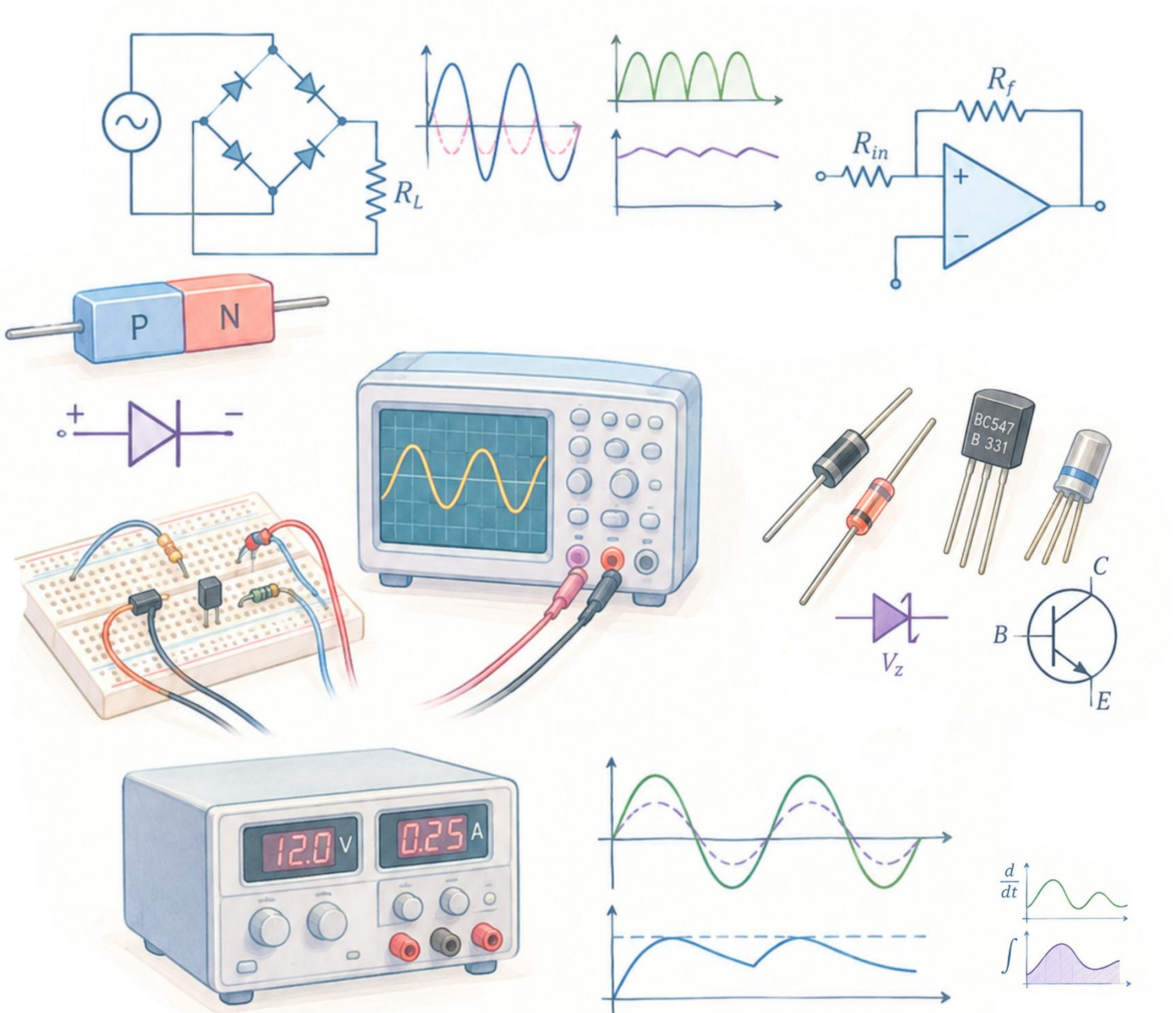


**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN FAKÜLTESİ FİZİK BÖLÜMÜ**

**FİZİK LABORATUVARI VI
FİZ 457**



İçindekiler

LABORATUVAR KURALLARI.....	i
1. Deney: Doğrultucu Devreler	1
1.1. Deneyin Amacı:	1
1.2. Teorik Bilgiler.....	1
1.3. Deneyin Yapılışı.....	6
2.Deney: Türev, İntegral ve Süzgeç Devreleri.....	16
2.1. Deneyin Amacı.....	16
2.2. Teorik Bilgiler.....	16
2.3.Deneyin Yapılışı.....	19
3.Deney : Temel Yükselteç Devreleri	21
3.1. Deneyin Amacı:	21
3.2. Teorik Bilgiler.....	21
3.3. Deneyin Yapılışı.....	25
4.Deney: İki Kutuplu Eklem Transistörler	27
4.1. Deneyin Amacı.....	27
4.2 Teorik Bilgi.....	27
4.2. Deneyin Yapılışı.....	31
5.Deney: Manyetik Zener Diyot	34
5.1. Deneyin Amacı.....	34
5.2. Teorik Bilgiler.....	34
5.3. Deneyin Yapılışı.....	36
6.Deney: PN Eklem Diyot.....	43
6.1. Deneyin Amacı.....	43
6.2. Teorik Bilgiler.....	43
6.3. Deneyin Yapılışı:	47
7. Deney: İşlemsel Yükselteçler (Op-amplar).....	50
7.1. Deneyin Amacı.....	50
7.2. Teorik Bilgiler.....	50
7.3. Deneyin Yapılışı:	54
8. Deney: Kondansatörde depolanan enerji	55
8.1. Deneyin Amacı.....	55
8.2. Teorik Bilgiler.....	55
8.3. Deneyin Yapılışı.....	56

LABORATUVAR KURALLARI

- Her öğrenci derse gelirken, deney föyünü, çok fonksiyonlu bir hesap makinesini, milimetrik kâğıdını ve en az 20 cm'lik bir cetvelini getirmelidir.
- **Öğrenci derse gelmeden önce, Ek-1'deki tabloda belirtildiği gibi yapacağı deneyin teorik bilgilerini boş beyaz kâğıda siyah veya mavi tükenmez veya pilot kalemle yazacaktır. Ön hazırlığı yapmadan gelen öğrencinin deney raporu 60 puan üzerinden değerlendirilecektir.**
- İlgili asistanlar, teorik bilginin hazırlanıp hazırlanmadığını paraf atarak kontrol edeceklerdir.
- Deneyin yapılışı yazılırken, kullanılan deney düzeneği çizilecektir.
- **Zaman kalması durumunda telafi deneyi yapılacaktır.**
- Belirtilen süre içinde gelmeyen raporlar değerlendirmeye alınmayacaktır.
- Öğrencinin gelmediği veya teslim etmediği deneye ait rapor notu, 0 (sıfır) olarak değerlendirilecektir.
- **Öğrenci, laboratuvar dersine gelmediği hâlde, yapmadığı deneyin raporunu veremez.**
- Öğrenci, hazırladığı deney raporunun aslını vermek zorundadır. Deney raporunun fotokopisi kabul edilmez. Öğrenciler teslim ettikleri raporlarını geri alamayacaklardır.
- **Rapor, mavi ya da siyah tükenmez veya pilot kalem ile yazılacaktır.**
- Hesaplamalar kısmında, hesaplamalarda kullanılan formüller belirtilecek, en az bir örnek hesaplama gösterilecek, bulunan değerlerin birimleri yazılacak, varsa ilgili tablo veya tablolar doldurulacaktır.
- Ek-2'de belirtilen grafik çizim kurallarına uygun olarak grafikler, milimetrik kâğıda kurşun kalem ile çizilecektir.
- **Ara sınav haftasında, laboratuvar dersi yapılmayacaktır.**

Öğrenciler tüm rapor notlarını ve ortalamasını dönem sonunda öğrenir.

EK-1

DENEY RAPORUNUN HAZIRLANMASI

1.	Öğrenci No: Adı-Soyadı: Şube Numarası:	Sol kısımda listelenen ilk beş maddeden oluşan kısım, deneye gelmeden önce hazırlanmalıdır.
2.	Deney No:	
3.	Deneyin Adı:	
4.	Deneyin Amacı:	
5.	Teorik Bilgi	
6.	Deneyin Yapılışı: (Deneyde kullanılan alet ve malzemelerin listesi ve devre şeması ile birlikte)	6., 7. ve 8. Maddeler deney yapıldıktan sonra tamamlanacaktır.
7.	Ölçüm ve Hesaplamalar	
8.	Sonuç ve Yorum	

DENEY RAPORUNUN PUANLAMASI

Grafik çizilmesi gereken deneyler için:

Deney No, Deneyin Adı, Deneyin Amacı, Teorik Bilgi40 Puan
Deneyin Yapılışı10 Puan
Ölçüm ve Hesaplamalar10 Puan
Sonuç ve Yorum20 Puan
Grafikler20 Puan

Grafik çizilmesini gerektirmeyen deneyler için:

Deney No, Deneyin Adı, Deneyin Amacı, Teorik Bilgi40 Puan
Deneyin Yapılışı15 Puan
Ölçüm ve Hesaplamalar15 Puan
Sonuç ve Yorum30 Puan

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

EK-2

LABORATUAR DERSLERİNDE GRAFİK ÇİZERKEN VE DEĞERLENDİRİLİRKEN DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN NOKTALAR AŞAĞIDAKİ GİBİDİR:

1. Eksenler uygun seçilmiş mi?
2. Eksenlere uygun bölmelendirme işlemi yapılabilmiş mi?
3. Eksenlerin birimleri doğru yazılmış mı?
4. Varsa eksen çarpanları eksenlere doğru yazılabilmiş mi?
5. Deney verilerine ait noktalar grafikte belirtilmiş mi?
6. Noktaların çoğundan geçen eğri çizilebilmiş mi?
7. Grafik üzerinde eğimin bulunuşu düzgün gösterilebilmiş mi?
8. Eğim doğru hesaplanıp birimleri doğru yazılmış mı?
9. Eğimin hangi fiziksel niceliği gösterdiği belirtilip sonuç doğru verilmiş mi?

Değerlendirmede bunlar dikkate alınacaktır. Bunlardan biri eksik olursa grafik çizimi doğru sayılmaz.

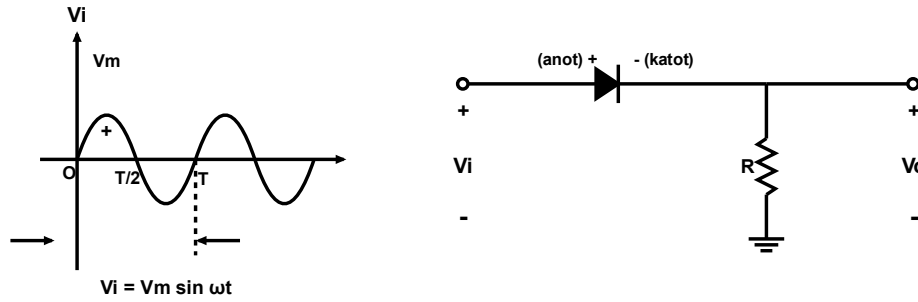
1. Deney: Doğrultucu Devreler

1.1. Deneyin Amacı: Yarım dalga doğrultucu ve tam dalga doğrultucu devrelerin incelenmesi ve karakteristiklerinin karşılaştırılması.

1.2. Teorik Bilgiler

1.2.1. Yarım Dalga Doğrultma

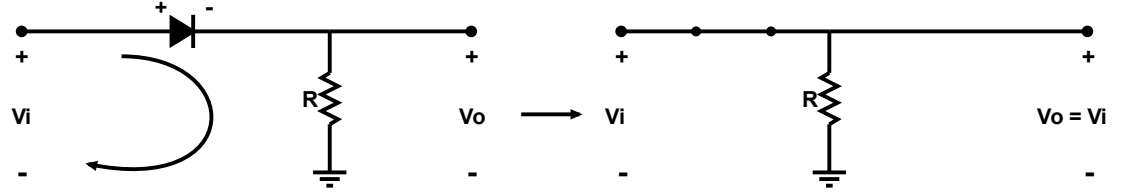
Şebekeden alınan gerilim alternatiftir (ac); buna karşılık elektronik devrelerin hemen hepsi doğru gerilim (dc) ile beslenir. Doğrultma, alternatif bir gerilimden tek yönlü (doğru) bir gerilim elde etme işlemidir ve bu işlem, akımı yalnızca tek yönde geçiren diyotlarla yapılır. Şekil 1.1'deki T periyodu ile tanımlanan bir tam çevrimde ortalama değer (ksen üzerinde ve altında kalan alanların cebirsel toplamı) 0'dır. Şekil 1.1'deki yarım dalga doğrultucusu adı verilen devre, ac'den dc'ye dönüştürme işleminde belirli bir kullanımı olan ortalama bir değere sahip bir V_o dalga biçimi üretecektir.



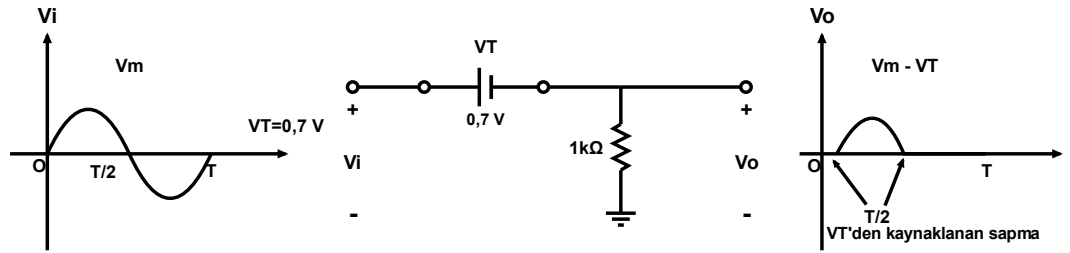
Şekil 1.1. Yarım dalga doğrultucu.

Şekil 1.1'deki $t = 0 \rightarrow \frac{T}{2}$ aralığında giriş gerilimi V_i 'nin polaritesi, Şekil 1.2'de gösterilmiştir. Sonuç olarak, diyot üzerinde gösterildiği gibi aşağıdaki şekilde gösterilen kısa devre eşdeğerine yol açan polaritedir. Bu şekilde çıkış doğrudan girişe bağlanmıştır ve dolayısıyla $0 \rightarrow \frac{T}{2}$ periyodunda $V_o = V_i$ 'dir. $\frac{T}{2} \rightarrow T$ periyodu boyunca V_i girişinin polaritesi Şekil 1.3'te gösterildiği gibi olup, sonunda diyot üzerinde oluşan polarite, açık devre eşdeğeri ile diyotun “kapalı” duruma geçmesine neden olur.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



Şekil 1.2. İletim bölgesi ($0 \rightarrow \frac{T}{2}$).



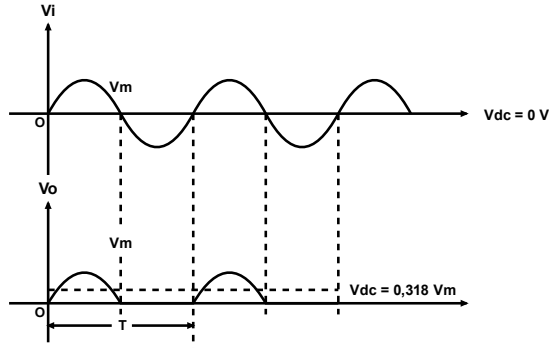
Şekil 1.3. Tıkama bölgesi ($\frac{T}{2} \rightarrow T$).

Sonuç, yük için bir akış yolunun olmayışı ve $\frac{T}{2} \rightarrow T$ periyodu (Şekil 1.3) için $V_o = I \cdot R = 0$. $R = 0\text{ V}$ olmasıdır. Karşılaştırma amacıyla V_i giriş ve V_o çıkış gerilimleri Şekil 1.4’de birlikte çizilmiştir. Bu durumda V_o çıkış sinyali tam bir periyot boyunca eksenin üstünde net pozitif bir alana ve aşağıdaki denklemle belirlenen bir ortalama değere sahiptir:

$$\text{Ortalama (dc değeri)} = 0,318 V_m \quad (1.1)$$

dc düzeyi elde etmek için giriş sinyalinin yarısını kesme işlemine yarım dalga doğrultma denir. Doğrultma terimi ac’den dc’ye dönüştürme işleminde güç kaynaklarındaki diyotlar için kullanılan “doğrultucu” teriminden gelmektedir.

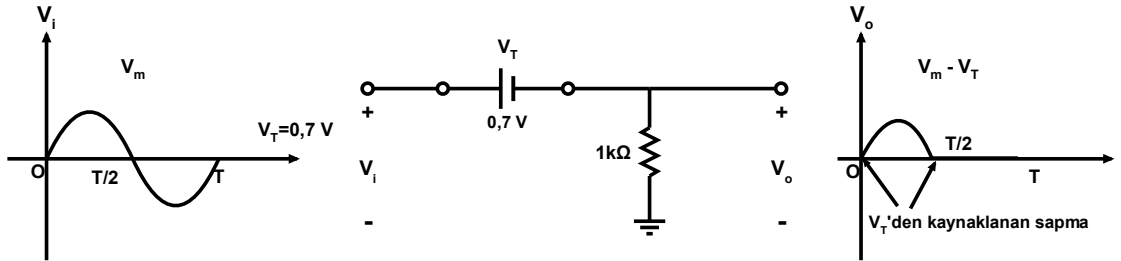
Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



Şekil 1.4. Yarım-dalga doğrultulmuş sinyal.

Şekil 1.5'te ileri öngerilimleme bölgesinde $V_T = 0,7V$ olan bir silisyum diyotun kullanılmasının etkileri gösterilmektedir. Burada diyot, iletme başlamadan önce girişin en az $0,7V$ olması gerekir ki bu da, geçiş gerçekleşene kadar sıfır düzeyinde bir çıkışa yol açmaktadır. İletim durumuna geçildiğinde, V_o ile V_i arasındaki etki eksen üzerinde kalan alanın küçültülmesidir; bu da doğal olarak sonuçta elde edilen de gerilim düzeyini düşürecektir. Eğer V_m değeri, V_o 'dan çok daha büyük aradaki fark ihmal edilip denklem 1.1'de uygulanabilir.

$$V_{dc} = 0.318V_m \quad V_m \gg V_T \quad (1.2)$$

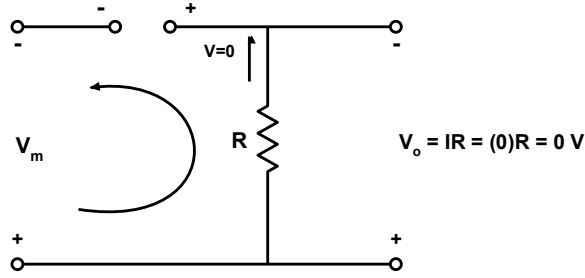


Şekil 1.5. V_T 'nin yarım-dalga doğrultulmuş sinyal üzerine olan etkisi.

Diyotun ters tepe gerilimi (PIV) anma değeri doğrultucu sistemlerin tasarımında öncelikli öneme sahiptir. Bunun geri ön gerilim alanında çalışıldığında aşılması gereken anda gerilim değeri olduğunu, aksi takdirde diyotun zener çığ bölgesine gireceğini unutmayın. Yarım dalga doğrultucusu için gereken PIV anma değeri, maksimum uygulanan gerilimle Şekil 1.1'deki geri öngerilimlenmiş diyotu gösteren Şekil 1.6'dan bulunabilir. Kirchhoff gerilim yasası uygulandığında diyotun PIV anma değerinin uygulanan gerilimin tepe değerine açık olması veya onu aşması açıkça belli olmaktadır. Bu nedenle;

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

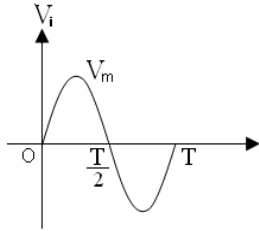
$$PIV_{anma\ de\geri} = V_m^{yarım\ dalga\ do\ğrultucusu} \quad (1.3)$$



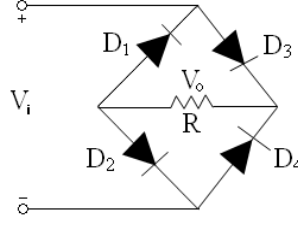
Şekil 1.6. Yarım-dalga doğrultucusu için gereken PIV anma değerin belirlenmesi.

1.2.2. Tam Dalga Doğrultma

Bir sinüzoidal girişten elde edilen dc düzeyi tam dalga doğrultması denen bir işlemle %100 düzeltilebilir. Böylesi bir işlevi yerine getirmek için kullanılan en yaygın devre köprü düzeninde bağlanmış dört diyotlu devre Şekil 1.7’de gösterilmiştir. Girişin polaritesi $t = 0$ ’dan $T/2$ ’ye kadar olan periyotta Şekil 1.8’de gösterildiğı gibidir.



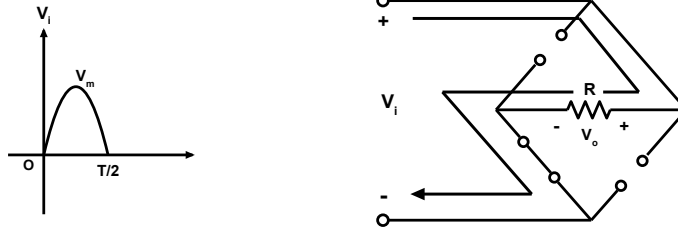
Şekil 1.7. Tam-dalga köprü V_i giriş doğrultucu



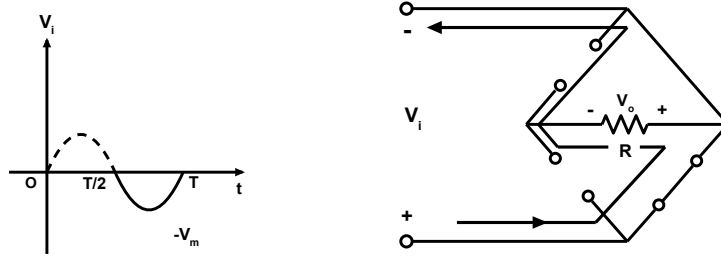
Şekil 1.8. Şekil 1.7’deki Geriliminin $0 \rightarrow \frac{T}{2}$ periyoduna ilişkin devresi

D_3 ve D_2 iletim durumundayken D_1 ve D_4 ’ün “kapalı” olduğunu göstermek için ideal diyotlar üzerindeki polariteler de Şekil 1.8’de gösterilmiştir. Net sonuç R üzerinden akan akım ve polariteyle beraber Şekil 1.9’daki devredir. Diyotlar ideal olduğu için aynı şekilde gösterildiğı üzere yük gerilimi (yük direnci üzerindeki gerilim) $V_o = V_i$ ’dir. Girişin negatif bölgesinde iletimde olan diyotlar D_1 ve D_4 olup Şekil 1.10’daki devre meydana gelmektedir. Buradaki önemli sonuç yük direnci R üzerindeki polaritenin Şekil 1.8 ile aynı ve bunun da Şekil 1.10’da gösterildiğı gibi ikinci pozitif bir darbeye neden olmasıdır. Bir tam periyot boyunca giriş ve çıkış gerilimleri Şekil 1.11’deki gibi görünecektir.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



Şekil 1.9. İdeal diyotlarda net R üzerinden akan akım ve polarite devresi.

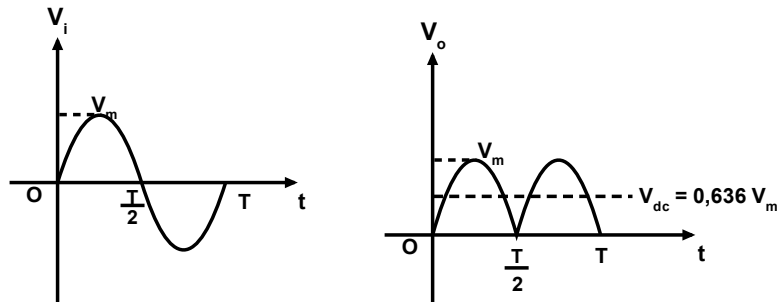


Şekil 1.10. Girişin negatif bölgesinde iletimde olan diyotların ikinci pozitif bir darbe durumu.

Bir tam periyot boyunca eksen üzerindeki alan, yarım dalga sistemine göre ikiye katlandığı için de düzeyi de ikiye katlanmış olmakta ve

$$\text{Ortalama (dc değeri)} = 0,636 V_m \quad (1.4)$$

Silisyum diyotlarda pozitif iletime fazı süresince Şekil 1.12’de gösterildiği gibi V_o ’ın etkisi ikiye katlanmıştır. Ancak $V_m \gg 2V_T$ ise bu durumda



Şekil 1.11.. Bir tam periyot boyunca giriş ve çıkış gerilimleri.

$$V_{dc} \cong 0,636 V_m \quad V_m \gg 2V_T \quad (1.5)$$

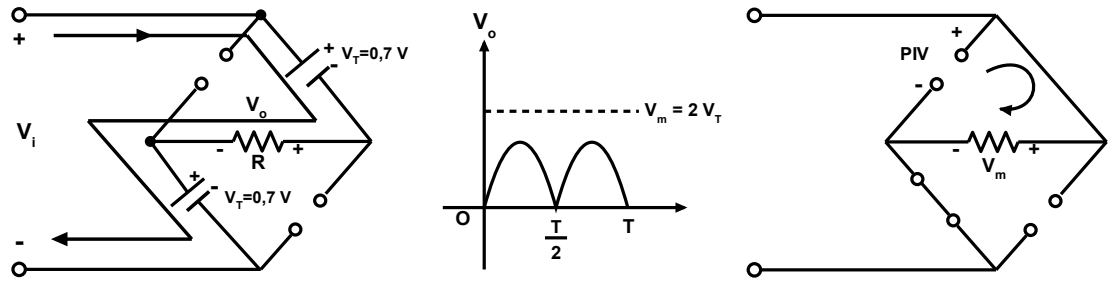
ve eğer $V_m 2V_T$ ’ye yakın ise

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

$$V_{dc} = 0,636(V_m - 2V_T) \quad V_m \text{ 'ye yakın } 2V_T \quad (1.6)$$

Her bir (ideal) diyot için gereken PIV, Şekil 1.12'te giriş sinyalinin pozitif bölgedeki tepe değerinden elde edilebilir. Gösterilen döngü için R üzerindeki maksimum gerilim V_m 'dir ve

$$PIV = V_m \Rightarrow \text{tam dalga köprü doğrultucu} \quad (1.7)$$



Şekil 1.12. Silisyum diyotlarda pozitif iletme fazı süreci

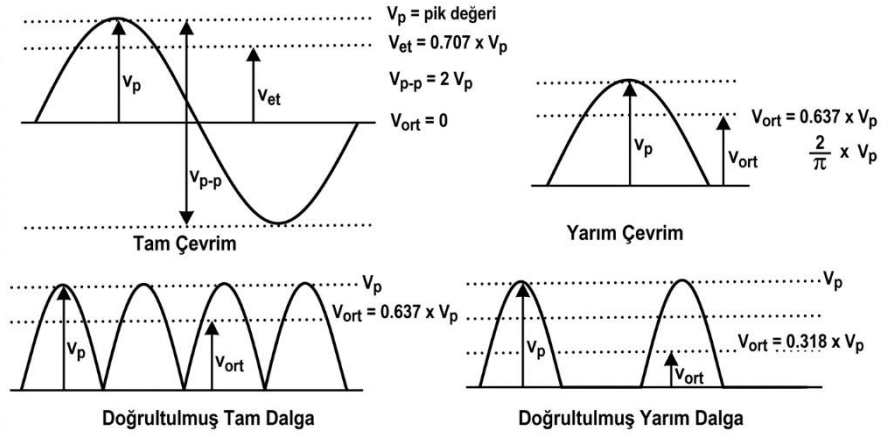
1.3. Deneyin Yapılışı

1.3.1.a. Yarım Dalga Doğrultucu

Diyot, akımın yalnız bir yönde akmasına izin veren bir elemanı olduğu için, diyot içeren bir devreye alternatif gerilim uygulanırsa, devre akımı sadece diyot sembolündeki ok yönünde akacaktır. Bu takdirde akım aynı yönlü ya da doğrusaldır (dc). Akan doğru akım değeri uygulanan alternatif gerilimin tepe değeri ile orantılıdır ki bu da uygulanan gerilimin etkin değeriyle orantılıdır.

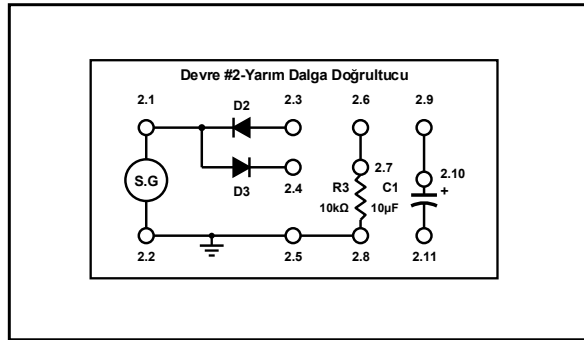
Alternatif gerilim değerleri arasındaki ilişki Şekil 1.13'de gösterilmiştir. İlk referans olarak gerilimin tepe değeri alınmışsa tepeden tepeye değer, etkin ve ortalama değerler de buna bağlı olacaktır.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



Şekil 1.13. Alternatif gerilim değerleri arasındaki ilişki.

Tepeden tepeye değerin (tepe değerinin iki katı) etkin değeri ise 0,707 katıdır ($V_{et} = V_p/\sqrt{2}$). Bir periyot için gerilimin ortalama değeri sıfırdır. Bu yüzden bir alternatif niceliği ölçü aletinin dc konumunda ölçmeye çalıştığınızda sonuç sıfır olacaktır. Yarım dalga üzerinde ortalama değer gösterilmiştir. Bunu takiben yukarıdaki Şekil 1.13’de doğrultulmuş yarım ve tam dalga sinüs dalga şekillerinin ortalaması gösterilmiştir.



Şekil 1.14. Yarım Dalga doğrultucu Devre diyagramı.

1. Sinyal jeneratörünü devreye Şekil 1.14’deki devre diyagramına bağlayın ve anahtarı açınız.
2. 10-20V alternatif gerilim değerine ayarlı bir multimetreyi 2.1 ve 2.2 soketleri arasına bağlayınız.
3. Sinyal jeneratörünü ana şebeke frekansına (50Hz) ayarlayınız ve etkin değeri 5V olacak şekilde devrenin girişine uygulayınız.
4. 5V etkin değerine eşit tepeden tepeye değeri hesaplayınız ve kaydediniz.
5. Osiloskobun Y kanalının her ikisini Şekil 1.15’deki gibi bağlayınız.
6. Osiloskobu aşağıdaki gibi ayarlayınız.
 - a) Timebase’i 5ms/div

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

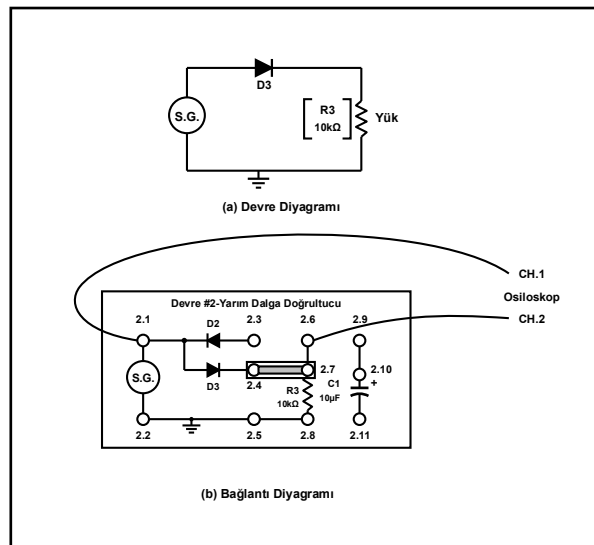
- b) Tetikleme seçiciyi (trigger selector) ac'ye alarak dual trace konumunda çalışınız.
- c) ALT/CHOP anahtarını CHOP'a alınız.
- d) Her iki dalgayı ekranın ortasına yerleştiriniz.
- e) CH.1 Y kanalı yükseltici genliğini 5V/div'e (dc giriş)
- f) CH2 Y kanalı yükseltici genliğini 2V/div'e (dc giriş) ayarlayınız.

Multimetrenin pozitif uç bağlantısını soket 2.1'den kaldırınız ve 2mm'lik bir bağlantı kablosu ile CH.1 kanalını soket 2.1'e bağlayınız. Multimetrenin negatif (common) ucunu toprakta (2.2 soketinde) daha sonraki ölçümler için sabit tutunuz.

Tepeden tepeye giriş gerilimi =

- 7. Osiloskoptan okuduğunuz ve yukarıya kaydettiğiniz tepeden tepeye gerilim genliğini giriniz. Yukarıda 4. adımda hesapladığınız teorik değerle karşılaştırınız.
- 9. 2.4 ile 2.7 arasını kısa devre yapınız ve CH.2 kanalını 2mm'lik bir bağlantı kablosu ile 2.6 soketine bağlayınız.
- 10. Osiloskop ekranı üzerindeki her periyotta CH.1 ve CH.2 kanal gerilimlerinin tepe değerleri arasında net olarak gözükken diyot uçları arasında düşen 0,7V'luk gerilimi not ediniz.
- 11. Osiloskoptaki gerilimi grafik kâğıdına çiziniz. Gerilim ve zaman ölçeğini kaydediniz.
- 12. Grafik kâğıdına çizdiğiniz CH.2 kanalındaki doğrultulmuş yarım dalganın tepe değerini okuyunuz.

Çıkış gerilimi tepe değeri =



Şekil 1.15.a. Devre diyagramı, b. Bağlantı diyagramı.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

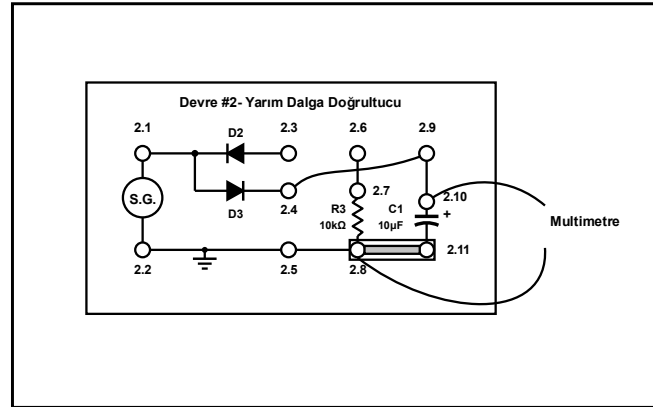
13. Yükün uçları arasındaki gerilimin tepe değerini giriniz (soket 2.6). Bu gerilimin, diyot bağlandığı zaman uçları arasında gerilim düşüşü olduğundan alternatif giriş geriliminin tepe değerinden yaklaşık 0,7V daha az olduğuna dikkat ediniz.

14. Osiloskobun CH.2 bağlantısını soket 2.6'dan çıkarınız ve 10/20V dc gerilim değerine ayarlanmış multimetreyi 2.6 (pozitif) ve 2.5 (negatif) soketlerine bağlayınız.

15. Multimetreden okuduğunuz ortalama gerilimi kaydediniz.

1.3.1.b. Depo Kapasitesi

Uygulanan bir alternatif gerilimde eş zamanlı değer her yarım periyodun başında ve sonunda sıfıra düşecektir. Bu doğru akım kaynağı için uygun bir durum değildir. Kondansatör depolama ve sonra da gevşeme özelliği bu dezavantajın üstesinden gelmeyi mümkün kılar. Diyotun yalıtım (ters bağlanma) durumunda kapasitenin deşarjında olduğu gibi düşmesiyle ve diyotun iletme geçmesi durumunda uygulanan gerilimin tepe değeri eski halinde olduğu gibi hızlı bir şekilde tekrar artmasıyla yükü besleyen gerilimde küçük bir dalgalanma (ripple) vardır. Yük akımı ile birlikte artan ve yük geriliminin ortalama değerinde bir azalmaya sebep olan bu genlik değişimi “dalgacık gerilimi” olarak adlandırılır.



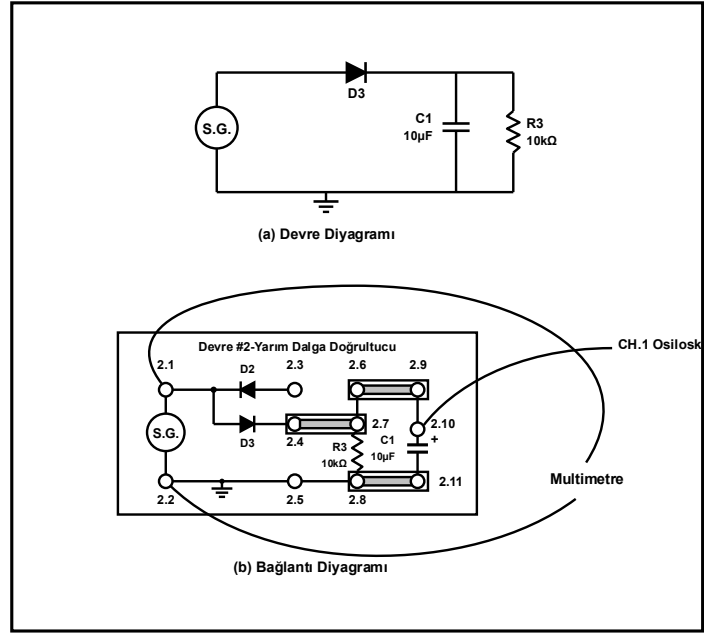
Şekil 1.16. Yarım Dalga doğrultucu Devre diyagramı.

1. Şekil 1.16'daki gibi 2.4 soketinden 2.9 soketine 2mm'lik bir bağlantı kablosu bağlayınız. 2.8 ile 2.11 uçlarını kısa devre ediniz.
2. 2.10 (pozitif uç) ve 2.5 (toprak uç) arasında 10/20V doğru gerilim ayarında bir multimetre bağlayınız.
3. Ana şebeke frekansına ayarlanmış ve 5V'luk etkin değere sahip bir işaretli sinyal jeneratöründen girişe uygulayın ve C_1 kapasitesi uçlarındaki doğrultulmuş gerilimi ölçünüz. C_1

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

kapasitesi uçlarından okuduğunuz gerilimi kaydediniz. Bunu elde ettiğiniz doğrultulmuş sinüs dalgasının tepe değeri ile karşılaştırınız.

Not: $10k\Omega$ 'luk R_3 direnci yükü temsil eder. Şu anda devreye bağlı değildir ve bu yüzden depo kapasitesinden akım akmaz. Kapasite uçlarındaki gerilim bu yüzden tam tepe gerilimine eşit olacaktır.



Şekil 1.17.(a). Devre diyagramı, **(b).** Bağlantı diyagramı.

4. 2.4 ve 2.9 soketlerinden 2mm'lik bağlantı kablolarını kaldırınız ve 2.4 ile 2.7, 2.6 ile 2.9 ve 2.8 ile 2.11 soketleri arasında kısa devre bağlantısı kurunuz.
5. Şekil 1.17'deki gibi Osiloskobu aşağıdaki gibi ayarlayınız.
 - a. Timebase'i 5ms/div'e
 - b. Trigger selectorü ac'ye alarak dual trace'de çalışınız.
 - c. ALT/CHOP tuşunu CHOP'a alınız.
 - d. Her iki dalgayı ekranın ortasına yerleştiriniz.
 - e. CH.1 Y kanalı yükseltici genliği 2V/div'e (dc giriş)
 - f. CH.2 Y kanalı yükseltici genliği 2V/div'e (dc giriş) ayarlayınız.
6. 10/20V ac kademesine ayarlı multimetreyi 2.1 ile 2.2 soketlerine osiloskobun CH.1 kanalını da 2.10 soketine bağlayınız.
7. Sinyal jeneratörünün frekansını ana şebeke frekansına ayarlayınız ve çıkışındaki 5V'luk (etkin değer) gerilimi devrenin girişine uygulayınız.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

8. Osiloskoptaki şekilleri, gerilim ve zaman ölçeğine göre işaretlenmiş grafik kâğıdı üzerine çiziniz.

Dalga biçiminin tepe gerilimi = V_{tepe} =

V_{tepe} 'yi giriniz.

Tanımda ifade edildiği gibi çıkış gerilimi; depo kondansatörünün deşarj olması gibi yükten akım akmasını sağlamak üzere düşer, diyot yükü beslemeye yöneldiği zaman artmaya başlar ve yedek kondansatörü tekrar doldurur. Çıkış geriliminin bu değişimi dalgalılık olarak bilinir.

Taslağını çizmiş olduğunuz dalga şeklinden gerilim dalgasının tepeden tepeye değerini hesaplayınız.

Dalgacık gerilimi (tepeden tepeye) =

9. V_R 'yi giriniz.

Ortalama gerilim dalgacık boyunca orta çizgi veya

$$V_{tepe} - V_R/2 \quad (1.8)$$

olacaktır.

10. Yukarıdaki tanımdan hareketle yükün iki ucu arasındaki ortalama gerilimi hesaplayarak kaydediniz.

11. Multimetrenin pozitif ucunu 2.1 soketinden kaldırınız ve 10/20V dc değerine ayarlayınız. Bu pozitif ucu osiloskop bağlantısının olduğu 2.10 soketine bağlayınız. Multimetrenin gösterdiği ortalama gerilimi okuyup kaydediniz.

Ortalama yük gerilimi = V_{ort}

12. Ortalama yük gerilimini kaydediniz. 11'de hesapladığınız değer ile multimetrede okuduğunuz değeri karşılaştırınız.

1.2.1.c. Negatif Güç Uygulaması

Diyotun ters bağlanmasıyla devreden akan akım ters yönde akacaktır. Aşağıdaki Şekil 1.18.a'daki diyotun yönüne bakınız.

1. 2.3 ve 2.6 soketleri arasını kısa devre yapınız.

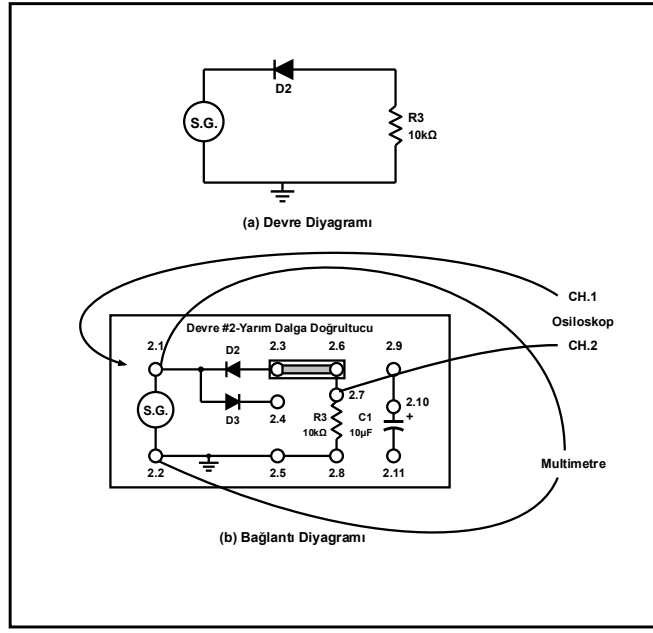
Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

2. 10/20V ac ayarındaki bir multimetreyi, soket 2.1 ile 2.2 arasına bağlayıp sinyal jeneratörünü ana şebeke frekansına ayarlayınız. Sinyal jeneratörünün genliğini $5V_{et}$ 'e ayarlayıp, devrenin girişine uygulayınız.
 3. Multimetre ucunu soket 2.1'den çekiniz.
 4. Osiloskobu aşağıdaki gibi ayarlayınız.
 - a. Zaman ayarını 5ms/div'e
 - b. Tetikleme seçiciyi ac'ye alarak
 - c. Dual konumunda çalışınız.
 - d. ALT/CHOP anahtarını CHOP'a alınız.
 - e. Her iki dalgayı ekranda ortalayın.
 - f. CH.1 Y yükseltici genliğini 2V/div'e (dc giriş)
 - g. CH.2 Y yükseltici genliğini 2V/div'e (dc giriş) ayarlayınız.
 5. Osiloskobun CH.1 kanalını soket 2.1'e CH.2 kanalını da soket 2.7'ye bağlayınız.
 6. Çıkış polaritesini negatif bir çıkış gerilimine çevrildiği osiloskopta oluşan dalgayı çiziniz.
 7. Osiloskoptaki dalga şeklini grafik kağıdına çiziniz.
 8. CH.2 kanalına ait 2mm'lik bağlantı kablosunu 2.7 soketinden çıkartıp, 2.7 (ortak) ve 2.2 (pozitif) soketleri arasındaki 10/20V kademesine ayarlı multimetre ile yer değiştiriniz.
- Not:** Bir analog multimetre kullanıyorsanız pozitif ucu 2.2 soketine bağladığınızdan emin olunuz.
9. Multimetredeki ortalama gerilimi okuyup kaydediniz.

$$\text{Ortalama yük gerilimi} = \boxed{} V_{ort}$$

10. Ortalama yük gerilimini giriniz. Multimetrede okuduğunuz değerle 1.4.1.a'daki ortalama yük gerilimini karşılaştırınız.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



Şekil 1.18.(a). Devre diyagramı, **(b).** Bağlantı diyagramı.

1.3.2. Tam Dalga Doğrultucu

1.3.2.a. Köprü Doğrultucu

Tam dalga doğrultma işlemi besleme akımının her iki yarım periyodunun da yükün içinden sürekli olarak aynı doğrultuda akmasını sağlar. Yarım dalga tam dalga doğrultucu devreleri arasındaki karşılaştırmayı kolaylaştırmak üzere yarım dalga doğrultucu devre (Şekil 1.19.(a) ile köprü doğrultucu devre Şekil 1.19.(b) verildiği gibidir.

1. Şekil 1.19.(a) üzerindeki 2.4 ile 2.7 soketleri arasında kısa devre bağlantısı yapınız. Şekil 1.19.(a) ve Şekil 1.19.(b) arasında ortak bir toprak hattı oluşturmak üzere 2.5 soketinden 3.4 soketine doğru 2mm'lik bir kord bağlantısı yapınız. Orta toprak hattını Şekil 1.19.(b)'deki doğru sokete bağladığınızdan emin olunuz.
2. Osiloskobun her iki Y kanalını pcb modülünün sağ üst köşesindeki adapte paneline bağlayınız.
3. Osiloskobu aşağıdaki gibi ayarlayınız.
 - a. Timebase'i 5ms/div
 - b. Tetikleme seçiciyi (trigger selector) ac'ye alarak çift izli (dual trace) konumunda çalışın.
 - c. ALT/CHOP anahtarını CHOP'a alınız.
 - d. CH.1 gerilim izini ekranın ortasına CH.2'ninkini de ekranın alt kısmına getirin.
 - e. CH.1 Y kanalı yükseltici genliğini de 2V/div'e (dc)
 - f. CH.2 Y kanalı yükseltici genliğini de 2V/div'e (dc) ayarlayınız.
4. CH.1 kanalını 3.5 soketine, CH.2 kanalını da 2.6 soketine bağlamak üzere 2mm'lik bağlantı kordu kullanınız.

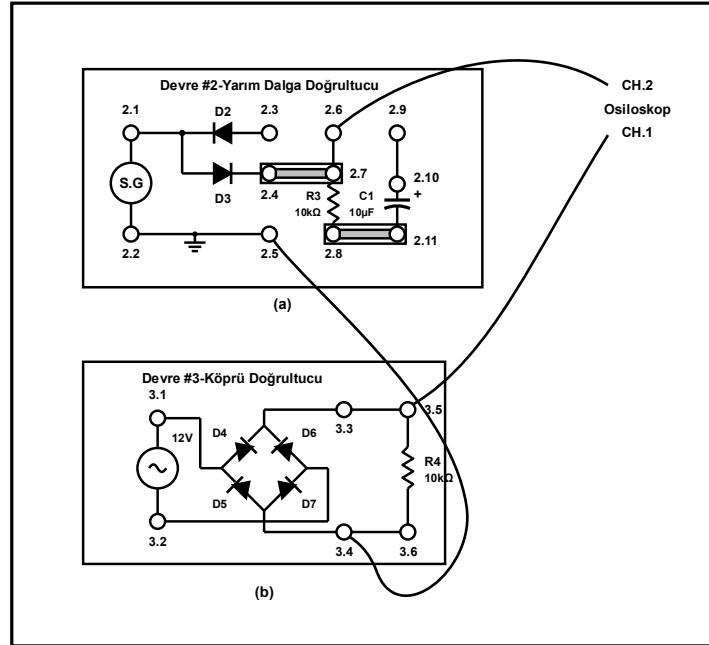
Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

5. Sabit güç kaynağını ON kademesine alarak çalıştırınız.
6. Sinyal jeneratörünü şebeke frekansına ayarlayınız. Sonra osiloskopta mümkün olduğu kadar uygun gerilim izi elde etmek üzere frekansta hassas ayar yapınız.

Not: Sinyal jeneratörünü ya da ana şebekeyi her iki devreyi de aynı anda beslemek üzere kullanmak mümkün değildir. Çünkü bu durumda toprak hattı köprü devresindeki diyotlardan birini devre dışı edecektir.

7. Osiloskoptaki şekilleri, gerilim ve zaman skalasına göre işaretlenmiş grafik kâğıdı üzerine çiziniz.

Not: Biri ekranın üst yarısında, diğeri de alt yarısında olmak üzere iki farklı gerilim skalasına ihtiyaç olacaktır.



Şekil 1.19.(a)Yarım dalga doğrultucu, **(b).** Köprü doğrultucu.

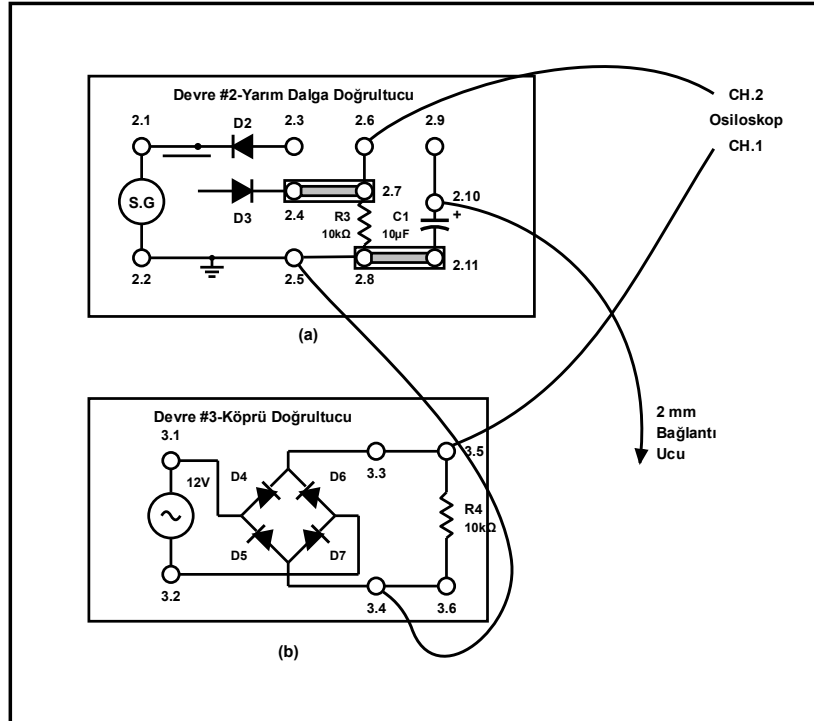
1.4.2.b. Depo Kapasitesi Etkisi

Buradaki C_1 depo kapasitesi her yarım periyotta, ama sadece her pozitif yarım periyotta şarj edilir.

1. Şekil 1.20.a üzerindeki 2.4 ve 2.7 soketleri ve 2.8 ile 2.11 soketleri arasında kısa devre bağlantısı kurunuz. Şekil 1.20.(a) ve Şekil 1.20.(b) arasında 2mm'lik bağlantı kordu ile 2.5 soketinden 3.4 soketine doğru ortak bir toprak hattı bağlayınız.
2. Osiloskobu aşağıdaki gibi ayarlayınız.
 - a. Zaman ayarını (Timebase) 5ms/div'e
 - b. Tetikleme seçiciyi (trigger selector) ac'ye alarak çift izli (dual trace) çalışınız.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

- c. ALT/CHOP anahtarını CHOP kademesine alınız.
 - d. CH.1 izini ortaya, CH.2 izini de ekranın alt kısmına yerleştiriniz.
 - e. CH.1 Y kanalı yükseltici genliğini 5V/div'e (dc)
 - f. CH.2 Y kanalı yükseltici genliğini de 2V/div'e (dc) ayarlayınız.
3. Osiloskobun CH.1 kanalını 3.5 soketine ve CH.2 kanalını da 2.6 soketine bağlamak üzere 2mm'lik bağlantı kordu kullanınız.
 4. Sabit güç kaynağını açınız.
 5. Sinyal jeneratörünü ana şebeke frekansına ayarlayınız. Sonra her iki izin mümkün olduğu kadar durgun olması için frekansı hassas ayarlayınız.
 6. Bir canlı uç gibi davranması için 2.10 soketine 2mm'lik bir bağlantı kablosu yerleştirin.
 7. Sonra bu ucu 3.3 soketine bağlayınız.
 8. Osiloskobun üst kısmındaki şekli grafik kâğıdı üzerine gerilim ve zamana bağlı olarak çiziniz.
- Not:** Bu durumda biri ekranın üst yarısında, diğeri alt yarısında olmak üzere iki farklı gerilim skalasına ihtiyaç olacaktır.
9. Osiloskobun CH.2 kanalına ait bağlantı kablosunu 2.6 soketinden 2.9 soketine taşıyıp canlı ucu 2.6 soketine bağlayınız.
 10. Osiloskobun alt yarısındaki şekli çiziniz.



2.Deney: Türev, İntegral ve Süzgeç Devreleri

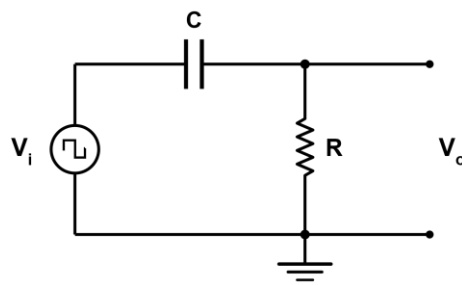
2.1. Deneyin Amacı: Seri bağlı RC devreleri kullanılarak türev, integral ve süzgeç devrelerinin incelenmesi

2.2. Teorik Bilgiler

Kondansatörler kullanıldıkları devrelerde enerji depo eden, basit devre elemanlarıdır. Kondansatörlerin alternatif akım ve doğru akım gerilimlere karşı davranışları değişiktir. Kondansatör, üzerine gönderilen alternatif ve doğru akım bileşenlerinden oluşmuş bir gerilimden sadece AC bileşenini geçirir. Doğru akım bileşenleri ise süzülür. Bir AC devresindeki davranışı frekans değişmediği sürece Ohm Kanunu'na uyar. Bir kondansatör, bir AC devresinde frekansa göre değişen bir direnç gösterir. Kondansatör, bir devrede istenmeyen frekanslardaki gerilimlerin süzülmesinde yaygın olarak kullanılır.

2.2.1. Türev Devresi

Türev alan devre, girişine uygulanan sinyalin türevini alarak çıkışa aktaran bir devredir. En basit şekilde direnç (R) ve kondansatörden (C) oluşmuş bir frekans süzgeci devresi, belirli frekans sınırları içinde türev işlemi yapar. Türev alan devrenin girişine üçgen dalga uygulandığında çıkışından kare dalga, kare dalga uygulandığında ise çıkışından iğne puls dalga elde edilir. Seri bağlı bir RC devresi ile yapılan türev devresi Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Türev alan devre.

2.2.2. İntegral Devresi

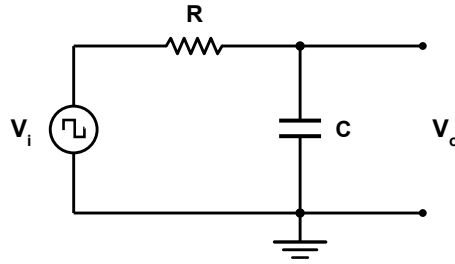
İntegral devreleri, girişine uygulanan sinyalin integralini alarak çıkışına aktaran devreler olup Şekil 2.2'deki gibi RC veya RL devrelerinden oluşur. RC devresinde çıkış C'den, RL devresinde ise R'den alınır. İntegral alıcı devrelerin çalışmasında en önemli faktör, türev alıcılarda olduğu gibi zaman sabitidir. RC veya RL devrenin zaman sabiti τ , uygulanan giriş sinyalinin

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

periyodundan oldukça büyük olmalıdır. Devrede $wRC \gg 1$ ($T \ll 2\pi RC$) durumu incelendiğinde çıkış kondansatör uçlarından alındığında denklem 2.1 elde edilir:

$$V_o = \frac{1}{RC} \left(-\frac{V_p}{w} \cdot \cos(wt) \right) = \frac{1}{RC} \int V_i dt \quad (2.1)$$

sonucuna göre çıkış gerilimi, giriş geriliminin integralidir. Ancak $wRC \gg 1$ şartının sağlanması ve çıkışın kondansatör uçlarından alınması gerekir. Türev ve integral devresine ait denklemlerden görülebileceği gibi çıkış gerilimleri, giriş gerilimlerinden çok küçüktür. Fakat bu uygulamada bir sorun oluşturmaz. Çünkü çıkış gerilimi yükseltilerek kullanılabilir.



Şekil 2.2. İntegral alıcı devrenin giriş-çıkış dalga şekilleri.

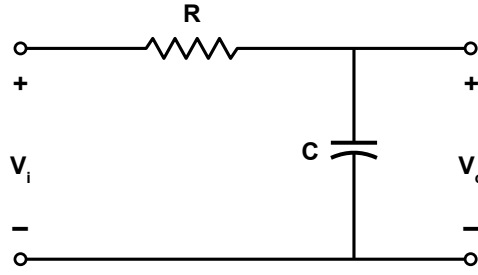
2.2.3. Süzgeç Devresi

Süzgeçler genelde, kondansatör, direnç ve indüktans gibi devre elemanlarından oluşturulur. Düşük frekanslı devrelerde indüktans kullanamayız. Çünkü hem daha çok sarım gerektirir hem de devre elemanları üzerinde elemanların değerini değiştirme gibi bazı sorunlar oluşturabilir. Bunun için, bu tür devrelerde daha az yer kaplayan ve sorun çıkarmayan pasif devre elemanları kullanılır. İndüktans direnci, frekansla lineer bir şekilde artar. Süzgeç devreleri amaca yönelik olarak alçak frekans geçirim süzgeci, yüksek frekans geçirim süzgeci, band geçiren süzgeç ve band söndüren süzgeç olmak üzere dört gruba ayrılır:

(a). Alçak Frekans Geçirim Süzgeci

Bu süzgeç grubu Şekil 2.3'teki direnç ve kondansatörün değerine bağlı olarak düşük frekansları iletir, yüksek frekansları iletmez. Yüksek frekanslar, kondansatör tarafından şaseye iletilir ve çıkışta görülmez. Çıkış gerilimi, kondansatör uçlarından alınır. Çıkış geriliminin giriş gerilimine oranına (V_o/V_i) “devrenin zayıflatması” denir ve “A” ile gösterilir.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



Şekil 2.3. RC süzgeç devresi.

$$\left(\frac{V_o}{V_i}\right)^2 = \frac{1}{1 + (w_o RC)^2} = \frac{1}{2} ; w_o = \frac{1}{RC} \quad (2.2)$$

Çıkış gücünün (kondansatör üzerinde harcanan güç), giriş gücünün 0,707 katına eşit olduğu bir frekans değeri vardır. Bu frekansa devrenin yarı güç frekansı denir. Bu frekans değerinde devrenin zayıflatması;

$$A = \frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707 \quad (2.3)$$

olur.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{1 + jwRC} \quad (2.4)$$

Bulunan bu ifade A'nın kompleks değeridir. Eşitlikte $j = \sqrt{-1}$ 'dir. Büyüklüğü reel olarak bulmak istediğimizde, büyüklüğü eşleniği ile çarpıp, karekökünü almak gerekir. Yani;

$$A = \frac{1}{\sqrt{1 + (wRC)^2}} \quad (2.5)$$

bulunur. Burada w açısal hızı arttıkça, zayıflatmanın reel olarak azaldığını görürüz.

(b). Yüksek Frekans Geçirim Süzgeci

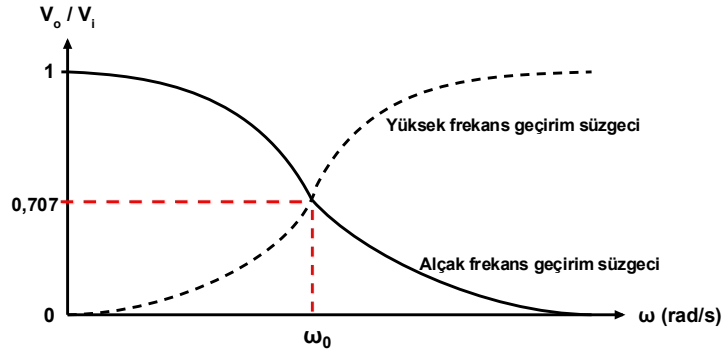
Bir süzgeç devresinde (Şekil 2.3) çıkış, direnç uçlarından alınırsa; bu devre “yüksek frekans geçirir süzgeci” olarak çalışır. Yüksek frekans süzgeç devresinde V_i ve V_o arasındaki ilişki ve w_o aşağıdaki denklem 2.6'daki gibidir.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

$$\left(\frac{V_o}{V_i}\right)^2 = \frac{1}{1 + \frac{1}{(w_o RC)^2}} = \frac{1}{2} ; w_o = \frac{1}{RC} \quad (2.6)$$

Bu iki süzgeç devresi için elde edilen genel sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- Bu iki süzgeç devresi analiz bakımından aynıdır. Fakat çıkış “R” üzerinden alınırsa “yüksek frekans geçirim süzgeci”, “C” üzerinden alınırsa “alçak frekans geçirim süzgeci” olarak çalışır.
- Her iki süzgeç için yarı güç frekansları (w_o) aynıdır. Fakat bu frekans değeri, alçak frekans geçirim süzgeci için “üst kesim frekansı” yüksek frekans geçirim süzgeci için “alt kesim frekans” olarak adlandırılır.
- Her iki süzgeç için w_o ’ a karşılık gelen zayıflatma değeri $A = 1/2$ ’dir.



Şekil 2.4. Her iki süzgeç devresi için V_o/V_i ’ nin ω ’ ya karşı grafiği.

2.3. Deneyin Yapılışı

2.3.1. Türev Devresi

Şekil 2.1’deki devreyi kurunuz. Devrenin girişine üçgen dalga uygulayın ve $V_{p-p} = 10$ Volt ve $f = 150$ Hz’ e ayarlayınız. Osiloskop ekranında giriş gerilimini ve çıkış gerilimini birlikte gözlemleyerek, gördüğünüz sinyalleri milimetrik kâğıda düzgünce çiziniz. Daha sonra üretcin çıkışını kare ve sinüs dalgaya alarak gördüklerinizi milimetrik kâğıda çiziniz ve yorumlayınız. Girişteki sinüs dalga ile çıkıştaki sinüs dalga arasındaki faz farkını derece cinsinden hesaplayınız.

2.3.2. İntegral Devresi

Şekil 2.2’deki devreyi kurunuz. Sinyal jeneratörü çıkışını $V_{p-p} = 10$ Volt ve $f = 100$ kHz olacak şekilde kare dalga çıkışına alınız. Osiloskopta gözlediklerinizi milimetrik kâğıda düzgün

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

olarak çiziniz. Daha sonra sinyal üreticinin çıkışını üçgen ve sinüs dalgaya alarak gözlediğiniz giriş ve çıkış dalga şekillerini milimetrik kâğıda ölçekli çiziniz. Girişteki sinüs dalga ile çıkıştaki sinüs dalga arasındaki faz farkını hesaplayınız. Bulduğunuz sonucu yorumlayınız.

2.3.3. Alçak Frekans Geçirim Süzgeci

Alçak frekans geçirim süzgeci için $R = 4,7k\Omega$ ve $C = 47nF$ olarak Şekil 2.3'teki devreyi kurunuz. Giriş geriliminin genliğini $V_{p-p} = 10$ Volt olarak ayarlayınız ve deney boyunca değiştirmeyiniz. Frekans değerlerini dalga üreticiden değiştirerek V_o 'ı ölçünüz ve Tablo 2.1'i doldurunuz.

Tablo 2.1. Alçak frekans geçirim süzgecinde çıkış geriliminin frekansa bağlı değişimi.

f (Hz)	100	200	400	500	721	1000	2000	4000	5000	10000	15000	20000
w (rad/s)												
V_o (Volt)												
V_i (Volt)												
$A = \frac{V_o}{V_i}$												

2.3.4. Yüksek Frekans Geçirim Süzgeci

Şekil 2.3'teki devreyi aynı elemanlarla tekrar kurunuz. Aynı frekans değerleri için, bu defa çıkışı direnç üzerinden alınız ve Tablo 2.2'yi doldurunuz.

Tablo 2.2. Yüksek frekans geçirim süzgecinde çıkış geriliminin frekansa bağlı değişimi.

f (Hz)	100	200	400	500	721	1000	2000	4000	5000	10000	15000	20000
w (rad/s)												
V_o (Volt)												
V_i (Volt)												
$A = \frac{V_o}{V_i}$												

Alçak ve yüksek frekans geçirim süzgeçleri için hesapladığınız zayıflatma değerlerini ve w değerlerini kullanarak $A = f(w)$ grafiğini aynı grafik kâğıdına çiziniz. Aynı grafik kâğıdı üzerine çizdiğiniz zayıflatma değerlerinin kesişme noktası olan w_o değerini gösteriniz. $w_o = \frac{1}{RC}$ teorik değeri ile karşılaştırınız.

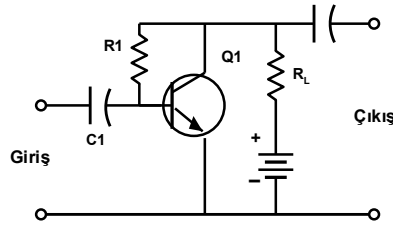
3.Deney : Temel Yükselteç Devreleri

3.1. Deneyin Amacı: Yükselteç devrelerinin yapısının ve karakteristiğinin incelenmesi.

3.2. Teorik Bilgiler

3.2.1. Ortak Emiterli Yükselteçler

Transistörlü yükselteçler devreye bağlanma şekline göre ortak emiterli (C.E.), ortak bazlı (C.B.) ve ortak kollektörlü (C.C.) olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Uygulamalarda çoğunlukla ortak emiterli yükselteç kullanılır. Yükseltecin tipi, hem çıkış hem de giriş devrelerine ortak bağlanan uç tarafından tayin edilir. Şekil 3.1’de gösterildiği gibi ortak emiterli yükseltecin, emiter ucu hem devrenin girişine hem de çıkışına ortak olarak bağlıdır.

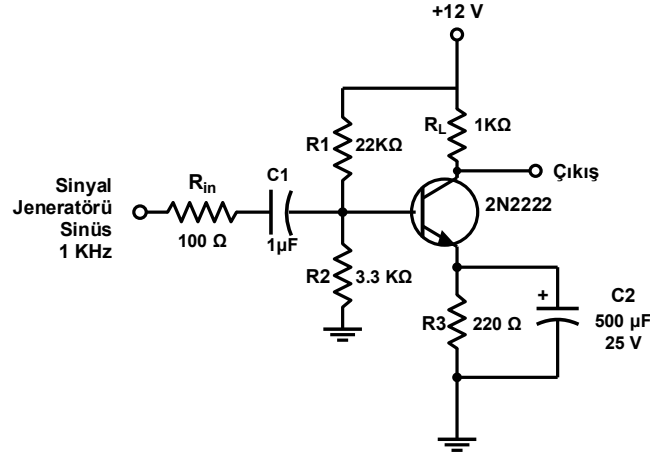


Şekil 3.1. Basitleştirilmiş ortak emiterli yükselteç devresi.

Ortak emiterli yükseltecin en çok kullanılmasının sebebi çıkışında hem yüksek akım, hem de yüksek gerilim kazancı göstermesidir. Diğer yükselteç tipleri böyle yüksek gerilim ve akım kazancı göstermezler. Bu yükselteçlerde elde edilen yüksek kazançlar; düşük giriş empedansı, yüksek çıkış empedansı ve çıkışın girişle 180° faz farkına sahip olmasından kaynaklanır.

Emiter-baz eklemesinde akan akımın küçük bir kısmı, emiter ile kollektör arasındaki büyük bir akımı kontrol edebilir. Dolayısıyla ortak emiterli yükselteç çalışır; Şekil 3.2’de gösterilen basitleştirilmiş yükselteç devresi çalışır; fakat verimli değildir. Transistöre uygulanan çalışma gerilimini ve akımını doğru ayarlamak gerekmektedir. Bu çalışma akımları ve gerilimleri besleme olarak isimlendirilir. Emiter-baz eklemi daima ileri yönde beslenmelidir. Eğer ters yönde beslenirse eklem ve transistör kesimdedir, yani çalışmaz. Düz besleme Şekil 3.2’de gösterildiği gibi R_1 ve R_2 dirençleri üzerinden yapılır. R_2 direnci üzerindeki gerilim düşmesi ayarlanarak emiter-baz eklemine iletime geçmesi için gerekli gerilimin oluşması sağlanır. Silisyumda besleme voltajı yaklaşık olarak 0,7V iken, germanyumda 0,2V’dur.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



Şekil 3.2. Ortak emiterli yükselteç için deney devresi.

Baz-emiter eklemesinin iletme geçmesi sonucunda baza giren herhangi bir akım, kollektördeki yüksek potansiyel tarafından kollektöre çekilebilir. Gerçekte emiter akımının %99'u bazdan kollektöre doğru akacaktır. Diğer %1'lik kısım ise baz devresine gidecektir. Bu %1'lik akım, devrenin çalışması esnasında değişerek baz akımını da değiştirebilir. Böylece artan veya azalan baz akımı, aynı şekilde kollektör akımının da artmasına ve azalmasına sebep olur. Küçük bir baz akımının kollektörde büyük bir akım değişmesine sebep olduğu görülmektedir. Çıkış sinyali, giriş sinyalinden büyük olduğu için transistör bir kazançla sahip olur.

Sinyalin fazında ortaya çıkan değişim, şu şekilde tanımlanır; baza negatif bir sinyal uygulandığı zaman, baz-emiter ters yönde beslenir. Birçok durumda bu akım, transistörün çalışması için yeterli değildir. Bu sadece akımın azalmasına sebep olur. Kollektör akımı azaldığı gibi transistör üzerindeki gerilim düşüşü de artar. Ohm kanununa göre eğer transistör akımı azalırsa, transistörün direnci artacaktır. Transistörün direncinin artması, transistör üzerindeki gerilimin artması anlamındadır. Büyük negatif bir giriş sinyali, daha pozitif bir çıkış sinyaline dönüşmüş olacaktır. Bu sinyaller birbirine karşıdır veya 180° aralarında faz farkı vardır. Çünkü ortak emiterli yükseltece bağlı transistörün giriş empedansı, çıkış empedansından daha büyüktür. Dolayısıyla çıkış akımı ve gerilimi, giriş akımı ve geriliminden büyük olacaktır. Bunun sonucu olarak ortak emiterli yükselteçler bir gerilim kazancına sahiptir. Gerilim kazancı ' A_v ' ile gösterilir ve

$$A_v = \frac{V_{\text{çıkış}}}{V_{\text{giriş}}} \quad (3.1)$$

şeklinde ifade edilir. Bu formülde A_v , gerilim kazancı olup çıkış geriliminin giriş

gerilimine oranıdır. Akım kazancı, β ile gösterilir ve

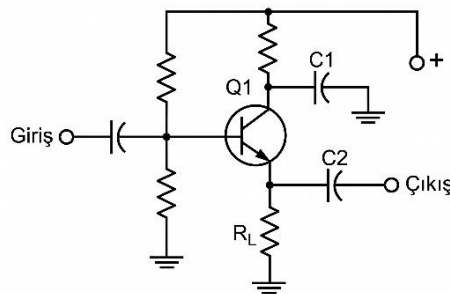
$$\beta = I_c/I_b \quad (3.2)$$

şeklinde tanımlanır. Burada I_c kollektör, I_b ise baz akımıdır. Şekil 3.2’de R_L yük direncidir. Eğer R_L transistörle birlikte seri bağlanmaz ise ikisi beraber gerilim bölücü olarak davranır. C_2 kondansatörünün önemli bir rolü vardır. Giriş sinyali transistörü daha fazla çalıştırmaya başladığı zaman gerekli akım şarj olan kondansatörden sağlanır. Bu emiterdeki gerilimi değiştirmeyecektir. Eğer C_2 kondansatörü devreden çıkarılırsa, transistördeki herhangi bir akım değişimi topraktan, yani R_3 üzerinden sağlanacaktır. R_3 direnci üzerindeki akım artması bir gerilimin artmasına sebep olacaktır. Transistörün emiterdeki gerilim düşüşü daha pozitif olacaktır. Bu da baz-emiter eklemının ters yönde beslenmesine sebep olacaktır ve böylece transistör tekrar kesime geçecektir. Bu, çıkış akımını düşürecek ve dolayısıyla kazanç azalacaktır. R_3 direncinin amacı, transistörden geçen dc akımına karşı küçük bir gerilim düşüşü sağlamaktır.

3.2.2. Ortak Kollektörlü Yükselteçler

Ortak kollektörlü yükselteçler genellikle ‘emiter izleyici devre’ olarak isimlendirirler. Bu devreler kullanışlıdır. Yalnız Şekil 3.3’teki yükseltecin giriş empedansı $150k\Omega$, çıkış empedansı 80Ω ’dur. Böyle yükselteç devrelerinin giriş empedansı çıkış empedansından daha büyüktür. Böyle devreler, gerçek iş devreleri olarak tanımlanır. Ortak emiterli ve ortak bazlı yükselteçlere göre daha fazla yüklenebilirler. Bu elemanlar röle ve bobinlerdir. Bunlar, yüksek akım gerektiren elektriksel devreler ve mekaniksel fonksiyonların kontrolü için endüstriyel devrelerde kullanılırlar. Şekil 3.3’te npn tipi ortak kollektörlü yükselteç gösterilmektedir.

Giriş sinyali kollektör ve baz arasına uygulanır. Baz-kollektör eklemi daima ters beslenir. Giriş sinyali daima yüksektir. Giriş sinyali maksimum tepe değerine ulaştığında, baz da pozitif maksimum tepe değerine ulaşır. Yük üzerindeki akım ve voltaj maksimum olur. Elde edilen bu değer çıkış voltajıdır. Çıkış ve giriş voltajı aynı fazdadır. Böylelikle çıkış voltajı giriş voltajını takip edecektir. Böyle devrelere ‘emiter izleyici devre’ denir.

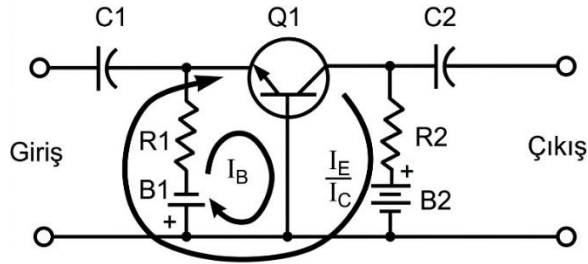


Şekil 3.3. Basit ortak kollektörlü yükselteç.

3.2.3. Ortak Bazlı Yükselteçler

Daha önce gösterildiği gibi ortak emiterli yükselteçler yüksek voltaj ve yüksek akım kazancına sahiptir. Ortak bazlı yükselteçler ise benzer şekilde aynı yüksek voltaj kazancına sahiptir. Fakat ortak bazlı yükseltecin akım kazancı daima 1'den küçüktür. Ortak bazlı yükselteç, en düşük giriş empedansı ve en yüksek çıkış empedansına sahip olmak üzere diğerlerinden daha avantajlıdır. Bundan dolayı ortak bazlı yükselteç kendi girişinden devreye bir yük alacaktır ve küçük bir akım çıkışı sağlayacaktır. Bu devre, yüksek giriş empedanslı devrelerle düşük çıkış empedanslı devreleri karşılaştırmak suretiyle çoğunlukla empedans karşılaştırmacı bir devre olarak kullanılır.

Ortak bazlı yükselteçte giriş sinyali ile çıkış sinyali arasında bir faz farkı yoktur. Bilindiği gibi ortak emiterli amplifikatörde faz farkı 180°'dir. Bazı devrelerde bu bir avantajdır. Bu işlem bazı devrelerde küçük farklılıklar sağlar. Şekil 3.4'deki devrede Q1 transistörünün girişine negatif bir sinyal uygulanırsa yüksek iletim yönüne beslenmiş olur. Yani bu transistörün direncini düşürmek için yapılmıştır. Dirençteki azalma ile kollektör ve emiter gerilimi aynı olacaktır. Dolayısıyla çıkış ve giriş aynı fazlı olur.



Şekil 3.4. Basit ortak bazlı yükselteç.

Ortak bazlı yükselteçte kazanç, A ile gösterilir. A_V gerilim kazancı, A_I ise akım kazancı olmak üzere;

$$A_V = \frac{V_{\text{çıkış}}}{V_{\text{giriş}}}; A_I = \frac{I_{\text{çıkış}}}{I_{\text{giriş}}} \quad (3.3)$$

eşitliklerinden bulunur.

Ortak bazlı yükselteçteki akım kazancı yaklaşık olarak 0,92 ile 0,99 arasında değişir. Dolayısıyla ortak bazlı yükselteç akım kazancı sağlamaz. Fakat buna nazaran gerilim kazancı sağlar. Ortak bazlı yükselteç, iki yönde besleme ile çalışır (giriş fonksiyonu). Çıkış fonksiyonu ise ters yönde beslenir.

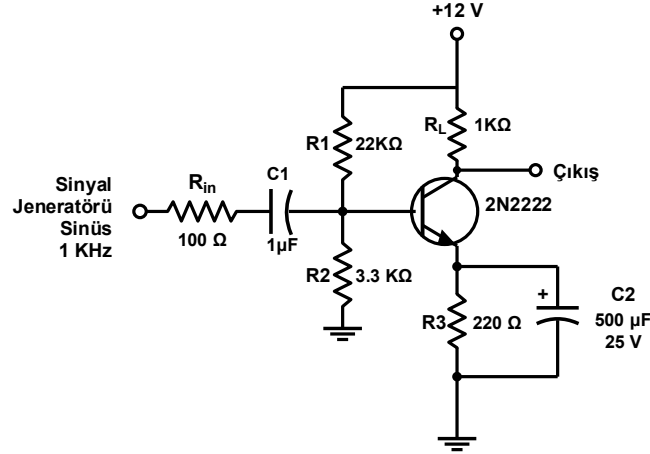
Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

3.3. Deneyin Yapılışı

3.3.1. Ortak Emiterli Yükselteçler

Deneyi yapmak için aşağıdaki basamakları izleyin.

1. C.A.D.E.T’deki fonksiyon jeneratörünü AM’ye ayarlayınız.
2. Şekil 3.5’teki devreyi kurunuz.



Şekil 3.5. Ortak emiterli yükselteç için deney devresi.

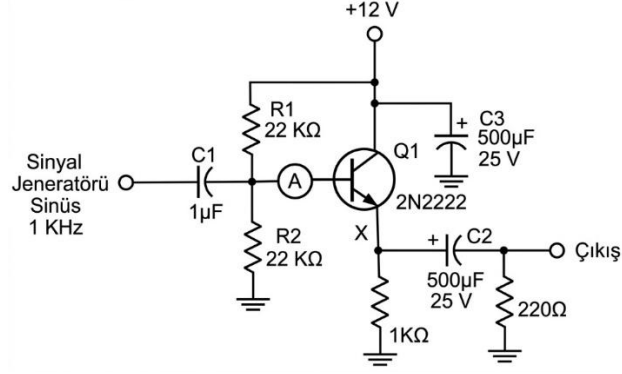
3. Yükseltecin çıkışına osiloskobu bağlayınız. Maksimum bozulmamış çıkış ile giriş sinyalinin seviyesini ayarlayınız. Osiloskobun diğer kanalına giriş sinyalini bağlayınız.
4. Giriş sinyalinin V_{p-p} ’sini ölçünüz.
5. Giriş ve çıkış dalga şekillerini grafik kâğıdına çizin ve ikisi arasındaki faz farkını gösteriniz.
6. Çıkış sinyalinin V_{p-p} ’sini ölçünüz.
7. Voltaj kazancını (A_V) hesaplayınız.
8. Giriş sinyalini kesiniz. Ampermetre ile baz akımını (I_B) ölçünüz. Daha sonra kollektör (I_C) akımını ölçünüz.
9. Akım kazancını (β) hesaplayınız.

3.3.2. Ortak Kollektörlü Yükselteçler

Deneyi yapmak için aşağıdaki basamakları izleyiniz.

1. Şekil 3.6’daki devreyi kurunuz.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



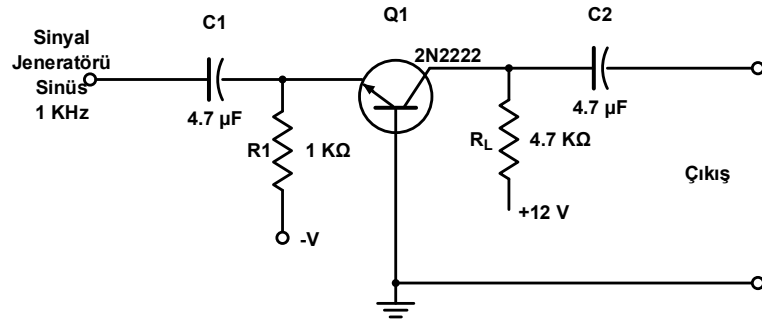
Şekil 3.6. Ortak kollektörlü yükselteç için deney düzeneği.

2. Giriş sinyalini maksimuma ayarlayarak çıkış sinyalini gözleyiniz.
3. Giriş ve çıkış sinyallerinin V_{p-p} 'lerini ölçünüz.
4. Devrenin voltaj kazancını hesaplayınız.
5. Giriş ve çıkış arasındaki, faz farkını gözleyerek, grafik kâğıdında bu faz farkını gösteriniz.
6. Sinyal jeneratörünü devreden çıkarınız.
7. Baz akımını ölçünüz.
8. Emiter çıkış akımını ölçünüz (A noktasındaki)
9. Akım kazancını hesaplayınız.

3.3.3. Ortak Bazlı Yükselteçler

Deneyi yapmak için aşağıdaki basamakları izleyiniz.

1. Şekil 3.7'deki devreyi kurunuz.
 2. C.A.D.E.T giriş sinyali için $V_{p-p} = 0,1V$ alınız.
 3. Kollektör çıkış sinyalini C.A.D.E.T'deki -V kısmı yardımı ile maksimuma ayarlayınız.
 4. Giriş ve çıkış gerilimlerini ölçünüz. Gerilim kazancını hesaplayınız.
 5. Osiloskobun iki kanalını giriş ve çıkışa bağlayınız. Giriş sinyali üzerindeki tetiklemeyi osiloskopla gözleyiniz. Giriş ve çıkış sinyali arasındaki faz farkını bulunuz.
- Giriş sinyalini kesiniz ve akım kazancını hesaplayınız.



Şekil 3.7. Ortak bazlı yükselteç için deney devresi.

4.Deney: İki Kutuplu Eklem Transistörler

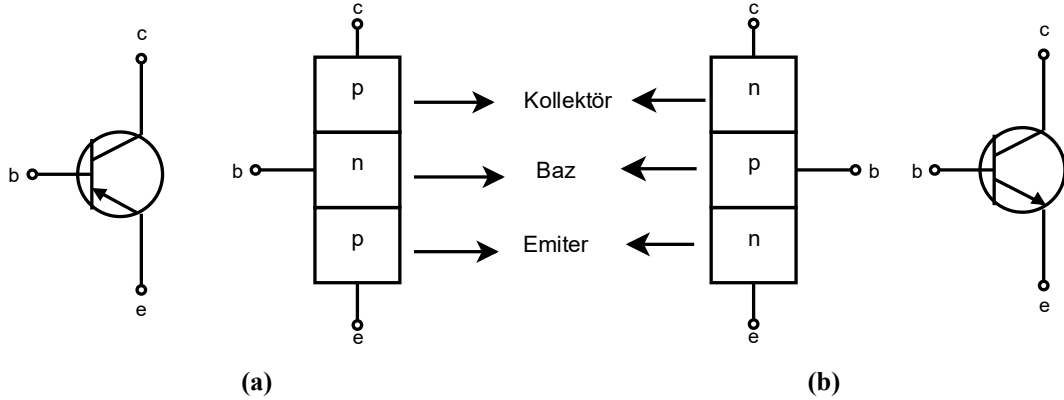
4.1. Deneyin Amacı: Transistör karakteristiklerinin incelenmesi, akım kazancının belirlenmesi.

4.2 Teorik Bilgi

İki kutuplu transistör, çoğunlukla yükseltme ve anahtarlama gibi uygulamalarda kullanılan bir elemandır ya da akım kontrol elemanı olarak kullanılan yarı iletken düzenlerdir.

4.2.1. Transistörün Yapısı

Bir transistör iki n-tipi yarıiletken bölge arasına çok ince bir p-tipi yarı iletken bir tabaka ile ayrılmış bir düzendir. Bu transistöre npn tipi transistör denir. İki p-tipi bölge arasına ince bir n-tipi tabaka yerleştirilerek gerçekleştirilen transistör ise pnp tipi transistör olarak isimlendirilir. Her iki transistör tipinde de aradaki ince yarı-iletken tabakaya baz bunun iki yanındaki diğer cinsden yarıiletken bölgelerden birine emiter, diğerine kollektör adı verilir. Şekil 4.1’de npn ve pnp tipi transistörlerin şemaları ve sembolleri verilmiştir.



Şekil 4.1. (a). pnp tipi transistör, (b). npn tipi transistör.

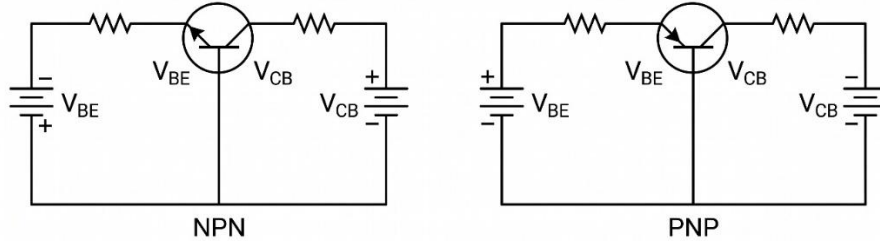
Emiter tarafından katkı oranı çok daha büyüktür. Burada yük taşıyıcıları çok daha yoğundur. Bu bölgedeki uçlardan emiter ucu ‘e’ kollektör ucu ‘c’ ile gösterilir. Bir transistörün kollektör ve emiter arasındaki R_{ce} direncine bazından gösterilen I_B akımıyla kumanda edilebilir. $I_B = 0$ için R_{ce} direnci çok büyük ve maksimum baz akımı için de R_{ce} çok küçüktür. Birinci halde transistörün kesimde çalışması ($I_B = 0$), ikinci halde de transistörün iletimde çalışması gerekir. Genel olarak transistörler; kesimde, iletimde ve doymada olmak üzere üç modda çalışabilmektedir. Transistör iletim modunda kuvvetlendirici kesim ve doymadan ise anahtar

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

olarak çalışmaktadır. Transistörler iki kutuplu ve tek kutuplu olmak üzere iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Bu sınıfların en önemli farkı; iki kutuplu transistörlerde akım elektron ve boşluklardan oluşurken, tek kutuplu transistörlerde akım elektron ya da boşlukların sadece birinden oluşmaktadır.

4.2.2. Transistörün Çalışması

Transistörün düzgün çalışması için pn eklemleri hariç kaynaklarla (güç kaynağı) uygun şekilde kutuplandırılmalıdır. pnp ve npn tipi transistörlerin çalışma prensipleri tamamen aynıdır; aralarındaki fark sadece kutuplandırılmalarının ve akımlarının birbirine ters olmasıdır. Şekil 4.2’de npn ve pnp tipi transistörlerin eklemlerinin kutuplandırılması gösterir.



Şekil 4.2. npn ve pnp tipi transistörlerin eklemlerinin kutuplandırılması.

Emiterden enjekte edilen elektronların küçük bir miktarı ile baz akımı oluşmakta, elektronların geri kalan büyük kısmı ile de kollektör akımı oluşmaktadır. Buradan hareketle emiterden enjekte edilen elektronların miktarının baza doğru ve kollektöre doğru akan miktarın toplamı kadar olduğu söylenebilir. Transistör akımları sırasıyla I_E (emiter akımı), I_B (baz akımı), I_C (kollektör akımı) olmak üzere akımlar arasındaki ilişki aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$I_E = I_C + I_B \quad (4.1)$$

Görüldüğü gibi kollektör akımının miktarı baz akımının miktarı ile doğru orantılıdır ve kollektöre uygulanan gerilimden bağımsızdır. Çünkü kollektör ancak toplayabildiği taşıyıcıları olabilmektedir. Emiterden gelen taşıyıcıların yaklaşık %99’u kollektöre geçerken, geri kalan çok küçük bir kısmı baza aktığından baz akımı kollektör ve emiter akımlarına nazaran oldukça küçüktür. Transistörde B-E ekleminin iletimde olması durumunda normal bir diyot gibi bu uçlar arasında sadece bir eşik geriliminin (0,7V gibi) görüleceğine dikkat edilmelidir.

4.2.3. Transistör Parametreleri

Bir transistörün analizi yapılırken kullanılan iki önemli parametresi vardır. β dc akım

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

kazancı ve α dc akım kazancı.

$$\beta = I_C / I_B \quad (4.2)$$

β 'nın değeri tipik olarak 100000 civarındadır.

$$\alpha = I_C / I_E \quad (4.3)$$

α 'nın değeri tipik olarak 0,95-0,99 arasındadır. Denklem 4.1'de ifadenin her iki yanı I_C ile bölünürse;

$$\alpha = \beta / (1 + \beta) \quad (4.4)$$

olarak elde edilir.

β akım kazancı değeri gerçek bir sabit değildir. Değeri kollektör akımı ve sıcaklığın etkisi ile beraber değişir. β değerini bazı kaynaklar h_{BE} olarak gösterirler ve kısa devre akım kazancı da denilir. α değeri de h_{EB} olarak gösterilir ve kısa devre akım kazancı diye tanımlanır.

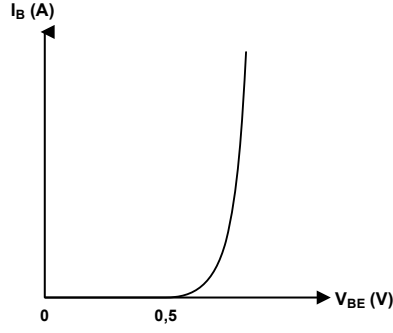
4.2.4. Transistör Karakteristik Eğrileri ve Çalışma Bölgeleri

Bir elektriksel eleman için karakteristik eğri elemanın akımlarının gerilimle değişimini gösterir. Bir transistör giriş çıkış olmak üzere iki tür karakteristiğe sahiptir. Transistör çalışma değerine bağlı olarak da üç çalışma bölgesine sahiptir. Aktif bölge, doyum bölgesi ve kesim bölgesidir.

4.2.4.1. Transistörün Giriş Karakteristiği

Bir transistör için giriş genellikle baz-emiter arasındır ve giriş karakteristiği de baz akımının baz-emiter arası gerilimle değişimini göstermektedir. Transistör için giriş karakteristiği Şekil 4.3'te gösterildiği gibi bir doğrultucu diyotun karakteristiği ile aynıdır. Genel olarak V_{BE} değeri 0,6-0,8V aralığında bulunmaktadır, fakat hesaplamalarda kolaylık sağlamak için iletimin başladığı bu değer 0,7V kabul edilecektir. Karakteristikte dikkat edilecek bir husus da baz akımının mikroamper mertebesinde, kollektör akımının ise miliamper mertebesinde olmasıdır.

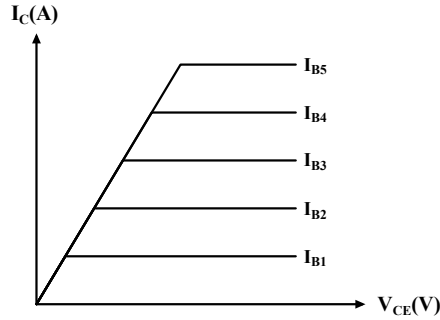
Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



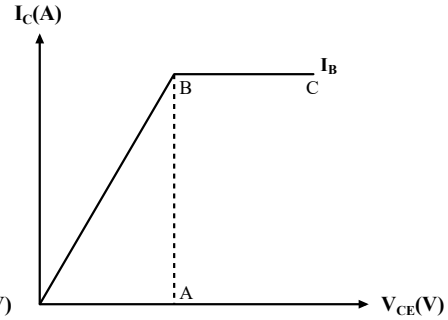
Şekil 4.3. npn tipi transistör için giriş ($V_{BE} = 1$) karakteristiği.

4.2.4.2. Transistör Çıkış Karakteristiği

Bir transistör için çıkış genellikle kollektör-emiter arasından alınır ve çıkış karakteristiği de farklı baz akımı değerlerinde I_C 'nin V_{CE} ile değişimini göstermektedir. Transistör için çıkış karakteristiği Şekil 4.4'de gösterildiği gibidir. Karakteristik eğrinin elde edilme işlemi farklı baz akımı değerlerinde yapılarak Şekil 4.4'deki karakteristik eğri ailesi elde edilir. Bu eğri transistörün kollektör karakteristik eğrisi olarak da bilinir.



Şekil 4.4. Transistörün $I_C - V_{CE}$ karakteristikleri
($I_{B1} < I_{B2} < I_{B3} < I_{B4} < I_{B5}$)



Şekil 4.5. Kolektör akımı-kollektör gerilimi karakteristiği.

Şimdi transistörün çalışması da dikkate alınarak karakteristik eğriler incelenmelidir. Başlangıç da $V_{CC} = 0$, $I_C = 0$ ve $V_{CE} = 0$ iken V_{BB} 'nin belirli bir I_B değerini yenmek üzere ayarlandığı kabul edilir. Şekil 4.5'te gösterildiği gibi, V_{CC} 'nin dereceli olarak artırılmasıyla V_{CE} artacak ve dolayısıyla I_C artacaktır. (A-B noktaları arası) V_{CE} değeri B noktasına ulaşana kadar baz, kollektörden daha yüksek potansiyeldedir ve B-C eklemi iletim yönünde kutuplanmıştır. Bu nedenle gerilim artışı ile kollektör akımı da artmaktadır. V_{CE} gerilimi B noktasına ulaştığında değeri yaklaşık 0,7V'tur. Bu durumda baz-kollektör eklemi ters yönde kutuplanmaya başlar ve kollektör akımı $I_C = \beta I_E$ ilişkisi ile gösterilen maksimum değerine ulaşır. Bu noktadan sonra V_{CE}

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

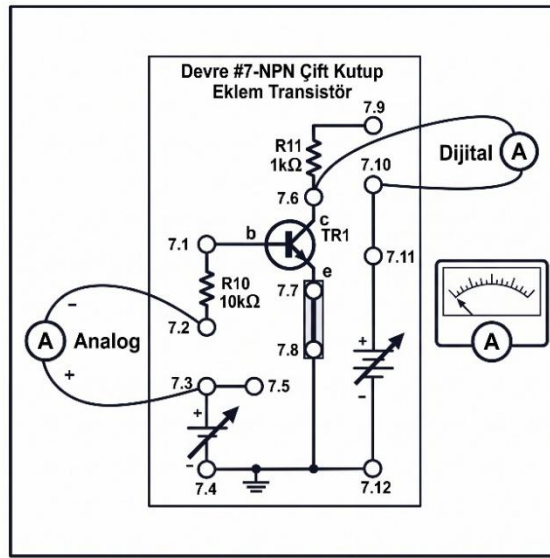
gerilimine karşılık I_C değeri hemen hemen sabit kalmaya başlar. Gerçekte ise artan V_{CE} gerilimi ile baz-kollektör eklemi fakirleşmiş bölgesinin büyümesi nedeniyle kollektör akımı da az miktarda artmaktadır.

4.2. Deneyin Yapılışı

4.2.1. Kollektör akımının baz akımıyla değişimi

Deneyi yapmak için aşağıdaki basamakları izleyin.

1. 0-2V dc hazırlayın.



Şekil 4.6. Devrenin bağlantı diyagramı.

2. Şekil 4.6'daki Devre #7'de 7.7 ve 7.8 soketleri arasında bağlantı kurun.
3. 7.11 (pozitif) ve 7.12 (ortak) soketleri arasında 20V dc dijital multimetreyi bağlayın.
4. Güç kaynağının şalterini açın. 0-12V arasında değişen dc kaynağını 5V'a ayarlayın.
5. Devreden dijital multimetreyi çıkarın.
6. 7.3 (pozitif) ve 7.2 (ortak) soketleri arasında 200μA dc dijital multimetreyi bağlayın.
7. 10μA'lık (dijital ölçek) bir baz akımı tayin etmek için 0-2V dc kaynağı ayarlayın.
8. Kollektör akımının değerini not edin ve Tablo 4.1'e yazın.
9. 20μA'lık baz akımını tayin etmek için 0-2V kaynağı sıfırlayın ve okunan kollektör akımını Tablo 4.1'e yazın.
10. Düzeneği tekrarlayın ve 10μA'den 80μA'e kadar kollektör akımı değerlerini Tablo 4.1'de yerine yazın.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

11. $I_C = f(I_B)$ grafiğini çizerek akım kazancını (β) hesaplayınız.

Tablo 4.1. 5V'luk kollektör gerilimi altında, baz akımına karşı kollektör akımı değerleri.

Baz Akımı (μA)	10	20	30	40	50	60	70	80
Kollektör Akımı (mA)								

12. $I_C = f(I_B)$ grafiğini çizin ve akım kazancını hesaplayın.

4.4.2. Kollektör akımının kollektör voltajıyla değişimi

Deneyi yapmak için aşağıdaki basamakları izleyin.

1. Şekil 4.6'daki Devre #7'de 7.7 ve 7.8 soketleri arasına bağlantı kurun.
2. Dijital multimetreyi 7.10 (pozitif) ve 7.6 (ortak) soketleri arasına 20 μA dc oranında bağlayın.
3. 7.3 (pozitif) ve 7.2 (ortak) soketleri 50 μA dc oranında analog multimetreye bağlayın.
4. Güç kaynağının şalterini açın. 0-12V arasında değişen dc güç kaynağını 1V'a ayarlayın.
5. 10 μA 'lık (analog ölçer) bir baz akımı tayin etmek için 0-2V dc kaynağı hazırlayın.
6. 1V'un altına, 10 μA baz akımının karşısına kollektör akımının değerlerini not edin ve Tablo 4.2'ye yazın.
7. 20 μA 'lık baz akımını tayin etmek için 0-2V kaynağı sıfırlayın ve okunan kollektör akımının değerini Tablo 4.2'ye yaz.
8. Düzenegi tekrarlayın ve 10 μA 'den 50 μA 'e kadar kollektör akımı (I_C) değerlerini Tablo 4.2'ye yazın.
9. Baz akımını 10 μA 'e kadar azaltın ve kollektör gerilimini Tablo 4.2'de 4V'un altına yazın (0-2V arasında değişen dc).
10. Baz akımında 10 μA alınan değerleri kollektör akımı içinde kullanın ve Tablo 4.2'de 4V'un altına yazın.
11. Tüm basamakları kollektör geriliminin 7V olduğu durumda ve 10V olduğu durumda tekrarlayın, sonuçları tabloda daha önceki gibi yerlerine yazınız.
12. Her bir baz akımı (I_C) değeri için $I_C = f(V_C)$ grafiğini aynı grafik kağıdı üzerinde çizin.

Tablo 4.2. Farklı kollektör gerilimleri altında, baz akımı değerlerine karşı kollektör akımı değerleri.

Kollektör Voltajı (V)	1	4	7	10
Baz Akımı (μA)	I_C (mA)	I_C (mA)	I_C (mA)	I_C (mA)
10				
20				
30				

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

40				
50				

Düşük gerilimlerdeki karakteristiklerin biçimini bulabilmek için baz akımının $30\mu\text{A}$ değerini kullanın.

1. Baz akımını 0-2V'a ayarlayın (0-12V değişken dc malzeme ile)
2. Kollektör akımının değerini okuyunuz ve Tablo 4.3'e yazınız.
3. 0,2V'dan 1V'a kadar basamakları tekrarlayın ve sonuçları Tablo 4.3'e yazınız.

Tablo 4.3. Sabit baz akımı ($30\mu\text{A}$) altında, kollektör gerilimine karşı kollektör akımı değerleri.

Kollektör Gerilimi (V)	0,2	0,4	0,6	0,8
Kollektör Akımı (mA)				

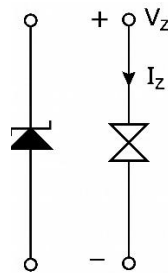
5.Deney: Manyetik Zener Diyot

5.1. Deneyin Amacı: Zener diyot karakteristik eğrisinin belirlenmesi; zener diyot dengeleme devresinde zenerin yük ve kaynak akımlarının ölçülmesi; cevap akımının farklı değerlerinde zener diyodun kayma direncinin hesaplanması; zener diyot dengeleme devresi için regülasyon karakteristik eğrisinin çizilmesi.

5.2. Teorik Bilgiler

Herhangi bir maddenin iletkenliği madde içinde dolaşan elektron sayısı ile orantılıdır. Maddenin elektriksel iletkenliği iletkenler, yalıtkanlar ve yarı iletkenler olarak üçe ayrılır. Sıcaklık artışı ile iletkenliği artan maddeler iletkenler ve yalıtkanlar arasında kalan madde sınıfı olan yarıiletkenlerdir. Katkılı yarıiletkenler; p-tipi ve n-tipi olarak ikiye ayrılırlar ve p-n birleşmesi sonucu eklem diyot oluşur. Eklem diyot düz besleme durumunda akım geçişine izin verirken; ters besleme durumunda akıma karşı büyük direnç gösterir ve akım geçirmez.

Düz besleme durumunda karakteristiği p-n diyotu ile aynıdır, fakat ters beslemede farklıdır. Uygulanan ters yönlü potansiyel, negatif yönde arttırıldıkça az sayıdaki serbest azınlık taşıyıcısının iyonizasyon yolu ile ek taşıyıcıları serbest hale getirebilmeye yetecek hız kazandıkları bir noktaya ulaşılacaktır. Yani, valans elektronları ile çarpışacak ve bunlara ana atomdan kopmaları sağlanacak yeterlilikte enerji aktaracaklardır. Ardından bu ek taşıyıcılar yüksek bir çığ akımının oluşturulup çığ kırılma bölgesinin belirlendiği noktaya kadar iyonizasyon sürecine katkıda bulunabilirler. Bu ığ olayında eklem bölgesinden büyük bir akım geçer ve bundan sonra diyotun ucundaki gerilim değişmez. ığ olayını başlatan gerilime kırılma gerilimi denir. Anlaşıldığı üzere gerilim sabitleştiğinden dolayı zener diyotlar ile gerilim ayarlaması yapılabilir. Elektronikte gerilim referans devrelerinde zener diyotları kullanılmaktadır.Ters beslemede kırılma gerilimi yani belverme gerilimi, zener gerilimi olarak adlandırılır.



Şekil 5.1. Zener diyot sembolleri.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

Diyottan zener bölgesinde akan akım I_Z , diyotun uçları arasındaki gerilim de V_Z ile gösterilir. Zener gerilimi 6V'a kadar olan diyotlarda belvermenin nedeni zener olayı, daha yüksek gerilimli olanlarda ise çığ olayıdır. Zener akımı I_Z , zener diyotun belverme bölgesinde akan akımdır. Diyotun belverme bölgesinde kalabilmesi için, I_Z değerinin minimum olması gerekir. Minimum akım olarak belirtilen bu akım değerinden daha küçük değerlerde zener geriliminin akıma bağımlılığının az olduğu söylenemez. Zener diyot uçlarında bir gerilim düşüşü olmakta ve içerisinde bir akım akmaktadır. Bu akım ve gerilim değerlerine karşılık diyotta güç harcanacak, bu güç nedeniyle de diyot sıcaklığı artacaktır. Diyotun dayanabileceği bir maksimum sıcaklık ve bu sıcaklığa karşılık olarak da bir maksimum güç değeri ortam ve ısının ortama yayılma koşullarına bağlıdır. Diyot üzerinde harcanabilecek maksimum güç değeri P ile gösterilir. Güç akımla gerilimin çarpımı olduğundan, sonuçta P değerine karşılık olarak zener diyottan akabilecek maksimum I_Z maksimum akımı vardır.

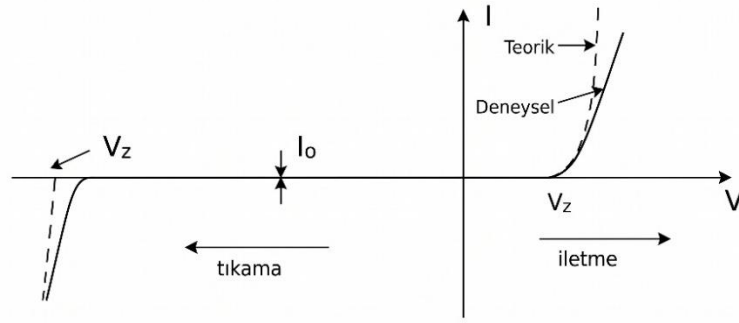
Zener diyotlarda zener gerilimi V_Z az da olsa zener akımı ile değişir. Akan akımla, zener bölgesi özelliklerindeki değişim, akım değişimine karşılık zener gerilimindeki değişim olarak alınırsa, değişimlere karşılık bir direnç tanımlamak mümkündür. Bu direnç r_Z ile gösterilen değişken işaret zener direncidir ve

$$r_Z = V_Z / I_Z \quad (5.1)$$

olarak tanımlanmaktadır. Zener diyaodun akım-gerilim karakteristiği Şekil 5.2'deki gibidir.

Zener olayı, elektriksel alan etkisi ile valans bağlarının kopması idi. Sıcaklık arttığından elektronların enerjisi artacak ve valans bağından daha kolay ayrılacaklardır. Elektronu bağından ayırabilmek için gereken alan şiddeti azalır, dolayısıyla kırılma gerilimi küçülür. Bu nedenle kırılma gerilimi 6V'a kadar olan diyotlarda zener olayı etkindir. Çığ olayı, elektriksel alan etkisi ile hızlanan elektronların valans bağlarına çarparak bağdaki elektronları serbest hale geçirmesidir. Sıcaklık artması ile valans elektronlarının enerjisinin artması ve atomların titreşmelerinin artması gerçekleşir. Titreşim artması nedeniyle elektronlar bağı koparacak kadar büyük hız değerlerine, elektriksel alanın daha büyük değerlerinde erişecektir.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



Şekil 5.2. Diyodun akım-gerilim karakteristiği.

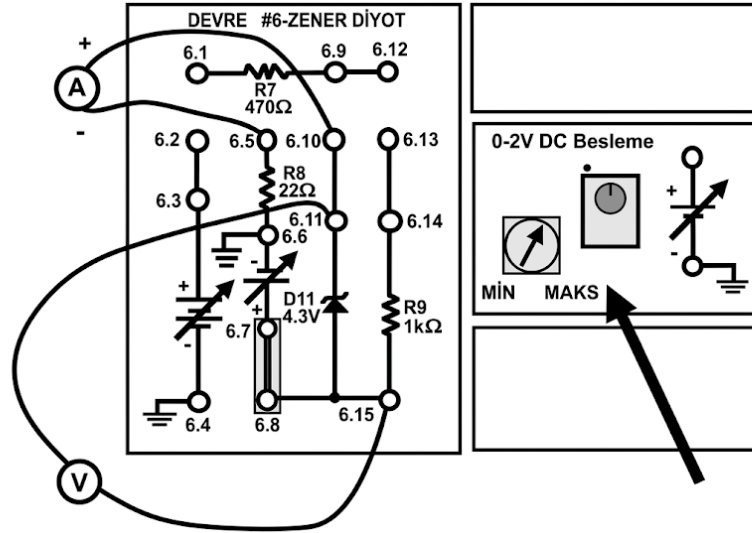
5.3. Deneyin Yapılışı

Zener diyodun düz beslemedeki karakteristiği pn eklemli diyota benzer. Bununla birlikte ters besleme karakteristiğinde akımın akışı ilk belirlenen gerilim üstüne çıkılınca gerçekleşir. Ters yöndeki akımın yükselmesi çok hızlıdır. Bu bize aletin geriliminin, zener geriliminde sabitlenmesinde kolaylık sağlar.

5.3.1. Karakteristik Belirleme

İlk önce zener diyodun düz besleme karakteristiğini araştıralım.

1. Şekil 5.3'te görüldüğü gibi 6.7 ile 6.8 soketleri arası kısa devre yapılır.



Şekil 5.3. Devrenin bağlantı diyagramı.

2. 6.5 ile 6.10 soketleri arasına kademesi dc 2,5mA ayarında olan bir analog avometre ampermetre olarak bağlanır. Avometrenin ortak ucu 6.5 soketine diğer pozitif ucu ise 6.10 soketine bağlanır.
3. 6.11 ile 6.15 soketleri arasına kademesi dc 2V ayarında olan bir dijital avometre, voltmetre olarak bağlanır.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

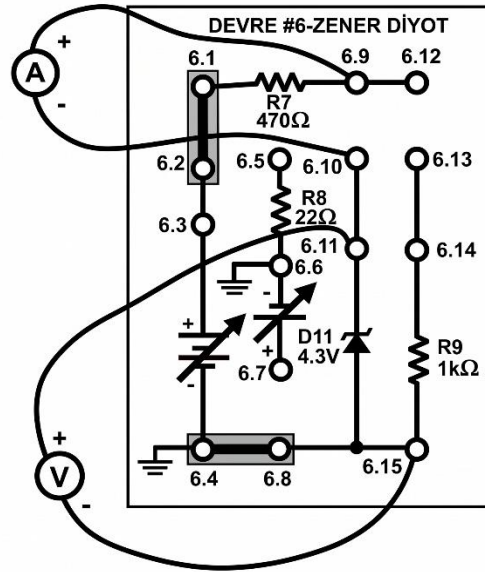
4. Güç kaynağı açılarak dc 0-2V arasında değişen güç temin edilir.
5. Kaynağın gerilimini 0V'dan 0,5V'a kadar artırarak durumu gözleyin. Bundan sonraki gerilim değerleri için ampermetreden okunan değerleri kaydedin.
6. Ampermetrenin ölçüm sınırlarını değiştirerek (artırarak) 0,6V ve 0,8V gerilimi değerlerindeki akımları ölçünüz. Bu akım değerlerini Tablo 5.1'e yazınız.

Tablo 5.1. Uygulanan gerilime karşı ölçülen akım değerleri.

Gerilim (V)	0,5	0,6	0,7	0,8
Akım (mA)				

Şimdi ise zener diyot ters besleme karakteristiğini araştıralım.

1. 6.7 ile 6.8 soketleri arasındaki kısa devre bağlantısını kaldırın.
2. 0-12V arası değişken dc kaynağı minimum (0V) konumuna getirin.
3. 6.1 ile 6.2 ve 6.4 ile 6.8 soketleri arasına Şekil 5.4'de gösterildiği gibi kısa devre bağlantılarını yapın.



Şekil 5.4. Devrenin bağlantı diyagramı.

4. 6.9 ile 6.10 soketleri arasına kademesi dc 2,5mA ayarında olan bir analog avometre (ampermetre olarak) bağlanır.
5. Dikkat edilecek husus; pozitif probun 6.9'a ortak probun ise 6.10'a gelmesidir. Bu ampermetre diyottan (ters öngerilimlenmiş) 0-12V değişkenli dc kaynağa akan akımı ölçecektir.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

6. 6.11 ile 6.15 soketleri arasına kademesi dc 20V ayarında olan bir dijital avometre (voltmetre olarak) bağlanır. Bu voltmetre diyotun uçlarındaki ters yön gerilimini gösterecektir.
7. Tablo 5.2'deki gerilim değerlerinde ampermetrenin gösterdiği değerleri okuyup tabloya yazınız.
8. Aşağıdaki ölçeklenmiş bölgeye Tablo 5.1 ve 5.2'deki değerlerden faydalananak akımın-gerilime göre $I = f(V)$ grafiğini çiziniz.

Tablo 5.2. Uygulanan gerilime karşı ölçülen akım değerleri.

Gerilim (V)	1	2	3	4	4,2	4,4
Akım (mA)						

Not: Diyotun katoduna pozitif gerilim uygulandığı için bu gerilimler diyota göre negatif gerilimlerdir. Bununla birlikte bu bölgede çalışma, zener diyotun gerilim dengeleyicisi olarak iş görmesini sağlar.

Düz besleme karakteristiğini sağ üst çeyreğe ve ters besleme karakteristiğini sol alt çeyreğe gelecek şekilde çiziniz.

5.3.2. Kayma Direnci

Kayma direnci zener diyot uçlarında ekstra bir gerilim düşümüne sebep olup, bu miktar zener diyot içindeki akımın akışına bağlıdır.

$$\text{Direnc} \frac{\text{değişimi}}{\text{değeri}} = \frac{\text{Akım}}{\text{değişimi}} = \frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1} \quad (5.2)$$

1. Şekil 5.4'deki devreyi kullanarak zener diyot uçlarındaki gerilim ve akım değerlerinden üç tane anlamlı değer alınız.

5.3. Uygulanan akıma karşı ölçülen gerilim değerleri.

Akım (mA)	2	4	6	8
Gerilim (V)				

2. Tablo 5.3'te kaydedilen gerilim değişimlerini kullanarak zener diyotun 2-4mA, 4-6mA, 6-8mA değer aralıklarındaki ortalama kayma direncini hesaplayın.
 - a. Diyotun 2-4mA arasındaki kayma direnci:.....

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

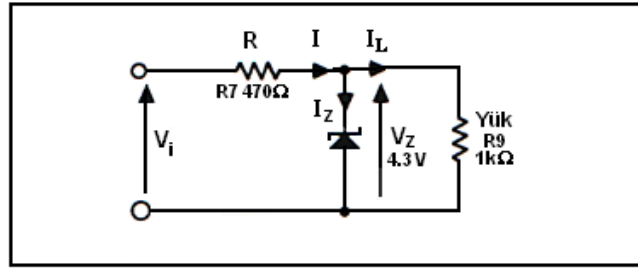
b. Diyotun 4-6mA arasındaki kayma direnci:.....

c. Diyotun 6-8mA arasındaki kayma direnci:.....

Kayma direnci noktasından daha alçak bir direnç değerine gelindiğinde diyotu yüksek sürekli akımlarda kullanabiliriz. Ancak bu zener diyot içindeki güç kayıplarını arttıracaktır, bu da diyota olan güvenimizi azaltacaktır. Optimum operasyonel sonuçlar için bir uzlaşmaya ihtiyaç vardır.

5.3.3. Zener Diyot Dengeleyici Akımları

Kirchhoff'un Akımlar Yasası'na göre bir düğümdeki akımların cebirsel toplamı sıfıra eşittir. Diğer bir deyişle eklemden çıkan akımların toplamı ekleme giren akımların toplamına eşittir. Kaynak gerilimi sabit ise, zener diyot uçlarına düşen gerilim sabit olunca seri direnç üzerindeki gerilim düşüşü de sabit olacaktır. Bu da demektir ki; seri dirençten geçen akım (kaynak akımı) sabit olacaktır. Zener diyot ve yük üzerinden geçen akımların toplamı yukarıdaki sebepten dolayı sabit olup kaynak akımına eşittir. Yük üzerindeki akımın artması, zener diyottan akan akımın azalması demektir.



Şekil 5.5. Devre diyagramı.

Yükümüz $1k\Omega$, zener gerilimimiz ise $4,3V$ 'dur.

Yük üzerinden akan akım değerini hesaplayınız.

a. Hesaplanan yük akımını mA olarak kayıt ediniz:.....

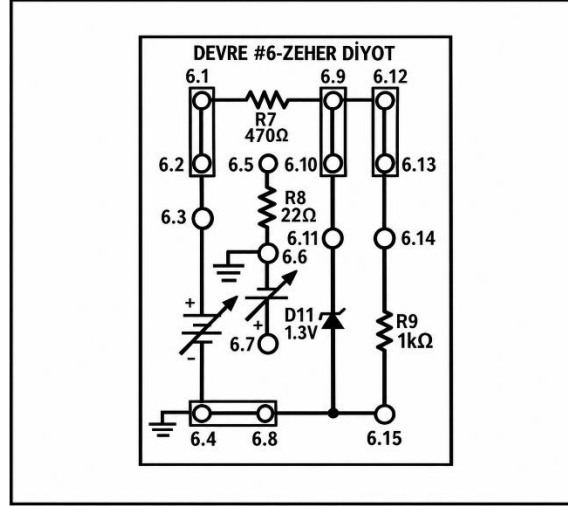
Not: Stabilizasyonun (dengenin) sağlanması için kaynak akımı I , yük akımından %20 veya daha fazla oranda büyük olmalıdır.

Bu akım Şekil 5.5'deki devrede görülen seri R_7 (470Ω) direncinden akar ve R_7 direnci üzerinde bir gerilim düşüşüne sebep olur. R direncinden akan bu akım yük akımı I_L 'den %20 daha büyük olup buradan R direnci üstüne düşen gerilimin değeri hesaplanabilir.

b. Hesapladığınız seri R direnci üstüne düşen gerilim değerini kaydedin. Eğer bu gerilim zener gerilimine ilave edilirse, bu iki gerilimin toplamı giriş gerilimini (V_{in}) verecektir. Bu değeri kaydediniz.

Şekil 5.6'daki diyagramda bulunan düşey bağlantılardan her biri Şekil 5.5'deki devre diyagramında işaretlenen akımların (I , I_Z , I_L) birini taşır.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



Şekil 5.6. Devrenin bağlantı diyagramı.

1. 6.1-6.2, 6.4-6.8, 6.9-6.10 ile 6.12-6.13 soketleri arasına kısa devre bağlantısını yapınız.
2. Güç kaynağını açarak devreye daha önce kaydettiğiniz V_{in} gerilimini uygulayınız.
3. İlgili kısa devre bağlantılarını geçici olarak kaldırıp bunların yerine bir ampermetre bağlayarak akımların her birini ölçünüz. Ölçtüğünüz bu akım değerlerini Tablo 5.4'e kaydediniz.
4. Kaynak akımını yük ve zener akımlarının toplamı ile karşılaştırınız. Aynı kaynak akımını daha önce hesapladığınız kaynak akımının değeri ile karşılaştırınız.
5. Kaynak akımının bu değerini (mA olarak) kaydediniz:.....

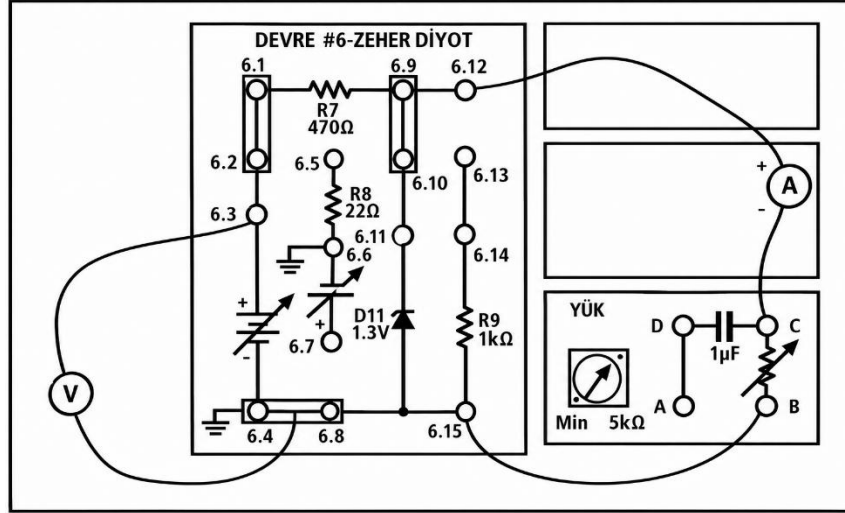
Tablo 5.4. Devre düzeneğindeki akımların değerleri.

Kaynak Akımı (mA)	Zener Akımı (mA)	Yük Akımı (mA)	Zener + Yük Akımı (mA)

5.3.4. Yük Akımının Değişimi

İyi bir güç kaynağından değişik akımlar çekilerek sabit bir çıkış gerilimi sağlanabilir. Zener dengeleyicisi sabit gerilimi muhafaza eder.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



Şekil 5.7. Devrenin bağlantı diyagramı.

1. Şekil 5.6'daki 6.1-6.2, 6.4-6.8, 6.9-6.10 soketleri arasına kısa devre bağlantısı yapınız. 6.15 soketini yük panelinin B soketine 2mm'lik uzatma kordonu ile bağlayınız.
2. Kademesi dc 25mA ayarında olan bir analog avometreyi (ampermetre olarak) Devre #6'daki 6.12 soketi ile yük panelindeki C soketi arasına bağlayınız.
3. Kademesi dc 20V ayarında olan bir dijital avometreyi (voltmetre olarak) Devre #6'daki 6.11 soketi ile uygun toprak noktası arasına bağlayınız.
Dikkat edilecek husus avometrenin pozitif ucu 6.11 soketine bağlanmalıdır.
4. Güç kaynağı maksimum (+12V) pozisyonuna alınarak açılır.
5. Yüğü devreden çıkarıp yük akımını sıfırlamak için analog ampermetrenin bir ucunu devre dışı bırakınız. Dijital voltmetrenin gösterdiği zener gerilim değerini Tablo 5.5'te sıfır yük akımına tekabül eden boşluğa yazınız.
6. Ampermetreyi tekrar aynı yerine bağlayınız.
7. Ayarlı direnci yük akımı 2mA olacak şekilde ayarlayınız.
8. Zener geriliminin değerini Tablo 5.5'te ilgili boşluğa yazınız.
9. Aşağıdaki tabloda listelenmiş tüm akım değerleri için aynı işlemi tekrarlayarak okuduğunuz gerilim değerlerini Tablo 5.5'te ilgili yerlere yazınız.

Tablo 5.5. Yük akımı değerlerine karşı zener gerilimi değerleri.

Yük Akımı (mA)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
Zener Gerilimi												

5.3.5. Yük Karakteristiğinin Çizilmesi

1. Şekil 5.6'daki devre üzerinden çalışmaya devam edilir.
2. Ampermetrenin negatif ucu yük paneli üzerindeki C soketinden çıkarılır ve 6.9-6.10 soketleri arasındaki kısa devre kaldırılır.
3. Ampermetrenin boştaki negatif ucunu 6.10 soketine takın. Bu durumda yük açık devre iken zener diyotun akımını (IZ maksimum, mA) ölçün. Bu zener diyot içindeki maksimum güç kaybının koşuludur. Güç kaybını; cihazın veya elemanın içinden geçen akım ile cihaz veya eleman uçlarındaki gerilim çarpımı olarak hesaplayın ($P_{maks} = V \cdot I$).

Zener diyotları güçlerine uygun olarak sınıflandırılmıştır. Çünkü bu diyotlar kötü şartlar altında zarar görebilir. Örnek olarak deneyimizde 500mW sınıfından bir zener diyot kullanılmıştır. Bu da demektir ki bu sınır içindeki zener diyotların daha yüksek gerilimlerde yüksek ısı ile zarar görmelerini önlemek için diyot akımları daha alçak bir değere çekilmek suretiyle sınırlandırılmalıdır. Bu gerilim değerlerini ve güç formülünü ($P = V \cdot I \Rightarrow I = P/V$) kullanarak maksimum emniyet akımını hesaplarız.

4. 500mW sınıfındaki zener diyottan emniyetli olarak akmasına izin verilen maksimum akımı hesaplayınız ve bu değeri kaydediniz.

Hesaplanan bu maksimum akım seri ($R_7 = 470\Omega$) R direncinden akar. Bu durumda R_7 direnci üzerine düşen gerilim hesaplanır. Bu gerilim değeri zener gerilim ile toplanırsa maksimum giriş gerilimi bulunur. Maksimum giriş gerilimi bu devrede zener diyota zarar vermeksizin uygulanabilecek emniyetli gerilim değeridir.

5. Bu devre için uygulanabilecek maksimum gerilim değerini kaydediniz.

6.Deney: PN Eklem Diyot

6.1. Deneyin Amacı: : Bir yarıiletken pn eklem diyodu ileri karakteristiklerini belirlemek, ileri eğilimli bir diyodun doğrusal olmayan cevabını yorumlamak, ters eğilimli bir diyottan geçen sızıntı akımını incelemektir.

6.2. Teorik Bilgiler

Aktif aygıtların elektriksel özellikleri başka doğrusal olmayan bileşenlerde olduğu gibi akım-gerilim belirtkenleri ile tanımlanır. Çoğu kez temel fiziksel olayları cinsinden bu akım gerilim belirtkenlerinin temeli için bir yaklaşım getirmek yararlıdır. Böylece herhangi bir uygulamada doğrusal olmayan bir elemanın işleyişini belirgin hale koymak ve istenilen elektriksel özellikleri gösteren daha geliştirilmiş bileşenler yapmak mümkündür. Demek oluyor ki elektronik aygıtların akım-gerilim belirtkenleri temel olarak içlerindeki serbest elektronların hareketine bağlıdır. Buna uygun olarak eklem diyot gibi yarı iletkenlerin özellikleri yarı iletken kristallerdeki elektronların davranışına doğrudan bağlıdır.

6.2.1 Yarıiletkenler

Özdirenç değerleri iletkenlerinki ile yalıtkanlarıinki arasında olan katılara yarıiletkenler denir. En çok kullanılan yarıiletkenler silisyum (Si) ve germanyum (Ge)'dur. Bunların her ikisinin de dört bağ elektronu vardır. Kristal yapıları elmasınkine benzer.

Yabancı atomların neden olduğu kimyasal safsızlıkların bulunmadığı ve yapısal bozuklukların olmadığı saf durumdaki bu maddelere doğal yarıiletkenler denir. Doğal yarıiletkenlerdeki hareketli yükler genellikle 0°K'den daha yüksek sıcaklıklarda bu sıcaklıklara eşlik eden ısısal enerji ile bağlanma kuvvetlerinin üstesinden gelerek oluşturulur. Bu süreçle elektron boşlukları ve elektronlar olmak üzere iki türlü taşıyıcı oluşturulur.

Çok sayıda taşıyıcı oluşturmak için kullanılan en yaygın yöntem, yarı iletken içine dikkatli bir şekilde belirlenmiş safsızlık maddesi katmaktır. Safsızlık katılmış yarı iletkenlere yapay yarıiletkenler denir. Çoğu kez arsenik (As) ve antimon (Sb) gibi beş bağ elektronlu atomlar ya da galyum (Ga) ve bor (B) gibi üç bağ elektronlu atomlar safsızlık maddesi olarak kullanılır. Her tip safsızlık bir çeşit taşıyıcının çoğunlukta olduğu yarıiletken oluşturur. Hareketli taşıyıcılar kristal içindeki çeşitli noktalarda ana madde yerine safsızlık atomlarının yerleştirilmesi ile oluşturulur.

6.2.2. n-Tipi Yarı İletkenler

Taşıyıcıların nasıl oluştuğunu anlamak için iki ayrı silisyum yarıiletken örneği düşünelim. Birinciye arsenik safsızlıkları, ikinciye de galyum safsızlıkları katılmış olsun. Bir arsenik atomu bir silisyum atomu yerini aldığı anda arsenik atomunun beş bağ elektronundan dördü kristal içinde bağlanma yapmak için kullanılır. Bağlanma yapmada kullanılmayan elektron, kristalin ısısal enerjisinin sağladığı küçük bir enerji ile hareket edebilecek serbestliğe sahip olur. Bu yolla üretilen taşıyıcılar negatif yüklü elektronlardır. Sonuç olarak bu tip yapay yarıiletkenlere n-tipi denir.

6.2.3 p-Tipi Yarı İletkenler

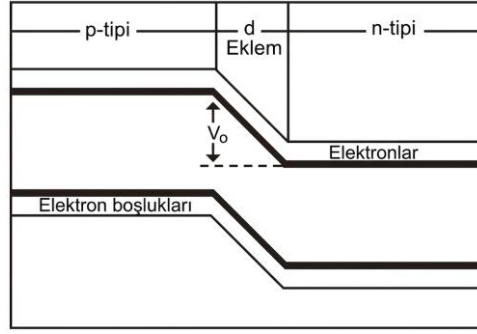
İkinci örnekte ise bir galyum atomu kristal içindeki bir silisyum atomu yerine geçer. Galyum atomu bağları oluşturmak için gerekli dört bağ elektronundan üçünü sağlayabilir. Bağlanma sonucu bir elektronun eksik kalması elektron boşluğu oluşturur. Kristalin ısısal enerjisi biraz arttığında elektron boşluğu hareketlilik kazanır. Taşıyıcılar pozitif yüklü elektron boşlukları olduklarından bu tip yarıiletkenlere p-tipi denir. Yapay kristallerde çoğunlukta olan hareketli yüklere çoğunluktaki taşıyıcılar, azınlıkta olanlara da azınlıktaki taşıyıcılar denir.

6.2.4 p-n Eklemi

Tüm yarıiletken aygıtların yapımında p-n eklemi temel oluşturur. Eklem fiziksel olarak p-tipi ve n-tipi yarı iletkenlerin birleştirilmesi ile oluşur. Eklemde n bölgesindeki elektronlar p bölgesine sızma eğilimi gösterirler. Denge durumunda ters yöndeki elektron akışıyla bu sızma dengelenir. Eklem yerinde, “n” bölgesinde elektron akışını azaltacak bir gerilim doğmamışsa, elektron yoğunluğu fazla olan n maddelerinde “n” bölgesinden p’ye doğru olan elektron akımı daha büyük olacaktır. Aynı durum eklem bölgesindeki elektron boşluğu akımı için de düşünülebilir. Eklem bölgesinde doğan gerilimin büyüklüğü ve işareti sözü edilen iki akımı eşitler. Bu gerilimin oluşması p-n ekleminin çok iyi doğrultma işlemi yapmasını sağlar.

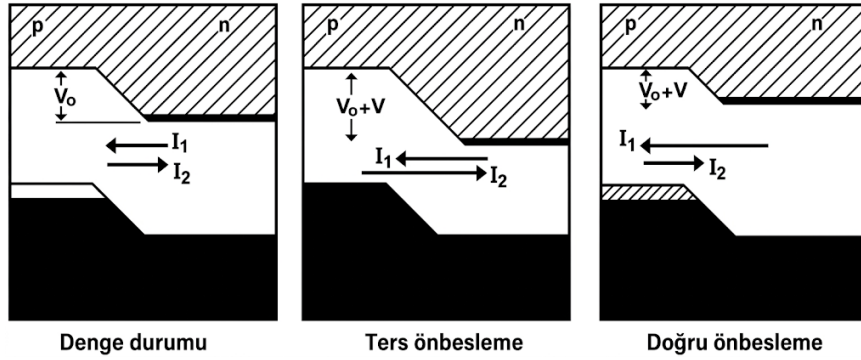
Gerilim yükselişinin işareti şekilde görülen p-n ekleminin enerji bandı modelinde elektronları “n”, bölgesinde, elektron boşluklarını da “p” bölgesinde tutmaya yöneliktir. Şekil 6.1’deki V_0 gerilim engelinin büyüklüğü, eklemdeki alıcı düzeylere geçen verici elektron sayılarına, yani safsızlık yoğunluğuna ve yasak enerji aralığının büyüklüğüne bağlıdır. p-n eklemi dengede iken n tarafından sızan elektronların oluşturduğu I_1 akımı, p tarafından ayrılan elektronların oluşturduğu I_2 akımına eşittir.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



Şekil 6.1. pn eklemine enerji bandı modeli.

Akımın geçişi p-n eklemine doğan gerilimin yüksekliğine bağlıdır ve bu yükseklik de ters ön gerilim ile artar, doğru öngerilim ile azalır.

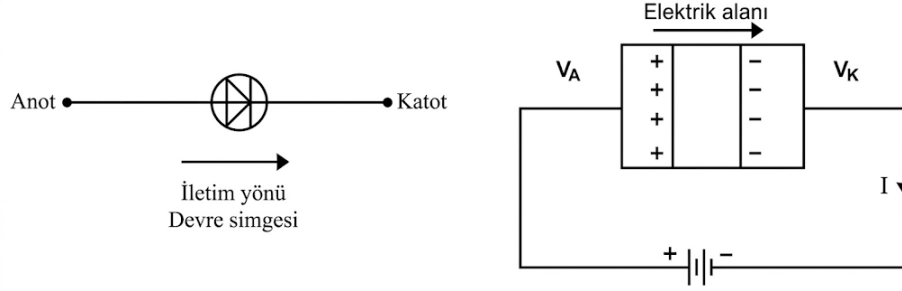


Şekil 6.2. pn eklemine denge, ters ve doğru öngerilim durumları.

6.2.5 Yarıiletken Diyotlar

Diyotlar iki uçlu elektronik aygıtlardır. Yük akışı, söz konusu aygıtlara bir dış devre bağlandığı ve enerji verildiği zaman oluşur. Parçacık akışının denetimi diyodun uçlarına uygulanan bir dış gerilimle yapılır. Yarıiletken diyot bir yönde akıma karşı çok yüksek bir direnç, diğer yönde ise akıma karşı az direnç gösteren bir elemandır ve p-n birleşiminden oluşur. p-tipi yarıiletken tarafı anot, n-tipi yarıiletken tarafı ise katottur. Şekil 6.3'deki gibi anot potansiyeli V_A , katot potansiyeli V_K ise diyottan geçen akımın büyüklüğü $V_A - V_K$ farkının büyüklüğüne bağlıdır. Bu fark için bir eşik değeri vardır. Örneğin Si diyot için eşik değeri 0,5 voltur, ancak $V_A - V_K \geq 0,5V$ değerinden sonra akım geçmeye başlar. Yüksek akım geçiren diyotlarda eşik gerilimi çok daha azdır.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



Şekil 6.3. Yarıiletken diyotlarda iletim yönü ve elektrik alanı.

Yarıiletken diyotlarda ters besleme gerilimi uygulandığında, potansiyel engel artar ve eklem bölgesinde geçmek için az miktarda çoğunluk yük taşıyıcıları yeterli miktarda enerjiye sahiptirler. Ters besleme geriliminin artırılmasıyla yalnızca azınlık yük taşıyıcılarının oluşturduğu akım seviyesine ulaşılır. Bu durumda akım yaklaşık olarak sabit olur. Bu da ters doyma akımı olarak bilinir.

Yarıiletken diyotun p-n eklemine doğru yönde gerektiği kadar bir gerilim uygulandığında, eklemenden bol miktarda çoğunluk yük taşıyıcıları geçmesini sağlayacak şekilde potansiyel engel azalacaktır. Azınlık yük taşıyıcılarının akışı engellenemeyeceği için eklemenden net miktarda akım akacaktır. Düz besleme arttırıldığı zaman başlangıçta akım oldukça az olacaktır, eşik gerilimini aştığında ise hızlı bir şekilde artacaktır.

6.2.6. Yarıiletken Diyotların Akım-Gerilim Karakteristiği

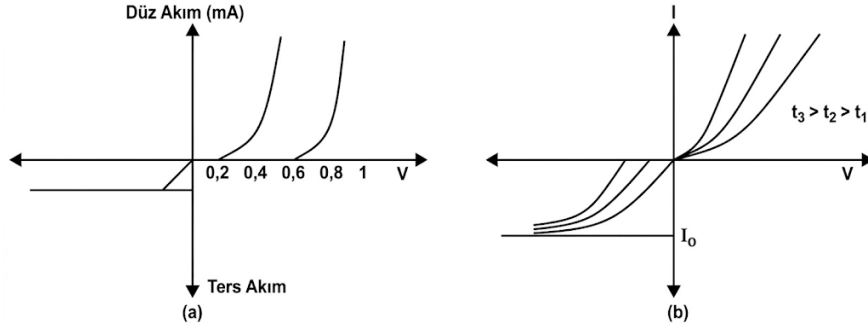
Diyot, aktif bir devre elemanıdır. Akım-gerilim karakteristiği Ohm Kanun'una uymaz. Her gerilim ve akım değerinde direnci farklıdır. Bir yarıiletken diyotun uçlarındaki gerilim V ve diyottan geçen akım I ise;

$$I = I_0 [\exp(eV/KT) - 1] \quad (6.1)$$

denklemin diyotun akım-gerilim karakteristiği. Eşitlikte I_0 , ters kutuplanma durumunda geçen maksimum ters yön akımı; k , Boltzmann sabiti ($1,38 \times 10^{-23}$ joule/kelvin); e , elektron yükü ($1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb); T , mutlak sıcaklıktır ($T = 273 + t^\circ\text{C}$).

Bu akım-gerilim karakteristiğinin grafik gösterimi Şekil 6.4.a'daki gibidir. Grafikte de görüldüğü gibi silisyum diyotlarda 0,6V; germanyum diyotlarda ise 0,2V'luk düz besleme gerilimi verilinceye kadar akımda neredeyse hiç artış olmamaktadır. Aynı gerilim değerinde sıcaklık artarsa geçen akım değeri de büyür. Sıcaklık diyotun iletkenliğini artırır. Aşırı sıcaklık diyotun bozulmasına neden olur.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



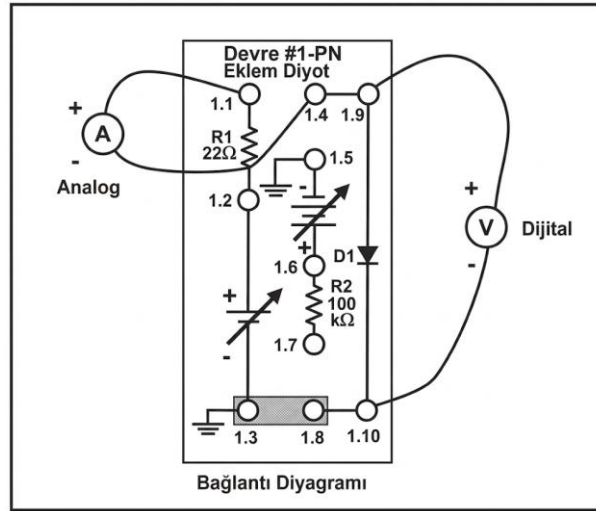
Şekil 6.4.a. Ge, Si akım-gerilim karakteristiği, **b.** Diyotun akım-gerilim karakteristiği (sıcaklıkta).

6.3. Deneyin Yapılışı:

6.3.1. Diyotun Doğru Yönde Akım-Gerilim Karakteristiğinin Çıkarılması

Deneyi yapmak için aşağıdaki basamakları izleyin.

1. Karakteristik eğrinin çıkarılması için Şekil 6.5’deki Devre-1 kurunuz.



Şekil 6.5. Bağlantı diyagramı.

2. Modül panelin sağ üst köşesinde diyotun Devre-1’deki ileri besleme durumların çizmek için 0-2V dc güç kaynağı kullanılacaktır.
3. 0-2V dc güç kaynağını minimuma ayarlayınız.
4. 1.3 ve 1.8 soketlerini Şekil 6.5’te gösterildiği gibi kısa kablolarla birbirine bağlayınız.
5. 50μA dc konumundaki analog multimetreyi 1.1 ve 1.4 soketlerini 2-4mm’lik adaptör fişleriyle bağlayınız.
6. 2V dc konumundaki dijital multimetreyi aynı şekilde 1.9 ve 1.10 soketlerine adaptör fişlerini

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

kullanarak bağlayınız.

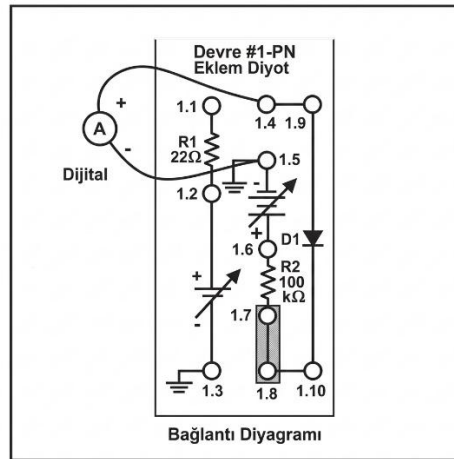
7. Modül güç kaynağının anahtarını açınız.
8. 0-2V'luk güç kaynağını diyota 100mV gerilim verecek şekilde ayarlayınız.
9. Analog multimetreden akımı okuyun ve Tablo 6.1'e yazınız.
10. Gerilimi 200mV'a ayarlayın ve akımı tekrar okuyun.
11. Tabloda belirtilen voltajlarda akımı okuyun ve not edin. Gerilim değerleriniz 50mV'luk aralıklara gelince akım hızla artmaya başlayacaktır.
12. Gerilim artarken akımdaki yükselişi izleyin ve gerektiği kadar ampermetrenin ayarını değiştirin. Cihaza zarar vermemek için gerekli oran değişikliğini sezinlemeye çalışın.
13. Tablonuzu tamamladıktan sonra akım-gerilim eksenleri üzerinde diyotun ileri karakteristiğini çizip yorumlayın.
14. Grafiğinizde diyota karşı gerilimdeki düşüşü anot akımı 12mA iken, mV cinsinden okuyun.
15. Anot akımının anot voltajına karşı $I_{\text{anot}} = f(V_{\text{anot}})$ grafiğini çizin.

Tablo 6.1. Uygulanan voltaja karşı ölçülen akım değerleri.

Voltaj (mV)	100	200	300	400	500	550	600	650	700
Akım (μA)									

6.3.2. Diyot Ters Karakteristiğinin Çıkarılması

1. Şekil 6.7'deki 1.7 ve 1.8 soketleri arasındaki bağlantıyı sağlayın.



Şekil 6.7. Ters yön karakteristiğinin inceleneneği devre.

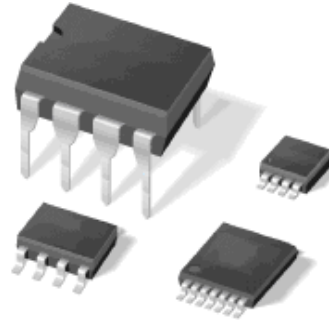
2. Dijital multimetreyi 200μA konumunda 1.5 ve 1.4 nolu soketlere bağlayın.
3. 0-12V dc değişken kaynağını "MİN" (0V) pozisyonuna kurun ve modülün güç kaynağını açın.

7. Deney: İşlemsel Yükselteçler (Op-amplar)

7.1. Deneyin Amacı: İşlemsel yükselteçlerin karakteristik özellikleri ve uygulamalarının incelenmesi.

7.2. Teorik Bilgiler

İşlemsel yükselteçler (op-amplar), endüstriyel elektronik uygulamaları açısından büyük önem taşıyan bir elektronik yapı grubudur. Bu yapı grubu yardımıyla değişik özelliklerdeki lineer ve lineer olmayan devre fonksiyonları elde edilebilmektedir. Akım kaynakları, negatif empedans çevirici, integral ve türev alıcılar, logaritmik ve ters logaritmik kuvvetlendiriciler, çeşitli türden osilatör devreleri, örnekleme presisyonlu doğrultucular, ac ve dc çeviriciler, analog çarpma, bölme ve karekök alma devreleri, karşılaştırıcılar, Schmitt tetikleme devreleri gibi devrelerin gerekeceği göz önüne alınırsa, geniş bir çeşitlilik gösteren bu uygulamalar açısından işlemsel yükselteçlerin önemli bir yer oynayacağı açıktır.



Şekil 7.1. 8 ve 14 bacaklı op-amplar

7.2.1. Op-ampların Devre Bağlantısı

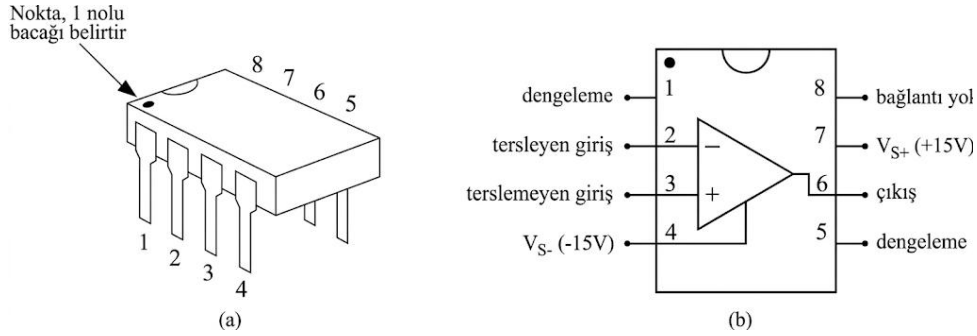
Op-amplar iki giriş ucuna sahiptir. Çünkü op-amp, çıkışın iki giriş arasındaki gerilim farkına bağlı olduğunu ifade eden türevsel (diferansiyel) bir yükselteçtir. Giriş uçlarından biri tersleyen (inverting), diğeri ise terslemeyen (noninverting) olarak adlandırılır ve op-amp sembolü üzerinde ‘+’ ve ‘-’ olarak belirtilir. (+) uç gerilimi, (-) uç geriliminden daha pozitif ise çıkış pozitifdir. Daha az pozitif ise çıkış gerilimi negatif olur. Bu durum çıkış geriliminin (+) giriş geriliminin ucu ile aynı, (-) giriş ucu gerilimi ile ters yönde değiştiğini açıklar. Bu tanıımı açıklamak için (+) girişe terslemeyen (noninverting) ve (-) girişe tersleyen (inverting) giriş denir. Giriş uçları arasındaki ve (+), (-) giriş uçları ile şase arasındaki direnç çok yüksektir.

Terslemeyen giriş gerilimini V_{S+} ve tersleyen giriş gerilimini V_{S-} ile ifade edersek, çıkıştaki gerilim V_o ,

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

$$V_o = A(V_{S+} - V_{S-}) \quad (7.1)$$

şeklinde ifade edilir. Eşitlikte A gerilim kazancını ifade eder.



Şekil 7.2.a. 8 bacaklı bir op-ampın bacaklarını numaralandırma, **b.** 741 op-ampının bacak bağlantılarının üstten görünümü

Op-amp'ların her bir bacağının işlevi aşağıda belirtildiği gibidir:

1 nolu bacak (dengeleme): Op-amp türevsel (diferansiyel) bir tür olduğu için, giriş dengeleme gerilimi sapmayı en aza indirmek için kontrol edilmelidir.

2 nolu bacak (ters çevrilmiş giriş): Bu uçtaki tüm giriş sinyalleri çıkış bacağında (6) ters çevrilecektir. 2 ve 3 bacakları, doğru giriş sinyalleri elde etmek için veya op-amp çalışmayabileceğinden çok önemlidir.

3 nolu bacak (ters çevrilmemiş giriş): Bu bacadaki tüm giriş sinyalleri ters çevrilmeden normal olarak işleme tabi tutulur.

4 nolu bacak (V_-): Negatif besleme gerilimi ucudur. 741 için besleme gerilimi çalışma aralığı -4,5 Volt (minimum) ile -18 Volt (maksimum) arasındadır, ve -5 ve -15Vdc'de çalıştığı belirtilir.

5 nolu bacak (dengeleme): 1 nolu bacakla aynı işlevi görür.

6 nolu bacak (çıkış): Çıkış sinyali op-ampın tersleme girişine uygulandığında, çıkış sinyalinin kutuplanabilirliği girişinkine zıt olacaktır. Genelde op-amp'ların çıkışı bir tanedir. Bu kullanılan opampın tipine, kullanma amacına ve imalatçısına göre entegre ayaklarının herhangi biri olabilir. Yük direnci (R_L) yükselteç çıkışı ile şase arasına bağlanır. Çıkış gerilimi bu direnç uçlarından elde edilir.

7 nolu bacak ($+V$): Op-ampın pozitif besleme gerilim ucudur. 741 için besleme gerilimi çalışma aralığı +4,5Volt (minimum) ile +18 Volt (maksimum) arasındadır ve +5 ile +15Vdc arasında çalışır.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

8 nolu bacak (NC): NC, bu bacağa bağlantı olamayacağını sembolize eder. Bu uca bağlanan hiç bir şey yoktur.

7.2.2. Geri beslemeli op-amp devreleri

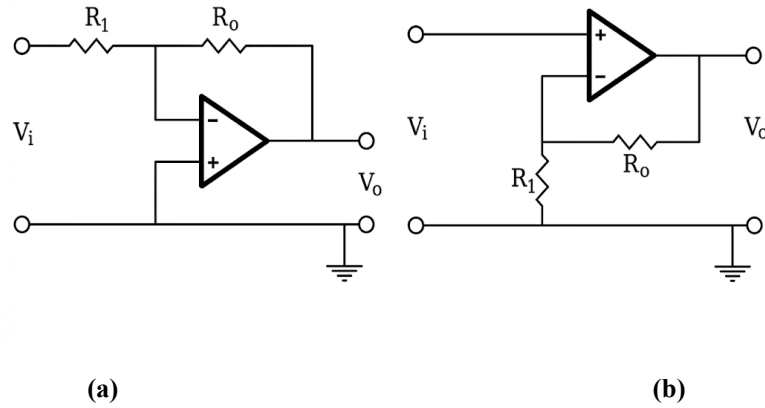
İşlemsel yükseltecin hassasiyeti ve esnekliği negatif geri beslemenin kullanılmasının doğrudan bir sonucudur. Geri beslemeli tersleyen işlemsel yükselteç devresi için çıkış gerilimi,

$$V_o = \left(-\frac{R_o}{R_1}\right) V_i \quad (7.2)$$

eşitliği ile ifade edilirken; terslemeyen işlemsel yükselteç devresi için

$$V_o = \left(1 + \frac{R_o}{R_1}\right) \cdot V_i \quad (7.3)$$

denklemleri ile ifade edilir. Eşitliklerde R_o , geri besleme direnci; R_1 , giriş direnci ve V_i giriş gerilimidir. Yeterli geri besleme ile, kapalı devre yükselteç karakteristikleri geri besleme elemanlarının bir fonksiyonu olur. Tipik geri besleme devresinde, geri besleme elemanları iki dirençtir. Kapalı devre kazançlarının hassasiyeti iki direncin oranıyla ayarlanır ve pratik olarak açık devreden bağımsızdır. Böylece, hassasiyetin hemen hemen her bir derecesine büyütme kolaylıkla başarılabilir.



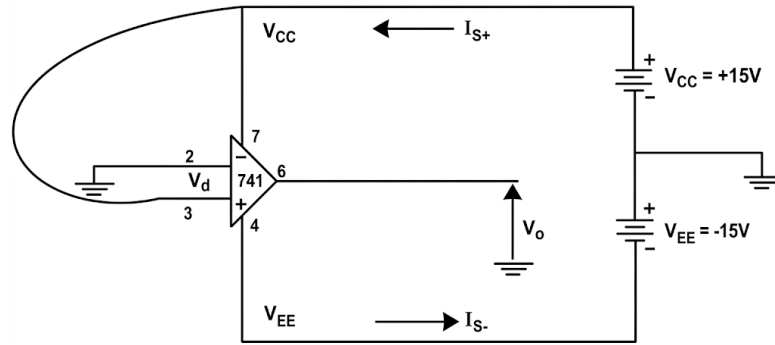
Şekil 7.3. Temel yükselteç devreleri (a) Tersleyen (İnverting) (b) Terslemeyen (Noninverting)

Şekil 7.3, temel iki geri besleme devreleri için bağlantıları ve kazanç denklemlerini gösteriyor. İdeal işlemsel yükselteç etrafında negatif geri beslemenin uygulanması başka önemli toplama noktası engeline sebep olur: Geri besleme ilmeği kapalı olduğunda, tersleyen ve terslemeyen girişler arasında ortaya çıkan gerilim sıfıra yaklaşır.

7.3. Deneyin Yapılışı:

Deneyi yapmak için aşağıdaki basamakları takip ediniz.

1. Aldığınız 741 op-amp'ının hangi firma tarafından üretildiğini belirtiniz. Üretim tarihi ve çalışma sıcaklığını yazınız. Ayak uçlarını belirtiniz.
2. Aşağıdaki şekilde sekiz bacaklı metal kılıf içinde bulunan op-amp'ın ayak uçları belirtilmiştir. Op-amp'ınızın ayak uçları farklıysa parantez içine numaralarını yazınız.
3. Şekil 7.5'de gösterildiği gibi 7 ve 4 numaralı uçlara 15V'luk besleme gerilimlerini uygulayınız. Bu bağlantıya göre çıkıştaki $+V_{sat}$ gerilimini ölçünüz.
4. 3 numaralı uca V_{EE} gerilimini uygulayarak çıkıştaki $-V_{sat}$ gerilimi ölçünüz.



Şekil 7.5. Devre diyagramı

5. 3 numaralı giriş ucu da toprağa bağlıyken op-amp ideal olmadığı için çıkış sıfırdan farklı olur. Bu gerilimi ölçünüz. 741'in bu durumdaki açık çevrim kazancı $A_{U1} = 200000$ olduğuna göre 2 ve 3 numaralı girişler arasındaki fark gerilimini hesaplayınız.
6. 3. ve 4. şıklarda pozitif girişe en az ne kadar bir gerilim uygulanmalı ki op-amp doyuma girsin? Nedenini açıklayınız.
7. Yukarıdaki devrede, 2 ve 3 numaralı giriş uçları açık devre iken besleme kaynaklarına çekilen I_{S+} ve I_{S-} akımlarını ölçünüz. Katalogda belirtilen değerlere göre, ölçülen değerleri karşılaştırınız.

8. Deney: Kondansatörde depolanan enerji

8.1. Deneyin Amacı: Bir kondansatörün dolması esnasında kondansatörde depolanan enerjinin incelenmesi.

8.2. Teorik Bilgiler:

Bir kondansatörün sığası (C), iletkenlerden biri üzerindeki yükün büyüklüğünün bu iletkenler arasındaki potansiyel farkının büyüklüğüne oranı olarak tanımlanır.

$$C = Q/V \quad (8.1)$$

Tanıma göre, sığanın her zaman pozitif bir nicelik olduğuna dikkat ediniz. Kondansatör levhalarında biriken yük arttıkça potansiyel farkı da artacağından, verilen bir kondansatör için Q/V oranı sabittir. Bu nedenle aygıtın sığası onun depoladığı yük miktarı ve elektrik potansiyel enerjisinin bir ölçüsüdür. Sığanın birimi Farad'dır. Farad, Volt başına Coulomb olup çok büyük bir sığa birimidir. Bir veya birden fazla kondansatörün sığası iletkenlerin geometrik düzenine bağlıdır. Buna göre n tane kondansatör birbirlerine paralel olarak bağlanmış ise sistemin eşdeğer sığası,

$$C_{eş} = C_1 + C_2 + \dots + C_n \quad (8.2)$$

eşitliği ile verilirken, kondansatörlerin birbirlerine seri olarak bağlanmaları halinde ise eşdeğer sığa;

$$\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (8.3)$$

ifadesi ile verilir.

Yüklü bir kondansatörün plakaları bir iletkenle, örneğin bir telle birbirine temas ettirilirse, her iki plaka yüksüz hale gelinceye kadar yükler bir plakadan diğerine aktarılırlar. Bu elektriksel boşalma bazen bir kıvılcım olarak gözlenir. Yüklü bir kondansatörün zıt işaretli plakalarına istemeden dokunacak olursanız parmaklarınız boşalacağı bir yol gibi davranacak ve bir elektrik akımına maruz kalacaksınız. Şokun derecesini sığaya ve kondansatöre uygulanan voltaja bağlı

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

olarak hissedeceksiniz. Böyle bir şok yüksek voltaj varsa öldürücü olabilir. Örneğin televizyonların güç kaynakları oldukça tehlikelidir.

Başlangıçta yüksüz ve plakalar arasındaki potansiyel farkı sıfır olan bir kondansatöre V voltajı uygulanıp kondansatörün yavaşça dolduğunu ve yüklenme sürecinin herhangi bir anında kondansatör üzerindeki yükün q olduğunu varsayalım. Aynı anda kondansatörün uçları arasındaki potansiyel farkı $V = \frac{Q}{C}$ ’dir. Bir dQ yükünü $-Q$ yüklü plakadan $+Q$ yüklü plakaya taşımak için yapılması gereken iş,

$$dW = V \cdot dQ = \frac{Q}{C} dQ \quad (8.4)$$

ile verilir. Böylece, kondansatörü $Q = 0$ ’dan herhangi bir Q yüküne kadar doldurmak için gerekli iş,

$$W = \int_0^Q \frac{Q}{C} \cdot dQ = \frac{Q^2}{2C} \quad (8.5)$$

olur. Fakat kondansatörün yüklenmesinde yapılan bu iş, kondansatörde depolanan U potansiyel enerji olarak alınabilir. (8.1) eşitliğini kullanarak yüklü bir kondansatörde depolanan elektrostatik enerji aşağıdaki gibi farklı biçimlerde ifade edilebilir.

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 \quad (8.6)$$

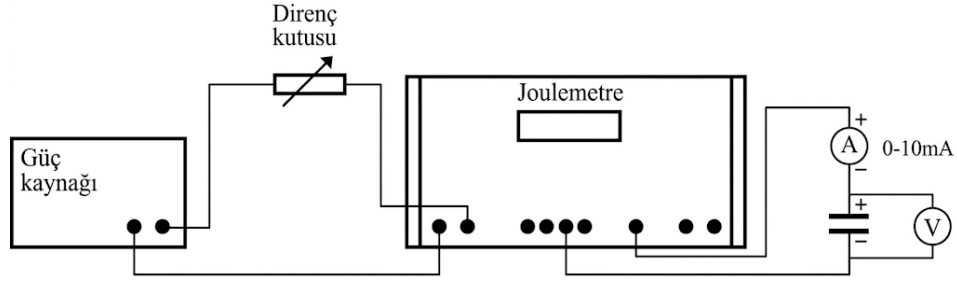
Bu sonuç, kondansatörün geometrisine bakılmaksızın herhangi bir kondansatöre uygulanabilir. Bu ifadeye göre sığa ve potansiyel enerji arttıkça potansiyel farkı da artar. Pratikte, depolanabilen maksimum enerjinin (ya da yükün) bir sınırı vardır. Çünkü V yeterince büyük değerine ulaşıncı kondansatörün plakaları arasında eninde sonunda bir boşalma olur. Bundan dolayı, kondansatörlerin üzerine maksimum çalışma voltajı yazılır.

8.3. Deneyin Yapılışı:

Deneyi yapmak için aşağıdaki adımları izleyin:

1. Şekil 8.1’deki devre düzeneğini kurarak deney sorumlusuna kontrol ettirin.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.



Şekil 9.1. Devre düzeneği.

2. Deneye başlamadan önce kondansatörün yüklü olmadığından (boş olduğundan) emin olmak için kondansatöre paralel olarak bağlanmış voltmetreden kondansatör üzerindeki gerilim değerini okuyun.
3. Eğer voltmetreden okuduğunuz gerilim değeri sıfır ise kondansatörünüz yüklü değildir. Okuduğunuz değer sıfırdan farklı bir değer ise kondansatörünüz yüklü durumdadır ve kondansatörünüzü yüksüz duruma getirmek veya kondansatör üzerindeki yükü boşaltmak için kondansatör üzerindeki gerilim değeri voltmetreden sıfır olarak okununcaya kadar, bir iletken tel yardımıyla kondansatörün pozitif ve negatif levhalarının temas halinde olmasını sağlayın.
4. Bu işlem tamamlandıktan sonra dc güç kaynağını 4V'a ayarlayınız.
5. Direnç kutusu üzerindeki direnç değerinizi 3,3k Ω olarak seçiniz.
6. Devrede bulunan ampermetre ve voltmetreyi açınız. Ampermetredeki skala mA mertebesinde olmalıdır.
7. DC güç kaynağı ve joulemetrenin düğmelerini aynı anda açın.
8. Devreden geçen akımın zamanla değişimi ampermetreden ve kondansatör üzerindeki gerilimin zamanla değişimini ise voltmetreden gözlemleyerek gözlemlerinizi not ediniz.
9. Ampermetreden okunan akım değerinin sıfır olduğu anda joulemetreden okuduğunuz enerji (U) değerini ve voltmetreden okuduğunuz gerilim değerini (V_C) Tablo 8.1'e kaydedin.
10. Bu işlemden sonra dc güç kaynağı ve joulemetreyi kapatın.
11. Kondansatörü boşaltmak için kondansatör üzerindeki gerilim değeri voltmetreden sıfır olarak okununcaya kadar, bir iletken tel yardımıyla kondansatörün pozitif ve negatif levhalarının temas halinde olmasını sağlayın.
12. DC güç kaynağı yardımıyla uyguladığınız giriş gerilimi değerlerini sırasıyla 6V, 8V, 10V ve 12V'a ayarlayarak her bir gerilim değeri için 7-11 adımlarını tekrarlayın.
13. Ölçümler tamamlandıktan sonra, (6.6) eşitliğini kullanarak uygulanan her bir giriş gerilimi değeri için V_C^2 değerlerini ve kondansatör üzerindeki yük miktarını hesaplayın.
14. $U = f(V^2)$ grafiğini çizerek yorumlayınız ve elde ettiğiniz doğrunun eğiminden yararlanarak kondansatörün sığasını hesaplayınız.

Not: Kontrol amaçlıdır. Mevcut hataları ilgili araştırma görevlisine bildiriniz.

15. Grafikten bulduğunuz sığa değeri ile kondansatörün gerçek sığa değerini karşılaştırarak yüzde sapmayı (% δ) hesaplayınız.

Tablo 8.1. Uygulanan giriş gerilimine karşın kondansatör üzerindeki gerilim, kondansatörde depo edilen enerji ve yük değerleri.

V_o (Volt)	V_C (Volt)	V_C²	U (Joule)	Q (Coulomb)
4				
6				
8				
10				
12				