

Ad-Soyad :  
No :

Email :  
İmza :

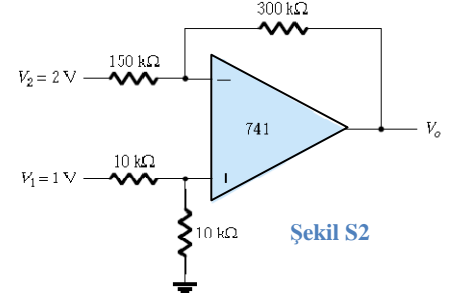
Final sınavı (01.06.2010, süre: 90 dk)

**0112622 – Elektronik Devreler**

S1	S2	S3	S4	S5	S6	Toplam

S1. Aşağıdaki ifadelerin doğru ya da yanlış olduklarını yandaki parantez içinde D ya da Y şeklinde belirtiniz. (15)

- a. Termistor sıcaklığı elektriğe dönüştürür. (D)
- b. FET in giriş direnci BJT ye göre daha düşüktür. (Y)
- c. BJT nin gerilim kazancı FET e göre daha yüksektir. (D)
- d. CMOS lojik kapılar, TTL ye göre daha fazla güç harcarlar. (Y)
- e. Ideal OPAMP ın kazancı sonsuzdur. (D)



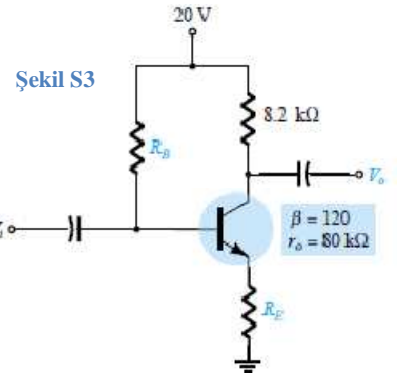
S2. Şekil S2 de verilen devrede  $V_0$  çıkışını hesaplayınız. (15)

$$\frac{V_- - 2}{150} + \frac{V_- - v_0}{300} = 0 \Rightarrow \frac{2V_- - 4}{300} + \frac{V_- - v_0}{300} = 0 \Rightarrow v_0 = 3V_- - 4$$

$$V_+ = \frac{10 \times 1}{10 + 10} = 0.5 \text{ V} \quad V_- = V_+$$

$$v_0 = 3V_- - 4 = 3 \times 0.5 - 4 = -2.5 \text{ V}$$

S3. Şekil S3 de verilen devrede  $A_v = -10$  ve  $r_e = 3.8 \Omega$  olarak verildiğine göre;  $R_E$  ve  $R_B$  dirençlerini bulunuz. ( $Z_b = \beta R_E$  olduğunu varsayın) (20)



$$A_v = -\frac{\beta R_C}{Z_b} = -\frac{\beta R_C}{\beta R_E} = -\frac{R_C}{R_E} = -10 \rightarrow R_E = \frac{R_C}{10} = \frac{8.2 \text{ k}\Omega}{10} = 0.82 \text{ k}\Omega$$

$$I_E = \frac{26 \text{ mV}}{r_e} = \frac{26 \text{ mV}}{3.8 \Omega} = 6.842 \text{ mA}$$

$$V_E = I_E R_E = 6.842 \text{ mA} \times 0.82 \text{ k}\Omega = 5.61 \text{ V}$$

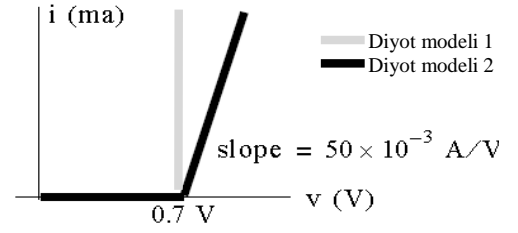
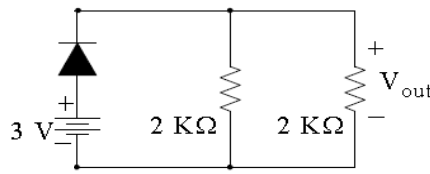
$$V_B = V_E + V_{BE} = 5.61 \text{ V} + 0.7 \text{ V} = 6.31 \text{ V}$$

$$I_B = \frac{I_E}{\beta + 1} = \frac{6.842 \text{ mA}}{121} = 56.55 \mu\text{A}$$

$$R_B = \frac{V_{R_B}}{I_B} = \frac{V_{CC} - V_B}{I_B} = \frac{20 \text{ V} - 6.31 \text{ V}}{56.55 \mu\text{A}} = 242.09 \text{ k}\Omega$$

Hatırlatma:  $A_v = -\beta R_C / Z_b$   $I_E = 26 \text{ mV} / r_e$   $slope = 1 / r_d$   $y_{os} = 1 / r_d$   $A_v = -g_m (r_d \parallel R_D)$   $I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$   $g_m = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right]$

- S4. a. Şekildeki diyot devresinde **diyot modeli 1** kullanıldığında devreden geçen toplam akımı bulunuz. (7)



$$I = \frac{3\text{ V} - 0.7\text{ V}}{2\text{ k}\Omega \parallel 2\text{ k}\Omega} = \frac{2.3\text{ V}}{1\text{ k}\Omega} = 2.3\text{ mA}$$

- b. Aynı diyot devresinde **diyot modeli 2** kullanıldığında  $V_{out}$  gerilimini bulunuz. (8)

$$\text{slope} = \frac{1}{r_D} \Rightarrow r_D = \frac{1}{\text{slope}} = \frac{1}{50 \times 10^{-3}} = \frac{10^3}{50} = \frac{100}{5} = 20\ \Omega$$

$$I = \frac{3\text{ V} - 0.7\text{ V}}{(2 \parallel 2) \times 10^3\ \Omega + 20\ \Omega} = \frac{2.3\text{ V}}{1020\ \Omega} = 0.00225\text{ A} = 2.25\text{ mA}$$

$$V_{out} = I \times (2 \parallel 2) \times 10^3\ \Omega = 2.25 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^3 = 2.25\text{ V}$$

- S5. Şekil S5 de verilen devrede  $I_{DSS} = 6\text{ mA}$ ,  $V_P = -6\text{ V}$ ,  $V_{GSQ} = 0\text{ V}$  ve  $y_{os} = 40\ \mu\text{S}$  olarak verildiğine göre;  $Z_i$ ,  $Z_o$ , ve  $A_v$  değerlerini bulunuz. (20)

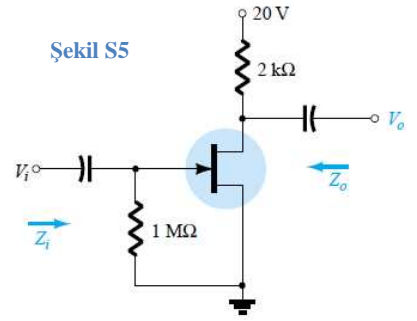
$$g_m = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right) = \frac{2 \times 6\text{ mA}}{|-6\text{ V}|} \left(1 - \frac{0\text{ V}}{-6\text{ V}}\right) = \frac{2 \times 6\text{ mA}}{6\text{ V}} = 2\text{ mS}$$

$$r_d = \frac{1}{y_{os}} = \frac{1}{40\ \mu\text{S}} = \frac{10^6}{40\text{ S}} = \frac{1000 \times 10^3}{40\text{ S}} = 25 \times 10^3\ \Omega = 25\text{ k}\Omega$$

$$Z_i = 1\text{ M}\Omega$$

$$Z_o = r_d \parallel R_D = \frac{r_d \times R_D}{r_d + R_D} = \frac{25\text{ k}\Omega \times 2\text{ k}\Omega}{(25\text{ k}\Omega + 2\text{ k}\Omega)} \cong 1.852\text{ k}\Omega$$

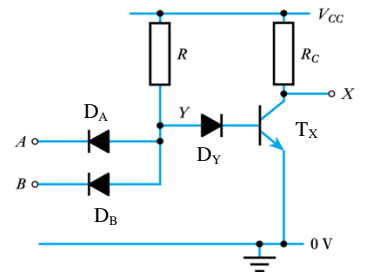
$$A_v = -g_m Z_o = -2\text{ mS} \times 1.852\text{ k}\Omega \cong -3.7$$



S6.

- a. Yandaki devrede diyot ve tranzistörlerin ideal olduğunu varsayarak devrenin nasıl çalıştığını yandaki tabloyu doldurarak açıklayınız. (10)

A	B	DA	DB	DY	TX	X
0	0	on	on	off	off	VCC
0	VCC	on	off	off	off	VCC
VCC	0	off	on	off	off	VCC
VCC	VCC	off	off	on	on	0



**A** ve/veya **B** '0' a bağlandığında **DA** ve/veya **DB** iletimde, **DY** ve **TX** kesimde olur. Bu durumda **X** çıkışı **VCC** olur. **A** ve **B** 'VCC' ye bağlandığında **DA** ve **DB** kesimde, **DY** ve **TX** iletimde olur. Bu durumda **X** çıkışı '0' olur.

- b. Bu devre ne iş yapar? (5)

Bu bir NAND kapısıdır.

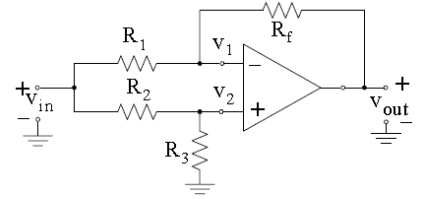
Ad-Soyad :  
No :

Email :  
İmza :

Vize 1 (05.04.2010)  
0112622 – Elektronik Devreler

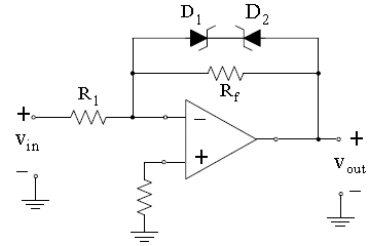
- S1. (a) İdeal bir **işlemsel kuvvetlendiricinin** genel özelliklerini yazınız. (5)  
(b) **Kazanç×Bant genişliği =  $10^6$**  olan gerçek bir **işlemsel kuvvetlendirici** kullanarak gerçekleştirilen bir kuvvetlendirici devresinin kazancı **1000** olursa Bant genişliği kaç **Hertz** olur? (10)

- S2. Yandaki devre verildiğine göre;  
devrenin kazancını ( $A_v$ ),  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  ve  $R_f$  cinsinden bulunuz (20)



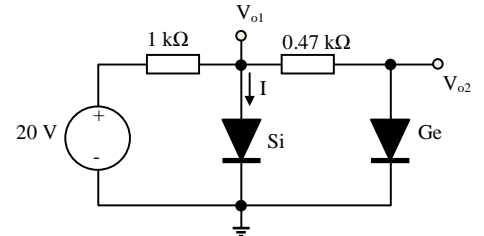
- S3. Yandaki devrede  $V_{z1}=V_{z2}= 6.3 \text{ V}$ ,  $V_F = 0.7 \text{ V}$  (zener diyodun iletimdeki gerilim düşümü),  $R_1= 5 \text{ k}\Omega$  ve  $R_f = 100 \text{ k}\Omega$  olarak verildiğine göre;

- (a) Devrenin kazancını ( $A_v$ ) bulunuz. (5)  
(b) Giriş işareti  $V_{in} = 0.3 \sin 10t$  olduğunda devrenin çıkışını ( $V_{out}$ ) (5)  
(c) Giriş işareti  $V_{in} = 0.6 \cos 100t$  olduğunda devrenin çıkışını ( $V_{out}$ ) (5)  
(d) Giriş işareti  $V_{in} = 3 \sin(1000t + \pi/6)$  olduğunda devrenin çıkışını ( $V_{out}$ ) (5)  
bulunuz.



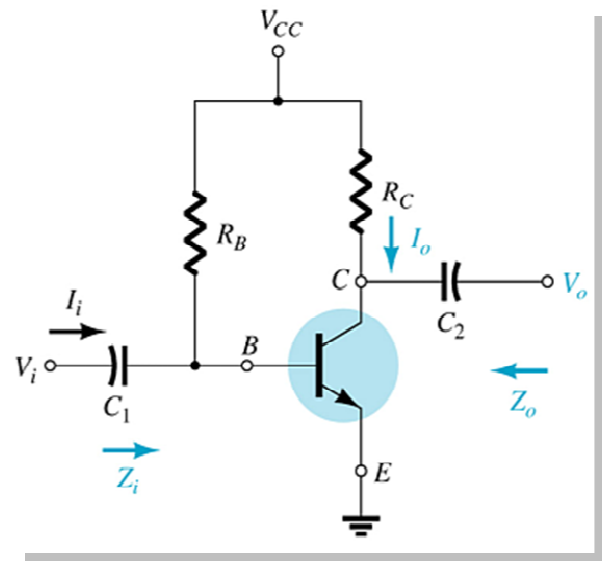
- S4. Yandaki diyot devresinde  $V_{o1}$ ,  $V_{o2}$  ve  $I$  değerlerini bulunuz. (20)

$$V_{F(Si)} = 0.7 \text{ V}$$
$$V_{F(Ge)} = 0.3 \text{ V}$$



- S5. Yandaki tranzistörlü devrede  $R_B= 470 \text{ k}\Omega$ ,  $R_C= 3 \text{ k}\Omega$ ,  $\beta = 100$  ve  $r_o = 50 \text{ k}\Omega$  olarak verildiğine göre;

- (a)  $I_B$ ,  $I_E$  ve  $r_e$  değerlerini bulunuz. (10)  
(b) Giriş direncini ( $Z_i$ ) bulunuz. (5)  
(c) Çıkış direncini ( $Z_o$ ) bulunuz. (5)  
(b) Devrenin kazancını ( $A_v$ ) bulunuz. (5)



## CEVAPLAR

C1. a. İdeal op-amp ın genel özellikleri:

Gerilim kazancı  $A_v = \infty$ ,

Giriş direnci  $R_i = \infty$

Çıkış direnci  $R_o = 0$

b. Kazanç×Bant genişliği =  $10^6$

Kazanç =  $1000 = 10^3$

Bant genişliği = (Kazanç×Bant genişliği) / Kazanç =  $10^6 / 10^3 = 10^3$  Hz = 1000 Hz

C2.

$$\frac{V_1 - v_{in}}{R_1} + \frac{V_1 - v_{out}}{R_f} = 0 \Rightarrow \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_f} \right) V_1 = \frac{v_{in}}{R_1} + \frac{v_{out}}{R_f} \Rightarrow$$

$$\left( \frac{R_1 + R_f}{R_1 R_f} \right) V_1 = \frac{R_f v_{in} + R_1 v_{out}}{R_1 R_f} \Rightarrow V_1 = \frac{R_f v_{in} + R_1 v_{out}}{R_1 + R_f}$$

$$\frac{V_2 - v_{in}}{R_2} + \frac{V_2}{R_3} = 0 \Rightarrow \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) V_2 = \frac{v_{in}}{R_2} \Rightarrow \left( \frac{R_2 + R_3}{R_2 R_3} \right) V_2 = \frac{v_{in}}{R_2} \Rightarrow V_2 = \frac{R_3 v_{in}}{R_2 + R_3}$$

$$V_1 = V_2 \Rightarrow \frac{R_f v_{in} + R_1 v_{out}}{R_1 + R_f} = \frac{R_3 v_{in}}{R_2 + R_3} \Rightarrow R_f v_{in} + R_1 v_{out} = \frac{(R_1 + R_f) R_3 v_{in}}{R_2 + R_3} \Rightarrow \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{R_3 (R_1 + R_f)}{R_1 (R_2 + R_3)} - \frac{R_f}{R_1}$$

$$G_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{R_1 R_3 - R_2 R_f}{R_1 (R_2 + R_3)}$$

C3.

$$a. \frac{0 - v_{in}}{R_1} + \frac{0 - v_{out}}{R_f} = 0 \Rightarrow \frac{-v_{in}}{R_1} = \frac{v_{out}}{R_f} \Rightarrow G_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{R_f}{R_1} = -\frac{100}{5} = -20$$

Zener diyotlarından dolayı devrenin çıkışı  $\pm(V_{Z1} + V_F) = \pm(6.3 + 0.7) = \pm 7$  V değerleriyle sınırlandırılmıştır. Buna göre;

b. Giriş işareti  $V_{in} = 0.3 \sin 10t$  olduğunda devrenin çıkışı ( $V_{out}$ ):

Tepe değerleri  $\pm 0.3 \times (-20) = \pm 6$  V olan kırılmamış bir sinüsoidal bir işarettir.

c. Giriş işareti  $V_{in} = 0.6 \cos 100t$  olduğunda devrenin çıkışı ( $V_{out}$ ):

Zener diyot olmasaydı tepe değerleri  $\pm 0.6 \times (-20) = \pm 12$  V olan kırılmamış sinüsoidal bir işaret olacaktı. Ancak çıkış işareti zenerlerden dolayı kırılacağı için çıkış işareti, tepe değerleri  $\pm 12$  V olan sinüsoidal işaretin tepe değerlerinin  $\pm 7$  V da kırılmış olduğu bir periyodik işaret olacaktır.

d. Giriş işareti  $V_{in} = 3 \sin(1000t + \pi/6)$  olduğunda devrenin çıkışı ( $V_{out}$ ):

Zener diyot olmasaydı tepe değerleri  $\pm 3 \times (-20) = \pm 60$  V olan kırılmamış sinüsoidal bir işaret olacaktı. Ancak çıkış işareti zenerlerden dolayı kırılacağı için çıkış işareti, tepe değerleri  $\pm 60$  V olan sinüsoidal işaretin tepe değerlerinin  $\pm 7$  V da kırılmış olduğu bir periyodik işaret olacaktır.

C4. Her iki diyot iletim yönünde kutuplanmışlardır. Dolayısı ile ikisi de iletimdedir. Buna göre:

$$V_{o1} = 0.7 \text{ V}, \quad V_{o2} = 0.3 \text{ V}$$

$$I_{1\text{k}\Omega} = \frac{20 - V_{o1}}{1 \text{ k}\Omega} = \frac{20 - 0.7}{1000} = \frac{19.3}{1000} = 0.0193 \text{ A} = 19.3 \text{ mA}$$

$$I_{0.47\text{k}\Omega} = \frac{V_{o1} - V_{o2}}{0.47 \text{ k}\Omega} = \frac{0.7 - 0.3}{470} = \frac{0.4}{470} = 0.000851 \text{ A} = 0.851 \text{ mA}$$

$$I_{\text{Si diode}} = I_{1\text{k}\Omega} - I_{0.47\text{k}\Omega} = 19.3 \text{ mA} - 0.851 \text{ mA} = 18.45 \text{ mA}$$

---

C5.

a.

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{12 - 0.7}{470 \text{ k}\Omega} = \frac{11.3}{470 \times 10^3} = 0.02404 \times 10^{-3} \text{ A} = 24.04 \times 10^{-6} \text{ A} = 24.04 \mu\text{A}$$

$$I_E = (\beta + 1)I_B = (101) \times 24.04 \mu\text{A} = 2.428 \text{ mA}$$

$$r_e = \frac{26 \text{ mV}}{I_E} = \frac{26 \text{ mV}}{2.428 \text{ mA}} = 10.71 \Omega$$

b.

$$\beta r_e = 100 \times 10.71 \Omega = 1071 \Omega = 1.071 \text{ k}\Omega$$

$$Z_i = R_B \parallel \beta r_e = \frac{R_B \times \beta r_e}{R_B + \beta r_e} = \frac{470 \times 1.071}{470 + 1.071} = 1.069 \text{ k}\Omega$$

c.

$$Z_o = R_C \parallel r_o = \frac{R_C \times r_o}{R_C + r_o} = \frac{3 \times 50}{3 + 50} = 2.83 \text{ k}\Omega$$

$$d. \quad A_v = -\frac{R_C \parallel r_o}{r_e} = -\frac{2.83 \text{ k}\Omega}{10.71 \Omega} = -\frac{2.83 \times 10^3 \Omega}{10.71 \Omega} = -\frac{2830}{10.71} = -264.24$$

Ad-Soyad :  
No :

Email :  
İmza :

Vize 2 (17.05.2010) Süre: 45 dk

**0112622 – Elektronik Devreler**

S1	S2	S3	S4	Toplam

S1.

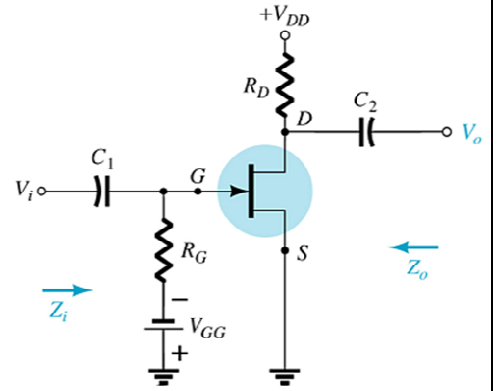
Aşağıdaki ifadelerin doğru ya da yanlış olduklarını yandaki parantez içinde D ya da Y şeklinde belirtiniz. (25)

- a. FET akım kontrollü aktif bir devre elemanıdır. ( )
- b. FET in giriş direnci BJT ye göre daha yüksektir. ( )
- c. FET in gerilim kazancı BJT ye göre daha yüksektir. ( )
- d. JFET gerilim kontrollü bir direnç olarak kullanılabilir. ( )
- e. CMOS lojik kapılar, TTL ye göre daha düşük güç harcarlar ( )

S2.

Yandaki devrede Q çalışma noktası için  $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$ ,  $V_P = -8 \text{ V}$ ,  $V_{DD} = 16 \text{ V}$ ,  $V_{GG} = 2 \text{ V}$  ve  $y_{os} = 40 \mu\text{S}$  olarak verilmiştir. Devrenin gerilim kazancı  $A_v = -3.48$ , giriş direnci  $Z_i = 1 \text{ M}\Omega$ , çıkış direnci  $Z_o = 1.85 \text{ k}\Omega$  olarak verildiğine göre aşağıdaki değerleri bulunuz;

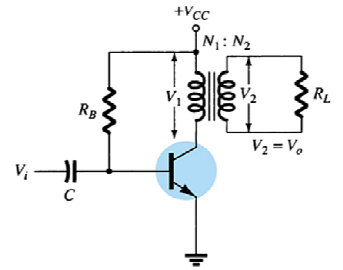
- a.  $V_{GSQ}$  (5)
- b.  $I_{DQ}$  (5)
- c.  $r_d$  (5)
- d.  $g_m$  (5)
- e.  $R_G$  (5)
- f.  $R_D$  (5)
- g.  $V_D$  (5)
- h.  $V_G$  ve  $V_S$  (5)



S3.

a. Kaç tür güç kuvvetlendiricisi vardır? Yazınız. (10)

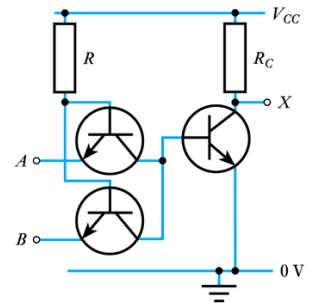
b. Şekildeki A sınıfı kuvvetlendiricisinde transformatörün kullanılmasının nedenlerini açıklayınız. (10)



S4.

a. Yandaki devrede tranzistörlerin ideal olduğunu varsayarak devrenin nasıl çalıştığını yandaki tabloyu doldurarak açıklayınız. (10)

A	B	$T_A$	$T_B$	$T_X$	X
0	$V_{CC}$	on	off	off	$V_{CC}$



b. Bu devre ne iş yapar? (5)

**Başarılar...**

Hatırlatma:

$$A_v = -g_m (r_d \parallel R_D)$$

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$$

$$y_{os} = 1/r_d$$

$$g_m = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right]$$

## CEVAPLAR

C1.

- Aşağıdaki ifadelerin doğru ya da yanlış olduklarını yandaki parantez içinde D ya da Y şeklinde belirtiniz. (25)
- FET akım kontrollü aktif bir devre elemanıdır. (Y)
  - FET in giriş direnci BJT ye göre daha yüksektir. (D)
  - FET in gerilim kazancı BJT ye göre daha yüksektir. (Y)
  - JFET gerilim kontrollü bir direnç olarak kullanılabilir. (D)
  - CMOS lojik kapılar, TTL ye göre daha düşük güç harcarlar (D)

C2.

- $V_{GS_Q} = -V_{GG} = -2 \text{ V}$
- $I_{D_Q} = I_{DSS} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 = 10 \text{ mA} \left( 1 - \frac{-2 \text{ V}}{-8 \text{ V}} \right)^2 = 10 \text{ mA} (1 - 0.25)^2 = 10 \text{ mA} (0.75)^2 = 5.625 \text{ mA}$
- $r_d = \frac{1}{y_{os}} = \frac{1}{40 \mu\text{S}} = \frac{10^6}{40 \text{ S}} = \frac{1000 \times 10^3}{40 \text{ S}} = 25 \times 10^3 \Omega = 25 \text{ k}\Omega$
- $g_m = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right) = \frac{2 \times 10 \text{ mA}}{|-8|} \left( 1 - \frac{-2 \text{ V}}{-8 \text{ V}} \right) = 2.5 \times 0.75 = 1.875 \text{ mS}$  ya da  
 $g_m = -\frac{A_v}{Z_o} = -\frac{-3.48}{1.85 \times 10^3} = 1.88 \times 10^3 \text{ S} = 1.88 \text{ mS}$
- $R_G = Z_i = 1 \text{ M}\Omega$   
 $Z_o = r_d \parallel R_D \rightarrow Z_o = \frac{r_d \times R_D}{r_d + R_D} \rightarrow Z_o (r_d + R_D) = r_d R_D \rightarrow r_d Z_o = R_D (r_d - Z_o) \rightarrow$
- $R_D = \frac{r_d Z_o}{(r_d - Z_o)} = \frac{25 \text{ k}\Omega \times 1.85 \text{ k}\Omega}{(25 \text{ k}\Omega - 1.85 \text{ k}\Omega)} \cong 2 \text{ k}\Omega$
- $V_D = V_{DD} - I_D \times R_D = 16 \text{ V} - 5.625 \text{ mA} \times 2 \text{ k}\Omega = 16 - 11.25 = 4.75 \text{ V}$
- $V_G = V_{GS} = -2 \text{ V}$   $V_S = 0 \text{ V}$

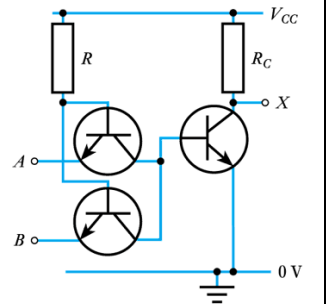
C3.

- A sınıfı, B sınıfı, AB sınıfı, C sınıfı ve D sınıfı güç kuvvetlendiricileri.
- Transformatör, yük ile tranzistor devresinin çıkışı arasında empedans uyumu ile birlikte devre ile yük arasında elektriksel izolasyonu sağlar.

C4.

- A** ve/veya **B** '0' a bağlandığında **T<sub>A</sub>** ve/veya **T<sub>B</sub>** iletimde, **T<sub>X</sub>** kesimde olur. Bu durumda **X** çıkışı **V<sub>CC</sub>** olur.  
**A** ve **B** 'V<sub>CC</sub>' ye bağlandığında **T<sub>A</sub>** ve **T<sub>B</sub>** kesimde, **T<sub>X</sub>** iletimde olur. Bu durumda **X** çıkışı '0' olur.

A	B	T <sub>A</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>X</sub>	X
0	0	on	on	off	V <sub>CC</sub>
0	V <sub>CC</sub>	on	off	off	V <sub>CC</sub>
V <sub>CC</sub>	0	off	on	off	V <sub>CC</sub>
V <sub>CC</sub>	V <sub>CC</sub>	off	off	on	0



- Bu bir NAND kapısıdır.

Ad-Soyad :  
No :

Email :  
İmza :

**0112622 – Elektronik Devreler - Final (06.06.2011) – Süre 75 dk**

S1 (15)	S2 (15)	S3 (35)	S4 (15)	S5 (15)	S6 (15)	Toplam

S1. Aşağıdaki ifadelerde eksik olan kısımları doldurunuz.

(3+3+3+3+3=15)

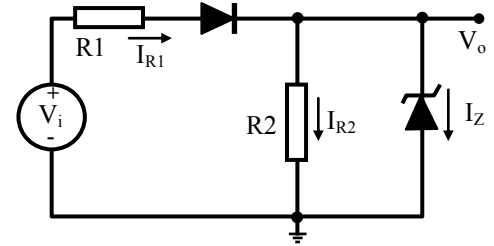
- İdeal bir işlemsel kuvvetlendiricide **giriş direnci / kazanç** sonsuzdur.
- Fiziksel bir enerjiyi elektriksel enerjiye dönüştüren devre elemanına **sensor** denir.
- Tranzistörlü devrelerin alternatif akım (AC) analizinde **kapasiteler / DC gerilim kaynakları** kısa devre varsayılırlar.
- Bir diyot test edilirken hem ileri yönde hem de geri yönde kutuplandığında **0 V** gösteriyorsa **bozuktur**.
- Ortak emitörlü devrede tranzistor doyma bölgesinde çalışıyorsa kollektor ve emitör arasındaki gerilim **sıfırdır**.

S2.

Yandaki devrede  $V_i = 20 \text{ V}$ ,  $R_1 = 0.9 \text{ k}\Omega$  ve  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$  olarak verilmiştir. Diyodun iletim yönündeki gerilim düşümü  $V_D = 0.7 \text{ V}$ , direnci  $r_D = 0.1 \text{ k}\Omega$  ve zener diyot gerilimi  $V_Z = 5 \text{ V}$  olduğuna göre;

$V_o$ ,  $I_{R1}$ ,  $I_{R2}$  ve  $I_Z$  değerlerini bulunuz.

(3+4+4+4=15)



$$V_o = V_Z = 5 \text{ V}$$

$$I_{R1} = \frac{20 - V_D - V_o}{R_1 + r_D} = \frac{20 - 0.7 - 5}{0.9 \text{ k}\Omega + 0.1 \text{ k}\Omega} = \frac{20 - 5.7}{1 \text{ k}\Omega} = \frac{14.3}{1000} = 0.0143 \text{ A} = 14.3 \text{ mA}$$

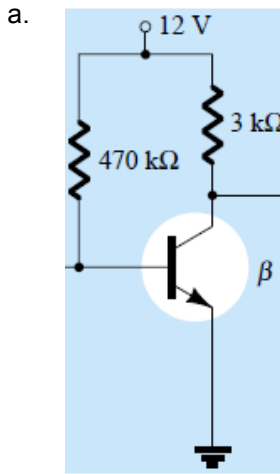
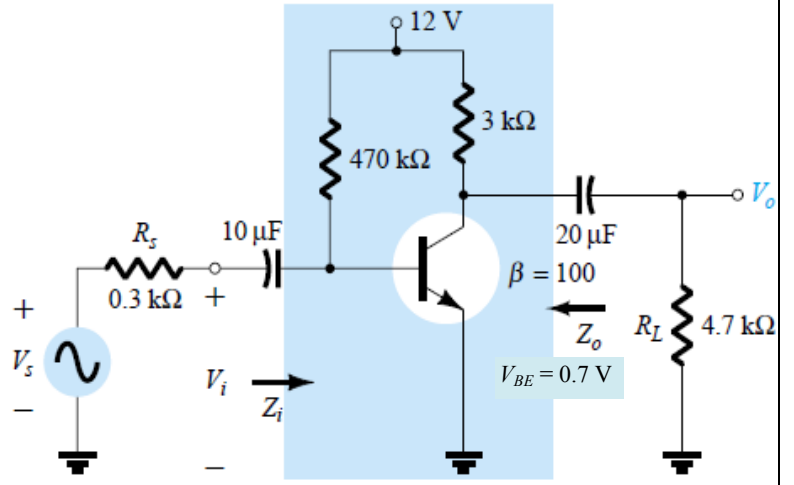
$$I_{R2} = \frac{V_o}{R_2} = \frac{5}{10 \text{ k}\Omega} = \frac{5}{10 \times 10^3} = 0.5 \times 10^{-3} \text{ A} = 0.5 \text{ mA}$$

$$I_Z = I_{R1} - I_{R2} = 14.3 \text{ mA} - 0.5 \text{ mA} = 13.8 \text{ mA}$$



S3. Yandaki tranzistörlü devre verildiğine göre;

- Devrenin DC eşdeğerini çiziniz. (05)
- $I_B$  akımını bulunuz. (05)
- $V_{CE}$  gerilimini bulunuz. (05)
- Devrenin AC eşdeğerini çiziniz. (05)
- $Z_i$  giriş direncini bulunuz. (05)
- Bu devrenin yüksüz gerilim kazancı  $A_{vNL}$  ise; kaynak ve yük direnci göz önüne alındığındaki devrenin gerilim kazancı ( $A_{vs} = V_o/V_s$ ),  $A_{vNL}$  kazancına göre ne olur. Nedenleriyle açıklayınız (10)



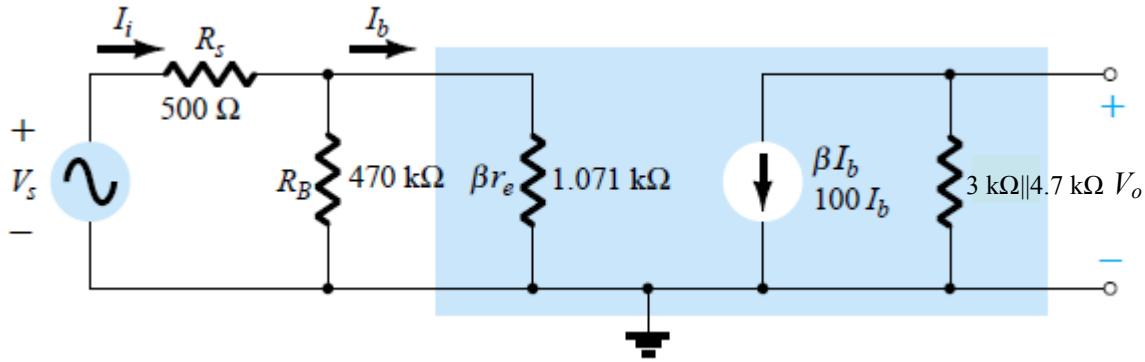
b.

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{12 - 0.7}{470 \text{ k}\Omega} = \frac{11.3 \text{ V}}{470 \text{ k}\Omega} \cong 0.024 \text{ mA} \cong 24 \mu\text{A}$$

c.

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = V_{CC} - \beta I_B R_C = 12 - 100 \times 0.024 \text{ mA} \times 3 \text{ k}\Omega$$

$$V_{CE} = 12 - 2.4 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^3 = 12 - 2.4 \times 3 = 4.8 \text{ V}$$



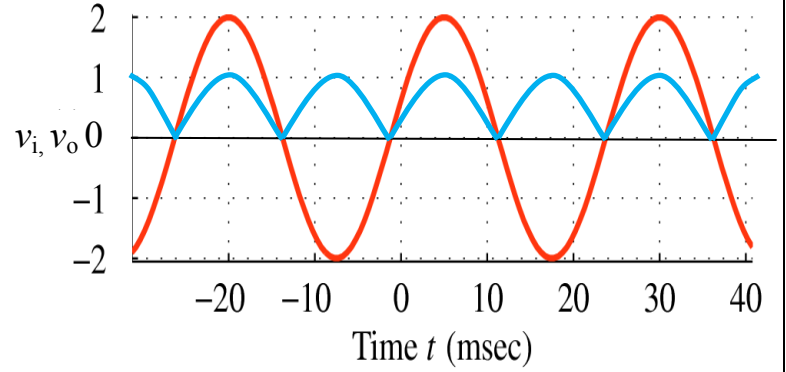
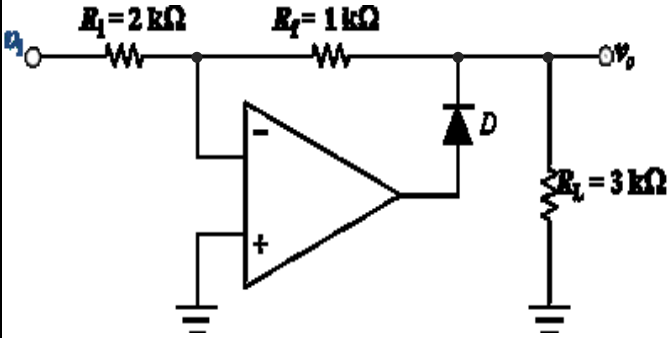
e.

$$\beta r_e = 100 \times \frac{26 \text{ mV}}{I_E} = 100 \times \frac{26 \text{ mV}}{(\beta + 1)I_B} = \frac{2600 \text{ mV}}{101 \times 0.024 \text{ mA}} = \frac{2600 \text{ mV}}{2.424 \text{ mA}} = 1072.6 \Omega \cong 1.072 \text{ k}\Omega$$

$$Z_i = R_B \parallel \beta r_e = \frac{470 \times 1.072}{470 + 1.072} = \frac{66.21}{471.072} = 1.0695 \text{ k}\Omega \cong 1070 \Omega$$

- f. Kaynak ve yük direnci göz önüne alındığında devrenin gerilim kazancı  $A_{vs} = \frac{Z_i}{R_s + Z_i} \times \frac{R_L}{R_L + Z_o} \times A_{vNL}$  olur. Buna göre devrenin gerilim kazancı  $A_{vs}$  yüksüz durumdaki gerilim kazancı  $A_{vNL}$  den daha düşük olacaktır.

S4. Aşağıdaki devrede opamp ve diyot idealdir. Aşağıda verilen ( $v_i$ ) işareti devreye uygulandığında devrenin çıkışında elde edilecek olan ( $v_o$ ) işaretini çiziniz (çıkış dalga şeklini aynı grafik üzerine çizebilirsiniz). (15)



$v_i < 0$  olduğunda diyot iletimdedir ve devre kazancı  $-0.5$  ( $K = v_o/v_i = -(R_f/R_i)$ ) olan eviren bir kuvvetlendirici olarak çalışır.

$v_i > 0$  olduğunda diyot kesimdedir ve opamp devre dışıdır. Devre kazancı  $+0.5$  ( $K = v_o/v_i = R_L/(R_f + R_i)$ ) olan pasif bir gerilim bölücü olarak çalışır.

S5. Bir biyolojik ölçme sistemindeki sensörün çıkışında elde edilen elektriksel işaretin maksimum tepe değeri **10 mV** ve bant-genişliği **1 kHz** dir. Bu işaretin işlenebilmesi için kuvvetlendirilmesi gerekmektedir. **Kazanç×Bant Genişliği =  $10^6$**  olan gerçek bir opamp kullanıldığına göre; belirlenen çalışma frekans aralığı içinde çıkış tepe değeri maksimum **1 V** olacak şekilde (evirmeyen) kazanç sağlayan kuvvetlendirici devresini tasarlayınız. (15)

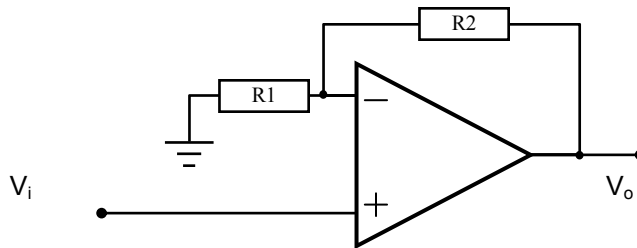
Tasarlanması istenen kuvvetlendiricinin Kazancı ( $K_{amp}$ ) =  $1 \text{ V} / 10 \text{ mV} = 1 / (10 \times 10^{-3}) = 10^2$ , Bant Genişliği (BG)  $10^3 \text{ Hz}$  olarak verilmiş.

Bu kuvvetlendirici için  $K_{amp} \times BG = 10^2 \times 10^3 = 10^5$ , kullanılacak olan opamp ın  $K_{op} \times BG$  değerinden ( $10^6$ ) daha azdır.

Bir opamp la tasarlanacak 1 kHz bant genişliğine sahip kuvvetlendiriciden elde edilebilecek en yüksek kazanç;

$$K_{1op} \times BG = 10^6 \rightarrow K_{1op} \times 10^3 = 10^6 \rightarrow K_{1op} = 10^6 \times 10^{-3} = 10^3$$

Bu durumda tasarlanması istenen kuvvetlendirici sistem, kazancı 100 olan tek opampli evirmeyen bir kuvvetlendirici kullanılarak aşağıdaki gibi gerçekleştirilebilir.

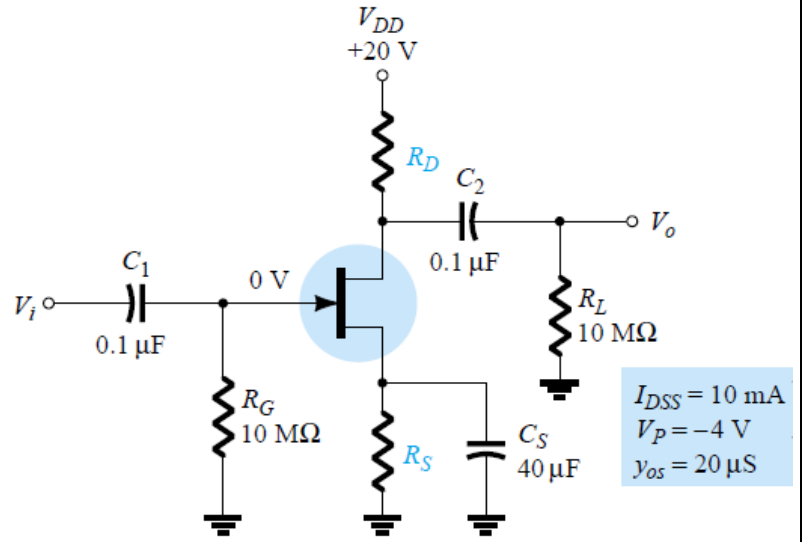


Evirmeyen kuvvetlendirici için;

$$K = 1 + (R_2/R_1) = 100 \rightarrow R_2 = 99 \times R_1 \rightarrow R_1 = 1 \text{ k}\Omega \text{ seçilirse } R_2 = 99 \text{ k}\Omega$$

S6.

Yandaki devrenin gerilim kazancı  $A_v = -8$  ve  $V_{GSQ} = \frac{1}{4}V_P$  olarak verildiğine göre  $R_D$  direnç değerini bulunuz. (15)



$$V_{GSQ} = V_{GS} = \frac{V_P}{4} = \frac{-4}{4} = -1 \text{ V}$$

$$A_v = -g_m (r_d \parallel R_D) = -g_m \frac{r_d \times R_D}{r_d + R_D} \Rightarrow -8 = -g_m \frac{r_d \times R_D}{r_d + R_D} \Rightarrow 8 = g_m \frac{r_d \times R_D}{r_d + R_D} \Rightarrow$$

$$8r_d + 8R_D = g_m \times r_d \times R_D \Rightarrow 8r_d = (g_m \times r_d - 8)R_D \Rightarrow R_D = \frac{8r_d}{g_m \times r_d - 8}$$

$r_d$  ve  $g_m$  yi hesaplayıp yukarıda yerine koyarsak  $R_D$  yi bulmuş oluruz.

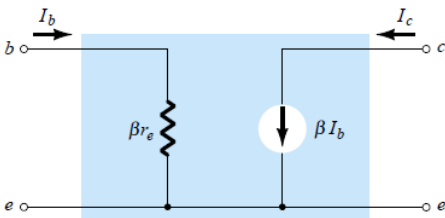
$$y_{os} = \frac{1}{r_d} \Rightarrow r_d = \frac{1}{y_{os}} = \frac{1}{20 \mu S} = \frac{10^6}{20} = \frac{1000000}{20} = 50000 \Omega = 50 \text{ k}\Omega$$

$$g_m = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|} \left[ 1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right] = \frac{2 \times 10 \text{ mA}}{4 \text{ V}} \left[ 1 - \frac{-1}{-4} \right] = 5 \times 0.75 \text{ mS} = 3.75 \text{ mS}$$

$$R_D = \frac{8r_d}{g_m \times r_d - 8} = \frac{8 \times 50 \times 10^3}{3.75 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^3 - 8} = 2228 \Omega \approx 2.2 \text{ k}\Omega$$

Hatırlatma=====

Ortak-Emitörlü Transiztor eşdeğer devresi



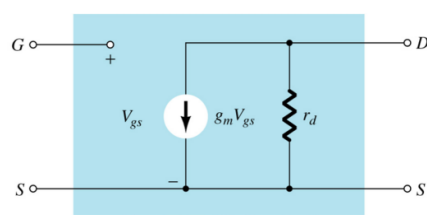
$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$g_e = \frac{I_E}{26 \text{ mV}}$$

$$A_{vs} = \frac{Z_i}{R_s + Z_i} \times \frac{R_L}{R_L + Z_o} \times A_{vNL}$$

FET eşdeğer devresi



$$y_{os} = 1/r_d \quad I_D = I_{DSS} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2$$

$$g_m = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|} \left[ 1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right]$$

$$A_v = -g_m (r_d \parallel R_D)$$

Ad-Soyad :  
No :

Email :  
İmza :

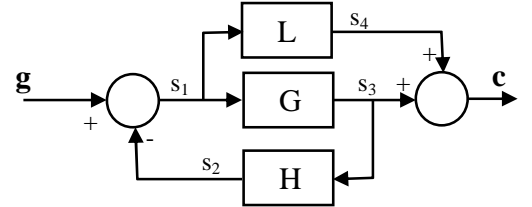
**0112622 – Elektronik Devreler - Vize 1 (04.04.2011) – Süre 75 dk**

S1 (15)	S2 (15)	S3 (20)	S4 (15)	S5 (20)	S6 (15)	Toplam

S1. Aşağıdaki ifadelerin doğru ya da yanlış olduklarını yandaki parantez içinde **D** ya da **Y** şeklinde belirtiniz. (3+3+3+3+3=15)

- a. Transducer bir enerji türünü başka bir enerji türüne dönüştüren devre elemanıdır. (D)
- b. Doğruluk (accuracy) gerçek değerle ölçülen değer arasındaki farktır. (Y)
- c. İdeal op-amp ın giriş direnci sıfırdır. (Y)
- d. Bir diyot test edilirken hem ileri yönde hem de geri yönde kutuplandığında **0 V** gösteriyorsa bozuktur. (D)
- e. Girişine tepe değeri  $V_m$  olan bir işaret uygulanan tam dalga doğrultucusunun ortalama çıkış gerilimi  **$0.636V_m$**  dir. (D)

S2. Yanda verilen sisteme ait transfer fonksiyonunu (**c/g**) bulunuz. (15)



C2.

$$s_3 = s_1 \times G$$

$$c = s_3 + s_4 = s_3 + s_1 \times L = s_1 \times L + s_1 \times G = s_1 \times (L + G)$$

$$s_1 = \frac{c}{L + G}$$

$$s_2 = s_3 \times H$$

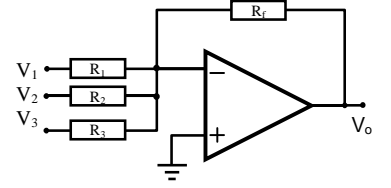
$$s_1 = g - s_2 = g - s_3 \times H = g - s_1 \times G \times H \rightarrow g = s_1 + s_1 \times G \times H = s_1 (1 + G \times H)$$

$$g = \frac{c}{L + G} (1 + G \times H) = c \frac{1 + GH}{L + G} \rightarrow \frac{c}{g} = \frac{L + G}{1 + GH}$$

S3. Yandaki devrede  $R_1= 200 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2= 100 \text{ k}\Omega$ ,  $R_3= 50 \text{ k}\Omega$ , ve  $R_f = 10 \text{ k}\Omega$  olarak verildiğine göre;

(a) Devrenin çıkış ifadesini ( $V_0$ ) bulunuz.

(10)



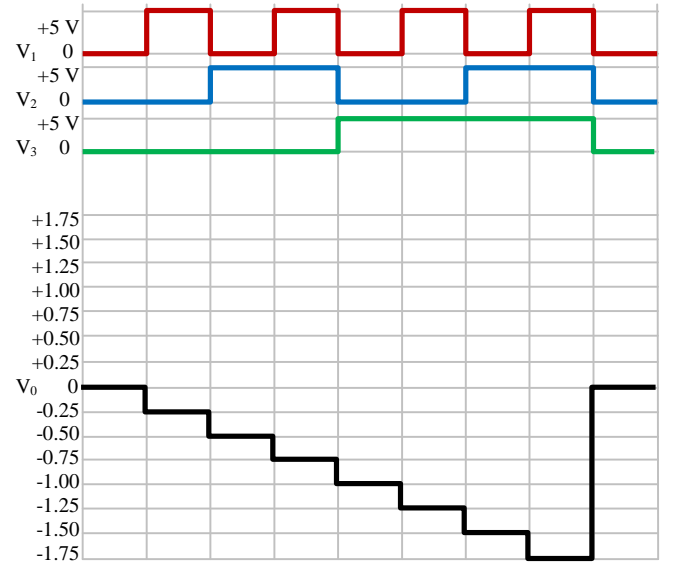
$$\frac{0 - V_1}{R_1} + \frac{0 - V_2}{R_2} + \frac{0 - V_3}{R_3} + \frac{0 - V_0}{R_f} = 0 \Rightarrow$$

$$-\left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3}\right) = \frac{V_0}{R_f} \Rightarrow$$

$$V_0 = -\left(\frac{R_f V_1}{R_1} + \frac{R_f V_2}{R_2} + \frac{R_f V_3}{R_3}\right)$$

$$V_0 = -\left(\frac{10V_1}{200} + \frac{10V_2}{100} + \frac{10V_3}{50}\right)$$

$$V_0 = -(0.05V_1 + 0.1V_2 + 0.2V_3)$$



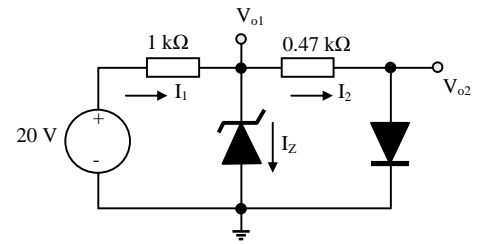
(b) Giriş işaretleri ( $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ ) yandaki gibi verildiğine göre çıkış işaretini ( $V_0$ ) tamamlayınız. (10)

S4. Yandaki diyot devresinde  $V_{o1}$ ,  $V_{o2}$ ,  $I_1$ ,  $I_2$  ve  $I_Z$  değerlerini bulunuz.

(3+3+3+3+3=15)

$$V_F = 0.7 \text{ V}$$

$$V_Z = 5.4 \text{ V}$$



C4.

$$V_{o1} = V_Z = 5.4 \text{ V}, \quad V_{o2} = 0.7 \text{ V}$$

$$I_1 = \frac{20 - V_{o1}}{1 \text{ k}\Omega} = \frac{20 - 5.4}{1000} = \frac{14.6}{1000} = 0.0146 \text{ A} = 14.6 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{V_{o1} - V_{o2}}{0.47 \text{ k}\Omega} = \frac{5.4 - 0.7}{470} = \frac{4.7}{470} = 0.01 \text{ A} = 10 \text{ mA}$$

$$I_Z = I_1 - I_2 = 14.6 \text{ mA} - 10 \text{ mA} = 4.6 \text{ mA}$$

S5. 0-100 kHz frekans aralığında kazancı  $10^3$  olan evirmeyen bir kuvvetlendirici tasarlanacaktır. *Kazanç×Bant Genişliği*  $10^6$  olan bir opamp kullanıldığına göre; belirlenen çalışma frekans aralığı içinde istenen kazancı sağlayan devreyi tasarlayınız (gerekirse birden fazla opamp devresi kullanabilirsiniz). (20)

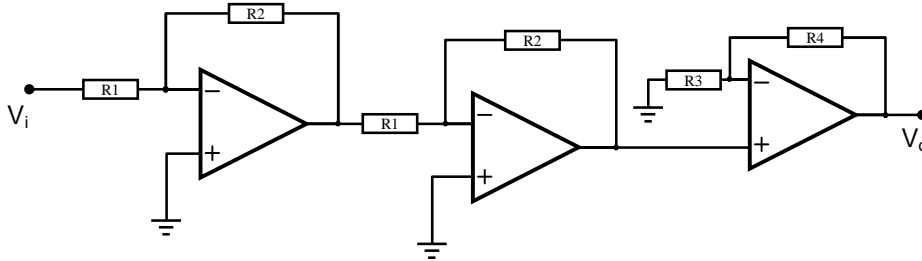
C5. Tasarlanması istenen kuvvetlendiricinin Kazancı ( $K_{amp}$ )  $10^3$ , Bant Genişliği (BG)  $10^5$  olarak verilmiş.

Bu kuvvetlendirici için  $K_{amp} \times BG = 10^3 \times 10^5 = 10^8$ , kullanılacak olan opamp in  $K_{op} \times BG$  değerinden ( $10^6$ ) daha yüksektir.

Buna göre bir opamp la tasarlanacak 100 kHz bant genişliğine sahip kuvvetlendiriciden elde edilebilecek en yüksek kazanç;

$$K_{1op} \times BG = 10^6 \rightarrow K_{1op} \times 10^5 = 10^6 \rightarrow K_{1op} = 10^6 \times 10^{-5} = 10$$

Tasarlanması istenen kuvvetlendirici system, kazancı 10 olan tek opamp ı üç farklı kuvvetlendiricinin arka arkaya bağlanmasıyla elde edilebilir. Buna göre kuvvetlendirici sistemi, herbirinin kazancı 10 olan iki eviren ve bir evirmeyen kuvvetlendirici kullanılarak aşağıdaki gibi gerçekleştirilebilir.



$$\begin{array}{lclclclclcl} \text{Kazanç} & = & K_1 & \times & K_2 & \times & K_3 & = & K_{amp} \\ \text{Kazanç} & = & (-10) & \times & (-10) & \times & (10) & = & 1000 = 10^3 \end{array}$$

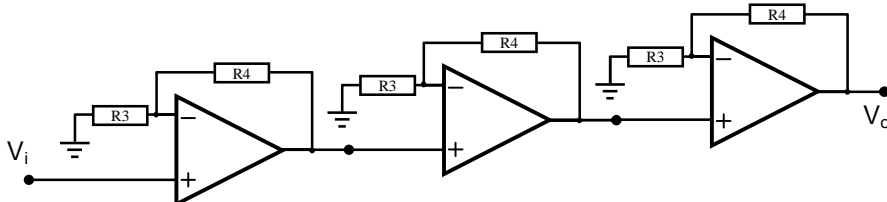
Eviren kuvvetlendirici için;

$$K_1 = K_2 = -(R_2/R_1) = -10 \rightarrow R_2 = 10 \times R_1 \rightarrow R_1 = 1 \text{ k}\Omega \text{ seçilirse } R_2 = 10 \text{ k}\Omega$$

Evirmeyen kuvvetlendirici için;

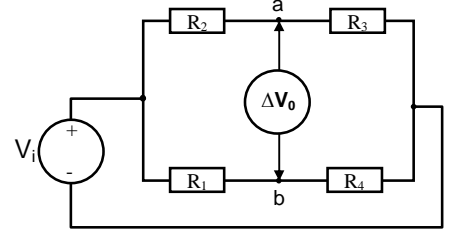
$$K_3 = 1 + (R_4/R_3) = 10 \rightarrow R_4 = 9 \times R_3 \rightarrow R_3 = 1 \text{ k}\Omega \text{ seçilirse } R_4 = 9 \text{ k}\Omega$$

Diğer bir çözüm ise yukarıda tasarımı yapılan kazancı 10 olan evirmeyen kuvvetlendiricinin aşağıdaki gibi 3 defa arka arkaya bağlanması ile elde edilir.



$$\begin{array}{lclclclclcl} \text{Kazanç} & = & K_1 & \times & K_2 & \times & K_3 & = & K_{amp} \\ \text{Kazanç} & = & (10) & \times & (10) & \times & (10) & = & 1000 = 10^3 \end{array}$$

S6. Hassas bir terazide kullanılan yandaki Wheatstone köprü devresinde tartılan cismin ağırlığı **a** ve **b** noktaları arasında ölçülen gerilimle ( $\Delta V_0$ ) orantılıdır. Köprüyü oluşturan bütün dirençlerin ( $R_1, R_2, R_3, R_4$ ) değerleri tartılan cismin oluşturduğu basınçla değişmektedir ve başlangıç değerleri  $R_0$  olarak verilmiştir. Ağırlık ölçülürken  $R_1$  ve  $R_3$   $\Delta R$  kadar artmakta,  $R_2$  ve  $R_4$  ise  $\Delta R$  kadar azalmaktadır. Buna göre ölçü aletinden okunan  $\Delta V_0$  değerinin  $(\Delta R/R_0) \times V_i$  olduğunu gösteriniz. (15)



C6.

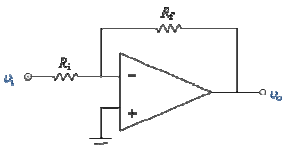
$$R_1 = R_3 = R_0 + \Delta R \quad , \quad R_2 = R_4 = R_0 - \Delta R$$

$$V_a = V_i \left( \frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) \quad V_b = V_i \left( \frac{R_4}{R_1 + R_4} \right) \quad \Delta V_o = V_a - V_b = V_i \left( \frac{R_3}{R_2 + R_3} - \frac{R_4}{R_1 + R_4} \right)$$

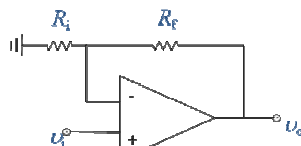
$$\Delta V_o = V_i \left( \frac{R_0 + \Delta R}{R_0 - \Delta R + R_0 + \Delta R} - \frac{R_0 - \Delta R}{R_0 + \Delta R + R_0 - \Delta R} \right) = V_i \left( \frac{R_0 + \Delta R}{R_0 + R_0} - \frac{R_0 - \Delta R}{R_0 + R_0} \right)$$

$$\Delta V_o = V_i \left( \frac{R_0 + \Delta R - R_0 + \Delta R}{2 \times R_0} \right) = V_i \left( \frac{2 \times \Delta R}{2 \times R_0} \right) = V_i \left( \frac{\Delta R}{R_0} \right)$$

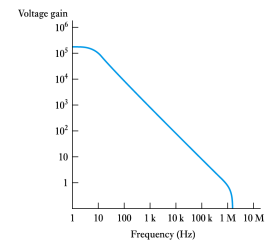
Hatırlatma-----



Eviren (inverting) kuvvetlendirici



Evirmeyen (noninverting) kuvvetlendirici



Opamp Kazanç-Bant Genişliği grafiği