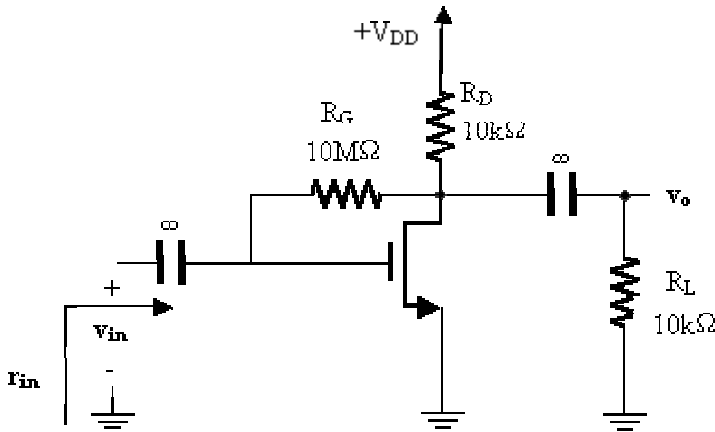


Bu sınavda çözüm için kullandığınız kağıtların yanında SADECE hesap makinası ve kendi el yazınız ile hazırlanmış A4 boyutlu bir "kopya kağıdı" kullanma hakkınız var. Sınav sonunda kağıtlar toplanırken "kopya kağıdı"nızı lütfen sınav kağıtları ile beraber veriniz. "kopya kağıdı"nızı sınav değerlendirildikten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

ELE222 ELEKTRONİĞE GİRİŞ (11707)

2. Yarıyıl Sınavı - 6 Aralık 2005 - 14.00-16.00

İnci ÇİLESİZ / Vedat TAVAS



1. Yandaki şekildeki ortak kaynaklı NMOS devresinin DC ve AC analizini yaparak (ve " ∞ " ile gösterilen kapasitelerin ideal çalıştıklarını varsayarak) küçük işaret kazancını ve yine yandaki şekilde belirtilen giriş direnci r_{in} 'in değerini bulunuz.

Parametreler:

$V_{DD} = +15V$; $\mu_n C_{ox}(W/L) = 0,25 \text{ mA/V}^2$;
 $V_t = 1,5 \text{ V}$; $V_A = 50 \text{ V}$. (50 puan)

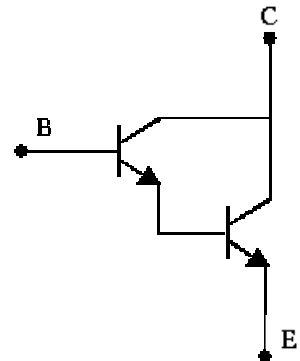
2. Darlington çiftinin DC ve AC analizini derste yapmıştık. Şimdi sağ yandaki şekilde görülen çiftin, iki özdeş transistör ile gerçekleştirildiğini ve emetöründen (E) 10 mA'lık bir ideal akım kaynağı ile kutuplandığını varsayalım.

- a. Kutuplama için gereken akım kaynağını, bir akım aynası tasarlayarak gerçekleştirin. Akım aynası tasarımında kullandığınız transistörler için $h_{fe} = h_{FE} = 100$, $h_{re} = 0$, $h_{oe} = 0$ olsun. (10 puan)

Darlington çifti, bazından (B) $100k\Omega$ iç direnci olan bir kaynakla sürülsün ve emetörüne (E) $1k\Omega$ 'luk bir yük bağlansın. Yani devremiz bir "Darlington izleyicisi" olsun. Her iki transistör için $h_{fe} = h_{FE} = 100$, $h_{re} = 0$, $h_{oe} = 0$ olsun.

Darlington çiftinin transistörlerinin emetör çıkışlı olduğunu unutmayarak

- b. Bazdan içeri doğru bakıldığında devrenin giriş direncini bulunuz. (20 puan)
- c. Emetörden geriye ve içeri doğru bakıldığında (yük direnci bağlı değilken) devrenin çıkış direncini bulunuz. (20 puan)



NMOS'lu problemin çözümü: Öncelikle çalışma noktasını inceleyelim:

Doymada çalışma koşulu, DC akım ve gerilimler için R_G direnci üzerinden geçide akım akmayacağı, dolayısıyla $V_G = V_D$ olacağı için sağlanıyor, çünkü $V_{GS} = V_{DS} = V_D$ olduğuna göre, $(V_{GS} - V_t) \leq V_{DS}$.

$$I_D = \frac{\mu_n C_{ox}}{2} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_t)^2 = \frac{0,25mA/V^2}{2} (V_D - 1,5)^2 \text{ ve } V_D = V_{DD} - R_D I_D = 15V - 10k \cdot I_D$$

denklemlerini kullanarak elde edilen kareli ifadenin çözümünden, NMOS özellikleri gözönüne alınarak **anlamlı** sonuçlar $V_D = 4,4 V$ ve $I_D = 1,06 mA$ olarak bulunur.

“ANLAMLILIĞIN AÇIKLAMASI:

$$I_D = \frac{\mu_n C_{ox}}{2} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_t)^2 = \frac{0,25mA/V^2}{2} (V_D - 1,5)^2 = \frac{15V - V_D}{10k} \text{ eşitliğinin } V_D \text{ için çözümü}$$

$$V_{D1/2} = \frac{2,2 \pm \sqrt{2,2^2 + 4 \cdot 9,75}}{2} \text{ biçiminde olup } V_{D1} = 4,4 V \text{ ve } V_{D2} = -2,2 V \text{ olarak bulunur.}$$

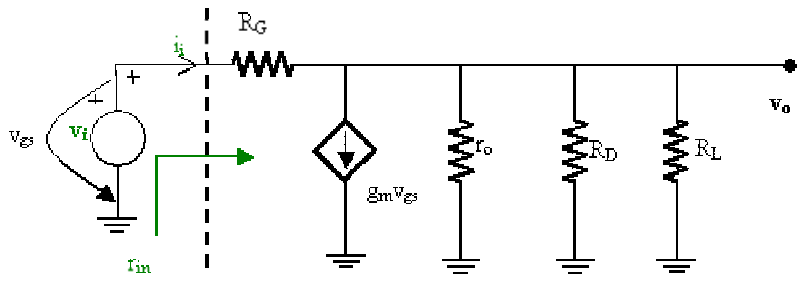
Ancak bu çözümlerden NMOS devresi için anlamlı olan sadece ilkidir.”

Böylece DC analizi tamamladıktan sonra AC analiz için parametreleri bulalım:

$$g_m = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_t) = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_D - V_t) = \underline{0,725mA/V} \text{ ve } r_o = \frac{V_A}{I_D} = \underline{47k}.$$

Eşdeğer devreyi çizdiğimizde, R_G değeri çok büyük olduğu için, R_G direnci üzerinden akan akımı ihmal edebileceğimizi anımsarsak, çıkış gerilimini $v_o \cong -g_m v_{gs} [r_o \parallel R_D \parallel R_L]$ olarak buluruz. $v_{gs} = v_{in}$ olduğundan

$$\frac{v_o}{v_i} \cong -g_m [r_o \parallel R_D \parallel R_L] = \underline{-3,3[V/V]}$$



Yukarıdaki eşdeğer devrede giriş direncinin gösterilimine bakarsak $r_{in} \equiv \frac{v_i}{i_i}$ olduğunu

görürüz. $i_i = \frac{(v_i - v_o)}{R_G} = \frac{v_i}{R_G} \left[1 - \frac{v_o}{v_i} \right] = \frac{v_i}{R_G} [1 + 3,3] = \frac{4,3v_i}{R_G}$ olacağından,

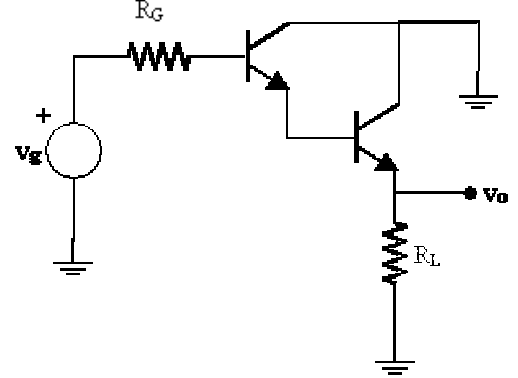
$$r_{in} \equiv \frac{v_i}{i_i} = \frac{R_G}{4,3} = \underline{2,33M}.$$

Darlington'lu problemin çözümü:

- a. Akım aynası tasarımını artık öğrendiğiniz için bu kısmı atlıyorum. **Ancak DC analiz için Darlington Çiftinin kollektörlerinin +V_{CC}'ye bağlı olması gerektiğini anımsatıyorum.**

Yanda görüldüğü gibi Darlington Çiftini bazından R_G = 100kΩ iç direnci olan bir kaynakla sürüyor ve emetörüne R_L = 1kΩ'luk bir yük bağlıyorum.

Darlington çiftinin transistörlerinin emetör çıkışlı olduğunu unutmamak giriş ve çıkış direnci hesabında kolaylık sağlayacak.



- b. Bu aşamada zor yoldan gidip, eşdeğer devreyi çıkarıp onun üzerinden hesap yapabilir veya verilen ipucunu kullanıp dirençleri bulabiliriz. Ben ikinci yolu izliyorum:

Darlington sürücüsünde transistörlerin emetör çıkışlı olduğunu görüyoruz. Emetör çıkışlı devrenin giriş direnci $r_i = h_{fe}(r_e + R_e)$ olduğuna göre öncelikle r_e dirençlerini bulmalıyız.

$$r_{e2} = \frac{V_T}{I_{E2}} = \frac{25mV}{10mA} = \underline{\underline{2,5\Omega}}$$

$r_i = r_{i1} = h_{fe}(r_{e1} + R_{e1})$ ve $R_{e1} = r_{i2}$ olduğunu görüyorum. O halde

$$I_{C1} \cong I_{E1} = I_{B2} = \frac{I_{E2}}{h_{fe}} = 0,1mA \text{ olduğundan } r_{e1} = \frac{V_T}{I_{E1}} = \frac{25mV}{0,1mA} = \underline{\underline{250\Omega}} \text{ ve}$$

$$r_{i2} = h_{fe}(r_{e2} + R_{e2}) = h_{fe}(r_{e2} + R_L) = 100 \cdot (2,5\Omega + 1k) = \underline{\underline{100k25}}$$

$$r_i = r_{i1} = h_{fe}(r_{e1} + R_{e1}) = h_{fe}(r_{e1} + r_{i2}) = 100 \cdot (250\Omega + 100k25) = \underline{\underline{10,05M\Omega}}$$

- c. Yukarıda (b şıkkında) andığım ikinci yolu izleyerek çıkış direnci hesabı yapıyorum:

Emetör çıkışlı devrenin çıkış direnci $r_o = R_{e2} // \left[r_{e2} + \frac{R'_g}{h_{fe2}} \right]$ denkleminde

hesaplanıyordu. Halbuki Darlington sürücüsünde “ikinci katta” emetör direnci ideal akım aynasının çıkış direnci $h_{oe} = 0$ olduğu için “ ∞ ”dur. Ayrıca ikinci katı süren birinci katın kaynak direnci R_G, birinci katın çıkış direncine eşittir. Yani,

$$r_o = r_{e2} + \frac{R'_g}{h_{fe}} = r_{e2} + \frac{r_{o1}}{h_{fe}} \text{ olacaktır. O halde } r_{o1} = r_{e1} + \frac{R_G}{h_{fe}} = 250\Omega + \frac{100k}{100} = \underline{\underline{1k25}}$$

$$r_o = r_{e2} + \frac{R'_g}{h_{fe}} = r_{e2} + \frac{r_{o1}}{h_{fe}} = 2,5\Omega + \frac{1250\Omega}{100} = \underline{\underline{15\Omega}}. \text{ Buradan da görüyoruz ki, ardışıl iki}$$

emetör izleyicisi gibi davranan Darlington sürücüsünün giriş direnci çok büyük,

çıkış direnci ise çok küçük. Emetör çıkışlı katların kazancı ise $K_{v_i} = \frac{R_{ei}}{R_{ei} + r_{ei}}$

denkleminde

$$K_{v_{toplami}} = \frac{v_o}{v_g} = \frac{r_i}{r_i + R_G} \cdot \frac{R_{e1}}{R_{e1} + r_{e1}} \cdot \frac{R_{e2}}{R_{e2} + r_{e2}} = \frac{r_i}{r_i + R_G} \cdot \frac{r_{i2}}{r_{i2} + r_{e1}} \cdot \frac{R_L}{R_L + r_{e2}} = \underline{\underline{0,99}} \text{ bulunur.}$$