

# Bölüm 4: Transistörler

## Giriş

Elektronikle ilgili sistemlerin gelişip, üstün seviyeye gelmesi yarı iletken temelli transistörlerin bulunmasından sonra olmuştur. Uygulamada 100.000'e yakın çeşitte transistör vardır. Ayrıca her geçen gün, yeni özelliklere sahip transistörler üretilmektedir.

Şekil 4.1'de verilen germanyumdan yapılmış ilk "nokta temaslı transistörler" 1947 yılında Bell Telefon Laboratuvarlarında çalışan **W. H. Brottain** ve **Y. Borden** adlı iki bilgin tarafından yapılmıştır.

Germanyum transistörler ısıdan çok etkileniyor, ısı ile "akımları" artıyordu. Elektrotlar arası kapasitelerinin büyük olması ise osilasyonlara (*salınımlara*) neden oluyordu. Daha sonraki yıllarda silisyumdan transistör yapımı başladı. Silisyum transistörler germanyum transistörlerde ortaya çıkan bir çok sakıncanın ortadan kalkmasını sağladı.

1949 yılında ise nokta temaslı transistörlerden daha kolayca üretilen, bugün kullandığımız "iki polarmalı (*bipolar*) yüzey temaslı" tip transistörler ise, **Schokley** tarafından geliştirilmiştir. Şekil 4.2'de yüzey temaslı transistörün yapısı görülmektedir.

İki polarma yüzeyli transistörler teknik anlatımlarda kısaca **BJT** olarak da adlandırılmaktadır. (*BJT: Bipolar Junction Transistör*).

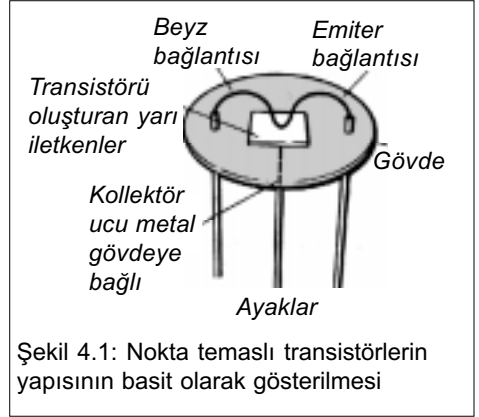
**Transistör** kelimesi, transfer (aktarma) ve resistor (direnç) sözcüklerinin kısaltılmasıyla ortaya çıkmıştır.

### Transistörlerin ayak adlarının anlamları:

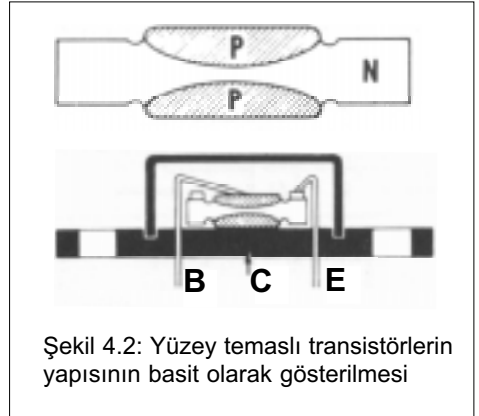
**Emiter** (emitter): Yayıcı.

**Kollektör** (collector): Toplayıcı.

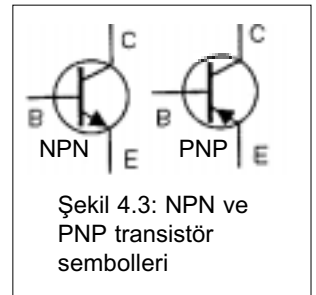
**Beyz** (base): Taban, giriş, kontrol.



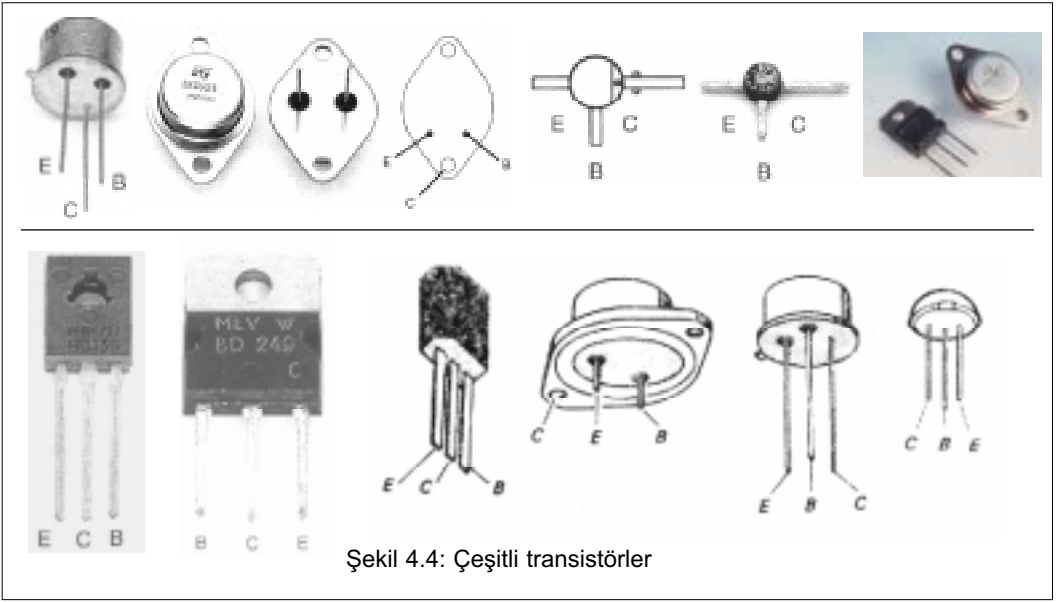
Şekil 4.1: Nokta temaslı transistörlerin yapısının basit olarak gösterilmesi



Şekil 4.2: Yüzey temaslı transistörlerin yapısının basit olarak gösterilmesi



Şekil 4.3: NPN ve PNP transistör sembolleri



Şekil 4.4: Çeşitli transistörler

## A- TRANSİSTÖRLERİN GENEL TANIMI

NPN ya da PNP şeklinde dizilmiş üç yarı iletkenin birleşiminden oluşmuştur. Ayakları beyz (B), kolektör (C), emiter (E)'dir. B ucu tetiklendiğinde C-E arasının **direnç değeri** azalarak akım geçirir. C-E arasından geçen akımın değeri, beyz ucuna uygulanan tetikleme akımının miktarına bağlıdır.

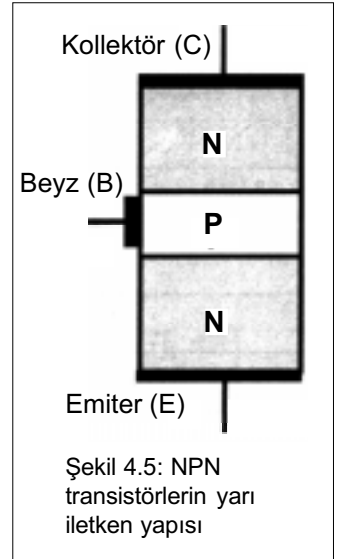
*NPN ve PNP transistörün çalışma ilkesi ve yapısı birbirine çok benzemesine rağmen, yüksek frekanslı sinyallere karşı tepkisi daha iyi olduğundan NPN tip transistörler devrelerde daha yaygın olarak kullanılmaktadır.*

### Transistörlerin yapısı

#### a- NPN tipi transistörlerin yapısı

Şekil 4.5'de görüldüğü gibi NPN transistör yapılırken iki adet N tipi özelliğe sahip yarı iletken malzemenin arasına ince bir katman halinde P tipi malzemenin beyz tabakası yerleştirilmiştir. Araya yerleştirilen beyz tabakası iki büyük tabaka arasındaki elektron-oyuk geçişini **kontrol etme** bakımından görev yapmaktadır.

Transistörleri musluğa (*vana*) benzetmek mümkündür. Musluk, akan sıvıyı denetler (*ayarlar*). Transistör ise geçen akımı denetler. Bu özelliği sayesinde küçük akımlar aynı biçimde olmak kaydıyla büyütülebileceği gibi, küçük bir akım ile büyük bir alıcının çalışması da sağlanabilir.



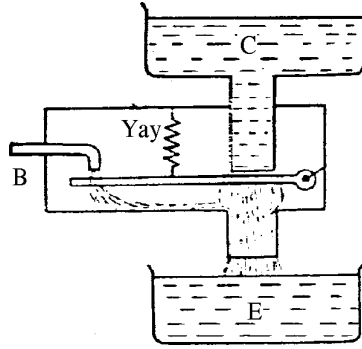
Şekil 4.5: NPN transistörlerin yarı iletken yapısı

Şekil 4.6'da verilen vana eşdeğerinde B ucundan bir miktar su verildiğinde yay ile tutturulmuş kol aşağıya doğru inerek C bölgesinden E bölgesine doğru yüksek miktarlı bir

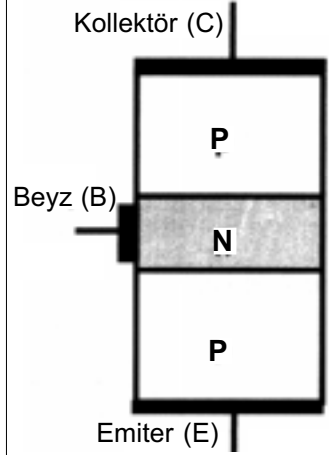
su geçişini sağlar. B girişine uygulanan su kesildiği anda, yay kolu çekerek C ile E arasındaki geçişi kapatır.

### **b- PNP tipi transistörlerin yapısı**

Şekil 4.7'de görüldüğü gibi PNP transistör yapılırken iki adet P tipi özelliğe sahip yarı iletken malzemenin arasına ince bir katman halinde N tipi malzemeden beyz tabakası yerleştirilmiştir. Araya yerleştirilen beyz tabakası iki büyük tabaka arasındaki elektron-oyuk geçişini kontrol etme bakımından görev yapmaktadır.



Şekil 4.6: Transistörlerin vana (musluk) eşdeğeri

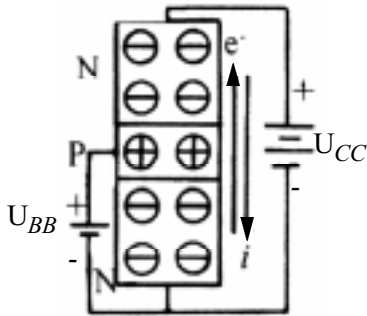


Şekil 4.7: NPN transistörlerin yarı iletken yapısı

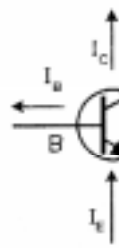
### **Transistörlerin çalışma ilkesi**

#### **a- NPN tipi transistörlerin çalışma ilkesi**

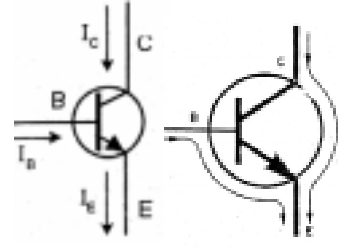
Şekil 4.8'de görüldüğü gibi,  $U_{BB}$  kaynağının artı (+) ucu beyz bölgesini pozitif olarak yükler.  $U_{CC}$  kaynağının eksi (-) ucu E bölgesindeki elektronları yukarı iter. Sıkışan elektronlar beyz (B) tarafından çekilir. Başka bir deyişle, emiterin "iletim bandı"ndaki elektronlar, E-B gerilim settini aşarak beyz bölgesine girerler. Lakin, B bölgesi çok dar olduğundan, emiterden gelen elektronların % 1-2'lik kısmı B bölgesi tarafından çekilirken, yaklaşık % 98-99'luk kısım C bölgesine geçer.  $U_{CC}$ 'nin artı (+) ucu C bölgesindeki elektronları



Şekil 4.8: NPN transistörlerin iç yapısı.  
**Not:** Şeklin anlaşılır olabilmesi için yarı iletkenlerin içinde bulunan artı (+) yüklü çekirdekler gösterilmemiştir



Şekil 4.9: NPN transistörlerde elektronların hareket yönleri

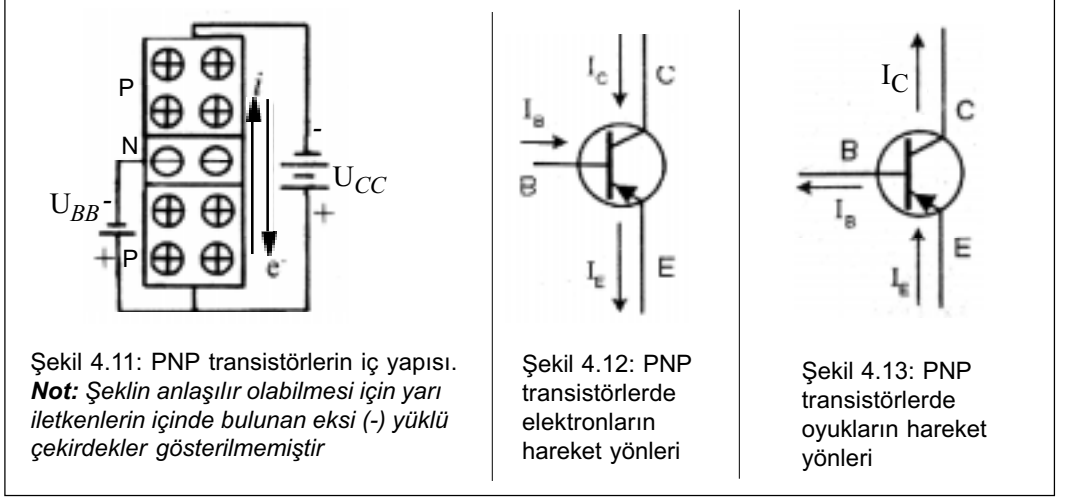


Şekil 4.10: NPN transistörlerde oyukların hareket yönleri

kendine çeker. Bu sayede elektron hareketi süreklilik kazanır.  $U_{BB}$ 'nin verdiği beyz akımı olduğu sürece E'den C'ye elektron akışı sürer. NPN transistörde elektronlar **yukarı** giderken (şekil 4.9), oyuklar ise **aşağı** doğru gider (şekil 4.10). Bu nedenle pratik anlatımda, B'ye uygulanan artı (+) sinyal C'den E'ye doğru akım geçirir" denir.

Sonuç olarak, emiter akımı, beyz ve kollektör akımlarının toplamına eşittir.

$$I_E = I_B + I_C [A].$$

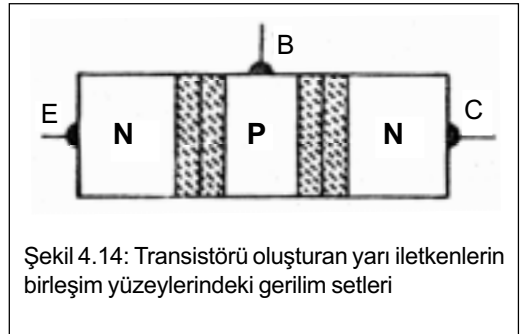


### b- PNP tipi transistörlerin çalışma ilkesi

Şekil 4.11'de görüldüğü gibi,  $U_{BB}$  kaynağının eksi (-) ucu B bölgesini negatif olarak yükler.  $U_{CC}$  kaynağının artı (+) ucu E bölgesindeki artı (+) yüklü oyukları yukarı iter. Sıkışan artı (+) yükler B tarafından çekilir. Lakin B bölgesi çok dar olduğundan, oyuklar C bölgesine geçerler.  $U_{CC}$ 'nin eksi (-) ucu C bölgesindeki oyukları kendine çektiğinden, oyuk hareketi süreklilik kazanır.  $U_{BB}$  akımı olduğu sürece E'den C'ye oyuk akışı sürer. E'den gelen oyukların yaklaşık % 2'lik kısmı  $U_{BB}$  tarafından yutulurken, geriye kalan % 98'lik oyuk  $U_{CC}$  kaynağının eksi (-) ucuna gider.

Dikkat edilirse, oyuklar (artı yükler) E'den C'ye doğru giderken (şekil 4.13) elektronlar ise C'den E'ye doğru gitmektedir. (Şekil 4.12.) Akımı oyukların taşıdığını kabul ettiğimize göre PNP transistörde akım E'den C'ye doğru olmaktadır.

Görüldüğü üzere, NPN ve PNP transistörün çalışma şekli aynıdır. Sadece birinde elektronlar, diğerinde ise oyuklar görev yaparak akım geçişini sağlamaktadır.



### Transistör eklemlerinde oluşan gerilim setleri

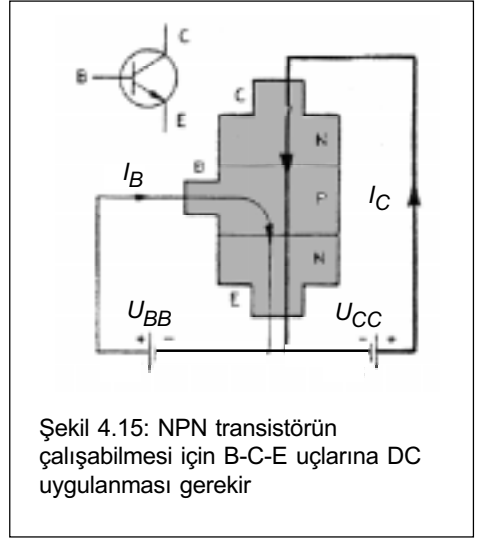
Şekil 4.14'de görüldüğü gibi P ve N tipi iki yarı iletken birleştirilince, ilk anda, birleşim bölgesinde bir "elektron-oyuk" hareketi başlar. Yani P tipi maddenin sağ tarafındaki oyuklarla, N tipi maddenin sol tarafındaki elektronlar birbirini çekerek birleşirler. Bunun sonucunda P-N birleşim bölgesinde elektriksel olarak nötr (*ne artı ne de eksi yüklü, yani*

yüksüz) bölge oluşur. İşte bu nötr bölge bir set (*engel*) gibi davranarak yarı iletken malzemelerin içinde bulunan diğer oyuk ve elektronların birleşmesini engeller.

Ancak dışarıdan bir enerji (ışık, ısı, elektrik akımı) uygulanacak olursa P-N birleşiminin nötr bölgesi (*gerilim setti*) yıkılır.

Sonuç olarak, P-N birleşiminin olduğu her elemenda bir gerilim setti söz konusudur.

Bu settin aşılması için elektrik akımı uyguladığımızda eğer eleman germanyumdan yapılmışsa gerilim değeri 0,2 Volt'u aşınca, silisyumdan yapılmışsa 0,6-0,7 Volt'u aşınca akım geçişi başlar.



Şekil 4.15: NPN transistörün çalışabilmesi için B-C-E uçlarına DC uygulanması gerekir

### Transistörlerde polarma (E-B-C uçlarına DC uygulama)

Elektronik devrelerde kullanılan transistörler *doğru polarize* edildiğinde iletme, ters polarize edildiğinde ise *kesime* giderler. Bu bakımdan NPN ve PNP transistörlerin hangi polarmada çalıştığı iyice öğrenilmelidir. Şekil 4.15'de NPN transistörlerin çalışması için uygulanması gereken DC gerilimlerin yönleri verilmiştir.

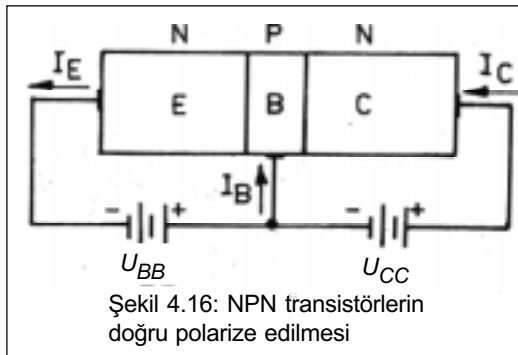
### a- NPN ve PNP transistörlerin doğru polarize edilmesi

Transistörün beyz ucuna akım uygulanmadığında C-E arasından akım geçişi olmaz. Yani eleman kesimde (*cut-off*) kalır. Transistör germanyumdan yapılmışsa, B ucuna uygulanan gerilim,  $U_{BB} = 0,2$  Volt'u aşınca, silisyumdan yapılmışsa,  $U_{BB} = 0,6-0,7$  Volt'u aşınca C ve E arası iletken olur.

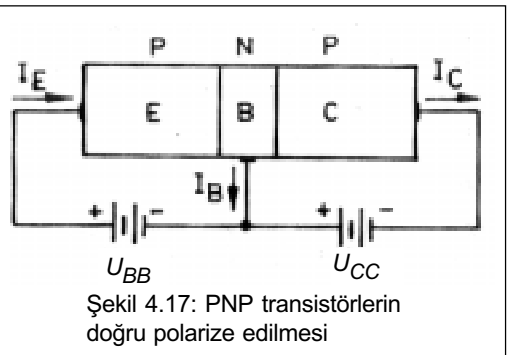
NPN tipi transistörlerin B ucuna şaseye göre artı (+) uygulandığında iletimin olabilmesi için C'ye artı (+) ve E'ye eksi (-) uygulanır. (Şekil 4.16)

PNP transistörlerde B ucuna eksi (-) uygulanınca E'den C'ye akım geçişi olur. Bu sırada E'ye artı (+) ve C'ye (-) verilir.verilir.(Şekil 4.17)

Sonuç olarak, transistörleri aktif yükseltme elemanı olarak kullanabilmek için B-E birleşimi

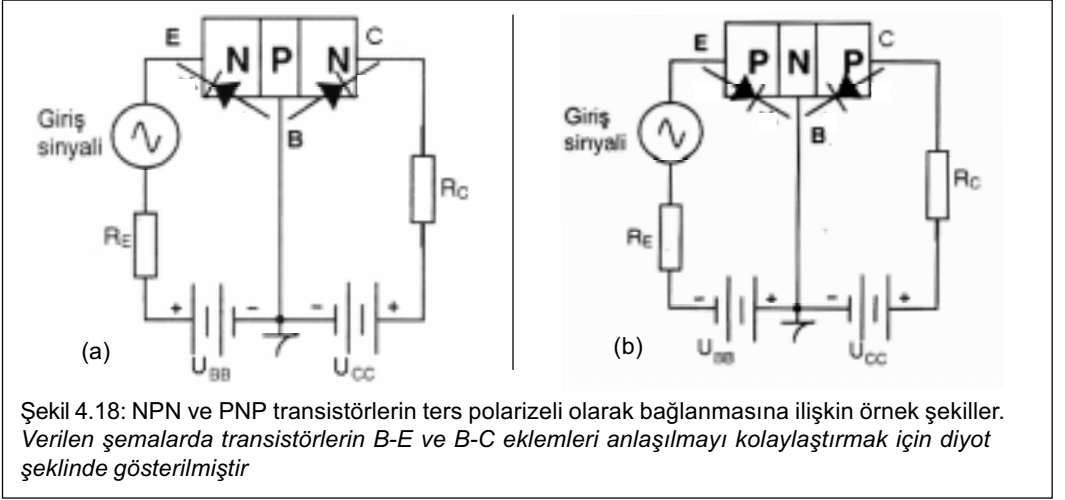


Şekil 4.16: NPN transistörlerin doğru polarize edilmesi



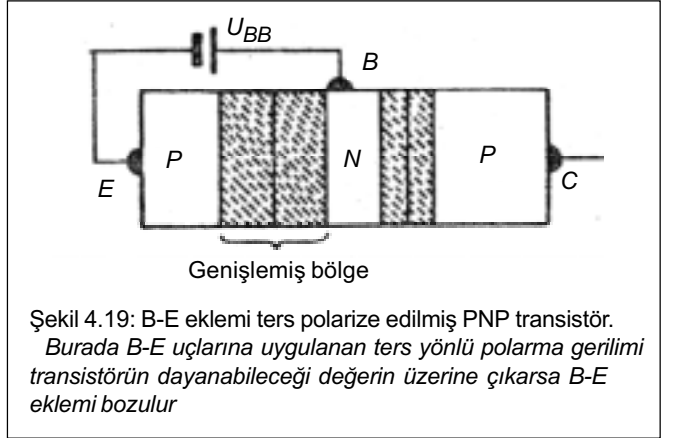
Şekil 4.17: PNP transistörlerin doğru polarize edilmesi

doğru polarize edilirken, B-C eklemi ters polarize edilir. Şekil 4.16 ve 4.17'ye bakınız.



### b- NPN ve PNP transistörlerin ters polarize edilmesi

Transistörlerin beyz-emiter (B-E) uçları doğru, beyz-kollektör (B-C) uçları ters polarize edilirse eleman çalışır. Şekil 4.18-a ve b'de görüldüğü gibi B-E uçları ve B-C uçları yanlış polarize edilirse eleman çalışmaz. Hatta elemanda bozulma bile olabilir.



Şöyleki: B-E arası ters polarize edilirse, beyz-emiter geçiş eklemi şekil 4.19'de görüldüğü gibi genişler ve "set gerilimi" büyür. Akım geçişi olmaz. B-C uçları ters polarize değilse doğru polarize edilirse transistör yine çalışmaz.

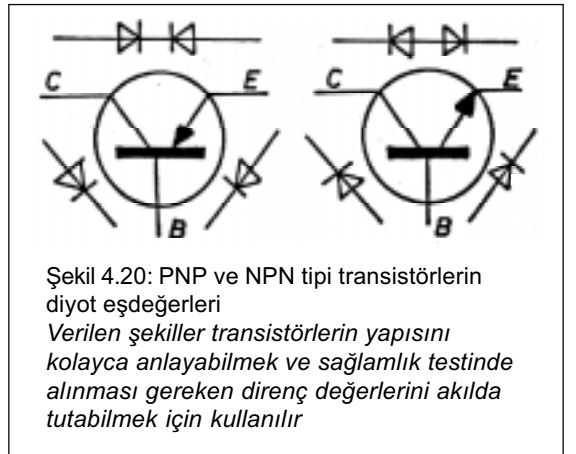
### Transistörlerin sağlamlık testi

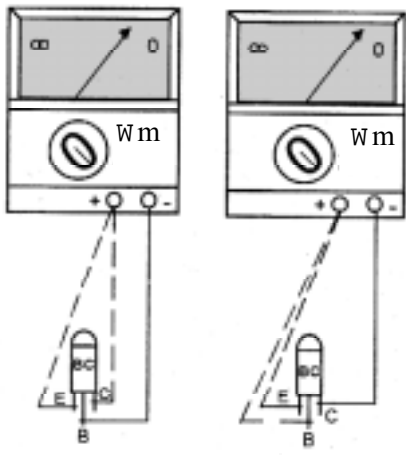
#### a- Ohmmetre ile sağlamlık testi

Sağlamlık testinde alınması gereken değerleri kolayca anımsayabilmek için NPN ve PNP transistörü birbirine ters seri bağlı iki diyota benzetebiliriz.

Bu benzetimden yola çıkarak ohmmetre ile yapılacak "6" ölçümde aşağıda verilen değerler alınmalıdır.

Not: Diyotlar birbirine ters bağlanmak suretiyle transistör elde edilemez.





Şekil 4.21: Transistörlerin sağlamlık testinin analog (ibrelı) ohmmetreyle yapışı

**Transistörlerin sağlamlık testinde B-C-E ayaklarının iki yönlü ölçümünde alınması gereken değerlerin üç farklı şekilde ifade edilmesi**

E-C: 50 K $\Omega$  -200 K $\Omega$  / 50 K $\Omega$  -200 K $\Omega$   
 B-C: 300  $\Omega$  -3000  $\Omega$  / 50 K $\Omega$  -200 K $\Omega$   
 B-E: 300  $\Omega$  -3000  $\Omega$  / 50 K $\Omega$  -200 K $\Omega$

E-C: Büyük  $\Omega$  -Büyük  $\Omega$   
 B-C: Küçük  $\Omega$  -Büyük  $\Omega$   
 B-E: Küçük  $\Omega$  -Büyük  $\Omega$

C-E:  $\infty$   $\Omega$  - $\infty$   $\Omega$   
 B-C: 0  $\Omega$  - $\infty$   $\Omega$   
 B-E: 0  $\Omega$  - $\infty$   $\Omega$

### b- Polarma gerilimine bakarak sağlamlık testi

Dijital multimetrelerin (avometre) komütatörü "diyot" sembolünün bulunduğu yere getirilir. Yapılan ölçümlerde silisyum transistörlerin B-E ve B-C eklemleri üzerinde düşen gerilimler bir yönde yaklaşık 450-650 mVolt olarak okunur, diğer yönde hiçbir değer okunamazsa (ya da "O.L: Açık devre", "1,2 V" gibi değerler de görülebilir) eleman sağlam demektir. Ayrıca, ölçüm sırasında B-E eşik geriliminin B-C geriliminden biraz büyük olduğu görülür. Bu özellik sayesinde E ve C uçlarını kolayca belirleyebiliriz.

### Örnek olarak,

Ölçü aleti komütatörü diyot konumundayken yapılan ölçümlerde,

-BC547 kodlu transistörde  $U_{BE} = 582$  mV,  $U_{BC} = 576$  mV.

-2N3055 kodlu transistörde  $U_{BE} = 455$  mV,  $U_{BC} = 447$  mV. olarak okunmuştur.

**Ek bilgi:** Bir transistör devreye bağlıken ohmmetre kullanılarak sağlamlık testi yapılacak olursa yanlış sonuçlar okunabilir. Ancak ölçme komütatöründe diyot sembolü bulunan bir ölçü aletiyle eleman sökülmeden sağlamlık testi yapılabilir.

Şöyleki, ölçü aletinin komütatörü diyot işaretinin bulunduğu konuma getirilir. B-E, B-C ayakları arasında yapılan ölçümlerde P-N birleşim yüzeylerinde düşen gerilimler mV cinsinden (yaklaşık 450-650 mV) okunursa eleman sağlamdır.

**Transistörlerin tipinin belirlenmesi:** Avometre komütatörü ohm kademesine alınır (X1K ya da X10K konumları) B ucuna artı (+) prop, C ya da E ucuna ise eksi (-) prop değiştirilir. Küçük direnç okunursa (300  $\Omega$  -3000  $\Omega$ ) transistör NPN, büyük direnç okunursa (50 K $\Omega$  -200 K $\Omega$ ) PNP'dir.

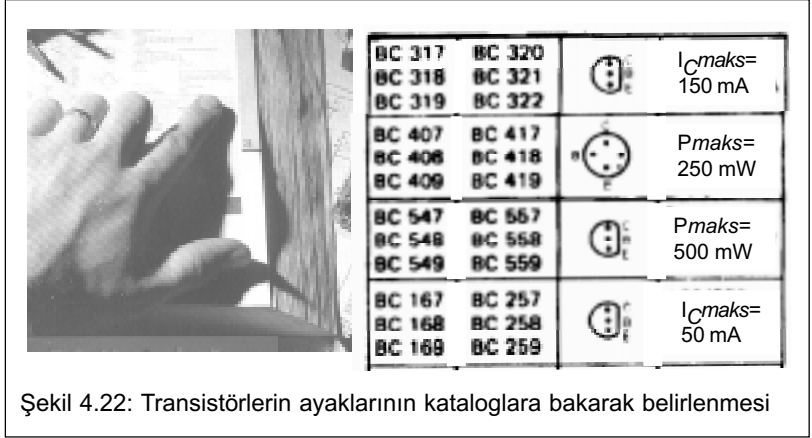
## Transistörlerin E-C-B uçlarının bulunması

### a- Metal gövdeli transistörlerde ayakların bulunuşu

Dış gövdesi metal olan transistörlerin kollektör ucu gövdeye bağlıdır. Ölçü aletinin bir ucu gövdeye değdirilip diğer uç üç ayağa rastgele değdirilerek ölçümler yapılır. Her iki yönlü ölçümde de 0 (sıfır) ohm'luk direncin okunduğu uç kollektör olarak saptanır. Daha sonra üç ayak kendi arasında ölçülür. Her iki yönlü olarak yapılan ölçümlerde çok yüksek direnç (50 K $\Omega$  - 200 K $\Omega$ ) gösteren uçlar bulunduğunda kollektör belirlenmiş olduğuna göre diğer uç emiterdir. Geride kalan üçüncü uç ise beyzdir.

### b- Kataloglara (data book, hand book) bakarak ayakların bulunuşu

Transistör kataloglarında her modelin ayaklarının diziliş şekli vardır. Katalog kullanılarak yapılan uç belirleme hem çok pratik hem de sağlıklıdır. Pratik uygulamalarda kullanılan transistör sayısı onbinlerce olmasına rağmen, radyo, tv, video gibi yaygın olan cihazlarda kullanılan transistör sayısı bir kaç yüzü geçmemektedir.



Şekil 4.22: Transistörlerin ayaklarının kataloglara bakarak belirlenmesi

### c- Parmak yöntemiyle ayakların bulunuşu

Bu yöntem kataloglarda özelliği verilmemiş olan transistörlerin uçlarının bulunmasında kullanılır.

**I- Transistör NPN ise parmak yöntemiyle ayakların bulunuşu:** Önce büyük  $\omega$  - büyük  $\omega$  gösteren uçlar bulunur. Bunlar C ve E, diğer uç ise B'dir. Bundan sonra ohmmetrenin propları (siyah ve kırmızı) rastgele E ve C oldukları bilinen uçlara değdirilir. Baş parmak siyah proba değdirilerek, işaret parmağı ile B ucuna tetikleme uygulanır. Bu durumda aletin gösterdiği direnç çok azalıyorsa baş parmağın ve siyah probun temas halinde olduğu transistör ayağı C'dir.

**II- Transistör PNP ise parmak yöntemiyle ayakların bulunuşu:** Yukarıdaki işlemin benzeri yol izlenir. Farklı olan şudur: Bu kez baş parmak kırmızı proba temas eder. İşaret parmağıyla yapılan tetiklemede ohmmetre düşük direnç göstermeye başladığında baş parmağın ve kırmızı probun temas halinde olduğu transistör ayağı E'dir.

### d- Gövde üzerindeki işaretlere bakarak ayakların bulunuşu

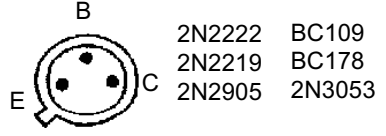
Metal gövdeli bazı transistörlerde emiter ucu tırnak olan yere yakın olan ayaktır. Bunun karşısı kollektör, ortadaki ise beyzdir. Eski tip transistörlerin gövdesinde ise küçük bir



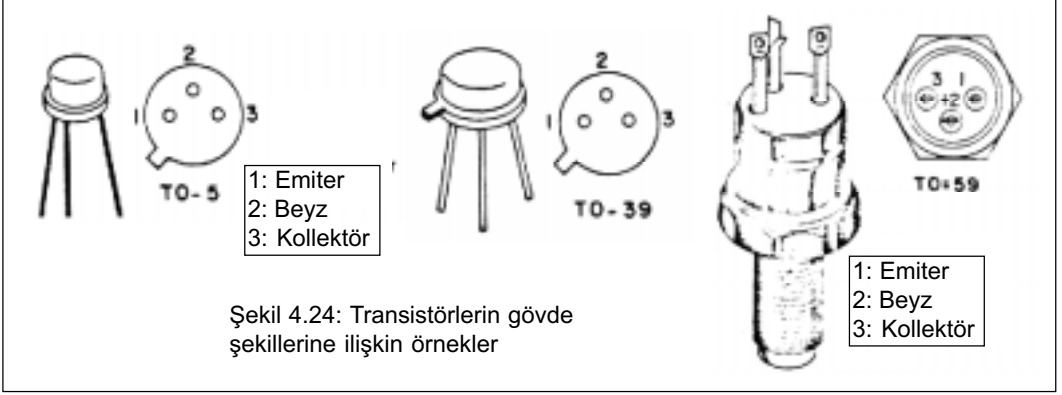
"kırmızı benek" bulunur. Bu benek C'yi gösterir. C'nin karşısındaki uç emiter, ortadaki uç ise beyzdır.

### e- Dijital multimedre kullanılarak ayakların bulunuşu

Ölçme komütatöründe diyot sembolü olan avometreyle işlem yapılır. Proplarla B-E ve B-C arası gerilim ölçümleri yapılır. B-E arası gerilim, B-C arası gerilim değerinden biraz büyük çıkacağından E ve C uçları saptanabilir.



Şekil 4.23: Transistörlerin ayaklarının gövde üzerindeki işaretlere bakılarak bulunuşuna ilişkin örnek şekil



### Transistörlerin gövde (kılıf) biçimleri

Az güç harcayan transistörler küçük ve plastik gövdeli, yüksek güç harcayanlar ise metal gövdeli olarak üretilmektedir.

Transistör gövdeleleri, SOT-32, TO-1, TO-3, TO-5, TO-12, TO-17, TO-18, TO-39, TO-46, TO-59, TO-60, TO-63, TO-72, TO-77, TO-92, TO-107, TO-126, TO-202AC, TO220, TO-236 vb. şeklinde kodlanmaktadır. Şekil 4.24'de gövde şekillerine ilişkin örnekler verilmiştir.

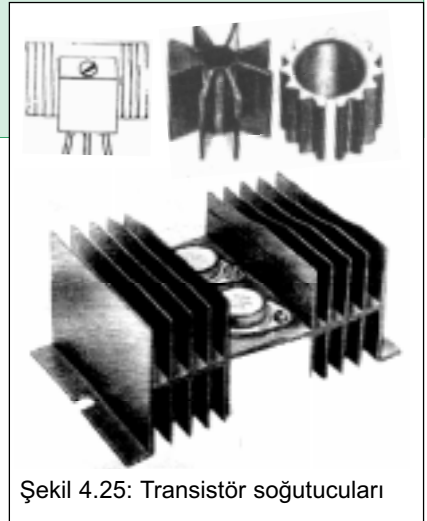
Üretici firmalar, her bir transistörün özellikleri ve uç bağlantılarını belirtmek için bilgi formları hazırlarlar. Bağlantılarda hata yapmamak için bu kataloglara bakmak gerekir. Çünkü aynı paket tipinde dahi değişik ayak sıralamaları söz konusu olabilmektedir.

### Transistörlerin soğutulması

Transistörlerin gövdesi, "çalışmadan dolayı" az ya da çok ısınır. Bu, hem transistörün bağlı olduğu devrenin düzgün çalışmasını engeller hem de elemanın kısa sürede tahrip olmasına yol açar.

Aşırı ısınan transistörde bütün akımlar yükselir ve çalışma noktası değişir. Kataloglarda verilen transistör değerleri 25°C'lık sıcaklık değerinde geçerlidir.

Transistörlerde oluşan ısıyı gidermek için gövde



Şekil 4.25: Transistör soğutucuları

üzerine şekil 4.25'de görüldüğü gibi alüminyum alaşımından yapılmış, ısı emiciliği iyi plakalar (*heat sink*) monte edilir.

Metal gövdeli transistörlerin gövdesi aynı zamanda kollektör ucu olduğundan bu ucun metal soğutucuya elektriksel bakımdan değmemesi için araya, ısıyı geçiren ancak akımı geçirmeyen izolatörler (yalıtkan) konur.

Şekil 4.26'da ısıyı geçiren ancak akımı geçirmeyen izolatörler (yalıtkan) örnekleri görülmektedir.

Transistörlerin gövdesindeki ısının çok kolayca soğutucu plakaya geçmesini sağlamak için şekil 4.27'de verilen krem görünümlü kimyasal maddeler kullanılır.

Herhangi bir devrede, transistör sembolünün etrafında şekil 4.28'de görüldüğü gibi kesik çizgili bir daire varsa soğutucu plakaya gereksinim olduğu anlaşılır.

### Transistörlerin lehimlenmesi

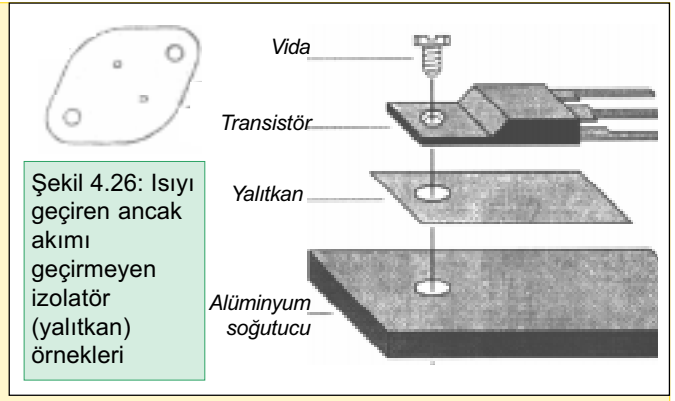
Lehimleme işleminde iyi kalite lehim kullanılmalı ve işlem çok çabuk yapılmalıdır. Kullanılacak havayanın ucu eğe ya da zımpara ile pastan (*küf*) temizlenmiş olmalıdır.

Kötü bir lehimleme işçiliğinde "soğuk lehim" olarak tanımlanan durum ortaya çıkar. Soğuk lehim nedeniyle bir süre sonra devrede temassızlık oluşur. Elektronik cihaz onarımcıları arıza ararken, "soğuk lehim oluşmuştur" düşüncesiyle şüphelendikleri yerlerin lehimlerini yeniden yaparlar. Özellikle tv'lerde **besleme ve yüksek gerilim trafoları titreştiğinden ve aşırı ısındığından, bunların bulunduğu bölgedeki lehimlerde çatlamlar oluşur.** Bu da temassızlık yaparak cihazı arızalandırır.

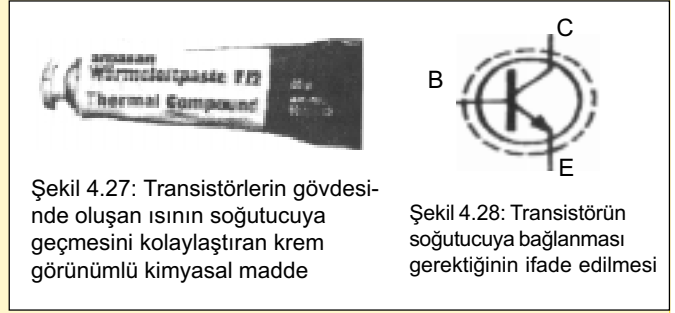
Eğer arzalı bir elektronik aygıt, gövdesine vurunca ya da elemanların bağlı bulunduğu plaket (*emprime*) esnetilince çalışıyorsa büyük olasılıkla soğuk lehim söz konusudur ya da baskılı devrenin bakır yolları kırılmıştır.

### Transistörlerin harcadığı güç

Her transistörün belli bir güç harcama kapasitesi vardır. Buna "disipasyon gücü" denir. Küçük güçlü transistörlerin harcadığı gücün değeri düşüktür. Büyük güçlü transistörler ise yüksek güç harcarlar. Transistörde harcanan güç ısı şeklinde ortaya çıkar. Isınan transistör ise devrenin çalışmasını olumsuz etkilediğinden, ısının dağıtılması için soğutucular kullanılır.



Şekil 4.26: Isıyı geçiren ancak akımı geçirmeyen izolatör (yalıtkan) örnekleri



Şekil 4.27: Transistörlerin gövdesinde oluşan ısının soğutucuya geçmesini kolaylaştıran krem görünümlü kimyasal madde

Şekil 4.28: Transistörün soğutucuya bağlanması gerektiğinin ifade edilmesi

### **Transistörlerin güce göre sınıflandırılması**

**I- Küçük güçlü transistörler:** 0-1 W arası güç harcarlar.

Örnekler: BC237 (0,3 W), AC128 (1 W)...

**II- Orta güçlü transistörler:** 1-20 W arası güç harcarlar.

Örnekler: 2N1700 (5 W), BD135 (12,5 W), MJE 240 (15 W)...

**III- Yüksek güçlü transistörler:** 20 W'ın üzerinde güç harcarlar.

Örnekler: 2N3055 (117 W), 2N1722 (50 W)...

### **Transistörlerde kazanç**

#### **a. b (beta) akım kazancı**

Transistörler, B ucuna uygulanan akıma (tetikleme sinyali) göre C-E arasından daha büyük bir akım geçirir. İşte bu durum "kazanç" olarak adlandırılır. Başka bir deyişle, kollektör akımının beyz akımına oranı b olarak ifade edilir. Transistörlerin b akım kazancı kabaca 5-1000 arasında değişir.

Beta akım kazancı kataloglarda  $h_{FE}$  olarak da adlandırılır.

#### **b akım kazancının hesaplanmasında kullanılan denklem:**

$b = \text{Çıkış devresi akım değişimleri/Giriş devresi akım değişimleri.}$

$b = \text{DI}_C/\text{DI}_B$  ya da

$b = \text{I}_C/\text{I}_B$ 'dir. Birimi yoktur.

Basitçe açıklarsak B ucuna 1 mA uygulandığında C-E arasından 250 mA geçirebilen transistörün kazancı 250 olmaktadır.

**Örnek:**  $\text{I}_B = 3 \text{ mA}$ .  $\text{I}_C = 900 \text{ mA}$ .

**Çözüm:**  $b = \text{I}_C/\text{I}_B = 300$ .

**Örnek:** Kollektör akımı  $\text{I}_C = 10 \text{ mA}$ , Beyz akımı  $\text{I}_B = 80 \text{ mA}$  (0,08 mA) olan transistörün beta akım kazancını bulunuz.

**Çözüm:**  $b = \text{I}_C/\text{I}_B = 10/0,08 = 125$ .

**Örnek:** Beta (b) akım kazancı 100, beyz akımı 50 mA olan transistörün kollektör akımını bulunuz.

**Çözüm:**  $\text{I}_C = b \cdot \text{I}_B = 100 \cdot 50 = 5000 \text{ mA} = 5 \text{ mA}$ .

#### **b- a (alfa) akım kazancı**

Kollektör akımının emiter akımına oranıdır. Emiter ucundan hem beyz akımı, hem de kollektör akımı geçtiğinden bu akım kollektör akımından biraz büyüktür.

**Denklemleri:**  $a = \text{I}_C / \text{I}_E$ 'dir. Birimi yoktur.

Beyzi şaseye bağlı tip transistörlü yükselteçlerde a akım kazancı 0,85-0,998 arasındadır.

**Örnek:**  $\text{I}_B = 1 \text{ mA}$ ,  $\text{I}_C = 100 \text{ mA}$ ,  $\text{I}_E = ?$ ,  $a = ?$

**Çözüm:**  $\text{I}_E = \text{I}_B + \text{I}_C = 101 \text{ mA}$ .  $a = \text{I}_C/\text{I}_E = 100/101 = 0,99$ .

**Örnek:** Silisyumdan yapılmış transistörün  $I_C$  akımı 1 mA,  $I_B$  akımı 20 mA'dir.  $\beta$ ,  $I_E$  ve  $a$ 'yı bulunuz.

$$\text{Çözüm: } \beta = I_C / I_B = 1 / 0,02 = 50.$$

$$I_E = I_B + I_C = 0,02 + 1 = 1,02 \text{ mA.}$$

$$a = I_C / I_E = 1 / 1,02 = 0,98.$$

**Transistör kazançlarının birbirine dönüştürülmesi:** Yükselteç hesaplamalarında kazanç değerinin birisi hesaplandıktan sonra diğer sonuçlar yanda verilen denklemlerle kolayca bulunabilir. Denklemler tamamen birbirinden türetilmektedir. *Ancak bu teorik ispatlar üzerinde durulmayıp denklemler doğrudan verilmiştir.*

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

**Örnek:** Silisyumdan yapılmış transistörün beta akım kazancı 50, emiter akımı 3 mA'dir. Kollektör akımını bulunuz.

$$\text{Çözüm: } a = \beta / (\beta + 1)$$
$$= 50 / (50 + 1) = 0,98.$$

$a = I_C / I_E$  denkleminde,  $I_C$  çekilerek

$I_C = a \cdot I_E = 0,98 \cdot 3 = 2,94 \text{ mA}$  olarak bulunur.

**Örnek:** Alfa ( $a$ ) akım kazancı 0,95 olan bir transistörün beta ( $\beta$ ) akım kazancını bulunuz.

$$\text{Çözüm:}$$
$$\beta = a / (1 - a)$$
$$= 0,95 / 1 - 0,95 = 19.$$

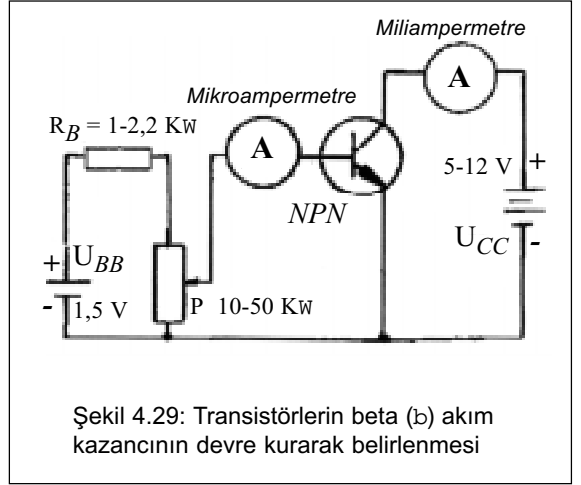
### Transistörlerin beta akım kazancının belirlenmesi

#### a- Devre kurarak kazanç

**belirleme:** Şekil 4.29'da verilen

devrede  $I_B$  ve  $I_C$  akımları hassas (kaliteli) ampermetreyle ölçülür ve beta akım kazancını bulmada kullanılan denklem ile kazanç belirlenir.

**b- Ölçü aletiyle kazanç belirleme:** Çok fonksiyonlu ölçü aletlerinde (multimetre) transistör kazancını ölçme soketleri (yuva, pin) vardır. Transistör ayakları bu soketlere doğru olarak yerleştirilir. Aletin komütatörü  $h_{fe}$  konumuna alınır ve kazanç belirlenir.

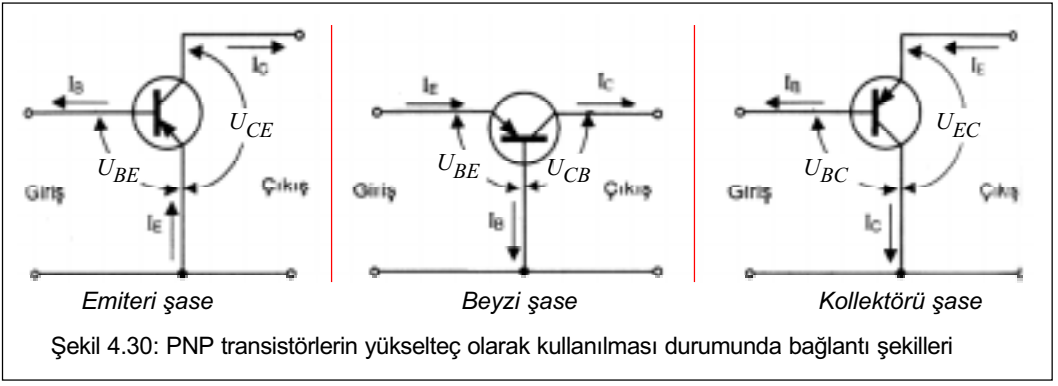


Şekil 4.29: Transistörlerin beta ( $\beta$ ) akım kazancının devre kurarak belirlenmesi

#### Bazı transistörlerin $\beta$ akım kazançları

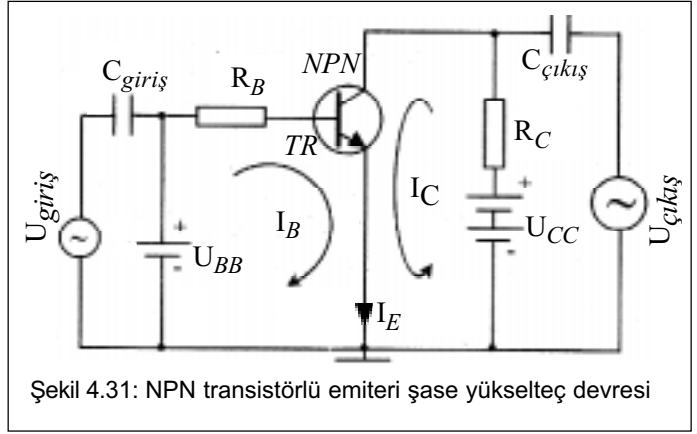
AC188 (PNP)	: 100
BC107 (NPN)	: 110
BC140 (NPN)	: 40
BC160 (PNP)	: 40
BC237 (NPN)	: 110
BC238 (NPN)	: 110
BC308 (PNP)	: 75

BC547 (NPN)	: 110
BC548 (NPN)	: 110
MJ2501 (PNP, DARL)	: 10
MJ2955 (PNP)	: 5
2N3055 (NPN)	: 20
BD135 (NPN)	: 40
BD136 (PNP)	: 40
BD137 (NPN)	: 40
BD138 (PNP)	: 40



## B- TRANSİSTÖRLERLE YÜKSELTEÇ YAPIMI

Transistörlerde beyzden akım geçmezken kolektör akımını da sıfır (0) değerindedir. Beyz akımını arttıkça kolektörden emitere doğru geçen akım da yükselmeye başlar. Bu olaya "akım yükseltme katsayısı" denir. Yüzeysel temaslı (*bipolar*) transistörlerde beyz için çok küçük de olsa bir akım gereklidir. Yani bu tipler akım kontrollüdür.



**Not:** Bipolar transistörlerden daha üstün yapıda olan FET ve MOSFET'lerde ise kontrol ucu olan gate (G), gerilim kumandalı olduğundan bu elemanlar transistörlere oranla çok çok az güç harcarlar. Bu özellikleri sayesinde kontrol (G) uçları akım çekmez.

Bir transistör yükselteç olarak kullanılacağı zaman şekil 4.30'da görüldüğü gibi üç değişik şekilde devreye bağlanabilir. Bunlar: **I-** Emiteri ortak (şase) bağlama. **II-** Beyzi ortak (şase) bağlama. **III-** Kollektörü ortak (şase) bağlamadır. ("*Ortak*" sözcüğü transistörün hangi ucunun şaseye bağlı olduğunu belirtir.) Her bağlantının özellikleri geniş olarak **bölüm 6**'da açıklanacaktır.

Transistörlerde yükseltme işlemi en kolay biçimde şekil 4.31'deki emiteri şase bağlantılı devreye anlatılabilir.

Emiteri şase bağlantıda devrede  $I_B$ ,  $I_C$  ve  $I_E$  akımları dolaşmaktadır.

$I_B$  akımını DC tetikleme akımı olup  $I_C$  akımının geçişini sağlamaktadır.  $I_E$  akımı ise  $I_B$  ve  $I_C$  akımlarının toplamıdır.

Şekil 4.31'deki devrede  $I_B$  polarma akımının değeri,

$$I_B = (U_{BB} - U_{BE}) / R_B \text{ denklemiyle bulunabilir.}$$

Devrede kullanılan transistör silisyum ise  $U_{BE} = 0,6$  ila  $0,7$  Volt olarak kabul edilir.

Verilen devrenin çıkış bölümünün akım ( $I_C$ ,  $I_E$ ), gerilim ( $U_C$ ,  $U_{CE}$ ) değerlerini bulmak için, kullanılan transistörün "beta (b)" ya da "alfa (a)" akım kazancının bilinmesi gerekir.

Beta akım kazancı biliniyorsa

$b = I_C / I_B$  denkleminde  $I_C$  çekilerek,  $I_C = b \cdot I_B$  yazılıp kollektör akımı bulunabilir.

$I_C$  akımının bulunmasıyla  $R_C$  direncinde düşen  $U_{RC}$  gerilimi ve transistörün C-E uçları arasında düşen  $U_{CE}$  gerilimi aşağıda verilen denklemlerle bulunabilir.

$$U_{RC} = I_C \cdot R_C \quad U_{CE} = U_{CC} - U_{RC}$$

### Transistörlerin darlington bağlanması

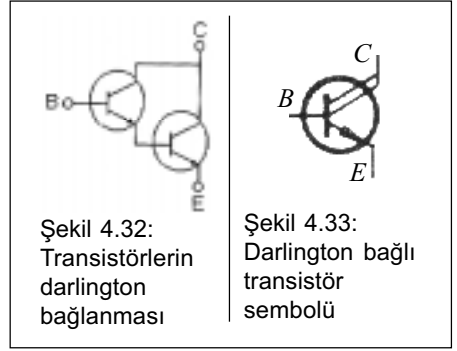
Transistörlerin ard arda bağlanmasıyla **daha güçlü, hassas ve yüksek kazançlı** transistörler yapılabilir. Şekil 4.32'de iki transistörün darlington bağlantısı görülmektedir.

Darlington bağlı iki transistörün toplam kazancı,  $b_{toplam} = b_1 \cdot b_2$  denklemiyle bulunur.

**Not:** Birinci transistör çok düşük kollektör akımında çalışmak zorunda olacağından bağlantının kazancı " $b_1 \cdot b_2$ " değerinden biraz daha küçük olmaktadır. Piyasada darlington bağlı olarak üretilmiş transistörler de vardır.

**Örnek:**  $b_1 = 250$ ,  $b_2 = 100$  olan iki transistör darlington bağlanmıştır.  $b_{toplam}$  nedir? Bulunuz.

**Çözüm:**  $b_{toplam} = b_1 \cdot b_2 = 250 \cdot 100 = 25000$ .



Şekil 4.32:  
Transistörlerin  
darlington  
bağlanması

Şekil 4.33:  
Darlington bağlı  
transistör  
sembolü

### Pratikte kullanılan darlington bağlı bazı transistörlerin özellikleri

#### NPN Tipler

- BC875 (60 V / 1 A / 0,8 W / 200 MHz).
- BD645 (80 V / 8 A / 62,5 W / 7 MHz / C-E uçları arası gövde içinde diyotla korumalı).
- BD675 (45 V / 4 A / 40 W / 7 MHz / C-E arası gövde içinde diyotla korumalı).
- BU808 (1400/700 V / 5 A / 50 W).

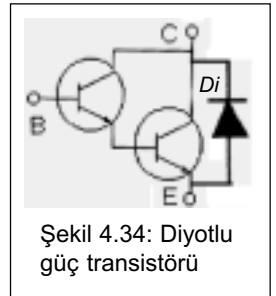
#### PNP tipler

- BD902 (100 V / 8 A / 70 W / 1 MHz / C-E arası gövde içinde diyotla korumalı).
- MJ2501 (80 V / 10 A / 150 W).

### Diyotlu güç transistörleri

Bobinleri ve trafoları beslemede kullanılan güç transistörlerinin bazı modellerinde C-E ayakları arasında gövde içinden paralel olarak diyotlar bağlanmaktadır. Diyotlar, bobinlerin oluşturduğu yüksek endüksiyon gerilimlerini kendi üzerlerinden (ters yönde) geçirerek transistörün zarar görmesini (C-E arasının yüksek polarma gerilimi nedeniyle bozulmasını) engellerler.

Kataloglarda diyotlu tip transistörlerin özellikleri açıklanırken, "Di" kısaltması kullanılır.

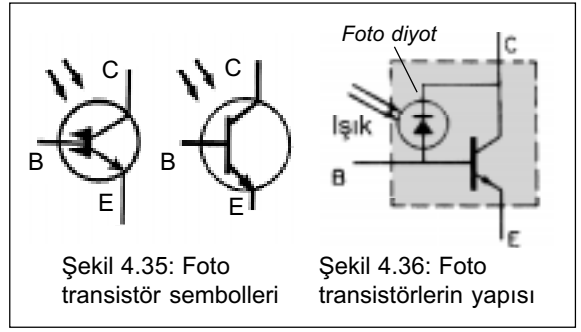


Şekil 4.34: Diyotlu  
güç transistörü

### Foto transistörler (photo tr, ph-tr)

Beyz ucuna ışık düştüğünde C-E arasından akım geçişini sağlayan elemanlardır. Foto diyotlardan farklı olarak ışıkla üretilen akımı yükseltme yaparlar. Bu özellikleri sayesinde foto diyotlardan çok daha üstündürler.

Üç yarı iletkenin birleşiminden oluşan foto transistörlerin C-B uçları arasına bağlanmış olan foto diyota ışık enerjisi (foton) gelebilmesi için beyz ucunun bulunduğu kısma mercek şeklinde cam yerleştirilmiştir. Mercek, ışığın içeriye odaklanarak girmesini sağlamaktadır. Şekil 4.36'da foto transistörlerin yapısı verilmiştir.



Şekil 4.35: Foto transistör sembolleri

Şekil 4.36: Foto transistörlerin yapısı

Foto transistörler iki ya da üç bacaklı olarak üretilir. Üç bacaklı olan modellerde mercek boyanacak olursa eleman normal transistör haline geçer. Mercek boyanmaz ve beyz ucu da devreye bağlanacak olursa "beyze iki etki söz konusu olacağından" C-E arasından geçen akımın miktarındaki değişme daha fazla olur. İki bacaklı foto transistörlerde (kullanım kolaylığı bakımından) beyz ucu dışarıya çıkarılmamıştır.

Bu elemanlar, tv, video, müzik seti, klima gibi cihazların uzaktan kumanda devrelerinde, gün ışığına duyarlı olarak çeşitli aygıtların ve alarm sistemlerinin çalıştırılmasında vb. kullanılmaktadır.

Foto diyotların üzerinden geçirebildiği akım mikro amper (mA) düzeyindedir. Foto transistörler ise mili amper düzeyinde bir akım geçişini mümkün kılarlar. Akımın büyük olması başka bir devreyi çalıştırmada (sürmede) kolaylık sağlar.



Şekil 4.37: Uygulamada kullanılan çeşitli foto transistörler

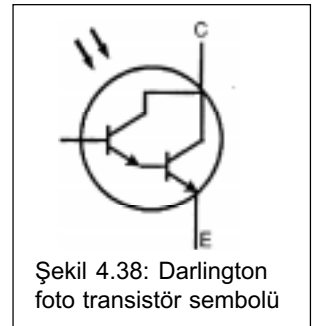
**Bazı foto transistörler:** BP103B, BPW40, SFH309, BPY62-2, BPX99...

**BP103B tipi foto transistörün karakteristik özellikleri:** Kollektör-emiter gerilimi ( $U_{CE}$ ): 35 V. Kollektör akımı ( $I_C$ ): 100 mA. Kollektör-emiter sızıntı akımı ( $I_{CEO}$ ): 5 nA.

Endüstriyel uygulamalarda foto transistörlerin çalışma ilkesine dayalı olarak çalışan foto tristör, foto triyak, foto fet vb. gibi elemanlar da kullanılmaktadır.

### Darlington foto transistörler

Bir foto transistör ile normal transistörün arka arkaya bağlanmasıyla elde edilen devre elemanlarına darlington foto transistör denir. Bu elemanların ışığa karşı duyarlılıkları normal foto transistörlere oranla çok fazladır. Şekil 4.38'de darlington foto transistör sembolü verilmiştir.



Şekil 4.38: Darlington foto transistör sembolü

## C- TRANSİSTÖRLERİN ELEKTRİKSEL KARAKTERİSTİKLERİ

Herhangi bir transistörün özelliklerinin ortaya çıkarılabilmesi için karakteristik ile ilgili deneylerden yararlanılmaktadır. Bu deneyler şunlardır:

### a- Statik ve dinamik karakteristik deneyleri

Transistörlerin giriş-çıkış akımları, gerilimleri ve güçleri hakkındaki bilgileri almak için yapılır.

Statik karakteristik deneyleri sadece DC ile çalışma, dinamik karakteristik deneyleri ise DC besleme ve AC giriş sinyali ile çalışma durumundaki özellikleri ortaya koymaktadır.

### b- Isıl (termik) karakteristik deneyleri

Isınan bir transistördeki değişimlerin ortaya konması için yapılan deneylerdir. Uygulamada kullanılan transistörlerde ortam sıcaklığının her 8°C'lik artışında kollektör-emiter arası kaçak akım (beyz tetikleme akımı sıfır iken) yaklaşık iki kat artmaktadır. Örneğin germanyumdan yapılmış bir transistörde 25°C'lik ortamda kaçak akım  $I_{CEO} = 0,3$  mA dolayındadır. Ortam sıcaklığı 33°C olduğunda ise kaçak akım  $I_{CEO} = 0,6$  mA'e yükselmektedir. Görüldüğü üzere transistörün gövde sıcaklığı arttıkça  $I_{CEO}$  kaçak akımı da artmaktadır. ( $I_{CEO}$ : Beyz akımı 0 A iken C-E arasından geçen akım değeri.)

Sıcaklığı artan transistörlerin verebileceği güç azaldığından, devrenin çalışmasındaki denge az veya çok bozulur. Transistör kataloglarında verilen maksimum dayanma güçleri 25°C'deki değerlerdir. Bu sıcaklık değeri, küçük güçlü transistörlerde ortam sıcaklığını, büyük güçlü transistörlerde ise elemanın gövde sıcaklığını belirtir.

### c- Frekans karakteristik deneyleri

Elektronik devrelerin çalışma frekansları farklı farklıdır. Örneğin radyonun devresiyle tv devresinin çalışma frekansları farklı olmaktadır. Elektronik devrelerde kullanılan transistörlerin frekansları yükseldikçe güç kazançları düşmekte, fiyatları ise artmaktadır.

NPN transistörlerde elektrik yükleri **elektronlar tarafından** taşınırken, PNP transistörlerde **oyuklar tarafından** taşınır. Elektronlar, oyuklara göre biraz daha hızlı hareket edebildiklerinden, yüksek frekanslı devrelerde daha çok NPN tip transistörler kullanılmaktadır.

### d- Limit (sınır) karakteristik deneyleri

Günümüzde binlerce çeşit transistör, çeşitli elektronik sistemlerde kullanılmaktadır. Kullanılan elemanların teknik özellikleri kataloglarda bulunur. Eğer bir transistör aşırı yük altında kalır ya da anormal koşullar altında çalıştırılırsa bozulmaktadır. O nedenle elemanın sınır (limit) değerlerinin üzerine çıkmaktan kaçınılmalıdır. Bozulan bir transistörün aynısı bulunamaz ise muadili (eşdeğeri, karşılığı) olan eleman seçimi yapılırken, limit değerlerinin uygun olup olmadığına dikkat edilmelidir.

#### **Kataloglarda bulunan limit değerleri**

Maksimum kollektör gerilimi ( $V_{Cmax}$ ,  $U_{Cmax}$ ).

Maksimum kollektör akımı ( $I_{Cmax}$ ).

Maksimum dayanma gücü ( $P_{max}$ ).



Maksimum C-B birleşim bölgesi sıcaklığı ( $T_{jmax}$ ).  
Maksimum C-B gerilimi ( $V_{CBmax}$ ,  $U_{CBmax}$ ).  
Maksimum E-B gerilimi ( $V_{EBmax}$ ,  $U_{EBmax}$ ).  
Kazanç ( $b$ ,  $h_{fe}$ ).

### Bazı transistörlerin limit karakteristik değerleri

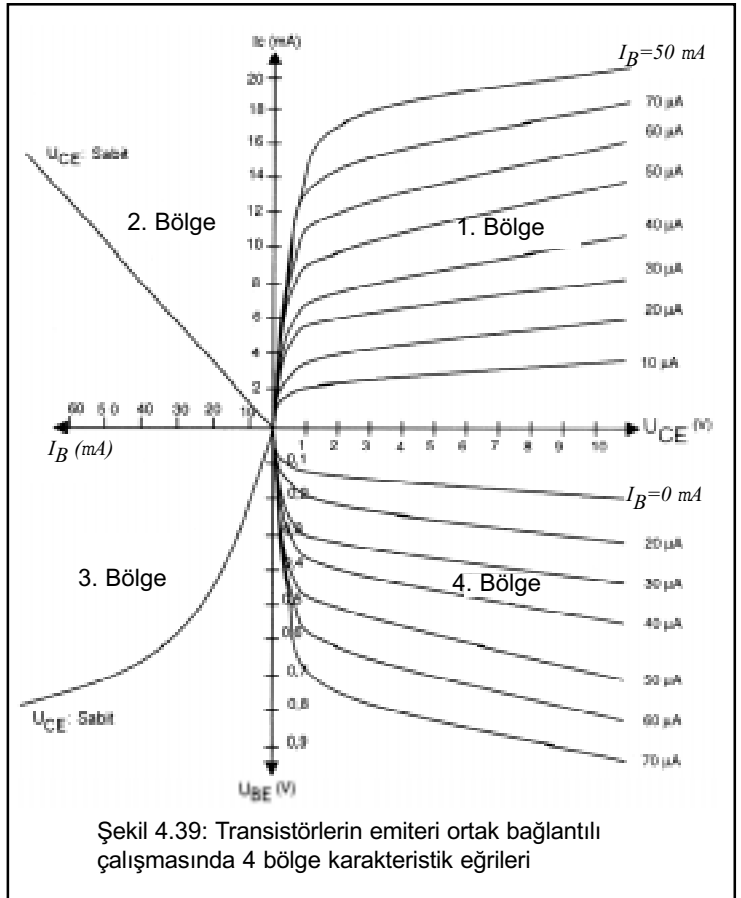
Adı	Tipi	$U_{CBmax}$	$U_{CEmax}$	$U_{EBmax}$	$I_{Cmax}$	$b$ ( $h_{fe}$ )
BC140	NPN	80V	40V	7V	1A	40
BC141	NPN	100V	60V	7V	1A	40
BC237	NPN	50V	45V	6V	100 mA	110
BC308	PNP	30V	25V	5V	100 mA	75
BC547	NPN	50V	45V	6V	100 mA	110
2N3055	NPN	100V	60V	7V	15 A	20
BD135	NPN	45V	45V	5V	1A	40
BD136	PNP	45V	45V </td <td>5V</td> <td>1A</td> <td>40</td>	5V	1A	40

### Transistörlerin yükselteç olarak çalıştırılması durumunda yapılan hesaplamalarda kullanılan 4 bölge statik karakteristik eğrileri

Transistörlü yükselteçlerin özelliklerini ve teknik değerlerini tam olarak ortaya koyabilmek için dört adet deney yapılarak dört tane karakteristik eğrisi çıkarılır. Bu eğrilere kısaca "dört bölge karakteristikleri" denir.

Dört bölge karakteristik eğrileri üretici firmalar tarafından her transistör için çıkarılıp kataloglarda yayınlanır. Bundan amaç, transistörlü devre tasarımcılarının işini kolaylaştırmaktır.

*Dört bölge statik karakteristiklerinin iyi bilinmesi, yükselteç tasarım ve üretiminde hesaplamaların kolayca yapılabilmesini sağlar.*



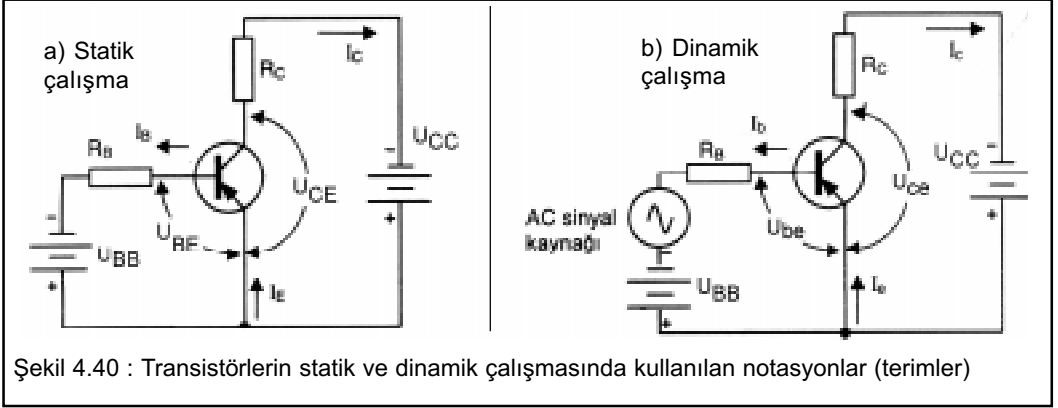
Şekil 4.39: Transistörlerin emiteri ortak bağlantılı çalışmasında 4 bölge karakteristik eğrileri

### Yükselteç olarak kullanılan transistörlerin çalışma özellikleri şöyledir:

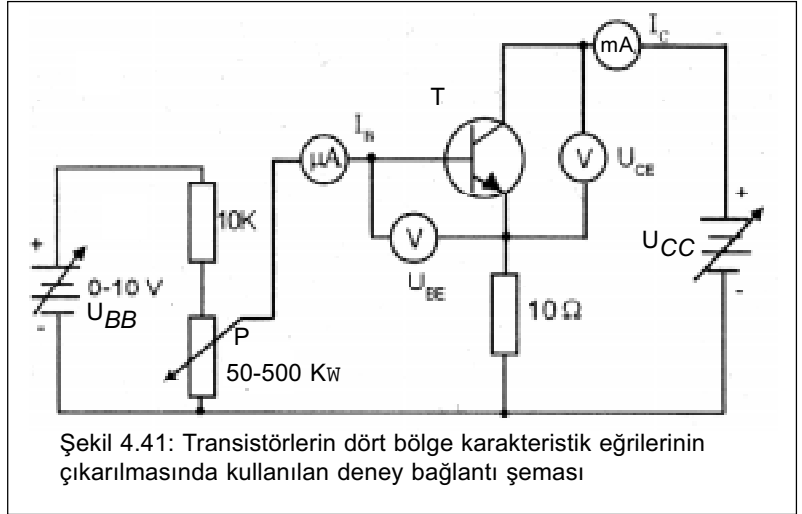
Dört bölge karakteristik eğrilerinin nasıl çıkarıldığını açıklamadan önce koordinatlar sistemi üzerinde topluca göstermek istersek şekil 4.39 elde edilir.

Bir transistörün giriş devresine AC bir sinyal uygulamadan DC gerilim altında çalışmasına "transistörün statik çalışması" denir. Bu durumun açıklamaları yapılırken değerler büyük harflerle ( $U_{BE}$ ,  $U_{CE}$ ,  $I_E$ ,  $I_B$  vb. gibi) gösterilir.

Transistörün giriş devresine AC özellikli bir sinyal uygulanarak DC gerilim altında çalışmasına "transistörün dinamik çalışması" denir. Bu durumun açıklamaları yapılırken değerler küçük harflerle ( $U_{be}$ ,  $U_{ce}$ ,  $I_e$ ,  $I_b$  vb. gibi) gösterilir. Şekil 4.40'a bakınız.



Yükselteç devrelerinde kullanılan transistörlerin 4 bölge karakteristikleri şekil 4.41'de verilen bağlantı şemasıyla bulunabilir.



### Transistörlerin dört bölge karakteristik eğrilerinin bölümleri

#### a- 1. Bölge karakteristiği (çıkış karakteristiği)

Kollektör akımı ve kollektör-emiter gerilim ilişkisini, yani,  $U_{CE}$  çıkış geriliminin değişimine göre,  $I_C$  çıkış akımındaki değişimi gösterir. Sonuçta,

$R_{çıkış} = U_{CE}/I_C$  denklemi kullanılarak yükseltecin çıkış direnci (empedansı) saptanır.

### Deney yapılırken:

I- Parametre olarak alınan  $I_B$  akımı  $U_{BB}$  kaynağı ile 0 Amper'e ayarlanır.

II-  $U_{CC}$  kaynağı ayarlanarak elde edilen kademeli  $U_{CE}$  ve  $I_C$  değerleri kaydedilir.

III-  $U_{BB}$  ayarlanarak  $I_B$  parametreleri bir kaç kez tekrarlanır.

IV- Alınan değerlerle grafikler çizilerek " $U_{CE}-I_C$ " karakteristiği çıkarılır.

Şekil 4.42'deki kollektör akım eğrilerinden birisi incelenecek olursa üç farklı bölgenin (*Kesim, aktif, doyum*) söz konusu olduğu anlaşılır. Şekil 4.42'de kollektör-beyz ters gerilimi kırılma bölgesine kadar ulaşmış kollektör eğrisi görülmektedir. Transistörün maksimum kollektör-emiter gerilim oranı aşıldığında ters polarmalı kollektör beyz birleşiminin ters kırılma tehlikesi belirir. Bu noktada transistör bozulur.

Bu deneyde, kollektör akımının hızla arttığı başlangıçtaki bölge doyum bölgesidir. Bu bölge kollektör beyz geriliminin doğru polarize edildiği ve normal transistör olayının olmadığı bölgedir.  $U_{CB}$  gerilimi 0,7 Volt'un altında kaldığı sürece transistör doyumda kalır. Bu gerilimin üzerine çıkılırsa transistör aktif bölgeye geçer.

Aktif bölge, transistörün yükselteç olarak çalıştığı bölgedir. Bu bölge, kollektör-emiter gerilimi ( $U_{CE}$ ) eksenı boyunca, eğrinin doyum noktası ile kırılma noktası başlangıcı olarak kalan kısımdır. Transistörün en çok çalıştırıldığı nokta burasıdır. E-B birleşimi doğru, B-C birleşimi ters polarmalıdır. Bu nedenle, kollektör, emiterin beyze gönderdiği elektronların büyük bölümünü çeker. Kollektör geriliminin değişmesi  $I_C$  akımını etkilemez.

Bilindiği gibi transistörün dört çalışma bölgesi vardır. Bunlar: **Aktif, kesim, doyum** ve **kırılma** bölgeleridir. Transistör yükselteç olarak kullanılırken aktif bölgede çalıştırılır. Yani yükselteçler, doğrusal (lineer) devreler olarak adlandırılır. Bu tip devrelerde giriş sinyalinin değişimiyle orantılı olarak çıkış sinyali de değişir. Dijital temelli (*açık-kapalı, 1-0 esaslı*) devrelerde ve anahtarlama (*çalıştırıp-durdurma*) sistemlerinde ise transistörler kesim-doyum bölgelerinden birisinde çalıştırılır.

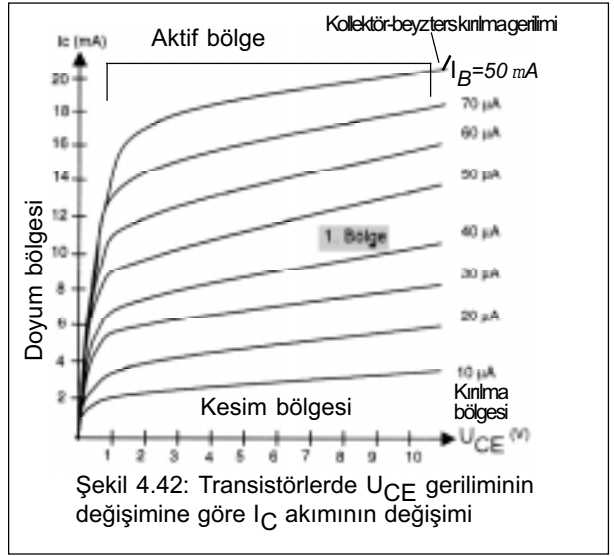
### Özetlersek:

*Birinci bölge karakteristik eğrilerinden, transistörün çıkış direnci, akım kazancı, belirli bir  $R_C$  direncine göre yük doğrusu çizilir.*

### Transistörlü yükselteçlerin DC yük doğrusunun çizimi

Yük doğrusu, üç tip yükselteç (*emiteri şase, kollektörü şase, beyz şase yükselteçler*) için de aynı biçimde tanımlanır.

Yük doğrusunun çizimi için transistörün kesim ve doyumda olduğu noktalar saptandıktan



Şekil 4.42: Transistörlerde  $U_{CE}$  geriliminin değişimine göre  $I_C$  akımının değişimi

sonra iki nokta birleştirilir. İşte birleştirilen iki nokta arasındaki doğruya "DC yük doğrusu" denir. Belirlenen değerlere göre transistörün çalışması bu hat üzerinde olur. Yani,  $I_C$ 'nin değişimine karşılık gelen  $U_{CE}$  değerinin değişimi bu hat üzerinde olur.  $I_C$ 'nin değişimine karşılık gelen  $U_{CE}$  değerinin değişimi bu hat yardımıyla belirlenir.

### Çalışma noktası

Yük doğrusu üzerinde bulunan, transistörün hangi çıkış akımı ve gerilimi ile çalıştığını gösteren noktadır.

### İki noktanın bulunuşu şöyledir:

I-  $I_B$  akımı sıfır yapılıır. Bu durumda  $I_C$  akımı da sıfırdır.

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C \cdot R_C \text{ den}$$

$$I_C = 0 \text{ A iken } U_{CE} = U_{CC} \text{ olur.}$$

II-  $R_B$ 'nin direnç değeri ayarlanarak  $I_B$  akımı doyum noktasına getirilir. Bu durumda  $U_{CE} = 0$  Volt ya da sıfıra yakın düzeyde olur. Buna göre denklem yazılırsa:

$$0 = U_{CC} - I_C \cdot R_C$$

$$I_{C \text{ doyum}} = U_{CC} / R_C \text{ olur.}$$

Ardından, yukarıda hesaplanan iki değer 1. bölge karakteristik eğrileri üzerinde çizilerek yük doğrusu bulunabilir.

### Sonuç olarak:

Transistörün beyz ucuna uygulanan akıma göre C-E arasından geçen akım ( $I_C$ ) değişir. Beyz akımı sıfır olduğunda transistörün  $I_C$  akımı sıfır olur ve  $U_{CE}$  büyür. Çalışma noktası yatay eksene doğru yaklaşır. Beyz akımı arttırıldığında  $I_C$  akımı artar ve  $U_{CE}$  gerilimi azalır. Çalışma noktası dikey eksene doğru yaklaşır.

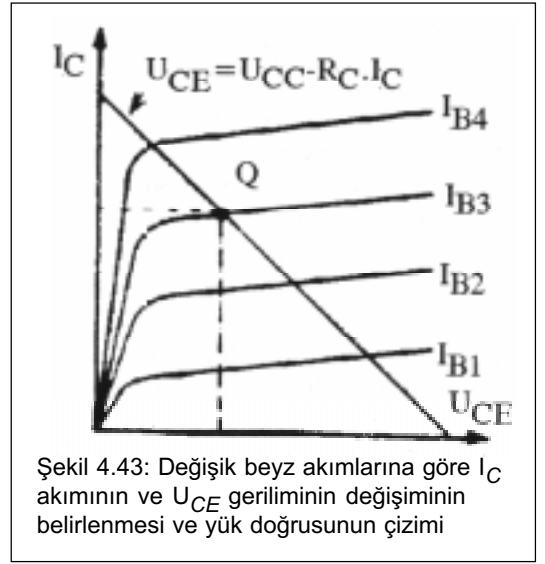
İşte transistörün değişik noktalarda çalıştırılması sonucu bir çok elektronik devre gerçekleştirilebilmektedir.

### b- 2. Bölge karakteristiği

Kollektör akımıyla beyz akımının ilişkisini, yani,  $I_B$  giriş akımındaki değişime göre,  $I_C$  çıkış akımındaki değişimi gösterir.

2. Bölge karakteristik eğrisini çıkarmak için deney yapılırken ilk önce  $U_{CE}$  uçlarına bağlı olan  $U_{CC}$  kaynağının gerilimi 4,5 Volt'a ayarlanır.  $U_{BB}$  kaynağı ile  $I_B$  akımı 10 mA yapıp  $I_C$  akımı okunur.

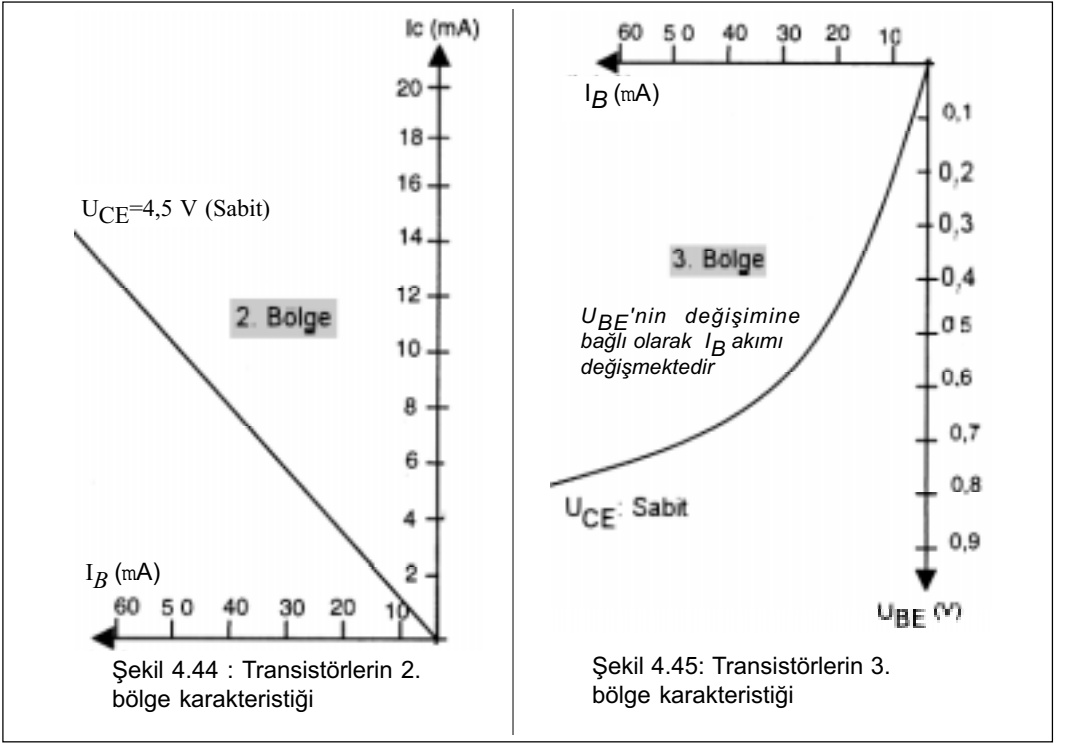
$U_{BB}$  ayarlanarak  $I_B$  akımı 20, 30, 40, 50, 60 mA değerleri için  $I_C$  akımı okunup kaydedilir.



Şekil 4.43: Değişik beyz akımlarına göre  $I_C$  akımının ve  $U_{CE}$  geriliminin değişiminin belirlenmesi ve yük doğrusunun çizimi

Ölçümler yapıldıktan sonra alınan rakamlar karakteristik eğrisine aktarılır ve şekil 4.44'deki ikinci bölge eğrisi çıkarılır.

Sonuçta,  $b = I_C/I_B$  kullanılarak yükseltecin b akım kazancı bulunur.



### c- 3. Bölge karakteristiği (giriş karakteristiği)

Bez-emiter gerilimi, bez akımı ilişkisini, yani,  $U_{BE}$  giriş gerilimindeki değişime göre,  $I_B$  giriş akımındaki değişimi gösterir.

Sonuçta,  $R_{giriş} = U_{BE}/I_B$  denklemi kullanılarak yükseltecin giriş direnci (*empedansı*) saptanır.

Alınan değerler ile şekil 4.45'deki grafik çizilerek " $U_{BE}-I_B$ " karakteristiği elde edilir. Şekil 4.45'deki üçüncü bölge grafiğine bakılacak olursa silisyum transistörün beyzine uygulanan gerilim 0,6 - 0,7 V olduğunda iletim ( $I_B$  akımının artışı) söz konusu olmaktadır.

### d- 4. Bölge karakteristiği

$U_{BE}$  giriş gerilimindeki değişime göre,  $U_{CE}$  çıkış gerilimindeki değişimi gösteren karakteristiktir.

Şekil 4.46'daki eğrileri çıkarırken  $U_{BB}$  ayarlanarak  $I_B$  akımı 10 mA yapılır. Sonra  $U_{CC}$  ayarlanarak  $U_{CE}$  gerilimi eşit aralıklarla ayarlanıp her  $U_{CE}$  değerine karşılık gelen  $U_{BE}$

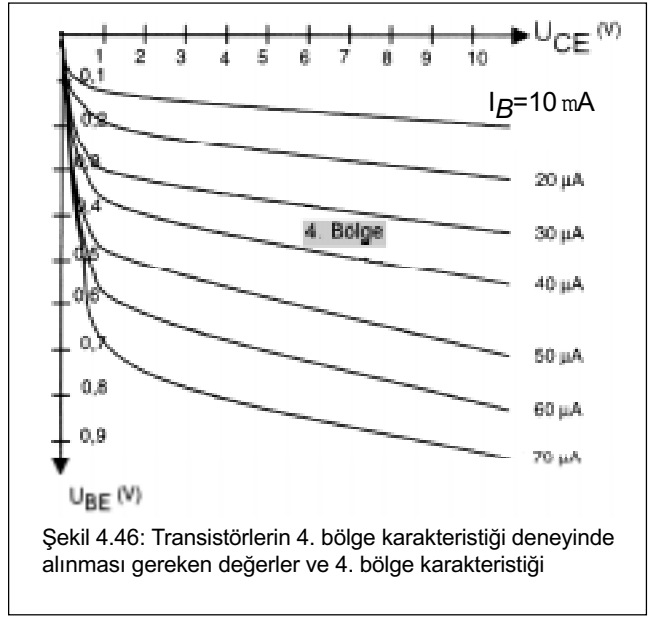
gerilim değerleri tabloya yazılır. Aynı işlem çeşitli  $I_B$  değerleri için tekrarlanır. Alınan değerlere göre transistörün 4. bölge karakteristik eğrisi çıkarılır.

### Transistörlerin çalışma noktaları

**a- Kesim (cut off) noktası:** Bu durumda beyz (B) ucunda tetikleme yoktur ve C-E arasından akım geçmemektedir. Yani eleman yalıtıcıdır.

**b- Doyum (saturasyon, saturation) noktası:** Transistörün beyzine uygulanan tetikleme akımı maksimum düzeydedir ve C-E arası iletkenidir. Transistör, taşıyabileceği en yüksek akımı geçirmektedir.

**c- Aktif çalışma noktası:** Transistör kesim ile doyum noktaları arasında sürekli olarak değişkenlik gösterecek biçimde çalışmaktadır. Yükselteç devresinde kullanılan bir transistör sürekli olarak aktif bölgede çalışır.



Şekil 4.46: Transistörlerin 4. bölge karakteristiği deneyinde alınması gereken değerler ve 4. bölge karakteristiği

## D- TRANSİSTÖRLERİN ÇEŞİTLİ KULLANIM ALANLARI

### a- Transistörlerin anahtarlama (on-off) elemanı olarak kullanılması

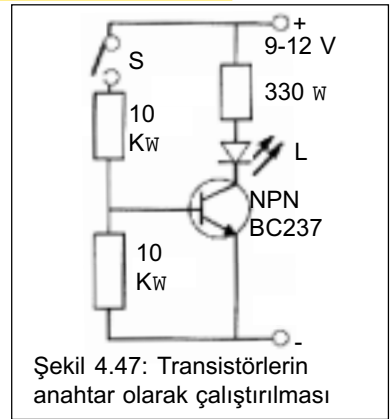
Transistörün *kesim* (yalıtım) ve *doyum* (tam iletim) durumunda olması, elemanın "anahtarlama" yapıcı olarak çalıştırılmasıdır. Aktif bölgede çalışma ise yükselteç devrelerinde geçerlidir.

Anahtarlama elemanı olarak kullanılacak transistörün açma kapama (on-off) zamanlarının "çok kısa" olması gerekir. Özellikle yüksek frekanslı devrelerde, zaman rölelerinde, periyodik çalışan sistemlerde, dijital düzeneklerde açma-kapama süreleri çok önemlidir.

Alıcıları mekanik anahtarlarla ve şalterlerle çalıştırıp durdururuz. Yük ( $R_{out}$ ,  $R_y$ ,  $R_L$ ) büyüdükçe yüksek akımlı anahtar (şalter) kullanmak gerekir. Bu ise devrede hem çok yer kaplar hem de maliyeti arttırır. İşte bu nedenle uygulamada, transistör, tristör, triyak vb. gibi elemanlar kullanılarak küçük bir anahtarla büyük alıcılara kumanda edilebilmektedir.

### Büyük akımın geçtiği şalterlerin olumsuz yönleri

I- Şalter açılıp kapatılırken büyük fiziksel kuvvet gerekir.



Şekil 4.47: Transistörlerin anahtar olarak çalıştırılması

**II-** Açılıp kapanma esnasında gürültü, kıvılcım, ark (şerare) olur.

**III-** Kontaklar ark nedeniyle belli bir süre sonra geçirgenliğini kaybeder (bozular).

Şekil 4.47'de verilen devrede S mini anahtarıyla L alıcısı (*led, lamba, ısıtıcı, motor vb.*) çalıştırılabilir. Şöyleki: S kapatılınca transistörün beyzine küçük bir akım gider. Bu akım transistörün C-E uçları arasından yüksek değerli bir akım geçmesine neden olur. Bu sayede L alıcısı çalışmaya başlar.

Aslında anahtarlama işlemi sadece alıcı çalıştırmayla sınırlı değildir.

Şöyleki: Bazı devrelerde osilasyonlu (*salınımlı*) sinyaller elde edebilmek için transistörlü aç-kapa (*on-off*) yapıcı devreler kullanılır. Yani transistör, C-E arasından geçen akımı sürekli verir-keser. Bu işleme de anahtarlama denir.

**Transistörlerin anahtar olarak kullanılması durumunda yüklerin çeşitleri ve özellikleri:** Transistörlü devrelerde alıcı olarak bağlanan yüklerin herbirinin kendine göre özellikleri vardır. Örneğin bir lamba ile bir rölenin transistör üzerindeki etkileri farklı olmaktadır. Şimdi bu yüklerin etkilerini inceleyelim.

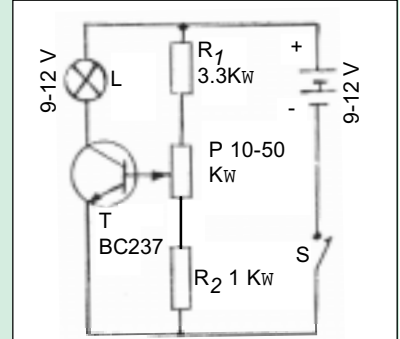
**I- Omik özellikli yükler:** Devrenin çalışması normaldir. Açma-kapama esnasında elektriksel olarak bir lineerlik (*doğrusallık*) söz konusudur. Yani alıcı üzerine düşen gerilim arttıkça, alıcıdan geçen akım artar. Omik alıcının transistör üzerinde herhangi bir yan etkisi söz konusu değildir.

**II- Endüktif özellikli (bobinli) yükler:** Anahtarla devreye akım uygulandığı anda bobin, transistörün aniden iletken olmasını geciktirir. Bu durum bobinlerin kendine has özelliğinden dolayıdır.

Transistöre uygulanan akım kesildiğinde ise bobin yüksek değerli bir endüksiyon gerilimi üretir. Oluşan bu gerilimin değeri bobinin endüktans değerine (L) bağlıdır. Bu sebeple, bobinin yarattığı yüksek endüksiyon geriliminin transistöre zarar vermesini engellemek için bobine paralel olarak diyot, kondansatör ya da VDR bağlanır. (Bobinlerin DC ve AC akımlara karşı davranışları endüstriyel elektronik dersinde incelenmektedir.)

**III- Kapasitif özellikli (kondansatör) yükler:**

Kapasitif yük, devreye enerji verilince akım yükselmesine neden olur. Açma esnasında ise bu yük akımı hızla azaltır. Bunu engellemek için kapasitif özellikli yüke paralel olarak uygun değerli bir direnç bağlanır.



Şekil 4.48: Transistörlerin ayarlı direnç olarak kullanılması

### **b- Transistörlerin ayarlı direnç (reosta) olarak kullanılması**

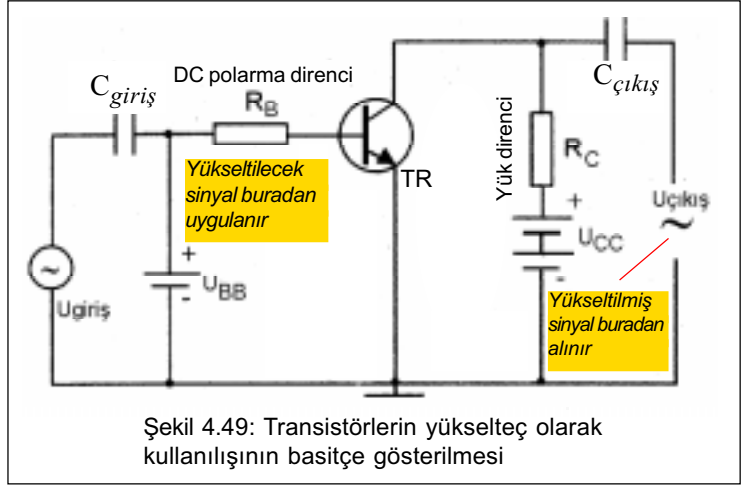
Büyük güçlü alıcıların akım ayarı, yüksek akımlı ve büyük gövdeli reostalarla yapılabilir. Fakat reostalar hem çok yer kaplar, hem de ek bir enerji tüketirler. Ancak, pot ve transistör temeli üzerine kurulu devrelerle daha iyi akım kontrolü yapılabilir.

Şekil 4.48'de verilen devrede P'nin değeri değiştirildikçe beyze giden tetikleme akımı değişir ve buna bağlı olarak C'den E'ye geçen akım ayarlanarak L'nin gücü kontrol edilmiş olur.

## E- TRANSİSTÖRLERİN YÜKSELTEÇ OLARAK KULLANILMASI

Transistörler kullanılarak teyplerin "okuyucu kafası", "mikrofon" vb. gibi düzeneklerin ürettiği zayıf elektrik sinyalleri güçlendirilebilir.

Örneğin mikrofon, ses dalgalarını, içindeki mini bobin sayesinde elektrik sinyallerine çevirir. Bu sinyaller çok küçük değerli olduğundan hoparlörü besleyemez (süremez). İşte bu nedenle araya transistörlü (ya da entegreli) yükselteç devresi konulur.



Şekil 4.49: Transistörlerin yükselteç olarak kullanımının basitçe gösterilmesi

### Yükselteç olarak çalıştırılan bir transistörün,

I- Akım kazancı.

II- Gerilim kazancı.

III- Güç kazancı sağlaması istenir.

Transistörlerin yükselteç olarak kullanılmasıyla ilgili geniş bilgi 6. bölümde verilmiştir.

## F- TRANSİSTÖRÜN ÇALIŞMA KARARLILIĞINI OLUMSUZ YÖNDE ETKİLEYEN (TRANSİSTÖRÜ BOZAN) UNSURLAR

**a- Aşırı yüklenme (limit değerlerin üzerine çıkma):** Her transistörün dayanabileceği bir akım, gerilim, frekans değeri vardır. Bunlar kataloglarda verilmektedir. Transistöre taşıyabileceği değerden fazla yüklenme yapılırsa, çalışması dengesizleşir. Hatta eleman bozulabilir.

Üreticiler değişik frekans bantları (aralıkları) için ayrı ayrı transistörler yaparlar. Yani her transistörün çalışma frekansı farklıdır.

Uygulamada kullanılan transistörler çalışma frekansı bakımından, alçak, yüksek ve çok yüksek (mikro dalga) frekans transistörleri olarak sınıflandırılırlar.

Frekans yükseldikçe transistörün güç kazancı düşmektedir. Ayrıca frekans yükseldikçe elemanın ayakları (elektrotları) arası kaçak kapasite artmaktadır. Kaçak kapasite etkisini azaltmak için eleman üretilirken beyz yüzeyi olabildiğince ince yapıp beyz direnci artırılır. Ayrıca elektrotların (B-E-C) duruş şekli değiştirilir. İlave olarak yüksek frekanslı transistörlere dördüncü bir ayak eklenir ve bu ayak montaj sırasında devrenin şasesine bağlanır.

**b- Yüksek sıcaklık:** Transistörler ve diğer yarı iletken devre elemanları sıcaklıktan olumsuz etkilenirler. Yani sıcaklık aşırı artınca transistörü oluşturan yarı iletkenlerde kovalent bağların bir kısmı bozulur ve serbest hale geçen elektron sayısı artar. Bu ise çıkıştan alınan değerlerin değişmesine yol açar. Öte yandan, sıcaklık artınca kollektör sızıntı akımları ( $I_{CBO}$ ,  $I_{CEO}$ ) yükselir.

Transistörlü devrelerde iki ısıdan söz edilir. Bunlar, dış ve iç ısıdır. Dış ısı devrenin bulunduğu



ortamdan kaynaklanır. İç ısı ise, elemandan geçen akımın istenmeyen şekilde artmasıyla oluşur.

Germanyum transistörler yaklaşık 85°C, silisyum transistörler ise yaklaşık 195°C'den sonra bozulur. Bu nedenle, taşıdığı akım yüksek olan elemanlar alüminyum alaşımlı soğutuculara bağlanır. Hatta çok hassas olan elemanların üzerinde (*bilgisayar entegrelerinde vb.*) fanlı (*pervaneli*) DC motorlar vardır.

**c- Manyetik alanlar:** Elektronik devre elemanları dış manyetik alanlardan olumsuz etkilenirler. Özellikle hassas transistör ve entegreler aşırı manyetik alanda yanlış çalışmaya başlarlar. Uygulamada dış manyetik alanların bozucu etkisini yok etmek için Faraday kafesiyle ekranlama (perdeleme) yapılır ve ekranlayıcı olarak kullanılan metal kutunun gövdesi şaseyle (*eksi uç, toprak, gnd*) irtibatlandırılır.

**d- Transistörleri ters polarize etme (ters gerilimlerle çalıştırma):** Transistörün ayaklarına uygulanan gerilimlerin yönüne çok dikkat edilmelidir. Yanlış bağlama yapılır ve uygulanan gerilimin değeri transistörün dayanabileceği maksimum değerden yüksek olursa eleman tahrip olabilir.

**e- Kötü lehim ve kirlenme:** Transistörlerin lehimlenmesi düzgün ve çabuk yapılmalıdır. Kalitesiz havya ve lehimle yapılan işlemde "soğuk lehim" adı verilen kötü temashlı lehim olur. Bu da devrelerin çabucak arızalanmasına yol açar.

Lehimleme işleminden sonra çalışılan yer, fırça, tiner, alkol, ispirto vb. temizleyicilerle arıtılmalıdır. Toz, nem, güneş ışığı ve yüksek sıcaklık elektronik devreleri olumsuz etkiler. Çünkü, toz ve nem birleştiği zaman elektronik devrede kısa devreye yol açabilir.

Arızaları azaltmak için, aşırı tozlanmış elektronik cihazlar zaman-zaman (*kirlenme durumuna göre*), emici ya da üfleyici elektrikli süpürge (*kompresör*) ile temizlenmelidir.

**Nemin bir başka etkisi:** Televizyonu ya da bilgisayarı soğuk ve nemli dış ortamdan sıcak bir ortama getirdiğiniz zaman hemen çalıştırmayınız. Çünkü, dış ortamdaki nem, tüplerin arka kısmındaki cam yüzeyde ince bir su tabakası oluşturur. Cihaz çalıştırılınca tüpe 20.000 ila 25.000 Volt dolayında bir gerilim uygulandığından, elektriksel atlamalar olabilir. Bu ise tüpün ya da hassas entegrelerin arızalanmasına yol açar.

**f- Sarsıntı:** Elektronik cihazlar (tv, bilgisayar vb.) çalışırken sarsılmamalıdır. Çünkü sarsıntı lehim bağlantılarının kopmasına, çatlamasına yol açabilir.

## G- TRANSİSTÖRLERDE ÇALIŞMA NOKTASININ STABİLİZE EDİLMESİ (DENGELİ HALE GETİRİLMESİ)

Transistörlü devrelerin dengeli bir şekilde uzun süreli olarak çalışabilmesini sağlamak için tasarlanan devrelerin hesaplamaları titizlikle yapılır. Bunun yanında devre üretiminde kaliteli elemanlar kullanılır.

Ülkemizde son derece kötü kaliteli elemanlar kolayca satılabilmektedir. En basit bir örnekle durumu açıklayacak olursak, çok yaygın kullanılan BC237 adlı transistörün "markalı" ve "markasız" olmak üzere iki tipi vardır. Markasız olan BC237, markalının yarı fiyatına satıldığından çok tercih edilmektedir. Haliyle, ucuz ve kalitesiz elemanla yapılan devrenin uzun ömürlü olmayacağı bir gerçektir. O nedenle hassas çalışma istenilen yerlerde kaliteli eleman kullanılmalıdır.

Yarı iletkenler sıcaklığa çok duyarlı elemanlardır. 25 °C ortam sıcaklığında çalışacak şekilde tasarlanmış bir elektronik devrede, ortam sıcaklığı yükseldiği anda,  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $U_{CE}$  değerleri hemen değişir. Devrede akım-gerilim ve kazancın değişmesi çıkıştan alınan sinyalleri de değiştirir. 6. Bölümde transistörlü yükselteçlerin dengeli çalışmasını sağlamak için uygulanacak yöntemler geniş olarak açıklanmıştır.

## H- TRANSİSTÖRLERİN ÇEŞİTLİ STANDARTLARA GÖRE KODLANMASI

Transistörler çeşitli gövde biçimlerinde ve teknik özelliklerde üretilirler. Yani her transistörün karakteristiği farklıdır. Uygulamada kullanılan transistörlerin gövdelerinde, üretici firma kodu, teknik özellik belirten kodlar, ayak adları ile ilgili bilgiler bulunmaktadır.

### *Transistörlerin kodlanmasında kullanılan standartlar*

**a- Eski Avrupa standardı:** OC, OD ile başlayıp iki ya da üç rakam ile devam eden kodlamadır (OC445 gibi). **O:** Elemanın germanyumdan yapıldığını belirtmektedir.

Bu tip kodlu elemanlar eski model cihazlarda karşımıza çıkmaktadır. Nadiren karşılaşıldığı için genişçe anlatılmayacaktır.

### **Örnekler**

**OA71:** Germanyumdan yapılmış düşük güçlü ses frekans transistörü.

**AF126:** Germanyumdan yapılmış düşük güçlü yüksek frekans transistörü.

**ASZ16:** Germanyumdan yapılmış düşük güçlü anahtarlama transistörü. Üçüncü harf Z ise, elemanın endüstriyel amaçlı olduğunu belirtir.

### **b- Yeni Avrupa (pro electron) standardı**

**Birinci harf:** Elemanın yapımında kullanılan yarı iletkenin cinsini belirtir:

**A:** Germanyum. **B:** Silisyum (silikon). **C:** Galyum arsenik. **D:** İndiyum antimon. **R:** Polikristal (çoklu kristal) yarı iletken.

**İkinci harf:** Elemanın cinsini ve kullanıldığı yeri belirtir.

**A:** Ses frekans önyükselteç devrelerinde kullanılır. **C:** AF (alçak frekans, ses frekans), düşük güçlü çıkış devrelerinde kullanılır. **D:** Ses frekans (AF) güç transistörü. **F:** Yüksek frekanslı, güçsüz transistör. **L:** YF (yüksek frekans) güç transistörü. **P:** Işığa duyarlı devre elemanı. (Foto transistör vb.) **S:** Küçük güçlü anahtarlama transistörü. **U:** Güçlü anahtarlama (*switching*) transistörü. **Z:** Yüksek güçlü anahtarlama transistörü.

**Üçüncü harf ve rakamlar:** X, Y, Z: Elemanların endüstriyel (*profesyonel, yüksek kaliteli*) amaçlı olduğunu gösterir. Rakamlar ise diğer üretim bilgilerini verir.

### **Örnekler:**

-AC...: Germanyum, düşük güçlü, alçak frekanslı transistör.

-BC...: Silisyum, düşük güçlü, alçak frekanslı transistör.

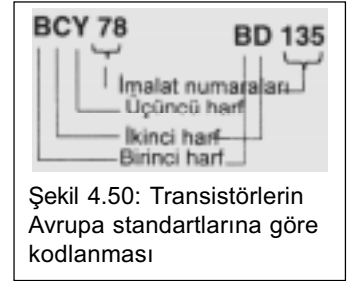
-BD...: Silisyum, orta güçlü, alçak frekanslı transistör.

-BF...: Silisyum, düşük güçlü, yüksek frekanslı transistör.

-BDX...: Silisyum, orta güçlü, alçak frekanslarda çalışan endüstriyel amaçlı transistör.

-BC337: Anahtarlama ve yükselteç (özellikle düşük güçlü çıkış katları) devrelerinde kullanılabilir. Kollektör-emiter doyum gerilimi ( $U_{CES}$ ): 50 V. Ters yönlü emiter-beyz gerilimi ( $U_{EB0}$ ): 5 V. Kollektör akımı ( $I_C$ ): 800 mA. Maksimum kollektör akımı ( $I_{Cmaks}$ ): 1 A. Beyz akımı ( $I_B$ ): 100 mA. Güç harcaması ( $P_{tot}$ ,  $P_{toplama}$ ): 625 mW. Jonksiyon sıcaklığı ( $T_j$ ): 150 °C.

-BF257: Silisyumdan yapılmış düşük güçlü yüksek frekans transistörü.



Şekil 4.50: Transistörlerin Avrupa standartlarına göre kodlanması

### c- ABD (EIA, Amerikan) standarti

"2N" ile başlayan kodlara sahip transistörler ABD standartındadır. 2N575, 2N3055. **Diğer ABD kodları:** ZN, CK.

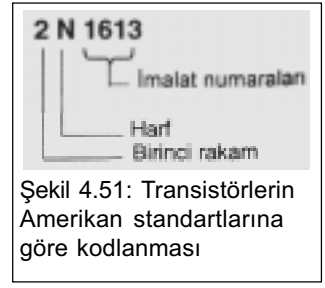
Amerikan standartına göre yapılan kodlamalarda

1: Diyot. 2: Transistör. 3: FET.  
4: Optokuplör anlamına gelir.

ABD standartlarına göre kodlamalarda birinci harften sonra gelen N harfi elemanın yapımında kullanılan maddenin silisyum olduğunu belirtir. N'den sonra gelen sayılar ise firma tarafından verilen imalat seri numaralarıdır.

#### Örnek

-2N3055: NPN, Si,  $I_{Cmax}$ : 15 A,  $U_{CBmaks}$ : 100 V,  $U_{CEmax}$ : 60 V,  $U_{EBmax}$ : 7 V,  $T_{Cmax}$ : 200°C, ABD standartlarına göre karşılığı: 2N3713, Avrupa standartlarına göre karşılığı: BDY10, Kullanım alanı: Güç transistörü.



Şekil 4.51: Transistörlerin Amerikan standartlarına göre kodlanması

### d- Japon standarti

2S ile başlar. Bazı tiplerde 2S rumuzu kullanılmadan diğer rumuzlar kullanılır. Örneğin 2SC403, C403 olarak ifade edilebilir.

**0:** Foto diyot. **1:** Diyot. **2:** Transistör, tristör. **S:** Yarı iletkenin silisyum olduğunu belirtir.

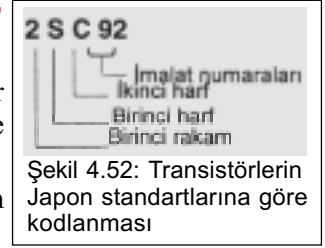
#### 2S'den sonra gelen harfler:

**A:** PNP yüksek frekans transistörü.  
**C:** NPN yüksek frekans transistörü.  
**F:** Tristör.  
**K:** N kanallı fet.

**B:** PNP alçak frekans transistörü.  
**D:** NPN alçak frekans transistörü.  
**J:** P kanallı fet.  
**M:** Triyak.

#### Örnekler

-**2SD386A:** **2:** Transistör, **S:** Silisyum, **D:** NPN tip, alçak frekanslı, **386:** EIAJ kuruluşunun verdiği seri numara. **A:** Geliştirilmesine ait imalat numarası.



Şekil 4.52: Transistörlerin Japon standartlarına göre kodlanması

### e- Özel kodlu firma standartları

Bazı firmalar taklidi önlemek için özel kodlu transistörler üretmektedir.

*Firma kodlarıyla ilgili bilgiler: MPM, MPQ, HEP, MD, MF, MHQ, MJ, MJC, MJE, MM, MMCF, MMCM, MMCS, MMF, MMT, MP...: Motorola kodları.*

*NS: National firmasının kodu. TF, XA, XB, XC...: Siemens kodları. HJ: Hitachi kodu. PL, TM...: Texas kodları. TK, TS...: ITT kodları. SGS: Semitron kodu. GFT: Te Ka De kodu. OT: Lukas kodu.*

### **Transistör standartları "kalite" bakımından ikiye ayrılır**

**a- Ticari standartlar:** Transistörün kodunun baş tarafında iki harf vardır. İki harfli kodlamaya sahip transistörler yüksek kaliteli değildir. BC237, BC238, BC140, BD135... gibi.

**b- Endüstriyel (profesyonel) standartlar:** Baş tarafı üç harf ile kodlanmıştır (X, Y, Z). Yüksek kalitelidir.

## Örnekler

**BCX...:** Pro elektron standartı, silisyum, düşük güçlü, düşük frekanslı, endüstriyel amaçlı transistör.

**BDX...:** Pro elektron standartı, silisyum, orta güçlü, alçak frekanslı, endüstriyel amaçlı transistör.

## Transistör kataloglarında bulunan değerlerin incelenmesi

Kataloglar, üretici firmaların ürettikleri elemanların özelliklerini kullanıcılara aktarmaya yararlar. Katalog bilgilerini üç kısımda inceleyebiliriz.

**a- Maksimum gerilim sınırları:** Transistörün çalışma sınırlarını belirleyen en önemli özellikler maksimum gerilim sınırlarıdır. Örneğin transistör kesimdeyken C-E gerilimi ( $U_{CEO}, V_{CEO}$ ), C-B gerilimi ( $U_{CB0}$ ), B-E ters polarma gerilimi ( $U_{EB0}$ ) izin verilen sınırların üzerine çıkmamalıdır.

$U_{CEO}$  : B ucu açıkken, C-E arasına uygulanabilecek en yüksek gerilim değeridir.

$U_{CB0}$ : E ucu açıkken, C-B arasına uygulanabilecek maksimum ters gerilim değeridir.

$U_{EB0}$ : C ucu açıkken, E-B arasına uygulanabilecek maksimum ters gerilim değeridir.

**b- Maksimum akım sınırları:** Transistörler çektikleri (*taşıyabildikleri*) maksimum kollektör akımıyla bilinirler. Devre tasarımında, çekilecek akım değeri belirlenirken, harcanan güç değeri aşılmayacak biçimde seçim yapılır. Örneğin, 2N3904 kodlu transistörde maksimum akım değeri 200 mA'dir.

**c- Maksimum güç harcama sınırı:** Çalışma sırasında kollektör akımı ( $I_C$ ) ile C-E geriliminin ( $U_{CE}$ ) çarpımı transistörde harcanan gücü verir.

$$P = U_{CE} \cdot I_C \text{ [W]}$$

Kataloglarda bu değer 25 °C ortam sıcaklığı için verilir. Pratik hesaplamalarda her 1°C'lık sıcaklık artışı için gücü bir kaç mW azaltmak gerekir. Her 1°C'lık artışa göre yapılacak azaltma miktarına "azaltma faktörü" denir.

Yüksek sıcaklıkta çalıştırılan bir transistörün gücü azaldığına göre  $I_C$  akımının da düşeceği unutulmamalıdır. Yani, 25 °C'da 1 Amper taşıyabilen bir transistörün akımı 50 ila 60 °C'lık sıcaklıklarda % 50 ila 75 oranında azalır.

## Transistör kataloglarında verilen bazı kısaltmaların anlamları

$f$ : Frekans.

$f_o$ : Test frekansı.

$f_b$ : Kesim frekansı.

$f_T$ : Geçiş frekansı.

$I_{cmax}$  ( $I_C$ ): Maksimum kollektör akımı.

$U_{CC}$  ( $V_{CC}$ ): Transistörlü devreyi beslemede kullanılan DC besleme kaynağı.

$U_{CEsat}$  ( $V_{CEsat}$ ):  $I_B$  ve belirli bir  $I_C$ 'de kollektör-emiter doyum gerilimi.

$P_{tot}$ : Transistörün gücü.

$b$  ( $h_{fe}$ ): Kazanç.

$I_B$ : Beyz akımı.

$T_{jmax} (T_j)$ : Eklem sıcaklığı (jonksiyon bölgesinin dayanabileceği maksimum sıcaklık değeri).

$T_{case}$ : Kılıf ısıtı.

**Case:** Şase.

**Type:** Tip (NPN ya da PNP).

**TUN:** Herhangi bir NPN transistör,

**TUP:** Herhangi bir PNP transistör.

TUN			TUP		
BC 107	BC 208	BC 384	BC 157	BC 253	BC 352
BC 108	BC 209	BC 407	BC 158	BC 261	BC 415
BC 109	BC 237	BC 408	BC 177	BC 262	BC 416
BC 147	BC 238	BC 409	BC 178	BC 263	BC 417
BC 148	BC 239	BC 413	BC 204	BC 307	BC 418
BC 149	BC 317	BC 414	BC 205	BC 308	BC 419
BC 171	BC 318	BC 547	BC 206	BC 309	BC 512
BC 172	BC 319	BC 548	BC 212	BC 320	BC 513
BC 173	BC 347	BC 549	BC 213	BC 321	BC 514
BC 182	BC 348	BC 582	BC 214	BC 322	BC 557
BC 183	BC 349	BC 583	BC 251	BC 350	BC 558
BC 184	BC 382	BC 584	BC 252	BC 351	BC 559
BC 207	BC 383				

Şekil 4.53: TUN ve TUP transistörlere ilişkin örnekler

### Komplementer (eşlenik, aynı özellikte ancak birbirinin zıttı) transistör örnekleri

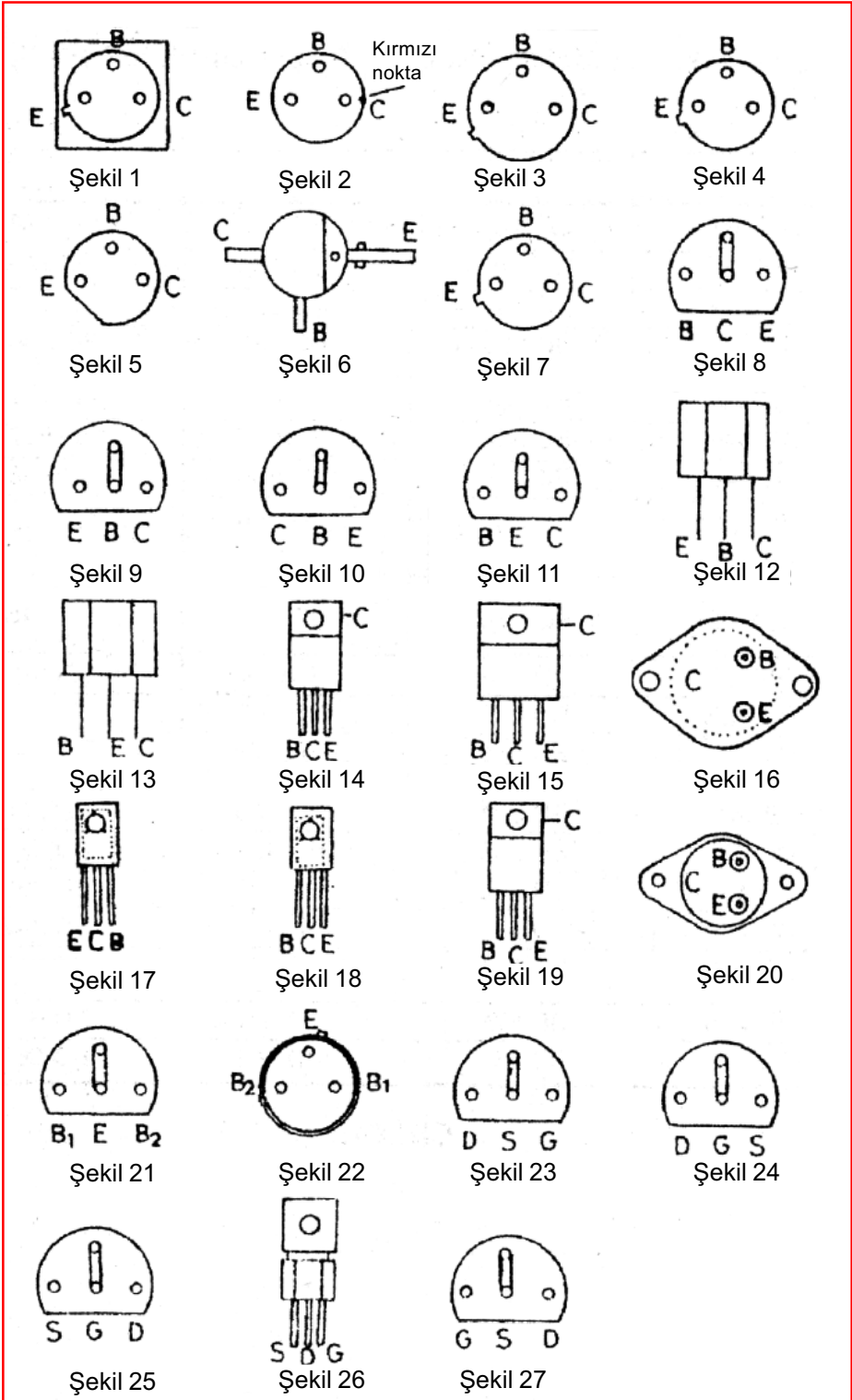
<u>NPN</u>	<u>PNP</u>	<u>NPN</u>	<u>PNP</u>	<u>NPN</u>	<u>PNP</u>
BC107	BC177	BC338	BC328	BD135	BD136
BC108	BC178	BC546	BC556	BD137	BD138
BC140	BC160	BC547	BC557	BD139	BD140
BC141	BC161	BC548	BC558	BD175	BD176
BC237	BC307	BC635	BC636	BD201	BD202
BC238	BC308	BCW60	BCW61	BD235	BD236
BC239	BC309	BCX70	BCX71	BD643	BD644
BC337	BC327	BCY58	BCY78	BD679	BD680

### Sorular

- 1- Transistörün tanımını yapınız ve çalışma ilkesini açıklayınız.
- 2- Transistörün dört bölge karakteristik eğrilerinin çıkarılması bize hangi bilgileri verir? Yazınız.
- 3- BC237, BC308, BC547 kodlu transistörlerin özelliklerini katalogdan bakarak belirleyiniz
- 4-  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\sigma$  akım kazançları hakkında bilgi veriniz.
- 5- Transistörün anahtar olarak kullanılmasını şekil çizerek anlatınız.
- 6- Transistörlerin düzgün çalışabilmesi için alınan önlemler nelerdir? Anlatınız.
- 7- Transistörün sağlamlık testinin ohmmetreyle nasıl yapıldığını açıklayınız.

## Yaygın olarak kullanılan bazı transistörlerin teknik özellikleri

Adı	Yapıldığı madde ve tipi	Kılıf şekli	Özelliği	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)...
BC635	Si-NPN	8	45V-1A-0,8W	BC337(9), BC527(10)...
BD135	Si-NPN	17	45V-1,5A-12,5W	BD226(17), BD233(17)...
BD136	Si-PNP	17	45V-1,5A-12,5W	BD166(17), BD176(17), BD227(17)...
BD139	Si-NPN	17	80V-1,5A-12,5W	BD169(17), BD179(17), BD237(17)...
BD140	Si-PNP	17	80V-1,5A-12,5W	BD170(17), BD180(17), BD238(17)...
BD233	Si-NPN	17	45V-2A-25W	BD175(17), BD375(17), BD437(17)...
BD237	Si-NPN	17	100V-2A-25W	BD179(17), BD379(17), BD441(17)...
BD239	Si-NPN	14	45V-2A-30W	BD241(14), BD243(14), BD575(18)...
BD240	Si-PNP	14	45V-2A-30W	BD242(14), BD244(14), BD576(18)...
BD242	Si-PNP	14	45V-3A-40W	BD244(14), BD576(18), BD586(18)...
BD244	Si-PNP	14	45V-6A-65W	BD596(18), BD606(18)...
BF257	Si-NPN	3	160V-0,1A-0,8W	BF337(3), BF658(3)...
BPW14-C	Si-NPN	7	FOTOTRANSİSTÖR	-
MJ2500	Si-PNP	16	60V-10A-150W	BDX64(16), BDX66(16)...
MJE3055	Si-NPN	17	70V-10A-90W	BD207(17), BD213(15)...
2N1613	Si-NPN	3	75V-0,5A-0,8W	BC141(3), BC301(3)...
2N1711	Si-NPN	3	75V-0,5A-0,8W	BC141(3), BC301(3)...
2N2219	Si-NPN	3	60V-0,8A-0,8W	BC140(3), BC302(3)...
2N2222	Si-NPN	3	60V-0,8A-0,8W	BC546(9), BC637(8)...
2N3053	Si-NPN	3	60V-0,7A-1W	BC140(3), BC302(3)...
2N3055	Si-NPN	16	100V-15A-117W	BD130(16)...
2SC1384	Si-NPN	8	60V-1A-0,75W	BC337(9), BC337(4)...
2SD970	Si-NPN-DARLINGTON	19	120V-8A-50W	-
TIP140	Si-NPN	15	60V-10A-125W	BDX65(16), MJE3000(16)...
TIP3055	Si-NPN	16	100V-15A-90W	BD245(15), BD249C(15)...



Şekil 4.54: Yaygın olarak kullanılan transistörlerin ayaklarının dizilişi

