

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

**UÇAK BAKIM**

**YARI İLETKENLER  
522EE0006**

**Ankara, 2012**

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	iii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....	3
1. DİYOT P VE N TİPİ MADDELER .....	3
1.1. Enerji Seviyeleri ve Bant Yapıları .....	4
1.2. Saf Germanyum ve Silisyum Kristalinin Yapısı, Kovalent Bağlar .....	5
1.3. Saf Olmayan Germanyum ve Silisyumun Kristal Yapısı .....	6
1.3.1. N Tipi Yarı İletken .....	6
1.3.2. P Tipi Yarı İletkenler .....	6
1.4. Bir Yarı İletkende PN Jonksiyonu .....	7
1.4.1. Polarmasız PN Jonksiyonu .....	8
1.4.2. Doğru Polarmalı PN Jonksiyonu .....	9
1.4.3. Ters Polarmalı PN Jonksiyonu .....	10
1.5. Diyot Parametreleri .....	10
1.5.1. Ters Tepe Voltajı .....	11
1.5.2. Maksimum Ön Akım .....	11
1.5.3. Isı .....	11
1.5.4. Frekans .....	12
1.5.5. Sızma Akımı .....	12
1.5.6. Güç Sarfıyatı .....	12
1.6. Jonksiyon Diyot Karakteristik Özellikleri .....	12
1.7. Seri ve Paralel Bağlı Diyotlar .....	13
1.8. Diyot Çeşitleri ve Karakteristikleri .....	14
1.8.1. Zener Diyot .....	14
1.8.2. Silikon Kontrollü Doğrultucular (SCR, Tristörler) .....	16
1.8.3. Işık Veren Diyotlar (Led ) .....	18
1.8.4. Foto Diyot .....	19
1.8.5. Varikap Diyot .....	20
1.8.6. Tünel Diyot .....	21
1.8.7. Doğrultucu Diyot .....	22
1.8.8. Köprü Diyotlar .....	23
1.9. Diyot Kataloglarının Kullanımı .....	24
1.9.1. Diyotların Sağlamlık Testi ve Uçlarının Tespiti .....	25
UYGULAMA FAALİYETİ .....	27
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	29
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....	31
2. TRANSİSTÖRLER .....	31
2.1. PNP ve NPN Tipi Transistörler .....	31
2.1.1. Yapısı .....	31
2.1.2. Çeşitleri .....	32

2.1.3. Sembolleri .....	33
2.1.4. Polarmalandırılmaları.....	33
2.1.5. Akım ve Gerilim Yönleri .....	35
2.1.6. Transistör Karakteristikleri .....	36
2.2. Temel Yükselteç Devreleri ve Özellikleri.....	41
2.2.1. Emiteri Ortak Yükselteç.....	41
2.2.2. Beyzi Ortak .....	42
2.2.3. Kollektörü Ortak .....	43
2.3. Transistör Çalışma Kararlılığını Etkileyen Faktörler .....	43
2.4. Transistör Kataloglarının Kullanımı ve Karşılık Bulunması .....	45
2.5. Transistör Üzerindeki Harf ve Rakamların Okunması.....	47
2.6. Transistör Testleri ve Uçlarının Tespiti .....	50
UYGULAMA FAALİYETİ.....	54
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	56
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	58
CEVAP ANAHTARLARI.....	60
KAYNAKÇA .....	61

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>522EE0006</b>
<b>ALAN</b>	<b>Uçak Bakım</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Alan Ortak</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>Yarı İletkenler</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Temel yarı iletkenler (diyot ve transistörler) ile ilgili bilgi ve becerilerin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/24
<b>ÖN KOŞUL</b>	Alternatif Akım Devreleri modülünü başarmış olmak
<b>YETERLİK</b>	Yarı iletkenleri elektronik devrelerde tekniğine uygun kullanmak
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Bu modül ile gerekli ortam sağlandığında yarı iletkenleri çalışma şartlarına ve çeşitlerine uygun olarak devreye bağlayabilecek ve hatasız olarak test edebileceksiniz. <b>Amaçlar</b> <b>1.</b> Diyotları özelliklerine, çalışma şartlarına ve çeşitlerine uygun olarak devreye bağlayabilecek, diyotları uygun ölçü aletleri ile hatasız olarak test edebileceksiniz. <b>2.</b> Transistörleri özelliklerine, çalışma şartlarına ve çeşitlerine uygun olarak devreye bağlayabilecek, transistörleri uygun ölçü aletleri ile hatasız olarak test edebileceksiniz.
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	<b>Ortam:</b> Atölye ortamı <b>Donanım:</b> Diyot ve transistör çeşitleri, deney bağlantı şemasına uygun ampermetre, voltmetre, ohmmetre, breadboard, güç kaynağı, diyot ve transistör katalogları
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.



# GİRİŞ

## **Sevgili Öğrenci,**

Çağdaş bir ülkenin en çok göze çarpan özelliği bilim ve teknolojiadaki ilerlemesidir. Bilim ve teknolojinin temel yapı taşlarından biri de elektronik alanındaki gelişmelerdir.

Günümüz teknolojisi baş döndürücü bir hızla gelişmektedir. Özellikle insanlık tarihine göre 20. yüzyılda teknolojik alanda büyük bir atılım yaşanmıştır. Türk milleti olarak teknolojik ilerlemede geri kalmamak için tek bir şeye ihtiyacımız vardır, o da yalnız ve yalnız çalışmaktır.

Bu modül sonunda elektroniğin temeli olan yarı iletkenler hakkında temel bilgi ve beceriye sahip olacaksınız.





# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında diyotları, çalışma şartlarına ve çeşitlerine uygun olarak devreye bağlayabilecek, diyotları uygun ölçü aleti ile hatasız olarak test edebileceksiniz.

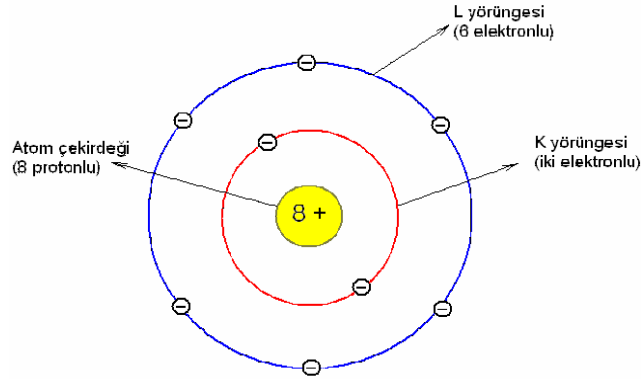
## ARAŞTIRMA

- Piyasada bulunan diyot çeşitlerini ve kullanım amaçlarını araştırınız.
- Diyotların sağlamlılığını kontrol için ön araştırma yapınız.

## 1. DİYOT P VE N TİPİ MADDELER

Basit maddenin özelliklerini taşıyan en küçük parçasına atom denir. Atom, **çekirdek** ve **elektronlar** olmak üzere başlıca iki bölümden oluşur.

- **Çekirdek:** Atomun ortasında bulunur. Pozitif (+) yüklü protonlar ve yüksüz nötronlardan oluşmaktadır.



Şekil 1.1: Atom çekirdeği ve elektronlar

Proton sayısı o basit maddenin atom numarasını verir. Örneğin helyum çekirdeğinde iki proton olduğundan atom numarası 2'dir. Proton ve nötron sayıları toplamı o atomun kütle numarasını verir.

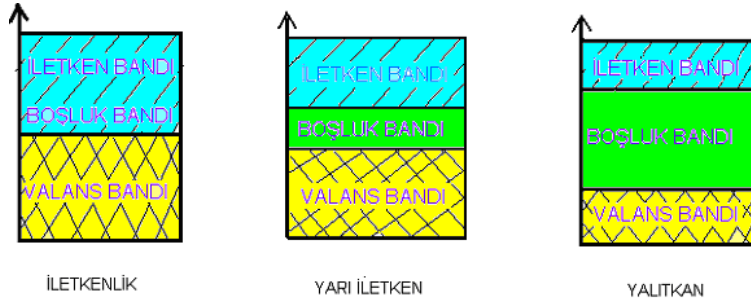
- **Elektronlar:** Elektronlar (-) yüklüdür, çekirdek etrafındaki yörüngelerde dolaşır. Bir atomun en dış yörüngesine valans yörünge, son yörüngedeki elektronlara da valans elektronu denir.

Valans elektron sayısına göre basit maddeler **iletkenler**, **yalıtkanlar** ve **yarı iletkenler** olmak üzere üç ana gruba ayrılır.

- **İletkenler:** Son yörüngesindeki elektron sayısı 4'ten az olan basit maddelere iletken denir. Bütün metaller iletkenlerdir ve elektrik akımını iletir. Valans elektron sayısı ne kadar az ise o maddenin iletkenliği o kadar yüksektir. İletkenlerin son yörüngesindeki elektronlar yörüngelerinden çok kolay bir şekilde ayrılabilir.
- **Yalıtkanlar:** Son yörüngesindeki elektron sayısı 4'ten fazla olan basit maddelere yalıtkan denir. Yalıtkanlar elektrik akımına karşı büyük direnç gösterir. Örneğin cam, kâğıt, porselen, plastik vs. maddeler yalıtkanlardır.
- **Yarı iletkenler:** Son yörüngesindeki elektron sayısı 4 olan basit maddelere yarı iletken denir. Normal hâlde iken yalıtkandır ancak ısı, ışık veya gerilim uygulandığında iletken hâle geçer. Bu şekildeki iletkenlik özelliği kazanması geçici olup dış etki kalkınca elektronlar tekrar atomlarına döner. En çok kullanılan yarı iletkenler germanyum, silisyum, selenyum, sülfür, bakır oksit, çinko oksit, kurşun sülfittir.

## 1.1. Enerji Seviyeleri ve Bant Yapıları

Maddelerin iletkenlik dereceleri en iyi bant enerjileri ile tanımlanır. Bir maddeyi iletken hâle getirebilmek için dışardan bir enerji uygulanması gerekir. Böylece saf bir yarı iletkende iletkenlik elektronların bir banttan diğerine geçmesiyle sağlanır. Yarı iletkenlerde üç ayrı bant vardır.



**Şekil 1.2: İletken, yarı iletken ve yalıtkanlarda enerji bant diyagramları**

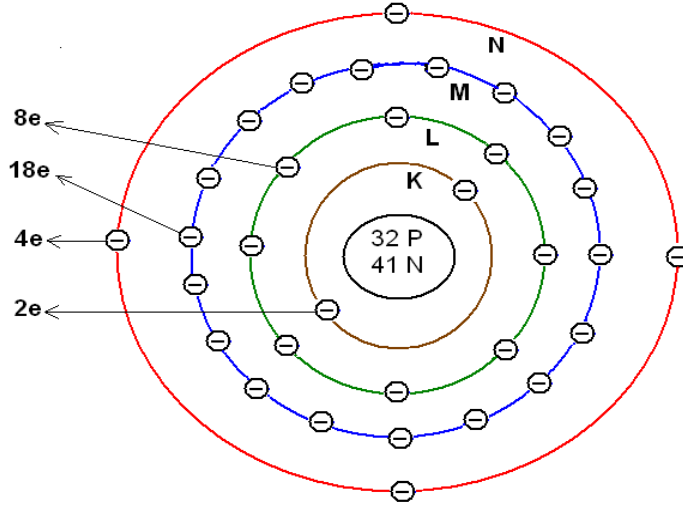
Yukarıdaki şekilde yalıtkan, yarı iletken ve iletkenlerde enerji bant diyagramları görülmektedir.

Yalıtkanlarda oldukça geniş bir boşluk bandı bulunmaktadır yani valans bandındaki elektronların iletkenlik bandına geçebilmesi için oldukça büyük bir enerji uygulanması gerekmektedir.

Yarı iletkenlerde valans bandındaki elektronların iletkenlik bandına geçebilmesi için çok küçük bir enerjinin uygulanması yeterlidir. Böylece enerjilenen elektronlar, valans bandından kurtulup boşluk bandını geçerek iletkenlik bandına ulaşır. İletkenlerde ise boşluk bandı yoktur. Boşluk bandı ile iletim bandı iç içedir.

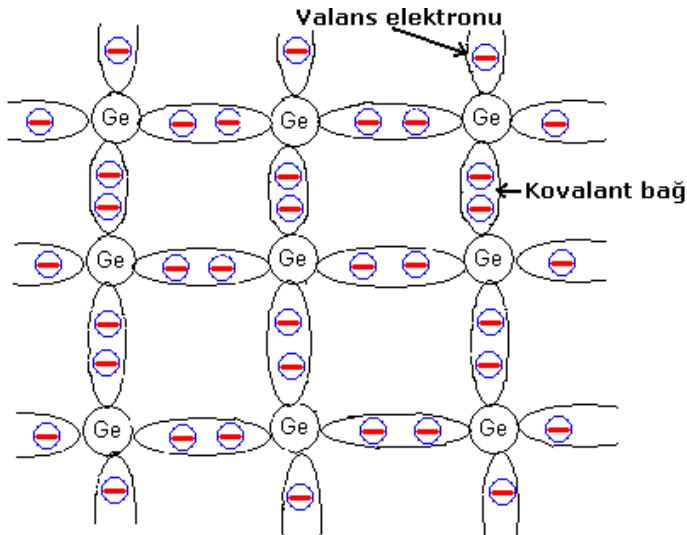
## 1.2. Saf Germanyum ve Silisyum Kristalinin Yapısı, Kovalent Bağlar

Atom çekirdeğinde 32 proton, 41 nötron vardır. Çekirdek etrafındaki eliptik yörüngede toplam 32 elektron bulunur. Germanyum atomunun son yörüngesinde 4 valans elektronu vardır.



Şekil 1.3: Germanyumun atom yapısı

Her valans elektronu, komşu atomun valans elektronu ile bağlanmış gibi hem kendi hem de komşu atomun çekirdeği etrafında döner. Her iki germanyum atomu birer ortak elektron çiftine sahiptir. Buna elektron çifti bağı (kovalent bağ) denir. Elektron çifti bağı basit olarak valans elektronlarla gösterilir.

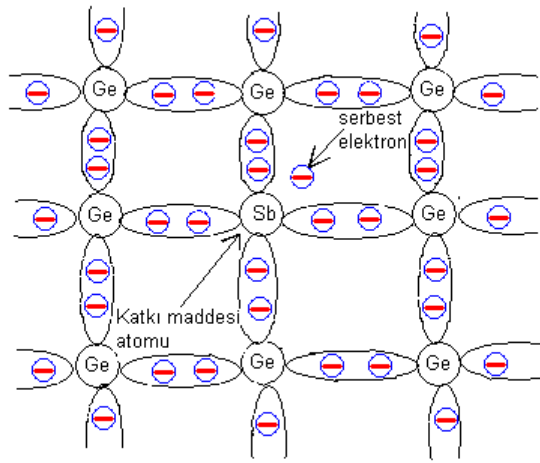


Şekil 1.4: Germanyum kristali

## 1.3. Saf Olmayan Germanyum ve Silisyumun Kristal Yapısı

### 1.3.1. N Tipi Yarı İletken

4 valans elektronlu germanyum kristali içerisine 5 valans elektronlu başka bir yabancı atom (azot, fosfor, arsenik, antimuan vb.) katılır. Yabancı atomun 4 valans elektronu germanyum atomunun 4 valans elektronu ile kovalent bağ oluşturur. Yabancı atomun 5. valans elektronu, serbest elektron olarak kalır. Bu elektronun atomdan ayrılması kolay olduğundan akım taşıyıcı olarak kullanılabilir. Bu elektronu koparabilmek için 0,01 eV (elektron volt) yeterlidir.



Şekil 1.5: Germanyum atomuna 5 valans elektronlu Sb (antimon) katılması

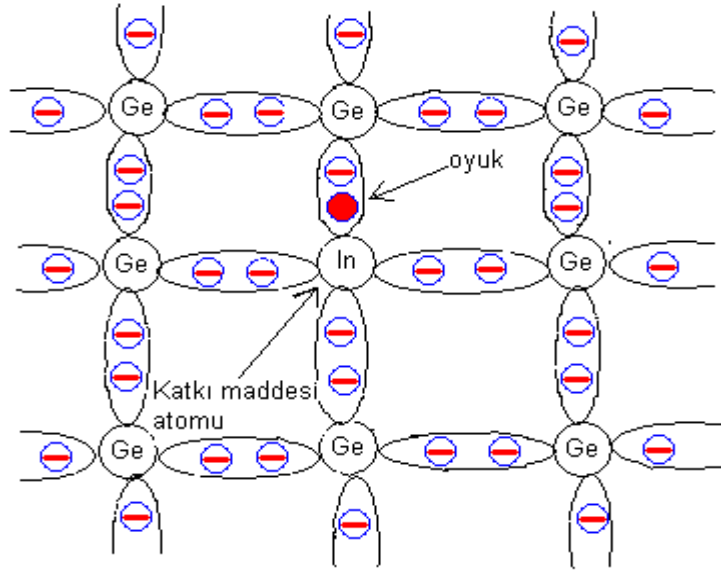
Bu elektron kendi atomundan uzaklaştığında daha önce nötr olan atomu, pozitif iyon hâline getirir. Akım taşıma görevi yapan serbest elektronların (-) yükünden dolayı bu tip yarı iletkenlere **N tipi yarı iletkenler** denir.

### 1.3.2. P Tipi Yarı İletkenler

4 valans elektronlu germanyum kristali içerisine 3 valans elektronlu bir yabancı atom (bor, alüminyum, indium, galyum vb.) katıldığında atomun 3 valans elektronu germanyumun 3 valans elektronu ile kovalent bağ oluşturur ancak germanyum atomunun bir valans elektronu, yabancı madde atomu içinde bağ yapabilecek elektron bulamaz. Burada oyuk meydana gelir. Küçük bir enerji ile bu oyuk, komşu atomdan bir valans elektronu ile doldurulur. Böylece geride elektron veren atomda bir oyuk meydana gelmiş olur.

Kristal yapı içerisindeki oyuklar akım taşıyıcı olarak kullanılır. P tipi yarı iletken maddeye gerilim uygulandığında bu oyuklar akım geçişini sağlar.

Oyuk, serbest elektronlar gibi elektrik akımını taşıyarak iş görmüş olur. Oyukların hareketi, elektronların hareketine zıt yöndedir. Akım taşıma işi pozitif yüklü oyuklar tarafından yapıldığından bu tip yarı iletkenlere **P tipi yarı iletken** denir.

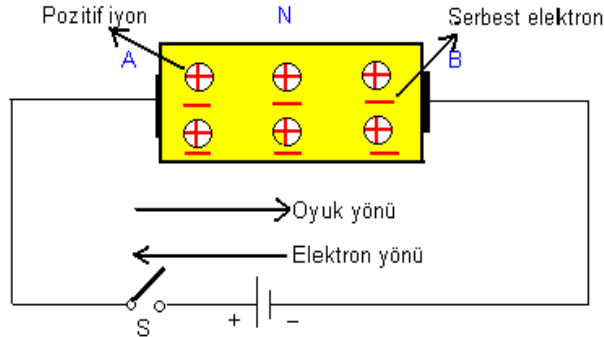


Şekil 1.6: Germanyum atomuna 3 valans elektronlu In (indiyum) katılması

## 1.4. Bir Yarı İletkende PN Jonksiyonu

N tipi yarı iletken maddelerde çoğunluk taşıyıcı (-) negatif yüklü elektronlar, azınlık taşıyıcı ise (+) pozitif yüklü iyonlardır.

Şekil 1.7'deki devrede S anahtarı kapatıldığında üretcin (+) kutbu N tipi yarı iletkendeki (-) negatif yüklü çoğunluk taşıyıcı elektronları çeker. Elektronlardan boşalan yerler elektron kaybettiğinden pozitif yüklü oyuk durumuna dönüşür.

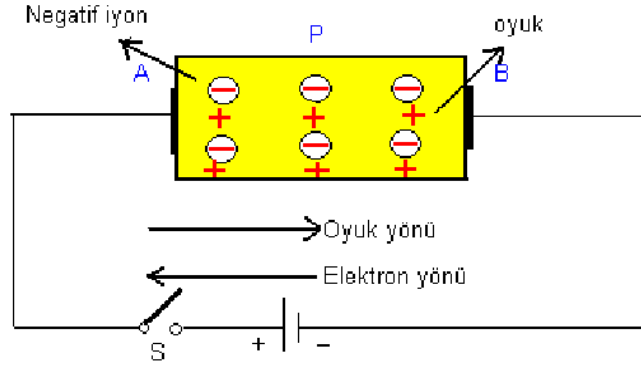


Şekil 1.7: N tipi yarı iletkende elektron ve oyuk hareketi

Diğer taraftan üretcin (-) negatif kutbu N tipi yarı iletken maddenin A ucundan çıkan elektronlar S anahtarı ve üretçi üzerinden B ucuna ulaşır. Bu olay sürekli devam eder.

P tipi yarı iletken maddelerde çoğunluk taşıyıcısı (+) pozitif yüklü oyuklar, azınlık taşıyıcısı ise (-) negatif yüklü iyonlardır.

Şekil 1.8'deki devrede S anahtarı kapatıldığında üretcin (+) kutbu P tipi yarı iletkendeki pozitif yüklü iyonları iter. Oyuklardan boşalan yerleri elektronlar doldurur.



Şekil 1.8: P tipi yarı iletkende elektron ve oyuk hareket

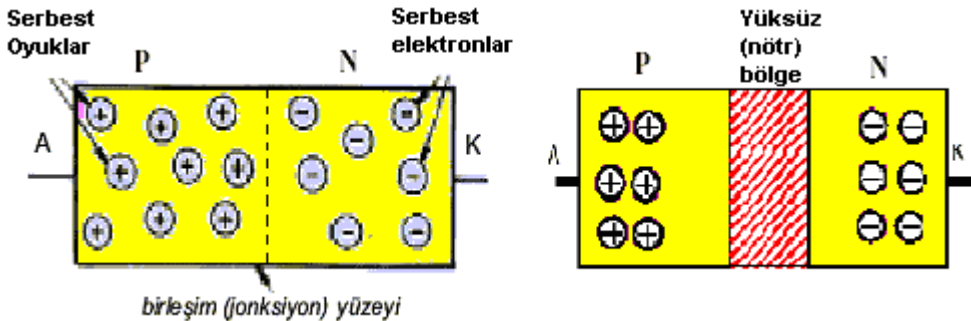
Diğer taraftan üretcin negatif kutbu, P tipi yarı iletkendeki çoğunluk taşıyıcısı (+) pozitif yüklü oyukları çeker. Böylece S anahtarı ve üretç üzerinden sürekli bir akım dolaşımı sağlanmış olur.

#### 1.4.1. Polarmasız PN Jonksiyonu

Diyotlar P ve N tipi yarı iletken maddelerin çeşitli şekilde birleştirilmesiyle üretilmektedir.

P ve N tipi yarı iletken madde kimyasal yolla birleştirildiğinde P-N birleşimli kristal diyot elde edilir. Şekil 1.9'da P -N tipi maddelerin birleştirilmesiyle oluşan diyotun yapısı görülmektedir. P ve N tipi iki madde birleştirildiği zaman birleşim yüzeyinin yakınında bulunan elektron ve oyuklar birbirleriyle birleşmeye başlar. Birleşmeler sonucunda yüzey civarında nötr (yüksüz) atomlar oluşur.

P-N maddelerin birbirine yakın olan kısımlarında oluşan elektron oyuk birleşimleri Şekil 1.10'da taralı olarak gösterilen gerilim setti bölgesini ortaya çıkarır. Taralı bölge, P-N maddelerinde bulunan tüm elektron ve oyukların birbiriyle birleşmesini önler.



Şekil 1.9: Polarmasız PN jonksiyonu

Elektron ve oyukların yer değiştirmesini engelleyen bölgeye gerilim setti (depletion layer) denir. Settin kalınlığı 1 mikron kadar olup 0,2–0,7 V arasında bir gerilim uygulandığı zaman yıkılır.

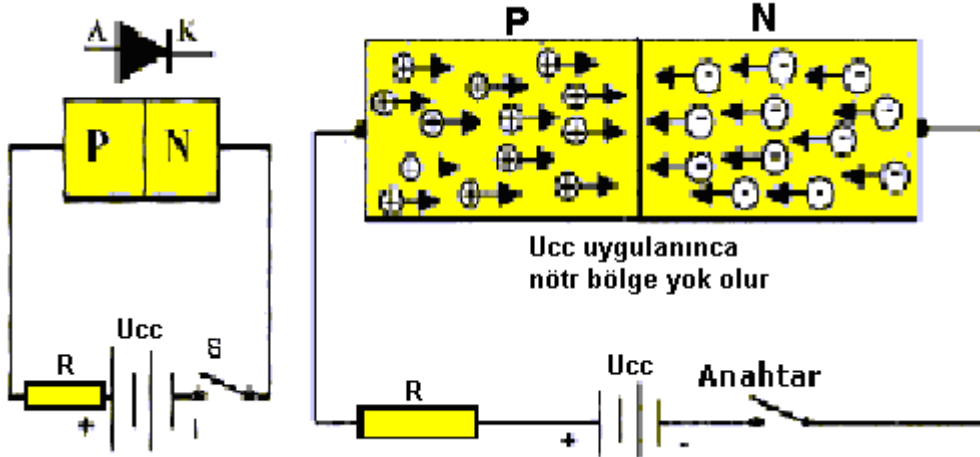
P-N birleşiminde P maddesinin sağ bölümü elektron kazandığı için (-) yüklü olur. N maddesinin sol bölümü ise oyuk kazandığı için artı (+) yüklü duruma geçer. İki yüzey arasındaki bu küçük potansiyel fark (gerilim), oyuk ve elektronların daha çok yer değiştirmesini önler. Oluşan gerilim setti dışardan uygulanan gerilimle yok edilebilir.

P ve N tipi maddelerin birleştirilmesi ile elde edilen devre elemanına diyot denir. Günümüzde katkılama oranları değiştirilerek P-N temeli üzerine kurulu birçok çeşitte diyot yapılmaktadır.

#### 1.4.2. Doğru Polarmalı PN Jonksiyonu

şekil 1.10’da görüldüğü gibi  $U_{cc}$  üretcecinin artı (+) ucundan gelen yükler (oyuklar) P tipi maddenin (+) yüklerini bileşim yüzeyine doğru iter. Üretcecin (-) ucundan gelen elektronlar ise N tipi maddenin (-) yüklerini bileşim yüzeyine iter.

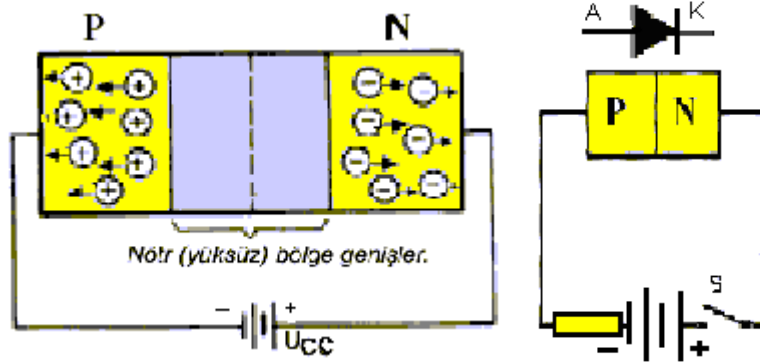
Artı (+) ve eksi (-) yükler birbirini çekeceğinden elektronlar oyuklara doğru hareket eder yani elektronlar P tipi maddeye geçer. Pilin (+) ucu P tipi maddeye geçmiş olan (-) yüklü elektronları kendine çeker. Bu şekilde P-N birleşiminde elektron akışı başlar. N tipi maddede bulunan her elektron yerinden çıktığı zaman buralarda oyuklar oluşur. Oyuklar artı (+) yüklü kabul edildiğinden pilin (-) ucu tarafından çekilir. Görüldüğü üzere elektron akışı eksi (-) uçtan artı (+) uca doğru olmaktadır.



şekil 1.10: P ve N tipi yarı iletken maddelerin birleşiminde oluşun kristal diyodun doğru polarmada çalıştırılması

### 1.4.3. Ters Polarmalı PN Jonksiyonu

Şekil 1.11’de görüldüğü gibi  $U_{CC}$  adı verilen üretcin eksi (-) ucu P tipi maddenin oyuklarını çeker. Üretcin artı (+) ucu ise N tipi maddenin elektronlarını kendine çeker. Birleşme yüzeyinde elektron ve oyuk kalmaz yani birleşim bölgesi artı (+) ile (-) yük bakımından fakirleşir. Böylece ters polarmada diyot akım geçirmez.



Şekil 1.11: P ve N tipi yarı iletken maddelerin birleşiminden oluşan kristal diyodun ters polarmada çalıştırılması

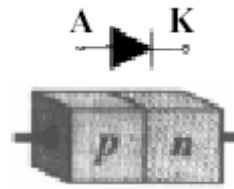
### 1.5. Diyot Parametreleri

Alternatif akımı doğru akıma dönüştürmek için kullanılan elektronik devre elemanlarına diyot (diod, diot, diyod) denir. Değişik alanlarda sayısız kullanım yeri vardır. Uygulamada kullanılan diyotlar temelde iki ayrı gruba ayrılır. Bunlar:

- Doğrultmaç (redresör) diyotları
- Sinyal diyotları



Resim 1.1: Diyot çeşitleri



Şeki 1.12: Diyodun sembolü ve yapısı

Doğrultmaç diyotları güç kaynaklarında AC’yi DC’ye dönüştürmede (doğrultmada) kullanılır.

Bunlar yüksek akımları taşıyabilir ve yüksek ters tepe gerilimlerine dayanabilir.



### 1.5.1. Ters Tepe Voltajı

Diyotların birçoğu ters polarmanın aşırı artırılması durumunda bozulacağından bu noktada (dayanma gerilimine yakın) çalıştırılmaz yani 50 volta kadar olan ters gerilimlere dayanabilen 1N4001 adlı diyot, en çok 40 voltluk devrede kullanılır. 50 voltun üzerindeki bir gerilim altında çalışan devre söz konusu ise 1N4002 ya da başka bir model diyot seçilir.

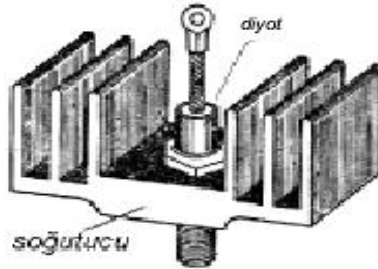
### 1.5.2. Maksimum Ön Akım

Doğrultmaç ve sinyal diyotları, silisyum ve germanyum gibi yarı iletkenler kullanılarak yapılır. Bir P tipi ve N tipi yarı iletken birleştirilerek imal edilir. Şekilde görüldüğü gibi anot (A) ve katot (K) olarak iki ucu vardır.

Germanyumdan yapılan diyotlardan akım geçirildiğinde üzerlerinde yaklaşık 0,2 voltluk bir gerilim düşümü olurken silisyumdan yapılmış diyotlarda bu değer 0,6 ile 0,7 volt dolayındadır. Bu fark nedeniyle germanyum maddesi daha çok sinyal diyodu yapımında kullanılır.

### 1.5.3. Isı

Her elektronik devre elemanında olduğu gibi diyotlarda da ortam sıcaklığı çok önemlidir. Diyodun sıcaklığı arttıkça karakteristik özelliklerde de değişimler olmaktadır. Bu nedenle diyodun sağlıklı çalışabilmesi için germanyumdan yapılmış diyotlarda sıcaklık 90 °C'yi, silisyum diyotlarda 175 °C'yi geçmemelidir.



Şekil 1.13: Diyotların soğutulmasında kullanılan alüminyum soğutucu

Diyotların gövde sıcaklığının yükselmesine elemanın içinde doğan ısı neden olur. Diyotta oluşan ısı, elemandan geçen akımla doğru orantılı olarak artar. Diyotlar Şekil 1.13'te görüldüğü gibi alüminyum plaka, vantilatör (fan) vb. ile soğutulursa yüksek sıcaklıklarda dayanımı artar.



Resim 1.2: Çeşitli yüksek güçlü diyotlar

#### 1.5.4. Frekans

Sinyal diyotları ise lojik (sayısal) devre elemanı ya da radyo frekans (RF)devrelerinde sinyal ayırıcı olarak kullanılır. Başka bir deyişle sinyal diyotları, yüksek frekanslarda çalışmaya duyarlı olmalarının yanı sıra düşük gerilim ve akımlarda da çalışabilir.

#### 1.5.5. Sızma Akımı

Diyotlarda kullanılan maddelerin tam saflıkta olmaması nedeniyle çok az bir sızıntı akımı geçer  $\mu\text{A}$  düzeyinde olan bu akım yok sayılır, dikkate alınmaz.

Ters polarmada diyotlara uygulanan gerilim yükseltirirse eleman delinebilir (bozular).

Örneğin 1N4001 adlı diyodun ters yönde uygulanan gerilime dayanabileceği üst değer 50 voltur yani bu diyot 50 volttan fazla ters gerilimde delinerek özelliğini kaybeder. Diyotlar ters polarıldığında sızıntı akımının miktarı sıcaklığa, uygulanan gerilime, yarı iletkenin cinsine göre değişmektedir. Örneğin germanyum dedektör diyodundan 5 volt altında, 25 °C sıcaklıkta 0,8 mA, 60 °C'de 5 mA, 100 °C'de 50 mA sızıntı akımı geçtiği görülür.

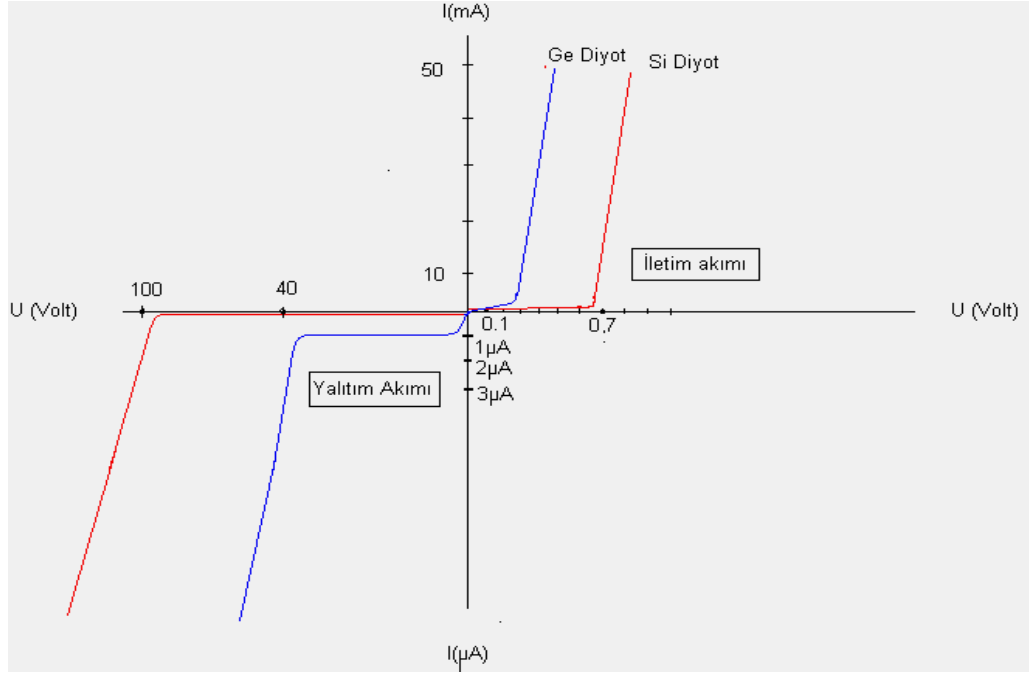
#### 1.5.6. Güç Sarfiyatı

Yüksek güçlü DC elde etmek amacıyla kullanılan bu tip diyotların soğutucusuyla birlikte kullanılması gerekir. Uygulamada 400 ampere kadar akım taşıyabilen ve 4000 volta kadar çalışma gerilimi olan diyotlar mevcuttur. Resim 1.2'de görülen yüksek güçlü diyotlar kaynak makineleri, akü şarj cihazları, elektroliz sistemleri vb. yerlerde kullanılır.

### 1.6. Jonksiyon Diyot Karakteristik Özellikleri

Kristal diyotlar genellikle doğrultmaç diyotları olarak anılır ve doğrultmaç devrelerinde kullanılır. Piyasada en çok kullanılan diyotlardır. Ebatları güçlerine göre değişir. Büyük ebatla yapılanlar büyük güçlüdür.

Kristal diyotlar doğru polarmada küçük bir gerilim (silisyum için 0,7 volt, germanyum için 0,3 volt ) ile iletme geçer. Ters polarmada ise diyot yalıtıcıdır. Ters polarmada gerilim çok arttırılırsa diyot aniden iletme geçer. Bu duruma diyot delindi, arızalandı denir.

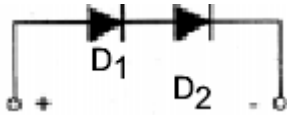


Şekil 1.14: Kristal diyodun karakteristik eğrisi

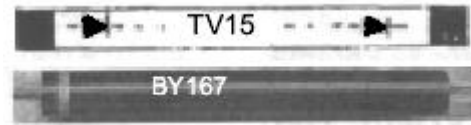
## 1.7. Seri ve Paralel Bağlı Diyotlar

- **Diyotların seri bağlanması:** Ters dayanma gerilimi daha yüksek diyot elde etmek için seri bağlama yapılır. Şekil 1.15'te diyotların seri bağlanması gösterilmiştir.

Örneğin 100 voltluk devre için ters dayanma gerilimi 50 volt olan 2 adet 1N4001 diyot seri bağlanarak 100 volta dayanabilen diyot elde edilir. Çok sayıda diyodun seri bağlanmasıyla elde edilmiş elemanlara ise yüksek gerilim diyodu adı verilir. Şekil 1.16'da yüksek gerilim diyodu örnekleri görülmektedir.

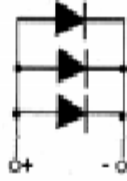


Şekil 1.15: Diyotların seri bağlanması



Şekil 1.16: Yüksek gerilim diyotları

- **Diyotların paralel bağlanması:** Yüksek akımlı diyot elde etmek için diyotlar paralel bağlanır ancak bu yöntem pek sağlıklı değildir. Üretim kusurlarından dolayı diyotlar aynı özellikte yapılamaz. Bu nedenle diyotlardan biri bozulursa diğer diyotlardan geçen akımın artarak diyotların da bozulmasına neden olur. O nedenle kataloglardan uygun diyot seçilerek kullanılır.

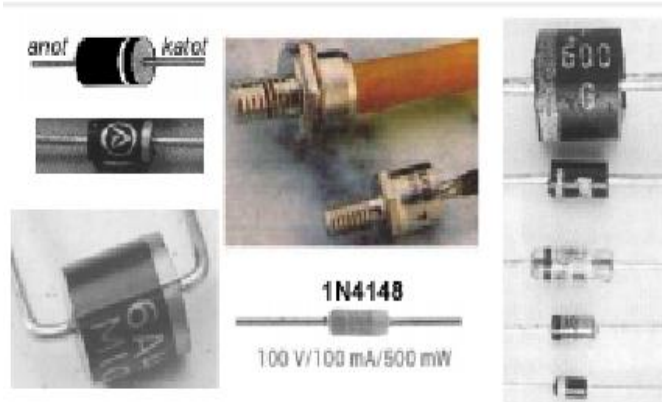


Şekil 1.17: Diyotların paralel bağlanması

## 1.8. Diyot Çeşitleri ve Karakteristikleri

Diyotlar, germanyum ve silisyumdan imal edilir. Yapılarındaki malzemeye göre germanyum ve silisyum diyotlar olarak iki sınıfa ayrılır. Kullanım alanına göre ise aşağıdaki gibi sınıflara ayrılır:

- Kristal diyot
- Zener diyot
- Silikon kontrollü doğrultucu (SCR, Tristörler)
- Işık veren (led) diyotlar
- Foto diyot
- Varikap diyot
- Tünel diyot
- Doğrultucu diyot
- Köprü diyotlar

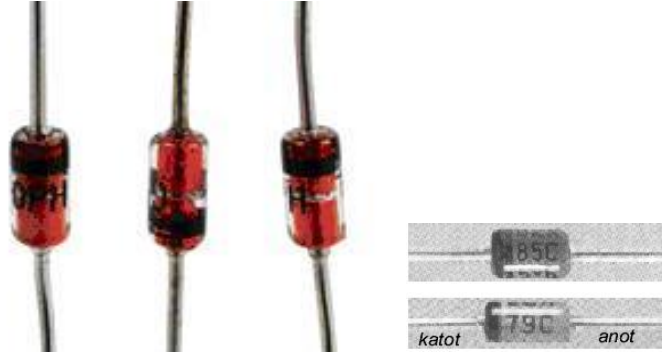


Resim 1.3: Kristal diyotlar

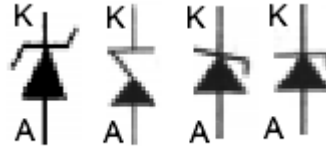
Şekil 1.18: Kristal diyot sembolü

### 1.8.1. Zener Diyot

Ters polarma gerilimi altında sabit çıkış gerilimi veren gerilim regülasyonunda kullanılan diyotlardır.



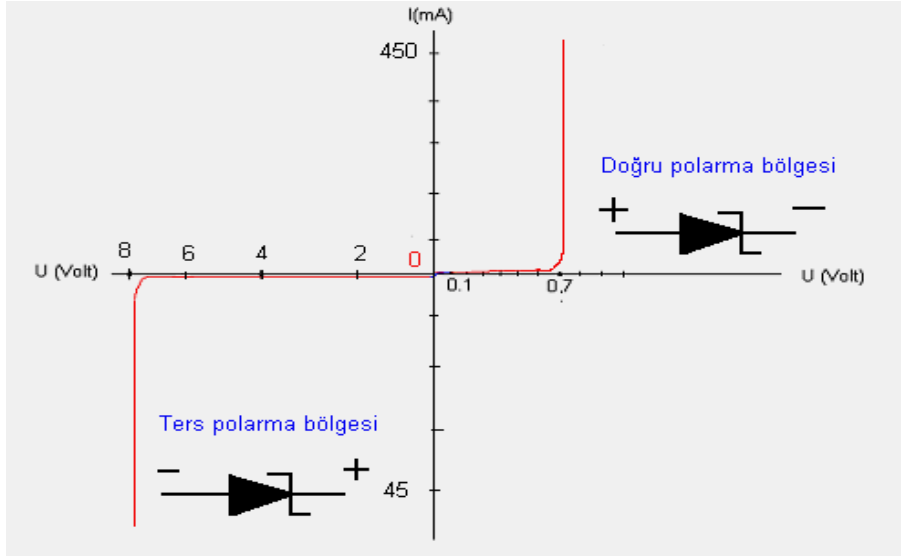
Resim 1.4: Zener diyet resimleri



Şekil 1.19: Zener diyet sembolleri

Normal diyetlere göre P ve N tipi yarı iletkenlerde katkı maddeleri oranı daha yüksektir. Zener diyoda uygulanan gerilim artıkça diyet büyük bir direnç gösterir ve mA seviyesinde akım geçirir. Bu gerilimin belirli bir değerinde aniden diyottan ters yönde akım geçmeye başlar. Bu gerilimin değerine zener gerilimi denir. Gerilim artmaya devam edilirse akım da artar ancak zener uçlarındaki gerilim sabit kalır. Normal bir diyet ise ters polarma altında zener geriliminden sonra delinir.

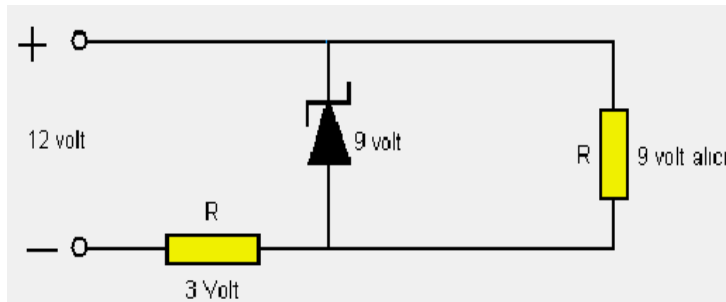
- **Zener diyodun özellikleri:** Doğru polarmada normal bir diyet gibi çalışır. Ters polarmalı hâlde belirli bir gerilimden sonra ilettime geçer. Bu gerilime zener gerilimi denir. Ters gerilim kalkınca zener diyet da normal hâline döner. Devrelerde ters yönde çalışacak şekilde kullanılır. Bir zener diyet, zener gerilimi ile anılır. Örneğin, 12 voltluk zener dendiğinde 12 voltluk ters gerilimde çalışmaya başlayan zener diyet demektir. Zener diyet, ters yönde çalışması sırasında oluşacak olan aşırı akımdan dolayı bozulabilir. Bu durumu önlemek için devresine daima seri bir koruyucu direnç bağlanır.



**Şekil 1.20: Zener diyot karakteristik eğrisi**

Yukarıdaki şekilde zener diyodun karakteristik eğrisi görülmektedir. Zener diyotların ters polarmada iletme geçme gerilimleri farklı imal edilir. (3 volt, 4 volt, 6 volt, 7,5 volt, 9 volt, 12 volt vb.). Ters polarma gerilimi üzerinde yazan gerilime geldiğinde iletme geçer. Düz polarmada ise ters polarma gerilimi farklı bütün silisyum zener diyotlar 0,6–0,8 volta iletme geçer. Sağlamlık kontrolü diğer diyotlarda olduğu gibi ohmmetre ile yapılır.

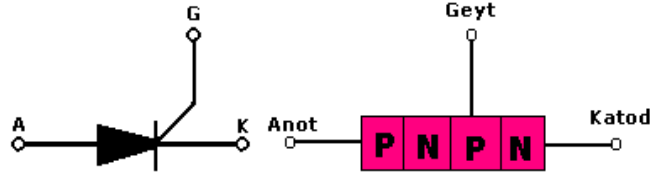
Aşağıdaki devreye 9 voltluk zener bağlanmıştır. 12 volt gerilim uygulandığında zener diyottan bir akım geçer. Geçen akım R direncinde 3 voltluk bir gerilim düşümü oluşturur. 12 volt besleme geriliminin 3 voltu direnç üzerinde düşerken 9 voltu zener diyot uçlarında bulunur.



**Şekil 1.21: Zener diyodun devreye bağlanması**

### 1.8.2. Silikon Kontrollü Doğrultucular (SCR, Tristörler)

Tristör PNPN elemanların birleşmesinden oluşmuş silisyum kontrollü SCR (doğrultucu) olarak da anılan bir elektronik devre elemanıdır. İlk defa 1956'da Bell Telephone Laboratories tarafından geliştirilmiş olup zaman gecikme devrelerinde, doğru akım motor sürücülerinde, gazaltı kaynak makinelerinde, akü şarj cihazlarında kesintisiz güç kaynakları ve ısıtıcı kontrollerinde kullanılır.

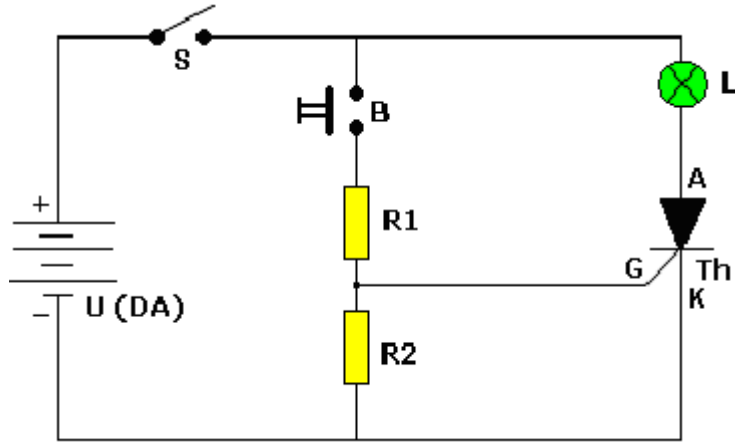


Şekil 1.22: Tristörün sembolü ve yapısı



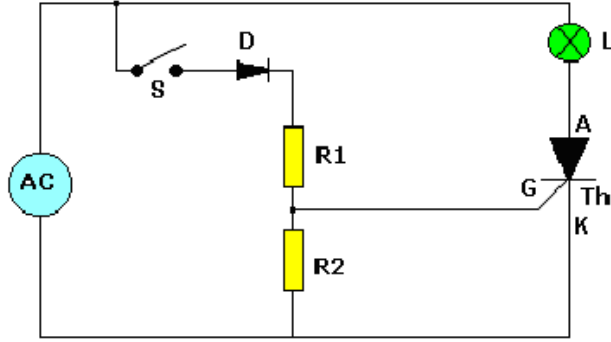
Resim 1.5: Tristör

Tristör; anod (A), katot (K) ve geyt (G) olmak üzere üç uçlu bir yarı iletken elemandır. Yüksek sıcaklık, güç ve kapasiteye sahip silisyum malzemeden imal edilir. Küçük tetikleme geyt gerilimi ile yüksek gerilimlerin doğrultulması ve kontrol edilmesi yapılabilir. İletime geçme süresi kontaktörlere göre çok daha kısa olup (100-400 A arasında 10-25  $\mu$ sn) ark oluşturmaz. Bu özellikleri nedeniyle kontaktörlere göre daha uzun ömürlüdür.



Şekil 1.23: Tristörün doğru akımda çalıştırılması

Şekil 1.23'te görüldüğü gibi tristörün doğru gerilimde ilettime geçirebilmek için S anahtarı kapatıldığında anoduna lamba üzerinden (+) gerilim, katoduna (-) gerilim uygulanır. Geytine gerilim uygulanmadığı için tristör açık devre durumundadır. B butonuna bir anlık basıldığında tristör geytinden geçen küçük bir akım tristörü ilettime geçirir ve lamba yanar. Tristör ilettime geçtikten sonra B butonuna basılı tutmaya gerek yoktur. Tristörün kesime (yalıtıma) geçip lambanın sönmesi için S anahtarının açılması gerekir.



**Şekil 1.24: Tristörün alternatif akımda çalıştırılması**

Şekil 1.24'te görüldüğü gibi tristörün alternatif gerilimde iletme geçebilmesi için S anahtarı kapatıldığında diyotla doğrultulmuş ve  $R_1 - R_2$  gerilim bölücü dirençler yardımı ile küçük bir akım geçer. Bu akım tristörü iletme geçirerek lambanın yanmasını sağlar. Lambanın söndürülebilmesi için S anahtarının açılması yeterlidir.

### 1.8.3. Işık Veren Diyotlar (Led )

Doğru polarma altında çalışır. Değişik renk ve gerilimlerde imal edilir. Renklerine göre diyotların en düşük çalışma gerilimleri kırmızı için 1,5 volt, sarı için 1,8 volt, yeşil için 2,2 voltur. Genellikle 5 voltun üzerindeki gerilimlerde bozulur.



**Resim 1.6: Led diyot çeşitleri**



**Şekil 1.25: Led diyot sembolü**

Yukarıda led diyodun sembol ve görünüşü görünmektedir. Led diyotların çalışma akımları 10 mA ile 80 mA arasında imalat kalitesine göre değişmektedir. Led diyotların renkleri katkı maddelerinin oranına bağlı olarak elde edilir. Örneğin galyum – fosfat yeşil ve sarı ışık, galyum – fosfat içine çinko oksit ilave edilirse kırmızı ışık, galyum-arsenik kızıl

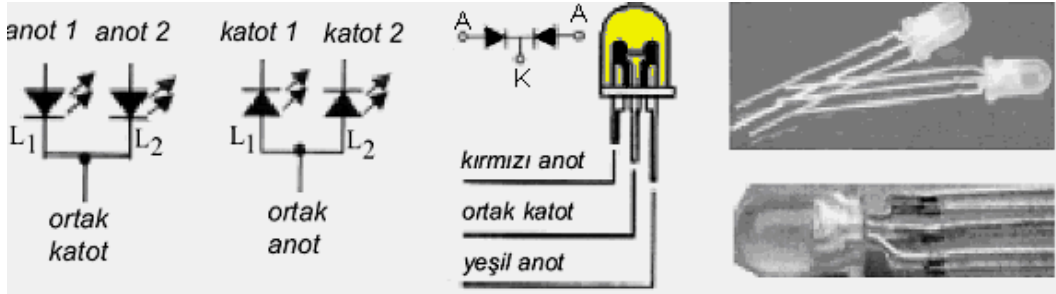


ötesi yani gözle görülmeyen ışık verir. LED yazılım olarak İngilizce Light Emitting Diode (ışık yayan diyot) kelimelerinin baş harfinden almaktadır.

Led diyotların özellikleri:

- Çalışma gerilimi 1,5-2,5 V arasındadır.
- Çalışma akımı 10-50 mA arasındadır
- Uzun ömürlüdür (ortalama 100.000 saat)
- Darbeye ve titreşime karşı dayanıklıdır.
- Kullanılacağı yere göre çubuk şeklinde veya dairesel yapılabilir.
- Çalışma zamanı çok kısadır (Nanosaniye).
- Diğer diyotlara göre doğru yöndeki direnci çok daha küçüktür.
- Led diyotların gövdeleri tamamen plastikten yapıldığı gibi ışık çıkan kısmı optik merceğe, diğer kısımları metal olarak da yapılır.

Led diyotlar değişik büyüklük ve şekillerde yapılabildiği gibi iki veya üç renkli olanları da vardır. İki renkli led diyotlarda aynı muhafaza içerisine birbirine ters bağlı iki led diyot yerleştirilmiş olup kırmızı-yeşil, sarı-yeşil gibi renkleri vardır. İki ayrı led diyodun katot uçları birleştirilip anot uçları ayrı olacak şekilde bir muhafaza içine alınırsa üç renkli led diyotlar elde edilir. Bu led diyotların renkleri kırmızı, yeşil veya ikisi birlikte yandığında sarı olur. Şekil 1.26'da led diyot yapısı ile iki renkli ve üç renkli diyot bağlantıları görülmektedir.



Şekil 1.26: Çift renkli diyot sembolleri

Resim 1.7: Çift renkli diyot

Led diyotlara doğru polarlama gerilimi verildiğinde N tipi yarı iletkenin P tipi yarı iletkenine doğru elektron akışı olur. P tipi yarı iletkenin N tipi yarı iletkenine doğru ise oyuk akışı olur. Bu hareket esnasında açığa çıkan enerji ısı, ışık yayılmasına neden olur. Resim 1.7'de gibi PN birleşimi şeffaf bir kılıfla kaplandığından enerji, ışık olarak dışarıya yayılır.

#### 1.8.4. Foto Diyot

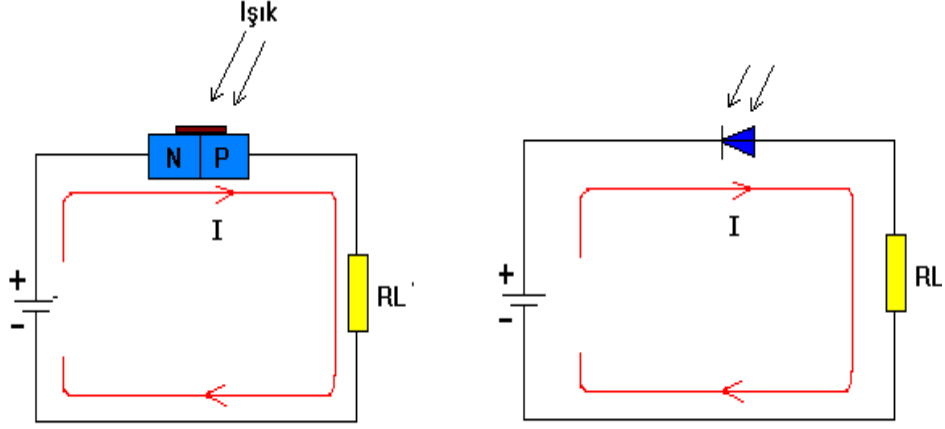


Şekil 1.27: Foto diyot sembolü



Resim 1.8: Foto diyot

Foto diyotlar ters polarma altında kullanılır. Doğru polarmada normal diyotlar gibi iletken, ters polarmada ise N ve P maddelerinin birleşim yüzeyine ışık düşene kadar yalıtkandır. Birleşim yüzeyine ışık düştüğünde ise birleşim yüzeyindeki elektron ve oyuklar açığa çıkar ve bu şekilde foto diyot üzerinden akım geçmeye başlar. Bu akımın boyutu yaklaşık 20 mikroamper civarındadır. Foto diyot televizyon veya müzik setlerinin kumanda alıcılarında kullanılır. Alternatif akım devrelerinde kullanılmak üzere NPN veya PNP yapılı simetrik foto diyotlar da üretilmektedir.



**Şekil 1.28: Foto diyotun devrede çalışması**

Şekil 1.28' de görüldüğü gibi birleşme yüzeyine ışık gelince bu ışığın verdiği enerji ile kovalent bağlarını kıran P bölgesi elektronları, gerilim kaynağının pozitif kutbunun çekme etkisi nedeniyle N bölgesine ve oradan da N bölgesi serbest elektronları ile birlikte kaynağa doğru akmaya başlar. Diğer taraftan kaynağın negatif kutbundan kopan elektronlar diyodun P bölgesine doğru akar.

Foto diyotlar uzaktan kumanda, alarm sistemi, sayma devreleri, yangın ihbar sistemleri, elektronik hesap makineleri, lüksmetreler, optik sayıcılar, fotoğraf makineleri ve kameralarda mesafe ayarı vb. çeşitli alanlarda kullanılır.

### 1.8.5. Varikap Diyot

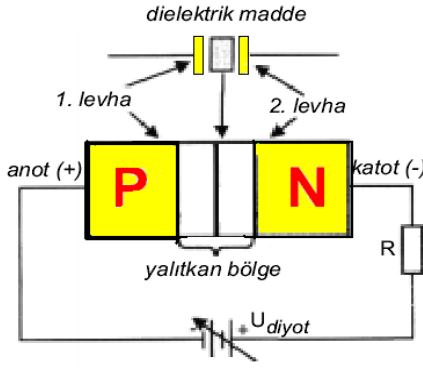
Uçlarına uygulanan ters polariteli gerilime bağlı olarak kapasite değeri değişen elemanlara kapasitif diyot denir.

Yarı iletkenlerde P-N birleşmesinde geçiş bölgesi ters polarma ile genişletilir. Bu durumda diyodun kapasite değeri değişmektedir.

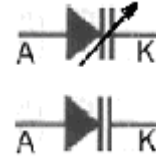
Kapasitif diyotlar ters bağlı iken P-N birleşim yüzeyinde Şekil 1.29'da görüldüğü gibi elektron ve oyukların uzaklaştığı geçiş bölgesi oluşur. Bu bölge diyoda uygulanan gerilimle doğru orantılı olarak değişir. Gerilim artılırsa nötr (boş) bölge genişler. P-N kristalleri iletken levha durumuna geçerken nötr bölge de dielektrik (yalıtkan) özelliği gösterir. Böylece küçük kapasiteli bir kondansatör elde edilmiş olur. Oluşan kapasite, devre gerilimi ile ters orantılıdır yani diyoda uygulanan gerilim artıkça kapasite azalır.

Hareketli plakalı ayarlı kondansatörler elektronik devrelerde çok yer kapladığından küçük boyutlu ve dijital yapılı devrelerde varikap diyotlar kullanılır.

Kapasitif diyotlar TV, radyo vb. cihazların yayın (frekans), seçici (tuner) devrelerinde kullanılır.



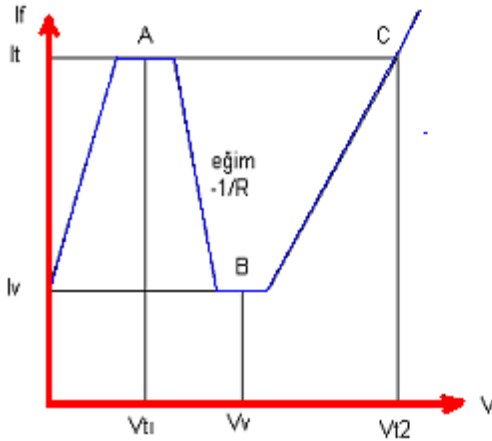
Şekil 1.29: Kapasitif diyodun ters polaritesi



Şekil 1.30: Sembolleri

### 1.8.6. Tünel Diyot

Saf silisyum ve germanyum maddelerine daha fazla katkı maddesi katılarak tünel diyotlar imal edilmektedir. Tünel diyotlar ters polarite altında çalışır. Üzerine uygulanan gerilim belli bir seviyeye ulaşana kadar akım seviyesi artarak ilerler. Gerilim belli bir seviyeye ulaştıktan sonra da üzerinden geçen akımda düşüş görülür. Tünel diyotlar bu düşüş gösterdiği bölge içinde kullanılır. Tünel diyotlar yüksek frekanslı devrelerde ve osilatörlerde kullanılır.



Şekil 1.31: Tünel diyodun karakteristik eğrisi ve sembolü

Şekil 1.31'deki eğride görüldüğü gibi tünel diyoda uygulanan gerilim  $V_{t1}$  değerine gelinceye kadar büyüdükçe akım da artıyor. Gerilim büyümeye devam edince akım A noktasındaki  $I_t$  değerinden düşmeye başlıyor. Gerilim büyümeye devam ettikçe akım B

noktasında bir müddet  $I_v$  değerinde sabit kalıp sonra C noktasına doğru artıyor. C noktası gerilimi  $V_{t2}$ , akımı yine  $I_t$ 'dir. Bu akıma "tepe değeri akımı" denmektedir.

Gerilimi  $V_{t2}$  değerinden daha fazla arttırmamak gerekir. Aksi hâlde geçen akım,  $I_t$  tepe değeri akımını aşacağından diyot bozulacaktır.  $I = f(V)$  eğrisinin A-B noktaları arasındaki eğimi negatif olup  $-1/R$  ile ifade edilmekte ve diyodun bu bölgedeki direnci de negatif direnç olmaktadır. Tünel diyot A-B bölgesinde çalıştırılarak negatif direnç özelliğinden yararlanır.

- **Tünel diyodun üstünlükleri**
  - Çok yüksek frekansta çalışabilir.
  - Güç sarfiyatı çok düşüktür.  $1mW$ 'ı geçmemektedir.
- **Tünel diyodun dezavantajları**
  - Stabil değildir. Negatif dirençli olması nedeniyle kontrolü zordur.
  - Arzu edilmeyen işaretlerde de kaynaklık yapmaktadır.
- **Tünel diyodun kullanım alanları**
  - Yükselteç olarak kullanılması
  - Osilatör olarak kullanılması
  - Tünel diyodun anahtar olarak kullanılması

### 1.8.7. Doğrultucu Diyot

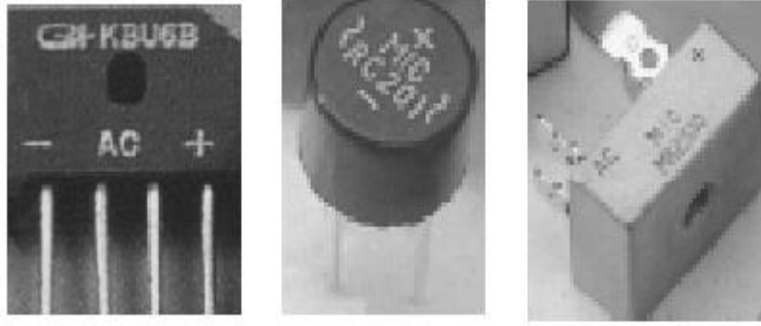
Doğrultmaç (alternatif akımı doğru akıma çevirmede) devrelerinde kullanılır. Boyutları akım değerlerine göre değişir. Büyük akımlı diyotların kesitleri büyük olur. Bu diyotlar soğutucu plakalara monte edilir. Soğutucu plakalarda bağlantı kolaylığı temin için büyük akımlı diyotlar düz ve ters olmak üzere iki tipte imal edilir.

<b>1 N 4001</b>	<b>50 V</b>
<b>1 N 4002</b>	<b>100 V</b>
<b>1 N 4003</b>	<b>200 V</b>
<b>1 N 4004</b>	<b>400 V</b>
<b>1 N 4005</b>	<b>600 V</b>
<b>1 N 4006</b>	<b>800 V</b>
<b>1 N 4007</b>	<b>1000 V</b>

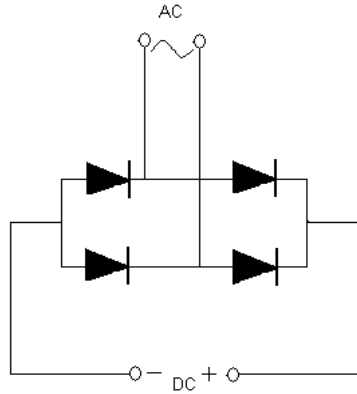
Tablo 1.1: Doğrultmaç diyotların maksimum dayanım gerilimleri

### 1.8.8. Köprü Diyotlar

4 adet PN birleşmeli normal diyodun aynı yapı içerisinde bulunan uygun şekilde bağlanması ile elde edilir. Köprü diyodun dış görünüşü ve iç bağlantısı aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Resim 1.9: Çeşitli köprü tipi diyotlar



Şekil 1.32: Köprü diyot bağlantısı

Köprü diyot üzerinde alternatif akım girişleri ve doğru akım çıkışları belirtilmiştir. Alternatif akıma bağlandığında tam dalga doğrultma yapılmaktadır. Redresör devrelerinde doğrultmaç olarak kullanılır.

Köprü diyot üzerinde diyodun özelliklerini belirten rakam ve harfler vardır. Örneğin üzerinde **B20 C320** yazan bir köprü diyodun 20 voltta çalışacağı ve üzerinden geçebilecek maksimum akımın 320 mA olduğu anlaşılır.

#### ➤ Köprü diyot sağlamlık kontrolü

Direnç kademesindeki avometrenin uçlarını köprü diyodun alternatif uygulanan uçlarına dokunduralım. avometre ibresi büyük bir direnç gösterir veya hiç sapmaz. Uçları yer değiştirilse bile sapma görülmez.

Bu defa avometrenin uçlarını köprü diyodun doğru akım alınan uçlarına dokunduralım. Avometre uçları yer değiştirmek kaydı ile yapılan ölçmelerde birinde ibre

sapması diğesinde sapmaması görülmelidir. Bu durumda köprü diyot sağlamdır aksi durumlarda bozuktur.

Ayrıca bu yöntemle de diyodun alternatif akım ve doğru akım uçları da tespit edilebilir.

## 1.9. Diyot Kataloglarının Kullanımı

Diyotlar üzerinde yazılı harf ve rakamlar diyodun hangi elemandan yapıldığı ve hangi devrelerde kullanılacağını gösterir. Amerikan standardında **1N, 2N**, Japon standartlarında **1S, 2S, 2SC, 2SD** kodları kullanılır. Örneğin **1N 4001, 1S 1320** vb. Avrupa standartlarında ise harfler ile yapılan kodlama sistemi kullanılır. Bu sistemde:

1. harf, hangi maddeden yapıldığını gösterir.  
“A” veya “0” ise germanyumdan yapıldığını, ”B” silisyumdan yapıldığını gösterir.
2. harf, hangi devrelerde kullanılacağını gösterir.  
**A-** Genel amaçlı veya anahtarlama diyodu  
**B-** Varikap diyodu  
**E-** Tünel diyodu  
**P-** Foto diyodu  
**Q-** Led diyodu  
**Y-** Doğrultmaç diyodu  
**Z-** Zener diyodu

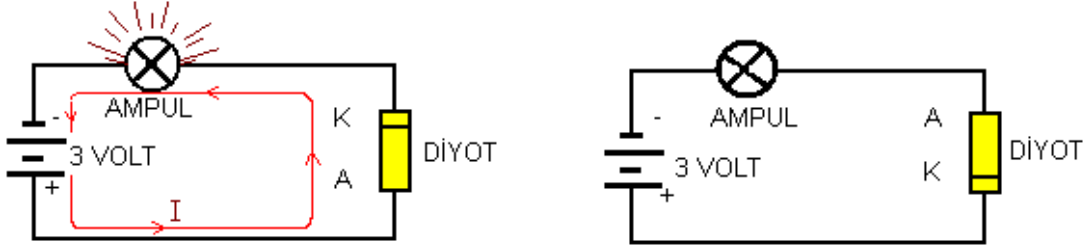
Harflerden sonra gelen 999’a kadar rakamlar firmaya ait seri numaralardır. Zener diyotlarda ise seri numaralardan sonra yine harf gelir. Bu harflerin anlamı şudur:

- A-**Zener gerilimi % 1 değişir.
- B-** Zener gerilimi % 2 değişir
- C-** Zener gerilimi % 5 değişir.
- D-** Zener gerilimi % 10 değişir.
- E-** Zener gerilimi % 15 değişir.

### Örnek: **BZY 96/C 4V7** diyodun anlamı

- B-** Silisyumdan yapılmış.
- Z-** Zener diyot
- Y-** Doğrultmaç diyot
- 96-** Firmaya ait seri numara
- C-** Zener gerilimi %5 değişir.
- 4V7-** Çalışma gerilimi 4,7 volt

### 1.9.1. Diyotların Sağlamlık Testi ve Uçlarının Tespiti



Şekil 1.33: Diyotların lamba ile sağlamlık kontrolü

Yukardaki şekilde, diyota 3 voltluk bir pil ile 3 voltluk bir ampul seri bağlanmıştır. Pilin (+) ucu diyotu anoduna, (-) ucu da lamba üzerinden katoduna bağlandığında doğru polarlandığı için lamba (ışık verir) yanar. Diyot uçlarını ters çevirdiğimizde ise ters polarlama olacağından bu sefer lamba yanmaz ise (diyotlar tek yönlü akım geçirdiğinden) bu diyot sağlamdır, diyebiliriz. Her iki devre bağlantısında da lamba yanar (veya yanmaz) ise diyot bozuktur.

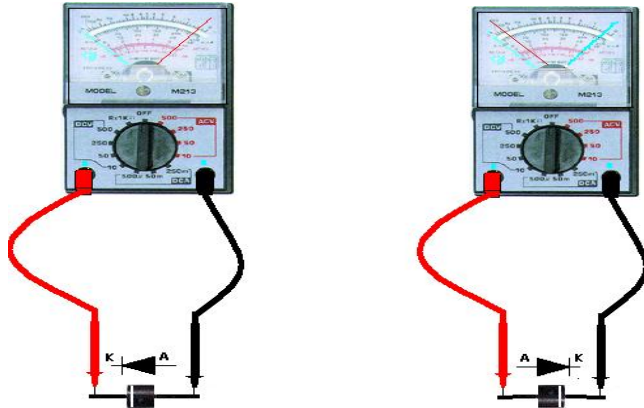
#### ➤ Analog ölçü aleti ile sağlamlık kontrolü

Analog ölçü aletlerin bazı tiplerinde uç işaretleri ile içindeki pil polaritesi terstir. Bunu aşağıdaki açıklamalar doğrultusunda kontrol edebiliriz.

Ölçü aletinin skalasında  $\Omega$  (ohm) kademesinin sıfırı bir başta, amper ve volt kademesinin sıfırı diğer başta ise ölçü aleti üzerindeki yazılı polarite ucu ile pil uçları terstir. Akım, gerilim ve direnç kademeleri sıfırı, skala üzerinde aynı tarafta ise ölçü aleti üzerindeki yazılı polarite ucu ile pil uçları aynıdır.

Bu kontrolden sonra avometre direnç ohm kademesinde Rx1 konumuna getirilir, (+) ve (-) uçları kısa devre edilerek sıfır ayarı yapılır.

Analog ölçü aleti uçları ile pil uçları ters yönlü olan bir ölçü aletinde:




Şekil 1.34: Analog ölçü aleti ile diyot sağlamlık kontrolü

Ölçü aletinin (+) (pile göre -) ucunu katot ucuna, (-) (pile göre +) ucunu anot ucuna dokundurduğumuzda diyot doğru polarma olacağından ibre sapar.

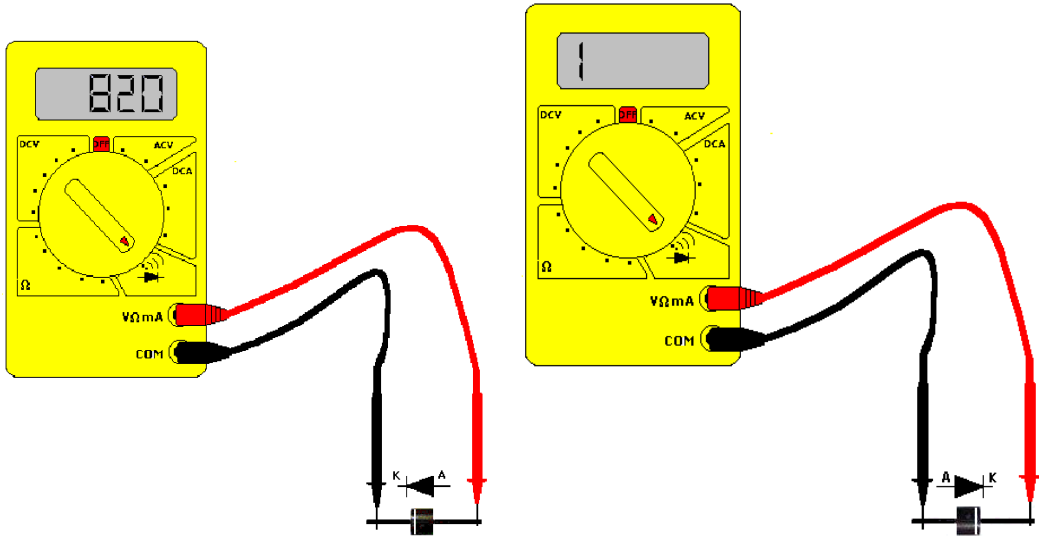
Ölçü aletinin (+) (pile göre -) ucunu anot ucuna, (-) (pile göre +) ucunu katot ucuna dokundurduğumuzda diyot ters polarma olacağından ibre sapmaz.

Yukarıdaki açıklanan durumlar meydana geliyorsa diyot sağlamdır. Ölçü aletinin ibresi her iki durumda da sapar veya sapmazsa diyot bozuktur.

### ➤ Dijital ölçü aleti ile diyodun sağlamlık testi

Dijital avometrede diyot sembolü (  ) bulunan buzzer kademeye getirilir. Diyodun katot ucu ölçü aletinin “COM” terminaline (Negatif), anot ucu ise ölçü aletinin “VΩ mA” yazılı olan (Pozitif) terminaline bağlanır. Bu durumda displayde açma geriliminde 800 civarında bir değer görülecektir. Diyot doğru polarma altındadır.

Diyot uçlar (veya terminal uçları) ters çevrildiğinde, anot uçları “COM” terminaline, katot ucu ise “VΩ mA” yazılı terminale bağlandığında display “1” gösterecektir yani bir yönde değer gösterirken diğer yönde göstermezse bu durumda diyot sağlamdır.



Şekil 1.35 :Diyodun sağlamlık kontrolünün yapılması

Ölçme sırasında her iki yönlü değer gösteriyorsa diyot kısa devre, her iki yönlü büyük direnç “1” gösteriyorsa diyot açık devredir yani diyot bozuktur, diyebiliriz.

**Not: Dijital ölçü aletleri uç işaretleri ile pil uçları aynı yönlüdür.**

Diyot uçlarının tespiti şu şekilde yapılır: Elimizdeki diyodun üzerindeki işaretler silinmiş ve uçlarını bilmiyorsak yukarıda anlatıldığı gibi ölçü aletinin uçları rastgele dokundurduğunda displayde “800 civarına bir değer” görüldüğünde “COM” terminaline bağlı diyot ucu katot, VΩ mA terminaline bağlı uç anot olarak tespit etmiş oluruz.



## UYGULAMA FAALİYETİ

### Diyot kontrolü testlerini yapınız

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Lamba ile diyot sağlamlık testi devre bağlantılarını yaparak diyot sağlamlık kontrolünü yapınız.	➤ Üreteç gerilimi ile lamba çalışma geriliminin aynı olmasına dikkat ediniz.
➤ Tristörün DC ve AC akımda çalışması için devre bağlantılarını yaparak tristör çalışmasını gözlemleyiniz.	➤ Tristör uçlarının tespitinde katalogdan faydalanabilirsiniz. ➤ Üreteç gerilimi ile lamba çalışma geriliminin aynı olmasına dikkat ediniz.
➤ Kristal diyotların sağlamlık tespitini uygun ölçü aletleri ile yapınız.	➤ Terminal uçları ile pil uçlarının farklı olup olmadığı dikkate alınmalıdır.
➤ Köprü tipi devre bağlantıyı yaparak D.C değerini ölçünüz.	➤ Kristal 1N4001 diyot kullanınız ve 12 volt AC gerilim uygulayınız. ➤ Yaptığınız işlemin doğruluğunu arkadaşlarınızın çalışmalarını ile karşılaştırınız ve sonuçlarını tartışınız.

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Lamba ile diyot sağlamlık testi devre bağlantılarını yaparak diyot sağlamlık kontrolünü yaptınız mı?		
2	Tristörün DC ve AC akımda çalışması için devre bağlantılarını yaparak tristör çalışmasını gözlemlediniz mi?		
3	Kristal diyotların sağlamlık tespitini uygun ölçü aletleri ile yaptınız mı?		
4	Köprü tipi devre bağlantıyı yaparak DC değerini ölçtünüz mü?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınızı “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Basit maddenin özelliklerini taşıyan en küçük parçasına ne denir?  
A) Molekül  
B) Proton  
C) Atom  
D) Kovalent bağ
2. Son yörüngesindeki elektron sayısı 4 olan basit maddelere ne denir?  
A) İletken  
B) Yalıtkan  
C) Yarı iletken  
D) Valans
3. Alternatif akımı doğru akıma çeviren, germanyum ve silisyumdan yapılan ve tek yönlü akım geçiren devre elemanına ne denir?  
A) Bobin  
B) Kondansatör  
C) Transistör  
D) Diyot
4. Ters polarma gerilimi altında sabit çıkış gerilimi veren gerilim regülasyonunda kullanılan diyot hangisidir?  
A) Tuner diyot  
B) Led diyot  
C) Zener diyot  
D) Foto diyot
5. Dört adet PN birleşmeli diyottan oluşan ve üzerinde alternatif akım girişleri ve doğru akım çıkışları belirtilen doğrultmaç diyodu hangisidir?  
A) Köprü diyot  
B) Led diyot  
C) Kristal diyot  
D) Varikap diyot

**Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.**

6. (.....) Elektronlar (-) negatif yüklüdür.
7. (.....)Doğru polarmada elektron hareketi ile oyuklar ters yönde hareket eder.
8. (.....)Foto diyotları doğru polarma gerilimi altında çalışır.
9. (.....)Led diyotlar darbeye ve titreşimlere karşı dayanaksızdır.
10. (.....) Diyotları seri bağlayarak yüksek gerilim diyodu elde ederiz.
11. (.....)1 N 4001 diyotu 85 volt gerilimde çalışabilir.
12. (.....) Diyotları, analog ölçü aletlerinde sağlamlık kontrolü yapılırken direnç( $\Omega$ ) kademesinde yapılır.
13. (.....)Diyotlar her iki yönde akım geçirebilen yarı iletken elemanlardır.

## **DEĞERLENDİRME**

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Uygun ortam sağlandığında transistörleri özelliklerine, çalışma şartlarına ve çeşitlerine uygun olarak devreye bağlayabilecek, transistörleri uygun ölçü aleti ile hatasız olarak test edebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Transistörlerin çeşitleri, kullanım alanları, uçların tespiti, sağlamlık kontrolü, katalog bilgilerini çevrenizde bulunan TV, radyo vb. tamircileri veya yetkili elektronik servislerine giderek araştırınız.

## 2. TRANSİSTÖRLER

Transistörler 1948 yılında Amerika'da William Shocley tarafından nokta temaslı olarak yapılmaya başlanmıştır.

Transistör sözcüğü transfer- rezistör kelimelerinden türetilmiştir. Transistör, emiter ve kolektör uçları arasındaki direncin beyz ucuna uygulanan akım değeri ile azaltılıp yükseltildiği elektronik devre elemanıdır.

Değişik işlevli bütün transistörlerin esası yüzey birleşmeli olmasıdır. Bu nedenle, yüzey birleşmeli transistörün incelenmesi, transistörlerin yapısı, karakteristikleri ve çalışma prensipleri hakkındaki gerekli bilgileri verecektir. Transistörler kendi aralarında **PNP** ve **NPN** diye iki tipe ayrılır.

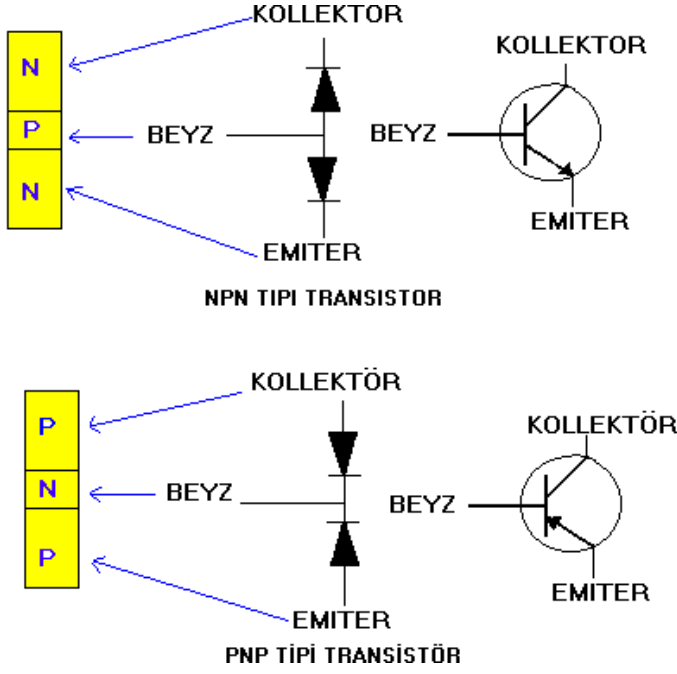
### 2.1. PNP ve NPN Tipi Transistörler

#### 2.1.1. Yapısı

PNP tipi transistör iki P tipi germanyum arasına çok ince (0,025 mm) N tipi madde yerleştirilmesi ile meydana gelir. P tipi madde içinde negatif iyon hâlinde indium atomları ile aynı sayıda oyuklar ve az sayıda elektronlar mevcuttur. N tipi germanyum ise pozitif olarak iyonize olmuş arsenik atomları ile hareketli serbest elektronlar ve az sayıda oyuklardan meydana gelmiştir.

PNP tipi transistör de devreye oyuklar hakim, NPN tipi transistor de ise devreye elektronlar hakimdir. Transistörlerde üç adet ayak vardır. Bunlar **emiter** (yayıcı), **beyz** (taban) ve **kollektör** (toplayıcı) uçlardır. Emiter kısaca E, beyz kısaca B ve kollektör ise kısaca C ile gösterilir.

PNP tipi transistörde akım taşıma işini çoğunlukta bulunan oyuklar, NPN tipi transistörde ise akım taşıma işini serbest elektronlar yapar. PNP ve NPN tipi transistörün iç yapısını birbirine ters seri bağlı iki diyoda benzetirsek transistörün sağlamlık kontrolünde çok büyük kolaylıklar sağlarız. Aşağıdaki şekilde NPN ve PNP tipi transistörün ters seri diyoda benzemiş şekli görülmektedir.



Şekil 2.1:Transistör yapısı ve sembolü

Resim 2.1:Transistör çeşitleri



### 2.1.2. Çeşitleri

Transistörler yapım şekillerine göre dört gruba ayrılır:

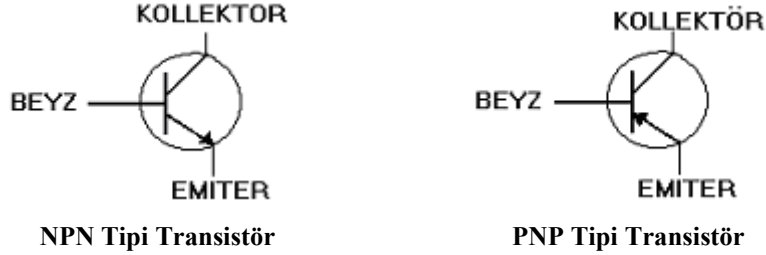
- Nokta temaslı transistörler
- Yüzey temaslı transistörler
- Alaşım yöntemiyle yapılan transistörler
- Alaşımli yayılma yöntemiyle yapılan transistörler

Bütün bu transistörlerin çalışma sistemi aynıdır.

Transistörlerin başlıca şu çeşitleri vardır:

- Yüzey birleşmeli (jonksiyon) transistör
- Foto transistör
- Nokta temaslı transistör
- Tetrot transistör
- Unijonksiyon transistör
- Alan etkili transistör (FET)

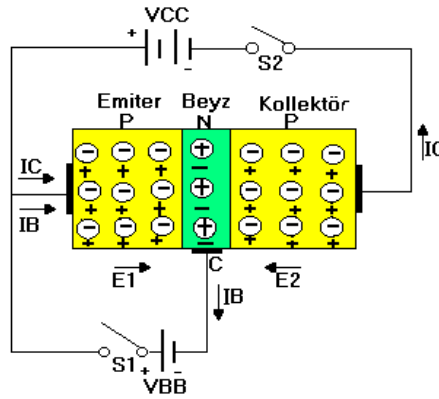
### 2.1.3. Sembolleri



### 2.1.4. Polarmalandırılmaları

- **Doğru polarmalandırma:** Transistörün asıl görevi, değişik frekanstaki AC işaretleri yükseltmektir. Transistörün bu görevi yerine getirebilmesi için önce emiter, beyz ve kolektörün DC gerilim ile beslenmesi gerekir. Uygulanan bu DC gerilime polarma gerilimi denir. Transistörün, çalışmasını sağlayacak şekilde, emiter, beyz ve kolektörünün belirli değerdeki ve işaretteki (- veya+) DC gerilimi ile beslenmesine transistörün polarılması (kutuplandırılması) denir.

Şekil 2.2’de PNP tipi transistörün iç yapısı ve doğru polarmalandırılmış şekli görülmektedir.



Şekil 2.2: Transistorün doğru polarılması

Şekil 2.2’de emiter ve beyz düz polarmalı, kolektör ise ters polarmalı olarak bağlıdır. Bu her zaman böyle olmak zorundadır yani sadece kolektör ucu ters olarak polarmalandırılmalıdır. Aksi takdirde transistör çalışmaz. S1 ve S2 anahtarları açıkken transistör içinde E1 ve E2 gibi birbirine zıt küçük gerilim seti meydana gelir. S1 ve S2 anahtarları kapatıldığında  $V_{CC}$ ’nin artı kutbu oyukları beyz bölgesine iter. Bu oyuklar aynı zamanda  $V_{BB}$ ’nin eksi kutbu tarafından da çekileceğinden oyukların hızları artar.

Emiterden gelen oyuklar beyzde elektron bağı kuracak yeterli sayıda serbest elektron bulamaz.  $V_{CC} > V_{BB}$  olduğundan gelen oyukların büyük çoğunluğu  $V_{CC}$ ’nin eksi kutbu tarafından çekilir. Emiterden gelen oyukların % 95 civarı  $V_{CC}$ ’nin eksi kutbu tarafından çekilmiş olur. % 5’lik kısmı ise  $V_{BB}$ ’nin küçük olması sebebiyle  $V_{BB}$ ’nin eksi kutbu tarafından çekilir. Dikkat edilirse kolektör akımı beyz akımından çok büyüktür. Kolektör

akımı mA seviyesinde iken beyz akımı  $\mu\text{A}$  seviyelerindedir. Bu yüzden bazı hesaplamalarda beyz akımı yok kabul edilip emiter akımı kolektör akımına eşit tutulabilir. Hâlbuki emiter üzerinden kolektör ve beyz akımların toplamı geçmektedir.

$$I_E = I_B + I_C$$

Transistörün beyz bölgesine giren akıma beyz akımı denir. PNP tipi bir transistörün çalışması NPN tipi transistörün çalışmasının aynısıdır. Bu yüzden NPN tipi transistörde sadece geçen akım yönleri farklıdır.

- **Ters polarmalandırma:** PNP tipi bir transistörün ters polarizasyondaki durumu üç şekilde olabilir:
- $V_{CC}$  ters bağlanır.
  - $V_{BB}$  ters bağlanır.
  - $V_{BB}$  ve  $V_{CC}$  ters bağlanır.

Aşağıdaki şekilde  $V_{BB}$  doğru,  $V_{CC}$ 'nin ters bağlandığı devre görülmektedir.

$S_1$  ve  $S_2$  anahtarları açık iken transistör içindeki birbirine zıt yönde  $E_1$  ve  $E_2$  gerilim setleri oluşur.

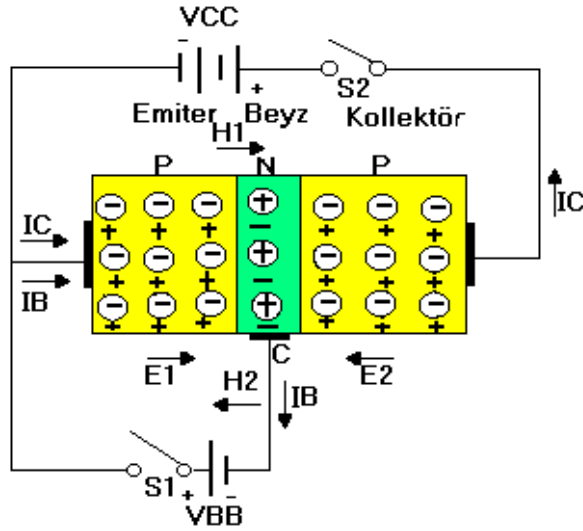
1)  $S_1$  ve  $S_2$  kapatıldığında,  $V_{CC}$ 'nin etkisiyle emiter-kolektör uçları arasında bir  $H_1$  alanı oluşur.  $V_{BB}$ 'nin etkisiyle de beyz emiter arasında da  $H_2$  alanı oluşur ( $H_1$  ve  $H_2$ 'nin yönleri zıt).  $H_2$ 'nin yönü elin yönüne zıt olduğu için birbirlerini yok eder. Böylece emiterdeki oyuklar beyzdeki elektronlarda emitere geçer. Emiter beyz arası iletken olur.

2) Bu esnada  $V_{CC}$ 'nin meydana getirdiği emiterden kolektöre doğru olan  $H_1$  kuvvetli alanı da  $E_2$ 'nin yönüne zıt olduğu için  $E_2$ 'nin alanını zayıflatır. Böylece kolektördeki oyuklar hızla beyze, oradan da büyük bir çoğunluğu emitere ulaşır.  $V_{CC}$ 'nin eksi kutbu emitere bağlı olduğundan emiterle gelen oyukların hızları iyice artar, transistör bozulur. Emiter kolektör arası kısa devre olması (transistörün bozulması)  $V_{CC}$ 'nin  $V_{BB}$ 'den çok büyük olması nedeniyle gerçekleşir.

Transistörlü radyolarda, pillerin yanlışlıkla ters bağlanması sebebiyle transistörlerin hemen bozulabileceği akla gelebilir. Her ne kadar doğru ise de transistörlerin maksimum çalışma geriliminin 9 volttan daha fazla oluşu bu ters bağlanmanın kısa bir an devam etmesi hâlinde transistörlerin hemen bozulmayacağı unutulmamalıdır. Piller alıcıda uzun süre ters olarak bağlı kalmamalıdır. Böylece transistörün ısınmasına dolayısıyla bozulmasına neden olur.

Buraya kadar 1. yöntemde transistör ters polarma edilmişti, ister  $V_{CC}$  veya  $V_{BB}$ 'yi tek tek isterse ikisi birden ters bağlarsak transistör yine kısa devre olur.

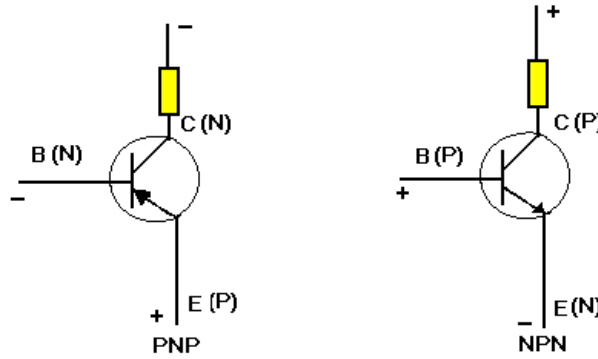




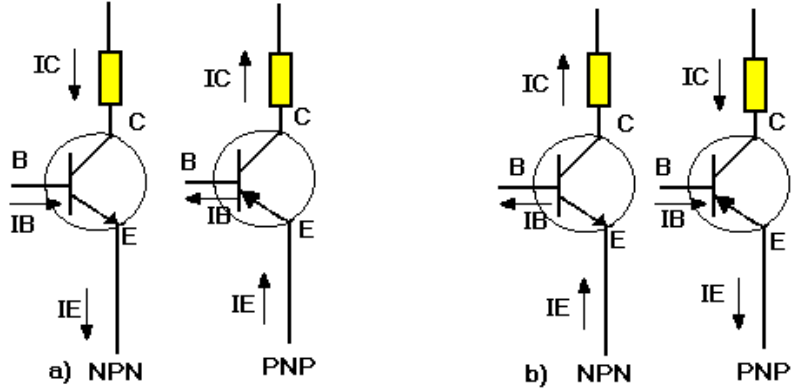
Şekil 2.3: Transistörün ters polarılması

### 2.1.5. Akım ve Gerilim Yönleri

NPN ve PNP tipi transistörlerde gerilim yönü yarı iletkenlerin elektriksel değerliklerine göre belirlenir. Transistörün tipini gösteren ilk harf emitere uygulanan gerilimin polaritesini verir. İkinci harf ise beyze uygulanan gerilimin polaritesini verir. Ancak kolektör geriliminin polaritesi elektriksel değerliklerine göre terstir. Şekil 2.4'te bu durum görülmektedir.



Şekil 2.4: Transistörlerin gerilim yönleri



Şekil 2.5: a) Transistörlerde akım yönleri

b) Transistörlerde elektron yönleri

Devreden geçen akımın yönü Uluslararası Elektronik Kuruluşunun ( $I_{EC}$ ) yaptığı kabule göre üreticinin pozitif kutbundan (+) negatif kutbuna (-) doğru emiterdeki ok yönündedir. Oyak akımı yönü elektrik akım yönü olarak kabul edilir. Şekil 2.5'te görüldüğü gibi elektronların yönü ise oka terstir.

### 2.1.6. Transistör Karakteristikleri

Transistörlerde çıkış akımını giriş akımına oranına **akım kazancı** denir. Çıkış akımı daima kolektör akımıdır. Giriş akımı ise transistörün bağlantı şekline göre emiter veya beyz akımı olabilir. Çıkış gerilimi ise sabittir. Transistörün bağlantı şekline göre akım kazancı farklı isimler alır.

- **Alfa ( $\alpha$ ) akım kazancı:** Ortak beyz bağlantılı yükselteç devrelerinde kolektör – beyz gerilimi sabit kalmak şartı ile kolektör akımının emiter akımına oranına **alfa akım kazancı** denir.

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

Alfa akım kazancının 1'e yakın olması istenir. Bunun için kolektör akımı ile emiter akımı birbirine yakın değerde olmalıdır. Alfa akım kazancı yüzey temaslı transistörlerde 0,95-0,98 arasında değişir.

**Örnek:** Bir transistörün ortak beyzli bağlantısında emiterden geçen akım 5 mA, kolektörden geçen akım 4,8 olduğuna göre alfa akım kazancını bulunuz.

**Çözüm:**

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \quad \alpha = \frac{4,8}{5} = 0,96$$

- **Beta (B) akım kazancı:** Ortak emiter veya kolektör bağlantılı yükselteç devrelerinde kolektör akımının beyz akımı oranına beta akım kazancı denir.

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

**Örnek:** Bir transistörün ortak emiterli bağlantısında emiter akımı 5 mA, beyz akımı 0,3 mA olduğuna göre beta akım kazancını bulunuz.

**Çözüm:**

$$I_E = I_B + I_C \text{ ise } I_C = I_E - I_B = 5 - 0,3 = 4,7 \text{ mA}$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad \beta = \frac{4,7}{0,3} = 15,66$$

Alfa ve beta akım kazançlarının dönüştürülmesi aşağıdaki gibi gerçekleştirilir:

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \quad \text{buradan } \beta(1-\alpha) = \alpha \quad \beta - \beta\alpha = \alpha \quad \beta = \beta\alpha + \alpha \quad \beta = \alpha(1+\beta)$$

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

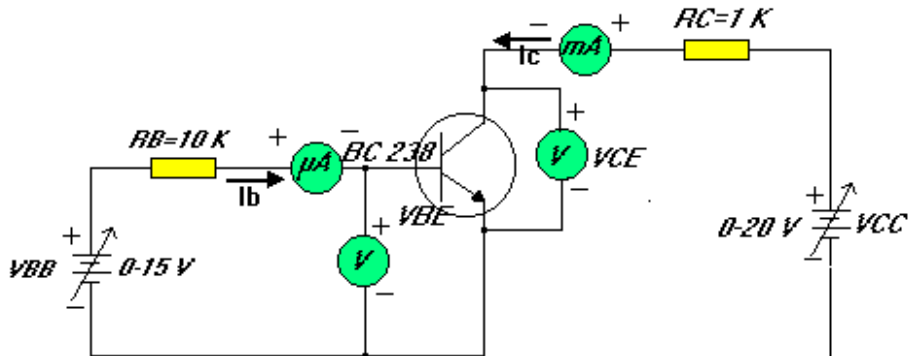
**Örnek:** Alfa akım kazancı 0,93 olan bir transistörün beta akım kazancını bulunuz.

**Çözüm:**

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \quad \beta = \frac{0,93}{1-0,93} = 13,2$$

- **Transistörün Dört Bölge Karakteristiği**

Transistörlerin karakteristik eğrileri dört grup olup koordinat sistemi üzerinde I, II, III ve IV. bölge eğrileri olarak açıklanır. Transistörlerin statik karakteristiklerin bilinmesi, akım ve gerilim ilişkileri ve transistörlerle ilgili bazı değerlerin elde edilmesi bakımından gereklidir. Aşağıdaki Şekil 2.6'da deney bağlantı şeması, Şekil 2.7'de transistör dört bölge karakteristiği verilmiştir.



Şekil 2.6: Transistör dört bölge karakteristik deney bağlantı şeması

- 1.bölge karakteristiği  $(I_C - V_{CE})$
- 2.bölge karakteristiği  $(I_C - I_B)$
- 3.bölge karakteristiği  $(I_B - V_{BE})$
- 4.bölge karakteristiği  $(V_{CE} - V_{BE})$

Bu ilişkiler Şekil 2.7 'de görülmektedir. Burada;

$I_C$ : Transistör kollektör akımı,

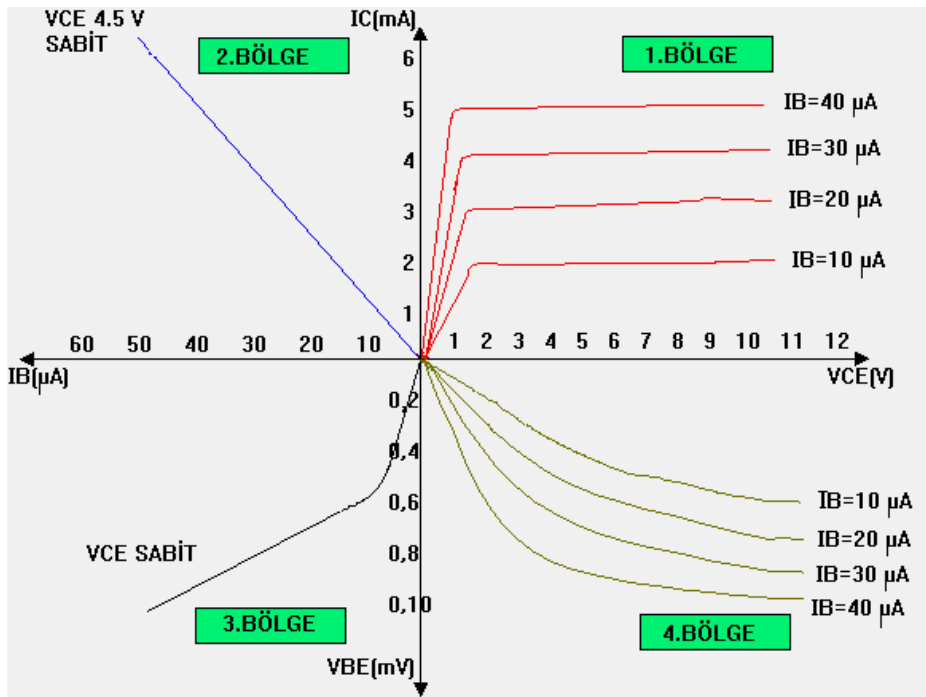
$I_B$ : Transistörün beyz akımı,

$V_{CE}$ : Transistörün kollektör – emiter uçlarında düşen gerilim,

$V_{BE}$ : Transistörün beyz-emiter uçlarında düşen gerilimdir.

Şekil 2.7'deki karakteristik eğriye göre;

- $V_{CE}$  gerilimi ile  $I_C$  akımı ters orantılı olarak değişir.
- $I_B$  akımına göre doğru orantılı olarak  $V_{BE}$  gerilimi artar.
- $I_B$  akımına bağlı olarak  $I_C$  akımı doğru orantılı olarak artar.

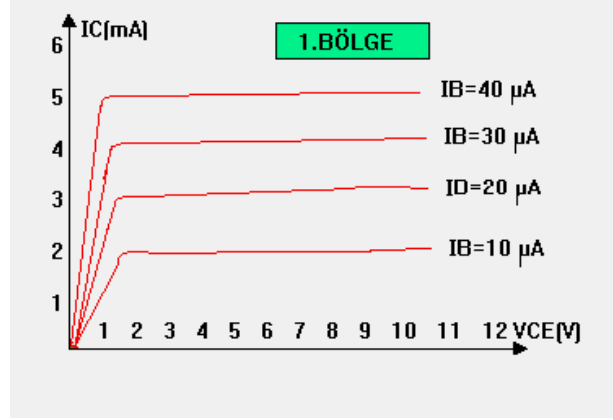


Şekil 2.7: Transistör dört bölge karakteristikleri

- **1.Bölge ( $I_C - V_{CE}$ ) Karakteristiğinin Çizilmesi**

Sabit  $I_B$  giriş akımı değerlerinde  $V_{CE}$  gerilimi ile  $I_C$  nin değişimini gösteren eğriye 1. karakteristik eğri denir. Bu eğriden transistör çıkış direnci  $R_C = V_{CE}/I_C$  bulunur. Şekil 2.6'da bulunan devredeki  $R_B$  ve  $R_C$  dirençleri transistörü korumak amacı ile kullanılmıştır. Önce  $V_{BB}$  kaynağı  $I_B = 0 \mu A$ 'e ayarlanır. Sonra  $V_{CC}$  kaynağı ile  $V_{CE}$  gerilimi sırasıyla 2,4,6,8.....16 V gibi değerlere ayarlanır. Alınan her  $V_{CE}$  gerilim değeri için  $I_C$  akımı gözlem tablosuna kaydedilir. Bu işlem tamamlandıktan sonra aynı işlem  $I_B = 10 \mu A, 20 \mu A, 30 \mu A, \dots$

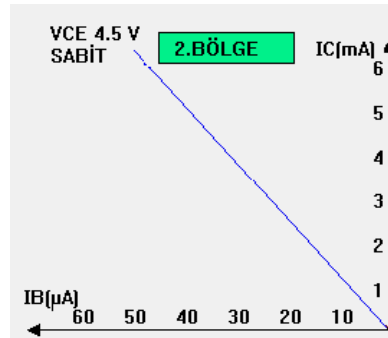
100 $\mu$ A değerleri için ayrı ayrı yapılır. Her  $V_{CE}$  gerilimine karşılık gelen  $I_B$  değeri karşılaştırılarak kesişim noktaları elde edilir. Bu noktalar birleştirildiğinde transistörün 1. bölge karakteristiği çizilmiş olur.



Şekil 2.8: Transistörün 1. bölge karakteristik eğrisi

- **2. Bölge ( $I_B$ - $I_C$ ) Karakteristiği**

$V_{CE}$  gerilimi sabit iken  $I_B$  giriş akımının değişimine karşılık  $I_C$  çıkış akımının değişimini gösterir. B eğriden  $\beta$  akım kazancı ( $I_C/I_B$ ) bulunur.  $V_{CC}$  kaynağı ayarlanarak  $V_{CE}$  gerilimi sabit bir değere örneğin 4,5 volta ayarlanır. Bu defa  $V_{BB}$  kaynağı ayarlanarak  $I_B=20 \mu A$  iken  $I_C$  akımı okunur. Okunan bu değer gözlem tablosuna yazılır.  $I_B$  değerleri yine  $V_{BB}$  kaynağı ile sırasıyla 40  $\mu A$ , 60  $\mu A$  değerlerine getirilir. Her  $I_B$  değerine karşılık gelen  $I_C$  akımı okunur, tabloya kaydedilir. Tablodaki değerler aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi  $I_B$  yatay ekseninde ve  $I_C$  düşey ekseninde olmak üzere noktalar belirlenir. Bu değerlerin kesişim noktaları işaretlenir. Bu noktalar birleştirilerek transistörün 2. bölge karakteristik eğrisi çizilmiş olur.



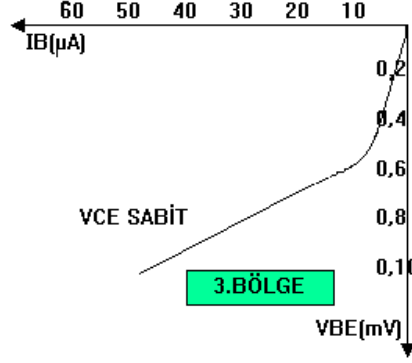
Şekil 2.9: Transistörün 2. bölge karakteristik eğrisi

Yukarıdaki eğriden  $I_B$  akımı 25 $\mu A$  iken  $I_C$  değerinin 4 mA olduğunu görürüz. Buna göre  $\beta$  akım kazancı  $\beta=I_C/I_B=4/25 \cdot 10^{-3}=4 \cdot 10^3/25=160$  olarak bulunur.

- **3. Bölge ( $V_{BE}$ -  $I_B$ ) Karakteristiği**

$V_{CE}$  çıkış gerilimi sabit iken  $V_{BE}$  giriş gerilimindeki değişimin  $I_B$  giriş akımına etkisini gösterir. Bu eğriden transistörün giriş direnci  $R_B=V_{BE}/I_B$  bulunur. 3. bölge karakteristik eğrisi

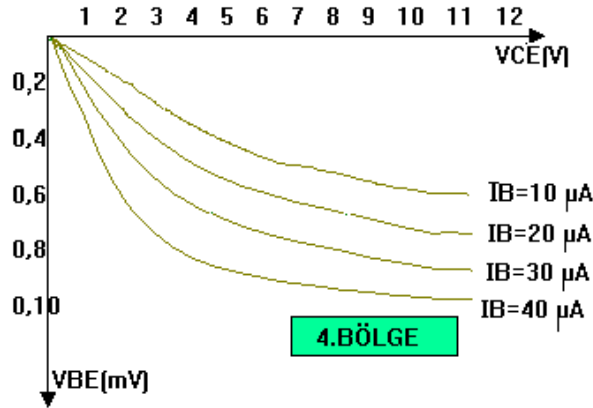
çıkartmak için  $V_{CC}$  kaynağı tarafından  $V_{CE}$  gerilimi (örneğin 4,5 volta) ayarlanır.  $V_{BB}$  kaynağı değiştirilerek  $V_{BE}$  gerilimi kademeli olarak artırılır. Her  $V_{BE}$  gerilimi kademeli olarak artırılır. Her  $V_{BE}$  dikey ekseninde,  $I_B$  yatay ekseninde olmak üzere noktalar kesiştirilerek transistörün 3. bölge karakteristik eğrisi çizilmiştir olur.



Şekil 2.10: Transistörün 3. bölge karakteristik eğrisi

- **4. Bölge ( $V_{BE}$ - $V_{CE}$ ) Karakteristiği**

Transistörün geri besleme oranı ( $V_{BE}/V_{CE}$ ) bu eğriden hesaplanır. Sabit  $I_B$  değerlerinde  $V_{BE}$  giriş gerilimindeki değişiminin  $V_{CE}$  Çıkış gerilimine etkisini inceleyen eğriye 4. bölge karakteristiği denir.



Şekil 2.11: Transistörün 4. bölge karakteristik eğrisi

Yukarıdaki şekilde  $V_{BB}$  kaynağı ile  $I_B = 10\mu A$ 'a ayarlanır.  $V_{CC}$  kaynağı ile  $V_{CE}$  gerilimi eşit aralıklarla ayarlanıp her  $V_{CE}$  değerine karşılık gelen  $V_{BE}$  gerilim değeri gözlem tablosuna yazılır.  $I_B$  değerleri değiştirilerek aynı işlem tekrarlanır. Alınan değerler  $V_{BE}$  dikey ekseninde,  $V_{CE}$  yatay ekseninde olmak üzere 4. bölge karakteristik eğrisi çizilmiştir olur.

## 2.2. Temel Yükselteç Devreleri ve Özellikleri

Girişe uygulanan zayıf sinyalleri çıkışta kuvvetlendiren devrelere yükselteç (amplifikatör) denir.

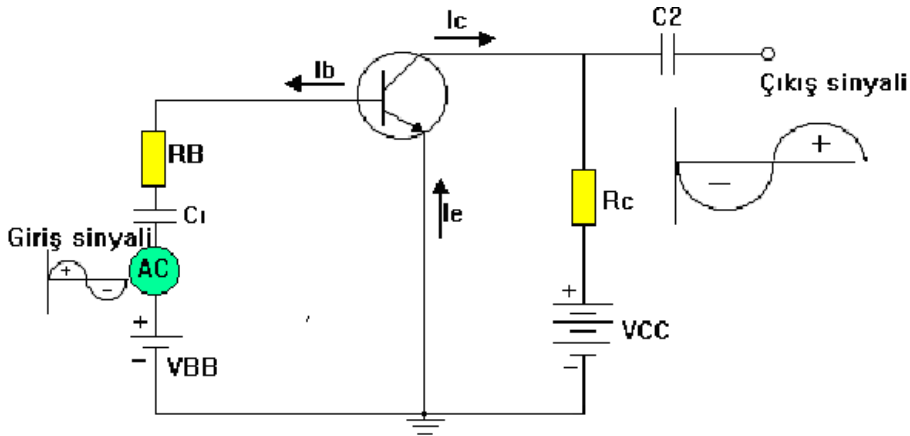
Mikrofon, radyo, teyp, antenden gelen zayıf sinyaller yükselteçler ile gerilim ve güçleri yükseltılarak hoparlörlere iletilir. Amplifikatör devreleri transistör, entegreler veya ikisinin beraber kullanımı ile yapılır. Çıkıştaki sinyalin giriş sinyaline oranı yükseltme kazancını belirler. İyi bir yükseltecin kazancı yüksek olur.

Yükselteçler transistörün bağlantı şekline göre ortak emiterli, ortak beyzli, ortak kolektörlü olarak üçe ayrılır.

### 2.2.1. Emiteri Ortak Yükselteç

Şekil 1.12’de emiteri ortak bağlı yükselteç devresi görülmektedir. Devrede AC giriş sinyali,  $C_1$  kondansatörü üzerinden transistörün beyzine uygulanmıştır. Çıkış sinyali ise  $C_2$  kondansatörü üzerinden kolektörden alınmaktadır.  $V_{BB}$  ile beyz-emiter arasına doğru polarma uygulanmıştır.  $V_{CC}$  ile kolektöre ters polarma gerilimi uygulanmıştır.

Emiteri ortak yükselteçler en çok kullanılan bağlantı şeklidir. Genellikle zayıf sinyallerin yükseltilmesi istenen yerlerde (mikrofon, video kafası vb.) kullanılır.



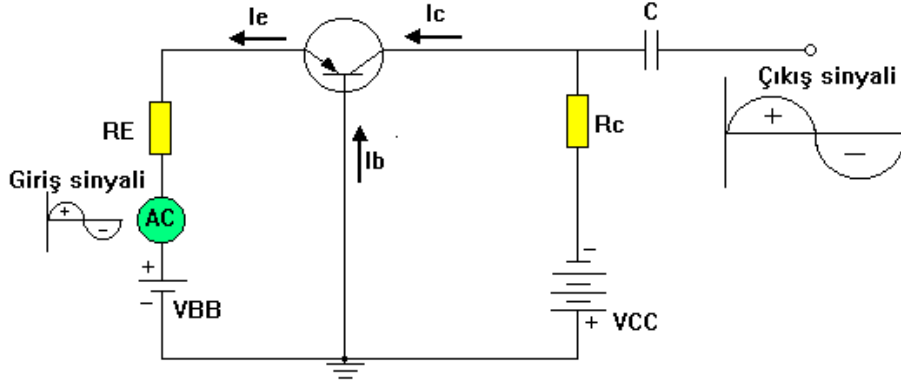
Şekil 2.12: Emiteri ortak yükselteç

Girişe uygulanan AC sinyalin pozitif ve negatif iki alternansı vardır. Giriş sinyalinin pozitif alternansında  $V_{BE} = V_{giriş} + V_{BB}$  olduğundan  $V_{BB}$  polarma gerilimi ve buna bağlı olarak da  $I_B$  beyz akımı da artar. Bu durumda  $I_C$  kolektör akımı ve  $I_E$  emiter akımları da artar.  $I_C$  nin artması,  $R_C$  direnci üzerindeki gerilim düşümünü artırır.  $V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$  formülüne göre  $I_C$  . $R_C$  nin artması ile  $V_{CE}$  nin pozitifliği azalır. Girişte pozitif alternansta verilen sinyal, çıkışta  $180^\circ$  faz farklı olarak negatif alternansta alınır.

Giriş sinyalinin negatif alternansında  $V_{BE} = V_{giriş} - V_{BB}$  olduğundan  $I_B$  beyz akımı azalır. Buna bağlı olarak  $I_C$  kolektör akımı ve  $I_C \cdot R_C$  gerilim düşümü azalır.  $V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$  formülüne göre  $V_{CE}$  nin pozitifliği artar. Girişte negatif alternansta verilen sinyal  $180^\circ$  faz farklı olarak pozitif alternansta genlik bakımından büyümüş olarak alınır.

Emiteri ortak yükselteçlerde giriş empedansı küçük ( $1K\Omega-5K\Omega$ ), çıkış empedansı büyüktür ( $10K\Omega-50K\Omega$ ). Gerilim kazancı, akım kazancı, güç kazancı yüksektir. Giriş ve çıkış sinyalleri arasında  $180^\circ$  faz farkı vardır yani faz tersleme yapar.

### 2.2.2. Beyzi Ortak



Şekil 2.13: Beyzi ortak yükselteç

Şekil 1.13'te devrede giriş sinyali emitere uygulanmıştır. Çıkış sinyali ise kolektörden alınmıştır. Emiter-beyz arasında doğru polarlama  $V_{BB}$  gerilimi, kolektör- beyz arasında ters polarlama  $V_{CC}$  gerilimi uygulanmıştır. Girişe uygulanan AC sinyalin pozitif ve negatif iki alternansı vardır.

Giriş sinyalinin pozitif alternansında  $V_{AC}$  ile  $V_{BB}$  seri bağlı iki üreteç gibi olup toplam gerilim emiter beyz arasına uygulanır. Bu durumda  $I_E$ , buna bağlı olarak da  $I_C$  ve  $I_B$  artar. Bu akım artışına bağlı olarak yük üzerindeki  $I_C.R_C$  gerilim düşümü  $V_{RC}$  üst uç (+) alt uç (-) olacak şekilde artar.  $V_{CB}=V_{CC}-I_C.R_C$  formülünde  $I_C.R_C$  nin artması ile  $V_{CB}$  geriliminin negatifliliğinin azalması, çıkış sinyalinin de pozitif alternansta olduğunu belirtir.

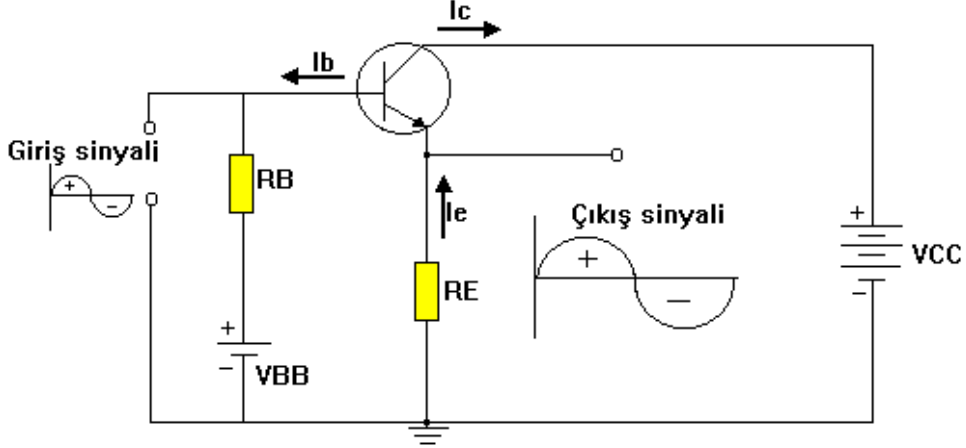
Giriş sinyali negatif alternansında iken  $V_{AC}$  ile  $V_{BB}$  birbirine ters bağlı iki üreteç gibidir. Gerilim farkı emiter -beyz arasına uygulanır. Bu durumda daha düşük bir emiter akımı, buna bağlı olarak da düşük değerlerde kolektör ve beyz akımları dolaşır. Kolektör akımı azalır  $R_C$  yükü üzerindeki gerilimi ( $I_C.R_C$ ) azalır.  $V_{CB}=V_{CC}-I_C.R_C$  formülünde  $I_C.R_C$  nin azalması ile  $V_{CB}$  nin negatifliliği artar. Böylece kolektörden de negatif çıkış sinyali alınır. Sonuç olarak girişteki sinyal aynı fazda yükseltilmiş olarak alınır.

Beyzi ortak yükselteçlerde giriş empedansı çok küçük ( $50\Omega-500\Omega$ ), çıkış empedansı büyüktür ( $100K\Omega-1,5M\Omega$ ). Gerilim kazancı çok yüksek, akım kazancı çok düşüktür. Güç kazancı orta seviyededir. Giriş ve çıkış sinyalleri arasında faz farkı yoktur yani faz tersleme yapmaz.

Beyzi ortak yükselteçler, az kullanılan yükselteçlerdir. Genellikle empedans uygunlaştırıcı veya düşük empedanslı devrelerde yüksek gerilim kazancı elde etmek amacı ile kullanılır.



### 2.2.3. Kolektörü Ortak



Şekil 2.14: Kolektörü ortak yükselteçler

Giriş sinyalinin pozitif alternansında  $V_{BB}$  ile uygulanan sinyal aynı yönlü  $V_{BC}=V_{giriş}+V_{BB}$  olduğunda  $V_{BC}$  polarma gerilimi artar. Transistörün iletme geçmesi ile  $I_B$ ,  $I_C$  ve  $I_E$  akımları artar.  $I_E$  akımının artması ile  $R_E$  direnci üzerindeki  $I_E \cdot R_E$  ( $V_E=I_E \cdot R_E$ ) gerilim düşümü artar.  $R_E$  direnci üzerindeki gerilim düşümü, çıkışta (+) gerilim düşümü olacak şekildedir. Dolayısı ile çıkış sinyali pozitif alternansta alınır.

Giriş sinyalinin negatif alternansında  $V_{BB}$  ile uygulanan giriş sinyali, ters yönlü  $V_{BC}=V_{giriş}-V_{BB}$  olduğunda  $V_{BC}$  polarma gerilimi azalır. Buna bağlı olarak  $I_B$  akımının değeri azalır.  $I_B$  nin azalması ile  $I_C$  ve  $I_E$  akımları azalır.  $I_E$  nin azalması ile  $R_E$  direnci üzerindeki  $I_E \cdot R_E$  ( $V_E=I_E \cdot R_E$ ) gerilim düşümü de azalır. Transistör yalıtımda olduğundan kolektör emiter arasında kolektörü (+), emiteri (-) olacak şekilde  $V_{CE}$  gerilimi düşer. Emiter (-) alternansta olduğundan çıkış sinyali negatif alternansta alınır.

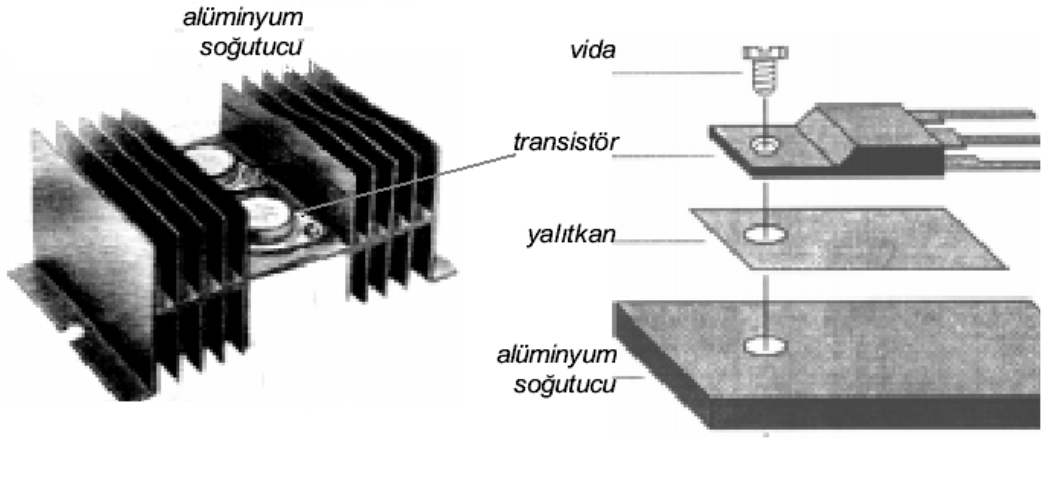
Kolektörü ortak yükselteçler, daha çok empedans uygunlaştırıcı devrelerde kullanılmaktadır.

Kolektörü ortak yükselteçlerde giriş empedansı büyük ( $300K\Omega-1M\Omega$ ), çıkış empedansı küçüktür ( $50\Omega-500\Omega$ ). Akım kazancı büyük, gerilim kazancı küçüktür. Güç kazancı orta seviyededir. Giriş ve çıkış sinyalleri arasında faz farkı yoktur yani faz tersleme yapmaz.

### 2.3. Transistör Çalışma Kararlılığını Etkileyen Faktörler

- **Sıcaklık:** Aşırı ısınan transistörlerin çalışma dengesi bozulur, gücü düşer. Daha da çok ısınırsa yanar. Isınan transistörde elektron sayısı anormol artacak, kristal yapı değişecektir. Bu artış nedeniyle belirli giriş değerleri için alınması gereken çıkış değerleri değişir. Bu da kararlı çalışmayı etkiler. Transistörlerin çalışma esnasında kendi sıcaklığından dolayı ısı artması gibi ortam sıcaklığının artmasıyla da çalışma kararlılığını etkileyebilir. Bu durumlarda transistörlerin

alüminyum levha veya fan ile soğutulması büyük önem kazanmaktadır. Ayrıca transistör lehimlemesi sırasında havaya ile aşırı ısıtma transistörü bozabilir.



Şekil 2.15: Transistörlerin soğutulması

- **Frekans:** Her transistör her frekansta çalışmaz. Örneğin NPN transistörler, PNP transistörlere göre yüksek frekanslarda çalışmaya daha uygundur. Nedeni ise NPN transistörde elektrik yükü taşıyıcıları elektronlardır. PNP transistörlerde ise taşıyıcılar pozitif elektrik yükleridir. Elektronlar, pozitif elektrik yüklerine göre çok daha hızlı ve serbest hareket edebildiklerinden yüksek frekanslarda NPN tipi transistörler daha uygundur. Transistörlerin çalışma frekansları ile ilgili olarak kataloglara bakmak gereklidir.
- **Limitel karakteristik değerleri:** Her transistörün ayrı çalışma değerleri vardır. Bu çalışma değerlerinden bazılarının kesinlikle aşılması gerekir. Bunlara “**limitel karakteristik değerler**” denir.

Limitel karakteristik değerler şöyle sıralanır:

“

- Maksimum kollektör gerilimi
- Maksimum kollektör akımı
- Maksimum dayanma gücü
- Maksimum kollektör-beyz jonksiyon sıcaklığı
- Maksimum çalışma (kesim) frekansı

Limitel değerler gerek birbirlerine gerekse de giriş değerlerine bağlıdır. Yukarıda sıralanan maksimum değerlerin ne olması gerektiği transistör kataloglarından ve karakteristik eğrilerinden saptanır.

- **Polarma yönü:** Polarma gerilimi uygularken ters polarma gerilimi uygulamamaya özellikle dikkat edilmesi gerekir. Böyle bir durumda transistör çalışmayacağı gibi normalden fazla uygulanacak olan ters polarma gerilimleri jonksiyon yapının delinmesine yani transistörün bozulmasına neden olur.

- **Aşırı toz ve kirlenme:** Transistörlerin toza karşı ve özellikle de metalik işlemlerin yapıldığı ortamlarda çok iyi korunması gerekir. Metal ve karbon (kömür) tozları ile karışık kirlenme özellikle yağlı yüzeylerde birikinti yaptığında sızıntı akımı ve hatta kısa devrelere sebebiyet verebilir.

Tozlu ortamda çalıştırılması zorunlu olan transistörlerin veya elektronik devrelerin toza karşı korunması için zaman zaman yumuşak bir fırça veya elektrikli süpürge ile tozların temizlenmesi gerekir.

- **Nem:** Transistörler ve bütün elektronik devreler neme karşı çok iyi korunmalıdır. Gerek su buharı gerekse bazı yağ ve boya buharları doğrudan kısa devre yapabileceği gibi tozların da yapışıp yoğunlaşmasına neden olacağından cihazların kararlı çalışmasını engelleyecektir.
- **Sarsıntı:** Sarsıntılı ortamda kullanılan elektronik cihazlarda daima bağlantı (lehim noktaları) yerlerinin kopma ihtimali vardır. Özellikle ısınmadan dolayı lehim bağlantılarında sarsıntılar neticesinde çatlama (soğuk lehim) olabilir. Bu durum cihazın kararlı çalışmasını etkiler.

Aşırı sarsıntılı çalışması gerekli cihazlar, firmalar tarafından üretim sonrası sarsıntı testine tutulur.

- **Elektriksel ve manyetik alanların etkisi:** Gerek elektriksel alan gerekse manyetik alan serbest elektronların artmasına ve onların yönlerinin sapmasına neden olur. Bu da kararlı çalışmayı etkiler. Bu gibi ortamlarda kullanılacak cihazlar faraday kafesi ve anti- manyetik koruyucularla korunmalıdır.
- **Işın etkisi:** Röntgen ışınları, lazer ve benzeri çok yüksek frekanslı ışınlar da kararlı çalışmayı etkiler. Bu gibi çalışacak yerlerde özel koruma tedbirleri alınmalıdır.
- **Kötü lehim:** Transistörlerin ve elektronik devre elemanların çok ustaca lehimlenmesi gerekir. Soğuk lehim yapıldığında dışardan lehimliymiş gibi görünmesine rağmen elektriksel iletimin iyi olmamasına neden olacağından bütün bir sistemin kararlı çalışmasını engelleyecektir.

## 2.4. Transistör Kataloglarının Kullanımı ve Karşılık Bulunması

Aranılan transistör katalogdan bulunurken şu sıra takip edilmelidir:

- İlk harf veya sayıya göre alfabetik sıradan transistörün olabileceği sayfalar bulunur.
- Bulunan sayfalardan transistörün ikinci harfine uygun sayfalara geçilir.
- Transistör tipindeki sayı sırasına göre transistörün isim ve özelliklerinin bulunduğu bölüme geçilir.



Resim 2.2: Transistör örneği

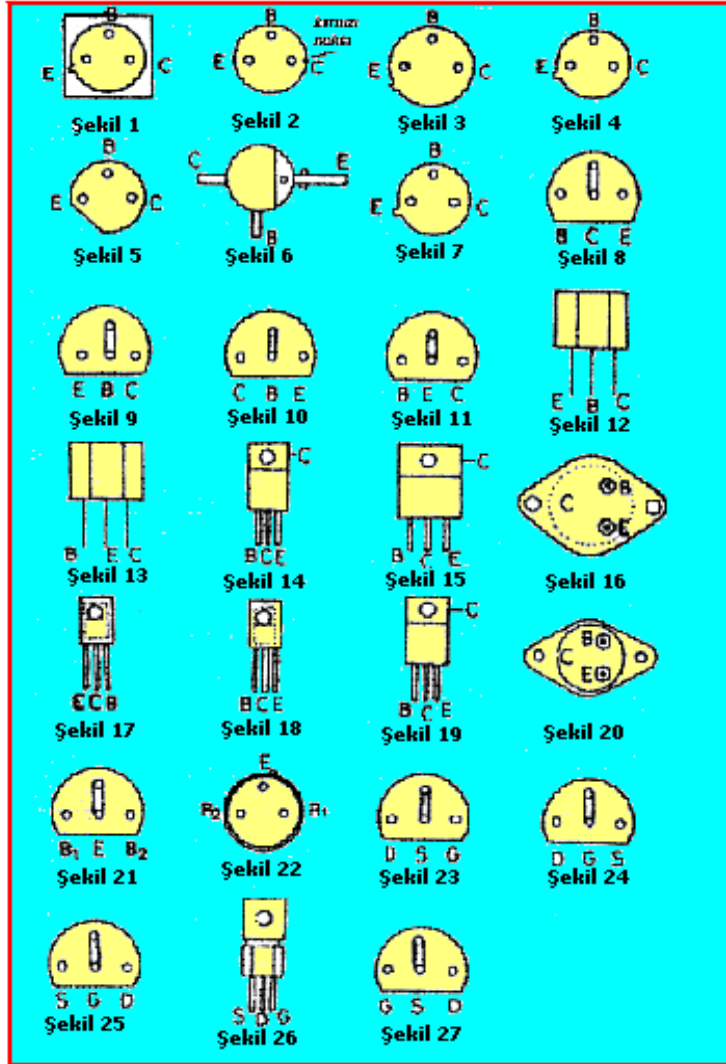
Yaygın olarak kullanılan bazı transistörlerin özellikleri				
Adı	Yapıldığı madde ve tipi	Kılıf şekli	Özellik	Karşılıkları
AC126	GE-PNP	2	32V-0,2A	AC122(5), AC151(2)...
AC127	GE-NPN	2	32V-0,5A-0,34W	AC176(2), AC187(2)...
AC187K	GE-NPN	1	25V-1A-1W	AC176K(1), AC194K(1)...
AC188K	GE-PNP	1	25V-1A-1W	AC128K(1), AC153K...
AD149	GE-PNP	16	50V-3,5A-27,5W	AD166(16), 2N1540(16), 2N2148(16)...
BC107	SI-NPN	4	45V-0,2A-0,3W	BC547(9), BC237(9), BC207(5)...
BC108	SI-NPN	4	20V-0,2A-0,3W	BC238(9), BC548(9), BC208(5)...
BC109	SI-NPN	4	20V-0,2A-0,3W	BC173(9), BC184(9), BC239(9)...
BC140	SI-NPN	3	80V-1A-0,75W	BC301(3), 2N1613(3), 2N1711(3)...
BC141	SI-NPN	3	60V-1A-0,75W	2N1613(3), 2N1711(3)...
BC148	SI-NPN	12	30V-0,2A-0,3W	BC108(4), BC208(5), BC238(9)...
BC149	SI-NPN	12	30V-0,2A-0,3W	BC109(4), BC239(9)...
BC160	SI-PNP	3	40V-1A-0,75W	BC304(3), BC460(3)...
BC161	SI-PNP	3	60V-1A-0,75W	BC303(3), BC461(3)...
BC168	SI-NPN	8	30V-0,2A-0,3W	BC108(4), BC238(9)...
BC237	SI-NPN	9	50V-0,2A-0,3W	BC547(9), BC582(9), BC107(4), BC171(9)...
BC238	SI-NPN	9	30V-0,2A-0,3W	BC108(4), BC548(9)...
BC239	SI-NPN	9	30V-0,2A-0,3W	BC109(4), BC549(9), BC584(9)...
BC307	SI-PNP	9	50V-0,2A-0,3W	BC557(9), BC177(4)...
BC308	SI-PNP	9	30V-0,2A-0,3A	BC178(4), BC558(9)...
BC327	SI-PNP	9	50V-0,8A-0,625W	BC297(4), BC727(10)...
BC328	SI-PNP	9	30V-0,8A-0,625W	BC298(4), BC728(10)...
BC337	SI-NPN	9	50V-0,8A-0,625W	BC377(4), BC737(10)...
BC546	SI-NPN	9	65V-0,2A-0,5W	BC174(9), BC190(4)...
BC547	SI-NPN	9	45V-0,2A-0,5W	BC107(4), BC171(9), BC237(9), BC382(9)...
BC548	SI-NPN	9	30V-0,2A-0,5W	BC108(4), BC172(9), BC238(9)...
BC549	SI-NPN	9	30V-0,2A-0,5W	BC109(4), BC239(9)...
BC556	SI-PNP	9	65V-0,2A-0,5W	BC256(9), BC448(10)...
BC557	SI-PNP	9	45V-0,2A-0,5W	BC177(4), BC204(5), BC307(9)...
BC558	SI-PNP	9	30V-0,2A-0,5W	BC178(4), BC205(5), BC308(9)...
BC559	SI-PNP	9	30V-0,2A-0,5W	BC309(9), BC206(9)...

Tablo 2.1: Bazı transistörlerin katalog bilgileri

➤ **Katalogun okunması**

- 1.sütunda eleman kodu
- 2.sütunda elemanın tipi (Yapıldığı malzeme GE, Sİ, NPN(N), PNP(P) ile gösterilir.)
- 3.sütunda şekil (Ayak bağlantılarının bulunabilmesi için elemanın kılıf resimlerine bakılır.)
- 4.sütunda özellikleri (Elemanın nerelerde kullanıldığı, çalışma gerilimi, akımı, sıcaklığı, frekansı gibi bilgileri içerir.)

- 5.sütunda karşılığı (muadili) (Bu elemanın yerine kullanılabilecek elemanları ve parantez içindeki sayılar kılıf şekillerini gösterir.)



Şekil 2.16: Çeşitli transistörlerin alttan görünüşlü kılıf şekilleri

## 2.5. Transistör Üzerindeki Harf ve Rakamların Okunması

Transistör kodlanmasında dört ayrı standart kullanılır:

- Avrupa standardı
- Japon standardı
- Amerikan standardı
- Firma standardı

Avrupa yapımı transistörlerin kodlamaları aşağıdaki tabloda verilmiştir:

HARF	BİRİNCİ HARF	İKİNCİ HARF	ÜÇÜNCÜ HARF
A	Germanyum	Diyot	XYZ
B	Silisyum	Kapasitif diyot	
C	Galyum -arsenik	Alçak frekans transistörü	
D	İndiyum-antimuan	Alçak frekans güç transistörü	
R	Polikristal yarıiletken madde	Kontrol edilebilir doğrultmaç	
E		Tünel diyot	
F		Yüks. frekans transistörü	RAKAMLAR
H		Hall üreteri devre elemanı	
K		Hall üretici(açık manyetik devre için)	
L		Yüksek frekans güç transistörü	Geçerli karakteristik değerleri verir
M		Hall üretici(kapalı manyetik devre için)	
P		Foto transistör	
R		Foto elektrik devre elemanı	
S		Küçük güçlü anaht.transistör.	
U		Güçlü anahtar transistör	
Y		Güç diyotu	
Z		Zener diyot	

**Tablo 2.2: Avrupa standardı transistörler**

Örneğin **AD 149** transistöründe **A** harfi germanyumdan imal edildiğini, **D** harfi alçak frekans güç transistörü olduğunu belirtir. **149** rakamı ise transistörün geçerli karakteristik değeridir.

Örneğin **BC 237** transistöründe **B** harfi silisyumdan imal edildiğini, **C** harfi alçak frekans transistörü olduğunu belirtir. **237** ise transistörün geçerli karakteristik değeridir.

Japon yapımı transistörler ise **2S** kodu ile isimlendirilmiş transistörlerdir. Tablo 2.3'te:  
 Birinci rakam: Elemanın cinsini gösterir.  
 Birinci harf S: Transistörün silisyumdan yapıldığını gösterir.  
 İkinci harf: Tipini ve kullanma yerini gösterir.

Örneğin **2SC 1384** transistörde **2** rakamı elemanın transistör olduğunu, **S** harfi transistörün silisyumdan yapıldığını, **C** harfi **NPN** tipi yüksek frekans transistörü olduğunu ve **1384** ise imalat seri numarasını verir.

RAKAM HARF	BİRİNCİ RAKAM	BİRİNCİ HARF	İKİNCİ HARF	SONDAKİ RAKAMLAR
0	Foto diyot			Geçerli karakteristik değerleri verir
1	Diyot			
2	Transistör			
3	Dört kutuplu FET			
S		Silisyum		
A			PNP Yüksek frekans transistörü	
B			PNP Alçak frekans transistörü	
C			NPN Yüksek frekans transistörü	
D			NPN Alçak frekans transistörü	
F			Tristör	
J			P kanal FET	
K			N kanal FET	

**Tablo 2.3: Japon standardı transistörler**

Amerikan yapımı transistörler ise **2N** ifadesi ile başlayan kodlar ile isimlendirilmiştir. Amerikan yapımı transistörler Tablo 2.4’te gösterilmiştir. Tabloda:

- Birinci rakam: Elemanın cinsini gösterir.
- Birinci harf N: Transistörün silisyumdan yapıldığını gösterir.
- Son rakamlar: İmalat seri numarasını verir.

RAKAM HARF	BİRİNCİ RAKAM	N HARFİ	SONDAKİ RAKAMLAR
1	Diyot		Geçerli karakteristik değerleri verir
2	Transistör		
3	FET MOSFET		
4	Optokuplör		
N		Silisyum	

**Tablo 2.4: Amerikan standardı transistörler**

Örneğin **2N 3055** adlı transistörde, **2** rakamı elemanın transistör olduğunu, **N** harfi transistörün silisyumdan yapıldığını ve **3055** imalat seri numarasını verir.

Bazı elektronik firmalar çıkardıkları özel transistörlerin taklit edilmemesi için standart dışı kodlamalar yapar. Siemens, Motorola gibi bazı firmalar kendileri için özel standart oluşturmuştur.

## 2.6. Transistör Testleri ve Uçlarının Tespiti

- Transistör uçlarının tespiti: PNP tipi sağlam bir transistörün herhangi bir ucu (avometrenin içindeki pile göre negatif ucu) bağlanır. Avometrenin diğer ucu transistörün öteki uçlarına dokundurulur. İbre uçların her ikisinde de sapıyorsa sabitlediğimiz uç, **beyz** ucudur.

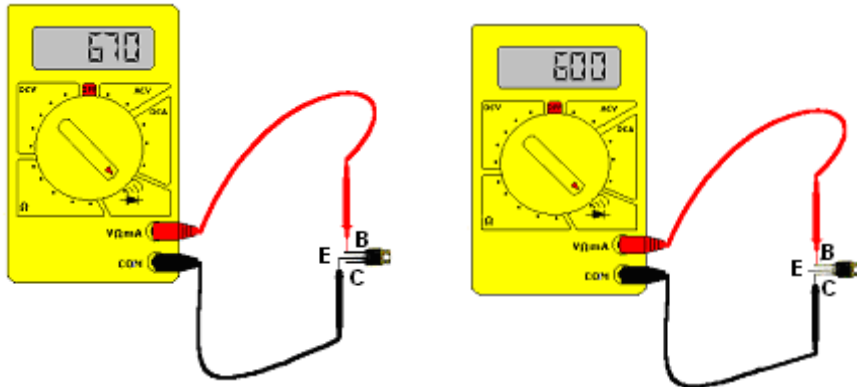
NPN tipi sağlam bir transistörün herhangi bir ucu (avometrenin içindeki pile göre pozitif ucu) bağlanır. Avometrenin diğer ucu transistörün öteki uçlarına dokundurulur. İbre uçların her ikisinde de sapıyorsa sabitlediğimiz uç, **beyz** ucudur.

Bu ölçmelerde beyz ucu ile arasında daha yüksek direnç gösteren uç emiter, küçük değer gösteren uç ise kolektördür.

- Transistör tipinin testi: Transistörün beyz ucuna avometrenin pozitif ucu bağlanır. Avometrenin negatif ucu sırası ile emitere ve kolektöre dokundurulur. Bir değer gösteriyorsa transistör **NPN** tipidir, diyebiliriz (Şekil 2.17a).

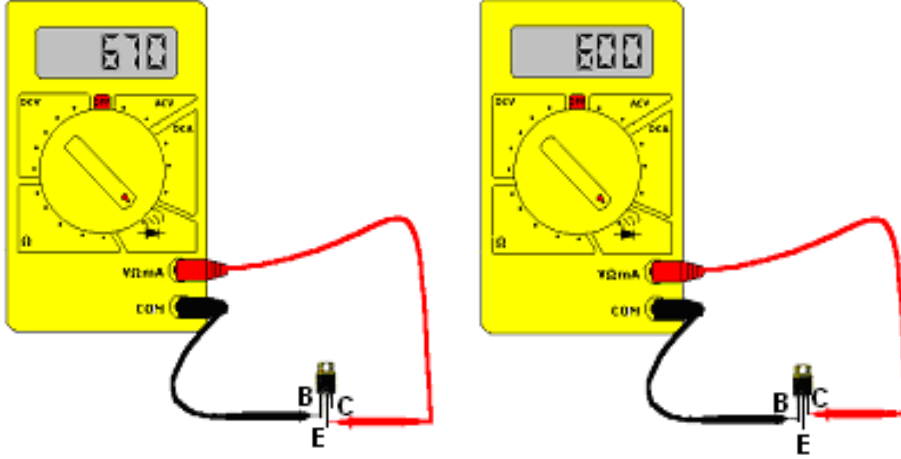
Transistörün beyz ucu avometrenin negatif ucuna bağlanır. Avometrenin pozitif ucu sırası ile emitere ve kolektöre dokundurulur. Bir değer gösteriyorsa transistör **PNP** tipidir, diyebiliriz (Şekil 2.17b).

- **NPN tipi transistör**





➤ **PNP transistör**



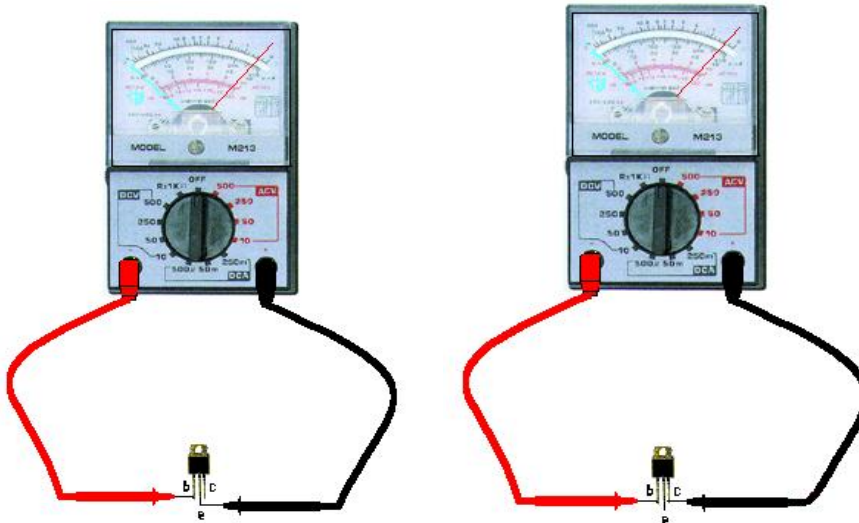
Şekil 2.17: Transistör tipinin tespiti

- **Transistörün analog avometre ile sağlamlık testi:** Avometreyi direnç kademesine (Rx1) getirelim. Avometrenin bir ucunu beyzde sabit tutalım, diğer ucunu sırası ile emiter ve kolektöre dokunduralım. Bu defa avometrenin diğer ucunu beyzde sabit tutalım, öteki ucunu sırası ile emiter ve kolektöre dokunduralım.

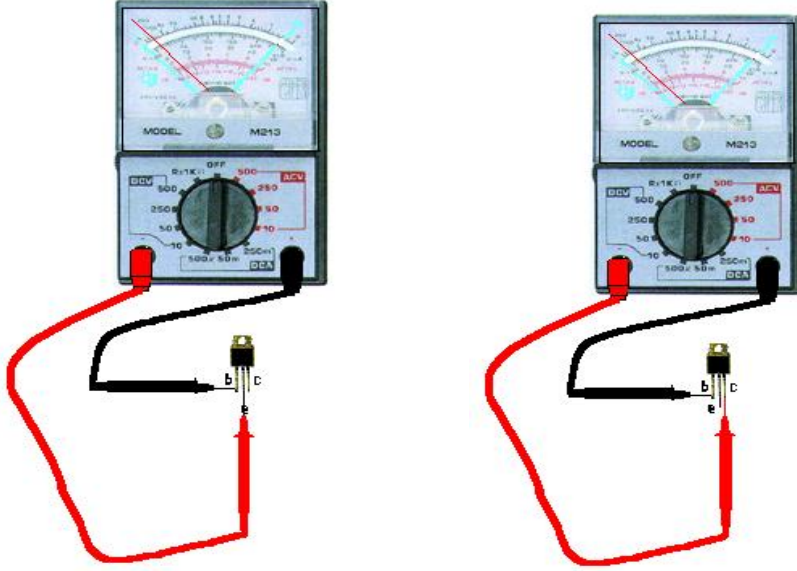
Şekillerdeki uygulamaların birinde yüksek, diğerinde düşük direnç görülüyorsa transistör sağlamdır. Bunun dışındaki durumlarda transistör arızalıdır.

Ayrıca sağlam bir transistörde emiter-kollektör arası veya kolektör-emiter arası yüksek direnç görülmelidir.


- **Bez -emiter ve bez –kolektör kontrolü (İbre saptı.)**



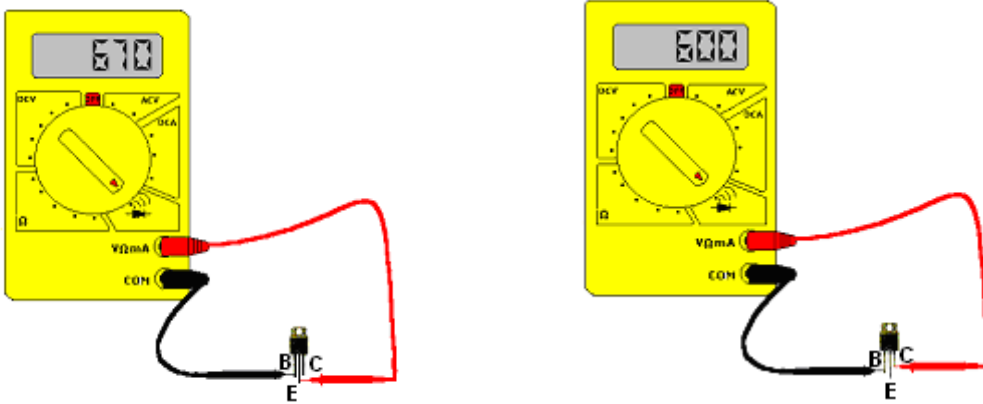
- **Beyz-emiter ve beyz –kolektör kontrolü (İbre sapmadı.)**



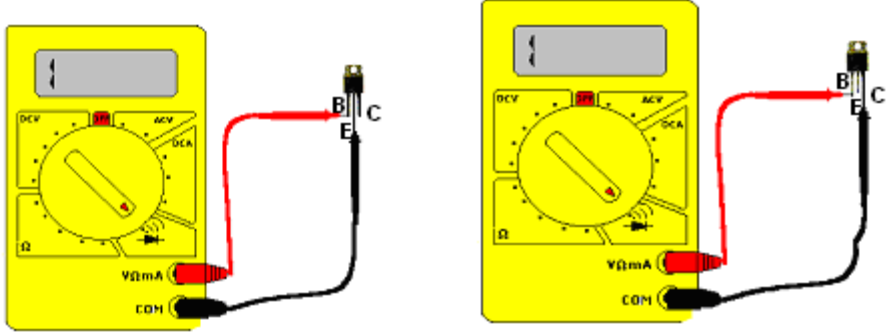
Şekil 2.18: Transistörün analog avometre ile sağlamlık kontrolü

**Transistörün dijital avometre ile sağlamlık testi:** Dijital avometre diyot test kademesi buzzer'e (  ) getirilir. Avometrenin bir ucunu beyzde sabit tutalım. Diğer ucunu sırası ile emiter ve kolektöre dokunduralım. Transistör doğru polarma geriliminde ise bir değer gösterir.

- **Beyz -emiter ve beyz –kolektör kontrolü (Değer gösterdi.)**



- **Beyz-emiter ve beyz –kolektör kontrolü (Değer göstermedi.)**



**Şekil 2.19: Transistörün dijital avometre ile sağlamlık kontrolü**

Bu defa avometrenin diğer ucunu beyzde sabit tutarak diğer ucunu sırası ile emiter ve kolektöre dokunduralım. Avometrenin display'inde "1" gibi değer görülür. Yapılan bu ölçmelerde anlatılan durumlar meydana geliyorsa transistör sağlamdır. Bunun dışındaki durumlarda arızalıdır.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Transistör karakteristiklerini çıkarınız

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Transistörlerin dört bölge karakteristiğini deney bağlantı şemasına uygun bağlayarak çıkarınız.	➤ Devreye uygun ölçü aletleri seçiniz.
➤ Transistörlerin uçlarının tespitini, transistorün tipinin tespitini, transistörün sağlamlık kontrolünü uygun ölçü aletleri ile yapınız.	➤ Terminal uçları ile pil uçlarının farklı olup olmadığı dikkate alınmalıdır. ➤ Transistör ölçümlerini devre üzerinden lehimlerini sökerek yapınız. Aksi takdirde hatalı sonuçlar görülür.
➤ Emiteri ortak yükselteç devresinin bağlantısını yaparak giriş ve çıkış sinyallerini inceleyiniz.	➤ Sinyal ölçümlerinde osilaskop kullanınız.
➤ 2N3055, BC237, AD 149, BD 175, BF 393 transistörlerin katalogdan genel özelliklerini ve kılıf şekillerini çıkarınız.	➤ Transistörlerin karşılıklarının da incelemesini yapıp karşılaştırınız.

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Transistörlerin dört bölge karakteristiğini deney bağlantı şemasına uygun bağlayarak çıkardınız mı?		
2	Transistörlerin uçlarının tespitini, transistörün tipinin tespitini ve transistörün sağlamlık kontrolünü uygun ölçü aletleri ile yaptınız mı?		
3	Emiteri ortak yükselteç devresinin bağlantısını yaparak giriş ve çıkış sinyallerini incelediniz mi?		
4	2N3055, BC237, AD 149, BD 175, BF 393 transistörlerin katalogdan genel özelliklerini ve kılıf şekillerini çıkardınız mı?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

- İki P tipi madde arasına N tipi madde veya iki N tipi madde arasına P tipi madde konularak elde edilen yarı iletken devre elemanına ne denir?  
A) A Diyot  
B) Transistör  
C) Kondansatör  
D) Bobin
- Girişe uygulanan zayıf sinyalleri çıkışta kuvvetlendiren devrelere ne denir?  
A) Anahtarlama devre  
B) Kırpıcı devre  
C) Regüle devreleri  
D) Amplifikatör devre
- Aşağıdakilerden hangisi transistörün bağlantı şekline göre yükselteç çeşitlerinden değildir?  
A) Beyzi ortak yükselteç  
B) Emiteri ortak yükselteç  
C) Kolektörü ortak yükselteç  
D) Anodu ortak yükselteç
- Transistörlerin sabit  $I_b$  giriş akımı değerlerinde VCE gerilimi ile  $I_c$  nin değişimini gösteren karakteristik eğri hangisidir?  
A) 1. bölge karakteristiği  
B) 2. bölge karakteristiği  
C) 3. bölge karakteristiği  
D) 4. bölge karakteristiği
- Bir transistörün emiterinden geçen akım 4 mA, kolektörden geçen akım 3,4 mA olduğuna göre alfa akım kazancı ne kadardır?  
A) 1,17  
B) 1,10  
C) 0,85  
D) 0,75
- Bir transistörün beyzinden geçen akım 0,4 mA, kolektörden geçen akım 6 mA olduğuna göre beta akım kazancı ne kadardır?  
A) 13  
B) 14  
C) 15  
D) 16

**Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.**

7. (...)BC 238 transistöründe B harfi germanyumdan imal edildiğini ifade eder.
8. (...)2N ifadesi ile başlayan transistör Amerikan yapımı olduğunu ve silisyumdan yapıldığını gösterir.
9. (...)Bir transistörün sağlamlık kontrolünü yapabilmemiz için öncelikle beyz ucunu bilmemiz gerekir.
10. (...)Isınan transistörlerin soğutulmasında alüminyum plakalar kullanılır.

## **DEĞERLENDİRME**

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

# MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Basit maddenin özelliklerini taşıyan en küçük parçasına ne denir?  
A) Molekül  
B) Proton  
C) Atom  
D) Kovalent bağ
2. Son yörüngesindeki elektron sayısı 4 olan basit maddelere ne denir?  
A) İletken  
B) Yalıtkan  
C) Yarı iletken  
D) Valans
3. Alternatif akımı doğru akıma çeviren, germanyum ve silisyumdan yapılan ve tek yönlü akım geçiren devre elemanına ne denir?  
A) Bobin  
B) Kondansatör  
C) Transistör  
D) Diyot
4. Ters polarma gerilimi altında sabit çıkış gerilimi veren gerilim regülasyonunda kullanılan diyot hangisidir?  
A) Tuner diyot  
B) Led diyot  
C) Zener diyot  
D) Foto diyot
5. Dört adet PN birleşmeli diyottan oluşan ve üzerinde alternatif akım girişleri ve doğru akım çıkışları belirtilen doğrultmaç diyodu hangisidir?  
A) Köprü diyot  
B) Led diyot  
C) Kristal diyot  
D) Varikap diyot
6. İki P tipi madde arasına N tipi madde veya iki N tipi madde arasına P tipi madde konularak elde edilen yarı iletken devre elemanına ne denir?  
A) A Diyot  
B) Transistör  
C) Kondansatör  
D) Bobin



7. Giriş uygulanan zayıf sinyalleri çıkışta kuvvetlendiren devrelere ne denir?  
A) Anahtarlama devre  
B) Kırpıcı devre  
C) Regüle devreleri  
D) Amplifikatör devre
8. Aşağıdakilerden hangisi transistörün bağlantı şekline göre yükselteç çeşitlerinden değildir?  
A) Beyzi ortak yükselteç  
B) Emiteri ortak yükselteç  
C) Kolektörü ortak yükselteç  
D) Anodu ortak yükselteç
9. Transistörlerin sabit  $I_b$  giriş akımı değerlerinde VCE gerilimi ile  $I_c$  nin değişimini gösteren karakteristik eğri hangisidir?  
A) 1. bölge karakteristiği  
B) 2. bölge karakteristiği  
C) 3. bölge karakteristiği  
D) 4. bölge karakteristiği
10. Bir transistörün emiterinden geçen akım 4 mA, kolektörden geçen akım 3,4 mA olduğuna göre alfa akım kazancı ne kadardır?  
A) 1,17  
B) 1,10  
C) 0,85  
D) 0,75

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ- 1'İN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	C
3	D
4	C
5	A
6	D
7	D
8	Y
9	Y
10	D
11	Y
12	D
13	Y

## ÖĞRENME FAALİYETİ- 2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	D
3	D
4	A
5	C
6	C
7	Y
8	D
9	D
10	D

## MODÜL DEĞERLENDİRME'NİN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	C
3	D
4	C
5	A
6	B
7	D
8	D
9	A
10	C

## KAYNAKÇA

- ALACACI Mahmut, **Temel Elektronik**, MEB, Ankara, 2004.
- BOYLESTAD Robert, **Elektronik Elemanlar ve Devre Teorisi**, MEB, Ankara, 1994.
- ÖZKAN Turhan, **Temel Elektronik**, Kayhan Matbaası, İstanbul, 1997.
- PEYNİRCİ H. Refik, Hikmet ÖZATA, **Temel Elektronik**, MEB, İstanbul, 2002.