

# TRANSİSTÖR

## İçerik (1)

- Emiter Dirençli Tam Kararlı Kutuplama Devresi
- Ortak Kollektör Kutuplama Devresi
- Transistörün evirici olarak kullanılması
- Transistörün anahtarlama elemanı olarak kullanılması
- Çalışma soruları



3

## KUTUPLAMA DEVRELERİ(DEVAM)

### Emiter dirençli tam kararlı kutuplama devresi :

- ✓ **Sabit** ve **emiter dirençli sabit kutuplama** devrelerinin her ikisi de transistörün  $\beta$ 'sından etkilenmektedirler.  $\beta$ , ısıyla değiştiğinden çalışma noktasının kaymasına dolayısıyla devrenin kararlılığının bozulmasına neden olmaktadır.
- ✓ Bu problemi ortadan kaldırmak için  $\beta$ 'dan çok az etkilenen **gerilim bölücü** veya **tam kararlı kutuplama** devresi tasarlanmıştır. Devrede  $R_1$  ve  $R_2$  dirençleri gerilim bölücü dirençlerdir. Bu devreyi çözerken detaylı ve yaklaşık analiz olmak üzere iki farklı yöntemden yararlanılır.

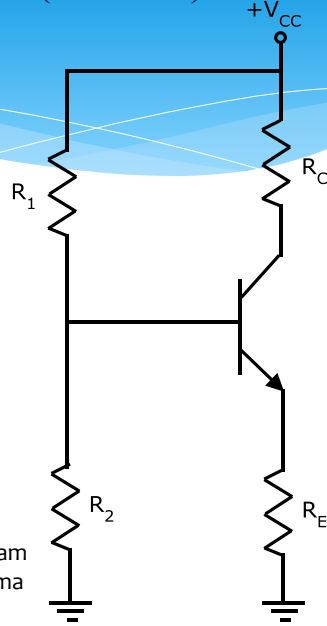
## KUTUPLAMA DEVRELERİ(DEVAM)

### Emiter dirençli tam kararlı kutuplama devresi:

- ✓ Şekilde emiter dirençli tam kararlı kutuplama devresi görülmektedir.

Devrede  $R_1$  ve  $R_2$  dirençleri **gerilim bölücü** dirençlerdir. Bu devreyi çözerken **detaylı** ve **yaklaşık** analiz olmak üzere iki farklı yöntemden yararlanılır.

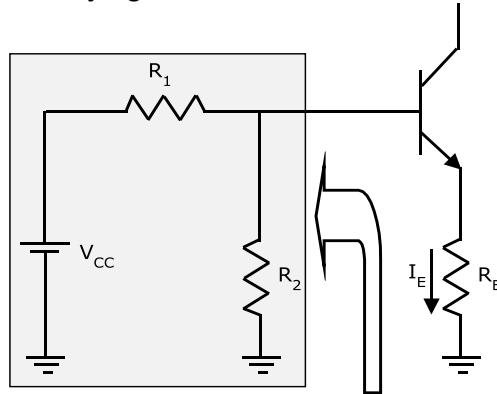
Emiter dirençli tam  
Kararlı kutuplama  
devresi



## KUTUPLAMA DEVRELERİ(DEVAM)

### Emiter dirençli tam kararlı kutuplama devresi (Detaylı Analiz):

- ✓ Detaylı analiz gerçekleştirilirken giriş devresinin thevenin eşdeğeri bulunur. Thevenin eşdeğeri  $R_{th}$  ve  $E_{th}$  olmak üzere iki kısımdan oluşur.



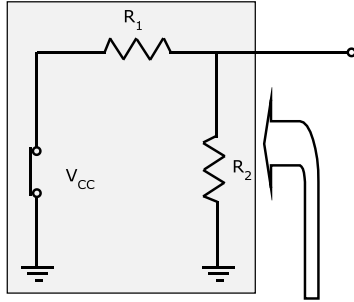
Thevenin eşdeğer devresi

## KUTUPLAMA DEVRELERİ(DEVAM)

### Emiter dirençli tam kararlı kutuplama devresi (Detaylı Analiz):

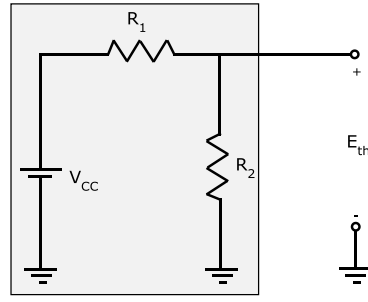
- ✓ Boyalı kısımda kaynak kısa devre edilirse thevenin direnci  $R_{th}$  bulunur.
- ✓ Thevenin gerilimi  $E_{th}$  de gerilim bölücüden bulunur.

$$R_{th} = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$



Thevenin direnci

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



Thevenin gerilimi

## KUTUPLAMA DEVRELERİ(DEVAM)

### Emiter dirençli tam kararlı kutuplama devresi (Detaylı Analiz):

- ✓ Thevenin direnç ve gerilimleri bulunduktan sonra devrenin girişi aşağıdaki gibi olur.

#### Giriş denklemi

$$E_{th} = I_B R_{th} + V_{BE} + I_E R_E$$

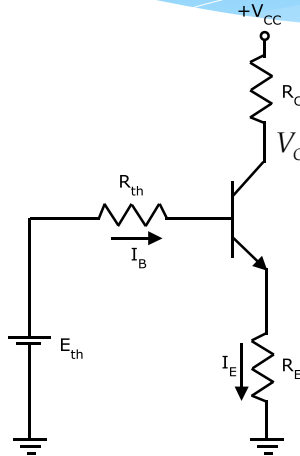
$$I_E = (\beta + 1) I_B$$

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

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

#### Çıkış denklemi

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



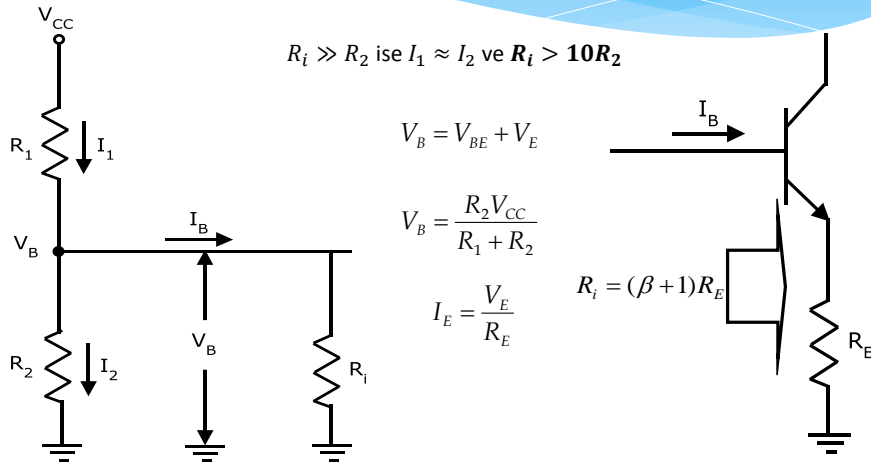
## KUTUPLAMA DEVRELERİ(DEVAM)

### Emiter dirençli tam kararlı kutuplama devresi (Yaklaşık Analiz ):

- ✓ Devrede  $R_i \gg R_2$  ise  $I_1 \approx I_2$  olur. Bu durumda  $R_1$  direnci üzerinden geçen  $I_1$  akımının çok büyük bir bölümü  $R_2$  üzerinden de geçer.
- ✓ Bilindiği gibi akım az dirençli yolu tercih eder.
- ✓ Eğer transistörü giriş direnci  $R_i$  ile  $R_2$  arasında  $R_i > 10R_2$  koşulu sağlanıyorsa devre yaklaşık analizle çözülebilir. ( $R_i = (\beta + 1)R_E$ )

## KUTUPLAMA DEVRELERİ(DEVAM)

### Emiter dirençli tam kararlı kutuplama devresi (Yaklaşık Analiz ):

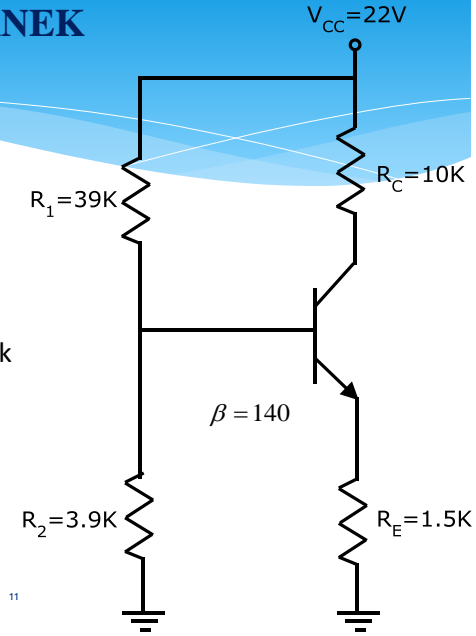


## ÖRNEK

### Örnek Soru:

- ✓ Şekildeki devrede
- ✓ a)  $I_{BQ}$  ve  $I_{CQ}$
- ✓ b)  $V_{CEQ}$

İfadelerini detaylı ve yaklaşık analiz yöntemlerini uygulayarak çözünüz.



## ÖRNEK (DEVAM)

### Çözüm (detaylı analiz):

- ✓ Thevenin direnci ve thevenin gerilimi bulunur.

$$R_{th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{39K \cdot 3.9K}{39K + 3.9K} = 3.55K \quad E_{th} = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2} = \frac{3.9K \cdot 22V}{39K + 3.9K} = 2V$$

- ✓ Giriş akımı  $I_B = \frac{E_{th} - V_{BE}}{R_{th} + \beta R_E} = \frac{2V - 0.7V}{3.55K + 140 \cdot 1.5K} = 6.05\mu A$

- ✓ Çıkış akımı  $I_C = \beta I_B = 140 \cdot 6.05\mu A = 0.85mA$

- ✓ Çıkış gerilimi  $V_{CC} = I_C(R_C + R_E) + V_{CE}$  ise  $V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$

$$V_{CE} = 22V - 0.85mA(10K + 1.5K) = 12.22V$$

## ÖRNEK (DEVAM)

### Çözüm (yaklaşık analiz):

- ✓ Koşul sağlanıyorsa yaklaşık analiz yapılır.

$$(\beta + 1)R_E \geq 10R_2 \quad (140 + 1)1.5 \geq 10 \cdot 3.3K_2 \quad 210K \geq 39K$$

- ✓ Koşul sağlandığından yaklaşık analiz yapılabilir.

$$V_B = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2} = \frac{3.9K \cdot 22V}{39K + 3.9K} = 2V$$

- ✓  $V_B = V_{BE} + V_E$  ise  $2V = 0.7V + V_E$  ise  $V_E = 1.3V$

Yukarıdaki ifadeden çıkış akımı  $I_E \cong I_C = \frac{V_E}{R_E} = \frac{1.3V}{1.5K} = 0.867mA$

Çıkış gerilimi  $V_{CE} = 22V - 0.867mA(10K + 1.5K) = 12.03V$

## ÖRNEK (DEVAM)

### Çözüm (detaylı ve yaklaşık analizin karşılaştırılması):

- ✓ Şimdi detaylı ve yaklaşık analizden elde ettiğimiz sonuçları karşılaştıralım. Aşağıdaki tablodan da görüleceği üzere sonuçlar bir birine çok yakın çıkmıştır

	$I_{CQ}$	$V_{CEQ}$
Detaylı analiz	0.85mA	12.22V
Yaklaşık analiz	0.867mA	12.03V

## ÖRNEK (DEVAM)

### Çözüm ( $\beta$ değeri yarıya indirilirse):

- ✓ Gerilim bölücü kutuplama yönteminin kararlılığını ölçmek için aynı örnekte  $\beta$  değerini yarıya indirelim ( $\beta = 70$ ) alalım.
- ✓ Devrede  $R_{th} = 3.55K$  ve  $E_{th} = 2V$  bulunmuştu.
- ✓ Giriş akımı  $I_B = \frac{E_{th} - V_{BE}}{R_{th} + \beta R_E} = \frac{2V - 0.7V}{3.55K + 70 \cdot 1.5K} = 11.8\mu A$
- ✓ Çıkış akımı  $I_C = \beta I_B = 70 \cdot 11.8\mu A = 0.83mA$
- ✓ Çıkış gerilimi  $V_{CE} = 22V - 0.83\mu A(10K + 1.5K) = 12.46V$

## ÖRNEK (DEVAM)

### Çözüm (detaylı ve yaklaşık analizin karşılaştırılması):

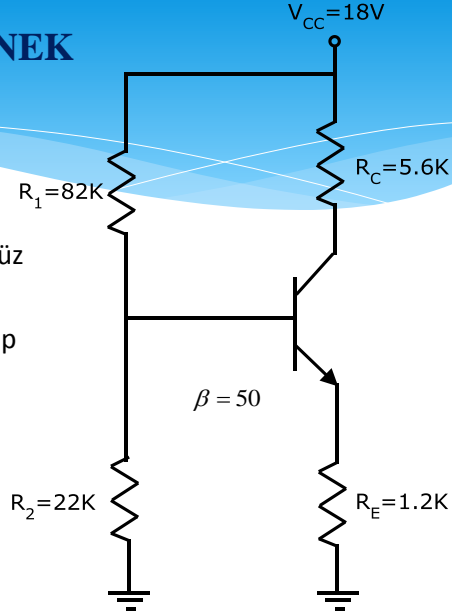
- ✓ Şimdi  $\beta = 140$  ve  $\beta = 70$  'ten elde edilen sonuçlar karşılaştırılınca, sonuçların bir birine çok yakın çıktığı görülür.  $\beta$  değeri yarıya inmesine rağmen çıkış akımı ve çıkış gerilimi yani çalışma noktası çok ama çok küçük bir miktar değişmiştir. Buradan **Emiter Dirençli Tam Kararlı Kutuplama Devresinin** gerçekten de kararlı bir yapıya sahip olduğu ortaya çıkmaktadır.

	$I_{CQ}$	$V_{CEQ}$
$\beta = 140$	0.85mA	12.22V
$\beta = 70$	0.83mA	12.46V

## ÖRNEK

### Örnek Soru:

- ✓ Şekildeki devrede  $I_{BQ}$ ,  $I_{CQ}$  ve  $V_{CEQ}$  ifadelerini detaylı analiz yöntemini uygulayarak çözünüz
- ✓ Devreyi yaklaşık analizle çözüp sonuçları detaylı analizle karşılaştırınız
- ✓ Detaylı analizdeki doğru sonuçlardan faydalanarak yük doğrusunu çizin



17

## ÖRNEK (DEVAM)

### Çözüm (detaylı analiz):

- ✓ Thevenin direnci ve thevenin gerilimi bulunur.

$$R_{th} = \frac{82K \cdot 22K}{82K + 22K} = 17.35K \quad E_{th} = \frac{22K \cdot 18V}{82K + 22K} = 3.81V$$

- ✓ Giriş akımı

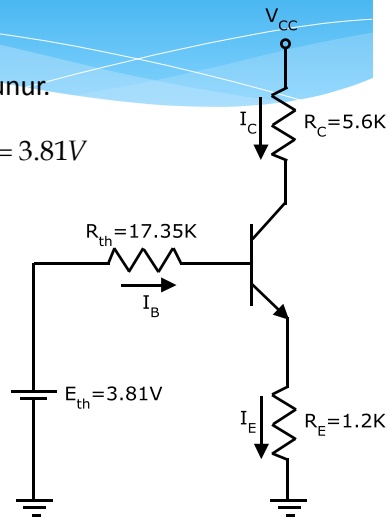
$$I_B = \frac{E_{th} - V_{BE}}{R_{th} + \beta R_E} = \frac{3.81V - 0.7V}{17.35K + 50 \cdot 1.2K} = 39.6\mu A$$

- ✓ Çıkış akımı

$$I_C = \beta I_B = 50 \cdot 39.6\mu A = 1.98mA$$

- ✓ Çıkış gerilimi

$$V_{CE} = 18V - 1.98mA(5.6K + 1.2K) = 4.54V$$





## ÖRNEK (DEVAM)

### Çözüm (yaklaşık analiz):

- ✓ Koşul sağlanıyorsa yaklaşık analiz yapılır.

$$(\beta + 1)R_E \geq 10R_2 \quad (150 + 1)1.2K \geq 10 \times 22K_2 \quad 60K \geq 220K$$

- ✓ Koşul sağlanmamaktadır. Fakat yaklaşık analiz yanlış uygulandığında akım ve gerilimde oluşacak hatayı gözlemek için aynı örneği bir de yaklaşık analizle çözelim.  $R_{th}$  ve  $E_{th}$  değişmez.  $R_{th} = 17.35K$   $E_{th} = 3.81V$

- ✓  $V_B = V_{BE} + V_E$  ise  $3.81V = 0.7V + V_E$  ise  $V_E = 3.11V$

Yukarıdaki ifadeden çıkış akımı  $I_E \cong I_C = \frac{V_E}{R_E} = \frac{3.11V}{1.2K} = 2.59mA$

Çıkış gerilimi  $V_{CE} = 18V - 2.59mA(5.6K + 1.2K) = 0.376V$

## ÖRNEK (DEVAM)

### Çözüm (detaylı ve yaklaşık analizin karşılaştırılması):

- ✓ Şimdi detaylı ve yaklaşık analizden elde ettiğimiz sonuçları karşılaştıralım. Aşağıdaki tablodan da görüleceği üzere koşul sağlanmadığı için sonuçlar bir birinden çok farklı çıkmıştır.

	$I_{CQ}$	$V_{CEQ}$
Detaylı analiz	1.98mA	4.54V
Yaklaşık analiz	2.59mA	0.376V

## ÖRNEK (DEVAM)

### Çözüm:

- ✓ Detaylı analizdeki doğru sonuçlardan faydalanarak yük doğrusunu çizelim. Öncelikle doyum akımı ve kesim gerilimini bulalım.

$$V_{CE} = 0 \text{ ise}$$

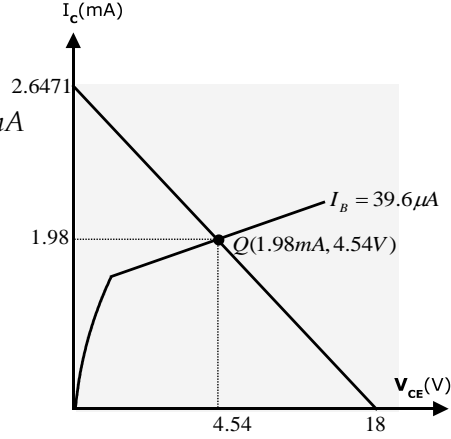
$$I_{C\text{doy}} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} = \frac{18V}{5.6K + 1.2K} = 2.6471mA$$

$$I_C = 0 \text{ ise } V_{CE\text{kesim}} = V_{CC} = 18V$$

Çalışma noktasının elemanları olan  $I_{CQ}$  ve  $V_{CEQ}$  daha önce bulunmuştu.

$$I_{BQ} = 39.6\mu A \quad I_{CQ} = 1.98mA$$

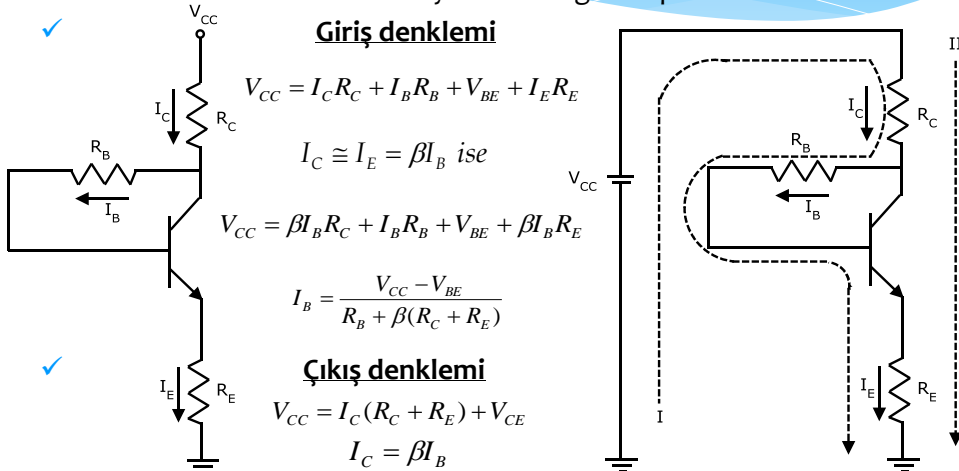
$$V_{CEQ} = 4.54V$$



## KUTUPLAMA DEVRELERİ(DEVAM)

### Geri-beslemeli Kutuplama Devresi:

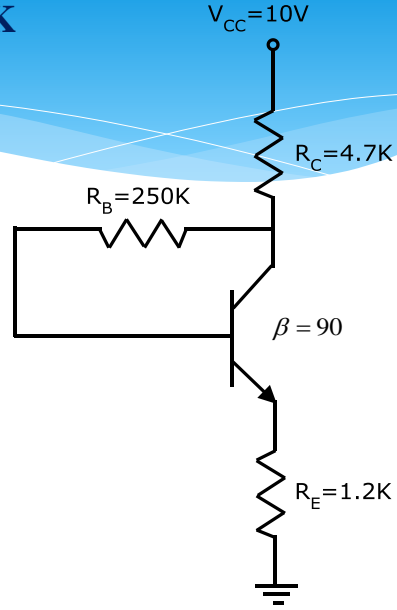
- ✓ Geri beslemeli kutuplama devresi gerilim bölücü dirençli kutuplama kadar olmasa da belli bir düzeyde kararlılığa sahiptir.



## ÖRNEK

### Örnek Soru:

- ✓ Şekildeki devrenin yük doğrusunu çizip çalışma noktasını bulunuz.
- ✓ Aynı devrede  $\beta=135$  alarak  $I_{CQ}$  ve  $V_{CEQ}$  değerlerini bulup,  $\beta=90$ 'daki sonuçlarla karşılaştırınız.



23

## ÖRNEK (DEVAM)

### Çözüm:

- ✓ Öncelikle yük doğrusunun elemanlarını bulalım.

$$I_C = 0 \text{ ise } V_{CE_{kesim}} = V_{CC} = 10V$$

$$V_{CE} = 0 \text{ ise } I_{C_{doyum}} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} = \frac{10V}{4.7K + 1.2K} = 1.6949mA$$

Çalışma noktasını bulmak için önce  $I_{BQ}$  giriş ve sonra  $I_{CQ}$  çıkış akımı bulunur.

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta(R_C + R_E)} = \frac{10V - 0.7V}{250K + 90(4.7K + 1.2K)} = 11.91\mu A$$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} = 90 \cdot 11.91\mu A = 1.07mA$$

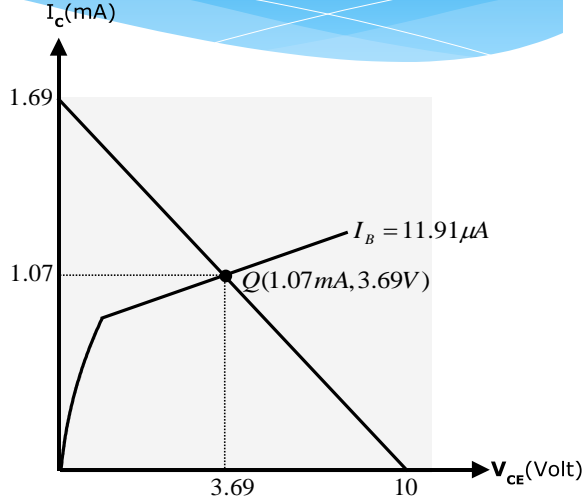
Denklem 2'den çıkış gerilimini bulunur.

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}(R_C + R_E) = 10V - 1.07mA(4.7K + 1.2K) = 3.69V$$

## ÖRNEK (DEVAM)

### Çözüm:

- ✓ Yük doğrusu ve çalışma noktası yandaki gibidir.



## ÖRNEK (DEVAM)

### Çözüm ( $\beta$ değeri yarıya indirilirse):

- ✓ Geri beslemeli kutuplama devresinin kararlılığını ölçmek için aynı örnekte  $\beta = 135$  alalım.

- ✓ Giriş akımı 
$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta(R_C + R_E)} = \frac{10\text{V} - 0.7\text{V}}{250\text{K} + 135(4.7\text{K} + 1.2\text{K})} = 8.89\mu\text{A}$$

- ✓ Çıkış akımı 
$$I_C = \beta I_B = 135 \cdot 8.89\mu\text{A} = 1.2\text{mA}$$

- ✓ Çıkış gerilimi 
$$V_{CEQ} = 10\text{V} - 1.2\text{mA}(4.7\text{K} + 1.2\text{K}) = 2.9\text{V}$$

## ÖRNEK (DEVAM)

### Çözüm ( $\beta = 90$ ve $\beta = 135$ sonuçlarının karşılaştırılması):

- ✓ Şimdi  $\beta = 90$  ve  $\beta = 135$  'ten elde ettiğimiz sonuçları karşılaştıralım.
- ✓ Aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi  $\beta$ 'nin değerinin %50 artırılması  $I_{CQ}$ 'nın %12.1 artmasına  $V_{CEQ}$ 'nin ise %20.9 azalmasına neden olmuştur. Aynı değişim sabit kutuplama devresinde yapılıyorsa, akım ve gerilimdeki değişim %50 olacaktı. Buradan **geri beslemeli** kutuplamanın **sabit kutuplamadan** iyi fakat **emiter dirençli tam kararlı kutuplama devresinden** kötü sonuç verdiği görülmektedir.

	$I_{CQ}$	$V_{CEQ}$
$\beta = 90$	1.07mA	3.69V
$\beta = 135$	1.2mA	2.9V

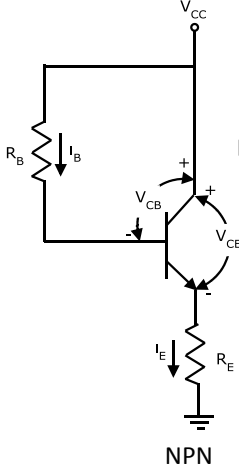
## KUTUPLAMA DEVRELERİ(DEVAM)

### Ortak Kollektör Kutuplama devresi :

- ✓ **Ortak kollektör kutuplama** devresinde giriş  $V_{CB}$ 'den uygulanır çıkış ise  $V_{CE}$ 'den alınır. Bu kutuplama yöntemi özellikle empedans uygunlaştırma işleminde kullanılır. Bu devrenin yüksek giriş empedansına rağmen küçük çıkış empedansı vardır. Ortak base ve ortak emiterli devrede ise durum tam tersidir: düşük giriş, yüksek çıkış empedansı mevcuttur.

## KUTUPLAMA DEVRELERİ(DEVAM)

### Ortak Kollektör Kutuplama devresi:



#### Giriş denklemi

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

Denklemden  $I_E = \beta I_B$  yazıp  $I'_B$  yi çekelim

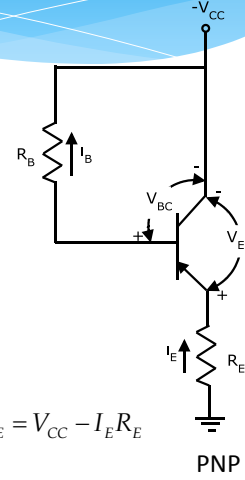
$$\text{Giriş akımı } I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta R_E}$$

#### Çıkış denklemi

$$\text{Çıkış akımı } I_E = (\beta + 1) I_B \cong \beta I_B$$

$$\text{Çıkış gerilimi } V_{CC} = I_E R_E + V_{CE} \text{ ise } V_{CE} = V_{CC} - I_E R_E$$

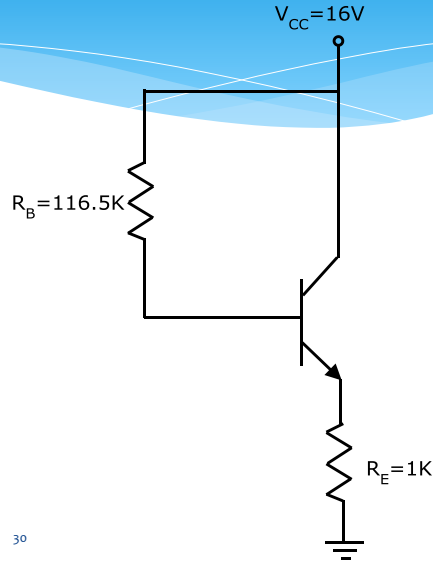
NPN ve PNP transistörün ortak kollektör kutuplama devreleri



## ÖRNEK

### Örnek Soru:

- ✓ Şekildeki ortak kollektör devrenin yük doğrusunu çizip çalışma noktasını bulunuz ( $\beta = 120$ ).



## ÖRNEK (DEVAM)

### Cözüm:

- ✓ Öncelikle yük doğrusunun elemanlarını bulalım.

$$I_C = 0 \text{ ise } V_{CEkesim} = V_{CC} = 16V$$

$$V_{CE} = 0 \text{ ise } I_{Edoyum} = \frac{V_{CC}}{R_E} = \frac{16V}{1K} = 16mA$$

- ✓ Çalışma noktasını bulmak için önce  $I_{BQ}$  giriş ve sonra  $I_{EQ}$  çıkış akımı bulunur.

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta R_E} = \frac{16V - 0.7V}{116.5K + 120 \cdot 1K} = 66.1\mu A \quad I_{EQ} = \beta I_{BQ} = 120 \cdot 66.1\mu A = 8mA$$

- ✓ Çıkış gerilimi aşağıdaki gibi bulunur.

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_E R_E = 16V - 8mA \cdot 1K = 8V$$

## ÖRNEK (DEVAM)

### Cözüm:

- ✓ Yük doğrusu ve çalışma noktası yandaki gibidir.

