

**ELE512****İleri Analog Tümdevre Tasarımı**

2008-2009 Bahar Yarıyılı, Yüksek Lisans, Yılıçi Sınavı

**Soruların tümü yanıtlanacaktır. Süre 150 dakikadır. Kendi not ve kitaplarınızdan yararlanabilirsiniz. Sorular eş puanlıdır. Sorulardaki MOS tranzistörler 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  $I_7 = 300 \mu A$ , tranzistör boyutları  $(W/L)_1 = (W/L)_2 = 10$ ,  $(W/L)_3 = (W/L)_4 = 1$ ,  $(W/L)_5 = (W/L)_8 = 3$ ,  $(W/L)_6 = 5$  olarak verilmiştir. Devrenin  $I_B$  ortak kutuplama akımı  $I_B = 50\mu A$  alınacaktır. NMOS ve PMOS tranzistörlerin temel büyüklüklerine ilişkin toleranslar :  $\Delta V_{TN} = \Delta V_{TP} = \pm 2.5mV$ ,  $\Delta(W/L)_{1-2}/(W/L)_{1-2}$ ,  $\Delta(W/L)_{3-4}/(W/L)_{3-4} = \%2$  olarak saptanmıştır.

a- Rastgele dengesizlikten ileri gelecek  $V_{OS}$  dengesizlik gerilimini hesaplayınız.

b-  $T_7$  tranzistörünün  $(W/L)_7$  boyut oranını bulunuz.

c- Devrede sistematik dengesizlik olup olmadığını araştırınız.

d- İşlemsel kuvvetlendiricinin eşdeğer giriş gürültü gerilimini hesaplayınız. NMOS ve PMOS tranzistörler için gürültü gerilimi  $v_n = 3.95 nV / \sqrt{Hz}$  olarak verilmiştir.

**2.** CMOS OTA yapıları kullanılarak Şekil-2a'da verilen birim kazançlı alçak geçiren aktif OTA-C süzgeci gerçekleştirilecektir. Süzgecin akort frekansı  $f_p = 3MHz$ , değer katsayısı  $Q_p = 1/\sqrt{2}$ ,  $C_1 = 25 pF$  alınacak ve devredeki OTA'ların eğimleri eşit olacaktır.

a- OTA'ların ( $G_m$ ) eğimlerine verilmesi gereken değeri belirleyiniz,  $C_2$  kapasitesinin değerini hesaplayınız.

b- OTA-C aktif süzgeci Şekil-2b'deki CMOS simetrik OTA ile gerçekleştiriliyor. OTA'nın yükselme eğiminin en kötü durumda  $SR \geq 5V/\mu s$  olması isteniyor.  $(W/L)_3 = (W/L)_4 = 1$ ,  $(W/L)_7 = (W/L)_8 = 3$ ,  $(W/L)_5 = (W/L)_6 = 4$  olarak verilmiştir. Giriş tranzistörlerinin  $(W/L)_1$  oranını ve  $I_A$  kutuplama akımını bulunuz. Giriş işaretinin değişim aralığını belirleyiniz.

**3.** Şekil-3'deki katlanmış Gilbert devresi kullanılarak yüksek doğruluklu bir analog çarpma devresi gerçekleştirilecektir. Devrenin  $\Delta I = I_7 - I_8$  çıkış akımının

$$-100\mu A \leq \Delta I \leq +100\mu A$$

sınırları arasında değişebilmesi,  $V_X$  ve  $V_Y$  giriş işaretlerinin değişim aralıklarının da

$$-1V \leq V_X \leq +1V, \quad -1V \leq V_Y \leq +1V$$

olması isteniyor.

a- Devredeki  $I_{SSi}$  ( $i = 1, 2, 3$ ) akım kaynaklarının aralarında hangi ilişki sağlanmalıdır? Açıklayınız. Bu akımları sağlayacak CMOS devre yapısını aynı referanstan akım üretecek şekilde tasarlayınız.

b-  $I_{SSi}$  ( $i = 1, 2, 3$ ) akımlarını ve tranzistörlerin  $W/L$  oranlarını belirleyiniz.

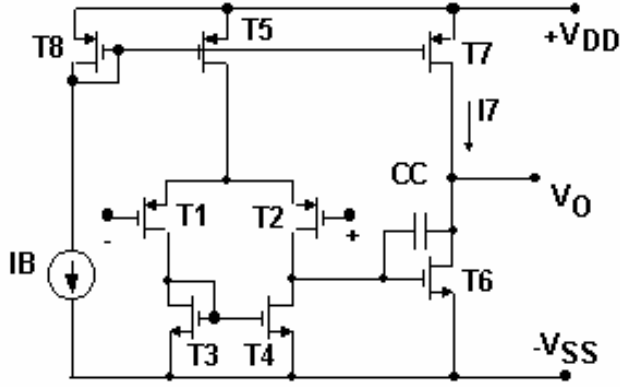
c- Analog çarpma devresinin  $K$  kazanç sabitini hesaplayınız.

d-  $\Delta I = I_7 - I_8$  akımının Şekil-3b'de verilen ve simetrik OTA yapılarının oluşturulmasında kullanılan ilkeye göre sezilerek tek çıkışa dönüştürülmesi isteniyor.  $\Delta I = I_7 - I_8 = \pm 100\mu A$  iken  $I_0$  çıkış akımını gerilime dönüştürmek üzere çıkışa bağlanacak  $R_L = 2k$  değerindeki bir yük direncinin üzerindeki gerilim değişiminin  $V_0 = \pm 1V$  olması hedefleniyor ( $V_0 = I_0 \cdot R_L$ ). Bunun için gereken CMOS devreyi tasarlayarak çizin ve tasarımdaki hareket noktasının gerekçelerini belirtiniz. Tranzistörlerin  $(W/L)$  boyut oranlarını belirleyiniz.

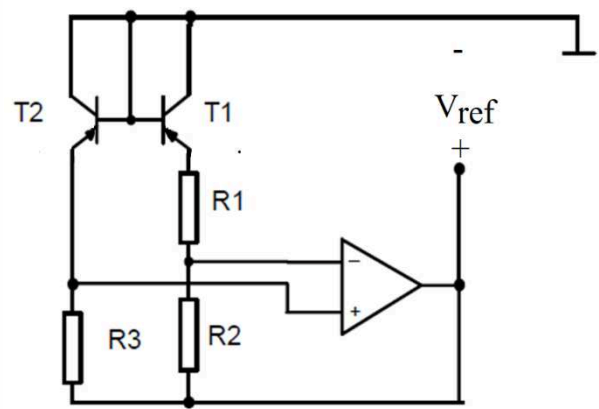
4. Şekil-4'deki band aralığı referansı devresinde T1 tranzistorunun emetör kesit alanı T2'nin kesit alanının m katıdır. İşlemsel Kuvvetlendiriciyi ideal kabul ederek  
a)  $R2 \neq R3$  olduğu varsayımı altında  $V_{ref}$  gerilimini veren genel bağıntıyı çıkartınız. Yol gösterme: Bipolar tranzistorlar için :

$$I_C = I_S \cdot \exp(V_{BE} / V_T) \quad , \quad I_{S1} = m \cdot I_{S2}$$

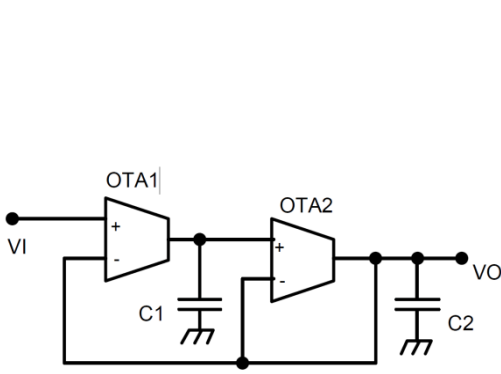
b)  $m = 2$ ,  $\partial V_{BE} / \partial T = -2.5 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ ,  $\partial V_T / \partial T = 0.085 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ ,  $V_T = 26 \text{ mV}$  olarak verilmiştir. Yazdığınız bağıntıda  $R2 = R3$  olarak oda sıcaklığında sıcaklık katsayısını sıfır yapmak için gereken  $R2/R1$  oranını bulunuz.



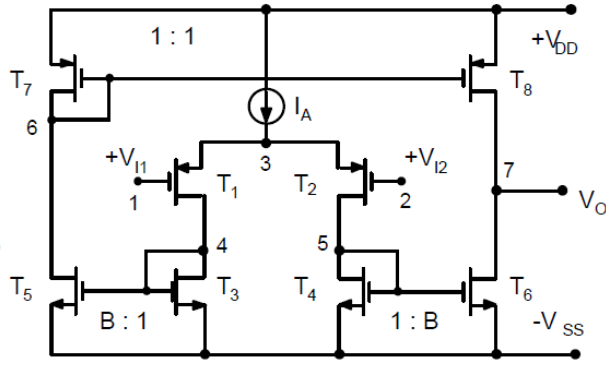
Şekil-1



Şekil-4

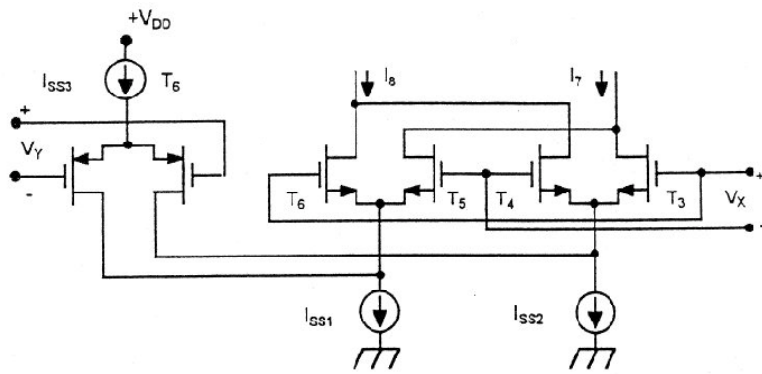


(a)

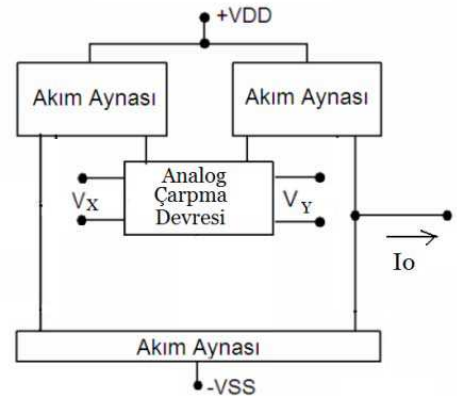


(b)

Şekil-2



(a)



(b)

Şekil-3