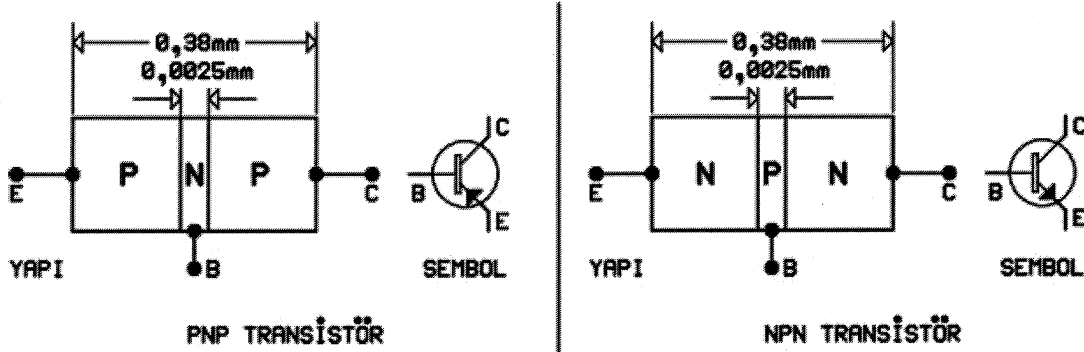


# TRANSİSTÖRLER

## GİRİŞ

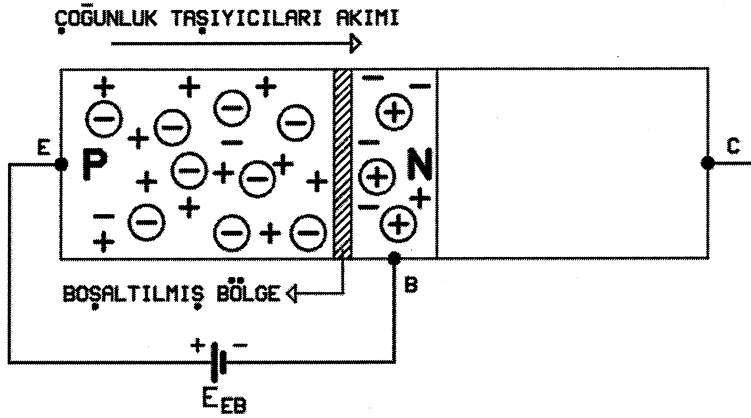
Transistör elektroniğin temel devre elemanıdır. Günümüzde yapım şekilleri çalışma esasları farklı transistörler vardır. Bu nedenle transistörler farklı isimlerle tanımlanırlar. Bunlardan bazıları BJT, UJT, FET ve MOSFET' tir. Bu bölümde BJT (**B**ipolar **J**onction **T**ransistor) incelenmiştir. Genel kullanımda transistör denince BJT' ler akla gelir.

BJT'ler; iki N plakası arasına daha ince bir P plakasının konmasıyla NPN tipi veya iki P plakası arasına daha ince bir N plakasının konmasıyla PNP tipi olarak üretilir. Transistörde ortada kullanılan maddenin kalınlığı toplam kalınlığın 1/150'si kadardır. Transistörler germanyum veya silisyumdan üretilirler. Şekil 1' de PNP ve NPN transistorün yapısı ve sembolü görülmektedir.



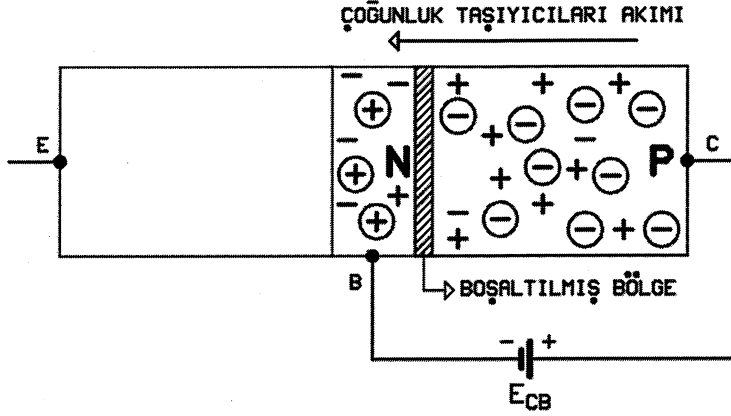
Şekil 1

## TRANSİSTÖRÜN ÇALIŞMASI



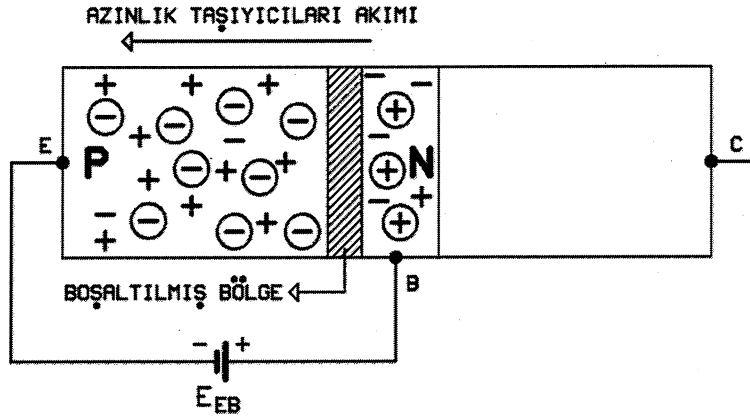
Şekil 2

Şekil 2' de PNP transistörün Beyz-Emiter uçlarının  $E_{EB}$  kaynağı ile doğru polarma edilişi görülmektedir. PN bileşimi bir diyot gibi davranır ve akım geçişi başlar. ( $E_{EB}$ , **PN birleşiminin doğru polarmasını ifade etmektedir. B-E uçlarına doğrudan bir kaynak bağlanmamalıdır**)



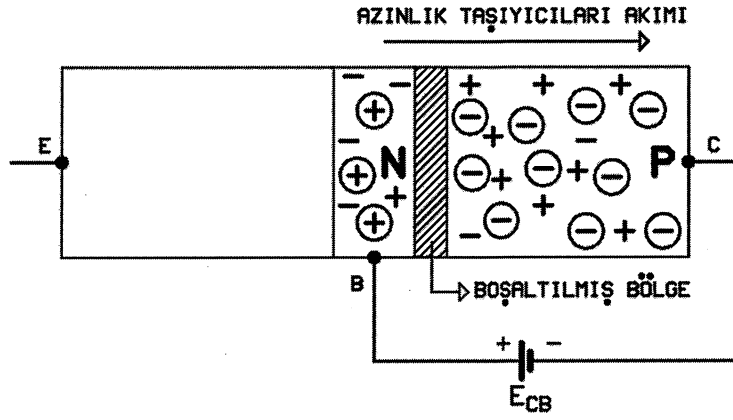
**Şekil 3**

Şekil 3' de PNP transistörün Beyz-Kollektör uçlarının  $E_{CB}$  kaynağı ile doğru polarma edilişi görülmektedir. P-N bileşimi bir diyot gibi davranır.



**Şekil 4**

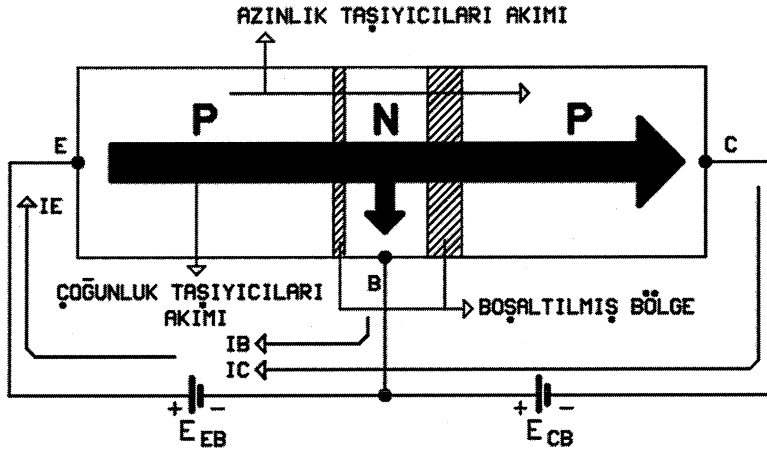
Şekil 4' de PNP transistörün Beyz-Emiter uçlarının  $E_{EB}$  kaynağı ile ters polarma edilişi görülmektedir. Şekil 2 ile karşılaştırılırsa boşaltılmış bölgenin genişlediği, böylece çoğunluk taşıyıcıların geçişinin engellendiği görülebilir. NP bileşiminden sadece  $nA$  seviyesinde azınlık taşıyıcı akışı oluşur.



Şekil 5

Şekil 5'de PNP transistörün Beyz-Kollektör uçlarının  $E_{CB}$  kaynağı ile ters polarizasyonu görülmektedir. Şekil 3 ile karşılaştırılırsa boşaltılmış bölgenin genişlediği, böylece çoğunluk taşıyıcıların geçişinin engellendiği görülebilir. NP bileşiminden sadece nA seviyesinde azınlık taşıyıcı akışı oluşur

Şimdi de Şekil 2 ile Şekil 5'deki polarizasyonu aynı anda uygulayalım.



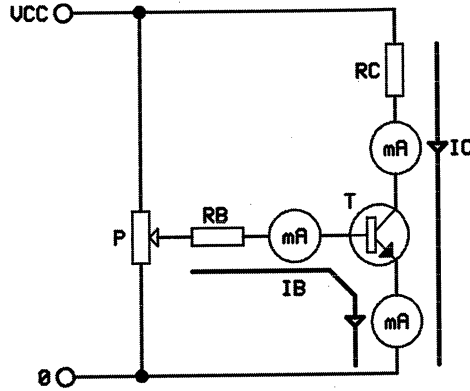
Şekil 6

Boşaltılmış bölgelerin genişliğine dikkat edilirse hangi jonksiyonun (**bileşim yüzeyi**) doğru, hangisinin ters polarizasyonu edilmiş olduğu görülür. Doğru polarizasyonu edilmiş PN jonksiyonundan (**E-B**) küçük bir beyz akımı geçer. PN gerilim setti yıkıldığı anda Kollektör-Emiter uçları arasında büyük miktarda çoğunluk taşıyıcı geçişi başlar. Bu geçişi başlatan beyz akımıdır.

E-C uçlarına bağlı  $E_{BE}$  ve  $E_{CB}$  kaynakları seri bağlıdır. C-E uçlarına  $E_{BE} + E_{CB}$  uygulanır. Beyz akımının geçmesi şartıyla bu kaynakların etkisiyle E-C arasında çoğunluk taşıyıcı geçişi başlar. B-C arası ters polarizasyonu olduğundan B-C arasında akım geçişi olmaz. Çoğunluk taşıyıcıları geçerken herhangi bir şekilde beyz akımı kesilirse E-B'i oluşturan PN jonksiyonunun doğru polarizasyonu kesileceğinden, bu jonksiyondaki boşaltılmış bölge genişler ve kesime gider. Buna bağlı olarak E-C akımı da kesilir.  $I_C$  akım miktarı  $I_B$  akım miktarına bağlıdır.  $I_E$  akımı ise  $I_B$  ve  $I_C$  akımlarının toplamı kadardır.

$$(I_E = I_B + I_C)$$

Çalışmasını NPN transistör devresi üzerinde inceleyelim.



Şekil 7

Potansiyometrenin orta ucunu şase seviyesinde tutalım.

Bu durumda  $E_{BE}=0$  olacak ve buna bağlı olarak  $I_B=0$  olacaktır.  $I_C$ ,  $I_B$ 'ye bağlı olduğu için  $I_C=0$  olacaktır.

Potansiyometrenin orta ucu yavaş, yavaş  $E_{CC}$  seviyesine doğru hareket ettirilirse artan bir  $I_B$  oluşacaktır.  $I_B$  ye bağlı olarak belirli bir oranda  $I_B$ 'den daha büyük bir  $I_C$  akımı geçmeye başlar.  $I_C$ 'nin artması  $R_C$  direnci üzerindeki gerilimi arttırır. Aynı anda  $E_{CE}$  gerilimi azalır.  $I_B$  arttırılmaya devam edilirse  $E_{CE}$  sifıra yaklaşacak ve  $I_C$  artacaktır.  $E_{CE}$  sifıra yaklaştığında  $I_B$  arttırılsa dahi  $I_C$  sabit kalır. O anda transistör doyumda çalışmaya ( **$I_C$ 'nin artmaması durumu**) başlar.

Potansiyometrenin orta ucu şase seviyesine doğru hareket ettirilirse azalacak, buna bağlı olarak  $I_C$  azalacak ve  $E_{CE}$  artacaktır.  $I_B$  sıfır yapılırsa  $I_C=0$  olur.  $R_C$  direnci üzerinde gerilim düşümü olmayacağından  $E_{CE}=E_{CC}$  olur.

Transistörün kesim ve doyum durumları dışında değişik  $I_B$  değerlerine karşılık gelen  $I_C$  değerlerinin farklarının oranı  $\beta$  (**beta**) akım kazancını verir.  $I_B$ ,  $I_C$  ve  $\beta$  değerleri şu oranla belirlenir.

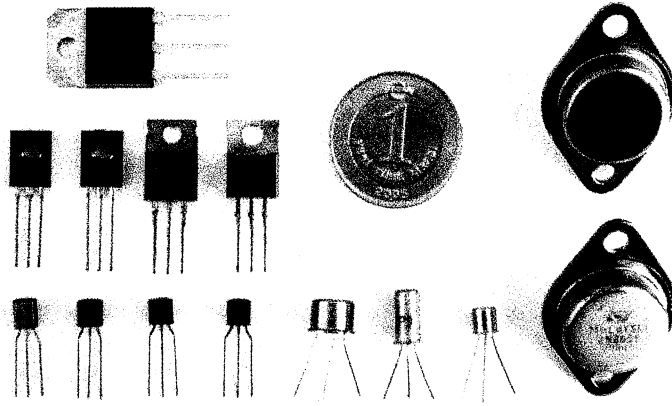
$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \text{ veya } \beta \cong \frac{I_C}{I_B}$$

Transistörün yine kesim ve doyum durumları dışında değişik  $I_E$  değerlerine karşılık gelen  $I_C$  değerlerinin farklarının oranı  $\alpha$  (**alfa**) akım kazancını verir.  $I_E$ ,  $I_C$  ve  $\alpha$  değerleri aşağıdaki oranla belirlenir.

$$\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \text{ veya } \alpha \cong \frac{I_C}{I_E}$$

$\alpha$  akım kazancı her zaman birden küçüktür.

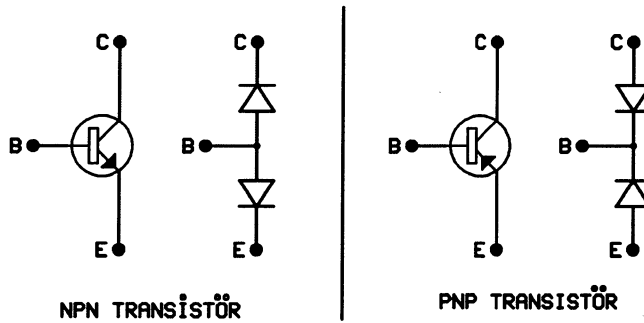
Şekil 8’ de değişik transistör resimleri görülmektedir.



Şekil 8

## TRANSİSTÖRLERİN ÖLÇÜLMESİ

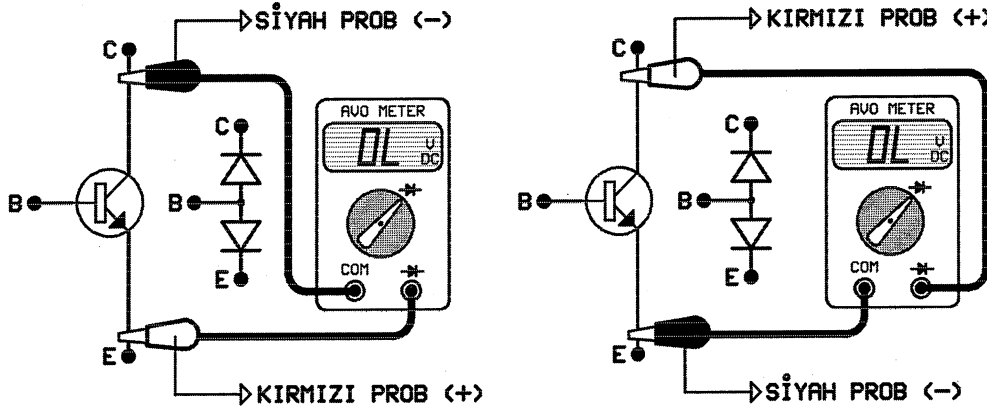
Transistörler diyotlar gibi analog avometre veya sayısal avometre ile ölçülebilir. Transistörün sağlamlığı analog avometrelerde uçlar arasındaki direnç değeri, sayısal avometrelerde uçlar arasından geçen akımın düşürdüğü gerilim değeri ile anlaşılır. Bildiğimiz gibi sayısal avometreler analog avometrelere göre daha güvenilir ölçüm yaparlar. Avometreler ile yapılan ölçümde transistör iki diyotun birleşmesinden oluşmuş gibi düşünülür. Şekil 9’da NPN ve PNP tipi iki transistörün diyotlar ile yapılmış eşdeğer devreleri görülmektedir.



Şekil 9

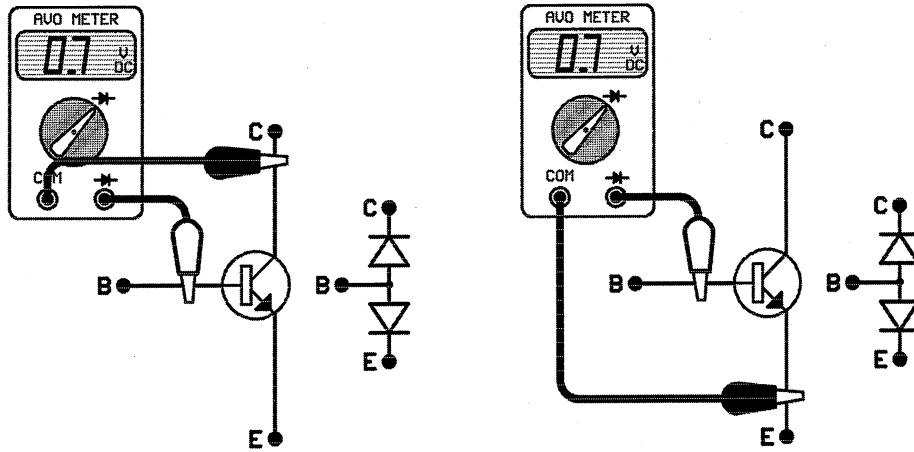
Sağlam bir transistörün tipi ne olursa olsun kollektör emiter uçları arasında birbiri ile ters seri bağlı iki diyot vardır. Bu nedenle transistörlerin kollektör ve emiter uçları arasındaki dirençleri iki diyottan birisi ters polarma da kalacağı için çok büyüktür. Sayısal avometre ile yapılan ölçümde kollektör emiter uçları arasındaki direncin büyük olması nedeniyle hiçbir akım geçişi olmayacak ölçümün polarması ne olursa olsun ekranda proplar arasında hiçbir eleman olmadığı zaman ki şekil (OL) görülecektir.

Kollektör emiter arasında iki yöndeki ölçüm şekil 10'da görülmektedir.



Şekil 10

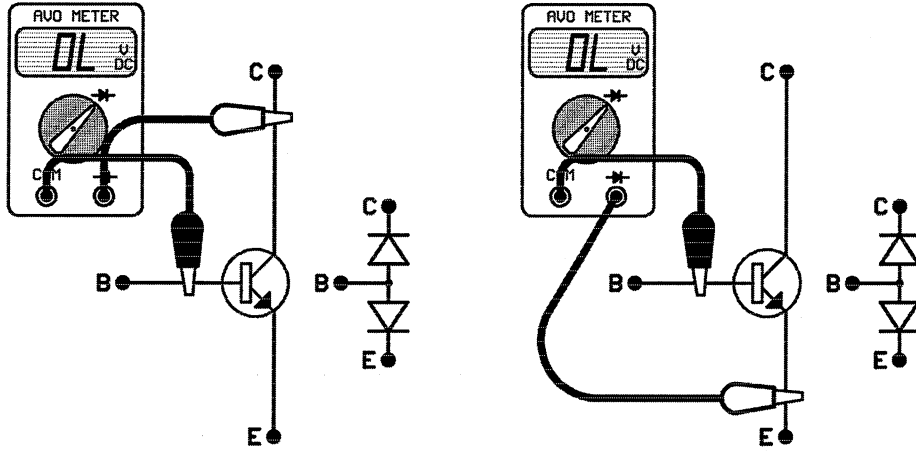
Bez kolletör uçları ve bez emiter arası yapılacak ölçümler aynı diyot ölçümü gibidir. Bu nedenle polarma yönü önemlidir. Avometrenin içindeki pilin kutuplarına göre NPN transistor de **bez pozitif- kollektör negatif** yine **bez pozitif-emiter negatif** polarmada iken diyotlar doğru polarma edilmiş olur. Doğru polarmada bez kollektör uçları arasındaki direnç küçüktür. Sayısal avometre ile yapılan ölçümde her iki durumda bezden kollektöre ve bezden emitere doğru akım geçer ve ekranda silisyum transistörlerde "0,6Volt-0,7Volt" germanyum transistörlerde "0,1Volt-0,3Volt" okunur. Şekil 11'de NPN tipi silisyum bir transistor ün doğru polarmada ölçümü görülmektedir.



Şekil 11

Transistörün yapısında bez kollektör jonksiyonu, bez emiter jonksiyonundan daha büyüktür. Bu nedenle bez kollektör uçları arası direnç bez emiter uçları arasındaki dirençten küçüktür. Bu durumda sayısal avometre ile yapılan ölçümde bez kollektör uçları arasında okunan gerilim, bez emiter uçları arasında okunan gerilimden daha küçük olacaktır. Ekrandaki değer farklılığı virgül sonrası son rakamlarda görülebilir.

Aynı NPN transistor de **beyz negatif-kollektör pozitif** yine **beyz negatif-emiter pozitif** polarmada iken diyotlar ters yönde polarma edilmiş olacaktır. Ters polarmada beyz kollektör uçları arasındaki direnç ve beyz emiter uçları arasındaki direnç büyüktür. Sayısal avometre ile yapılan ölçümde ekranda problemler arasında hiçbir eleman olmadığı zaman ki şekil (**OL**) görülecektir. Şekil 12’de ters polarmadaki ölçüm görülmektedir.



**Şekil 12**

Ölçülen transistör PNP tipi silisyum bir transistör ise problemlerin yönleri ters tutulduğunda yine aynı değerler görülmelidir. Yapılan ölçümlerde gördüğümüz değerlerle aynı ya da çok yakın değer göstermeyen transistörler bozuktur.

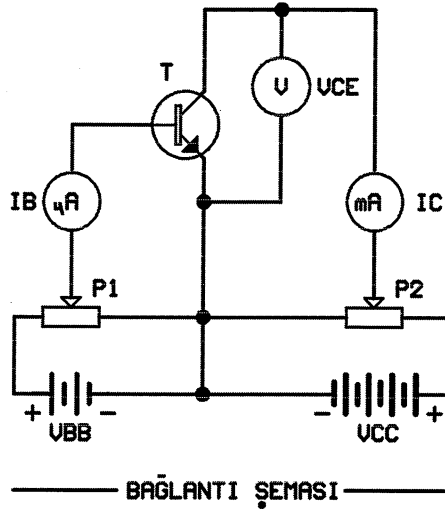
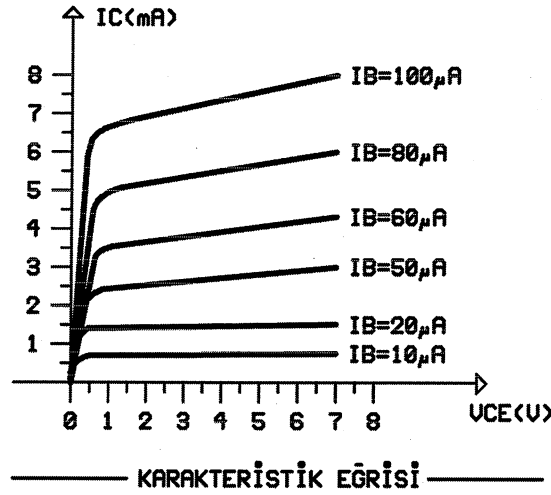
# DENEY: 7.1

## TRANSİSTÖRÜN

### 1.BÖLGE KARAKTERİSTİĞİNİN ÇIKARILMASI

#### HAZIRLIK BİLGİLERİ

Bir transistörün belli bir beyz akımında ( $I_B = \text{sabit}$ ) kollektör akımının ( $I_C$ ) kollektör-Emiter gerilimine ( $V_{CE}$ ) bağlı olarak değişimini gösteren eğriye ( $I_C = f(V_{CE})$ ) transistörün 1.bölge çıkış karakteristiği denir. Şekil 7.1.1'de bir transistörün 1. bölge çıkış karakteristiği ve bu karakteristiği elde etmek için kullanılan bağlantı şeması görülmektedir.



Şekil 7.1.1

Transistörlerin 1. bölge eğrilerinden faydalanılarak Beta ( $\beta$ ) ve Alfa ( $\alpha$ ) akım kazançları hesaplanabilir. Belli bir direnç değerine göre yük doğrusu çizilebilir.

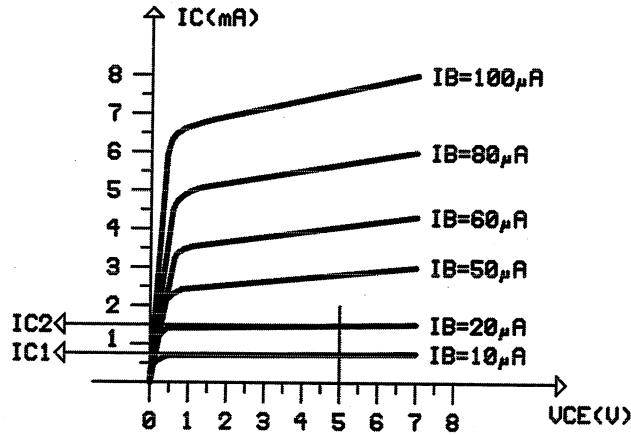


## TRANSİSTÖRLERİN BETA ( $\beta$ ) VE ALFA ( $\alpha$ ) AKIM KAZANÇLARI HESABI

Bu yöntem daha çok küçük güçlü transistörlerin akım kazançlarını bulmaya yarar. Akım kazançları küçük güçlü transistörlerde aynı  $V_{CE}$  gerilimi altında daima aynı çıkar. Bilindiği gibi emiteri şase bir transistörlerde beta ( $\beta$ ) akım kazancı:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \text{ dir.}$$

**Örnek:** Transistörün  $\beta$  akım kazancı aşağıdaki şekilde bulunur. Bunun için  $V_{CE}$  gerilimi 5V'da sabit olsun, bu durumda 5Volt'tan dikme çıkılır ve bu dikmenin  $10\mu A$  ve  $20\mu A$ 'lık beyz akım eğrilerini kestiği noktalardan  $I_C$  eksenine dikmeler inilir ve  $I_C$  akımları tespit edilir. Bu durum şekil 7.1.2'de görülmektedir.



Şekil 7.1.2

Karakteristik eğriden:

$$I_{C2} = 1,5\text{mA} = 1500\mu A$$

$$I_{C1} = 0,7\text{mA} = 700\mu A$$

$$I_{B1} = 10\mu A$$

$$I_{B2} = 20\mu A \text{ olarak bulunur.}$$

$$\Delta I_C = I_{C2} - I_{C1} = 1500 - 700 = 800\mu A$$

$$\Delta I_B = I_{B2} - I_{B1} = 20 - 10 = 10\mu A$$

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{800}{10} = 80 \text{ olarak bulunur.}$$

Transistörlerin  $\alpha$  akım kazancı ise aşağıdaki şekilde bulunur:

$$\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \text{ 'dir.}$$

Transistörün  $\alpha$  akım kazancını bulmak için  $\beta$  akım kazancını bulduğumuz şemadan faydalanırız.

Karakteristik eğriden:

$$\Delta I_C = I_{C2} - I_{C1} = 1500 - 700 = 800 \mu A$$

$$\Delta I_B = I_{B2} - I_{B1} = 20 - 10 = 10 \mu A \text{ olarak bulunmuştur.}$$

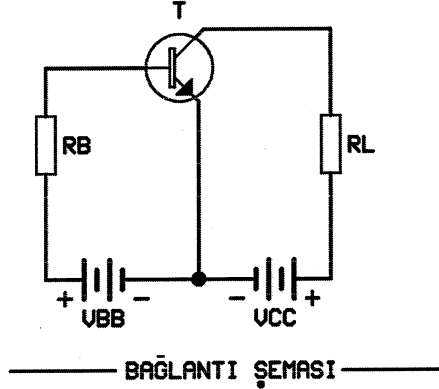
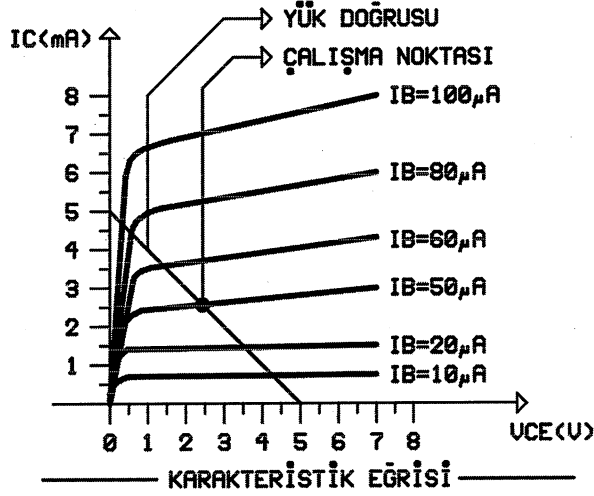
Buradan;

$$\Delta I_E = \Delta I_B + \Delta I_C = 800 + 10 = 810 \mu A$$

$$\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} = \frac{800}{810} = 0,988 \text{ olarak bulunur.}$$

**NOT:** Transistörde  $\alpha$  akım kazancı her zaman 1'den küçüktür.

## BELLİ BİR DİRENÇ DEĞERİNE GÖRE YÜK DOĞRUSU



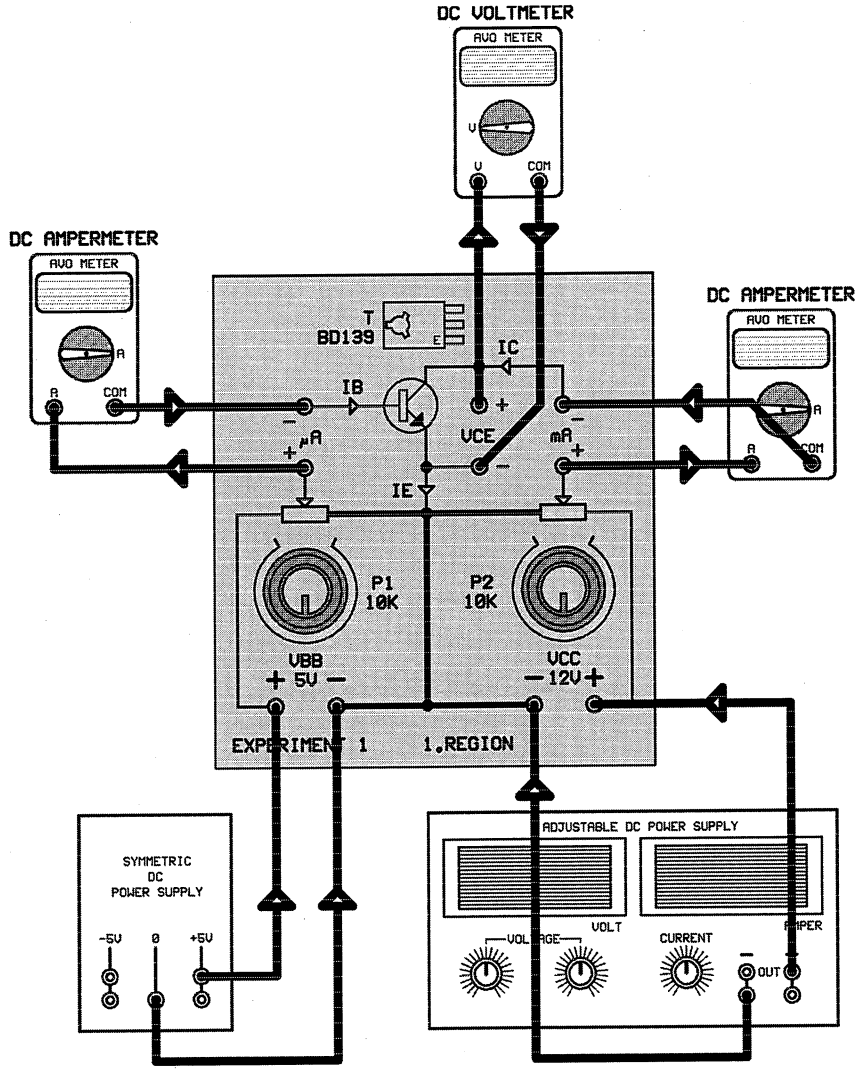
Şekil 7.1.3

Şekil 7.1.3 de  $V_{CC}=5V$  ve  $R_L=1K\Omega$  olduğunu kabul edelim. Yük doğrusunu çizmek için  $R_L$  direncinden geçecek maksimum akım:

$I_C \max = V_{CC}/R_L = 5/1000 = 0,005A = 5mA$  olarak bulunur. Karakteristik üzerinde  $V_{CC}=5V$  volt,  $V_{CE}$  eksenine üzerine ve  $I_C \max = 5mA$ ,  $I_C$  ekseninde işaretlenir. Bu iki nokta bir doğru ile birleştirilir. Bu doğruya yük doğrusu denir. Yük doğrusunun orta noktası ise çalışma noktası olarak seçilir.

## DENEYİN YAPILIŞI

Y-0016/007 modülünü yerine takınız. Ayarlı güç kaynağına enerji veriniz. Ayarlı güç kaynağının çıkış gerilimini "0" (SIFIR) a ayarlayınız. P1 ve P2 potansiyometrelerin orta uçlarını saat yönünün tersine çeviriniz. Bu durumda beyz gerilimi "0" (SIFIR), kollektör gerilimi ayarlı güç kaynağının gerilimine eşit olacaktır. Devre bağlantılarını şekil 7.1.4'deki gibi yapınız. Devreye enerji uygulayınız.



Şekil 7.1.4

1- P1 potansiyometresi ile beyz akımını ( $I_B$ )  $20\mu A$ 'e ayarlayınız. Deney sonuna kadar bu değer sabit kalacaktır. İşlem basamaklarında beyz akımında ( $I_B$ ) değişim olursa P1 potansiyometresi ile tekrar  $20\mu A$ 'e ayarlayınız.

2- Ayarlı güç kaynağı ile kollektör emiter gerilimini ( $V_{CE}$ ) Şekil 7.1.5 deki tablodaki değerlere sırasıyla ayarlayınız. Her basamak için kollektör akımını ( $I_C$ ) kaydediniz.

IB=20,µA SABİT		
SIRA NO	UCE(V)	IC(mA)
1	0,50	
2	1,00	
3	2,00	
4	4,00	
5	6,00	
6	8,00	
7	10,00	

Şekil 7.1.5

3- P1 potansiyometresini tekrar saat yönünün tersine çeviriniz. Ayarlı güç kaynağı gerilimi,ni de tekrar "0" yapınız

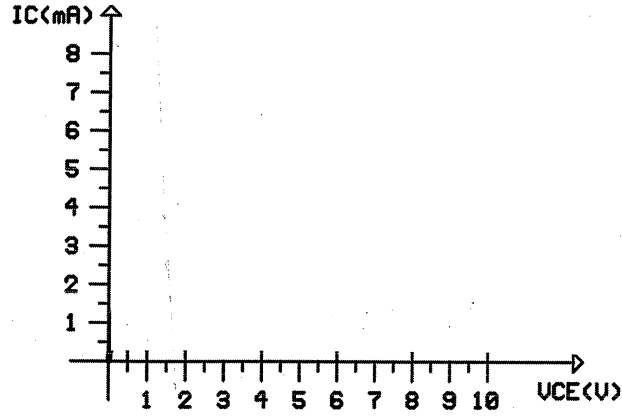
4- P1 potansiyometresi ile beyz akımını ( $I_B$ ) 30µA'e ayarlayınız. İşlem basamaklarında beyz akımında ( $I_B$ ) değişim olursa P1 potansiyometresi ile bu kez 30µA'e ayarlayınız.

5- Ayarlı güç kaynağı ile kollektör-emiter gerilimini ( $V_{CE}$ ) şekil 7.1.6'daki tablodaki değerlere sırasıyla ayarlayınız. Her basamaktaki kollektör akımını ( $I_C$ ) kaydediniz.

IB=30,µA SABİT		
SIRA NO	UCE(V)	IC(mA)
1	0,50	
2	1,00	
3	2,00	
4	4,00	
5	6,00	
6	8,00	
7	10,00	

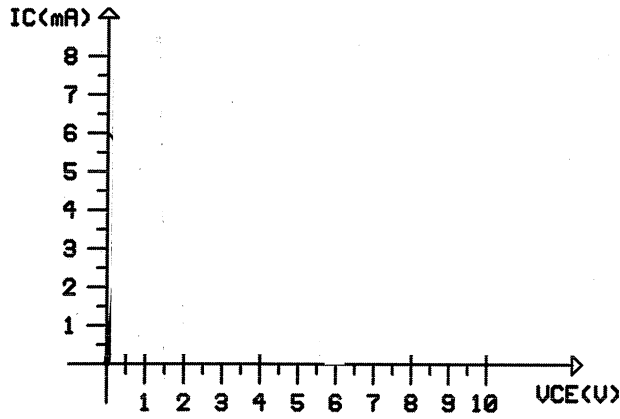
Şekil 7.1.6

6- İşlem basamağı 2 ve 5'de aldığınız değerlerden faydalanarak  $I_C=f.(V_{CE})$  karakteristiklerini çiziniz.



Şekil 7.1.7

7- Çizdiğiniz karakteristik üzerine  $V_{CC}=6\text{Volt}$  ve  $R_L=1\text{K}\Omega$  için yük doğrusunu çizerek çalışma noktasını bulunuz.



Şekil 7.1.8

11- Çizdiğiniz karakteristiklerden faydalanarak beta akım kazancını bulunuz.

*Deneyde alınan değerlerden  $V_{CC} = 6\text{V}$  için:*