

Elektronik Aygıtlar

BÖLÜM 4

BJT TRANSİSTÖRLERİN DC POLARLAMASI

BMB2012 – Elektronik Devreler ve Aygıtlar
Ders Notları

Bursa Uludağ Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
2023-2024 Bahar Yarıyılı

Çeviren ve Düzenleyen: Prof. Dr. Kemal FİDANBOYLU

DC Polarlama

- **Polarlama:** AC sinyallerini yükseltebilmek için bir transistörü çalıştırmak amacıyla uygulanan DC voltajı.
- Gerçekte, ac voltajındaki, akımındaki veya gücündeki herhangi bir artış, uygulanan dc kaynaklarından bir enerji transferinin sonucudur.
- Ortak Denklemler:

$$V_{BE} \cong 0.7 \text{ V}$$

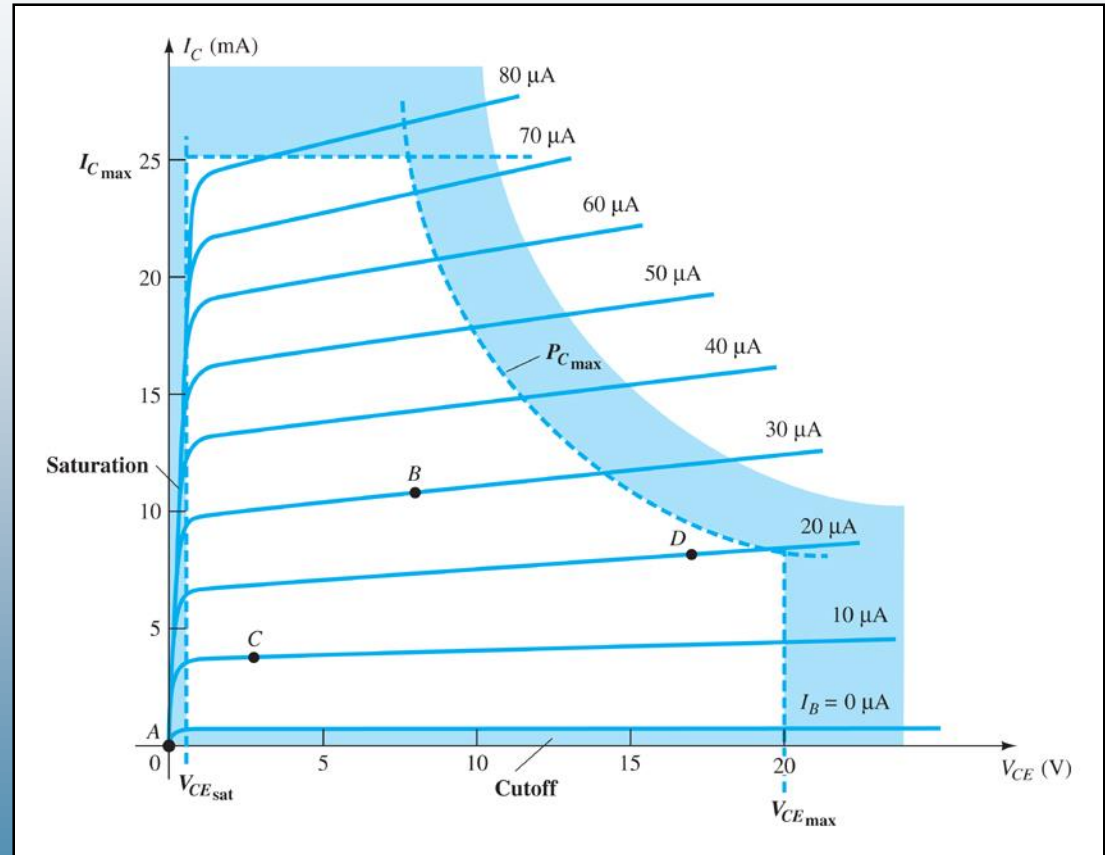
$$I_E = (\beta + 1)I_B \cong I_C$$

$$I_C = \beta I_B$$

Çalışma Noktası

Beta her bir transistör için farklı olur en optimum için B noktasında tutmamız lazım

- DC kaynağı, Q noktası adı verilen bir çalışma noktası oluşturur.



Üç Çalışma Bölgesi

- **Aktif veya Doğrusal Bölgede Çalışma**
 - Baz-Emitör jonksiyonu ileri yönde polarlamalıdır
 - Baz-Kolektör jonksiyonu ters polarlamalıdır
- **Kesim Bölgesinde Çalışma**
 - Baz-Emitör jonksiyonu ters polarlamalıdır
- **Doyma Bölgesinde Çalışma**
 - Baz-Emitör jonksiyonu ileri yönde polarlamalıdır
 - Baz-Kolektör jonksiyonu ileri yönde polarlamalıdır

DC Polarlama Devreleri

Sınavda ya zener ya kenetleyici tarzı advanced diyot sorar

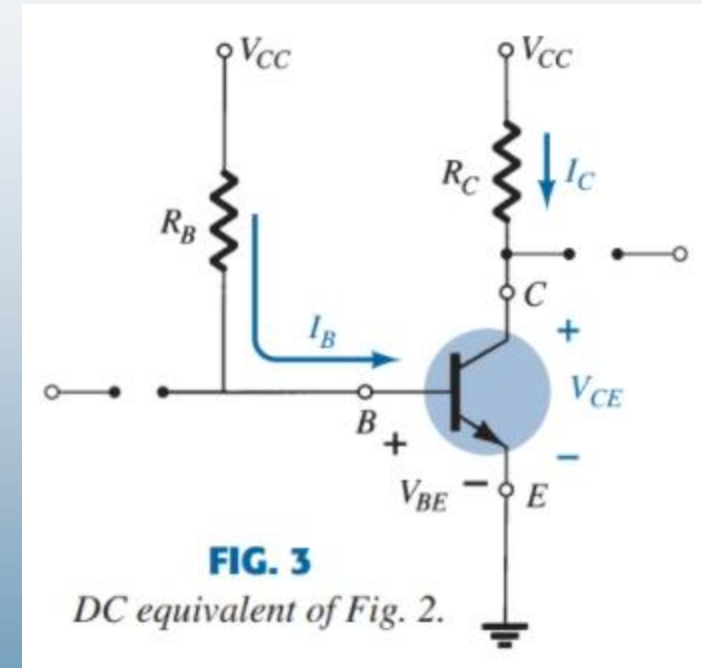
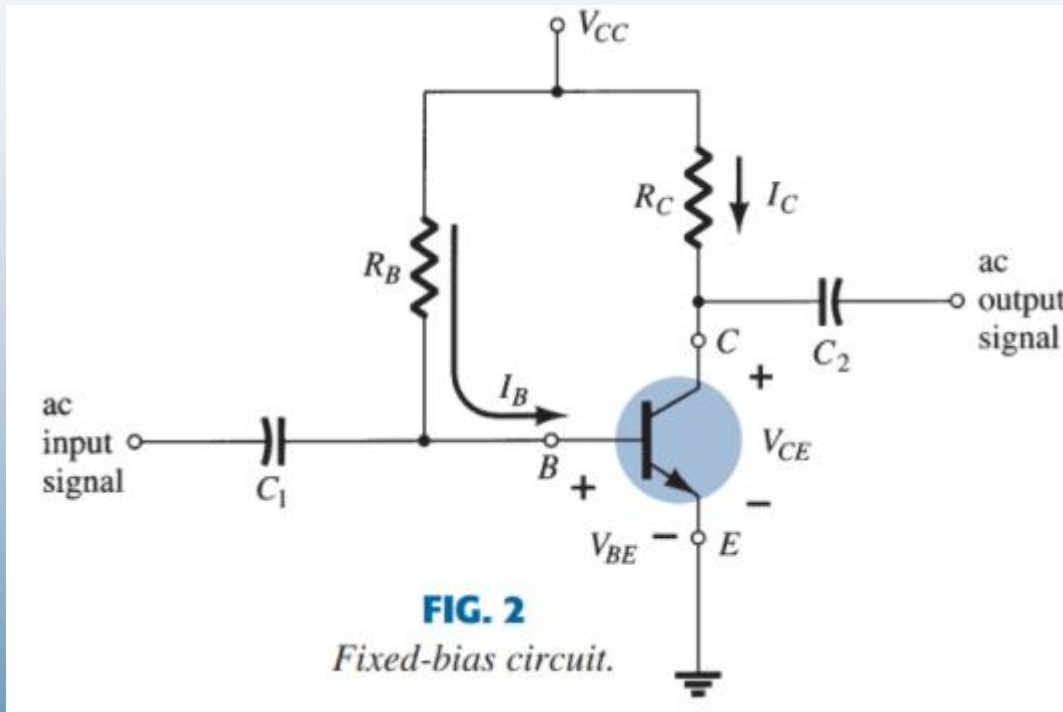
- **Sabit polarlama devresi**
- **Emitör stabilizeli polarlama devresi**
- **Kolektör-Emitör döngüsü**
- **Voltaj bölücü polarlama devresi**
- **Voltaj geri beslemeli DC polarlama**

Bu 5'inden biri gelecek sınavda

Sabit Polarlama

Hoparlör devresi buna benzer.
Kondansatör AC de kısa devre olur.
DC de açık devre olur

Filtreleme görevi görür



Sabit Polarlama

Baz-Emitör Döngüsü

$V_{BE} = 0.7$ olacak her zaman garanti

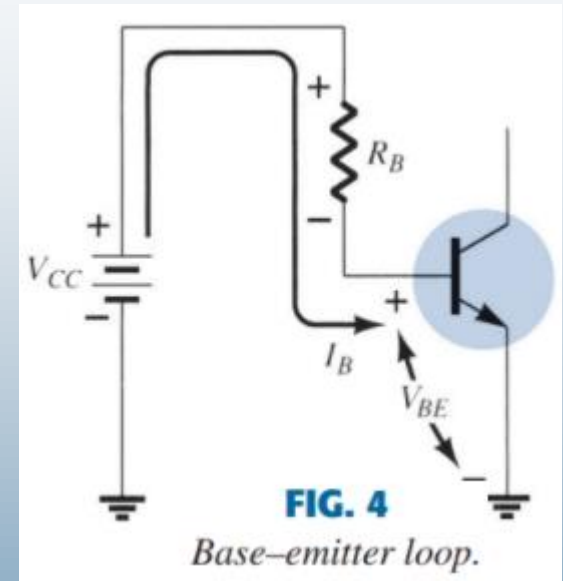
$I_B = \text{microA}$

- Kirchhoff'un voltaj kanunundan:

$$+V_{CC} - I_B R_B - V_{BE} = 0$$

- Baz akımı için çözersek:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$



Sabit Polarlama

Kolektör-Emitör Döngüsü

- Kolektör akımı:

$$I_C = \beta I_B$$

Sınavda verilecek.

- Kirchhoff'un voltaj kanunundan:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

$$V_{CE} = V_C - V_E$$

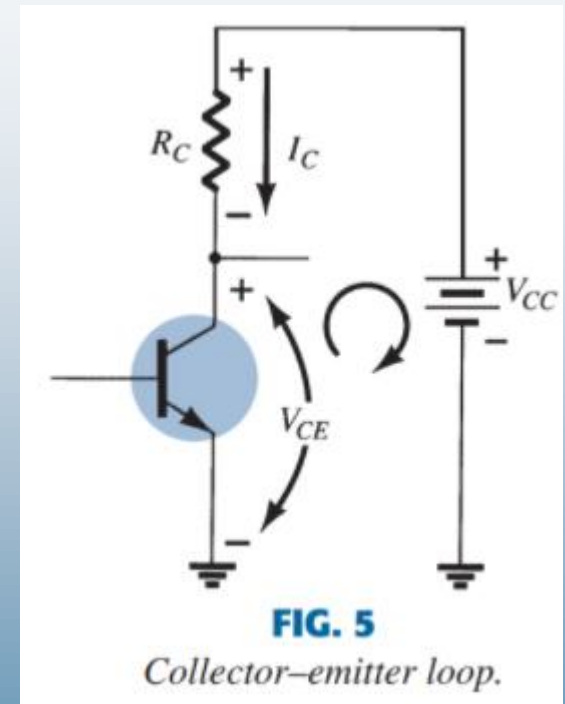
$$V_E = 0 \text{ V}$$

$$V_{CE} = V_C$$

$$V_{BE} = V_B - V_E$$

$$V_E = 0 \text{ V}$$

$$V_{BE} = V_B$$

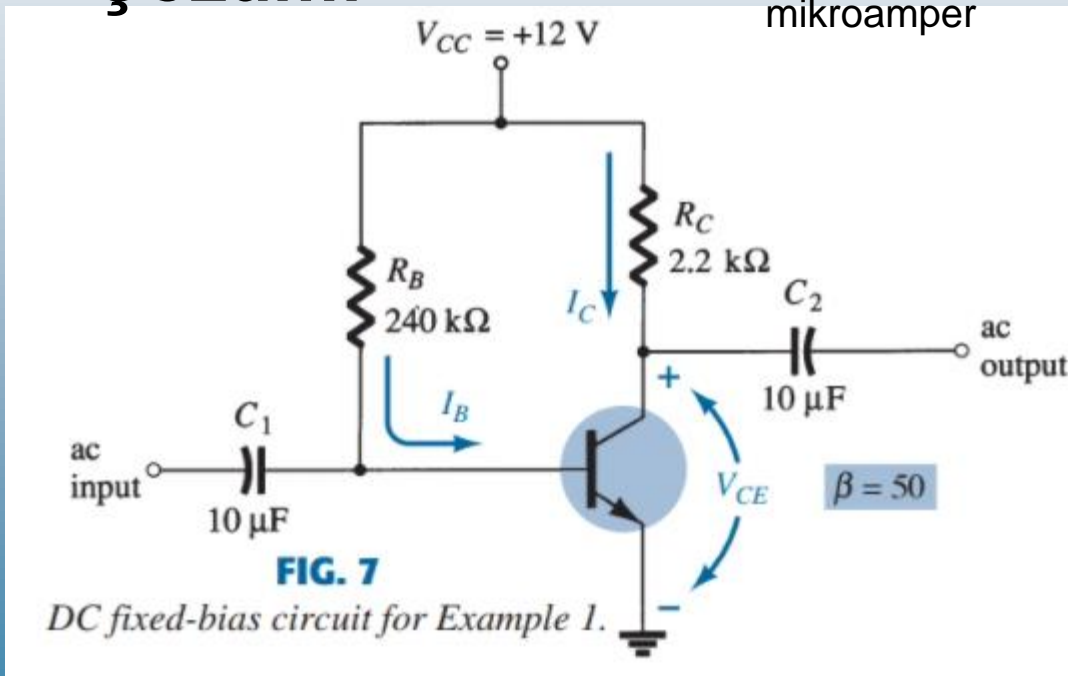


Sabit Polarlama için Örnek-1

- **Örnek 1:** Şekil 7'deki sabit polarlama konfigürasyonu için aşağıdakileri bulun. (a) I_{BQ} ve I_{CQ} , (b) V_{CEQ} , (c) V_B ve V_C , (d) V_{BC} .

Cevap miliamper
çıkacak onu 1000
ile çarp
mikroamper

- **Çözüm:**



$$a. I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{12 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{240 \text{ k}\Omega}$$

$$= 47.08 \mu\text{A}$$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} = (50)(47.08 \mu\text{A})$$

$$= 2.35 \text{ mA}$$

$$b. V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}R_C$$

$$= 12 \text{ V} - (2.35 \text{ mA})(2.2 \text{ k}\Omega)$$

$$= 6.83 \text{ V}$$

Volt çıkıyor

$$c. V_B = V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$

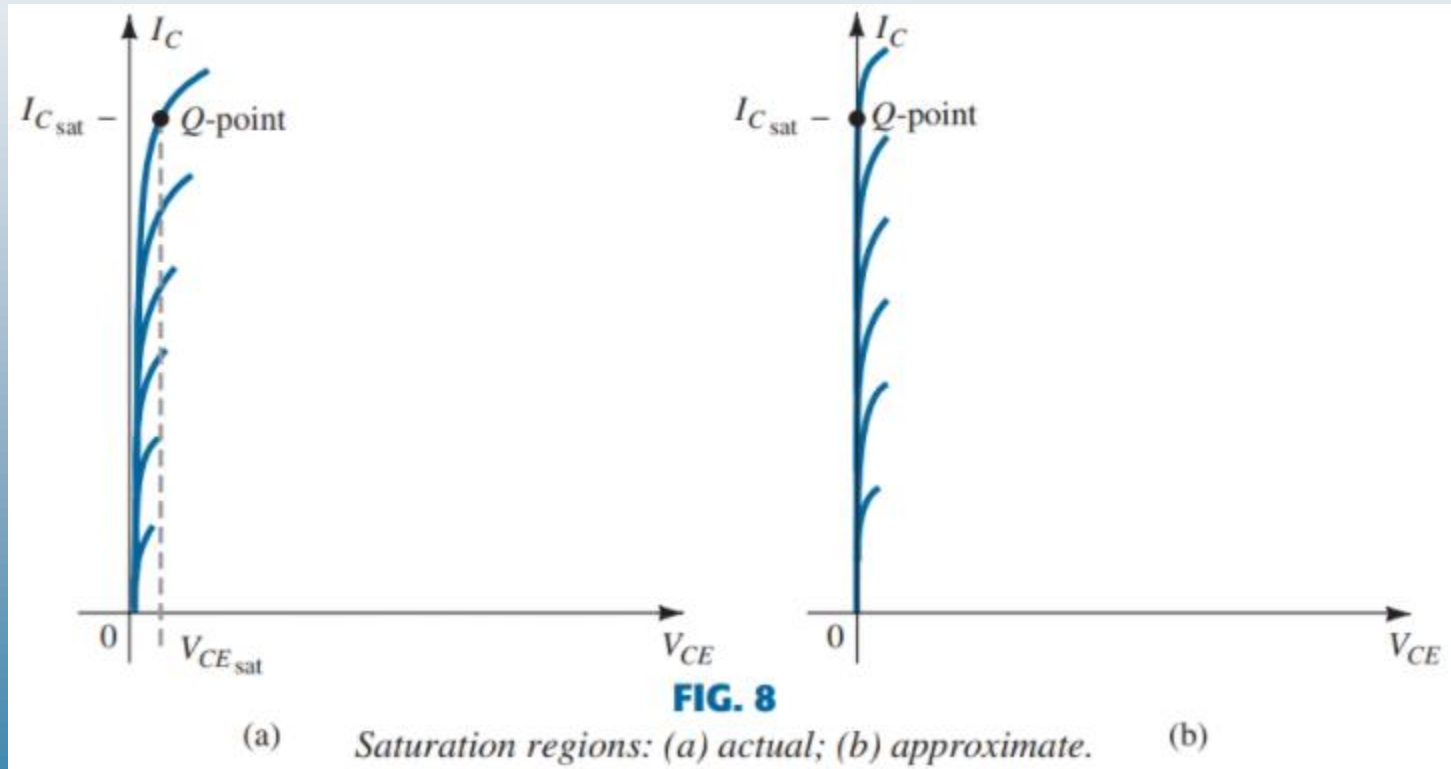
$$V_C = V_{CE} = 6.83 \text{ V}$$

$$d. V_{BC} = V_B - V_C = 0.7 \text{ V} - 6.83 \text{ V}$$

$$= -6.13 \text{ V}$$

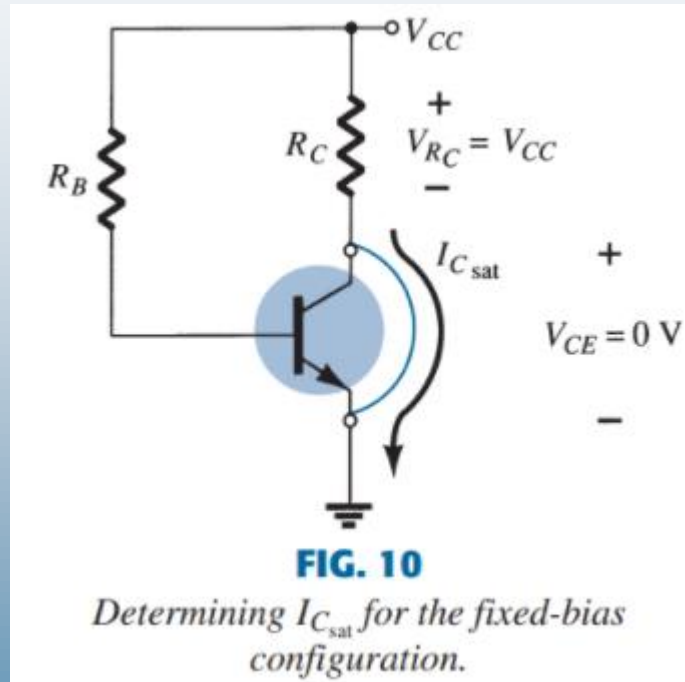
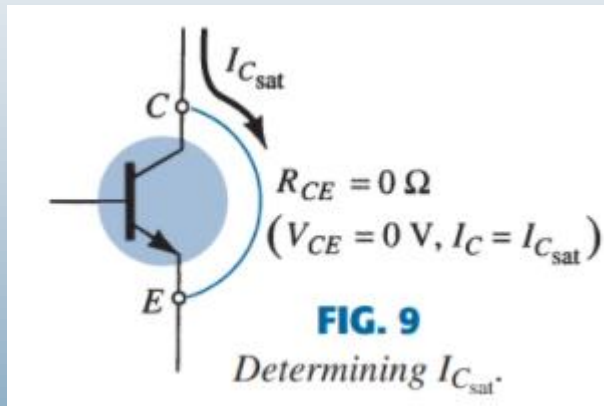
Transistör Doyumu (1)

- Transistör doyma bölgesinde çalışırken, transistörden geçen akım mümkün olan maksimum değerdedir.





Transistör Doyumu (2)



$$V_{CE} \cong 0\text{ V}$$

$$I_{C\text{sat}} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

Yük Doğrusu Analizi

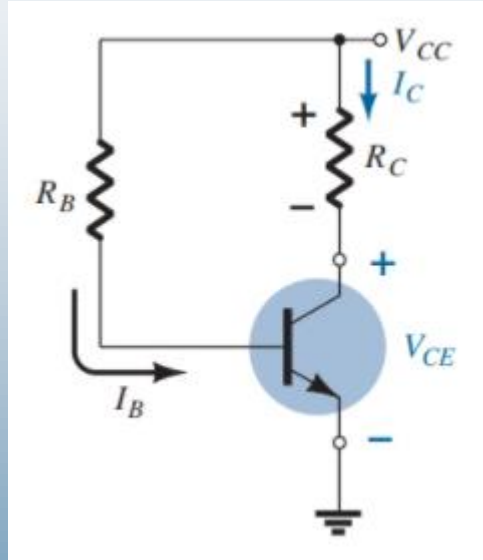
- Finalde mutlaka yük doğrusu çizeceksin
- **Yük doğrusu bitiş noktaları:**

- **I_{Csat}**

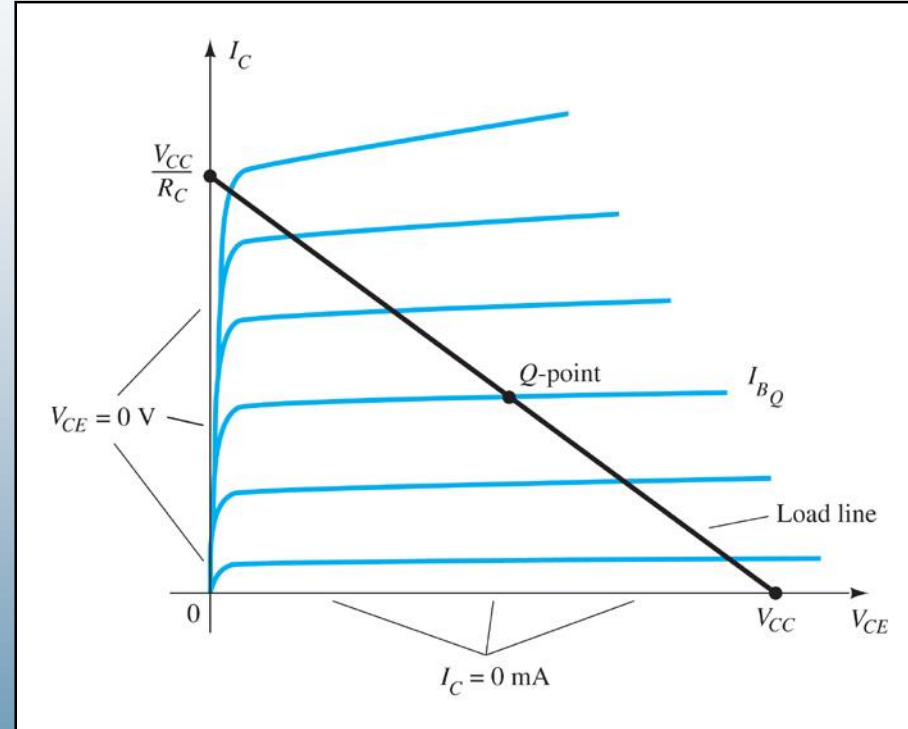
- $I_C = V_{CC} / R_C$
- $V_{CE} = 0 \text{ V}$

- **$V_{CEcuttoff}$**

- $V_{CE} = V_{CC}$
- $I_C = 0 \text{ mA}$



Maviyi hoca veriyor senin yapman gereken siyahı çizmek

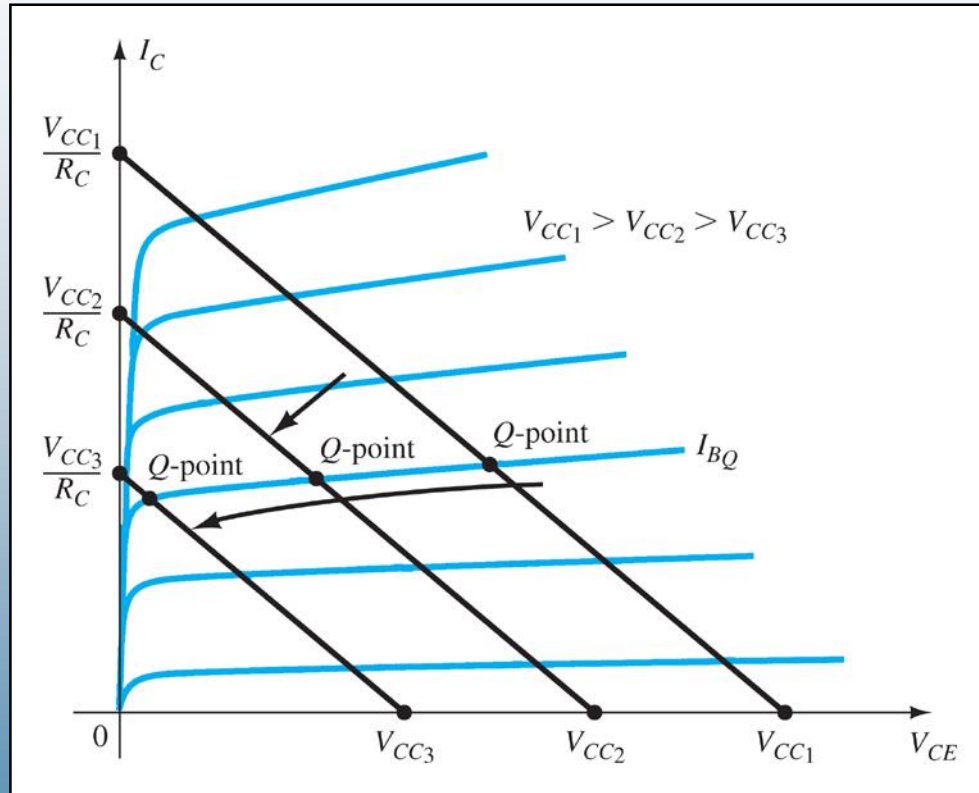


Bunun ile ilgili min 1 soru gelir.

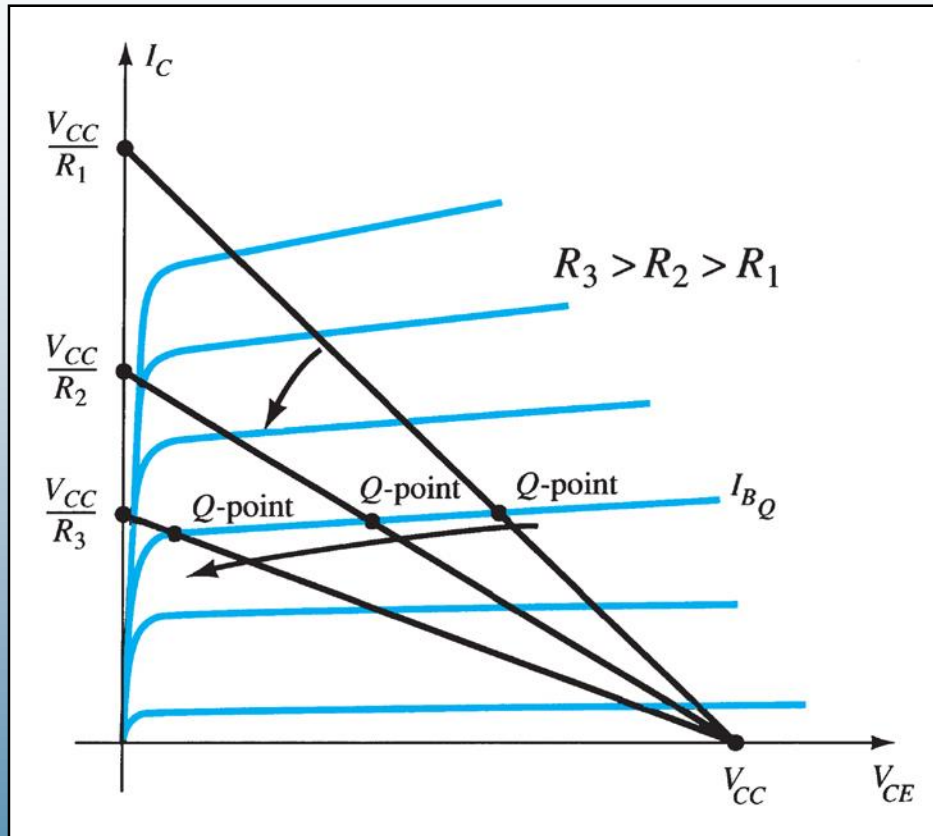
- *Q noktası, R_B değerinin V_{CE} ve I_C değerlerini kontrol eden I_B değerini belirlediği çalışma noktasıdır.*

V_{CC} 'nin Q Noktası Üzerindeki Etkisi

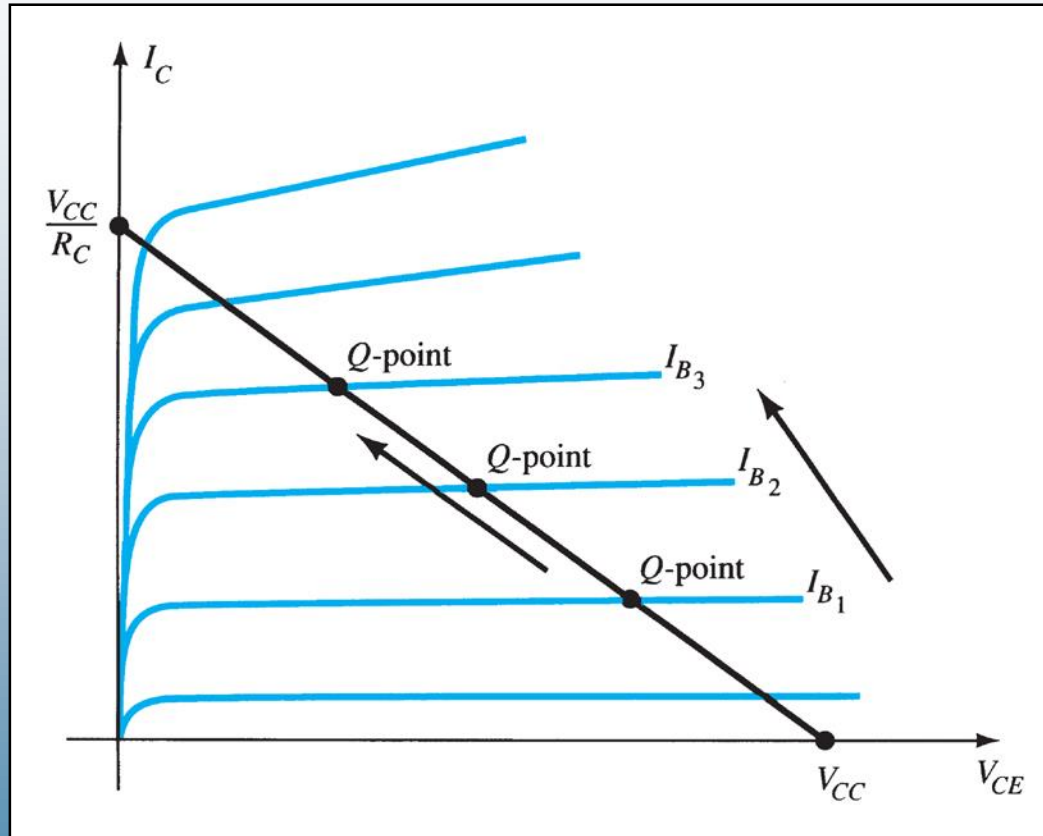
Q noktasını yukarıya kaydırmanın bir yolu V_{CC} ile oynamak



R_C 'nin Q Noktası Üzerindeki Etkisi



I_B 'nin Q Noktası Üzerindeki Etkisi





Sabit Polarlama için Örnek-2

- **Örnek 3:** Şekil 16'daki yük doğrusu ve tanımlanan Q noktası göz önüne alındığında, bir sabit polarlama konfigürasyonu için gerekli olan V_{CC} , R_C ve R_B değerlerini bulun.
- **Çözüm:**

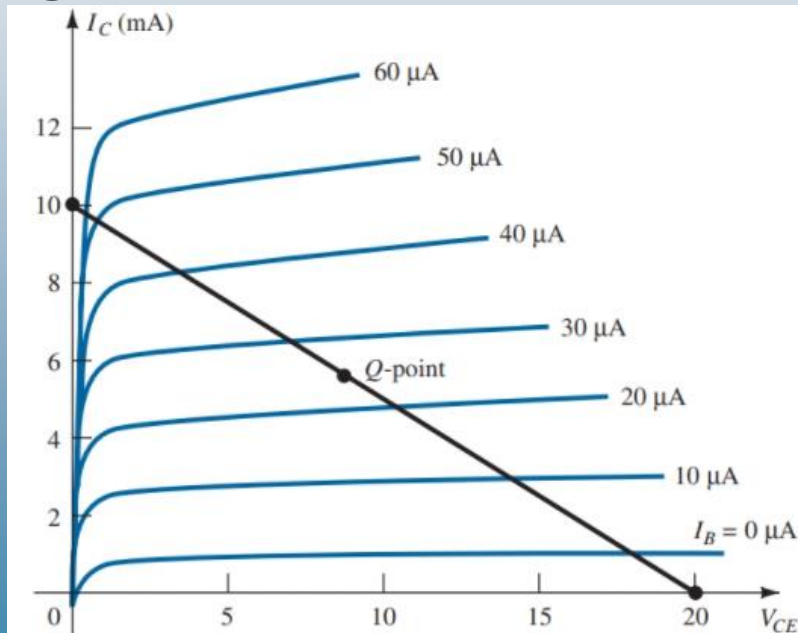


FIG. 16
Example 3.

$$V_{CE} = V_{CC} = 20 \text{ V at } I_C = 0 \text{ mA}$$

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} \text{ at } V_{CE} = 0 \text{ V}$$

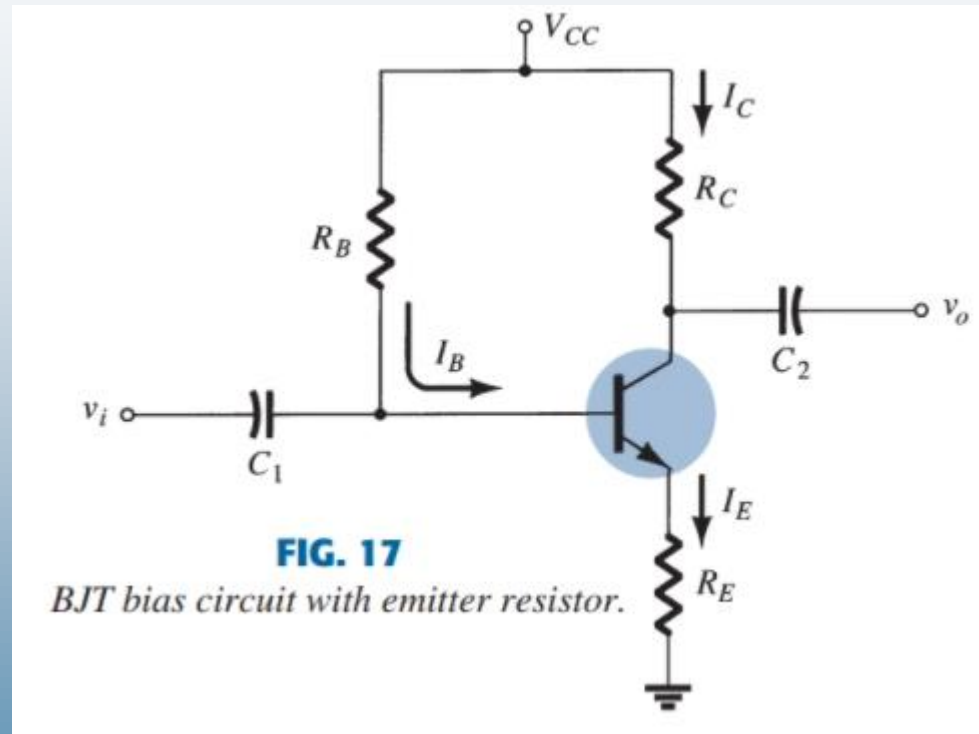
$$R_C = \frac{V_{CC}}{I_C} = \frac{20 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 2 \text{ k}\Omega$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} = \frac{20 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{25 \mu\text{A}} = 772 \text{ k}\Omega$$

Emitör Stabilizeli Polarlama Devresi

- Emitör devresine bir direnç (R_E) eklenirse, polarlama devresi stabilize olur.



Baz-Emitör Döngüsü

- Kirchhoff'un voltaj kanunundan:

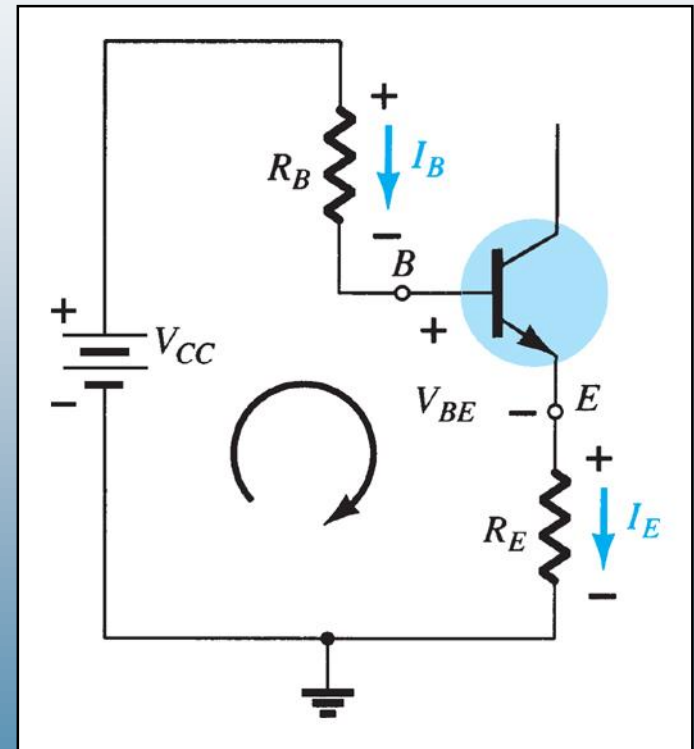
$$+V_{CC} - I_B R_B - V_{BE} - I_E R_E = 0$$

- $I_E = (\beta + 1)I_B$ olduğuna göre:

$$-V_{BE} + V_{CC} - I_B R_B - (\beta + 1)I_B R_E = 0$$

- I_B için çözersek:

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



Kolektör-Emitör Döngüsü

$$I_E \cong \frac{\beta + 1}{\beta} I_C$$

- Kirchhoff'un voltaj kanunundan:

$$I_E R_E + V_{CE} + I_C R_C - V_{CC} = 0$$

- $I_E \cong I_C$ olduğuna göre:

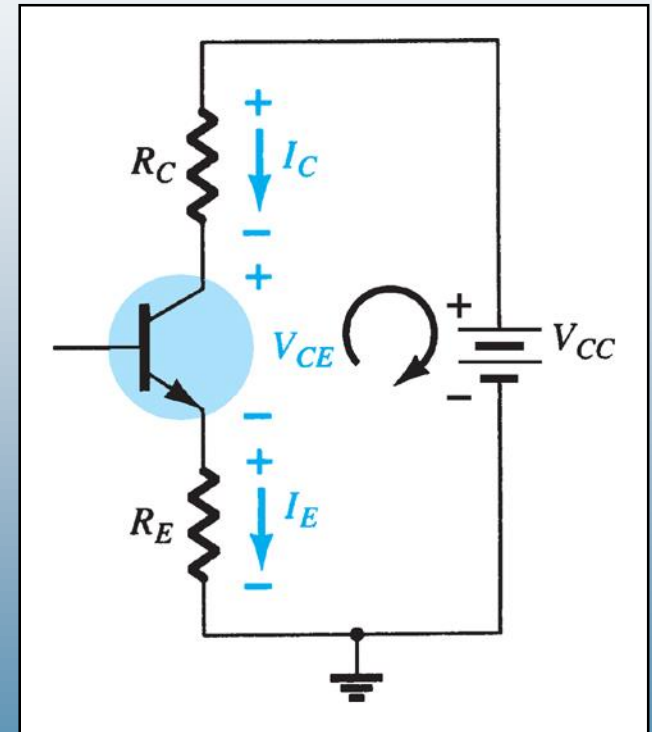
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

- Ayrıca:

$$V_E = I_E R_E$$

$$V_C = V_{CE} + V_E = V_{CC} - I_C R_C$$

$$V_B = V_{CC} - I_R R_B = V_{BE} + V_E$$



Geliştirilmiş Polarlama Kararlılığı

- **Kararlılık**, geniş bir sıcaklık ve transistör Beta (β) değerleri aralığında akımların ve voltajların oldukça sabit kaldığı bir durumu ifade eder.
- Emitöre R_E direncinin eklenmesi, bir transistörün kararlılığını artırır. R_E nin eklenmesi transistörün Beta ya olan ba ımlılı ını azaltır

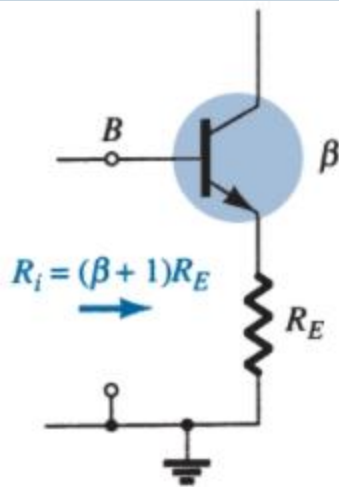


FIG. 21

Reflected impedance level of R_E .

- Kolektör-emitör döngüsünün bir parçası olan emitör direnci, baz-emitör döngüsünde " $(\beta + 1)R_E$ olarak görünür". β tipik olarak 50 veya daha fazla olduğundan, emitör direnci baz devresinde çok daha büyük görünmektedir.

Emitör Stabilizeli Polarlama Devresi Örneği (1)

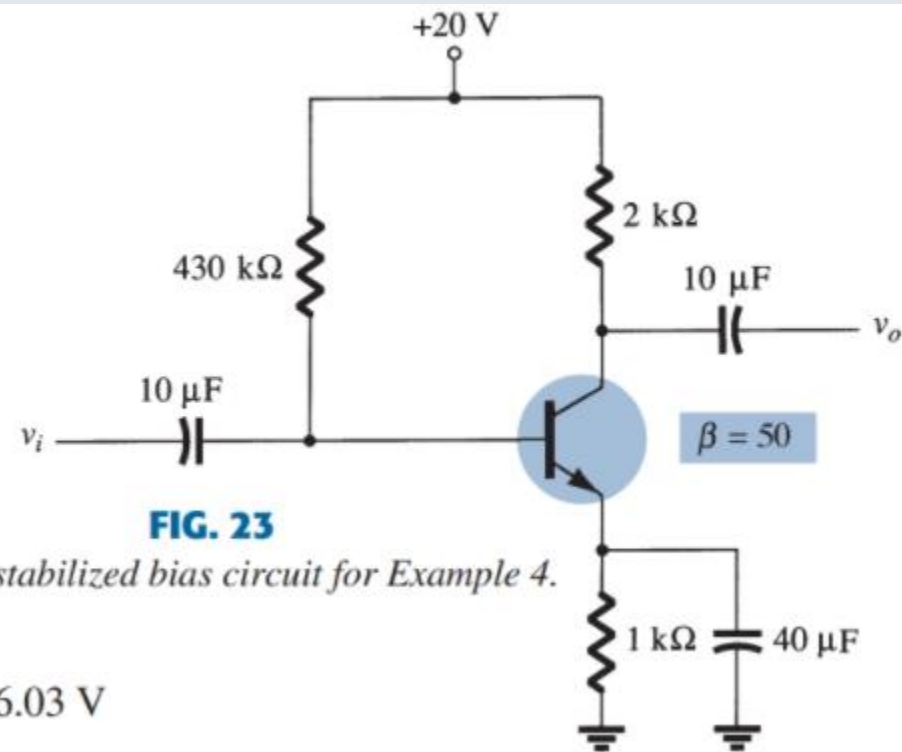
- **Örnek 4:** Şekil 23'teki emitör stabilizeli polarlama devresi için, aşağıdakileri bulun: (a) I_B , (b) I_C , (c) V_{CE} , (d) V_C , (e) V_E , (f) V_B , (g) V_{BC} .

- **Çözüm:**

$$\begin{aligned} \text{a. } I_B &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E} = \frac{20 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{430 \text{ k}\Omega + (51)(1 \text{ k}\Omega)} \\ &= \frac{19.3 \text{ V}}{481 \text{ k}\Omega} = \mathbf{40.1 \mu\text{A}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } I_C &= \beta I_B \\ &= (50)(40.1 \mu\text{A}) \\ &\cong \mathbf{2.01 \text{ mA}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } V_{CE} &= V_{CC} - I_C(R_C + R_E) \\ &= 20 \text{ V} - (2.01 \text{ mA})(2 \text{ k}\Omega + 1 \text{ k}\Omega) = 20 \text{ V} - 6.03 \text{ V} \\ &= \mathbf{13.97 \text{ V}} \end{aligned}$$



Emitör Stabilizeli Polarlama Devresi Örneği (2)

- Örnek 4: (Devamı)

$$\begin{aligned} \text{d. } V_C &= V_{CC} - I_C R_C \\ &= 20 \text{ V} - (2.01 \text{ mA})(2 \text{ k}\Omega) = 20 \text{ V} - 4.02 \text{ V} \\ &= \mathbf{15.98 \text{ V}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e. } V_E &= V_C - V_{CE} \\ &= 15.98 \text{ V} - 13.97 \text{ V} \\ &= \mathbf{2.01 \text{ V}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{or } V_E &= I_E R_E \cong I_C R_E \\ &= (2.01 \text{ mA})(1 \text{ k}\Omega) \\ &= \mathbf{2.01 \text{ V}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{f. } V_B &= V_{BE} + V_E \\ &= 0.7 \text{ V} + 2.01 \text{ V} \\ &= \mathbf{2.71 \text{ V}} \end{aligned}$$

- BJT'nin dc polarlamasına emitör direncinin eklenmesi, ileri düzeyde kararlılık sağlar, yani sıcaklık ve beta değerleri gibi dış koşullar değiştiği zaman, dc polarlama akımları ve voltajları tasarlandıkları değerlere yakın kalır.

Emitör Stabilizeli Polarlama Devresi Örneği (3)

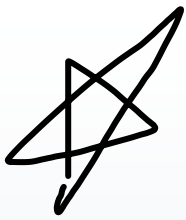
- **Örnek 5:** Verilen $\beta = 50$ değeri ve yeni bir $\beta = 100$ değeri için Şekil 7 ve Şekil 23'teki devrelerin polarlama voltaj ve akımlarını karşılaştırın. Ayrıca, β 'daki aynı artış için I_C ve V_{CE} 'deki değişiklikleri karşılaştırın.
- **Çözüm:**

Effect of β variation on the response of the fixed-bias configuration of Fig. 7.

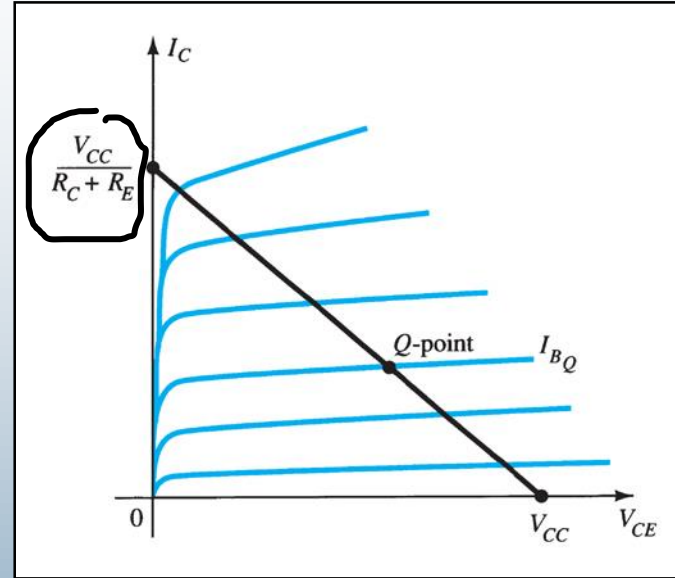
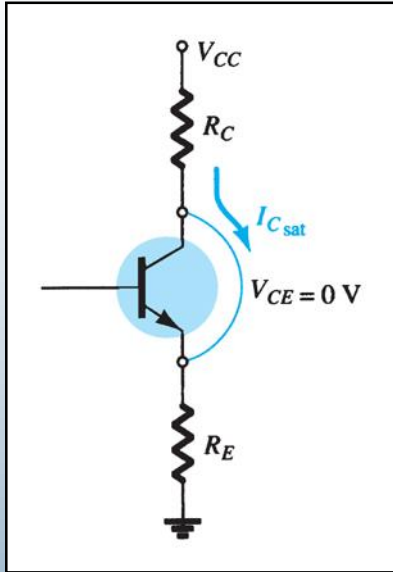
β	I_B (μA)	I_C (mA)	V_{CE} (V)
50	47.08	2.35	6.83
100	47.08	4.71	1.64

Effect of β variation on the response of the emitter-bias configuration of Fig. 23.

β	I_B (μA)	I_C (mA)	V_{CE} (V)
50	40.1	2.01	13.97
100	36.3	3.63	9.11



Doyma Durumu



- Uç noktalar yük doğrusundan bulunabilir.

• $V_{CEcutoff}$:

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} \\ I_C &= 0 \text{ mA} \end{aligned}$$

• I_{Csat} :

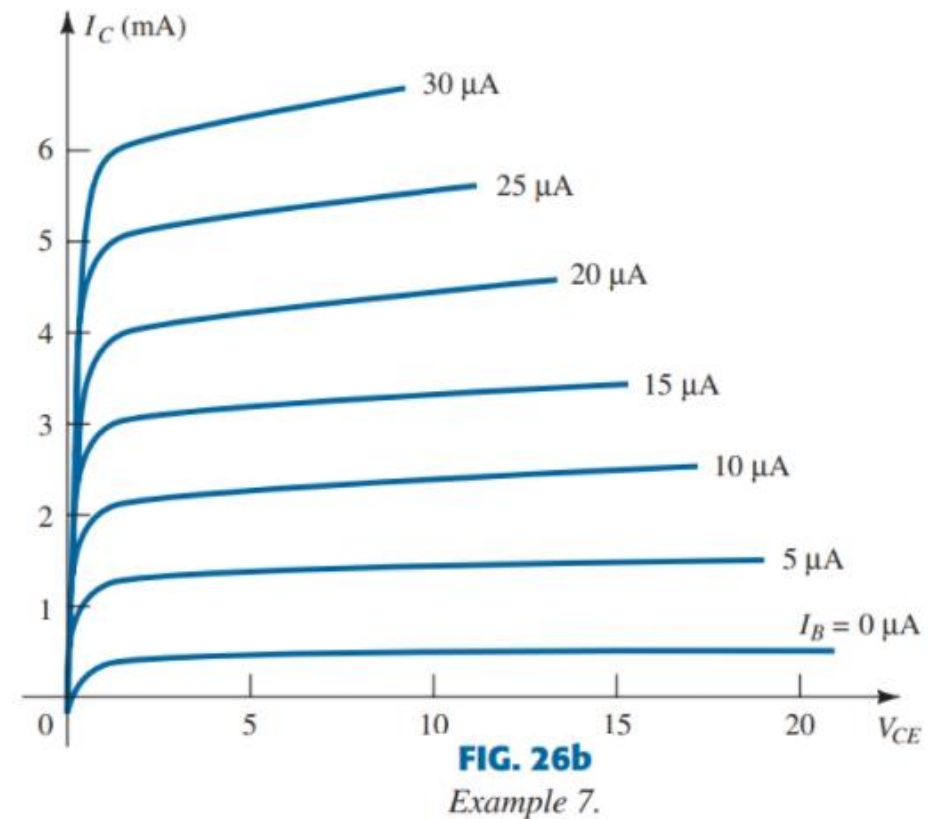
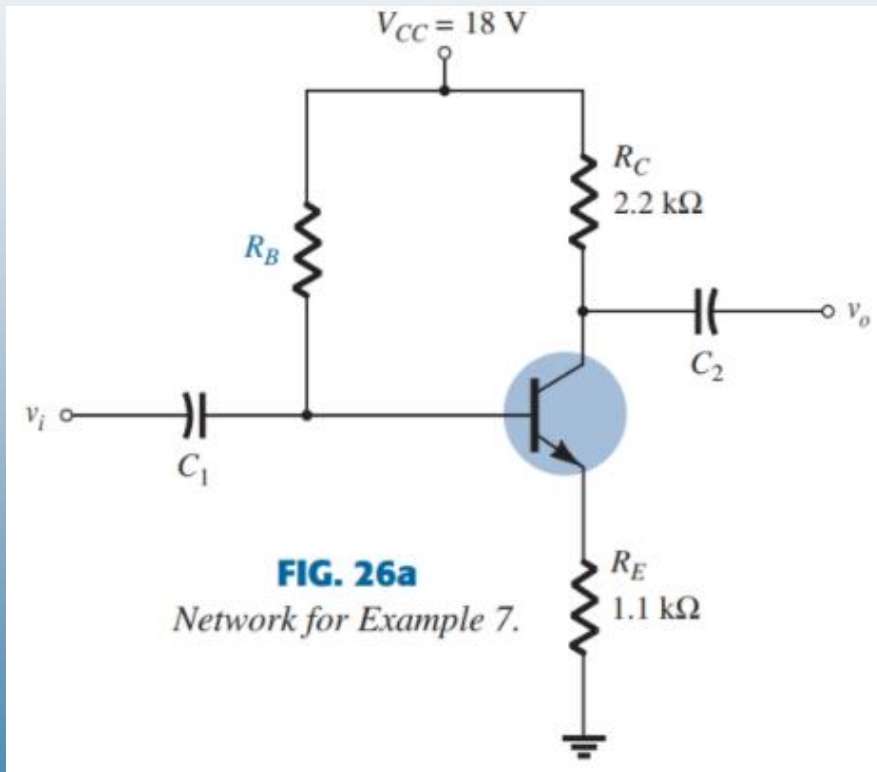
$$\begin{aligned} V_{CE} &= 0 \text{ V} \\ I_C &= \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} \end{aligned}$$

Emitör Stabilizeli Polarlama Devresi Örneği (4)

- **Örnek 7:** (a) Şekil 26b'deki transistörün özellikleri üzerine Şekil 26a'daki devre için yük doğrusunu çizin; (b) $15\ \mu\text{A}$ baz akımı ile yük doğrusunun kesişimindeki bir Q noktası için, I_{CQ} ve V_{CEQ} değerlerini bulun; (c) Q noktasındaki dc betayı bulun. (d) (c) şıkkında bulunan devre için betayı (β) kullanarak, gerekli R_B değerini hesaplayın ve olası bir standart değer önerin.

Emitör Stabilizeli Polarlama Devresi Örneği (5)

- Örnek 7: (Devamı)
- Çözüm:



Emitör Stabilizeli Polarlama Devresi Örneği (6)

• Örnek 7: (Devamı)

a. At $V_{CE} = 0 \text{ V}$: $I_C = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} = \frac{18 \text{ V}}{2.2 \text{ k}\Omega + 1.1 \text{ k}\Omega} = \frac{18 \text{ V}}{3.3 \text{ k}\Omega} = 5.45 \text{ mA}$

At $I_C = 0 \text{ mA}$: $V_{CE} = V_{CC} = 18 \text{ V}$

b. $V_{CE_Q} \cong 7.5 \text{ V}$, $I_{C_Q} \cong 3.3 \text{ mA}$

c. $\beta = \frac{I_{C_Q}}{I_{B_Q}} = \frac{3.3 \text{ mA}}{15 \mu\text{A}} = 220$

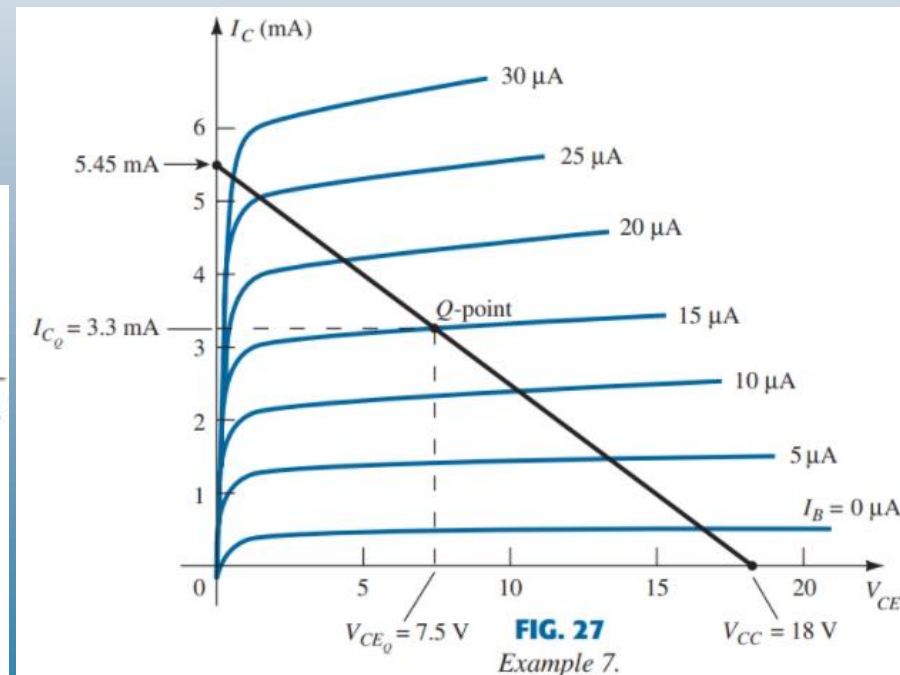
d. $I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E} = \frac{18 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{R_B + (220 + 1)(1.1 \text{ k}\Omega)}$

$\Rightarrow 15 \mu\text{A} = \frac{17.3 \text{ V}}{R_B + (221)(1.1 \text{ k}\Omega)} = \frac{17.3 \text{ V}}{R_B + 243.1 \text{ k}\Omega}$

$\Rightarrow (15 \mu\text{A})(R_B) + (15 \mu\text{A})(243.1 \text{ k}\Omega) = 17.3 \text{ V}$

$\Rightarrow (15 \mu\text{A})(R_B) = 17.3 \text{ V} - 3.65 \text{ V} = 13.65 \text{ V}$

$\Rightarrow R_B = \frac{13.65 \text{ V}}{15 \mu\text{A}} = 910 \text{ k}\Omega$



Voltaj Bölücü Polarlama

- Bu çok kararlı bir polarlama devresidir çünkü akımlar ve voltajlar β 'daki herhangi bir değişiklikten neredeyse bağımsızdır.*

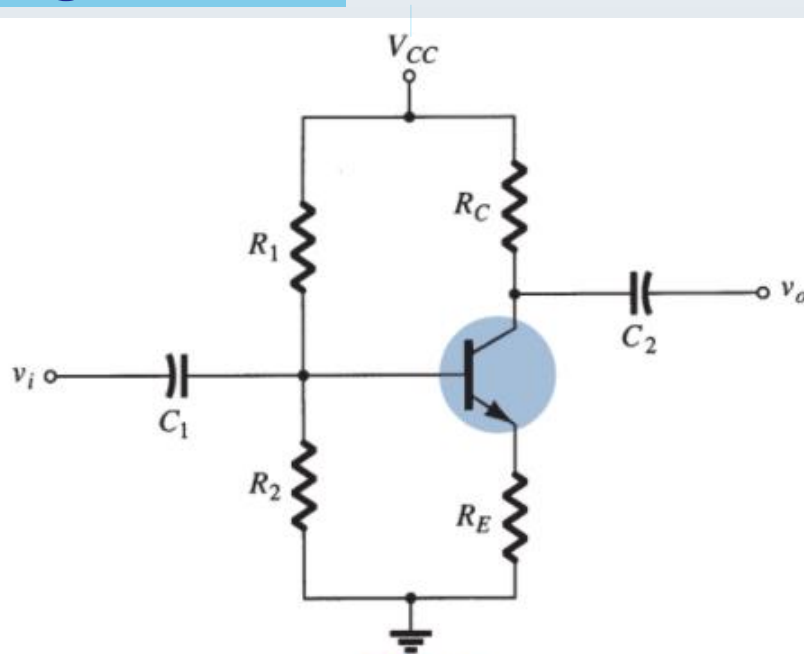


FIG. 28

Voltage-divider bias configuration.

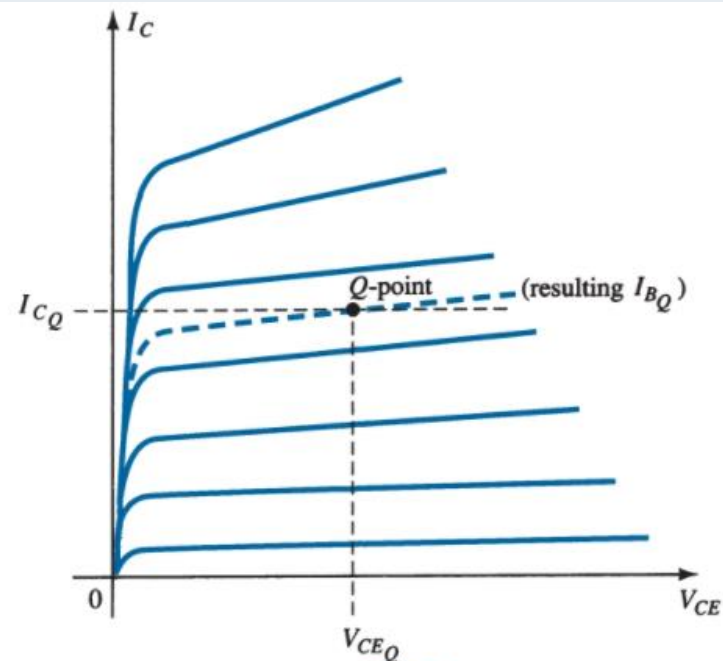


FIG. 29

Defining the Q-point for the voltage-divider bias configuration.

Voltaj Bölücü Polarlama: Kesin Analiz (1)

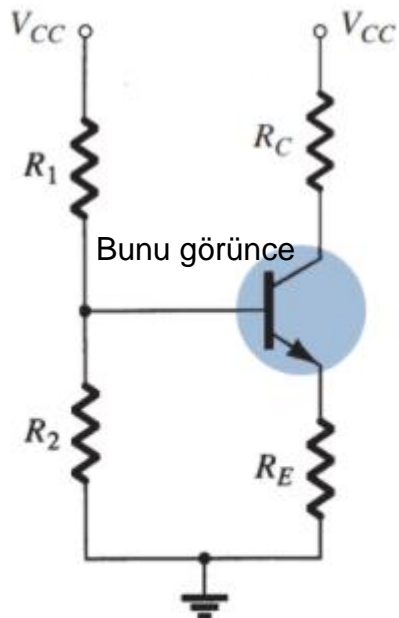


FIG. 30

DC components of the voltage-divider configuration.

$$I_B = \frac{E_{Th} - V_{BE}}{R_{Th} + (\beta + 1)R_E}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$$

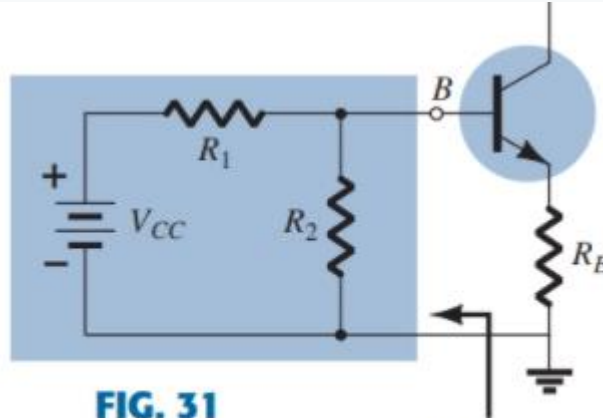


FIG. 31

Redrawing the input side of the network of Fig. 28.

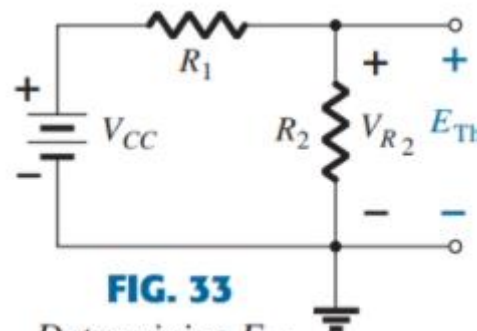


FIG. 33

Determining E_{Th} .

$$E_{Th} = V_{R_2} = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2}$$

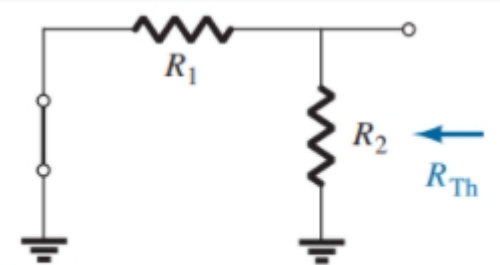


FIG. 32

Determining R_{Th} .

$$R_{Th} = R_1 \parallel R_2$$

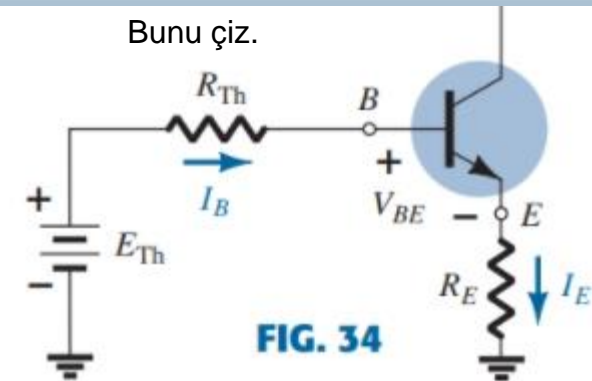
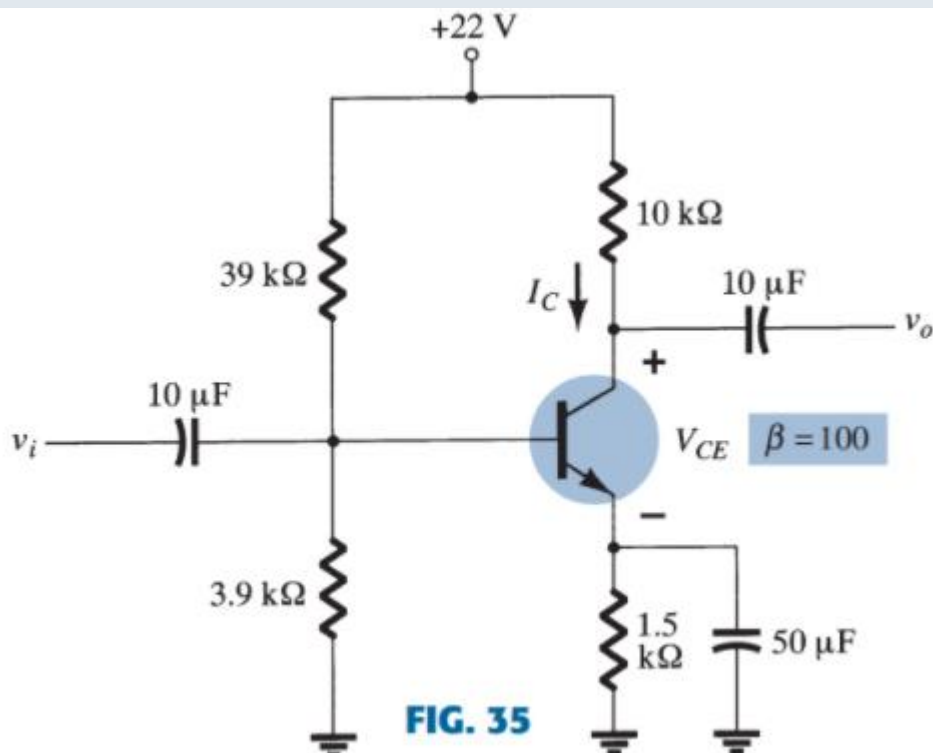


FIG. 34

Inserting the Thévenin equivalent circuit.

Voltaj Bölücü Polarlama: Kesin Analiz (2)

- **Örnek 8:** Şekil 35'teki voltaj bölücü konfigürasyonu için DC polarlama voltajı V_{CE} 'yi ve akım I_C 'yi bulun.
- **Çözüm:**



Beta-stabilized circuit for Example 8.

$$R_{Th} = R_1 \parallel R_2 \\ = \frac{(39 \text{ k}\Omega)(3.9 \text{ k}\Omega)}{39 \text{ k}\Omega + 3.9 \text{ k}\Omega} = 3.55 \text{ k}\Omega$$

$$E_{Th} = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2} \\ = \frac{(3.9 \text{ k}\Omega)(22 \text{ V})}{39 \text{ k}\Omega + 3.9 \text{ k}\Omega} = 2 \text{ V}$$

Voltaj Bölücü Polarlama: Kesin Analiz (3)

- Örnek 8: (Devamı)

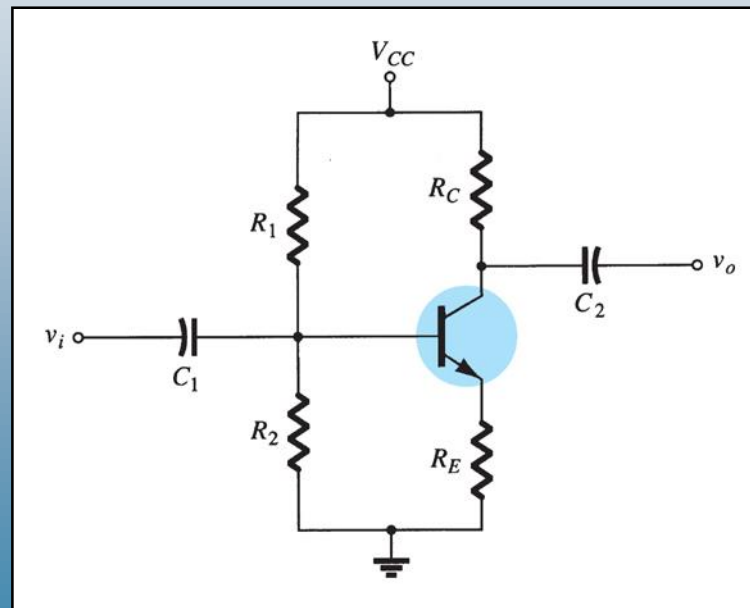
$$\begin{aligned} I_B &= \frac{E_{Th} - V_{BE}}{R_{Th} + (\beta + 1)R_E} \\ &= \frac{2 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{3.55 \text{ k}\Omega + (101)(1.5 \text{ k}\Omega)} = \frac{1.3 \text{ V}}{3.55 \text{ k}\Omega + 151.5 \text{ k}\Omega} \\ &= 8.38 \mu\text{A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_C &= \beta I_B \\ &= (100)(8.38 \mu\text{A}) \\ &= \mathbf{0.84 \text{ mA}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - I_C(R_C + R_E) \\ &= 22 \text{ V} - (0.84 \text{ mA})(10 \text{ k}\Omega + 1.5 \text{ k}\Omega) \\ &= 22 \text{ V} - 9.66 \text{ V} \\ &= \mathbf{12.34 \text{ V}} \end{aligned}$$

Voltaj Bölücü Polarlama: Yaklaşık Analiz (1)

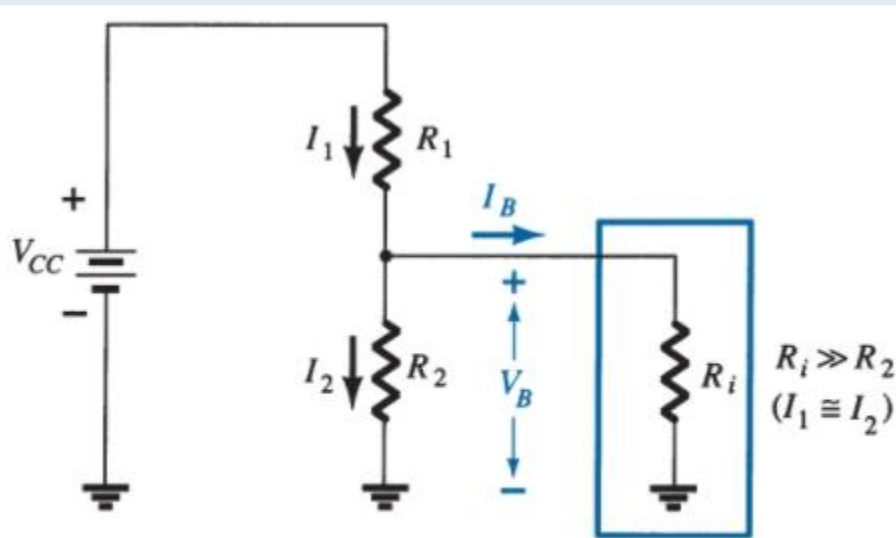
- Eğer $R_i \gg R_2$ ise, $I_B \ll I_1$ ve $I_1 \cong I_2$.
- Burada $R_i = (\beta + 1)R_E$.



Voltaj Bölücü Polarlama: Yaklaşık Analiz (2)

- Eğer $\beta R_E \geq 10R_2$ ise, yaklaşık analiz geçerlidir.

Sınavda kesin ile yaklaşık yapıp mukayese edilebilir.



$$V_B = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2}$$

$$V_E = V_B - V_{BE}$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E}$$

$$I_{CQ} \cong I_E$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E$$

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

Voltaj Bölücü Polarlama: Yaklaşık Analiz (3)

Örnek sınav sorusu mutlaka çöz

- **Örnek 9:** Yaklaşık analiz tekniğini kullanarak Şekil 35'teki analizi tekrarlayın ve I_{CQ} ve V_{CEQ} için çözümleri karşılaştırın.
- **Çözüm:**

$$\begin{aligned}\text{Test: } \quad \beta R_E &\geq 10R_2 \\ (100)(1.5 \text{ k}\Omega) &\geq 10(3.9 \text{ k}\Omega) \\ 150 \text{ k}\Omega &\geq 39 \text{ k}\Omega \text{ (Sağlandı)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_B &= \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2} \\ &= \frac{(3.9 \text{ k}\Omega)(22 \text{ V})}{39 \text{ k}\Omega + 3.9 \text{ k}\Omega} \\ &= 2 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_E &= V_B - V_{BE} \\ &= 2 \text{ V} - 0.7 \text{ V} \\ &= 1.3 \text{ V}\end{aligned}$$

$$I_{CQ} \cong I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{1.3 \text{ V}}{1.5 \text{ k}\Omega} = \mathbf{0.867 \text{ mA}}$$

$$\begin{aligned}V_{CEQ} &= V_{CC} - I_C(R_C + R_E) \\ &= 22 \text{ V} - (0.867 \text{ mA})(10 \text{ k}\Omega + 1.5 \text{ k}\Omega) \\ &= 22 \text{ V} - 9.97 \text{ V} \\ &= \mathbf{12.03 \text{ V}}\end{aligned}$$

Voltaj Bölücü Polarlama: Yaklaşık Analiz (4)

- **Örnek 10:** β 'nın değeri 50'ye düşürülürse Örnek 8'in kesin analizini tekrarlayın ve I_{CQ} ve V_{CEQ} için çözümleri karşılaştırın.
- **Çözüm:**

$$\begin{aligned} R_{Th} &= 3.55 \text{ k}\Omega, & E_{Th} &= 2 \text{ V} \\ I_B &= \frac{E_{Th} - V_{BE}}{R_{Th} + (\beta + 1)R_E} \\ &= \frac{2 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{3.55 \text{ k}\Omega + (51)(1.5 \text{ k}\Omega)} = \frac{1.3 \text{ V}}{3.55 \text{ k}\Omega + 76.5 \text{ k}\Omega} \\ &= 16.24 \mu\text{A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CEQ} &= V_{CC} - I_C(R_C + R_E) \\ &= 22 \text{ V} - (0.81 \text{ mA})(10 \text{ k}\Omega + 1.5 \text{ k}\Omega) \\ &= \mathbf{12.69 \text{ V}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{CQ} &= \beta I_B \\ &= (50)(16.24 \mu\text{A}) \\ &= \mathbf{0.81 \text{ mA}} \end{aligned}$$

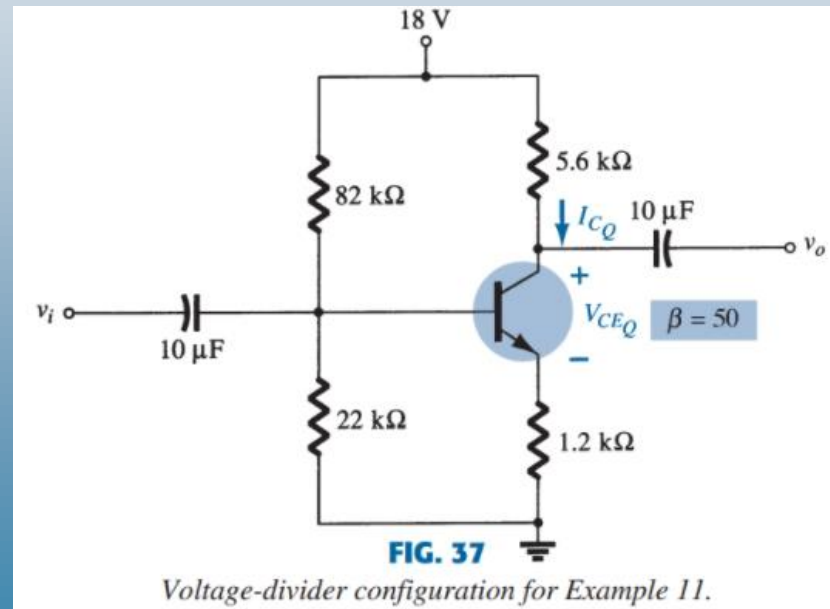
Effect of β variation on the response of the voltage-divider configuration of Fig. 35.

β	$I_{CQ} \text{ (mA)}$	$V_{CEQ} \text{ (V)}$
100	0.84 mA	12.34 V
50	0.81 mA	12.69 V

Voltaj Bölücü Polarlama: Yaklaşık Analiz (5)

→ Sınavda mutlaka gelir.

- **Örnek 11:** Kesin ve yaklaşık analiz tekniklerini kullanarak Şekil 37'deki voltaj bölücü konfigürasyonu için I_{CQ} ve V_{CEQ} değerlerini bulun ve çözümleri karşılaştırın.



Voltaj Bölücü Polarlama: Yaklaşık Analiz (6)

→ Kesin analizde I_B hesaplanır. Yaklaşık analizde $I_B = 0$

→ Burada sağlanmamasına rağmen yine de bir sonraki slaytta yaklaşık analiz yaptık

- **Örnek 11: (Devamı)**
- **Çözüm:**

Kesin Analiz:

$$\beta R_E \geq 10 R_2$$

$$(50)(1.2 \text{ k}\Omega) \geq 10(22 \text{ k}\Omega)$$

$$60 \text{ k}\Omega \not\geq 220 \text{ k}\Omega \text{ (Sağlanmadı)}$$

$$R_{Th} = R_1 \parallel R_2 = 82 \text{ k}\Omega \parallel 22 \text{ k}\Omega = 17.35 \text{ k}\Omega$$

$$E_{Th} = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2} = \frac{22 \text{ k}\Omega (18 \text{ V})}{82 \text{ k}\Omega + 22 \text{ k}\Omega} = 3.81 \text{ V}$$

$$I_B = \frac{E_{Th} - V_{BE}}{R_{Th} + (\beta + 1)R_E} = \frac{3.81 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{17.35 \text{ k}\Omega + (51)(1.2 \text{ k}\Omega)} = \frac{3.11 \text{ V}}{78.55 \text{ k}\Omega} = 39.6 \mu\text{A}$$

$$I_{C_Q} = \beta I_B = (50)(39.6 \mu\text{A}) = \mathbf{1.98 \text{ mA}}$$

$$\begin{aligned} V_{CE_Q} &= V_{CC} - I_C(R_C + R_E) \\ &= 18 \text{ V} - (1.98 \text{ mA})(5.6 \text{ k}\Omega + 1.2 \text{ k}\Omega) \\ &= \mathbf{4.54 \text{ V}} \end{aligned}$$

Voltaj Bölücü Polarlama: Yaklaşık Analiz (7)

• Örnek 11: (Devamı)

• Sınavda ko ulu sa lamıyorsa, sa lamıyor yaz.

Yaklaşık Analiz:

$$V_B = E_{Th} = 3.81 \text{ V}$$

$$V_E = V_B - V_{BE} = 3.81 \text{ V} - 0.7 \text{ V} = 3.11 \text{ V}$$

$$I_{C_Q} \cong I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{3.11 \text{ V}}{1.2 \text{ k}\Omega} = \mathbf{2.59 \text{ mA}}$$

$$\begin{aligned} V_{CE_Q} &= V_{CC} - I_C(R_C + R_E) \\ &= 18 \text{ V} - (2.59 \text{ mA})(5.6 \text{ k}\Omega + 1.2 \text{ k}\Omega) \\ &= \mathbf{3.88 \text{ V}} \end{aligned}$$

Comparing the exact and approximate approaches.

	$I_{C_Q} \text{ (mA)}$	$V_{CE_Q} \text{ (V)}$
Exact	1.98	4.54
Approximate	2.59	3.88

Voltaj Bölücü Polarlama Analizi

- Transistör Doyma Durumu:

$$I_{C_{\text{sat}}} = I_{C_{\text{max}}} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

- Yük Doğrusu Analizi:

Kesim:

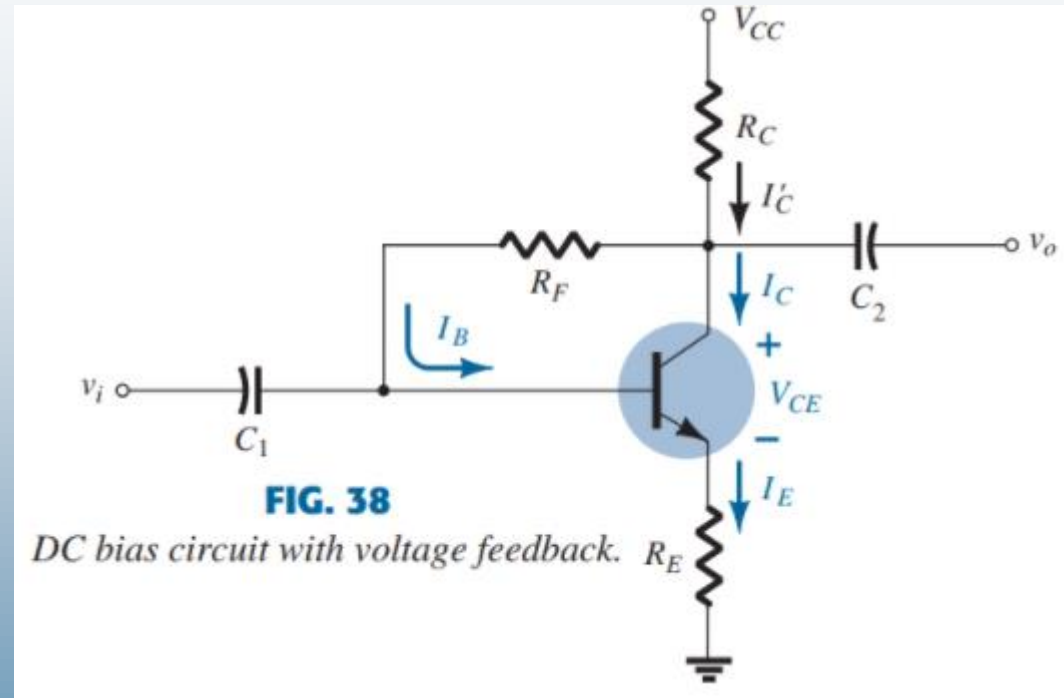
$$V_{CE} = V_{CC} \big|_{I_C = 0 \text{ mA}}$$

Doyma:

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} \big|_{V_{CE} = 0 \text{ V}}$$

Kolektör Geri Besleme Konfigürasyonu

- Bir polarlama devresinin kararlılığını iyileştirmenin başka bir yolu, kolektör terminalinden baz terminaline bir geri besleme yolu eklemektir.
- Bu polarlama devresinde Q noktası, transistörün beta (β) değerine biraz bağımlıdır.



Kolektör Geri Besleme Konfigürasyonu

Baz-Emitör Döngüsü

Zener

$$V_{CC} - I'_C R_C - I_B R_F - V_{BE} - I_E R_E = 0$$

$$I'_C = I_C + I_B$$

$$I'_C \cong I_C$$

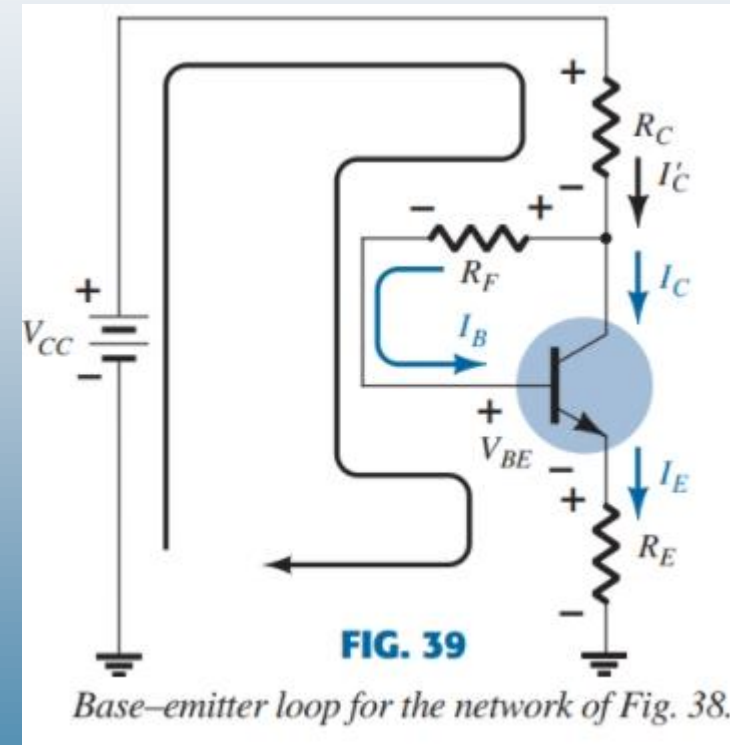
$$I'_C \cong I_C = \beta I_B$$

$$I_E \cong I_C$$

$$V_{CC} - \beta I_B R_C - I_B R_F - V_{BE} - \beta I_B R_E = 0$$

$$V_{CC} - V_{BE} - \beta I_B (R_C + R_E) - I_B R_F = 0$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_F + \beta(R_C + R_E)}$$



Kolektör Geri Besleme Konfigürasyonu

Kolektör-Emitör Döngüsü

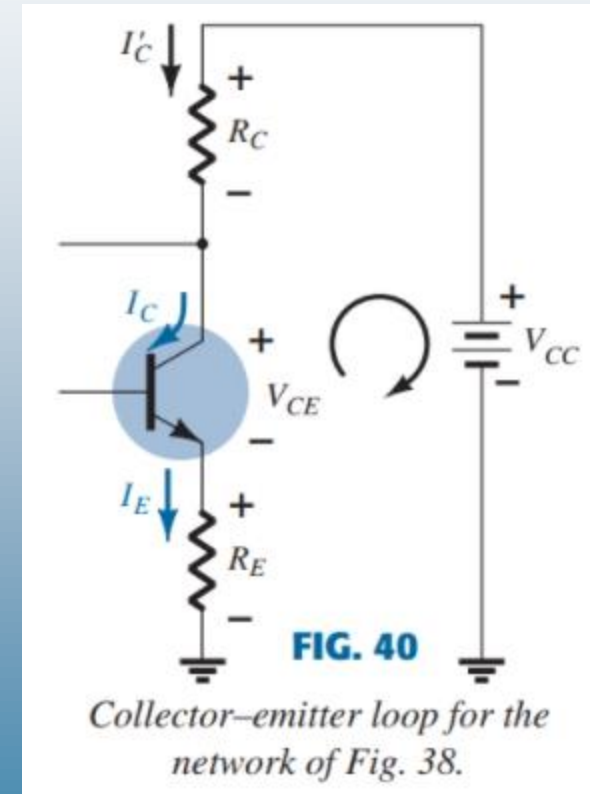
$$I_E R_E + V_{CE} + I'_C R_C - V_{CC} = 0$$

$$I'_C \cong I_C$$

$$I_E \cong I_C$$

$$I_C(R_C + R_E) + V_{CE} - V_{CC} = 0$$

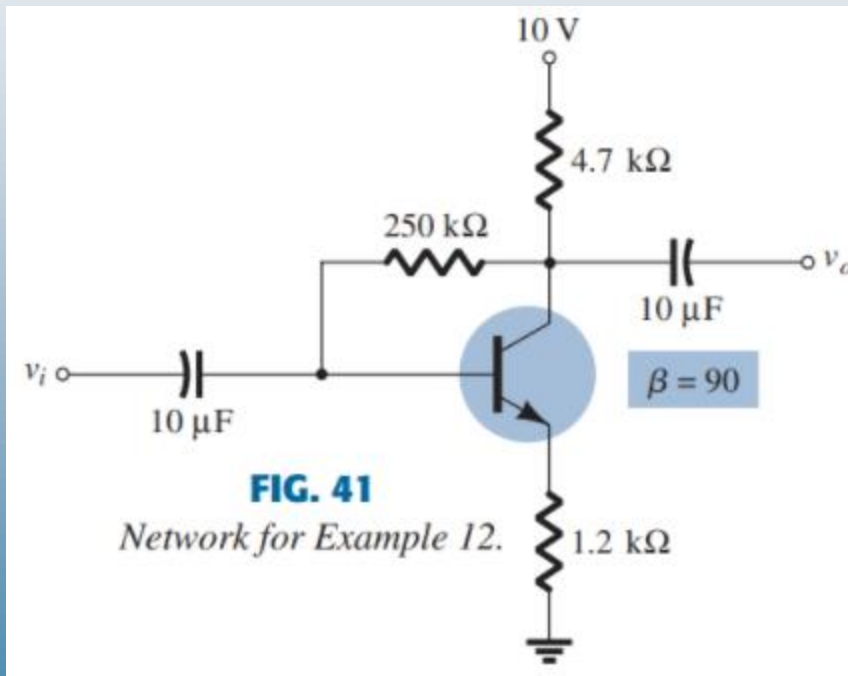
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$$



Kolektör Geri Besleme Konfigürasyonu

DC Polarlama Örneği (1)

- **Örnek 12:** Şekil 41'deki devre için I_{CQ} ve V_{CEQ} değerlerini bulun.
- **Çözüm:**



$$\begin{aligned} I_B &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_F + \beta(R_C + R_E)} \\ &= \frac{10\text{ V} - 0.7\text{ V}}{250\text{ k}\Omega + (90)(4.7\text{ k}\Omega + 1.2\text{ k}\Omega)} \\ &= \frac{9.3\text{ V}}{250\text{ k}\Omega + 531\text{ k}\Omega} = \frac{9.3\text{ V}}{781\text{ k}\Omega} \\ &= 11.91\text{ }\mu\text{A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{CQ} &= \beta I_B = (90)(11.91\text{ }\mu\text{A}) \\ &= \mathbf{1.07\text{ mA}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CEQ} &= V_{CC} - I_C(R_C + R_E) \\ &= 10\text{ V} - (1.07\text{ mA})(4.7\text{ k}\Omega + 1.2\text{ k}\Omega) \\ &= 10\text{ V} - 6.31\text{ V} \\ &= \mathbf{3.69\text{ V}} \end{aligned}$$

Kolektör Geri Besleme Konfigürasyonu

DC Polarlama Örneği (2)

- **Örnek 13:** $\beta = 135$ (Örnek 12'dekinden %66.67 daha büyük) kullanarak Örnek 12'yi tekrarlayın.
- **Çözüm:**

$$\begin{aligned} I_B &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta(R_C + R_E)} \\ &= \frac{10 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{250 \text{ k}\Omega + (135)(4.7 \text{ k}\Omega + 1.2 \text{ k}\Omega)} \\ &= \frac{9.3 \text{ V}}{250 \text{ k}\Omega + 796.5 \text{ k}\Omega} = \frac{9.3 \text{ V}}{1046.5 \text{ k}\Omega} \\ &= 8.89 \mu\text{A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{C_Q} &= \beta I_B \\ &= (135)(8.89 \mu\text{A}) \\ &= 1.2 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CE_Q} &= V_{CC} - I_C(R_C + R_E) \\ &= 10 \text{ V} - (1.2 \text{ mA})(4.7 \text{ k}\Omega + 1.2 \text{ k}\Omega) \\ &= 10 \text{ V} - 7.08 \text{ V} \\ &= 2.92 \text{ V} \end{aligned}$$

- β 'nin değeri %66.67 artmasına rağmen, I_{C_Q} değeri sadece %12.1 artarken, V_{CE_Q} değeri yaklaşık %20.9 azaldı. Eğer, devre sabit polarlamalı olsaydı, β 'daki %66.67'lik bir artış, I_{C_Q} 'da %66.67'lik bir artışa ve Q noktasının konumunda büyük bir değişikliğe neden olurdu.

Kolektör Geri Besleme Konfigürasyonu

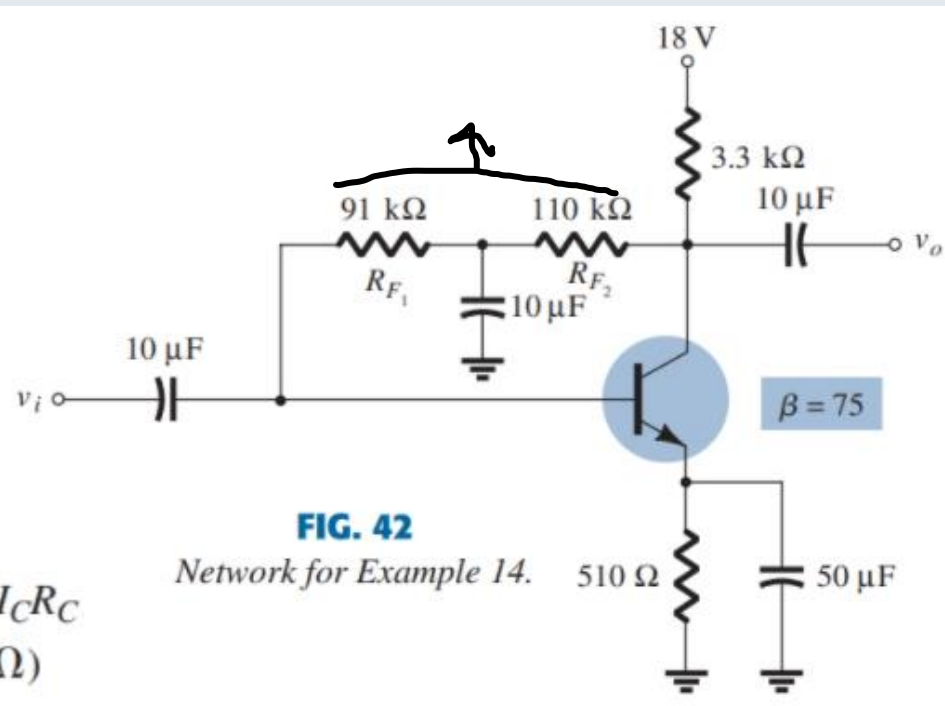
DC Polarlama Örneği (3)

- Örnek 14: Şekil 42'deki devre için I_B ve V_C 'nin DC değerlerini bulun.
- Çözüm: $R_B = R_{F_1} + R_{F_2}$

$$\begin{aligned} I_B &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta(R_C + R_E)} \\ &= \frac{18 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{(91 \text{ k}\Omega + 110 \text{ k}\Omega) + (75)(3.3 \text{ k}\Omega + 0.51 \text{ k}\Omega)} \\ &= \frac{17.3 \text{ V}}{201 \text{ k}\Omega + 285.75 \text{ k}\Omega} = \frac{17.3 \text{ V}}{486.75 \text{ k}\Omega} \\ &= 35.5 \mu\text{A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_C &= \beta I_B \\ &= (75)(35.5 \mu\text{A}) \\ &= 2.66 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_C &= V_{CC} - I_C' R_C \cong V_{CC} - I_C R_C \\ &= 18 \text{ V} - (2.66 \text{ mA})(3.3 \text{ k}\Omega) \\ &= 18 \text{ V} - 8.78 \text{ V} \\ &= 9.22 \text{ V} \end{aligned}$$



Kolektör Geri Besleme Konfigürasyonu

Yük Doğrusu Analizi

- Transistör Doyma Durumu:

$$I_{Csat} = I_{Cmax} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

- Yük Doğrusu Analizi: $I'_C = I_C$

Kesim

$$V_{CE} = V_{CC}$$
$$I_C = 0 \text{ mA}$$

Doyma

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$
$$V_{CE} = 0 \text{ V}$$

Kolektör Geri Besleme Konfigürasyonu

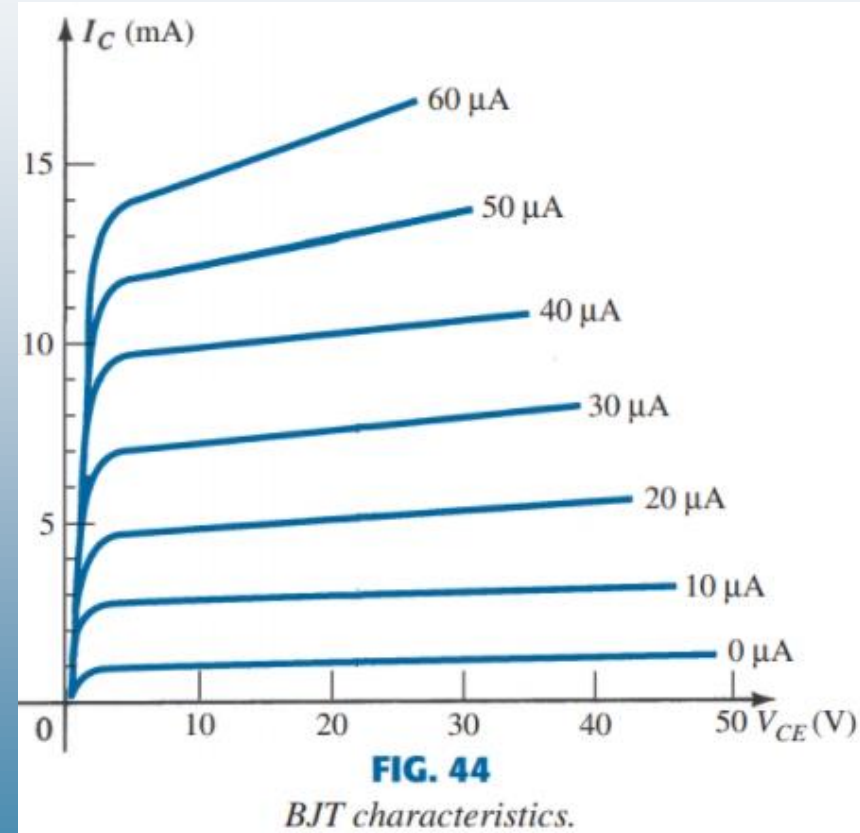
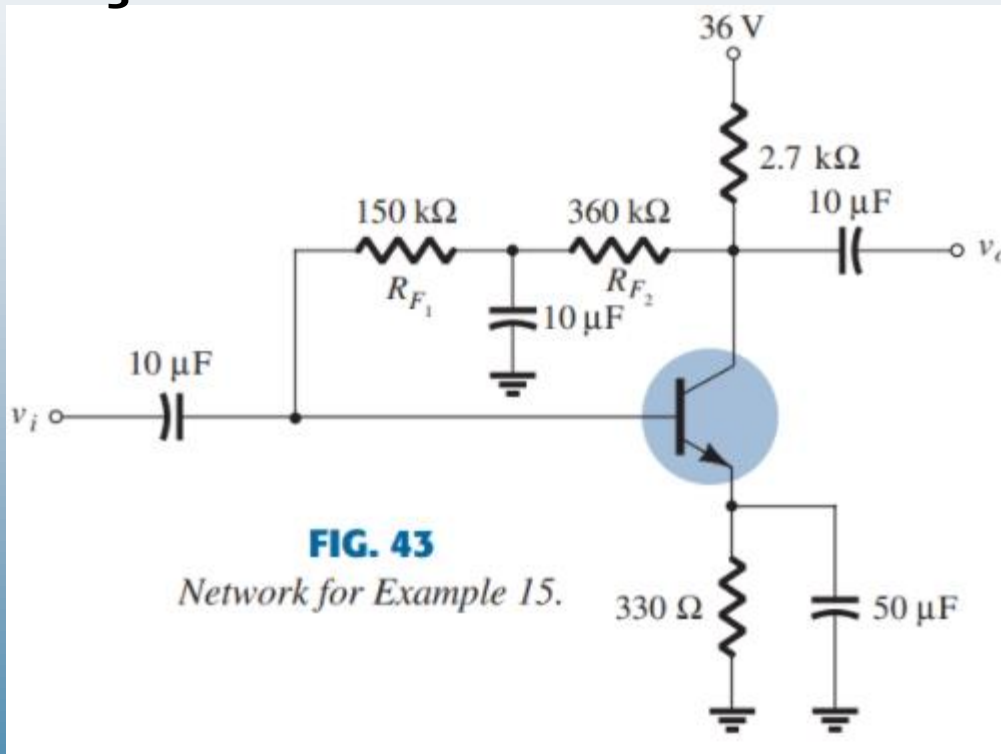
DC Polarlama Örneği (4)

- **Örnek 15:** Şekil 43'ün devre ve Şekil 44'ün BJT özellikleri göz önüne alındığında; (a) Devrenin yük doğrusunu özellikler üzerine çizin; (b) Karakteristiklerin merkez bölgesindeki dc beta'yı bulun. Seçilen noktayı Q noktası olarak tanımlayın; (c) (b) şıkkında hesaplanan dc beta'yı kullanarak, I_B 'nin dc değerini bulun; (d) I_{CQ} ve I_{CEQ} 'yu bulun.

Kolektör Geri Besleme Konfigürasyonu

DC Polarlama Örneği (5)

- Örnek 15: (Devamı)
- Çözüm:



Kolektör Geri Besleme Konfigürasyonu

DC Polarlama Örneği (6)

- Örnek 15: (Devamı)

$$\begin{aligned} \text{a. } V_{CE} = 0 \text{ V: } I_C &= \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} \\ &= \frac{36 \text{ V}}{2.7 \text{ k}\Omega + 330 \Omega} \\ &= \mathbf{11.88 \text{ mA}} \end{aligned}$$

$$I_C = 0 \text{ mA: } V_{CE} = V_{CC} = \mathbf{36 \text{ V}}$$

$$\text{b. } \beta \cong \frac{I_{C_Q}}{I_{B_Q}} = \frac{6.2 \text{ mA}}{25 \mu\text{A}} = \mathbf{248}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } I_B &= \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta(R_C + R_E)} = \frac{36 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{510 \text{ k}\Omega + 248(2.7 \text{ k}\Omega + 330 \Omega)} \\ &= \frac{35.3 \text{ V}}{510 \text{ k}\Omega + 751.44 \text{ k}\Omega} = \frac{35.3 \text{ V}}{1.261 \text{ M}\Omega} = \mathbf{28 \mu\text{A}} \end{aligned}$$

$$\text{d. } I_{C_Q} \cong \mathbf{6.9 \text{ mA}} \text{ and } V_{CE_Q} \cong \mathbf{15 \text{ V}}$$

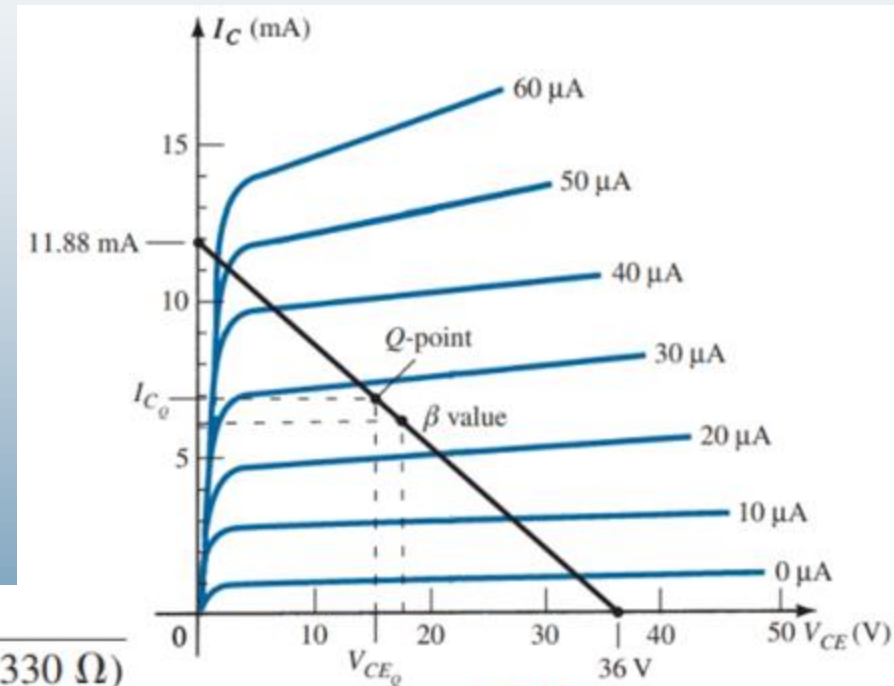


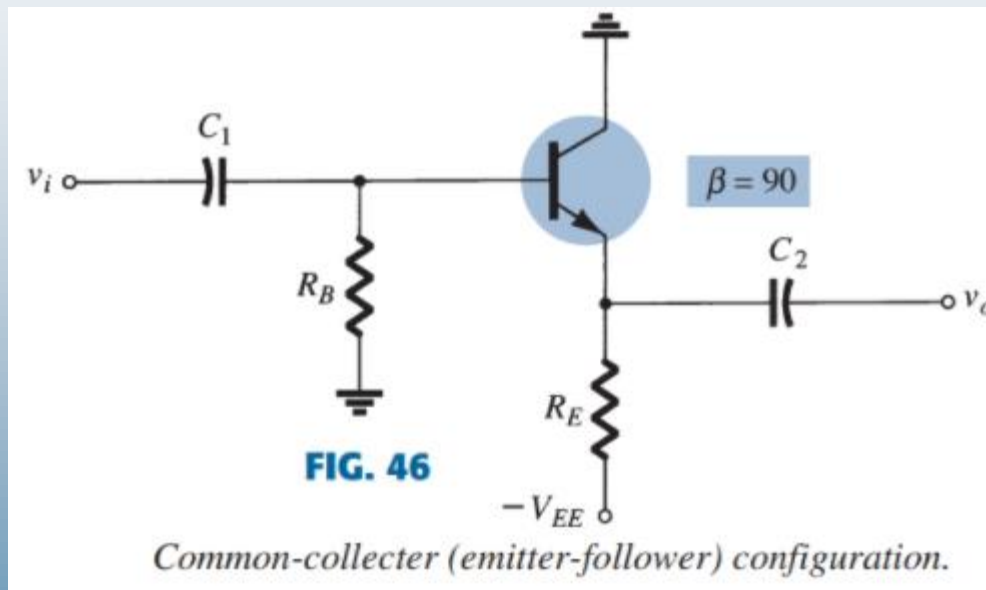
FIG. 45

Defining the Q-point for the voltage-divider bias configuration of Fig. 43.

Emitör-Sürücü Konfigürasyonu

- Şekil 46'da gösterilen emitör-sürücü konfigürasyonunda çıkış, kollektör terminali yerine emitör terminalinden alınır.

→ Ortak kollektör di er adıdır.

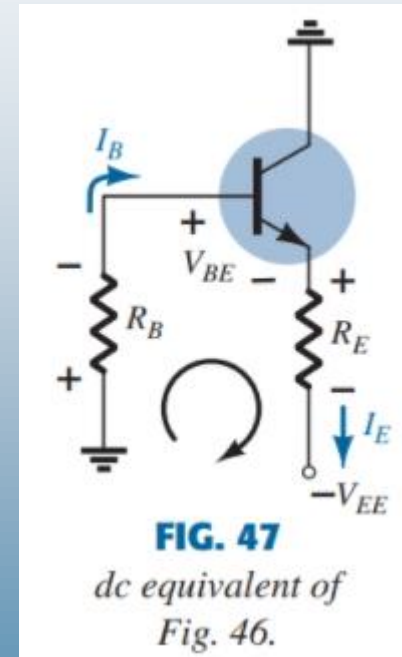


$$-I_B R_B - V_{BE} - I_E R_E + V_{EE} = 0$$

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

$$I_E = (\beta + 1) I_B$$

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



$$-V_{CE} - I_E R_E + V_{EE} = 0$$

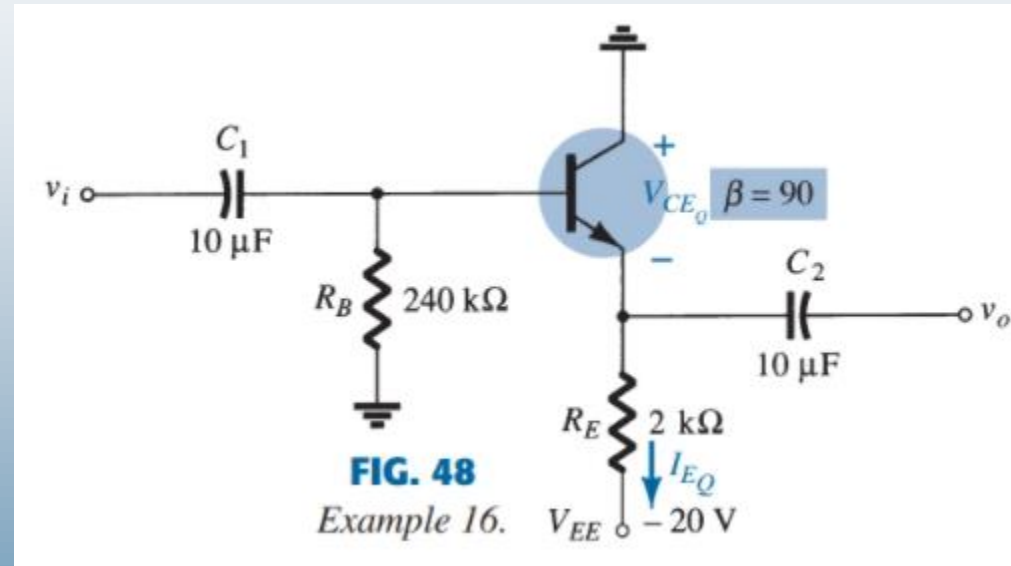
$$V_{CE} = V_{EE} - I_E R_E$$

Emitör-Sürücü Konfigürasyonu Örneği

- Örnek 16: Şekil 48'deki devre için V_{CEQ} ve I_{EQ} 'yu bulun.
- Çözüm:

$$\begin{aligned} I_B &= \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E} \\ &= \frac{20 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{240 \text{ k}\Omega + (90 + 1)2 \text{ k}\Omega} \\ &= \frac{19.3 \text{ V}}{240 \text{ k}\Omega + 182 \text{ k}\Omega} \\ &= \frac{19.3 \text{ V}}{422 \text{ k}\Omega} = 45.73 \mu\text{A} \end{aligned}$$

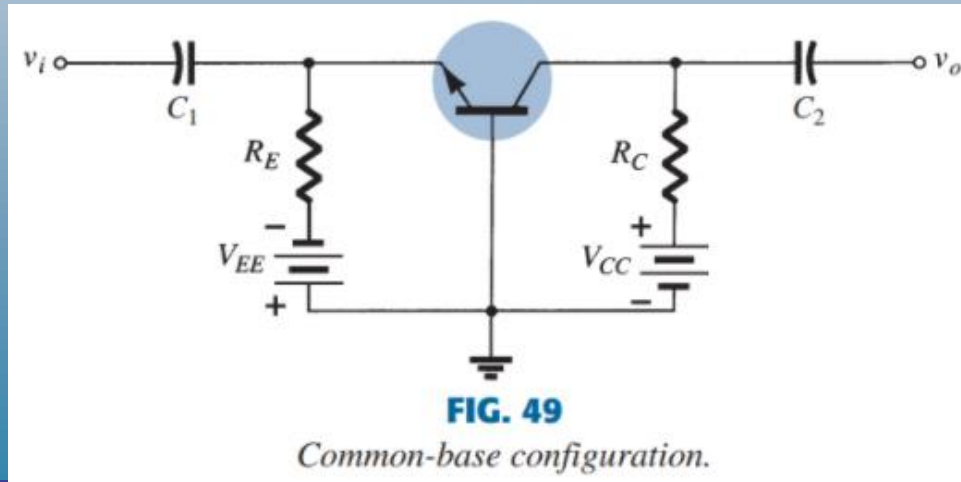
$$\begin{aligned} V_{CEQ} &= V_{EE} - I_E R_E \\ &= V_{EE} - (\beta + 1)I_B R_E \\ &= 20 \text{ V} - (90 + 1)(45.73 \mu\text{A})(2 \text{ k}\Omega) \\ &= 20 \text{ V} - 8.32 \text{ V} \\ &= \mathbf{11.68 \text{ V}} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} I_{EQ} &= (\beta + 1)I_B = (91)(45.73 \mu\text{A}) \\ &= \mathbf{4.16 \text{ mA}} \end{aligned}$$

Ortak-Baz Konfigürasyonu (1)

- Şekil 49'da gösterilen ortak baz konfigürasyonu, uygulanan sinyalin emitör terminaline bağlı olması ve bazın toprak potansiyelinde veya hemen üstünde olması bakımından benzersizdir. Bu konfigürasyon çok popülerdir, çünkü ac alanında çok düşük giriş empedansına, yüksek çıkış empedansına ve iyi kazançla sahiptir. Bu konfigürasyonda iki DC kaynağı kullanılır ve baz terminali, giriş emitör terminali ile çıkış kolektör terminali arasındaki ortak terminaldir.



Ortak-Baz Konfigürasyonu (2)

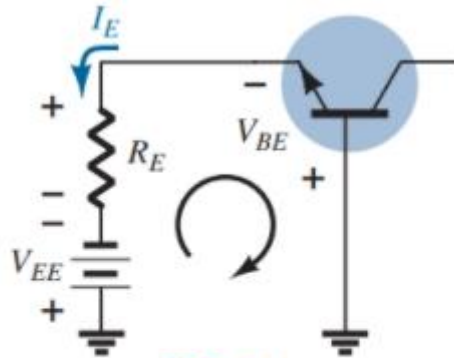


FIG. 50

Input dc equivalent of
Fig. 49.

$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E}$$

$$-V_{EE} + I_E R_E + V_{BE} = 0$$

$$-V_{EE} + I_E R_E + V_{CE} + I_C R_C - V_{CC} = 0$$

$$V_{CE} = V_{EE} + V_{CC} - I_E R_E - I_C R_C$$

$$I_E \cong I_C$$

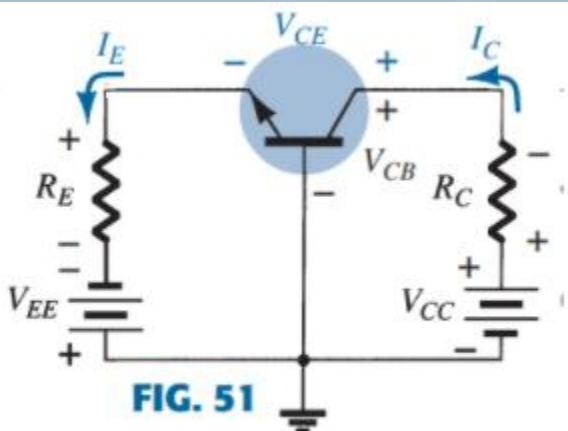


FIG. 51

Determining V_{CE} and V_{CB} .

$$V_{CE} = V_{EE} + V_{CC} - I_E(R_C + R_E)$$

$$V_{CB} + I_C R_C - V_{CC} = 0$$

$$V_{CB} = V_{CC} - I_C R_C$$

$$I_C \cong I_E$$

$$V_{CB} = V_{CC} - I_C R_C$$

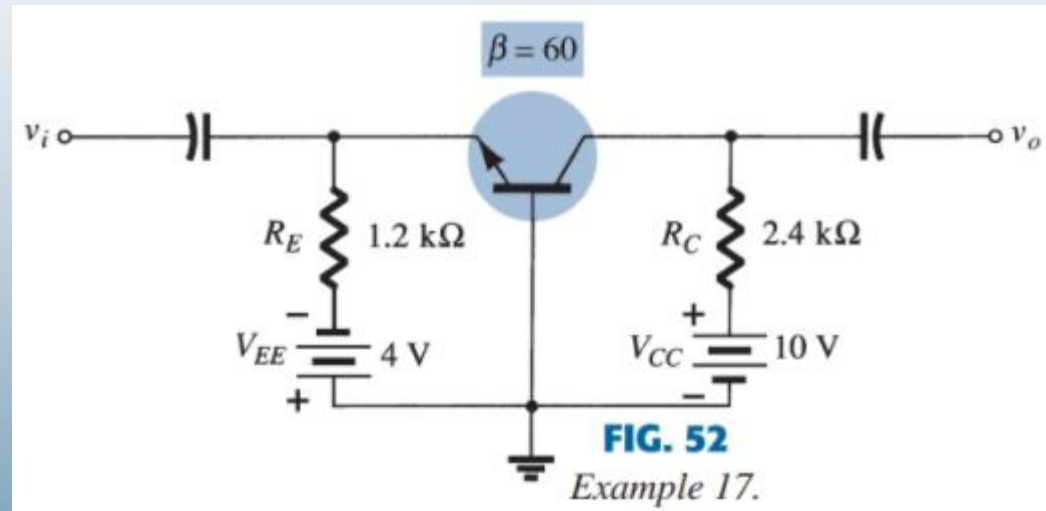
Ortak-Baz Konfigürasyonu Örneği

- Örnek 17: Şekil 52'deki ortak baz konfigürasyonu için I_E ve I_B akımlarını ve V_{CE} ve V_{CB} voltajlarını bulun.
- Çözüm:

$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E} = \frac{4 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{1.2 \text{ k}\Omega} = 2.75 \text{ mA}$$

$$I_B = \frac{I_E}{\beta + 1} = \frac{2.75 \text{ mA}}{60 + 1} = \frac{2.75 \text{ mA}}{61} = 45.08 \mu\text{A}$$

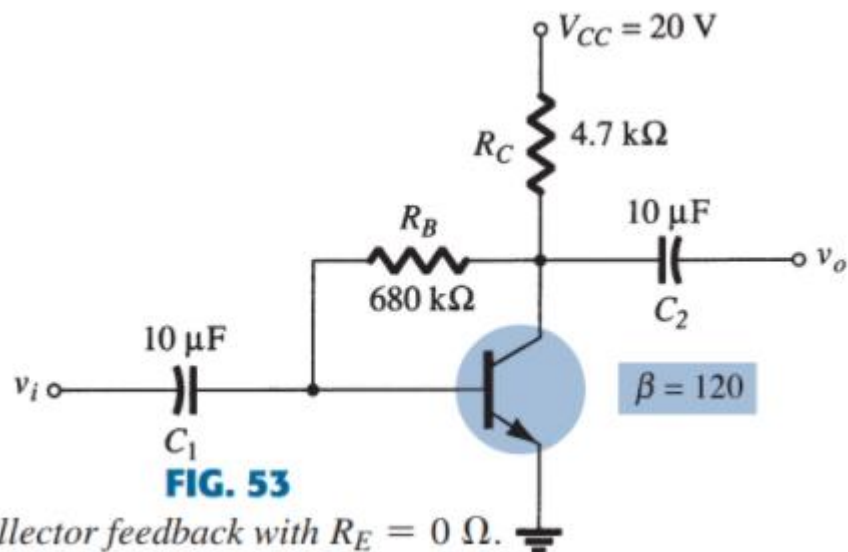
$$\begin{aligned} V_{CB} &= V_{CC} - I_C R_C = V_{CC} - \beta I_B R_C \\ &= 10 \text{ V} - (60)(45.08 \mu\text{A})(24 \text{ k}\Omega) \\ &= 10 \text{ V} - 6.49 \text{ V} \\ &= 3.51 \text{ V} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{EE} + V_{CC} - I_E(R_C + R_E) \\ &= 4 \text{ V} + 10 \text{ V} - (2.75 \text{ mA})(2.4 \text{ k}\Omega + 1.2 \text{ k}\Omega) \\ &= 14 \text{ V} - (2.75 \text{ mA})(3.6 \text{ k}\Omega) \\ &= 14 \text{ V} - 9.9 \text{ V} \\ &= 4.1 \text{ V} \end{aligned}$$

Çeşitli Polarlama Konfigürasyonları (1)

- **Örnek 18:** Şekil 53'teki devre için: (a) I_{CQ} ve V_{CEQ} 'yu bulun; (b) V_B , V_C , V_E ve V_{BC} 'yi bulun.
- **Çözüm:**



a.

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta R_C}$$

$$= \frac{20 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{680 \text{ k}\Omega + (120)(4.7 \text{ k}\Omega)} = \frac{19.3 \text{ V}}{1.244 \text{ M}\Omega}$$

$$= 15.51 \mu\text{A}$$

$$I_{CQ} = \beta I_B = (120)(15.51 \mu\text{A})$$

$$= 1.86 \text{ mA}$$

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_C R_C$$

$$= 20 \text{ V} - (1.86 \text{ mA})(4.7 \text{ k}\Omega)$$

$$= 11.26 \text{ V}$$

b. $V_B = V_{BE} = 0.7 \text{ V}$

$$V_C = V_{CE} = 11.26 \text{ V}$$

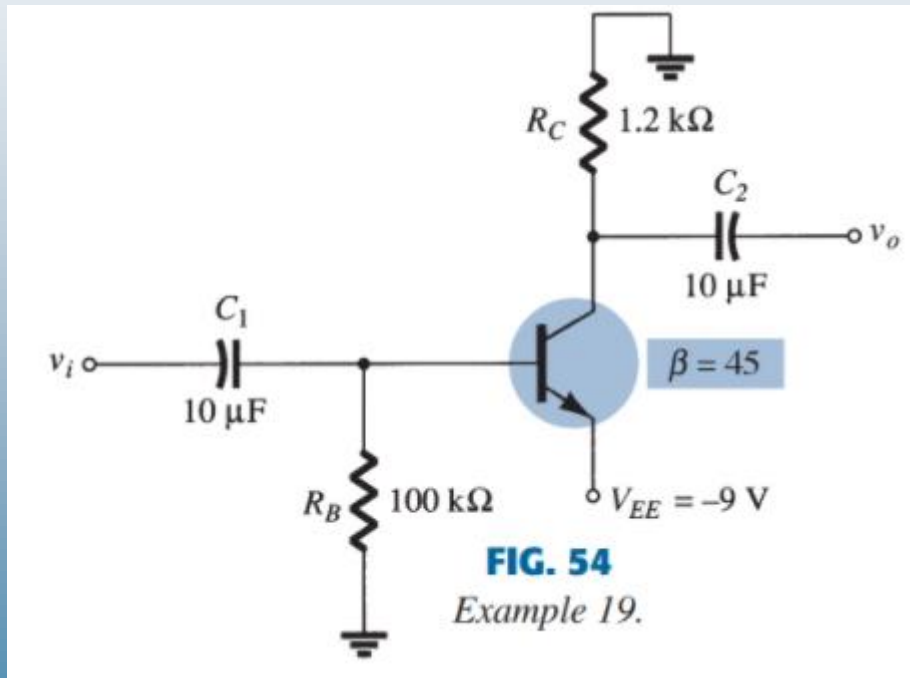
$$V_E = 0 \text{ V}$$

$$V_{BC} = V_B - V_C = 0.7 \text{ V} - 11.26 \text{ V}$$

$$= -10.56 \text{ V}$$

Çeşitli Polarlama Konfigürasyonları (2)

- Örnek 19: Şekil 54'teki devre için V_C ve V_B 'yi bulun.
- Çözüm:



$$\begin{aligned} -I_B R_B - V_{BE} + V_{EE} &= 0 \\ I_B &= \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_B} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_B &= \frac{9 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{100 \text{ k}\Omega} \\ &= \frac{8.3 \text{ V}}{100 \text{ k}\Omega} \\ &= 83 \mu\text{A} \end{aligned}$$

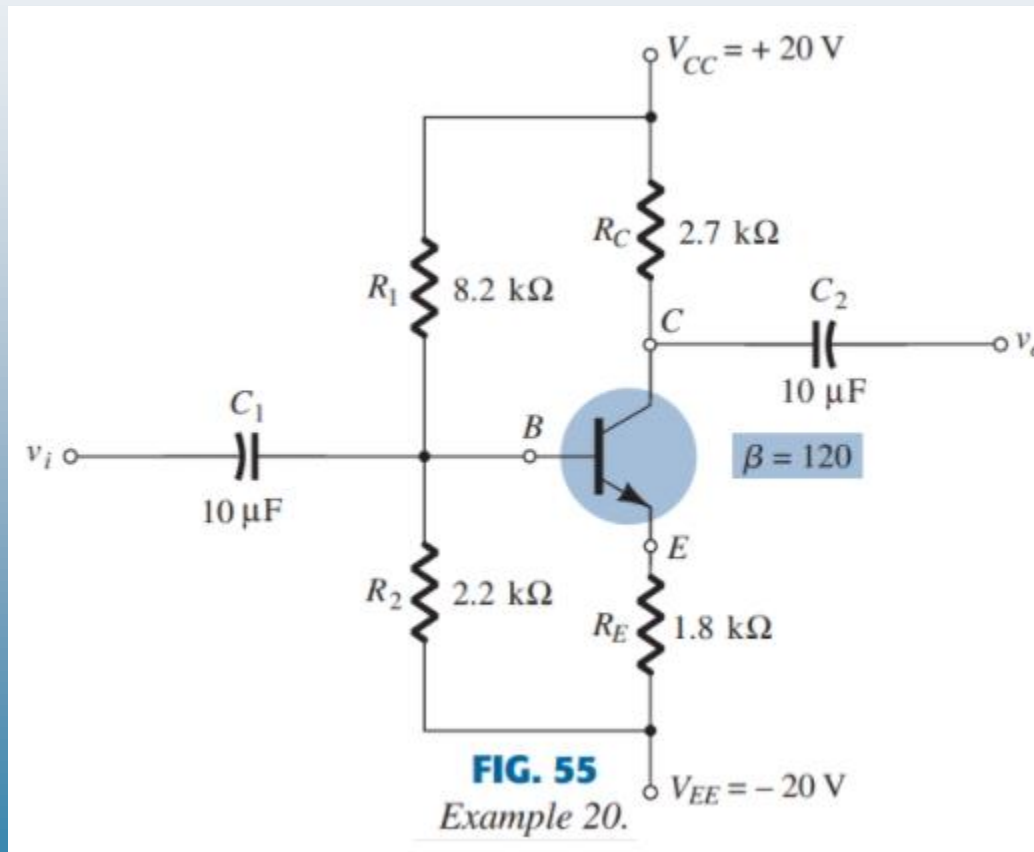
$$\begin{aligned} I_C &= \beta I_B \\ &= (45)(83 \mu\text{A}) \\ &= 3.735 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_C &= -I_C R_C \\ &= -(3.735 \text{ mA})(1.2 \text{ k}\Omega) \\ &= -4.48 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_B &= -I_B R_B \\ &= -(83 \mu\text{A})(100 \text{ k}\Omega) \\ &= -8.3 \text{ V} \end{aligned}$$

Çeşitli Polarlama Konfigürasyonları (3)

- **Örnek 20:** Şekil 55'teki devre için V_C ve V_B 'yi bulun.
- **Çözüm:**



Çeşitli Polarlama Konfigürasyonları (4)

- Örnek 20: (Devamı)

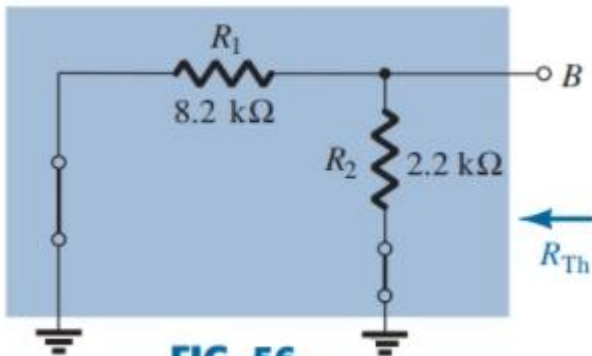


FIG. 56
Determining R_{Th} .

$$R_{Th} = 8.2 \text{ k}\Omega \parallel 2.2 \text{ k}\Omega = 1.73 \text{ k}\Omega$$

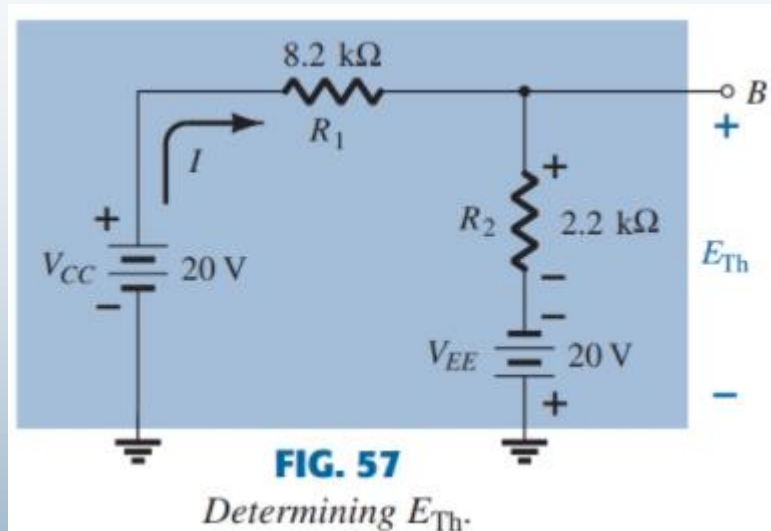


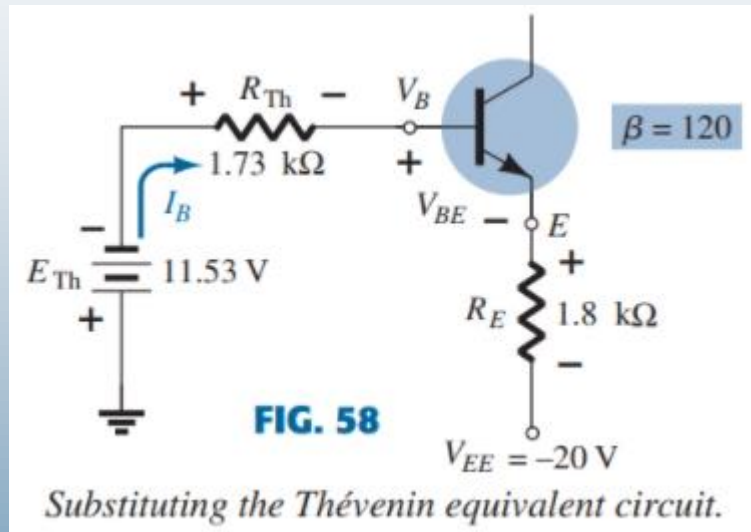
FIG. 57
Determining E_{Th} .

$$I = \frac{V_{CC} + V_{EE}}{R_1 + R_2} = \frac{20 \text{ V} + 20 \text{ V}}{8.2 \text{ k}\Omega + 2.2 \text{ k}\Omega} = \frac{40 \text{ V}}{10.4 \text{ k}\Omega} = 3.85 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} E_{Th} &= IR_2 - V_{EE} \\ &= (3.85 \text{ mA})(2.2 \text{ k}\Omega) - 20 \text{ V} \\ &= -11.53 \text{ V} \end{aligned}$$

Çeşitli Polarlama Konfigürasyonları (5)

- Örnek 20: (Devamı)



$$-E_{Th} - I_B R_{Th} - V_{BE} - I_E R_E + V_{EE} = 0$$

$$I_E = (\beta + 1)I_B$$

$$V_{EE} - E_{Th} - V_{BE} - (\beta + 1)I_B R_E - I_B R_{Th} = 0$$

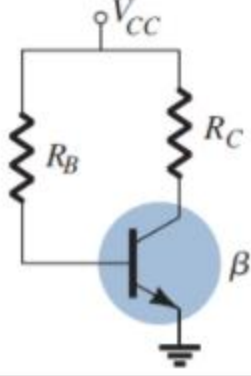
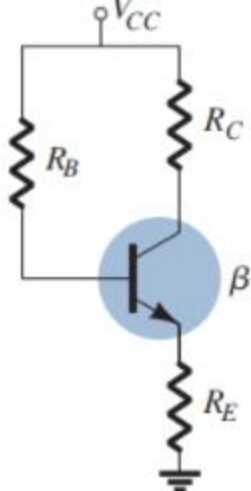
$$\begin{aligned} I_B &= \frac{V_{EE} - E_{Th} - V_{BE}}{R_{Th} + (\beta + 1)R_E} \\ &= \frac{20 \text{ V} - 11.53 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{1.73 \text{ k}\Omega + (121)(1.8 \text{ k}\Omega)} \\ &= \frac{7.77 \text{ V}}{219.53 \text{ k}\Omega} \\ &= 35.39 \mu\text{A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_C &= \beta I_B \\ &= (120)(35.39 \mu\text{A}) \\ &= 4.25 \text{ mA} \end{aligned}$$

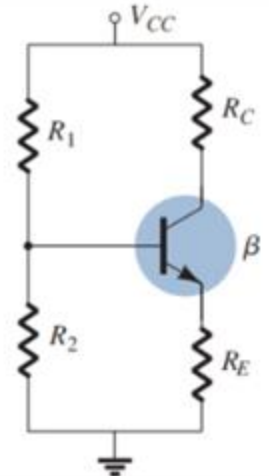
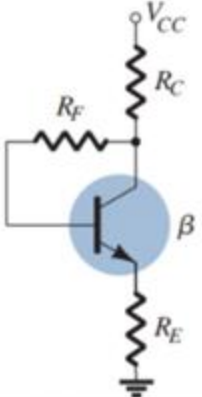
$$\begin{aligned} V_C &= V_{CC} - I_C R_C \\ &= 20 \text{ V} - (4.25 \text{ mA})(2.7 \text{ k}\Omega) \\ &= 8.53 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_B &= -E_{Th} - I_B R_{Th} \\ &= -(11.53 \text{ V}) - (35.39 \mu\text{A})(1.73 \text{ k}\Omega) \\ &= -11.59 \text{ V} \end{aligned}$$

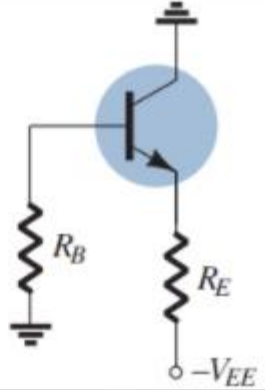
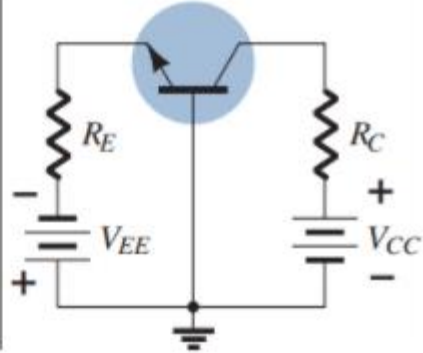
Tablo 1 - BJT Polarlama Konfigürasyonları (1)

Type	Configuration	Pertinent Equations
Fixed-bias		$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$ $I_C = \beta I_B, I_E = (\beta + 1)I_B$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$
Emitter-bias		$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E}$ $I_C = \beta I_B, I_E = (\beta + 1)I_B$ $R_i = (\beta + 1)R_E$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$

Tablo 1 - BJT Polarlama Konfigürasyonları (2)

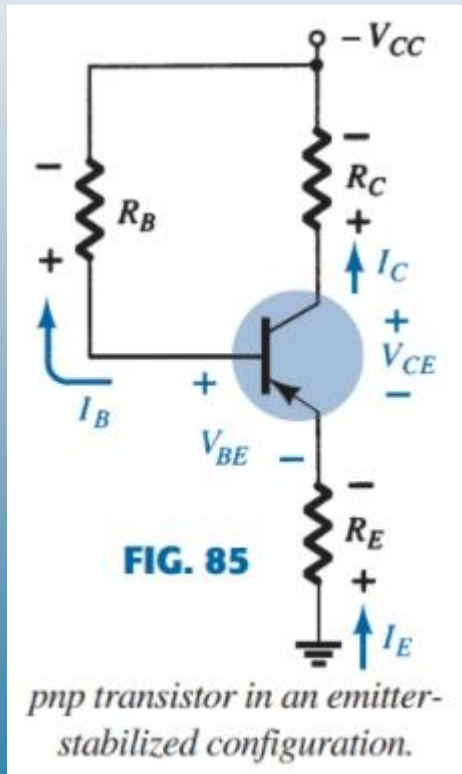
Type	Configuration	Pertinent Equations
Voltage-divider bias		<p>EXACT: $R_{Th} = R_1 R_2$, $E_{Th} = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2}$</p> <p>APPROXIMATE: $\beta R_E \geq 10 R_2$</p> $I_B = \frac{E_{Th} - V_{BE}}{R_{Th} + (\beta + 1)R_E}$ $I_C = \beta I_B, I_E = (\beta + 1)I_B$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$ $V_B = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2}, V_E = V_B - V_{BE}$ $I_E = \frac{V_E}{R_E}, I_B = \frac{I_E}{\beta + 1}$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$
Collector-feedback		$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_F + \beta(R_C + R_E)}$ $I_C = \beta I_B, I_E = (\beta + 1)I_B$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$

Tablo 1 - BJT Polarlama Konfigürasyonları (3)

Type	Configuration	Pertinent Equations
Emitter-follower		$I_B = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)}$ $I_C = \beta I_B, I_E = (\beta + 1)I_B$ $V_{CE} = V_{EE} - I_E R_E$
Common-base		$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E}$ $I_B = \frac{I_E}{\beta + 1}, I_C = \beta I_B$ $V_{CE} = V_{EE} + V_{CC} - I_E(R_C + R_E)$ $V_{CB} = V_{CC} - I_C R_C$

PNP Transistörleri

- pnp transistör polarlama devrelerinin analizi, npn transistör devrelerinin analizi ile aynıdır. Tek fark, akımların ters yönde akması ve V_{BE} Voltajının - 0.7 V olmasıdır.



$$-I_E R_E + V_{BE} - I_B R_B + V_{CC} = 0$$

$$I_E = (\beta + 1)I_B$$

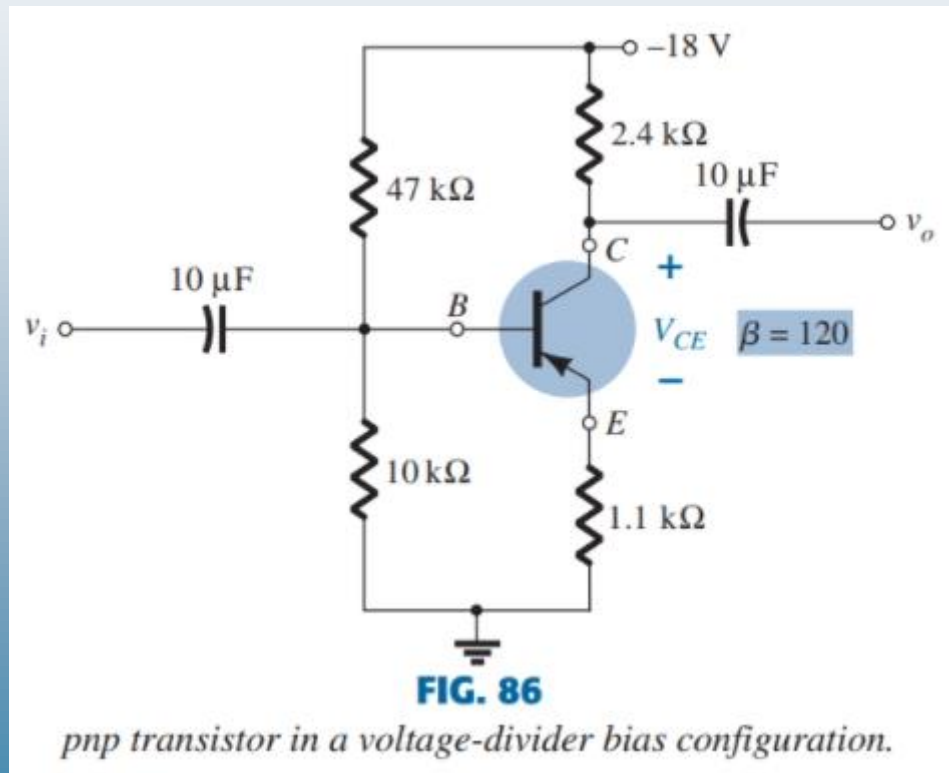
$$I_B = \frac{V_{CC} + V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E}$$

$$-I_E R_E + V_{CE} - I_C R_C + V_{CC} = 0$$

$$V_{CE} = -V_{CC} + I_C(R_C + R_E)$$

PNP Transistör Örneği (1)

- **Örnek 31:** Şekil 86'daki voltaj bölücü polarlama konfigürasyonu için V_{CE} 'yi bulun.
- **Çözüm:**



PNP Transistör Örneği (2)

- Örnek 31: (Devamı)

- $\beta R_E \geq 10R_2$ durumunu test etme:

$$(120)(1.1 \text{ k}\Omega) \geq 10(10 \text{ k}\Omega)$$
$$132 \text{ k}\Omega \geq 100 \text{ k}\Omega \text{ (Sağlandı)}$$

$$V_B = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2} = \frac{(10 \text{ k}\Omega)(-18 \text{ V})}{47 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega} = -3.16 \text{ V}$$

$$+V_B - V_{BE} - V_E = 0$$
$$V_E = V_B - V_{BE}$$

$$V_E = -3.16 \text{ V} - (-0.7 \text{ V})$$
$$= -3.16 \text{ V} + 0.7 \text{ V}$$
$$= -2.46 \text{ V}$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{2.46 \text{ V}}{1.1 \text{ k}\Omega} = 2.24 \text{ mA}$$

$$-I_E R_E + V_{CE} - I_C R_C + V_{CC} = 0$$

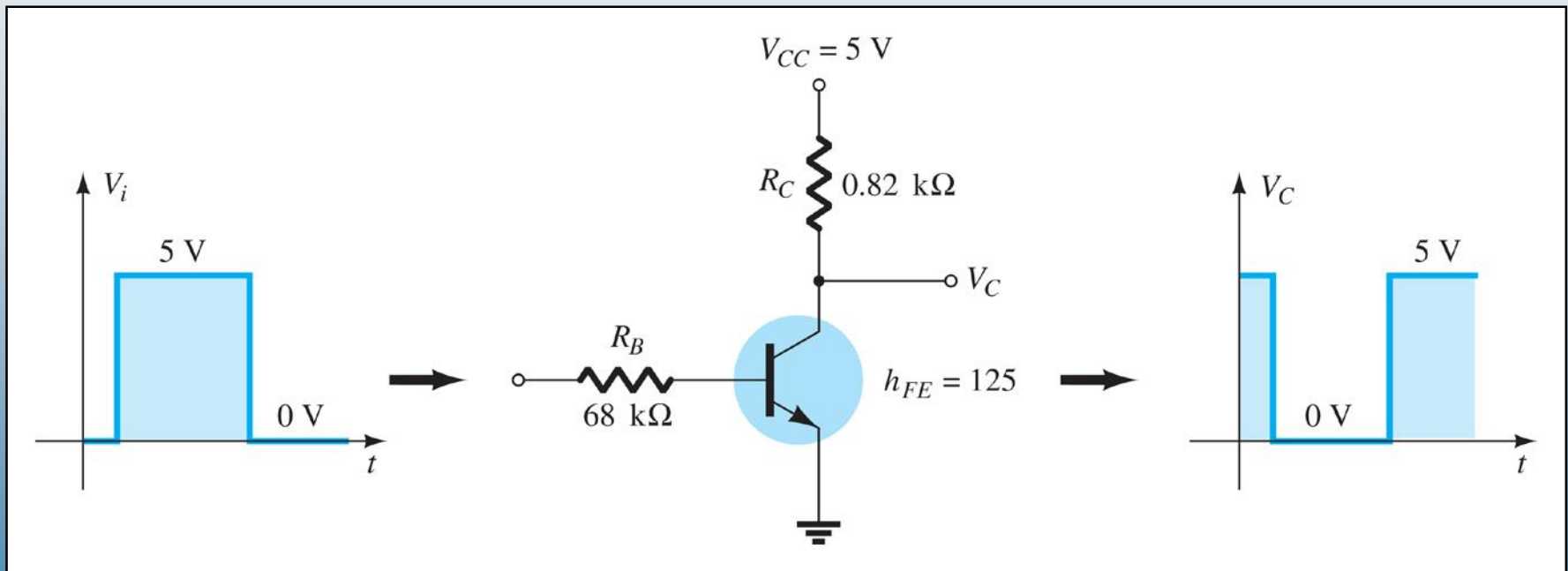
$$I_E \cong I_C$$

$$V_{CE} = -V_{CC} + I_C(R_C + R_E)$$

$$V_{CE} = -18 \text{ V} + (2.24 \text{ mA})(2.4 \text{ k}\Omega + 1.1 \text{ k}\Omega)$$
$$= -18 \text{ V} + 7.84 \text{ V}$$
$$= \mathbf{-10.16 \text{ V}}$$

Transistör Anahtarlama Devreleri

- Sadece DC kaynağı uygulanan transistörler elektronik anahtar olarak kullanılabilir.*



Anahtarlama Devresi Hesaplamaları

- Doyma akımı:

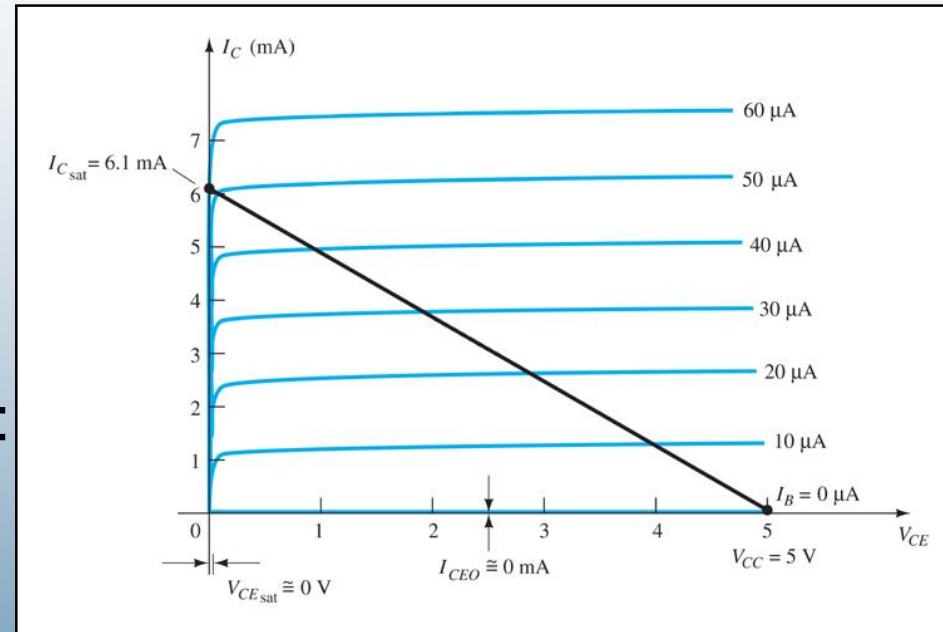
$$I_{Csat} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

- Doyma noktasından hemen önce aktif bölgedeki I_B değeri:

$$I_{Bmax} \cong \frac{I_{Csat}}{\beta_{dc}}$$

- Doyma durumunu garantilemek için:

$$I_B > \frac{I_{Csat}}{\beta_{dc}}$$

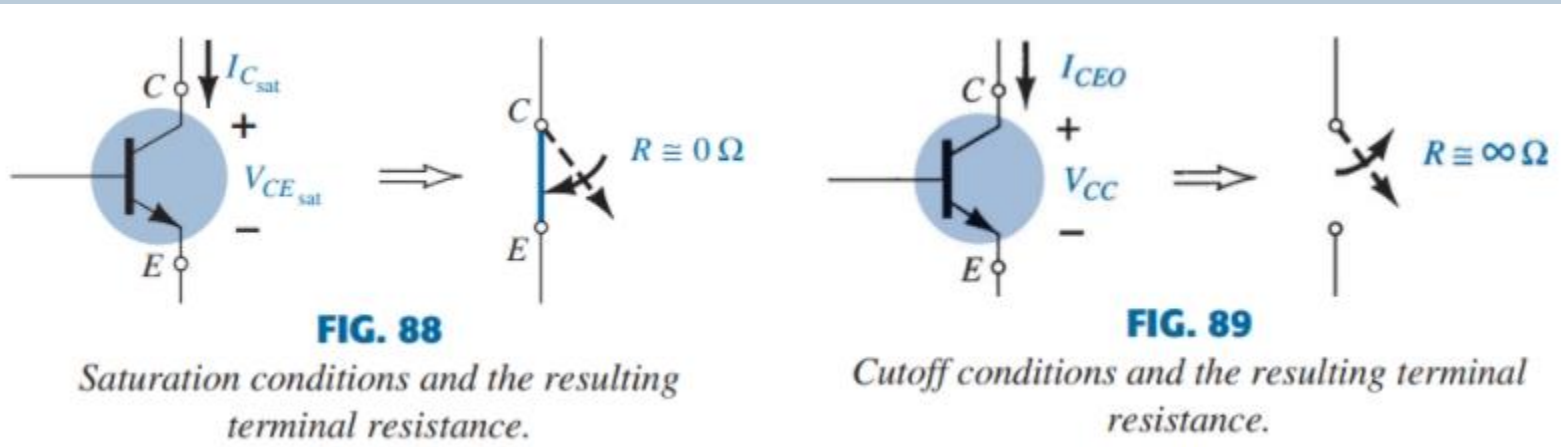


Anahtarlama Devresi Terminal Direnci

- Doyma ve kesim durumunda emitör-kolektör direnci:

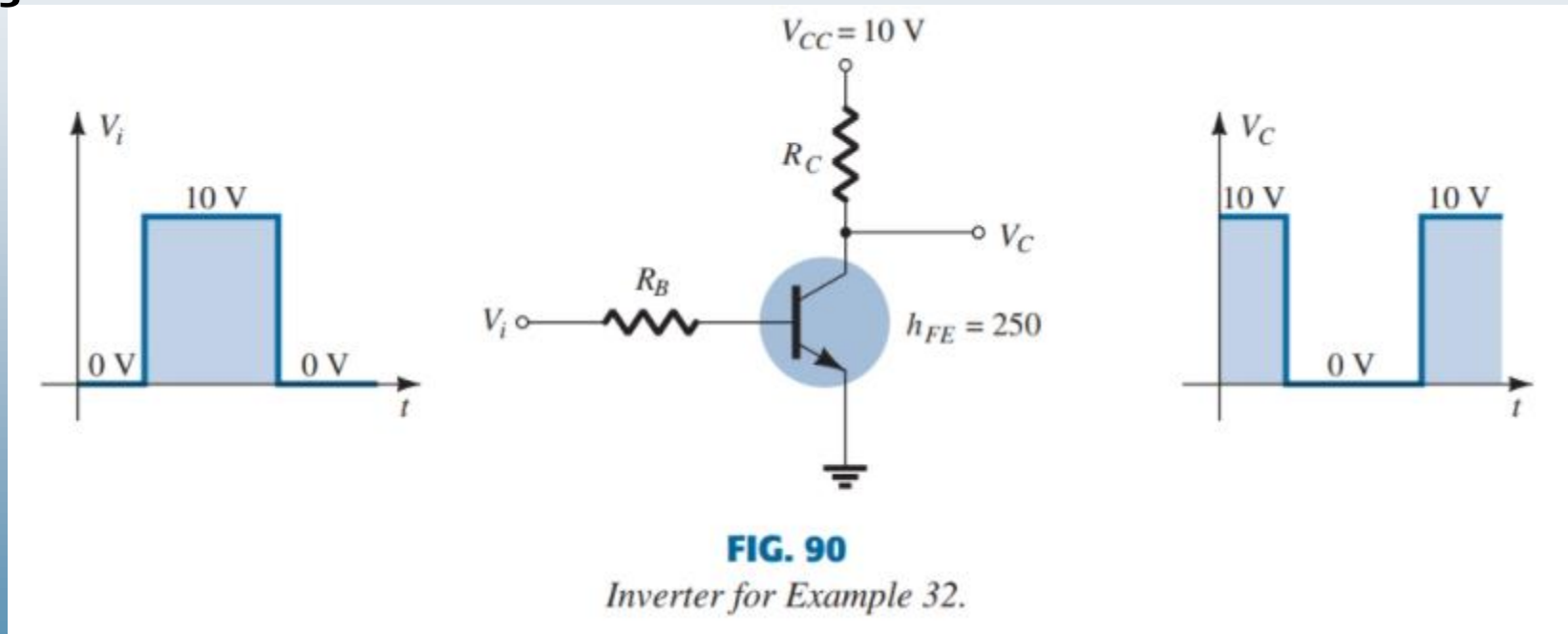
$$R_{sat} = \frac{V_{CEsat}}{I_{Csat}}$$

$$R_{cutoff} = \frac{V_{CC}}{I_{CEO}}$$



Anahtarlama Devresi Örneği (1)

- **Örnek 32:** $I_{csat} = 10 \text{ mA}$ ise Şekil 90'daki transistör evirici (inverter) devresi için R_B ve R_C 'yi bulun.
- **Çözüm:**



Anahtarlama Devresi Örneği (2)

- Örnek 32: (Devamı)

- Doyma anında:

$$I_{C_{sat}} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$
$$10 \text{ mA} = \frac{10 \text{ V}}{R_C}$$
$$R_C = \frac{10 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 1 \text{ k}\Omega$$

$$I_B \cong \frac{I_{C_{sat}}}{\beta_{dc}} = \frac{10 \text{ mA}}{250} = 40 \mu\text{A}$$

- Doyma durumunu sağlamak için $I_B = 60 \mu\text{A}$ seçersek:

$$I_B = \frac{V_i - 0.7 \text{ V}}{R_B}$$

$$R_B = \frac{V_i - 0.7 \text{ V}}{I_B} = \frac{10 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{60 \mu\text{A}} = 155 \text{ k}\Omega$$

- Standart değer olan $R_B = 150 \text{ k}\Omega$ seçersek:

$$I_B = \frac{V_i - 0.7 \text{ V}}{R_B} = \frac{10 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{150 \text{ k}\Omega} = 62 \mu\text{A}$$
$$I_B = 62 \mu\text{A} > \frac{I_{C_{sat}}}{\beta_{dc}} = 40 \mu\text{A}$$

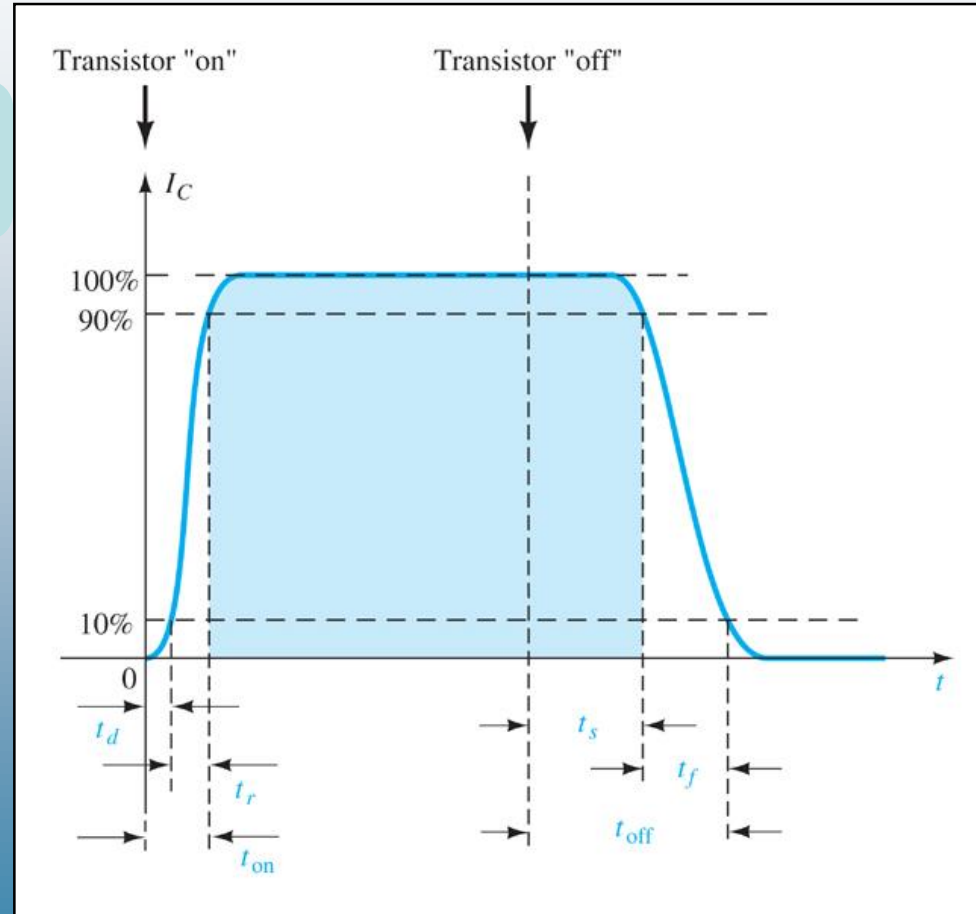
Anahtarlama Süresi

- Transistör anahtarlama süreleri:

$$t_{on} = t_r + t_d$$

$$t_{off} = t_s + t_f$$

- t_d : Girişin değişen durumu ile çıkıştaki yanıtın başlangıcı arasındaki gecikme süresi.
- t_r : Nihai değerin %10'undan %90'ına yükselme süresi.
- t_s : Depolama zamanı.
- t_f : İlk değerin %90'ından %10'una düşme süresi.



Arıza Tespit Yaklaşımları

- Yaklaşık voltajlar $V_{BE} \cong 0.7 \text{ V}$ Silisyum transistörler için
 $V_{CE} \cong V_{CC}$ 'nin %25'i ile %75'i arasındaki değer
- Bir ohmmetre ile açık ve kısa devreleri test edin.
- Lehim bağlantılarını test edin.
- Transistörü bir transistör test cihazı veya bir eğri izleyici ile test edin.
- Yükün veya bir sonraki aşamanın transistör çalışmasını etkilediğine kontrol edin.