

DENEY

5

Bir BJT Transistörün Gerilim Bölücü veya Sabit Beslemede DC Çalışma Koşulları

Amaç

Bir BJT Transistörün Sabit Beslemede veya Gerilim Bölücü devrelerde DC Çalışma Koşullarının Belirlenmesi

Deneyde Gerekli Malzemeler

Ölçüm Aletleri ve Kaynaklar

DMM (Sayısal Çoklu Metre (= Dijital Multi Metre))
DC Gerilim Kaynağı

Devre Elemanları

Dirençler:

(1) 680- Ω

(1) 2.7-k Ω

(1) 1.8-k Ω

(1) 6.8-k Ω

(1) 33-k Ω

(1) 1-M Ω

Transistörler:

(1) 2N3904 (veya dengi)

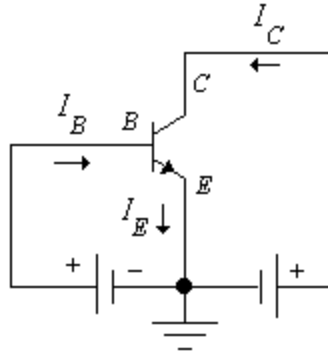
(1) 2N4401 (veya dengi)

TEORİK BİLGİ

Transistörlerde başlıca 3 çalışma bölgesi vardır. Bu bölgeler; aktif bölge,sonlanma bölgesi ve doyum bölgesi olarak adlandırılır. Her bir modunda transistörün ve buna bağlanan dış devrenin fiziksel karakteristikleri transistörün çalışma noktasını belirler. Sonlanma bölgesinde yayıcıdan toplayıcıya doğru akan çok küçük geri besleme akımı vardır. Bu durumda transistör açık anahtara benzetilebilir. Doyum bölgesinde ise toplayıcıdan yayıcıya akan çok yüksek bir akım vardır. Bu durumda geçen en yüksek akımın değeri transistöre bağlanan dış devre elemanları tarafından belirler. Bu bölgede transistörün çalışması kapalı bir anahtar gibi düşünülebilir.

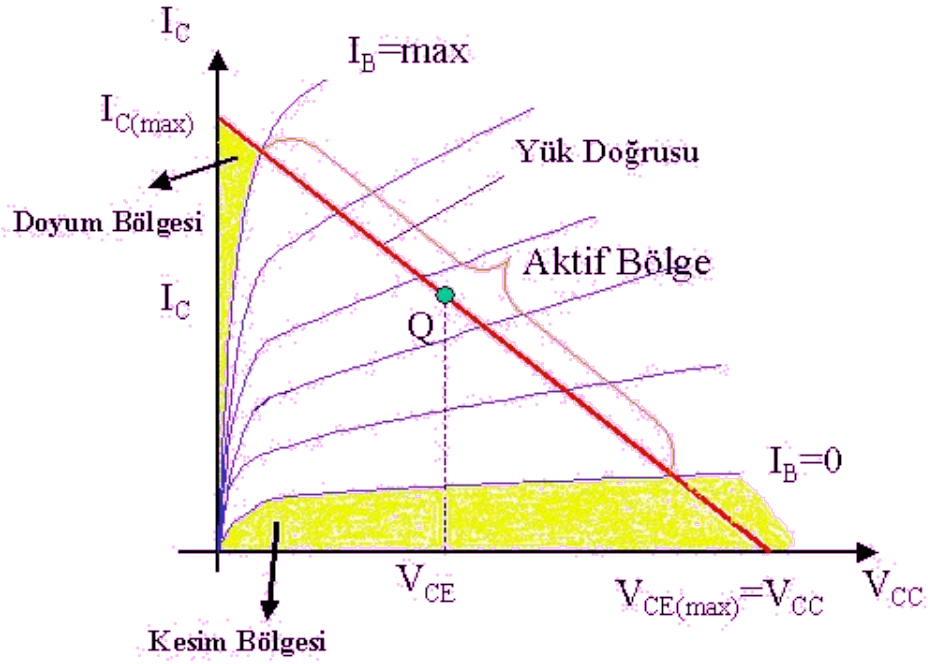
Bu iki çalışma modunda (sonlanma ve doyum) sayısal devrelerde kullanılmaktadır. Transistörün akım veya gerilim yükseltme işleminde en düşük sinyal bozulması ile çalışması için transistör karakteristiklerinin doğrusal olduğu bölgenin kullanılması gerekir.

Transistörün girişine sabit bir DC gerilimi uygulandığında, E-B kavşağı ileri besleme ve C-B kavşağı geri besleme olacak şekilde çıkış karakteristikleri ile çıkış devresinin kesişimi Q-noktasını (çalışma noktasını) belirler. Bunun aktif bölgenin ortalarında bir yerde olması istenir.



Şekil 5.1

Bu deneyde iki türlü DC besleme tasarım devresi üzerinde deneyler yapılacaktır. Bunlardan birisi sabit DC besleme devresi diğer ise gerilim bölücü DC besleme devresidir. İlk olan son derece basit bir deneydir. Çünkü β değerleri sıcaklıktan çok etkilenen bir parametredir. Dolayısıyla çalışma noktasını tahmin etmek çok zor olabilir. Q-noktası DC yük çizgisi üzerinde kayarak herhangi bir değeri alabilir. Gerilim bölücü DC besleme devresinde ise bir geri besleme tasarımı uygulanır. Dolayısıyla V_{CE} ve V_{BE} gerilimleri daha çok dış devre elemanlarına bağlıdır. β değerinden hemen hemen bağımsızdır. Dolayısıyla β değerleri değişse bile çalışma noktasının yeri DC yük çizgisi üzerinde sabit kalacaktır. Bu tasarım devresine genellikle “ β değerinden bağımsız DC besleme devresi” denilmektedir.

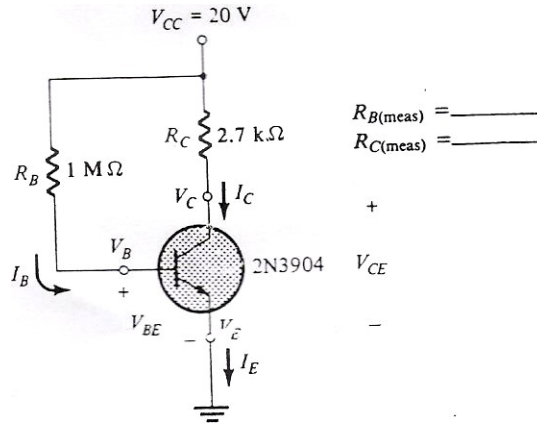


Şekil 5.2 Transistörde Çalışma Bölgeleri

DENEYİN YAPILIŞI

BÖLÜM 1. β 'nın belirlenmesi

a. 2N3904 transistörü kullanarak Şekil 5.3'deki devreyi kurunuz. Dirençleri ohmmetre ile ölçünüz ve aşağıya kaydediniz.



Şekil 5.3

b. V_{BE} ve V_{RC} gerilimlerini ölçünüz.

(Ölçülen) V_{BE} = _____

(Ölçülen) V_{RC} = _____

c. Ölçülen direnç değerleri kullanarak aşağıda denklemlerdeki taban ve toplayıcı akımlarını hesaplayınız.

$$I_B = V_{RB}/R_B = (V_{CC} - V_{RBE})/R_B$$

$$I_C = V_{RC}/R_C$$

Tablo 5.1'e I_B ve I_C hesaplanan değerlerini yazınız.

R_B yüksek dirence multimetrenin yükleme etkisinden dolayı I_B 'yi belirlemek için direk olarak V_{RB} gerilimini direnç üzerinden ölçmeyiniz.

d. c basamağındaki sonuçları kullanarak β 'nin değerini hesaplayın ve Tablo 5.1'e kaydediniz. Deney boyunca 2N3904 transistör için bu β değeri kullanılacaktır.

BÖLÜM 2. Sabit DC Besleme Devresi

a. Bölüm1'deki hesaplanan β 'yı, ölçülen direnç değerleri, DC sabit gerilim değerlerini ve yukarıda ölçülen V_{BE} gerilim değerlerini kullanarak I_B ve I_C akımları hesaplayınız. Yani, β değerini ve deneysel parametreleri kullanarak I_B ve I_C 'nin teorik değerlerini hesaplayınız.

(hesaplanan) I_B =

(hesaplanan) I_C =

Bölüm 1c'deki ölçülen gerilim değerinden belirlenen I_B ve I_C değerleri ile hesaplanan değerlerle karşılaştırınız. Aralarında benzerlik yada farklar var mıdır? Yorumlayınız?

b. Bölüm 2a'daki sonuçları kullanarak V_C , V_B , V_{CE} ve V_B değerlerini hesaplayınız.

(hesaplanan) V_C =

(hesaplanan) V_B =

(hesaplanan) V_{CE} =

(hesaplanan) V_B =

c. Şekil 5.3'deki devreyi çalıştırın ve V_C , V_B , V_{CE} ve V_B değerlerini ölçünüz.

(Ölçülen) V_C =

(Ölçülen) V_B =

(Ölçülen) V_{CE} =

(Ölçülen) V_B =

Bölüm 2b'deki ölçülen değerleri hesaplanan değerlerle karşılaştırınız. Aralarında benzerlik yada farklar var mıdır? Yorumlayınız? V_{CE} 'nin ölçülen değerini Tablo 5.1'e kaydediniz.

d. Deneyin gelecek bölümünde yüksek β değerine sahip bir transistör için yukarıdaki basamaklardaki işlemler tekrarlanacaktır. Buradaki amaç, yüksek β değerinin devrenin önemli parametreleri üstündeki etkisini göstermektir. İlk önce, bir önceki transistörün, 2N4401 β değeri belirlenmelidir. Bunun için Şekil 5.3'deki devreden 2N3904 nolu transistörü çıkartıp yerine 2N4401 transistörü bağlayınız. Diğer bütün devre elemanları ve gerilim kaynaklarını değiştirmeyiniz. V_{BE} ve V_{RC} gerilimini ölçünüz. Yukarıda ölçtüğünüz dirençlerin değerlerini ve aynı denklemleri kullanarak I_B ve I_C akımlarını hesaplayınız. Son olarak 2N4401 transistör için β değerini belirleyiniz ve aşağıya kaydediniz.

(Ölçülen) V_{BE} =
 (Ölçülen) V_{RC} =
 (Ölçümden) I_B =
 (Ölçümden) I_C =
 (hesaplanan) β =

Transistör Tipi	$V_{CE}(V)$	$I_C(mA)$	$I_B(\mu A)$	β
2N3904				
2N4401				

Tablo 5.1.

Tablo 5.1'e I_B, I_C, β ve ölçülen V_{CE} değerlerini kaydediniz.

e. Aşağıdaki denklemleri kullanarak her bir niceliğin β 'daki değişimden dolayı oluşan yüzdelik değişimin büyüklüğünü hesaplayın ve Tablo 5.2'ye kaydediniz. Aslında çalışma noktasının gerilim ve akım değerleri değişmemesi gerekir. Fakat sabit DC besleme devresinin çalışma noktası β -değerindeki değişimlere çok hassastır.

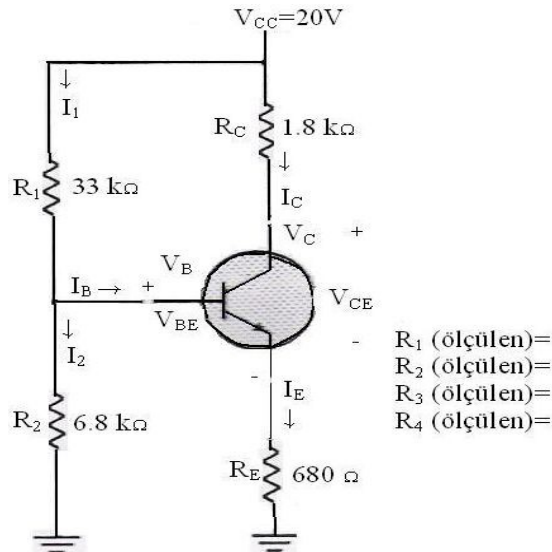
$$\begin{aligned} \% \Delta \beta &= \frac{|\beta_{4401} - \beta_{3904}|}{|\beta_{3904}|} \times 100\% & \% \Delta I_C &= \frac{|I_{C4401} - I_{C3904}|}{|I_{C3904}|} \times 100\% \\ \% \Delta V_{CE} &= \frac{|V_{CE4401} - V_{CE3904}|}{|V_{CE3904}|} \times 100\% & \% \Delta I_B &= \frac{|I_{B4401} - I_{B3904}|}{|I_{B3904}|} \times 100\% \end{aligned} \quad (7.1)$$

$\% \Delta V_{CE}$	$\% \Delta I_C$	$\% \Delta I_B$	$\% \Delta \beta$

Tablo 5.2. I_B, I_C, β ve V_{CE} değerlerindeki yüzdelik değişimler.

BÖLÜM 3. Gerilim Bölücü DC Besleme Devresi

a. 2N3904 transistörü kullanarak şekil 5.4'deki devreyi kurunuz. Aşağıdaki boş bırakılan yerlere ölçülen dirençleri yazınız. Dirençlerin ölçülen değerlerini yazınız.



Şekil 5.4

b. 2N3904 transistör için bölüm1’de belirlenen β değerini kullanarak şekil 5.4’deki devrenin I_B , I_C , I_E , β , I_B , V_E , V_C ve V_B teorik değerlerini hesaplayıp tablo 5.3’e kaydediniz.

2N3904	$V_E(V)$	$I_C(mA)$	$I_B(\mu A)$	β	$I_E(mA)$	$V_B(V)$	$V_C(V)$
Hesaplanan							
Ölçülen							

Tablo 5.3.

c. Şekil 5.4’deki devreyi çalıştırın ve V_E , V_C , V_B ve V_{CE} gerilim değerlerini ölçüp Tablo5.3’e kaydedin ve R_1 ve R_2 dirençleri üzerindeki V_{R1} ve V_{R2} gerilimleri ölçünüz. Ölçülen değerleri yüzler veya binler basamağına kadar okumaya çalışınız. Daha sonra ölçülen direnç ve okunan gerilim değerlerini $I_1 = V_{R1} / R_1$ ve $I_2 = V_{R2} / R_2$ denkleminde yerine koyarak I_1 , I_2 , I_E ve I_C akım değerlerini ve Kirchoff akım yasasını kullanarak I_B akımı hesaplayınız. Hesaplanan I_B , I_C ve I_E akım değerlerini Tablo 5.3’e kaydediniz.

Tablo 5.3’teki ölçülen ve hesaplanan değerleri karşılaştırın. Göze çarpan önemli bir farklılık oldu mu? Yorumlayınız?

d. Bölüm 3c’deki hesaplanan I_B ve I_C değerlerini ve hesaplanan V_{CE} gerilimi ile birlikte Bölüm1’deki β değerini Tablo 5.4’e kaydediniz.

e. Şekil 5.4’deki 2N3904 transistörü çıkartıp yerine 2N4401 transistörü yerleştiriniz. Daha sonra V_{R1} , V_{R2} , V_{RC} ve V_{CE} gerilimlerini ölçünüz. Bunun için V_{R1} , V_{R2} değerlerini ölçerken yüzler veya binler basamağına kadar okumaya çalışınız. Daha sonra I_1 , I_2 , I_C ve I_B akımlarını hesaplayınız. Tablo 5.4’e bu transistöre ait I_B , I_C , β ve V_{CE} değerlerini kaydediniz.

Transistör Tipi	$V_{CE}(V)$	$I_C(mA)$	$I_B(\mu A)$	β
2N3904				
2N4401				

Tablo 5.4

f. Tablo 5.4’teki değerleri kullanarak I_B , I_C , β ve V_{CE} değerlerindeki yüzdelik değişimleri hesaplayınız. Bunun için (2e) kısmındaki denklemleri kullanınız ve bulgularınız Tablo 5.5’e kaydediniz.

$\% \Delta V_{CE}$	$\% \Delta I_C$	$\% \Delta I_B$	$\% \Delta \beta$

Tablo 5.5. I_B , I_C , β ve V_{CE} değerlerinin yüzdelik değişimler.

BÖLÜM 4. Bilgisayar Alıştırması

a. **Elektronik Workbench** programını kullanarak şekil 7.3'deki devrenin DC analizini yapınız.

b. Şekil 7.4'deki gerilim bölücü devre için DC analizini tekrarlayınız.

c. (4a) ve (4b) kısımlarında bulgularında bulduğunuz sonuçları nasıl karşılaştırabilirsiniz? Açıklayınız?

Sorular

1) a. Şekil 5.3'deki sabit DC beslemeli devresi için I_C doyma akımını hesaplayınız.

(hesaplanan) $I_C =$

b. Şekil 5.4'deki gerilim bölücü devre için I_C doyma akımını hesaplayınız.

(hesaplanan) $I_C =$

c. Yukarıda (a) ve (b) kısımlarında hesapladığınız doyma akımlarına β 'nın nasıl bir etkisi vardır? Açıklayınız?

2) Bu devrede incelediğiniz her iki devrede I_C ve V_{CE} tanımlanan çalışma noktasının (Q-noktası) yeri 2N3904 transistörün yerine 2N4401 transistörü bağlayınca nasıl bir değişim gösterdi? Açıklayınız? Q-noktası hangi yöne doğru kaymıştır? Doyma bölgesine doğrumu yoksa sonlanma bölgesine doğrumu?

3) a. β 'daki değişimlerden dolayı I_C , V_{CE} ve I_B değerlerindeki değişim oranlarını belirleyiniz ve Tablo 5.6'ya kaydediniz. Bunun için Bölüm 2 ve bölüm 3'deki sonuçları kullanınız.

	$\frac{\% \Delta I_C}{\% \Delta \beta}$	$\frac{\% \Delta V_{CE}}{\% \Delta \beta}$	$\frac{\% \Delta I_B}{\% \Delta \beta}$
Sabit Besleme			
Gerilim Bölücü			

Tablo 5.6

b. İyi bir devre tasarlamamanın önemli amaçlarından birisi transistörün β değerindeki değişimlerden dolayı devredeki akım ve gerilimlerdeki değişimleri en aza indirmektir. Bunun için en önemli göstergelerden birisi aşağıdaki denklem ile belirtilen I_C akımdaki yüzdelik değişimin β ’daki yüzdelik değişimine oranıdır. Eğer $S(\beta)$ değeri düşükse devrenin akım ve gerilimleri β ’daki değişimden en az etkilenecektir.

$$S(\beta) = \frac{\% \Delta I_C}{\% \Delta \beta} \quad (7.2)$$

Tablo 5.6’daki sonuçlara bakarak hangi devrenin en iyi kararlılık faktörüne sahip olduğunu yazınız. İki kararlılık faktörü arasında önemli bir farklılık var mıdır?

c. Tablo 5.6’daki diğer değişimleri de göz önüne aldığınızda bir devre tasarımının diğerine göre daha kararlı olduğu söylenebilir mi? Açıklayınız?

4) **a.** Şekil 5.3’deki I_B akımını diğer devre elemanları cinsinden ifade ediniz. Daha sonra I_C akımı için bir denklem elde ediniz.

b. $I_1 \cong I_2$ yaklaşık olarak eşit ve I_1 ve I_2 akımları I_B akımından çok büyük olduğunu farz ederek I_C akımını diğer devre elemanları cinsinden ifade ediniz.

c. Kısım (4a) ve (4b) deki sonuçlara bakarak yukarıdaki devreleri kıyaslandığında I_C akımının değişimi betadaki değişimden daha hassas olmasının nedeni nelerdir?