

ÖNEMLİ: 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 unutmayınız.

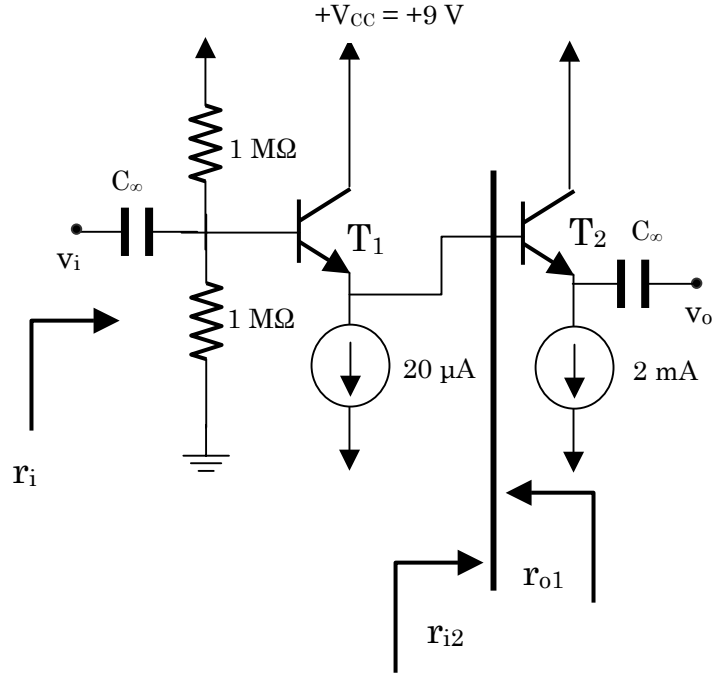
ELE222 ELEKTRONİĞE GİRİŞ (10616)

2. Yarıyıl Sınavı 10 Aralık 2003 11.00-13.00

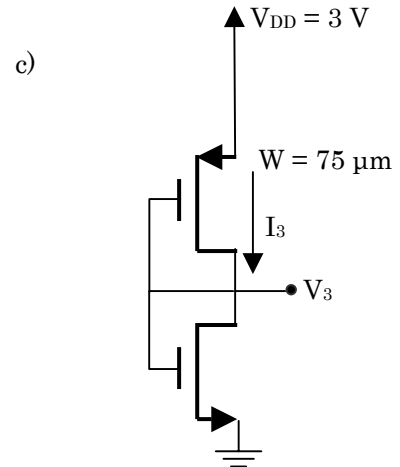
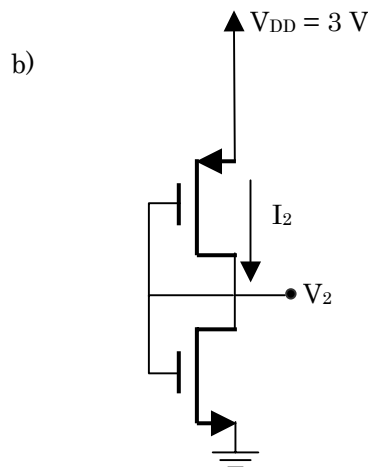
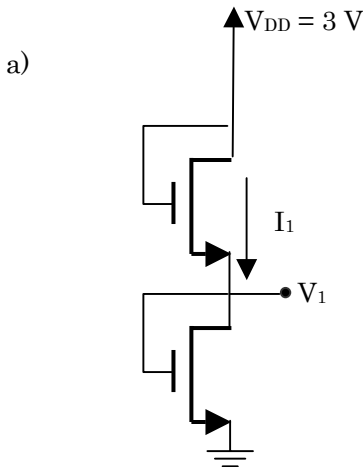
İnci ÇİLESİZ / Tolga KAYA

1. Sağda gördüğünüz iki katlı emetör çıkışlı (gerilim izleyicisi) devrede kullanılan BJT transistörler için $h_{fe1} = h_{FE1} = 20$, $h_{fe2} = h_{FE2} = 200$, $V_{BE} = 0,6$ V, $h_{re} \approx 0$, $h_{oe} \approx 0$ olsun. Her iki transistör de şekilde değerleri verilen ideal doğru akım kaynakları kullanılarak çalışma noktasına getirilmiş (kutuplanmış) olsun.

- a. T_1 ve T_2 için kolektör akımlarını ve baz gerilimlerini bulunuz. (20 puan)
- b. $1k\Omega$ 'luk bir yük direnci çıkışa bağlanırsa ikinci katın gerilim kazancı (v_o/v_{b2}) ve ikinci katın giriş direnci (r_{i2}) ne olur? (10 puan)
- c. Yukarıda (b) bulduğunuz giriş direnci ile birinci katın gerilim kazancını (v_{e1}/v_{b1}) ve giriş direncini (r_i) bulunuz. (10 puan)
- d. Bu devre $R_g = 100k\Omega$ 'luk dirence sahip bir işaret kaynağı ile sürülürse v_{b1}/v_g ne olur? (5 puan)



- e. (d)deki işaret kaynağı ile sürüldüğünde bu devrenin gerilim kazancını (v_o/v_g) bulunuz. (10 puan)
2. Aşağıda görülen MOS transistörler için $\mu_n C_{ox} = 2,5 \mu p C_{ox} = 20 \text{ mA/V}^2$, $|V_t| = 1 \text{ V}$, $\lambda = 0$, $L = 10 \mu m$ ve başka türlü gösterilmediği sürece $W = 30 \mu m$ olsun. Gösterilen düğüm gerilimlerini bulunuz. (3*15 puan)



ÇÖZÜMLER

1. Öncelikle (i) ideal doğru akım kaynaklarının iç dirençlerinin sonsuz olduğunu ve dolayısıyla küçük işaret analizi (AC) için açık devre olacaklarını; (ii) C_{∞} bağlama kondansatörlerinin kutuplama (DC analiz) için açık devre, küçük işaret analizi (AC) için kısa devre olacaklarını anımsayalım.

$$a. \quad I_{E2} = (h_{FE2} + 1)I_{B2} = 2mA \Rightarrow I_{B2} = 10\mu A; I_{C2} = h_{FE2}I_{B2} = \underline{\underline{1,99mA}}; r_{e2} = \frac{V_T}{I_{C2}} = \underline{\underline{12,6\Omega}}$$

$$I_{E1} = 20\mu A + I_{B2} = 30\mu A = (h_{FE1} + 1)I_{B1} \Rightarrow I_{B1} = 1,4\mu A; I_{C1} = h_{FE1}I_{B1} = \underline{\underline{28,6\mu A}}$$

$$r_{e1} = \frac{V_T}{I_{C1}} = \underline{\underline{875\Omega}}$$

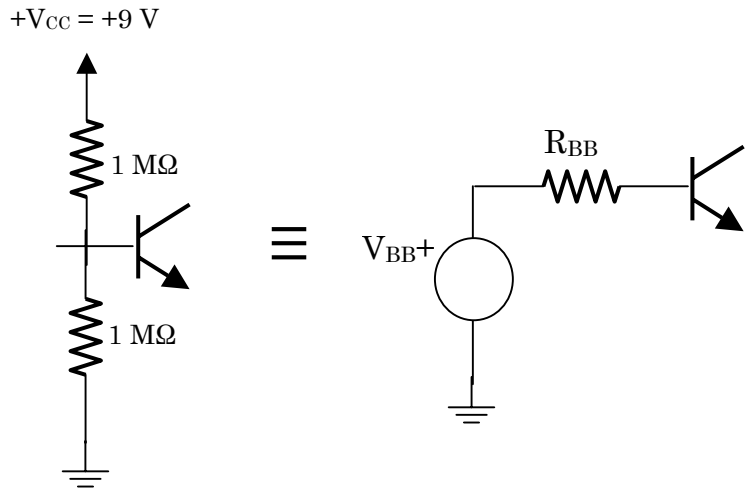
Daha önce derste ve
yanda gördüğümüz
gibi baz bölücü
dirençlerin eşdeğerini
alırsak

$$R_{BB} = 1M\Omega \parallel 1M\Omega = 500k\Omega$$

$$V_{BB} = \frac{R_{B2}V_{CC}}{R_{B1} + R_{B2}} = 4.5V$$

$$V_{B1} = V_{BB} - R_{BB}I_{B1} = \underline{\underline{3,78V}}$$

$$V_{B2} = V_{B1} - 0,6 = \underline{\underline{3,18V}}$$



- b. İdeal akım kaynakları açık devre olacaklarından

$$\frac{v_o}{v_{b2}} = \frac{R_{e2}}{R_{e2} + r_{e2}} = \frac{\infty \parallel R_y}{\infty \parallel R_y + r_{e2}} = \frac{R_y}{R_y + r_{e2}} = \underline{\underline{0,988}}$$

$$r_{i2} = h_{fe2}(r_{e2} + R_{e2}) = h_{fe2}(r_{e2} + R_y) = \underline{\underline{202,5k}}$$

$$c. \quad \frac{v_{e1}}{v_{b1}} = \frac{R_{e1}}{R_{e1} + r_{e1}} = \frac{\infty \parallel r_{i2}}{\infty \parallel r_{i2} + r_{e1}} = \frac{r_{i2}}{r_{i2} + r_{e1}} = \underline{\underline{0,996}}$$

$$r_{i1'} = h_{fe1}(r_{e1} + R_{e1}) = h_{fe1}(r_{e2} + r_{i2}) = 4M\Omega$$

$$r_i = r_{i1'} \parallel R_{BB} = 4M \parallel 1M \parallel 1M = \underline{\underline{444k\Omega}}$$

$$d. \quad \frac{v_i}{v_g} = \frac{R_{BB}}{R_{BB} + R_g} = 0,833$$

$$e. \quad \frac{v_o}{v_g} = \frac{v_o}{v_{b2}} \frac{v_{b2}}{v_{e1}} \frac{v_{e1}}{v_{b1}} \frac{v_{b1}}{v_i} \frac{v_i}{v_g} = \frac{v_o}{v_{b2}} \frac{v_{e1}}{v_{b1}} \frac{v_i}{v_g} = \underline{\underline{0,819}}$$

2. Şekillerde verilen (i) MOS transistörlerin hepsinin savak ve geçitlerinin birbirine bağlı olduğuna dikkat edersek doymada çalışma koşulunun, (ii) NMOSlar için $V_{DS} > 0$ V ve PMOSlar için $V_{DS} < 0$ V sağlanmış olduğunu görüyoruz. O halde $I_D = \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} [V_{GS} - V_{th}]^2$ bağıntısından yararlanacağız.

- a. 2 özdeş NMOS seri bağlandığına göre akımları aynı olduğundan

$$I_{D1} = I_{D2} = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} [V_{GS1} - V_m]^2 = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} [V_{GS2} - V_m]^2, \text{ dolayısıyla}$$

$$V_{GS1} = V_{GS2} = V_1 = \frac{V_{DD}}{2} = \underline{\underline{1,5V}}$$

$$\Rightarrow I_1 = I_{D1} = I_{D2} = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \left[\frac{V_{DD}}{2} - V_m \right]^2 = \underline{\underline{7,5\mu A}}$$

- b. PMOS ve NMOS seri bağlandığına göre

$$I_2 = I_{D1} = I_{D2} = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} [V_{GS2} - V_m]^2 = \frac{2,5}{2} \mu_p C_{ox} \frac{W}{L} [V_{GS2} - 1]^2 = \frac{1}{2} \mu_p C_{ox} \frac{W}{L} [V_{GS1} - V_{tp}]^2$$

$$I_2 = \frac{2,5}{2} \mu_p C_{ox} \frac{W}{L} [V_{GS2} - 1]^2 = \frac{1}{2} \mu_p C_{ox} \frac{W}{L} [V_{GS1} - (-1)]^2$$

$$\Rightarrow 2,5(V_{GS2} - 1)^2 = (V_{GS1} + 1)^2$$

NMOS için $V_{GS2} > 0$ V ve PMOS için $V_{GS1} < 0$ V olduğunu unutmadan yukarıdaki son bağıntıyı yeniden düzenlersek

$$2,5(V_{GS2} - 1)^2 = (V_{GS1} + 1)^2$$

$$\Rightarrow \pm 1,58(V_{GS2} - 1) = \pm (V_{GS1} + 1)$$

ayrıca $-V_{GS1} + V_{GS2} = 3$ V $\Rightarrow V_{GS1} = V_{GS2} - 3$ V olduğu için

$$+1,58(V_{GS2} - 1) = -(V_{GS1} + 1) = -(V_{GS2} - 3 + 1) = -(V_{GS2} - 2)$$

$$\Rightarrow V_{GS2} = V_2 = \underline{\underline{1,39V}}$$

$$\Rightarrow I_2 = I_{D1} = I_{D2} = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} [V_{GS2} - 1]^2 = \underline{\underline{4,5\mu A}}$$

- c. PMOS ve NMOS seri bağlandığına göre

$$I_3 = I_{D1} = I_{D2} = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} [V_{GS2} - V_m]^2 = \frac{2,5}{2} \mu_p C_{ox} \frac{W}{L} [V_{GS2} - 1]^2 = \frac{1}{2} \mu_p C_{ox} \frac{2,5 * W}{L} [V_3 + 1]^2$$

$$\Rightarrow [V_3 - 1]^2 = [V_{GS1} + 1]^2$$

NMOS için $V_{GS2} > 0$ V ve PMOS için $V_{GS1} < 0$ V olduğundan

$$-V_{GS1} = V_{DD} - V_{GS2} = 3 - V_{GS2} > 0 \Rightarrow V_{GS2} < 3$$

dolayısıyla

$$\pm \sqrt{[V_3 - 1]^2} = \mp \pm \sqrt{[V_{GS1} + 1]^2} \Rightarrow V_3 - 1 = -V_{GS1} - 1 \Rightarrow V_3 = -V_{GS1}$$

$$\Leftrightarrow V_{DD} = 2V_3 \Rightarrow V_3 = \underline{\underline{1,5V}}$$

ve (a) dakine benzer biçimde

$$-V_{GS1} = V_{GS2} = V_3 = \underline{\underline{1,5V}} \Rightarrow I_3 = I_{D1} = I_{D2} = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \left[\frac{V_{DD}}{2} - V_m \right]^2 = \underline{\underline{7,5\mu A}}$$