

Bu sınavda çözüm için kullandığınız kağıtların yanında SADECE hesap makinası ve kendi el yazınız ile hazırlanmış A4 boyutlu bir "kopya kağıdı" kullanma hakkınız var. Sınav sonunda kağıtlar toplanırken "kopya kağıdı"nızı lütfen sınav kağıtları ile beraber veriniz. "kopya kağıdı"nızı sınav değerlendirildikten sonra geri alabilirsiniz. Bulduğunuz sonuçların birimlerini yazmayı ve birim uyumuna dikkat etmeyi unutmayınız.

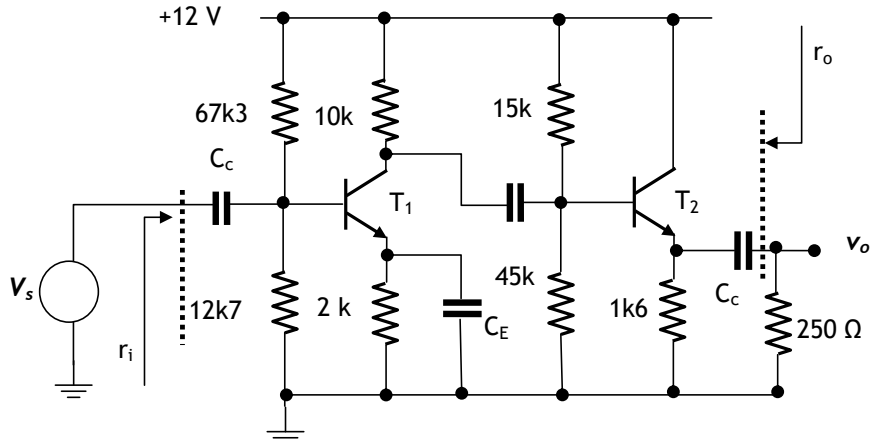
EHB222 ELEKTRONİĞE GİRİŞ (10816)

2. Yarıyıl Sınavı 13 Aralık 2016 15.30-17.30

İnci ÇİLESİZ / Ensar VAHAPOĞLU

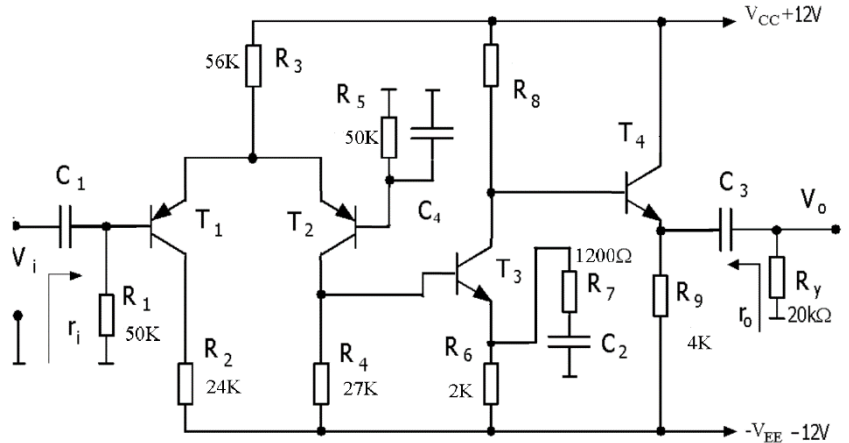
1. Yanda görülen BJT'li yükseltici devresi için, özdeş transistör parametreleri $V_A = \infty$, $V_T = 25 \text{ mV}$, $V_{BE} = 0,6 \text{ V}$ ve $h_{fe} = h_{FE} = \beta = 120$ ve $h_{re} = h_{oe} = 0$ olarak verilmiştir.

- Devrenin kutuplama akımlarını bulunuz. (15)
- Devrenin v_o/v_s küçük işaret kazancını bulunuz. (20)
- Devrenin r_i giriş ve r_o çıkış dirençlerini bulunuz. (10)



2. Aşağıdaki şekildeki devredeki transistörler için $h_{fe} = h_{FE} = \beta = 250$, $|V_{BE}| = 0,6\text{V}$, $V_T = 25\text{mV}$ ve $V_A = \infty$ değerleri verilmiştir.

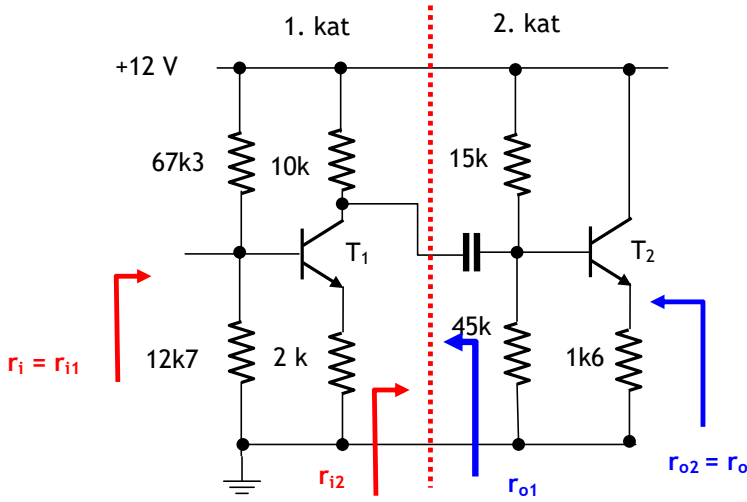
- V_{E4} gerilimi 0 V olacak şekilde R_8 direncini hesaplayıp, r_i giriş ve r_o çıkış dirençlerini bulunuz. (15)
- Devrenin v_o/v_i küçük işaret kazancını ve fark kuvvetlendiricisinin **CMRR** katsayısını bulunuz. (20)



- Devrenin doğru akım kutuplama şartlarını değiştirmeden gerilim kazancının hangi direnç ile belirlenebileceğini belirttikten sonra $|K_v| = 1000$ olacak şekilde bu direncin yeni değerini hesaplayınız. (10)
- Devrede R_3 direncinden akan akımı sağlayacak akım aynasını tasarlayınız. (10)

BASARILAR

1. Devremiz DC işaretler bakımından birbirinden bir bağlama kapasitesi ile ayrılmış iki bağımsız kattan oluşmakta. Her iki kat için V_{BBi} ve R_{BBi} değerlerini bularak DC analiz yapabiliriz:



$$R_{BB1} = 67k \parallel 12k = \underline{10k7} \text{ ve}$$

$$V_{BB1} = \frac{12k}{12k + 67k} V_{CC} = \underline{1,91V}$$

$$R_{BB2} = 15k \parallel 45k = \underline{11k3} \text{ ve}$$

$$V_{BB2} = \frac{45k}{45k + 15k} V_{CC} = \underline{9V}.$$

V_{BBi} , R_{BBi} , V_{BEi} ve R_{Ei} çevrimlerini kullanarak

$$V_{BB1} = R_{BB1} I_{B1} + V_{BE1} + 2k(h_{FE} + 1)I_{B1}$$

$$V_{BB2} = R_{BB2} I_{B2} + V_{BE2} + 1k(h_{FE} + 1)I_{B2}$$

denklemlerinden

$$I_{C1} = h_{FE} \frac{V_{BB1} - V_{BE1}}{R_{BB1} + (1 + h_{FE})R_{E1}} = 120 \frac{1,91V - 0,6V}{10k7 + 121 \cdot 2k} = \underline{0,62mA}$$

$$I_{C2} = h_{FE} \frac{V_{BB2} - V_{BE2}}{R_{BB2} + (1 + h_{FE})R_{E2}} = 120 \frac{9V - 0,6V}{11k3 + 121 \cdot 1k6} = \underline{4,92mA}$$

$$r_{e1} = \frac{V_T}{I_{C1}} = \underline{40,3\Omega}; r_{e2} = \frac{V_T}{I_{C2}} = \underline{5,08\Omega}$$

Devremizin ilk katı kolektör çıkışlı (ortak emetörlü) ikinci katı ise emetör çıkışlı (ortak kolektörlü) olduğu için giriş direnç ifadeleri benzerdir:

$$r_{i1} = R_{BB1} \parallel r_{i1}^*; r_{i1}^* = h_{fe}(r_{e1} + R_{e1}) = 120(40,3\Omega + 0) = 4k84$$

$$r_{i1} = R_{BB1} \parallel r_{i1}^* = \underline{3k33}$$

$$r_{i2} = R_{BB2} \parallel r_{i2}^*; r_{i2}^* = h_{fe}(r_{e2} + R_{e2}) = 120(5,08\Omega + 1k6 \parallel 250\Omega) = 26k6$$

$$r_{i2} = R_{BB2} \parallel r_{i2}^* = \underline{7k9}$$

Devremizin ilk katı kolektör çıkışlı (ortak emetörlü) ikinci katı ise emetör çıkışlı (ortak kolektörlü) olduğu için

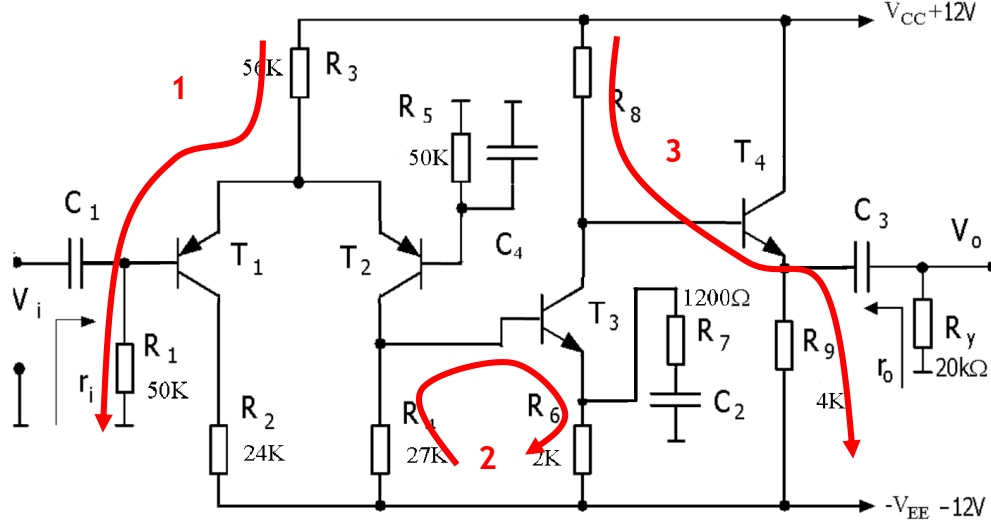
$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{v_o}{v_{b2}} \cdot \frac{v_{b2}}{v_s} = \frac{R_{e2}}{R_{e2} + r_{e2}} \cdot \frac{-R_{c1}}{R_{e1} + r_{e1}} = -\frac{1k6 \parallel 250\Omega}{5,08\Omega + 1k6 \parallel 250\Omega} \cdot \frac{10k \parallel r_{i2}}{0 + 40,3\Omega} = 0,977 \cdot (-109) = \underline{-107}$$

$$r_i = r_{i1} = R_{BB1} \parallel r_{i1}^* = \underline{3k33}$$

$$r_o = r_{o2} = R_{e2} \parallel r_{o2}^* = R_{e2} \parallel \left(r_{e2} + \frac{R_{g2}^*}{h_{fe} + 1} \right) = 1k6 \parallel \left(5,08\Omega + \frac{r_{o1}}{121} \right) = \underline{82,3\Omega}$$

2. 1 numaralı çevrimde $I_E = I_{E1} + I_{E2}$ kabul ederek $V_{CC} = I_E R_E + V_{EB} + I_{B1} R_1$ ve $I_{B1} = I_{B2} = \frac{2I_E}{\beta_f}$

denklemlerinden $I_E = \underline{200\mu A}$ ve $r_{e1} = r_{e2} = r_e = \frac{V_T}{I_{E1}} = \underline{250\Omega}$ bulunur.



2 numaralı çevrimden $I_{C2} \cong I_{E2}$ kabulü ile $(I_{B3} - I_{C2})R_4 + V_{BE3} + I_{E3}R_6 = 0$ denkleminde

$$I_{E3} = \frac{I_{C2}R_4 - V_{BE3}}{R_4/\beta_f + R_6} \cong \underline{1mA} \text{ ve } r_{e3} = \underline{25\Omega} \text{ bulunur.}$$

$V_{E4} = 0V$ olduğuna göre $V_{B4} = 0,6V$ ve $I_{E4} = \frac{0 - (-V_{EE})}{R_4} = \underline{3mA}$ ve $r_{e4} = \underline{8,33\Omega}$ bulunur.

3 numaralı çevreden ise $\frac{V_{CC} - V_{B4}}{R_8} = I_{C3} + \frac{I_{E4}}{\beta_f}$ olduğundan $I_{C3} \cong I_{E3} = \underline{1mA}$ olduğu düşünülürse $R_8 = \underline{11k265}$ bulunur.

Devrenin giriş direnci $r_i' = \beta_f(r_{e1} + r_{e2} \parallel R_3)$ ve $r_i = r_i' \parallel R_1 = \underline{38k6}$

Emetör çıkışlı devrenin çıkış direnci $r_o = R_9 \parallel (\frac{R_8}{\beta_f} + r_{e4}) = \underline{44,5\Omega}$ olarak bulunur.

b. şıkki:

$$r_{i3} = \beta_f(r_{e3} + R_6 \parallel R_7) = \underline{193k}$$

$$r_{i4} = \beta_f(r_{e4} + R_9 \parallel R_y) = \underline{835k}$$

$$K_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{v_o}{v_{c3}} \cdot \frac{v_{c3}}{v_{c2}} \cdot \frac{v_{c2}}{v_{e1,2}} \cdot \frac{v_{e1,2}}{v_i} = \frac{R_9 \parallel R_y}{r_{e4} + R_9 \parallel R_y} \cdot \frac{-R_8 \parallel r_{i4}}{r_{e3} + R_6 \parallel R_7} \cdot \frac{R_4 \parallel r_{i3}}{r_{e2}} \cdot \frac{R_3 \parallel r_{e2}}{r_e + R_3 \parallel r_{e2}} \text{ olduğundan}$$

$$K_v = \frac{v_o}{v_i} = \underline{\underline{-687}} \text{ bulunur.}$$

Kazanç bulmak için bir başka yol da

$$K_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{v_o}{v_{c3}} \cdot \frac{v_{c3}}{v_{c2}} \cdot \frac{v_{c2}}{v_i} = \frac{R_9 \parallel R_y}{r_{e4} + R_9 \parallel R_y} \cdot \frac{-R_8 \parallel r_{i4}}{r_{e3} + R_6 \parallel R_7} \cdot \frac{R_4 \parallel r_{i3}}{2r_e} \text{ olup sonuç yine aynı çıkar.}$$

$$CMRR = 20 \log \left| \frac{2R_E + r_e}{r_e} \right| = \underline{\underline{53dB}}$$

c. şıkkı:

Devrenin kazancı DC kutuplama koşulları değiştirilmeden (DC açıdan C₂ ve C₃ kapasiteleri tarafından yalıtıldıklarından) R₇ ve R_y dirençleri ile değiştirilebilir. R_y → ∞ bile olsa son katın kazancı ancak 1 olacağından toplam kazanç çok az değişir. Bu durumda kazanç R₇ direnci ile değiştirilebilir.

$$K_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{v_o}{v_{c3}} \cdot \frac{v_{c3}}{v_{c2}} \cdot \frac{v_{c2}}{v_i} = \frac{R_9 \parallel R_y}{r_{e4} + R_9 \parallel R_y} \cdot \frac{-R_8 \parallel r_{i4}}{r_{e3} + R_6 \parallel R_7} \cdot \frac{R_4 \parallel \beta_f (r_{e3} + R_6 \parallel R_7)}{2r_e} \text{ olduğundan}$$

$$K_v = \frac{v_o}{v_i} = 0,998 \cdot \frac{-11k115}{25\Omega + R_6 \parallel R_7} \cdot \frac{27k \parallel 250(25\Omega + R_6 \parallel R_7)}{250\Omega}$$

denkleminde R₇ → 0 yani R₆ ∥ R₇ = 0 olursa K_v = 0,998 · $\frac{-11k115}{25\Omega} \cdot \frac{27k \parallel 250(25\Omega)}{250\Omega} = -9003$ 'e kadar artmaktadır.

$$K_v = -1000 = 0,998 \cdot \frac{-11k115}{25\Omega + 2k \parallel R_7} \cdot \frac{27k \parallel 250(25\Omega + 2k \parallel R_7)}{250\Omega} \text{ sağlayan } R_7 = \underline{\underline{640\Omega}} \text{ olarak bulunur.}$$

d. şıkkı:

$$I_E = \frac{V_{CC} - (-V_{EE}) - V_{EB}}{R_K} = 200\mu A \text{ sağlayacak } R_K = \underline{\underline{117k}}$$