

Kazanç Değişimli Alçak Geçiren ve Bant Geçiren Cevapları Gerçekleştirmek için Tasarlanan Çok Fonksiyonlu Bir Filtre

A Multifunction Filter for Realizing Gain Variable Low-Pass and Band-Pass Responses

Halil ALPASLAN^{a,*} ve Erkan YÜCE^b

^a Pamukkale Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü, 20070, Denizli

^b Pamukkale Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 20070, Denizli

Geliş Tarihi/Received : 17.07.2009, Kabul Tarihi/Accepted : 25.01.2010

ÖZET

Aktif devre elemanlarından ikinci kuşak akım taşıyıcılar (CCII), akım-modlu filtrelerin tasarımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, yalnızca artı tipli ikinci kuşak akım taşıyıcıları ve topraklanmış kapasitörler kullanılarak, değişken kazançlı alçak geçiren ve bant geçiren cevaplar sağlayan tek girişli çok çıkışlı filtre devresi önerilmiştir. Önerilen devre, pasif eleman eşleştirme şartından bağımsızdır. Bu nedenle, Entegre Devre Teknolojisi (IC) için uygundur. Ayrıca, geliştirilmiş filtre düzeneği; AD844 gibi mevcut ticari aktif devreler ile kolayca gerçekleştirilebilir. Devre performansı SPICE simülasyonu ve deneysel test sonuçları ile gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler : İkinci kuşak akım taşıyıcı, CCII, Akım-mod, Çok fonksiyonlu filtre.

ABSTRACT

The second generation current conveyors (CCIIs) as active circuit devices are widely used for designing current-mode (CM) filters. In this paper, a single input multi output filter employing only plus-type CCIIs (CCII+s) and grounded capacitors, and for providing variable gain low-pass and band-pass responses, is suggested. The proposed filter is free from critical passive component matching conditions. Therefore, it is suitable for integrated circuit (IC) technology. Further, developed filter configuration can be easily realized with commercially available active devices such as AD844s. The circuit performance is demonstrated by means of SPICE simulation and experimental test results.

Keywords : The second generation current conveyor, CCII, Current-mode, Multifunction filter.

1. GİRİŞ

Akım-modlu (CM) filtreler, yüzen tip pasif elemanlardan veya tümü topraklanmış pasif elemanlardan oluşan filtreler olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir (Soliman, 2008). Son yirmi yıl içerisinde, ikinci kuşak akım taşıyıcılar (CCIIs) (Sedra ve Smith, 1970) çeşitli faydalarından dolayı (Wilson, 1990), akım-modlu analog filtre gerçekleştirme çalışmalarında sıkça kullanılmıştır (Chang, 1991; 1997, Fabre ve Alami, 1995). Ayrıca ikinci kuşak akım taşıyıcıları, fonksiyonel esneklik ve çok yönlülükleri sebebiyle, filtreler gibi osilatörler ve bobin eşdeğeri devrelerinin tasarımında da kullanılmaktadır. Akım-modlu işlemler, doğrusallık, düşük güç tüketimi, geniş bant aralığı, daha iyi bir doğruluk, basitleştirilebilir uygulamalar, daha az eleman hassasiyeti ve geniş dinamik aralık gibi özelliklerinden dolayı gerilim-

modlu eşdeğerlerine göre bazı üstünlüklere sahiptir (Toumazou v.d., 1993, Ferri ve Guerrini, 2003).

Yüzen tip kapasitör devrelerinin tersine, topraklanmış kapasitör devrelerinin kullanımı çok daha avantajlıdır (Chiu ve Horng, 2007; Yuce ve Minaei, 2008). Ayrıca literatürde yüzen tip dirençlerden ve kapasitelerden oluşan ve pratiklik açısından sınırlı özellikler sergileyen çeşitli filtre devre tasarımları mevcuttur (Soliman, 2009). Bunların yanısıra, daha önce önerilen ikinci kuşak akım taşıyıcı (CCII) tabanlı tek giriş çok çıkışlı (SIMO) süzgeçler (Chang 1993; Fabre ve Alami, 1995) yüksek çıkış akımı vermezler. Bunun için ekstra akım izleyicilerine ihtiyaç duyarlar. (Chang, 1997) tarafından önerilen süzgeç devresi üç tane giriş akımına ihtiyaç duymaktadır. Soliman, (2009) tarafından önerilen akım-modlu filtre devreleri çok sayıda CCII+ gerektirmektedir.

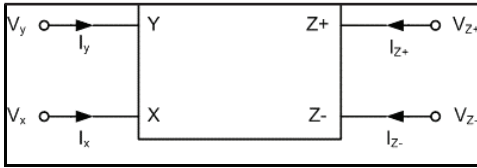
* Yazışılan yazar/Corresponding author. E-posta adresi/E-mail address : alpaslanster@gmail.com (H. Alpaslan)

(Chiu ve Horng, 2007) tarafından önerilen süzgeç devresi topraklanmış pasif elemanlardan oluşan gerilim-modlu bir devredir. Yuce ve Minaei, (2008) tarafından önerilen akım-modlu süzgeç devresi yüksek çıkış empedansına sahip değildir.

Bu sebeplerden dolayı, bu makalede, yalnızca topraklanmış kapasitörler, CCII's ve dirençler kullanılarak SIMO bir süzgeç önerilmiştir. Önerilen filtre, eleman eşleştirme şartları gerektirmediği ve yalnızca topraklanmış kapasitörler kullanıldığı için tamamiyle Entegre Devre Teknolojisi için uygundur. Bu filtre için, rezonans frekansı ve kalite faktörü parametreleri keyfi olarak ayarlanabilir. Ayrıca, önerilen süzgeç devresi yüksek empedansa ve kazançla sahip çıkış akımları üretir. CCII+'lar yerine ikinci kuşak akım kontrollü akım taşıyıcılar (CCII's) (Fabre v.d., 1996) yerleştirilerek, önerilen filtrede elektronik kontrollü kazanç, rezonans frekans ayarı gibi ayarlar yapılabilir.

2. GELİŞTİRİLMİŞ AKIM-MODLU FİLTRE

Çift Çıkışlı İkinci Kuşak Akım Taşıyıcısı (DO-CCII), dört uçlu çok yönlü aktif bir devredir ve elektriksel sembolü Şekil 1'de gösterilmiştir. Ayrıca, bir DO-CCII aşağıdaki eşitlikler ile tanımlanabilir:



Şekil 1. DO-CCII'nin elektriksel sembolü.

$$I_y = \left(sC_y + \frac{1}{R_y} \right) V_y \quad (1a)$$

$$V_x = Z_x I_x + \beta V_y \quad (1b)$$

$$I_{z+} = \alpha I_x + \left(sC_{z+} + \frac{1}{R_{z+}} \right) V_{z+} \quad (1c)$$

$$I_{z-} = -\gamma I_x + \left(sC_{z-} + \frac{1}{R_{z-}} \right) V_{z-} \quad (1d)$$

Burada,

$$Z_x = (R_x + sL_x) // (1/sC_x) \quad (1e)$$

C_y , C_x , C_{z+} , C_{z-} , L_x ve R_x ideal şartlarda sıfıra eşit olduğu gibi R_y ve R_z parazitik empedansları ideal şartlarda sonsuzdur. Bunun yanı sıra, ideal olmayan şartlarda α ve γ akım kazançları ve ideal olmayan gerilim kazancı β tek kutup modeli kullanılarak şu şekilde ifade edilebilir:

$$\alpha = \frac{\alpha_0}{1 + s\tau_\alpha} \quad (2a)$$

$$\beta = \frac{\beta_0}{1 + s\tau_\beta} \quad (2b)$$

$$\gamma = \frac{\gamma_0}{1 + s\tau_\gamma} \quad (2c)$$

$|\varepsilon_\alpha| \ll 1$ ve $|\varepsilon_\gamma| \ll 1$ akım takibi hataları ve $|\varepsilon_\beta| \ll 1$ gerilim takibi hatası olmak üzere bir DO-CCII'nin DC gerilim kazancı $\beta_0 = 1 + \varepsilon_\beta$ ve DC akım kazançları $\alpha_0 = 1 + \varepsilon_\alpha$ ve $\gamma_0 = 1 + \varepsilon_\gamma$ dir. Tüm DC kazançları idealde bir ve akım takibi hataları idealde sıfırdır. İdeal olmayan kazançların köşe frekansları $w_\alpha = 1/\tau_\alpha$, $w_\beta = 1/\tau_\beta$ ve $w_\gamma = 1/\tau_\gamma$ ideal şartlarda sonsuzdur. Tüm parametreler "ideal olmayan kazançların bileşenleri ve parazitik empedans" devre fabrikasyonuna bağlıdır. Bunlara ek olarak, Eşitlik (1a) dan Eşitlik (1d) ye kadar yazılan tüm eşitlikler artı yönlü CCII+'lar (CCII+) içindir ve bir CCII+, bir tane DO-CCII'nin Z- ucunun topraklanmasıyla basitçe elde edilebilir.

Şekil 2'de görülen CCII+'lar kullanılarak elde edilmiş olan filtrenin, analiz edilmiş filtre transfer fonksiyonları (FTFs) aşağıdaki gibidir :

$$G_{LP} = (R_2 \alpha_4 \beta_4) / (R_4 \alpha_1 \beta_1) \text{ evirici kazançlı,}$$

$$H_{LP}(s) = -\frac{R_2 \alpha_2 \alpha_4 \beta_4}{R_4 D(s)} \quad (3a)$$

$$G_{BP} = (R_1 \alpha_3 \beta_3) / R_3 \text{ evirmeyen kazançlı,}$$

$$H_{BP}(s) = \frac{R_1 sC_2 R_2 \alpha_3 \beta_3}{R_3 D(s)} \quad (3b)$$

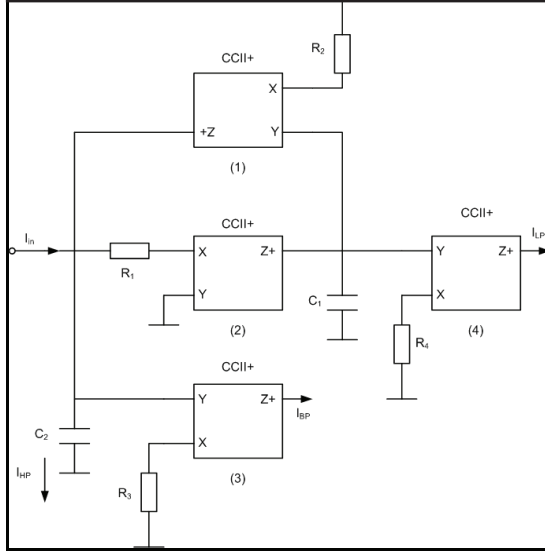
evirmeyen birim kazançlı,

$$H_{HP}(s) = \frac{s^2 C_1 C_2 R_1 R_2}{D(s)} \quad (3c)$$

Yukarıdaki eşitliklerde verilen D(s) şu şekilde ifade edilebilir:

$$D(s) = s^2 C_1 C_2 R_1 R_2 + sC_2 R_2 + \alpha_1 \alpha_2 \beta_1 \quad (4)$$

Eşitlik (3a) ve (3b) de verilmiş olan transfer fonksiyonları sırasıyla R_3 ve R_4 'ün yerine CMOS tabanlı bir ucu topraklı dirençlerin yerleştirilmesiyle elektronik olarak kontrol edilebilir (Wang, 1990).



Şekil 2. Önerilen akım-modlu süzgeç.

Şekil 2'de verilmiş olan filtrenin w_0 , w_0/Q ve Q parametreleri, eşitlik (4) kullanılarak hesaplanmış ve aşağıda verilmiştir:

$$w_0 = \sqrt{\frac{\alpha_1 \alpha_2 \beta_1}{C_1 C_2 R_1 R_2}} \quad (5a)$$

$$\frac{w_0}{Q} = \frac{1}{C_1 R_1} \quad (5b)$$

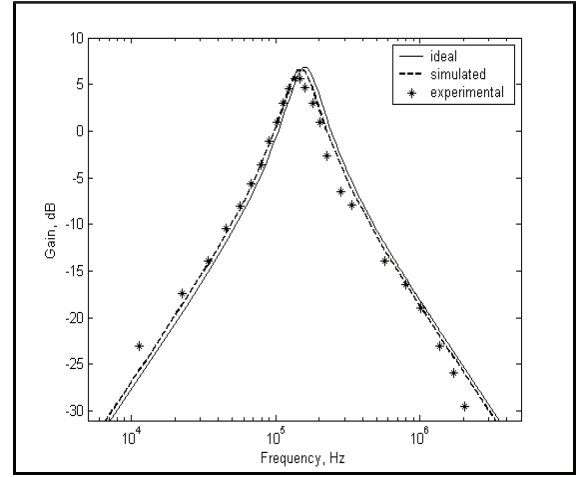
$$Q = \sqrt{\frac{C_1 R_1 \alpha_1 \alpha_2 \beta_1}{C_2 R_2}} \quad (5c)$$

Eşitliklerden gözlemlendiği gibi bileşen hassasiyetlerinin tümünün genlikleri en fazla bir birimdir.

3. DENEYSEL TEST VE SİMÜLASYON SONUÇLARI

Şekil 2'de verilmiş olan filtre devresi, CCII+'ların yerine AD844'ler yerleştirilerek, SPICE simülasyonu ve deneysel olarak test edilmiştir. Pasif eleman değerleri $R_1=2k\Omega$, $R_2=0.5k\Omega$, $R_3=1k\Omega$ ve $C_1=C_2=1nF$ 'dir.

Önerilen filtre devresi için $f_0=159kHz$, $Q=2$, $G_{BP}=2$ olarak hesaplanmıştır. İdeal, simüle edilmiş ve deneysel bant geçiren cevaplar Şekil 3'te verilmiştir. Şekil 3'deki ideal, simülasyon ve deneysel sonuçlarından anlaşılacağı üzere, sunulan filtrenin performansı iyidir. Ancak, aralarındaki farklar, AD844'lerin ideal olmayan kazanç ve parazitik empedanslarından kaynaklanmaktadır.



Şekil 3. Önerilen filtre devresi için ideal durum, simülasyon ve deneysel sonuçlar.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Önerilen akım-modlu süzgeç devresi, kazanç değişimli alçak geçiren ve bant geçiren filtre özelliği sergilemektedir. Sunulan devre sadece bir ucu topraklanmış kapasitörler içerdiğinden ve pasif eleman eşleşmesine ihtiyaç duymadığından dolayı tümleşik devre teknolojisine uygundur. Buna ek olarak geliştirilen devre sadece CCII+'lardan oluştuğu için, AD844 gibi ticari cihazlarla kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Verilen deney ve simülasyon sonuçları ile teorik veriler birbirine yakındır.

KAYNAKLAR

- Chang, C.M. 1991. Current-Mode All-Pass/Notch and Band Pass Filter Using Single CCII, *Electronics Letters*, Vol. 27, 1614-1617.
- Chang, C. M. 1993. Current-Mode Lowpass, Bandpass and Highpass Biquads Using Two CCII, *Electronics Letters*, Vol. 29, No. 23, pp. 2020-2021.
- Chang, C.M. 1997. Universal Active Current Filter with Three Inputs and One Output Using Plus Type CCII, *Electronics Letters*, Vol. 33, 1207-1208.
- Chiu, W.Y. and Horng, J.W. 2007. High-Input and Low-Output Impedance Voltage-Mode Universal Biquadratic Filter Using DDCCs, *IEEE Transactions on Circuits and Systems II-Express Briefs*, Vol. 54, No. 8, 649-652.
- Fabre, A. and Alami, M. 1995. Universal Current Mode Biquad Implemented from Two Second Generation Current Conveyors, *IEEE Trans. Circuits Syst.* Vol. 42, No. 7, 383-385.
- Fabre, A., Saaid, O., Wiest, F. and Boucheron, C. 1996. High Frequency Applications Based on a new Current Controlled Conveyor, *IEEE Transactions on Circuits and Systems-I: Fundamental Theory and Applications*, Vol. 43, pp. 82-91.
- Ferri, G. and Guerrini, N.C. 2003. *Low-Voltage Low-Power CMOS Current Conveyors*, ISBN: 978-1402074868 London Kluwer Academic Publishers.
- Sedra, A. S. and Smith, K. C. 1970. A Second Generation Current Conveyor and Its Applications, *IEEE Transactions on Circuit Theory*, Vol. 17, No. 1, 132-134.
- Soliman, A. M. 2008. Current-Mode Universal Filters Using Current Conveyors: Classification and Review, *Circuits Syst Signal Process*, Vol. 27, 405-427.
- Soliman, A. M. 2009. Current Mode Universal Filters with Grounded Passive Elements and Using Single Output Current Conveyors, *J. of Active and Passive Electronic Devices*, Vol. 4, 55-62
- Toumazou, C., Lidgey, F. J. and Haigh, D. G. 1993. *Analog IC Design: The Current-Mode Approach*, ISBN: 978-0863412974 London: Peter Peregrinus
- Wang, Z. 1990. 2-MOSFET Transresistor with Extremely Low Distortion for Output Reaching Supply Voltages, *Electronics Letters*, Vol. 26, pp. 951-952.
- Wilson, B. 1990. Recent Developments in Current Conveyors and Current-Mode Circuits, *IEE Proceedings Circuits, Devices and Systems*, Vol. 137, 63-77
- Yuce, E. and Minaei, S. 2008. A Modified CFOA and Its Applications to Simulated Inductors, Capacitance Multipliers and Analog filters, *IEEE Transactions on Circuits and Systems I- Regular papers*, Vol. 55, No. 1, pp. 254-263.