

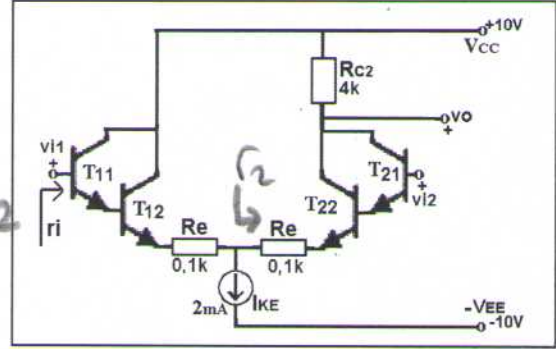
S1 Şekildeki devrede $V_{BE}=0.6V$ değeri verilmektedir. IKE Akım kaynağı basit akım aynası ile tasarlanmıştır. Girişte $V_{i1}=V_{i2}$ (ortak işaret) olmak üzere minimum giriş gerilimi ne olabilir bulunuz. (5Puan)

$V_{CE}=V_{OE}$ (satürasyon sınırı)

$$V_{I1min} = V_{I2min} = -V_{EE} + V_{BE} + I_{KE} R_E + V_{BE} + V_{BE}$$

$$= -10V + 0,6 + 0,1 + 0,6 + 0,6$$

$$= -8,1V //$$



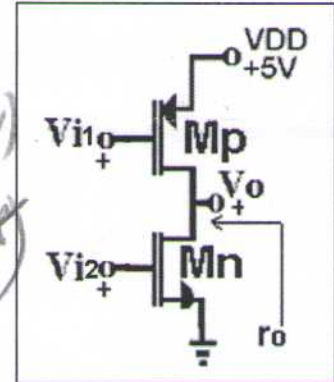
S2 S1'deki devrede kullanılan tranzistor için $\beta_F=100$ değeri verilmektedir. $v_{i2}=0$ durumu için r_i giriş direncini bulunuz. (5Puan)

Darlington için $\beta_{FT} = \beta_{F1} \cdot \beta_{F2} = 10^4$

$$r_{i2} \approx \frac{I_{KE}}{2 \cdot V_T} = \frac{1}{50} \quad r_2 = R_E + \frac{1}{g_{m2}} = 150$$

$$r_i = \beta_{FT} \times \left(\frac{1}{\beta_{F1}} + R_E + r_2 \right) = 3M\Omega$$

S3 Şekildeki devrede MOS tranzistorlar için $\beta_n=100\mu A/V^2$, $\beta_p=400\mu A/V^2$, $V_{Th-n}=1V$, $V_{Th-p}=-1.25V$, $V_{An}=V_{Ap}=50V$ değerleri verilmektedir. DC çalışma noktasında $V_{i1}=V_{i2}$ olup $V_o=2.5V$ 'tur. I_D akımını bulunuz. (5Puan)



$$V_{I1} = V_{I2} = V_X$$

$$V_{DSn} = V_{DOP} (V_o = 2.5V)$$

$$\frac{\beta_n}{2} (V_X - V_{Thn})^2 \left(1 + \frac{V_{DSn}}{V_{An}} \right) = \frac{\beta_p}{2} (V_X - V_{Thp})^2 \left(1 + \frac{V_{DOP}}{V_{Ap}} \right)$$

$$V_X - V_{Thn} = \sqrt{\frac{\beta_p}{\beta_n}} \left[- (V_X - V_{Thp}) \right]$$

$$V_X - 1 = 7,5 - 2V_X \rightarrow V_X \approx 2,83V$$

$$I_{Dn} = I_{Dp} = \frac{\beta_n}{2} (V_X - V_{Thn})^2 \left(1 + \frac{V_{DSn}}{V_{An}} \right) = 0,176mA$$

S4 S3'teki devrede ac durumda v_o 'yu v_{i1} ve v_{i2} cinsinden yazınız. (10Puan)

$$r_o = r_{ds} // r_{den} = \left(\frac{V_{AP}}{I_{Dp}} \right) // \left(\frac{V_{An}}{I_{Dn}} \right) = 142k$$

$$\text{Toplam kazanç, } -v_{i2}=0 \quad v_{o1} = -g_{mp} \times v_{i1} \times r_o$$

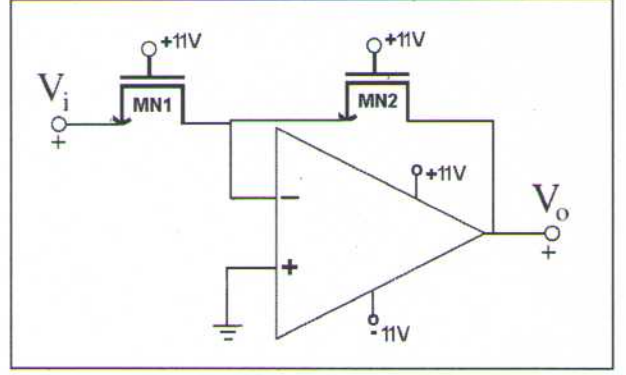
$$g_{mp} = \sqrt{2\beta_p I_{Dp}} \approx 0,375mA/V \rightarrow v_{o1} = -53V/V$$

$$-v_{i1}=0 \rightarrow v_{o2} = -g_{mn} \cdot v_{i2} \cdot r_o$$

$$g_{mn} = \sqrt{2\beta_n I_{Dn}} \approx 0,19mA/V \rightarrow v_{o2} = -26,5V/V$$

$$v_o \approx -53V/V \cdot v_{i1} - 26,5V/V \cdot v_{i2}$$

S5 Şekilde verilen devredeki tranzistorlar için $\beta_{N1} = 1\text{mA/V}^2$
 $\beta_{N2} = 0,1\text{mA/V}^2$ ve $V_{TH1} = V_{TH2} = 1\text{V}$ değerleri
 verilmektedir. $V_i = 0\text{V}$ iken $V_o = 0\text{V}$ şartı devrede sağlanmaktadır.
 $V_i = -0,1\text{V}$ için V_o ne olur bulunuz (10Puan)
Not: Tranzistorlar doymasız bölgede çalışmakta olup
 V_{DS} gerilimlerinin " $V_{GS} - V_{TH}$ " yanında yeterince küçük
 kaldığını düşünerek analiz yapınız.



Tranzistorlar doymasız bölgede dirençli
 pbi davranır;

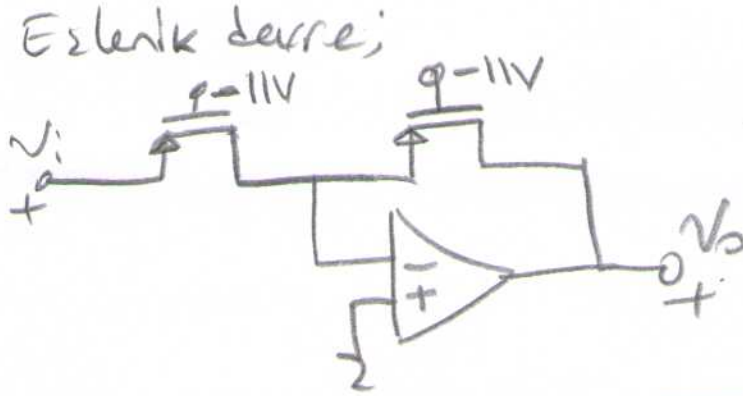
$$R_{MN1} \approx \frac{1}{\beta_{N1}(V_{GS1} - V_{TH1})} \approx 100\Omega$$

$$R_{MN2} \approx \frac{1}{\beta_{N2}(V_{GS2} - V_{TH2})} \approx 1k$$

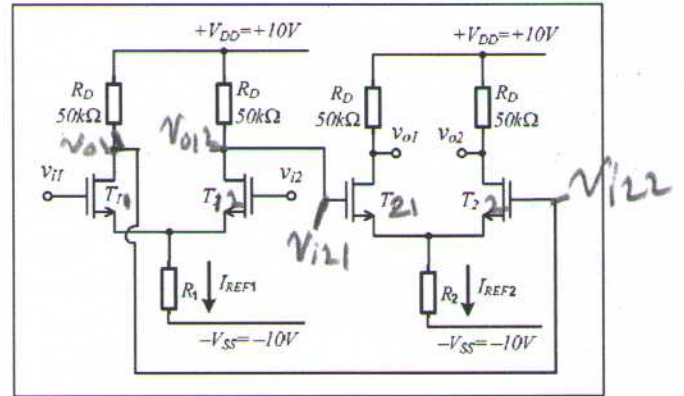
$$\frac{V_o}{V_i} \approx -\frac{R_{MN2}}{R_{MN1}} = -10$$

$$V_o \approx +1V //$$

S6 S5'teki devrede V_i değeri 0'dan büyük olmamalıdır. S5'teki devreyi modifiye ederek V_i 'nin 0'dan büyük
 değerleri için çalışacak devreyi çiziniz. (5Puan)



S7 Şekildeki devrede kullanılan tranzistorlar için
 $\beta_n = 200\mu\text{A/V}^2$, $V_{Th-n} = 1\text{V}$ değerleri verilmektedir. Devrede
 kullanılan ilk uzun kuyuklu devrede girişler sıfırken
 çıkışlarda sıfır olsun istenmektedir. İkinci uzun kuyuklu
 devrede girişler sıfırken çıkışlarda 4V olsun istenmektedir.
 R_1 ve R_2 dirençlerinin değerlerini bulunuz. (5Puan)



$$I_{R1} = \frac{V_{DD} - 0}{50k} \times 2 = 0,4\text{mA}$$

$$I_{R2} = \frac{V_{DD} - 4}{50k} \times 2 = 0,24\text{mA}$$

$$I_{D11} = \frac{\beta_n}{2} (V_{GS11} - V_{TH})^2$$

$$0,2\text{mA} = 100\mu (V_{GS11} - 1)^2$$

$$V_{GS11} = 2,4\text{V} \rightarrow V_{S11} = 0 - 2,4 = -2,4\text{V}$$

$$V_{S11} = -V_{SS} + I_{REF1} \times R_1$$

$$R_1 = 19k$$

$$I_{D21} = \frac{\beta_n}{2} (V_{GS21} - V_{TH})^2$$

$$0,12\text{mA} = 100\mu (V_{GS21} - 1)^2$$

$$V_{GS21} = 2,1\text{V} \rightarrow V_{S21} = 0 - 2,1 = -2,1\text{V}$$

$$V_{S21} = -V_{SS} + I_{REF2} \times R_2$$

$$R_2 \approx 33k$$

S8 S7'deki devrede $v_{o2}/(v_{i1}-v_{i2})$ ac kazancını bulunuz. (10Puan)

$$K_{dT} = \frac{v_{o2}}{v_{i1}-v_{i2}} = g_{m1}R_D \times \frac{g_{m2}R_O}{2} \left(= \frac{v_{o12}-v_{o11}}{v_{i1}-v_{i2}} \times \frac{v_{o2}}{v_{i21}-v_{i22}} \right)$$

$$g_{m1} = g_{m11} = g_{m12} = \sqrt{2\beta \cdot I_{D11}} \approx 0,28 \text{ mS}$$

$$g_{m2} = g_{m21} = g_{m22} = \sqrt{2\beta \cdot I_{D21}} \approx 0,22 \text{ mS}$$

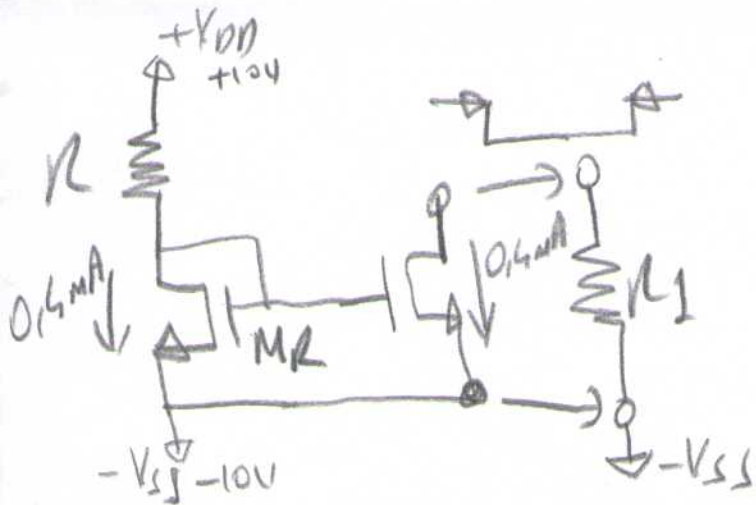
$$\frac{v_{o2}}{v_{i1}-v_{i2}} = 14 \times \frac{11}{2} = 77$$

S9 S7'deki devrenin toplam CMRR değeri ne olur bulunuz. (5Puan)

$$K_{CT} = \frac{-g_{m1}R_D}{1+2g_{m1}R_1} \times \frac{-g_{m2}R_O}{1+2g_{m2}R_2} = \frac{-14}{11,6} \times \frac{-11}{15,5} = 0,9$$

$$\text{CMRR} = \left| \frac{K_{dT}}{K_{CT}} \right| = \left| \frac{77}{0,9} \right| \approx 86$$

S10 S7'deki devrede kullanılan R1 direnci yerine aynı özellikteki MOS tranzistörlerle tasarlanmış akım aynası kullanılacaktır. Yapıyı tasarlayıp devreye olan bağlantısını gösteriniz (akım aynasında kullanılacak direncin değerini bulunuz). (5Puan)



$$I_{D_{M2}} = 0,4 \text{ mA} = \frac{\beta_n}{2} (V_{GS_{M2}} - V_{TH})^2$$

$$V_{GS_{M2}} \approx 3,4 \text{ V}$$

$$I_R = I_{D_{M2}} = 0,4 \text{ mA} = \frac{\beta_n}{2} (V_{GS_{M2}} - V_{TH})^2$$

$$R \approx 42,5 \text{ k}\Omega$$

S11 S10'da tasarladığınız akım aynasında kullanılacak direnç yerine G-D portları kısa devre olan bir NMOS kullanılacaktır. NMOS için $\mu_n C_{ox}$ değeri $100 \mu\text{A/V}^2$ verildiğine göre W/L oranını bulunuz. (5Puan)

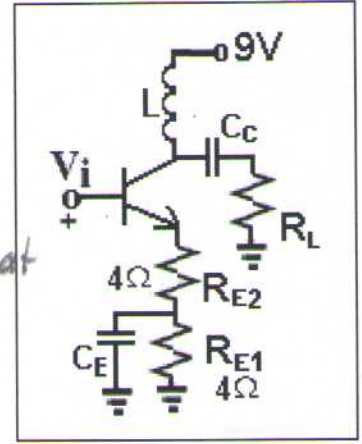


$$V_{GS} = 17 \text{ V} \quad I_D = 0,4 \text{ mA}$$

$$0,4 \text{ mA} = \frac{\beta}{2} (17 - 1)^2 \rightarrow \beta \approx 3,1 \text{ MA/V}^2$$

$$\frac{W}{L} \mu_n C_{ox} = 3,1 \text{ M} \rightarrow \frac{W}{L} = \frac{1}{32}$$

S12 Şekildeki devrede tranzistor için $V_{CEsat}=0.3V$ değeri verilmektedir. Tranzistorun maksimum kollektör akımı $I_{CMAX}=200mA$ olduğuna göre devreden maksimum çıkış gücünü almamızı sağlayacak yük değerini (sinüzodal işaret durumu için) bulunuz. (10Puan)



$$I_{CQ} = \frac{I_{CMAX}}{2} = 100mA //$$

$$V_{CQ} = 9V \quad V_{CEmin} = I_{CQ} \cdot R_{E1} + 2I_{CQ} R_{E2} + V_{CEsat}$$

$$\downarrow$$

$$= 0,4 + 0,8 + 0,3$$

$$\downarrow$$

$$= 1,5V //$$

$$V_{ALmax} = V_{CQ} - V_{CEmin}$$

$$\downarrow$$

$$= 9 - 1,5 = 7,5$$

$$I_{ALmax} = I_{CQ} = 100mA$$

S13 S12'deki devrede tranzistorun maksimum kollektör emetör gerilim değerini bulunuz. (5Puan)

$$V_{Cmax} = V_{CQ} + V_{ALmax} = 16,5V$$

$$I_C = 0 \rightarrow V_C = V_{Cmax} \rightarrow V_E = I_{CQ} R_{E1} = 0,4V //$$

(CE etwld)

$$V_{CEmax} = 16,5V - 0,4V = 16,1V //$$

S14 S12'deki devrenin maksimum verim değerini bulunuz. (5Puan)

$$P_{DC} = V_{CC} \cdot I_{CQ} = 9 \times 0,1A = 0,9W$$

$$P_{ALmax} = I_{ALmax} \times V_{ALmax} = 100mA \times 7,5V \times \frac{1}{2} = 0,375W$$

$$\eta_{max} = 0,375 / 0,9 \approx \%42$$

S15 S12'deki devrede tranzistor üzerinde harcanacak maksimum gücü bulunuz. (5Puan)

$$P_{Tmax} \approx P_{DC} = 0,9W \text{ (Solu nette) } T_{rmax} \text{ etwnde}$$

ayrıntılı hesaplaması; $V_{CEQ} = 9V - I_{CQ} \cdot R_{E1} = 8,2V \quad I_{CQ} = 100mA$

$$P_{Tmax} = 8,2V \times 0,1A = 0,82W //$$

S16 S12'deki devrede kullanılan tranzistor için maksimum jonksiyon sıcaklığı $180C^\circ$ ve maksimum ortam sıcaklığı $50C^\circ$ olarak verildiğine göre jonksiyondan havaya toplam ısı direnç hangi şartı sağlamalıdır bulunuz. Not: S15'i yapamayanlar P_{Tmax} değerini $1W$ alabilirler. (5Puan)

$$R_{ThTotal} \leq \frac{T_J - T_A}{P_{Tmax}} = \frac{180 - 50}{0,82W} \approx 158 C^\circ/W //$$