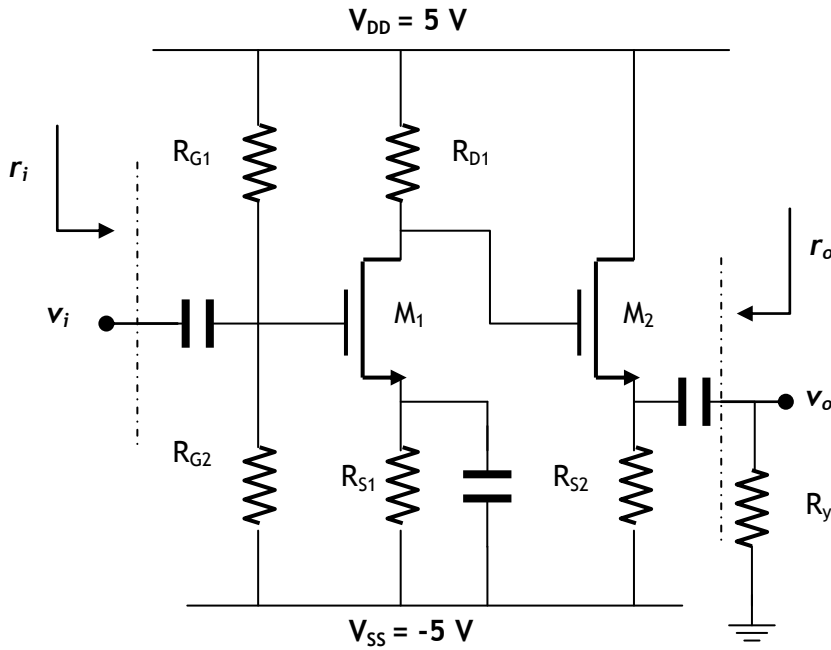


Bu sınavda çözüm için kullandığınız kağıtların yanında SADECE hesap makinası ve kendi el yazınız ile hazırlanmış A4 boyutlu bir "kopya kağıdı" kullanma hakkınız var. Sınav sonunda kağıtlar toplanırken "kopya kağıdı"nızı lütfen sınav kağıtları ile beraber veriniz. "kopya kağıdı"nızı sınav değerlendirildikten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

ELE222 ELEKTRONİĞE GİRİŞ (11025)

2. Yarıyıl Sınavı 14 Aralık 2010 15.30-17.30

İnci ÇİLESİZ / Sinem KELEŞ



1. Aşağıda görülen kaskat NMOS'lu kuvvetlendirici devresinin

parametreleri $\lambda_1 = \lambda_2 = 0$,

$V_{t1} = V_{t2} = 1,2V$,

$K_1 = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} = 0,5mA/V^2$,

$K_2 = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} = 0,2mA/V^2$

olarak verilmiş olsun. (a) Devreyi

$I_{DQ1} = 200\mu A$, $I_{DQ2} = 500\mu A$,

$V_{DSQ1} = V_{DSQ2} = 6V$ ve $r_i = 100k$

olacak biçimde tasarlayınız.

(b) Bu devre iç direnci 4k olan bir AC gerilim kaynağı ile sürülmüş ve çıkışına yine direnci 4k olan bir yük bağlanmış olsun. Devrenin gerilim kazancını ve çıkış direncini bulunuz.

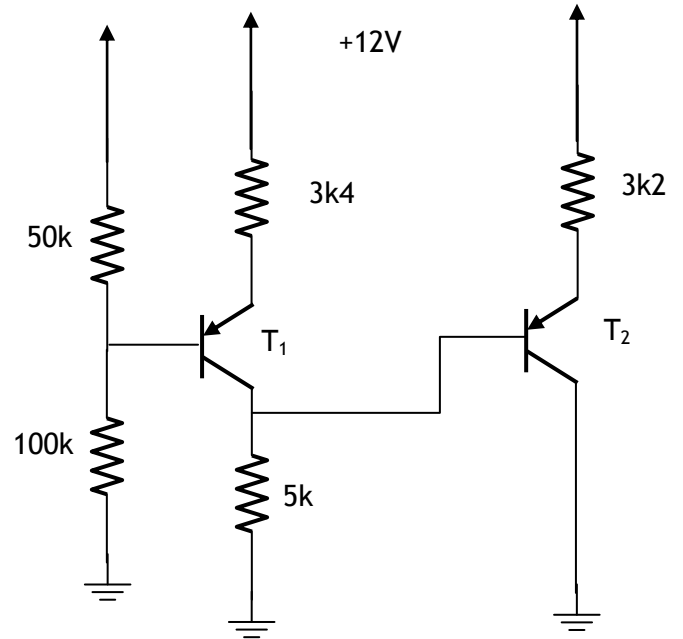
İPUCU: Çıkış direncini hesaplamak için eşdeğer devre kullanmak yararlı olur.

2. Sağ yanda gördüğünüz ve ilk sınavdan anımsadığınız BJT'li devrede direnç değerleri gösterilmiştir.

a. $|V_{BE}| = 0,6 V$ olsun. $h_{FE} = \beta = 200$ için devrenin kutuplama akımlarını bulunuz.

b. Bu devre iç direnci 4k olan bir AC gerilim kaynağı ile birinci transistörün bazından sürülmüş ve ikinci katta emetör çıkışına yine direnci 4k olan bir yük bağlanmış olsun. $h_{fe} = h_{FE}$, $V_T = 25 mV$ ve $h_{oe} = h_{re} = 0$ için devrenin toplam gerilim kazancını ve giriş ile çıkış dirençlerini bulunuz.

c. İlk kattaki emetör direnci (ilk sorudaki NMOS'lu devrede ilk kattaki kaynak direncine benzer biçimde) köprülenmiş olsa giriş ve çıkış dirençleri ile toplam kazanç nasıl değişir?



BAŞARILAR

ÇÖZÜMLER:

1. 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

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

$$\Rightarrow \frac{R_2}{R_2 + R_1} 10 = 2,61V$$

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

$$\frac{r_i}{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{100k}{R_1} \Rightarrow \frac{R_2}{R_2 + R_1} 10V = \frac{100k}{R_1} 10V = 2,61V \Rightarrow \underline{R_1 = 383k} \text{ ve}$$

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

Kazanç hesaplarına gelince

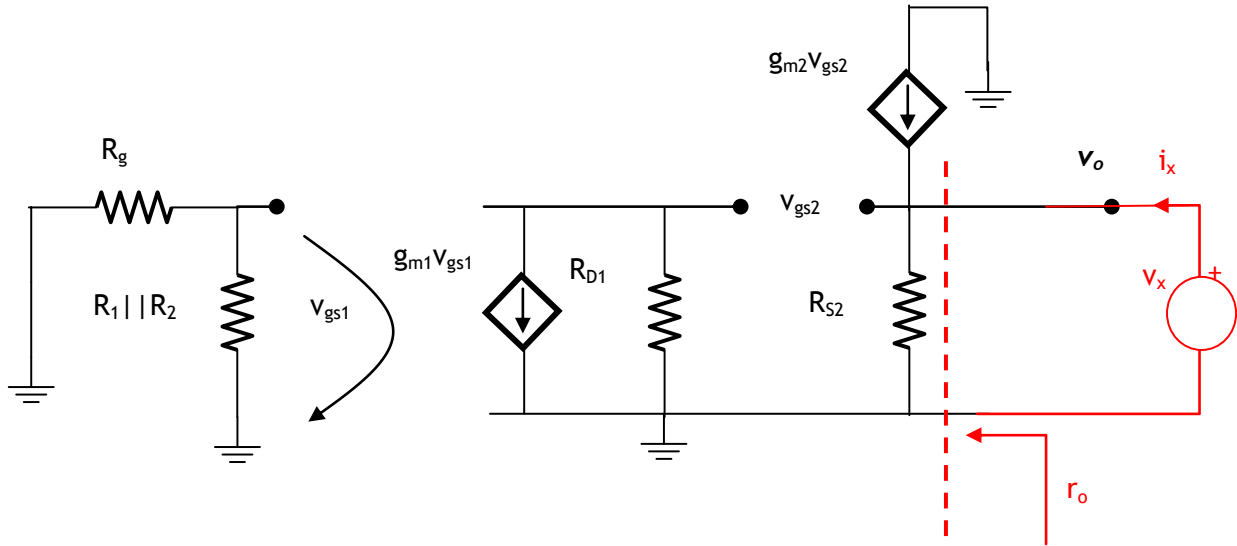
$$g_{m1} = \left[2\mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \right]_1 (V_{GS1} - V_{t1}) = 2 * 0,5m * (1,83V - 1,2V) = \underline{\underline{0,63mA/V}}$$

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

$$\frac{v_o}{v_g} = \left(-\frac{R_{D1}}{1/g_{m1}} \right) \left(\frac{(R_{S2} \parallel R_y)}{1/g_{m2} + (R_{S2} \parallel R_y)} \right) \left(\frac{r_i}{R_g + r_i} \right) = \left(-g_{m1} R_{D1} \right) \left(\frac{g_{m2} (R_{S2} \parallel R_y)}{1 + g_{m2} (R_{S2} \parallel R_y)} \right) \left(\frac{r_i}{R_g + r_i} \right)$$

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

Bu kazanç hesapları eşdeğer devre kullanılarak da benzer biçimde bulunabilir. Çıkış direnci hesabı ise



$i_x + g_{m2} v_{gs2} = \frac{v_x}{R_{S2}}$ ve girişte hiç bir bağımsız kaynak olmadığından $v_{gs2} = -v_x$ olacağından küçük

işaret devresinden açıkça görülmektedir ki

$$i_x - g_{m2} v_x = \frac{v_x}{R_{S2}} \Rightarrow \frac{i_x}{v_x} = g_{m2} + \frac{1}{R_{S2}} \Rightarrow r_o = \frac{1}{g_{m2}} \parallel R_{S2} = \frac{1}{0,63mA/V} \parallel 8k = \underline{\underline{1k3}}$$

$$V_{BB} = \frac{100k}{50k + 100k} V_{CC} = \underline{\underline{8V}}$$

2. Baz bölücülü kısmın Thevenin eşdeğeri:

$$R_{BB} = 50k \parallel 100k = \frac{1}{\frac{1}{50k} + \frac{1}{100k}} = \underline{\underline{33k3}} \quad \text{olduğuna göre}$$

a. öncelikle V_{CC} , R_{E1} , T_1 , R_{BB} ve V_{BB} nin üzerindeki çevrimden

$$V_{CC} = R_{E1} I_{E1} + V_{EB1} + R_{BB} I_B + V_{BB}$$

$$\Rightarrow I_{C1} = h_{FE} \frac{12V - V_{EB1} - V_{BB}}{3k4(h_{FE} + 1) + R_{BB}} = 200 \frac{12V - 0,6V - 8V}{3k4 * 201 + 33k3} = \underline{\underline{0,95mA}}$$

Şimdi de V_{CC} , R_{E2} , T_2 ve R_{C1} üzerindeki çevrimden

$$V_{CC} = R_{E2}I_{E2} + V_{EB2} + R_C(I_{C1} + I_{B2})$$

$$I_{C2} = h_{FE} \frac{12V - V_{EB2} - I_{C1}5k}{3k2(h_{FE} + 1) + 5k} = 200 \frac{12V - 0,6V - I_{C1}5k}{3k2 \cdot 201 + 5k} = \underline{\underline{2,05mA}} \text{ olarak}$$

buluruz.

$$b. \quad r_{e1} = \frac{25mV}{I_{C1}} = \frac{25mV}{0,95mA} = \underline{\underline{26,35\Omega}}; r_{e2} = \frac{25mV}{I_{C2}} = \frac{25mV}{2,05mA} = \underline{\underline{12,17\Omega}}$$

$$r_{i1} = h_{fe}(r_{e1} + R_{e1}) = 200(26,35 + 3k4) = \underline{\underline{685k2}}$$

$$r_{i2} = h_{fe}(r_{e2} + R_{e2} \parallel R_y) = 200(12,17 + 3k2 \parallel 4k) = \underline{\underline{358k}}$$

$$r_i = r_{i1} \parallel R_{BB} = 685k2 \parallel 33k3 = \underline{\underline{31k8}}$$

$$r_o = R_{e2} \parallel \left(r_{e2} + \frac{R_{g2}}{h_{fe} + 1} \right) = 3k2 \parallel \left(12,17 + \frac{r_{o1}}{201} \right) = 3k2 \parallel \left(12,17 + \frac{R_{C1}}{201} \right) = \underline{\underline{36,62\Omega}}$$

$$\frac{v_o}{v_g} = \left(-\frac{R_{C1} \parallel r_{i2}}{r_{e1} + R_{e1}} \right) \left(\frac{R_{e2} \parallel R_y}{r_{e2} + R_{e2} \parallel R_y} \right) \left(\frac{r_i}{R_g + r_i} \right)$$

$$\frac{v_o}{v_g} = \left(-\frac{5k \parallel 358k}{26,35 + 3k4} \right) \left(\frac{(3k2 \parallel 4k)}{12,17 + (3k2 \parallel 4k)} \right) \left(\frac{31k8}{4k + 31k8} \right)$$

$$\frac{v_o}{v_g} = (-1,46)(0,993)(0,888) = \underline{\underline{-1,28}}$$

c. Artık ilk kattaki emetör direnci AC için kısa devre olacağından:

$$r_{i1} = h_{fe}(r_{e1} + 0) = 200 * 26,25 = \underline{\underline{5k27}}$$

$$r_i = r_{i1} \parallel R_{BB} = 5k27 \parallel 33k3 = \underline{\underline{4k55}}$$

$$\frac{v_o}{v_g} = \left(-\frac{R_{C1} \parallel r_{i2}}{r_{e1} + 0} \right) \left(\frac{R_{e2} \parallel R_y}{r_{e2} + R_{e2} \parallel R_y} \right) \left(\frac{r_i}{R_g + r_i} \right) = (-189,75)(0,993)(0,532) = \underline{\underline{-100,3}}$$

Başka bir değişiklik olmayacaktır.