

Eviren Ve Evirmeyen Tipi İkinci Kuşak Akım Taşıyıcılarla Tasarlanmış Süzgeçler

Reha Çaputçu¹ Sadri Özcan² Oğuzhan Çiçekoglu³ Hakan Kuntman⁴

¹*İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, rehacap@hotmail.com*

^{2,4}*İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, 80626, Maslak, İstanbul, sozcan@ehb.itu.edu.tr kuntman@ehb.itu.edu.tr,*

³*Boğaziçi Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Müh.. Bebek, İstanbul, cicekoglu@boun.edu.tr*

Özet- Bu çalışmanın amacı, birim kazançlı aktif düzenlerle ve belli sayıdaki pasif elemanlarla gerçekleştirilen süzgeç topolojileri sunmaktır. Devrede kullanılan bütün kapasitör ve dirençler eşit değerlidir. Önerilen devreler Alçakgeçiren (AG), band geçiren (BG) işlevini kolaylıkla gerçeklemektedir. Süzgeçler yüksek çıkış empedanslıdır. Teorik sonuçların doğrulanması için simülasyon yapılmıştır.

Anahtar kelimeler-Elektronik, süzgeç tasarımı, aktif süzgeçler, Birim kazançlı aktif süzgeçler

1. Giriş

Son yıllarda akım taşıyıcı devrelerin birim-kazançlı eleman olarak kullanıldığı akım-modlu süzgeçlere karşı olan ilgi gittikçe artmaktadır[1-11]. Bu devrelerin, gerilim modlu benzeri devrelere kıyasla daha geniş band genişliğine ve daha büyük lineerlik özelliğine sahip oldukları bilinmektedir[12-13]. Birim-kazançlı aktif elemanlarla süzgeçlerin gerçekleştirilmesi konusunda çeşitli yayınlar yapılmaktadır[14-15]. Yakın zamanlarda yapılan bazı çalışmalarda, akım pasif elemanlar üzerinden akıtılmakta, bu da akımın dışarıya alınması için ilave elemanları gerektirmektedir. Eleman değerlerinin dağınık olmaması süzgeç devreleri için önemli bir özelliktir. Eleman değerlerinin dağınıklığının az olması devre kurulumunu basitleştirmektedir. Bu yüzden eşit değerli kapasitör ve dirençlerle kurulan süzgeç devreleri daha cazip olmaktadır. Lineer geçişli hücreler birim-kazançlı gerilim ayırıcısı devresi olarak kullanılmaktadır, örnek olarak verilecek olursa, ikinci kuşak akım taşıyıcıların y ve x uçları giriş ve çıkış ucu olarak, z-ucu da çıkış akımının dışarıya alınmasında, bir başka deyişle algılanmasında kullanılmaktadır.

Bu bildiride eviren ve evirmeyen akım taşıyıcılarla tasarlanmış iki süzgeç topolojisi verilmektedir. Bu süzgeçlerin transfer fonksiyonları, pasif elemanlar eşit değerli seçildiğinde, üçüncü derece Butterworth süzgeç özelliği göstermektedir. Süzgecin tasarımında, belli sayıda pasif eleman, yani, sadece üç direnç ve üç kapasitör kullanılmıştır. Bütün kapasitörler ve dirençler eşit değerlidir. Önerilen süzgeçler yüksek çıkış empedansı özelliği göstermektedir, böylelikle bunların ard arda bağlanması kolaylıkla mümkün olabilmektedir.

2. Devrenin tanımlanması

Önerilen devreler Tablo-1 de gösterilmiştir. K'nın değeri birim-kazanç olarak alınmıştır. Topolojilerde üç adet birim-kazançlı gerilim hücresi kullanılmıştır. Devre pratik olarak gerçekleştirirken, bu birim-kazançlı hücreler, ikinci kuşak akım taşıyıcılarla yer değiştirilmiştir. Bu yüzden akım taşıyıcıların uç büyüklüklerine ilişkin akım-gerilim ilişkisi aşağıdaki gibi tanımlanmıştır. $i_y(t) = 0$, $v_x(t) = v_y(t)$ ve $i_z(t) = i_x(t)$. Devreler için transfer fonksiyonu

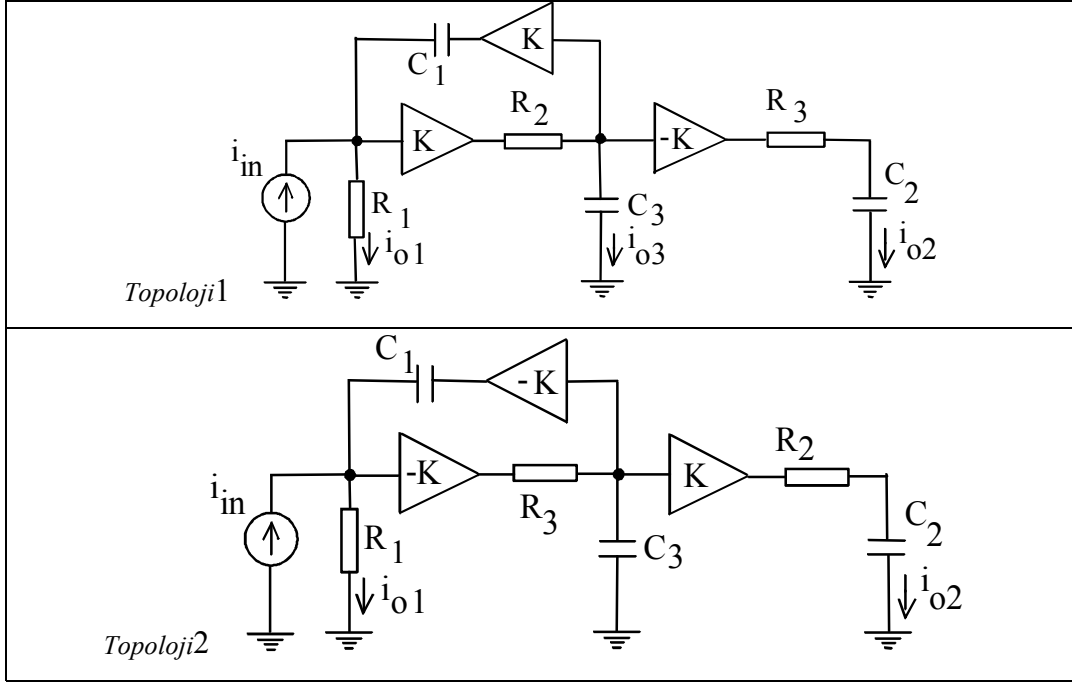
$$\frac{i_0}{i_{in}} = \frac{sCG^2}{(G + sC)(G^2 + sCG + s^2C^2)} \quad (1)$$

olarak verilmiştir. Direnç değeri $G=1\text{Mho}$ ve kapasitör değeri $C=1\text{F}$, olarak alındığında,

$$\frac{i_0}{i_{in}} = \frac{s}{(1 + 2s + 2s^2 + s^3)} \quad (2)$$

elde edilir. Görüldüğü gibi denklem (2) üçüncü derece Butterworth süzgeç özelliği göstermektedir. Süzgecin merkez frekansını istenen bir değere getirmek için devre üzerinde empedans ve frekans değerleri kolaylıkla değiştirilebilmektedir. Önerilen iki adet devre topolojisi Tablo-1 de verilmiştir. Topolojilere ilişkin transfer fonksiyonları ise Tablo 2 de verilmiştir.

Tablo1. Teklif edilen devreler



Tablo 2. Her bir topoljinin transfer fonksiyonu

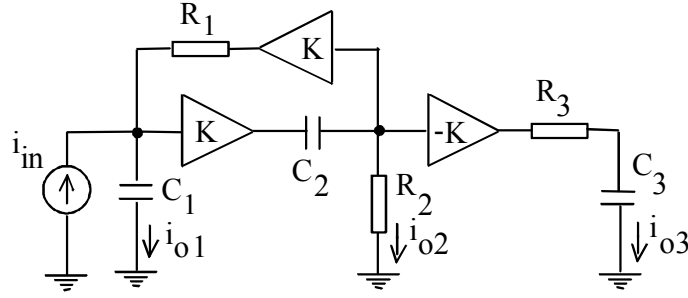
Topoloji No'su	Transfer Fonksiyonu
1	$\frac{i_{o2}}{i_{in}} = -\frac{C_2 G_2 G_3 s}{G_1 G_2 G_3 + G_1 (C_2 G_2 + C_3 G_3) s + C_3 (C_2 G_1 + C_1 G_3) s^2 + C_1 C_2 C_3 s^3}$
2	$\frac{i_{o2}}{i_{in}} = -\frac{C_2 G_2 G_3 s}{G_1 G_2 G_3 + G_1 (C_2 G_2 + C_3 G_3) s + C_3 (C_2 G_1 + C_1 G_3) s^2 + C_1 C_2 C_3 s^3}$

Devre, Tablo 1 de gösterildiği gibi, üç kapasitör, üç direnç ve üç birim-kazançlı gerilim hücresinden ibarettir. Birim-kazançlı hücre, ikinci kuşak akım taşıyıcısının sadece birim-kazanç devresi kullanılarak kurulmuştur. Pasif ω_0 ve Q duyarlılığının değerinin küçük mertebelerde olduğu aşikardır. İdeal olmama durumu da incelenmiştir. İdeal olmama durumunda birim-kazanç aktif elemanın tanım bağıntısı $v_o(t) = \beta v_i(t)$ ile belirlenmektedir. Burada β nın değeri birime çok yakındır. İdeal olmama durumu gözönüne alındığında, Tablo 1 deki bağıntılar Tablo 2 deki gibi olmaktadır.

Devreye RC-CR dönüşümü uygulandığında, diğer tip bandgeçiren süzgeç elde edilmektedir ki bağıntısı

$$\frac{i_o}{i_{in}} = \frac{s^2}{(1 + 2s + 2s^2 + s^3)} \quad (3)$$

denklem (3) teki gibi olmaktadır. Topoloji 2 örnek olarak alınırsa, dönüşüm sonucu ortaya çıkan devre topolojisi Şek. 1 de gösterilmiştir.



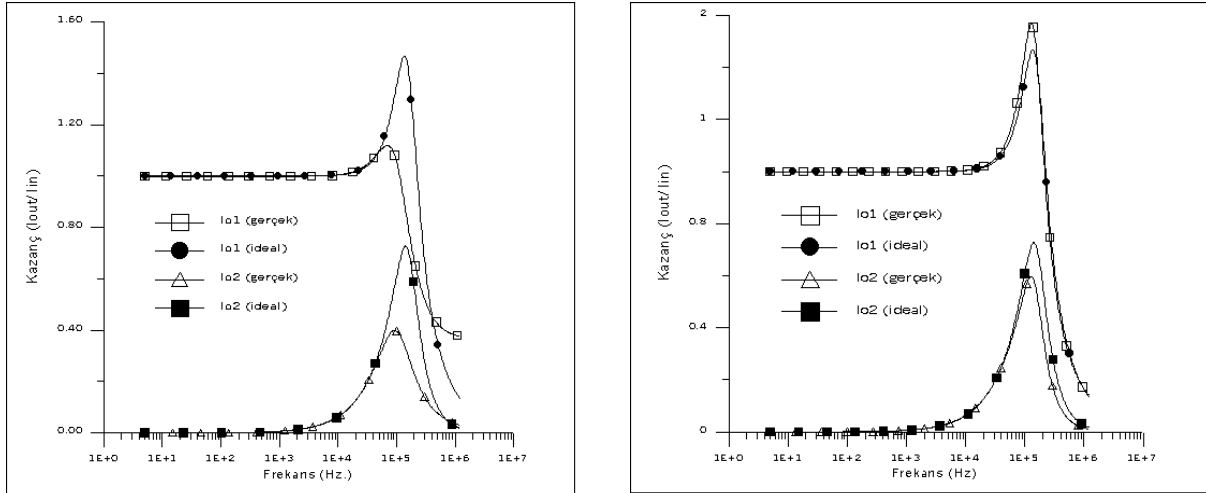
Şek. 1 Tablo 1 de gösterilen topoloji 2 ye RC-CR dönüşümü uygulanması sonucu elde edilen devre

Table 2. Aktif elemanın ideal olmaması halinde transfer fonksiyonları

Topoloji No'su	Transfer Fonksiyonu
1	$\frac{i_{o2}}{i_{in}} = - \frac{b_1 b_2 C_2 G_2 G_3 s}{G_1 G_2 G_3 + [G_1 (C_2 G_2 + C_3 G_3) + (1 - b_1 b_2) C_1 G_2 G_3] s + [C_3 (C_2 G_1 + C_1 G_3) + C_1 C_2 G_2 (1 - b_1 b_3)] s^2 + C_1 C_2 C_3 s^3}$
2	$\frac{i_{o2}}{i_{in}} = - \frac{b_1 b_3 C_2 G_2 G_3 s}{G_1 G_2 G_3 + [G_1 (C_2 G_2 + C_3 G_3) + (1 - b_1 b_3) C_1 G_2 G_3] s + [C_3 (C_2 G_1 + C_1 G_3) + (1 - b_1 b_3) C_1 C_2 G_2] s^2 + C_1 C_2 C_3 s^3}$

3. Simulasyon sonucu ve tartışma

Önerilen devrelerin teori ile uyuşma derecesini saptamak için simülasyon yapılmıştır. Tablo 1 de verilen devreler akım geribeslemeli kuvvetlendirici olan CMOS CCII+ larle kurulmuştur. Besleme gerilimleri $\pm 12V$ alınmıştır. Eşit değerli dirençler ve kapasitörler $1k\Omega$ ve 1 nF alındığında kutup frekansı $f_0 = 135\text{ kHz}$ olarak elde edilmiştir. İdeal ve ideal olmama durumlarına ilişkin her bir devrenin gösterdiği frekans cevabı Şek. 2 de



Şek. 2 Tablo 1 ve 2 de verilen topolojilere ilişkin frekans cevabı

gösterilmiştir. Şek. 2 den açıkça görülmektedir ki, teorik sonuçlarla gerçek devreden elde edilen sonuçlar uyum halindedir. Teorik sonuçlarla olan farklılıklar CMOS CCII+ nın ideal olmamasından kaynaklanmaktadır. 135 kHz te bile devrenin çıkışından tepeden tepeye $V_{OPP} > 20V$ genlik alınabilmektedir. Burada vurgulamak gerekir ki, topolojilerin frekans eğrilerine bakıldığında $+20\text{ dB/dek}$ ve -40 dB/dek eğimlerle asimetrik bir karakteristik sergiledikleri görülmektedir. Daha önce de söz konusu edildiği gibi, RC-CR dönüşümü transfer fonksiyonunu

$i_0 / i_{in} = s^2 / (1 + 2s + 2s^2 + s^3)$ şekline dönüştürmektedir ve bu durumda eğimler +40dB/dek ve -20dB/dek şeklinde değişmektedir. Bu durumda dönüşüm sonucu elde edilen süzgeç ile Tablo 1 deki süzgeç olmak üzere iki süzgeç ard arda bağlandığında frekans eğrisi, eğimler ± 60 dB/dek olmak üzere, simetrik hale gelmektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, AG ve BG işlevini yerine getiren, birim kazançlı eviren ve evirmeyen tip hücreler kullanılarak iki aktif süzgeç devresi önerilmektedir. Bir hücrenin yerini ikinci kuşak akım taşıyıcısı almaktadır. Eleman değerleri eşit seçildiğinde elde edilen transfer fonksiyonları üçüncü derece Butterworth süzgeç özelliğini göstermektedir. Süzgeç pratik olarak gerçekleştirirken bir hücre yerine ikinci kuşak akım taşıyıcısı konulmaktadır, böylelikle aynı zamanda yüksek empedanslı çıkış elde edilmektedir. Yüksek çıkış empedansına sahip olma özelliği ise birden fazla süzgecin ard arda kolaylıkla bağlanabilmesine olanak vermekte, bu da yüksek dereceli haberleşme süzgeci yapımını cazip hale getirmektedir. Devrede, eşit değerli olma koşuluyla, üç direnç ve üç kapasitör olmak üzere belli sayıda pasif eleman ile eviren ve evirmeyen tipten olmak üzere üç birim kazançlı hücre kullanılmaktadır. Önerilen süzgeçlerin devre tasarımcısına esneklik ve yeni olanaklar sağlayacağı açıktır.

Kaynakça

- [1] R. Senani, "New Current-Mode Biquad Filter", *International Journal of Electronics*, vol 73, Iss 4, pp 735-742, 1992.
- [2] M. Higashimura and F. Fukui, "Realization of Current Mode All-Pass Networks Using a Current Conveyor", *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, vol. 37, Iss. 5, pp. 660-661, 1990.
- [3] M. T. Abuelma'atti and A. M. Shabra, "A novel current-conveyor-based universal current-mode filter", *Microelectronics Journal*, Vol 27, Iss 6, pp. 471-475, 1996.
- [4] C. M. Chang, "Novel Universal Current-Mode Filter with Single-Input and 3 Outputs Using Only 5 Current Conveyors", *Electronics Letters*, Vol 29, Iss 23, pp 2005-2007, 1993.
- [5] M. T. Abuelma'atti and M. A. Al-Qahtani, "Current-mode universal filters using unity-gain cells", *Electronics Letters*, vol. 32, no. 12, pp. 1077-1078, 1996.
- [6] E. O. Güneş and F. Anday, "Realisation of current-mode universal filter using CFCCIIps", *Electronics Letters*, Vol 32, Iss 12, pp. 1081-1082, 1996.
- [7] C. M. Chang, "Current-Mode Lowpass Bandpass and Highpass Biquads Using Two CCII's", *Electronics Letters*, vol. 29, pp. 2020-2021, 1993.
- [8] A. Fabre, and M. Alami, "Universal Current-Mode Biquad Implemented from 2nd Generation Current Conveyors", *IEEE Transactions on Circuits and Systems I-Fundamental Theory and Applications*, Vol 42, Iss 7, pp 383-385, 1995.
- [9] A. Soliman, "New current mode filters using current conveyors", *A.E.Ü. Int. J. Electron. Commun.*, V. 51, No. 5, pp. 275-278, 1997.
- [10] S. Özoğuz and C. Acar, "Universal Current-Mode Filter with Reduced Number of Active and Passive Components", *Electronics Letters*, Vol. 33, Iss. 11, pp. 948-949, 1997.
- [11] R. Senani, "A Simple Approach of Deriving Single-Input Multiple-Output Current-Mode Filters", *Frequenz*, vol. 50, pp. 124-127, 1996.
- [12] G. W. Roberts and A. S. Sedra, "All current-mode frequency selective circuits", *Electronics Letters*, vol. 25, pp. 759-761, 1989.
- [13] B. Wilson, "Recent developments in current conveyor and current-mode circuits", *Proc. IEE PT. G*, vol. 137, (2), pp. 63-77, 1990.
- [14] C. Acar and S. Özoğuz, "High-Order Voltage Transfer Function Synthesis Using CCII+ Based Unity Gain Current Amplifiers", *Electronics Letters*, vol. 32, no. 22, pp. 2030-2031, 1996.
- [15] M. T. Abuelma'atti and M. A. Al-Qahtani, "Current-Mode Universal Filters Using Unity-Gain Cells", *Electronics Letters*, vol. 32, no. 12, pp. 1077-1078, 1996.
- [16] K. Ikeda and Y. Tomita, "Realization of current-mode biquadratic filter using CCII's with current followers", *Electron. Commun. Jpn. PT. 2, electron.*, 77, (1), pp. 99-107, 1994.
- [17] H. Kuntman, O. Çiçekoğlu, S. Özcan, "Third Order Butterworth Filter For Current-Mode Operation Equal Valued Capacitors, Equal Valued Resistors And Unity Gain Active Elements", *Proc. of the 13th International Conference on Microelectronics (ICM'2001)*, pp. 149-152, Rabat, October 29-31, 2001.