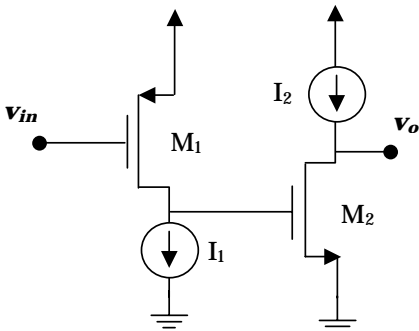
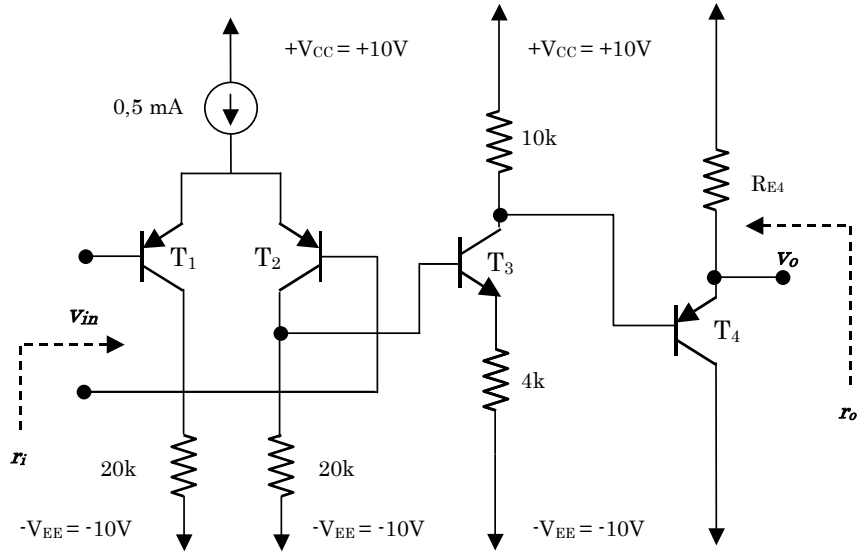


Bu sınavda çözüm için kullandığınız kağıtların yanında SADECE hesap makinası ve kendi el yazınız ile hazırlanmış A4 boyutlu bir "kopya kağıdı" kullanma hakkınız var. Sınav sonunda kağıtlar toplanırken "kopya kağıdı"nızı lütfen sınav kağıtları ile beraber veriniz. "kopya kağıdı"nızı sınav değerlendirildikten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

ELE222 ELEKTRONİĞE GİRİŞ (11707)
Yarıyılsonu Sınavı ✎ 3 Ocak 2006 ⌚ 13.00-15.00
İnci ÇİLESİZ / Vedat TAVAS

1. Yarı-iletken denince ne anlıyorsunuz? Yarı-iletkenleri iletkenlerden ayıran özellikler nelerdir? En çok 2 tümce içinde açıklayınız. (4 puan)
2. MOS ve BJT transistörleri, bir tablo üzerinde, en az ikişer benzerlik ve farklılık göstererek karşılaştırınız. (8 puan)
3. $v_o = 2v_1 - 3v_2$ fonksiyonunu gerçekleyen işlemsel kuvvetlendiricili bir devre tasarlayınız. Lütfen, herhangi bir direnç değeri $R_{i\min} \geq 1k\Omega$ olacak biçimde anlamlı direnç değerleri kullanınız. (20 puan)
4. Aşağıdaki fark girişli 3 katlı BJT'li kuvvetlendirici devresini incelerken $|V_{BE}| = 0,6 \text{ V}$, $h_{fe} = h_{FE} = 100$ olduğuna göre

- a. İlk kata 0,5 mA doğru akım sağlayacak akım aynasını tasarlarken anlamlı direnç değerleri kullanmayı unutmayınız. (6 puan)
- b. Devrenin çıkışında kırılmanın en az ve simetrik olması için R_{E4} direncinin değeri ne olmalıdır? I_{C3} akımının değerini bulamazsanız 1 mA alınız. (16 puan)
- c. Devrenin yüksüz haldeki gerilim kazancı v_o/v_{in} 'i bulunuz. (14 puan)
- d. Devrenin giriş ve çıkış dirençlerini (r_i ve r_o) bulunuz. (4 puan)
- e. Bu devre 1k'lık iç direnci olan bir küçük işaret kaynağı ile sürülür ve çıkışa yine 1k'lık bir yük direnci bağlanırsa yüklü haldeki kazancı bulunuz. (8 puan)



5. Yanda görülen 2 katlı MOS'lu kuvvetlendirici devresini kutuplamak için kullanılan akım kaynaklarının ideal özellikleri olduğunu ve her iki MOS'un da doymada çalışacak biçimde kutuplanmış olduklarını varsayalım.
 - a. Devrenin gerilim kazancı v_o/v_{in} 'i MOS parametreleri cinsinden bulunuz. (20 puan)
 - b. Eğer bu MOS'lu devre R_g iç dirençli bir işaret kaynağı tarafından sürülür ve çıkışına da R_y yük direnci bağlanırsa kazanç ifadesi nasıl değişir, hesaplayınız. (10 puan)

YENİ YILINIZ KUTLU OLSUN! BAŞARILAR

ÇÖZÜMLER:

- İletken malzeme, atomlarının en dış kabuklarındaki elektronlarının, valans ve iletim enerji bantları arasında serbest geçiş olan, yani en dış kabuklarındaki elektronlarının serbestçe iletim bandına geçebildiği malzemelerdir; yarı-iletken malzemelerde ise valans ve iletim enerji bantları arasında yasak bant vardır. İletken malzemelerde iletkenliği sağlayan yüklü taşıyıcılar sadece elektronlardır, yarı-iletken malzemelerde ise hem elektronlar hem de delikler yük taşırlar, elektronlar eksi (negatif), delikler artı (pozitif) yüklüdürler.
- Burada verilen tabloda varolan özelliklerden sadece bir kısmına değinilmiştir:

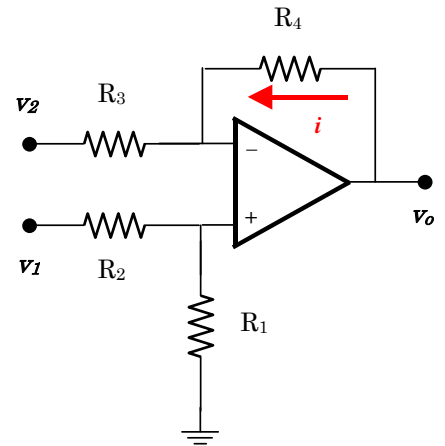
	BJT	MOS
BENZERLİK	3 elektrodlu düzen: B (baz), C (kollektör) ve E (emetör)	3 elektrodlu düzen: G (geçit), D (savak), ve S (kaynak)
BENZERLİK	n ve p tipi katkılanmış bölgelerden oluşur.	n ve p tipi katkılanmış bölgelerden oluşur.
FARK	Bipolar, yani taşıyıcılar hem delikler hem elektronlar, tipine göre (nnp veya pnp) çoğunluk ve azınlık taşıyıcıları var.	Unipolar, akım sadece bir cins taşıyıcı tarafından taşınıyor: NMOS → elektronlar PMOS → delikler
FARK	Bazdan içeri (veya dışarı) akım akar.	Geçitten içeri (veya dışarı) akım akmaz.

- $v_o = 2v_1 - 3v_2$ fonksiyonunu gerçekleyen devreyi sağ yandaki gibi tasarlıyorum. Şöyle ki, derste de gördüğümüz gibi

$$v_- = v_+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_1, R_4 \text{ üzerinden } v_o' \text{ dan } v_- \text{ 'ye doğru akan akım}$$

$$i = \frac{v_- - v_2}{R_3} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot \frac{1}{R_3} \cdot v_1 - \frac{1}{R_3} \cdot v_2. \text{ Ara işlemleri atlayarak}$$

$$\text{sonucu yazıyorum: } v_o = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \left(1 + \frac{R_4}{R_3} \right) \cdot v_1 - \frac{R_4}{R_3} \cdot v_2.$$



Tasarımı bitirmek için direnç değerlerini vermeliyim. Fonksiyonun ikinci terimine göre $\frac{R_4}{R_3} = 3$

olacağından $R_3 = \underline{1k}$ seçiyorum, dolayısıyla $R_4 = \underline{3k}$ olmalı. Buna göre birinci terimde

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} \left(1 + \frac{R_4}{R_3} \right) = 4 \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 2 \text{ yani } \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{1}{2} \text{ olması gerekiyor. Bu kez de } R_1 = \underline{1k}$$

seçiyorum, dolayısıyla $R_2 = \underline{1k}$ olarak buluyorum.

- (a) şıkkındaki akım aynasını artık iyice öğrendiğiniz için atlıyorum.
(b) şıkkında devrenin çıkışında kırılmanın en az ve simetrik olması için $V_o = 0 \text{ V}$ (DC işaretler, kutuplama) olmalı. Yani, $V_{B4} = V_{BE4} = V_{C3} = V_{CC} - R_{C3}(I_{C3} - I_{B4}) = 10V - 10k \cdot (I_{C3} - I_{B4})$ olmalı. O

halde katların kutuplama akımlarını bulmalıyım.

1. kat:

Kutuplamada kullanılan 0,5 mA'lık akım kaynağından dolayı, $I_{C1} = I_{C2} = \underline{\underline{0,25mA}}$.

2. kat:

20k'lık direnç - T_3 - 4k'lık direncin oluşturduğu çevrimden $-20k(I_{C2} - I_{B3}) + V_{BE3} + 4k \cdot I_{E3} = 0$

denkleminde $I_{C3} = h_{FE} \frac{20k \cdot I_{C2} - V_{BE3}}{(h_{FE} + 1)4k + 20k}$ ve $I_{C3} = \underline{\underline{1,04mA}}$.

3. kat:

Yukarıdaki $V_{B4} = V_{BE4} = -0,6V = 10V - 10k \cdot (I_{C3} - I_{B4})$ denkleminde yukarıda bulduğumuz değerler oturtulduğunda $I_{C4} = \underline{\underline{2mA}}$.

$$V_o = V_{CC} - R_{E4} I_{E4} = 10V - R_{E4} (h_{FE} + 1) I_{B4} = 0V \text{ denkleminde } R_{E4} = \frac{10V}{(h_{FE} + 1) I_{B4}} = \underline{\underline{4k95}}$$

(c) çıkışı:

$$r_{e1} = r_{e2} = \frac{V_T}{0,25mA} = \underline{\underline{100\Omega}}; r_{e3} = \frac{V_T}{1,04mA} = \underline{\underline{24\Omega}}; r_{e4} = \frac{V_T}{2mA} = \underline{\underline{12,5\Omega}}$$

$$K_v = \frac{v_o}{v_{in}} = \frac{v_o}{v_{b4}} \cdot \frac{v_{b4}}{v_{b3}} \cdot \frac{v_{b3}}{v_{in}} = + \frac{R_{e4}}{r_{e4} + R_{e4}} \cdot \left[- \frac{R_{C3} \parallel r_{i4}}{r_{e3} + R_{e3}} \right] \cdot \left[- \frac{R_{C2} \parallel r_{i3}}{2r_{e1}} \right] \text{ burada}$$

$$r_{i3} = h_{fe} (r_{e3} + R_{e3}) = 100(24 + 4k) = \underline{\underline{402k4}}; r_{i4} = h_{fe} (r_{e4} + R_{e4}) = 100(12,5 + 4k95) = \underline{\underline{496k25}}$$

$$K_v = \frac{v_o}{v_{in}} = \frac{4k95}{12,5 + 4k95} \cdot \left[- \frac{10k \parallel 496k25}{24 + 4k} \right] \cdot \left[- \frac{20k \parallel 402k4}{2 \cdot 100} \right] = 0,997 \cdot (-2,436) \cdot (-95,265) \cong \underline{\underline{231,5}}$$

(d) çıkışı:

$$r_i = 2h_{FE} r_{e1} = \underline{\underline{20k}} \text{ ve } r_o = r_{e4} + \frac{R_{g4}}{h_{fe}} = r_{e4} + \frac{R_{C3}}{h_{fe}} = 12,5 + \frac{10k}{100} = \underline{\underline{112,5\Omega}}$$

(e) çıkışı:

Burada (c)'den farklı olarak kazanç ifadesinin ilk terimi $\frac{v_o}{v_{b4}} = \frac{R_{e4} \parallel 1k}{r_{e4} + R_{e4} \parallel 1k}$ biçiminde

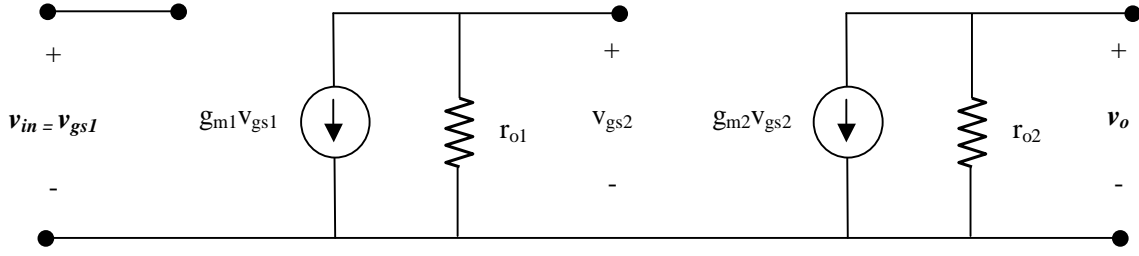
$$\text{değişeceğiinden } K_v^* = \frac{v_o}{v_{in}} = \frac{v_o}{v_{b4}} \cdot \frac{v_{b4}}{v_{b3}} \cdot \frac{v_{b3}}{v_{in}} = 0,985 \cdot (-2,436) \cdot (-95,265) = \underline{\underline{228,63}}.$$

Kkaynak iç direncinin etkisi de gözönüne alındığında kazanç ifadesi

$$K_{toplam} = \frac{v_o}{v_g} = \frac{r_i}{r_i + R_g} \cdot \frac{R_{e4} \parallel 1k}{r_{e4} + R_{e4} \parallel 1k} \cdot \left[- \frac{R_{C3} \parallel r_{i4}}{r_{e3} + R_{e3}} \right] \cdot \left[- \frac{R_{C2} \parallel r_{i3}}{2r_{e1}} \right] = \frac{20k}{20k + 1k} \cdot 228,63 = \underline{\underline{217,74}}$$

olarak bulunur.

5. 2 katlı MOS'lu kuvvetlendirici devresini kutuplamak için kullanılan akım kaynaklarının ideal özellikleri olduğunu ve her iki MOS'un da doymada çalışacak biçimde kutuplanmış olduklarını varsayıyoruz. Küçük işaretler için eşdeğer devre



olarak çizilir. $K_v = \frac{v_o}{v_{in}} = \frac{v_o}{v_{gs2}} \cdot \frac{v_{gs2}}{v_{in}} = (-g_{m2}r_{o2}) \cdot (-g_{m1}r_{o1}) = \underline{\underline{g_{m1}g_{m2}r_{o1}r_{o2}}}$.

Eğer bu devre girişinden R_g iç dirençli bir kaynak ile sürülürse geçitten içeri akım akmayacağından kazanç ifadesi değişmez. Ancak devrenin çıkışına R_y yük direnci bağlanırsa bu direnç r_{o2} 'ye paralel

geleceğinden kazanç $K_v^* = \frac{v_o^*}{v_{in}} = \frac{v_o^*}{v_{gs2}} \cdot \frac{v_{gs2}}{v_{in}} = [-g_{m2}(r_{o2} \parallel R_y)] \cdot (-g_{m1}r_{o1}) = \underline{\underline{g_{m1}g_{m2}r_{o1}(r_{o2} \parallel R_y)}}$

olarak bulunur.