

6. DENEY : TRANSİSTÖRLÜ YÜKSELTEÇLER

6.1. Hazırlık Çalışması

6.2. Açıklayıcı Bilgiler

6.2.1. Deneyin Amacı:

- Her bir yükselteç devresinin temel karakteristiklerini anlamak.
- Transistörlerin üç farklı çalışma bölgesini anlamak.
- Transistör çalışma noktası kavramını anlamak.

6.2.2. Ön Bilgi

6.2.2.1 Yeni Terimler:

- **CE Yükseltme:**
CE, ortak emitörün (common emitter) kısaltmasıdır. İlgili devre, ortak emitörlü yükselteç olarak adlandırılır.
- **CC Yükseltme:**
CC, ortak kollektörün (common collector) kısaltmasıdır. İlgili devre, ortak kollektörlü yükselteç ve aynı zamanda emitör izleyici olarak adlandırılır.
- **CB Yükseltme:**
CB, ortak bazın (common base) kısaltmasıdır. İlgili devre, ortak bazlı yükselteç olarak adlandırılır.
- **Doyum:**
Transistörün giriş akımı I_B artırılırken, çıkış devresindeki akım artmıyorsa (yani $I_C \neq \beta I_B$), bu durumda transistörün CE'si kısa devreye benzer. I_C 'nin büyüklüğü V_{CC} ile çıkış devresindeki direnç tarafından belirlenir.
- **Kesim:**
Transistörün giriş akımı ve aynı zamanda çıkış akımı sıfırdır. Yani CE uçları akım iletmez ve açık devreye benzer.
- **Aktif Bölge:**
Transistörün çalışması, ne doyum ne de kesim bölgesindedir. CE'nin iki ucu ne kısa devre ne de açık devredir ve giriş akımı ile kontrol edilen değişken bir direnç gibi görev yapar. Doyum, kesim ve aktif bölgeler, transistörün üç farklı çalışma bölgesini ifade eder.
- **D.A. Öngerilim:**
Transistörün doyum, kesim ya da aktif bölgede çalışmasını sağlamak için, d.a. gerilim ya da akım gereklidir.
- **h_{fe} :**
CE düzenlemesi için akım yükseltme katsayısı (küçük işaret durumunda)

- **h_{α} :**
CB düzenlemesi için akım yükseltme katsayısı (küçük işaret durumunda)
- **h_{ie} :**
CE düzenlemesi için Z_i
- **h_{ib} :**
CB düzenlemesi için Z_i
- **h_{re} :**
CE düzenlemesi için ters gerilim oranı
- **h_{rb} :**
CB düzenlemesi için ters gerilim oranı
- **h_{oe} :**
CE düzenlemesi için çıkış geçiş-iletkenliği

6.2.2.2 Temel Prensip:

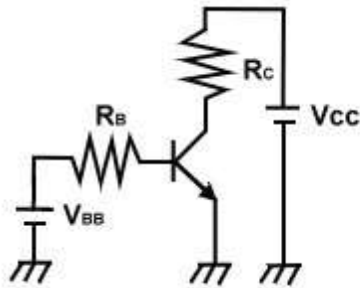
Topraklama durumuna bağlı olarak, transistörlü temel yükselteç devreleri üç ayrı düzenlemeye sahiptir:

1. CE yükseltme 2. CC yükseltme 3. CB yükseltme

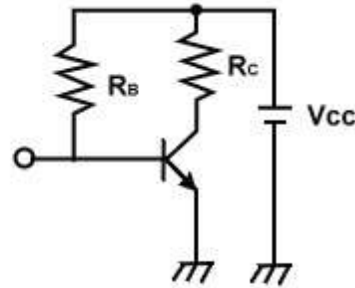
Bunlar arasında en yaygın kullanılan CE düzenlemesidir.

CE (Ortak-Emitörlü) Yükselteç

Şekil 6.1'de gösterilen temel ortak-emitörlü (CE) yükselteç devresinde, giriş ve çıkış sinyalleri ortak emitörü paylaşmaktadır. Başka bir ifadeyle emitör, genellikle toprak (GND) olarak adlandırılan, ortak nokta olarak kullanılır. Aslında burada emitör, devrede ortak bir uç olarak kullanılmaktadır ki bu durum elektrik devrelerindeki toprak kavramından farklıdır. Gerçek devrede, V_{BB} ve V_{CC} 'nin birlikte kullanılması ekonomik ve kullanışlı değildir. Bu yüzden genellikle I_B ve I_C için tek bir V_{CC} güç kaynağı kullanılır. Tipik bir devre Şekil 6.2'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1 CE Konfigürasyonu için
Öngerilim Düzenlemesi



Şekil 6.2 CE Konfigürasyonu için
Tek Güç Kaynağı Kullanan
Öngerilim Düzenlemesi

1) CE yükselteç için öngerilim düzenlemesi:

1. Sabit öngerilim devresi.

2. β 'dan bağımsız d.a. öngerilim devresi (kendiliğinden öngerilimli).

Devrenin kararlılığını artırmak için, yukarıdaki öngerilim devreleri yerine emitör dirençli sabit öngerilim devresi ve kollektör geribeslemeli öngerilim devresi kullanılır. Sık kullanılan öngerilim düzenlemeleri için temel prensipler aşağıda ifade edilmiştir:

A.Sabit Öngerilim Devresi

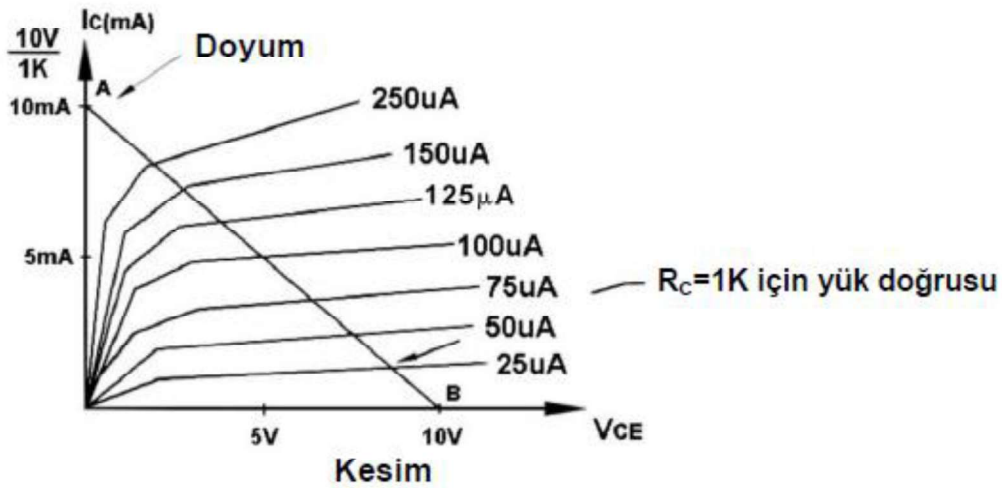
A) D.a. yük doğrusunu bulun (d.a. öngerilim). Şekil 6.2'de gösterildiği gibi, $\beta=50$ ve

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{10V - 0.6V}{100K} = \frac{9.4V}{100K} \approx 94 \mu A$$

$$I_C = \beta I_B = 50 \times 94 \mu A = 4.7mA$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 10V - 4.7mA \times 1K = 5.3V$$

Bu denklemler, aşağıda gösterildiği gibi, çıkış karakteristik eğrisinde ifade edilebilir. (0, V_{CC}/R_C) ve (V_{CC} , 0) noktalarını bağlayan doğru, d.a. yük doğrusu olarak adlandırılır.



Şekil 6.3

- Q, çalışma noktası olarak adlandırılır.
- Transistör doyumdayken, $I_C = V_{CC}/R_C$ ve $V_{CE} = 0$ olur (A noktası). Transistör kesimdeyken, $I_C = 0$ ve $V_{CE} = 12V = V_{CC}$ olur (B noktası).
- Bu devrenin Q çalışma noktası, $I_C = 5.7mA$, $V_{CE} = 6.3V$ noktasıdır. Transistör bu şekilde aktif bölgede çalışmaktadır.

B) A.a. giriş sinyali ile çalışma durumu

1. D.a. yük doğrusundan, V_o 'nun (V_{CE}) maksimum değerinin V_{CC} (12V) ve minimum değerinin 0V olduğu görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, V_o 'nun değişimi ΔV_o , giriş sinyalindeki değişimden bağımsız olarak, 0V ile 12V arasındadır.

2. Şekil 6.2'de gösterildiği gibi, $R_C = 1K$, $R_B = 100K$, $\beta = 50$ iken giriş ucuna $\pm 50\mu A$ a.a. akım uygulanmaktadır. Şekil 6.3'te gösterildiği gibi, d.a. yük doğrusu çizildikten sonra, Q noktasının I_B akım değeri $100 \mu A$ olarak bulunmaktadır. Böylece giriş akımının değişim aralığı $50 \mu A$ ile $150 \mu A$ arasında olmaktadır.

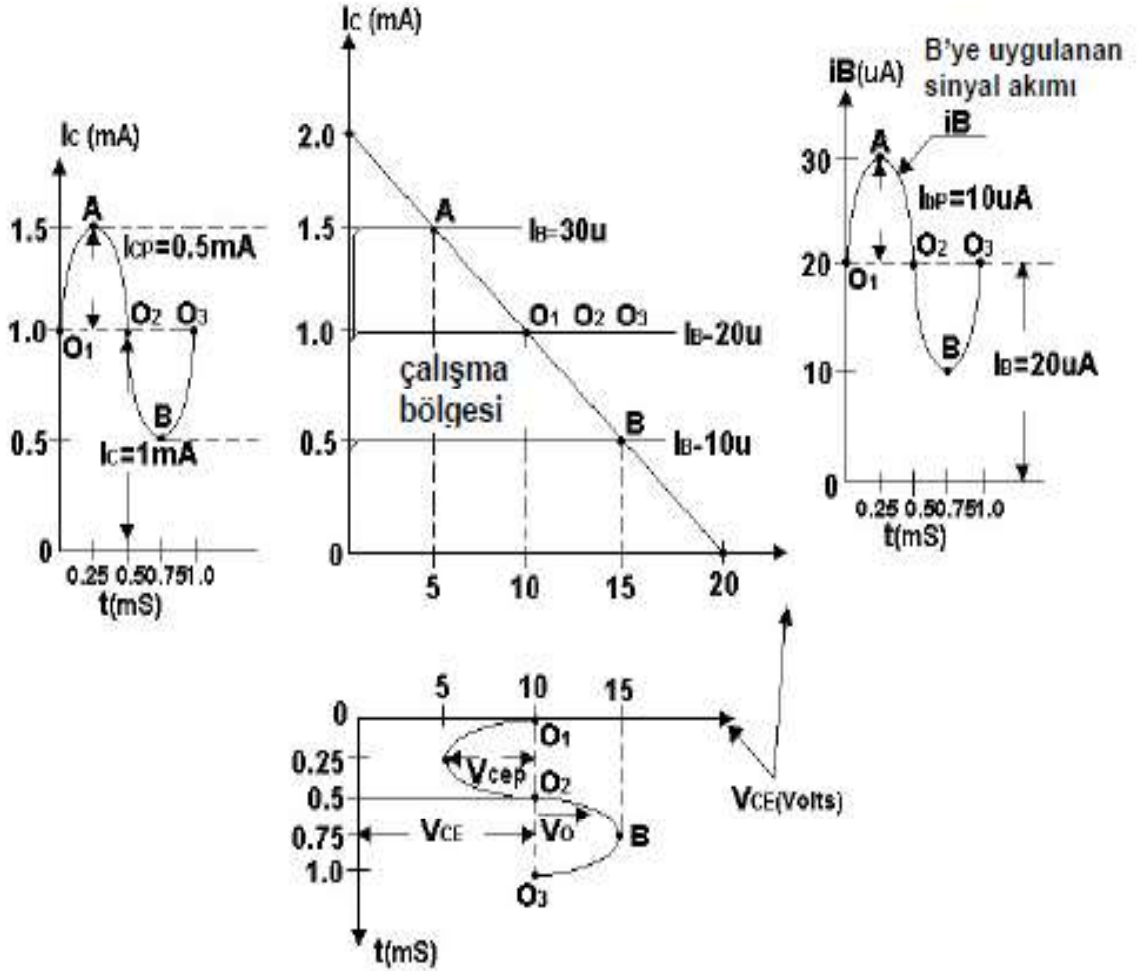
$I_B=50\mu A$ için

$$I_C=\beta \times I_B=50 \times 50\mu A=2,5mA$$
$$V_{CE}=V_{CC}-I_C \times R_C=10V-2,5mA \times 1K=7,5V.$$

$I_B=150\mu A$ için

$$I_C=\beta \times I_B=50 \times 150\mu A=7,5mA$$
$$V_{CE}=V_{CC}-I_C \times R_C=10V-7,5mA \times 1K=2,5V.$$

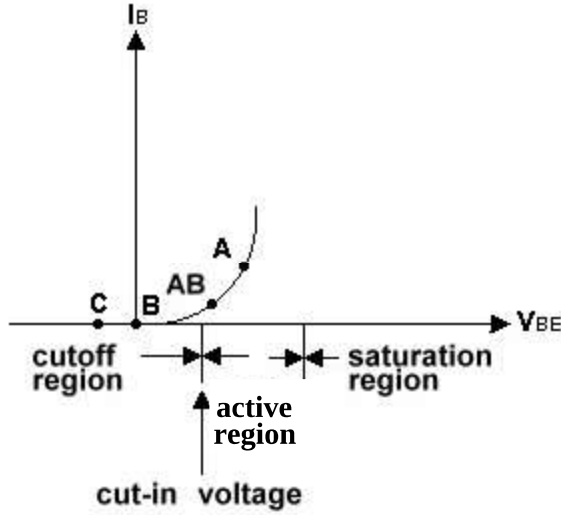
$V_O (V_{CE})$ ve I_C ile I_B arasındaki ilişki Şekil 6.4'te gösterilmiştir.



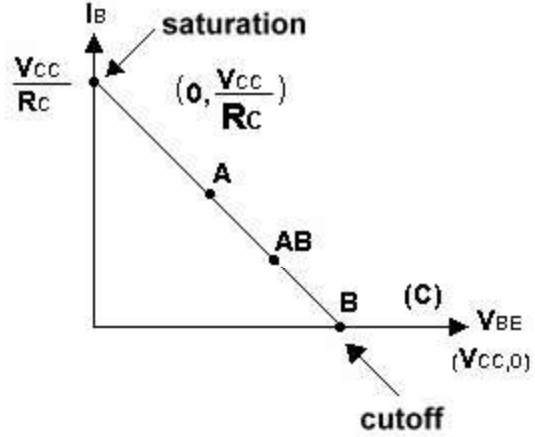
Şekil 6.4 $V_O (V_{CE})$ ve I_C ile I_B Arasındaki İlişki

C) D.a. öngerilimin yükselteç devresine etkisi (Q noktasının yükseltmeye etkisi)

a. Transistör devresinin d.a. öngerilim devresi, transistörün yükseltme sınıfına (A, B, AB ve C) göre tasarlanır. Her yükseltme sınıfı için Q çalışma noktası konumları Şekil 6.5'te gösterilmiştir.



Şekil 6.5(a) Giriş Karakteristik Eğrisi ve Çalışma Noktası



Şekil 6.5(b) Çıkış Karakteristik Eğrisi ve Çalışma Noktası

- A Sınıfı : Çalışma noktası, karakteristik eğrinin doğrusal kısmının ortasındadır.
 B Sınıfı : Çalışma noktası, $V_{BE}=0$ olduğu kesim noktasındadır.
 C Sınıfı : Çalışma noktası, kesim noktasının aşağısında, V_{BE} 'nin negatif olduğu bölgededir.
 AB Sınıfı : Çalışma noktası, A ve B Sınıfı çalışma noktaları arasında yer alır.

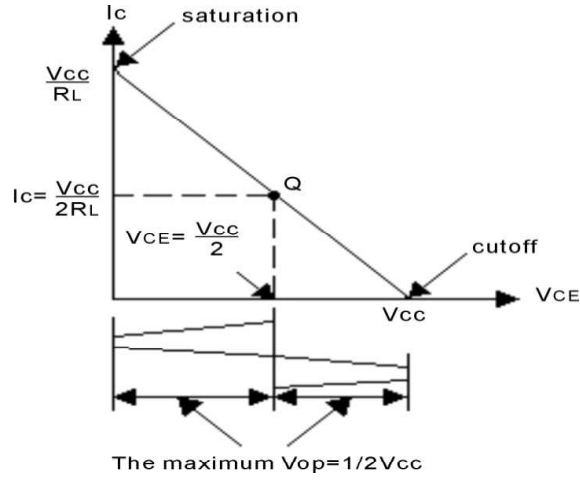
b. Çalışma noktasının konumu, maksimum çıkış gerilimini belirler. Çalışma noktası, Şekil 6.6'da gösterildiği gibi, I_B giriş sinyalinin büyüklüğüne uygun olarak belirlenir. Şekil 6.6'ya göre;

a) Daha büyük giriş sinyaline sahip devreler için çalışma noktası, Şekil 6.6(a)'da gösterildiği gibi, yük doğrusunun orta noktasında ($V_{CE}=V_{CC}/2$) olacak şekilde tasarlanır.

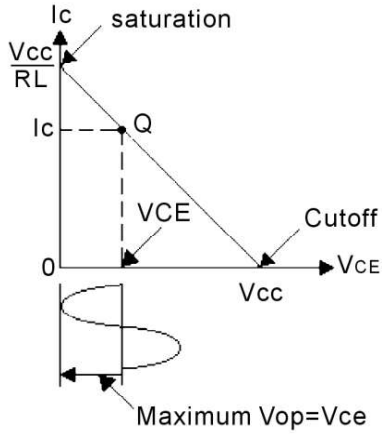
b) Daha küçük giriş sinyaline sahip devreler için çalışma noktası, orta noktanın yukarısında (Şekil 6.6(b)) ya da aşağısında (Şekil 6.6(c)) olacak şekilde tasarlanabilir.

c) Çalışma noktası yük doğrusunun ortasında olacak şekilde tasarlanmazsa, büyük giriş sinyali durumunda, Şekil 6.7(a) ve (b)'de gösterildiği gibi, çıkış dalga şeklinde bozulma ortaya çıkar ve işaretin tepe noktaları kırılır.

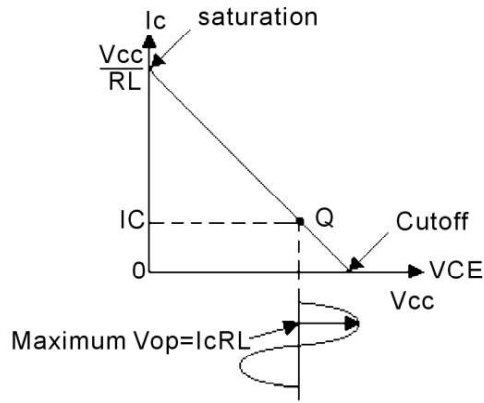
d) Çalışma noktası yük doğrusunun ortasında olacak şekilde tasarlansa bile, giriş sinyalinin çok büyük olması durumunda, Şekil 6.8'de gösterildiği gibi, hem pozitif hem de negatif tepelerde kırılma ortaya çıkar. Bu bozulmayı ortadan kaldırmanın tek yolu, Şekil 6.8'de gösterildiği gibi V_{CC} 'yi artırmaktır.



(a) Mümkin olan maksimum V_o

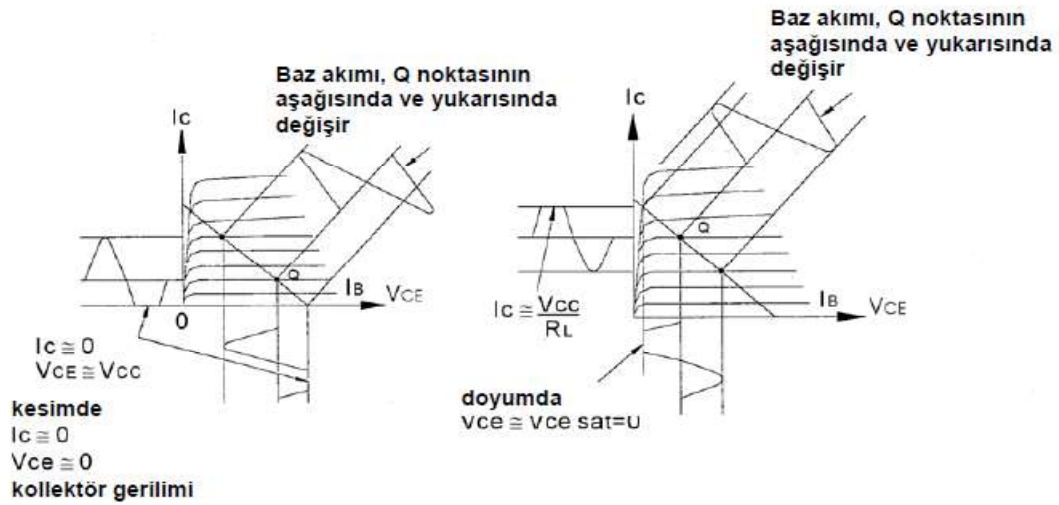


(b)



(c)

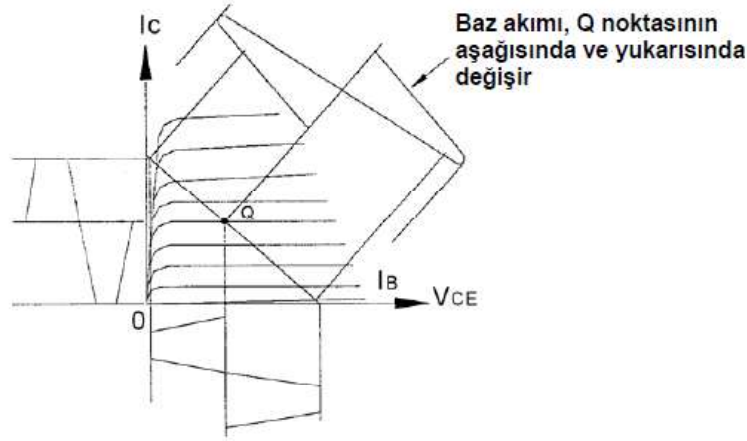
Şekil 6.6 Çalışma noktası, maksimum çıkış gerilimini belirler.



(a) Kesimin neden olduğu bozulma

(b) Doyumun neden olduğu bozulma

Şekil 6.7 Uygun olmayan çalışma noktasının neden olduğu bozulma

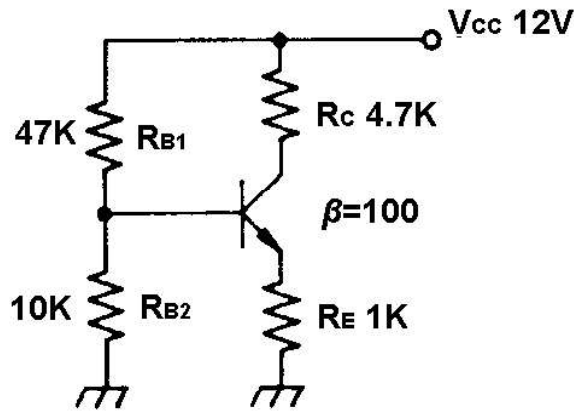


Şekil 6.8 Aşırı giriş geriliminin neden olduğu bozulma

D) Sabit öngerilim devresinin dezavantajları Sabit öngerilim devresinin (V_{CE} , I_C) çalışma noktası, β değerine bağlıdır ($I_C = \beta \times I_B$, $V_{CE} = V_{CC} - I_C \times R_C$). Farklı transistör kullanılması durumunda β değeri değişir (Aynı üretici tarafından üretilen, aynı kod numarasına sahip transistörlerin bile β değeri farklı olabilir). Bu durumda çalışma noktasının konumu da değişir ve devrenin çalışma durumu başlangıç tasarımıyla uyumlu olmaz. Ayrıca, çıkış dalga şekli bozulur ve sükunet akımının artması transistörün yanmasına sebep olabilir.

B. β Değerinden Bağımsız D.A. Öngerilim Devresi

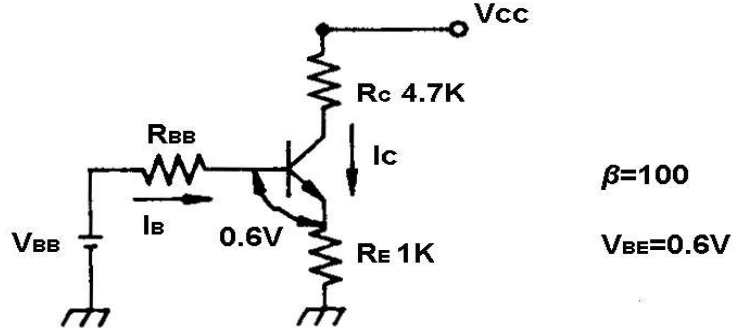
Bu devrenin tasarımının tamamlanmasıyla, çalışma noktası sabitlenmiş demektir ve β değerinin değişmesi bu çalışma noktasının kaymasına neden olmaz. Bu devre, otomatik olarak çalışma noktasına kilitlenen karakteristiklere sahip olduğu için, “kendinden öngerilimli devre” olarak adlandırılır. Örnek: Şekil 6.9’da gösterilen devre için I_C ve V_{CE} ’yi bulalım.



Şekil 6.9

Çözüm:

Şekil 6.9’daki devrenin eşdeğeri Şekil 6.10’da gösterilmiştir.



Şekil 6.10

Thevenin teoreminden yararlanarak

$$V_{BB} = V_{CC} \times \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = 12V \times \frac{10K}{10K + 47K} = 2.1 V$$

$$R_{BB} = R_{B1} // R_{B2} = \frac{47K \times 10K}{47K + 10K} = 8.2 K$$

Şekil 6.10'dan,

$$V_{BB} = I_B \times R_{BB} + V_{BE} + I_E \times R_E$$

$$= I_B \times R_{BB} + V_{BE} + I_B(1+\beta) \times R_E$$

$$= I_B(R_{BB} + (1+\beta) \times R_E) + V_{BE}$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_{BB} + (1+\beta) \times R_E} = \frac{2.1 - 0.6}{8.2K + (1+100)1K} = 0.0137 \text{ mA}$$

$$I_C = \beta \times I_B = 100 \times 0.0137 \text{ mA} = 1.37 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E) = 12 - 1.37 \text{ mA} (4.7K + 1K) = 4.2 V$$

Kullanılan yaklaşıklık değerlendirilirse;

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{V_{BB} - 0.6}{1K} = \frac{2.1V - 0.6}{1K} = 1.5 \text{ mA}$$

$$I_C \approx I_E = 1.5 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = 12V - 1.5 \text{ mA} (4.7K + 1K) = 3.5 V$$

β değeri gözönüne alınmadığında, $I_C=1.5\text{mA}$ yaklaşımı kullanılabilir. β değeri gözönüne alındığında ise $I_C=1.37\text{mA}$ olmaktadır (βR_E büyüdükçe yukarıdaki iki çözüm birbirine daha fazla yaklaşır). Bu nedenle bu devre, β değerinden bağımsız öngerilim devresi olarak adlandırılır. Farklı transistör kullanılması durumunda devrenin çalışma noktası değişmeyecektir.

C. Kollektör Geribeslemeli Öngerilim Devresi

Kollektör geri-beslemeli öngerilim devresi Şekil 6.11’de gösterilmiştir. Aşağıda bu devre analiz edilmiştir. Kirchhoff’un gerilim yasasından yararlanılarak;

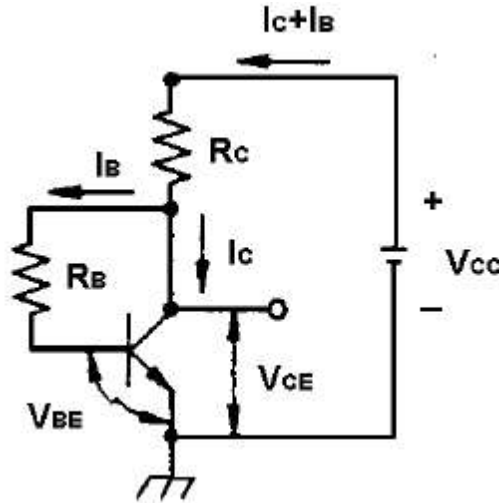
$$V_{CC} = (I_C + I_B) \times R_C + I_B \times R_B + V_{BE}$$

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

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

$$\text{Eğer } \beta \gg 1 \text{ ve } V_{CC} \gg V_{BE} \text{ ise } I_B = \frac{V_{CC}}{\beta R_C + R_B}$$

$$I_C = \beta I_B, \quad V_{CE} = V_{CC} - (I_C + I_B)R_C \cong V_{CC} - I_C \times R_C$$



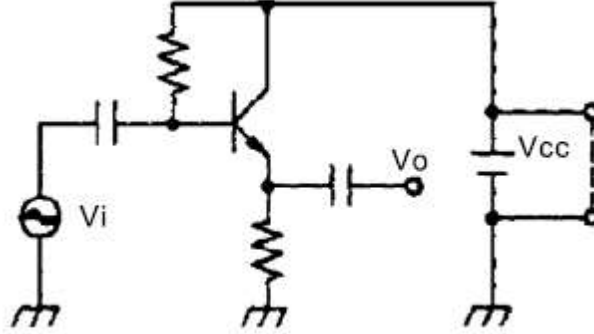
Şekil 6.11 Kollektör Geribeslemeli Öngerilim Devresi

Farklı β değerleri için çalışma noktalarının konumu farklı olmaktadır. Kollektör geribeslemeli devre, sabit öngerilimli devreye nazaran çok daha karardır. β arttıkça I_B akımı düşmektedir. Bu devre kendiliğinden ayarlanma özelliği gösterdiği için, β değerinin değişmesi I_C akımını önemli ölçüde değiştirmeyecektir.

(2) CC (Ortak Kollektörlü) Yükselteç

1) CC yükselteç için temel bilgiler

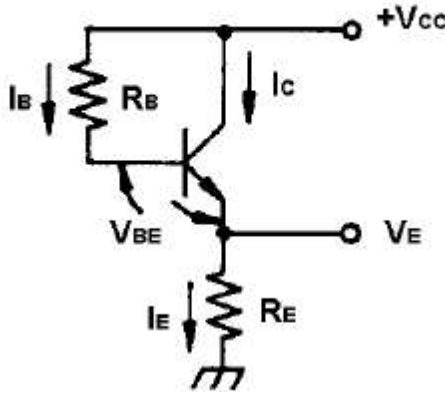
Ortak kollektörlü (CC) yükselteç devresi Şekil 6.13'te gösterilmiştir. A.a. analizinde V_{CC} kısa devre olarak düşünülebileceği için (süperpozisyon teoreminden), kollektör V_i ve V_o gerilimleri için ortak uçtur. Diğer bir ifadeyle, kollektör toprak ucudur. Emitördeki çıkış gerilimi giriş gerilimini izlediği için, bu devre emitör-izleyici devre olarak adlandırılır.



Şekil 6.13

2) CC yükselteç için d.a. öngerilim düzenlemesi

Emitör geribeslemeli öngerilim devresi Şekil 6.14'te gösterilmiştir.



Şekil 6.14

R_E emitör direnci, aşağıdaki analizde görüldüğü gibi, devrenin kararlılığını artırmaktadır.

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

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

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

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

$$V_E = I_E R_E = (1+\beta)I_B R_E \approx \beta I_B R_E$$

Şekil 6.14'teki devrenin giriş tarafına Şekil 6.9'daki gibi gerilim bölücü dirençler konularak, daha kararlı bir devre oluşturulabilir.

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

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

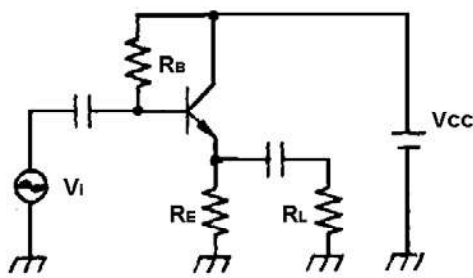
$$I_E = V_E / R_E$$

Son analizde β 'nın hiç olmaması, bu öngerilim düzenlemesinin oldukça kararlı olduğunu göstermektedir.

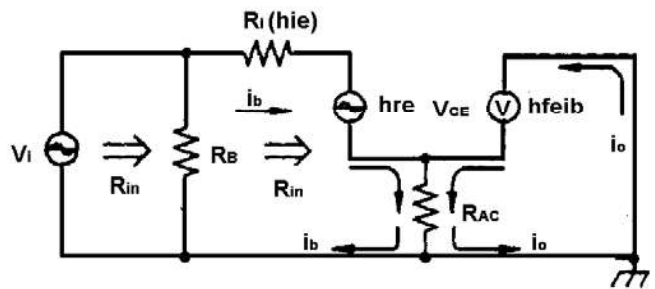
Şekil 6.15(a)'daki devrenin a.a. eşdeğeri Şekil 6.15(b)'de gösterilmiştir. Bu yükseltecin a.a. analizi yapıldığında aşağıdaki özelliklere sahip olduğu anlaşılır.

- Z_i çok büyüktür.
- $A_v \approx 1$
- Ortak kollektörlü yükseltecin A_i 'si, ortak emitörlü yükseltece göre biraz daha büyüktür ve $1+h_{fe}$ 'ye eşittir.
- Z_o çok küçüktür.
- V_o , V_i 'nin aynısıdır.

Ortak kollektörlü yükselteç, gerilim yükseltme için uygun değildir ve öncelikli olarak empedans uydurma amacıyla kullanılır. Nadiren, akım yükseltme uygulamalarında da kullanılır.



(a)

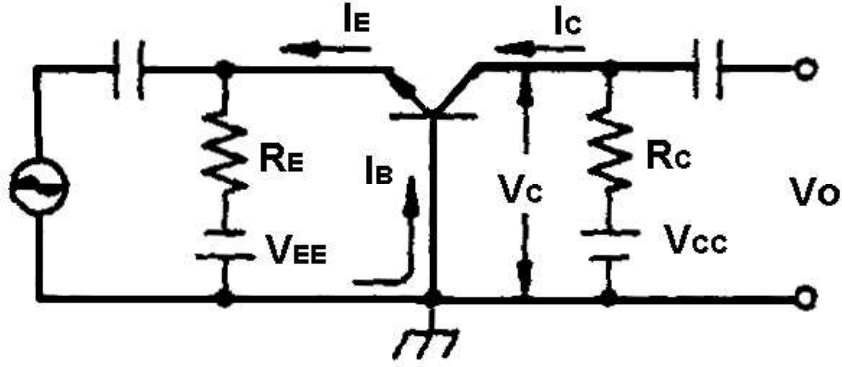


(b) Eşdeğer devre

Şekil 6.15

3) CB (Ortak Bazlı) Yükselteç

Temel ortak bazlı (CB) yükselteç devresi Şekil 6.16'da gösterilmiştir. V_i ve V_o gerilimleri için ortak uç baz olduğundan, bu devre ortak bazlı (CB) devre olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 6.16

Şekil 6.17(a)'da gösterildiği gibi, C_B kondansatörü a.a.'da kısa devre olarak değerlendirilir. Böylece B (baz), V_i ve V_o için toprak ucu olur.

D.a. öngerilim aşağıda analiz edilmiştir:

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

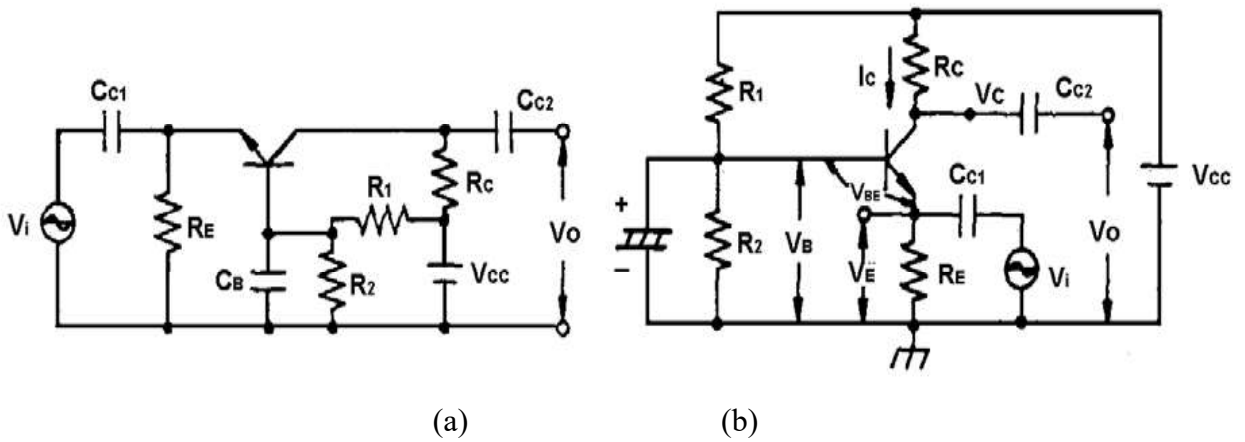
$$V_E = V_B - V_{BE}$$

$$I_E = V_E / R_E$$

$$I_C \approx I_E \leftrightarrow I_C = V_E / R_E$$

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

Şekil 6.17(a)'daki devre, düzenlenerek Şekil 6.17(b)'deki gibi de ifade edilebilir.



Şekil 6.17

Ortak bazlı yükseltece ilişkin aşağıdaki karakteristikler söylenebilir:

- Giriş empedansı (Z_i) çok küçüktür.

- Gerilim kazancı (A_v) çok büyüktür.
- Akım kazancı (A_i) yaklaşık olarak 1'dir, yani hiçbir şekilde akım yükseltme özelliği yoktur. Çıkış fazı, giriş fazı ile aynıdır.

(4) CE, CC ve CB Konfigürasyonlarının Karakteristiklerinin Karşılaştırılması

1) CE Konfigürasyonu: Gerilim kazancı, akım kazancı ve güç kazancı yüksektir; giriş ve çıkış arasında 180° faz farkı vardır; çoğu yükselteçte bu konfigürasyon kullanılır.

2) CC Konfigürasyonu: Yüksek giriş ve düşük çıkış empedansına sahiptir; akım kazancı yüksektir ancak gerilim kazancı yoktur; bu konfigürasyon sadece empedans uydurmada ve akım yükseltmede kullanılır; çıkış fazı giriş ile aynıdır.

3) CB Konfigürasyonu: Düşük giriş ve yüksek çıkış empedansına sahiptir; gerilim kazancı yüksektir ancak akım kazancı yoktur; çıkış fazı giriş ile aynıdır; bu konfigürasyon genellikle düşük çıkış empedanslı işaret kaynağının gerilim yükseltme için bağlanmasında kullanılır.

(5) Transistörün Anahtar Davranışı

Transistör anahtar olarak kullanıldığında, genel olarak aşağıdaki iki durumdan birinde çalışır:

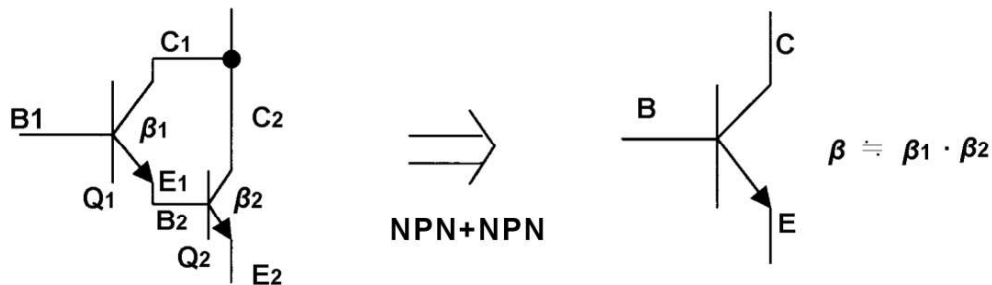
1. Doyum: $V_{CE(sat)}=0.2V$, $I_C=V_{CC}/R_C$ (Transistörün C-E arası kısa devre)
2. Kesim : $V_{CE}=V_{CC}$, $I_C=0$ (Transistörün C-E arası açık devre)

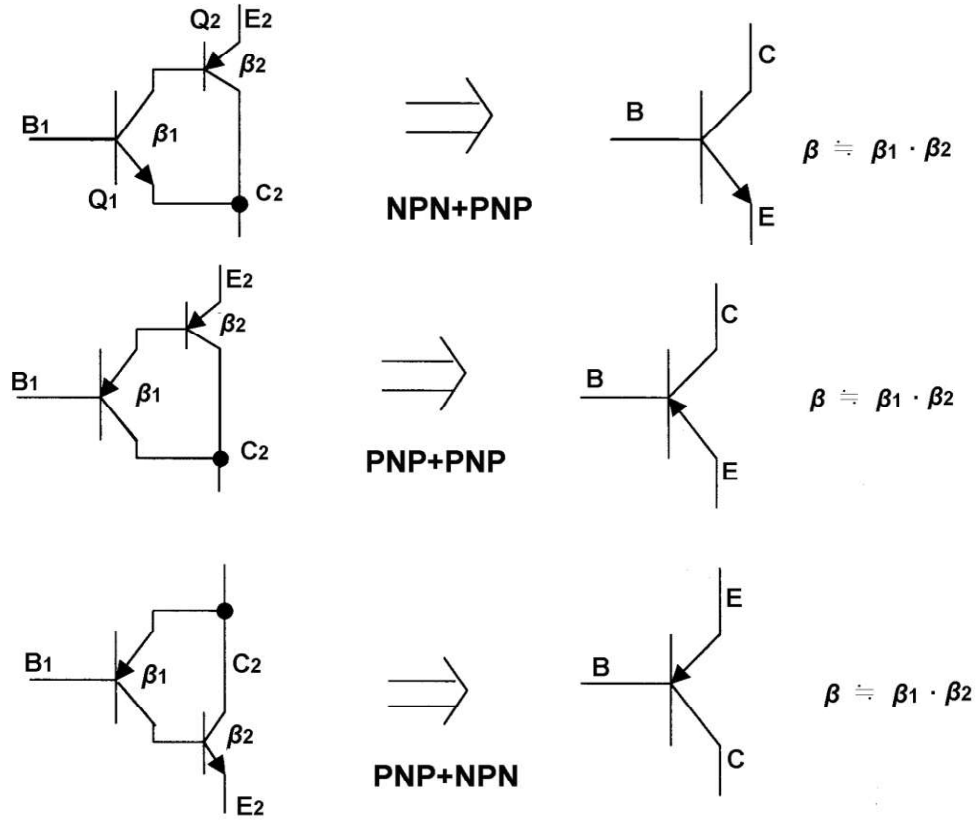
(6) Darlington Devresi

Darlington devresinin karakteristikleri:

1. Akım kazancı çok yüksektir.
2. Giriş empedansı çok büyüktür.

Darlington devresinin akım kazancı ve giriş empedansı, tek bir transistöre göre çok daha yüksektir. Darlington düzenlemesi, Tablo 6-1'de gösterilen dört farklı tipte gerçekleştirilebilir. Darlington düzenlemesi gerçekleştirmek için, piyasada mevcut "Darlington transistörü" kullanılabileceği gibi, Tablo 6-1'e uygun şekilde tek transistörlerle de oluşturulabilir.

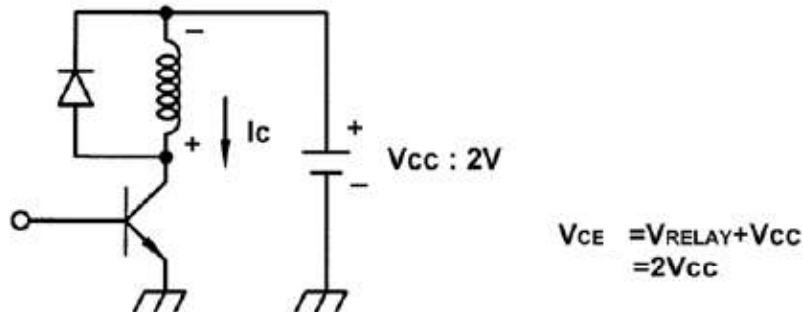




Tablo 6-1 Dört Tip Darlington Devre Düzenlemesi

(7) Röle Gibi İndüktif Yükleri Sürmek İçin Transistör Kullanımı

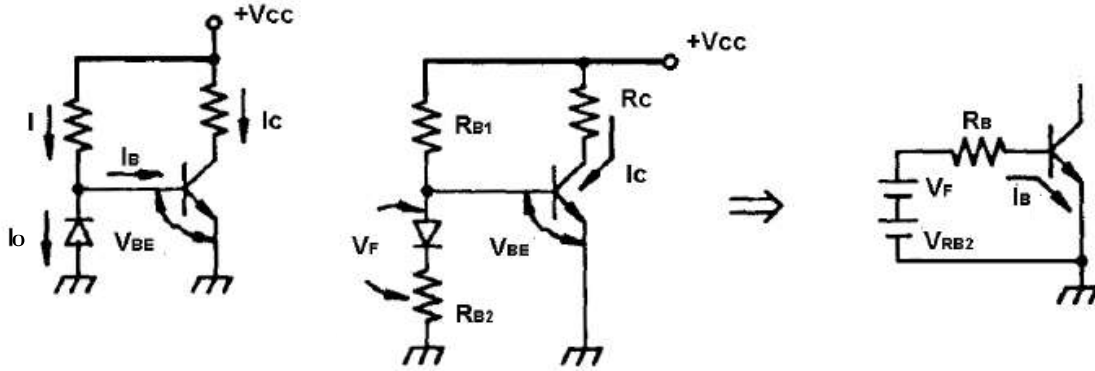
Röle ve motor gibi indüktif yükleri sürmek için transistör kullanıldığında zaman, transistör doyumdayken, kollektörden akan akımın ilgili karakteristikleri sağlayıp sağlamadığına ve transistör kesimdeyken, kollektöre uygulanan gerilimin transistörün dayanabileceği V_{CE0} gerilimini aşıp aşmadığına dikkat edilmelidir (V_{CE0} ; Baz açıkken, CE'ün dayanabileceği gerilim). Şekil 6.20'de gösterildiği gibi, transistör kesimdeyken, şekilde gösterilen polaritede bir zıt emk üretilir ve CE arası V_{CC} 'nin iki katına eşit bir gerilime maruz kalabilir.



Şekil 6.20

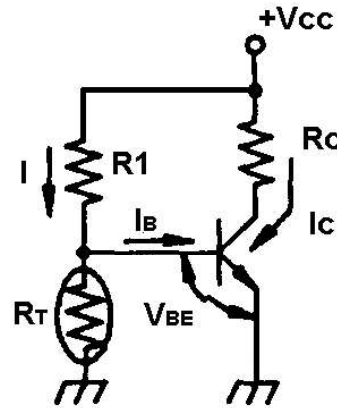
İndüktif eleman tarafından üretilen zıt elektromotor kuvvetin etkisini ortadan kaldırmak için Şekil 6.20’de gösterildiği gibi, zıt elektromotor kuvvet için bir deşarj yolu sağlamak amacıyla, bobinin uçları arasına paralel olarak bir diyot bağlanabilir. Böylece V_{CE} azaltılmış ve transistör korunmuş olur.

(8) Transistör İçin Öngerilim Kompanzasyonu



(a) I_{CO} Kompanzasyon Devresi

(b) V_{BO} Kompanzasyon Devresi



(c) Termistör Kompanzasyon Devresi

Şekil 6.21 Sıcaklık Kompanzasyon Devresi

Açıklama:

a) I_{CO} kompanzasyonu:

Şekil 6.21 (a)’daki diyot ve transistör aynı malzemeden yapılmıştır ve sıcaklık değiştiği zaman I_{CO} değiştirilir.

$$I_B = I - I_O, \beta I_B + (1 + \beta) I_{CO} = I_C$$

olduğundan ve $\beta + 1 \approx \beta$, $I_O \approx I_{CO}$ alındığında

$I_C \approx \beta I$ olur ve I_{CO} ’dan bağımsız olur.

b) V_{BE} kompanzasyon devresi:

$$I_B = \frac{V_{RB2} + V_F - V_{BE}}{R_B}$$

Her 1°C 'lik sıcaklık artışında, V_{BE} 2,5mV azalacaktır. Böylece V_{BE} azaldığında, V_F de buna uygun olarak azalacak ve I_B , I_C sabit kalacaktır.

c) Termistör kompanzasyon devresi:

Sıcaklık artışı durumunda I_C artacak ancak R_T azalacaktır. V_{BE} , I_B ve I_C azaldığı için, buna uygun olarak sıcaklık da azalacaktır.

6.3. Deneyin Yapılışı

6.3.1 KULLANILACAK ELEMANLAR

- KL-200 Lineer Devre Deney Düzeneği
- Deney Modülü: KL-23003
- Ölçü Aletleri:
 1. Osiloskop
 2. Multimetre
- Araç: Temel el araçları.
- Malzemeler: KL-23003'te gösterildiği gibi.

6.3.2 DENEYLER

6.3.2.1 CE Yükselteç Deneyi

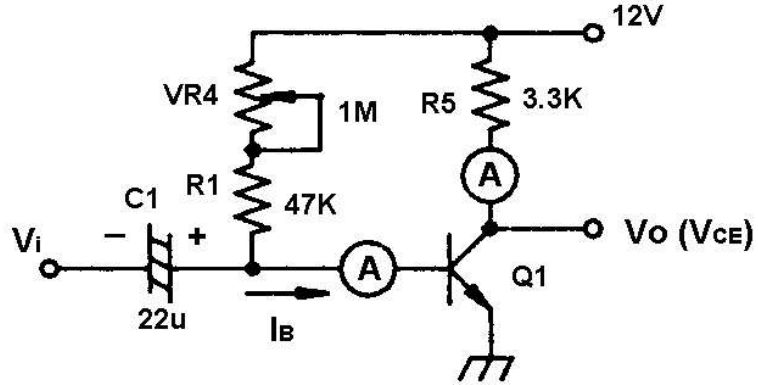
(a) Sabit Öngerilim Devresi Deneyi

Deneyin Yapılışı:

KL-23003 modülünü, KL-200 Lineer Devre Deney Düzeneğine yerleştirin ve a bloğunun konumunu belirleyin.

- Şekil 6.22(a)'daki devre ve 23003-blok a.1 bağlantı diyagramı yardımıyla kısa-devre klipslerini yerleştirin. DC +12V'u modüle bağlayın, ancak devre girişine bağlamayın.
- I_B ve I_C akımlarını ölçmek için ampermetreleri bağlayın.
- $I_B \approx 0\text{A}$ olacak şekilde VR4 (1M)'ü ayarlayın ve I_C akımını ölçün. $I_C \text{ max. } (I_{C\text{sat}})$ olacak şekilde VR4 (1M)'ü ayarlayın ve I_B akımını ölçün. I_C doyumdayken, I_B 'yi arttıracak şekilde VR4'ü ayarlayın ve $I_C(\text{sat})$ akımındaki değişimi gözleyin.
- VR4'ü, $V_C = V_{CC}/2$ olacak şekilde ayarlayın. Voltmetre kullanarak V_{BE} ve V_{CE} değerlerini ölçün ve kaydedin.
- IN giriş ucuna işaret üretici ve OUT çıkış ucuna osiloskop (AC'deyken) bağlayın. Osiloskopta, 1KHz'lik, maksimum, bozulmasız sinüzoidal sinyal elde edilecek şekilde işaret üreticiyi ayarlayın.
- OUT ucunda maksimum, bozulmasız dalga şekli üretildiğinde, osiloskop kullanarak giriş sinyalini ölçün ve kaydedin.

- Giriş sinyalini değiştirmeden VR4 ($1M\Omega$)'ü ayarlayın ve çıkış dalga şeklinde bozulma olup olmadığını gözleyin.



Şekil 6.22(a)

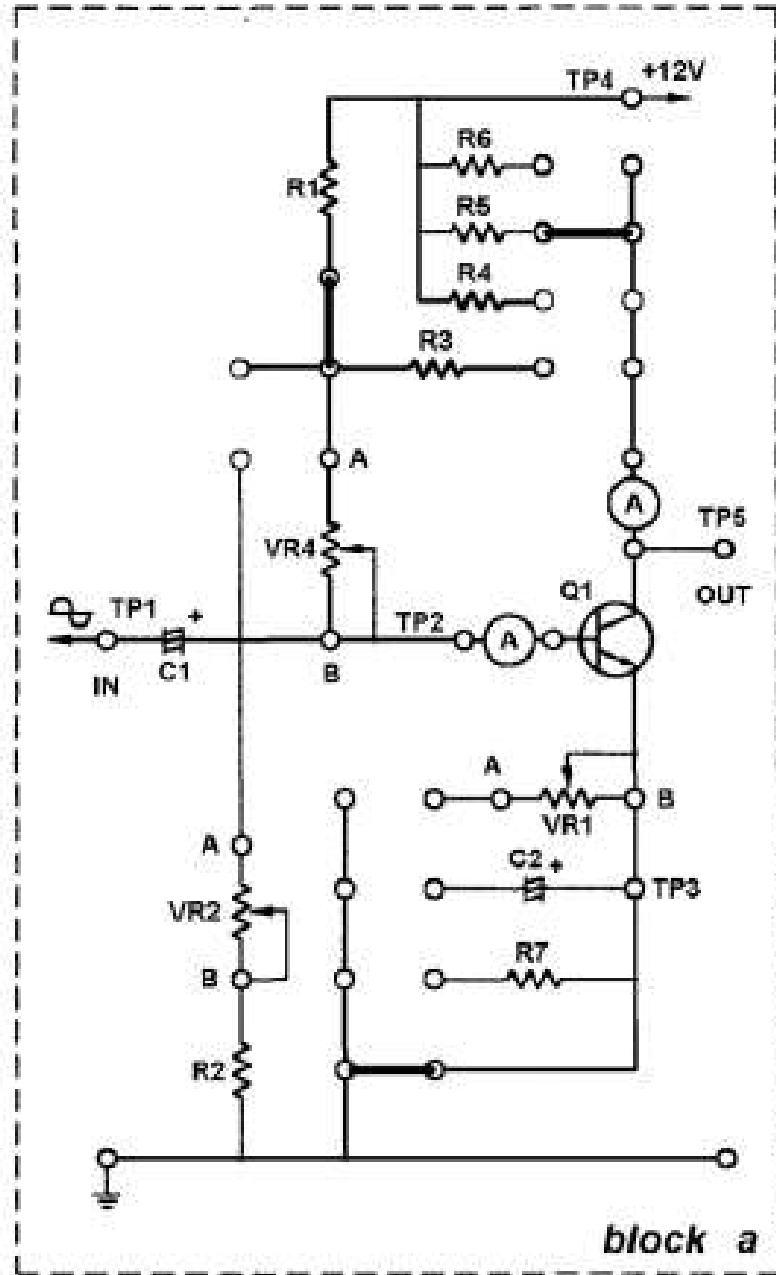
Tablo 6-1(a)'da kaydedilen değerleri kullanarak,

$A_v = V_{O_{p-p}} / V_{I_{p-p}}$ ve $\beta = I_C / I_B$ değerlerini hesaplayın.

I_B	I_C	β	V_{BE}	V_{CE}

IN (V_i)	
OUT (V_o) A_v Faz	
A_v	

Tablo 6-1(a)

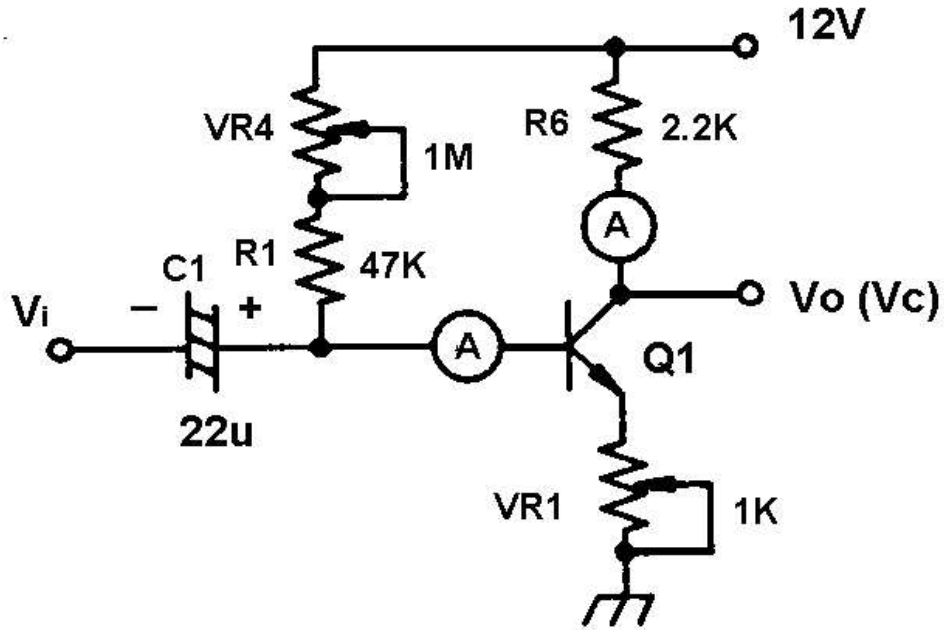


Şekil 23003-blok a.1

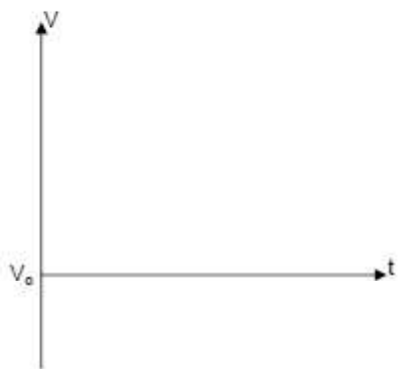
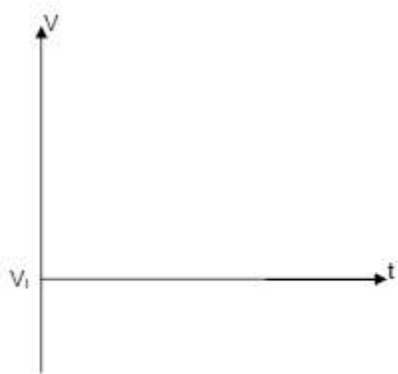
(b) Emitör Dirençli Öngerilim Devresi Deneyi

1. Şekil 6.22(b)'deki devre ve 23001-blok a.2 bağlantı diyagramı yardımıyla kısa-devre klipslerini yerleştirin. DC +12V'u modüle bağlayın, ancak devre girişine bağlamayın.
2. I_B ve I_C akımlarını ölçmek için ampermetreleri bağlayın.
3. VR1 ($VR1K\Omega$)'i 0Ω 'a ayarlayın.

4. $I_B \approx 0A$ olacak şekilde VR4 (1M)'ü ayarlayın ve I_C 'yi ölçün. I_C maks. (I_{Csat}) olacak şekilde VR4 (1M)'ü ayarlayın ve I_B 'yi ölçün. I_C doyumdayken, I_B 'yi arttıracak şekilde VR4'ü ayarlayın ve $I_C(sat)$ akımındaki değişimi gözleyin.
5. VR4'ü, $V_C = V_{CC}/2$ olacak şekilde ayarlayın. Voltmetre kullanarak V_{BE} ve V_{CE} değerlerini ölçün ve kaydedin.
6. IN giriş ucuna işaret üretici ve OUT çıkış ucuna osiloskop (AC'deyken) bağlayın. Osiloskopta, 1KHz'lik, maksimum, bozulmasız sinüzoidal sinyal elde edilecek şekilde işaret üreticiyi ayarlayın.
7. OUT ucunda maksimum, bozulmasız dalga şekli üretildiğinde, osiloskop kullanarak giriş sinyalini ölçün ve kaydedin.
8. Giriş sinyalini değiştirmeden VR4 (1M Ω)'ü ayarlayın ve çıkış dalga şeklinde bozulma olup olmadığını gözleyin.
9. VR1 (VR1K Ω)'i maksimuma ayarlayın.
10. Adım (5) (6) (7) (8)'i tekrarlayın.



Şekil 6.22(b)



Tablo 6-1(b1)

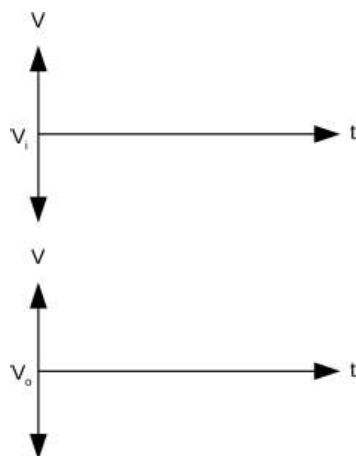
$I_B=0$ iken, $I_C=$ _____

$I_C=I_{C(sat)}$ iken, $I_B=$ _____

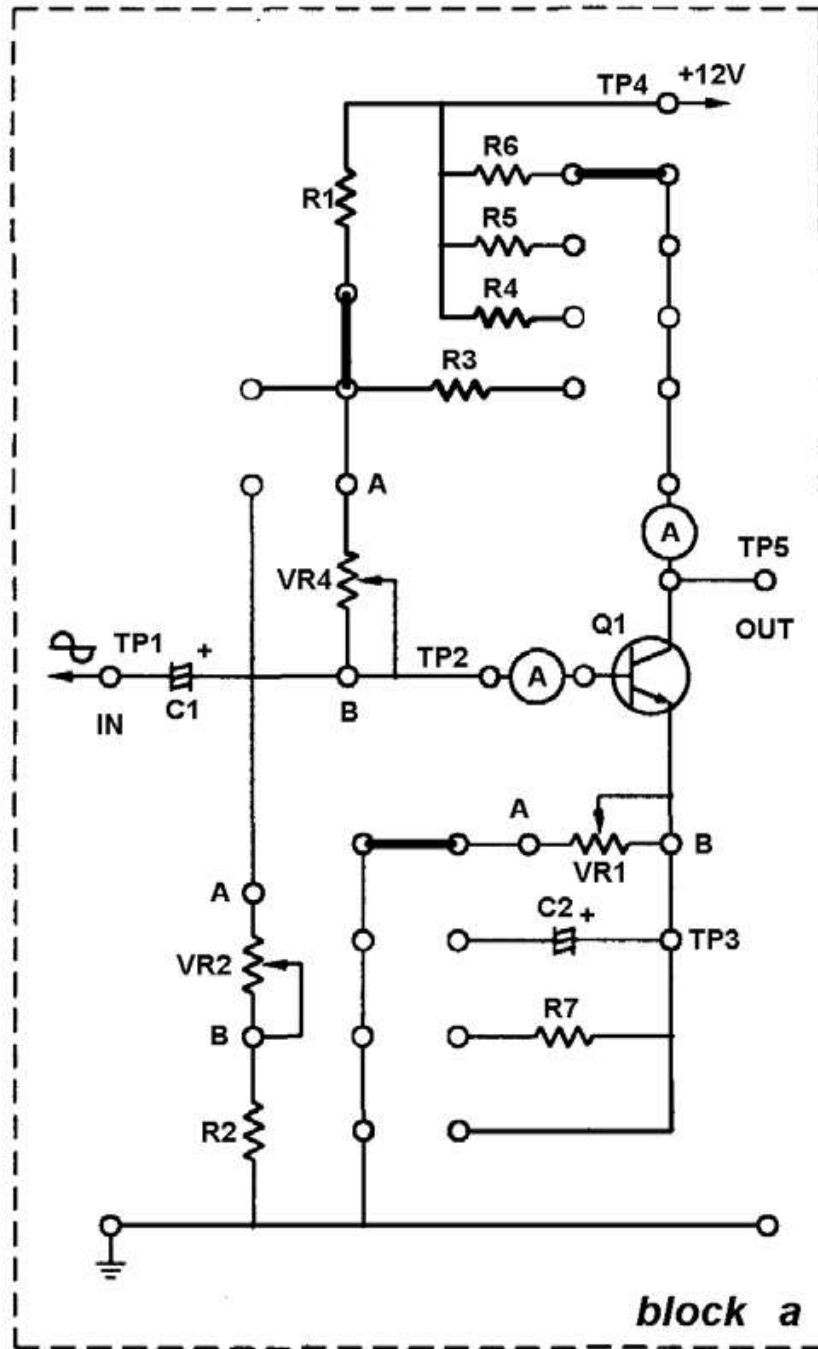
$V_C=V_{CC}/2$ iken ;

$V_{CE}=$ _____

$V_{BE}=$ _____



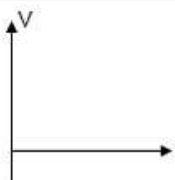
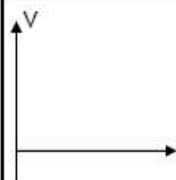
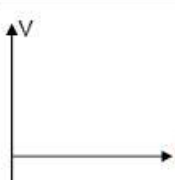
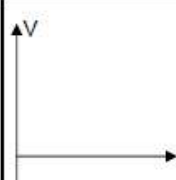
Tablo 6-1(b2)



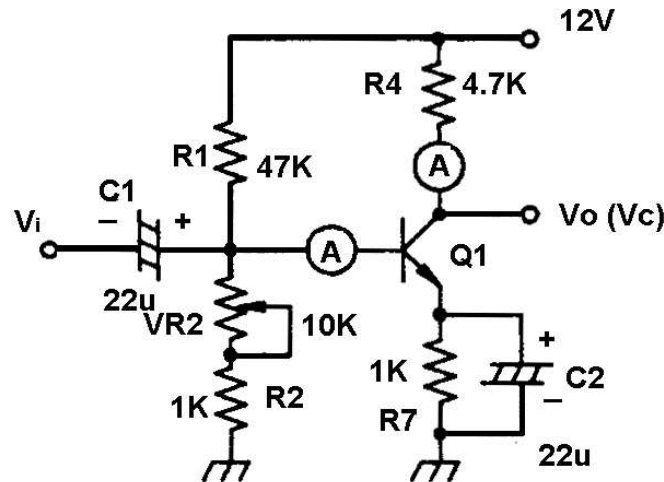
Şekil 23003-blok a.2

(c) β Değerinden Bağımsız Öngerilim Devresi Deneyi

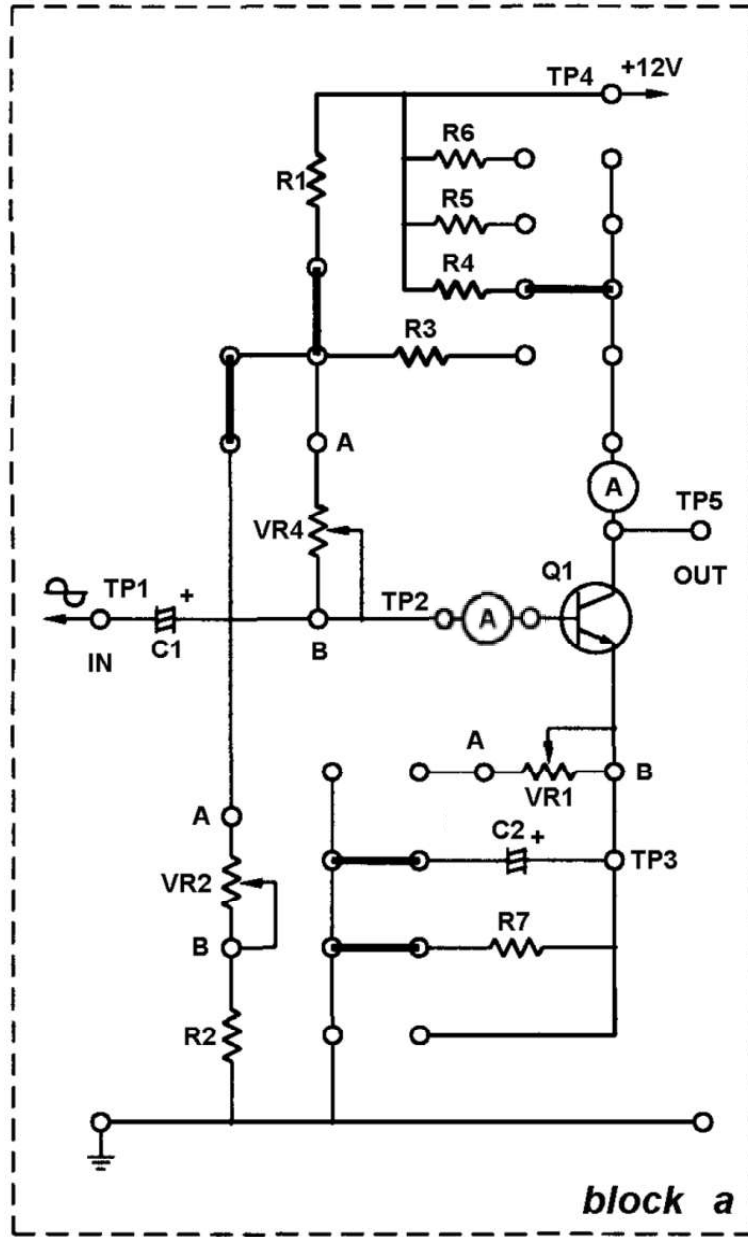
1. Şekil 6.22(c)'deki devre ve 23003-blok a.3 bağlantı diyagramı yardımıyla kısa-devre klipslerini yerleştirin. C2'yi bağlayın. DC +12V'u modüle bağlayın, ancak devre girişine bağlamayın.
2. I_B ve I_C akımlarını ölçmek için ampermetreleri bağlayın.
3. VR2 direncini, $V_C = V_{CC}/2$ olacak şekilde ayarlayın. I_B ve I_C değerlerini ölçün.
4. $V_C = V_{CC}/2$ iken, voltmetre kullanarak V_{BE} 'yi ölçün.
5. IN giriş ucuna işaret üretici ve OUT çıkış ucuna osiloskop (AC'deyken) bağlayın. Osiloskopta, 1KHz'lik, maksimum, bozulmasız sinüzoidal sinyal elde edilecek şekilde işaret üreticiyi ayarlayın.
6. Giriş sinyalini değiştirmeden VR2 (VR10K)'yi ayarlayın ve çıkış dalga şeklinde bozulma olup olmadığını gözleyin.
7. C2 (22 μ F)'yi devreden çıkarın ve Adım (4) (5) (6)'yı tekrarlayın.

C2	V _C	I _B	I _C	V _{CE}	V _{BE}	IN	OUT	A _v
22 μ F								
bağlı değil								

Tablo 6-1(c)



Şekil 6.22(c)



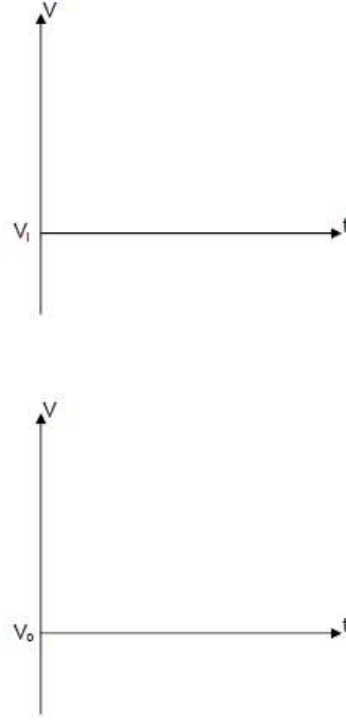
Şekil 23003-blok a.3

(d) Kollektör Geribeslemeli Öngerilim Devresi Deneyi

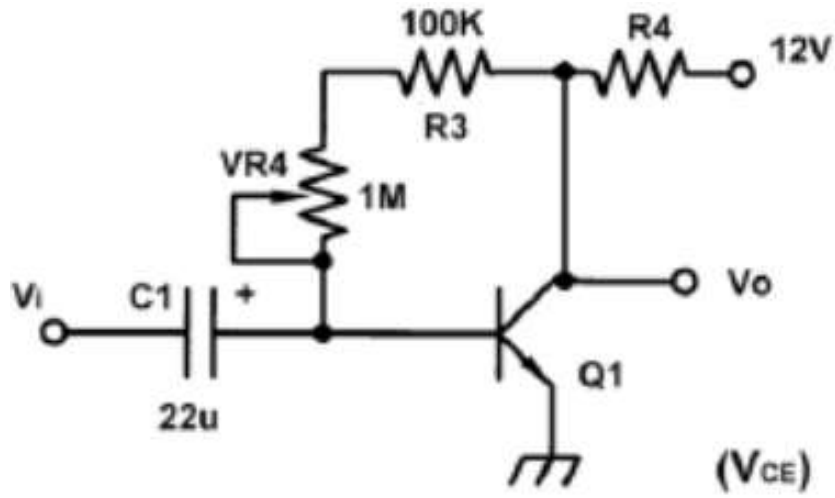
1. Şekil 6.22(d)'deki devre ve 23003-blok a.4 bağlantı diyagramı yardımıyla kısa-devre klipslerini yerleştirin.
2. VR4 ($VR1M\Omega$)'ü $V_C = V_{CC}/2$ olacak şekilde ayarlayın.
3. Voltmetre kullanarak V_{BE} 'yi ölçün.
4. IN giriş ucuna işaret üretici ve OUT çıkış ucuna osiloskop (AC'deyken) bağlayın. Osiloskopta, 1KHz'lik, maksimum, bozulmasız sinüzoidal sinyal elde edilecek şekilde işaret üreticini ayarlayın.

5. Giriş sinyalini değiştirmeden VR4 direncini ayarlayın ve çıkış dalga şeklinde bozulma olup olmadığını gözleyin.

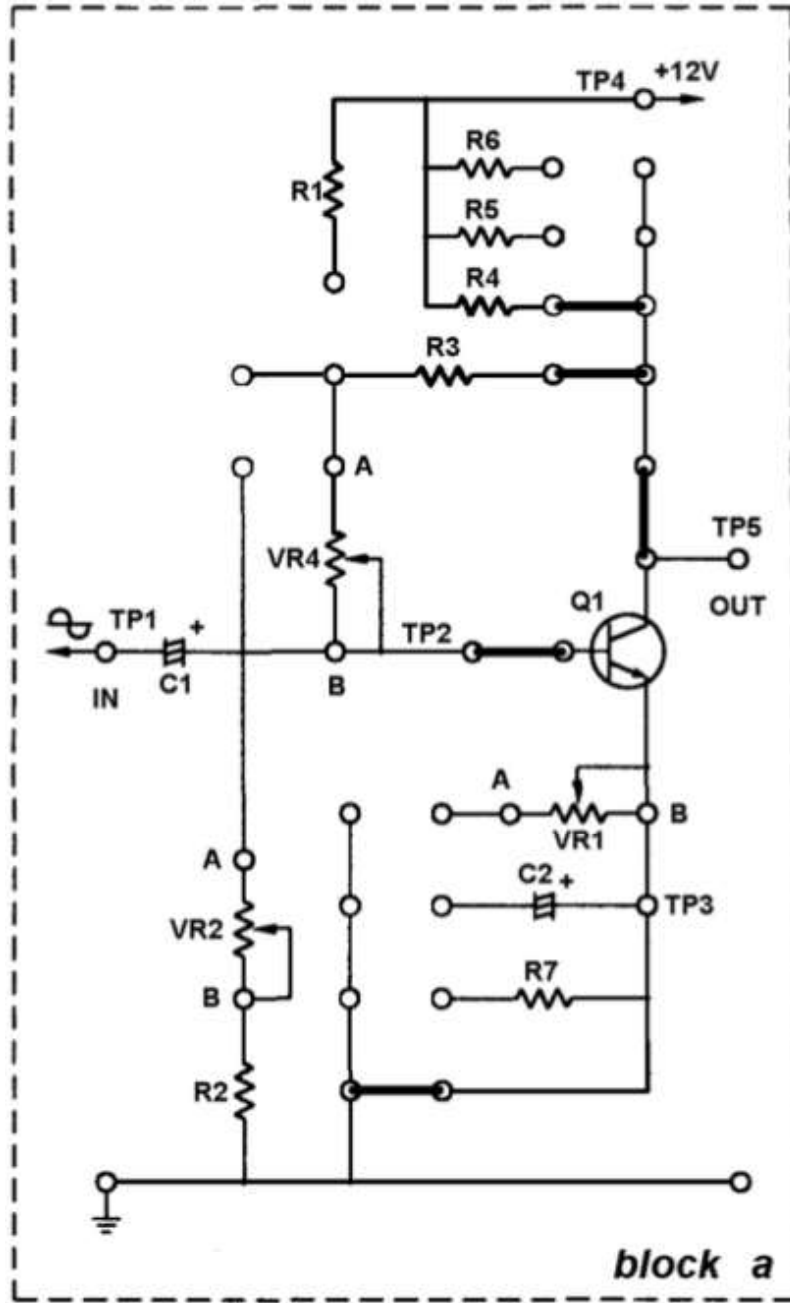
Her bir dalga şeklini gözlemleyin ve Şekil 6-27'ye kaydedin.



Şekil 6-27



Şekil 6.22(d)

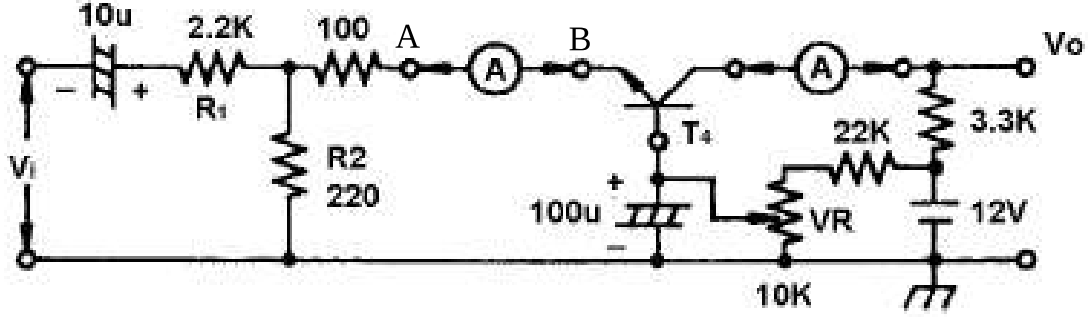


Şekil 23003-blok a.4

6.3.2.2 CB Yükselteç Deneyi

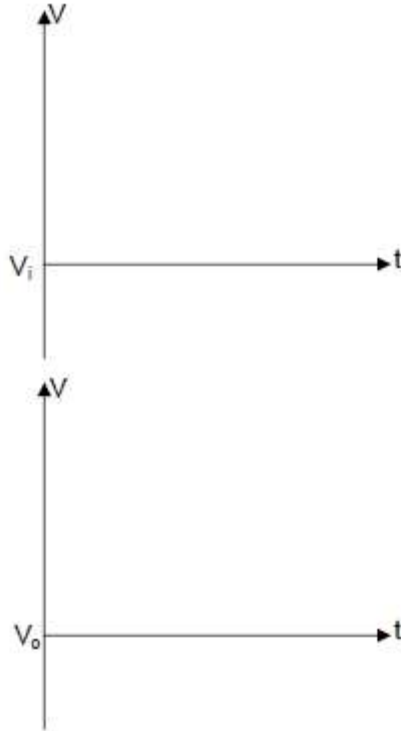
1. Şekil 6.23'teki devre ve 23003-blok b bağlantı diyagramı yardımıyla kısa devre klipslerini yerleştirin. DC +12V'u modüle bağlayın, ancak devre girişine bağlamayın.
2. VR2 (VR10KΩ)'i $V_C \approx V_{CB} = V_{CC}/2$ olacak şekilde ayarlayın. Voltmetre kullanarak V_C 'yi ölçün.
3. I_C ve I_E akımlarını ölçmek için ampermetreleri bağlayın (yeterince ampermetre bulunmaması durumunda, ampermetre bağlı olmayan yere, kısa devre klipsi yerleştirin).
4. IN giriş ucuna işaret üretici ve OUT çıkış ucuna osiloskop (AC'deyken) bağlayın.
5. Osiloskopta, 1KHz'lik, maksimum, bozulmasız sinüzoidal sinyal elde edilecek şekilde işaret üreticiyi ayarlayın.
6. $I_C = V_C / R_C$ (C'den akan AC akım) =?

7. Osiloskop kullanarak, V_a ile V_b (V_e)'yi ölçün ve sonuçları kaydedin.
8. $I_e = (V_a - V_b) / R_{ab} = (V_a - V_b) / R_{10} = ?$
9. VR_2 'yi ayarlayın ve çıkış dalga şeklinde bozulma olup olmadığını gözlemleyin.



Şekil 6.23

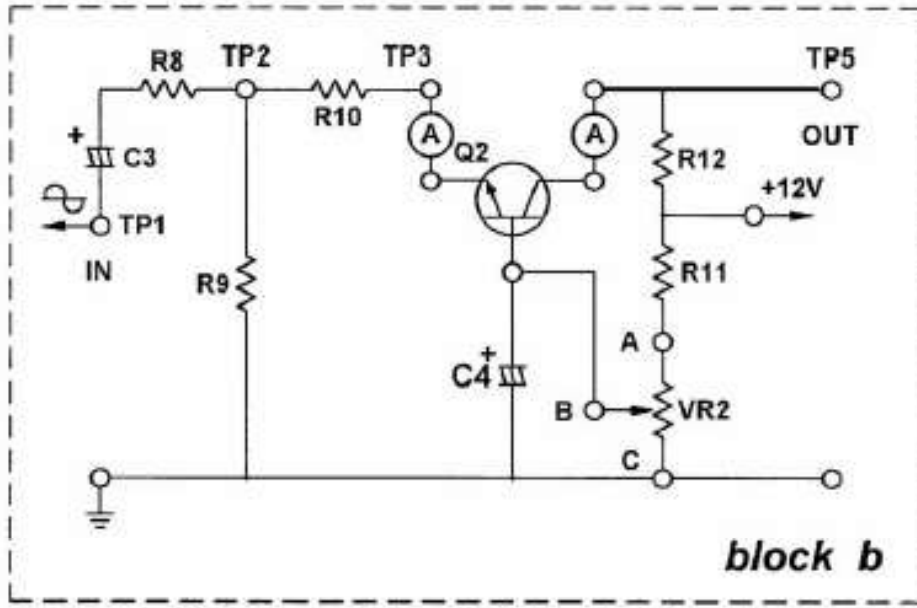
Ölçüm sonuçlarını Şekil 6-28'e ve Tablo 6-2'ye kaydediniz.



Şekil 6-28

DC		V_{BE}	V_C	I_E	I_C				
AC	I_C	I_e	$V_{IN(p-p)}$	$V_{e(p-p)}$	$V_{OUT(p-p)}$	A_i	A_v	Z_i	A_p

Tablo 6-2



Şekil 23003-blok b

6.3.2.3 CC Yükselteç Deneyi

(a) Statik Ölçüm Deneyi

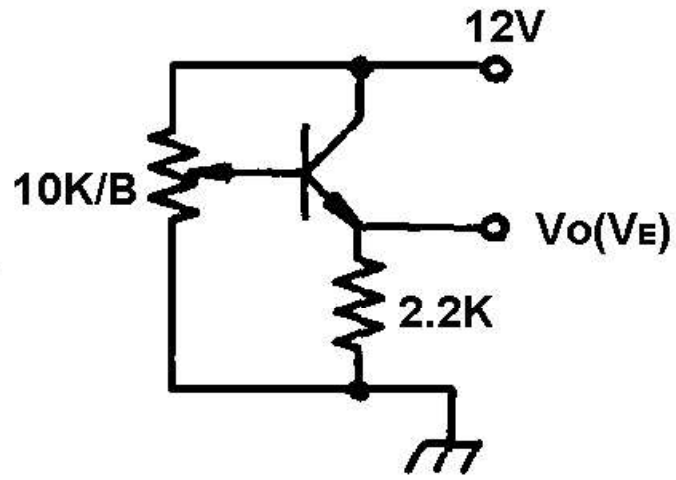
- Şekil 6.24(a)'daki devre ve 23003-blok c.1 bağlantı diyagramı yardımıyla kısa-devre klipslerini yerleştirin.
- Voltmetre kullanarak V_E (OUT) ve V_B gerilimlerini ölçün. VR2 (VR10K)'yi ayarlayarak V_B 'yi değiştirin ve buna karşılık V_E 'nin değişip değişmediğini gözlemleyin. Bulduğunuz sonuçları Tablo 6-3(a)'da yerine yazınız.

V_B	2V	3V	4V	5V
V_E				

Tablo 6-3(a)

(b) Dinamik Ölçüm Deneyi

- Şekil 6.24(b)'deki devre ve 23002-blok c.2 bağlantı diyagramı yardımıyla kısa-devre klipslerini yerleştirin. DC +12V'u modüle bağlayın, ancak devre girişine bağlamayın.
- $V_E = V_{CC}/2$ olacak şekilde VR2 (VR10K)'yi ayarlayın.
- IN giriş ucuna işaret üretici ve OUT çıkış ucuna osiloskop (AC'deyken) bağlayın. Osiloskopta, 1KHz'lik, maksimum, bozulmasız sinüzoidal sinyal elde edilecek şekilde işaret üreticini ayarlayın.
- Osiloskop kullanarak V_A ve V_B gerilimlerini ölçün ve sonuçları kaydedin.
- VR2'yi ayarlayın ve çıkış dalga şeklinde bozulma olup olmadığını gözlemleyin.



Şekil 6.24(a)

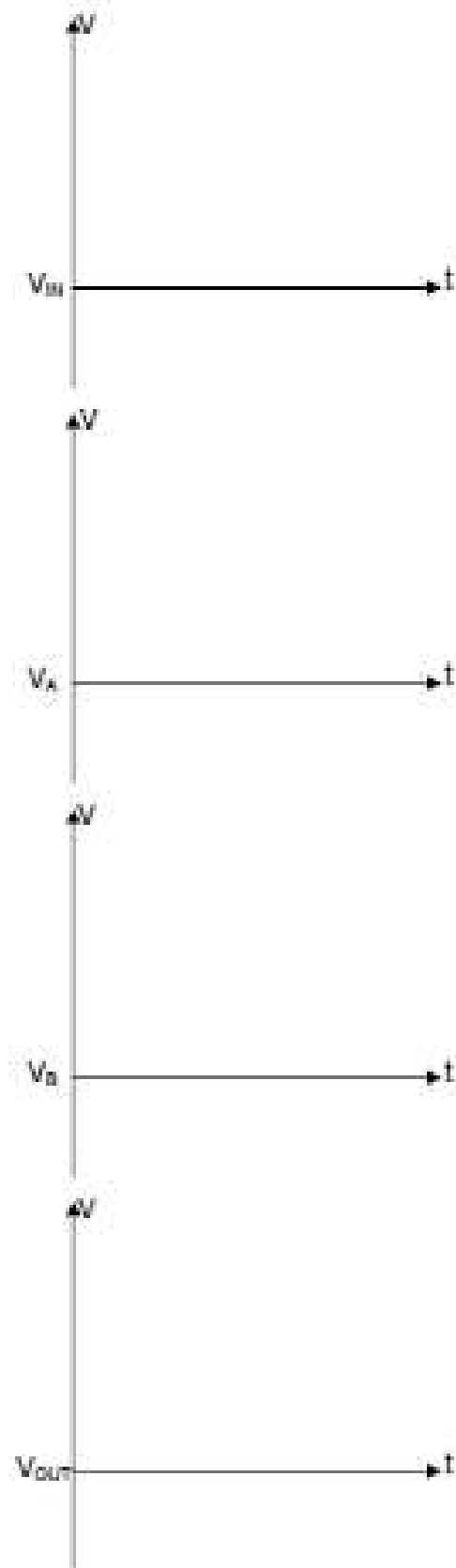
Ölçüm sonuçlarını Tablo 6-3(b)'ye ve Şekil 6-29'a kaydediniz.

$V_A (V_{pp})$	$V_B (V_{pp})$	$V_o (V_{pp})$	I_e	I_b
A_v	A_i	A_p	Z_{in}	

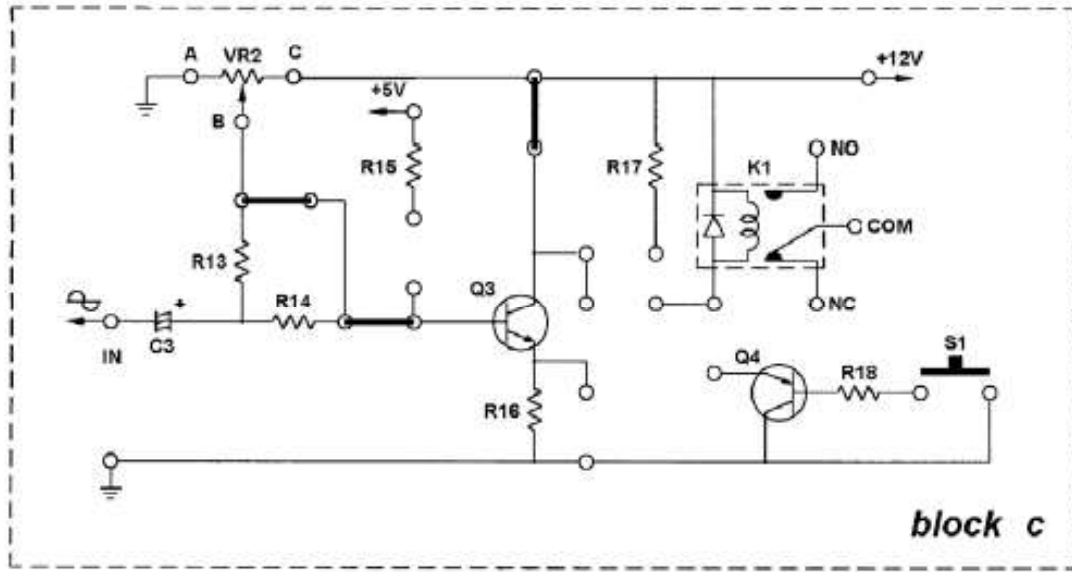
Tablo 6-3 (b)

$$I_e = \frac{V_o}{R_e}, \quad I_b = \frac{V_a - V_b}{R_b}, \quad A_v = \frac{V_o}{V_i}$$

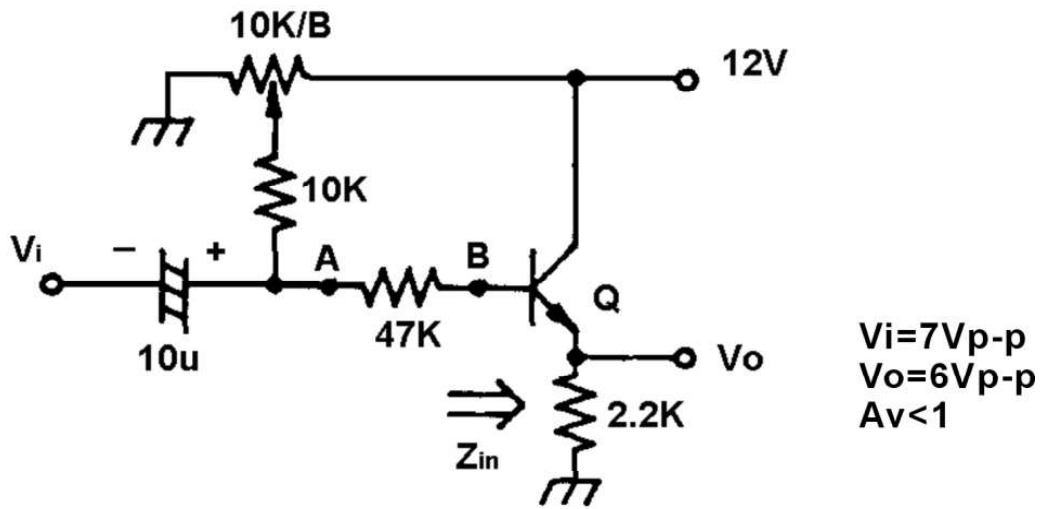
$$A_i = \frac{I_e}{I_b}, \quad A_p = A_v \times A_i, \quad Z_{in} = \frac{V_b}{I_b}$$



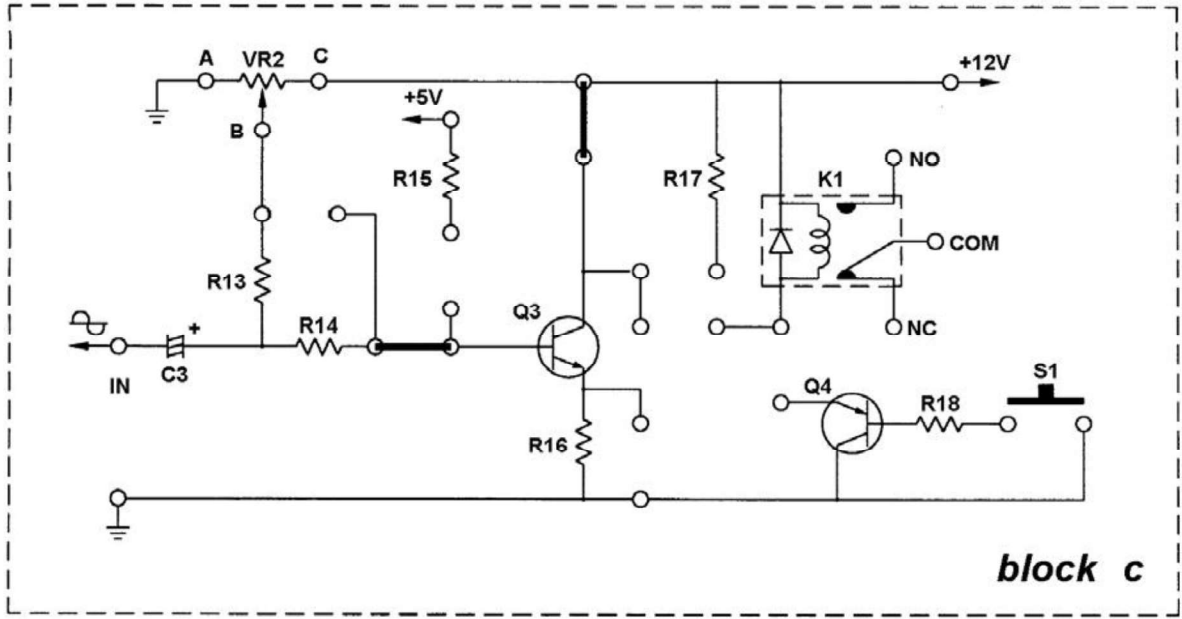
Şekil 6-29



Şekil 23003-blok c.1



Şekil 6.24(b)

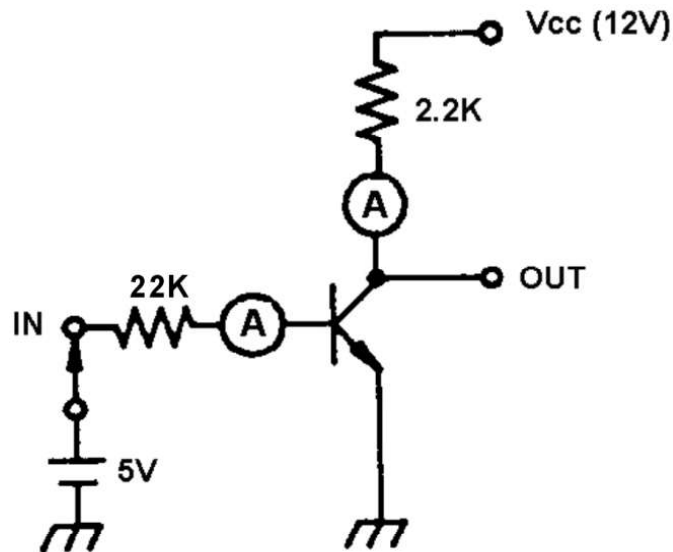


Şekil 23003-blok c.2

6.3.2.4 Anahtar Devresi Deneyi

(a) Transistörün ON (doyum) ve OFF (kesim) Akımlarının Ölçülmesi

1. Şekil 6.25(a)'daki devre ve 23003-blok c.3 bağlantı diyagramı yardımıyla kısa-devre klipslerini yerleştirin.
2. I_B ve I_C akımlarını ölçmek için ampermetreleri bağlayın.
3. Giriş ucuna 5V uygulayın. I_B , I_C ve V_{CE} değerlerini ölçün ve kaydedin.
4. Giriş ucundaki gerilimi kaldırın. I_B , I_C , V_{CE} değerlerini ölçün ve kaydedin.



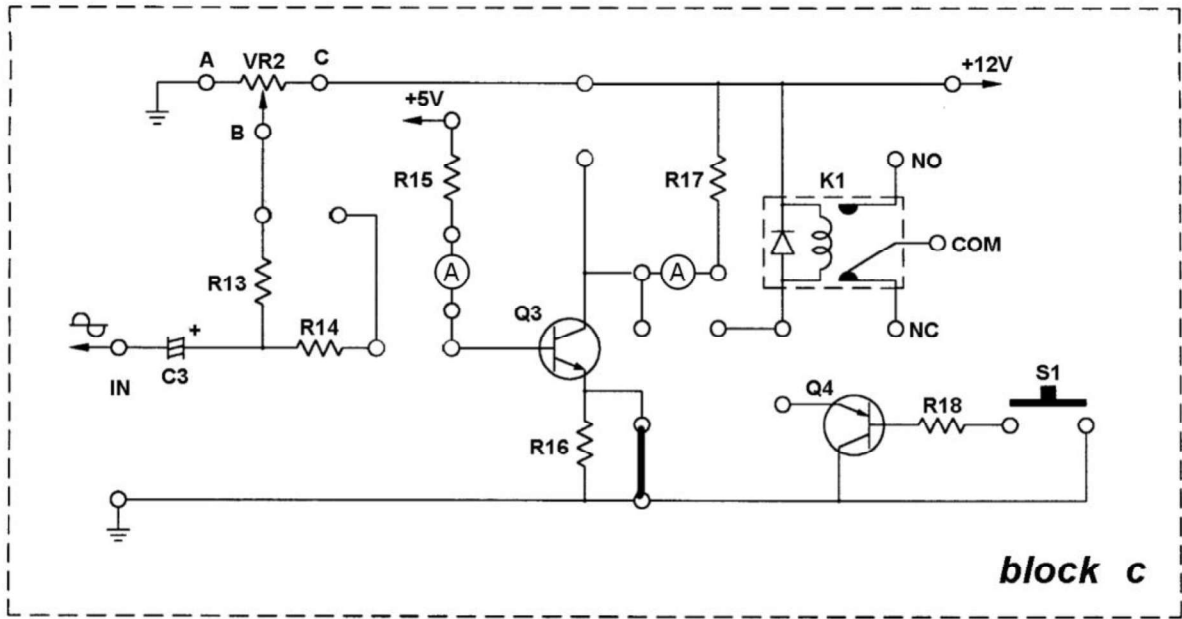
Şekil 6.25(a)

	V_{BE}	I_B	I_C	V_{CE}
Q doyumu	5V			
Q kesim	0V			

Tablo 6-4(a)

Q doyumu iken : $I_C \approx V_{CC} / R_C$? $V_{CE} \approx 0$?

Q kesimde iken : $I_C = 0$? $V_{CE} = V_{CC}$?



Şekil 23003-blok c.3

(b) Transistörün Röle Sürmek İçin Kullanılması

1. Şekil 6.25(b)'deki devre ve 23003-blok c.4 bağlantı diyagramı yardımıyla kısa-devre klipslerini yerleştirin.

2. a. Giriş ucuna 5V uygulayın. Bu durumda röle mıknatıslanmalıdır (kapalı). Voltmetre kullanarak V_C ve V_{BE} 'yi ölçün. $V_C \approx 0$ olup olmadığını kontrol edin.

b. Giriş ucundaki gerilimi kaldırın. Bu durumda rölenin mıknatıslanması ortadan kalkmalıdır (açık). $V_C = V_{CC}$ olup olmadığını kontrol edin.

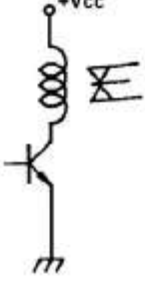
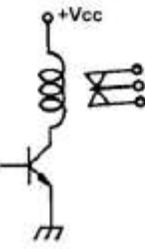
3. Şekil 6.25(c)'deki devre ve 23003-blok c.4 bağlantı diyagramı yardımıyla kısa-devre klipslerini yerleştirin.

4. a. Giriş ucunu toprağa bağlayın ve rölenin kapanıp kapanmadığını kontrol edin (Eğer röle kapanmazsa, V_{CC} gerilimi artırılabilir). Voltmetre kullanarak V_E ve V_{BE} 'yi ölçün.

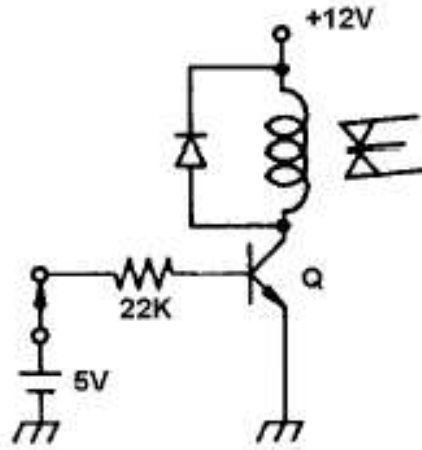
b. Giriş ucunu açık devre yapın ve rölenin açılıp açılmadığını kontrol edin. Voltmetre kullanarak V_E ve V_{BE} 'yi ölçün.

Tablo 6-4(b)'de gösterilen, rölenin kapalı (ON) ve açık (OFF) durumlarındaki V_{BE} ve V_{CE}

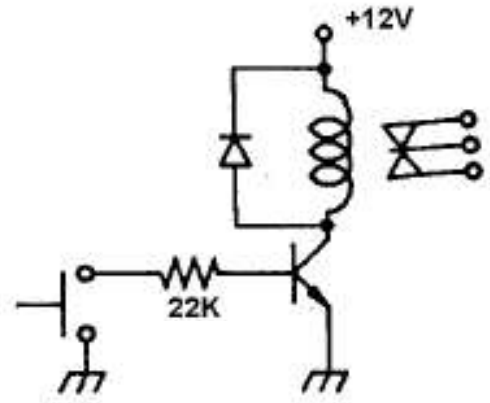
değerlerini karşılaştırın.

Devre Düzenlemesi	Röle	V_{BE} (V)	V_{CE} (V)
	ON		
	OFF		
	ON		
	OFF		

Tablo 6-4(b)

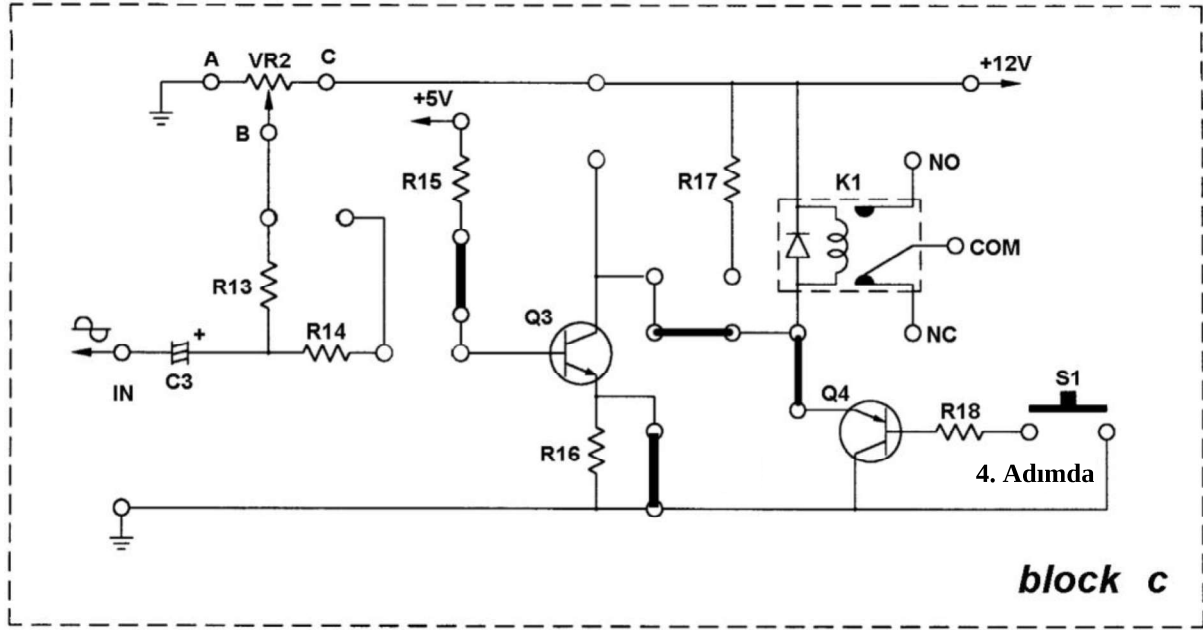


(b)



(c)

Şekil 6.25



Şekil 23003-blok c.4

6.3.2.5 Darlington Devresi Deneyi

(a) Temel Karakteristikler Deneyi

1. Şekil 6.26(a)'daki devre ve 23004-blok a.1 bağlantı diyagramı yardımıyla kısa-devre klipslerini yerleştirin.
2. I_B ve I_C akımlarını ölçmek için ampermetreleri bağlayın.
3. VR4(1M Ω)'ü maksimuma ayarlayın. I_B , I_C değerlerini ölçün ve kaydedin.
4. I_C akımı maksimum değerine ulaşacak şekilde VR4'ü ayarlayın ve I_C 'deki değişimi gözleyin. VR4, direnci azalacak şekilde ayarlandıkça, I_C 'nin buna uygun şekilde artıp artmadığını gözleyin.
5. VR4'ü maksimuma ayarlayın. I_B , V_B değerlerini ölçün ve kaydedin.
6. VR4'ü minimuma ayarlayın. I_B , V_B değerlerini ölçün ve kaydedin.

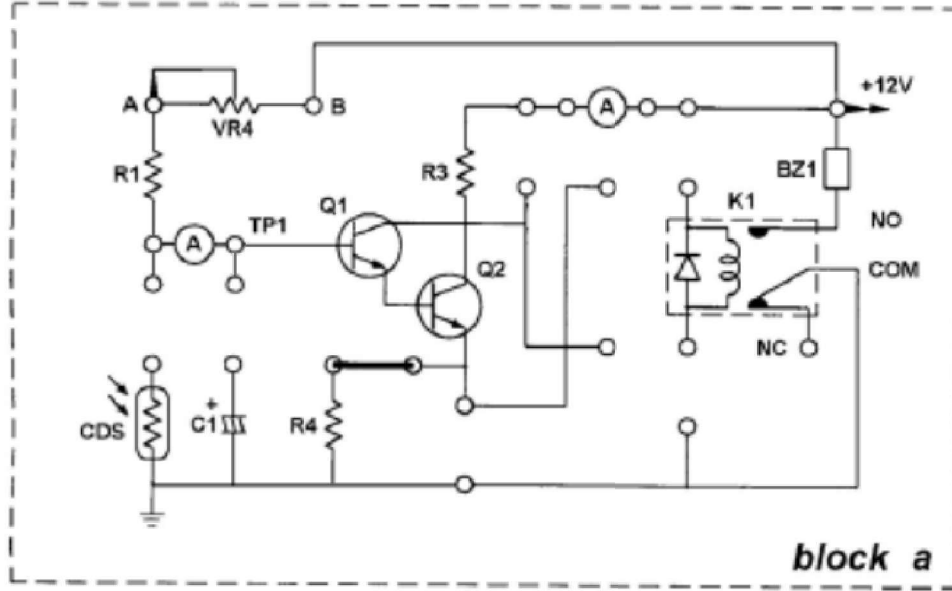
Ölçüm sonuçlarını Tablo 6-5(a)'ya kaydedin ve A_i 'yi hesaplayın.

Darlington VR4	I_B	I_C	A_i	V_B	Z_i
VR4 Max.					
VR4 Min.					

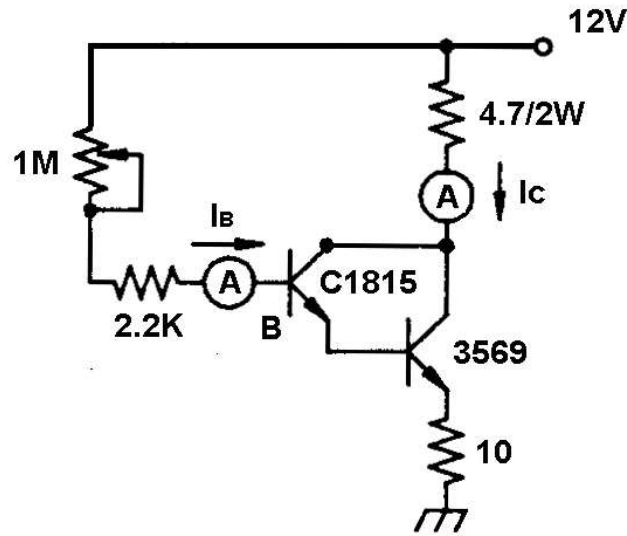
Tablo 6-5(a)

$$A_i = (1 + \beta_1)\beta_2 = \frac{I_c}{I_b}$$

$$Z_i = \frac{V_B}{I_B} \cong (1 + \beta_1)\beta_2 \times R_E$$



Şekil 23004-blok a.1



Şekil 6.26(a)

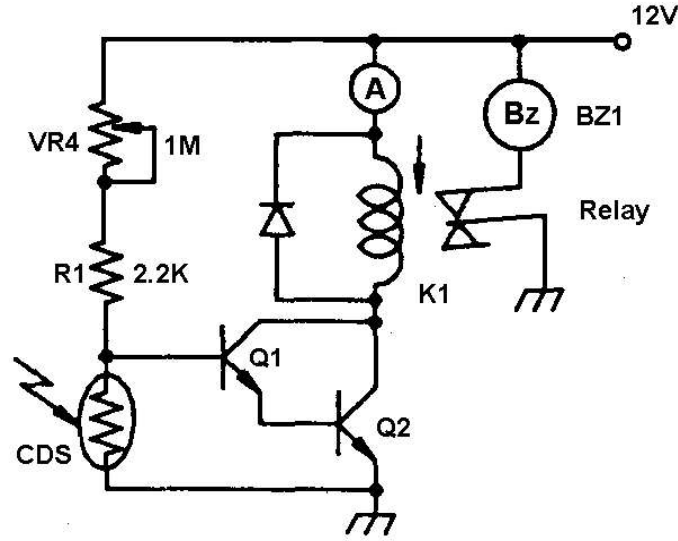
(b) Fotoelektrik Kontrol Devresi

1. Şekil 6.26(b)'deki devre ve 23004-blok a.2 bağlantı diyagramı yardımıyla kısa-devre klipslerini yerleştirin.
2. Ic akımını ölçmek için ampermetre bağlayın.

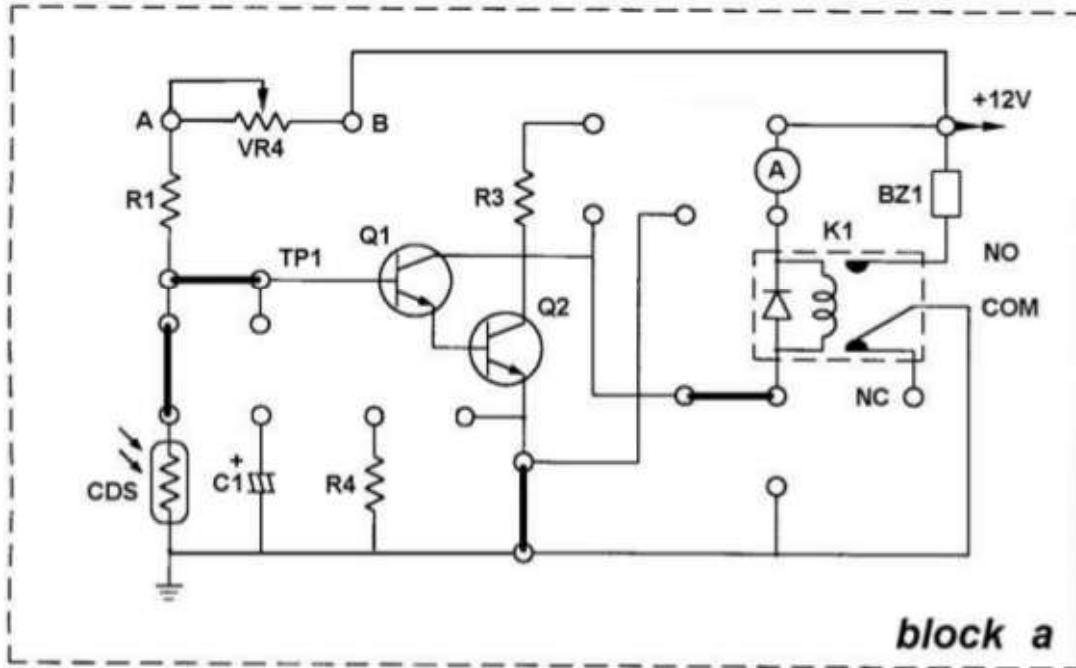
3. Fotodirenç (CDS) üzerine ışık düşerken, VR4(1M Ω)'ü, röle açılacak (mıknatıslanma yok) şekilde ayarlayın. V_B , V_C ve I_C değerlerini ölçün ve kaydedin.
4. Fotodirencin (CDS) karanlıkta olduğu durumda, I_C akımının değerini ve rölenin kapalı (mıknatıslanmış) olup olmadığını gözleyin. V_B , V_C ve I_C değerlerini ölçün ve kaydedin.

CDS \ V1 Röle	V_B	V_C	I_C	Röle durumu
Aydınlık				
Karanlık				

Tablo 6-5(b)



Şekil 6.26(b)



Şekil 23004-blok a.2

(c) Zaman Geciktirme Devresi

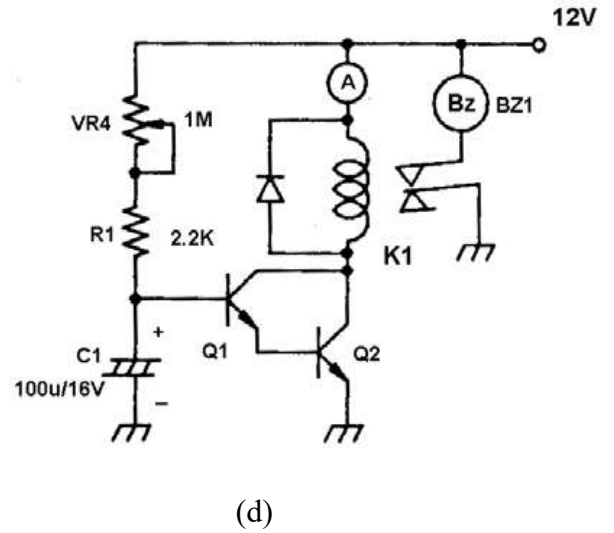
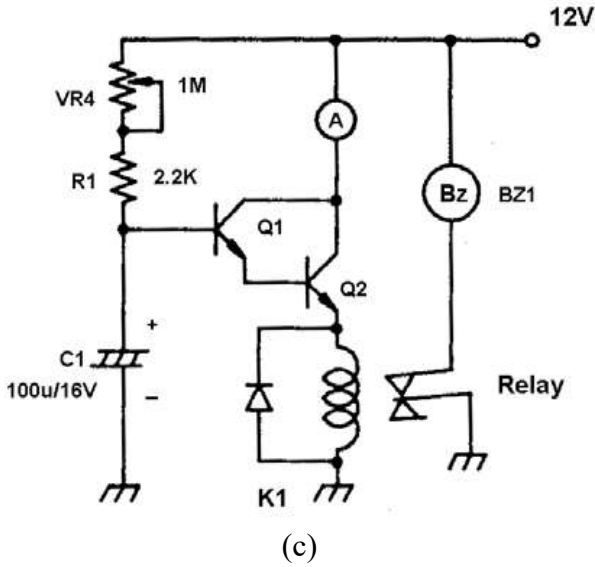
1. Şekil 6.26(c)'deki devre ve 23004-blok a.3 bağlantı diyagramı yardımıyla kısa-devre klipslerini yerleştirin.

2. +12V güç kaynağını bağlayın ve rölenin, birkaç saniyelik gecikmeden sonra kapanıp kapanmadığını gözleyin. C1 kondansatörü üzerindeki gerilimi ölçün ve V_{C1} 'deki değişimi gözleyin (röle mıknatıslanmazsa, V_{CC} 14V'a kadar artırılabilir).

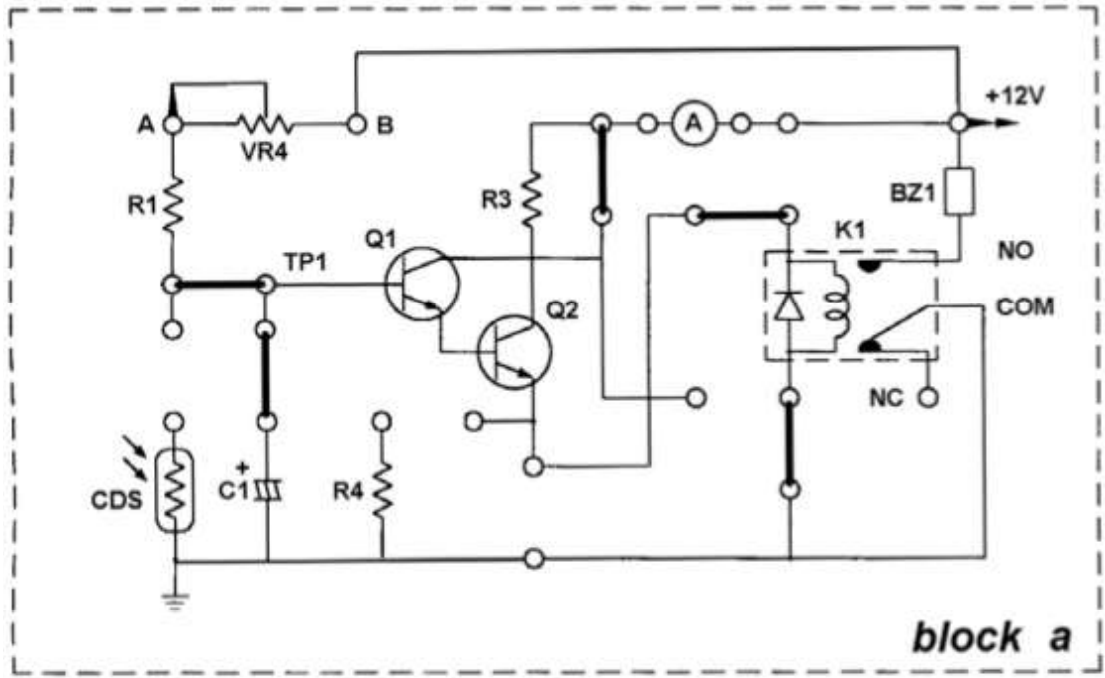
3. +12V güç kaynağını kapatın ve C1'in uçlarını kısa bir süre için kısa devre yapın (boşalması için). VR4(1M Ω)'ü orta konumuna ayarlayın. Güç kaynağını açın ve rölenin kapanması için geçen gecikme süresini gözleyin. C1 kondansatörü üzerindeki gerilimi ölçün ve V_{C1} 'deki değişimi gözleyin.

4. Şekil 6.26(d)'deki devre ve 23004-blok a.4 bağlantı diyagramı yardımıyla kısa-devre klipslerini yerleştirerek, röleyi transistörün kolektörüne bağlayın. Adım (2) ve (3)'ü tekrarlayın.

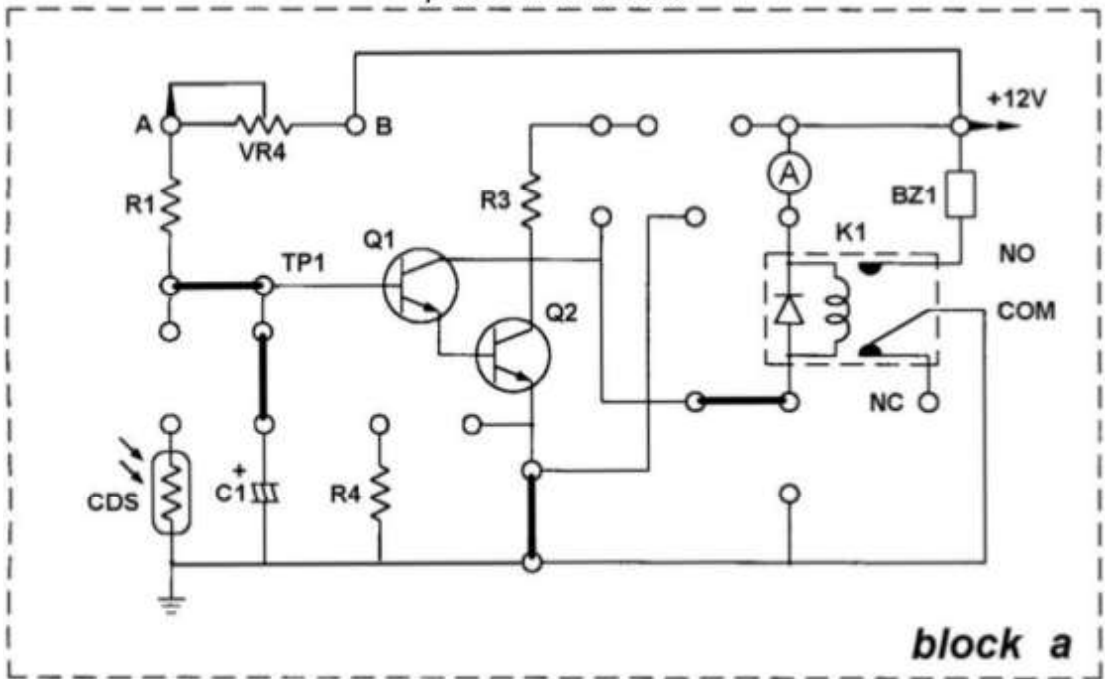
- Rölelerin kapanması için geçen gecikme sürelerini kaydederek, VR4'ün değerinin değiştirilmesiyle gecikme süresinin değişip değişmediğini gözleyin ($\tau=RC$).
- Rölenin kollektöre bağlanmasının, röle için zaman gecikme kontrolünü etkileyip etkilemediğini gözlemleyin.



Şekil 6.26



Şekil 23004-blok a.3



Şekil 23004-blok a.4