

**ELE512**  
**İleri Analog Tümdevre Tasarımı**  
**2008-2009 Bahar Yarıyılı**  
**Yıl Sonu Projesi**

Yapılan hesapları, elde edilen sonuçları, bunların yorumunu kapsamlı biçimde içeren bir rapor hazırlanacaktır. **Hazırlanan rapor 1 Haziran 2009 Pazartesi akşamına kadar teslim edilecektir.**

Gerilim modlu OTA-C süzgeci yapılarından yararlanılarak, tıp elektroniği alanında kullanılmak üzere eşik altı bölgesinde çalıştırılacak EEG işareti süzgeçleri tasarlanacaktır. Dördüncü derece Butterworth bant geçiren karakteristiğini sağlayacak süzgeçlerin geçiş işlevi genel durumda

$$H(s) = H_0 \frac{\omega_{P1}^2}{s^2 + \frac{\omega_{P1}}{Q_{P1}}s + \omega_{P1}^2} \frac{s^2}{s^2 + \frac{\omega_{P2}}{Q_{P2}}s + \omega_{P2}^2}$$

şeklindedir. 4. dereceden Butterworth tipi süzgeç için payda normalize olarak

$$D(s) = (s^2 + 0,765s + 1) \cdot (s^2 + 1,848s + 1)$$

biçimindedir. Buna göre, ilk hücrenin değer katsayısı  $Q_{P1} = 1.307$ , ikinci hücrenin değer katsayısı da  $Q_{P2} = 0.541$  değerinde olmaktadır. Süzgeç geçirme bandında birim kazanç sağlayacaktır.

EEG süzgeçlerinin hangi bantları kapsadıkları aşağıda belirtilmiştir:

$\alpha$  (8-12 Hz),  $\beta$  (13-40 Hz),  $\theta$  (4-8 Hz),  $\gamma$ (1-4 Hz)

### **I- OTA Tasarımı**

a- Süzgecin gerçekleştirilmesinde kullanılmak üzere  $0.35\mu\text{m}$  CMOS teknolojisi ile bir DO-OTA yapısı tasarlayınız (kuvvetli evirtimde çalışmada OTA'ların kutuplama akımlarının  $I_A \leq 100\mu\text{A}$  bölgesinde, eğimlerinin de  $g_m \leq 150\mu\text{A/V}$  bölgesinde seçilmesi önerilir). Devreyi tasarlayarak tranzistorların boyutlarını belirleyiniz.

Yukarıda belirtilen çalışma bölgesi içinde

- Eğimin band genişliğinin  $f_{3dB} > 75$  MHz,
- Giriş işaretinin lineer değişim aralığının  $-1V \leq V_{IN} \leq 1V$
- Çıkış işaretinin lineer değişim aralığının  $-1V \leq V_{IN} \leq 1V$
- Çıkış direncinin  $R_O > 100 M\Omega$

olması beklenmektedir.

SPICE benzetim programı yardımıyla devrenin

b- DC akım geçiş karakteristiğini çıkartınız; ( $I_A$  kutuplama akımı parametre olarak alınacaktır),

c- DC gerilim geçiş karakteristiğini çıkartınız; ( $I_A$  kutuplama akımı parametre olarak alınacaktır),

d-  $G_m$  geçiş iletkenliğinin  $I_A$  kutuplama akımı ile değişimini ( $G_m = G_m(I_A)$ , kutuplama akımı bağımsız değişken olarak alınacaktır),

- e-  $G_m$  geçiş iletkenliğinin frekansla değişimini ( $I_A$  kutuplama akımı parametre olarak alınacaktır),
- f-  $Z_O$  çıkış empedansının frekansla değişimini ( $I_A$  kutuplama akımı parametre olarak alınacaktır), her kutuplama akımı için çıkış direncini ve çıkış kapasitesini belirleyiniz,

Elde ettiğiniz sonuçları yorumlayınız, OTA tasarımında öngördüğünüz hedeflere ulaşip ulaşamadığınızı araştırınız.

**Not: Devre eşik altında da çalıştırılacağından  $I_A$  kutuplama akımının bu bölgeyi de kapsayacak bir aralıkta seçilmesi gerekmektedir.**

## II- Süzgeç tasarımı

- a- Aktif süzgeç devresini oluşturunuz. Devre elemanlarını ve OTA'ların kutuplama akımlarını belirleyiniz.

SPICE benzetim programı yardımıyla

- b- Süzgecin frekans yanıtını çıkartınız, frekans yanıtını ideal elemanlarla kurulan süzgeç karakteristiği ile aynı eksen takımına çiziniz. (Her bir katı ayrı ayrı çalıştırmanız ve daha sonra artarda bağlamanız önerilir.)
- c- Süzgecin girişine uygulanabilecek maksimum genlik seviyesini hesaplayınız. (Bunun için (b) deki ideal karakteristikten yararlanarak elde edilecek  $H_i$  ve  $Y_i$  büyüklüklerinin frekansla değişimlerinden ve OTA DC karakteristiklerinden elde edilecek  $V_s$  ve  $I_s$  değerlerinden yararlanabilirsiniz).
- d- Süzgecin büyük işaret yanıtını inceleyiniz. Bunun için frekansı geçirme bandı içinde olan bir giriş işareti uygulayınız. Uygulanan işaretin genliğini belirli adımlarla arttırarak çıkıştaki THD(%) toplam harmonik distorsiyonunun giriş işareti seviyesine bağlı değişimini belirleyiniz. (c) de hesapladığımız sınırın doğruluğunu irdeleyiniz.
- e- Elde ettiğiniz tüm sonuçları ayrıntılı bir şekilde irdeleyiniz.

**Not: Öğrenci numarası son rakamı (0,1,2) olanlar  $\alpha$  (8-12 Hz) bandı süzgeci, (3,4,5) olanlar  $\beta$  (13-40 Hz) bandı süzgeci, (6,7) olanlar  $\theta$  (4-8 Hz) bandı süzgeci, (8,9)  $\gamma$  (1-4 Hz) bandı süzgeci tasarlayacaklardır.**

### KAYNAKLAR

1. G. Düzenli, Y. Kılıç, H. Kuntman and A. Ataman: On the design of low-frequency filters using CMOS OTAs operating in the subthreshold region, *Microelectronics Journal*, Vol.30, No. 1, pp.45-54, 1999.
2. C. Acar, F. Anday and H. Kuntman: On the realization of OTA-C filters, *International Journal of Circuit Theory and Applications*, Vol.21, pp.331-341, 1993.
3. H. Öztürk: Eşikaltında çalışan CMOS OTA-C süzgeç tasarımı ve tıp elektroniği alanına uygulanması, *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1994.
4. G. Düzenli: Eşikaltı çalışan OTA'ların iyileştirilmesi ve tıp elektroniği alanına uygulanması, *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1996.