



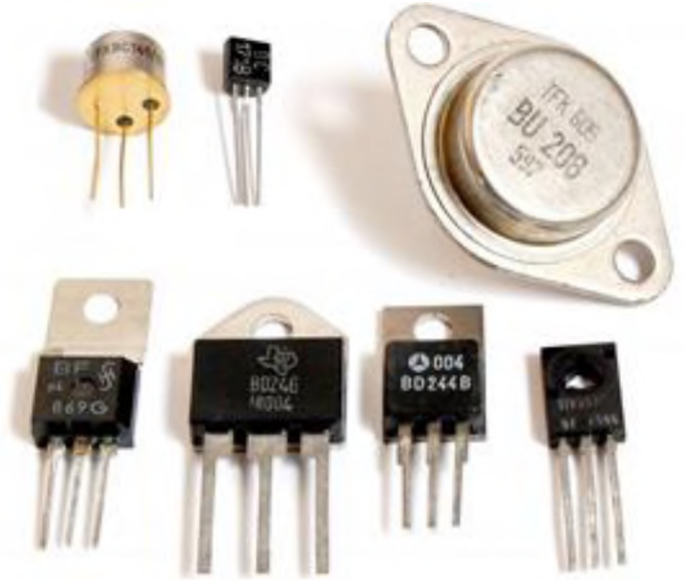
# TEMEL YARI İLETKEN ELEMANLAR - TRANSİSTÖR

---

**Mustafa NUMANOĞLU**

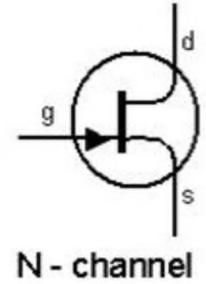
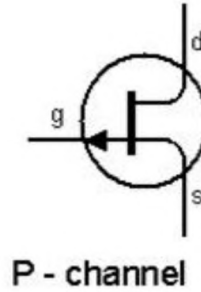
# Transistör

- Transistör yan yana birleştirilmiş iki PN diyotundan oluşan, girişine uygulanan sinyali yükselterek akım ve gerilim kazancı sağlayan, gerektiğinde anahtarlama elemanı olarak kullanılan yarı iletken bir devre elemanıdır. 3 veya daha fazla bacağı bulunan transistörün bacaklarından birisine uygulanan elektrik sinyali ile diğer bacakları arasındaki elektrik akımını kontrol edilebilmektedir.

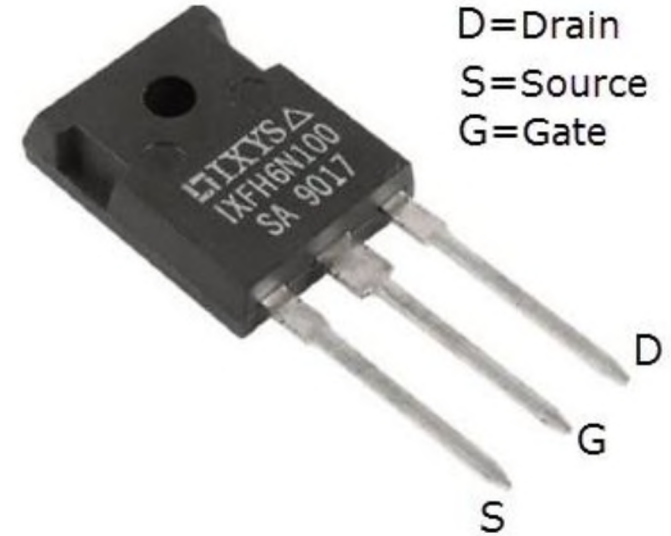


# Transistör

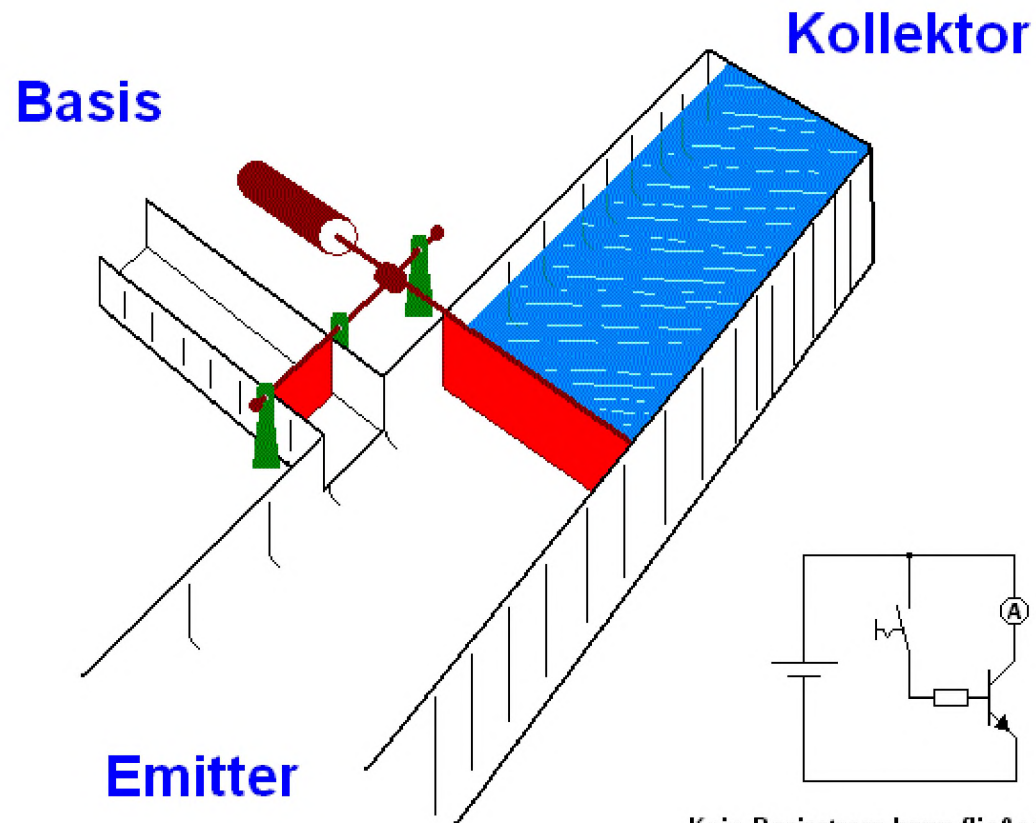
- En çok kullanılan türleri BJT ve FET'lerdir. BJT'ler akım ile çalışırken FET'ler gerilimin oluşturduğu elektrik alanla çalışırlar. FET'ler günümüzde daha çok tümleşik sayısal devrelerde kullanılmaktadır. Transistörler üç bağlantıya sahiptirler. Bunlar bir BJT transistörde Base, Emitter ve Collector iken FET'lerde ise Gate, Drain ve Source dur. Uygulamada farklı kullanım alanlarına sahip çok sayıda transistör çeşidi bulunmaktadır.



D=Drain  
S=Source  
G=Gate

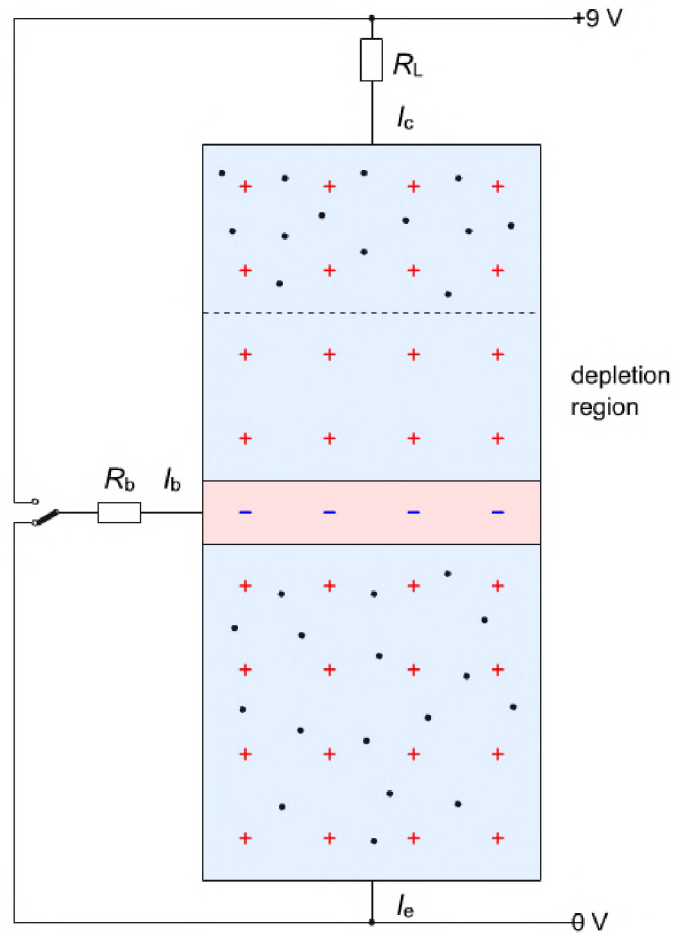


# Transistor



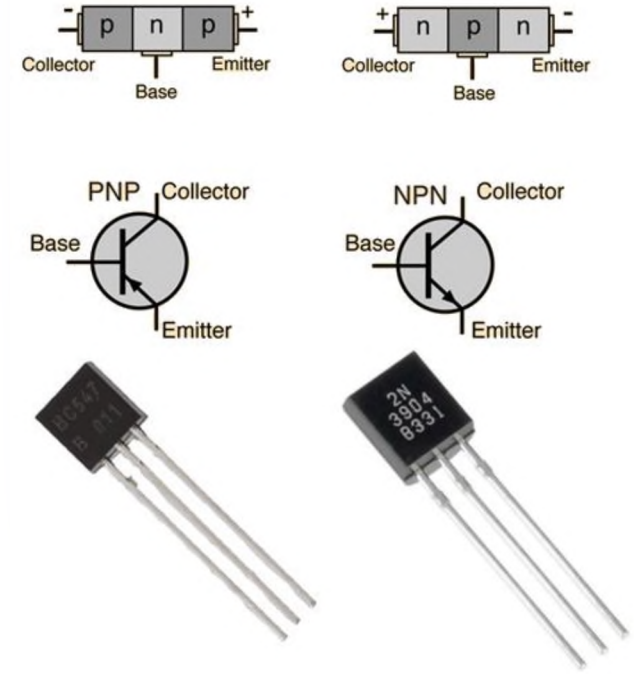
Kein Basisstrom kann fließen;  
Der Transistor ist gesperrt.

# Transistor



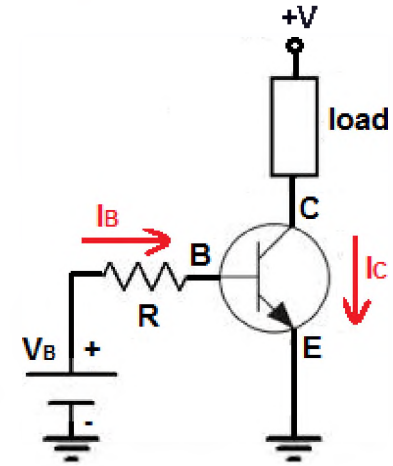
# BJT Transistörler

- BJT (Bipolar Junction Transistor) çift birleşim yüzeyli transistördür. İki N maddesi, bir P maddesi ya da iki P maddesi, bir N maddesi birleşiminden oluşur. Bipolar transistörler de PNP ve NPN olarak iki tiptir. PNP tipinde base negatif emiter ve kollektör pozitif kristal yapısındadır. NPN tipinde ise base pozitif, emiter ve kollektör negatif kristal yapısındadır. İletimde olması için base, emittere göre daha pozitif olmalıdır. Buradaki gerilim farkı 0.7 (silisyum) - 0.3 (germanyum) volt veya daha fazla olmalıdır.

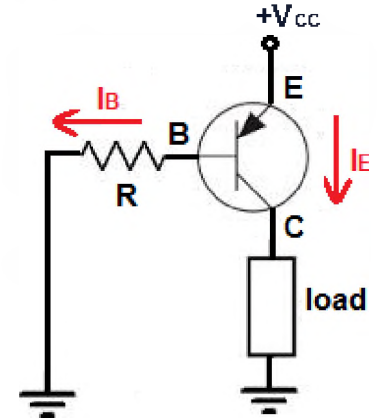


# BJT Transistörler

- **NPN ve PNP Transistörlerin Farkı:** Temelde aynı işi yapsalar da, NPN ve PNP transistörlerin devreye bağlanış şekilleri ve kutuplanmaları için gerekli gerilimler terstir.
- NPN transistörler, açık konuma getirilmeleri için pozitif baz akımına ihtiyaç duyarlar ve devrede yük ile negatif gerilim (GND) arasına bağlanırlar.
- PNP tip transistörler ise iletme geçmek için negatif baz akımına ihtiyaç duyar ve yükün pozitif tarafına bağlanırlar.



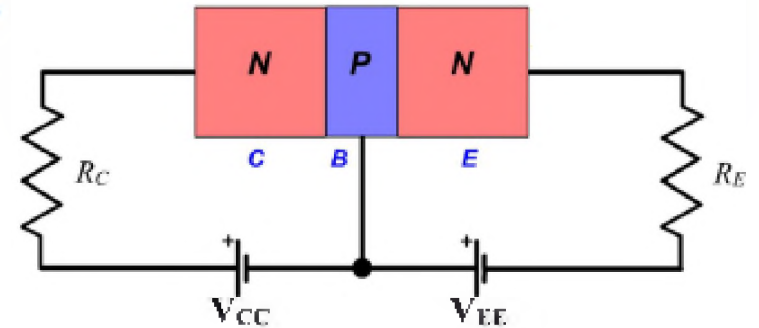
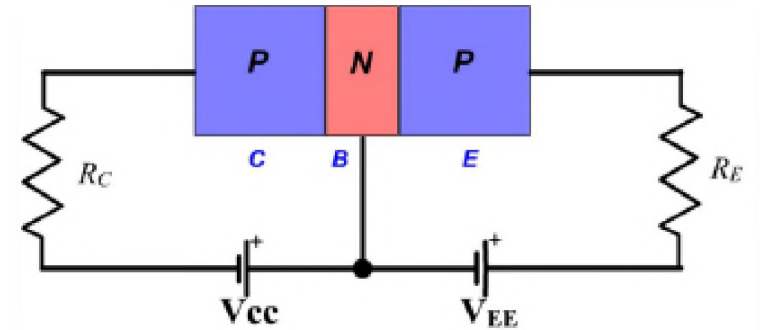
In an NPN transistor, positive voltage is given to the collector terminal and current flows from the collector to the emitter, given there is sufficient base current



In a PNP transistor, positive voltage is given to the emitter terminal and current flows from the emitter to the collector, given there is sufficient negative current flow from the base

# BJT Transistörün Doğru ve Ters Kutuplanması

- Transistörün çalışmasını sağlayacak şekilde, emiter, beyz ve kollektörünün belirli değerdeki ve işarettteki ( $\pm$ ), DC gerilim ile beslenmesine transistörün kutuplanması (kutuplandırılması) denir.
- Transistörün çalışması için doğru yönde kutuplanması gerekir.



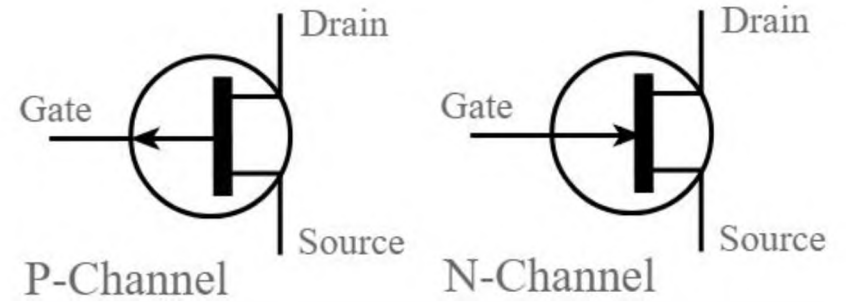


# BJT Transistörün Doğru ve Ters Kutuplanması

- **Transistörü Doğru Kutuplama için;** Beyz-emiter arasının doğru yönde kutuplanması gerekir. B-E arasını kutuplayan gerilim kaynağı  $V_{EE}$  olarak adlandırılır. Beyz-kollektör arasının ters kutuplanması gerekir. B-C arasını kutuplayan gerilim kaynağı  $V_{CC}$  olarak adlandırılır.
- Silisyum transistörler için B-E arası gerilimin ( $V_{BE}$ ) en az 0,7V olması gerekir. Transistörün ilettime geçebilmesi için B-E bölgesinin uygun seviyede gerilimlenmesi gerekir.
- **Transistörü Ters Kutuplanmak için;** B-E arasının ters kutuplanmasıyla transistör kesime gider. NPN transistörde beyz kutbu, emiter kutbuna göre daha alçak seviyede kutuplanacak olursa transistörün ters kutuplanması gerçekleşir.

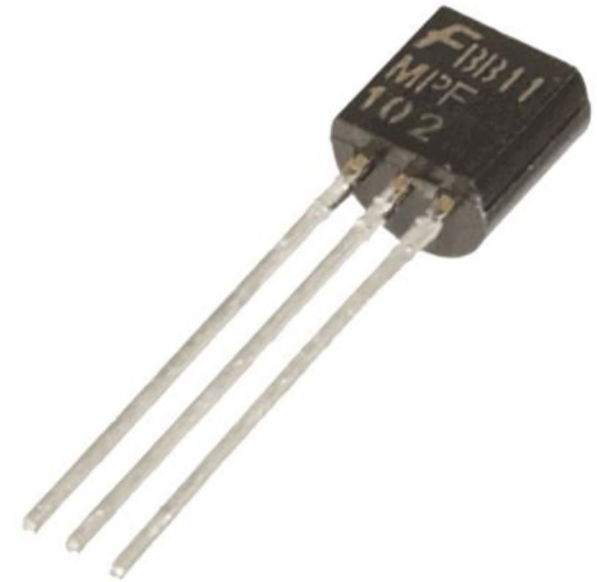
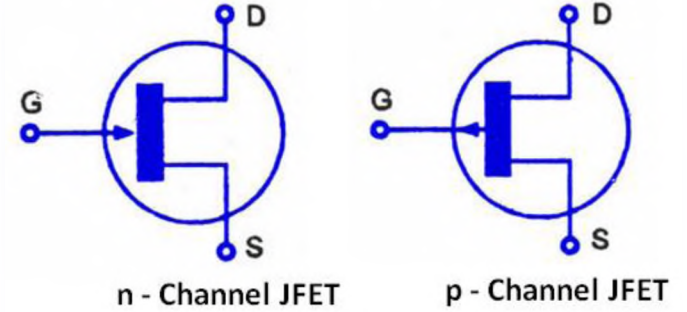
# Alan Etkili Transistörler (FET)

- FET (Field Effect Transistor) alan etkili transistör demektir. JFET ve MOSFET olarak iki ana türü vardır. BJT Transistör gibi üç ayaklı bir yarı iletken devre elemanıdır. Oluk (Drain-D), kaynak (Source-S) ve kapı (Gate-G) olarak adlandırılan ayakları vardır. Kontrol ayağı olarak kapı ayağı (G) kullanılır.



# Alan Etkili Transistörler (FET)

- **JFET Transistorler:** Birleşim yüzeyli (junction) FET'tir. Kapı (G) ucuna uygulanan ters kutuplu gerilime göre oluk (D) ve kaynak (S) uçları arasından geçen akım kontrol edilir. Bu nedenle gerilim kontrollü akım kaynağı gibi çalışır. TV, video, kamera, bilgisayar, kesintisiz güç kaynağı, anten yükselteci, verici, alıcı vb. gibi hassas yapıllı elektronik devrelerde yaygın olarak kullanılır.



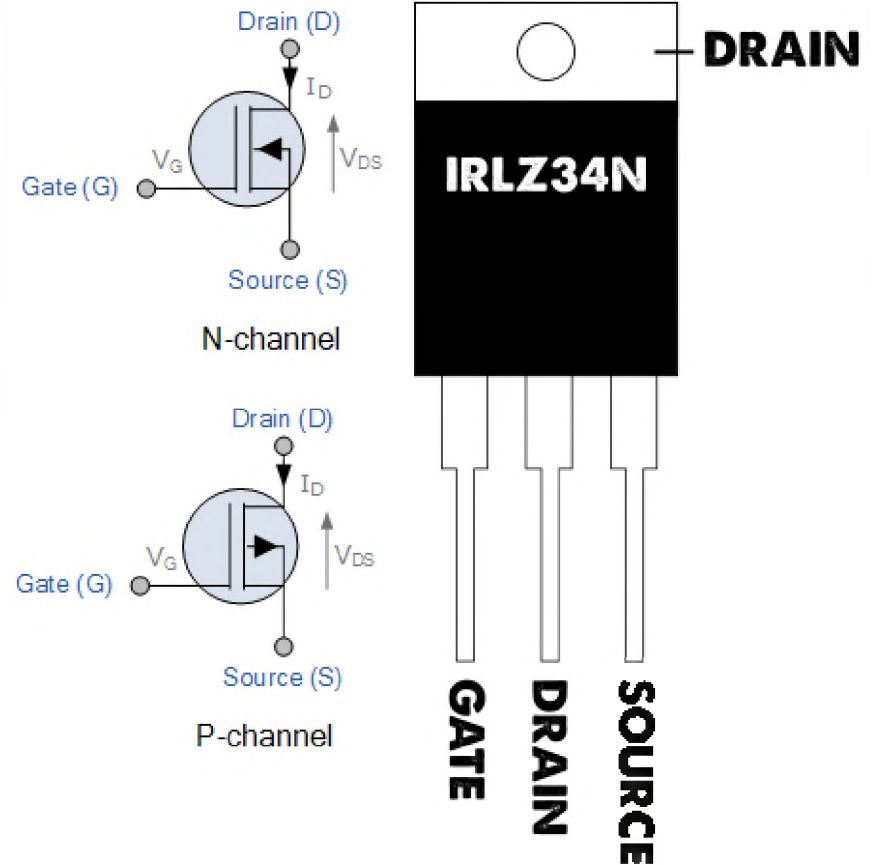
# JFET Transistorler

## Özellikleri:

- Giriş dirençleri transistörlere göre çok yüksektir.
- Radyasyon etkisi yoktur.
- Anahtar olarak kullanımları transistörlere göre daha kolaydır.
- Transistörlere göre daha az gürültülü çalışırlar.
- Sıcaklık değişimlerinden daha az etkilenirler.
- Gövde boyutları transistörlerden daha küçüktür.
- Yüksek frekanslı devrelerde kullanıma uygun yapıları vardır.
- Çalıştıkları frekans aralığı (bant genişliği) dardır.
- Transistöre benzer olarak N kanal ve P kanal olarak iki türü vardır.

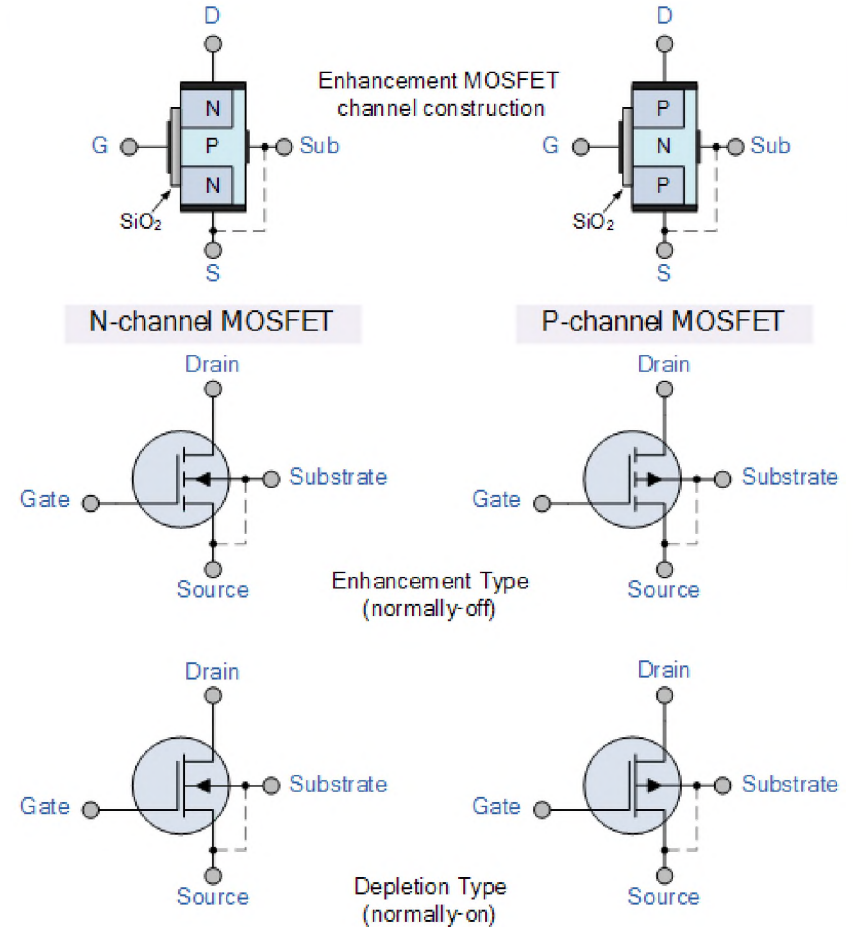
# MOSFET Transistorler

- **MOSFET Transistorler:** MOSFET'lerin de ayakları JFET'ler gibi adlandırılmakla beraber aralarında teknik farklılıklar vardır. Kapı bölgesi gövdeden tamamen yalıtılmıştır. Bu nedenle giriş empedansları JFET'lerde n de çok daha fazladır (yaklaşık  $1 \times 10^{14} \Omega$ , sonsuz olarak kabul edilebilir).



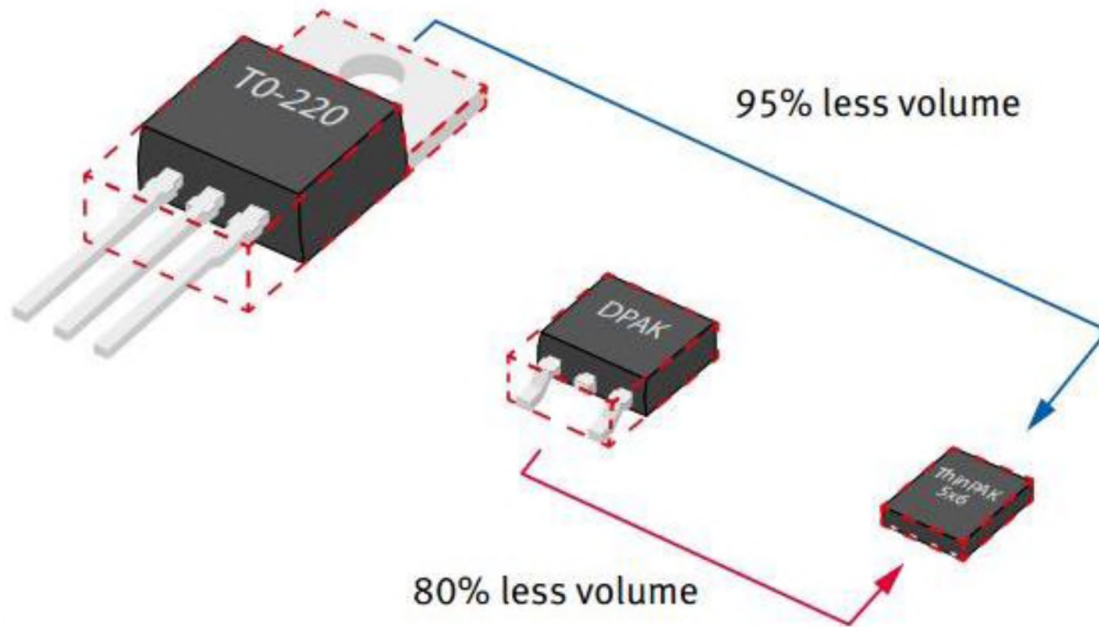
# MOSFET Transistorler

- N kanallı ve P kanallı olması yanında Kanal Oluşturmalı (Enhancement) ve Kanal Ayarlamalı (Depletion) iki farklı türü de bulunmaktadır. Bant genişliği ve çalışma frekansı JFET'lere oranla daha yüksek olan MOSFET'ler entegre yapımında ve hassas elektronik devrelerin üretiminde, bilgisayar teknolojilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.



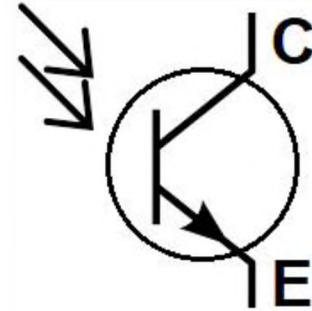
# SMD (Yüzey Montajlı) Transistörler

- Yüzey montajlı transistörler genellikle çok yer kaplamadığı için tercih edilir. Tüm güçleri mevcuttur. Soğutucu, yüksek güçlü olanların üzerine yapıştırılır ya da bakır plaket soğutucu olarak kullanılır.

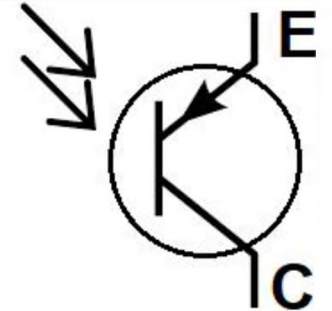


# Foto Transistörler

- Foto transistörler, üzerine ışık düştüğünde kolektör-emiter uçları arasındaki direnç değeri azalan devre elemanlarıdır. Genellikle bir yükün ışık ile kontrol edilmesinde anahtarlama elemanı olarak kullanılırlar. Foto transistörler normal transistörler gibi PNP veya NPN olarak üretilebilirler. Fototransistörler, beyaz ucuna ışık düştüğünde C-E arasından akım geçişini sağlayan elemanlardır.



NPN  
Phototransistor



PNP  
Phototransistor



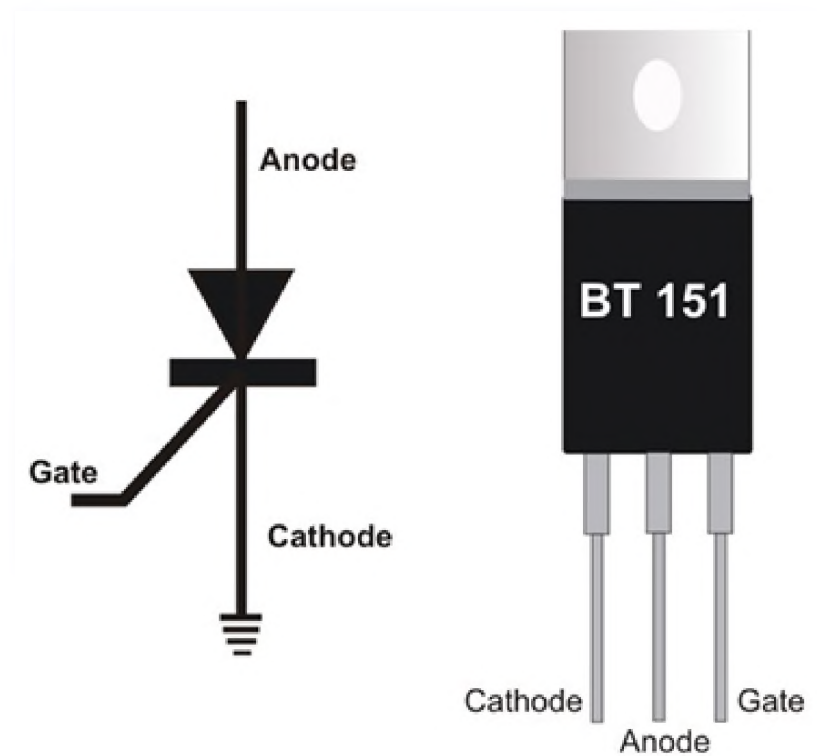


# Foto Transistörler

- Fotodiyotlardan farklı olarak ışıkla üretilen akımı yükseltme yaparlar. Bu özellikleri sayesinde fotodiyotlardan çok üstündürler. Fotodiyotların üzerinden geçirebildiği akım mikroamper (mA) düzeyindedir. Fototransistörler ise miliamper düzeyinde bir akım geçişini mümkün kılarlar. Akımın büyük olması başka bir devreyi çalıştırmada (sürmede) kolaylık sağlar. TV, video, müzik seti, klima gibi cihazların uzaktan kumanda devrelerinde, gün ışığına duyarlı olarak çeşitli aygıtların ve alarm sistemlerinin çalıştırılmasında vb. kullanılmaktadır.

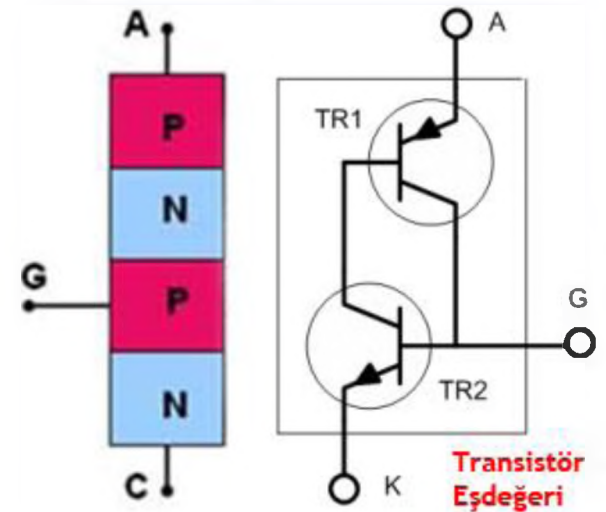
# Tristör

- Tristörler güç elektroniği devrelerinde hızlı anahtarlama görevinde kullanılan, dört yarı iletken maddenin bileşiminden oluşan devre elemanlarıdır. Tristörlere Silikon Kontrollü Doğrultucu anlamına gelen SCR (Silicon Controlled Rectifiers) adı da verilir. Tristörlerin yapısı birbirini izleyen P tipi ve N tipi dört yarı iletken tabakasından oluşur.



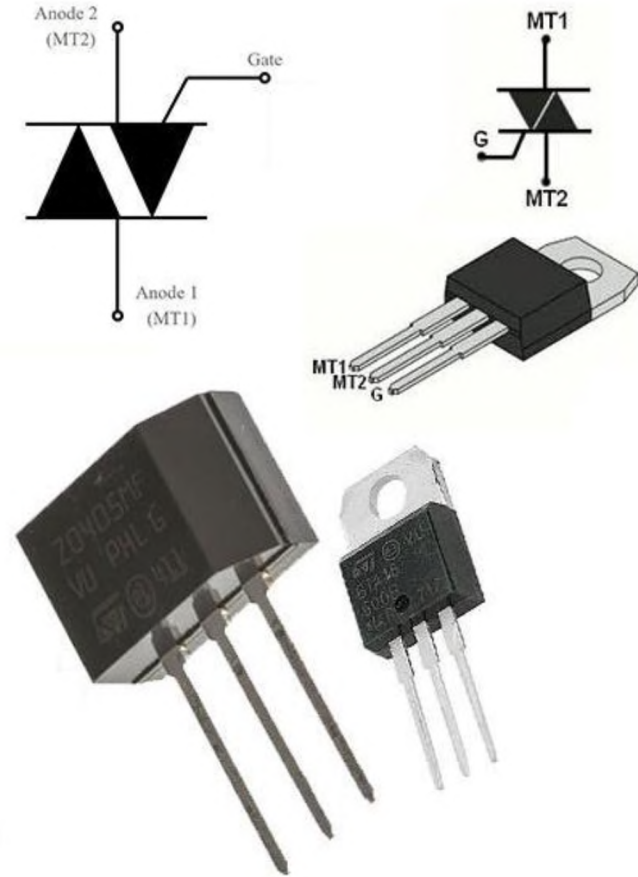
# Tristör

- Tristörlerin üç bacağından ikisi, P tipi yarı iletken kısımdaki anot, N tipi yarı iletken kısımdaki katot ve diğeri de katota yakın olan P tipi yarı iletken kısımdan çıkarılan Gate bacağıdır. Tristörler DC ve AC motorların sürücü devrelerinde hız ayarlaması ve dönüş yönlerinin değiştirilmesinde, elektronik kontaktörlerde, zaman rölesinde ve kumandalı doğrultucularda kullanılırlar.



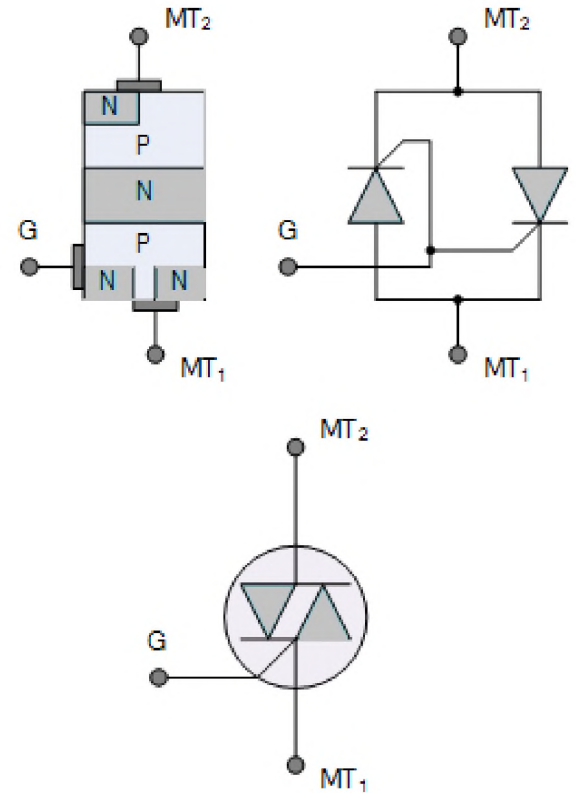
# Triyak

- Triyak, DC ve AC gerilimin anahtarlama ve kontrol edilmesi amacıyla küçük ve orta güçlerde kullanabilen, N ve P kapılı iki adet tristörün ters paralel bağlanmasıyla oluşturulmuş ve böylece alternatif akımda her iki yönde akım geçiren yarı-iletken anahtarlama elemanıdır. Yapısında bulunan tristör ile aynı özellikleri göstermektedir.



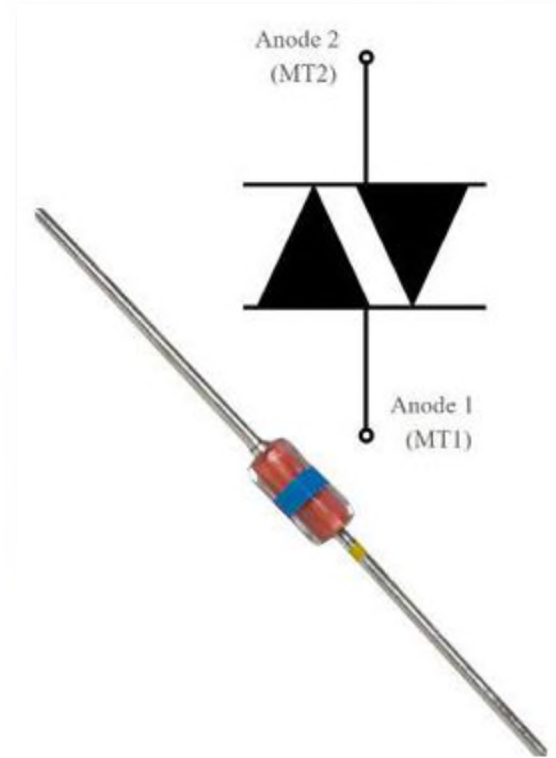
# Triyak

- İki adet tristörün ters-paralel bağlanmış halidir. 2 adet anot ve bir adet tetikleme ucu bulunmaktadır. Tristörden tek farkı, her iki yönde de rahatlıkla iletme geçebilmesidir. Triyak'ın yalıtıma geçebilmesi için ise içinden geçmekte olan akımın sıfıra düşmesi veya düşürülmesi gerekmektedir. Triyak, iletimde olduğunda tam iletim, yalıtımda olduğunda ise tam yalıtım durumunda bulunur, geçiş anı dışında herhangi ara durumu yoktur.



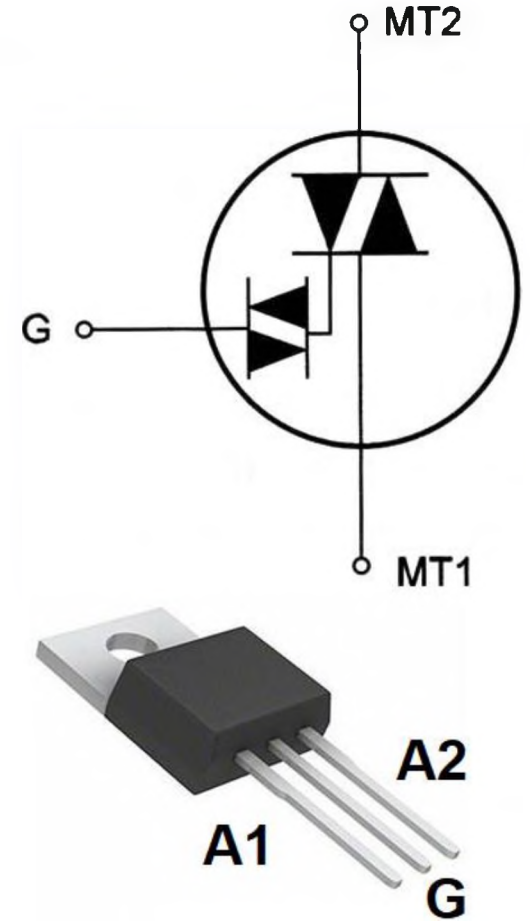
# Diyak

- Genel olarak, her iki yönde akım geçiren yarı iletken tetikleme elemanlarına diyak adı verilir. İki adet pnpn diyodun birbirleriyle ters bağlanmasıyla oluşturulur. Yani diyak çift yönde aynı görevi gören bir zener diyot gibi çalışır. Diyaklar, darbe osilatörü olarak, tristör ve triyakların tetiklenmesi işlemlerinde kullanılmaktadır. Diyağa ihtiyaç duyulmasının nedeni her iki yönde ve istenilen gerilim seviyesinde ilettime geçebilecek bir eleman olmasıdır.



# Kuadrak

- Kuadrak, bir triyak ile bir diyak'ın tek bir yapı içinde beraber olarak üretilmesiyle meydana getirilmiş elektronik anahtarlama elemanıdır. Triyak'ı tetikleyici eleman olarak genellikle diyak kullanıldığı için bu iki eleman yerine tek eleman olarak Kuadrak tasarlanmıştır. Triyak'ın kullanıldığı bütün devrelerde diyak kullanmadan tek eleman olarak Kuadrak kullanmak mümkündür. Kuadrak triyak'ın kullanıldığı devre tasarımlarında uygulama kolaylığı ve sadelik sağlar.



# Transistörlerin Çalışma Kararlılığını Etkileyen Faktörler

- Transistörün kararlı çalışmasını etkileyen faktörler:
  - Sıcaklık
  - Frekans
  - Limitsel karakteristik değerleri
  - Polarma yönü
  - Aşırı toz ve kirlenme
  - Nem
  - Sarsıntı
  - Elektriksel ve magnetik alan etkisi
- Işın etkisi
- Kötü lehim (soğuk lehim)

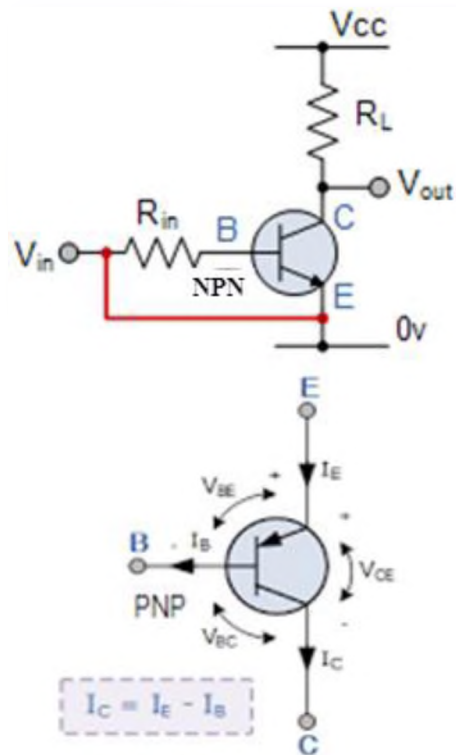


# Transistörün Anahtarlama Elemanı Olarak Çalıştırılması

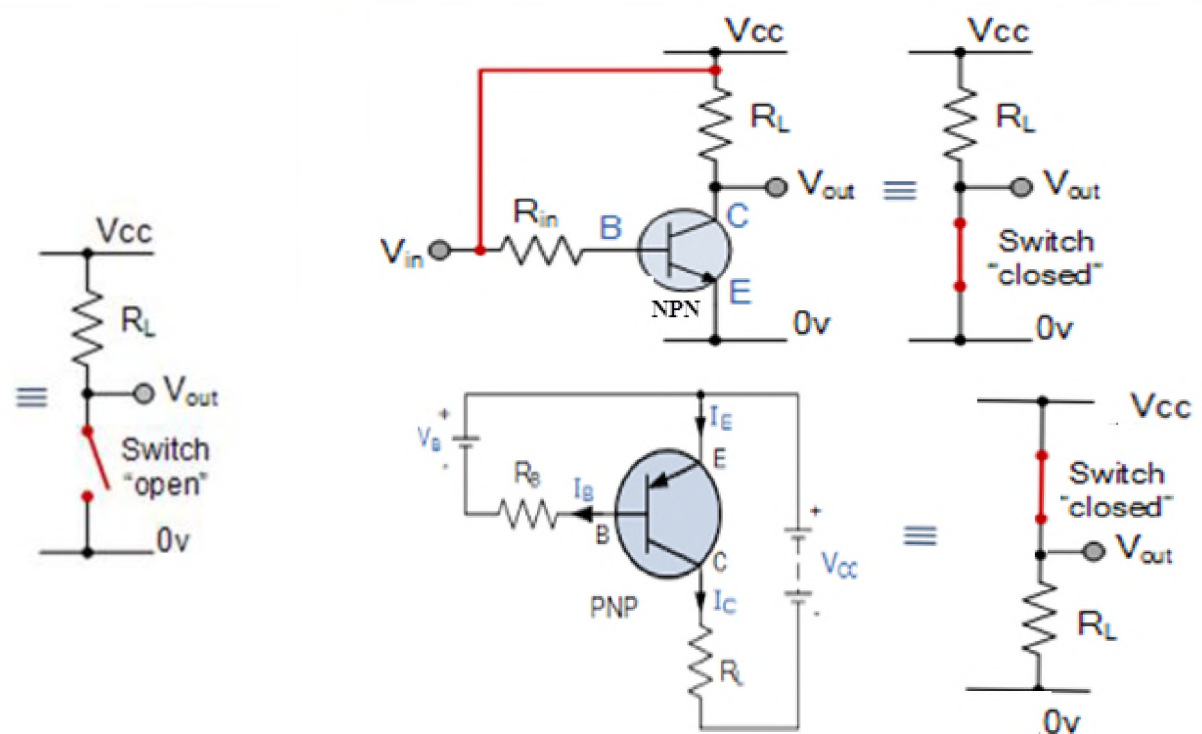
- Sayıcılar (counters), bilgisayarlar (computers), ateşleme devreleri (trigger circuit) gibi bir kısım devrenin çok hızlı çalışması (on) ve sükunete geçmesi (off) gerekebilir. Bu gibi hâllerde çok hassas bir anahtarlama yapılması gerekir. Bu devrelerde, transistörden anahtar olarak yararlanılmaktadır. Transistör ile nano saniyelik yani  $10^{-9}$  saniyelik (sn.) bir çalışma hızı sağlanmaktadır.
- Transistörün açık olduğu durum (Cutoff), kapalı olduğu durum (Doyum-Saturation) olarak isimlendirilir. Transistörün doyum hâlinde çalışması, kısa bir an için taşıyabileceği maksimum akımda görev yapması demektir.

# Transistörün Anahtarlama Elemanı Olarak Çalıştırılması

## ■ Cutoff



## ■ Saturation



# Transistör Bilgilerinin ve Karşılıklarının Bulunması

- Bir transistör hakkında bilgi edinmek gerektiğinde üzerindeki ve katalogdaki bilgilerden yararlanılır. Transistörlerin katalog bilgilerinden yararlanarak bacak isimleri, en üst çalışma gerilimleri, en üst çalışma akımları, termal karakteristikleri, gürültü değerleri gibi çok sayıda bilgi rahatlıkla öğrenilebilir.
- Ayrıca üzerlerinde yazılı harf ve rakamlar çeşitli ülkelerin kendi standartlarına göre belirlemiş oldukları kodlardır. Bu kodların ne anlama geldiği malzeme üreticisi firmaların kataloglarında ve devre elemanı kataloglarında belirtilmiştir.
- Bir transistörün yerine başka bir transistör kullanılması için yerine kullanılacak transistör bilgilerinin bu katalog bilgileri ile aynı olması gerekir. Transistör hangi amaçla kullanılıyor ise özellikle o parametreler dikkate alınmalıdır.

# Transistör Bilgilerinin ve Karşılıklarının Bulunması

Product specification

---

## NPN general purpose transistors

## BC237; BC237B

---

**FEATURES**

- Low current (max. 100 mA)
- Low voltage (max. 45 V).

**APPLICATIONS**

- General purpose switching and amplification.

**DESCRIPTION**

NPN transistor in a TO-92; SOT54 plastic package.  
PNP complements: BC307; BC307B.

**PINNING**

| PIN | DESCRIPTION |
|-----|-------------|
| 1   | emitter     |
| 2   | base        |
| 3   | collector   |

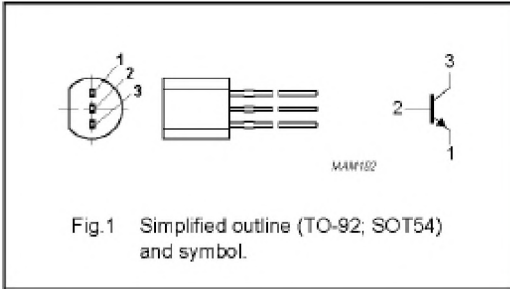
  


Fig.1 Simplified outline (TO-92; SOT54) and symbol.

**QUICK REFERENCE DATA**

| SYMBOL    | PARAMETER                 | CONDITIONS  | MIN. | MAX. | UNIT |
|-----------|---------------------------|---|------|------|------|
| $V_{CBO}$ | collector-base voltage    | open emitter  | -    | 50   | V    |
| $V_{CEO}$ | collector-emitter voltage | open base   | -    | 45   | V    |
| $I_{CM}$  | peak collector current    |   | -    | 200  | mA   |
| $P_{tot}$ | total power dissipation   | $T_{amb} \leq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$                     | -    | 500  | mW   |
| $h_{FE}$  | DC current gain           | $I_C = 2\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}$                      |      |      |      |
|           | BC237                     |   | 120  | 460  |      |
|           | BC237B                    |   | 200  | 460  |      |
| $f_T$     | transition frequency      | $I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$ | 100  | -    | MHz  |

# Transistörün Sağlık Kontrolü

- Ölçümünü yapılacak transistörün ayaklarını rastgele numaralandırılmalıdır.
- Dijital avometre kullanılıyorsa diyot konumuna alınmalıdır.
- Eğer analog avometre kullanılıyorsa X I konumuna alınmalıdır.
- Önce eksi probu 1 numaralı ayağa tutunuz. Artı probu 2 numaralı ayağa değdirerek ekranda okunan değeri tabloya kaydediniz. Eksi probu ayırmadan artı probu 2. ayaktan alıp 3. ayağa değdirerek okunan değeri tabloya kaydediniz. Eksi probu 2. ayağa tutunuz. Artı probu 1. ve 3. ayaklara değdiriniz. Eksi probu 3. ayağa, artı probu önce 1. sonra 2. ayağa değdiriniz. Her defasında okununan değeri tablodaki ilgili yere kaydediniz. Propların yerini değıştırerek işlemleri tekrarlayınız

# Transistörün Sağlık Kontrolü

|                       |   | +prob |   |   |
|-----------------------|---|-------|---|---|
| -<br>p<br>r<br>o<br>b |   | 1     | 2 | 3 |
|                       | 1 |       | — | — |
|                       | 2 | 0,7   |   | — |
|                       | 3 | 0,72  | — |   |

1-B  
2-C NPN  
3-E

|                       |   | +prob |      |   |
|-----------------------|---|-------|------|---|
| -<br>p<br>r<br>o<br>b |   | 1     | 2    | 3 |
|                       | 1 |       | 0,8  | — |
|                       | 2 | —     |      | — |
|                       | 3 | —     | 0,77 |   |

1-E  
2-B NPN  
3-C

|                       |   | +prob |   |      |
|-----------------------|---|-------|---|------|
| -<br>p<br>r<br>o<br>b |   | 1     | 2 | 3    |
|                       | 1 |       | — | 0,5  |
|                       | 2 | —     |   | 0,55 |
|                       | 3 | —     | — |      |

1-C  
2-E NPN  
3-B

|                       |   | +prob |     |      |
|-----------------------|---|-------|-----|------|
| -<br>p<br>r<br>o<br>b |   | E     | B   | C    |
|                       | E |       | 0,2 | 0,01 |
|                       | B | —     |     | —    |
|                       | C | 0,01  | 0,2 |      |

C-E arası kısadevre (Transistör bozuk)

|                       |   | +prob |     |     |
|-----------------------|---|-------|-----|-----|
| -<br>p<br>r<br>o<br>b |   | 1     | 2   | 3   |
|                       | 1 |       | 0,5 | 0,6 |
|                       | 2 | —     |     | —   |
|                       | 3 | —     | —   |     |

1-B  
2-C PNP  
3-E

|                       |   | +prob |   |      |
|-----------------------|---|-------|---|------|
| -<br>p<br>r<br>o<br>b |   | 1     | 2 | 3    |
|                       | 1 |       | — | —    |
|                       | 2 | 0,7   |   | 0,68 |
|                       | 3 | —     | — |      |

1-E  
2-B PNP  
3-C

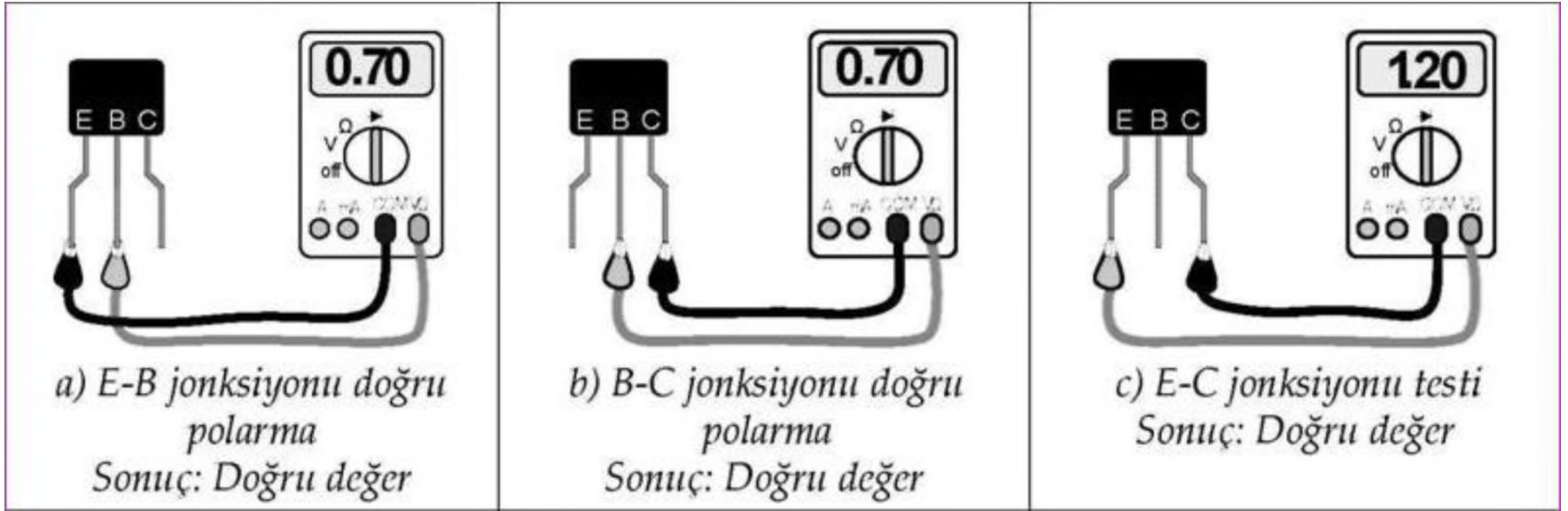
|                       |   | +prob |     |   |
|-----------------------|---|-------|-----|---|
| -<br>p<br>r<br>o<br>b |   | 1     | 2   | 3 |
|                       | 1 |       | —   | — |
|                       | 2 | —     |     | — |
|                       | 3 | 0,58  | 0,6 |   |

1-C  
2-E PNP  
3-B

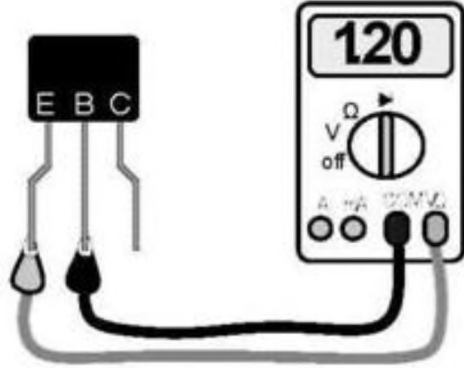
|                       |   | +prob |      |   |
|-----------------------|---|-------|------|---|
| -<br>p<br>r<br>o<br>b |   | 1     | 2    | 3 |
|                       | 1 |       | 0,65 | — |
|                       | 2 | 0,7   |      | — |
|                       | 3 | —     | —    |   |

Transistör değil

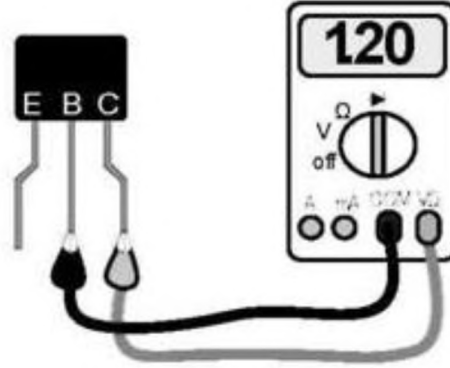
# Transistörün Sağlık Kontrolünün Yapılması



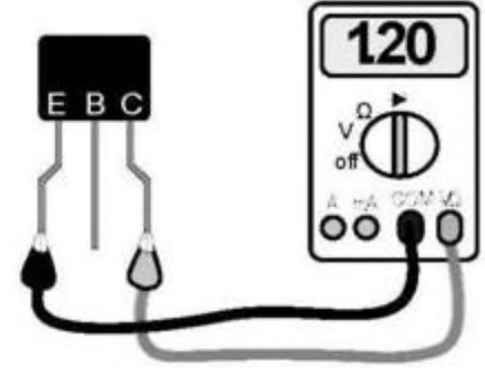
# Transistörün Sağlık Kontrolünün Yapılması



d) E-B jonksiyonu ters polarma  
Sonuç: Doğru Değer



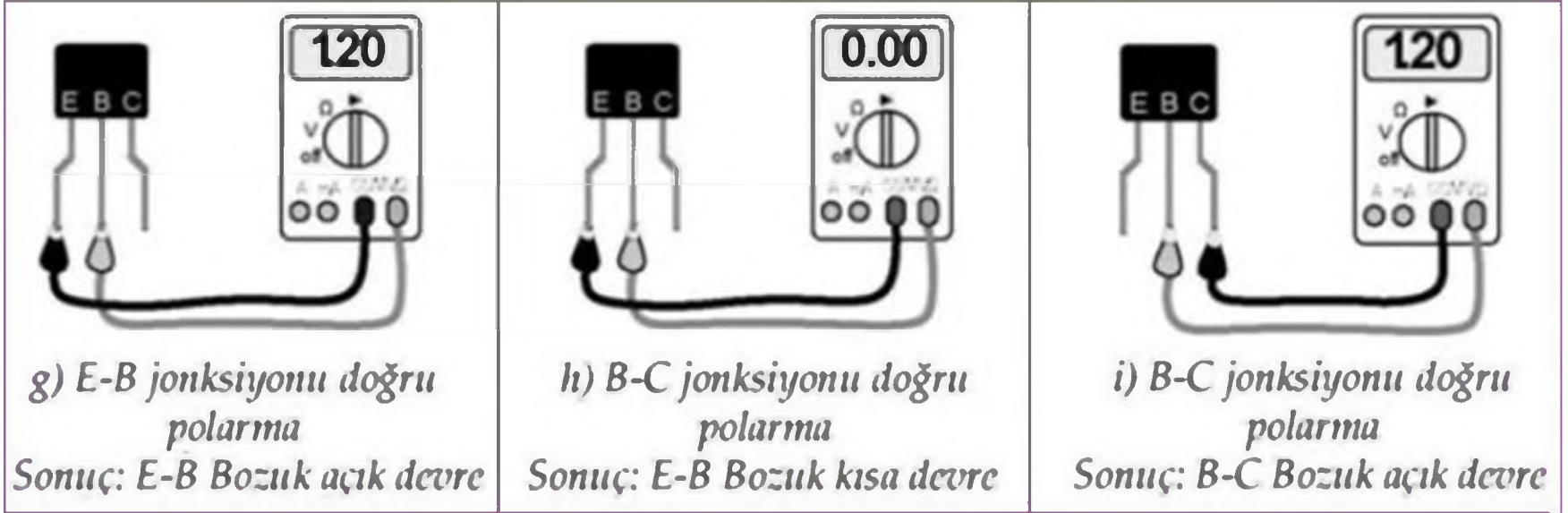
e) B-C jonksiyonu ters polarma  
Sonuç: Doğru değer



f) E-C jonksiyonu testi  
Sonuç: Doğru değer



# Transistörün Sağlık Kontrolünün Yapılması



# Transistörün Uçlarının Tespiti

- Analog ölçü aleti X1 kademesine veya dijital ölçü aleti diyot kademesine alınır.
- Proplardan biri herhangi bir ayakta sabit tutulurken diğer prop ayrı ayrı boştaki diğer ayağa değdirilir. Sağlam bir transistörde prop bir uçta sabit iken, diğer prop her iki ayağa ayrı ayrı değdirildiğinde değer göstermelidir. Değer okunmuyorsa sabit ayağı tespit etmek amacıyla ölçüm ayakları değiştirilerek işlemler tekrarlanır.
- Değer gösterdiği andaki sabit ayak beyz, yüksek değer okunan ayak emiter, ve az değer okunan ayak ise kolektördür.

# Transistörün Uçlarının Tespiti



# İlgili Videolar

- <https://www.youtube.com/watch?v=1r9pNtSAveE>
- <https://www.youtube.com/watch?v=OXLiHRuupzM>
- <https://www.youtube.com/watch?v=fmysik8Smn8>
- <https://www.youtube.com/watch?v=K78lq5yDvDQ>
- [https://www.youtube.com/watch?v=Cvv4muT\\_wfY](https://www.youtube.com/watch?v=Cvv4muT_wfY)