

AKIM MODLU ALÇAK VE YÜKSEK GEÇİREN SÜZGEÇLERİN AKIM İŞLEMSEL KUVVETLENDİRİCİ İLE GERÇEKLENMESİ

Selçuk KILINÇ

Uğur ÇAM

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

Mühendislik Fakültesi

Dokuz Eylül Üniversitesi, 35160, Buca, İzmir

e-posta: selcuk.kilinc@eee.deu.edu.tr

e-posta: ugur.cam@eee.deu.edu.tr

Anahtar sözcükler: Aktif Süzgeçler, Akım Modlu Devreler, Akım İşlemsel Kuvvetlendirici

ÖZET

Bu çalışmada yeni akım modlu alçak ve yüksek geçiren aktif süzgeç devreleri önerilmiştir. Önerilen devreler tek bir akım işlemsel kuvvetlendirici (COA) ve sayıca en az olan iki kapasite ve iki direnç içermektedir. Önerilen süzgeçlerin yüksek çıkış empedans özelliği tampon devresine gereksinim duymaksızın art arda bağlanabilmelerine olanak sağlar. Önerilen devreler, COA'nın içten topraklı giriş uçları nedeniyle parazitik kapasite ve dirençlere duyarlıdır. Ayrıca süzgeçler oldukça düşük pasif eleman duyarlılığına sahiptir. Teorik çözümlerinin doğruluğu, COA'nın bir CMOS gerçekleştirilmesi kullanılarak PSPICE benzetimiyle gösterilmiştir.

1. GİRİŞ

Akım modlu devreler geniş bant genişliği, büyük yükselme oranı, yüksek doğruluk, geniş dinamik aralık, basit devre yapısı ve düşük güç tüketimi gibi üstünlüklerinden dolayı önemli ilgi görmektedirler [1-4]. Akım modlu devrelerin gerçekleştirilmesinde kullanılan aktif elemanları akım taşıyıcılar (CCII), akım geri beslemeli işlemsel kuvvetlendiriciler (CFOA), işlemsel geçiş iletkenli kuvvetlendiriciler (OTA) ve dört uçlu yüzen nullorler (FTFN) oluşturur [1, 2]. Son zamanlarda ilgi, akım modlu sinyal işleme devrelerindeki gerçek akım modlu aktif eleman olarak akım işlemsel kuvvetlendiricilerin (COA) kullanımına yoğunlaşmıştır. COA'nın her iki giriş ucunun da alçak empedans olarak karakterize edilmesi, kapasitif zaman sabitlerinden dolayı oluşan cevap sınırlamalarının etkisini giderir. İçten topraklı giriş uçları kaçak kapasitelere duyarlı devreler elde etmemizi sağlar. COA'nın çıkış uçları yüksek empedans özelliği sergiler ve böylece COA tabanlı akım modlu devreler tampon devresi eklemeksizin art arda bağlanabilir. İdeal çalışma durumunda açık çevrim akım kazancı sonsuza ulaşarak giriş akımlarının eşitlenmesine neden olur. Bu sebeple COA klasik gerilim işlemsel kuvvetlendiriciye benzer olarak geri beslemeli yapıda kullanılmalıdır [2-5]. COA'nın yüksek açık çevrim kazancı tam doğru transfer fonksiyonları elde etmemize olanak sağlar. Akım farkı alan ve içten topraklı olan girişleri ise

COA tabanlı devrelerin MOS-C olarak gerçekleştirilmesini mümkün kılar [5].

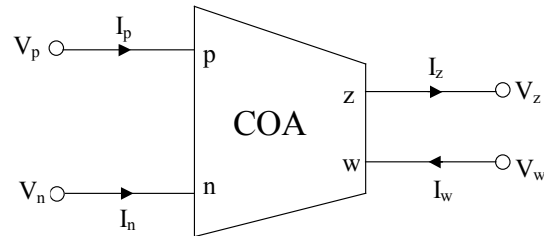
Tek aktif eleman kullanan süzgeçler özellikle güç tüketiminin önemli bir tasarım parametresi olduğu uygulamalarda faydalıdır. Tek aktif eleman kullanan CCII ve FTFN tabanlı bir çok akım modlu süzgeç devresi önerilmiştir [6-11]. Diğer taraftan COA yüksek kazançlı, akım giriş ve akım çıkışlı bir devre elemanıdır. COA'yı negatif geri besleme yapısında kullanmak doğru geçiş işlevleri elde etmemize olanak sağlar [4, 5]. Bu çalışmada, COA'nın belirtilen özelliklerini kullanarak tasarlanan akım modlu ikinci derece alçak ve yüksek geçiren süzgeç devreleri sunulmuştur.

2. ÖNERİLEN SÜZGEÇ DEVRELERİ

Aslında bir akım kontrollü akım kaynağı olan COA Şekil 1'de gösterilmektedir. Bu aktif elemanın tanım bağıntısı aşağıdaki biçimde verilebilir:

$$\begin{aligned} V_p &= 0 \\ V_n &= 0 \\ I_z &= B(I_p - I_n) \\ I_w &= I_z \end{aligned} \quad (1)$$

Burada B , COA'nın açık çevrim akım kazancı olup idealde sonsuza ulaşır.



Şekil 1. COA'nın devre sembolü

Önerilen akım modlu alçak geçiren süzgeç devresi Şekil 2'de görülmektedir. Bu devrenin transfer fonksiyonu

$$T_{LP}(s) = \frac{[G_1(C_1 + C_2) - G_2C_1]s + G_1G_2}{C_1C_2s^2 + [G_1(C_1 + C_2) + G_2C_1]s + G_1G_2} \quad (2)$$

şeklinde bulunur. $G_1(C_1 + C_2) = G_2C_1$ koşulu sağlandığında denklem (2)

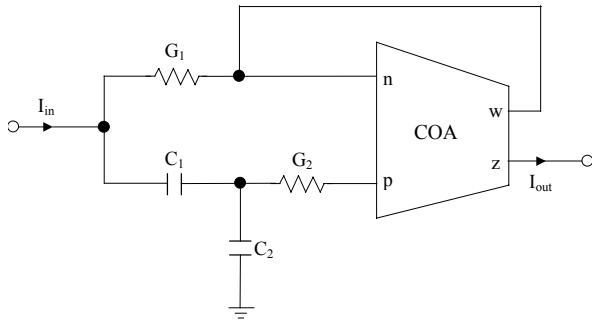
$$T_{LP}(s) = \frac{G_1G_2}{C_1C_2s^2 + 2G_2C_1s + G_1G_2} \quad (3)$$

biçimindeki ikinci derece alçak geçiren süzgeç cevabına dönüşür. Bu süzgecin doğal frekansı ve kalite faktörü

$$\omega_o = \sqrt{\frac{G_1G_2}{C_1C_2}} \quad (4)$$

$$Q = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{G_1C_2}{G_2C_1}} \quad (5)$$

şeklinde bulunur.



Şekil 2. Alçak geçiren süzgeç devresi

Devrenin duyarlılık analizi sonucunda

$$S_{G_1}^{\omega_o} = S_{G_2}^{\omega_o} = -S_{C_1}^{\omega_o} = -S_{C_2}^{\omega_o} = 1/2$$

$$S_{G_1}^Q = -S_{G_2}^Q = -S_{C_1}^Q = S_{C_2}^Q = 1/2$$

elde edilir.

Önerilen ikinci derece yüksek geçiren süzgeç devresi Şekil 3'te verilmektedir. Transfer fonksiyonu

$$T_{HP}(s) = \frac{C_1C_2s^2 + [(G_1 + G_2)C_1 - G_1C_2]s}{C_1C_2s^2 + [(G_1 + G_2)C_1 + G_1C_2]s + G_1G_2} \quad (6)$$

şeklinde elde edilir. $(G_1 + G_2)C_1 = G_1C_2$ koşulu için aşağıdaki yüksek geçiren süzgeç cevabı sağlanır:

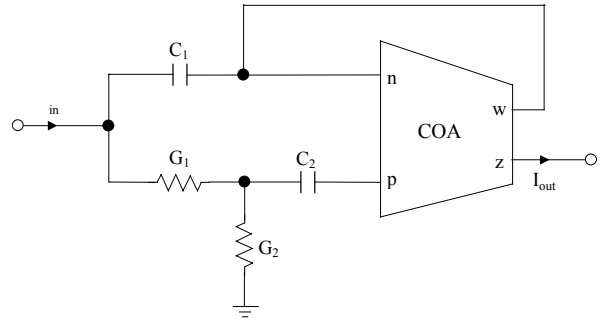
$$T_{HP}(s) = \frac{C_1C_2s^2}{C_1C_2s^2 + 2G_1C_2s + G_1G_2} \quad (7)$$

Yüksek geçiren süzgeç için doğal frekans ve kalite faktörü

$$\omega_o = \sqrt{\frac{G_1G_2}{C_1C_2}} \quad (8)$$

$$Q = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{G_2C_1}{G_1C_2}} \quad (9)$$

biçimindedir.



Şekil 3. Yüksek geçiren süzgeç devresi

Devrenin duyarlılık analizi sonucunda

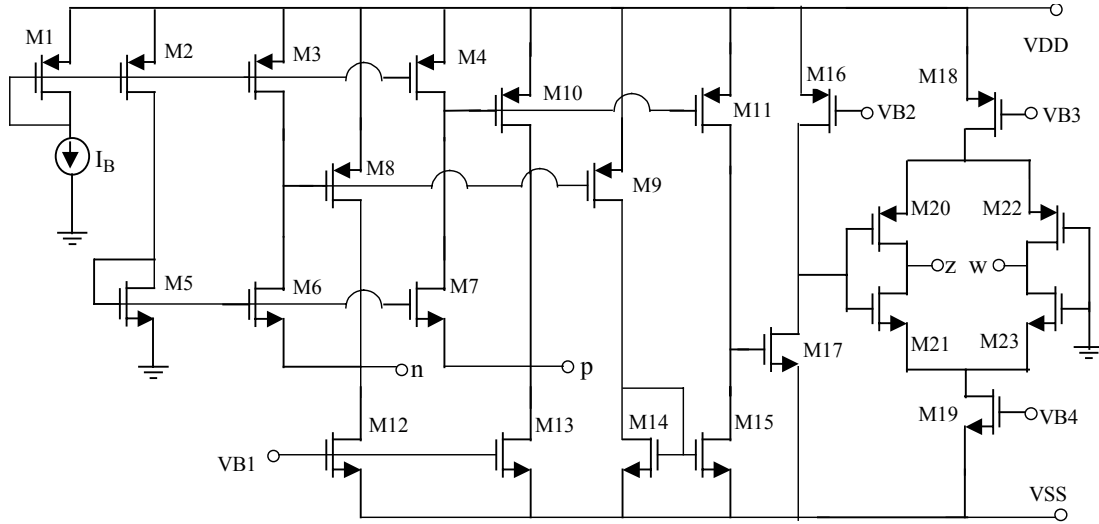
$$S_{G_1}^{\omega_o} = S_{G_2}^{\omega_o} = -S_{C_1}^{\omega_o} = -S_{C_2}^{\omega_o} = 1/2$$

$$-S_{G_1}^Q = S_{G_2}^Q = S_{C_1}^Q = -S_{C_2}^Q = 1/2$$

elde edilir.

3. BENZETİM SONUÇLARI

Teorik çalışmanın doğruluğunu göstermek amacıyla, önerilen süzgeç devreleri PSPICE benzetim programıyla simüle edilmiştir. Simülasyonlarda COA'nın Şekil 4'te görülen CMOS gerçekleştirilmesi kullanılmıştır. Bu devre art arda bağlanmış ve değiştirilmiş fark akım taşıyıcı, bir ortak kaynak kuvvetlendirici ve bir yüzen akım kaynağı içermektedir. M1-M15 transistörleri akım farkı alma işlevini yerine getirirken M16-M17 transistörlerinden oluşan ortak kaynak kuvvetlendiricisi yüksek kazanç sağlar. Bu gerilim daha sonra, akım aynalarının aksine transistör eşlemeye gereksinim duymadan, M18-M23 transistörlerinden oluşan yüzen akım kaynağı tarafından iki dengeli çıkış akımına dönüştürülür. Esasen bu kat iki akım kaynağı tarafından kutuplanan eşlenmiş iki CMOS evirecinden ibarettir [12].



Şekil 4. COA'nın bir CMOS gerçekleştirilmesi

Bilgisayar benzetiminde kullanılan pasif eleman değerleri ve bunlara karşılık gelen süzgeçlerin teorik doğal frekansları aşağıda verilmiştir:

Alçak geçiren süzgeç:

$$R_1 = 2 \text{ k}\Omega, R_2 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = C_2 = 1 \text{ nF}$$

$$f_0 = 112.54 \text{ kHz}$$

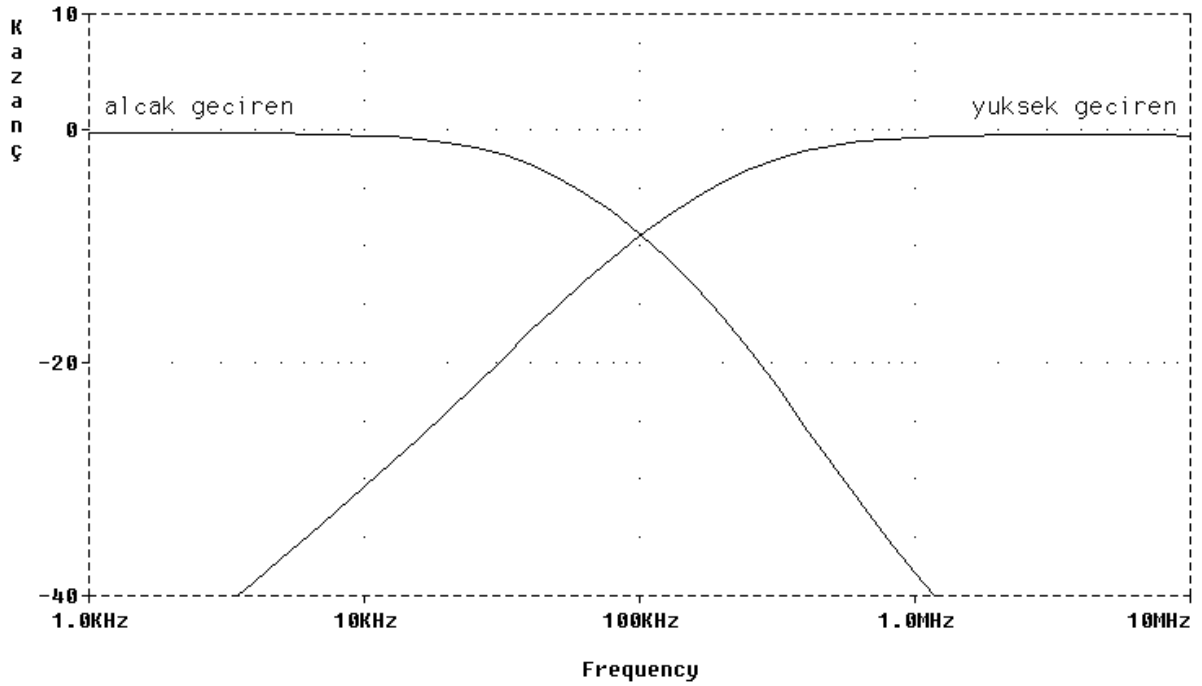
Yüksek geçiren süzgeç:

$$R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = 1 \text{ nF}, C_2 = 2 \text{ nF}$$

$$f_0 = 112.54 \text{ kHz}$$

Önerilen alçak ve yüksek geçiren süzgeç devreleri MIETEC 1.2 μm CMOS proses parametreleri esas alınarak simüle edilmiştir. Kullanılan MOS transistörlerinin boyutları şöyledir: M1-M17: 10/3, M18-M19: 200/3, M20-M23: 200/3. Besleme gerilimleri VDD = 5 V ve VSS = -5 V, kutuplama gerilimleri ise Vb1 = -1 V, Vb2 = 1 V, Vb3 = 3 V, Vb4 = -3 V olarak alınmıştır. Yapılan teorik çalışmayı doğrulayan benzetim sonuçları Şekil 5'te verilmektedir.



Şekil 5. Önerilen süzgeçlerin PSPICE benzetim sonuçları

4. SONUÇ

Bu çalışmada akım modlu ikinci derece alçak ve yüksek geçiren süzgeç devreleri önerilmiştir. Önerilen devreler tek bir COA, iki kapasite ve iki direnç içermektedir. COA'nın yüksek çıkış empedans özelliği tasarlanan süzgeçlerin tampon devresine gereksinim duymaksızın art arda bağlanabilmelerine olanak sağlar. Önerilen devreler, COA'nın içten topraklı giriş uçları nedeniyle parazitik kapasite ve dirençlere duyarlıdır. Süzgeç devrelerinin tüm pasif eleman duyarlılıkları genlikçe yarıma eşittir. Teorik çözümlerinin doğruluğu PSPICE benzetimiyle gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Toumazou C., Lidjey F. J., Haigh D., Analog IC Design: The Current Mode Approach, PETER PEREGRINUS, UK, 1990.
- [2] Palmisano G., Palumbo G., Pennisi S., CMOS Current Amplifiers, KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, 1999.
- [3] Payne A., Toumazou C., Analog amplifiers: classification and generalization, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS I: FUNDAMENTAL THEORY AND APPLICATIONS, vol. 43, pp. 43-50, 1996.
- [4] Mucha I., Current operational amplifiers: Basic architectures, properties, exploitation and future, ANALOG INTEGRATED CIRCUITS AND SIGNAL PROCESSING, vol. 7, pp. 243-255, 1995.
- [5] Awad I., Soliman A. M., Current operational amplifiers: CMOS realization and active compensation, ANALOG INTEGRATED CIRCUITS AND SIGNAL PROCESSING, vol. 24, pp. 141-152, 2000.
- [6] Roberts G. W., Sedra A. S., A general class of current amplifier based biquadratic filter circuits, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS I: FUNDAMENTAL THEORY AND APPLICATIONS, vol. 39, pp. 257-263, 1992.
- [7] Liu S. -I., Tsao H. -W., Wu J., Cascadable current mode single CCII biquads, ELECTRONICS LETTERS, vol. 26, pp. 2005-2006, 1990.
- [8] Chang C. M., Universal active current filter using a single second generation current conveyor, ELECTRONICS LETTERS, vol. 27, pp. 1614-1617, 1991.
- [9] Higashimura M., Current mode lowpass, bandpass and highpass filter using an FTFN, MICROELECTRONICS JOURNAL, vol. 24, pp. 659-662, 1993.
- [10] Liu S. -I., Hwang C. S., Realization of current mode filters using single FTFN, INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRONICS, vol. 82, pp. 499-502, 1997.
- [11] Abuelma'atti M. T., Universal current mode filter using single four terminal floating nullor, MICROELECTRONICS JOURNAL, vol. 31, pp. 123-127, 2000.
- [12] Arbel A. F., Goldminz L., Output stage for current mode feedback amplifiers, theory and applications, ANALOG INTEGRATED CIRCUITS AND SIGNAL PROCESSING, vol. 2, pp. 243-255, 1992.