

Soru-1 Şekildeki eş tranzistorlar için $\beta=4\text{mA/V}^2$, $V_{TH}=1\text{V}$ değerleri verilmektedir.

a) R1, R2 ve R3 dirençleri üzerinden $1\mu\text{A}$ akması istenmektedir. DC durumda $V_{DG1}=1\text{V}$ olmak üzere direnç değerlerini bulunuz. (10Puan)

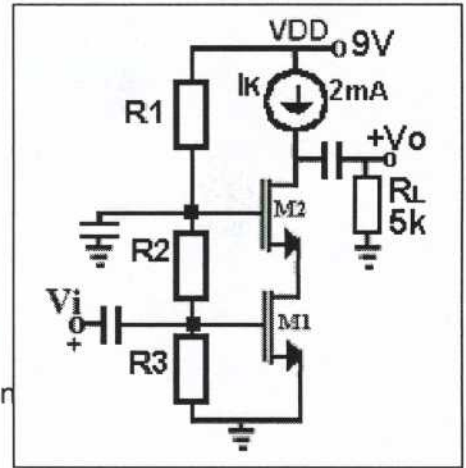
Not: Tranzistorlar eş olup DC durumda $V_{GS1}=V_{GS2}$ ve $V_{DS1}=V_{DS2}$ olacağına dikkat ediniz.

b) Devrenin ac giriş direncini bulunuz. (10Puan)

c) Devrenin ac kazancını bulunuz ($V_A=\infty$). (10Puan)

d) Kaynak (source) bacağında direnç bulunan bir MOS tranzistorun savak (drain) bacağından görülen ac direncin bağıntısı aşağıda^{*1} verilmektedir. Şekildeki devrenin ac modelini veriniz ($V_A=100\text{V}$). (10Puan)

e) Giriş işareti $v_i=20\text{mV}\cos\omega t$ olarak verilmektedir. Her iki tranzistorun toplam ac gücünü bulup aktif eleman olarak çalışıp çalışmadıklarını belirtiniz. (10Puan)



Soru-2 Şekildeki devre D1 ve D2 diyotlarının bulundukları yerlerdeki sıcaklık farkını gerilim bilgisine dönüştürmek üzere kullanılacaktır. Diyotların (akım sabit olmak üzere) gerilimleri sıcaklıkla $-2\text{mV}/^\circ\text{C}$ olarak değişmektedir. Bütün tranzistorlar için $|V_{BE}|=0.7\text{V}$ ve $\beta_F=100$ olarak verilmektedir ($V_T=26\text{mV}$).

a) $V_{i1}=V_{i2}$ olduğunda ($V_{id}=V_{i1}-V_{i2}=0$ olduğunda) $V_o=0$ olsun istenmektedir.

R_{E3} direncinin değerini bulunuz. (10Puan)

b) Devrenin v_o/v_{id} fark işaret kazancını bulunuz. (10Puan)

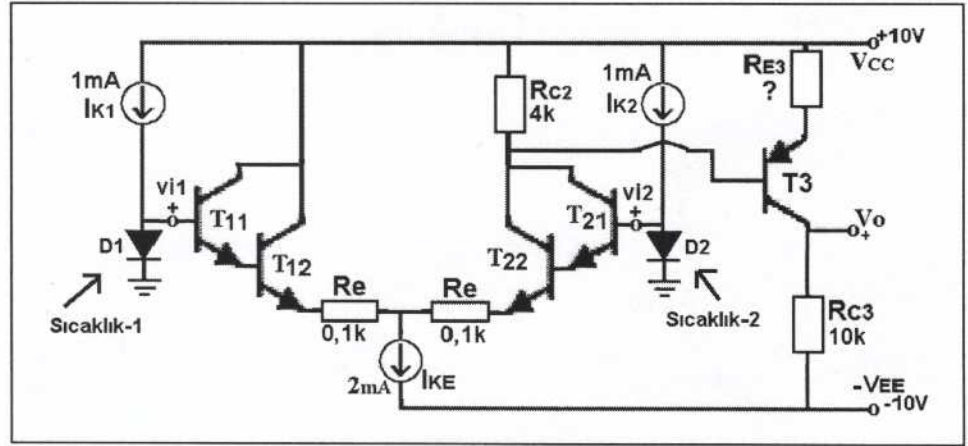
c) Devre ölçülebilecek sıcaklık farkı sınırlarını bulunuz. (10Puan)

Yol Gösterme: Giriş-çıkış ilişkisinin lineer olması istenmektedir. Bu açıdan fark işaret değişim aralığını ve tranzistorların doymaya girmemesini dikkate alarak değerlendirme yapınız.

d) Devredeki I_{K1} , I_{K2} ve I_{KE} akım kaynaklarını akım aynası yapısı ile gerçekleyiniz. (10Puan)

e) Tranzistorlar için $V_A=100\text{V}$ verildiğine göre devrenin CMRR değerini bulunuz. (10Puan)

Not: Aşağıda^{*2} temel uzun kuyruklu yapının CMRR bağıntısı verilmektedir.



MOSFET

Doyma şartı; NMOS: $V_{GD}<V_{Th}$

PMOS: $V_{GD}>V_{Th}$

Doymada: $I_D=(\beta/2)(V_{GS}-V_{Th})^2$

^{*1} $r_{od}=r_{ds}+R_S+g_m r_{ds} R_S$

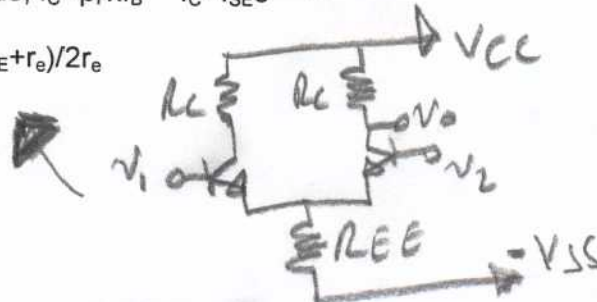


BJT

İleri aktif bölge şartı; NPN: $V_C>V_B>V_E$ PNP: $V_E>V_B>V_C$

İleri aktif bölgede; $I_C=\beta_F I_B$ $I_C=I_{SEE}^{V_{BE}/V_T}$

^{*2} $\text{CMRR}=(2R_{EE}+r_e)/2r_e$



Soru	1	2	3	4	5	6	7	8	Topl.
Not									

Tarih : / /
 Bölüm :
 Ders :
 No :
 Adı, Soyadı :
 İmzası :

1) a) $I_0 = \frac{\beta}{2} (V_{GS} - V_T)^2$

$2 \mu A = \frac{6 \mu A/V^2}{2} (V_{GS1} - 1)^2 \Rightarrow V_{GS1,2} = 2V$

$V_{GS1} = R_3 \cdot 1 \mu A \Rightarrow R_3 = \frac{2V}{1 \mu A} = 2 M\Omega$

$V_{G2} = 2 + 1 + 2 = 5V = (R_2 + R_3) 1 \mu A \Rightarrow R_2 = 3 M\Omega$

$9V - 5V = R_1 \cdot 1 \mu A \Rightarrow R_1 = 4 M\Omega$

b) $r_i = R_3 // R_2 = 3 M // 2 M = 1.2 M\Omega$

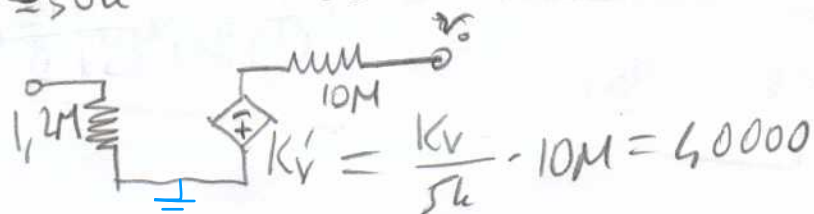
c) $\frac{V_o}{V_i} = -g_{m1} \left(\underbrace{\frac{1}{g_{m2}} // r_{o1}}_{\approx 1/g_{m2}} \right) \cdot g_{m2} \cdot \left(\underbrace{5k // g_{m2} r_{o1} r_{o2}}_{\approx 5k} \right)$
 $= -g_{m1} \cdot 5k$

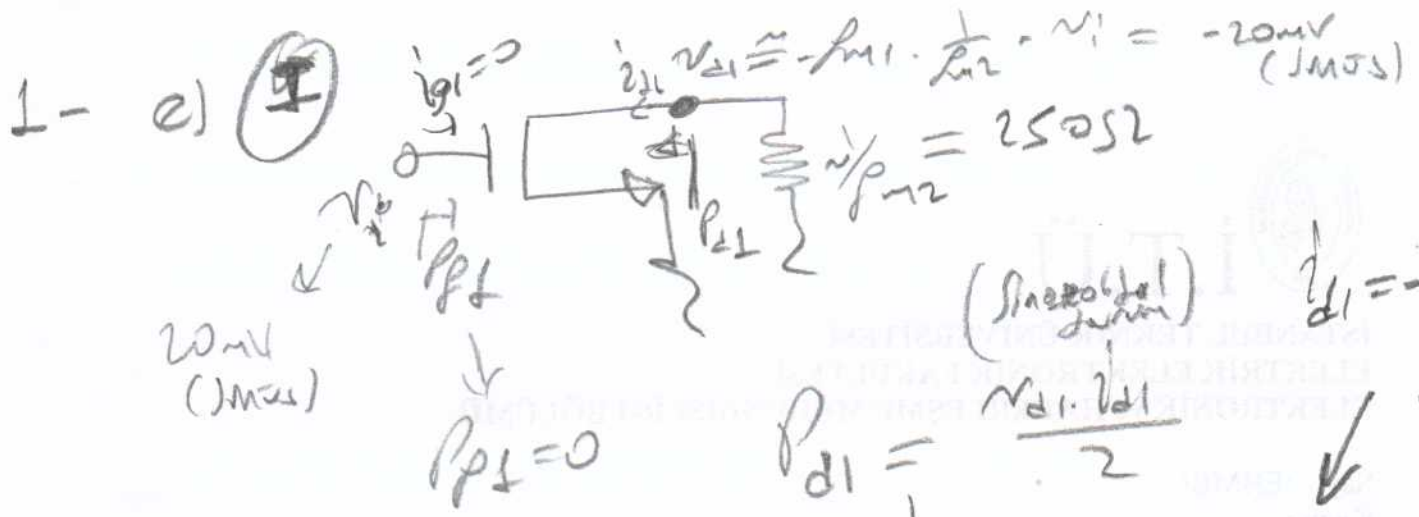
$g_{m1} = \sqrt{2 \cdot 4 \mu A / V^2 \cdot 2 \mu A} = 4 mS$

$K_V = \frac{V_o}{V_i} = -20 V/V$

d) $r_{o2} = r_{o1} + r_{ds2} + g_{m2} \cdot r_{ds1} \cdot r_{ds2} = 0.4 V_{GS1,2}$

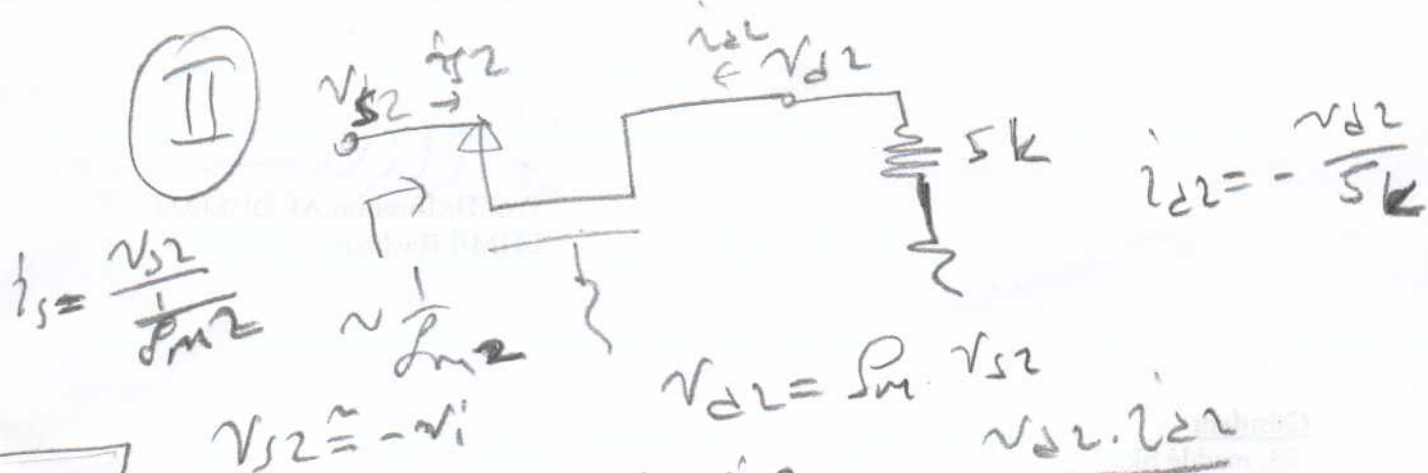
$r_{ds1} = r_{ds2} = \frac{V_A}{2 \mu A} = 50k$ $r_{o2} \approx 10 M\Omega$





$P_{dT} = P_{d1} + P_{d2} = -0.8\mu W$

Toplam ac güç negatif. M1 aktif eleman olarak çalışıyor.



$P_{d2} = \frac{v_{d2} \cdot i_{d2}}{2} + \frac{v_{d2} \cdot i_{d2}}{2}$

$P_{d2} = \frac{20mV \cdot \frac{20mV}{250}}{2} - \frac{(4mS \cdot 5k \cdot 20mV)^2}{2 \cdot 5k}$

$P_{d2} = -16\mu W$

M2 işin toplam ac güç negatif. M2 de aktif eleman olarak çalışıyor.

II P54
hesapların
tek $\frac{1}{2}$
katsayısı
sinüs
işareti ile
çalışıyor.

2)

a)

$$V_{i1} = V_{i2} \rightarrow I_{c1} = I_{c2}$$

$$I_{c12} = I_{c22}$$

$$I_{c11} + I_{c12} = I_{c21} + I_{c22} = \frac{I_{CE}}{2} = 1 \text{ mA}$$

DC
Nokta

$$V_{c21} = V_{B3} \approx V_{CC} - (I_{c21} + I_{c22}) \cdot R_{c2}$$

$$\approx 10 - 1 \text{ mA} \cdot 4 \text{ k} = 6 \text{ V}$$

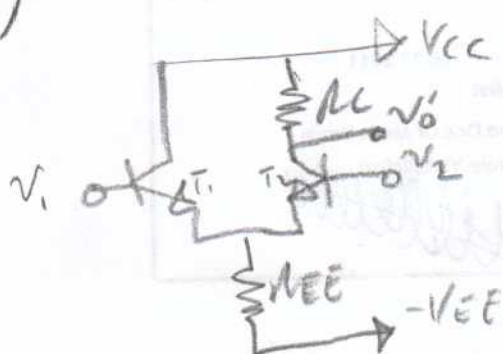
$$\rightarrow V_0 = 0 \rightarrow I_{c3} = \frac{V_{CC3}}{R_{c3}} = \frac{10 \text{ V}}{10 \text{ k}} = 1 \text{ mA}$$

$$V_{B3} = V_{CC} - I_{E3} \cdot R_{E3} - V_{E3}$$

$$R_{E3} = \frac{3,3}{I_{E3} \approx 1 \text{ mA} = I_{c3}} \approx 3,3 \text{ k}$$

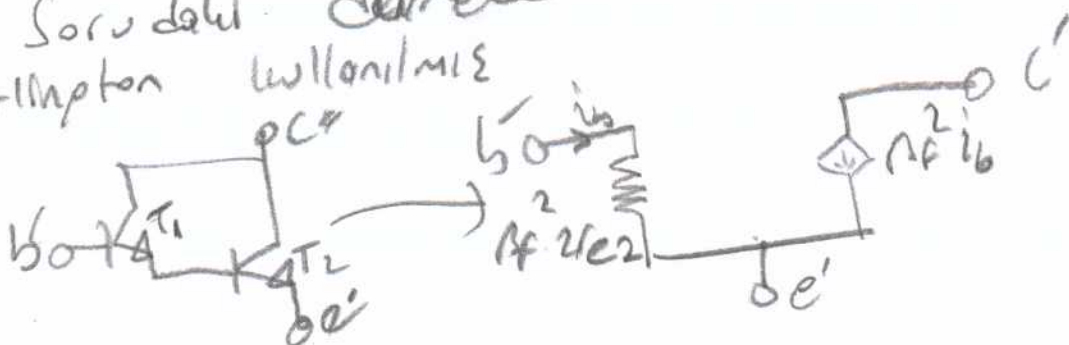
b)

Temel v20n kuyrukluy yapının katonu



$$\frac{v'_O}{v_{id}} = \frac{R_c}{2R_e}$$

Soru dâhl dernekte T_1 ve T_2 verline
darlington kullanılmış



Darlington yapının ac modelinde
 tek transistordaki β_F yerine β_F^2 , r_e
 yerine $2r_e$ alınmalıdır. Böylelikle temel
 için uygun yapıda r_e yerine
 $2r_e$ koyulursa darlington etkilisi
 fark hatırlanacak şekilde olur.

- Diğer taraftan emetörlerde R_e
 direkt alınmalıdır. R_e direncinin
 etkilisi (tek transistör durumunda)
 $r_e + R_e$ değeri r_e yerine
 konulmasıyla ilgili bağlantılara
 altını çiziyor. 2. soruda ise
 r_e yerine $2r_e$ geldiği için
 bağlantılarda r_e yerine $2r_e + R_e$
 konulması gereklidir.

Sonuç olarak

$$\frac{V_{b2}}{V_{i2}} = \frac{R_{e2} // r_{i2}}{2(2r_{e2} + R_e)}$$

$$r_{i2} = \beta_F (r_{e2} + R_{e2})$$

$$\approx 330k$$

$$r_{e2} = \frac{V_T}{I_{m2}}$$

$$= 26\Omega$$

$$\approx \frac{4k}{304} \approx 13 //$$

elde edilir.

$$\frac{V_o}{V_{b1}} = - \frac{R_{c3}}{r_e + R_{c3}} = - \frac{10k}{26 + 3,2k} \approx -3$$

$$\frac{V_o}{V_{i1}} = 13 \cdot -3 \approx -40$$

C) - Uzun kıvrımlı yapı için
 çıkışın aralığı; $-I_{E3} R_E < V_i < +0,2V$
 olarak (yaklaşık) verilebilir.

- T₂'nin kolektörü ise yaklaşık olarak 0,7V ile 10V arasında çıkabilir. Bu olarak çıkışın aralığı 0,7-6V ile 10V-6V olarak çıkar -4,3V ile 4V arasındadır. Bu değerler $\frac{V_{b1}}{V_{i1}}$ kazancına bölünürse -0,33V ile 0,3V değerleri elde edilir. Dolayısıyla uzun kıvrımlı yapı bu noktaya kadar sınırlamayı belirler.

- T₃'ün kolektörü maksimum -10V'a düşebilir. Diğer taraftan kazanç dikkate alınarak maksimum $\sim 4,5V$ 'a çıkabileceği görülmüştür. Bu durumda T₃'ün bazı

$4,5V / -3 \approx -1,5$ olarak örne -1,5V
 düşer. DC için $V_{B3} = 6V$ olduğundan
 ac durumunda V_{B3} 'ün -1,5V düşmesi
 toplamda 4,5V'la düzene anlama
 na gelir. DC durumunda $V_{C3} = 0$
 olduğu için ac 4,5V'lık artma
 toplamda 4,5V'a karşılık gelir.
 Yani T_3 bazı ile kolektörü etkiler.
 Bu çalışma sınıridir. Sonuç
 olarak ac durumunda
 $-10V < V_{C3} < 4,5$ elde edilir.

Bu değerler hatırlanarak;

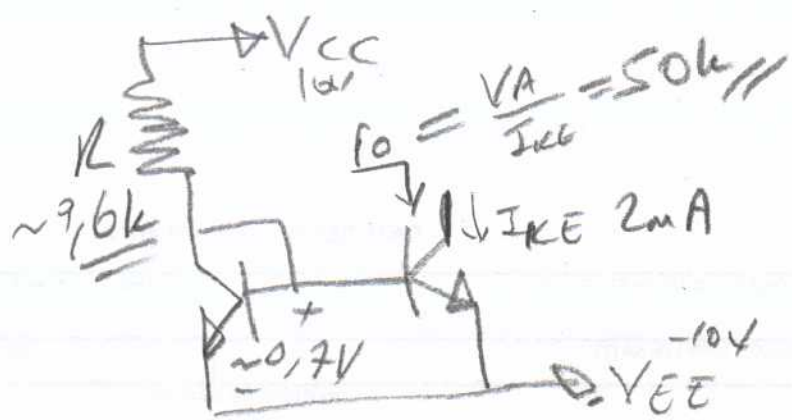
$$-0,11 < V_{i2} < 0,25V$$

sonucu elde edilir. Dolayısıyla pM_2
 geriliminin alt sınırı T_3 'ün doymaya
 girmediyle, üst sınırı uzun W/L oranıyla
 yapının pM_2 değeri analizi ile üst deferi
 ile belirlenir.

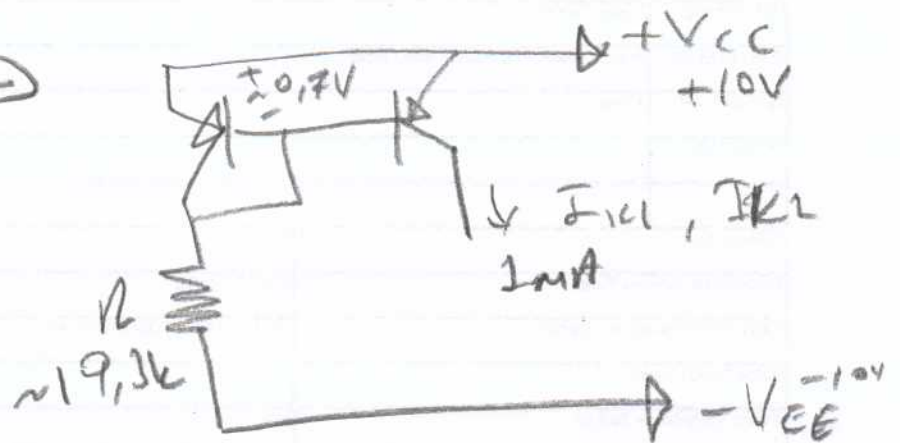
$$-0,11 < V_{i2} < 0,25V$$

$$\begin{aligned}
 &\downarrow \\
 &\frac{-110mV}{-2mV/^\circ C} = 55^\circ C > T_{fark} > -100^\circ C = \frac{200mV}{-2mV/^\circ C}
 \end{aligned}$$

d) $I_{KE} \rightarrow$



$I_{K1}, I_{K2} \rightarrow$



e) Temel yapı : $CMRR = \frac{2R_{EE} + r_e}{2r_e}$

$$r_e \rightarrow 2r_{e12} + r_e = 152\Omega$$

$$R_{EE} = r_{0KE} = \frac{V_A}{I_{KE}} = 50k$$

$$CMRR = \frac{100k + 152\Omega}{204} \approx 330 \approx 50dB$$