

DENEY 1 – DİYOT KARAKTERİSTİKLERİ

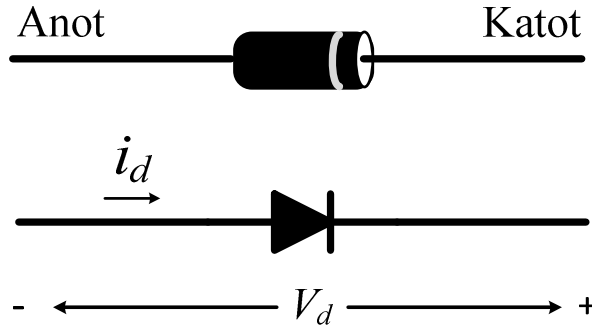
1.1. DENEYİN AMACI

Bu deneyde diyotların akım-gerilim karakteristiği incelenecektir. Bir ölçü aleti ile (volt-ohm metre) diyodun ölçülmesi ve kontrol edilmesi (anot ve katot terminallerinin saptanması). Osiloskop kullanılarak farklı çeşitlerdeki diyodun akım-gerilim karakteristiğinin gözlenmesi.

1.2. TEORİK BİLGİ

1.2.1. pnJonksiyon Diyot

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



Şekil 1.1. Diyot devre sembolü

Doğru-kutuplamada, tipik bir Silikon diyot üzerinde düşen gerilim yaklaşık 0.7V'tur(Germanyum için ise gerilim düşümü 0.3 V'tur). Bu eşik gerilimi diyot karakteristik eğrisi üzerinde büküm olarak adlandırılır. Çünkü bu bölgede diyot üzerinde düşen gerilimle diyottan geçen akım değişmektedir. Bu eşik gerilim değerinin aşıldığı durumda iletim akımı " i_d " akar.Bu eşik geriliminden daha düşük değerlerde, diyot sadece küçük bir akımın geçmesine izin verir. Diyodun ters kutuplanması halinde idealde diyotun akım iletmemesi gerekmektedir fakat çok küçük bir sızıntı akımı akar bu akıma " I_s " ters satürasyon akımı denir.

Diyot akım-gerilim ilişkisi aşağıdaki transandantal denklem ile modellenmektedir.

$$I_D = I_s \cdot [e^{V_D/nV_T} - 1]$$

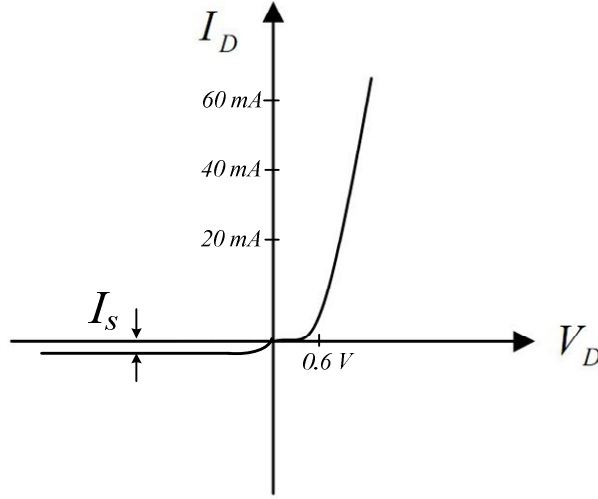
Bu denklemde;

I_S : Ters satürasyon akımı

V_D : Diyota uygulanan gerilim

n : İdealden uzaklaşma faktörü

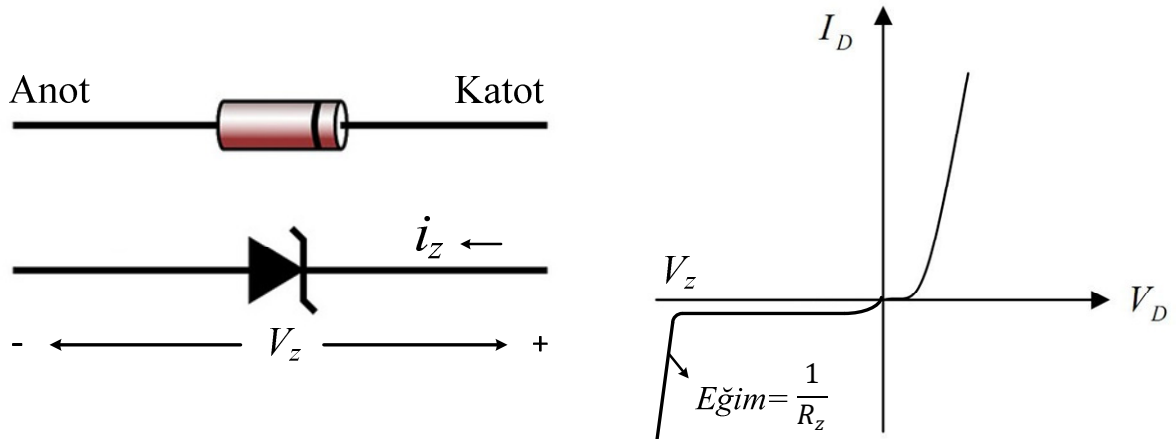
V_T : Termal voltaj ($V_T = \frac{kT}{q}$) (oda sıcaklığında 26 mV civarındır)



Şekil 1.2. Diyot akım-gerilim karakteristiği

1.2.2. Zener Diyot

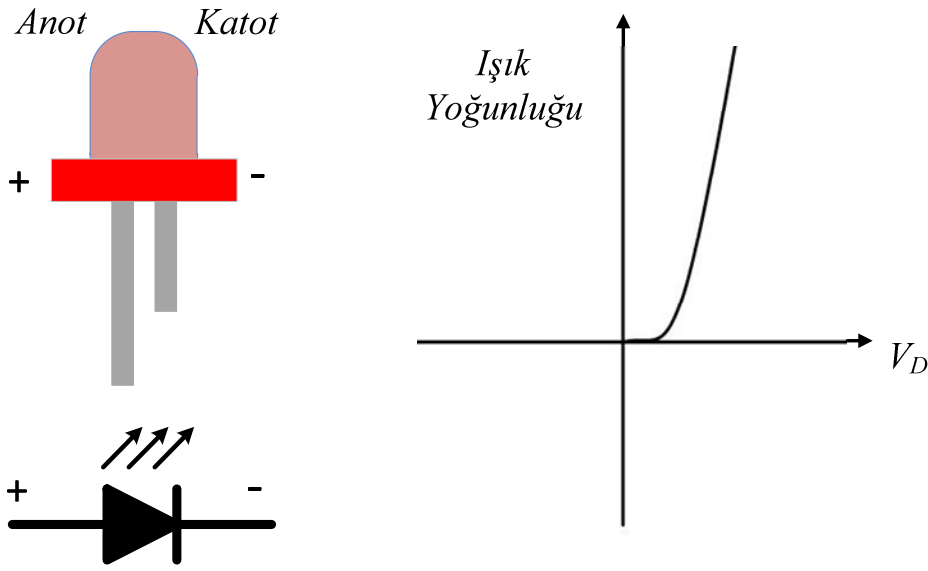
Zener diyot jonksiyondiyodun özel bir tipidir. Zener diyot, doğru yönde bağlandığı zaman normal bir diyot gibi çalışır; ters yönde bağlandığı zaman ise kırılma(zener) gerilimine kadar iletme geçmez ama kırılma geriliminden sonra çığ etkisi şeklinde akım geçirir, yani zener belirli bir gerilimden sonra iletme geçer. Ters gerilim kalkınca, zener diyot da normal haline döner. Devrelerde, ters yönde çalışacak şekilde kullanılır. Şekil 1.3’de zenerdiyodun devre sembolü ve akım-gerilim karakteristiği verilmiştir.



Şekil 1.3 Zener diyot devre sembolü ve akım-gerilim karakteristiği

1.2.3. Işık Yayan Diyot (LED)

Işık yayan diyot (LED) yarı-iletken, diyot temelli, ışık yayan bir elektronik devre elemanıdır. LED'ler elektrik enerjisini optik enerjiye dönüştürürler. LED, P-N jonksiyonlu bir yarıiletken olup iletim yönünde kutuplandığı takdirde ışık yayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu ışık; kırmızı, yeşil, sarı, ya da kızıl ötesi gibi çeşitli, renklere olabilir. Normal diyot da olduğu gibi LED'lerde de küçük değerlerde bir eşik gerilimi vardır. Bu eşik gerilimi aşıldığında jonksiyonun direnci düşer ve akım iletmeye başlar. LED'lerin devrelerde kullanımında bu akım bir dirençle sınırlandırılmalıdır. LED'in yaydığı ışık miktarı üzerinden geçen akıma bağlıdır. LED devre sembolü ve akım-gerilim karakteristiği Şekil 1.4'te verilmiştir.

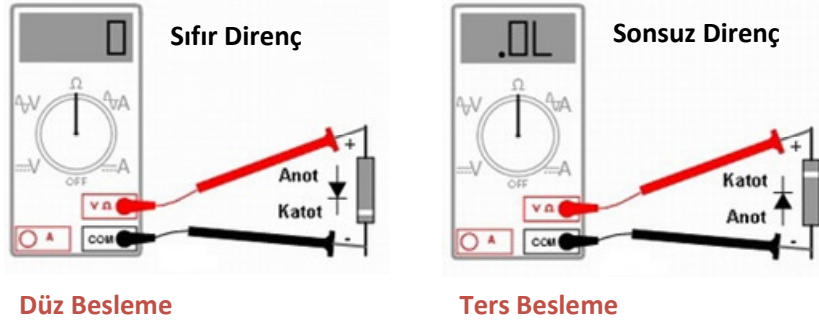


Şekil 1.4 LED devre sembolü ve akım-gerilim karakteristiği

1.2.4. Diyotların Test Edilmesi

Bir diyodun sağlam olup olmadığı veya terminalleri tanımlanamayan diyodun terminallerini tanımlamak için bir ohmmetre kullanılabilir. Ayrıca sayısal (digital) multimetrelerin çoğunda diyot test konumu da bulunmaktadır.

Diyodu test etmek için ölçü aleti ohmmetremodunda iken pozitif ucu (genellikle kırmızı kablolu ucu) diyodun anoduna; negatif ucu (genellikle siyah kablolu ucu) diyodun katoduna bağlanırsa diyot düz besleme durumunda bulunuyor demektir. Bu durumda diyodun direnci oldukça küçük olmalıdır, pratik olarak sıfır direnç görülmektedir. Eğer ohmmetrenin pozitif ucu diyodun katoduna, negatif ucu anoduna bağlanırsa, diyot ters besleme durumundadır ve ohmmetre çok büyük direnç göstermelidir. Pratik olarak bu değer sonsuz olması gerekir. Eğer bir ohmmetrenin uçları diyota her iki türde bağlandığında ohmmetre her iki yönde de çok büyük direnç veya çok küçük direnç gösteriyorsa bu diyot görev yapmıyor demektir.



Şekil 1.5 Diyotların test edilerek terminallerinin belirlenmesi

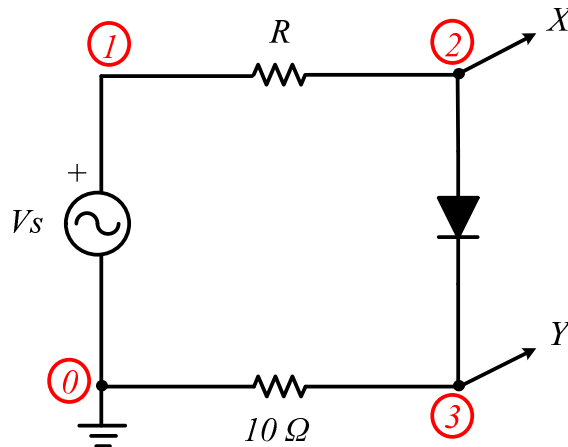
Sayısal (digital) multimetrelerde diyot test kademesi kullanılarak diyot test edilebilmektedir. Bu kademe yapılan ölçümde görünen değer direnç yerine diyodun ileri geçirimde üzerinde düşen gerilimin değeridir. Diyodun üzerinden küçük bir akım geçirilir ve iki ölçüm ucu arasındaki gerilim farkı ekranda gösterilir. Şekil 1.6'da "Diyot test" kademesinde yapılan bir ölçümde diyodun ileri geçirimde 0,548 Volt düşürdüğünü görüyoruz.



Şekil 1.6 Multimetre test kademesi kullanılarak diyotun test edilmesi

1.2.5. Diyotların $i-v$ Karakteristiğinin Elde Edilmesi

Diyodun $i-v$ karakteristiğini elde edebilmek için Şekil 1.7'teki devre oluşturularak X ve Y ile ifade edilen uçlara osiloskop bağlanarak ölçümle analiz edilir.



Şekil 1.7 Diyodun $i-v$ karakteristiğinin elde edileceği örnek devre

Bu devrede "R" direnci diyot üzerinden geçen akımı sınırlamak amacıyla kullanılmaktadır. Osiloskop direk olarak akım ölçemeyeceğinden 10Ω değerindeki direnç seri bağlanarak üzerine düşen gerilim hesaplanır ve bu gerilimin dirence bölünmesiyle akım elde edilir.

X-ucunda görülen gerilim diyot ve 10Ω 'luk direnç gerilimlerinin toplamına eşittir. Eğer 10Ω değerindeki direnç üzerine düşen gerilim diyot üzerindeki gerilimle kıyaslandığında çok küçükse, X-ucunda görülen gerilim yaklaşık olarak diyot üzerindeki gerilime eşit olacaktır.

Rand V_s değerleri diyodun arızalanmaması ve işlevini yitirmemesi açısından dikkatli biçimde seçilmelidir. Bu nedenle, eğer diyot doğrultucu devresinden geçen maksimum akım I_{max} 1A ise $\frac{V_s - V_Y}{R + 10} > 1$ olacağından $V_s = 20 \sin \omega t$ V ve $R = 5 \Omega$ değerlerini diyodun zarar görebileceğinden dolayı veremeyiz. Sağlıklı bir devrede $|V_s| \gg 0.7$ V olarak belirlenmelidir.

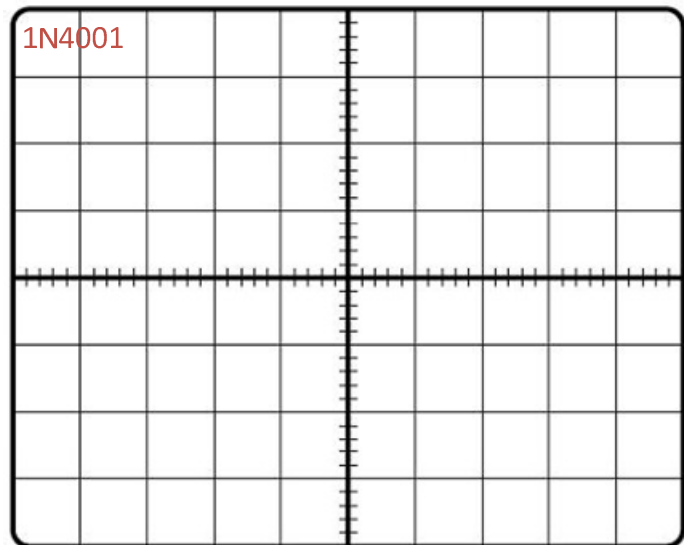
Tablo 1.1Üç farklı diyot çeşidi için özellikler

Kodu	Tipi ve Kullanılan Malzeme	Özellikleri
1N4001	Doğrultucu, Si	$I_{max} = 1$ A, $V_R(max) < 50$ V
MV5353	LED, GaP	$I_f = 35$ mA, $V_R(max) < 5$ V
BZX8506V2	Zener, Si	$V_z = 6.2$ V, $PD(max) = 200$ mW

1.3. ÖN ÇALIŞMA

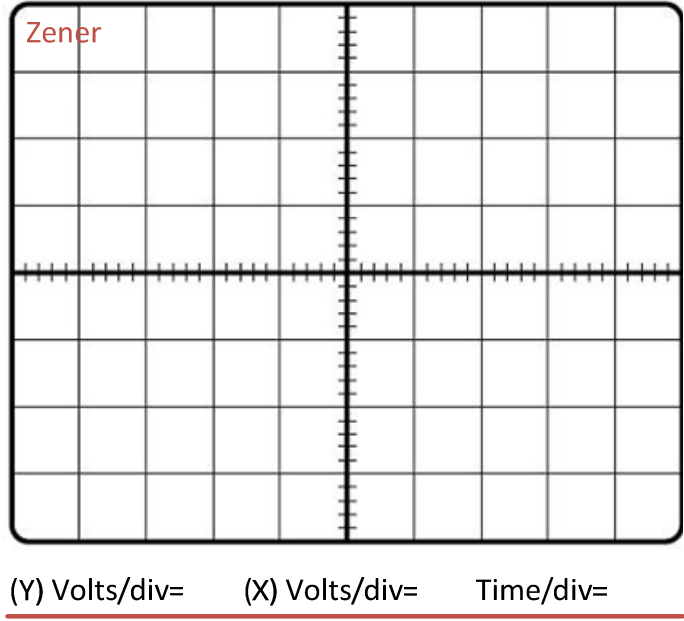
1.3.1. Deneye gelmeden önce Şekil 1.7'de ifade edilen devreyi sırasıyla 1N4001, MV5353 ve BZX8506V diyotları için Pspice programında oluşturup akım-gerilim karakteristiklerini elde ediniz. Aşağıda boş bırakılan Netlist ve Grafikleri bu doğrultuda tamamlayınız.

NETLIST

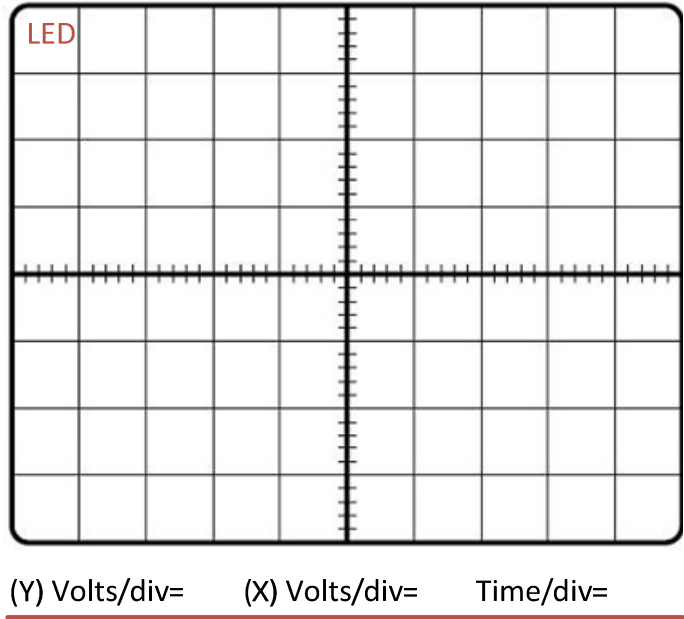


(Y) Volts/div= (X) Volts/div= Time/div=

NETLIST



NETLIST



1.4. İŞLEM BASAMAKLARI

1.4.1. Deneyde Kullanılacak Malzemeler:

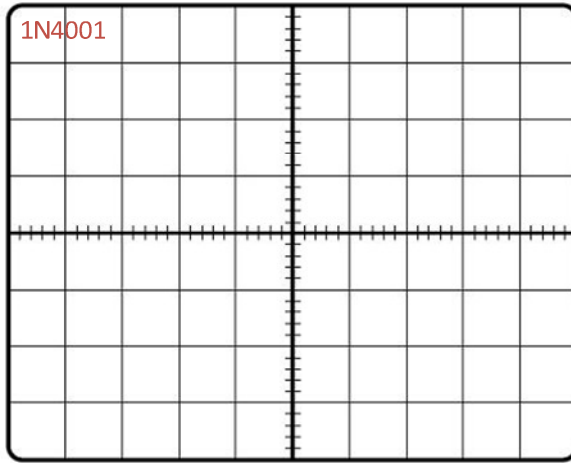
Direnç : 10 Ω , 1 k Ω
Doğrultucu Diyot :1N4001
LED :MV5353
Zener Diyot :BZX8506V2 (6.2 V)

Standart Laboratuvar Ekipmanları:

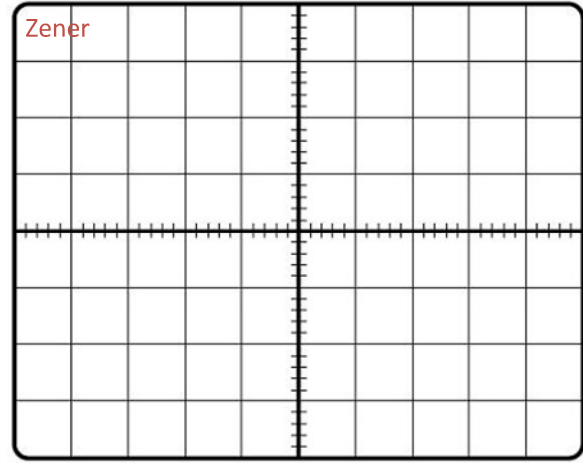
Osiloskop, DC Güç Kaynağı, Sinyal Jeneratörü, Dijital Multimetre, Protoboard,

1.4.2. Diyot Testi: Diyotları 1.2.4. bölümde anlatılan prosedüre uygun biçimde Dijital Multimetre ile test ediniz.

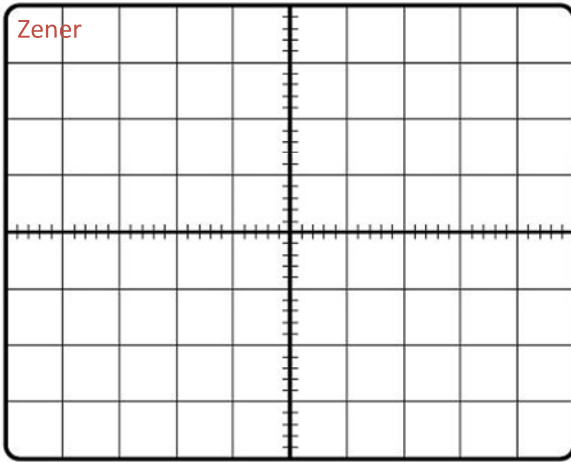
1.4.3. Diyodun $i-v$ Karakteristiğinin Çıkarılması:Tablo 1.1’de deneyde kullanılan farklı diyot tipleri için özellikler verilmiştir. Şekil 1.7’de verilen devreyi $V_s = 10 \sin(2\pi 100t)$ ve $R = 1 \text{ k}\Omega$ olacak şekilde kurun ve sırasıyla pn Jonksiyon diyot, LED ve Zener diyot için akım-gerilim ($i-v$) karakteristiklerini gözlemleyin.



(Y) Volts/div= (X) Volts/div= Time/div=



(Y) Volts/div= (X) Volts/div= Time/div=



(Y) Volts/div= (X) Volts/div= Time/div=

1.4.4. Karakteristik Eğrilerini Kullanarak Tablo 1.2’yi doldurunuz.

<i>Diyot Tipi ve Kodu</i>	V_f (V)	V_z (V)
Doğrultucu (1N4001)		X
LED (MV5353)		X
Zener (BZX8506V2)		

1.5. SONUÇ

1.5.1. Teorik ve deneysel sonuçları karşılaştırınız. Eğer farklılık varsa nedenlerini açıklayınız.

1.5.2. Bu deneyden neler öğrendiniz?

1.5.3. Terminalleri işaretlenmemiş bir diyotun anotunu nasılanlayabilirsiniz?

1.5.4. Hangi koşullarda bir jonksiyon diyot iletme geçer? Açıklayınız.

DENEY 2 – DİYOT DEVRELERİ

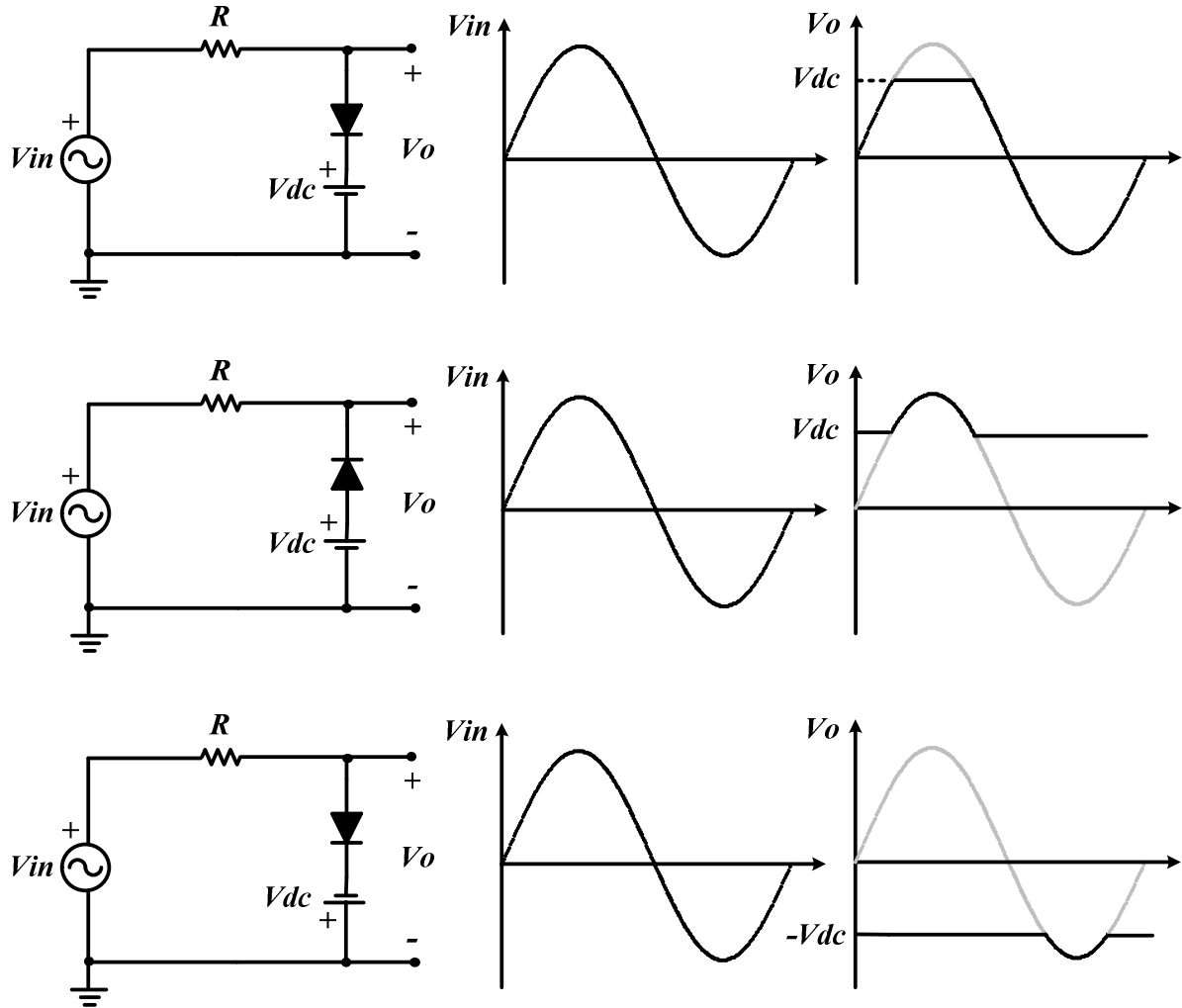
2.1. DENEYİN AMACI

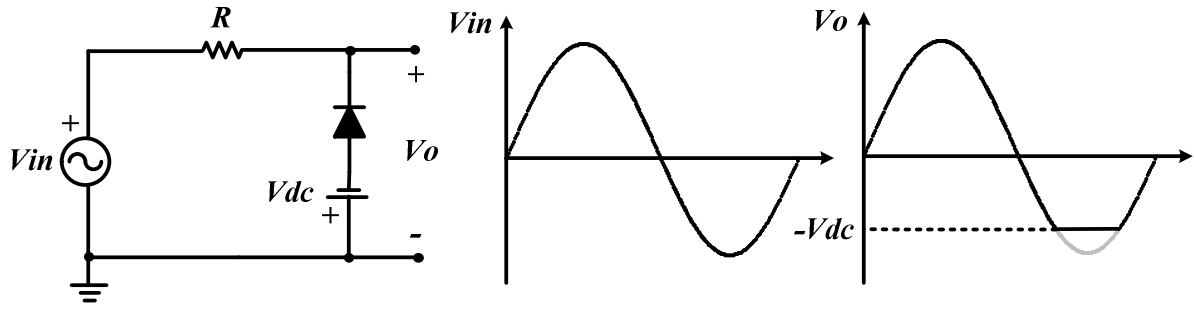
Bu deneyde çıkış gerilim dalga formunda değişiklik oluşturan kırpıcı (clipping) ve kenetleme (clamping) devrelerinin nasıl çalıştığı öğrenilecek ve kavranacaktır. Diyotların doğrusal olmayan karakteristikleri gözlenecektir.

2.2. TEORİK BİLGİ

2.2.1. Kırpıcı Devreler (Clipping Circuits)

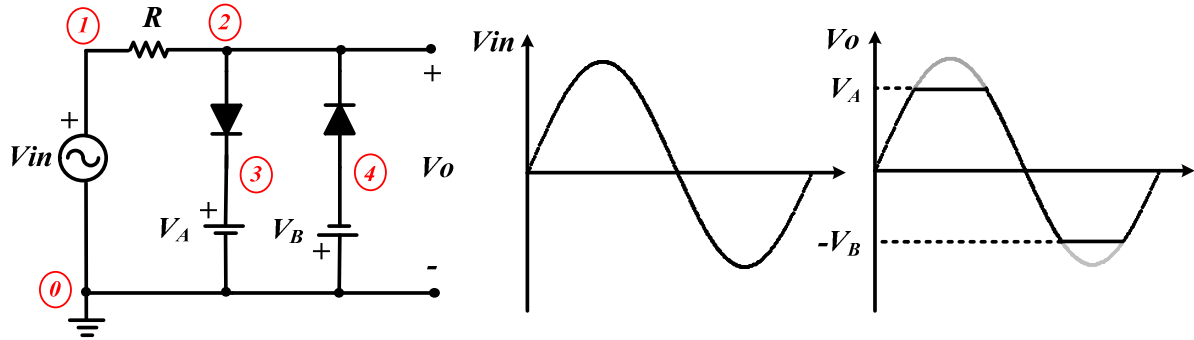
Kırpıcı devreler giriş gerilim dalga formunun belli bir DC seviyenin üzerinde ya da altında kalan AC kısmı eleyerek çıkış dalga formunun elde edildiği devrelerdir. En basit kırpıcı devreler giriş dalga formunun yarısının elendiği yarım-dalga doğrultucu devrelerdir. Tek-diyotlu kırpıcı devreler ve bu devrelerin girişi ve çıkışında görülen dalga formları Şekil 2.1’de verilmektedir (Bu devrelerde diyotlar ideal olarak kabul edilmektedir).





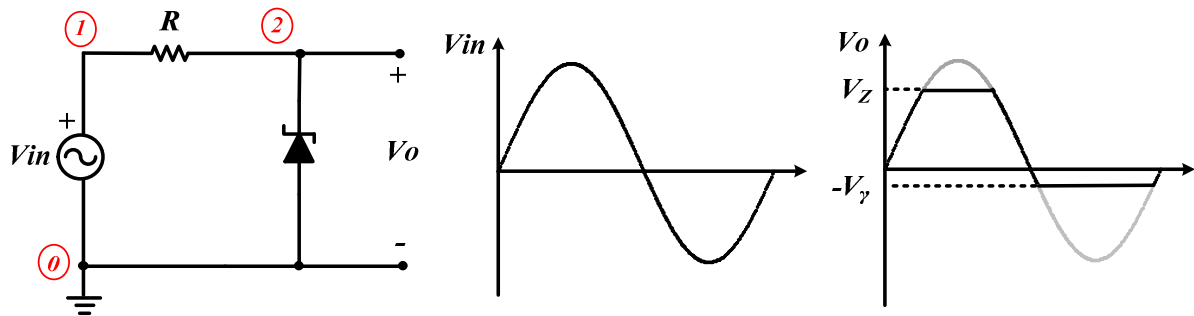
Şekil 2.1 Kırpıcı devreler

İki diyotun kullanıldığı ve giriş dalga formunun hem pozitif hem de negatifte kırıldığı devre ise Şekil 2.2'de görülmektedir. Bu devrede eğer V_{in} , V_A 'dan büyükse D1 diyotu iletme geçer ve çıkış gerilimi pozitif bölgede kırılarak $V_o = V_A$ olur; benzer şekilde eğer V_{in} , $-V_B$ 'den küçükse D2 diyotu iletme geçer ve çıkış gerilimi negatif bölgede kırılarak $V_o = -V_B$ olur. Eğer giriş gerilimi $-V_B \leq V_{in} \leq V_A$, her iki diyot ters polarizasyonda kalır ve $V_o = V_{in}$ olur.



Şekil 2.2 Paralel-tabanlı kırpıcı devre

Kırpıcı devrelerde Zener diyot da kullanılabilir. Şekil 2.3'te Zener diyot kullanılarak oluşturulan diyot kırpıcı devre görülmektedir. Eğer V_{in} , V_z 'den (Zener diyot üzerine düşen gerilim) büyükse Zener diyot kırılma bölgesine girer ve çıkış gerilimi kırılmaya başlar; dolayısıyla $V_o = V_z$ olur. Benzer şekilde eğer V_{in} , $-V_z$ 'den küçükse bu durumda zener diyot iletimde olur ve çıkış gerilimi kırılır, $V_o = -V_z$ olur. Eğer çıkış sinyali $-V_z \leq V_{in} \leq V_z$ aralığında ise, zener diyot iletimde bulunmaz ve $V_o = V_{in}$ olur.



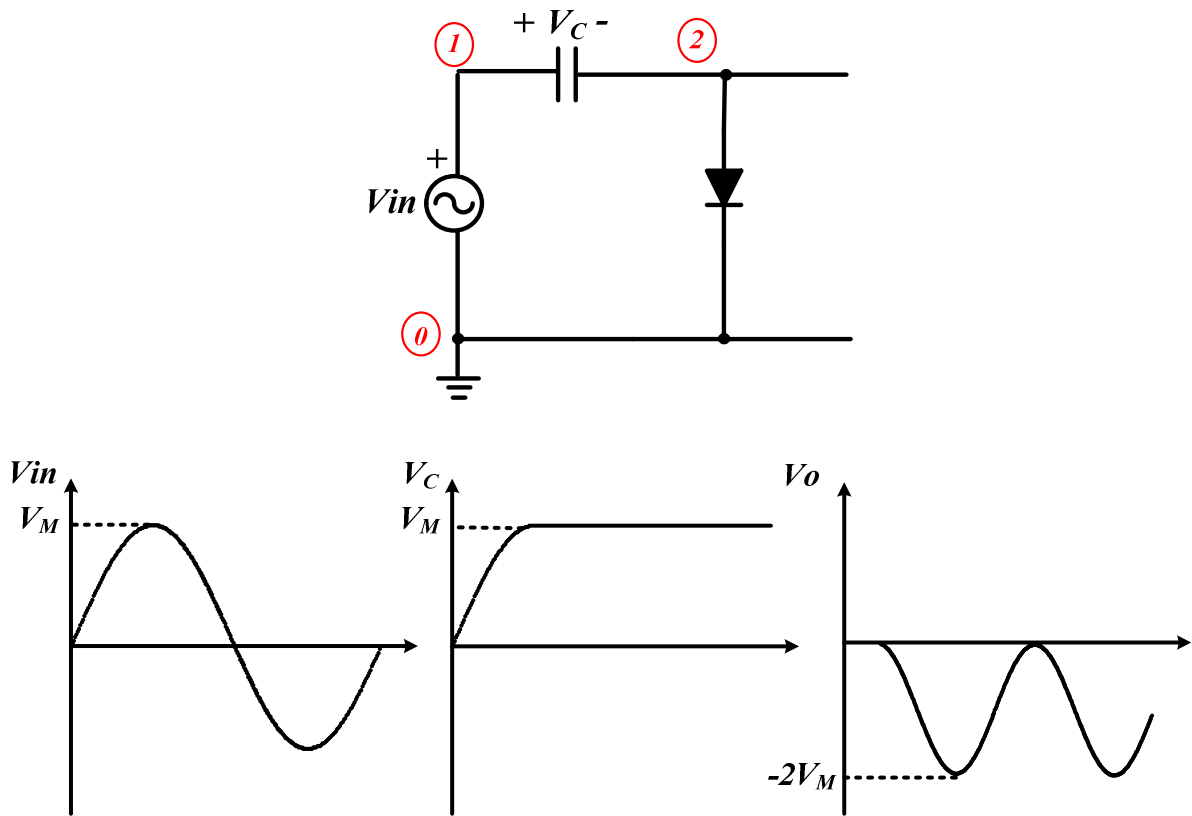
Şekil 2.3 Zener Diyot kullanılarak oluşturulan kırpıcı devre

2.2.2. Kenetleme Devreleri (Clamping Circuits)

Kenetleme devreleri AC giriş sinyali belli bir DC seviyesi kadar kaydıran devrelerdir. Örnek bir kenetleme devresi şekil 2.4'te verilmiştir; sinüzoidal giriş sinyali, çıkış gerilimi ve kapasitör gerilimi gösterilmektedir. Bu devrede diyotun ideal olduğu ve kapasitörün başlangıçta deşarj olduğu kabul edilmektedir. Giriş geriliminin ilk çeyrek bölümünde ($0 < V_{in} < V_M$), diyot ileri iletimde olup kapasitör gerilimi giriş gerilimine eşit olmaktadır ($V_c = V_{in}$). Giriş gerilimi (V_{in}) tepe noktasına ulaştıktan sonra V_{in} azalmaya başlar ve diyot iletimde olmaz. Kapasitör deşarj olamaz, dolayısıyla kapasitör üzerindeki gerilim $V_c = V_M$ olarak sabit kalır. Çıkış gerilimi ise;

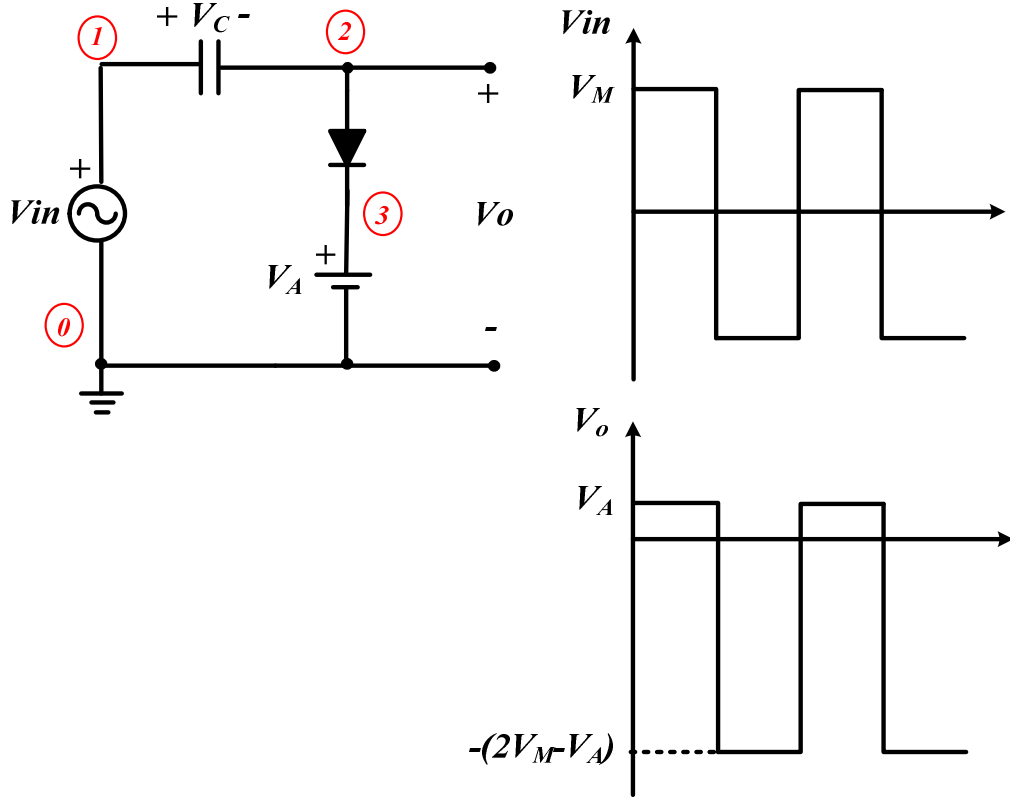
$$V_o = V_{in} - V_c = V_M \sin \omega t - V_M = V_M (\sin \omega t - 1)$$

Devre kararlı halde iken, giriş ve çıkış dalga formları aynı olmakla beraber çıkış dalga formu giriş sinyali ile karşılaştırıldığında bir DC seviye kadar kaymış olacaktır.



Şekil 2.4 Diyot kenetleme devresi; giriş, kapasitör ve çıkış gerilim dalga formları

Şekil 2.4'teki devreye bağımsız bir DC kaynak eklenerek Şekil 2.5'teki devre oluşturulmaktadır ve giriş-çıkış dalga formları da şekilde gösterilmektedir. Bu devrede diyotun ideal olduğu kabul edilirse çıkış gerilimi devreye eklenen DC gerilimi kadar kaydırılmış olur.

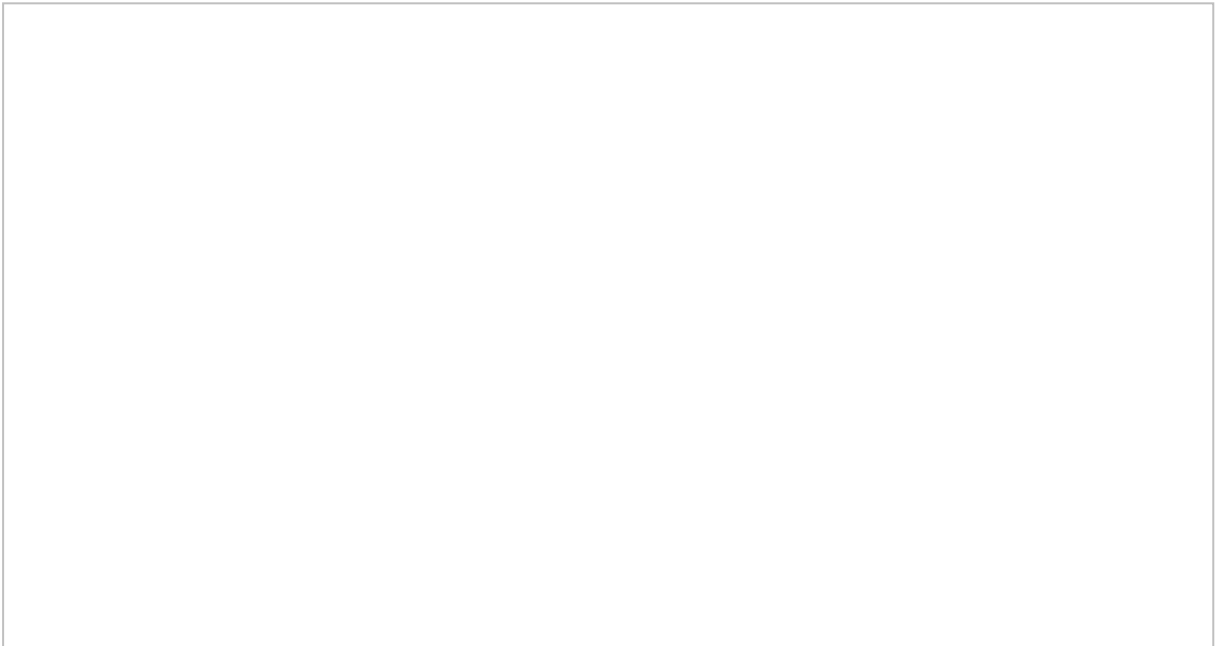


Şekil 2.5 Gerilim kaynaklı diyot kenetleme devresi

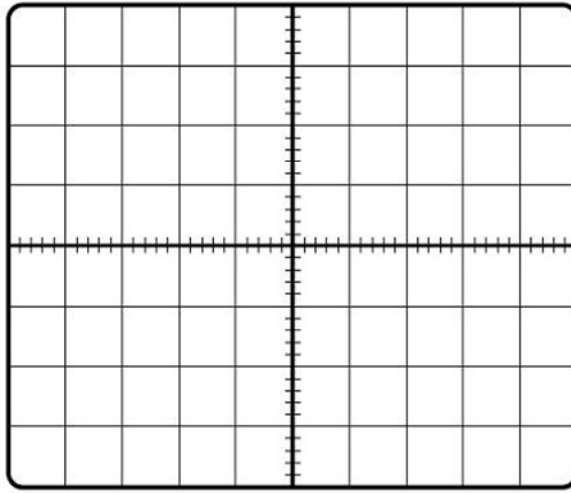
2.3. ÖN ÇALIŞMA

$$V_{in} = 8 \sin(2\pi 100t), V_V = 0.6V, V_Z = 6.2V, R = 1k\Omega, C = 10\mu F, V_A = 2V, V_B = 5V$$

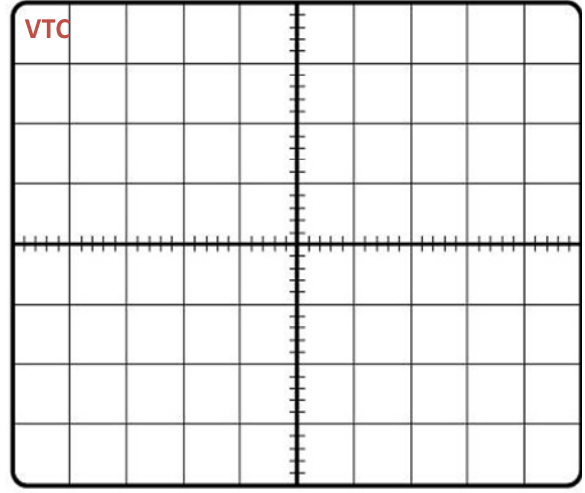
2.3.1. Yukarıda verilen değerleri ve Şekil 2.2'deki devreyi kullanarak çıkış gerilimini (V_o) bulunuz. Çıkış geriliminin zamana ve giriş sinyaline göre grafiklerini çiziniz.



2.4.2. Laboratuvar ekipmanlarını kullanarak Şekil 2.2'deki devreyi kurun. Çıkış geriliminin zamana ve giriş sinyaline bağlı grafiklerini osiloskopta gözlemleyin.

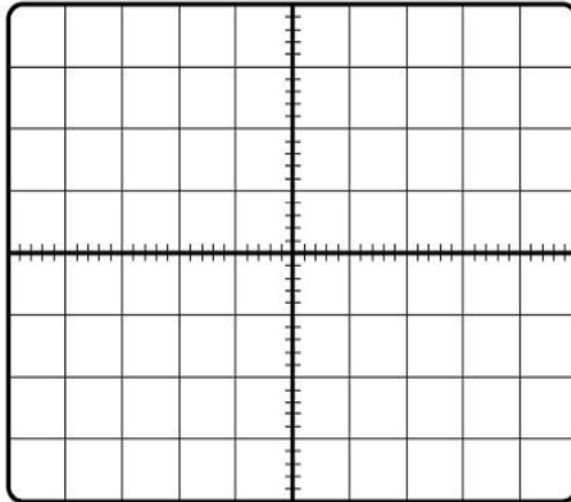


(Y) Volts/div= (X) Volts/div= Time/div=

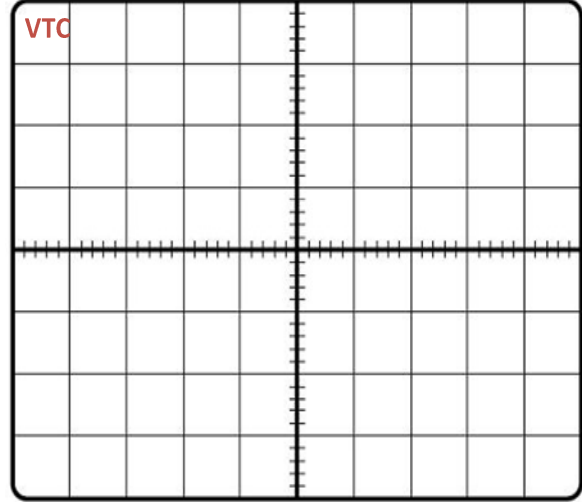


(Y) Volts/div= (X) Volts/div= Time/div=

2.4.3. Laboratuvar ekipmanlarını kullanarak Şekil 2.3'deki devreyi kurun. Çıkış geriliminin zamana ve giriş sinyaline bağlı grafiklerini osiloskopta gözlemleyin.

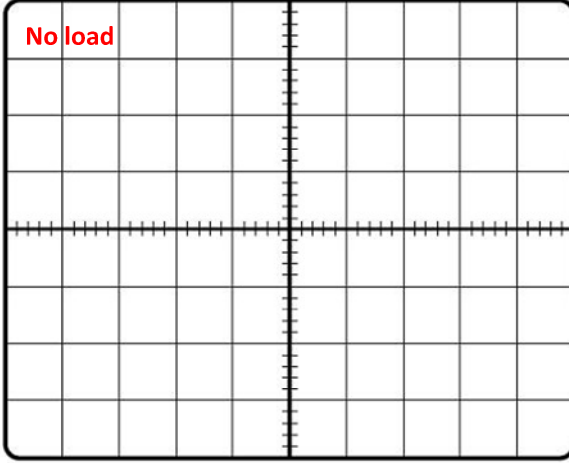


(Y) Volts/div= (X) Volts/div= Time/div=

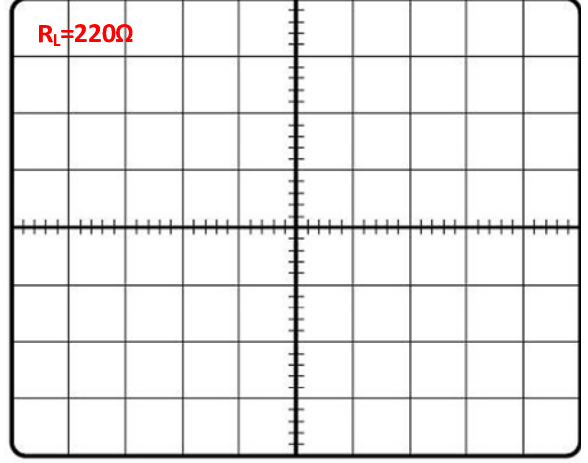


(Y) Volts/div= (X) Volts/div= Time/div=

2.4.4. Laboratuvar ekipmanlarını kullanarak Şekil 2.5'deki devreyi kurun. Çıkış geriliminin zamana ve giriş sinyaline bağlı grafiklerini a) Yüksüz b) Yük direnci $R_L = 2.2 k\Omega$ durumları için osiloskopta gözlemleyin. ($V_M = 5V$, $f = 100 Hz$).



(Y) Volts/div= (X) Volts/div= Time/div=



(Y) Volts/div= (X) Volts/div= Time/div=

2.5. SONUÇ

2.5.2. Teorik ve deneysel sonuçları karşılaştırınız. Eğer farklılık varsa nedenlerini açıklayınız.

2.5.3. Kırpıcı ve Kenetleme devreleri nerelerde kullanılır?

2.5.4. Bu deneyden neler öğrendiniz?

DENEY 3 – DİYOT DOĞRULTUCU DEVRELERİ

3.1. DENEYİN AMACI

Bu deneyde elektronik dc güç kaynaklarının ilk aşaması olan diyot doğrultucu devreleri test edilecektir. Deneyin amacı; doğrultucu devrelerin (yarım ve tam dalga doğrultucunun) çalışma prensibinin kavranması ve doğrultucu çıkışındaki dalgalanmayı (ripple) azaltmak için kullanılan kondansatörün etkisinin incelenmesidir.

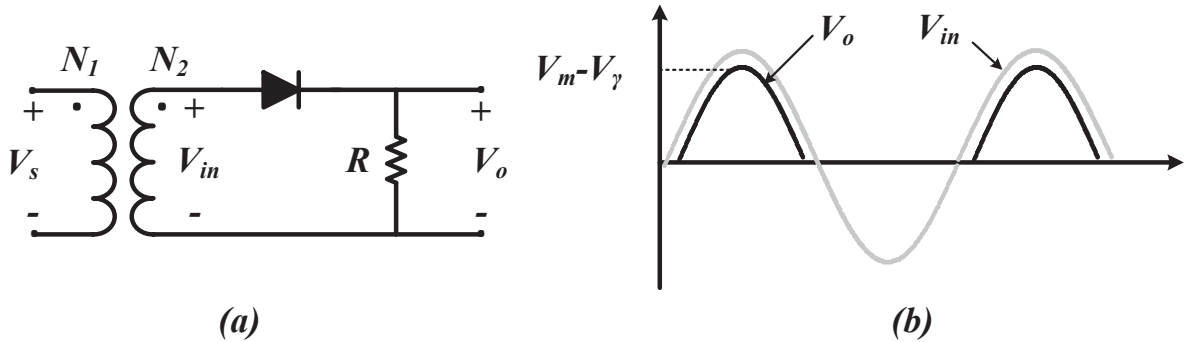
3.2. TEORİK BİLGİ

Radyo, Televizyon, Masaüstü Bilgisayar gibi birçok elektronik cihaz içerdikleri elektronik devrelerin çalışabilmesi için bir dc güç kaynağına gereksinim duyarlar. DC güç kaynakları doğrultucu devreler kullanılarak dizayn edilebilirler. Doğrultucu devreler alternatif akım (AC) sinyalini doğru akım (DC) sinyaline dönüştürebilen devrelerdir. Doğrultucu devreler idealde ileri iletimdeyken kapalı bir anahtar gibi, ters iletimde ise açık anahtar gibi davranırlar. Buna bağlı olarak AC akımı DC akıma dönüştürmede çok kullanışlı devrelerdir. Temel olarak iki ana doğrultucu devre konfigürasyonu vardır: Yarım Dalga Doğrultucu Devre ve Tam Dalga Doğrultucu Devre.

3.2.1. Yarım Dalga Doğrultucu Devre

Yarım dalga doğrultucu devresi Şekil 3.1 (a)'da gösterilmektedir. Giriş sinyalinin pozitif yarı periyodunda, diyot ileri iletimde olacaktır. Dolayısıyla çıkış gerilimi yalnızca AC giriş sinyalinin pozitif yarı periyodunda görünecektir. Negatif yarı periyotta diyot ters iletimde olacağından açık anahtar gibi davranacağından üzerinden akım geçirmeyecek, dolayısıyla çıkış gerilimi sıfıra eşit olacaktır. Yarım dalga doğrultucu devrede görülen giriş ve çıkış sinyali Şekil 3.1 (b)'de görülmektedir. Bu devrede diyotun ideal olduğu kabul edilirse, DC çıkış gerilimi;

$$V_{Odc} = \frac{V_m}{\pi} \quad (3.1)$$

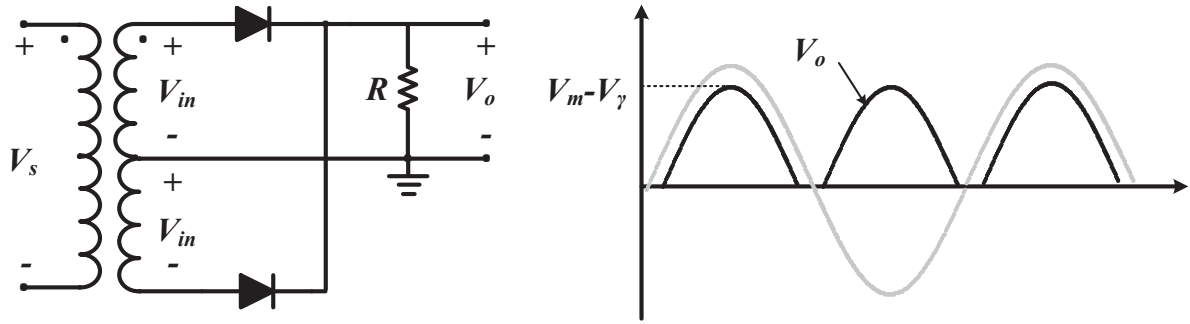


Şekil 3.1 Yarım Dalga Doğrultucu (a) devresi, (b) AC giriş sinyali (V_{in}) ve çıkış sinyali (V_o)

3.2.2. Tam Dalga Doğrultucu Devre

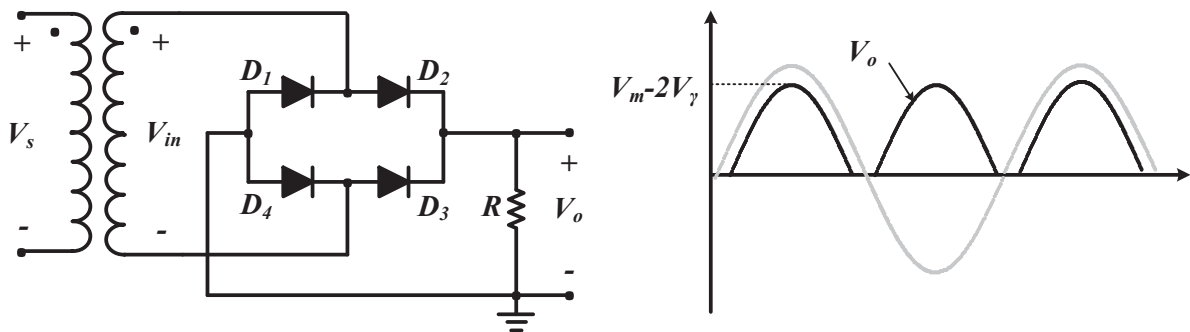
Çıkış geriliminin, giriş sinyalinin hem pozitif hem de negatif yarı periyodunda görüldüğü devreler Tam Dalga Doğrultucu devreler olarak isimlendirilirler. Tam Dalga Doğrultucu devreler iki farklı şekilde oluşturulabilirler: Ortası Sıfırlanmış Doğrultucu ve Köprü Doğrultucu

Ortası Sıfırlanmış Doğrultucu: Tam Dalga Ortası Sıfırlanmış Doğrultucu devre ve giriş-çıkış sinyallerinin dalga formları Şekil 3.2’de görülmektedir. Trafonun sekonder sargısı, iki eşit giriş gerilimi (V_{in}) elde edebilmek için orta noktasından topraklanmıştır. Trafonun sekonder sargısının orta noktası topraklandığından dolayı devre iki yarı dalga doğrultucu devreye eşit olur. D1 diyotu giriş gerilim sinyali pozitifte iken iletimde olurken D2 diyotu da giriş gerilim sinyalinin negatifte olduğu zaman iletimde olacaktır. Buna bağlı olarak doğrultulan yük akımı her iki yarı periyotta da akacaktır ve çıkış gerilimi her iki yarı periyotta da giriş gerilimine eşit olacaktır.



Şekil 3.2 Tam dalga Ortası Sıfırlanmış Doğrultucu devre ve giriş-çıkış gerilim dalga formları

Köprü Doğrultucu: Tam Dalga Köprü Doğrultucu devre ve giriş-çıkış sinyallerinin dalga formları Şekil 3.3’de görülmektedir. Giriş geriliminin pozitif yarı periyodunda D2 ve D4 diyotları ileri iletimde olacak ve kapalı anahtar gibi davranacak, D1 ve D3 ise kesimde olacağından açık anahtar gibi davranacaktır. Akım D2 ve D4 diyotları üzerinden akacak, yük direnci pozitif bir çıkış gerilimi oluşturacaktır. Giriş geriliminin negatif yarı periyodunda D1 ve D3 diyotları ileri iletimde olacak ve kapalı anahtar gibi davranacak, D2 ve D4 ise kesimde olacağından açık anahtar gibi davranacaktır. Akım D2 ve D4 diyotları üzerinden akacak, yük direnci yine benzer şekilde pozitif bir çıkış gerilimi oluşturacaktır.



Şekil 3.3 Tam Dalga Köprü Doğrultucu devre ve giriş-çıkış gerilim dalga formları

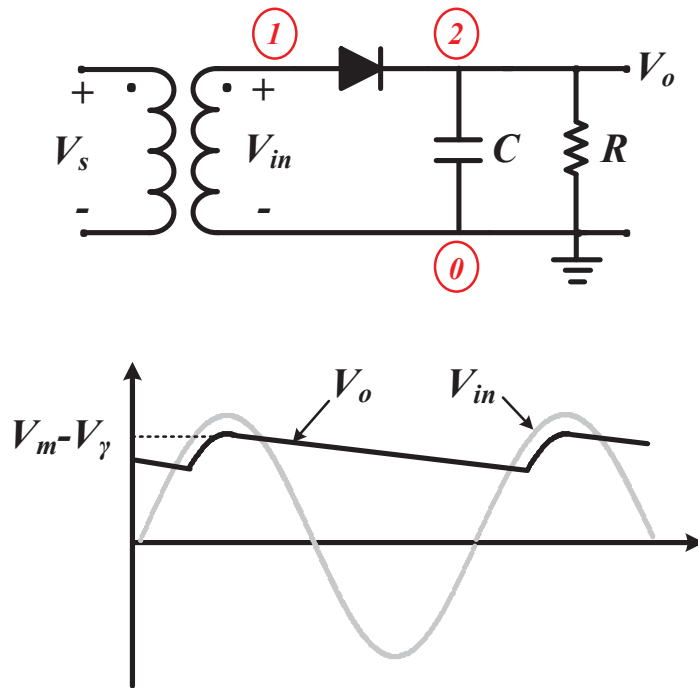
Diyotların ideal olduğu kabul edilirse, tam dalga doğrultucunun DC çıkış gerilimi;

$$V_{Odc} = \frac{2V_m}{\pi} \quad (3.2)$$

Tam dalga doğrultucunun DC çıkış gerilimi, yarım dalga doğrultucunun DC çıkış geriliminin iki katına eşit olacaktır.

3.2.3. Filtreler ve Çıkış Gerilim Dalgalanması

Güç kaynaklarında en önemli nokta, doğrultulmuş çıkışın gerilim dalgalanmasını minimuma indirmektir. Dalgalanmanın azalması amacıyla filtrelene işlemi yapılır. En basit haliyle bir filtre devresi Şekil 3.4'te görüldüğü gibi doğrultucuya paralel olarak bağlanmış bir kondansatörden oluşur.



Şekil 3.4 Filtre kapasitörü içeren Yarım Dalga Doğrultucu devre ve giriş-çıkış gerilim dalga formları

Diyot ideal kabul edilirse, filtre kapasitörü içeren yarım dalga doğrultucu devrenin DC çıkış gerilimi;

$$V_{Odc} = \frac{V_m}{1 + \frac{1}{2fCR}} \quad (3.3)$$

Çıkış geriliminde görülen dalgalanma;

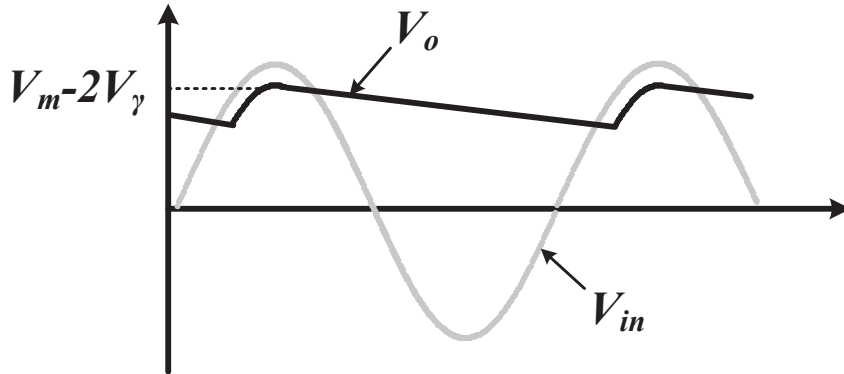
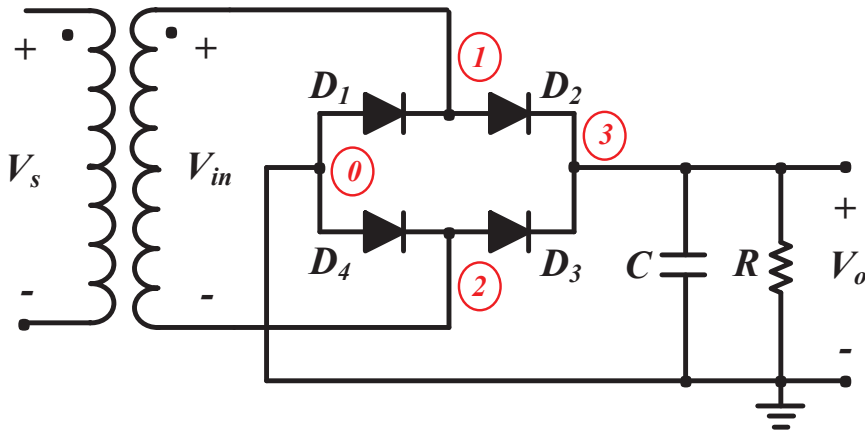
$$V_r = \frac{V_{Odc}}{fCR} \quad (3.4)$$

Filtre kapasitörü içeren Tam Dalga Köprü Doğrultucu devre ve giriş-çıkış sinyallerinin dalga formları Şekil 3.5'de görülmektedir. Diyotlar ideal kabul edilirse, çıkış gerilimi;

$$V_{odc} = \frac{V_m}{1 + \frac{1}{4fCR}} \quad (3.4)$$

Çıkış geriliminde görülen dalgalanma;

$$V_r = \frac{V_{odc}}{2fCR} \quad (3.5)$$



Şekil 3.5 Filtre Kapasitörü içeren Tam Dalga Köprü doğrultucu devresi ve çıkış dalga formu

3.2.4. Gerilim Katlayıcı Devre

Tam Dalga Doğrultucu devrede iki diyot, iki kapasitör ile yer değiştirilerek oluşturulan devre "Gerilim Katlayıcı Devre" ismini alır ve bu devrede görülen çıkış gerilimi yaklaşık olarak trafonun tepe geriliminin iki katına eşit olur. Şekil 3.6'da Gerilim Katlayıcı Devresi verilmektedir.

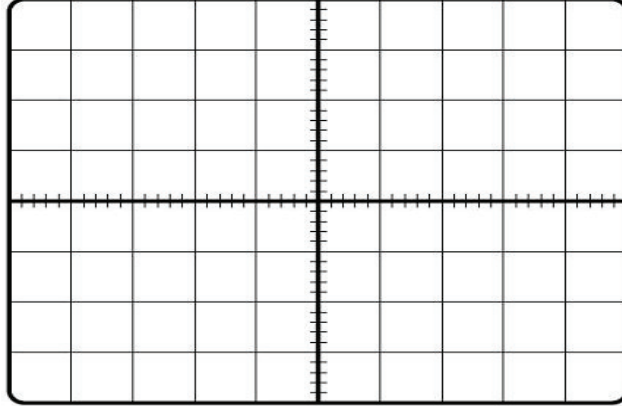
Tek bir AC gerilimden güç trafosu yardımıyla çoklu DC gerilimler üretilebilir.

$$V_{in} = 12 \sin(2\pi 100t), R = 2.2 \text{ k}\Omega, C = 10\mu\text{F}$$

Dikkat Ediniz: Tam Dalga Doğrultucu devrede Osiloskop kullanarak aynı anda giriş ve çıkış dalga formunu ölçmeyi denemeyiniz.

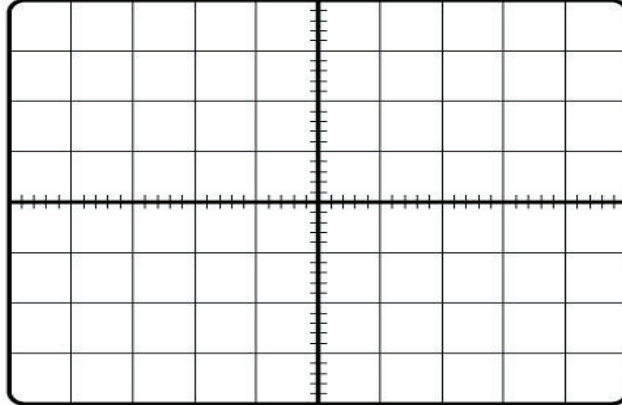
3.4.2. Şekil 3.4'te verilen devreyi laboratuvarında kurun, çıkış geriliminin zamana bağlı grafiğini aşağıdaki durumlar için elde edin.

- Kapasitör olmadan



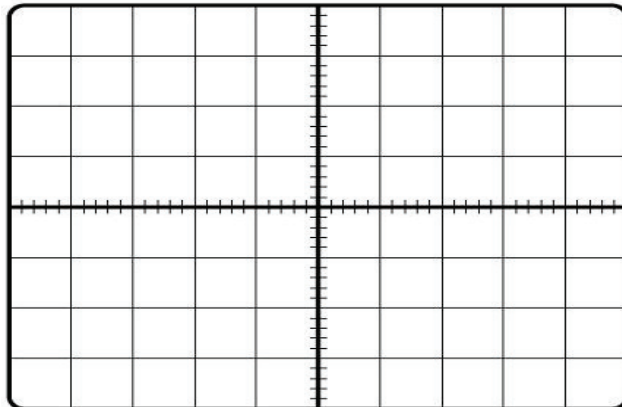
(Y) Volts/div= (X) Volts/div= Time/div=

- $C = 10 \mu\text{F}$



(Y) Volts/div= (X) Volts/div= Time/div=

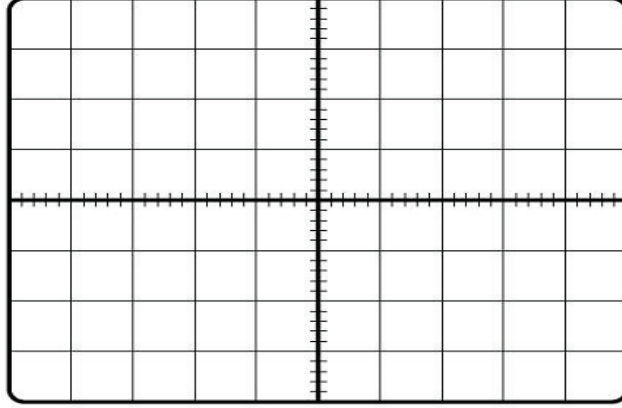
- $C = 470 \mu\text{F}$



(Y) Volts/div= (X) Volts/div= Time/div=

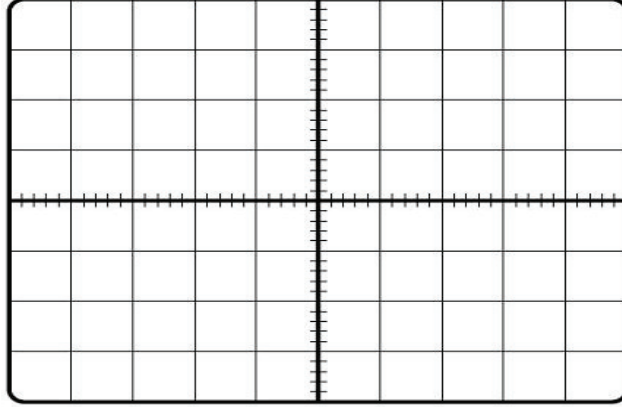
3.4.3. Şekil 3.5'te verilen devreyi laboratuvarında kurun, çıkış geriliminin zamana bağlı grafiğini aşağıdaki durumlar için elde edin.

- Kapasitör olmadan



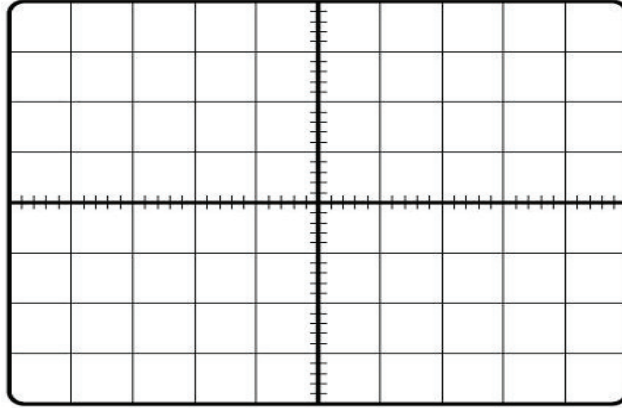
(Y) Volts/div= (X) Volts/div= Time/div=

- C = 10 μ F



(Y) Volts/div= (X) Volts/div= Time/div=

- C = 470 μ F



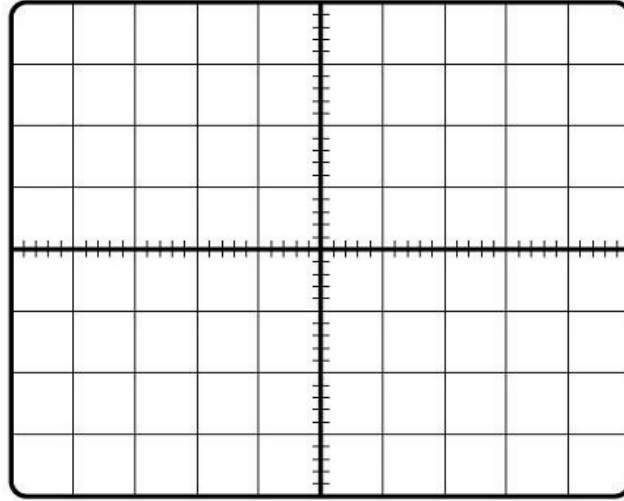
(Y) Volts/div= (X) Volts/div= Time/div=

3.4.4. Çıkış gerilim dalga formlarını kullanarak aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

	Yarım Dalga Doğrultucu		Tam Dalga Doğrultucu	
	V_{odc} (V)	V_{rpp} (V)	V_{odc} (V)	V_{rpp} (V)
Kapazitör olmadan				
$C = 10 \mu F$				
$C = 470 \mu F$				

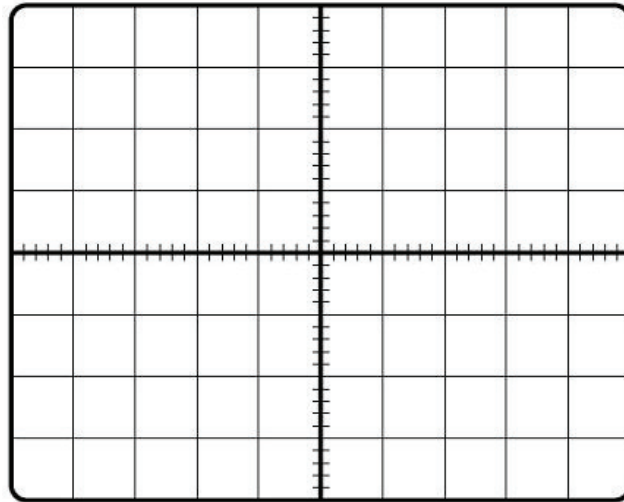
3.4.5. Şekil 3.6'daki devreyi laboratuvarında kurarak çıkış geriliminin zamana bağlı grafiğini aşağıdaki durumlar için elde ediniz.

- Yük Direnci olmadan



(Y) Volts/div= (X) Volts/div= Time/div=

- Yük Direnci ile birlikte



(Y) Volts/div= (X) Volts/div= Time/div=

3.5. SONUÇ

- 2.5.5. Ön Çalışma neticesinde elde ettiğiniz teorik hesaplama ve simülasyon sonuçları ile deneysel sonuçları karşılaştırınız. Eğer farklılık varsa nedenlerini açıklayınız.
- 2.5.6. Yarım Dalga Doğrultucu devre ile Tam Dalga Doğrultucu devre sonuçlarını karşılaştırınız. Hangisinin daha iyi sonuçlar ürettiğini nedeni ile belirtiniz.
- 2.5.7. Doğrultucu devrelerin hangi alanlarda ve ne amaçla kullanıldığını açıklayınız.

DENEY 4 – İKİ KUTUPLU EKLEM TRANSİSTÖR (BJT – BIPOLAR JUNCTION TRANSISTOR)

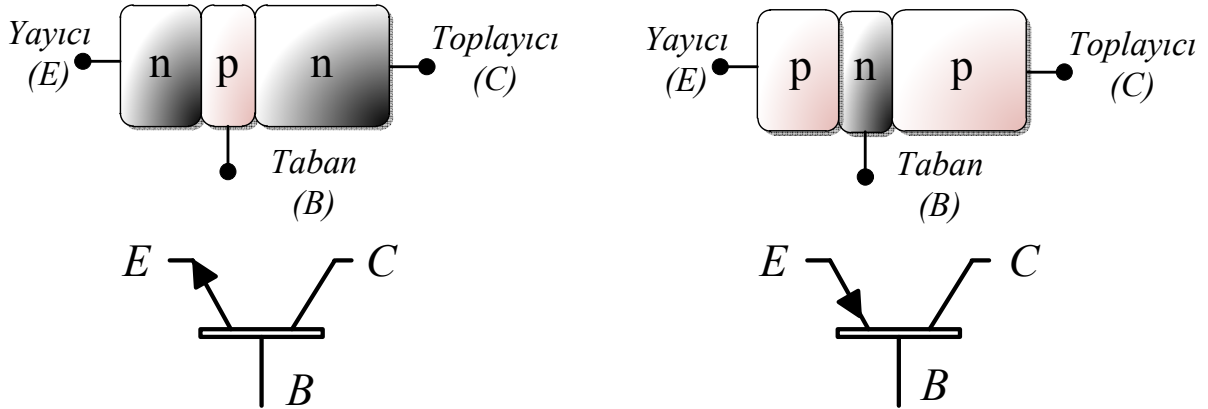
4.1 Deneyin Amacı

Budenede iki kutuplu eklem transistörlerin(BJT) ve temel iki kutuplu eklem transistörlü yükselteçlerin akım-gerilim karakteristiği çıkartılacaktır. Aynı zamanda BJT'nin h değişkeni saptanacaktır

4.2 Teorik Bilgi

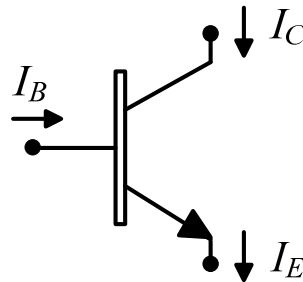
Transistörler üç bacaklı bir devre elemanıdır, akım veya gerilim yükselteci olarak ya da anahtarma elemanı olarak kullanılır. BJT'lerin bir bacağından geçen akım diğer iki bacak arasındaki gerilim ile kontrol edilir.

4.2.1 iki kutuplu eklem transistörlerin(BJT) n bölgesiyle ayrılmış iki p bölgesinden(pnp) ya da p bölgei ile ayrılmış iki n bölgesinden(npn) oluşur. npn ve pnp tip BJTlerin basitleştirilmiş yapısı ve devre sembolü Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 npn ve pnp Tip BJT'lerin Basitleştirilmiş Yapısı ve Devre Sembolleri

BJT'ler dört moda çalıştırılabilirler. Bunlar kesim, doyum, ileri aktif ve geri aktiftir. eğer BJT yükselteç olarak kullanılmak isteniyorsa, ileri aktif moda çalıştırılmalıdır. Bu da B-E eklemine ileri öngerilimlendirme ve B-C eklemine ters ön gerilimlendirme yaparak sağlanabilir. BJT'nin ileri aktif moda çalıştırılabilmesi için iki harici gerilim kaynağına ihtiyaç vardır. Npn BJT'nin akımları Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 npn İki Kutuplu Transistörün Akımları

Eğer transistör ileri aktif moda ise, toplayıcı akımı

$$I_C = I_S e^{\frac{V_{BE}}{\phi_T}}$$

dir. I_S doyum akımı, ϕ_T ısıl gerilim ve V_{BE} B-E bacakları arasındaki gerilimdir. Taban akımı ise

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{I_S}{\beta} e^{\frac{V_{BE}}{\phi_T}}$$

olarak bulunur. β toplayıcı-yayıcı akım kazancıdır. Bu durumda yayıcı akımı

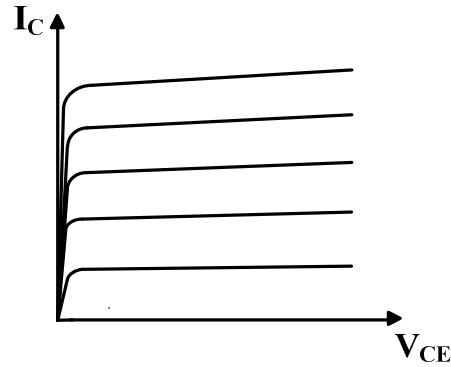
$$I_E = I_C + I_B$$

olur.

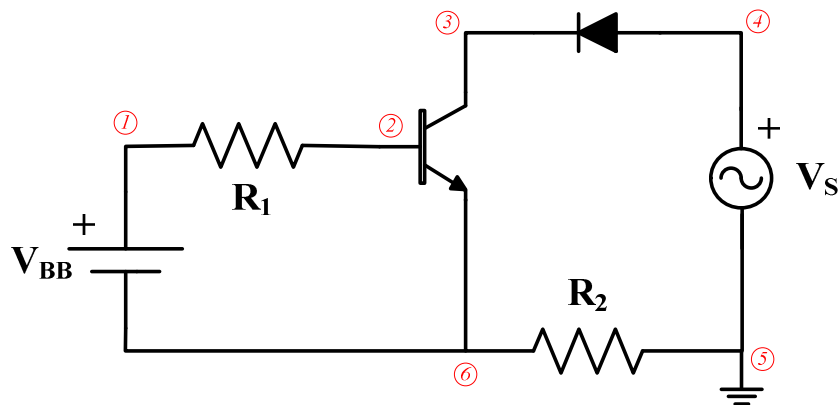
B-E arasındaki gerilimi sıfır ($V_{BE} = 0$) yaptığımız zaman transistör kesim modunda olur, fakat B-C eklemi ters öngerilimlendirilir. Bu ters öngerilimlendirmeden dolayı, B-C ekleminden bir sızıntı akımı (I_{CBO}) akar. Eğer ideal olmayan transistörlerdeki bu sızıntı akımının etkisi hesaba alınırsa, toplayıcı akımı

$$I_C = \beta I_B + (1 + \beta) I_{CBO}$$

Şekil 4.3'te ortak-yayıcı devrenin I_C - V_{CE} karakteristiği gösterilmiştir. Şekil 4.4'te ise bu karakteristiğin elde edildiği devre şeması gösterilmiştir.



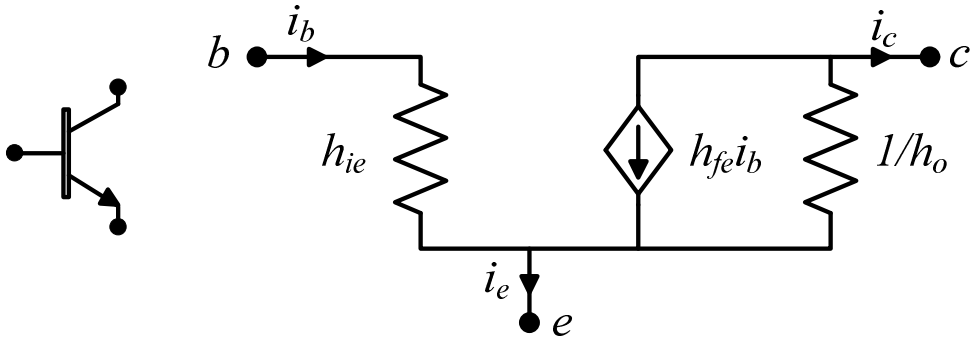
Şekil 4.3 Ortak-Yayıcı Devrenin Transistör Akım-Gerilim Karakteristiği



Şekil 4.4 Ortak-Yayıcı Devrenin Transistör Akım-Gerilim Karakteristiğinin Elde Edildiği Devre

4.2.2 İki Kutuplu Eklem Transistörlerin h Değişkeni

BJT'nin küçük işaret hibrid eşdeğer devre modeli Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Ortak-Yayıcı Yükselteç Devresi

h değişkeni Şekil 4.3'te I_C - V_{CE} karakteristiğinden bulunur. h değişkeni

$$h_{fe} \cong \beta = \frac{I_{CQ}}{I_{BQ}}$$

h_{fe} küçük işaret akım kazancıdır. I_{CQ} çalışma noktasındaki toplayıcı akımı, I_{BQ} yine çalışma noktasındaki taban akımıdır.

$$h_{ie} = \frac{\phi_T}{I_{BQ}}$$

h_{ie} küçük işaret giriş direncidir. ϕ_T ısı gerilimidir ve oda sıcaklığında yaklaşık olarak 26 mV'dur. Küçük işaret çıkış direnci(h_{oe})

$$h_{oe} = \frac{I_{CQ}}{V_A}$$

olarak hesaplanır. V_A Early gerilimidir. h_{oe} I_C - V_{CE} karakteristiğinin eğiminden de elde edilebilir.

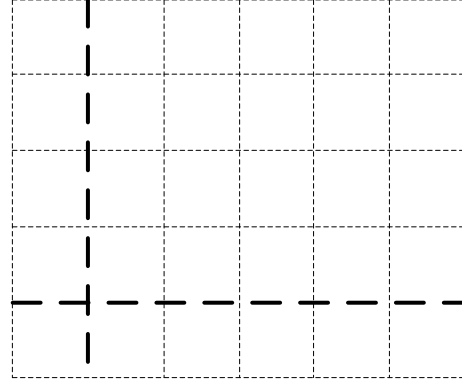
4.3 Ön Çalışma

$V_V=0.6$ V, $R_1=100$ k Ω , $R_2= 10$ Ω

4.3.1 2N3904'nın veri föyünü kullanarak BJT'nin $I_{CQ}=1$ mA,ve $V_{CQ}=5$ V çalışma noktasındaki β_F yi bulunuz. Tablo 4.1 i doldurunuz.

4.3.2 Şekil 4.4'teki devrenin PSpice analizini yapınız (V_{BB} 2 V'luk adımlarla 0'dan 8 V'a değişirken, V_S gerilimi 0.1 V'luk adımlarla 0'dan 10 V'a değişecektir.), I_C - V_{CE} karakteristiğini elde ediniz.

NETLIST



(Y) Volts/div=0.5m (X) Volts/div=2 Time/div=

4.3.3 $V_{BB}=1.64$ için basamak 4.3.2'yi tekrar ediniz. I_C-V_{CE} karakteristiğini kullanarak ($I_{CQ}=1$ mA ve $V_{CEQ}=5$ v çalışma noktasında) β_F değışkenlenini bulunuz ve tablo 4.1'i doldurunuz.

4.4 İşlem Basamakları

4.4.1 Deneyde kullanılacak Malzemeler

Direnç : 10 Ω , 100 k Ω .

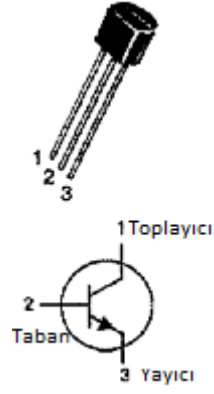
IC : 2N3904

Diyot : 1N4001

Standart Laboratuvar Ekipmanları:

Osiloskop, DC Güç Kaynağı, Sinyal Jeneratörü, Dijital Multimetre, Protoboard,

$R_1=100$ k Ω , $R_2= 10$ Ω , $V_{BB}=0$ V, 2 V,4 V, 6 V, 8 V ve $V_S=10\sin(2\pi 100t)$



Şekil 4.6 BC 237 Transistörünün Bacak Numaraları

4.4.2 BJT'yi DMM ile test ediniz. R_1 'i DMM ile ölçünüz ve değerini Tablo 4.1'e yazınız.

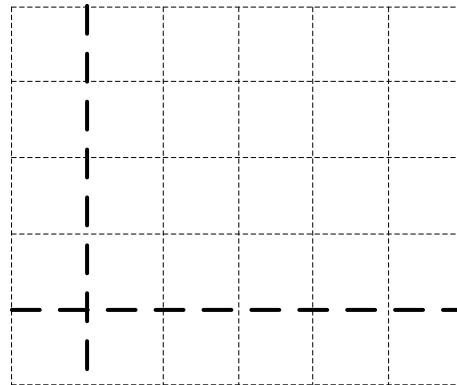
4.4.3 Şekil 4.4'teki devreyi kurunuz ve I_C - V_{CE} karakteristiğini gözlemleyiniz ve çiziniz.

4.4.4 V_{BB} gerilimini $I_{CQ}=1$ mA ve $V_{CQ}=5$ V için geçerli değere ayarlayıp basamak 4.4.3'ü tekrar ediniz. I_{BQ} , β_F 'yi ölçünüz ve Tablo 4.1'e yazınız.

R_1 (Kod Değeri)	R_1 (Ölçülen değer)	V_{R1} (DMM) ($I_{CQ}=1$ mA)
100 k Ω		

	$I_{CQ}=1$ mA	$V_{CQ}=5$ V
	I_{BQ}	β_F
Veri Föyü-2N3904		
PSpice		
Deney		

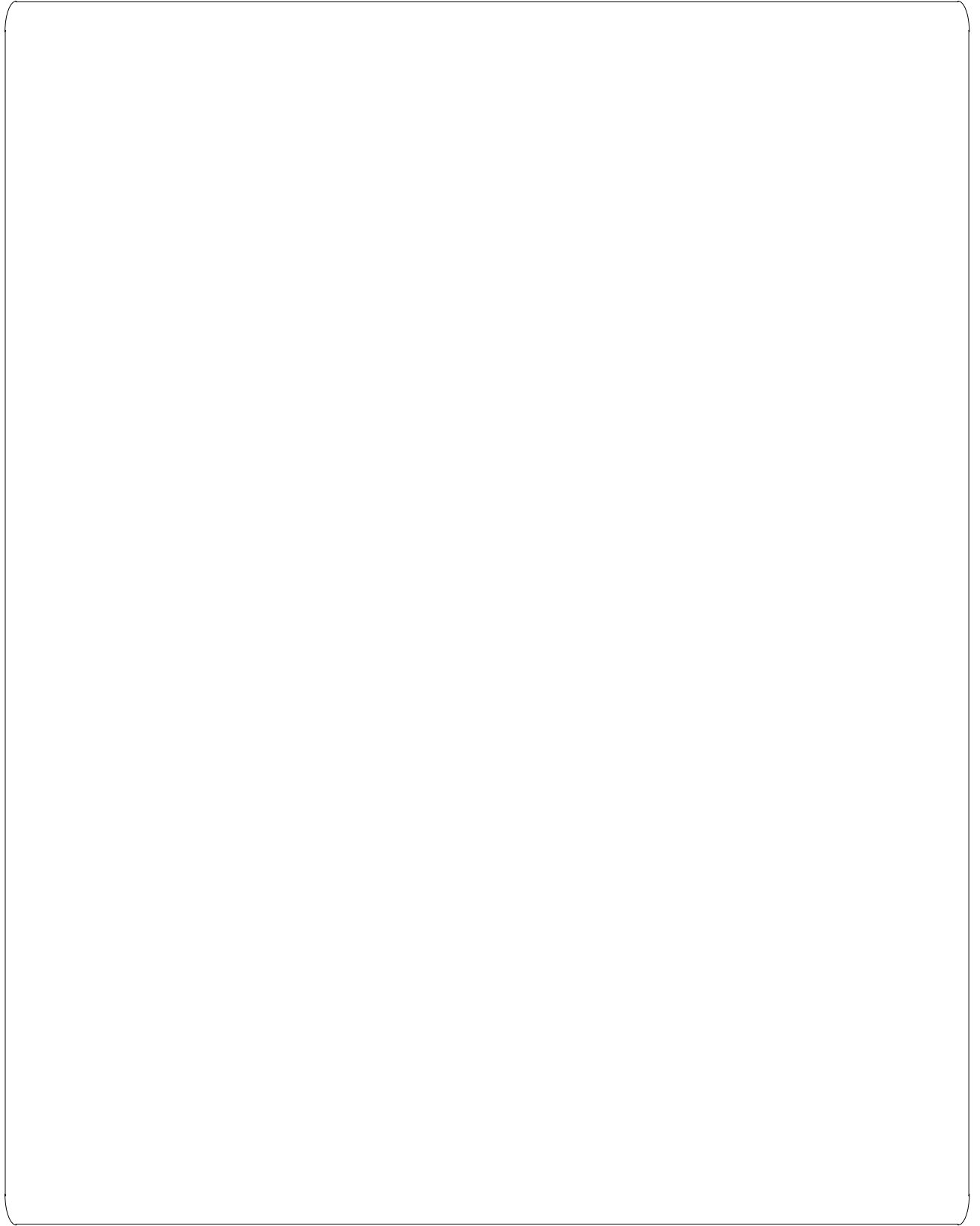
Tablo 4.1



(Y) Volts/div=20m (X) Volts/div=2 Time/div=100 μ

4.5 Sonuç

4.5.1 Ön Çalışma sonuçları ile deney sonuçlarını karşılaştırınız, farklar varsa nedenini açıklayınız.



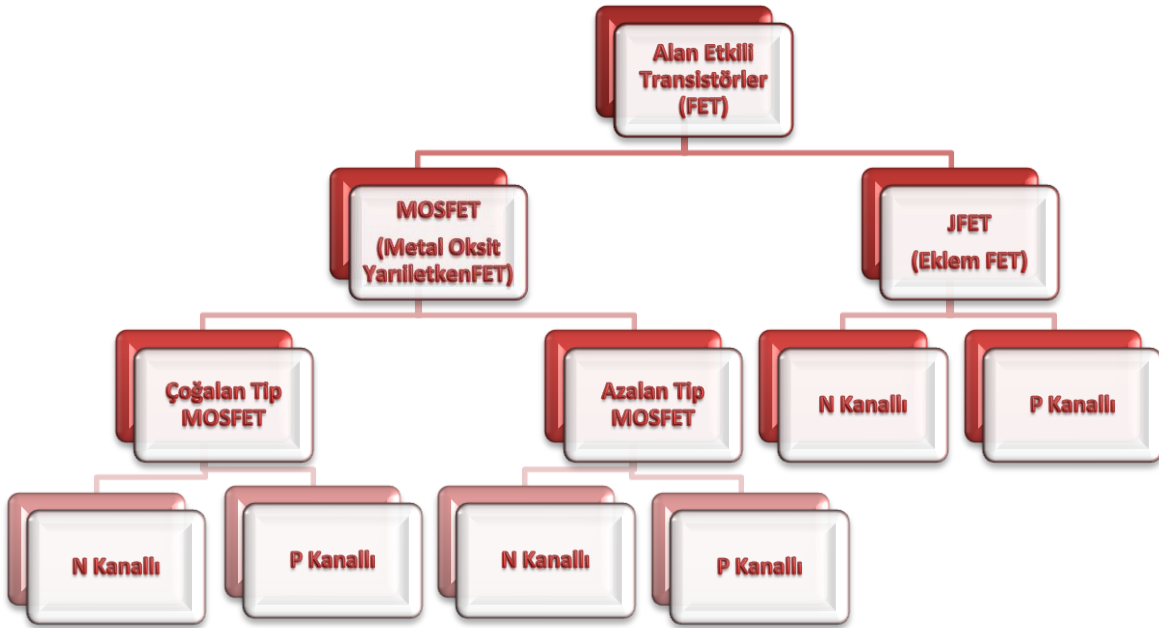
DENEY 5 - ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖR(FET- Field Effect Transistor)

5.1. DENEYİN AMACI

Bu deneyde alan etkili transistörlerin DC ve AC akım-gerilim karakteristikleri incelenecektir.

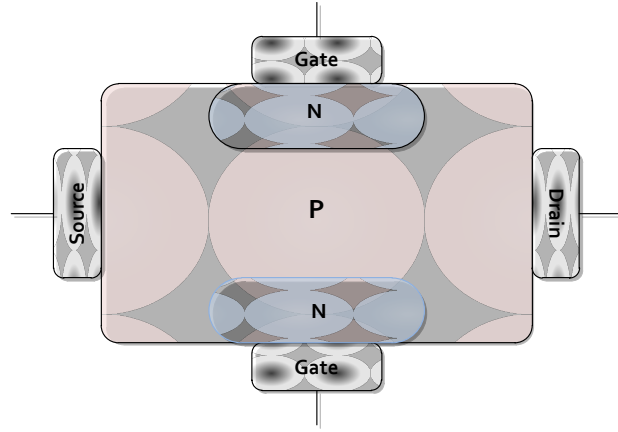
5.2. TEORİK BİLGİ

Alan etkili transistörler(FET)ler alan etkili transistörlerdir. İletimde ya elektronlar yada boşluklar kullanılır, bu yüzden FET'ler tek kutuplu devre elemanlarıdır. Akım source(kaynak)-oluk(drain) doğrultusunda akar, ve geçit(gate)'e uygulanan gerilim ile orantılıdır. Alan etkili transistörler eklem alan etkili transistör(JFET) ve metal oksit yarı iletken alan etkili transistör(MOSFET) olmak üzere 2 ana gruba ayrılır.



5.2.1. Eklem Alan Etkili Transistör

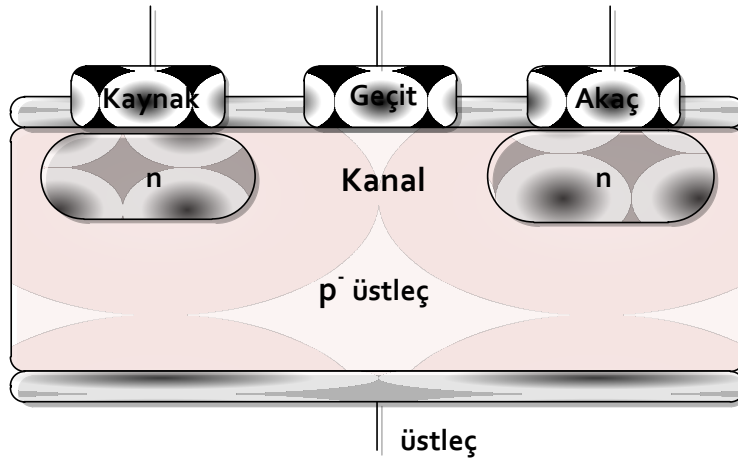
Eklem alan etkili transistörler n-kanallı ve p-kanallı olmak üzere ikiye ayrılır, çalışma prensipleri benzerdir. Kaynakla oluk arasındaki akım geçite uygulanan gerilimle kontrol edilir. JFET transistörün basitleştirilmiş yapısı Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



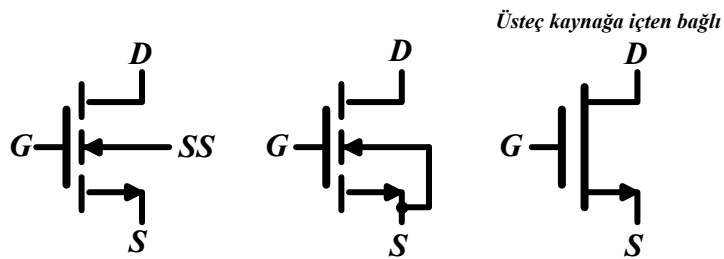
Şekil 5.1 JFET Transistörün Basitleştirilmiş Yapısı

5.2.2. Metal Oksit Alan Etkili Transistör

N kanallı çoğalan tip MOSFET'in yapısı Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Bu MOSFET'te kaynak ile akaç arasında fiziksel bir bağlantı yoktur. Elektrik iletimi Geçite gerilim uygulandığında kanal bölgesine toplanan elektronlar sayesinde sağlanır. Yani geçite gerilim uygulanmazsa, kaynaktan akaça akım akmaz.



Şekil 5.2 n Kanallı Çoğalan Mod NMOS Transistörün Yapısı



Şekil 5.3 n Kanallı Çoğalan Mod NMOS Transistörün Devre Sembölü

MOSFETler 3 bölgede çalışabilirler: kesim, doyum ve lineer bölge. Eğer MOSFET yükselteç olarak kullanılacaksa, doyum bölgesinde çalıştırılmalıdır. Bunun için G-S uçlarına uygulanan gerilim(V_{GS}) eşik geriliminden(V_{Th}) ve D-S uçlarına uygulanan(V_{DS}) gerilimi $V_{GS}-V_{Th}$ değerinden büyük olmalıdır. Eğer NMOS doyum bölgesinde çalışırsa, akaç akımı, I_D

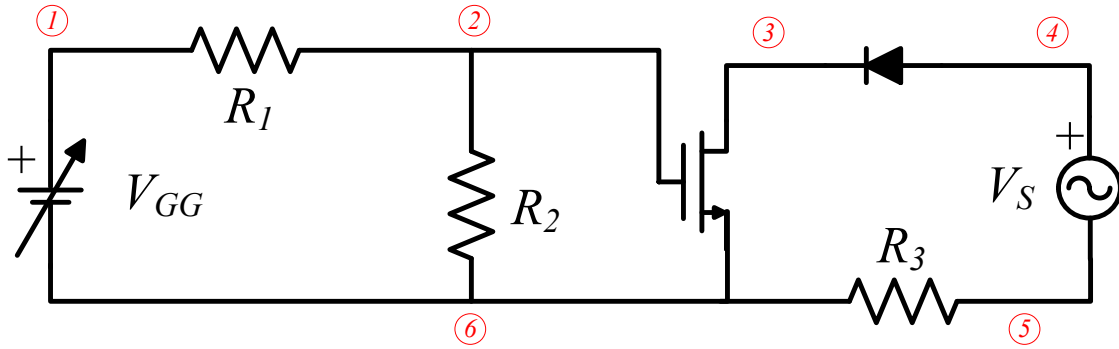
$$i_D(sat) = k_n(v_{GS} - V_T)^2$$

veya

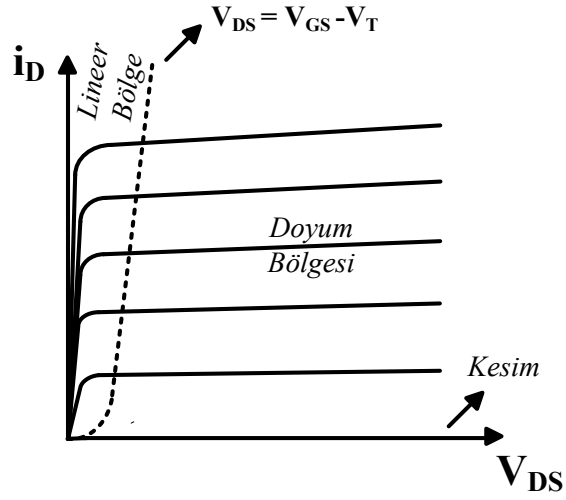
$$i_D(sat) = k_n(v_{GS} - V_T)^2(1 + \lambda v_{DS})$$

$$k_n = \frac{k'}{2} \left(\frac{W}{L} \right)$$

NMOS ortak-kaynak devresinin I_D-V_{DS} karakteristiğini Şekil 5.4'deki devreyi kullanarak elde edebiliriz.



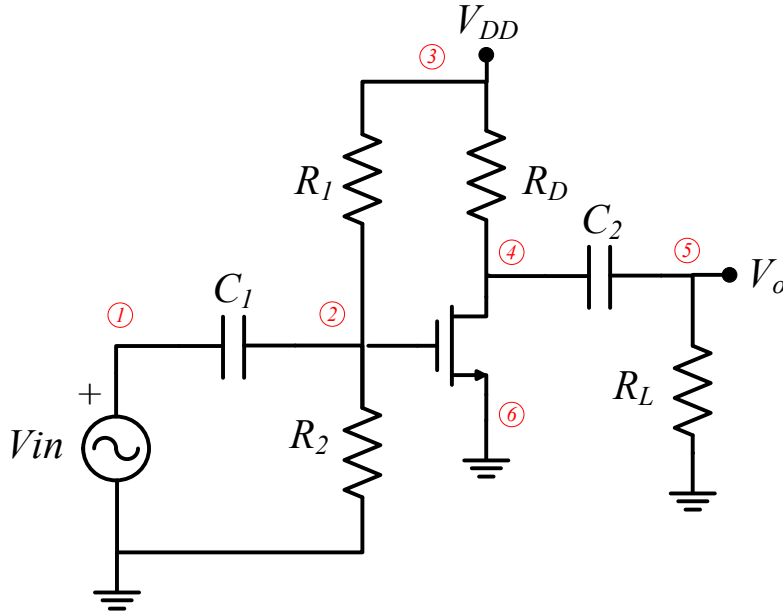
Şekil 5.4 NMOS Transistörün I_D-V_{DS} karakteristiğinin elde edileceği devre



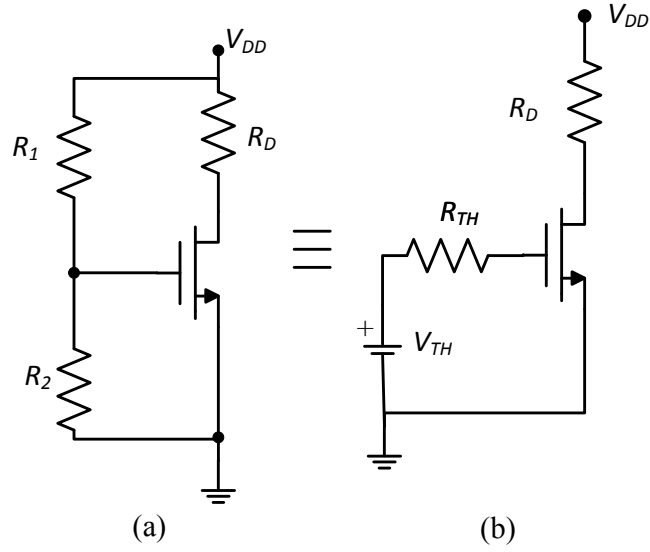
Şekil 5.5 N Kanallı Çoğalan Tip MOSFET'in Akım-Gerilim Karakteristiği

5.2.2.1 DC Analiz

NMOS transistörlerin 3 tip beslemesi vardır: ortak kaynak, ortak akaç, ve ortak geçit. Bu deneyde ortak kaynak tip incelenecektir. Şekil 5.6'te ortak kaynak NMOS transistörlü yükselteç devresi verilmiştir. C_1 ve C_2 bağlaşım kapasiteleridir ve DC analizde açık devre olarak gösterilirler. Yükseltecin DC eşdeğer devresi Şekil 5.7(a)'da gösterilmiştir.



Şekil 5.6 Ortak-Kaynak Yükselteç Devresi



Şekil 5.7 Ortak Kaynak Yükseltecinin DC Eşdeğer Devresi

Şekil 5.7(a)'daki devrede, NMOS'un kapısı ve toprak arasında Thevenin Kuramını uygularsa, Şekil 5.7(b)'deki Thevenin eşdeğer devresini elde ederiz. Bu durumda Thevenin gerilimi, V_{TH} , ve Thevenin direnci, R_{TH} ;

$$V_{TH} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD}$$

$$R_{TH} = R_1 // R_2$$

Çalışma noktasındaki geçit-kaynak gerilimi, V_{GSQ} , V_{TH} 'ye eşittir ve çalışma noktasındaki akış akımı, I_{DQ}

$$I_{DQ} = k_n (V_{GSQ} - V_T)^2$$

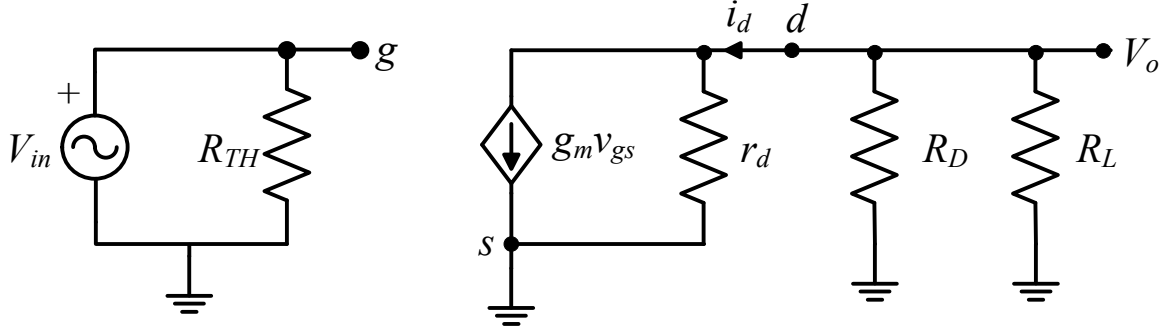
Çalışma noktasındaki akış-kaynak gerilimi, V_{DSQ} ,

$$V_{DSQ} = V_{DD} - R_D I_{DQ}$$

olarak bulunur.

5.2.2.2 AC Analiz

Şekil 5.7’de verilen NMOS yükselteçteki, DC gerilim kaynağını(VDD)’ sıfıra götürülür ve yerine kısa devre yerleştirilir. C1 ve C2’nin kapasite değerlerinin yeterince büyük olduğunu varsayarsak, bu kapasitelerde AC analizde kısa devre olarak görülür. NMOS transistor ün yerine AC eşdeğer devresi yerleştirilir. Ortak-kaynak NMOS yükseltecin AC eşdeğer devresi Şekil 5.8’de gösterilmiştir.



Şekil 5.8 Ortak-Kaynak Yükseltecin Küçük İşaret Eşdeğer Devresi

Yükseltecin küçük işaret gerilim kazancı, A_v ,

$$A_v = -g_m(r_d // R_D // R_L)$$

olarak hesaplanır.

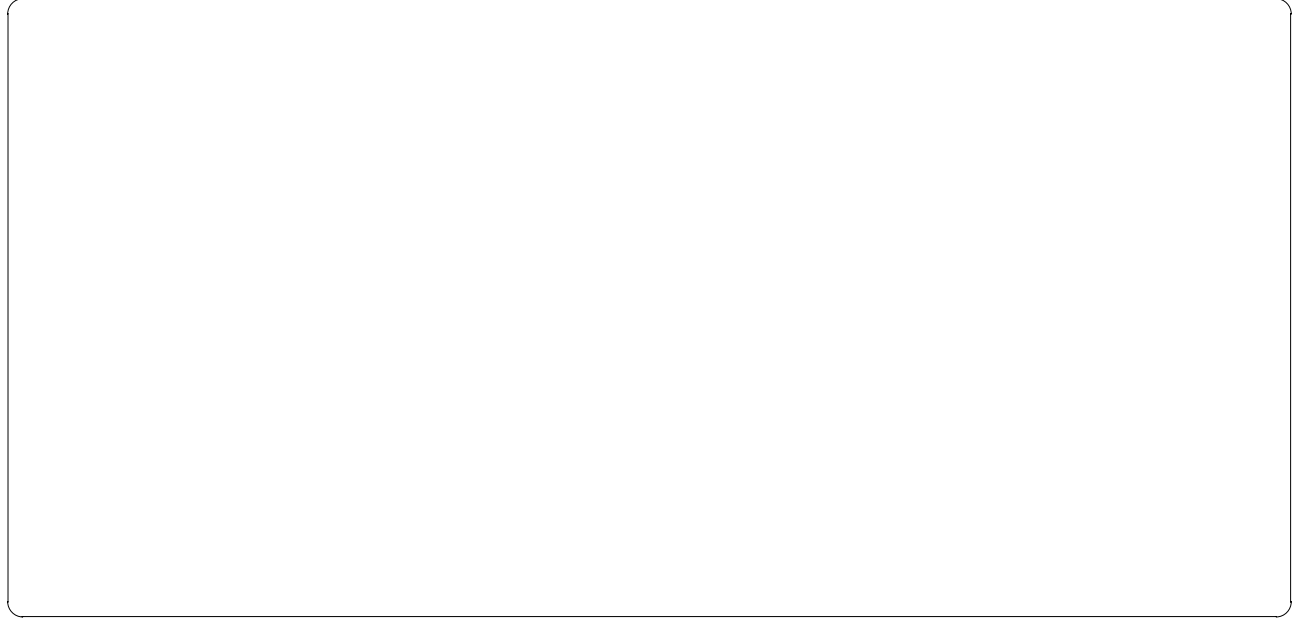
5.2.2.3 DC ve AC Yük Doğruları

DC ve AC yük doğruları denklemleri aşağıda verilmiştir. Şekil 5.9 DC ve AC yük doğrularını I_D - V_{DS} karakteristiğinin üstünde gösterilmiştir.

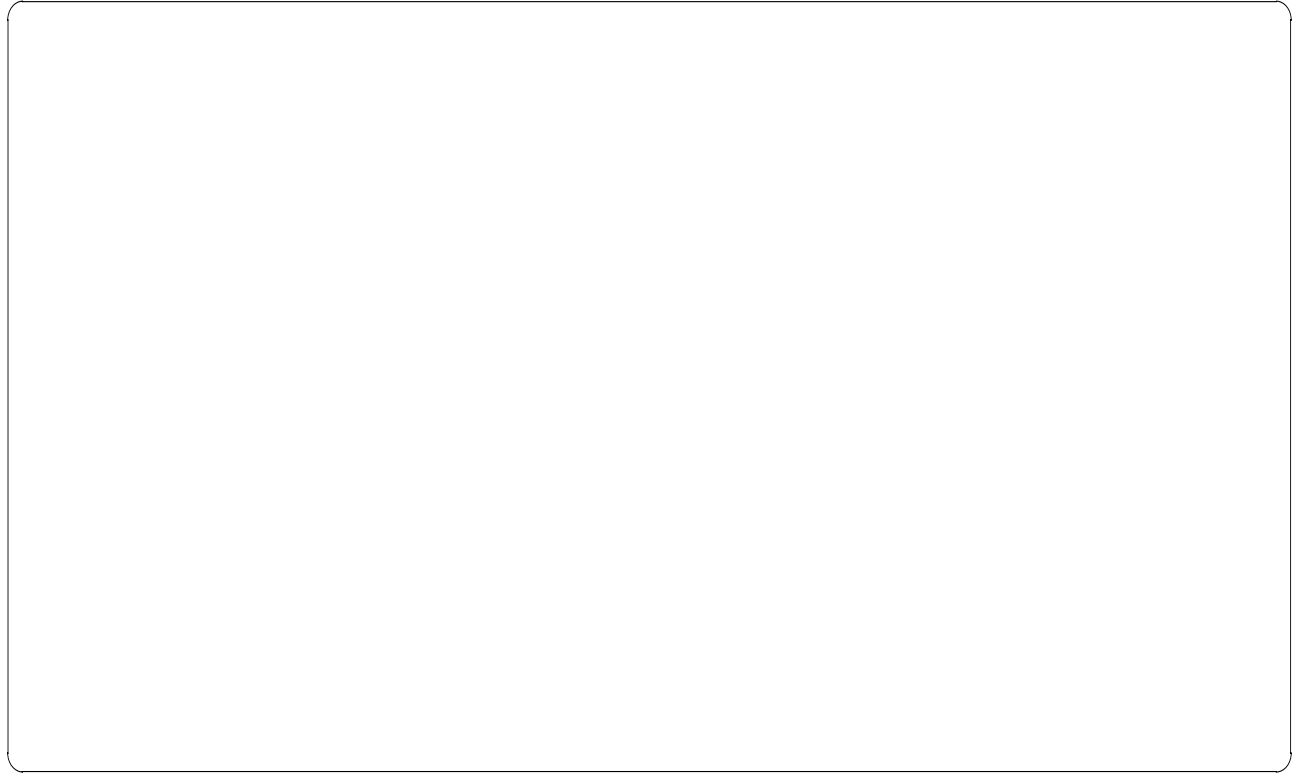
$$V_{DSQ} = V_{DD} - R_D I_{DQ}$$

$$v_{DS} - V_{DSQ} = -(R_D // R_L)(i_D - I_{DQ})$$

$$\frac{V_{DD}}{R_D}$$



5.3.3 Şekil 5.6'deki devrenin küçük işaret kazancını hesaplayınız.



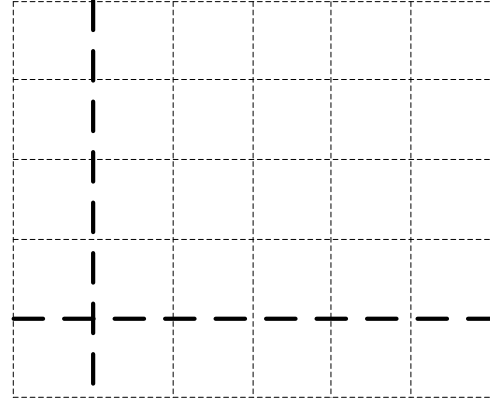
5.3.4 Şekil 5.6'deki devrenin PSpice analizini yapınız ve V_{GSQ} , I_{DQ} ve V_{DSQ} 'yu elde ediniz. Giriş ve çıkış dalga formlarını zamana göre çiziniz.

NETLIST

$$V_{GSQ} =$$

$$I_{DQ} =$$

$$V_{DSQ} =$$



(Y) Volts/div=0.5m (X) Volts/div=2 Time/div=---

5.4 İŞLEM BASAMAKLARI

5.4.1 Deneyde Kullanılacak Malzemeler

Direnç : 100 Ω , 2 x 10 k Ω , 2 x 15 k Ω , 2 x 1 M Ω
Kapasite : 2 x 1 μ F
NMOS : CD4007

Standart Laboratuvar Ekipmanları:

Osiloskop, DC Güç Kaynağı, Sinyal Jeneratörü, Dijital Multimetre, Protoboard,

DİKKAT!

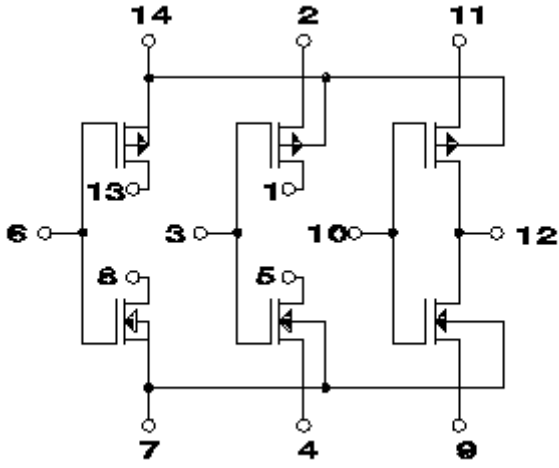
FET'ler çalıştırılırken ve kapatılırken aşağıdaki yönerge izlenmelidir:

Çalıştırırken:

1. DC güç kaynağını açınız.
2. Sinyal jeneratörünü açınız

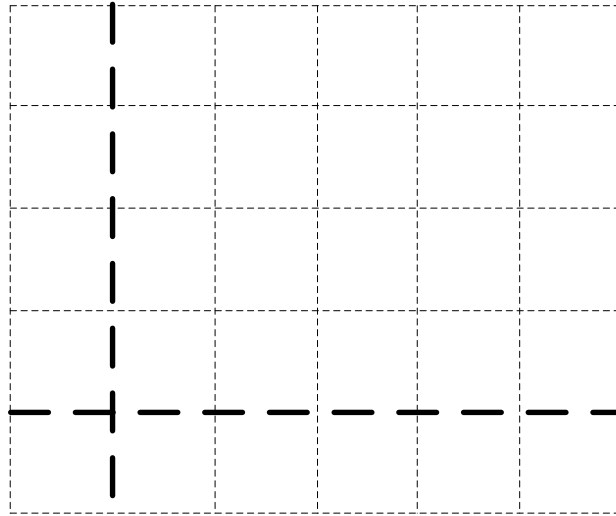
Kapatırken:

1. Sinyal jeneratörünü kapatınız.
2. Dc güç kaynağını kapatınız.



Şekil 5.10 CD 4007 Entegresinin Bacak numaraları

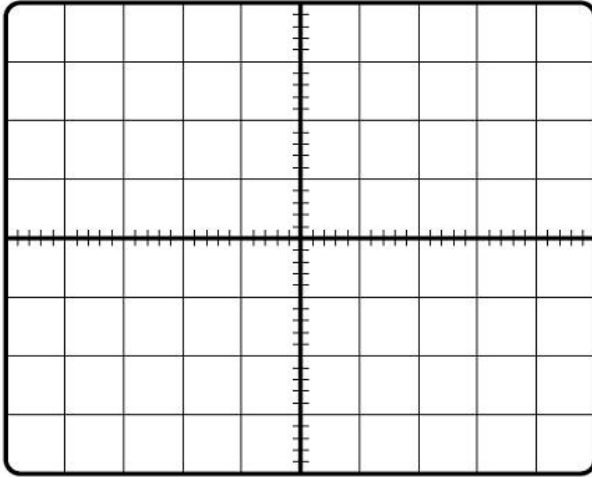
5.4.2 Şekil 5.4'deki devreyi kurunuz. I_D - V_{DS} karakteristiğini elde ediniz. $V_S=400\sin(2\pi 1000t)$ V, $R_1=15$ k Ω , $R_2=15$ k Ω , $R_3=100$ Ω ve $V_{GG} = 5$ V, 6 V, 7 V ve 8V.



(Y) Volts/div=0.5m (X) Volts/div=2 Time/div=

5.4.3 Şekil 5.6'deki devreyi kurunuz. V_{GSQ} , I_{DQ} ve V_{DSQ} 'yu hesaplayınız. $C_1 = C_2 = 1$ μ F, $R_1 = R_2 = 1$ M Ω , $R_D = R_L = 10$ k Ω , $V_{DD} = 5$ V, ve $V_{in} = 0.02\sin(2\pi 1000t)$.

- V_{GSQ} , I_{DQ} ve V_{DSQ} 'yu ölçünüz.
- Giriş ve çıkış dalgalarını gözlemleyiniz.
- A_V 'yi ve çıkıştaki **maximum symmetrical** bulunuz.



(Y) Volts/div= (X) Volts/div= Time/div=

$$V_{GSQ} =$$

$$I_{DQ} =$$

$$V_{DSQ} =$$

$$A_v =$$

$$V_{O-p(max)} =$$

5.5 SONUÇ

5.5.1 Ön çalışma sonuçları ile deney sonuçlarını karşılaştırınız. Farklar varsa nedenini açıklayınız.