

## **BJT (Bipolar Junction Transistor) :**

BJT içinde hem çoğunluk taşıyıcılar hem de azınlık taşıyıcıları görev yaptığı için Bipolar "çift kutuplu" denmektedir. Transistör ilk icat edildiğinde yarı iletken maddeler bir nokta olarak birbirlerine değerdiler. Bu nedenle onlara "Nokta Değmeli Transistör" denirdi. Ama artık günümüzde transistörler bir tost görüntüsünde olup yarı iletkenler birbirlerine yüzey olarak yapışık şekilde üretilmektedir. Adındaki junction "yüzey birleşimli" ifadesi bundan dolayı gelmektedir.

İki tip BJT transistör vardır. Birisi NPN, diğeri PNP transistör. NPN transistör, N, P ve N tipi yarı iletkenlerden oluşmuştur. Daha kalın olan N maddesi kollektör ( Collector ), kollektöre göre daha ince olan N maddesi emitör ( Emitter ) ve çok ince olan " yaklaşık 0,002mm" P maddesi ise beyz (Base) olarak adlandırılır. PNP transistör ise daha kalın olan P maddesi kollektör ( Collector ), kollektöre göre daha ince olan P maddesi emitör ( Emitter ) ve çok ince olan " yaklaşık 0,002mm" N maddesi ise beyz (Base) den oluşur.

BJT transistörün çalışmasını taşıyıcının 1; püskürtülmesi (injection), 2; sürüklenmesi (diffusion) birleşme ve 3; toplanması (collection) olarak açıklayabiliriz.

### **1; Püskürtülme**

NPN transistör içinde Elektronlar, emitör bölgesi içinde çoğunluk taşıyıcılarıdır. E-B bölgesine uygulanan doğru bias ile, (Emitor N tipi madde, buraya  $V_{EE}$  bataryasının negatif ucu bağlanmış, Beyz P tipi madde ve buraya da  $V_{EE}$  bataryasının pozitif ucu bağlanmış.) elektronlar  $V_{EE}$  bataryasının negatif ucundan emitöre girerek beyze doğru püskürtülürler. Emitörden beyz bölgesine püskürtülen elektronlar, emitör akımını oluşturur ve  $I_E$  olarak adlandırılır.

### **2; Sürüklenme**

Beyz bölgesin giren elektronlar burada azınlık taşıyıcısı oldukları için hareketleri bir sürüklenmedir. Beyz bölgesi çok ince olduğundan, emitörden beyze doğru püskürtülen elektronların ancak bir kısmı buradaki boşluklarla birleşir. Her boşluk-elektron birleşmesinden dolayı yeni bir boşluk oluşur. Böylece az miktarda elektron beyz bölgesinden  $V_{EE}$  bataryasının pozitif terminaline gider. Bu elektron akışı  $I_B$  beyz akımını oluşturur.

Beyz bölgesinin çok dar olduğunu, bu nedenle çok az boşluk-elektron birleşimi (recombination) oluştuğunu ve bu nedenle de beyz akımının çok küçük değerde olduğu belirtilmişti. Bu akım aynı zamanda kollektor kesim akımı ( Collector Cut-Off current)  $I_{CO}$  olarak da adlandırılır.

### **3; Toplanma**

Beyz bölgesinde boşluk-elektron birleşmesi yapamayan oldukça çok sayıdaki elektron beyz içinde pozitif biaslı kollektöre doğru sürüklenerek çekilirler. N tipi kollektör ters biaslı olduğu için buradaki elektronlar  $V_{CC}$  bataryasının pozitif ucu tarafından çekilmiş ve kollektör içinde bolca boşluk oluşmuştur. İşte beyzden gelen elektronlar kollektördeki bu boşluklarla birleşir. Her birleşme sonucu açığa bir ektron çıkar. Bu elektronlarda kollektör terminaline bağlı  $V_{CC}$  bataryasının pozitif ucu tarafından çekilerek toplanır. Beyz içinde sürüklenen elektronların kollektör tarafından çekilebilmesi için  $V_{CC}$  geriliminin,  $V_{EE}$  geriliminden daha büyük olması yada başka bir değışle kollektör deki pozitif gerilim değerin beyz deki pozitif gerilim değeriinden daha büyük olması gereklidir. ( $V_{CC} > V_{EE}$ ) Bu şekilde oluşan akıma Kollektör Akımı,  $I_C$  denir.

İster bir anahtar, ister bir yükseltici, isterse de bir üreteç işlevi görsün, bütün transistörler elektrik direncinin değişmesine dayalı olarak çalışır. Transistörün collector (toplayıcı), base (taban) ve emiter (yayıcı) olarak üç bağlantısı (katmanı) vardır. Base akımı olamadığında collector ile emiter arasındaki direnç o kadar yüksektir ki bu iki bağlantı arasında hemen hemen hiçbir akım geçemez. Ama base bağlantısında küçük bir akım aktarıldığında collector ile emiter arasındaki dirençte çok büyük azalma olur. Dolayısıyla emiter ile collector arasından akım geçebilir. Böylece transistör küçük bir akımın yardımıyla büyük bir akımı denetleyebilir. Transistör bir anahtar olarak kullanıldığı zaman, base bağlantısına küçük bir akım verildiğinde güçlü bir elektrik akımının devresini tamamlamasına izin verir. Bir yükseltici yada bir üreteç olarak kullanıldığı zaman zayıf bir sinyali güçlendirir. Zayıf sinyal küçük bir elektrik akımı biçiminde base'e uygulanır. Bu, collector'den emiter'e büyük bir akımın geçmesine izin verir. Böylece güçlü bir sinyal üretilmiş olur.

PNP transistör içinde çoğunluk taşıyıcısı boşluklardır. Bağlanan bataryaların kutupları ters, akım yönleri de ters dir. Yani NPN bir transistörde beyz emitöre göre pozitif, kollektöre göre negatif, kollektör ise hem base hem de emitöre göre pozitif olur. Akım yönleri ise kollektörden içeri doğru, beyz den içeri doğru ve emitörden dışarı doğrudur. PNP bir transistör de beyz emitöre göre negatif, kollektöre göre pozitif, kollektör ise hem base hem de emitöre göre daha negatif olur. Akım yönleri ise kollektörden dışarı doğru, beyz den dışarı doğru ve emitörden içeri doğrudur. Yani transistör üzerinden geçen akımın denklemi  $IE=IC+IB$ 'dir.

### **MOSFET:**

Yapısal olarak mükemmelleştirilmek istenen transistör araştırmalarıyla Fet ve Mosfet diye tabir edilen yeni yarı iletken anahtarlama elemanları yapılmıştır. Bunlar transistörün eksik olarak görülen yönlerini kapatmak için geliştirilmiştir. MOSFET yüksek hızlı ve yüksek akımlarda çalışabilen bir transistör türüdür. MOSFET in anlamı, Metal Oksit Alan Etkili Transistör (Metal Oxide Field Effect Transistor) yada Geçidi Yalıtılmış Alan etkili Transistör (Isolated Gate Field Effect Transistor) dür. Kısaca, MOSFET, IGFET yada Surface Field Effect Transistör de denir.

MOSFET' de drain ile source arasındaki bölge üzerine silikon dioksit ve onun üzerine de gate elektrodu (metal plaka) konularak yapılmıştır. Böylece gate metal elektrodu ile drain ve source arasına bir yalıtkan konulmuş olur. Buradaki yalıtkan silikon dioksit dir. Bütün oksitler iyi birer yalıtıcıdır. Metal oksit ve yarı iletken ile bir Gate oluşturur ve MOSFET adının oluşmasını sağlar. Gate yalıtkanı çok incedir. Bu yalıtkan yüzünden gate akımı neredeyse hiç yoktur ve giriş empedansı çok yüksektir. Tipik olarak gate akımı  $10^{-14}$  A (0,01piko amper) ve  $10^{-14}$  ohm (10.000 Giga ohm) 'dur. Ayrıca gate geriliminin sınırlı olmaması MOSFET' de iki durumda çalışma olanağı sağlar. Bunlar "Arttırılmış - Enhancement" ve "Azaltıcı - Depletion" çalışma şekilleridir. Enhancemen MOSFET' ler uygun şekilde bayslanmadığı sürece üzerlerinden akım akmaz. Çünkü gate bayasının sıfır olması ile drain - source arasında iki tane arka arkaya bağlanmış PN eklemi vardır. Drain - Source voltajı ne değerde olursa olsun drain akımı akmaz. Depletion tipi MOSFET' lerde ise depletion tiplerinin tam tersidir. Bu tip MOSFET' ler normalde "ON" tipi MOSFET' lerdir. Gate uygun şekilde bayslanmadığı sürece akım geçirirler. MOSFET, girişinde hiç güç harcamadığı için ve drain – source arası tam olarak "ON" yapıldığında üzerinde çok az güç harcar. Bu nedenle içinde çok sayıda transistör olması istenen entegre devrelerin vazgeçilmez parçalarıdır.

## DENEYİN YAPILIŞI :

Masa üzerindeki elemanları ve ölçüm aletlerini inceledikten ve gerekli bilgileri aldıktan sonra şekil 2' de belirtilen devreyi kurduk. Devredeki değişken güç kaynağının düşük akımlarda problem çıkarmasından dolayı onu da değişmez güç kaynağına bağladık. Bir tane voltmetremizin olmasından dolayı voltmetremizi transistörün B-E uçları arasına bağlayıp değişken dirençte oynamalar yaparak  $I_C$  ve  $V_{BE}$  için ampermetre ve voltmetrede gözlenen on tane değeri kaydettik. Böylece Ek-A' nın birinci bölümünü oluşturmuş olduk. Bu işlemi bitirdikten sonra voltmetreyi  $R_2$  direncinin uçlarına paralel bağladık ve tekrar ampermetre ve voltmetredeki değerleri okuyup onbeş tanesini kaydettik. Voltmetreden okuduğumuz değeri  $R_2$  direncinin değeri olan  $10k\Omega$  a bölerek  $I_B$ ' nin değerlerini bulduk.  $I_C = \beta_F \cdot I_B$  eşitliğinden  $\beta_F$  değerlerini bulduk ve Ek-A' nın ikinci bölümünü de oluşturduk.

Sonra transistörü kesimde çalıştırmak için devrenin sağ tarafına  $R_3$  direncini ekledik böylece  $V_{BC}$ ' nin pozitif olmasını sağlayarak transistörün kesimde çalışmasını sağladık. Daha sonra da transistörü doyma da çalıştırıp Ek-B' yi yazdık. Doymada bulduğumuz  $\beta_F$ ' i (10,2) ileri yönde çalışmadaki  $\beta_F$  (425) ile karşılaştırdığımızda doymadaki  $\beta_F$ ' nin çok daha küçük olduğunu söyleyebiliriz. Bunun sebebi doymada  $I_B$ ' den daha fazla akım geçmesidir.transistörün base ucu bir musluk vanası gibi düşünülebilir.  $I_B$ ' den geçen az bir akım diğerlerinden yüksek miktarda akım geçmesini sağlar. Bu yüzden doymadaki ile ileri yönde çalışma  $\beta_F$ ' leri arasında oran farkı vardır.

Bundan sonra ise düzenekte transistörün kollektör ve emektörünün yerini değiştirerek ters yönde çalıştırdık. Ek-C ' de istenen ölçümleri aldık ve  $\beta_r$  değerlerini belirledik. Burada baktığımızda  $\beta_r$  değerleri  $\beta_F$  değerlerine göre çok küçük değerler almakta, bunun nedeni ise transistörün ters bağlanmasından ötürü  $I_C$  ve  $I_E$ ' nin akımlarında azalma olması çünkü, transistörün kollarından çıkan akımlar belli bir değere kadar devredeki güç kaynaklarının etkisinde kalmaktadır, o değer aşıldıktan sonra  $I_C$ ' nin ve  $V_{R2}$ ' nin değerlerinde artış tesbit ettik. Bu nedenle  $\beta_r$   $\beta_F$ ' den daha büyüktür.

$V_{BE}$	$I_C$
0,6284mV	2,2mA

0,645mV	3,41 mA
0,652 mV	4,47 mA
0,665 mV	7,2 mA
0,688 mV	16,6 mA
0,723 mV	108,2 mA
0,6752 mV	19,89 mA
0,731 mV	108,0 mA
0,727 mV	108,37 mA
0,734 mV	109,31 mA

Ek-A 1

$V_{R2}$	$I_C$	$I_B$	$\beta_F$
51,24 mV	2,2 mA	5,124 $\mu$ A	429
57,55 mV	2,44 mA	5,755 $\mu$ A	423
64,92 mV	2,75 mA	6,492 $\mu$ A	423
68,158 mV	2,88 mA	6,8158 $\mu$ A	423
74,594 mV	3,16 mA	7,4594 $\mu$ A	422
90,449 mV	3,83 mA	9,0449 $\mu$ A	423
107,842 mV	4,58 mA	10,7842 $\mu$ A	423
130,309 mV	6,34 mA	13,0304 $\mu$ A	424
210,83 mV	8,88 mA	21,08 $\mu$ A	486
1,45V	65 mA	145 $\mu$ A	421
2,5V	67,81 mA	250 $\mu$ A	448
3,35V	97,12 mA	335 $\mu$ A	351
4,29V	105,42 mA	429 $\mu$ A	245

Ek-A 2

	$V_{BE}$	$I_B$	$I_C$	$V_{CE}$
--	----------	-------	-------	----------

Kesim	0	5,8 $\mu$ A	0	5V
Doyma	0,66V	431 $\mu$ A	4,42mA	0,185V

Ek-B

$V_{R2}$	$I_B$	$I_C$	$\beta_r$
52,630mV	5,263 $\mu$ A	0,03mA	5,7
58,863mV	5,8863 $\mu$ A	0,04mA	6,79
0,531V	53,1 $\mu$ A	0,42mA	7,9
0,322V	32,2 $\mu$ A	0,24mA	7,45
0,416V	41,6 $\mu$ A	0,32mA	7,69
4,34V	434 $\mu$ A	4,43mA	10,2
4,2V	420 $\mu$ A	4,26mA	10,14
0,626V	62,6 $\mu$ A	0,51mA	8,14
0,798V	79,8 $\mu$ A	0,67mA	8,39
0,993V	99,3 $\mu$ A	0,89mA	8,96

Ek-C