

BJT TRANSİSTÖRLÜ DC POLARMA DEVRELERİ



Hedefler

-  DC polarma devrelerinin amacını, avantajlarını ve çalışma prensipleri anlayacaksınız
-  Sabit Beyz Polarmalı ve Emiteri Kararlı DC Polarma Devrelerinin hesaplamalarını öğreneceksiniz
-  Voltaj Bölücülü ve Kollektör Geri Beslemeli Polarma Devrelerinin hesaplamalarını öğreneceksiniz

İçindekiler

BJT TRANSİSTÖRLÜ DC POLARMA DEVRELERİNE GİRİŞ

- Transistör Dc Polarma Devreleri
- Sabit Beyz Polarması
- Emiteri Kararlı Polarma Devresi
- Voltaj Bölücülü Polarma Devresi
- Kollektör Geri beslemeli Polarma Devresi

BJT TRANSİSTÖRLÜ DC POLARMA DEVRELERİ

Transistör DC Polarma Devreleri

Transistörün yükselteç olarak kullanılabilmesi için, yani girişindeki AC(değişken) V_i giriş voltajını, çıkışından yükseltilmiş AC(değişken) V_o çıkış voltajı olarak alabilmek için, uygun bir DC polarma devresine ihtiyaç vardır. DC polarma devresi transistörler için gerçekten çok önemlidir, eğer uygun bir DC polarma devresi yapılmaz ise, transistor bir yükselteç olarak kullanılamaz veya istenilen sonuç alınamaz. Peki, DC polarma ne anlama gelmektedir. Bunu kısaca, transistörün uçları arasında uygun DC çalışma gerilimlerinin veya öngerilimlerin sağlanması olarak tanımlayabiliriz. DC polarma devreleri transistör beyz, kollektör ve emiter uçlarından statik (Quiscent-Durgun) akımların akmasını sağlar. Bunun anlamı, transistör girişlerinde herhangi bir AC(değişken) sinyal yok ise, transistör üzerindeki gerilim veya akımlar statik (durgun) çalışma gerilim ve akımları olarak sabit değerde olacaklardır. Tabi ki bu durum ideal şartlar için geçerlidir. Yukarıda bahsedilen çalışma noktasına Q çalışma noktası denir ve bu noktadaki akım ve gerilimleri belirleyebilmek için sembollere alt indis olarak Q harfi eklenir. Örneğin IBQ ve VCEQ değerleri, sırası ile statik çalışma noktasında transistörün sahip olduğu beyz akımı ve kollektör-emiter arası gerilim değerleridir.

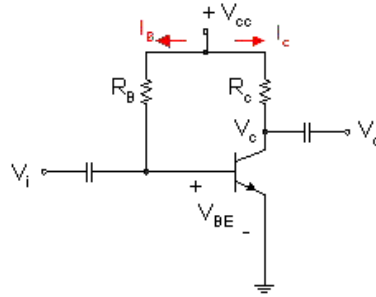
Bilindiği gibi sıcaklık değişimleri transistör üzerinde bazı olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Bunlardan en önemlisi transistör akım kazancı β 'nın sıcaklık ile doğru orantılı olarak değiştiğidir. Yani sıcaklık arttığında, β değeri de artacak, bunun sonucu olarak ta, normalde sabit kalması istenen statik çalışma akım ve gerilimleri değişecektir. Bu istenmeyen durumu önlemek için farklı yapılarda polarma devreleri kullanılır. Temel polarma devreleri burada fazla detaya girmeden incelenecek ve böylece transistörün yükselteç olarak kullanılması daha iyi anlaşılacaktır.

Temel Transistör DC Polarma Devreleri;

1. Sabit Beyz Polarması,
2. Emiteri Kararlı Polarma Devresi,
3. Voltaj Bölücülü Polarma Devresi,
4. Kollektör Geri beslemeli Polarma Devresidir.

1.Sabit Beyz Polarması

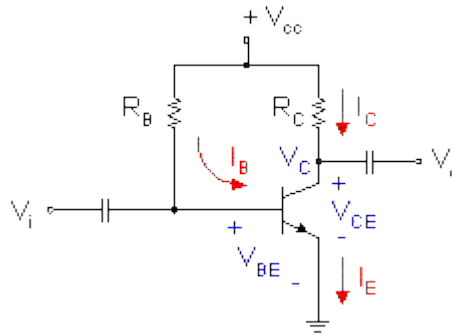
Şekil-5.1'de görülen Sabit beyz polarma devresi, DC polarma devreleri içerisinde en basit ve uygulaması en kolay olanıdır. Bu avantajının yanı sıra, sıcaklık karşısında değeri en fazla değişen çalışma noktasına sahip olduğundan pratik kullanımda pek tercih edilmez. Bunun yanı sıra, analizinin basitliği polarma devrelerinin anlaşılmasında büyük fayda sağladığından, burada da kısaca değineceğiz.



Şekil-5.1 Sabit Beyz Polarma Devresi

Şekil-5.1 'de görüldüğü gibi beyz polarması R_B direnci üzerinden sabit bir değerde tutulmaktadır.

Şekil-5.2'de ise V_{CC} kaynağından çıkan ve transistör uçları arasında akan akımlar görülmektedir.



Şekil-5.2 Sabit Beyz Polarma Devresi ve Akımları

Yukarıdaki iki şekilden de görüleceği üzere, eğer I_B akımının izlediği yol üzerinden bir çevre denklemi yazarsak (Kirchoff'un gerilim kanunundan yararlanarak),

$$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE} \quad (5.1)$$

olarak bulunur.

I_B yalnız bırakılırsa,

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \quad (5.2)$$

olur. Bu değer statik çalışma noktası olduğundan,

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \quad (5.3)$$

olarak ta yazılabilir.

Yine kollektör akımını izlediği yoldan bir çevre denklemi yazılırsa,

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} \quad (5.4)$$

yazılabilir. Burada V_{CE} değeri yalnız bırakılırsa,

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C \quad (5.5)$$

olarak bulunur.

Yine bilindiği gibi kollektör akımı,

$$I_C = \beta \cdot I_B \quad (5.6)$$

olduğundan, sıcaklık değişimi karşısında β 'nin değeri artacağından, I_C akım değeri de artacaktır. Buna bağlı olarak V_{CE} gerilimi de değişecektir. Burada β 'nın değerini sıcaklık karşısında sabit bırakma şansına sahip olmadığımızdan, onun yarattığı etkiyi azaltma yoluna gitmek zorundayız. Buda ancak uygun polarma devresi ile sağlanır. Burada I_C değerini sabit bırakmak istiyorsak (β 'nın değerinin sıcaklıkla arttığı durumda), I_B değerini sıcaklıkla ters orantılı olarak düşürmek zorundayız. Ama sabit beyz polarması için Eşitlik-5.2 'den de görüldüğü gibi, bu mümkün değildir. Çünkü I_B değerini veren V_{CC} , V_{BE} ve R_B değerleri yaklaşık olarak sabit olduğundan, I_B akımı da sabit olacaktır. Buradan anlaşılacağı üzere sabit beyz polarması sıcaklık karşısında kararlılığı iyi olmayan, yani çalışma noktası akım ve gerilim değerlerini sıcaklıktan bağımsız hale getiremeyen bir yapıya sahiptir. Bu yüzden daha öncede değinildiği gibi pratikte pek kullanım şansı bulunmaz.

Sabit Beyz Polarması / Örnek 5.1

Şekil-5.1 'de görülen devrede $V_{CC}=13,6$ Volt, $\beta =145$ ve transistör silisyum tipinde olduğuna göre, $V_{CE}=6,8$ Volt iken $I_C=5$ mA olabilmesi için gerekli olan R_C ve R_B değerlerini hesaplayınız.

Çözüm:

Eşitlik 5.5 'de değerler yerine konulur ve R_C değeri çekilirse;

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} \quad \text{ve} \quad R_C = \frac{13,6V - 6,8V}{5mA} \Rightarrow R_C = 1360\Omega \quad \text{olarak bulunur.}$$

Yine Eşitlik 5.6 'dan I_B çekilir ve değerler yerine konulursa,

$$I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} \Rightarrow I_{BQ} = \frac{5mA}{145} \Rightarrow I_{BQ} = 34,5\mu A \quad \text{değeri bulunur.}$$

R_B değeri ise Eşitlik 5.3 'ten faydalanılarak hesaplanabilir. Burada değerler yerine konulur ve R_B değeri hesaplanırsa,

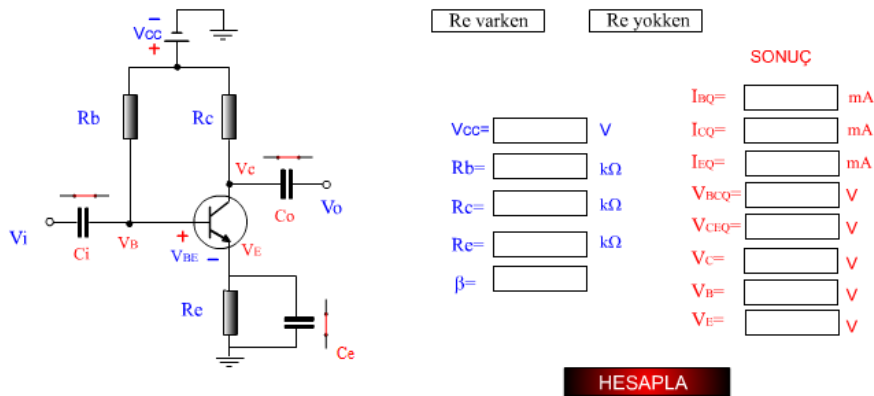
$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_{BQ}} \Rightarrow R_B = \frac{13,6V - 0,7V}{34,5\mu A} \Rightarrow R_B = 374K\Omega \quad \text{olarak bulunur.}$$

Silisyum transistör için V_{BE} gerilimi 0,7 Volt olarak alınmıştır.

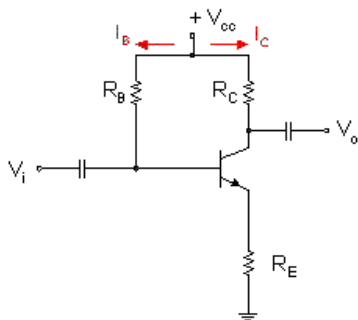
Şimdi yaptığımız örnekte elde ettiğimiz sonuçların doğruluğunu aşağıdaki program yardımı ile test edelim. Öncelikle Sabit beyz polarması devresinde R_E direnci olmadığından, program üzerinde bulunan R_E yokken butonuna tıklayarak, şekil üzerinde R_E direncinin yok olmasını sağlayınız. Bundan sonra V_{CC} , ve β hesaplamadan bulduğumuz R_B ve R_C değerlerini ilgili kutucuklara yazınız. Bu işlem sırasında değerleri kutucukların kenarında bulunan birim cinsinden girmeye özen gösteriniz. Örneğin $V_{CC}=13,6$ V olarak, $R_C= 1,36$ K olarak girilmelidir. Bundan sonra hesaplama butonuna basarak devrede bulunan akım ve gerilimlerin hesaplanmasını sağlayınız. Daha sonra hesaplanan değerlerin istenilen V_{CE} ve I_C değerlerine eşit olduğunu kontrol ediniz.

Bundan sonra kendinizin vereceği farklı V_{CC} , β , R_B ve R_C değerleri için V_{CE} , I_C , I_E ve I_B değerlerini hesaplayarak, elde ettiğiniz sonuçları program yardımı ile test ediniz ve doğru analiz tekniğini kavradığınızdan emin olunuz.

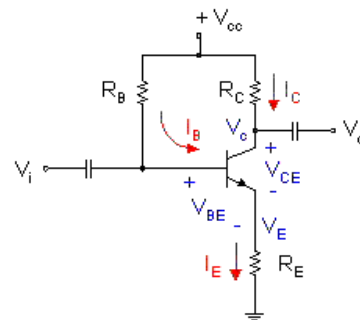
Devrede bulunan çalıştır butonuna tıklayarak devreden geçen akımların yönleri ve transistör uçlarındaki gerilimler animasyon olarak incelenebilir.



2.Emiteri Kararlı Polarması Devresi



Şekil-5.3 Emiteri Kararlı Polarma Devresi



Şekil-5.4 Emiteri Kararlı Polarma Devresi ve

Akım Yönleri

Şekil-5.3 ve 5.4 'te görülen devrenin çalışmasını ve sıcaklık karşısında çalışma noktasını nasıl kararlı halde tutmaya çalıştığını anlamak için, I_B akımının takip ettiği yoldan bir çevre denklemi yazılırsa;

$$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E \quad (5.7)$$

olarak bulunur.

Yine $I_E = I_B + I_C \quad (5.8)$

ve $I_C = \beta I_B \quad (5.9)$

olarak bilindiğine göre, Eşitlik-5.9, Eşitlik-5.8 'de yerine konulursa,

$$I_E = I_B + \beta I_B \Rightarrow I_E = I_B (\beta + 1) \quad (5.10)$$

eşitliği bulunur. Bulunan bu eşitliği, Eşitlik-5.7 'de yerine koyar ve I_B 'yi çekersek,

$$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE} + I_B (\beta + 1) R_E$$

ve

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) R_E} \quad (5.11)$$

olarak bulunur. Buradan görüldüğü gibi eğer sıcaklıkla β değeri artarsa I_B değeri azalacaktır, bunun sonucu olarak ta Eşitlik-5.9 'da verilen I_C akımının değeri β ile artma eğilimine girerse, I_B akımı da azalacağı için eşitlik sabit kalmaya çalışacak ve böylece transistörün çalışma noktası Q, yaklaşık olarak sabit kalacaktır. Yani emiteri kararlı polarma devresi, sabit beyz polarmalı devreye göre sıcaklık değişimlerine karşı daha kararlı olacaktır.

Şekil-5.3 ve 5.4 'de görülen devrelerin çıkış katlarından yani I_C akımının aktığı yönden bir çevre denklemi yazarsak,

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \quad (5.12)$$

eşitliği elde edilir. Bu eşitlikte görülen I_C ve I_E akımları yaklaşık olarak birbirlerine eşit alınabilir. Çünkü I_B akımının değeri I_C akımına göre çok küçük olduğu için, I_B akımı ihmal edilebilir. Bu yüzden,

$$I_C \cong I_E \quad (5.13)$$

alınabilir. Bu şartlarda Eşitlik-5.12 yeniden yazılır ve buradan V_{CE} gerilimi çekilirse,

$$V_{CE} \cong V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \quad (5.14)$$

değeri bulunur. Transistörün ısı enerjisi olarak üzerinde harcadığı güç ise,

$$P_D = I_C V_{CE} \quad (5.15)$$

Eşitliğinden Watt olarak bulunur. Bu eşitlik transistörlü tüm devreler için geçerlidir.

Emiteri Kararlı Polarması Devresi / Örnek 5.2

Şekil-5.3 'te görülen devrede $R_B=430K$, $R_C=2K$, $R_E=1K$, $V_{CC}=20V$, $\beta =50$ ve transistör silisyum tipinde olduğuna göre,

- I_B
- I_C
- V_{CE}
- P_D değerlerini hesaplayınız.

Çözüm :

a) Eşitlik-5.11'de değerler yerine konulursa,

$$I_B = \frac{20V - 0.7V}{430K + (50+1)1K} \Rightarrow I_B = 40.1\mu A \quad \text{olarak bulunur.}$$

b) Eşitlik-5.9 'da değerler yerine konulursa,

$$I_C = \beta I_B \Rightarrow I_C = 50(40.1\mu A) \Rightarrow I_C = 2.01mA \quad \text{olur.}$$

c) Eşitlik-5.14 'ten yararlanarak V_{CE} değeri,

$$V_{CE} \cong 20V - 2.01mA(2K + 1K) \Rightarrow V_{CE} = 13.97V \quad \text{olarak bulunur.}$$

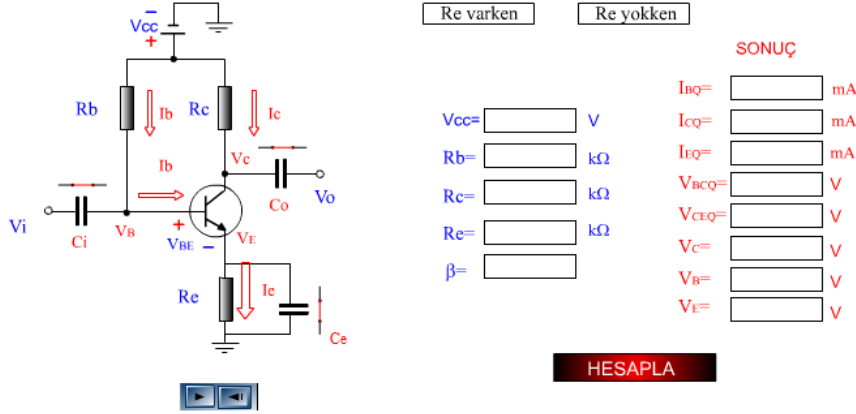
d) Transistörün harcadığı güç ise,

$$P_D = I_C V_{CE} \Rightarrow P_D = (2.01mA)(13.97V) \Rightarrow P_D = 28.07mW \quad \text{olarak bulunur.}$$

Şimdi birinci örnekte olduğu gibi yaptığımız örnekte elde ettiğimiz sonuçların doğruluğunu aşağıdaki program yardımı ile test edelim. Öncelikle Emiteri kararlı polarma devresinde R_E direncinin olması gerektiğinden, program üzerinde bulunan R_E varken butonuna tıklayarak, şekil üzerinde R_E direncinin var olduğundan emin olunuz. Bundan sonra V_{CC} , β , R_B , R_E ve R_C değerlerini ilgili kutucuklara yazınız. Bu işlem sırasında değerleri kutucukların kenarında bulunan birim cinsinden girmeye özen gösteriniz. Bundan sonra hesaplama butonuna basarak devrede bulunan akım ve gerilimlerin hesaplanmasını sağlayınız. Daha sonra hesaplanan değerlerin, yukarıda bulduğumuz V_{CE} , I_B , P_D ve I_C değerlerine eşit olduğunu kontrol ediniz.

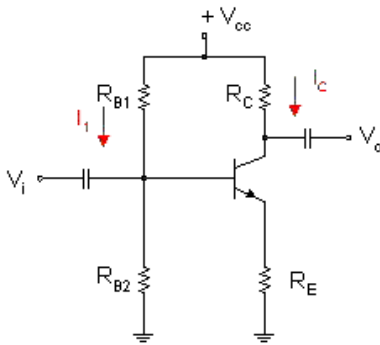
Bundan sonra kendinizin vereceği farklı V_{CC} , β , R_B , R_E ve R_C değerleri için V_{CE} , I_C , I_E , P_D ve I_B değerlerini hesaplayarak, elde ettiğiniz sonuçları program yardımı ile test ediniz ve doğru analiz tekniğini kavradığınızdan emin olunuz.

Ayrıca devrede bulunan çalıştır butonuna tıklayarak devreden geçen akımların yönleri ve transistör uçlarındaki gerilimleri animasyon olarak inceleyiniz.

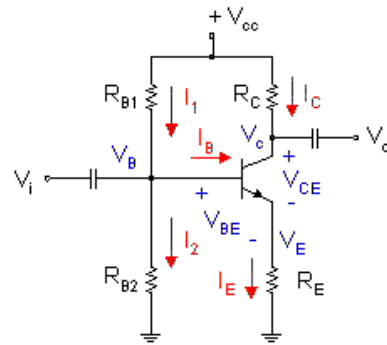


3.Voltaj Bölücü Polarma devresi

Diğer çok kullanılan bir polarma devresi de Voltaj bölücü dirençler kullanılarak yapılan, Voltaj bölücülü polarma devresidir. Şekil-5.5 ve 5.6 bu polarma devresinin bağlantı şemasını ve akım yönlerini vermektedir. Bu şekillerden görüldüğü gibi transistörün beyz polarması R_{B1} ve R_{B2} gerilim bölücü dirençleri kullanılarak sağlanmaktadır.



Şekil-5.5 Gerilim Bölücülü Polarma Devresi



Şekil-5.6 Gerilim Bölücülü Polarma Devresi ve Akım Yönleri

Şekilden görüldüğü gibi R_{B1} üzerinden geçen I_1 akımı V_B noktasında ikiye ayrılmaktadır. Bu noktadan sonra I_2 akımı R_{B2} direnci üzerinden, I_B akımı da transistörün beyzinden geçmektedir.

Bu bağıntıyı kısaca,

$$I_1 = I_B + I_2 \quad (5.16)$$

şeklinde yazabiliriz. Bu polarma devresinin normal işlevini yerine getirebilmesi için, I_2 akımının I_B akımına göre oldukça yüksek olması gerekmektedir. Diğer bir deyişle

$$I_2 \geq 10I_B \quad (5.17)$$

bağıntısı yerine getirilirse, gerilim bölücülü polarma devresi daha kararlı çalışacaktır. Aksi takdirde devre kararlılığı bozulacak ve değişik çevre şartlarında (örneğin farklı ortam sıcaklıklarında) farklı sonuçlar verecektir. Biz analiz işlemleri sırasında bu şartın yerine getirildiğini farz edip, işlemleri ona göre yapacağız.



Aslında her ne kadar I_B akımı I_2 akımından küçük olursa olsun, devrenin çalışmasına bir etkisi vardır, fakat bu etki I_2 akımının oluşturduğu etkiye göre oldukça küçüktür. O yüzden analizi basitleştirmek amacı ile I_B 'nin etkisini yok farz edip, analizi bu duruma göre yapacağız. Bu yüzden yapacağımız bu analize kısaca yaklaşık analiz diyeceğiz. Üzerinde vurgulanması gereken husus, yaklaşık analizin hatasız veya çok küçük bir hata ile yapılabilmesi için şartının yerine getirilmesi gerektiğidir. Bunun içinde devrede bulunan R_E ve R_2 dirençlerini $10 R_2 \leq \beta \cdot R_E$ şartına göre seçmek bu koşulun yerine getirilmesi için yeterlidir.

Şekil-5.5 'te gösterilen devrede V_B voltaj değerinin yaklaşık olarak R_{B2} direnci üzerinde düşen voltaja eşit olduğu görülebilir (Yukarıdaki şart sağlandığı durumda). Bu durumda I_1 akımının yaklaşık olarak I_2 akımına eşit olduğu anlaşılabılır. Buna göre V_B gerilimini bulmak için R_{B2} direnci uçlarındaki voltajı bulmamız yeterlidir. Eğer devrede bulunan gerilim bölücü devreye bakarsak, V_B geriliminin,

$$V_B = \frac{V_{CC}}{R_{B1} + R_{B2}} R_{B2} \quad (5.18)$$

değerine eşit olduğu görülebilir. Eğer V_B gerilimi bu eşitlikten bulunursa, emiter direnci uçlarındaki voltaj V_E 'de,

$$V_E = V_B - V_{BE} \quad (5.19)$$

değerine eşit olacaktır. Buna göre R_E direncinin değeri ve uçlarındaki voltaj belli olduğuna göre, üzerinden geçen I_E akım değeri de bulunabilir.

Buradan, $I_E = \frac{V_E}{R_E}$ (5.20) alınır, IB ve IC akımları da,

$$I_B = \frac{I_E}{(\beta + 1)} \quad (5.21) \quad \text{ve} \quad I_C = \beta I_B \quad (5.22)$$

eşitliklerinden bulunabilir. Diğer taraftan transistörün harcadığı gücü bulmak için VCE gerilimini bulmak gerekecektir. VCE voltaj değerini bulmak için, transistörün çıkış katındaki IC akımının izlediği yol üzerinden bir çevre denklemi yazılırsa,

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \quad (5.23)$$

eşitliği elde edilir. Buradan VCE değeri çekilirse,

$$V_{CE} \cong V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \quad (5.24)$$

eşitliği bulunur. Buradan bulunan değerler Eşitlik-5.15 'te kullanılarak transistörün harcadığı güç bulunabilir.

Voltaşı Bölücü Polarma devresi / Örnek 5.3

Şekil-5.5' te görülen devrede, RB1=39K, RB2=3.9K, RC=10K, RE=1.5K, VCC=22V, $\beta = 140$ ve transistör silisyum tipinde olduğuna göre,

- IB
- IC
- VCE
- PD değerlerini hesaplayınız.

Çözüm:

a) Eşitlik-5.18 kullanılarak VB değeri hesaplanırsa,

$$V_B = \frac{22V}{39K + 3.9K} \cdot 3.9K \Rightarrow V_B = 2V$$

olarak bulunur. Eşitlik-5.19 kullanılarak VE voltajı bulunabilir

$$V_E = 2V - 0.7V \Rightarrow V_E = 1.3V$$

Bu değeri Eşitlik-5.20 'de kullanılırsa,

$$I_E = \frac{1.3V}{1.5K} \Rightarrow I_E = 0.867mA$$

değeri bulunur. Yine Eşitlik-5.21 kullanılarak IB değeri hesaplanabilir.

$$I_B = \frac{0.867mA}{(140 + 1)} \Rightarrow I_B = 6.14\mu A$$

b) IC akım değeri Eşitlik-5.22 kullanılarak bulunabilir.

$$I_C = (140)(6.14\mu A) \Rightarrow I_C = 0.860mA$$

c) Eşitlik-5.24 kullanılarak VCE hesaplanırsa,

$$V_{CE} \cong 22V - 0.86mA(10K + 1.5K) \Rightarrow V_{CE} = 12.11V \text{ değeri bulunur.}$$

d) Transistörün harcadığı güç ise Eşitlik-5.15 kullanılarak bulunabilir. Buna göre PD değeri,

$$P_D = I_C V_{CE} \Rightarrow P_D = (0.86mA)(12.11V) \Rightarrow P_D = 10.41mW \text{ olarak bulunur.}$$

Bundan önceki örneklerde olduğu gibi elde edilen sonuçların doğruluğunu test için bir sonraki sayfada bulunan programdaki ilgili kutucuklara devrede verilen değerleri girerek, istenilen değerleri hesaplattırınız. Elde ettiğiniz sonuçların yukarıda elde edilen sonuçlarla uyduğundan emin olunuz. Bundan sonra kendiniz yaklaşık analiz için gerekli olan koşulu göz önüne alarak farklı değerler için V_{CE} , I_C , I_E , P_D ve I_B değerlerini önce kendiniz hesaplayınız ve daha sonra program ile sonuçlarınızı karşılaştırınız.

SONUÇ

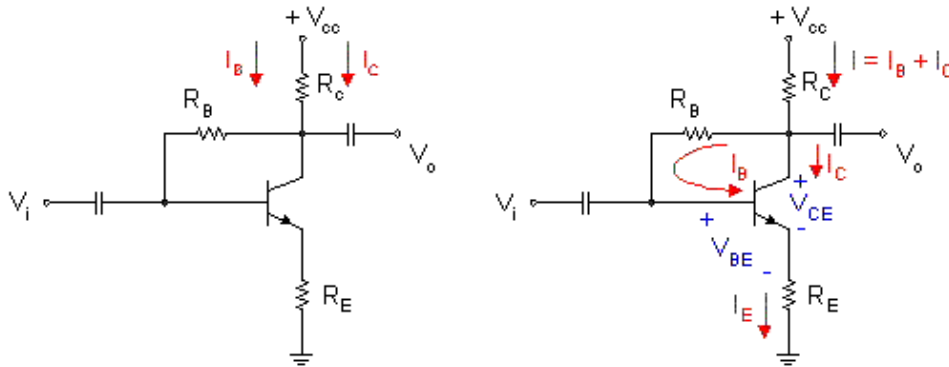
$P_D =$ mW	$I_{BQ} =$ mA
$I_{CQ} =$ mA	$I_{EQ} =$ mA
$V_{BQ} =$ V	$V_{CEQ} =$ V
$V_C =$ V	$V_B =$ V
$V_E =$ V	

YAKLAŞIK ANALİZ İÇİN $\beta \cdot R_E \geq 10R_2$ OLMASI GEREKİR

HESAPLA

4.Kollektör Geri Beslemeli Polarma Devresi

Son olarak pratikte sık kullanılan bir diğer polarma devresi olan Kollektör geri beslemeli polarma devresini inceleyeceğiz. Şekil-5.7 ve 5.8 'de Kollektör geri beslemeli polarma devre bağlantısı ve akım yönleri görülmektedir.



Şekil-5.7 KollektörGeri beslemeli Polarma Devresi Şekil-5.8 Kollektör Geri beslemeli Polarma Devresi ve Akım Yönleri

Şekillerden görüldüğü gibi RC direnci üzerinden hem IB hem de IC akımları geçmektedir. Analiz sırasında bu nokta göz önüne alınmalıdır.

Buna göre IB akımının takip ettiği yol üzerinden bir çevre denklemi yazarsak,

$$V_{CC} = (I_B + I_C)R_C + I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E \quad (5.25)$$

eşitliği bulunur. Burada IE akımı yerine Eşitlik-5.10 konulursa,

$$V_{CC} = (I_B + I_C)R_C + I_B R_B + V_{BE} + I_B (\beta + 1)R_E \quad (5.26)$$

sonucu çıkar. Burada IC yerine yine Eşitlik-5.22 konulursa ve IB yalnız bırakılırsa,

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_C + (\beta + 1)R_E} \quad (5.27)$$

sonucu çıkar.

Buna göre Eşitlik-5.27 yeniden yazılırsa,

$$I_B \cong \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta(R_C + R_E)} \quad (5.28)$$

olarak alınabilir. Polarma devresinin çıkış katından akan kollektör akımının takip ettiği yol üzerinden bir çevre denklemi yazılırsa,

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \quad (5.29)$$

eşitliği elde edilir. Buradan VCE değeri çekilirse,

$$V_{CE} \cong V_{CC} - I_C(R_C + R_E) \quad (5.30) \quad \text{eşitliği bulunur.}$$



Eşitlik-5.29 ve 5.30 'da IB akımları çok küçük oldukları için ihmal edilmiştir.

Buradan bulunan değerler Eşitlik-5.15 'te kullanılarak transistörün harcadığı güç bulunabilir.

Kollektör Geri Beslemeli Polarma Devresi / Örnek 5.4

Şekil-5.7 'de görülen devrede, $R_B=250K$, $R_C=4.7K$, $R_E=1.2K$, $V_{CC}=10V$, $\beta=90$ ve transistör silisyum tipinde olduğuna göre,

- IB
- IC
- VCE
- PD değerlerini hesaplayınız.

Çözüm:

a) Eşitlik-5.28 kullanılarak IB değeri hesaplanırsa,

$$I_B \cong \frac{10V - 0.7V}{250K + 90(4.7K + 1.2K)} \Rightarrow I_B = 11.91\mu A \quad \text{bulunur.}$$

b) IC akım değeri Eşitlik-5.22 kullanılarak bulunabilir.

$$I_C = (90)(11.91\mu A) \Rightarrow I_C = 1.07mA$$

c) Eşitlik-5.30 kullanılarak VCE hesaplanırsa,

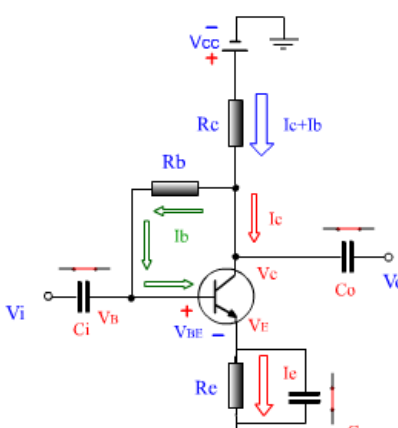
$$V_{CE} \cong 10V - 1.07mA(4.7K + 1.2K) \Rightarrow V_{CE} = 3.69V \quad \text{değeri bulunur.}$$

d) Transistörün harcadığı güç ise Eşitlik-5.15 kullanılarak bulunabilir.

Buna göre PD değeri,

$$P_D = I_C V_{CE} \Rightarrow P_D = (1.07mA)(3.69V) \Rightarrow P_D = 3.95mW \quad \text{olarak bulunur.}$$

Eğer $(\beta + 1) \cong \beta$ kabul edilmeyip, Eşitlik-5.29 ve 5.30 'da da I_B akımları çok küçük oldukları için ihmal edilmezler ise, o takdirde kesin sonuçlar aşağıdaki program yardımı ile hesaplanabilir. Programda değerleri yerine yazıp hesaplama tuşuna basarak yeni değerleri elde ediniz ve bu değerleri yukarıda bahsedilen ihmalleri hesaba katarak elde ettiğimiz sonuçlarla karşılaştırınız. Sonuçların birbirinden çok farklı çıkmadığını göreceksiniz. Aşağıdaki programla farklı değerler için örnekleri çoğaltarak elde ettiğiniz sonuçları karşılaştırınız.



SONUÇ

$P_D =$ mW

$I_{BQ} =$ mA

$I_{CQ} =$ mA

$I_{EQ} =$ mA

$V_{BQ} =$ V

$V_{CEQ} =$ V

$V_C =$ V

$V_B =$ V

$V_E =$ V

$V_{CC} =$ V

$R_B =$ kΩ

$R_C =$ kΩ

$R_E =$ kΩ

$\beta =$

HESAPLA