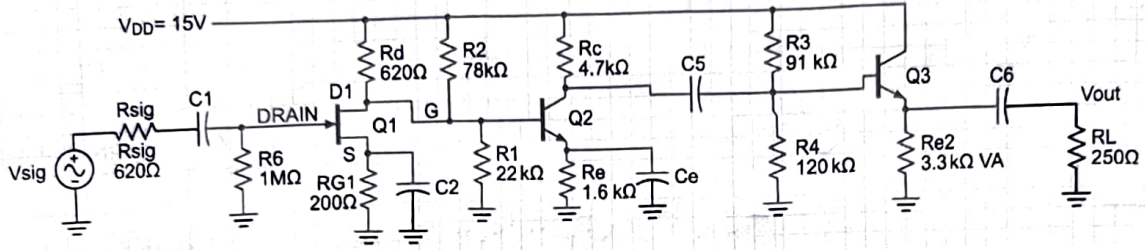




MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ
SINAV SORU KAĞIDI FORMU

Dokuman No	MDBF-FR-007
İlk yayın tarihi	15.04.2024
Rev. No / Tarih	00 / -
Sayfa sayısı	2 / 4

2)



Şekildeki çok katlı (multi-stage) kuvvetlendirici devresi için aşağıdaki adımları takip ederek devrenin toplam AC voltaj kazancını ($A_v = v_{out}/v_{sig}$) hesaplayınız. Oda sıcaklığındaki termal voltajı $V_T = 25mV$ olarak alınız ve tüm kapasitörlerin çalışma frekansında kısa devre (AC için) davrandığını varsayınız.

Transistör Parametreleri:

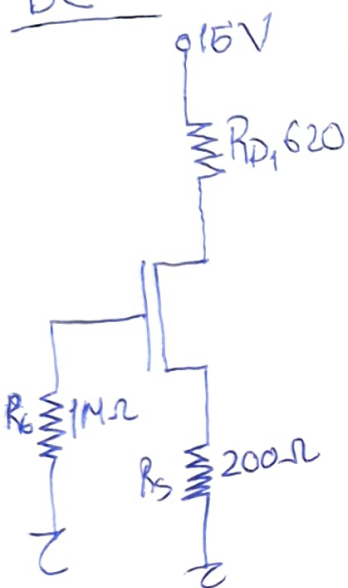
$$Q_1(JFET): k_n = 10 \text{ mA/V}^2, V_{TN} = -2 \text{ V}, \lambda = 0.02 \text{ V}^{-1}$$

$$Q_2(BJT): \beta_F = 150, V_{BE(on)} = 0.6 \text{ V}, V_A = 80 \text{ V}$$

$$Q_3(BJT): \beta_F = 80, V_{BE(on)} = 0.7 \text{ V}, V_A = 60 \text{ V}$$

- Her bir transistör için DC sükunet (bias) noktalarını hesaplayınız. (Mosfet için I_{DS} ve V_{GS} , BJT için I_C ve V_{CE} değerlerini bulunuz.
- DC analiz sonuçlarınızı kullanarak her üç transistör için küçük sinyal parametrelerini (g_m , r_π ve r_o) hesaplayınız.
- Devrenin AC küçük sinyal eşdeğer modelini göz önünde bulundurarak toplam gerilim kazancını ($A_v = v_{out}/v_{sig}$) bulunuz.

a) 2. Semu
M1
DC



$$V_{GS} + I_{DS} \cdot R_S = 0$$

$$V_{GS} = -200 I_{DS}$$

$$I_{DS} = \frac{K}{2} (V_{GS} - V_{th})^2 (1 + \lambda V_{DS})$$

ignore

$$I_{DS} = 5 \text{ mA}$$

$$V_{GS} = -1 \text{ V}$$

$$g_m = \sqrt{2 K_n I_{DS}} \rightarrow 10 \text{ mS}$$

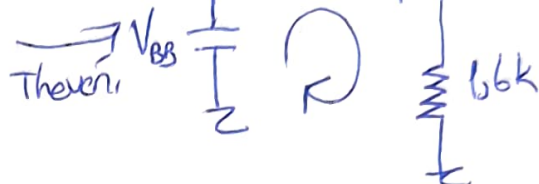
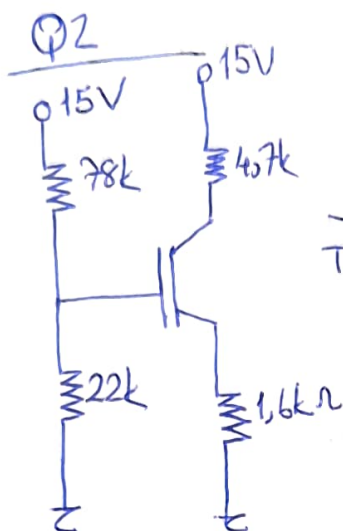
$$r_o = \frac{V_A}{I_{DS}} = 10^4 \Omega$$

$$8.53 = (51.7 \text{ k}) \cdot I_B + 0.7 + (\beta + 1) I_B \cdot 3.3 \text{ k}$$

$$I_B = 24.5 \mu\text{A} \quad I_C = \beta I_B = 1.96 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = 15 - 3.3 \text{ k} \cdot 81 I_B = 8.43 \text{ V}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = 78.4 \text{ mS} \quad r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m} = 1 \text{ k}\Omega$$



$$V_{BB} = \frac{22}{22 + 78} \cdot 15 = 3.03 \text{ V}$$

$$R_{BB} = 22 \text{ k} \parallel 78 \text{ k} = 15.6 \text{ k}\Omega$$

$$V_{BB} - I_B R_{BB} - V_{BE} - (\beta + 1) I_B \cdot R_{E2} = 0$$

$$I_B = 10.4 \mu\text{A}$$

$$I_C = \beta I_B = 1.57 \text{ mA}$$

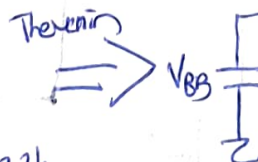
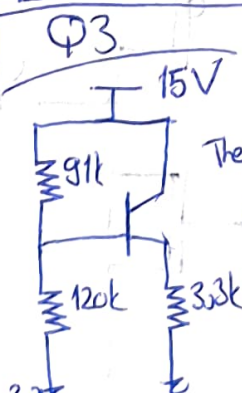
$$V_{CE} = 15 - 4.7 \text{ k} \cdot (1.57) - (1.6 \text{ k}) \cdot (1.58)$$

$$V_{CE} = 5.1 \text{ V}$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{1.57 \text{ mA}}{25 \text{ mV}} = 62.8 \text{ mS}$$

$$r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m} = 2.39 \text{ k}\Omega$$

$$r_o = \frac{V_A}{I_C} = \frac{80}{1.57 \text{ mA}} = 50.9 \text{ k}\Omega$$

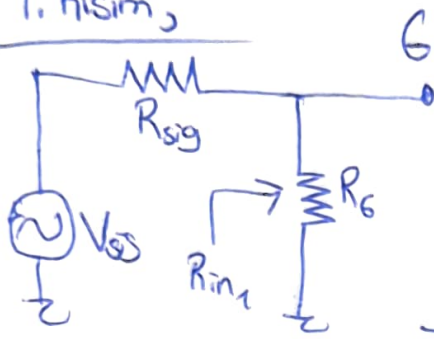


$$V_{BB} = \frac{120 \text{ k}}{120 \text{ k} + 91 \text{ k}} \cdot 15 = 8.53 \text{ V}$$

$$R_{BB} = 120 \text{ k} \parallel 91 \text{ k} = 51.7 \text{ k}\Omega$$

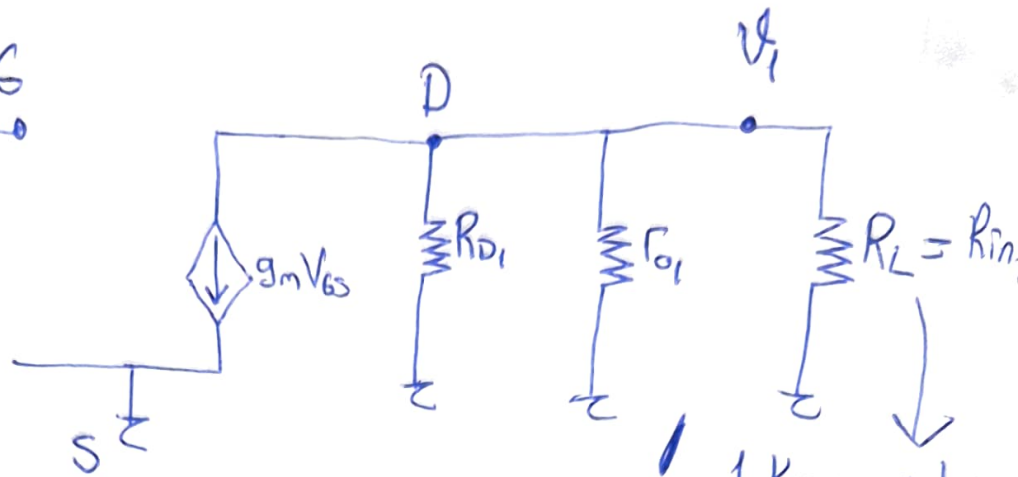
AC Analiz

1. Kısım;



$$A_{v1} = \frac{V_1}{V_{sig}}$$

$$R_{in} = R_6 = 1M\Omega$$



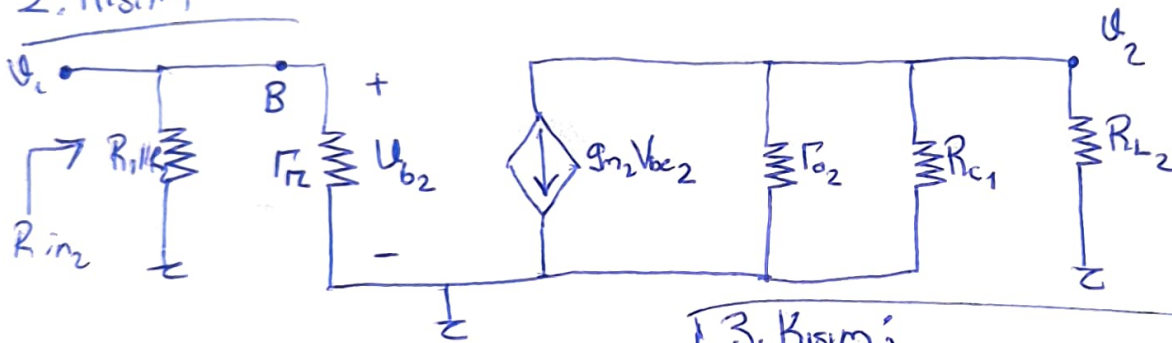
$$V_1 = -g_m V_{gs} (R_{D1} \parallel r_{O1} \parallel R_{in2})$$

$$V_{gs} = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{sig}} \cdot V_s$$

$$A_{v1} = \frac{-R_{in}}{R_{in} + R_{sig}} \cdot g_{m1} (R_{D1} \parallel r_{O1} \parallel R_{in2})$$

! 1. Kısımın çıkış direnci ikinci kısmın giriş direnci olur

2. Kısım



$$A_{v2} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$R_{in2} = R_1 \parallel R_2 \parallel r_{r2}$$

$$A_{v2} = -g_{m2} \cdot V_{b2} (r_{O2} \parallel R_{C1} \parallel R_{L2})$$

$$A_{v2} = -g_{m2} (r_{O2} \parallel R_{C1} \parallel R_{L2})$$

$$A_{v3} = \frac{V_o}{V_2}$$

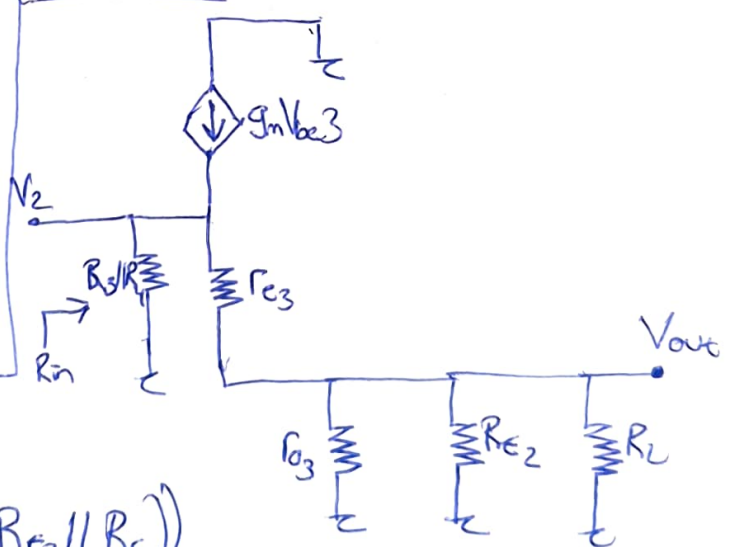
$$R_{in3} = R_3 \parallel R_4 \parallel (\beta + 1) (r_{e3} + (r_{O3} \parallel R_{E3} \parallel R_C))$$

$$A_{v3} = \frac{V_o}{V_2} = \frac{R_L \parallel R_{E3} \parallel r_{O3}}{R_L \parallel R_{E3} \parallel r_{O3} + r_{e3}} \sim 1$$

$$A_{TOTAL} = A_1 \cdot A_2 \cdot A_3$$

$$A_{v} \approx \frac{-R_{in}}{R_{in} + R_{sig}} \cdot g_{m1} (R_{D1} \parallel r_{O1} \parallel R_{in2}) \cdot g_{m2} (r_{O2} \parallel R_{C1} \parallel R_{L2})$$

3. Kısım;



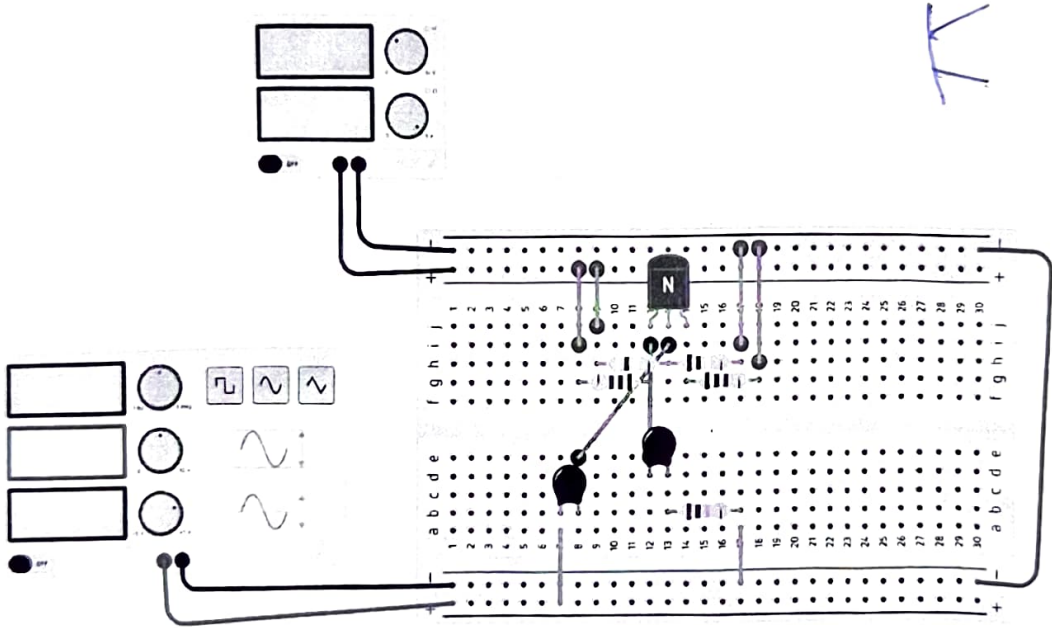


Dokuman No	MDBF-FR-00 /
İlk yayın tarihi	15.04.2024
Rev. No / Tarih	00 / -
Sayfa sayısı	3 / 4

3)

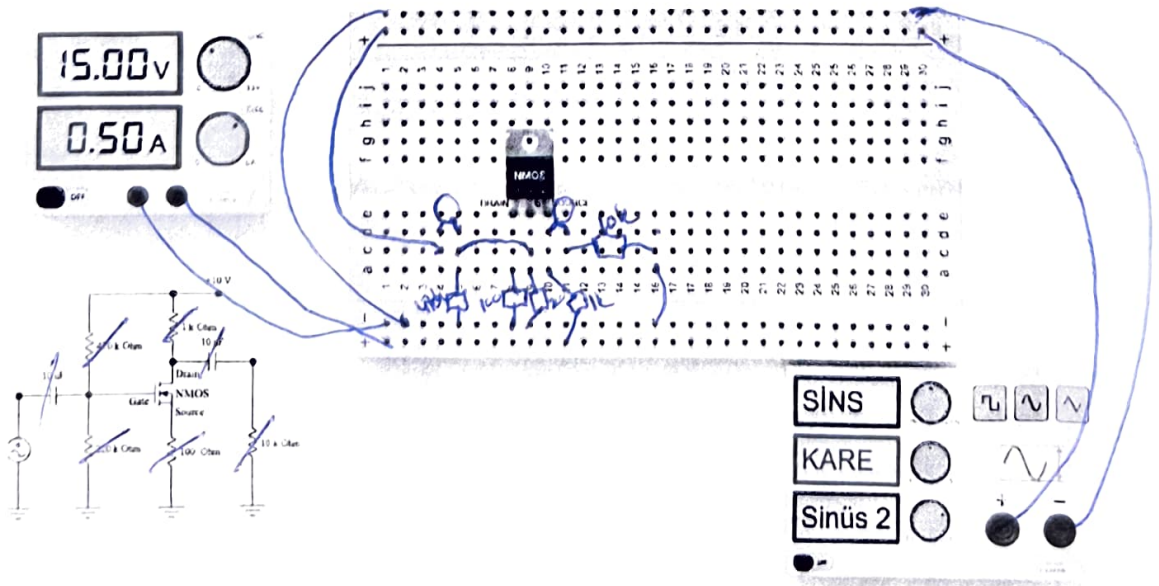
a) Aşağıdaki görselde bir breadboard üzerine kurulmuş elektronik devre gösterilmektedir.

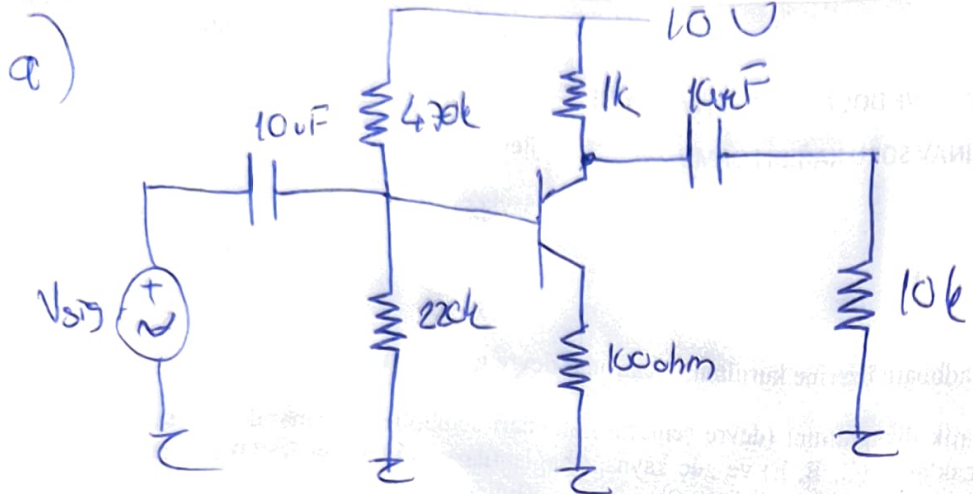
Bu devrenin elektronik şematik diyagramını (devre şemasını) standart semboller kullanarak çiziniz. Çiziminizde transistörün bacaklarını (C, B, E) ve güç kaynağı bağlantılarını (VCC ve GND) açıkça belirtiniz. (Dirençleri R1, R2, RC, RE şeklinde isimlendirmeniz yeterlidir).



b) Şeması verilen devrenin breadboard üzerindeki fiziksel bağlantılarını çizerek gösteriniz.

(Not: Devrede kullanılacak MOSFET 2N7000 tipidir ve bacak sıralaması soldan sağa doğru S - G - D (Source - Gate - Drain) şeklindedir.)







MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ
SINAV SORU KAĞIDI FORMU

Dokuman No	MDBF-FR-007
İlk yayın tarihi	15.04.2024
Rev. No / Tarih	00 / -
Sayfa sayısı	4 / 4

4) Bir hastanenin yoğun bakım ünitesi için yeni bir biyomedikal cihaz tasarlamamız istenmektedir. Sistemin amacı, hastanın kalbinden alınan çok zayıf elektriksel EKG sinyallerini algılayıp, acil bir durumda tüm katın alarm sistemini ve otomatik müdahale ünitelerini devreye sokacak olan yüksek güçlü bir elektromekanik röleyi tetiklemektir.

Tasarım kısıtlarınız şu şekildedir:

- Kalbe bağlı problemlerin iç direnci (R_{sig}) çok yüksektir. Hastanın güvenliği ve sinyalin çökmemesi için bu problemlerden kesinlikle akım çekilmemesi (yükleme etkisi / loading effect olmaması) hayati önem taşır. *1. Kat*
- Rölenin bobin direnci (R_L) çok düşüktür ve mekanik anahtarı çekebilmesi (tetiklenebilmesi) için yüksek bir sürücü akımına ihtiyaç duyar. *3. Kat*
- Sensörden alınan milivolt seviyesindeki zayıf sinyalin, röleye aktarılmadan önce voltaj genliğinin de ciddi oranda büyütülmesi gerekmektedir. *2. Kat*

Elinizde BJT (Bipolar Junction Transistor) ile tasarlanabilecek Ortak Emiter (CE), Ortak Kollektör (CC) ve Ortak Baz (CB) yükselteç topolojileri bulunmaktadır. Topolojilerin bilinen karakteristiklerini (R_{in} , R_{out} , A_v) göz önüne alarak:

- Bu hayati sinyal aktarımını en verimli ve güvenli şekilde gerçekleştirecek 3 katlı (3-stage) kuvvetlendirici devresinin mimarisini, katların sıralamasını belirterek bir blok şema halinde çizersiniz.
- Her bir kat için seçtiğiniz topolojiyi (CE, CC veya CB) ve bu seçimi neden yaptığınızı, yükselteç karakteristiklerini (Giriş/Çıkış direnci, Voltaj kazancı vb.) referans alarak açıklayınız.

	CE	CC	CB
Kazanç	Yüksek	Orta Düşük	Yüksek
Input Direnci	Orta	Yüksek	Düşük
Çıkış Direnci	Orta	Düşük	Yüksek
Akım Kazancı	Orta Orta	Orta	Orta Düşük

CC - CE - CC

