

# AKIM İŞLEMSEL KUVVETLENDİRİCİ KULLANARAK AYARLANABİLİR FREKANSLI OSİLATÖR TASARIMI

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: Osilatörler, Akım Modlu Devreler, Akım İşlemsel Kuvvetlendirici*

## ÖZET

*Bu çalışmada yeni akım modlu sinusoidal osilatör devresi önerilmiştir. Önerilen devre tek bir akım işlemsel kuvvetlendirici (COA), iki kapasite ve üç direnç içermektedir. Dirençlerden biri ile osilasyon frekansı, osilasyon koşulundan bağımsız olarak ayarlanabilmektedir. Osilatör devresi yüksek çıkış empedans özelliği gösterdiğinden tampon devresine gereksinim duymaksızın bağlanacak yükün sürülmesine olanak sağlar. Önerilen devre COA'nın içten topraklı giriş uçları nedeniyle parazitik kapasite ve dirençlere duyarlıdır. Ayrıca oldukça düşük pasif eleman duyarlılığına sahiptir. Teorik çözümlerinin doğruluğunu göstermek için PSPICE benzetim sonuçları verilmiştir.*

## 1. GİRİŞ

Akım modlu devreler geniş bant genişliği, büyük yükselme oranı, yüksek doğrusalık, 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].

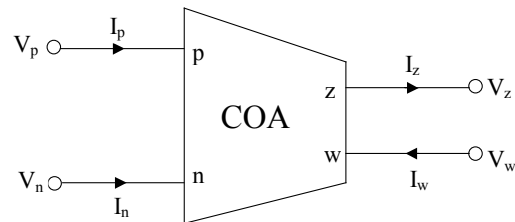
Sinusoidal osilatörler haberleşme devrelerinde, kontrol ve ölçme sistemlerinde yaygın kullanım alanına sahiptirler. Literatürde bir çok tek aktif eleman içeren akım modlu osilatör yapısı önerilmiştir [6-8]. Bütün bu devreler tek dirençle ayarlanabilir akım modlu osilatör devresi geçeklemek için en az beş direnç ve iki kapasite kullanmaktadırlar. Aktif eleman olarak fark gerilim tümleyici akım taşıyıcı (DVCCC) kullanan osilatör devresi ise iki kapasite ve üç direnç içermektedir [9]. Ancak DVCCC tabanlı devrelerin osilasyon frekansı gerilim ve akım izleme hatalarına duyarlıdır. Akım modlu analog sinyal işleme devrelerinde sonsuz kazançlı COA'yı kullanmak bu açıdan daha uygun olacaktır. Bu çalışmada, COA'nın belirtilen özelliklerinden yararlanan akım modlu, ayarlanabilir frekanslı osilatör tasarımı konu edilmiştir.

## 2. ÖNERİLEN OSİLATÖR DEVRESİ

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

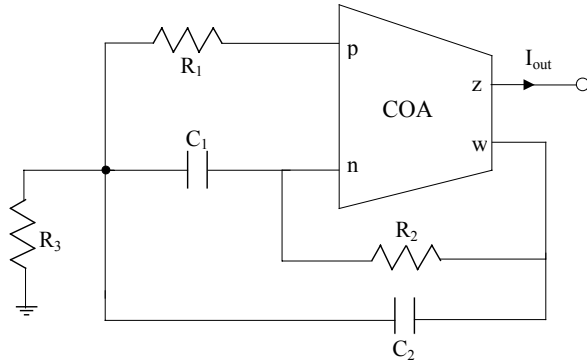
$$\begin{aligned} V_p &= V_n = 0 \\ I_z &= B(I_p - I_n) \\ I_z &= I_w \end{aligned} \quad (1)$$

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



Şekil 1. COA'nın devre sembolü

Önerilen akım modlu osilatör devresi Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Önerilen ayarlanabilir frekanslı osilatör devresi

Devrenin analizi yapıldığında karakteristik denklem

$$s^2 C_1 C_2 + s(C_1 G_2 + C_2 G_2 - C_2 G_1) + G_2(G_1 + G_3) = 0 \quad (2)$$

şeklinde bulunur. Burada osilasyon koşulu

$$C_1 G_2 + C_2 G_2 = C_2 G_1 \quad (3)$$

ve osilasyon frekansı

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{G_2(G_1 + G_3)}{C_1 C_2}} \quad (4)$$

biçimindedir. Denklem (3) ve (4)'ten de görüldüğü gibi  $R_3$  direnci değiştirilerek osilasyon frekansı, osilasyon koşulundan bağımsız olarak ayarlanabilmektedir.

Osilatör devresinin pasif elemanlara duyarlılıkları aşağıda verilmiştir:

$$S_{R_2}^{\omega_0} = S_{C_1}^{\omega_0} = S_{C_2}^{\omega_0} = -0.5 \quad (5)$$

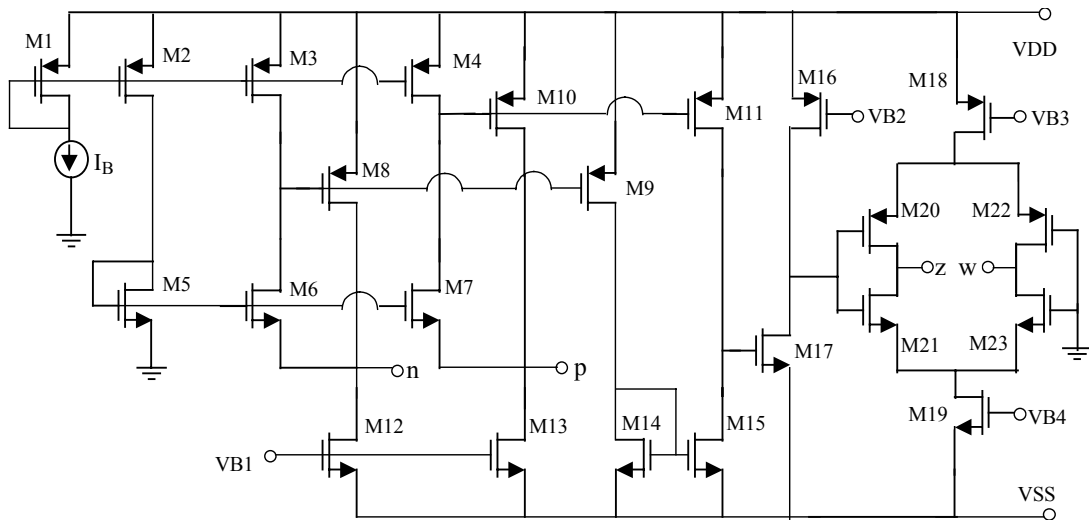
$$S_{R_1}^{\omega_0} = -\frac{1}{2} \frac{R_1}{R_1 + R_3} \quad (6)$$

$$S_{R_3}^{\omega_0} = -\frac{1}{2} \frac{R_3}{R_1 + R_3} \quad (7)$$

Görülebileceği gibi bütün pasif eleman duyarlılıkları büyüklükçe en fazla yarım olmaktadır.

### 3. BENZETİM SONUÇLARI

Teorik çalışmanın doğruluğunu göstermek amacıyla, önerilen osilatör devresi PSPICE benzetim programıyla simüle edilmiştir. Simülasyonlarda COA'nın Şekil 3'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 transistor 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 evircinden ibarettir [10].



Şekil 3. COA'nın bir CMOS gerçekleştirilmesi

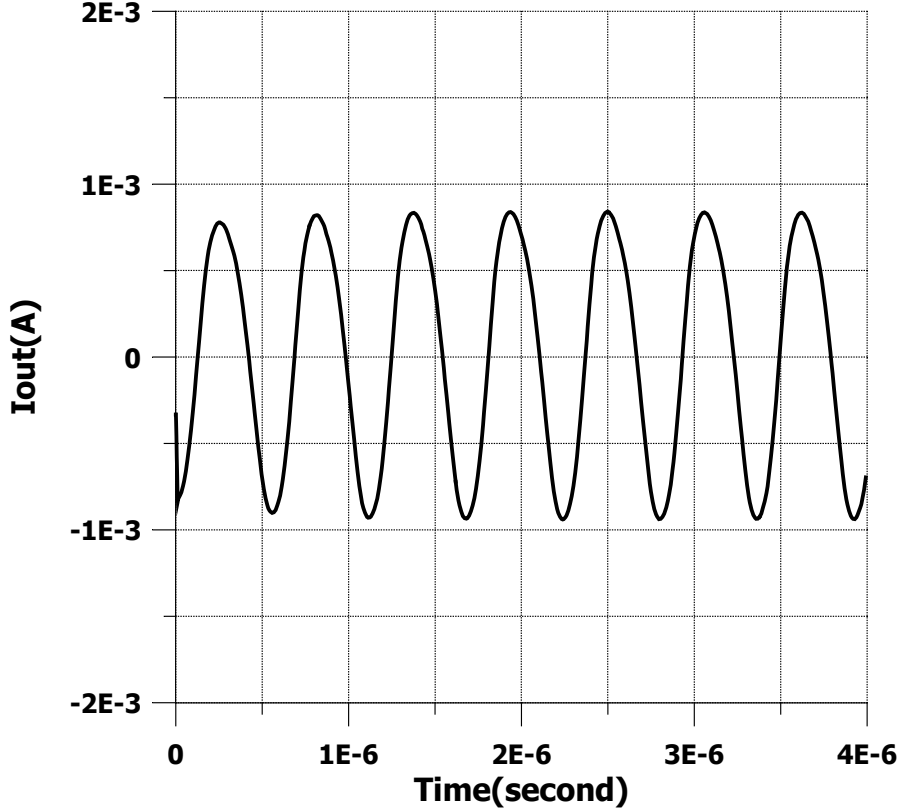
Önerilen osilatör devresi MIETEC 1.2 $\mu$ m CMOS proses parametreleri esas alınarak simüle edilmiştir. Kullanılan MOS transistorlerinin boyutları şöyledir: M1-M17: 10/3, M18-M19: 200/3, M20-M23: 200/3. Besleme gerilimleri VDD = 5 V ve VSS = -5 V, kutuplama gerilimleri ise Vb1 = -1 V, Vb2 = 1 V, Vb3 = 3 V, Vb4 = -3 V olarak alınmıştır. Bilgisayar benzetiminde kullanılan pasif eleman değerleri ve bunlara karşılık gelen teorik osilasyon frekansı aşağıda verilmiştir:

$$R_1 = R_3 = 1 \text{ k}\Omega, R_2 = 2 \text{ k}\Omega$$

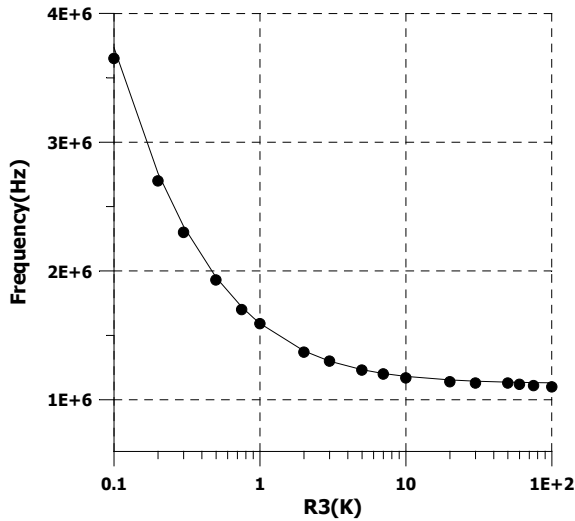
$$C_1 = C_2 = 100 \text{ pF}$$

$$f_0 = 1.59 \text{ MHz}$$

Benzetim sonucunda elde edilen osilatörün tipik bir dalga şekli Şekil 4'te verilmektedir. Osilasyon koşulunu etkilemeksizin  $R_3$  direncinin değişimiyle osilasyon frekansının ayarlanabildiği ise Şekil 5'te gösterilmektedir.



Şekil 4. Osilatörün tipik bir çıkış dalga şekli



Şekil 5. Osilasyon frekansının  $R_3$  direnci ile değişimi

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada akım modlu, ayarlanabilir frekanslı sinusoidal osilatör devresi önerilmiştir. Önerilen devre tek bir COA ve sayıca en az olan iki kapasite ve üç direnç içermektedir. Topraklı  $R_3$  direncinin değiştirilmesiyle osilasyon frekansı, osilasyon koşulundan bağımsız olarak ayarlanabilmektedir. Önerilen devre COA'nın içten topraklı giriş uçları nedeniyle parazitik kapasite ve dirençlere duyarlıdır. COA'nın yüksek çıkış empedans özelliği tasarlanan osilatörün tampon devresine gereksinim duymaksızın bağlanacak yükü sürebilmesine olanak sağlar. Önerilen devrenin tüm pasif eleman duyarlılıkları büyüklükçe en fazla yarıma eşittir. Teorik çözümlerinin doğruluğu, COA'nın bir CMOS gerçekleştirilmesi kullanılarak 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] Abuelma'atti M. T., Al-Zaher H. A., Current-mode sinusoidal oscillator using single FTFN, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS II: ANALOG AND DIGITAL SIGNAL PROCESSING, vol. 46, pp. 69-74, 1999.
- [7] Çam U., Toker A., Çiçekoğlu O., Kuntman H., Current mode high output impedance configuration employing single FTFN, ANALOG INTEGRATED CIRCUITS AND SIGNAL PROCESSING, vol. 24, pp. 231-238, 2000.
- [8] Senani R., On equivalent forms of single op-amp sinusoidal RC oscillators, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS I: FUNDAMENTAL THEORY AND APPLICATIONS, vol. 41, pp. 617-624, 1994.
- [9] Gupta S. S., Senani R., Grounded capacitor current mode SRCO: Novel application of DVCC, ELECTRONICS LETTERS, vol. 36, pp. 195-196, 2000.
- [10] 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.