

Transistör

Onaylayan fizik
Perşembe, 08 Ekim 2009

Transistör, emiter ve kollektör uçları arasındaki direncin, beyz ucuna uygulanan akım değeri ile azaltılıp yükseltildiği elektronik devre elemanıdır.

1. PNP ve NPN Tipi Transistörler
1. Yapısı ve Çalışması

PNP tipi transistör iki P tipi germanyum arasında çok ince (0,025 mm) N tipi madde yerleştirilmesiyle meydana gelir. İkinci ünite de açıklandığı gibi P tipi madde içinde negatif iyon halinde indiyum atomları ile aynı sayıda oyuklar ve az sayıda elektronlar mevcut idi. N tipi Germanyum ise pozitif olanak iyonize olmuş arsenik atomları ile hareketli serbest elektronlar ve az sayıda oyuklardan meydana gelmiştir. PNP tipi transistör de devreye oyuklar hakim NPN tipi transistör de ise devreye elektronlar hakimdir. Transistörler de 3 adet ayak vardır. Bunlar EMİTER (yayıcı), BEYZ (taban) ve KOLLEKTÖR (toplayıcı) uçlarıdır. Emiter kısaca E, Beyz (baz) kısaca B ve Kollektör (Kollektör) C ile gösterilir.

PNP tipi transistörlerde akım taşıma işini çoğunlukla bulunan oyuklar, NPN tipi transistörlerde ise akım taşıma işini serbest elektronlar yapar. PNP ve NPN tipi transistörün iç yapısını birbirine ters seri bağlı iki diyota benzetirsek transistörün

şekil : .1.

Transistörün Sembolleri

sağlamlık kontrolünde çok büyük kolaylıklar sağlar. Şekilde NPN ve PNP tipi transistörün ters seri diyota benzemiş şekli görülmektedir.

2. Öngerilimlendirme

1. Doğru Polarmalandırma

Transistörün asıl

görevi deşipik frekanstaki AC işaretlelerini yükseltmektir. Transistörün bu görevi yerine getirebilmesi için önce Emiter, Beyz ve kollektörün DC gerilim ile beslenmesi gerekir. Uygulanan bu DC gerilime polarma gerilimi denir. Transistörün çalışmasını sağlayacak şekilde, Emiter beyz ve kollektörün belirli değerdeki ve işaretledeki DC gerilimi ile beslenmesine transistörün polarmalandırılması (kutuplandırılması) denir. Şekilde PNP tipi transistörün iç yapısı ve doğru polarmalandırılmış şekli görülmektedir.

.2.

Polarmalandırılması

.1. Doğru Polarmalandırma

Transistörün asıl görevi deşipik frekanstaki AC işaretlelerini yükseltmektir. Transistörün bu görevi yerine getirebilmesi için önce Emiter, Beyz ve kollektörün DC gerilim ile beslenmesi gerekir. Uygulanan bu DC gerilime polarma gerilimi denir. Transistörün çalışmasını sağlayacak şekilde, Emiter beyz ve kollektörün belirli değerdeki ve işaretledeki DC gerilimi ile beslenmesine transistörün polarmalandırılması (kutuplandırılması) denir. Şekilde PNP tipi transistörün iç yapısı ve doğru polarmalandırılmış şekli görülmektedir.

Şekil 2.

Transistörün Doğru Polarmalandırılması.

Dikkat edilirse şekilde emiter ve

beyz düz polarmalý, kollektör ise ters polarmalý olarak bađlýdyr. Bu her zaman böyle olmak zorundadır. Yani sadece kollektör ucu ters olarak polarmalandýrýlmalydyr. Aksi takdirde transistör çalybmaz. S1 ve S2 anahtarlarý açýkken transistör içinde el ve e2 gibi birbirine zýt küçük gerilim setti meydana gelir. S1 ve S2 anahtarlarý kapatýldýđýnda, VCC'nin artý kutbu oyuklarý beyz bölgesine iter. Bu oyuklar ayný zamanda VBB'nin eksi kutbu tarafýndan da çekileđinden oyuklarýn hýzlarý artar.

Emiterden gelen oyuklar beyzde elektron bađý kuracak yeterli sayýda serbest elektron bulamazlar. VCOVBB olduđundan gelen oyuklarýn büyük çođunluđu VCC'nin eksi kutbu tarafýndan çekilir. Emiterden gelen oyuklarýn % 95 civarý VCC'nin eksi(-) kutbu tarafýndan çekilmiř olur. % 5 lik kýmý ise VBB'nin küçük olmasý sebebiyle VBB'nin eksi kutbu tarafýndan çekilir. Dikkat edilirse, kollektör akýmý beyz akýmýndan çok büyüktür. Kollektör akýmý mA seviyesinde iken beyz akýmý mikro amper seviyelerindedir. Bu yüzden bazý hesaplamalarda beyz akýmý yok kabul edilip, emiter akýmý kollektör akýmýna eđit tutulabilir. Halbuki emiter üzerinden kollektör ve beyz akýmýlarýn toplamý geçmektedir.

$IE=IB+IC$

Transistörün beyz bölgesine giren akýma beyz akýmý denir. PNP tipi bir transistörün çalybmasý NPN tipi transistörün çalybmasýnyn aynýsýdyr. Bu yüzden NPN tipi transistör ayrıca anlatýlmayacaktır, sadece geçen akým yönleri farklıdyr.

.2. Ters

Polarmalandýrma

Transistörler hiçbir zaman ters polarmalandýrýlmamalydyr.

Aksi taktirde devre çalybmayacađý gibi transistör ve diđer devre elemanlarý da zarar görebilir Transistörün ters polarmalandýrýlmasý demek; uçlarýna çalybma partlarýndan farklı polarmada gerilim tatbik etmek demektir. Aþađýdaki þekilde PNP tipi bir transistörün deđiþik þekillerde ters polarmalandýrýlmýþ hali görülmektedir Biz biliyoruz ki her zaman beyz-emiter arasý dođru, beyz-kollektör arasý ise ters polarmalandýrýlmasý gerekir. Halbuki þekil a'da beyz-emiter arasý dođru fakat beyz-kollektör arasý da dođru polarmalandýrýlmýþtýr. Beyz-emiter arasý ve beyz-kollektör arasý dođru polarmalandýrýldýđý için kýsa devredir. Gececek akýmıdan dolayı beyz bölgesi zarar görür.

Þekil b'de beyz-kollektör arasý

dođru polarizeden dolayı kýsa devredir Geçen kýsa devre akýmýndan dolayı beyz bölgesi zarar görür. Þekil c'de hem emiter-beyz arasý hem de beyz-kollektör arasý ters polarmalandýrýlmýþtýr. Devreden akým geçmez.

Þekil 3. Transistörün Ters Polarmalandýrýlmasý.

3. Akým ve Gerilim

Yönleri

Aþađýdaki þekilde NPN ve PNP tipi transistörün elektrikî olarak devreye bađlanmasý, polarma gerilimi ve akým yönleri görülmektedir. Polarma gerilimi emiter ok yönüne göre yapýlmalydyr. transistor de iki adet gerilim vardýr. Biri VBE diđeri VCE dir. VBE = 1 voltun altýndadır. VCE ise polarma gerilimidir.

Þekil : 3.4.

Transistörün Akým ve Gerilim Yönleri

Uluslar arasý

kabule göre, bir iletkendeki elektron akýp yönü ile akým yönü birbirine göre terstir. Uluslar arasý Elektroteknik Kuruluþu (IEC) tarafýndan, yapýlan kabule göre; Elektrik ve Elektronik devrelerdeki akým yönü, besleme kaynađýnyn, pozitif kutbundan (+), negatif kutbuna (-) dođru olan yöndür.

Nitekim, diyot

sembollerindeki ve transistörlerin emiterindeki akým yönünü gösteren oklar da + dan - ye dođrudur. Elektron yönü yalnızca teorik açýklamalar sýrasýnda gösterilmektedir.

2. Transistörler

de Yükseltme Yöpleminin Gerçekleştirilmesi

.1.
Alfa (a), Beta (b) ve Gama (g)
Akım Kazançlarının Bulunması
Bir transistör de emiter akımı iki kola ayrılır. Biri beyz akımı diğeri ise kollektör akımıdır. Her tür transistör ve her çepit çalışmada daima $I_E = I_C + I_B$ dir. Genellikle, I_B akımı, I_C yanında ihmal edilerek $I_E = I_C$ yazılır. Sonuç olarak; I_B akımı girip akımı, I_C akımı da çıkıp akımı olarak değerlendirilirse, I_B gibi küçük değerli bir akımdan, I_C gibi büyük değerli bir akıma ulaşmaktadır. Bu olay, transistörün akım yükseltici olarak çalıştığını gösterir. Bağlantı şekillerine göre transistörlerin girip ve çıkıp akımları değişiktir. Beyzi base yükselteçteki bu oranda elde edilen kazanç, a (alfa) akım kazancı olarak, emiteri ve kollektörü base yükselteçte ise bu oranda elde edilen kazanç b (beta) akım kazancı olarak tarif edilir.

1. Alfa (a)

Akım Kazancı

Beyzi base

yükselteç devresinde, kollektör akımının emiter akımına oranına alfa (a) akım kazancı denir.
dir.

Örnek: $I_E = 15 \text{ mA}$, $I_B = 1 \text{ mA}$ ve $I_C = 14 \text{ mA}$ ise akım kazancının bulalım.

a Akım kazancı hiçbir zaman 1 den büyük olmaz. Fakat mümkün olduğu kadar 1 e yaklaştırılmaya çalışılır. Bu durum beyz kalınlığının mümkün olduğu kadar ince yapılmasıyla sağlanır. Beyz ne kadar ince olursa, emiterden çıkan elektron veya oyukların beyzdeki oyuk ve elektronlarla birleşmesi o kadar az olur. Böylece kollektöre giden elektron veya oyuk sayısı artmış olur. a akım kazancının 1 den küçük olması, devrenin yükseltme yapmayacağına düşündürülebilir. Ama beyzi base yükselteçlerde, akım yükselmesi değil, gerilim yükselmesi yapılır.

2. Beta (b)

Akım Kazancı (hFE)

Emiteri base

yükselteçlerde, kollektör akımının (I_C) beyz akımına (I_B) oranına denir. b akım kazancı bazı yerlerde hFE olarak da ifade edilir.

$$b =$$

.3. Gama (g)

Akım Kazancı

Kollektörü base

yükselteçlerde emiter akımının beyz akımına oranına gama (g) ve beta (b) her zaman 1 den büyüktür.

$$b =$$

2. a, b

ve g Akım Kazançlarının

Dönüştürülmesi

$$a \cdot I_E = b \cdot I_B$$

b yı çekersek;

Her iki tarafı I_E ye bölersek; bulunur.

Öyleyse a bulunduktan sonra b bulunabilir. Yukarıdaki örnekte b yı bu formül ile bulalım. Daha önce 14 bulmuştuk.

olarak bulunur.

b yı g cinsine çevirecek olursak;

$I_C = I_E - I_B$ bulunan I_B ve I_C yi b formülünde yerine koyarsak:

$$b = g$$

- 1 bulunur.

33. Transistörün Dört

Bölge Karakteristiği

Transistörlerin karakteristik eđrileri 4 grup olup, koordinat sistemi üzerinde, I, II, III ve IV. bölge eđrileri olarak açýklanýr. Üretimi yapýlan her transistör için imalatçı firma tarafından bu dört karakteristik eđrisi de çizilir. Böylece elektronik devre tasarımı yapan kişiler, hazýrlanan bu transistör katalog bilgileri ve karakteristik eđrilerinden faydalanýlýr.

Şekil : 3.5.

Transistörün Dört Bölge Karakteristik Eğrisinin Toplu Gösterilmesi

1. Bölge (IC-VCE) Karakteristiği ve yük Doğrusunun Çizilmesi

I. Bölge

karakteristik eđrisi belirli IB giriř akımı deđerlerinde VCE geriliminin deđişimine göre IC deđişimini gösterir. Bu eđriden transistör çýkýř direnci (VCE/IC) bulunur. Devrede IB yi ölçmek için mikro ampermetre, IC yi ölçmek için milli ampermetre ve VCE yi ölçmek için voltmetre kullanýlýr. Devredeki RB ve RC dirençleri transistörü korumak amacıyla kullanılmýptýr.

Ýlk önce VBB

kaynađý yardımıyla $I_B = 0\text{mA}$ e ayarlanýp

sabit býrakýlýr. Sonra VCC kaynađý yardımıyla VCE gerilimi sırasıyla 1, 2, 3, 4... 15 V gibi deđerlere ayarlanýp her deđer için IC akımı okunup bir tabloya yazýlýr. Bittikten sonra aynı işlem $I_B = 10\text{mA}$

..... 100 mA değerleri için de

yapýlýr. Her IB deđeri için iparetlenen noktalar birleřtirilir. Böylece transistörün I. bölge karakteristik eđrisi çizilmiř olur.

Şekil 3.6. Transistörün I. Bölge Karakteristik Eğrisi

Deney þemasý ve karakteristik eđrisi aþađýda verilmiřtir.

2. II. Bölge (IB

IC) Karakteristiği

II. Bölge karakteristik eğrisi sabit VCE gerilimi altında IB giriş akımının

deđişimine göre IC çýkýř akımının deđişimini gösterir. Bu eđriden b akım kazancı (IC/IB) bulunur. Çýkarmak için yukarıdaki þekilden faydalanýlýr. VCC kaynađý ile VCE gerilimi örneđin 7 V a ayarlanýp sabit býrakýlýr. VBB kaynađý aracýlýđıyla $I_B = 10\text{mA}$ yapýlýp IC a deđerleri

yine VBB kaynađý yardımıyla sırasıyla 20mA,

30mA 60mA deđerlerine getirilip her IB deđerine karřýlık gelen IC akımı okunup yine tabloya kaydedilir. Okunan tablodaki deđerler aþađýdaki þekildeki IB ve IC eksenlerine kaydedilir. Deđerlerin kesim noktaları bulunur. Bu noktalar birleřtirilerek transistörün II. Bölge karakteristik eđrisi çizilmiř olur.

Şekil : 3.8. Transistörün II. Bölge Karakteristik Eğrisi

Yukarıdaki eğriden

örneğin I_B akımı 30mA iken IC

değerinin 4 A olduğunu görürüz. Buna göre b

akım kazancını bulacak olursak;

bulunur.

3. III. Bölge (VBE

IB) Karakteristiği

Şekil : 39. Transistörün III. Bölge Karakteristik

Deneyi

III. Bölge

karakteristik eğrisi sabit VCE çykıp geriliminde VBE giriş gerilimindeki değişime göre IB giriş akımındaki değişimi gösterir. Bu eğriden transistörün giriş direnci (VB/IB) bulunur.

III. Bölge karakteristik eğrisini çykartmak için VCC kaynağı yardımıyla VCE gerilimi IV a ayarlanır. VBB kaynağı yardımıyla her VBE gerilimi değişiminde IB akımı değişimi tabloya yazılır. Bu işlem VCE nin diğer değerleri için de tekrarlanır tabloya yazılır. Değerler koordinat sistemine aktarıldığında III. Bölge karakteristik eğrisi çizilmiş olur.

Şekil

: .10. Transistörün III. Bölge Karakteristik Eğrisi

4. IV. Bölge (VBE VCE) Karakteristiği

Şekil : 11.

Transistörün IV. Bölge Karakteristik Deneyi

IV. Bölge

karakteristik eğrisi belirli IB değerlerinde VBE giriş gerilimindeki değişime göre, VCE çykıp gerilimindeki değişimi gösterir. Bu eğrilerden transistörün geri besleme oranı (VBE/VCE) bulunur.

Yukarıdaki devrede

VBB kaynağı ile $I_B = 10\text{mA}$ e ayarlanır.

VCC kaynağı ile VCE gerilimi eğit aralıklarla ayarlanır her VCE değerine karşılık gelen VBE gerilim değerleri tabloya yazılır. Değişik IB değerleri için aynı işlem tekrarlanır. Değerler koordinat sistemine aktarıldığında IV. bölge karakteristik eğrisi bulunmuş olur.

Şekil 3.12.

Transistörün IV. Bölge Karakteristik Eğrisi

4.

Transistörün Anahtarlama Elemanı Olarak Çalıştırılması

Transistör, bir çok uygulamada anahtarlama elemanı olarak kullanılmaktadır. Aşağıdaki şekilde, beyz devresindeki anahtar açık durumda iken devreden her hangi bir beyz akımı geçmez. Bu durumda transistör kesim bölgesindedir. Dolayısıyla kollektör akımı geçmez. Kollektör akımı geçmez ise led de yanmaz. S anahtarı kapatıldığında devreden beyz akımı geçer. Transistör geçen IB nin katı kadar IC den akım geçerek led in yanmasını sağlar.

Şekil : 3.13.

Transistörün Anahtar Olarak Çalıştırılması

VBE yi ihmal

edersek, devreden geçen IB böyle bulunabilir:

Transistörün b değerini 100 kabul edersek, kollektör akımı

böyle bulunur:

$I_C = b \cdot I_B$ $I_C = 100 \cdot 80 \text{mA}$ $I_C = 8000 \text{mA}$ olarak hesaplanır.

Kollektör emiter

uçlarının kısa devre edildiğini kabul edip I_C akımını hesaplarsak;
bulunur.

Buna göre,
transistörün kollektör devresinden geçebilecek akım en fazla 2 mA olabileceği halde, $b \cdot I_B$ formülü ile daha yüksek bir kollektör akımı hesaplamıştık. Bu demektir ki, yukarıdaki devrede anahtar kapatıldığında, kollektör akımı mutlaka maksimuma ulaşacaktır. Başka bir deyişle transistör mutlaka doyum durumuna geçecektir. Transistörün gerçek anlamda anahtar olarak çalışması, doyma halindeki çalışmadır. Bu tip devrelere, transistör mutlaka saturasyon durumuna ulaştığı için hard saturasyon devresi denir.

5.

Transistörün Yükselteç Olarak Çalıştırılması

Yükselteç olarak çalıştırılan bir transistörden, bu üç işlemin gerçekleştirilmesinde faydalanılır.

1.

Akım kazancı sağlamak,

2.

Gerilim kazancı sağlamak,

3. Güç

kazancı sağlamak.

Burada kazancın

anlamı, transistör girişine verilen akım, gerilim veya gücün çıkıştan daha yüksek değerlerde elde edilmesidir. Bunu sağlamak için de belirli devrelerin oluşturulması gerekir.

Karakteristik

eğrileri, transistör üreticileri tarafından hazırlanan tanıtım kitaplarında (katalog) verilir. Transistör, hem DC hem de AC yükselteç olarak çalışabilir. Bu nedenle, transistörü gereği gibi inceleyebilmek için ayrı ayrı DC ve AC deki çalışma hallerinin incelenmesi gerekir. DC çalışmada girişteki ve çıkıştaki akım ve gerilim değerleri arasındaki bağıntıya statik karakteristiği, AC çalışmadaki akım ve gerilim bağıntısına da dinamik karakteristiği denir. Transistör yükselteç olarak bu üç bağlantı beklinde çalıştırılabilmektedir:

1.

Emiteri ortak bağlantılı yükselteç.

2.

Beyzi ortak bağlantılı yükselteç.

3. Kollektörü

ortak bağlantılı yükselteç.

Ortak bağlantılı

deyimi, girişte ve çıkışta ortak olan uç anlamında kullanılmaktadır. Aşağıdaki şekilde PNP tipi transistörle düzenlenmiş, emiteri base yükselteç devresi görülmektedir. Beyze uygulanacak gerilim R_1 , R_2 gerilim bölücü dirençleri ile sağlanır. Girişteki kondansatör üzerinden uygulanan alternatif gerilim, kollektör akımına kumanda eder. Kollektör akımı RC yük direnci üzerinde girişe uygulanan gerilimle aynı uyumda olan gerilim döpümü oluşturur.

Çıkıştaki

kondansatör üzerinden alınan AC gerilimi, girişteki AC den büyük olduğu için transistör yükselteç olarak çalıştırılır. Devrede C_1 ve C_2 kuplaj kondansatörleri kullanılmaktadır. Kondansatörler sadece AC yi geçirirler. Burada AC yi geçirdikleri için kuplaj kondansatörleri denilmiştir.

Şekil : .14. Transistörün Yükselteç Olarak

Kullanılması

6. Çalışma Noktasının

Stabilize Edilmesi (Bulunması)

Stabil çalışmayı zorlayan iki önemli etken vardır:

1.

İşlenen transistörün I_C kollektör akımının artması.

2. Bir

devredeki transistör yerine başka bir transistörün kullanılması halinde akım kazancı farklı olursa devre aynı devre olduğu halde, çykıp akımı değibeceğinden stabilite bozulacaktır.

Transistörün

çalıpmaya noktasını bulabilmek için o transistörün çykıp karakteristik eğrisi (I. bölge karakteristiği) üzerine, yük doğrusunun çizilmesi gerekir. Transistörün kollektörüne konan yük direnci değerine göre I. bölge (IC-VCE) eğrileri üzerine çizilen doğruya DC yük doğrusu denir. DC yük doğrusunun orta noktası transistörün Q çalıpmaya noktasını verir. Çalıpmaya noktası ise, yükselteç katı giripine sinyal verilmediği durumda transistörün beyzinde VBE nin kaç volt olduğunu, IB ve IC değerlerinin kaç mA veya mA olacağını anlarız. Ayrıca yükselteç giripine sinyal uygulandığında girip sinyalinin değerine göre beyz ve kollektör akımlarının, hangi değerler arasında değibeceği kolaylıkla görülür. Birinci bölge eğrileri üzerine yük doğrusu böyle çizilir:

VCC besleme kaynağı,

RL yük direnci ve beyz akımı tarafından belirlenen tam iletken ve tam yalıtkan durumlarından istifade edilir.

Apağdaki şekilde görüldüğü gibi S anahtarı açık ise IB = 0 olacağından transistör çalıpmaz. RL yük direncinden akım geçmez. Kollektör emiter arası açık devredir. Buna göre;

$$VCC = VCE \quad V_L \quad VCC = VCE + IC \cdot R_L \quad IC = 0 \quad \text{olduğundan,}$$

$$VCC = VCE = 10 \text{ V} \quad \text{bulunur.}$$

S anahtarı kapatılır ve IB = Maksimum yapılırsa transistör tam iletken olur. Bu durumu kollektör emiter arasını kısa devre şeklinde izah edebiliriz. Buna göre;

$$VCC = VCE + V_L \quad VCE = 0 \quad \text{olduğundan,}$$

$$VCC = V_L \quad VCC = IC \cdot R_L \quad IC =$$

$$IC = 10 \text{ mA} \quad \text{bulunur.}$$

Yukarıda bulduğumuz IC = 10 mA ve VCE = 10V değerlerini Ic-VCE koordinat sisteminde iparetleyip bu noktalar birleştirilirse DC yük doğrusu çizilmiş olur.

Şekil : .15. Transistörün Çalıpmaya Noktasının Bulunması

Transistörlerin

çalıpmaya noktaları;

a. Kesim Noktası : Bu durumda beyz ucunda tetikleme akımı yoktur.

Dolayısıyla kollektör-emiter arasından akım geçmemektedir. Yani transistör çalıpmamaktadır.

b. Doyum (Saturasyon) Noktası : Transistörün beyzine uygulanan tetikleme akımı maksimum düzeydedir ve kollektör-emiter arası iletkenidir. Transistör taşıyabileceği en yüksek akımı geçirmektedir.

c. Aktif Çalıpmaya Noktası : Transistör kesim ile doyum noktaları arasında sürekli olarak değişkenlik gösterebilecek biçimde çalıpmaktadır. Yükselteç devresinde kullanılan bir transistör daima aktif bölgede çalıpır. Yani beyz akımının sürekli değişmesi ve dolayısıyla kollektör akımının da buna bağlı olarak değişmesi gibi.

Çykıptaki kondansatör üzerinden alınan AC gerilimi, girişteki AC den büyük olduğu için transistör yükselteç olarak çalıpmış olur. Devrede C1 ve C2 kuplaj kondansatörleri kullanılmıştır. Kondansatörler sadece AC yi geçirirler. Burada AC yi geçirdikleri için kuplaj kondansatörleri denilmiştir.

kaynak:Transistör