kapılarında diyotların davranışını görmek amacıyla aşağıdaki devreyi kurunuz.



Şekil-6

7. Tablo 1’deki tüm V_1 ve V_2 kombinasyonları için V_O değerini ölçüp, kaydediniz.
8. Başka bir mantık kapısını incelemek amacıyla aşağıdaki devreyi kurunuz ve işlem basamağı 7’yi Tablo 2’deki değerler için tekrarlayınız.



Şekil-7

SORULAR

1. Girişine yüksek bir gerilim geldiğinde kuvvetlendiriciler zarar görebilmektedirler. Eğer bir kuvvetlendiricinin girişine 3V’tan daha yüksek bir işaret geldiğinde korumaya geçmesini istiyorsak, bu deneyden edindiğiniz bilgiler ışığında nasıl bir devre tasarlırsınız? Açıklayınız. Devre şeklini çizip, elemanların değerlerini yazınız.
2. Bir analog-sayısal çeviricinin çıkışında 0’dan 255’e kadar olmak şartıyla 256 basamak bulunmaktadır ve çıkışın genliği 0V’tan 10V’a kadar değişmektedir. 20 KHz’lik bir giriş işaretinin tamamı pozitif tarafta olacak şekilde kaydıran devreyi (kenetleyici) tasarlayınız.
3. Tablo 1 ve 2’deki V_1 , V_2 değerlerinin her biri için, diyotların konumlarını yazınız . (ileri veya ters yönde kutuplanmış şeklinde belirtiniz) Diyodun doğru yönde kutuplandığında üzerinde düşen gerilimin 0,7 V olduğunu kabul ederek, V_O gerilimini hesaplayınız. Deneyde yaptığınız ölçümlerle bunları karşılaştırınız.

4. Şekil 6 ve 7 size hangi mantık kapılarını çağrıştırıyor? Yazınız.

TABLO 1

V_1 (Volt)	V_2 (Volt)	V_O (Volt) Ölçülen	V_O (Volt) Hesaplanan
0	0		
0	5		
5	0		
5	5		

TABLO 2

V_1 (Volt)	V_2 (Volt)	V_O (Volt) Ölçülen	V_O (Volt) Hesaplanan
0	0		
0	5		
5	0		
5	5		

ZENER DİYOT

5

AMAC

1. Zener diyodun I-V karakteristiğini oluşturmak.
2. Zener diyodun voltaj regülatörü olarak kullanılışını görmek.
3. Zener diyodun regülasyon çizgisini ve zener diyot regülatörün çıkış direncini ölçmek.

MALZEME LİSTESİ

1. 1N4736 6.8 V (1 W) zener diyot
2. 0– 15 V arasında ayarlı DC güç kaynağı
3. Dirençler: 1–10 K Ω , 1–8.2 K Ω , 1–6.8 K Ω , 1–4.7 K Ω , 1–2.2 k Ω , 1–1K Ω , 1–560 Ω , 1–100 Ω
4. Ölçü aleti

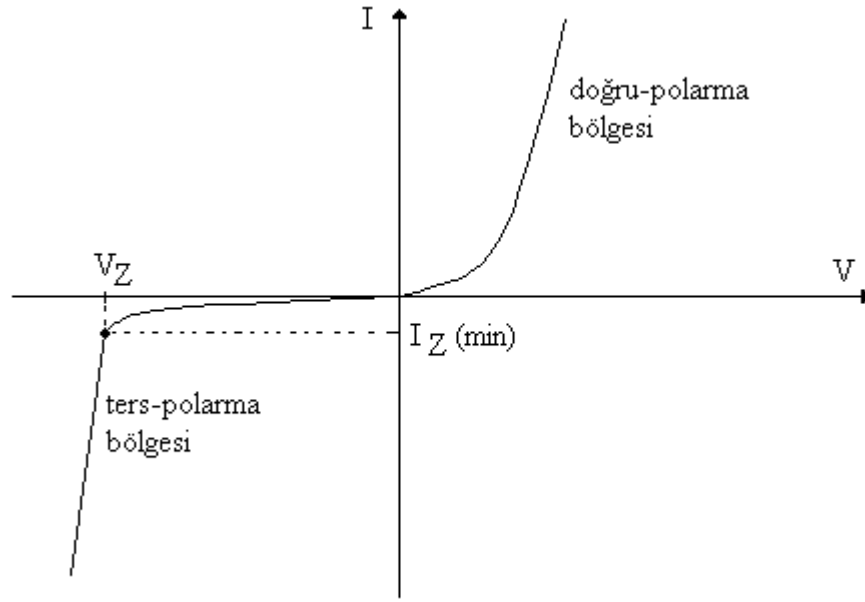
TEORİK BİLGİ

Eğer yarı iletken bir diyot üzerine uygulanan ters gerilim, diyot kırılma noktası adı verilen değere ulaşırsa, bundan böyle diyodun bu yönde akım geçirmesi oldukça zorlaşır. Fakat bu durum diyot için belirlenmiş güç kaybı değerine ulaşana dek, diyoda zarar vermez.

Diyodun kırılma gerilimin değeri, üretim aşamasında diyodun oluşturulacağı yarı iletken maddenin (Silisyum, Germanyum) katkı oranı ile ilgilidir. Sıradan diyotlardan farklı olarak zener diyotlar, daha fazla katkı oranına sahiptirler. Çünkü zener diyotlar -özellikle ters kırılma bölgesinde- üzerinde düşen gerilim, diyottan geçen akımın değişmesine rağmen sabit kalacak şekilde tasarlanmışlardır. Bu özelliğinden dolayı zener diyotlar, sabit gerilimin gerekli olduğu voltaj regülatörü uygulamalarında kullanılmaktadır. Şekil 1’de tipik bir I-V karakteristik eğrisi ve eğri üzerindeki V_Z ile işaretlenmiş kırılma gerilimi gözükmemektedir. Sıradan diyotlar ile zener diyodun ileri yönde kutuplanmış bölgelerinin farklı olmadığına dikkat ediniz.

Şekil 1’deki gibi bir karakteristiğe sahip bir zener diyot, ideal olarak adlandırılır. Çünkü şekilden de anlaşıldığı gibi geri veya ters yönde kutuplanmış bölgedeki karakteristiği tamamen dik bir çizgidir. Bu durumda, kırılma bölgesinde diyot üzerinden geçen akım değişse dahi V_Z kesinlikle sabit kalacaktır. Diğer bir deyişle $\Delta V_Z / \Delta I_Z = 0$ olacaktır. Kırılma bölgesinde zener diyodun direnci aşağıdaki formül kullanılarak bulunabilir:

$$Z_Z = \frac{\Delta V_Z}{\Delta I_Z}$$



Şekil-1

Pratikte zener diyotların direnci sıfır değildir. Ancak voltaj regülatörü olarak kullanımına izin verebilecek kadar da küçüktür.

Şekil 4'te zener diyot kullanılarak oluşturulmuş bir voltaj regülatörü devresi gözükmemektedir. Diyot ters-polarma bölgesinde çalışmaktadır ve yük üzerinde düşen gerilim de V_Z gerilimine eşittir. Devrenin düzgün bir şekilde çalışması için, diyonu sürekli kırılma bölgesinde tutacak yeterince büyük ve ters bir akım değerine gerek duyulmaktadır.

Aşağıda sıralanan tüm özellikler zener diyot kullanılarak tasarlanacak bir voltaj regülatörü devresinde mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır:

1. şart : Giriş gerilimi E , (burada E gerilimi, dalgalanmalara sahip düzensiz bir girişi temsil etmektedir) diyot ve yük direnci üzerinden akacak kırılma akımını sağlayabilecek *yeterli büyüklüğe sahip olmalıdır.*

2. şart : R_L yük direncinin değeri üzerinden tüm akımı akatabilecek kadar *küçük bir değere sahip olmamalıdır.* Çünkü böyle bir durumda R_L kısa devre gibi olacak ve diyot üzerinden hiç bir akım akmayacaktır. Dolayısıyla diyot kırılma bölgesinden uzaklaşacaktır.

3. şart : Zener diyodun *güç kaybı*, ($P_Z = V_Z I_Z$) üretici firmanın belirlediği değeri *aşmamalıdır*. (Eğer yük açık devre olursa yani değeri çok büyükse tüm akım diyottan geçeceğinden zener zarar görebilir.)

1. ve 2. şartlar, E ve R_L değerinin büyük olması; fakat bunun yanında 3. şartta bu iki değer küçük olması konusunda kısıtlamalar getirmektedir. Şekil 4'teki R_S direnci tüm şartların oluşturulmasında kritik bir rol üstlenmiştir. Aşağıdaki eşitlik R_S direnci için geçerli aralığın hesaplanmasında kullanılmaktadır:

$$\frac{E(\min) - V_Z}{I_Z(\min) + V_Z/R_L(\min)} \leq R_S \leq \frac{E(\max) - V_Z}{I_Z(\max) + V_Z/R_L(\max)}$$

Burada;

E (min) ve E (max) düzensiz dalgalanan gerilimin minimum ve maksimum değerlerini,

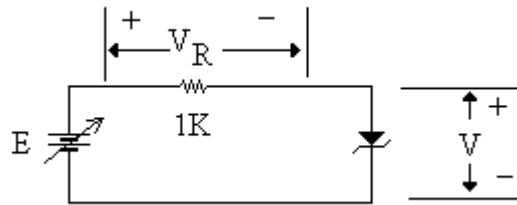
$I_Z(\min)$ diyodu kırılma noktasında sabit tutmak için gerekli ters akımın minimum değerini, (Şekil 1'e bakınız)

$I_Z(\max)$ diyodun üretim safhasında belirlenmiş olan güç harcamasını aşmayacak şekilde diyot üzerinden geçebilecek maksimum akım değerini, $I_Z(\max) \leq P_Z / V_Z$

$R_L(\min)$ ve $R_L(\max)$ yük direncinin maksimum ve minimum değerlerini temsil etmektedir.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Zener diyodun doğru-kutuplama karakteristiğini çıkarmak için aşağıdaki devreyi kurunuz.

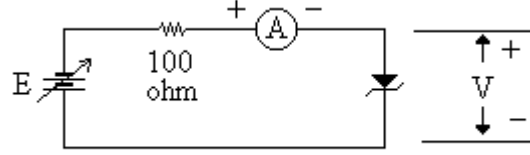


Şekil-1

2. Uygulanan E gerilimini, zener diyot üzerinde düşen gerilim değeri V'nin Tablo 1'deki her bir değeri için ayarlayınız. Her bir V değeri için, direnç üzerinde düşen gerilimi

ölçünüz. (Direnç üzerinde düşen gerilim zener diyot üzerinden geçen akımın hesaplanmasında kullanılacaktır.)

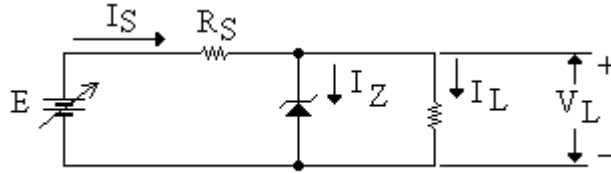
3. Zener diyodun ters-kutuplama karakteristiğini çıkarmak için dc güç kaynağının yönünü ters çeviriniz. Ayrıca Şekil 3'ten de gözüktüğü üzere $1K\Omega$ 'luk direnci 100Ω 'luk dirençle yer değiştiriniz.



Şekil-2

4. E gerilimini, Tablo 2'de yer alan zener diyot üzerinden geçen akım değerlerini elde edecek şekilde ayarlayınız. I_Z 'nin her bir değeri için zener diyot üzerinde düşen V gerilimini ölçünüz.

5. Zener diyodun voltaj regülatörü olarak nasıl kullanıldığını görmek amacıyla aşağıdaki devreyi kurunuz.



Şekil-4

6. Regülasyon çizgisini belirlemek için, $R_L=10 K\Omega$ ve $E=10 V$ yapınız. Tablo 3'teki her bir E değeri için 6. basamağı tekrarlayınız.

7. Regülatörün çıkış direncini belirlemek amacıyla, yine $R_L=10 K\Omega$ ve $E=10 V$ yapınız. Daha sonra V_L yük gerilimini ölçünüz ve bu ölçme işlemini Tablo 4'te sıralanmış tüm R_L değerleri için tekrarlayınız.

SORULAR

1. Tablo 1 ve 2'deki ölçüm sonuçlarından faydalananarak, milimetrik kağıda zener diyodun doğru-kutuplama karakteristiğini çizin.

2. $I_Z=5 mA$ ve $I_Z=30 mA$ arasındaki ters kırılma bölgesindeki Z_Z zener diyot empedansını hesaplayınız.

3. Tablo 3' teki ölçüm sonuçlarından faydalanarak, Şekil 4'teki voltaj regülatöründeki $\frac{\Delta V_L}{\Delta E}$ regülasyon yüzdesini hesaplayınız.

4. Tablo 4' teki ölçüm sonuçlarından faydalanarak, voltaj regülatörünün $\frac{\Delta V_L}{\Delta I_L}$ çıkış direncini (tüm ölçüm aralığında) hesaplayınız.

5. Tablo 4' teki her bir yük direnci için zener diyot tarafından harcanan gücü bulunuz. Hesapladığınız değerlere bakarak, bu değerlerden diyodun harcama gücünü aşan olup olmadığını kontrol ediniz.

6. Şekil 4'te kullanılan R_S direncinin, seçilen yük direnci ve giriş gerilimi için uygun bir değer olup olmadığını değerlendiriniz. $I_Z(\min)$ değerini 1. sorunun cevabı olarak çizdiğiniz grafik üzerinden belirleyiniz.

TABLO 1

V(Volt)	VR (Volt)	$I = \frac{V_R}{R}$
0.1		
0.3		
0.5		
0.6		

TABLO 2

I	V (Volt)
50 μ A	
100 μ A	
1 mA	
5 mA	
10 mA	
15 mA	
20 mA	
30 mA	

TABLO 3

V(Volt)	V _L (Volt)
10	
11	
13	
15	

TABLO 4

RL	VL(Volt)	$I_L = \frac{V_L}{R_L}$	$I_L = \frac{E - V_L}{R_S}$	$I_Z = I_S - I_L$	$P_Z = V_L I_Z$
10 K Ω					
8.2 K Ω					
6.8 K Ω					
4.7 K Ω					
2.2 K Ω					

EMİTERİ ORTAK / KOLLEKTÖRÜ ORTAK KARAKTERİSTİĞİ

6

AMAC:

1. Laboratuvarda yapılan ölçümlere dayanarak emiteri ve kollektörü ortak bağlantının giriş ve çıkış karakteristiklerini çıkarmak.
2. Emiteri ve kollektörü ortak bağlantı şekillerinin akım kazançlarını incelemek.

MALZEME LİSTESİ:

1. 2 N 2222 silisyum transistör veya eşdeğeri
2. Ayarlı güç kaynağı (10 V DC)
3. Dirençler: 1-1 K Ω , 1-100 Ω
4. Potansiyometreler: 1-1 M Ω , 1-50 K Ω , 1-10 K Ω
5. 2 adet sayısal ölçü aleti

TEORİK BİLGİ:

Bu deneyde iki tip transistör öngerilimleme metodu incelenecektir. Bunlardan birincisi, ortak emiter; ikincisi de ortak kollektör veya emiter izleyici devresidir. 4. deneyde anlatıldığı üzere, ortak terminal, bir ac kuvvetlendiricide giriş ve çıkışta ortak olan terminaldir. Farklı öngerilimleme bağlantı şekilleri ac kuvvetlendiricinin parametrelerini etkileyecektir. Bu parametreler daha sonraki deneylerde tartışılacaktır.

Transistör öngerilimlendirmede en sık kullanılan düzen, emiterin toprağa bağlandığı emiteri ortak bağlantı şeklidir. Ortak emiter bağlantı şeklinde giriş akımı I_B , giriş gerilimi de V_{BE} 'dir. Çıkış akımı I_C , çıkış gerilimi de V_{CE} olmaktadır. Kollektör akımının beyz akımına oranına *akım kazancı* denir ve β ile temsil edilir.

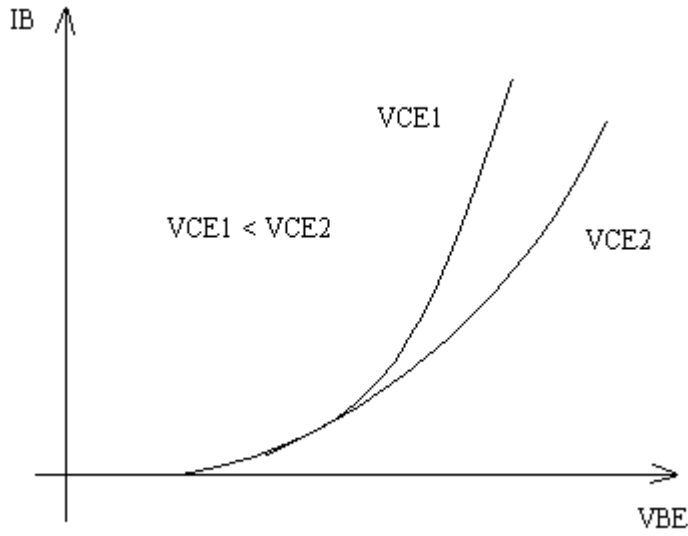
$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

α ile β arasındaki ilişki de;

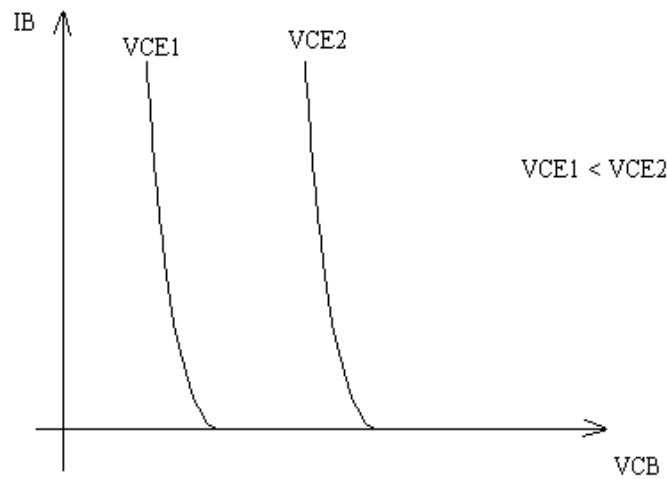
$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

eşitliği ile bulunmaktadır.

Şekil 1'de ortak emiter öngerilimlendirme düzeninin giriş karakteristiği görülmektedir. Bu karakteristikler sabit kollektör-emiter gerilimi için beyz akımı ile beyz-emiter gerilimi arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



Şekil-1

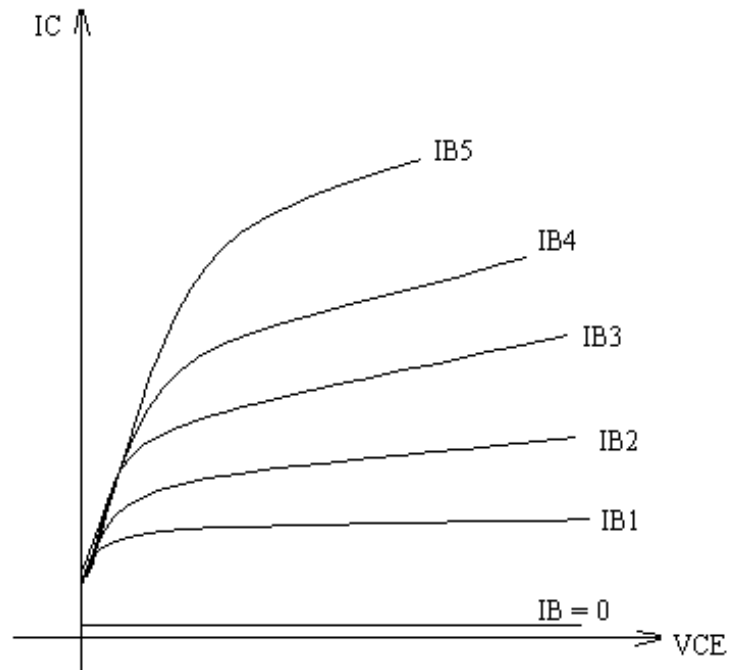


Şekil-2

Bir diğer önemli öngerilimlendirme metodu da, ortak kollektör öngerilimlendirme düzenidir. Bu tip, yüksek giriş direnci ve düşük çıkış direnci isteyen kuvvetlendiricilerde kullanılır. Şekil

2'de ortak kollektör öngerilimlendirme düzeninin giriş karakteristiği gösterilmiştir. Bu eşitlikler, sabit kollektör-emiter gerilimi için beyz akımı ile kollektör-beyz gerilimi arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

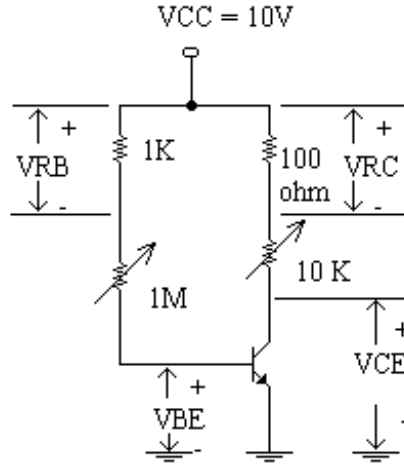
Şekil 3'te de emiteri ortak bağlantı şekline ait çıkış karakteristiği görülmektedir. Ortak kollektörün çıkış karakteristiği düşey eksen hariç emiteri ortak ile aynıdır. ($I_E \approx I_C$) Bu karakteristikler sabit beyz akımı için kollektör (veya emiter) akımının kollektör-emiter gerilimine oranı görülmektedir.



Şekil-3

İŞLEM BASAMAKLARI:

1. Emiteri ortak bağlantı şeklinde giriş karakteristiğini belirlemek için aşağıdaki devreyi kurunuz.



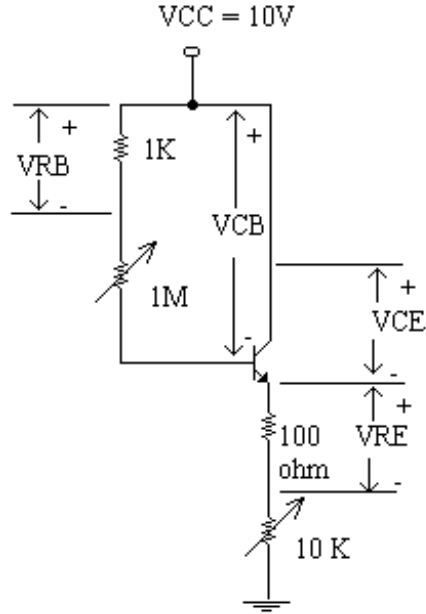
Şekil-4

2. V_{CE} ve V_{CB} 'yi Tablo 1'de gösterilen değerleri, $1\text{ M}\Omega$ ve $10\text{ K}\Omega$ 'luk potansiyometreler ile ayarlayarak elde ediniz. Tablo 1'de yer alan her bir V_{CE} ve V_{CB} değerleri için $1\text{ K}\Omega$ 'luk direnç uçlarında düşen gerilimleri (V_{RB}) ölçüp, kaydediniz. Burada V_{CE} 'nin sabit kaldığından emin olmanız için 2 adet ölçü aleti kullanmanız önerilir.

3. Emiteri ortak bağlantıda çıkış karakteristiğini incelemek için Şekil 4'te gösterilen devredeki $10\text{ k}\Omega$ 'luk potansiyometreyi son değerine (max) ayarlayınız. Bu durum V_{CE} 'nin yaklaşık olarak 0 V 'a düşmesine sebep olacaktır. Daha sonra $1\text{ M}\Omega$ 'luk potansiyometreyi, I_B $10\text{ }\mu\text{A}$ olacak şekilde ayarlayınız. (V_{RB} 10 mV olduğunda, I_B 'nin $10\text{ }\mu\text{A}$ olduğuna dikkat ediniz) Daha sonra Tablo 2 'deki her bir V_{CE} değeri için $10\text{ k}\Omega$ 'luk potansiyometreyi I_B 'nin sabit kalmasını sağlayarak ayarlayınız.

4. Tablo 2'de gösterilen V_{CE} ve I_B 'nin her bir kombinasyonu için $100\text{ }\Omega$ 'luk direnç ucundaki V_{RC} gerilimini ölçüp, kaydediniz.

5. Kollektörü ortak bağlantının giriş karakteristiğini incelemek için aşağıdaki devreyi kurunuz.



Şekil-5

6. $1\text{ M}\Omega$ ve $10\text{ K}\Omega$ 'luk potansiyometreleri kullanarak Tablo 3'te gösterilen V_{CE} ve V_{CB} değerlerini elde ediniz. V_{CE} ve V_{CB} değerlerinin her ikisi de potansiyometre ile çok hassas ayarlardan sonra elde edilmektedir. Bu ayarlara dikkat ediniz.

7. I_B akımının hesaplanmasında kullanılacak olan ve Tablo 3'te gösterilen $1\text{ K}\Omega$ direnç uçlarındaki V_{RB} gerilimini ölçüp, kaydediniz.

SORULAR:

1. Tablo 1' deki I_B değerlerini hesaplayıp kaydediniz. Bu bilgilere dayanarak Tablo 1' deki verileri kullanarak emiteri ortak öngerilimlendirme devresinin giriş karakteristiğini çiziniz.

2. Tablo 2' deki I_C değerlerini hesaplayıp kaydediniz. Bu bilgilere dayanarak Tablo 2' deki verileri de kullanarak emiteri ortak çıkış karakteristiğini çiziniz.

3. Tablo 3' teki I_B değerlerini hesaplayıp kaydediniz. Bu bilgilere dayanarak Tablo 3' teki verileri de kullanarak kollektörü ortak giriş karakteristiğini çiziniz.

4. Tablo 2' deki her bir V_{CE} değeri için, $I_B = 30\text{ }\mu\text{A}$ olduğu durumdaki tüm β değerlerini hesaplayınız.

5. Transistör çıkış karakteristiğinde "Aktif bölge" nin bir diğer adı da "lineer bölge"dir. Soru 2'de elde edilen çizimi kullanarak I_c ve I_E 'ye göre "lineer bölge" ismini açıklayınız.

TABLO 1

$V_{CE} = 3 \text{ V}$			$V_{CE} = 5 \text{ V}$		
V_{BE}	V_{RE}	$I_B = \frac{V_{RB}}{R_C}$	V_{BE}	V_{RE}	$I_B = \frac{V_{RB}}{R_C}$
0.63 V			0.63 V		
0.64 V			0.64 V		
0.65 V			0.65 V		
0.66 V			0.66 V		

TABLO 2

V_{CE}	$I_B = 10 \mu\text{A}$		$I_B = 20 \mu\text{A}$		$I_B = 30 \mu\text{A}$		$I_B = 40 \mu\text{A}$		$I_B = 50 \mu\text{A}$	
	V_{RC}	$I_C = \frac{V_{RC}}{R_C}$	V_{RC}	$I_C = \frac{V_{RC}}{R_C}$	V_{RC}	$I_C = \frac{V_{RC}}{R_C}$	V_{RC}	$I_C = \frac{V_{RC}}{R_C}$	V_{RC}	$I_C = \frac{V_{RC}}{R_C}$
0.2 V										
0.4 V										
0.8 V										
1 V										
3 V										
5 V										

TABLO 3

$V_{CE} = 3 \text{ V}$			$V_{CE} = 5 \text{ V}$			$V_{CE} = 7 \text{ V}$		
V_{CB}	V_{RB}		V_{CB}	V_{RB}		V_{CB}	V_{RB}	
2.4 V			4.4 V			6.4 V		
2.3 V			4.3 V			6.3 V		
2.2 V			4.2 V			6.2 V		
2.1 V			4.1 V			6.1 V		
2.0 V			4 V			6 V		
1.9 V			3.9 V			5.9 V		
1.8 V			3.8 V			5.8 V		
1.7 V			3.7 V			5.7 V		

BJT

7

ÖN GERİLİMLENDİRME ÇEŞİTLERİ

AMAC:

1. BJT ön gerilimlendirme devrelerine örnek olarak verilen 3 değişik bağlantının çalışma noktalarını belirlemek.
2. Her bir bağlantı türünü ısı kararlılığı açısından değerlendirmek.

MALZEME LİSTESİ

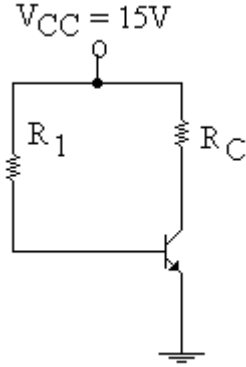
1. 1 adet 2N2222 NPN transistör veya eşleniği
2. DC güç kaynağı
3. Dirençler: 1- 10 K Ω , 1- 470 Ω , 1 - 380 Ω
4. Potansiyometreler: 1- 470 K Ω , 1-100 K Ω
5. Sayısal ölçü aleti (VOM)

TEORİK BİLGİ

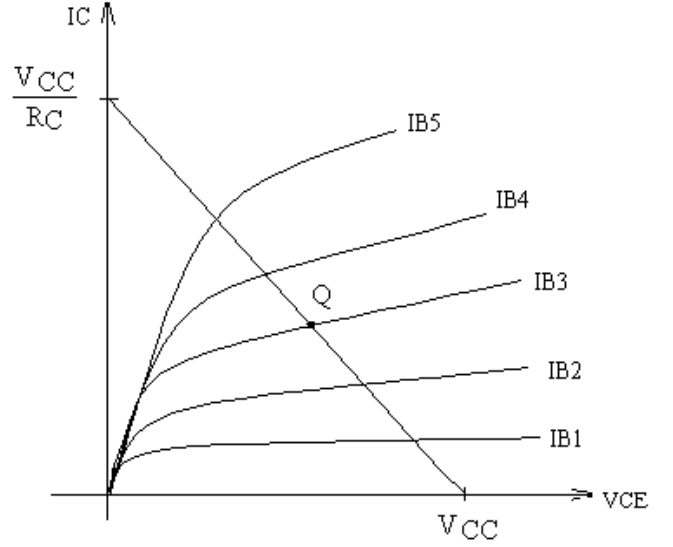
Lineer transistör devrelerinde, emiter diyodunun doğru; kollektör diyodunun da ters kutuplanması gerekir. Transistör akım ve geriliminde bir değişimin olması için, transistör ac bir gerilimle sürülür. Bu durumda uygulanacak olan bu ac gerilimin emiter diyodunu ters veya kollektör diyodunu da doğru kutuplamasını önlemek üzere, öncelikle çalışma noktası belirlenmelidir. Uygulanan ac işaret çok büyük değilse ve çalışma noktası da uygun seçilmişse, (ortada veya ortaya yakın) girişin pozitif ve negatif salınımları boyunca transistör aktif bölgede kalacaktır.

Bu deneyde 3 tane basit ve birbirinden farklı ön gerilimlendirme devresine yer verilmiştir. Bu 3 devrenin her birinde çalışma noktası Q, transistör aktif bölgede kalacak şekilde tasarlanmıştır.

Beyz Ön Gerilimlendirme



Şekil-1.a



Şekil-1.b

Şekil 1a'da bu tip devreye bir örnek verilmiştir. V_{BE} gerilim kaynağı emiter diyodunu ileri yönde kutuplamaktadır. Burada R_B direnci akımı sınırlandırmaktadır. Ohm kanununa göre beyzden geçen akım aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

Burada Silisyum transistör için $V_{BE} = 0.7$ V, Germanyum için ise 0.3 V alınacaktır.

Kollektör devresinde, V_{CC} gerilimi R_C direnci üzerinden kollektör diyodunu ters kutuplamaktadır. Kirchoff gerilim kuralına göre

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \times R_C$$

Aşağıda verilen devrede V_{CC} ve R_C sabit; V_{CE} ve I_C değişken değerlerdir.

Yukarıdaki eşitliği, aşağıdaki gibi yeniden düzenleyebiliriz:

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C}$$

Şekil 1.b’de 3 nolu eşitlikten yola çıkarak çizilmiş kollektör eğrileri gözükmemektedir. $\frac{-1}{R_C}$

eğimine sahip doğrunun dikey eksenini kestiği nokta $\frac{V_{CC}}{R_C}$, yatay eksenini kestiği nokta ise V_{CC} değeridir. Bu doğruya DC yük doğrusu denir. Beyz akımları ile DC yük doğrusunun kesiştiği nokta, transistörün çalışma noktasıdır ve Q ile gösterilir.

$I_B=0$ eğrisinin yük doğrusunu kestiği nokta, *kesim* noktası (Cut-Off) olarak adlandırılır. Bu noktada beyz akımı bilindiği gibi 0 ve kollektör akımı da çok küçük bir değere sahiptir. Kesim bölgesinde emiter diyodu artık ileri yönde kutuplanamaz ve normal transistör çalışması da sona erer. Transistör kesimdeyken, V_{CE} gerilimi neredeyse V_{CC} gerilimine eşit olur.

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

Maksimum beyz akımının geçtiği anda, kollektör akımı da maksimum değerine ulaşır. Bu andan itibaren kollektör diyodu ters kutuplanmış olarak kalmaz ve yine normal transistör çalışması sona erer. $I_{B(\max)}$ eğrisi ile yük doğrusunun kesiştiği nokta *doyum* (saturation) noktası olarak adlandırılır. Transistör doyumdayken kollektörden geçen akım aşağıdaki gibi hesaplanır:

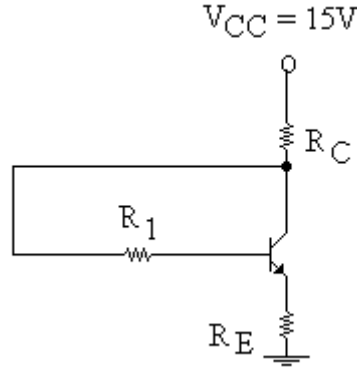
$$I_{C(\text{doyum})} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

Doyumda beyzden geçen akım ise

$$I_{B(\text{doyum})} = \frac{I_{C(\text{doyum})}}{\beta_{DC}}$$

Kesim ile doyum arasında kalan bölge, aktif bölgedir. Aktif bölgede, her zaman emiter diyodu doğru; kollektör diyodu da ters kutuplanır. 1 nolu eşitlikten faydalanarak her tip ön gerilimlendirme devresinde, beyz akımını bulabilirsiniz.

Kollektöre Geri-Beslemeli Ön Gerilimlendirme



Şekil-2

Şekil 2’de daha basit ve düşük frekanslardaki davranışı iyi olan bir ön gerilimlendirme devresi gözükmemektedir. Şekil 1’de olduğunun tersine, burada R_B direnci dc güç kaynağına değil de transistörün kollektör terminaline bağlanmıştır. Beyz direncine sabit bir gerilim uygulamak yerine; burada beyze β değerine bağımlı olarak değişen kollektör gerilimi uygulanmaktadır. Burada geri-besleme devreye girmektedir. β sıcaklığa bağılı olarak değişen bir parametre olduğundan, bu devrede sıcaklık artınca buna bağılı olarak β artacak; bu da daha fazla kollektör akımının geçmesine neden olacaktır. Fakat kollektör akımı artar artmaz, V_{CE} gerilimi azalacaktır. (Çünkü R_C üzerinde düşen gerilim artacaktır.) V_{CE} geriliminin azalması demek beyz direncini süren gerilimin de azalması demektir. Geri besleme olmadığı durumda, beyz akımı azalınca kollektör akımı artacaktır. Fakat geri besleme varken, kollektör akımı eskisi kadar çabuk artamamaktadır. Kollektör akımı yaklaşık olarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + \frac{R_B}{\beta}}$$

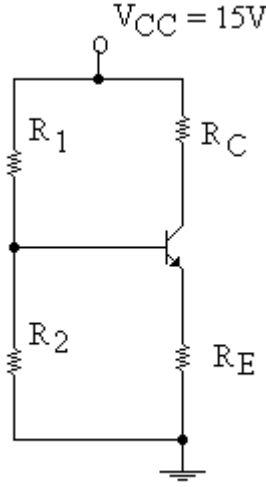
Kollektör-emiter gerilimi ise

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \times R_C \text{ ‘dir.}$$

Çalışma noktasının ortada olmasını sağlayan beyz direnci (yani $V_{CE} = \frac{V_{CC}}{2}$) yaklaşık olarak aşağıdaki gibidir.

$$R_B \cong \beta \times R_C$$

Gerilim Bölücü Dirençler İle Yapılan Ön Gerilimlendirme



Şekil-3

Şekil 3’de en çok kullanılan ön gerilimlendirme şekli olan gerilim bölücülü bağlantı şekli görülmektedir. Burada R_1 ve R_2 dirençlerinin V_{CC} gerilimini bölmesinden ötürü devre, bu ismi almıştır. R_2 direnci üzerinde düşen gerilim, emiter diyodunu ileri yönde kutuplayacak gerilimdir. V_{CC} gerilim kaynağı her zaman olduğu gibi kollektör direncini ters kutuplamaktadır.

Şekil 3’de yer alan devrede beyz akımı, R_1 ve R_2 üzerinden geçen akımla karşılaştırıldığında çok küçüktür. R_2 direnci üzerinde düşen gerilim ve daha sonra da transistörün emiter direnci üzerinde düşen gerilim aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$V_{R2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{CC}$$

$$V_E = V_{R2} - V_{BE}$$

Emiter direnci üzerinden geçen akım da aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$I_E = \frac{V_{R2} - V_{BE}}{R_E}$$

Transistörün kollektör ile emiter terminalleri arasındaki gerilim,

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \times (R_C + R_E) \text{ dir.}$$

I_C ve I_E akımlarının değerleri yaklaşık olarak birbirine eşit kabul edilebilir. Şekil 2'deki devrede kollektör direnci üzerinden çok fazla akım geçerse, transistör doyuma ulaşacaktır. İdealde, bu durumda kollektör-emiter arası kısa devre kabul edilir. Transistör doyumda iken kollektörden geçen akım aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$I_{C(doyum)} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Şekil 1'deki devreyi $R_C = 470 \Omega$ 'luk direnci kullanarak kurunuz. R_1 yerine ise 470 K Ω 'luk potansiyometre bağlayınız.
2. V_{CC} gerilimi 7V oluncaya dek potansiyometreyi ayarlayınız ve potansiyometrenin bu andaki değerini ölçerek, kaydediniz.
3. Kollektör ve beyzden geçen akımları ölçüp, Tablo 1'e kaydediniz. (Veya kollektör direnci üzerinde düşen gerilimi ölçünüz. Daha sonra bunu bildiğiniz R_C direncine bölerek akımı hesaplayınız)

$$I_{CQ} = \frac{V_{RCQ}}{R_C}$$

4. Bir havya yardımıyla transistörü (havyayı transistöre değdirmeden) ısıtınız. İşlem basamağı 3'ü tekrarlayıp, değerleri Tablo 1'e kaydediniz.
5. Şekil 2'deki devreyi $R_C = 470 \Omega$ ve $R_E = 380 \Omega$ 'luk dirençleri kullanarak kurunuz. R_1 yerine ise 100 K Ω 'luk bir potansiyometre bağlayınız.
6. İşlem basakları 2, 3 ve 4'ü tekrarlayınız.
7. Şekil 3'teki devreyi $R_C = 470 \Omega$, $R_E = 380 \Omega$ ve $R_2 = 10 K\Omega$ 'luk dirençleri kullanarak kurunuz. R_1 yerine ise yine 100 K Ω 'luk potansiyometreyi bağlayınız.
8. İşlem basakları 2, 3 ve 4'ü tekrarlayınız.

SORULAR

1. Her bir devre için $V_{BE} = 0.6 V$ ve $\beta = 150$ kabul ederek, R_1 'i teorik olarak hesaplayınız ve ölçtüğünüz değerlerle karşılaştırınız.
2. β , V_{BE} ve I_{CQ} 'daki değişimlerden yola çıkarak en kararlı devre hangisidir? Belirtiniz.
3. Şekil 3'te sıcaklık değişimine karşı kararlılık nasıl sağlanmıştır? Açıklayınız.

TABLO 1

	Şekil 1			Şekil 2			Şekil 3		
	Ölçülen		Hesaplanan	Ölçülen		Hesaplanan	Ölçülen		Hesaplanan
	Oda	Isıttıktan sonra		Oda sıcaklığında	Isıttıktan sonra		Oda sıcaklığında	Isıttıktan sonra	
V_{CQ}									
V_{BE}									
I_{BQ}									
I_{CQ}									
$\beta = \frac{I_{CQ}}{I_{BQ}}$									
R_1									

EMİTERİ ORTAK KUVVETLENDİRİCİLER

8

AMAC

1. Emiteri-ortak kuvvetlendiricinin açık-devre gerilim kazancını, yük varken gerilim kazancını, giriş ve çıkış dirençlerini ölçmek.
2. Küçük-ışaret eşdeğer modelini kullanarak emiteri ortak kuvvetlendiriciyi değerlendirmek.
3. Emiter bypass kondansatörünün gerilim kazancı üzerindeki etkisini incelemek.

MALZEME LİSTESİ

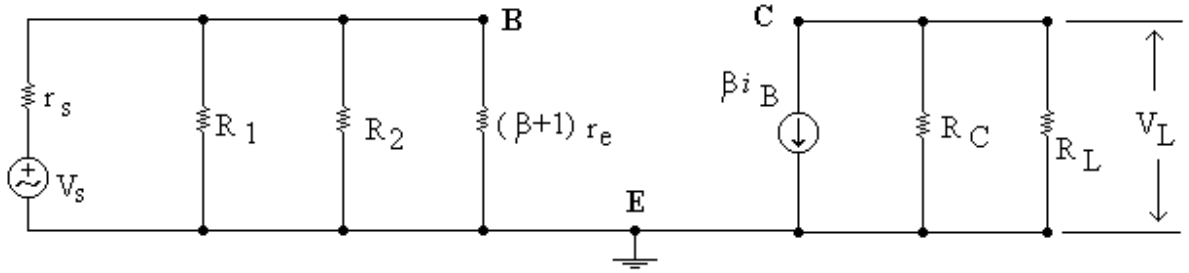
1. 2N 2222 Silikon transistör veya eşleniği
2. 15 V DC güç kaynağı
3. Analog İşaret Üretici (Ayarlı Sinüs, 10 KHz)
4. Dirençler: 1-56 K Ω , 1-12 K Ω , 1-3.3K Ω , 1-2.2 K Ω , 1-1 K Ω
5. Kondansatörler: 1- 47 μ F, 2-10 μ F (25 V'luk)
6. Potansiyometreler: 1- 50 K Ω , 1- 10K Ω
7. Çift ışınli osiloskop

TEORİK BİLGİ

Emiteri ortak bağlantı, BJT küçük-ışaret devrelerinin en önemli ve en sıklıkla kullanılan şeklidir. Gerilim ve akım kazancının yüksek olması, giriş ve çıkış dirençlerinin değerlerinin ne çok yüksek ne de çok düşük olması kolaylığından ötürü bu düzenleme çok kullanılmaktadır. Zaten bu deney kitabı boyunca sıklıkla kullanılacak olan emiteri ortak bağlantı şekline sahip kuvvetlendiricilerdir.

Emiteri ortak kuvvetlendiricilerin çoğunda emiter direnci kendine paralel bir kondansatör bağlanarak by-pass yapılır. Yüksek frekanslarda, kondansatör emiter direncini toprağa kısa devre eder. Fakat dc 'de kondansatörün sahip olduğu büyük empedans, devrenin dc ön gerilimlendirmesinde hiç bir etkiye sahip değildir. Emiter bypass kondansatörü kullanılarak kuvvetlendiricinin kazancı artırılmış olur. Emiter direnci üzerinde çıkış gerilimiyle uyuşmayan fazda bir gerilim olduğu durumlarda, emiter bypass kondansatörü

bunu yok ederek; kazancı artırır. Şekil 1’de Şekil 3’teki emiteri ortak kuvvetlendiriciye ait küçük-ışaret ac eşdeğer devre gözükmemektedir. Buradan faydalanarak kazanç, giriş ve çıkış dirençleri kolaylıkla hesaplanabilir. Eşdeğer devrede R_E direncine yer verilmemiştir. Çünkü C_E kondansatörü tarafından tamamen by pass yapıldığı varsayılmıştır. Şekil 1’deki akım-kontrollü akım kaynağının yönü aşağıyı göstermektedir. Bunun anlamı giriş gerilimine göre çıkış geriliminin negatif olduğunu gösterir. Dolayısıyla aralarında 180° faz farkı oluşmaktadır. Bu yüzden emiteri ortak kuvvetlendiricilere eviren kuvvetlendiriciler adı da verilir.



Şekil-1

Emiteri ortak kuvvetlendiricinin açık-devre gerilim kazancı A_V aşağıda yer alan eşitliklerden uygun biri kullanılarak hesaplanabilir:

$$C_E \text{ devrede iken} \quad A_V = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{-\beta R_C}{(\beta+1)r_e} \approx -\frac{R_C}{r_e}$$

$$C_E \text{ devrede yokken} \quad A_V = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{-\beta R_C}{(\beta+1)(r_e + R_E)} \approx -\frac{R_C}{R_E}$$

Emiteri ortak kuvvetlendiricinin giriş direnci $r_{in}(\text{kat})$, aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanabilir:

$$C_E \text{ devrede iken} \quad r_{in}(\text{kat}) = (\beta + 1)r_e // (R_1 // R_2)$$

$$C_E \text{ devrede yokken} \quad r_{in}(\text{kat}) = [(\beta + 1)(r_e + R_E)] // (R_1 // R_2)$$

Emiteri ortak kuvvetlendiricinin çıkış direnci ise $r_o(\text{kat})$ aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir:

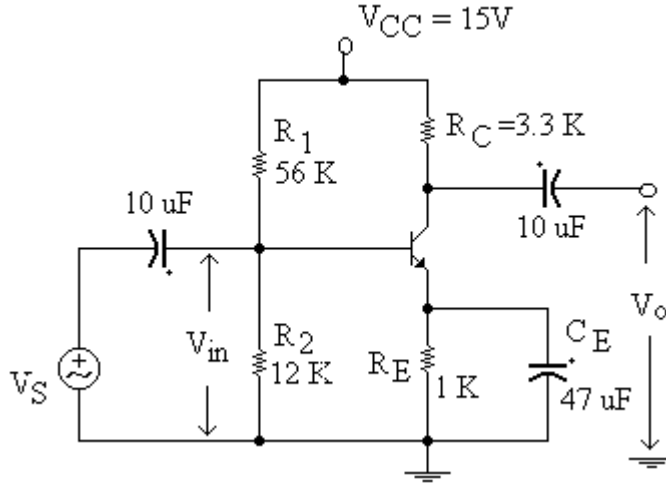
$$r_o(\text{kat}) = R_C$$

Kuvvetlendiricinin çıkışına yük bağlandığında yükten kaynağa doğru gerilim kazancını hesaplamak için aşağıdaki eşitlik kullanılabilir:

$$\frac{V_L}{V_S} = \frac{r_{in}(kat)}{r_s + r_{in}(kat)} A_V \frac{R_L}{R_L + r_o(kat)}$$

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Ek A'daki işlem basamaklarını tamamlayarak transistörün β 'sını hesaplayınız.
2. A_V açık-devre gerilim kazancını ve kuvvetlendiricinin çıkış direncini ölçmek için aşağıdaki devreyi kurunuz.



Şekil-2

3. İşaret üreticinin frekansını 10 KHz'e ayarlayınız. Daha sonra kuvvetlendiricinin çıkışında tepeden tepeye 3V görünceyene dek işaret üreticinin çıkış düğmesi (amplitude) ile ayar yapınız. Giriş ve çıkış gerilimlerini aynı anda osiloskop ekranında gözlemleyerek, hem tepeden tepeye genlikleri, hem de giriş-çıkış arasındaki faz ilişkisini kaydediniz. Böylelikle

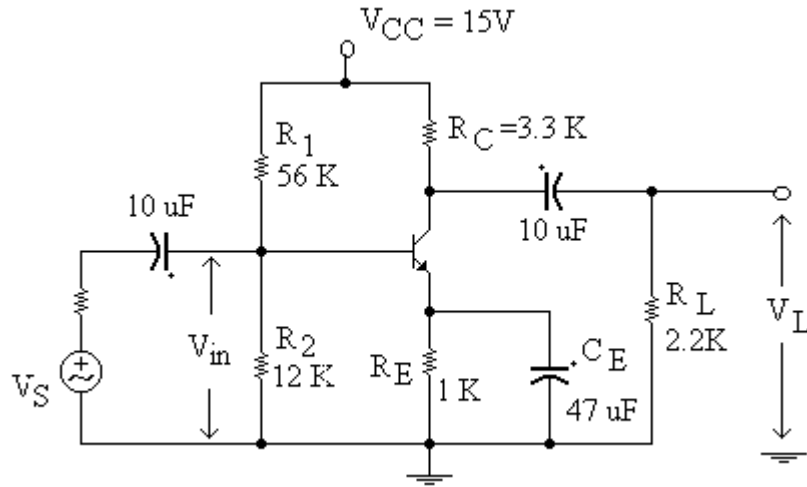
açık-devre gerilim kazancı $\frac{V_o}{V_{in}}$ hesaplanabilir.

UYARI 1: Kuvvetlendiricinin çıkışında söz konusu değeri görebilmeniz için her işaret üreticinin üzerinde bulunan *attenuation-* *zayıflatma* yazan düğmeye basınız. Böylelikle çıkış işareti 20 dB zayıflamış olacaktır. Zayıflatma düğmesine bastığınız ve işaret üreticinin çıkış düğmesini minumuma getirdiğiniz halde dahi çıkış 3 V_{t-t} olmayabilir. Çıkış dalga şeklinde eğer her hangi bir bozulma yoksa deneyin bundan sonraki bölümünde 3 V_{t-t} değerinin yerine ayarlayabildiğiniz yeni değeri kullanmanızda bir sakınca yoktur.

UYARI 2: Daha önceki tecrübelerle dayanarak işaret üreticinin çıkışının bazı durumlarda yeterince küçük olamadığından osiloskop ekranındaki sinüs dalga şeklinin alt veya üstünden veya her iki ucundan aynı anda kırpılmalar görebileceğinizi söyleyebilirim. Bu durumu gidermek için zayıflatma düğmesine basmanız yeterli olmayacaktır. Bu yüzden kuvvetlendiricinin kazancını düşürecek (yeterince küçük işaret veren bir başka işaret üreticinin bulunamadığı durumlarda) deney sorumlusu Öğretim Elemanını ile birlikte başka çareler aramalısınız.

4. Kuvvetlendiricinin çıkış direncini ölçmek için, 10 K Ω 'luk potansiyometreyi çıkış kuplaj kondansatörü ile şase arasına bağlayınız. Çıkış gerilimi 1.5 Vtt oluncaya dek potansiyometreyi ayarlayınız. Daha sonra potansiyometrenin ayarını bozmadan devreden çıkarınız. Değerini ölçüp kaydediniz. Gerilim bölme kuralından yola çıkarsak, ölçtüğünüz direnç değeri kuvvetlendiricinin çıkış direncine eşit olacaktır.

5. Yükten kaynağa gerilim kazancı $\frac{V_L}{V_S}$ 'yi ve kuvvetlendiricinin giriş direnci $r_{in}(kat)$ 'ı ölçmek için Şekil 3'teki devreyi kurunuz.



Şekil-3

6. İşaret üreticinin frekansını 10 KHz yaptıktan sonra, $V_L = 3V_{t-t}$ oluncaya dek işaret üreticinin çıkış genlik düğmesini ayarlayınız. İşaret üreticini devreden çıkarıp, çıkış genliğinin değerini ölçünüz. Gerilim kazancı $\frac{V_L}{V_S}$ 'yi hesaplayınız.

7. Emiteri ortak kuvvetlendiricinin $r_{in}(kat)$ giriş direncini ölçmek için işaret üreticini tekrar devreye bağlayınız. Daha sonra giriş kuplaj kondansatörü ile işaret üreticinin arasına

50 K Ω 'luk potansiyometreyi bağlayınız. Çıkıştaki V_L gerilimi 1.5 V_{t-t} (veya daha önce ayarladığınız değerin yarısı) oluncaya dek potansiyometreyi ayarlayınız ve potansiyometrenin konumunu bozmadan devreden çıkarınız. Değerini ölçüp, kaydediniz. Öltüğünüz değer, kuvvetlendiricinin giriş direncidir.

8. Emite bypass kondansatörünü devreden çıkarıp, işlem basamakları 3, 6 ve 7'yi tekrarlayınız.

SORULAR

1. I_E gerilimini ve r_e direncini hesaplayınız. Teorik olarak hesaplayacağınız dc emite akımını bulmak için aşağıdaki işlemleri takip ediniz:

- Öncelikle beyz-toprak arasındaki V_B gerilimini, gerilim bölme kuralını uygulayarak belirleyiniz.

$$V_B = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

- Daha sonra emite-toprak arasındaki V_E gerilimini bulunuz.

$$V_E = V_B - V_{BE} \approx V_B - 0.7 \text{ Volt}$$

- Son olarak, emite gerilimini emite akımına bölerek akımı hesaplayabilirsiniz.

$$I_E = \frac{V_E}{R_E}$$

2. Soru 1'den elde ettiğiniz verileri kullanarak ve r_c direncini sonsuz kabul ederek, Şekil 3'teki kuvvetlendiricinin küçük-ışaret eşdeğer ac devresini çizin.

3. Eşdeğer devreden faydalananarak A_V , $\frac{V_L}{V_S}$, $r_{in}(kat)$ ve $r_o(kat)$ değerlerini teorik olarak hesaplayınız. Tablo 1'e kaydediniz. Deneyde aldığınız ölçüm sonuçları ile hesaplanan sonuçları karşılaştırınız.

4. İşlem basamağı 8 için (yani CE devrede yokken) A_V , $\frac{V_L}{V_S}$, $r_{in}(kat)$ ve $r_o(kat)$ değerlerini tekrar hesaplayınız. Tablo 1'e kaydediniz. Deneyde aldığınız ölçüm sonuçları ile hesaplanan sonuçları karşılaştırınız.

5. Emite bypass kondansatörünün yararlarını ve zararlarını kazanç ve giriş direnci açısından yorumlayarak, belirtiniz.

TABLO 1

	CE devrede iken		CE devrede yokken	
	Ölçülen değer	Hesaplanan değer	Ölçülen değer	Hesaplanan değer
A_V				
$\frac{V_L}{V_S}$				
$r_{in}(kat)$				
$r_o(kat)$				