

Bu sınavda çözüm için kullandığınız kağıtların yanında SADECE hesap makinası ve kendi el yazınız ile hazırlanmış A4 boyutlu bir "kopya kağıdı" kullanma hakkınız var. Sınav sonunda kağıtlar toplanırken "kopya kağıdı"nızı lütfen sınav kağıtları ile beraber veriniz. "kopya kağıdı"nızı sınav değerlendirildikten sonra geri alabilirsiniz. Bulduğunuz sonuçların birimlerini yazmayı ve birim uyumuna dikkat etmeyi unutmayınız.

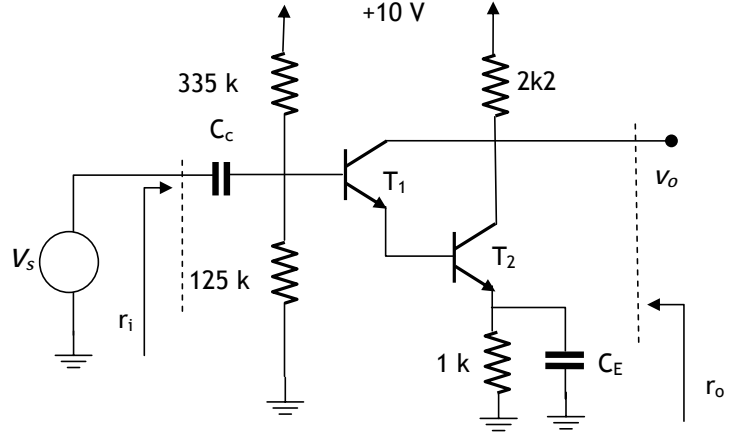
## ELE222 ELEKTRONİĞE GİRİŞ (11248)

2. Yarıyıl Sınavı 16 Aralık 2008 13.30-15.30

İnci ÇİLESİZ / Başak BAŞYURT

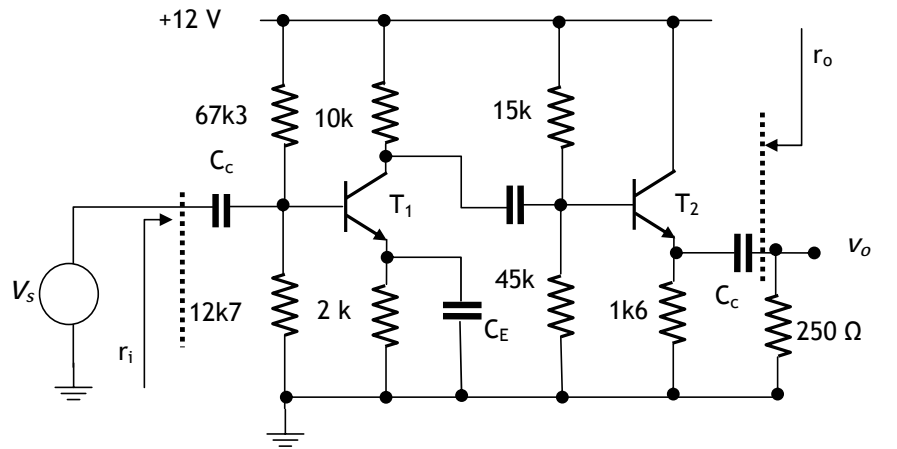
1. Yanda görülen BJT'li yükseltici devresi için, özdeş transistör parametreleri  $V_A = \infty$ ,  $V_T = 25 \text{ mV}$ ,  $V_{BE} = 0,6 \text{ V}$  ve  $h_{fe} = h_{FE} = \beta = 100$ ,  $h_{re} = h_{oe} = 0$  olarak verilmiştir.

- Devrenin kutuplama akımlarını bulunuz. (10)
- Devrenin  $v_o/v_s$  küçük işaret kazancını bulunuz. (10)
- Devrenin giriş ve çıkış dirençlerini bulunuz. (10)



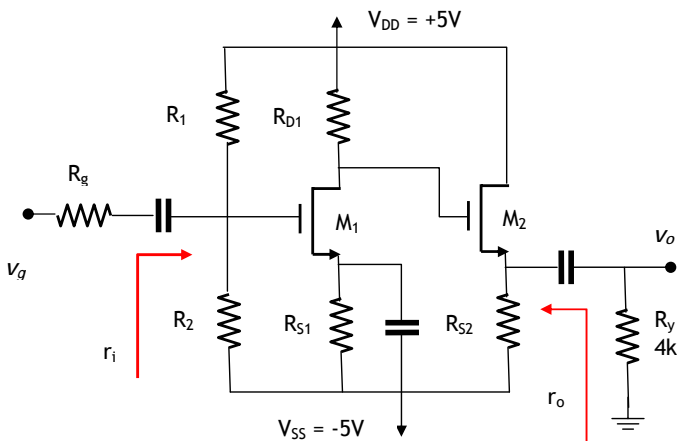
2. Yanda görülen BJT'li yükseltici devresi için, özdeş transistor parametreleri  $V_A = \infty$ ,  $V_T = 25 \text{ mV}$ ,  $V_{BE} = 0,6 \text{ V}$  ve  $h_{fe} = h_{FE} = \beta = 120$  ve  $h_{re} = h_{oe} = 0$  olarak verilmiştir.

- Devrenin kutuplama akımlarını bulunuz. (10)
- Devrenin  $v_o/v_s$  küçük işaret kazancını bulunuz. (20)
- Devrenin giriş ve çıkış dirençlerini bulunuz. (10)



3. Yandaki şekilde verilen MOS'lu devre için  $K_{n1} = 0,5 \mu\text{n}$   $C_{ox} (W/L) = 500 \mu\text{A/V}^2$ ,  $K_{n2} = 0,5 \mu\text{n}$   $C_{ox} (W/L) = 200 \mu\text{A/V}^2$ ,  $V_{t1} = V_{t2} = 1,2 \text{ V}$ ;  $V_{A1} = V_{A2} = \infty$  ve  $R_g = 4\text{k}$  olarak verilmiş olsun.

- $I_{D1} = 0,2 \text{ mA}$ ,  $I_{D2} = 0,5 \text{ mA}$ ,  $r_i = 100\text{k}$  ve  $V_{DS1} = V_{DS2} = 6 \text{ V}$  olacak şekilde devrenin DC analizini yapınız. (15)
- $v_o/v_g$  kazancını ve devrenin çıkış direncini bulunuz. (15)



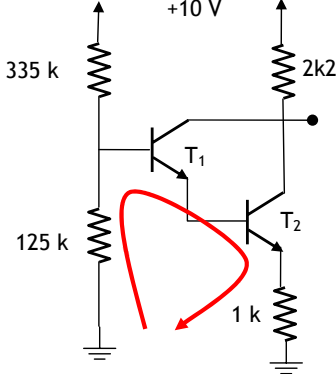
**BAŞARILAR**

## ÇÖZÜMLER

1. Yandaki şekilde görüldüğü gibi

$$R_{BB} = 335k \parallel 125k = \underline{91k} \text{ ve}$$

$$V_{BB} = \frac{125k}{125k + 335k} V_{CC} = \underline{2,72V}$$



olarak bulunduktan sonra  $V_{BB}$ ,  $R_{BB}$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  ve  $1k$ 'lık  $R_E$ 'yi içeren çevrenin denklemi yazılırsa

$$V_{BB} = (335k \parallel 125k)I_{B1} + V_{BE1} + V_{BE2} + 1k(h_{FE} + 1)I_{B2}, \text{ burada}$$

$$I_{B2} = (h_{FE} + 1)I_{B1} \text{ olduğu için}$$

$$I_{B1} = \frac{V_{BB} - V_{BE1} - V_{BE2}}{(335k \parallel 125k) + (h_{FE} + 1)^2 1k} = \frac{2,72V - 0,6V - 0,6V}{91k + 101^2 1k} = 0,147 \mu A$$

dolayısıyla

$$I_{C1} = h_{FE} * I_{B1} = \underline{14,7 \mu A}; I_{C2} = h_{FE} * I_{B2} = h_{FE}(h_{FE} + 1)I_{B1} = \underline{1,49 mA}$$

$$r_{e1} = \frac{V_T}{I_{C1}} = \underline{1k7}; r_{e2} = \frac{V_T}{I_{C2}} = \underline{16,8 \Omega}$$

bulunur.

Devrenin kazanç ifadeleri için önce küçük işaret devresini yandaki gibi çizmek gerekir.

$$v_o = -R_C i_c \text{ ve}$$

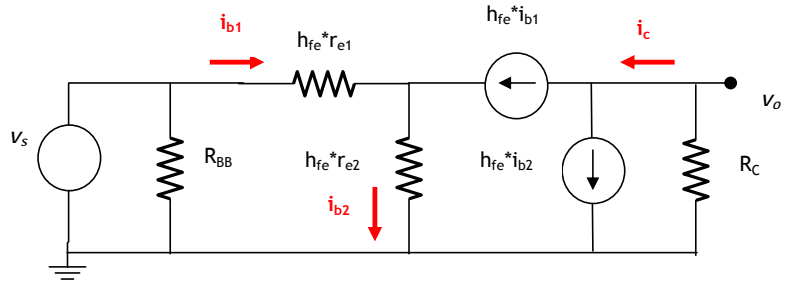
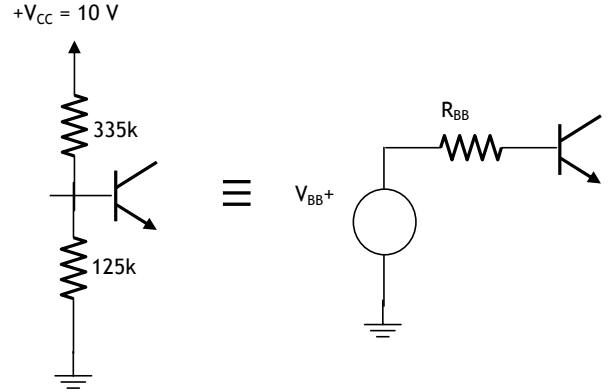
$$i_c = h_{fe} i_{b1} + h_{fe}(h_{fe} + 1)i_{b1} = h_{fe}(h_{fe} + 2)i_{b1}$$

$$\text{ayrıca } v_s = h_{fe} r_{e1} i_{b1} + h_{fe} r_{e2} i_{b2} = h_{fe} r_{e1} i_{b1} + \frac{h_{fe} r_{e1}}{h_{fe} + 1} (h_{fe} + 1) i_{b1} = 2h_{fe} r_{e1} i_{b1} \text{ olduğundan}$$

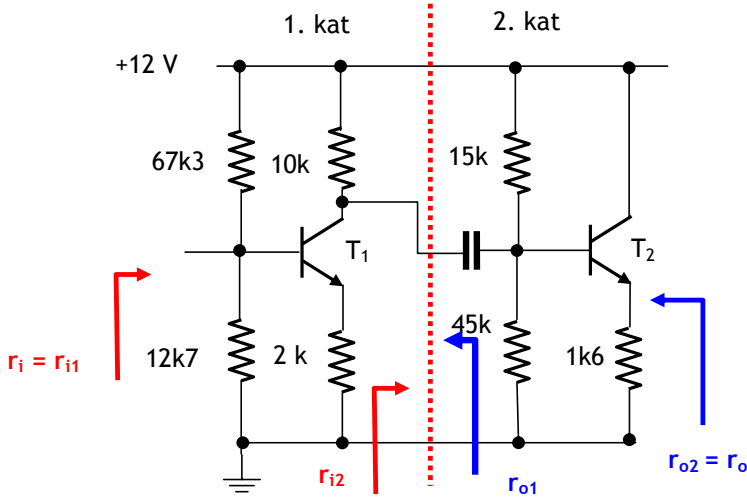
$$\frac{v_o}{v_s} = -\frac{R_C h_{fe}(h_{fe} + 2)}{2h_{fe} r_{e1}} = \underline{-66,2} ; \text{ diğer yandan } r_i = R_{BB} \parallel \frac{v_s}{i_{b1}}, r_i^* = \frac{v_s}{i_{b1}} = 2h_{fe} r_{e1} = \underline{339k} \text{ ve}$$

$$r_i = R_{BB} \parallel \frac{v_s}{i_{b1}} = \underline{71k8} \text{ olarak bulunur.}$$

Devre kolektör çıkışlı olduğu için  $r_o = R_C = \underline{2k2}$  dir.



2. Devremiz DC işaretler bakımından birbirinden bir bağlama kapasitesi ile ayrılmış iki bağımsız kattan oluşmakta. Yukarıdaki problemde olduğu gibi  $V_{BBi}$  ve  $R_{BBi}$  değerlerini bularak DC analiz yapabiliriz:



$$R_{BB1} = 67k \parallel 12k = \underline{10k7} \text{ ve}$$

$$V_{BB1} = \frac{12k}{12k + 67k} V_{CC} = \underline{1,91V}$$

$$R_{BB2} = 15k \parallel 45k = \underline{11k3} \text{ ve}$$

$$V_{BB2} = \frac{45k}{45k + 15k} V_{CC} = \underline{9V}.$$

Yine bir önceki problemde olduğu gibi  $V_{BBi}$ ,  $R_{BBi}$ ,  $V_{BEi}$  ve  $R_{Ei}$  çevrimlerini kullanarak

$$V_{BB1} = R_{BB1} I_{B1} + V_{BE1} + 2k(h_{FE} + 1)I_{B1}$$

$$V_{BB2} = R_{BB2} I_{B2} + V_{BE2} + 1k6(h_{FE} + 1)I_{B2}$$

denklemlerinden

$$I_{C1} = h_{FE} \frac{V_{BB1} - V_{BE1}}{R_{BB1} + (1 + h_{FE1})R_{E1}} = 120 \frac{1,91V - 0,6V}{10k7 + 121 \cdot 2k} = \underline{0,62mA}$$

$$I_{C2} = h_{FE} \frac{V_{BB2} - V_{BE2}}{R_{BB2} + (1 + h_{FE2})R_{E2}} = 120 \frac{9V - 0,6V}{11k3 + 121 \cdot 1k6} = \underline{4,92mA}$$

$$r_{e1} = \frac{V_T}{I_{C1}} = \underline{40,3\Omega}; r_{e2} = \frac{V_T}{I_{C2}} = \underline{5,08\Omega}$$

Devremizin ilk katı kolektör çıkışlı (ortak emetörlü) ikinci katı ise emetör çıkışlı (ortak kollektörlü) olduğu için giriş direnç ifadeleri benzerdir:

$$r_{i1} = R_{BB1} \parallel r_{i1}^*; r_{i1}^* = h_{fe}(r_{e1} + R_{E1}) = 120(40,3\Omega + 0) = 4k84$$

$$r_{i1} = R_{BB1} \parallel r_{i1}^* = \underline{3k33}$$

$$r_{i2} = R_{BB2} \parallel r_{i2}^*; r_{i2}^* = h_{fe}(r_{e2} + R_{E2}) = 120(5,08\Omega + 1k6 \parallel 250\Omega) = 26k6$$

$$r_{i2} = R_{BB2} \parallel r_{i2}^* = \underline{7k9}$$

Devremizin ilk katı kollektör çıkışlı (ortak emetörlü) ikinci katı ise emetör çıkışlı (ortak kollektörlü) olduğu için

$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{v_o}{v_{b2}} \cdot \frac{v_{b2}}{v_s} = \frac{R_{e2}}{R_{e2} + r_{e2}} \cdot \frac{-R_{c1}}{R_{e1} + r_{e1}} = -\frac{1k6 \parallel 250\Omega}{5,08\Omega + 1k6 \parallel 250\Omega} \cdot \frac{10k \parallel r_{i2}}{0 + 40,3\Omega} = 0,977 \cdot (-109) = \underline{-107}$$

$$r_i = r_{i1} = R_{BB1} \parallel r_{i1}^* = \underline{3k33}$$

$$r_o = r_{o2} = R_{E2} \parallel r_{o2}^* = R_{E2} \parallel \left( r_{e2} + \frac{R_{g2}^*}{h_{fe} + 1} \right) = 1k6 \parallel \left( 5,08\Omega + \frac{r_{o1}}{121} \right) = \underline{82,3\Omega}$$

3. Probleme başlarken MOS devrelerde MOS transistörlerin doymada çalışması koşulunu sağlamaları gerektiğini anımsayalım.  $V_{DS2} = V_{DD} - V_{SS} - I_{D2}R_{S2} = 5V - (-5V) - 0,5mA \cdot R_{S2} = 6V$  denkleminde  $R_{S2} = \underline{8k}$  olarak bulunduğundan sonra

$$I_{D2} = \left[ \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \right]_2 (V_{GS2} - V_{t2})^2 \Rightarrow V_{GS2} = \pm \sqrt{\frac{I_{D2}}{\left[ \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \right]_2}} + V_{t2} \text{ den uygun çözüm olarak}$$

$$V_{GS2} = \underline{2,78V} \text{ elde edilir.}$$

$$V_{DS2} = 6V \Rightarrow V_{S2} = V_{DD} - 6V = -1V \Rightarrow V_{G2} = V_{D1} = V_{S2} + V_{GS2} = -1V + 2,78V = \underline{1,78V} \text{ olduğu}$$

$$\text{için } R_{D1} = \frac{V_{DD} - V_{D1}}{I_{D1}} = \frac{5V - 1,78V}{0,2mA} = \underline{16k1}, \text{ ayrıca}$$

$$V_{DS1} = V_{DD} - V_{SS} - I_{D1}(R_{D1} + R_{S1}) = 5V - (-5V) - 0,2mA \cdot (16k1 + R_{S1}) = 6V \text{ denkleminde}$$

$$R_{S1} = \frac{V_{S1} - V_{SS}}{I_{D1}} = \frac{1,78V - 6V - (-5V)}{0,2mA} = \underline{3k9} \text{ bulunur.}$$

$$I_{D1} = \left[ \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \right]_1 (V_{GS1} - V_{t1})^2 = 0,5m(V_{GS1} - 1,2V)^2 = 0,2mA \text{ denkleminde de}$$

$$V_{GS1} = \pm \sqrt{\frac{I_{D1}}{\left[ \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \right]_1}} + V_{t1} \text{ den uygun çözüm olarak } V_{GS1} = \underline{1,83V} \text{ elde edilir. Burada ilginç bir}$$

durumla karşılaşıyoruz: Baz bölücü dirençler öyle alınmalı ki 1. MOS'un geçidinde

$$V_{G1} = V_{GS1} + V_{S1} = 1,83V + (1,78V - 6V) = -2,39V \text{ sağlansın.}$$

Geçitten içeri akım akmayacağına göre hem

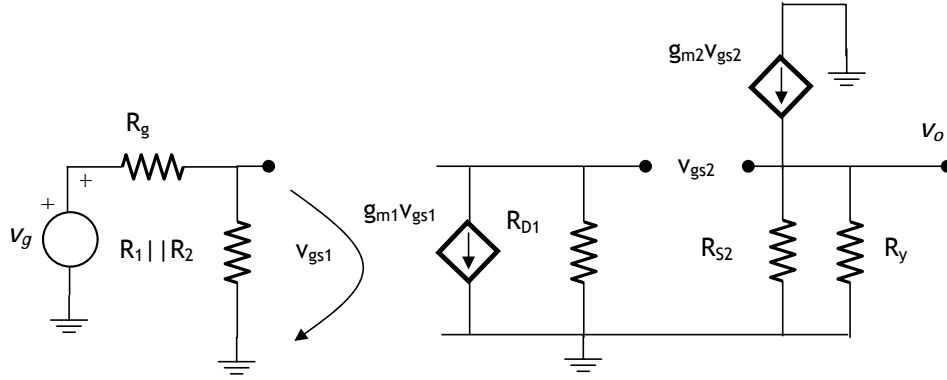
$$V_G = V_{SS} + \frac{R_2}{R_2 + R_1} [V_{DD} - V_{SS}] = -5V + \frac{R_2}{R_2 + R_1} 10 = -2,39V$$

$$\text{olacak hem de } r_i = R_1 \parallel R_2 = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 100k \text{ olacak. Buradan kolaylıkla görürüz ki}$$

$$\frac{r_i}{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{100k}{R_1} = 0,261 \Rightarrow \underline{R_1 = 383k} \text{ ve}$$

$$\frac{1}{r_i} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{100k} = \frac{1}{418k} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \underline{R_2 = 135k}$$

Kazanç hesaplarına gelince



$$g_{m1} = \left[ 2\mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \right]_1 (V_{GS1} - V_{t1}) = 2 * 0,5m * (1,83V - 1,2V) = \underline{\underline{0,63mA/V}}$$

$$g_{m2} = \left[ 2\mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \right]_2 (V_{GS2} - V_{t2}) = 2 * 0,2m * (2,78V - 1,2V) = \underline{\underline{0,63mA/V}}$$

$$v_o = g_{m2} v_{gs2} (R_{S2} \parallel R_y) = g_{m2} (R_{S2} \parallel R_y) v_{gs2}$$

$$v_{gs2} = -g_{m1} v_{gs1} R_{D1} - v_o = -(g_{m1} v_{gs1} R_{D1} + v_o)$$

$$v_{gs1} = \frac{R_1 \parallel R_2}{R_g + R_1 \parallel R_2} v_g = \frac{r_i}{R_g + r_i} v_g$$

$$v_o = -g_{m2} (R_{S2} \parallel R_y) [g_{m1} v_{gs1} R_{D1} + v_o]$$

$$v_o = -g_{m2} (R_{S2} \parallel R_y) \left[ g_{m1} R_{D1} \left\{ \frac{r_i}{R_g + r_i} v_g \right\} + v_o \right]$$

$$\frac{v_o}{v_g} = -\frac{g_{m1} g_{m2} R_{D1} (R_{S2} \parallel R_y)}{1 + g_{m2} (R_{S2} \parallel R_y)} \left( \frac{r_i}{R_g + r_i} \right) = -\frac{0,63 \cdot 0,63 \cdot 16k1(8k \parallel 4k)}{1 + 0,63(8k \parallel 4k)} \left( \frac{100k}{4k + 100k} \right) = \underline{\underline{-6,11}}$$

$r_o = R_{S2} = \underline{\underline{8k}}$  olduğu ise küçük işaret devresinden açıkça görülmektedir.