

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**TEMEL ELEKTRONİK LABORATUARI**  
**DENEY FÖYÜ**

**ELEKTRONİK ANABİLİM DALI ARAŞTIRMA GÖREVLİLERİ:**

ARŞ. GÖR. DR. NERGİS TURAL  
ARŞ. GÖR. DR. TUBA KIYAN  
ARŞ. GÖR. REVNA ACAR VURAL  
ARŞ. GÖR. OĞUZHAN YAVUZ  
ARŞ.GÖR. TANKUT ACAR

Toplam 60 sayfa

**İSTANBUL, 2008**

|                                                                   |              |
|-------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Deney 1 DİYOT KARAKTERİSTİKLERİ VE LEHİMLEME TEKNİĞİ.....</b>  | <b>3-7</b>   |
| <b>Deney 1 Sonuç Sayfası.....</b>                                 | <b>8</b>     |
| <b>Deney 2 KIRPICI DEVRELER.....</b>                              | <b>9-11</b>  |
| <b>Deney 2 KIRPICI DEVRELER Sonuç Sayfası.....</b>                | <b>12-13</b> |
| <b>Deney 2 DOĞRULTUCU DEVRELER.....</b>                           | <b>14-16</b> |
| <b>Deney 2 DOĞRULTUCU DEVRELER Sonuç Sayfası.....</b>             | <b>17-18</b> |
| <b>Deney 3 TRANSİSTÖR KARAKTERİSTİKLERİ.....</b>                  | <b>19-24</b> |
| <b>Deney 3 Sonuç Sayfası.....</b>                                 | <b>25-27</b> |
| <b>Deney 4 MOSFET KARAKTERİSTİKLERİ.....</b>                      | <b>28-31</b> |
| <b>Deney 4 Sonuç Sayfası.....</b>                                 | <b>32</b>    |
| <b>Deney 5 TRANSİSTÖRLÜ ZAMAN, ISI VE IŞIK ANAHTARI.....</b>      | <b>33-36</b> |
| <b>Deney 5 Sonuç Sayfası.....</b>                                 | <b>37</b>    |
| <b>Deney 6 BJT'Lİ KUVVETLENDİRİCİLERİN FREKANS CEVABI.....</b>    | <b>38-44</b> |
| <b>Deney 6 Sonuç Sayfası.....</b>                                 | <b>45</b>    |
| <b>Deney 7 MOSFET'Lİ KUVVETLENDİRİCİLERİN FREKANS CEVABI.....</b> | <b>46-50</b> |
| <b>Deney 7 Sonuç Sayfası.....</b>                                 | <b>51-52</b> |
| <b>Deney 8 GERİLİM REGÜLATÖRLERİ.....</b>                         | <b>53-56</b> |
| <b>Deney 8 Sonuç Sayfası.....</b>                                 | <b>57</b>    |
| <b>BC 237 Data Sheet .....</b>                                    | <b>58</b>    |
| <b>BS 108 Data Sheet .....</b>                                    | <b>59-60</b> |

## Malzeme Listesi

(Malzemelerin yedeklerini bulundurunuz.)

### **Deney 1 : Diyot Karakteristikleri ve Lehimleme Tekniği**

**Diyot:** 1x1N4001, 1x1N4148, 1xAA119, 1xLED ve 1x5.6V zener **Direnç :** 1x1k $\Omega$

**Sarf Malzeme:** 1x20W Havya, Lehim teli, delikli pertanaks, Multimetre, Breadboard, 10xÇift taraflı krokodil kablo, tek damarlı iletken tel (bağlantılar için), 1 adet 2x6V Transformatör (en fazla 10W).

### **Deney 2 : Kırpıcı ve Doğrultucu Devreler**

**Diyot:** 4x1N4001 **Direnç:** 1x 1k $\Omega$ , 1x100k $\Omega$  **Kondansatör :** 1x1 $\mu$ f, 1x100 $\mu$ f

### **Deney 3 : Transistör Karakteristikleri**

**Transistör :** 1xBC 237 **Diyot :** 1x1N4001 ya da 1N4148 **Direnç :** 1x1k $\Omega$ , 1x33k $\Omega$

### **Deney 4 : MOSFET Karakteristikleri**

**MOSFET:** 1xBS108 N-Kanal (Kanal Oluşturmalı) ya da muadili **Diyot :** 1x1N4001

**Direnç :** 1x1k $\Omega$

### **Deney 5 : Transistörün Zaman, Isı ve Işık Anahtarı Olarak Kullanılması**

**Direnç :** 1x330 $\Omega$  - 1x1k $\Omega$  - 1x100k $\Omega$  - 1x100k $\Omega$  POT **Kondansatör :** 1x220 $\mu$ f

**Transistör :** 1x BC 237 **Sarf :** 1xLED, 1xLDR(1k $\Omega$ ~10k $\Omega$ ), 1xNTC (1k $\Omega$ ~10k $\Omega$ ) veya PTC

### **Deney 6 : Bipolar Transistörlü Kuvvetlendiricilerin Frekans Cevabı**

**Transistör :** 1x BC237 **Kondansatör :** 2x10 $\mu$ f, 1x470 $\mu$ f, 1x1nf

**Direnç :** 1x82k $\Omega$ , 1x8.2k $\Omega$ , 1x1k $\Omega$ , 1x3.3k $\Omega$ , 1x12k $\Omega$

### **Deney 7 : MOSFET’li Kuvvetlendiricilerin Frekans Cevabı**

**MOSFET :** 1xBS108 ya da muadili **Kondansatör :** 3x1 $\mu$ F, 3x100 $\mu$ F

**Direnç :** 1x220 $\Omega$ , 1x1k $\Omega$ , 1x10k $\Omega$ , 1x360k $\Omega$ , 1x1M $\Omega$

### **Deney 8 : Gerilim Regülatörleri**

**Direnç:** 1x560 $\Omega$  – 10k POT

**Diyot:** 4x1N4001 – 9.1V zener

**Kondansatör:** 1x470 $\mu$ F 25V – 1x100 $\mu$ F 35V - 1x1000 $\mu$ F 35V

**Transistör :** 1xBC 140

### **Toplu Liste:**

**Direnç:** 1x220 $\Omega$ -1x330 $\Omega$ -1x560 $\Omega$ -2x1k-1x3.3k-1x8.2k-1x10k-1x12k-1x33k-1x82k-1x100k-1x360k-1x1M-1x10k POT – 1x100k POT

**Kondansatör:** 1x1nf-3x1 $\mu$ f-2x10 $\mu$ f-3x100 $\mu$ f 35V-1x470 $\mu$ f 25V- 1x1000 $\mu$ f 35V

**Diyot:** 4x1N4001-1x1N4148-1xAA119-1xLed-1x5.6V zener-1x9.1V zener

**Transistör:** 1xBC 237-1xBS 108 ya da muadili – 1xBC 140

**Sensör:** 1x LDR(1k $\Omega$ ~10k $\Omega$  arasında)- 1x NTC(1k $\Omega$ ~10k $\Omega$  arasında) ya da PTC

**Sarf Malzeme:** 1x20W Havya (havya sehpa'sı isteğe bağlı), Lehim teli, delikli pertanaks, Multimetre, Breadboard, 10xÇift taraflı krokodil kablo, tek damarlı iletken tel (bağlantılar için), 1 adet 2x6V Transformatör (en fazla 10W), elektrik bantı (siyah).

## DENEY 1 : DİYOT KARAKTERİSTİKLERİ VE LEHİMLEME TEKNİĞİ

**Amaç:** Diyot elemanın çalışmasının teorik ve pratik olarak öğrenilmesi, lehimleme tekniğinin teorik ve pratik olarak öğrenilmesi.

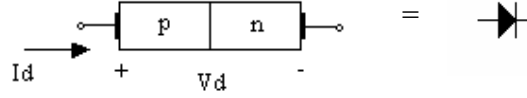
### Malzeme Listesi :

**Diyot:** 1x1N4001, 1x1N4148, 1xAA119, 1xLED ve 1x5.6V zener

**Direnç :** 1x1k $\Omega$

### Genel Bilgiler :

Diyot p ve n-tipi yarıiletkenin aynı kristal yapıda oluşturulması ile elde edilen elemandır. Diyotta p ve n tipi malzemeler arasında düzlemsel metalürjik kontak da denen jonksiyon (eklem) vardır. Genellikle n-tipi bir pulun (donör katkılamalı), belli bölgesinin akseptör (p-

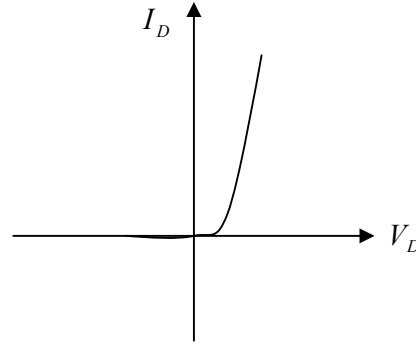


tipi) katkılanması ile oluşturulur. Çalışması kutuplanmasına bağlı olarak uzay yük bölgesinin (SCR) genişleyip daralması prensibi üzeredir. Kaynağın pozitif ucu p tarafı kontağına negatif ucu da n tarafının kontağına bağlanırsa diyot iletim yönünde kutuplanır çünkü uzay yük bölgesi en dar şekle gelmiştir ve uygulanan gerilim bu dar bölgenin geçilmesine yeterli bir eşik gerilim değerini aştığı zaman iletim akımı  $I_d$  akar. Aslında akım eşik değerine yaklaşılacak gerilimlerde akıma başlamaktadır fakat bu gerilimlerdeki akım değerleri iletim akımından küçüktür. Ters kutuplanması halinde idealde diyotun akım iletmemesi gerekmektedir çünkü uzay yük bölgesi çok büyüyecektir açık devre karakteristiği gösterecektir, ancak çok küçük (femto Amper mertebesinde) bir sızıntı akımı akar bu akıma  $I_s$  ters satürasyon akımı denir. Diyot akım-gerilim ilişkisi aşağıdaki transandantal denklem ile modellenmektedir.

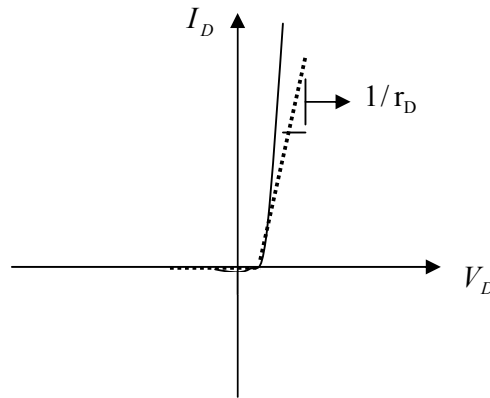
$$I_D = I_S \left[ e^{V_D / nV_T} - 1 \right]$$

Bu denklemde;

- $I_S$  : Ters satürasyon akımı  
 $V_D$  : Diyota uygulanan gerilim  
 $n$  : İdealden uzaklaşma faktörü  
 $V_T$  : Termal voltaj  $V_T = \frac{k.T}{q}$

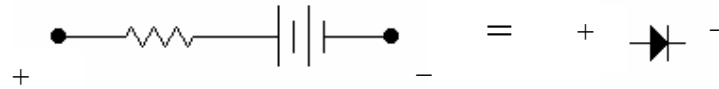


### ***Parçalı Lineer Diyot Modeli***



Diyot yukarıda görüldüğü üzere karakteristik eğrisine çizilen teğetlerle parçalı lineer modellenir. Yukarıdaki karakteristik teğetleri incelenirse diyotun; gerilimi iletmeye başladığı bir açma potansiyeline ve iletim yönünde çizilen teğetin eğimi kadar bir iletkenliğe sahip olduğu görülür.

İletimdeki diyotun eşdeğer parçalı lineer modeli:



Kesimdeki diyotun eşdeğer modeli:



Diyotun iki bacağına uygulanan gerilim farkı eşik geriliminden büyük olursa diyot iletme geçer aksi halde yani uygulanan gerilim eşik geriliminden küçük veya ters kutuplanmış ise diyot kesimdedir.

### ***Diyotun Küçük İşaret Eşdeğeri:***

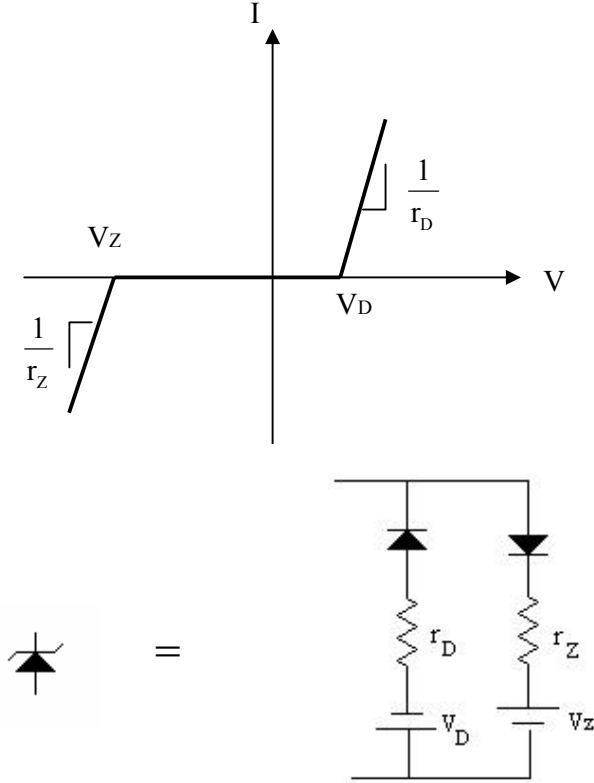
Diyot DC kutuplama ile iletme geçirilip diyotu iletimden kesmeyecek kadar küçük bir AC işaret iletilebilir. Bu uygulama genellikle optokuplörlerde veya infra LED'ler ile işaret aktarımında kullanılır. DC gerilim ile AC işarete diyotun göstereceği direnç kontrol edilir, böylece DC gerilim ile AC işaretin genliği ayarlanmış olur.

$$r_{AC} = \frac{V_T}{I_{DC}}$$

Burada  $r_{AC}$  diyotun AC küçük işaret analizinde kullanılacak direnç değerini göstermektedir.  $I_{DC}$  ise DC analizden elde edilen diyot akımıdır. Bu denklemde bize diyotun DC kutuplamaya bağlı AC direncini göstermektedir. Şekil 3 diyotun küçük işaret kullanımını göstermektedir.

### **Zener Diyot**

Zener diyotun parçalı lineer eşdeğer modeli ve diyot eşdeğer modeli aşağıdaki gibidir.



Yukarıda gösterilen zener eşdeğer devresinde diyotların iç dirençleri ve eşik gerilimleri sıfır kabul edilmiş ve gerekli eşik gerilim değerleri ve iletim dirençleri ilgili diyota seri bağlanmak suretiyle gösterilmiştir.

**Lehimleme:** Lehimleme, elektronik cihazlarda devre elemanlarının bakır plakete üzerine ya da birbirlerine tutturulabilmesi için kullanılan birleştirme yöntemidir.

**Lehimin Yapısı:** Lehim genel olarak kurşun ve kalay karışımından oluşur. Kullanılan kurşun ve kalay miktarına göre değişik durumlar alır. En çok kullanılan bileşimler:

- %40 Kalay + %60 Kurşun
- %50 Kalay + %50 Kurşun
- %60 Kalay + %40 Kurşun

Lehimde kullanılan kalay miktarı arttıkça lehim daha kaliteli olur. Kurşun miktarı arttıkça lehim sertleşir. Günümüzde kurşunun insan sağlığına zararlı etkilerinin olmasından dolayı alternatif lehim karışımları üzerinde araştırmalar yapılmaktadır. Yüksek maliyet ve birtakım lehimleme sorunlarının olması halen lehimlemede klasik yöntemlerin tercih edilmesine neden olmaktadır.

#### **Lehimleme Tekniği:**

1. Havya lehimlemeden bir süre önce fişe takılır ve ısınması sağlanır.
2. İyice ısındıktan sonra havya ucu eğer kirliyse temizlenir. Temizleme işlemi için havya ucu ıslak bir bez ya da sünger parçasına sürülerek yapılabilir. Temizlemeden sonra havya ucuna lehim sürülerek havya lehim yapmaya hazır hale getirilir.
3. Lehim yapılacak yerin de temiz olması gerekir.
4. Lehim yapılacak yer ve devre elemanı birlikte ısıtılır ve lehim, birleşim noktasına tutulur (havya ucuna değil). Birleşim noktasına gerektiği kadar lehim akıtılmalıdır.
5. Lehim birleşim yapılacak yerde sıvı hale geldiğinde ve yeteri kadar lehim akıtıldığından emin olunduktan sonra ÖNCE LEHİM TELİ sonra HAVYA çekilerek lehimleme işlemi sonlandırılır.
6. Lehimleme işlemi sırasında parçalardan biri ya da ikisi iyice ısıtılmadan lehim yapıldıysa böyle bir lehimlemeye soğuk lehimleme denir. Bu istenmeyen bir durumdur. Hem güzel bir lehimleme olmaz hem de parçalar birbirini iyice tutmadığı için bağlantı sorunları yaşanır. İyi bir lehimleme pürüzsüz ve parlak olmalıdır.

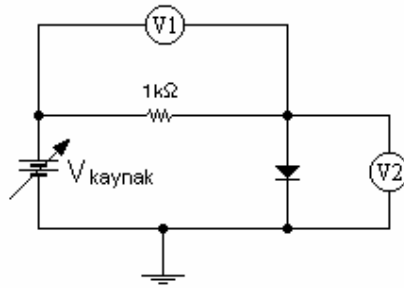
#### **Deney Öncesi Yapılacaklar :**

- 1) Şekil 1.1, Şekil 1.2 ve Şekil 1.3'teki devrelerin teorik analizlerini yapınız.
- 2) **Kataloglarda verilen diyot parametrelerini araştırıp, deneyde kullanılacak diyotlar için çalışma frekans aralıklarını, maksimum iletim akımlarını ve kırılma gerilimlerini inceleyiniz.**

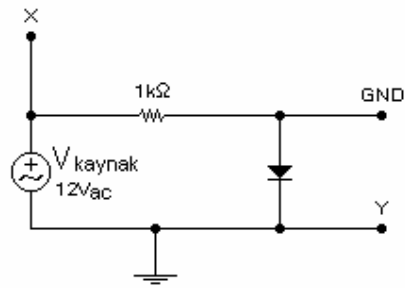
### Deneyde Yapılacaklar :

- 1) Şekil 1.1’de görülen devreyi 1N4001, AA119, LED ve 5.6V zener elemanları için delikli pertanaks üzerinde lehimleyerek oluşturunuz.  $V_{kaynak}$  geriliminin sekiz farklı değeri için V1 ve V2 gerilimlerini ölçünüz. Ölçtüğünüz değerleri Tablo 1.1’e kaydediniz. ( $V_{kaynak}$ , ayarlanabilir DC gerilim kaynağıdır.)
- 2) Şekil 1.2’de görülen osiloskop bağlantısını kullanarak 1N4001 ve zener devre elemanları için osiloskobun X-Y modunda karakteristikleri gözlemleyiniz. Gözlediğiniz çıkışları Şekil 1.4’teki ve Şekil 1.5’teki koordinat düzlemi üzerine çizin.

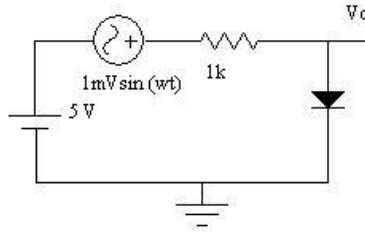
### Deney :



Şekil 1.1



Şekil 1.2



Şekil 1.3

### Sorular :

- 1) Deneyde bulduğunuz sonuçlar ile teorik analiziniz arasında farklılıklar var mı? Neden?
- 2) Kullandığınız farklı diyotların karakteristik eğrilerinde fark var mı?
- 3) Diyotun küçük işaret modeli nerelerde kullanılabilir? Niçin?
- 4) Şekil 1.3 teki devrede küçük işaret kaynağı tam ters kutuplama ile bağlansaydı ne değiştirdi? Neden?
- 5) Şekil 1.2 deki diyot tam ters yönde bağlansaydı ne değişiklik olurdu?
- 6) Şekil 1.3 de 5 V’luk DC gerilimi 10 V’a çıkarırsak ne gibi değişiklik olur? Neden?
- 7) p-n jonksiyonlu diyotlar ve zener diyotlardan başka diyot çeşitleri var mıdır? Varsa bunlar nelerdir?



## DENEY 1 SONUÇ SAYFASI

Ad – Soyad :

Numara :

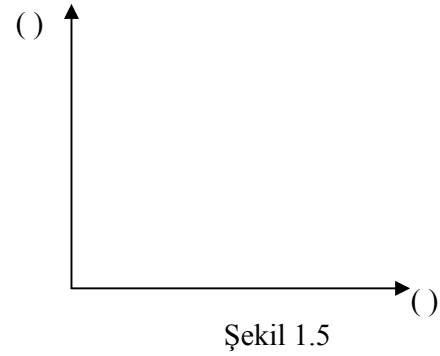
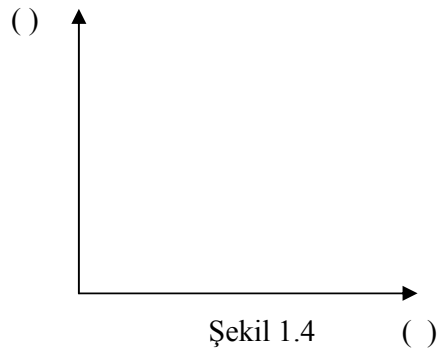
Grup No:

Amaç:

Deney sırasında gerekli yerleri doldurunuz.

Tablo 1.1

| Vk   | IN4001 |    | Vk   | AA118 (Ge) |    | Vk   | LED |    | Vk   | Zener |    |
|------|--------|----|------|------------|----|------|-----|----|------|-------|----|
|      | V1     | V2 |      | V1         | V2 |      | V1  | V2 |      | V1    | V2 |
| 0.2V |        |    | 0V   |            |    | 0.2  |     |    | -7V  |       |    |
| 0.4V |        |    | 0.1V |            |    | 0.5V |     |    | -6V  |       |    |
| 0.6V |        |    | 0.2V |            |    | 0.8V |     |    | -4V  |       |    |
| 0.7V |        |    | 0.3V |            |    | 1V   |     |    | -1V  |       |    |
| 0.9V |        |    | 0.4V |            |    | 1.5V |     |    | 0V   |       |    |
| 1.5V |        |    | 0.6V |            |    | 2V   |     |    | 0.4V |       |    |
| 2V   |        |    | 1.5V |            |    | 2.5V |     |    | 0.7V |       |    |
| 3V   |        |    | 2V   |            |    | 3V   |     |    | 1V   |       |    |



**ÖNEMLİ NOT:** Çizilen grafiklerde eksenlerin ait olduğu değişkenlerin birimleri mutlaka yazılmalıdır. Birimsiz grafikler değerlendirmeye alınmayacaktır.

**Sonuç ve Yorum:**

## DENEY 2 : KIRPICI VE DOĞRULTUCU DEVRELER

**Amaç:** Kırpıcı ve doğrultucu devrelerin çalışma prensiplerinin deney yoluyla incelenmesi.

### Malzeme Listesi:

**Diyot:** 4x 1N4001

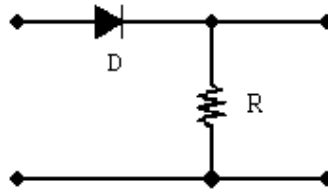
**Direnç:** 1x 1k $\Omega$ , 1x 100k $\Omega$

**Kondansatör :** 1x 1 $\mu$ f, 1x 100 $\mu$ f

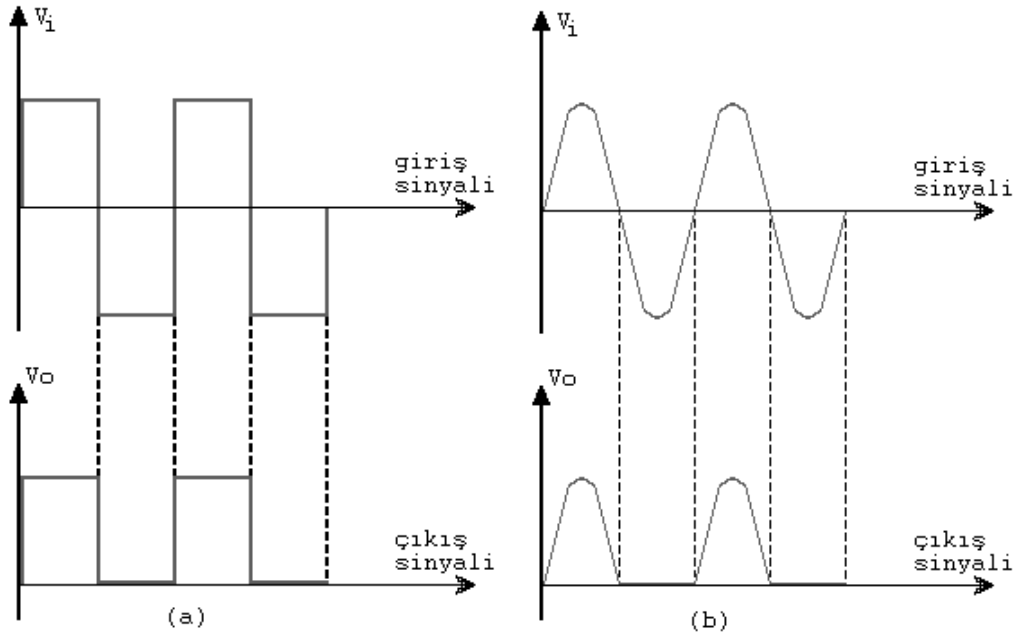
### 2.1 KIRPICI DEVRELER

#### Genel Bilgiler:

Girişine uygulanan sinyalin bir bölümünü kıpan devrelere KIRPICI DEVRELER adı verilir. En basit kırpıcı devre, şekil 2.1 'de görülmektedir. Diyodun yönüne bağlı olarak giriş sinyalinin pozitif veya negatif alternansı kırılır. Seri ve paralel kırpıcı olmak üzere 2 tiptedir. Seri kırpıcılarda diyot yüke seri, diğerinde ise paraleldir.

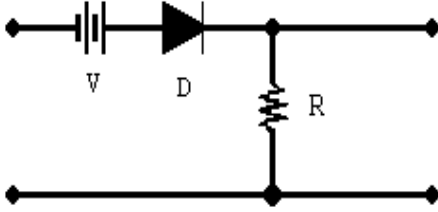


Şekil 2.1: Kırpıcı Devre



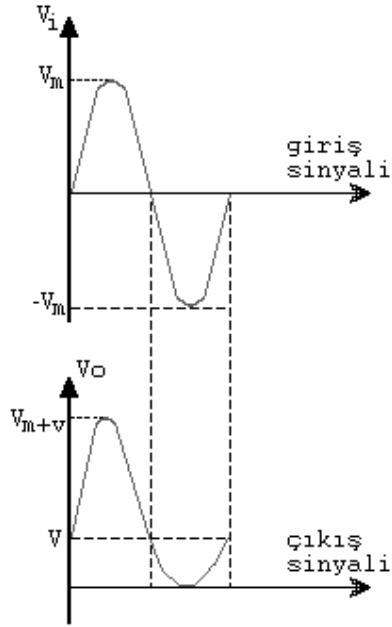
Şekil 2.2. Kırpıcı Devre Giriş ve Çıkışları

### Polarmalı Kırpıcı Devreler:



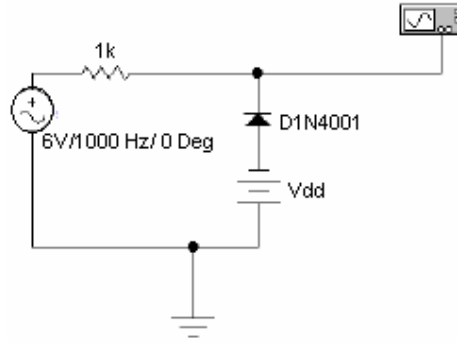
Şekil 2.3’de görüldüğü gibi, devreye  $V$  gibi DC gibi kaynağın eklenmesi, kırpıcı devrenin çıkışında belirgin bir etki meydana getirebilir. Böyle devrelerde, diyodun ilettime geçebilmesi için anodun katoda nazaran daha pozitif olması gerekir. Yani giriş sinyali,  $V$  değerini aştığı anda diyot ilettime geçer.

Şekil 2.3 - Polarmalı Kırpıcı Devresi



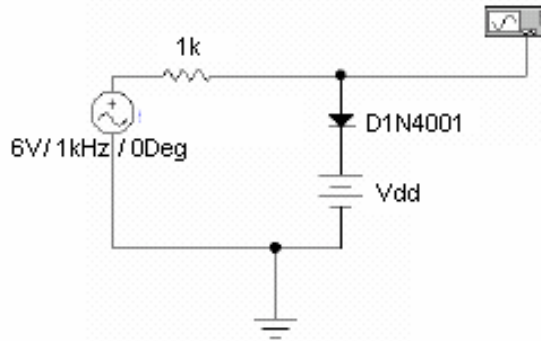
Şekil 2.4. Polarmalı Kırpıcı Devresi Giriş ve Çıkışı

### Deneyde Yapılacaklar:



Şekil 2.5 Kırpıcı deney devresi 1

1. Şekil 2.5'deki deney devresini kurunuz. 6V AC kaynak için boardlar üzerindeki trafodan yararlanınız.
2.  $V_{dd}=0V$  için osiloskopta gördüğünüz çıkışı çiziniz.
3.  $V_{dd}=3V$  için osiloskopta gördüğünüz çıkışı çiziniz.
4.  $V_{dd}=8V$  için osiloskopta gördüğünüz çıkışı çiziniz.



Şekil 2.6 Kırpıcı deney devresi 2

5.  $V_{dd}=0V$  için osiloskopta gördüğünüz çıkışı çiziniz.
6.  $V_{dd}=3V$  için osiloskopta gördüğünüz çıkışı çiziniz.
7.  $V_{dd}=8V$  için osiloskopta gördüğünüz çıkışı çiziniz.

### Sorular:

- 1) Kırpıcı devrelerin çalışma prensibi nedir?
- 2) Kırpıcı devrelerin (polarmasız) AC çıkış sinyali ne ile sınırlıdır?
- 3) Kırpıcı devrelerinin çıkış işareti ile giriş işaretlerini ortalama değer açısından karşılaştırın. Karşılaştırmanıza bağlı olarak kırpıcı devrelerin kullanım amacı ne olabilir?
- 4) Deneyde kurduğunuz devreleri spice programı ile simüle ederek sonuçları karşılaştırınız.

## DENEY 2 KIRPICI DEVRELER DENEYİ RAPOR SAYFASI

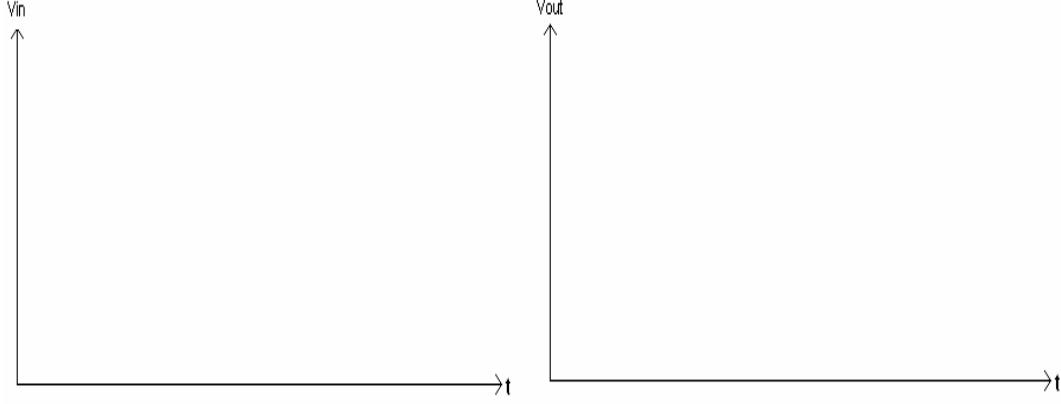
Ad – Soyad :

Numara :

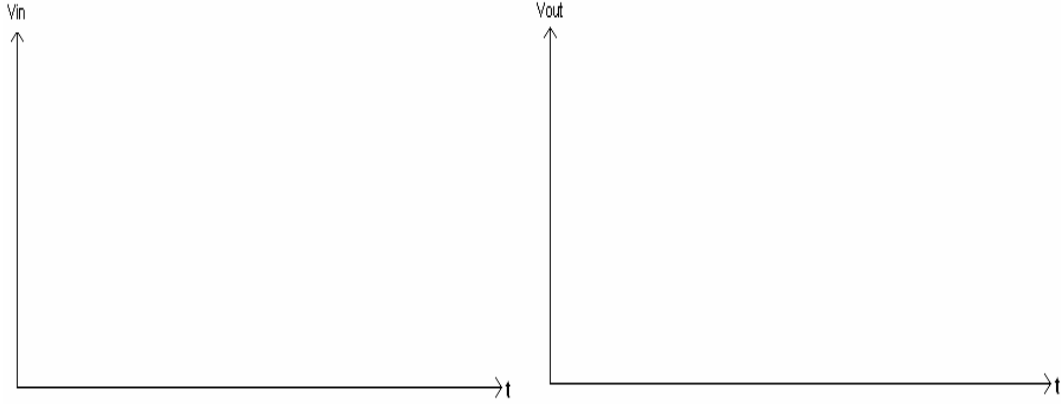
Grup No:

Amaç:

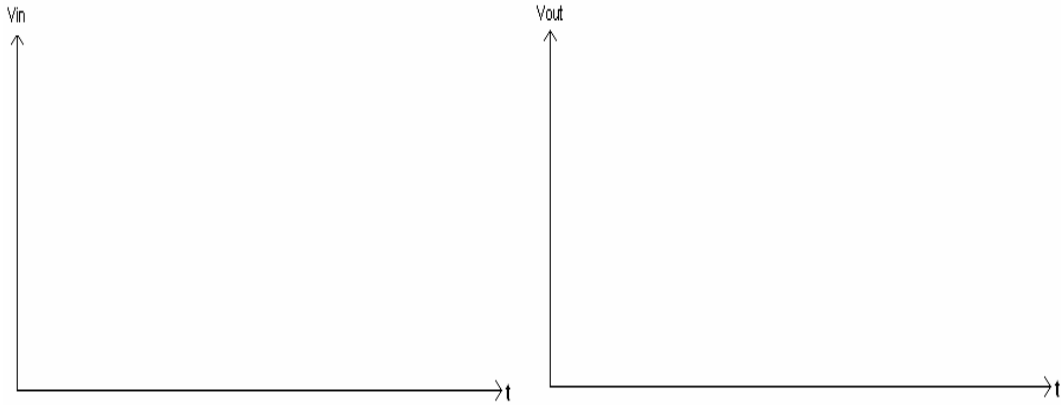
Şekil 2.5'teki deney devresi için  $\rightarrow V_{dd}=0V$ .



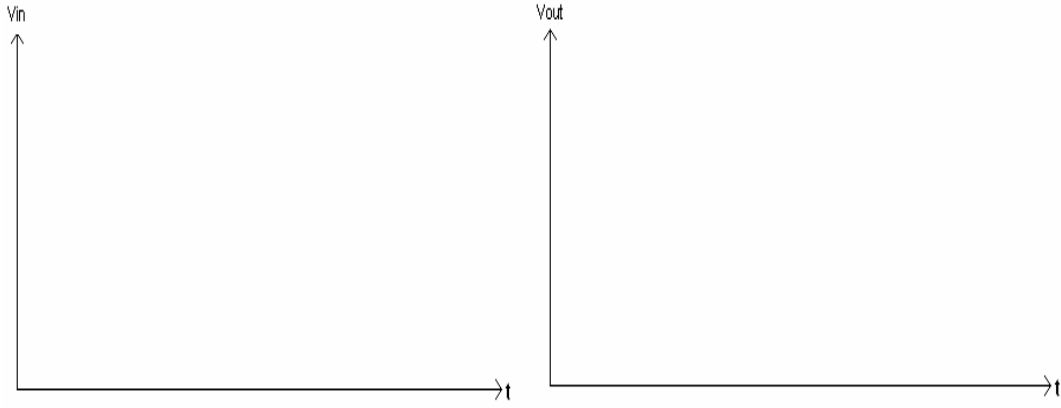
Şekil 2.5'teki deney devresi için  $\rightarrow V_{dd}=3V$ .



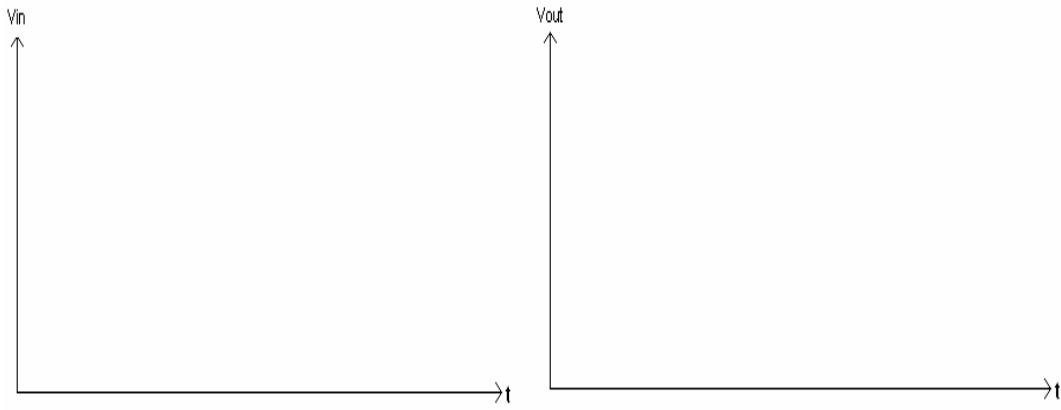
Şekil 2.5'teki deney devresi için  $\rightarrow V_{dd}=8V$ .



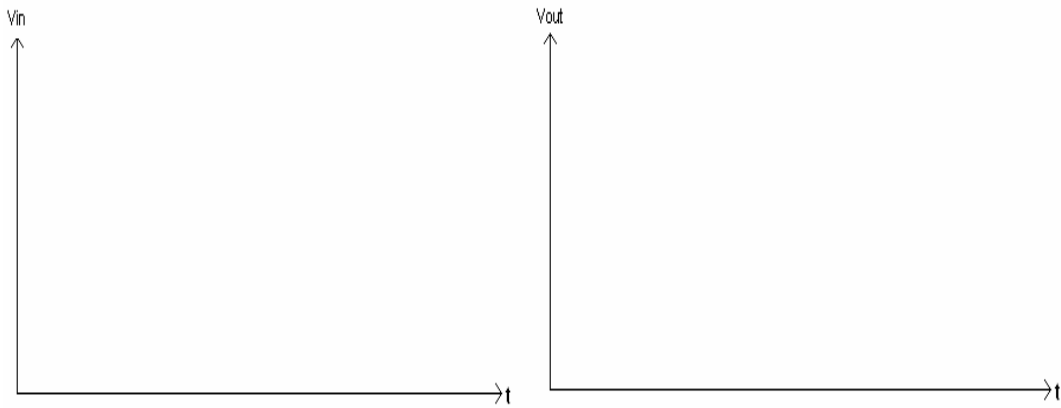
**Şekil 2.6'daki deney devresi için  $\rightarrow V_{dd}=0V$ .**



**Şekil 2.6'daki deney devresi için  $\rightarrow V_{dd}=3V$ .**



**Şekil 2.6'daki deney devresi için  $\rightarrow V_{dd}=8V$ .**



#### **Sonuç ve Yorumlar:**

- Şekil 2.5 ve 2.6 da kurduğunuz devrelerin çıkışları arasında fark var mıdır?
- Varsa nedenlerini açıklayınız.
- Yoksa nedenlerini açıklayınız.

## 2.2 DOĞRULTUCU DEVRELER

### Genel Bilgiler :

DC ve AC gerilim ve akımlar elektronik elemanlara güç sağlamaktadırlar. Günümüzde taşınma ekonomikliği ve etkinliği nedeniyle AC güç nakil hatları kullanılmaktadır. Elektronik elemanlarının pek çoğunun çalışması için gerekli DC güç AC'den DC'ye doğrultma ile mümkün olmaktadır. Doğru akım tek yönlüdür. Diyotun tek yönlü iletim karakteristiği doğrultma işlemi için en uygun eleman olmasını sağlar. Silikon, germanyum, selenyum ve bakır oksit doğrultucular güç doğrultucuları olarak işlev yapan katı hal elemanlarıdır. Günümüz elektroniğinin en yaygın kullandığı doğrultucu Silikon tabanlıdır. 200 mA ile 1000 A arasında yük akımı iletebilen, 1000 V tan daha yüksek ters tepe gerilimlerine dayanabilen çok çeşitli Silikon doğrultucular mevcuttur.

Temelde iki çeşit doğrultma devresi mevcuttur. Bunlar yarım dalga ve tam dalga doğrultuculardır. Yarım dalga doğrultmayı tek yöllü doğrultucu devresi, tam dalga doğrultmayı ise iki yöllü doğrultucu ve köprü tipi doğrultucu ile gerçeklemek mümkündür.

#### ***Tek yöllü doğrultucu***

Şekil 2.7'de tek yöllü doğrultucu devresi görülmektedir.

Diyot tek yönde akım geçiren bir devre elemanıdır. Anodu (+), katodu (-) yapan alternans (pozitif alternans) uygulandığında diyot iletken olur. Bu alternansta, C kondansatörü gerilimin maksimum değerine şarj olur. Bu andan itibaren bir sonraki pozitif alternans gelene kadar C kondansatörü direnç (devre) üzerinden deşarj olarak akımı devam ettirir.

#### ***İki yöllü doğrultucu***

Şekil 2.8'de iki yöllü doğrultucu devresi görülmektedir.

Devrenin iki yöllü çalışması yani tam dalga çıkış vermesi bir alternansta D1 diyotunun, diğer alternansta ise D2 diyotunun iletken olması ile sağlanır. Tek yöllü doğrultucuda giriş işaretinin negatif alternansındaki iletim boşluğu bu devre yardımıyla ortadan kaldırılır ve çıkışa pozitif çevrilmiş olarak verilir. Bu devre tipi sadece orta uca sahip transformatörlerle kullanılabilir.

#### ***Köprü tipi doğrultucu***

Şekil 2.9'da köprü tipi doğrultucu devresi görülmektedir.

Kullanılan transformatörde orta uca gerek olmaksızın tek alçak gerilim sargısı varsa tam dalga doğrultma yapılmak isteniyorsa köprü tipi doğrultucu kullanılır. Bu devrenin çıkış işareti 4.2'deki devre ile aynıdır. Sadece, 4 adet diyot kullanıldığı için çalışma prensibi farklıdır. Bir alternansta D1 ile D3 iletimdeyse diğer alternansta D2 ile D4 iletimdedir ve çıkışta yine tam dalga işaret gözlenir.

### Deney Öncesi Yapılacaklar :

Tek yöllü doğrultucu, iki yöllü doğrultucu ve köprü diyotlu doğrultucu devrelerini inceleyiniz. Aşağıdaki soruların yanıtlarını düşününüz.

### Deneyde Yapılacaklar:

Deneyde, devre şekillerinde görülen transformatörler kullanılmayacaktır. Onun yerine devre girişleri board'lar üzerindeki 2 x 6V trafo çıkışına bağlanacaktır.

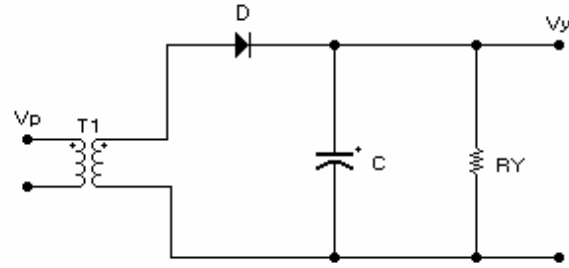
- 1 Şekil 2.7'deki tek yöllü doğrultucu devresini önce kondansatör bağlamadan sonra bağlayarak kurup çıkış işaretini gözleyiniz. Yük direncinin değerini arttırıp azaltarak çıkışın değişimini inceleyiniz. Gördüğünüz değişimleri yorumlayınız.
- 2 Yük direnci  $1k\Omega$ , kondansatör yok.
- 2.1  $R_Y=1k\Omega$  ve  $C=1\mu f$ ,  $R_Y=100k\Omega$  ve  $C=100\mu f$  için devrenin çalışmasını inceleyip sonuçları kaydediniz.
- 3 Şekil 2.8'deki iki yöllü doğrultucuyu kurup kondansatörün ve yük direncinin değerlerini değiştirerek çıkışı gözleyiniz. Çıkış işaretini çiziniz.
- 3.1  $R_Y=1k\Omega$  ve  $C=1\mu f$ ,  $R_Y=100k\Omega$  ve  $C=100\mu f$  için devrenin çalışmasını inceleyip sonuçları kaydediniz.
- 4 Şekil 2.9'daki doğrultucuyu kurup kondansatör ve direnç değerlerinin değişimi ile çıkışı gözleyiniz. Çıkış işaretlerini çiziniz. Diğer devreler ile farkını yorumlayınız.
- 4.1  $R_Y=1k\Omega$  ve  $C=1\mu f$ ,  $R_Y=100k\Omega$  ve  $C=100\mu f$  için devrenin çalışmasını inceleyip sonuçları kaydediniz.

### Sorular:

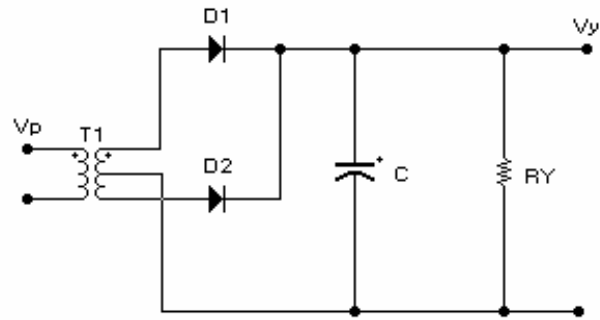
- 1) Doğrultma devrelerinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlarını açıklayınız.
- 2) Bir doğrultma devresinin çıkışındaki kapasitörün fonksiyonu nedir?
- 3) Dalgalılık faktörü ile kapasitörün sığası arasındaki ilişkiyi açıklayınız.
- 4) İki yöllü ve köprü tipi doğrultucuları birbirinin yerine aynı gerilim çıkışını verecek şekilde kullanmak için şebeke gerilimini indirgeyen trafo sarım sayısı nasıl seçilmelidir?
- 5) Deneyde yaptığımız doğrultucular, şebeke gerilimi ve yük akımı değişimlerinde verimli çalışabilir mi? Nedenleriyle açıklayınız.



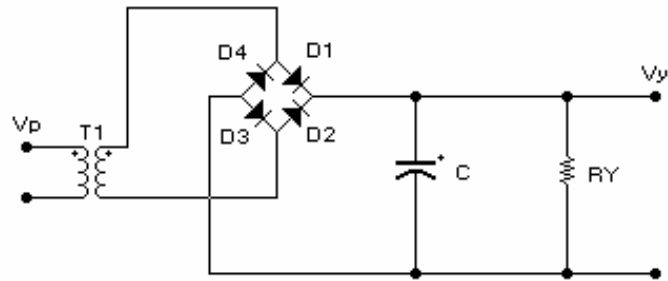
**Deney :**



**Şekil 2.7 Tek Yollu Doğrultucu**



**Şekil 2.8 İki Yollu Doğrultucu**



**Şekil 2.9 Köprü Tipi Doğrultucu**

## DENEY 2 DOĞRULTUCU DEVRELER DENEYİ RAPOR SAYFASI

Ad – Soyad :

Numara :

Grup No:

Amaç:

1. Tek Yollu Doğrultucu  $\rightarrow R_Y = 1\text{k}\Omega$ ,  $C = 0$ .



2. a)  $R_Y = 1\text{k}\Omega$ ,  $C = 1\mu\text{F}$



b)  $R_Y = 100\text{k}\Omega$ ,  $C = 100\mu\text{F}$



## DENEY 2 DOĞRULTUCU DEVRELER DENEYİ RAPOR SAYFASI 2

3. a) İki Yollu Doğrultucu  $\rightarrow R_Y = 1k\Omega, C = 1\mu F$



b) İki Yollu Doğrultucu  $\rightarrow R_Y = 100k\Omega, C = 100\mu F$



4. a) Köprü Tipi Doğrultucu  $\rightarrow R_Y = 1k\Omega, C = 1\mu F$



b) Köprü Tipi Doğrultucu  $\rightarrow R_Y = 100k\Omega, C = 100\mu F$



**Sonuç ve Yorum:**

### DENEY 3 : TRANSİSTÖR KARAKTERİSTİKLERİ

**Amaç :** Bipolar Transistörlerin çalışmasını teorik ve pratik olarak öğrenmek.

**Malzeme Listesi :**

**Transistör :** 1xBC 237

**Diyot :** 1x1N4001 ya da 1N4148

**Direnç :** 1x1k $\Omega$ ,1x33k $\Omega$

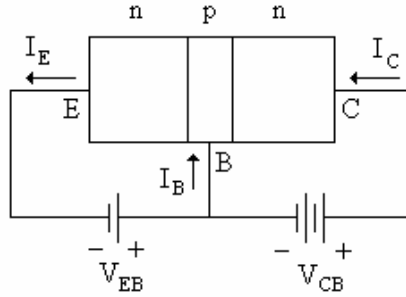
**Ön Çalışma :**

Transistörler ve çalışma prensiplerini inceleyiniz. Çıkış ve geçiş karakteristikleri ile bu karakteristiklerin nasıl çıkartılacağını ve nasıl kullanılacağını araştırınız.

**Genel Bilgiler:**

Günümüzde akım kontrol elemanı olarak en çok kullanılan yarıiletken düzenler bipolar transistörlerdir. Bipolar transistörlerin alan etkili transistörlere göre en önemli üstünlükleri akım kontrol yeteneklerinin (geçiş iletkenliklerinin) daha yüksek olmasıdır.

Bir npn tipi transistörü göz önüne alarak akım kontrol mekanizmasını inceleyelim. Transistörün emetör baz jonksiyonu geçirme yönünde, kollektör baz jonksiyonu da tıkama yönünde kutuplanmış olsun (Şekil 3.1).



Şekil 3.1

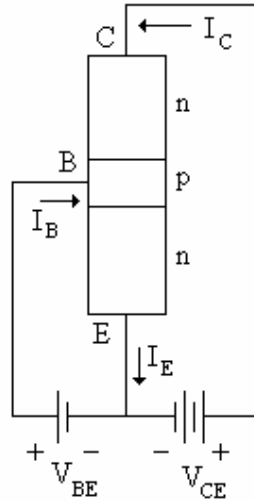
Bu durumda:

1. Geçirme yönünde kutuplanmış olan E-B jonksiyonunda emetör bölgesindeki çoğunluk taşıyıcısı olan elektronlar difüzyonla baz bölgesine, benzer şekilde baz bölgesindeki çoğunluk taşıyıcıları da emetör bölgesine geçerler. Bu iki taşıyıcı akışının sebep olduğu elektrik akımı aynı yönde ve emetörden dışarıya doğrudur. Emetör bölgesinin katkı yoğunluğu baz bölgesininkine göre çok yüksek yapılırsa toplam akım üzerinde bazdan emetöre geçen deliklerin payı ihmal edilebilir. Akacak olan akım geçirme yönünde bir pn jonksiyonunun akımıdır ve değeri  $I_E \cong I_{EBS} (e^{-V_{EB}/V_T} - 1)$  bağıntısı ile belirlidir. Buradaki  $I_{EBS}$  katsayısı kollektör jonksiyonundan da akım akması (kollektörün baza kısa devre edilmesi) haline karşı düşen emetör-baz jonksiyonu doyma akımıdır.
2. Tıkama yönünde kutuplanmış olan B-C jonksiyonunda p bölgesindeki azınlık taşıyıcıları olan elektronlar kollektör bölgesine, kollektör bölgesindeki azınlık taşıyıcıları da baz bölgesine doğru, jonksiyondaki  $V_{CB}$  nin de desteklediği alanın etkisi ile akarlar. Bunların toplamı kollektör ucundan içeriye doğru bir elektrik akımı demektir. Akıma katkıda

bulunan taşıyıcıların yoğunluğu her iki bölgede de çok az olduğundan akım değeri küçüktür ve taşıyıcı yoğunlukları ile sınırlıdır.

Şimdi tekrar başa, emetör bölgesinden baz bölgesine difüzyonla geçen elektronlara dönelim. Bu elektronların baz bölgesi içinde ilerledikçe burada çoğunlukta bulunan deliklerle birleşeceklerini ve yoğunluklarının uzaklıkla üstel olarak azalacağını, elektronların difüzyon uzaklığı denilen uzaklıkta yoğunluk artımının, başlangıçtaki değerinin 1/e sine düşeceğini biliyoruz. P tipi baz bölgesinin genişliği elektronların  $L_n$  difüzyon uzaklığına göre küçük olacak şekilde çok dar yapılırsa emetörden baz bölgesine geçen elektronların henüz pek azı deliklerle birleşmişken, büyük çoğunluğu kollektör jonksiyonuna ulaşır. Bu jonksiyondaki kutuplama gerilimi elektronları kollektör bölgesine doğru akıtacak yönde olduğundan kollektör jonksiyonuna ulaşmış olan elektronlar kollektör bölgesine geçerek kollektörden dışarıya doğru bir elektron akımı (kollektörden içeriye doğru bir elektrik akımı) oluştururlar. Bu akım emetörden baza geçen elektronların akıttığı akımdan biraz küçüktür. Aradaki fark baz bölgesinden geçerken deliklerle birleşen az sayıda elektrona karşı düşen akıma eşittir. Baz bölgesi yeteri kadar dar ise baz içinde meydana gelen birleşmeler az olacağından baz akımı çok küçük ve emetör akımı yaklaşık olarak kollektör akımına eşit olur.

Burada elektron akımı yolu emetörden – baz üzerinden – kollektöre doğru, yani elektrik akımının yolu kollektörden – baz üzerinden – emetöre doğrudur ve bu akımı sağlayan toplam kaynak  $V_{CE}$  gerilimidir. Akımı kontrol eden büyüklük ise, baza geçen elektronların sayısını belirleyen  $V_{EB}$  gerilimidir. O halde transistörü Şekil 3.2 deki gibi de kutuplayabiliriz. Böylece kontrol edilen akımın, kontrolü sağlayan kaynak üzerinden akması önlenmiş olur. *Ortak bazlı devre* denilen Şekil 3.1 deki devrede kontrol kaynağından akan akım yaklaşık olarak kontrol edilen akıma eşit olduğu halde Şekil 3.2 deki *ortak emetörlü devre*’de kontrol kaynağından akan akım (baz akımı) kontrol edilen akıma göre çok küçüktür.



Şekil 3.2

npn tipi transistör için bu anlatılanlar pnp tipi bir transistör için de geçerlidir. Tek fark akım ve gerilimlerin yönlerini yukarıdakinin tersi olmasıdır. Pratikte her iki transistör tipi için de geçerli olmak üzere akım referans yönlerinin transistöre doğru alınması kabul edilmiştir.

Şekil 3.2’deki gibi kutuplanmış bir transistör için çeşitli akım – gerilim ilişkilerini gösteren eğri veya eğri ailelerine transistörün özdeşleri denir. Özdeşler arasında en önemli olanları

giriş özeğrisi ( $I_B=f(V_{BE})$ ), geçiş özeğrisi ( $I_C = f(I_B)$ ) ve çıkış özeğrileri ( $I_C = f(V_{CE})$ ,  $I_B$  parametre) dir.

### Giriş Özeğrisi

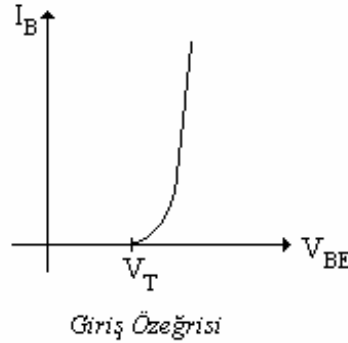
Ortak emetörlü bir devrede transistörün emetöründen bazına geçen elektronların miktarını (dolayısıyla  $I_E$  akımını) belirleyen etken  $V_{BE}$  gerilimidir.  $I_E$  nin  $V_{BE}$  ye bağımlılığı pn jonksiyonunun akım gerilim bağıntısı ile belirlidir.

$$I_E \cong -I_{EBS} \left( e^{V_{BE}/V_T} - 1 \right) \quad (I_{EBS} : \text{emetör baz jonksiyonunun ısıl doyma akımı})$$

$$I_B = -\frac{I_E}{(1 + h_{FE})}$$

O halde transistörün giriş özeğrisini belirleyen bağıntı:

$$I_B \cong \frac{I_{EBS}}{(1 + h_{FE})} \left( e^{V_{BE}/V_T} - 1 \right)$$

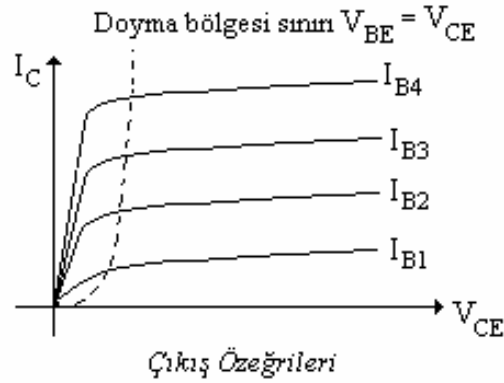


### Çıkış Özeğrileri

Bir transistörde kollektör akımını emetörden baza difuzyonla geçen taşıyıcılardan, birleşmeyle baz içinde yok olmadan kollektör jonksiyonuna ulaşabilenler oluşturur. O halde bu akım emetör akımına ve transistörün  $h_{FE}$  sine, dolayısıyla baz akımına bağlıdır, fakat kollektör emetör geriliminden bağımsızdır. Yani ideal olarak sabit bir  $I_B$  değeri için çizilecek  $I_C = f(V_{CE})$  eğrisinin yatay bir doğru olması gerekir. Ancak  $V_{CE}$  nin  $I_C$  üzerinde bazı etkileri vardır:

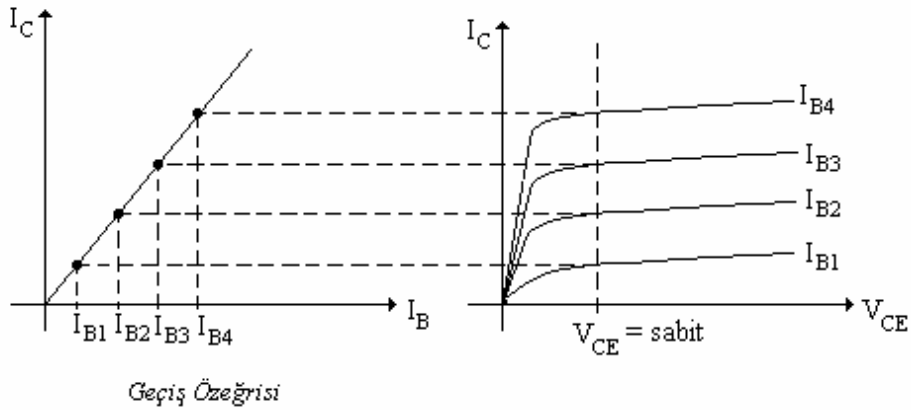
1. Kollektör baz jonksiyonu  $V_{CE} > V_{BE}$  kaldıkça tıkama yönünde kutuplanmış bir jonksiyondur. Bu jonksiyondaki geçiş bölgelerinin genişliği, tıkama gerilimi yükseldikçe artar. O halde baz bölgesinin etkin genişliği  $V_{CE}$  (dolayısıyla  $V_{CB}$ ) arttıkça azalır. Baz genişliğinin azalması ise  $h_{FE}$  nin, dolayısıyla belli bir  $I_B$  değeri için akacak kollektör akımının artması sonucunu verir. Bu etkiye *Early Olayı* denir.
2.  $V_{CE}$  nin değeri azalma yönünde değiştirilirse  $V_{CE} = V_{BE}$  değerinde çıkış jonksiyonunu tıkama yönünde kutuplayan  $V_{CB}$  gerilimi sıfıra düşer.  $V_{CE} < V_{BE}$  için ise kollektör baz jonksiyonu tıkama yönünde değil artık iletim yönünde kutuplanmıştır. Bu durumda akacak olan baz – kollektör akımını meydana getiren, kollektör ve baz bölgelerindeki çoğunluk taşıyıcılarıdır ve akımın yönü normal çalışma durumundaki akım yönünün tersidir. Baz akımına bu olaydan dolayı eklenen bileşenin yönü ise normal baz akımınıninkinin aynıdır. O halde  $V_{CE} < V_{BE}$  bölgesinde, belirli bir baz akımı için akacak olan kollektör akımı  $V_{CE} > V_{BE}$  bölgesindeki göre çok küçüktür ve  $V_{CE}$  küçüldükçe hızla azalır. Bu bölgeye

transistörün *doyma (satürasyon) bölgesi* denir. Doyma bölgesinin sınırını belirleyen  $V_{CE} = V_{BE}$  noktalarının  $I_B$  küçüldükçe sola doğru kayacağı kolayca görülebilir.



### Geçiş Özeğrisi:

Çıkış özeğrisinden,  $V_{CE}$  nin belirli bir değeri için  $I_C = f(I_B)$  akım geçiş özeğrisini veren noktalar elde edilebilir. Bu özeğri (çıkış özeğrilerinin tam yatay olmaması sebebiyle) değişik  $V_{CE} = \text{sabit}$  değerleri için başka başkadır. Ancak bunlar birbirlerine çok yakın olacağından pratikte ortalama bir  $V_{CE}$  değeri için tek bir özeğri vermekle yetinilir. *Geçiş özeğrisi* başlangıçtan geçen hemen hemen lineer bir eğridir. Bu,  $h_{FE}$  nin akımdan bağımsız sayılabileceğini ifade eder. Aslında çok küçük veya çok büyük  $I_C$  değerlerinde bazı ikincil olaylar sebebi ile  $h_{FE}$  nin değeri düşer, dolayısı ile geçiş özeğrisinin lineerliği bozulur.



## Deneyde Yapılacaklar :

**Uyarı : Bu deneyde toprak problemi sebebiyle hatalı ölçümler yapmamak için osiloskobun toprak yalıtımını yapınız.**

### Giriş :

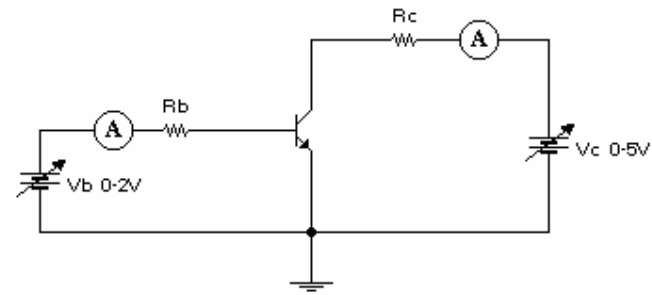
- Deney devrelerinde kullanılacak baz direnci  $33k\Omega$ , kollektör direnci  $1k\Omega$ 'dur.
  - Deneyde şekil 3.3'teki devre ile transistörün çıkış ve geçiş karakteristiği multimetre yardımıyla gerekli akım ve gerilimler ölçülerek elde edilecektir. Daha sonra şekil 3.4 ve 3.5'teki devreler ile osiloskobun X-Y modu kullanılarak aynı karakteristikler osiloskopta elde edilecektir. Son olarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılacaktır.
- Şekil 3.3'teki devreyi kurup tablo 3.1'de verilen  $V_B=0.5-1-1.5-2V$  için  $V_C$  gerilimlerini sırasıyla uygulayıp istenen akım ve gerilimleri ölçerek tabloya kaydediniz. Tablo 3.1'deki verileri kullanarak şekil 3.7 ve 3.8'e çıkış ve geçiş karakteristiklerini çizin.
  - Şekil 3.4'teki devreyi kurup osiloskop ekranında transistörün çıkış karakteristiğini elde ediniz.  $V_B$  gerilimini yani transistörün baz akımını değiştirerek çıkış karakteristiğindeki değişimi gözleyiniz. Tablo 3.1'de uyguladığınız  $V_B$  gerilimlerini sırasıyla uygulayarak elde ettiğiniz grafikleri şekil 3.9'a çizin ve daha önce çizdiğiniz şekil 3.7'deki grafiklerle karşılaştırınız.
  - Şekil 3.5'teki devreyi kurup osiloskop ekranında transistörün geçiş karakteristiğini elde ediniz. Elde ettiğiniz karakteristiğin doğruluğundan emin olduktan sonra şekil 3.10'a çizin ve daha önce çizdiğiniz şekil 3.8 ile karşılaştırınız.

### Sorular:

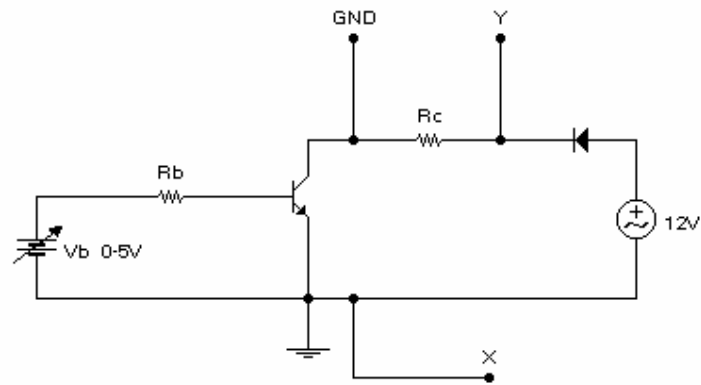
- Tablo 1 verilerine göre BJT transistorun hangi çalışma bölgeleri hangi  $V_B$  değerlerinde görülmektedir?
- BJT kontrollü kaynak olarak değerlendirilecek olursa ne tip bir kaynak olabilir? Neden?
- Bir BJT transistörün kollektör ve emitör bağlantıları yer değiştirirse kazancı nasıl değişir?
- Bir BJT transistörün çalışma bölgelerini tanımlayınız. Neye göre çalışma bölgeleri belirlenir, açıklayınız.
- Aktif bölgede çalışan bir pnp transistöre ilişkin  $I_E$ ,  $I_C$ ,  $I_B$ ,  $V_{CB}$  ve  $V_{EB}$  büyüklüklerinin işaretleri nedir (pozitif veya negatif)?
- Aktif bölgede çalışan bir npn transistöre ilişkin  $I_E$ ,  $I_C$ ,  $I_B$ ,  $V_{CB}$  ve  $V_{EB}$  büyüklüklerinin işaretleri nedir (pozitif veya negatif)?
- Bir npn-BJT anahtar olarak kullanılmaktadır, BJT nin doyuma gitmesi ve kesime gitmesi için gerekli şartları yazınız.
- Osiloskopta gözlediğiniz eğri ile daha önceki eğriler aynı şekle mi sahip, aynı veya farklı olması durumunda nedenlerini yazınız.



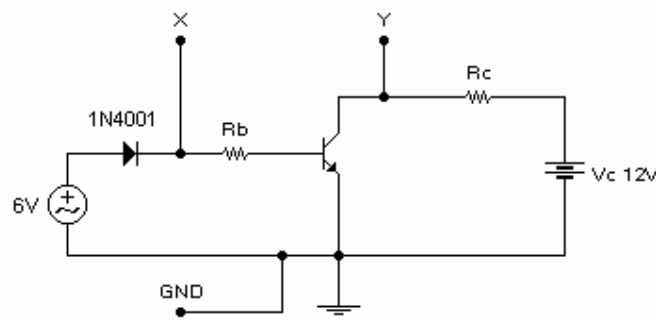
## Deney Devreleri:



Şekil 3.3



Şekil 3.4



Şekil 3.5

### DENEY 3 SONUÇ SAYFASI 1

Ad – Soyad :

Numara :

Grup No:

Amaç:

Tablo 3.1

| $V_B$ (V) | $V_C$ (V) | $I_C$ (mA) | $I_B$ (mA) | $V_{CE}$ (V) |
|-----------|-----------|------------|------------|--------------|
| 0.5       | 0.2       |            |            |              |
| 0.5       | 0.5       |            |            |              |
| 0.5       | 0.8       |            |            |              |
| 0.5       | 1         |            |            |              |
| 0.5       | 1.5       |            |            |              |
| 0.5       | 2         |            |            |              |
| 0.5       | 3         |            |            |              |
| 0.5       | 5         |            |            |              |
| 1         | 0.2       |            |            |              |
| 1         | 0.5       |            |            |              |
| 1         | 0.8       |            |            |              |
| 1         | 1         |            |            |              |
| 1         | 1.5       |            |            |              |
| 1         | 2         |            |            |              |
| 1         | 3         |            |            |              |
| 1         | 5         |            |            |              |
| 1.5       | 0.2       |            |            |              |
| 1.5       | 0.5       |            |            |              |
| 1.5       | 0.8       |            |            |              |
| 1.5       | 1         |            |            |              |
| 1.5       | 1.5       |            |            |              |
| 1.5       | 2         |            |            |              |
| 1.5       | 3         |            |            |              |
| 1.5       | 5         |            |            |              |
| 2         | 0.2       |            |            |              |
| 2         | 0.5       |            |            |              |
| 2         | 0.8       |            |            |              |
| 2         | 1         |            |            |              |
| 2         | 1.5       |            |            |              |
| 2         | 2         |            |            |              |
| 2         | 3         |            |            |              |
| 2         | 5         |            |            |              |

### DENEY 3 SONUÇ SAYFASI 2



Şekil 3.7



Şekil 3.8

### DENEY 3 SONUÇ SAYFASI 3



Şekil 3.9



Şekil 3.10

**ÖNEMLİ NOT:** Çizilen grafiklerde eksenlerin ait olduğu değişkenlerin birimleri mutlaka yazılmalıdır. Birimsiz grafikler değerlendirmeye alınmayacaktır.

**Sonuç ve Yorum:**

## DENEY 4: MOSFET KARAKTERİSTİKLERİ

**Amaç :** Bir MOSFET Transistörün çalışmasını teorik ve pratik olarak öğrenmek.

### Malzeme Listesi :

**MOSFET :** 1xBS108 N-Kanal (Kanal Oluşturmalı) ya da muadili. ( Transistörlerin yanma olasılığına karşı yedek transistör getiriniz.)

**Diyot :** 1x1N4001

**Direnç :** 1x1k $\Omega$

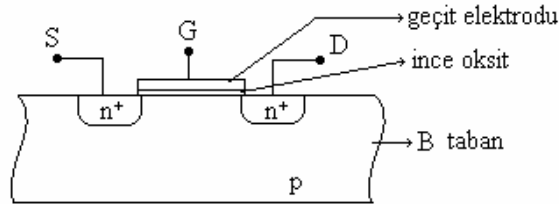
### Ön Çalışma :

- 1) MOSFET transistörlerin çalışma prensiplerini ve önemli parametrelerini inceleyiniz.
- 2) MOSFET transistörlerin transfer karakteristiklerini inceleyiniz..
- 3) Bacak bağlantıları ve eşik değerleri için **BS108 kataloğuna** bakınız..
- 4) Deney sonundaki sorulara hazırlanınız.

### 4.1 Genel bilgiler:

Alan etkili transistörler (field-effect transistor, FET) bir yarıiletkenin içinden akan akımın bir elektriksel alan yardımı ile kontrol edilmesi prensibine dayanırlar. FETler yapı bakımından iki sınıfa ayrılırlar: jonksiyonlu alan etkili transistörler (JFET) ve yalıtılmış geçitli alan etkili transistörler (metal-oksit-yarıiletken transistörler, MOSFET). Bunların ortak önemli özellikleri çok büyük (teorik olarak sonsuz) giriş direncine sahip yarıiletken aktif devre elemanları olmalarıdır. MOSFET lerin gitgide daha geniş ölçüde kullanıldıkları bir alan da dijital tümdevrelerdir. Bunun nedeni MOSFET lerin boyutlarının daha küçük olması (dolayısıyla birim kırımk alanı (pul) içine daha çok transistör sığdırma olanağı sağlaması) ve üretim süreçlerinin transistörlere oranla daha kolay olmasıdır.

Bir MOS transistörün kesiti Şekil 4.1 de verilmiştir. p-tipi bir yarıiletken taban yüzeyinde iki bölge difüzyonla katkılanarak n-tipine dönüştürülmüştür. Biri source diğeri drain olarak adlandırılan bu uçlar arasında kalan p-tipi yarıiletken tabakanın üzeri çok ince bir yalıtkan (yarıiletkenin silisyum olması durumunda silisyum dioksit) tabaka ile kaplanmıştır. Yüzeyin geri kalan kısmı, daha kalın bir yalıtkan tabaka ile kaplanmıştır. İnce oksit tabakanın üst yüzeyi üzerine bir iletken (genellikle polisilisyum veya alüminyum) film oluşturulmuştur. Bu yapıda ince oksit tabakasının yüzeyindeki iletken *geçit elektrodu* denir.



Şekil 4.1

Bu elemanın source ucu ile drain ucu arasına bir gerilim uygulandığında source–taban veya drain–taban jonksiyonları tıkama yönünde kutuplanmış olacağından devreden pratik olarak akım akmaz.

Şimdi p-tipi tabanla geçit elektrodu arasına geçidi tabana göre pozitif yapacak yönde bir doğru gerilim uygulandığını düşünelim. Meydana gelen alan etkisi ile, yarıiletken tabanın

oksit tabakasına yakın yerlerde pozitif taşıyıcılar (delikler) itilerek bu bölgeden uzaklaştırılırken, elektronlar oksit-yarıiletken geçiş yüzeyine doğru çekilirler. Uygulanan gerilimin bir değeri için bu bölgedeki elektron yoğunluğu delik yoğunluğunu aşar; yani geçit elektrodu altında kalan bölgede ince bir yarıiletken tabakası, p-tipinden n-tipine dönüşmüş olur. Böylece, zaten n-tipi olan source ve drain bölgeleri arasında bir iletim yolu (kanal) oluşmuş olur. Kanal n-tipi olduğundan böyle bir MOS a n-kanallı MOS veya kısaca nMOS denir. Kanal bölgesinin uygulanan gerilimle tip değiştirmesi olayına *evirtim*, kanal bölgesine de evirtim tabakası denir. Evirtimin meydana gelmesi için gereken minimum geçit gerilimine de *eşik gerilimi* denir ve genellikle  $V_T$  ile gösterilir. Geçide uygulanan pozitif gerilim arttırılırsa n-tipine dönüşen tabakanın kalınlığı artar, yani kanal direnci küçülür.

Yeteri kadar büyük bir gerilim uygulanarak kanalı oluşturulmuş bir MOS transistörde source (S) ucu ile drain (D) ucu arasına bir gerilim uygulanırsa kanal boyunca bir akım akar. Akımın değeri  $V_{DS}$  gerilimi ile orantılı olarak artar. S ucu tabana bağlanmış bir n kanallı MOS da D ucu S ye göre pozitif olacak şekilde bir gerilim uygulanırsa çok küçük  $V_{DS}$  değerleri için akım–gerilim bağıntısı yine lineerdir.  $V_{DS}$  gerilimi arttırılırsa, kanalın S ucuna yakın noktalarda geçit–taban gerilimi, uygulanmış olan  $V_{GS}$  gerilimine eşit olduğu halde, kanal içinde D ye doğru gidildikçe – akmakta olan akımın kanal direncinde meydana getirdiği gerilim düşümü sebebi ile – geçitle taban arasındaki gerilim azalır ve bir noktadan sonra  $V_T$  eşik geriliminin altına düşer. Böylece kanal kısılır. Bundan sonra  $V_{DS}$  gerilimi arttırılırsa da akım daha artmaz.

Şimdi tüm bu anlatılanlar ışığında MOSFET in çalışma bölgelerini inceleyelim:

## 4.2 MOSFET in çalışma bölgeleri:

### 4.2.1 Kesim bölgesi:

$V_{DS} = 0$  iken, ancak  $V_{GS} > V_T$  durumunda MOSFET iletime geçer,  $V_{GS} < V_T$  için Drain ucunda hiçbir hareketli yük bulunmayacağından  $I_D = 0$  dır.  $V_{GS} < V_T$  ve  $I_D = 0$  koşullarında transistör *kesimdedir* (cut-off) ve açık bir anahtar davranışı gösterir.

### 4.2.2 Direnç bölgesi (doymasız bölge):

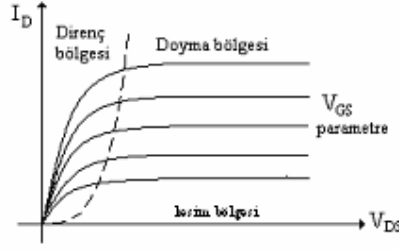
$V_{GS} > V_T$  olduğunda kanal iletkenliği  $V_{DS}$  tarafından kontrol edilmektedir. Direnç bölgesi  $V_{GS} - V_T > V_{DS}$  eşitsizliği ile tanımlanır.  $V_{DS}$  nin bu küçük değerleri için MOSFET direnç özelliği göstermektedir yani  $I_D$  akımı  $V_{DS}$  ile doğrusal olarak değişmektedir (Lineer Bölge).

$$I_D = k \left( \frac{W}{L} \right) [2(V_{GS} - V_T)V_{DS} - V_{DS}^2]$$

### 4.2.3 Doyma Bölgesi

Doyma bölgesi şartı  $V_{GS} - V_T < V_{DS}$  (sıfırdan büyük) dir. İdealde, doyma bölgesinde  $I_D$  akımı  $V_{DS}$  den bağımsızdır ve sabittir.  $I_D$  akımının değeri sadece efektif kontrol gerilimi  $V_{GS} - V_T$  nin bir fonksiyonudur. Dolayısıyla

$$I_D = k \left( \frac{W}{L} \right) (V_{GS} - V_T)^2 \quad \text{dir.}$$



Şekil 4.2

Şekil 4.2 de gösterilen akım gerilim karakteristiği ideal bir MOSFET içindir. Gerçekte ise doyma bölgesinde  $I_D$  akımı,  $V_{DS}$  ile az da olsa artar. Bu etkinin sebebi *kanal boyu modülasyonu* dur. Kanal boyu modülasyonu etkisi de dikkate alınarak:

$$I_D = k \left( \frac{W}{L} \right) (V_{GS} - V_T)^2 (1 + \lambda V_{DS}) \text{ yazılabilir.}$$

Kanal boyu modülasyonu dijital devreler için genellikle ihmal edilir ancak analog devreler için önemli olabilir.

Buraya kadar anlatılmış olan MOS larda geçite bir gerilim uygulanmadığı sürece bir iletim kanalı yoktur. Kanalı, geçide uygulanan gerilim oluşturur. Bu yüzden, bu tip bir MOS'a kanal oluşturmali MOS (enhancement MOS, normally-off MOS) denir. Lojik devrelerde kullanılan MOS lar bu tiptendir. Bazı uygulamalarda geçide gerilim uygulanmamışken MOS un belirli bir ölçüde iletken olması,  $V_{GS}$  gerilimini bir yönde değişimi ile akımın artması, diğer yönde değişimi ile akımın azalması istenir. N-kanallı MOS transistörlerde bu durum tabanın katkı yoğunluğuna bağlı olarak, genellikle kolayca sağlanır, p-kanallı yapılarda kanal bölgesinin katkılanması gerekir. Bu tipten bir MOSa da kanal ayarlamalı MOS (depletion MOS, normally-on MOS) denir.

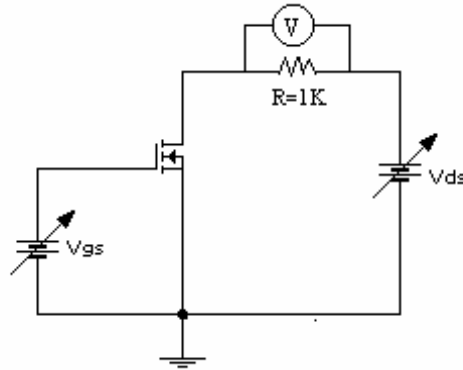
### 4.3 Deneyde Yapılacaklar :

- 1) Şekil 4.3'deki devreyi kurup  $V_{DS}$  kaynağını 2V'a ayarlayınız. Daha sonra  $V_{GS}$ 'yi 0V'dan itibaren arttırarak mosfetin ilettime geçtiği  $V_{GS}$  eşik gerilimini tespit ediniz.
- 2)  $V_{GS}$  ve  $V_{DS}$  gerilimlerini 0V'a ayarlayınız. Daha sonra  $V_{GS}$ 'yi 0V'dan itibaren 0.5V adımlarla 2V'a kadar arttırırken her adım için;  $V_{DS}$ 'nin 0V, 0.1V, 0.2V, 0.3V, 0.4V, 0.5V, 1V, 2V, 4V, 6V, 8V ve 10V değerlerinde devreden geçen  $I_D$  akımını ölçünüz.  $I_D$  akımını değerlendirirken 1K'lık direnç üzerindeki gerilimi göz önüne alınız. Bulduğunuz değerler ile Tablo 4.1'i doldurunuz. Bu tablodan yararlanarak  $I_D$ - $V_{DS}$  karakteristiğini Şekil 4.4'deki koordinat eksenine çiziniz.
- 3-) Mosfetin  $I_D - V_{DS}$  eğrisini osiloskop ekranında gözlemlemek üzere uygun devreyi kurunuz. Gözlemlediğiniz eğriyi Şekil 4.5'deki koordinat eksenine çiziniz.

#### 4.4 Sorular:

1. İdeal bir gerilim kontrollü akım kaynağının 3 önemli özelliğini belirtiniz.
2. NMOS kanal oluşturmali bir MOSFET in temel yapısını çiziniz.
3. NMOS kanal ayarlamali bir MOSFET in temel yapısını çiziniz.
4. NMOS kanal oluşturmali bir transistörün çıkış ve geçiş karakteristiklerini çiziniz.
5. NMOS transistörlerin PMOS transistörlere göre daha çok kullanılmasının nedeni nedir?
6. Eşik gerilimi  $V_T$  nin
  - a. kanal oluşturmali
  - b. kanal ayarlamali MOSFET ler için anlamını açıklayınız.
7. Bir MOSFET e ilişkin  $W/L$  oranının  $I_D$  akımına etkisi nedir?
8. Bir MOSFET direnç olarak kullanılabilir mi? Nasıl?
9. Bir MOSFET anahtar elemanı olarak kullanılabilir mi? Nasıl?
10. Bir MOSFET kuvvetlendirici olarak kullanılabilir mi? Nasıl?
11. CMOS ne demektir?

#### Deney :



Şekil 4.3



## DENEY 4 SONUÇ SAYFASI

Ad – Soyad :

Numara :

Grup No:

Amaç:

Deney sırasında gerekli yerleri doldurunuz.

1. Mosfetin İletime Geçtiği  $V_{GS}$  Eşik Gerilimi :  $V_T =$

Tablo 4.1 Akım değerleri

| $V_{DS}$ | $V_{GS}=0V$<br>$I_{DS}$ | $V_{GS}=0.5V$<br>$I_{DS}$ | $V_{GS}=1V$<br>$I_{DS}$ | $V_{GS}=1.5V$<br>$I_{DS}$ | $V_{GS}=2V$<br>$I_{DS}$ |
|----------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 0V       |                         |                           |                         |                           |                         |
| 0.1V     |                         |                           |                         |                           |                         |
| 0.2V     |                         |                           |                         |                           |                         |
| 0.3V     |                         |                           |                         |                           |                         |
| 0.5V     |                         |                           |                         |                           |                         |
| 0.7V     |                         |                           |                         |                           |                         |
| 1V       |                         |                           |                         |                           |                         |
| 2V       |                         |                           |                         |                           |                         |
| 4V       |                         |                           |                         |                           |                         |
| 6V       |                         |                           |                         |                           |                         |
| 8V       |                         |                           |                         |                           |                         |
| 10V      |                         |                           |                         |                           |                         |



Şekil 4.4



Şekil 4.5

**ÖNEMLİ NOT:** Çizilen grafiklerde eksenlerin ait olduğu değişkenlerin birimleri mutlaka yazılmalıdır. Birimsiz grafikler değerlendirmeye alınmayacaktır.

**Sonuç ve Yorum:**

## DENEY 5 : TRANSİSTÖRÜN ZAMAN, ISI VE IŞIK ANAHTARI OLARAK KULLANILMASI

**Amaç :** Endüstride anahtar olarak kullanılan transistörün kesim ve doyum durumlarındaki çalışmalarını incelemek. Transistörün zaman, ışık ve ısı değişimleriyle anahtarlanmasını öğrenmek.

### Malzeme Listesi :

**Direnç :** 1x330Ω - 1x1kΩ - 1x100kΩ - 1x100kΩ POT

**Kondansatör :** 1x220μf

**Transistör :** 1x BC 237

**Sarf :** 1xLED – 1xLDR (1kΩ ~10kΩ) – 1xNTC (1kΩ ~10kΩ) veya PTC

### Genel Bilgiler :

#### *Zaman Gecikmeli Devreler*

Günümüzde birçok yerde zaman gecikmesiyle çalışan veya duran devreler kullanılmaktadır. Elektronik zaman gecikmeli devreler çeşitli yapı elemanlarıyla çeşitli prensiplerde çalışacak şekilde yapılırlar. Bunları genel olarak üç grupta toplayabiliriz.

- 1) Zaman gecikmesiyle çalışmaya başlayan devreler,
- 2) Zaman gecikmesiyle çalışmasını durduran devreler,
- 3) Programlanabilir zaman gecikmeli devreler.

#### *Zaman gecikmesiyle çalışmaya başlayan devreler :*

Anahtara basıldığında kontrol edilen devreyi ayarlanan süre sonunda çalıştırılır ve çalışma sürekli devam eder. Aynı çalışmanın tekrarı için devrenin ya beslemesi kesilmeli ya da gecikme devresinde görev yapan **kondansatör uçlarındaki gerilim sıfır yapılmalıdır**.

#### *Zaman gecikmesiyle çalışmayı durduran devreler:*

Anahtara basıldığında kontrol edilen devreyi hemen çalıştırılır, ayarlanan süre sonunda çalışmayı otomatik olarak durdururlar. Aynı çalışmanın tekrarı yukarıda bahsedilen yollardan birinin uygulanması ile mümkündür.

#### *Programlanabilir zaman gecikmeli devreler:*

Bir makinenin önceden belirlenen bir programa göre belli sürelerde çalışma ve durdurma işlemlerini periyodik olarak sürdüren devrelerdir.

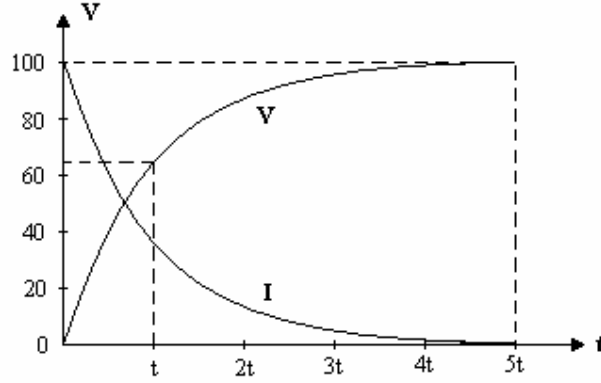
Doğrusal çalışan analog zamanlayıcılarda zaman gecikmesi, bir direnç üzerinden yavaş yavaş şarj olan bir kondansatörle sağlanır. Bir RC devresiyle en fazla 1.5-2 saatlik gecikme sağlanabilir. Bu süre aşılmak istenirse, kondansatörden yeterli akım akmadığından şarj olamaz. Sayısal zamanlayıcılarda zaman gecikmesi, frekansın multivibratör (Flip-flop) devreleriyle bölünmesiyle elde edilir. Bu tip zamanlayıcılar ile daha uzun gecikmeler elde etmek mümkündür.

#### *RC Zaman Sabiti ( $\tau$ ) :*

$$\tau = R \times C$$

Dolan bir kondansatörde zaman sabiti, boş bir kondansatörün %63'üne doluncaya kadar geçen süredir.

Boşalan bir kondansatörde zaman sabiti ise, dolu bir kondansatörün %37'sine boşalınca kadar geçen süredir.



Şekil 5.1 Bir kondansatörün dolma karakteristiği

Şarj olan bir kondansatörün herhangi bir andaki şarj gerilim değeri ;

$$V_c = V_s \times \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

formülüyle hesaplanır. Bu formülde :

$V_c$ =Kondansatör şarj gerilimi

$V_s$ =Kaynak gerilimi

$R$ =Ohm olarak direncin değeri

$C$ =Farad olarak kondansatörün değeri

$t$ =saniye olarak 0 anından sonraki zaman

### **Isı Kontrol Devreleri**

Isıtıcı-soğutucu cihazlarda, sıcaklık koşulları değiştiğinde çalışmasının da değişmesi istenen devrelerde ısı kontrolü yapılır. Termistör ısı ile çalışan bir anahtardır. Genellikle metallerin ısı ile genleşmesi prensibine göre çalışır. İki çeşittir:

- 1) *NTC (Negative Temperature Coefficient)* : Negatif ısı katsayılı dirençtir. Isındıkça direnç değeri azalır. Soğuyunca artar.
- 2) *PTC (Positive Temperature Coefficient)* : Pozitif katsayılı dirençtir. Isındıkça direnci artar. Soğuyunca azalır.

### **Işık Kontrol Devreleri**

Ortamda ışık olup olmaması durumlarına göre otomatik olarak çalışan devreler ışık kontrollü devrelerdir. Sokak lambalarının güneş batımında yanması, hava aydınlandığında otomatik olarak sönmesi bu tip devrelere güzel bir örnektir.

Işık kontrol devreleri, ışık etkisiyle direnci değişen LDR (Light Dependent Resistor) yani foto direnç elemanı kullanılır. Foto direnç üzerine ışık düşürüldüğünde direnci azalır, üzerinden geçen akım artar.

### Deney Öncesi Yapılacaklar :

- Deneyde kullanılacak olan LDR ve NTC elemanları ile RC zaman sabiti hakkında bilgi ediniz. Bu elemanlarla devre çalışmasını inceleyip aşağıdaki soruların cevaplarını araştırınız.
- Deneye gelmeden önce almış olduğunuz LDR, NTC (PTC) elemanlarının **direnç değerlerini ve direnç değerlerinin ortam koşullarıyla (ışık ve ısı) değişimini tespit ediniz.** Şekil 5.2'deki devreyi bu doğrultuda yeniden tasarlayınız. **Deneyin 2. ve 3. aşamalarında kuracağınız devreler sizin tasarladığınız devreler olacaktır.**

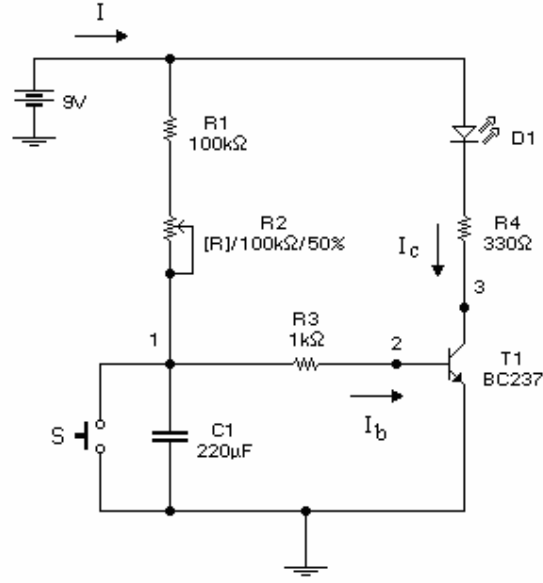
### *İpucu:*

1. LDR'nin aydınlık ve karanlık ortamlarda gösterdiği direnç değerlerini, NTC (PTC)'nin ortam sıcaklığında ve el ile biraz ısıtıldıklarında direnç değişimlerini kaydediniz.
  2. LDR ve NTC (PTC) sırasıyla C1 kondansatörünün yerine yerleştirilip, transistörün doğru kutuplanması ve doğru zamanlarda anahtarlama yapmasını sağlamak için R1 direncinin değeri bulunacaktır. 100k $\Omega$ 'luk R2 direnci ile ince ayar yapılacaktır.
  3. LDR'li devre, ortam ışığında OFF durumunda (LED sönmük), karanlıkta ON durumunda (LED yanık) olacak şekilde çalışacaktır.
  4. NTC'li devre ortam ısısında ON durumunda, NTC ısıtıldığında OFF durumunda olacak şekilde çalışacaktır.
- **Almış olduğunuz 100k $\Omega$ 'luk Potansiyometrenin (POT) ayaklarına tel lehimleyiniz. Aksi takdirde POT'un ayakları çok büyük olduğu için boardun üzerine yerleşmeyebilir.**

### Deneyde Yapılacaklar :

1. Şekil 7.2'de verilen devreyi kurup çalışmasını inceleyiniz, tabloda istenen noktalardaki gerilimleri ölçüp kaydediniz. Tablo 5.2 ve 5.3'ü doldurunuz.
  - C1 kondansatörünün üzerine paralel bağlayacağınız bir anahtar ya da tel yardımı ile kondansatörü kısa devre ediniz ve şarj süresince LED'in durumunu gözleyiniz.
  - R2 POT'unun değerini değiştirdiğinizde devrenin çalışmasının nasıl değiştiğini inceleyiniz.
2. Şekil 5.2'deki devreyi LDR kullanarak ışık kontrollü devre haline getiriniz, devrenin çalışmasını inceleyiniz. Tablo 5.2 ve 5.3'ü doldurunuz.
  - C1 kondansatörü yerine LDR takınız. Deneye gelmeden önce yaptığınız hesaplamalar doğrultusunda R1 direncini bağlayınız. R2 POT'u ile ince ayar yapınız. Devrenin ortam ışığında ve karanlıkta çalışmasını gözlemleyiniz.
3. Şekil 5.2'deki devreyi NTC ya da PTC kullanarak ısı kontrollü devre haline getiriniz, devrenin çalışmasını inceleyiniz. Tablo 5.2 ve 5.3'ü doldurunuz.
  - C1 kondansatörü yerine NTC (PTC) takınız. Deneye gelmeden önce yaptığınız hesaplamalar doğrultusunda R1 direncini bağlayınız. R2 POT'u ile ince ayar yapınız. Devrenin ortam ısısı ve ısıtıldığında çalışmasını gözlemleyiniz.

### Deney :



Şekil 5.2

### Sorular:

- 1) R ve C elemanları ile ne tip devre yapıları oluşturulabilir?
- 2) LDR hakkında bilgi veriniz. Bu elemanla ne tip devreler oluşturulabilir?
- 3) NTC ve PTC elemanları hakkında bilgi veriniz. Bu elemanlarla ne tip devreler oluşturulabilir?
- 4) Deneyde kurduğumuz devrenin ne gibi sınırlamaları vardır? Nerelerde kullanılabilir, nerelerde kullanılamaz?
- 5) Şekil 5.2'deki devrede R2 direncinin görevi nedir?
- 6) Merdiven otomatığı devresi tasarlayınız.
- 7) Hava karardığında otomatik olarak evin ışıklarını açacak ve perdelerini kapatacak bir devre tasarlayınız.
- 8) Yazın hava ısındığında soğutucuyu, kışın soğuduğunda ise ısıtıcıyı çalıştıracak bir devre tasarlayınız.
- 9) Elektronik termometre devresi tasarlayınız.
- 10) Aydınlık olunca LED'i yakan bir devre tasarlayınız. Ek elemanlar kullanarak bir butona basılana kadar LED'in sönmemesini sağlayınız.

## DENEY 5 SONUÇ SAYFASI

Ad – Soyad :

Numara :

Grup No:

Amaç:

| Deneyde kullanılan elemanların direnç değerleri |     |     |
|-------------------------------------------------|-----|-----|
| LDR                                             | NTC | PTC |
|                                                 |     |     |

Tablo 5.1

| Ölçü Noktaları |            |   |   |   |                |                |   |
|----------------|------------|---|---|---|----------------|----------------|---|
| Montaj         | Durum      | 1 | 2 | 3 | I <sub>b</sub> | I <sub>c</sub> | I |
| Zaman          | LED sönmük |   |   |   |                |                |   |
|                | LED yanık  |   |   |   |                |                |   |
| Işık           | Aydınlık   |   |   |   |                |                |   |
|                | Karanlık   |   |   |   |                |                |   |
| Isı            | Sıcak      |   |   |   |                |                |   |
|                | Soğuk      |   |   |   |                |                |   |

Tablo 5.2

| Devre | R1 | R2 | Süre (sn) |
|-------|----|----|-----------|
| Zaman |    |    |           |
|       |    |    |           |
| Işık  |    |    |           |
| Isı   |    |    |           |

Tablo 5.3

Sonuç ve Yorum:

## DENEY 6 : BİPOLAR TRANSİSTÖRLÜ KUVVETLENDİRİCİLERİN FREKANS CEVABI

**Amaç :** Tek katlı ortak emetörlü kuvvetlendiricilerde kazancın eleman değerlerine ve frekansa bağlılığını gözlemek.

### Malzeme Listesi :

**Transistör :** 1x BC237 transistör

**Kondansatör :** 2x10 $\mu$ f, 1x470 $\mu$ f, 1x1nf,

**Direnç :** 1x82k $\Omega$ , 1x8.2k $\Omega$ , 1x1k $\Omega$ , 1x3.3k $\Omega$ , 1x12k $\Omega$

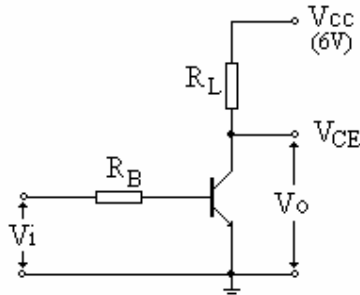
### Genel Bilgi:

Küçük genlikli işaretlerin büyük genlikli işaretlere dönüştürülmesini sağlayan devrelere Kuvvetlendirici Devreler denir. Bu devreler girişlerine uygulanan sinyalleri, kuvvetlendiricinin gerilim kazancı kadar yükselterek çıkışa verirler. Çıkışta elde edilen güç, girişe verilen gücün kuvvetlenmiş halidir. ( Transformatörlerde ise seconder çıkışında elde edilen güç ile primer tarafından verilen güç birbirlerine eşittir.  $\Rightarrow V_P \times I_P = V_S \times I_S$  ). Bir önceki kuvvetlendirici devresinin çıkışının, bağlantısı benzer diğer bir kuvvetlendirici devresinin girişine bağlanması (Kaskat Bağlantı) ile oluşan ve birden fazla transistör içeren devreler çok katlı kuvvetlendiriciler olarak adlandırılır. Yüksek kazanç elde etmek için bu tür kuvvetlendiriciler kullanılır. Uygulama alanlarına ve istenen performansa göre kuvvetlendiriciler 3 farklı bağlantı biçiminde kullanılır.

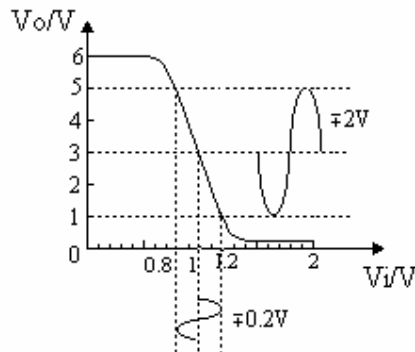
### Ortak Emetörlü Kuvvetlendirici

Ortak emetörlü devre, emetörün girişle çıkış arasında ortak kullanıldığı kuvvetlendirici biçimidir. Ortak emetörlü devre diğer kullanılan kuvvetlendiricilere (Ortak Kollektörlü Kuv., Ortak Bazlı Kuv.) göre kullanımı daha yaygın olan kuvvetlendirici devresidir. Çıkışta elde edilen güç kazancı diğer kuvvetlendiricilere kıyasla çok yüksektir. Ayrıca devrenin giriş direnci de yüksek olduğundan kaskat bağlamaya uygundur.

Ortak emetörlü kuvvetlendiricinin temel devresi Şekil 6.1’de verilmiştir. Şekil 6.2 ‘de ise kuvvetlendiricinin (giriş – çıkış eğrisi) geçiş eğrisi verilmiş olup, kuvvetlendirme işlemi rahatlıkla görülmektedir.



Şekil 6.1



Şekil 6.2

Şekil 6.2’den görüldüğü gibi giriş ile çıkış arasında  $180^\circ$  lik faz farkı bulunmaktadır. Şekil 6.2’ de geçiş eğrisi üzerinde verilen değerlere göre, Şekil 6.1’deki kuvvetlendirici devresi giriş sinyali  $V_i$ ’yi 10 kat kuvvetlendirmiştir.

$$K_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{4}{0.4} = 10$$

Girişe verilen sinyalin gerilim seviyesi çok düşük ve ya yüksek olması durumunda çıkış sinyali bozulmaya (kırılır) uğrar. Bu da çıkışta distorsiyonlu işaretin elde edilmesine neden olur.

### **Ortak Kollektörlü Kuvvetlendirici**

Ortak kollektörlü devre, kollektörün girişle çıkış arasında ortak kullanıldığı kuvvetlendirici biçimidir. Devre yüksek giriş direnci ve düşük çıkış direncine sahiptir. Fakat elde edilen gerilim ve güç kazancı ortak emetörlü kuvvetlendiriciden elde edilen kazanca göre oldukça düşüktür.

### **Ortak Bazlı Kuvvetlendirici**

Ortak bazlı devre, bazın girişle çıkış arasında ortak kullanıldığı kuvvetlendirici biçimidir. Bu tür kuvvetlendiriciden elde edilen gerilim kazancı yüksek olmasına rağmen, giriş direnci düşük, çıkış direnci yüksek olan kuvvetlendirici biçimidir.

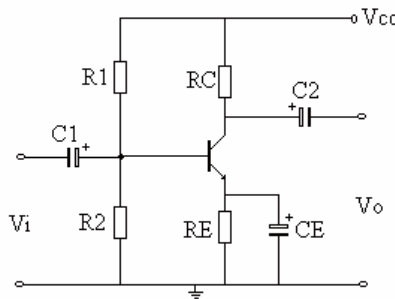
### **Kuvvetlendiricinin Performansını Tanımlayan Önemli Parametreler**

- Gerilim Kazancı
- Akım Kazancı
- Güç Kazancı
- Giriş Direnci
- Çıkış Direnci

Kuvvetlendirici tasarlarken istenilen parametre değerleri sağlanacak şekilde eleman değerleri ve kuvvetlendirici tipi seçilir. Ayrıca çıkışta minimum distorsiyon sağlanacak şekilde girişteki gerilim seviyesi ayarlanır.

### **1. Ortak Emetörlü Kuvvetlendirici Devresinin Teorik Analizi:**

Bu deneyde ortak emetörlü kuvvetlendirici devresinin eleman değerlerine ve frekansa bağımlılığını gözleyeceğimizden Şekil 6.3’deki OE ‘lü devrenin teorik analizini yapalım.



Şekil 6.3



Şekil 6.3 deki OE kuvvetlendirici devresinden görüldüğü gibi giriş gerilimi baz gerilimi, çıkış gerilimi ise kollektör gerilimidir. Devre DC şartlar altında incelendiğinde devrede bulunan kapasiteler açık devre, AC şartlar altında (orta frekans bölgesinde) incelendiğinde ise kısa devre edilir. Bu koşullar dikkate alınarak Şekil 6.3'deki ortak emetörlü devrede kullanılan elemanları inceleyelim.

**C1 :** Bu kondansatör girişten gelecek DC sinyali yalıtmaq amacıyla kullanılır.

**C2 :** Bu kondansatör, kuvvetlendiricinin çıkışına bağlanan devreye DC işaret gönderilmesini engeller. Devreleri DC bileşenler açısından yalıtmaq amacıyla kullanılan kondansatörlere bağlama kondansatörleri denir.

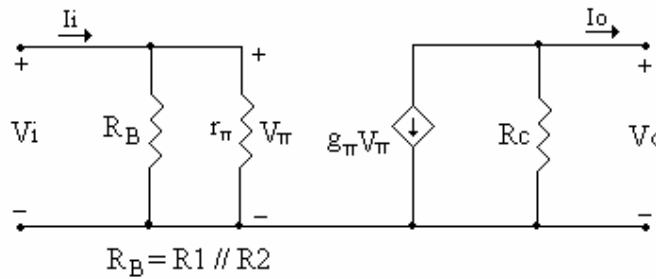
**CE :** AC işaretler açısından incelendiğinde kısa devre olur ve RE direncinin kazanç üzerindeki olumsuz etkisini ortadan kaldırır. Değişken işaretler açısından istenmeyen elemanların kısa devre edilmesi için kullanılan kondansatörlere köprüleme kondansatörleri denir.

**RE :** Emetör direnci DC şartlar altında incelendiğinde devreye olumlu yönde etkisi olmaktadır. RE direnci, kuvvetlendiricinin özelliklerinin transistör parametrelerine olan bağımlılığını azaltmakta ve iyileştirici etkiler meydana getirmektedir. Transistördeki kaçak akımlar nedeniyle kollektör akımında ve transistörün  $\beta$  değerinde meydana gelen değişimler, RE direnci sayesinde çalışma noktasında büyük bir kayma yaratmayacaktır. AC şartlar altında emetörde köprülenmemiş direnç bulunması devrenin kazancını mutlak olarak azalmasına neden olacaktır.

**R1 ve R2 :** Devrede gerilim bölücü olarak kullanılan bu dirençler ile  $I_B$  akımı, dolayısıyla  $I_C$  akımının değerleri kontrol edilebilir.

### Orta frekans bölgesinde

Kuvvetlendirici orta frekans bölgesinde incelendiğinde, bağlama ve köprüleme kondansatörleri (C1,C2,CE) kısa devre edilir. Kuvvetlendirici içinde kullanılan transistörlerin, yapısından kaynaklanan iç kapasiteleri bulunmaktadır. Bu kapasiteler yarıiletken elemanların yapısında bulunan jonksiyonlar arasında meydana gelir. Bu kapasiteler pF değerindedir. Kuvvetlendirici orta ve düşük frekans bölgesinde incelendiğinde bu kapasitelerin empedans değerleri çok büyük olacağından açık devre gibi düşünülebilir. Şekil 6.4'de OE'lü kuvvetlendiricinin orta frekans bölgesinde eşdeğer devre modeli verilmiştir.

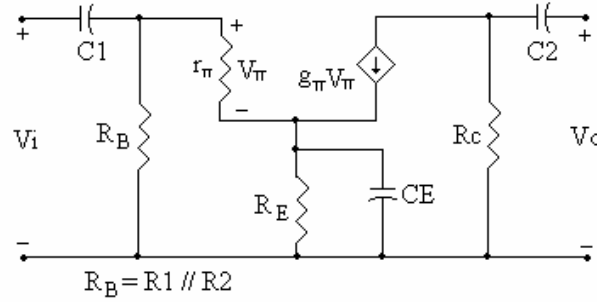


Şekil 6.4

### Düşük frekans bölgesinde

Bağlama ve köprüleme kondansatörleri, frekansın küçülmesi halinde devrenin değişken işaret özellikleri üzerinde etkisi olacaktır. Bu kapasiteler  $\mu F$  değerindedir. Düşük frekanslarda

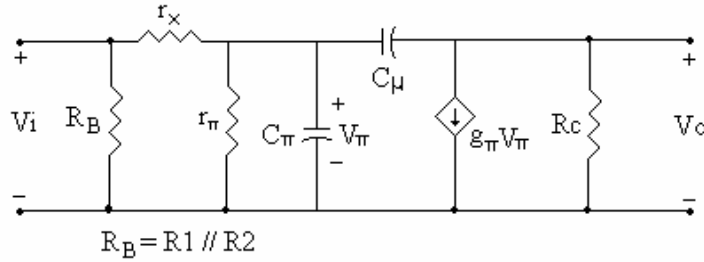
kondansatörlerin empedans değerleri artar  $\left( X_C = \frac{1}{2\pi fC} \right)$  ve devrede göz ardı edilemeyecek değer alırlar. Empedans değerlerinin etkisi ile kuvvetlendiriciden elde edilen kazanç azalır. Transistörün iç yapısından kaynaklanan, jonksiyonlar arasında oluşan kapasiteler ise daha önce bahsedildiği gibi kapasitif değerlerinden dolayı açık devre olarak davranır. Şekil 6.5’de OE’lü kuvvetlendiricinin düşük frekans bölgesinde eşdeğer devre modeli verilmiştir.



Şekil 6.5

### Yüksek frekans bölgesinde

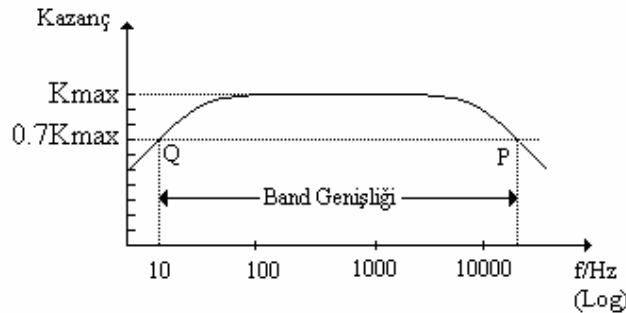
Frekans yükseldiğinde transistörün iç yapısından kaynaklanan, jonksiyonlar arasında oluşan kapasitelerin etkileri artmaktadır. Bu da yüksek frekanslarda kuvvetlendiriciden elde edilen kazancın azalmasına neden olmaktadır. Şekil 6.6’da OE’lü kuvvetlendiricinin yüksek frekans bölgesinde eşdeğer devre modeli verilmiştir.



Şekil 6.6

### Kuvvetlendiricinin Kazanç-Frekans Eğrisi:

Bu bilgiler doğrultusunda kuvvetlendiricinin kazanç-frekans eğrisi çizildiğinde Şekil 6.7’deki eğri elde edilir.



Şekil 6.7

Kazanç frekans eğrisinden görüldüğü gibi kazancın  $1/\sqrt{2}$  'sine düştüğü noktalar ( Q , P ) köşe frekansları olarak adlandırılır. Kuvvetlendiriciden maksimum kazanç elde etmek için kuvvetlendirici orta frekans bölgesinde çalıştırılmalıdır. Q noktasına karşılık gelen frekans  $f_L$  alt kesim frekansı, P noktasına karşılık gelen frekans üst kesim frekansı olarak adlandırılır. Köşe frekansları arasında kalan bölge kuvvetlendiricinin band genişliği olarak adlandırılır.

$$Bandwidth = f_H - f_L$$

### Deney Öncesi Yapılacaklar :

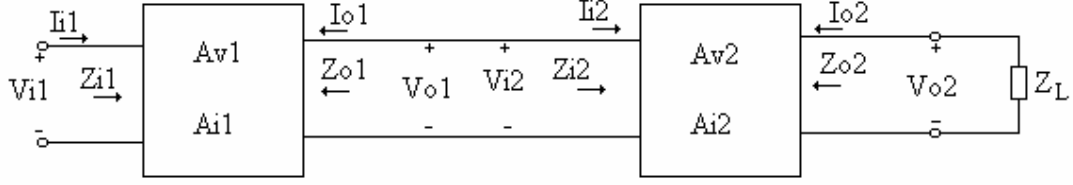
- 1) Şekil 6.10'daki devreyi DC çalışma koşullarında inceleyiniz. (Deneyde incelenen devrenin eleman değerlerini kullanarak devrenin DC çalışma noktasındaki  $I_{CQ}$  ve  $V_{CEQ}$  değerleri hesaplanacak)
  - 2) Orta frekanslarda aynı devrenin giriş ve çıkış empedanslarını ve kuvvetlendiricinin gerilim kazancını bulunuz.
  - 3) Devrenin alt ve üst kesim frekans değerlerini bulunuz.
  - 4) Hesaplamalar doğrultusunda elde edilen kritik noktaları, Kazanç-Frekans eğrisi üzerinde gösteriniz.
- (Hesaplamalar için ders notlarınız yeterli olacaktır. Hesaplamalarda transistörler için gerekli parametreler kataloglardan elde edilecektir.)

### Deneyde Yapılacaklar :

- 1) Şekil 6.10'da verilen devreyi kurunuz. ( $V_{in}$  değişken frekanslı sinüzoidal gerilim kaynağıdır.)
- 2)  $f=1\text{KHz}$  ve  $V_{in}=20\text{mV}$  (peak to peak) uygulayınız. CE devredeyken ve değilken gerilim kazancını bulunuz.
- 3) Sinyal üreticinin frekansını değiştirerek devrenin alt ve üst kesim frekansını belirleyiniz.

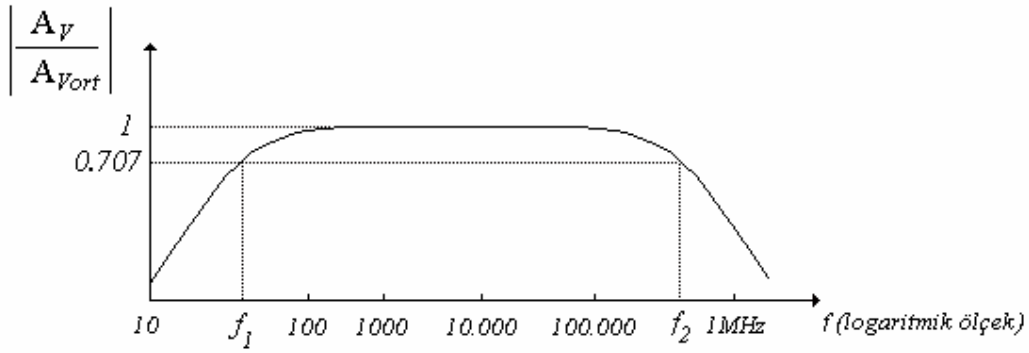
### Sorular:

1. Girişe verilen sinyalin gerilim seviyesinin düşük ve yüksek olması durumunda çıkışta elde edilen sinyal bozulmaya uğrar. Bu durumu giriş-çıkış eğrisi üzerinde gösteriniz.
2. OE'li devre DC şartlar altında incelendiğinde RE direncinin devreye olumlu etkisi nasıl olmaktadır.
3. Transistörün yarı iletken yapısından kaynaklanan ve jonksiyonlar arasında oluşan jonksiyon kapasitesi ve difuzyon kapasitesinin yüksek frekanslarda etkisi nasıl olmaktadır.
4. Kaskat bağlı çok katlı transistörlü kuvvetlendiricilerde kazanç nasıl hesaplanır. Hesaplama yer alan parametreleri blok bazında basit olarak gösteriniz.
5. Şekil 6.8'de iki katlı yükselteç devresinde, birinci katın gerilim kazancı  $A_{V1} = -40$  ; ikinci katın gerilim kazancı  $A_{V2} = -50$  ve birinci katın giriş gerilimi  $V_{i1} = 1\text{mV}$  ise ikinci katın çıkış gerilimi  $V_{O2}$  'i hesaplayınız.
6. Şekil 6.8'deki kuvvetlendirici devresinin toplam gerilim ve güç kazancını belirli empedans ve akım parametrelerine bağlı olarak formülüle ediniz.



Şekil 6.8

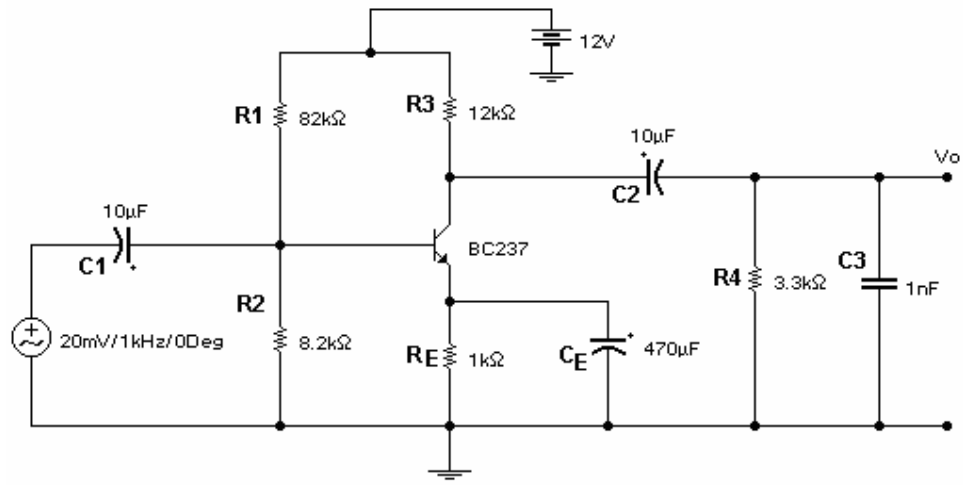
7. 40W çıkışlı bir yükselteç  $10\Omega$  'luk bir hoparlöre bağlanmıştır.
- Güç kazancı 25dB ise tam güç sağlamak için gereken giriş gücünü bulunuz.
  - Yükseltecin gerilim kazancı 40dB ise nominal çıkış için giriş gerilimini hesaplayın.



Şekil 6.9

8. Uygulamada kazancın frekansa göre değişimi genelde Desibel cinsinden verilir. Decibel kavramı ve ilgili hesaplamalar hakkında bilgi edininiz. Şekil 6.9'da görülen frekans-normalize kazanç eğrisinin desibel cinsinden kazanç(dB)-frekans grafiğini tekrar elde ediniz. (Normalize kazanç, her bir frekanstaki kazanç değeri orta frekanslardaki kazanç değerine bölünerek elde edilir.)

**Deney Devresi :**



Şekil 6.10 Ortak Emetörlü Kuvvetlendirici

## DENEY 6 SONUÇ SAYFASI

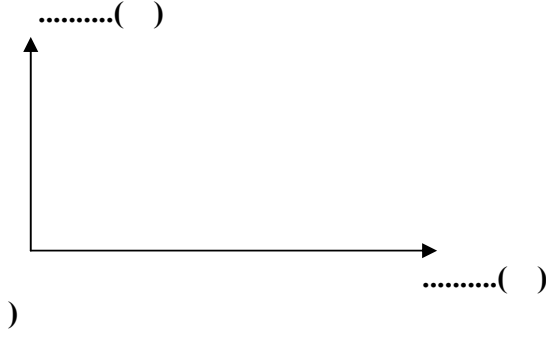
Ad – Soyad :

Numara :

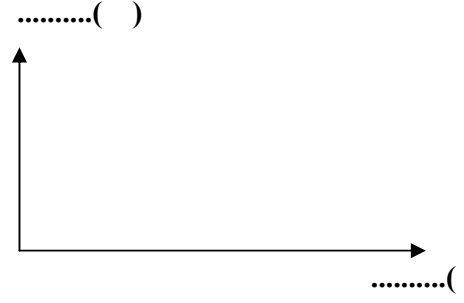
Grup No:

Amaç:

1.a)  $C_E$  devredeyken ve değilken elde edilen kazanç grafiklerini veriniz.



$C_E$  devredeyken



$C_E$  devrede değilken

1.b) Her iki durum için elde edilen kazanç eğrilerini yorumlayınız.

2.a) Sinyal retecinin frekansını değiştirerek elde ettiğiniz kazanç-band değişliği eğrisini veriniz.



2.b) Kuvvetlendiricinin band deęiřlięi nedir?

**ÖNEMLİ NOT:** izilen grafiklerde eksenlerin ait olduğu değişkenlerin birimleri mutlaka yazılmalıdır. Birimsiz grafikler değerlendirmeye alınmayacaktır.

**Sonuç ve Yorum:**

## DENEY 7: MOSFET'Lİ KUVVETLENDİRİCİ DEVRELERİNİN FREKANS CEVABI

**Amaç:** Mosfetli kuvvetlendiricilerde kazancın frekansa ve eleman değerlerine bağımlılığını gözlemek.

### Malzeme Listesi :

**MOSFET :** 1xBS108 ya da muadili

**Kondansatör :** 3x1μF, 3x100μF

**Direnç :** 1x220Ω, 1x1kΩ, 1x10kΩ, 1x360kΩ, 1x1MΩ

### Genel Bilgi :

#### *MOS'lu Kuvvetlendiriciler:*

MOSFET olarak adlandırılan yarıiletken eleman iki gruba ayrılır:

1. Kanal oluşturmali MOSFET
2. Kanal ayarlamali MOSFET

Kanal oluşturmali MOSFET'te drain ile source arasında belli bir kanal transistörün üretimi sırasında oluşturulmamıştır. Gate ile source arasına uygulanan gerilim sayesinde bu kanal oluşur. Kanal ayarlamali MOSFET'te ise bu kanal zaten vardır. VGS gerilim ile kanal genişliği ayarlanarak  $I_D$  akımı ayarlanır.  $I_D$  akımının  $V_{DS}$  geriliminden bağımsız alınabildiği doyma bölgesinde;

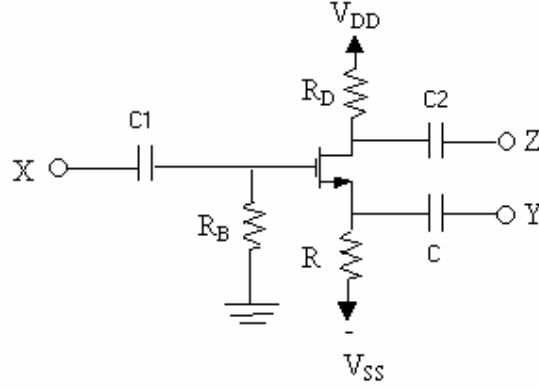
$$ID = \frac{\beta}{2} \cdot (V_{GS} - V_{Th})^2$$

ilişkisi vardır.

Prensip olarak her devrede her düğümden toprağa doğru bir kapasite mevcuttur. Kuvvetlendirici devrelerinde kondansatör kullanılmasının amacı, AC işaretler açısından istenmeyen elemanların kısa-devre edilmesidir. AC işaretler göz önüne alındığında kondansatörün değeri, çalışılan frekans aralığında yeteri kadar büyük seçilmiş ise kondansatörler kısa-devre kabul edilir. Devreye dışarıdan bağlanan kondansatörler, alçak frekanslarda devrenin AC işaret özellikleri üzerinde etkili olacaktır.

Kuvvetlendirici içerisinde kullanılan transistörlerin iç kapasiteleri (parazitik kapasiteler) bulunmaktadır. Bu kapasiteler, transistör ve benzeri yarıiletken elemanların yapısında oluşan jonksiyonlarda meydana gelmektedir. Bu parazitik kapasiteler yüksek frekanslarda etkili olarak kuvvetlendiricinin yüksek frekanslardaki davranışını etkiler.

Transistörlü kuvvetlendiriciler için kazanç dışındaki diğer önemli parametreler, giriş ve çıkış empedanslarıdır. Çünkü birden fazla kuvvetlendirici ard arda bağlandığında bu parametreler farklı katlar arasındaki ilişkinin bir ölçütü olmaktadır. Örneğin iki kat arka arkaya bağlandığında ikinci katın giriş direnci düşük olursa birinci kattan akım çeker ve birinci katın kazancını düşürür. Bu yüzden kuvvetlendiricilerin yüksek giriş direnci ve düşük çıkış direnci sağlaması istenir. Ortak source'lu kuvvetlendiriciler en yüksek güç kazancını sağlarlar ve bu yüzden de en çok kullanılan devrelerdir. Ortak drain'li kuvvetlendiriciler yüksek giriş empedansı ve küçük çıkış empedansına sahip olduğundan bazen avantajlı olabilirler ve buffer gibi kullanılabilirler. Ortak gate'li kuvvetlendiriciler, düşük giriş ve büyük çıkış direncine sahiptirler.



Şekil 7.1 Tek katlı MOSFET kuvvetlendiricinin temel devresi

### **ORTA FREKANS:**

#### ***Ortak Sourcelu Devre:***

Şekil 9.1’de Y terminali toprağa, X terminali AC giriş kaynağına, Z terminali ise  $R_L$  yük direncine bağlanırsa ortak sourcelu devre elde edilir. MOSFET’in çalışma noktası negatif beslemeye bağlı  $R$  direnci ile belirlenir. Bu direnç yerine bir akım kaynağı da kullanılabilir. Bir  $R_B$  direnci MOS’un gate ucunu toprağa bağlar. Bu direnç DC sürekliliği sağladığı gibi gate ucunda DC gerilimi sıfır voltlarda sabit tutar. Gate akımı çok çok küçüktür. Bu yüzden  $R_B$  direnci çok büyük olabilir.  $R_D$  direnci ise MOS’un drain ucunu pozitif beslemeye bağlar. Bu DC drain geriliminin salınımına izin verir. Son olarak üç tane büyük değerli kapasite drain, source ve gate’i yük direncine, AC giriş gerilimine ve toprağa bağlamak için kullanılır.

$$R_{in} = R_B$$

$$R_{out} = R_D // r_o$$

$$A_v \equiv \frac{V_o}{V_i} = -g_m (R_L // R_D // r_o)$$

$$A_{vo} \equiv \left. \frac{V_o}{V_i} \right|_{R_L=\infty} = -g_m (R_D // r_o)$$

$$A_v = A_{vo} \frac{R_L}{R_L + R_{out}}$$

Yukarıdaki bağıntılara göre ortak sourcelu kuvvetlendirici,  $R_B$  ile kontrol edilen yüksek giriş direncine sahiptir. Yüksek gerilim kazancı ve çıkış direnci sağlar. Devrenin dezavantajı yüksek frekanslardaki davranışdır. Cgd kapasitesi yüksek frekanslarda devreyi en fazla etkileyen kapasitedir.

#### ***Ortak Gateli Devre:***

Ortak gateli devre X terminali toprağa bağlanarak elde edilebilir. Giriş sinyali, Y terminaline bağlanarak source ucuna bağlanmış olur. Z terminaline  $R_L$  çıkış direnci bağlanarak çıkışın drain ucundan alınması sağlanır. Bu kuvvetlendiricinin analizini yapabilmek için önce  $r_o$  giriş direncini ihmal edelim. Devrede  $V_{GS} = -V_i$  ‘dir.  $V_i$  üzerinden  $g_m V_i$  akımı akmaktadır. Buradan giriş direncinin  $1/g_m$  olduğu açıktır.



$$R_{in} \cong 1/g_m$$

Gerilim kazancını bulmak için, ( $r_o$  ihmal edildiğinden) drain akımı  $g_m V_{GS} = -g_m V_i$  'ye eşitlenir. Buradan şu bağıntılar bulunur.

$$V_o = g_m (R_L // R_D)$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} \cong g_m [R_L // R_D]$$

$$R_{out} = R_D // r_o$$

$r_o$  direncini işleme katarsak  $R_{in}$  giriş direncinin fazla değişmediğini görürüz. Buna karşın gerilim kazancı şu şekilde elde edilebilir:

$$A_v = g_m [R_L // R_D // r_o]$$

Bu bağıntılara göre ortak gateli devrenin gerilim kazancı ortak sourcelu devreninkine eşittir. Tek farkı pozitif olmasıdır. İki konfigürasyon arasındaki diğer önemli bir fark da ortak gateli devrenin giriş direncinin ortak sourcelu devreninkinden daha küçük olmasıdır. Tek avantajı, ortak sourcelu devreden daha geniş band-genişliğine sahip olmasıdır.

### ***Ortak Drainli Devre:***

Ortak drainli devre bir buffer kuvvetlendiricidir. Yüksek giriş, düşük çıkış direnci ve bire yakın gerilim kazancı vardır. Ortak drainli devre Şekil 7.1'de Z terminalinin toprağa, Y terminalinin  $R_L$  yük direncine ve X terminalinin AC kaynağa bağlanmasıyla elde edilir. Devreden  $R_{in}=R_B$  olduğu görülür.

$$R_{out} = [(1/g_m) // r_o]$$

$$R_{out} \cong 1/g_m$$

$$R_L = \infty \quad \text{için;}$$

$$V_o = g_m \cdot V_{GS} \cdot r_o \quad \text{ve} \quad V_i = V_{GS} + V_o = V_{GS} + g_m r_o V_{GS} \quad \text{'dir.}$$

Buradan;

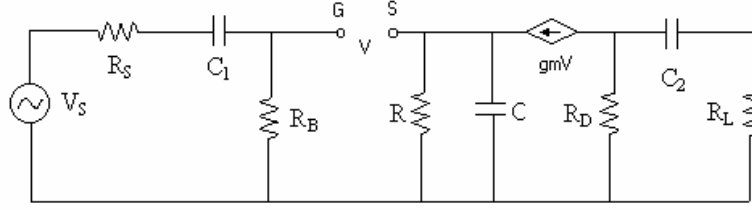
$$A_{vo} \equiv \left. \frac{V_o}{V_i} \right|_{R_L=\infty} = \frac{g_m r_o}{1 + g_m r_o}$$

$$A_v = A_{vo} \cdot \frac{R_L}{R_L + R_{out}}$$

$$A_v = \frac{g_m r_o R_L}{g_m r_o R_L + R_L + r_o}$$

### **ALÇAK FREKANS:**

Deney sırasında kurulacak olan ortak sourcelu devrenin küçük genlikli işaret eşdeğer modeli Şekil 7.2'de verilmiştir.



Şekil 7.2 Ortak-sourcelu devrenin alçak frekans eşdeğer devresi

Alçak frekanslarda üç kapasitörün devrede etkili olması akımın ve gerilim kazancının azalmasına sebep olur. Yine alçak frekansta köşe frekansını, bu üç kapasiteden frekansı en küçük olanı belirler.

$$W_{C1} = \frac{1}{C_1(R_s + R_i)} \quad W_{C2} = \frac{1}{C_2(R_o + R_L)} \quad W_C = \frac{1}{C \left( R // \frac{1}{g_m} \right)} \quad W_Z = \frac{1}{RC}$$

$$W_L = W_C$$

### **YÜKSEK FREKANS:**

Ortak sourcelu devrenin yüksek frekans eşdeğer devresi Şekil 7.3’de görülmektedir.  $R_{in}$  direnci  $R_{B1}/R_{B2}$  ‘dir. Yüksek frekansta 3 dB noktasını bulmanın bir kaç yolu vardır. Bunlardan biri Miller teoremi yöntemiyle gerçekleştirilebilir.  $C_{gd}$  kapasitesine Miller teoremi uygulanır.  $C_{gd}$  üzerinden akan akım  $g_m V_{GS}$ ’den çok çok küçüktür. Bu yüzden çıkış gerilimini şu şekilde yazabiliriz.

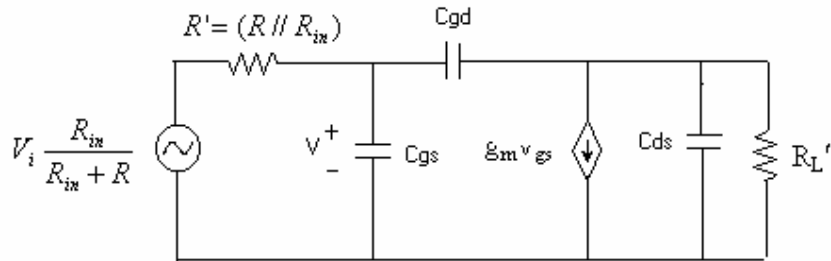
$$V_o \cong -g_m V_{gs} R_L' \quad R_L' = r_o // R_D // R_L \quad (R_L' = R_L // r_{ds})$$

Eşdeğer kapasiteyi şu bağıntı ile hesaplayabiliriz.

$$C_{eq} = C_{gd} (1 + g_m R_L')$$

toplam giriş kapasitesi ise  $C_T = C_{gs} + C_{gd} (1 + g_m R_L')$  ‘dir.

$$W_H = \frac{1}{C_T(R // R_{in})} \quad A_H(s) = A_M \frac{1}{1 + s/W_H}$$



Şekil 7.3 Ortak-sourcelu devrenin orta frekans eşdeğer devresi

## Deney Öncesi Yapılacaklar:

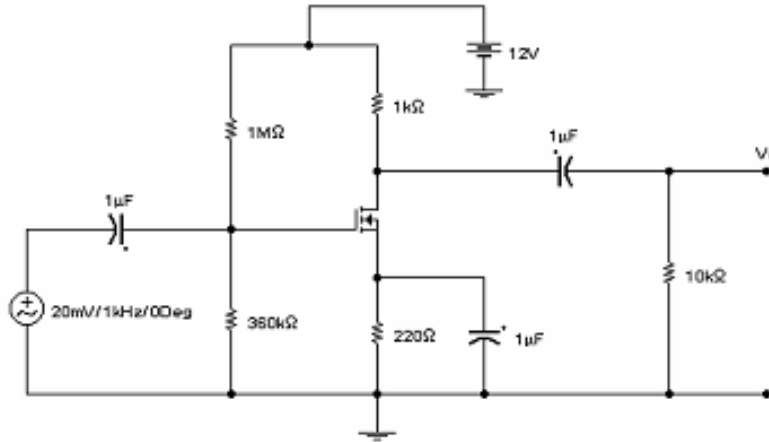
Deney öncesinde MOSFET'lerin kazanç ve frekans özelliklerinin ve eleman değerlerine bağımlılığının araştırılmış olması gerekir. Deney sırasında ise bu bilgilerin pratik olarak gözlenmesi hedeflenmektedir. Bu nedenle, deneyde kullanılacak elemanın katalog bilgilerinden de yararlanarak aşağıdaki devrenin kazançlarını, bu kazançların frekansa bağlı ifadelerini, devrelerin alt ve üst kesim frekanslarını ve devrelere ilişkin önemli gördüğünüz diğer parametreleri (deneyde kullanılacak tüm kapasite değerleri için ayrı ayrı) hesaplayınız.

## Deneyde Yapılacaklar :

1)

- Şekil 7.4'deki devreyi kurup giriş ve çıkış işaretlerini osiloskop ekranında gözleyerek kazancını belirleyiniz. Daha sonra giriş işaretinin frekansını sırasıyla 100Hz, 1kHz, 10kHz, 1Mhz değerlerine ayarlayarak her durum için kazancı belirleyiniz.
- Giriş işaretini veren sinyal jeneratörünü uygun kademelere getirerek devrenin alt ve üst kesim frekanslarını bulunuz.
- Devredeki C1, C2 ve C3 kapasitelerinin üçü de aynı değerde olacak şekilde 100 $\mu$ F ile değiştirip a ve b şıklarında yaptığımız işlemleri tekrarlayınız ve sonuçları tablo halinde veriniz. Bulduğunuz tüm sonuçları hesapladığınız değerler ile karşılaştırınız.

## Deney :



Şekil 7.4 Deneyde kurulacak olan ortak source'lu devre

## DENEY 7 SONUÇ SAYFASI

Ad – Soyad :

Numara :

Grup No:

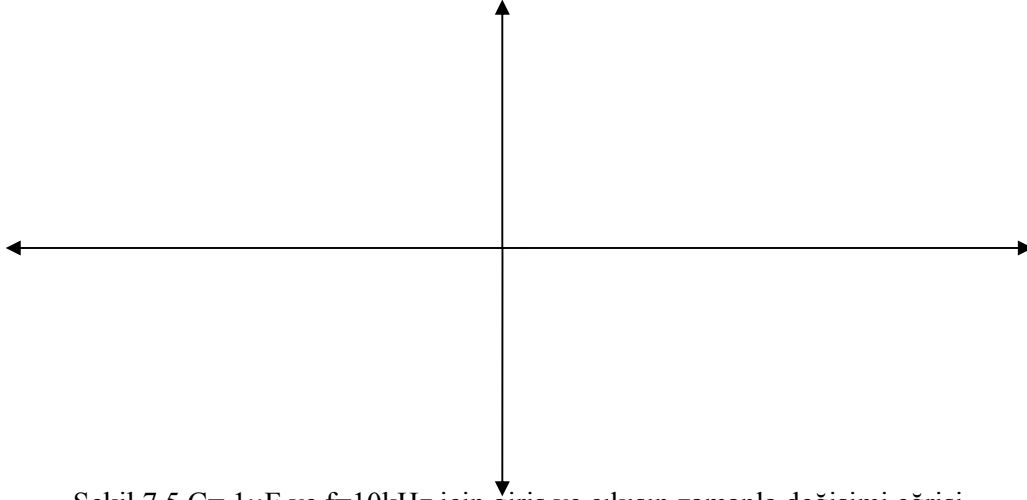
Amaç:

| Frekans | $C_L=1\mu F$ | $C_L=100\mu F$ |
|---------|--------------|----------------|
| 100Hz   |              |                |
| 1kHz    |              |                |
| 100kHz  |              |                |
| 1MHz    |              |                |

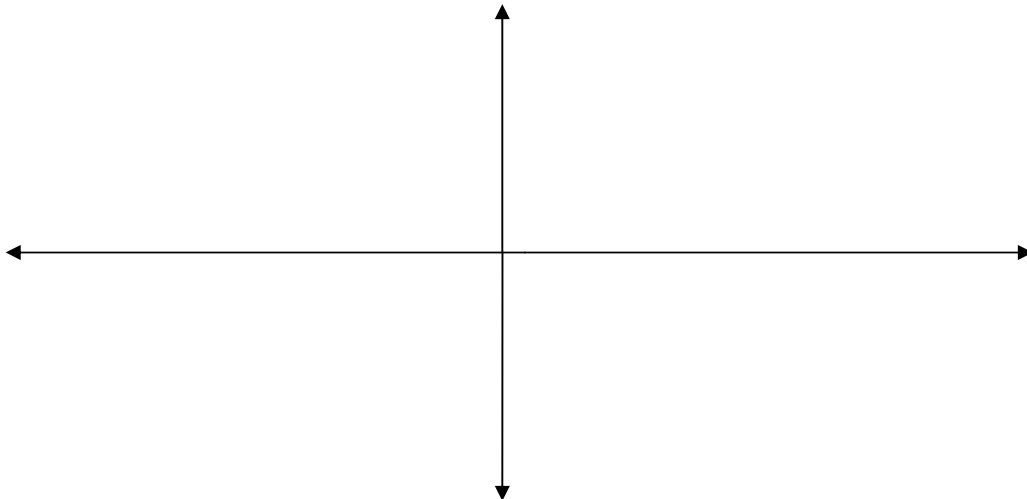
Tablo 7.1 Kazancın Frekansla Değişimi

| Frekans | $C_L=1\mu F$ | $C_L=100\mu F$ |
|---------|--------------|----------------|
| $f_L$   |              |                |
| $f_H$   |              |                |

Tablo 7.2 Devrede kapasite değişimlerine göre alt ve üst kesim frekansları



Şekil 7.5  $C=1\mu F$  ve  $f=10kHz$  için giriş ve çıkışın zamanla değişimi eğrisi



Şekil 7.6  $C=100\mu F$  ve  $f=10kHz$  için giriş ve çıkışın zamanla değişimi eğrisi

## DENEY 7 SONUÇ SAYFASI 2



Şekil 7.7  $C = 1\mu\text{F}$  için kazanç-band genişliği grafiği



Şekil 7.7  $C = 100\mu\text{F}$  için kazanç-band genişliği grafiği

**SORU 1:** Tablo1’de kapasite değerleri değıştikçe kazancın değışmesinin neden(ler)ini açıklayınız.

**SORU 2:** Alçak ve yüksek frekanslarda gerilim kazancının değışmesinin sebebi nedir?

**ÖNEMLİ NOT:** Çizilen grafiklerde eksenlerin ait olduğu değışkenlerin birimleri mutlaka yazılmalıdır. Birimsiz grafikler değırlendirmeye alınmayacaktır.

**Sonuç ve Yorum:**

## DENEY 8 : REGÜLELİ GÜÇ KAYNAKLARI

**Amaç :** Gerilim regülatörü devre topolojilerini ve çalışma prensiplerini öğrenmek.

Malzeme Listesi :

**Direnç:** 1x560Ω – 10k POT

**Diyot:** 4x1N4001 – 9.1V zener

**Kondansatör:** 1x470μF 25V – 1x100μF 35V - 1x1000μF 35V

**Transistör :** BC 140

### Genel Bilgi:

#### Regüleli Güç Kaynakları

Elektronik cihazlar harcadıkları güçlere göre farklı akımlara ihtiyaç duyarlar. Örneğin; bir radyo veya amplifikatörün hoparlöründen duyulan ses şiddetine göre devrenin güç kaynağından çektiği akım değişir. Güç kaynağından çekilen akımdaki değişim ise gerilimin devamlı değişmesine neden olur.

Regüleli güç kaynakları, çekilen değişik akımlarda ve şebeke gerilimindeki değişimlerde çıkış gerilimi sabit olan kaynaklardır. Yüksek bir gerilim kaynağından, daha düşük fakat sabit bir gerilim elde edilir. Bir zener diyet ve bir transistör kullanılarak basit ve kullanışlı bir regüleli güç kaynağı yapılabilir.

Günümüzde bu tip regüleli güç kaynakları, çok yer kapladıkları ve enerji kaybına neden oldukları için çok tercih edilmemekte, onların yerine daha hafif ve enerji kaybı çok daha az olan Anahtarlama Güç Kaynakları (SMPS) tercih edilmektedir. Ancak halen çoğu yerde tasarım kolaylığı olması sebebiyle klasik regüleli güç kaynakları kullanılmaktadır.

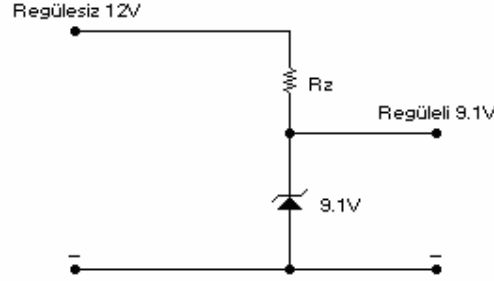
#### Zener Diyetli Regüleli Güç Kaynağı :

Zener diyetler özel yapılı silisyum diyetlerdir. Doğru polarizasyonda normal diyet gibi çalışırlar, uçlarındaki gerilim arttıkça içlerinden geçek akım da artar.

Ters polarizasyon altında ise eşik geriliminin ( $V_{zener}$ ) altında  $\mu A$ 'ler seviyesinde kaçak akımlar geçirirler ki bu akımlar ihmal edilebilir. Diyet uçlarındaki gerilim kırılma gerilimine ulaştığında diyetten geçen akım hızla artmaya başlar.

Kırılma noktasında akımda meydana gelen hızlı artış, zenere bir direnç bağlandığında zener uçlarındaki gerilimin pratik olarak kırılma gerilimine eşit kalmasını sağlar.

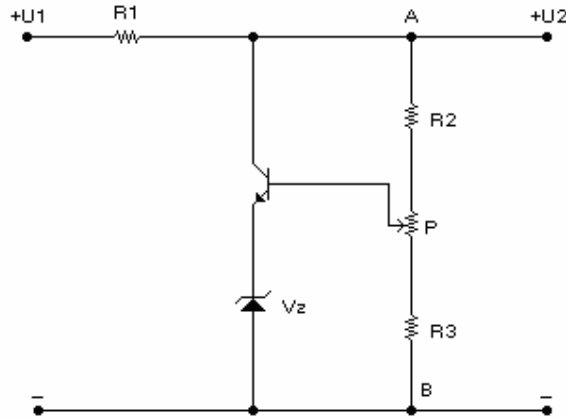
Bu nedenle zener diyet devrede ters polarizasyon altında ve bir ön dirençle çalıştırılır. Bu direnç zener diyetin akımını sınırlayan ve gerilim düşümü yapan koruma direncidir. Aşağıda şekil 8.1'de bir zenerli regülatör devresi görülmektedir.



Şekil 8.1

Bu devrede giriş gerilimi ile zener geriliminin farkı direnç üzerinde düşer. Zenerden maksimum 5mA'lık akım geçtiği varsayılırsa direnç gerilimi bu akıma bölünerek direncin değeri hesaplanır.

### Transistörlü Paralel Regülatör Devresi:



Şekil 8.2

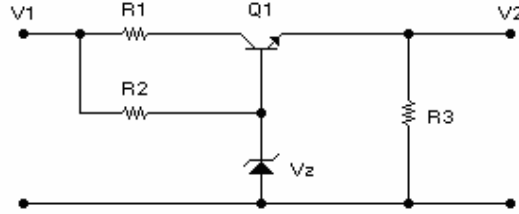
Bu devre, transistör yüke paralel bağlandığı için paralel regülatör devresi olarak adlandırılır. U1, redresör çıkışı, U2 ise regülatör çıkış gerilimidir. Zener diyot transistor'ün emetörüne bağlandığından emetör gerilimi zener kırılma geriliminde sabit kalır. P potansiyometresi ile R2 ve R3 dirençleri gerilim bölücü olarak çalışır ve transistor ün baz polarmasını kontrol eder. R1 direnci devreye seri bağlanmıştır, devreden çekilen akım değiştiğinde bu direnç gerilimi de değişir. Oluşabilecek durumlar:

1. Redresör gerilimi artarsa; A-B gerilimi artar. Dolayısıyla transistör baz polarması ve transistör akımı artarak A-B gerilimini normal değere getirir.
2. Redresör gerilimi düştüğü zaman A-B çıkış gerilimi düşer. Dolayısıyla baz polarması düşer. Emetör gerilimi zenerden dolayı sabittir. Düşen polarma transistör akımını düşürür ve gerilim normal değere yükselir.
3. Yük akımı arttığında R1 direncine düşen gerilim artar. A-B gerilimi düşer. Baz polarması ve transistör akımı azalır. Çıkış değeri normal seviyeye yükselir.

4. Yük akımı azaldığında R1’de düşen gerilim de azalır. A-B gerilimi artar. Baz polarması ve transistör akımı yükselir. Transistör akımının artması çıkış gerilimini düşürür. Seviye sabir kalır.

#### Transistorlü Seri Regülatör Devresi :

Seri regülatörde transistör yüke seri bağlıdır. Yük akımı transistör üzerinden geçer. Eğer bir kaynağın regülasyonu kötüyse iç direnci büyük demektir. Bu devre kaynağın yüksek olan iç direncini küçültür. İyi bir regülasyon için giriş gerilimi çıkış geriliminden en az 5V yüksek seçilmelidir.



Şekil 8.3

Şekil 8.3’de seri bir regülatör devresi görülmektedir. R2 ve zener gerilim bölücü gibi çalışmaktadır. Transistor ün baz gerilimi zenerden dolayı sabittir. Çıkış gerilimi V2’de zener gerilimden  $V_{be}$  gerilimi kadar eksiğinde sabitlenir. V1 gerilimi arttığında zener akımı artar. R2 gerilimi arttığı için transistor ün iletkenliği azalır. Transistör üzerinde daha fazla gerilim düşer ve çıkış gerilimi sabitlenir. V1 gerilimi azaldığında ise tam tersi olur.

#### Sorular:

1. Regülasyon ne demektir?
2. Regülatör çeşitlerini araştırınız. Föyde anlatılan seri ve paralel regülatörlerin farkları nelerdir.
3. Föyde anlatılan klasik regülatörün ne gibi avantaj, dezavantajları vardır. Dezavantajlıysa, bunların yerine kullanabileceğimiz alternatif devreler var mı?
4. Bir regülatör tasarlarken (ör. Seri regülatör, çıkış gerilimi 12V-1A) transformatör, transistör ve zener nasıl seçilmelidir?
5. Regülatör yerine kullanabileceğimiz entegre devreler var mıdır. Araştırıp örnek veriniz.

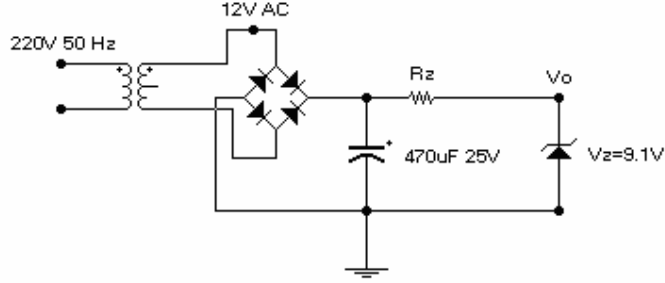
#### Ön Hazırlık :

1. Şekil 8.4’teki devrede çıkış geriliminin 9.1V olması için  $R_z$  direncinin değerini hesaplayınız.  $I_{z_{max}}=5mA$  alınız. Hesaplayacağınız direnç, deneyde kullanacağınız direnç olacaktır.



### Deney :

1. Şekildeki devreyi kurunuz. Köprü diyot çıkışı ile devre çıkış gerilimini ( $V_o$ ) osiloskopta üst üste gözleyiniz. Çıkış geriliminin 9.1V' değerinde sabit kaldığını görünüz. Sonucu raporun 1. bölümüne (şekil 8.6) kaydediniz.

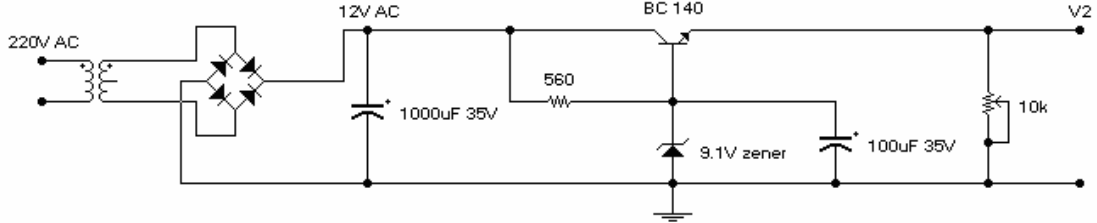


Şekil 8.4

2. Çıkışa seri 560 $\Omega$  ve 10k $\Omega$  POT bağlayarak farklı yük dirençleri için çıkış geriliminin değişimini inceleyiniz, rapor 1. bölümünde yorumlayınız.

2. 12V AC gerilimi 100k'lık bir POT yardımıyla düşürerek çıkış gerilimini inceleyiniz ve rapor 1. bölümünde yorumlayınız.

3. Şekil 8.5'te yük direncini bağlamadan, köprü çıkış gerilimi, transistorün baz gerilimi ve çıkış gerilimini ölçüp rapor bölüm 2'ye kaydediniz, yorumlarınızı yazınız.



Şekil 8.5

4. Çıkıştan 1mA ile 250mA arasında akım çekerek çıkış gerilimini ve aynı zamanda yük akımını ölçünüz şekil 8.7'ye kaydediniz. Böylece regülatörün hangi akım aralığında çıkış gerilimini sabit tutabileceğini gözleyiniz.

6. İki regülatör arasındaki farkları rapor bölümünde yorumlayınız.

## DENEY 8 RAPOR SAYFASI

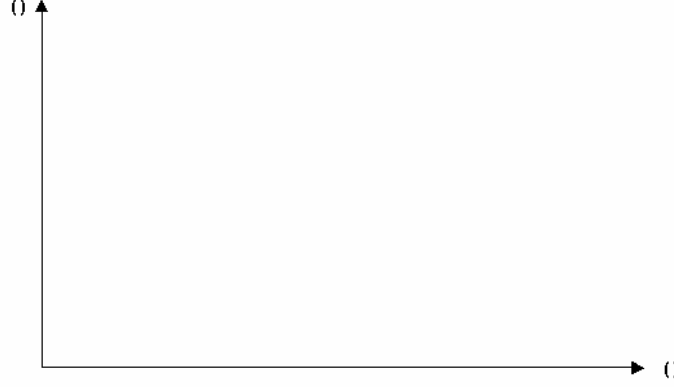
Ad – Soyad :

Numara :

Grup No:

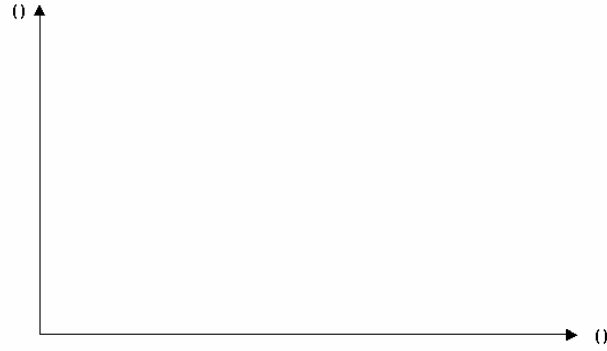
Amaç:

1. Zener diyotlu doğrultucu sonuç ve yorumlar :



Şekil 8.6

2. Transistörlü doğrultucu sonuç ve yorumlar :



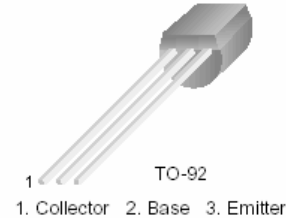
Şekil 8.7

**Sonuç ve Yorum:**

## BC237/238/239

### Switching and Amplifier Applications

- Low Noise: BC239



### NPN Epitaxial Silicon Transistor

#### Absolute Maximum Ratings $T_a=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

| Symbol    | Parameter                                           | Value     | Units            |
|-----------|-----------------------------------------------------|-----------|------------------|
| $V_{CES}$ | Collector-Emitter Voltage<br>: BC237<br>: BC238/239 | 50<br>30  | V                |
| $V_{CEO}$ | Collector-Emitter Voltage<br>: BC237<br>: BC238/239 | 45<br>25  | V                |
| $V_{EBO}$ | Emitter-Base Voltage<br>: BC237<br>: BC238/239      | 6<br>5    | V                |
| $I_C$     | Collector Current (DC)                              | 100       | mA               |
| $P_C$     | Collector Power Dissipation                         | 500       | mW               |
| $T_J$     | Junction Temperature                                | 150       | $^\circ\text{C}$ |
| $T_{STG}$ | Storage Temperature                                 | -55 ~ 150 | $^\circ\text{C}$ |

#### Electrical Characteristics $T_a=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

| Symbol        | Parameter                                                                                                                                       | Test Condition                                                                                                                                               | Min.     | Typ.         | Max.         | Units          |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------|--------------|----------------|
| $BV_{CEO}$    | Collector-Emitter Breakdown Voltage<br>: BC237<br>: BC238/239                                                                                   | $I_C=2\text{mA}, I_B=0$                                                                                                                                      | 45<br>25 |              |              | V              |
| $BV_{EBO}$    | Emitter Base Breakdown Voltage<br>: BC237<br>: BC238/239                                                                                        | $I_E=1\mu\text{A}, I_C=0$                                                                                                                                    | 6<br>5   |              |              | V              |
| $I_{CES}$     | Collector Cut-off Current<br>: BC237<br>: BC238/239                                                                                             | $V_{CE}=50\text{V}, V_{BE}=0$<br>$V_{CE}=30\text{V}, V_{BE}=0$                                                                                               |          | 0.2<br>0.2   | 15<br>15     | nA             |
| $h_{FE}$      | DC Current Gain                                                                                                                                 | $V_{CE}=5\text{V}, I_C=2\text{mA}$                                                                                                                           | 120      |              | 800          |                |
| $V_{CE(sat)}$ | Collector-Emitter Saturation Voltage<br>$I_C=10\text{mA}, I_B=0.5\text{mA}$<br>$I_C=100\text{mA}, I_B=5\text{mA}$                               |                                                                                                                                                              |          | 0.07<br>0.2  | 0.2<br>0.6   | V              |
| $V_{BE(sat)}$ | Collector-Base Saturation Voltage<br>$I_C=10\text{mA}, I_B=0.5\text{mA}$<br>$I_C=100\text{mA}, I_B=5\text{mA}$                                  |                                                                                                                                                              |          | 0.73<br>0.87 | 0.83<br>1.05 | V              |
| $V_{BE(on)}$  | Base-Emitter On Voltage                                                                                                                         | $V_{CE}=5\text{V}, I_C=2\text{mA}$                                                                                                                           | 0.55     | 0.62         | 0.7          | V              |
| $f_T$         | Current Gain Bandwidth Product<br>$V_{CE}=3\text{V}, I_C=0.5\text{mA}, f=100\text{MHz}$<br>$V_{CE}=5\text{V}, I_C=10\text{mA}, f=100\text{MHz}$ |                                                                                                                                                              | 150      | 85<br>250    |              | MHz            |
| $C_{ob}$      | Output Capacitance                                                                                                                              | $V_{CB}=10\text{V}, I_E=0, f=1\text{MHz}$                                                                                                                    |          | 3.5          | 6            | pF             |
| $C_{ib}$      | Input Base Capacitance                                                                                                                          | $V_{EB}=0.5\text{V}, I_C=0, f=1\text{MHz}$                                                                                                                   |          | 8            |              | pF             |
| NF            | Noise Figure<br>: BC237/238<br>: BC239<br>: BC239                                                                                               | $V_{CE}=5\text{V}, I_C=0.2\text{mA}, f=1\text{kHz}, R_G=2\text{K}\Omega$<br>$V_{CE}=5\text{V}, I_C=0.2\text{mA}, R_G=2\text{K}\Omega, f=30\sim 15\text{kHz}$ |          | 2            | 10<br>4<br>4 | dB<br>dB<br>dB |

#### $h_{FE}$ Classification

| Classification | A         | B         | C         |
|----------------|-----------|-----------|-----------|
| $h_{FE}$       | 120 ~ 220 | 180 ~ 460 | 380 ~ 800 |

## N-channel enhancement mode vertical D-MOS transistor

**BS108**

### FEATURES

- Direct interface to C-MOS, TTL, etc.
- High-speed switching
- No secondary breakdown.

### APPLICATIONS

- Line current interruptor in telephone sets
- Applications in relay, high-speed and line transformer drivers.

### DESCRIPTION

N-channel enhancement mode vertical D-MOS transistor in a SOT54 (TO-92) package.

### PINNING - SOT54

| PIN | DESCRIPTION |
|-----|-------------|
| 1   | source      |
| 2   | gate        |
| 3   | drain       |

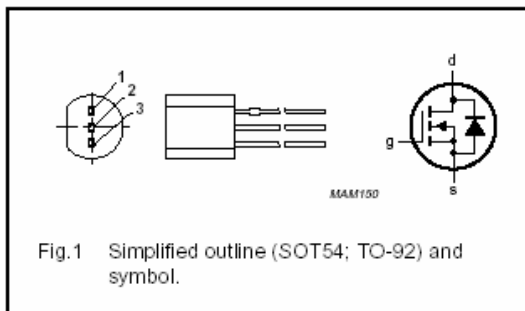


Fig.1 Simplified outline (SOT54; TO-92) and symbol.

### QUICK REFERENCE DATA

| SYMBOL     | PARAMETER                        | MAX. | UNIT     |
|------------|----------------------------------|------|----------|
| $V_{DS}$   | drain-source voltage (DC)        | 200  | V        |
| $V_{GSth}$ | gate-source threshold voltage    | 1.8  | V        |
| $I_D$      | drain current (DC)               | 300  | mA       |
| $R_{DSon}$ | drain-source on-state resistance | 5    | $\Omega$ |

### LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134).

| SYMBOL    | PARAMETER                 | CONDITIONS                               | MIN. | MAX.     | UNIT             |
|-----------|---------------------------|------------------------------------------|------|----------|------------------|
| $V_{DS}$  | drain-source voltage (DC) |                                          | –    | 200      | V                |
| $V_{GSO}$ | gate-source voltage (DC)  | open drain                               | –    | $\pm 20$ | V                |
| $I_D$     | drain current (DC)        |                                          | –    | 300      | mA               |
| $I_{DM}$  | peak drain current        |                                          | –    | 1.2      | A                |
| $P_{tot}$ | total power dissipation   | $T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$ ; note 1 | –    | 1        | W                |
| $T_{stg}$ | storage temperature       |                                          | –55  | +150     | $^\circ\text{C}$ |
| $T_j$     | junction temperature      |                                          | –    | 150      | $^\circ\text{C}$ |

#### Note

1. Device mounted on a printed-circuit board, maximum lead length 4 mm; mounting pad for the drain lead minimum  $10 \times 10$  mm.

## N-channel enhancement mode vertical D-MOS transistor

BS108

### THERMAL CHARACTERISTICS

| SYMBOL        | PARAMETER                                   | CONDITIONS | VALUE | UNIT |
|---------------|---------------------------------------------|------------|-------|------|
| $R_{th\ j-a}$ | thermal resistance from junction to ambient | note 1     | 125   | K/W  |

#### Note

- Device mounted on a printed-circuit board, maximum lead length 4 mm; mounting pad for the drain lead minimum  $10 \times 10$  mm.

### CHARACTERISTICS

$T_j = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified.

| SYMBOL                                    | PARAMETER                        | CONDITIONS                                                                           | MIN. | TYP. | MAX.      | UNIT          |
|-------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|------|-----------|---------------|
| $V_{(BR)DSS}$                             | drain-source breakdown voltage   | $I_D = 10\ \mu\text{A}$ ; $V_{GS} = 0$                                               | 200  | —    | —         | V             |
| $I_{DSS}$                                 | drain-source leakage current     | $V_{DS} = 160\ \text{V}$ ; $V_{GS} = 0$                                              | —    | —    | 1         | $\mu\text{A}$ |
| $I_{GSS}$                                 | gate-source leakage current      | $V_{GS} = \pm 20\ \text{V}$ ; $V_{DS} = 0$                                           | —    | —    | $\pm 100$ | nA            |
| $V_{GSth}$                                | gate-source threshold voltage    | $I_D = 1\ \text{mA}$ ; $V_{GS} = V_{DS}$                                             | 0.4  | —    | 1.8       | V             |
| $R_{DSon}$                                | drain-source on-state resistance | $I_D = 100\ \text{mA}$ ; $V_{GS} = 2.8\ \text{V}$                                    | —    | 2.7  | 5         | $\Omega$      |
| $ Y_{fs} $                                | transfer admittance              | $I_D = 300\ \text{mA}$ ; $V_{DS} = 25\ \text{V}$                                     | 200  | 600  | —         | mS            |
| $C_{iss}$                                 | input capacitance                | $V_{DS} = 25\ \text{V}$ ; $V_{GS} = 0$ ;<br>$f = 1\ \text{MHz}$                      | —    | 100  | 120       | pF            |
| $C_{oss}$                                 | output capacitance               | $V_{DS} = 25\ \text{V}$ ; $V_{GS} = 0$ ;<br>$f = 1\ \text{MHz}$                      | —    | 20   | 30        | pF            |
| $C_{rss}$                                 | reverse transfer capacitance     | $V_{DS} = 25\ \text{V}$ ; $V_{GS} = 0$ ;<br>$f = 1\ \text{MHz}$                      | —    | 10   | 15        | pF            |
| <b>Switching times (see Figs 2 and 3)</b> |                                  |                                                                                      |      |      |           |               |
| $t_{on}$                                  | turn-on time                     | $I_D = 250\ \text{mA}$ ; $V_{DD} = 50\ \text{V}$ ;<br>$V_{GS} = 0$ to $10\ \text{V}$ | —    | 6    | 10        | ns            |
| $t_{off}$                                 | turn-off time                    | $I_D = 250\ \text{mA}$ ; $V_{DD} = 50\ \text{V}$ ;<br>$V_{GS} = 0$ to $10\ \text{V}$ | —    | 49   | 60        | ns            |