

## ELE512

### İleri Analog Tümdevre Tasarımı

2006-2007 Bahar Yarıyılı, Yüksek Lisans  
Yılıçi Sınavı

**Soruların tümü yanıtlanacaktır. Süre 150 dakikadır. Kendi not ve kitaplarınızdan yararlanabilirsiniz. Sorular eş puanlıdır.**

**Sorulardaki MOS tranzistorlar için  $V_{TN} = 0.8V$ ,  $V_{TP} = -0.8V$ ,  $k_N' = 2k_P' = 24\mu A/V^2$ ,  $\lambda_N = 0.01V^{-1}$ ,  $\lambda_P = 0.02V^{-1}$  olarak verilmiştir.**

1. Şekil-1'deki CMOS işlemsel kuvvetlendiricide  $I_7 = 300\mu A$ , tranzistor boyutları  $(W/L)_1 = (W/L)_2 = 2$ ,  $(W/L)_3 = (W/L)_4 = 1$ ,  $(W/L)_5 = (W/L)_8 = 3$ ,  $(W/L)_6 = 5$  olarak verilmiştir. NMOS ve PMOS tranzistorların temel büyüklüklerine ilişkin toleranslar :  $\Delta V_{TN} = \Delta V_{TP} = \pm 2mV$ ,  $\Delta(W/L)_{1-2} / (W/L)_{1-2}$ ,  $\Delta(W/L)_{3-4} / (W/L)_{3-4} = \%2$  olarak saptanmıştır.

a- Rastgele dengesizliğin  $V_{OS} \leq 10mV$  olabilmesi için devrenin  $I_B$  ortak kutuplama akımı nasıl seçilmelidir? Bu durumda  $T_7$  tranzistorunun  $(W/L)$  oranı ne olmalıdır?

b- Devrede sistematik dengesizlik olup olmadığını araştırınız.

c- İşlemsel kuvvetlendiricinin toplam çıkış gürültü gerilimi spektral yoğunluğunu ve eşdeğer giriş gürültü gerilimi spektral yoğunluğunu hesaplayınız. MOS tranzistorların tümü için gürültü gerilimi spektral yoğunluğu

$$v_n^2 = 1.56 \times 10^{-17} V^2 / Hz$$

olarak verilmiştir.

2: Şekil-2'a'daki band geçiren OTA-C süzgeci  $f_p = 1MHz$  akort frekansında Butterworth karakteristiğini sağlayacaktır. OTA'ların eğimleri  $g_m = 150\mu A/V$  olarak eşit değerli alınacaktır. Devre  $\pm 1.5V$ 'luk simetrik kaynakla beslenmektedir Süzgecin geçiş işlevine ve geçiş admittans işlevine ilişkin eğriler ekte, maksimum değerler ise aşağıda verilmiştir (Bkz, Ek-1 ve Ek-2):

$$H_{1maks} = 1, H_{2maks} = H_{3maks} = 1, Y_{1maks} = 150\mu A/V, Y_{2maks} = 191\mu A/V, Y_{3maks} = 150\mu A/V$$

a-C1 ve C2 nasıl seçilmelidir? Değerlerini hesaplayınız.

b- OTA-C süzgeci Şekil-2b'deki CMOS simetrik kaskod OTA ile gerçekleştirilecektir. Devrede  $(W/L)_1 = (W/L)_2 = 3$ ,  $(W/L)_3 = (W/L)_4 = (W/L)_7 = (W/L)_8 = 1$  olarak belirlenmiştir.  $T_{11}$ ,  $T_{12}$ ,  $T_{13}$  ve  $T_{14}$  eş tranzistorlardır OTA'ların  $I_A$  kutuplama akımı  $I_A = 100\mu A$  olarak belirlendiğine göre, istenen eğim değerini elde etmek üzere akım aynalarının B yansıtma oranları ve  $T_5$ ,  $T_6$ ,  $T_9$ ,  $T_{10}$  tranzistorlarının  $(W/L)$  oranları nasıl seçilmelidir?

c- OTA'nın toplam gerilim kazancını, yükselme eğimini hesaplayınız.

d- Çıkışta kırılma ve yükselme eğimi sınırlaması olmaksızın süzgecin girişine uygulanabilecek maksimum giriş gerilimini bulunuz.

3- Şekil-3'deki band aralığı referansı devresinde  $T_2$  tranzistorunun emetör kesit alanı  $T_1$  tranzistorunun kesit alanının  $m$  katıdır.

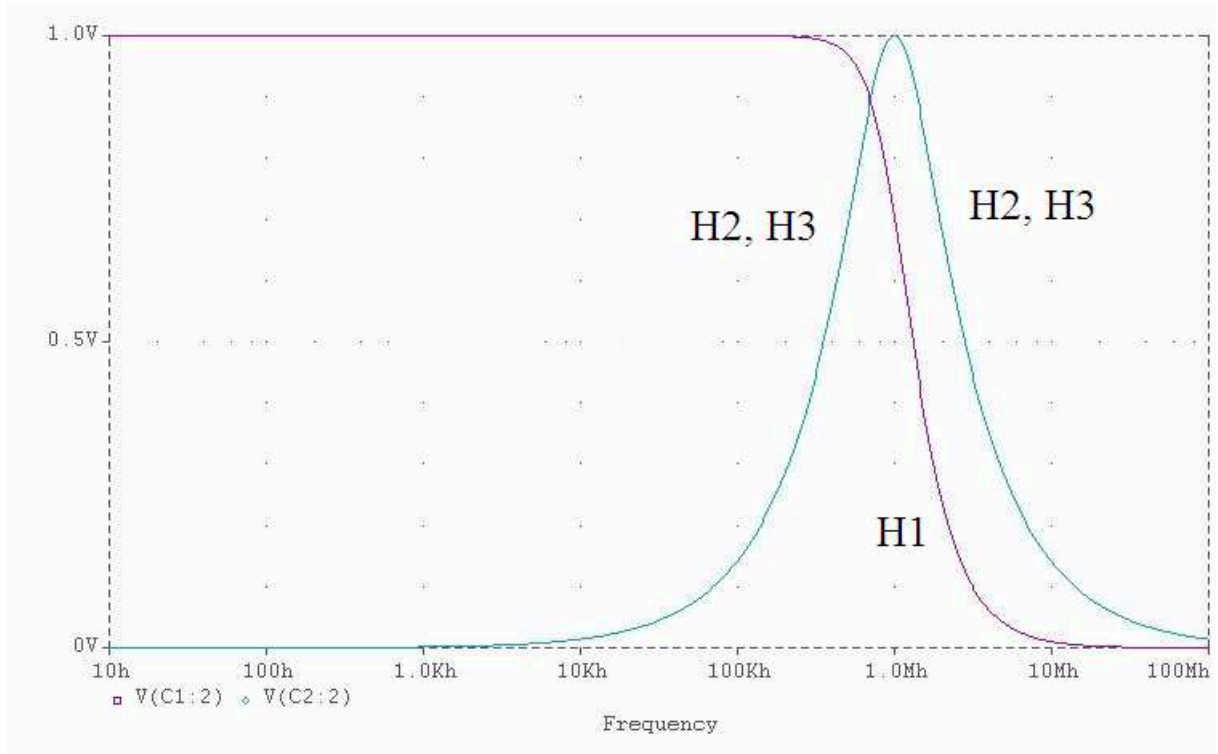
a-  $V_{ref}$  gerilimini veren bağıntıyı yazınız.

b-  $R_2 = R_1$ ,  $m = 4$  olarak verilmiştir. Oda sıcaklığında sıcaklık katsayısını sıfır yapmak için gereken  $R_2/R_3$  oranını bulunuz. ( $\partial V_{EB}/\partial T = -2.5mV/^\circ C$ ,  $\partial V_T/\partial T = 0.085mV/^\circ C$ ).

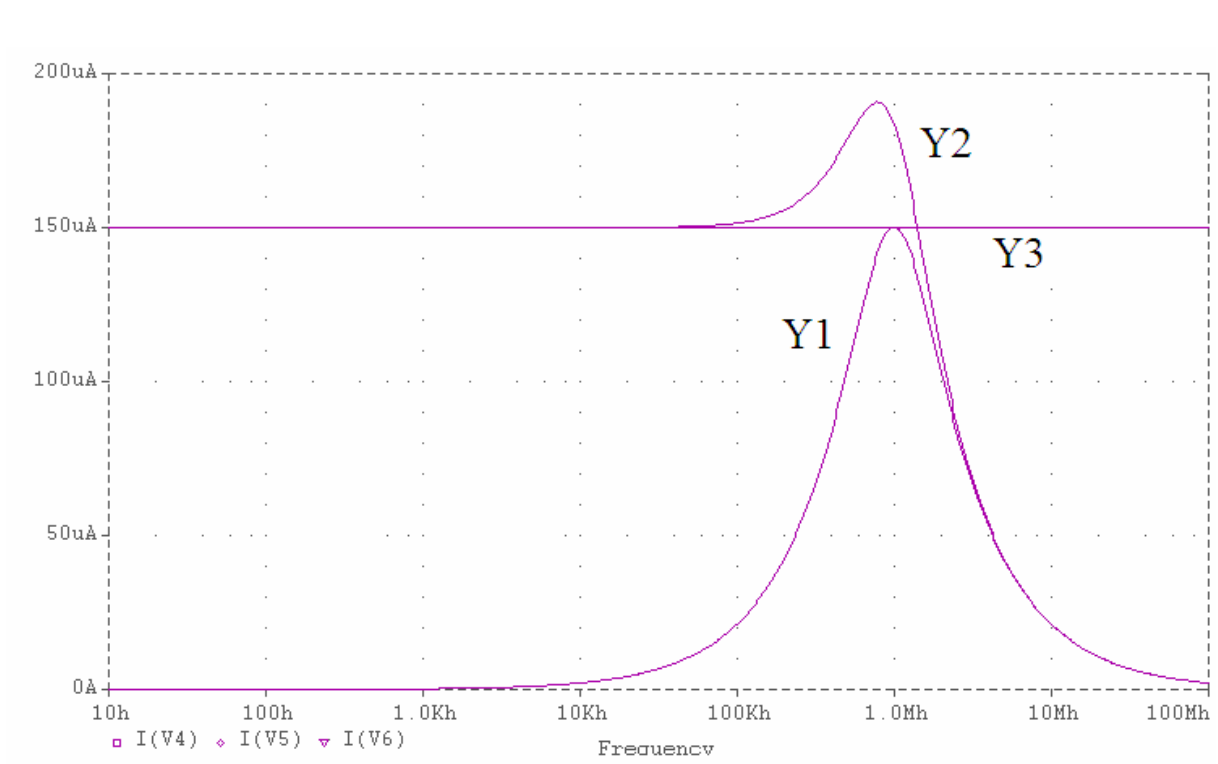
c-  $R_3 = 100 \Omega$  olarak verildiğine göre,  $R_1$  ve  $R_2$  dirençlerini ve  $V_{ref}$  gerilimini hesaplayınız ( $I_{S1} = 10^{-15}A$ ,  $V_T = 26mV$ ).



## EKLER



Ek-1 OTA-C süzgecinde  $H_i$  ( $i = 1,2,3$ ) genlik işlevlerinin frekansla değişimleri



Ek-2 OTA-C süzgecinde  $Y_i$  ( $i = 1,2,3$ ) admittans işlevlerinin frekansla değişimleri