

DENEY 9: BJT ÖNGERİLİMLENDİRME ÇEŞİTLERİ

9.1. Deneyin Amacı

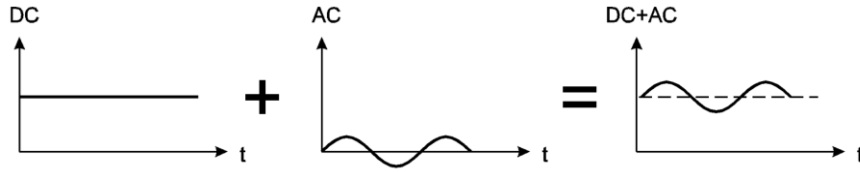
- BJT ön gerilimlendirme devrelerine örnek olarak verilen üç değişik bağlantının, değişen β değerlerine karşı gösterdiği çalışma noktalarındaki kararlılıkların incelenmesi

9.2. Kullanılacak Malzemeler ve Aletler

- BC237, BC338 transistör, 220 Ω , 330 Ω , 4.7k Ω , 10k Ω , 100k Ω dirençler ve bağlantı kabloları
- Multimetre, DC güç kaynağı

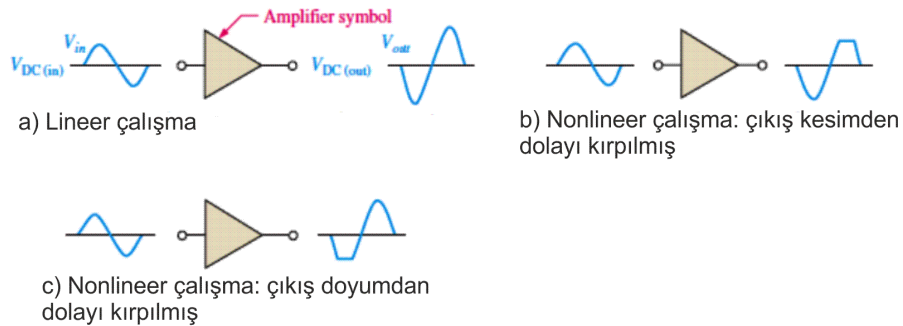
9.3. Teorik Bilgiler

Bir transistörün yükseltici (amplifikatör) olarak çalışabilmesi için DC olarak kutuplanması (öngerilimlenmesi) gerekir. Yükseltici devrenin girişine bir AC işaret uygulandığında, çıkışta elde edilen işaret, DC bileşen ile AC işaretin toplamıdır. Bir AC işaret uygulanmazsa devrede sadece DC bileşen mevcuttur. Şekil 1’de bu durum gösterilmiştir.



Şekil 1. Bir yükselticide DC ve AC bileşenlerin toplamı

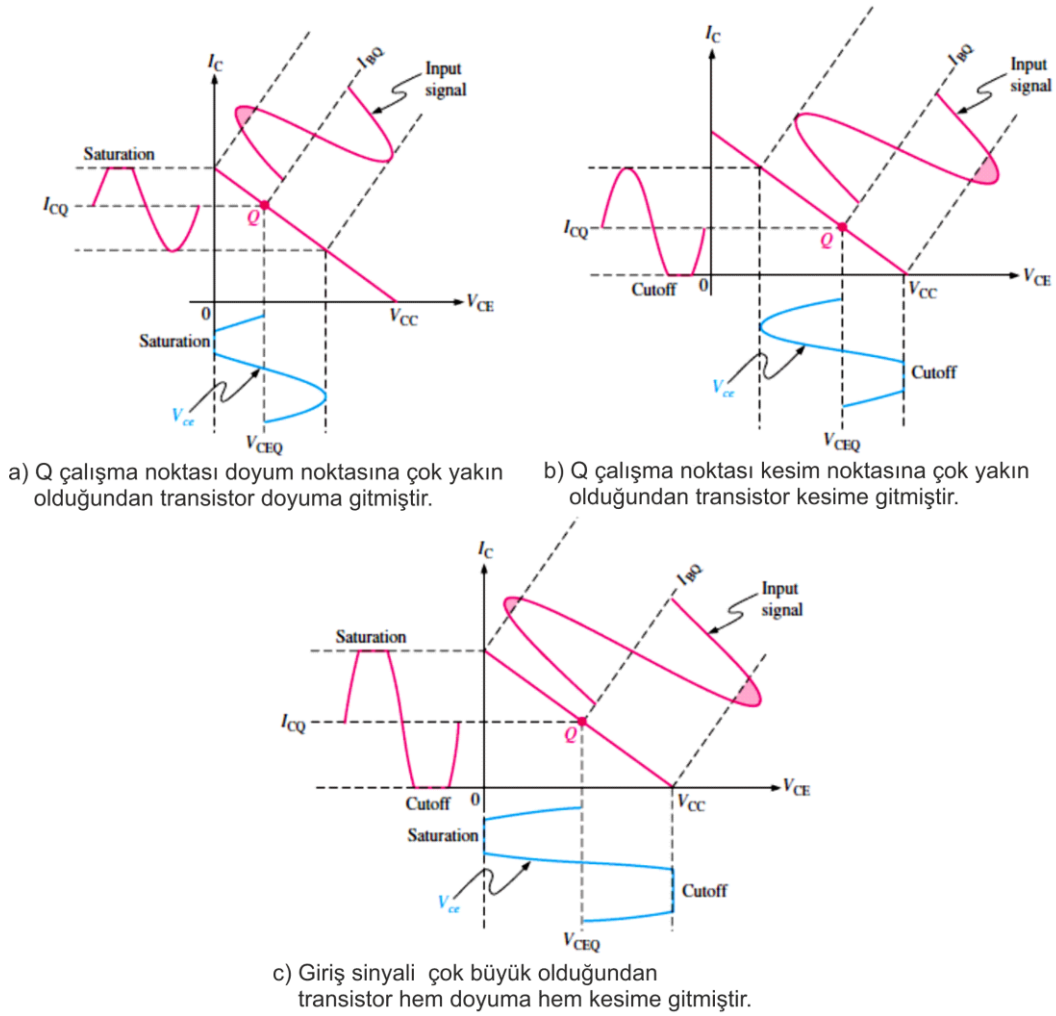
Doğrusal ve verimli bir çalışma için transistörlü yükselteç devresinde öngerilimlenme akım ve gerilimleri iyi seçilmeli veya hesaplanmalıdır. Eğer bir yükseltici doğru şekilde kutuplanmazsa, giriş sinyali uygulandığında çıkış, doyuma veya kesime gidebilir. Şekil 2, lineer ve nonlinear çalışma noktaları seçilmesi sonucu, evirici bir yükselteçte çıkış üzerindeki etkilerini göstermektedir.



Şekil 2. Bir yükselteç devresinin lineer ve nonlinear çalışmasına örnekler

Çıkışın Bozulması (Distorsiyon)

Transistörle gerçekleştirilen yükselteçlerde; çıkıştan elde edilen yükseltilmiş işaretin giriş işareti ile aynı dalga formunda olması istenir. Çıkış işaretinde her hangi bir bozulma olması istenmez. Çıkış işaretinde oluşan veya oluşabilecek bozulmaya ise “distorsiyon” adı verilir. Yükselteç devrelerinde birçok nedenden dolayı distorsiyon oluşabilir. Şekil-3’de transistör devresinde oluşabilecek distorsiyonlar çıkış karakteristikleri üzerinde gösterilmiştir.

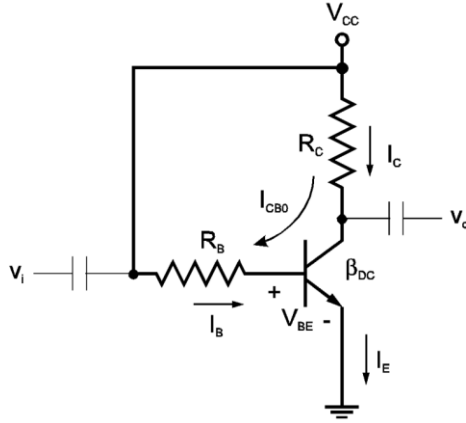


Şekil 3. Transistörlü yükselteç devresinde oluşan bozulmalar (distorsiyon)

Bez Kutuplama

Transistörün çalışma bölgesinin ayarlanması için iki ayrı DC gerilim kaynağı kullanılması pratik bir çözüm değildir. Tek bir DC gerilim kaynağı kullanılarak yapılan birkaç polarma yöntemi vardır. Şekil-4’te tek bir dc gerilim kaynağı kullanılarak gerçekleştirilmiş devre modeli verilmiştir. Bu tür

polarma işlemine beyz kutuplaması adı verilmektedir. Devrenin giri ve çıkışına kondansatör konularak DC bileşenler filtre edilmiştir.



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

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

Aktif bölgede:

$$I_C = \beta I_B$$

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

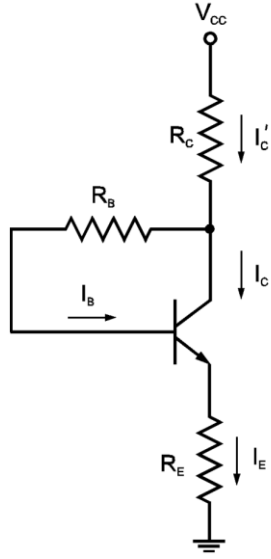
Şekil 4. Beyz kutuplama devresi

Devrede çalışma noktası kararlı değildir. V_{BE} gerilimi sıcaklığın artması ile azalır. V_{BE} geriliminin artması beyz akımını azaltır. I_{CB0} sızıntı akımı sıcaklıkla artar. I_{CB0} akımı, R_B direnci üzerinde beyz akımını artırıcı yönde bir gerilim oluşturur. β_{DC} de sıcaklıkla değişir. Bu değişimler devrede çalışma noktasının değişmesine yol açar. V_{BE} ve I_{CB0} 'ın değişmesi V_{CC} gerilimine göre oldukça küçüktür. Çalışma noktasındaki kararsızlık daha çok β_{DC} 'deki değişimden kaynaklanır.

Kollektör-Geribeslemeli Kutuplama

Transistörlü yükselteç devrelerinin kutuplanmasında kullanılan bir diğer yöntem ise kolektör geri beslemeli devredir. Bu devrenin kararlılığı oldukça yüksektir. Transistörün çalışma bölgesi değerleri β_{DC} değişimlerinden pek fazla etkilenmez.

Tipik bir kolektör geri beslemeli polarma devresi Şekil-5'te verilmiştir. Devrede negatif geri besleme yapılmıştır. Çünkü beyz ve kolektör gerilimleri arasında 180° faz farkı vardır. Devre, yapılan geri besleme sayesinde kararlı bir yapıya kavuşmuştur. Çünkü transistörün β 'sının neden olduğu etkiler ve değişimler geri besleme ile azaltılmıştır. Kısaca geri besleme sayesinde kararlı bir çalışma sağlanmıştır.



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

$$I'_C = I_C + I_B = I_E = (\beta + 1)I_B$$

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

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

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

$$I'_C = I_E$$

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

Şekil 5. Kolektör-Geribeslemeli kutuplama devresi

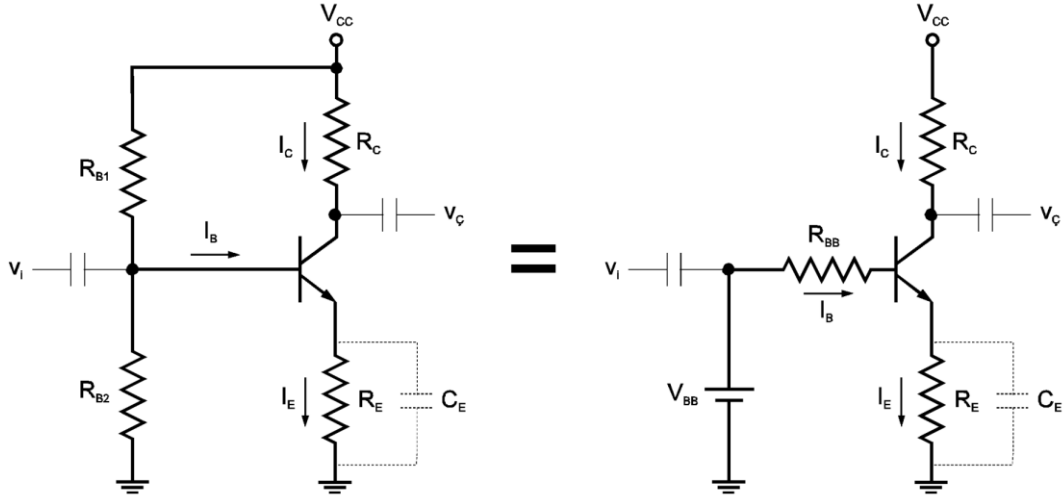
Sistemin kararlı çalışması için geri besleme ile yapılan iyileştirilme aşağıda anlatılmıştır. Isı ile β 'nın artması transistörün kolektör akımında da bir artışa neden olur. Kolektör akımının artması R_C direnci üzerinde oluşan gerilimi de arttıracaktır. R_C direnci üzerinde oluşan gerilimin (V_{R_C}) artması ise transistörün V_{CE} geriliminin azalmasına neden olur. Kolektör gerilimi ise R_B direnci üzerinden beyz'i beslemektedir. Bu durumda beyz akımı da azalacaktır. Beyz akımının azalması ise kolektör akımında β değişiminin neden olduğu artmayı engelleyecektir. Sıcaklık etkisiyle β 'da dolayısıyla kolektör akımında oluşan artma veya azalma geri besleme ile dengelenmektedir. Bu durum, transistörün çalışma bölgesinin kararlı kalmasını sağlar.

Gerilim Bölücülü Kutuplama

Gerilim bölümlü kutuplama devresi, lineer çalışmada sıkça tercih edilen en popüler polarlama metodudur. Gerilim bölme işlemi dirençlerle gerçekleştirilir. Bu kutuplama tipi transistörün son derece kararlı çalışmasını sağlar ve β_{DC} 'den bağımsızdır. Devrede tek bir besleme geriliminin kullanılması ise diğer bir avantajdır. Özellikle lineer yükselteç evrelerinin tasarımlarında gerilim bölücülü kutuplama devreleri kullanılır.

β 'ya bağımlılık yükselteç devrelerinde bir takım sorunlar yaratır. Örneğin aynı firma tarafından üretilen aynı tip transistörlerin β değerleri farklılıklar içerir. Ayrıca β ısı değişiminden de etkilenmektedir. Bu durum transistörün kararlı çalışmasını engelleyerek çalışma noktasının istenmeyen bölgelere kaymasına neden olur. Transistörlerde kararlı bir çalışma için gerilim bölücülü kutuplama devreleri geliştirilmiştir.

Tipik bir gerilim bölücülü kutuplama devresi Şekil 6’te verilmiştir. Görüldüğü gibi devre tek bir gerilim kaynağından (V_{CC}) beslenmiştir. Devrede transistörün beyz akımı R_1 ve R_2 dirençleri tarafından sağlanmaktadır. Devrenin kararlılığı çok yüksektir. Transistörün çalışma bölgesi değerleri β_{DC} ’nin değişiminden etkilenmez.



Şekil 6. Gerilim bölücülü kutuplama devresi

$$R_{BB} = \frac{R_{B1} R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}$$

$$V_{BB} = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC}$$

$$V_{BB} = I_B R_{BB} + V_{BE} + I_B (1 + \beta_{DC}) R_E$$

$$R_{BB} \ll (1 + \beta_{DC}) R_E \text{ ise}$$

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

$$I_C \cong I_E$$

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

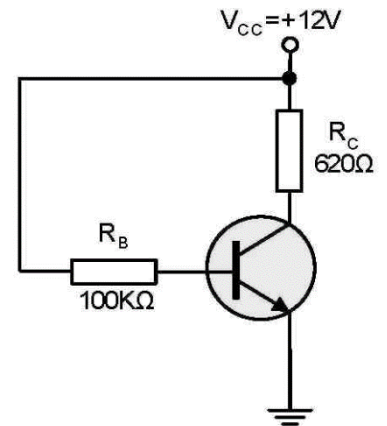
Örnek: Şekilde verilen beyz polarmalı devrenin çalışma ortamı ısısı 25°C ile 50°C arasında değişmektedir. Transistörün β_{DC} değeri 25°C için 100, 50°C için 150 olmaktadır. Bu koşullar altında transistörün Q çalışma bölgesinde davranışını (I_C , V_{CE}) analiz ediniz. Sıcaklıktaki değişimin devreye etkilerini belirleyiniz.

Çözüm:

25°C’de $\beta_{DC}=100$ için

$$I_C = \beta_{DC} \left[\frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \right] = 100 \cdot \frac{12 - 0.7}{100\text{K}\Omega} = 100 \cdot \frac{11.03}{100\text{K}\Omega} = 11.3\text{mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - (I_C \cdot R_C) = 12\text{V} - (11.3\text{mA} \cdot 620\Omega) = 5\text{V}$$



50°C'de $\beta_{DC}=150$ için

$$I_C = \beta_{DC} \left[\frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} \right] = 150 \cdot \frac{12 - 0.7}{100K\Omega} = 150 \cdot \frac{11.03}{100K\Omega} = 17mA$$

$$V_{CE} = V_{CC} - (I_C \cdot R_C) = 12V - (17mA \cdot 620\Omega) = 1.46V$$

Dolayısıyla ısı değişim transistörün kolektör akımını ve çalışma noktası gerilimi V_{CE} değerini değiştirmektedir. I_C akımındaki değişimin yüzde miktarını bulalım.

$$\% \Delta I_C = \frac{I_{C(75^\circ)} - I_{C(25^\circ)}}{I_{C(25^\circ)}} \cdot \%100 = \frac{17mA - 11.3mA}{11.3mA} \cdot \%100 \cong \%50 \text{ (Artma)}$$

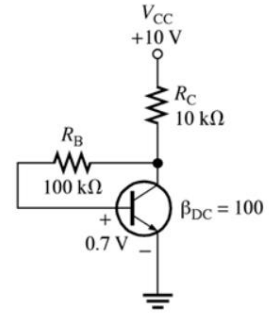
Neticede sıcaklık artışıyla oluşan β_{DC} değerindeki değişim I_C akımında %50 oranında bir artışa neden olmaktadır. Aynı şekilde transistörün çalışma noktasında oluşan değişim oranını hesaplayalım.

$$\% \Delta V_{CE} = \frac{V_{CE(75^\circ)} - V_{CE(25^\circ)}}{V_{CE(25^\circ)}} \cdot \%100 = \frac{1.46V - 5V}{5V} \cdot \%100 \cong -\%70 \text{ (Azalma)}$$

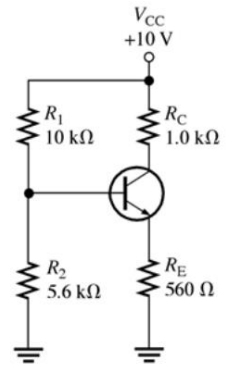
Isıl veya çeşitli etkenlerden dolayı β_{DC} değerinin değişmesi transistörün çalışma noktasını aşırı ölçüde etkilemektedir. Bu durum lineer çalışmayı etkiler ve kararlı bir çalışma oluşturulmasını engeller. Transistörün çalışma bölgesinin kayması istenmeyen bir durumdur. Bu yüzden transistörün çalışma bölgesinin kararlı olması ve kaymaması için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

9.4. Ön Hazırlık Soruları

1. Şekildeki devre için Q çalışma noktası değerlerini (I_C , V_{CE}) hesaplayınız.



2. Şekildeki devre için Q çalışma noktası değerlerini (I_C , V_{CE}) hesaplayınız. ($\beta_{DC} = 100$ ve $I_E \cong I_C$)



3. Deneyi Proteus programında gerçekleştiriniz. Deneyin yapılışında verilen adımları uygulayınız.

9.5. Deneyin Yapılışı

1. BC237 transistörüyle Şekil-4'teki **beyz kutuplama** devresini $V_{CC}=12\text{ V}$, $R_B=100\text{ k}\Omega$ ve $R_C=220\text{ }\Omega$ değerleriyle kurunuz.
2. V_{CE} , V_{BE} , V_{R_C} , V_{R_B} değerlerini multimetreyle ölçüp tabloya kaydediniz.
3. I_B ve I_C değerlerini V_{R_C} , V_{R_B} gerilimleri üzerinden hesaplayıp tabloya kaydediniz. β değerini hesaplayıp tabloya kaydediniz (Deney sonrası da yapılabilir).
4. Devredeki transistörü BC338 ile değiştirip 2. ve 3. adımları tekrarlayınız. Bulduğunuz değerleri tabloya kaydediniz.
5. BC237 transistörüyle Şekil-5'teki **kollektör-geribeslemeli kutuplama** devresini $V_{CC}=12\text{ V}$, $R_B=100\text{ k}\Omega$, $R_C=220\text{ }\Omega$ ve $R_E=330\text{ }\Omega$ değerleriyle kurunuz.
6. 2. ve 3. adımları bu devre için tekrarlayınız.
7. Devredeki transistörü BC338 ile değiştirip 2. ve 3. adımları tekrarlayınız. Bulduğunuz değerleri tabloya kaydediniz.
8. BC237 transistörüyle Şekil-6'teki **gerilim bölücülü kutuplama** devresini $V_{CC}=12\text{ V}$, $R_{B1}=10\text{ k}\Omega$, $R_{B2}=4.7\text{ k}\Omega$, $R_C=220\text{ }\Omega$ ve $R_E=330\text{ }\Omega$ değerleriyle kurunuz.
9. 2. ve 3. adımları bu devre için tekrarlayınız.
10. Devredeki transistörü BC338 ile değiştirip 2. ve 3. adımları tekrarlayınız. Bulduğunuz değerleri tabloya kaydediniz.

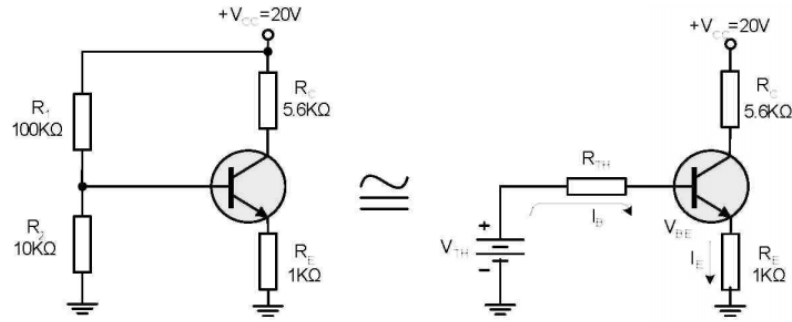
	Beyz Kutuplama		Kollektör-Geribeslemeli Kutuplama		Gerilim Bölücülü Kutuplama	
	BC237	BC338	BC237	BC338	BC237	BC338
V_{CE}						
V_{BE}						
V_{R_C}						
I_B						
I_C						
$\beta = \frac{I_C}{I_B}$						

Tablo-1. Sonuçlar

9.6. Deney Sonuç Soruları

1. Deneydeki üç devre için transistör değişimiyle çalışma noktasındaki (I_C , V_{CE}) değişimi yüzdeli olarak hesaplayınız (Sayfa 5, örnek sorudaki gibi). Transistör değişimiyle çalışma noktalarındaki değişimi göz önüne alarak hangi kutuplama türü daha kararlı olmuştur?
2. Deneyde bulduğunuz V_{BE} ve β değerlerini kullanarak devrelerin dc analizi yapınız.
3. Q çalışma noktasının doğru ayarlanması neden gereklidir?
4. Transistör devresinde kararlılık neyi ifade etmektedir?
5. Aşağıda verilen devrenin analizini yapınız. Çözüm için Thevenin teoremini kullanınız.

$$\beta_{DC}=100, V_{BE}=0.7V$$



6. Soru 5'te verilen devrede transistörün β_{DC} değeri yüzde yüz artarak 200 olmuştur. Devrenin analizini yapınız? Çalışma bölgesindeki değişimi yüzdeli olarak ifade ediniz?

Kaynakça ve Notlar

- <http://www.yildiz.edu.tr/~fbakan/Analog/Analog2.pdf>
- http://www.bu.edu.eg/portal/uploads/Engineering,%20Shoubra/Electrical%20Engineering/2461/crs-11966/Files/ECE312_lec03.pdf