

Şekildeki NMOS CS kuvvetlendiriciye ait DC ve AC yük doğruları yanındaki şekilde verilmektedir. MOS'un parametreleri  $V_{Th}=1,1$  ve  $\beta=2mA/V^2$  olarak verilmektedir. NMOS'da gövde etkisi ve kanal modülasyon katsayısı ihmal edilecektir.

Devrede kutuplama akımı  $I_{DQ}=1mA$ , MOSFET üzerinde harcanan DC güç  $5.4mW$ , ac gerilim zancı  $v_o/v_i=-3.75$ , çıkış gerilimi  $v_o$ 'nun simetrik dalgahlığı  $\pm 3V$  olsun istenmektedir.  $V_{GG}$  kaynağının

$R_D$ ,  $R_{S1}$ ,  $R_{S2}$  dirençlerinin değerini bulunuz. (Not:  $v_o \neq v_{DS}$  olduğuna dikkat ediniz.)

Yük doğrularının bulunduğu şekil üzerindeki  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  ve  $I_1$  değerini belirtiniz.

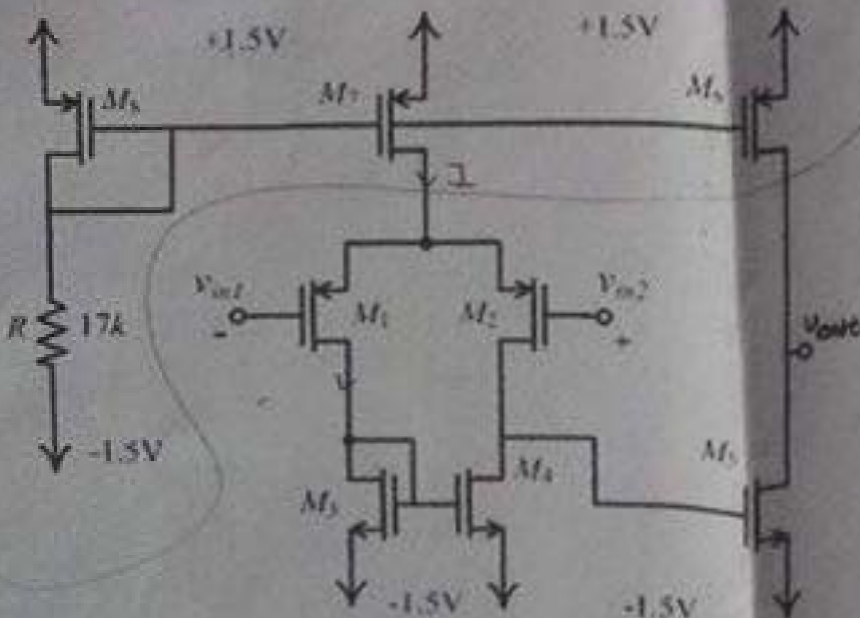
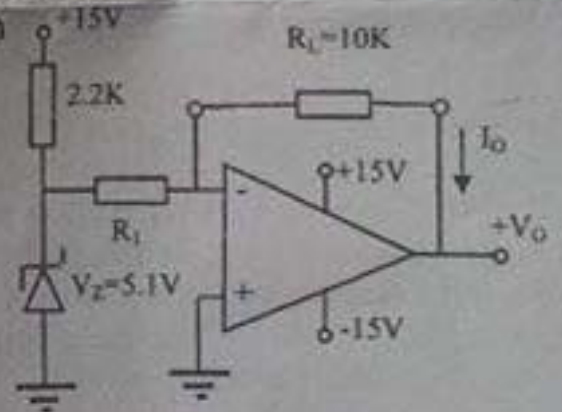
3.50k 270k 270k 10.6 13.5 10.1

Şekildeki akım kaynağı devresinde işlemsel kuvvetlendiricinin özellikleri ideal olup, çıkış geriliminin maksimum ve minimum değerleri  $\pm 13V$  olarak alınabilir.

$I_O$  akımının  $0.5mA - 1mA$  arasında değişmesi için  $R_1$  direnci hangi aralıkta değiştirilmelidir?

Devrenin akım kaynağı olarak çalışma koşullarının sağlanmadan çalışabilmesi için  $R_1$  in minimum değeri ne olmalıdır? Bu değerin altındaki  $R_1$  değerleri için ne olur?

2.60k



Transistor	$L (\mu m)$	$W (\mu m)$
$M_1$	0.7	28
$M_2$	0.7	28
$M_3$	0.7	7
$M_4$	0.7	7
$M_5$	0.7	7
$M_6$	0.7	7
$M_7$	0.7	14
$M_8$	0.7	14

Şekilde verilen devre işlemsel kuvvetlendirici olarak kullanılacak olup giriş-çıkış DC çalışma noktalarının sıfır olduğu ve bütün MOSFET'lerin doymalı çalıştığı kabul edilmektedir. Transistor parametreleri aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$k_p' = \mu_p C_{ox} = 40 \mu A/V^2, k_n' = \mu_n C_{ox} = 90 \mu A/V^2, V_{A0} = V_{A0} = 40V, V_{T0,p} = -0.8V, V_{T0,n} = 0.6V.$$

M<sub>6</sub> ve M<sub>7</sub> transistorlarının DC savak (drain) akımları  $I_{D6}$  ve  $I_{D7}$ 'i bulunuz. 32 14 1

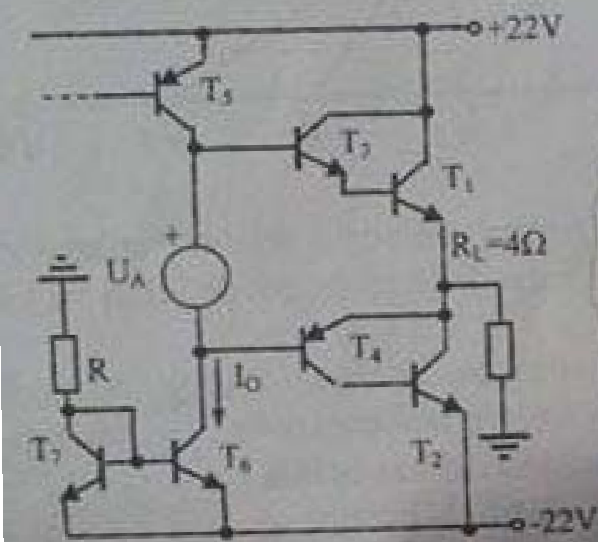
Uyarı:  $I_{D7}$  değerini bulamadıysanız aşağıdaki sorular için 200µA alınız.

Küçük işaret fark kazancı  $v_{out}/(v_{in2} - v_{in1})$ 'i hesaplayınız. (Bu devrenin fark işaret kazancındaki etkin yükünü M2 ve M4 belirler.) 0.1 0.0

Küçük işaret ortak işaret kazancı  $v_{out}/v_{in}$ 'i hesaplayınız;  $v_{in1} = v_{in2} = v_{in}$ .

CMRR'yi hesaplayınız. (Bu devrenin ortak işaret kazancındaki etkin yükü diyot bağlı M3 dır) 1.4

İpucu: Küçük işaret kazançlarını bulmak için birinci katın (fark kuvvetlendiricisi) ve ikinci katın (M<sub>5</sub> ve M<sub>6</sub>'dan oluşan kuvvetlendirici) kazançlarını ayrı ayrı bulmanız gerekiyor. 12.00



- Yandaki şekilde gösterilen B-sınıfı çıkış katında
- Sinüzoidal halde  $P_{Lmax} = 50W$  için çıkış geriliminin tepesi değeri nedir? ( $V_{CEmin} = -2V$ ,  $V_{BE} \approx 0.7V$ ) 20
  - $T_1$  ve  $T_2$  nin dayanması gereken maksimum akım ve gerilimler ne olmalıdır? ( $V_{CEmax}$ ,  $I_{Cmax}$ )
  - Çıkışın tam güce sürülebilmesi için  $R$  nin alabileceği en büyük değer nedir? ( $\beta_{F1} = \beta_{F2} = 20$ ,  $\beta_{F3} = \beta_{F4} = 50$ )
  - $U_A$  ön gerilimin değeri ne olmalıdır ve  $V_{BE}$  çoğaltıcı kullanarak nasıl sağlanabilir?

Aşağıdaki soruları kısaca cevaplayınız.

- B sınıfı çalışmada verim neden A-sınıfından daha yüksektir?
- A sınıfı çalışan bir transistorda işaret yokken harcanan gücün özelliği nedir? 13.1
- B sınıfı eşlenik transistorlu push-pull çıkış katında A-sınıfı sürücünün yükü neden direnç olamaz? 0.1
- Aktif yüklü MOSFET fark kuvvetlendiricide gerilim kazancı drain akımına nasıl bağlıdır? 1.1
- Gerçek (ideal olmayan) bir akım kaynağı hangi temel şartları sağlamalıdır? 1.1

Ararlı olabilecek bağıntılar:

$$I_D = \frac{1}{2} \beta (V_{GS} - V_T)^2 \quad I_D = \beta (V_{GS} - V_T - \frac{V_{DS}}{2}) V_{DS} \quad g_m = \sqrt{2\beta I_D}$$

$$K_d = g_m R_D \quad K_{CM} = \pm \frac{R_D}{2R_{SS}} \quad r_{ce} = \frac{V_A}{I_C} \quad r_{de} = \frac{1}{\lambda I_D}$$

$$I_C = \beta I_B \quad I_C \approx I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$



- 

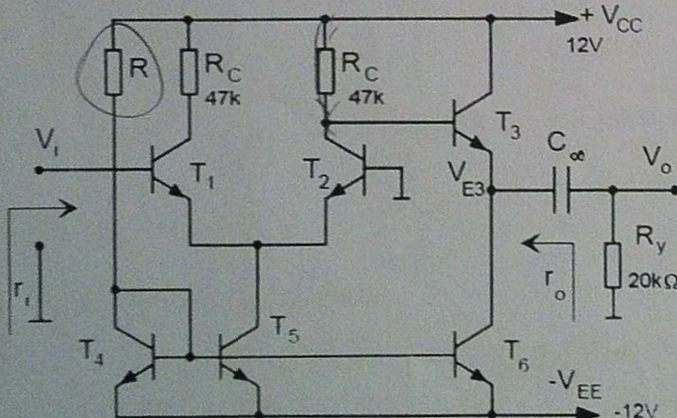
Mr. Dogma VS

$$V_i - V_{ik} = 0,7$$

$$0,5 \times 10^{-3} = \frac{135 \times 10^{-4}}{2} \cdot (V_B - V_A - 0,7)^2$$

The circuit diagram shows an operational amplifier configured as a differential amplifier. The non-inverting input (+) is connected to a voltage divider consisting of two resistors  $R$  in series, with the input voltage  $V_2$  applied across them. The inverting input (-) is connected to a voltage divider consisting of two resistors  $R$  in series, with the input voltage  $V_1$  applied across them. The output of the op-amp is  $V_o$ . A resistor  $R$  is also connected from the inverting input to ground.

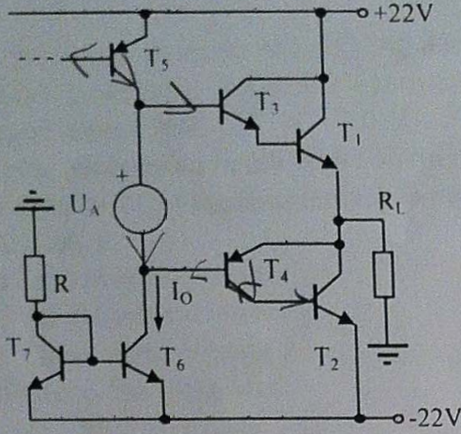
3.



d) Devrenin giriş ve çıkış dirençlerini hesaplayınız.



4.



Yandaki şekilde gösterilen B-sınıfı çıkış katında:  $V_{CEmin}=2V$ ,  $|V_{BE}|\approx 0.7V$  alınabilir.

- $P_{Lmax}=40W$  elde edildiğine göre yük direncinin ( $R_L$ ) değeri nedir?
- $U_A$  nın değeri ne olmalıdır ve  $V_{BE}$  çoğaltıcı ile nasıl sağlanabilir? Çizerek gösteriniz.
- $T_6$  ve  $T_7$  'den oluşan NPN akım aynası  $I_0=5mA$  akım akıtacak şekilde tasarlandığına göre  $P_{Lmax}=40W$  elde edebilmek için  $\beta_{F3}$  ve  $\beta_{F4}$  'ün değerleri en az ne olmalıdır? ( $\beta_{F1}=\beta_{F2}=20$ )
- $I_0=5mA$  olması için gerekli  $R$  direncini hesaplayınız.
- $T_5$  de harcanan gücü hesaplayınız.

5. Aşağıdaki soruları kısaca cevaplayınız.

- Isıl sürüklenme ne demektir?
- B-sınıfında devreyi tek kaynakla beslemek için ne yapmak gerekir? Bu durumda B-sınıfı transistörlerin emetör DC gerilimi nedir?
- Aktif yük ne demektir? Bir işlemsel kuvvetlendiricinin 2. katı neden aktif yüklü CE veya CS bir kuvvetlendiricidir?
- Bir işlemsel kuvvetlendiricinin faz giriş uçları arasında görünürde kısa devre şartı hangi koşulda sağlanır?
- Bir işlemsel kuvvetlendiricide giriş dengesizlik gerilimi nedir? Sebepleri nelerdir?

Yararlı olabilecek bağıntılar:

$$I_C \cong I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} \quad I_D = \frac{1}{2} \beta (V_{GS} - V_T)^2 \quad I_D = \beta (V_{GS} - V_T - \frac{V_{DS}}{2}) V_{DS} \quad g_m = \sqrt{2\beta I_D}$$

$$K_{dd} = \pm g_m R_C \quad K_{CM} = \pm \frac{R_C}{2R_{FE}} \quad r_{ce} = \frac{V_A}{I_C} \quad r_{ds} = \frac{1}{\lambda I_D}$$

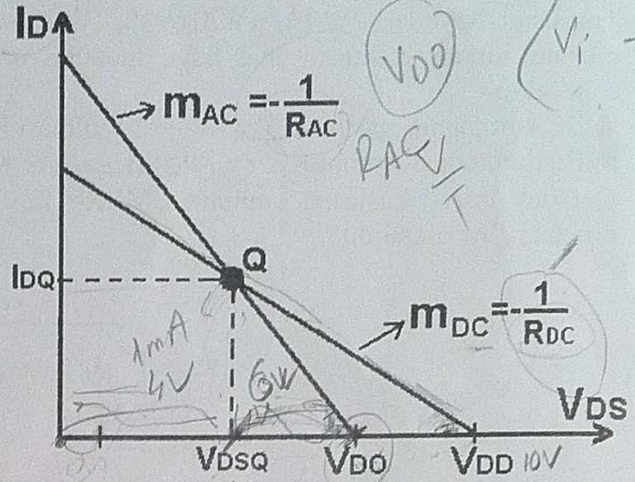
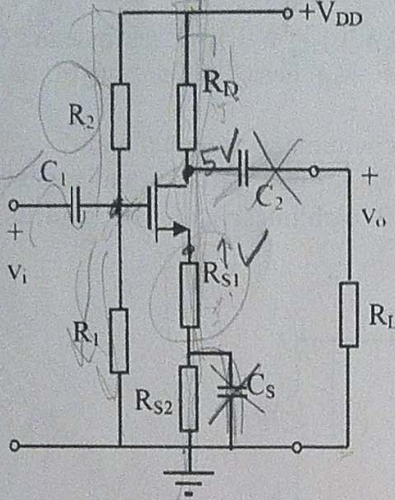
$$I_C = \beta I_B$$

NOT: Süre 120 dakikadır. Tüm ders notlarınız kapalı olacaktır.



ELEKTRONİK II  
Final Sınavı

1.



Yukarıdaki NMOS CS kuvvetlendiriciye ait DC ve AC yük doğruları yanındaki şekilde verilmektedir.  $V_{DD}=10V$ ,  $R_D=5k\Omega$ ,  $R_L=20k\Omega$  ve  $R_1=220k\Omega$  dur. NMOS'un parametreleri  $V_{th}=0.7V$  ve  $\beta=\mu_n C_{ox}(W/L)=1mA/V^2$  olarak verilmektedir. NMOS'da gövde etkisi ve kanal modülasyon katsayısı ihmal edilecektir.

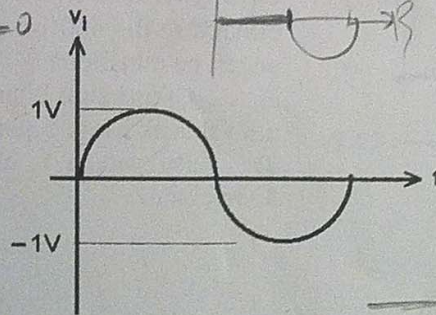
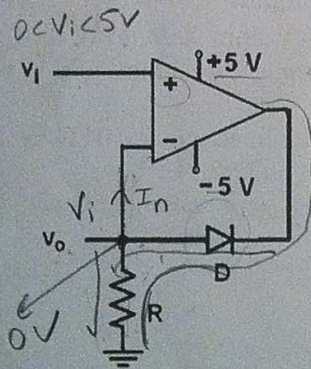
- a) Devrede çalışma gerilim ve akımı  $V_{DSQ}=4V$ ,  $I_{DQ}=1mA$ , AC gerilim kazancı  $v_o/v_i=-4.5$  olması istenmektedir.  $R_2$ ,  $R_{S1}$  ve  $R_{S2}$  dirençlerinin değerini bulunuz.
- b) Her iki yöne doğru (pozitif ve negatif yönde) AC gerilim dalgalanmasının genliklerini belirtiniz.

2. Şekildeki devrede işlemsel kuvvetlendirici ve diyot ideal kabul edilecektir.

a) Devrenin çalışmasını kısaca açıklayınız.

b) Giriş geriliminin  $-5V < V_i < 5V$  aralığında değişmesi durumunda çıkış gerilimi  $V_o$ 'nun girişe bağlı değişimini ( $V_o = f(V_i)$ ) karakteristiğini çiziniz.

c)  $v_i$  giriş geriliminin değişiminin aşağıdaki gibi olması durumunda  $v_o$  çıkış geriliminin zamana bağlı değişimini çiziniz.  $-5V < v_i < 5V$



3. a) AB sınıfı çalışmada sükûnet (giriş işareti yokken) akımı ve verim ne mertebededir?

b) A sınıfı çalışan bir transistorda işaret yokken harcanan güç ne kadardır?

c) B sınıfı eşlenik transistör "push-pull" çıkış katını süren A-sınıfı katın DC yükü nasıl gerçekleştirilir?

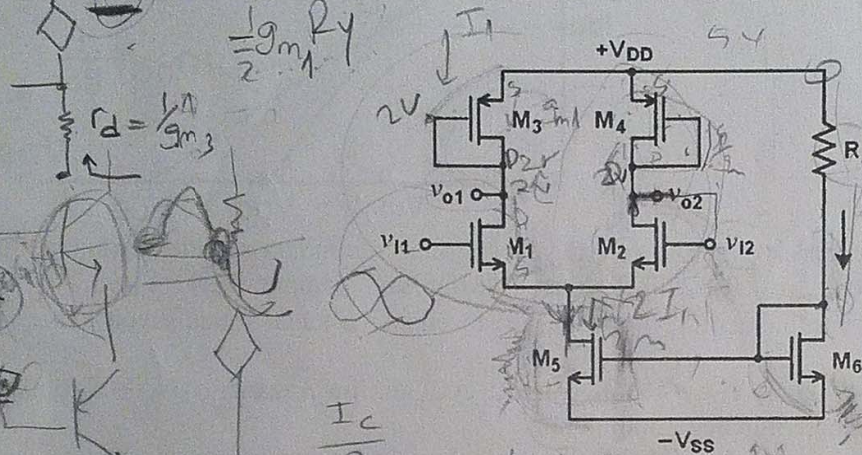
d) B sınıfı push-pull güç kuvvetlendiricilerinde geçiş distorsiyonu neden olur?  $\pm 10V$  beslemesi olan bir devrenin girişine 1V ve 5V genlikli bir sinüs işareti uygulanması durumunda, çıkış işaretindeki bozulmayı karşılaştırarak irdelleyiniz.

e) BJT basit akım aynasında, transistörlerin  $\beta_F$  parametresi ve Early gerilimlerinin aynalama oranına etkisini nedenlerini belirterek açıklayınız.



$$k_n' \left( \frac{W}{L} \right) = k_n \quad V_{GS} - V_{thn}$$

c) Ortak işareti bastırma oranının  $CMRR = |K_{d2}/K_c| = 30\text{dB}$  olabilmesi için  $M5$ 'in küçük işaret çıkış direnci  $r_{o5}$  ne olmalıdır?



d) Bu yapıda  $I_0$  akım kaynağı için kullanılabilecek bir devre çiziniz.

$$P_{ym} = \frac{1}{2} I_{max}^2 R$$

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

$$K_d = g_m r_y$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$k_d = g_m \cdot \frac{1}{g_m} =$$

$$I_D = \beta(V_{GS} - V_T - \frac{V_{DS}}{2})V_{DS}$$

$$K_c = \frac{r_y}{r_{ds5}} \quad 2 = (1 - 0.7 - 2) \frac{14}{\lambda I_D}$$

$$r_{ce} = \frac{V_A}{I_C} \quad \frac{1}{2} = (x-3,7) \quad \sqrt{6}$$

$$g_m = \sqrt{2\beta I_D}$$

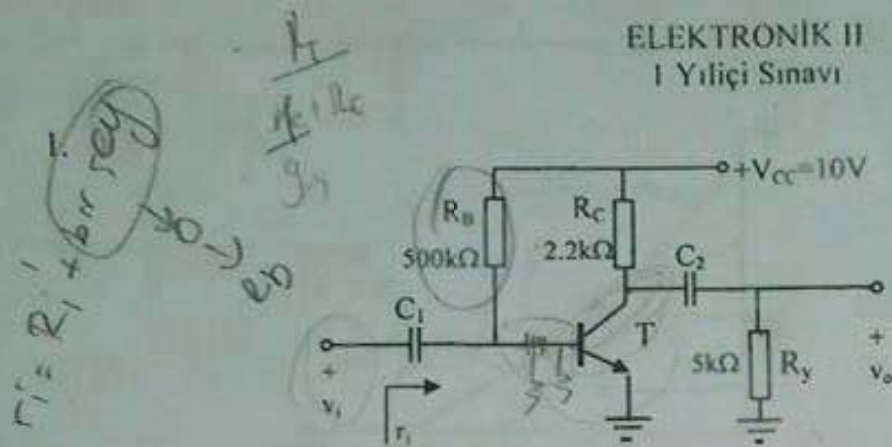
$$K_0 = 40$$

NOT: Süre 120 dakikadır. Tüm ders notlarınız kapalı olacaktır.

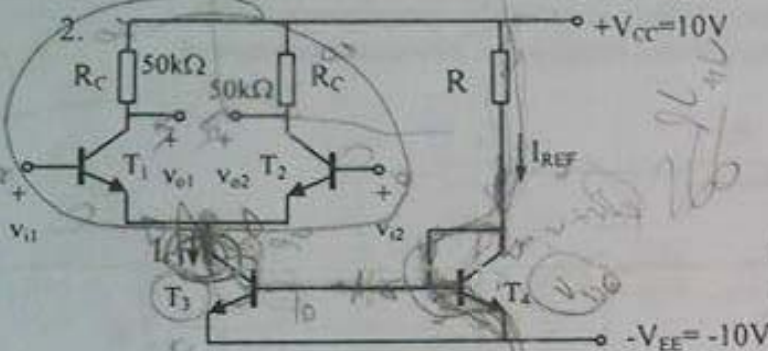
$$20 \log \left| \frac{K_{d2}}{K_c} \right| = 39 \text{ dB}$$



ELEKTRONİK II  
I Yılıçi Sınavı



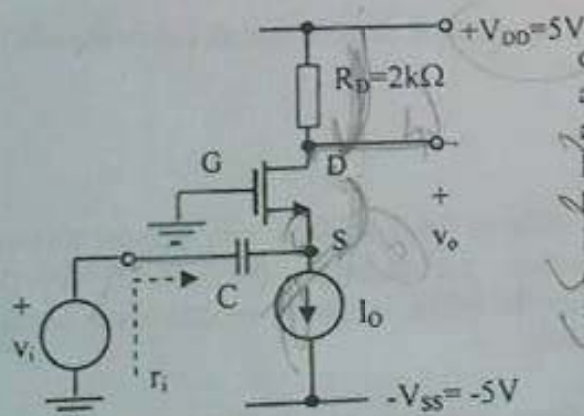
- Şekildeki devrede kullanılan transistor parametrelerini  $\beta=100$ ,  $V_{BE}=0.7V$ ,  $V_T=26mV$  alarak, transistorun çalışma noktası değerlerini ( $I_{BQ}$ ,  $I_{CQ}$  ve  $V_{CEQ}$ ) hesaplayınız.
- Bu durumda transistor hangi bölgede çalışmaktadır? Neden?
- Devrenin küçük işaret eşdeğerini çizin. Transistorun küçük işaret çıkış direncinin ( $r_o$ ) yük direnci yanında çok büyük olduğunu kabul ederek devrenin  $v_o/v_i$  gerilim kazancını hesaplayınız.
- Devrenin giriş direncini ( $r_i$ ) hesaplayınız.



Şekildeki devrede kullanılan bütün transistörler birbirinin eşidir. Transistor parametreleri  $\beta=200$ ,  $I_S=10^{-15}A$ ,  $V_T=26mV$  alınacaktır.

- $v_{i1}=v_{i2}=0$  iken  $V_{o1}=V_{o2}=5V$  olması için  $R$  direncinin değerini hesaplayınız.
- Bu durumda devrenin  $K_{ad}=(v_{o1}-v_{o2})/(v_{i1}-v_{i2})$  ve  $K_d=v_{o2}/(v_{i1}-v_{i2})$  fark işaret kazançlarını hesaplayınız.
- $T_3$ 'ün küçük işaret çıkış direnci  $r_o=r_{o3}=250k\Omega$  olduğunu dikkate alarak devrenin ortak işaret bastırma oranını ( $CMRR=20\log|K_d/K_c|$ ) hesaplayınız.
- Birinci sorudaki devrenin girişini yukarıdaki fark kuvvetlendiricisinin  $v_{o2}$  çıkışına bağlayarak iki katlı kaskat kuvvetlendirici yapılması isteniyor. Bu şekilde edilen kaskat devrenin toplam gerilim kazancını hesaplayınız.

3.



Yandaki devredeki NMOS kanal oluşturmali türden olup, parametreleri  $V_T=0.6V$ ,  $\mu_n C_{ox}=100\mu A/V^2$ ,  $\lambda=0$  olarak alınabilir.

- Transistorun doymali bölgede çalışabilmesi,  $V_{GS}=1.6V$  ve  $I_D=2.5mA$  olması için  $W/L$  oranını hesaplayınız.
- Bu durumda MOSFET'in  $V_{DS}$  gerilimini hesaplayınız. MOSFET'in doymali çalıştığını gösteriniz.
- Devrenin  $v_o/v_i$  gerilim kazancını hesaplayınız.
- Devrenin giriş direncini ( $r_i$ ) hesaplayınız.

$$I_C \approx I_{SE} \frac{V_{BE}}{V_T}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_T)^2 (1 + \lambda V_{DS})$$

$$g_m = \sqrt{2 \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} I_D}$$

$$K_d = -\frac{R_C}{R_E}$$

$$K_d = -\frac{R_C}{2R_E}$$

$$K_c = \frac{R_C}{2R_E + r_o}$$

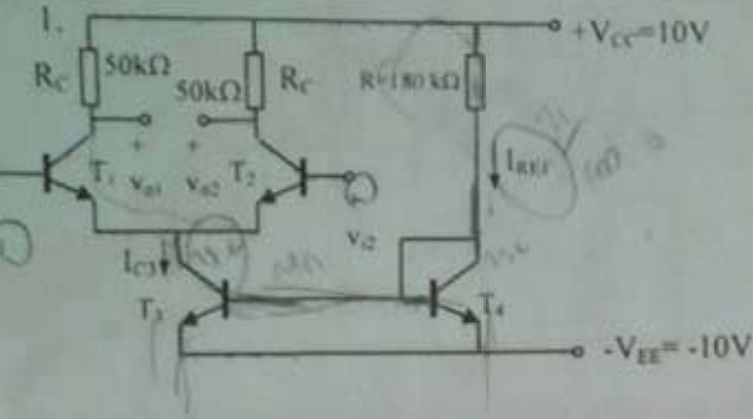
$$g_m = \beta (V_{GS} - V_T)$$

$$K_d = -g_m (R_C || R_E)$$

$$I_D = \frac{1}{2} I_{D0}$$

NOT: Süre 60 dakikadır.

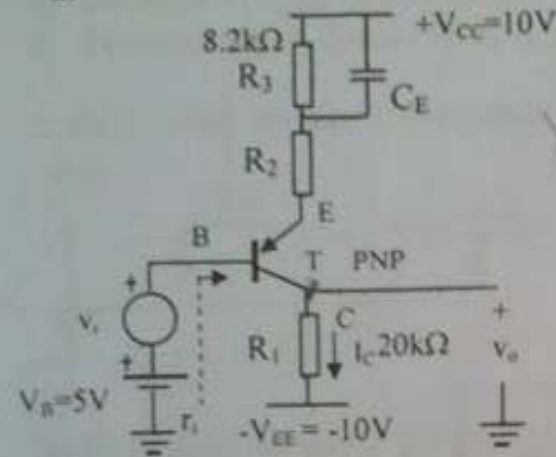
# ELEKTRONİK II I Yılıçi Sınavı



Şekildeki devrede kullanılan bütün transistörler birbirinin eşidir. Transistör parametreleri  $\beta=200$ ,  $I_S=10^{-15}A$ ,  $V_T=26mV$  alınacaktır.

- $v_{i1}=v_{i2}=0$  iken  $V_{ce1}$  ve  $V_{ce2}$  DC değerlerini hesaplayınız.
- Bu durumda devrenin  $K_{ad}=(v_{o1}-v_{o2})/(v_{i1}-v_{i2})$  ve  $K_d=v_{o2}/(v_{i1}-v_{i2})$  fark işaret kazançlarını hesaplayınız.
- $T_3$ 'ün küçük işaret çıkış direnci  $r_{e3}=r_{e4}=250k\Omega$  olduğunu dikkate alarak devrenin ortak işaret bastırma oranını ( $CMRR=20\log|K_d/K_c|$ ) hesaplayınız.

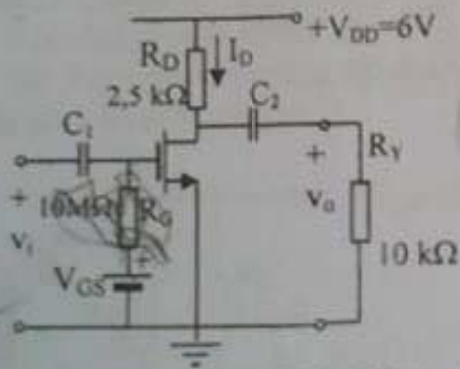
2.



Şekildeki PNP transistör için  $\beta=200$ ,  $I_S=10^{-15}A$  olarak verilmektedir.  $V_T=26mV$  alınabilir.

- $I_C=0.5mA$  olması için  $R_2$ 'nin değeri ne olmalıdır?
- $v_i=0$  iken  $V_C=V_O$ 'ın değerini hesaplayınız.
- Devrenin  $v_o/v_i$  gerilim kazancını hesaplayınız (transistörün çıkış direncinin etkisi ihmal edilecektir).
- Devrenin giriş direncini ( $r_i$ ) hesaplayınız.

3.



$$\mu_n=500cm^2/Vs$$

$$C_{ox}=10^{-7}F/cm^2$$

$$V_{TN}=0.7V$$

$$\lambda=0$$

- Yukarıdaki devrede NMOS'un  $(W/L)=40$  iken hangi  $V_{GS}$  değerinde  $I_D=1mA$  akar?
- Devrenin küçük işaret eşdeğerini çiziniz.
- Devrenin orta frekanslar bölgesindeki  $v_o/v_i$  gerilim kazancını hesaplayınız.
- MOSFET'i doymasız bölge sınırına getiren  $V_{GS}$  değerini hesaplayınız.

$$I_C \approx I_S e^{V_{BE}/V_T} \quad I_C = \beta I_B \quad I_D = \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TN})^2 (1 + \lambda V_{DS}) \quad g_m = \sqrt{2 \mu C_{ox} \frac{W}{L} I_D} \quad K_{ad} = -\frac{R_C}{r_e} \quad K_d = \pm \frac{R_C}{2r_e}$$

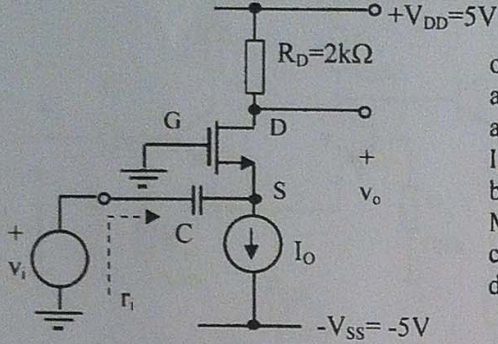
$$K_c = -\frac{R_C}{2R_E + r_e}$$

NOT: Süre 60 dakikadır.



**ELEKTRONİK II**  
**1 Yılıçi Sınavı**

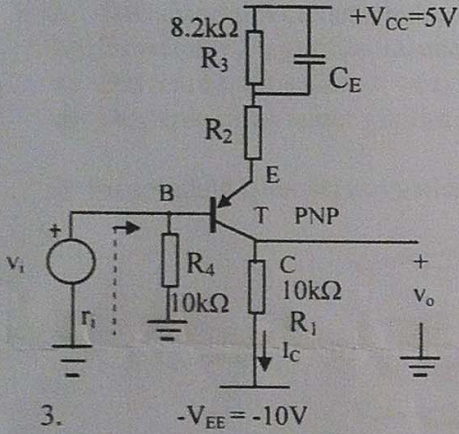
1.



Yandaki devredeki NMOS kanal oluşturmali türden olup, parametreleri  $V_T=0.6V$ ,  $\mu_n C_{ox}=100\mu A/V^2$ ,  $\lambda \approx 0$  olarak alınabilir.

- Transistorun doymalı bölgede çalışabilmesi,  $V_{GS}=1.6V$  ve  $I_D=2.5mA$  olması için  $W/L$  oranını hesaplayınız.
- Bu durumda MOSFET'in  $V_{DS}$  gerilimini hesaplayınız. MOSFET'in doymalı çalıştığını gösteriniz.
- Devrenin  $v_o/v_i$  gerilim kazancını hesaplayınız.
- Devrenin giriş direncini ( $r_i$ ) hesaplayınız.

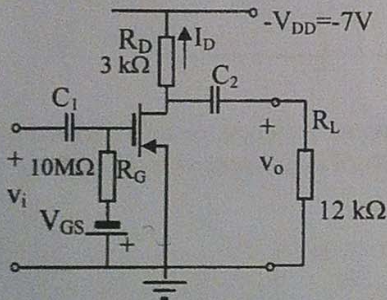
2.



Şekildeki PNP transistor için  $\beta=200$ ,  $I_S=10^{-15}A$  olarak verilmektedir.  $V_T=25mV$  alınabilir.

- $I_C=0.5mA$  olması için  $R_2$ 'nin değeri ne olmalıdır?
- $v_i=0$  iken transistorun  $V_{CE}$  gerilimini hesaplayınız.
- Devrenin  $v_o/v_i$  gerilim kazancını hesaplayınız (transistorun çıkış direncinin etkisi ihmal edilecektir).
- Devrenin giriş direncini ( $r_i$ ) hesaplayınız.

3.



$$\mu_p=200cm^2/Vs$$

$$C_{ox}=10^{-7}F/cm^2$$

$$V_{TP}=-0.7V$$

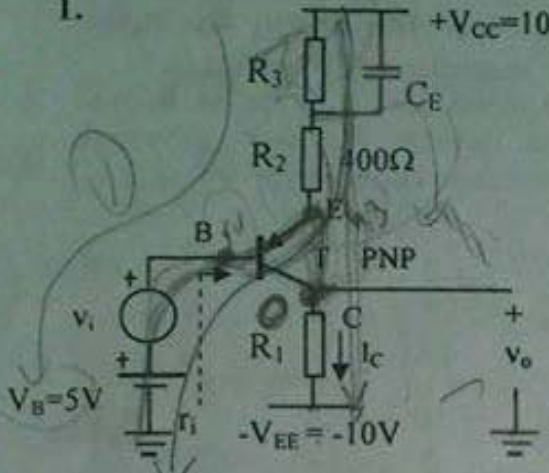
$$\lambda \approx 0$$

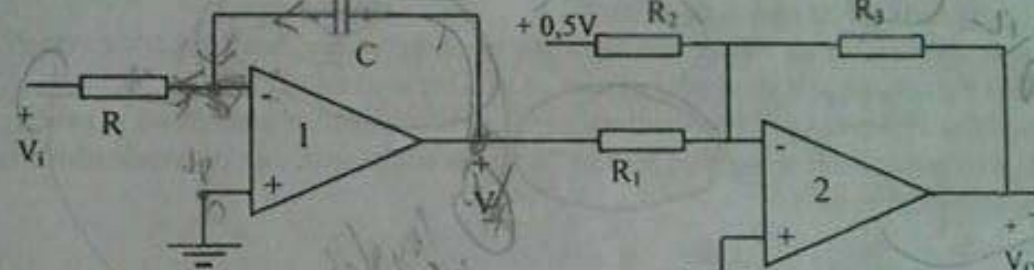
- Yukarıdaki devrede PMOS'un  $(W/L)=100$  iken hangi  $V_{GS}$  değerinde  $I_D=1mA$  akar?
- Devrenin küçük işaret eşdeğerini çizin.
- Devrenin orta frekanslar bölgesindeki  $v_o/v_i$  gerilim kazancını hesaplayınız.
- MOSFET'i doymasız bölge sınırına getiren  $R_D$  değerini hesaplayınız.

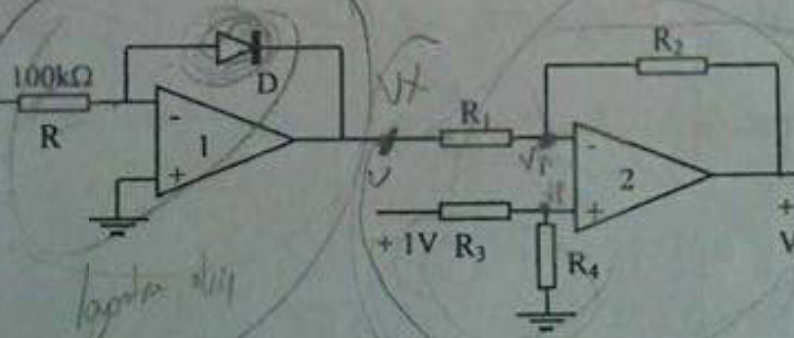
$$I_C \approx I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} \quad I_C = \beta I_B \quad I_D = \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_T)^2 (1 + \lambda V_{DS}) \quad g_m = \sqrt{2 \mu C_{ox} \frac{W}{L} I_D}$$

**NOT: Süre 60 dakikadır.**



1.  $+V_{CC}=10V$  Şekildeki PNP transistor için  $\beta=200$ ,  $I_S=10^{-15}A$  olarak verilmektedir.  $V_T=26mV$  alınabilir. İleri aktif bölgede  $I_C \approx I_{S,e^{V_{BE}/V_T}}$   $I_C = \beta I_B$
- 
- $I_C=0.5mA$  olması için  $R_3$ 'ün değeri ne olmalıdır?
  - $v_i=0$  iken  $V_C=V_O=0$  olması için  $R_1$ 'in değerini hesaplayınız.
  - Bu durumda transistorun  $V_{CE}$  çalışma noktası gerilimi nedir?
  - Bu devrenin  $v_o/v_i$  gerilim kazancını ve giriş direncini ( $r_i$ ) hesaplayınız (transistorun çıkış direncinin etkisi ihmal edilecektir).
  - Devrenin DC ve AC yük doğrularını aynı  $I_C$ - $V_{CE}$  eksen takımına çizin.

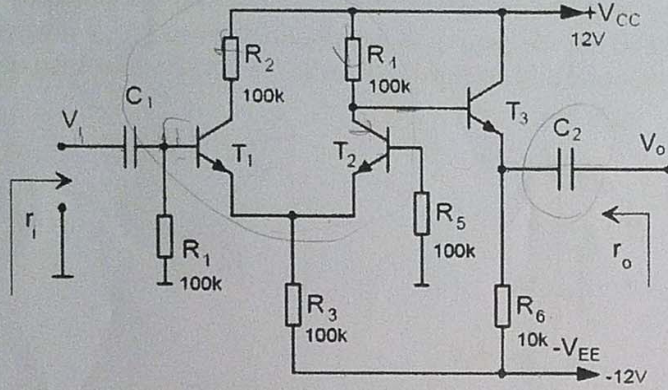
2.  $V_i(t)$   $1V$   $T/2$   $-1V$   $T/2$
- 
- Yukarıdaki devredeki işlemsel kuvvetlendiriciler ideal kabul edilecektir.  $RC=1ms$ ,  $R_3=2R_2=4R_1$  olduğu bilinmektedir.  $V_C(0)=0V$  koşulunu dikkate alarak
- Giriş genliği  $1V$ , periyodu  $T=1ms$  kare dalga uygulandığında  $V(t)$  ve  $V_O(t)$  gerilimlerinin analitik bağıntıları yazınız.
  - $V(t)$  ile  $V_O(t)$ 'yi  $V_i(t)$  ile birlikte alt alta aynı ölçeğe çizin.

3. Yukarıda verilen devrede işlemsel kuvvetlendiriciler idealdir.  $I_0=1pA$  ve  $V_T=25mV$  alınacaktır. Çıkış geriliminin ( $V_O>0$  için)
- $v_o = 1 + 0.1 \ln(10^7 v_i)$  bağıntısını sağlaması için  $R_1$  ve  $R_2$  ile  $R_3$  ve  $R_4$  arasında nasıl bir ilişki olmalıdır?
  - İlk katta gerekli değişiklikleri yaparak devrenin  $v_o = 1 + 10^{-6} e^{40v_i}$  şeklinde üstel işlem yapmasını sağlayınız.
- 



ELEKTRONİK II  
2 Yılı Sınavı

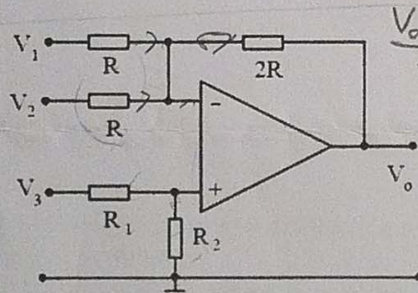
1.



Transistor Parametreleri:  $\beta_F=200$ ,  $V_i=25\text{mV}$ ,  $V_{BE1}=V_{BE2}\approx 0.6\text{V}$ ,  $V_{BE3}\approx 0.7\text{V}$ ,  $1/r_{ce}\approx 0$

- Transistorların çalışma noktası akımlarını hesaplayınız.
- Devrenin  $v_o/v_i$  gerilim kazancını hesaplayınız.
- Devrenin  $r_i$  giriş direnci ve  $r_o$  çıkış direnci hesaplayınız.
- Devrenin ortak işaret gerilim kazancını hesaplayınız.

2. Bu sorudaki işlemsel kuvvetlendiriciler ideal kabul edilecektir.



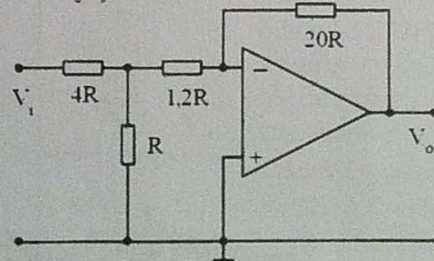
$$\frac{V_o - V_{d1}}{2R} + \frac{V_1 - V_{d1}}{R} + \frac{V_2 - V_{d1}}{R} = 0$$

$$\frac{V_3 - V_{d1}}{R_1} = \frac{V_{d1} - 0}{R_2}$$

$$V_3 R_2 = V_{d1} R_1 + V_{d1} R_2$$

$$\frac{V_3 R_2}{R_1 + R_2} = V_{d1}$$

- $V_o$  gerilimini dirençler ve girişlere uygulanan gerilimler cinsinden ifade ediniz.
- $V_1 = V_2 = V_3$  iken  $V_o = 0$  olması için  $R_2/R_1$  oranı ne olmalıdır?



- Yukarıdaki işlemsel kuvvetlendirici ideal olduğuna göre  $V_o/V_i$  gerilim kazancını hesaplayınız

NOT: Süre 60 dakikadır.