

CDBA AKTİF ELEMANI KULLANILARAK GERÇEKLEŞTİRİLEN TÜM GEÇİREN FİLTRELER

Sadri ÖZCAN¹

Hakan KUNTMAN¹

Ali TOKER¹

¹Istanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi,
Elektronik ve Haberleşme Müh. Bölümü, 80626, Maslak, İstanbul,
sozcan@ehb.itu.edu.tr kuntman@ehb.itu.edu.tr alitoker@ehb.itu.edu.tr

Oğuzhan ÇİÇEKOĞLU²

²Bogaziçi Üniversitesi, M.Y.O. Elektronik Prog. 80815 Bebek-İstanbul
cicekoglu@boun.edu.tr

Anahtar Kelimeler: Analog işaret işleme, Tüm-geçiren filtreler, Aktif filtreler

ABSTRACT

First order all-pass circuit is in general used for phase shifting from 0 to π while keeping the amplitude of the input signal constant over the frequency range. All-pass networks are used in active network synthesis for realization different types of active circuits such as oscillators, and high-Q bandpass filters. Therefore many realizations of all-pass networks employing different types of active elements are presented in the literature. Recently, a new active building block, current differencing buffered amplifier (CDBA) is introduced to provide new possibilities in active-RC as well as MOSFET-C circuit synthesis and to simplify the circuit implementation. The basic aim of this paper is to present several of CDBA-based all-pass filter topologies. First order all-pass filters employing single CDBA are systematically generated and five example circuits are given. The proposed filters are experimentally tested to verify the theoretical analysis.

1. GİRİŞ

Son on yılda ve özellikle geçen yıllarda, akım-geribeslemeli işlemsel kuvvetlendiriciler (CFA), faz çeviren ve faz çevirmeyen ikinci kuşak akım taşıyıcıları (CCII+ ve CCII-) [1,2] gibi yeni aktif yapı blokları, daha fazla dinamik genliğe sahip olmaları, daha fazla band genişliğine sahip olmaları ve düşük güç gereksinim duymaları gibi özelliklerinden dolayı oldukça fazla beğeni kazanmışlardır. Bunun yanı sıra, farksal gerilim akım taşıyıcıları (DVCC), farksal fark alan akım taşıyıcısı (DDCC), üçüncü kuşak akım taşıyıcısı (CCIII), dört uçlu yüzen nülör (FTFN) gibi değişik tipte akım modlu devreler de literatürde yer almaktadır [3-6]. Genel olarak, bir tek birinci mertebeden tüm-geçiren devre, giriş işareti frekans bölgesi boyunca sabit iken 0 dan π ye kadar faz kaydırılmasında kullanılırlar. Önceki çalışmalarda, akım taşıyıcı elemanlı birinci mertebeden tüm-geçiren filtreler konusu, harmoniklerin azaltılmasını ve kuadratik özellik sağlanmasından ötürü iki-eleman

kontrollü osilatörlerin gerçekleştirilmesinde uygulama alanı bulmuştur [7]. Yukarıda adı geçen aktif elemanlar kullanılarak oluşturulan tümgeçiren devreler de yapı blokları olarak literatürde yayımlanmıştır [8-10].

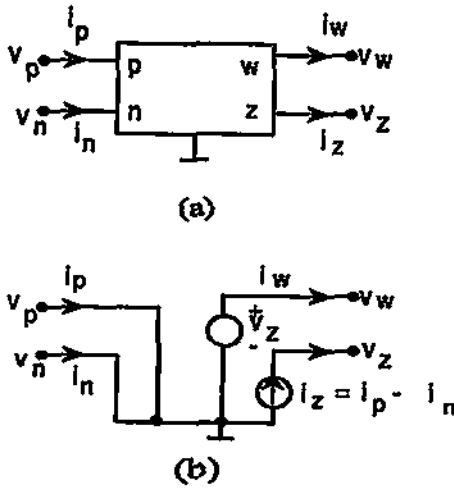
Son zamanlarda yayımlanan çalışmalarda, Acar ve Özoğuz tarafından, devre sentezinde yeni imkanlar sağlamak ve devre kuruluşunu basitleştirmek için, Akım Farkını Alan Tamponlu Kuvvetlendirici (CDBA, Current Differencing Buffered Amplifier) adını alan yeni bir aktif yapı bloğu tanımlanmıştır [11-12].

Bu çalışmanın esas amacı, yeni CDBA-elemanlı birinci mertebeli tüm-geçiren filtre topolojilerini sunmaktır. Tek bir CDBA-elemanlı birinci mertebeli tüm-geçiren filtreler sistematik bilgisayar programı yöntemi ile elde edilmişlerdir [13] ve transfer fonksiyonları benzer fakat farklı koşul elemanlı, kazanç ayarı ve diğer özellikler sağlayan, beş farklı topoloji sunulmuştur.

2. AKIM FARKINI ALAN TAMPONLU KUVVETLENDİRİCİ (CDBA)

CDBA'nın devre sembolü Şek. 1a da, eşdeğer devresi de Şek. 1b de gösterilmiştir. Burada p ve n giriş uçları, w ve z çıkış uçlarıdır. Akım farkı alan tamponlu kuvvetlendirici (1) denklemi ile karakterize edilmiştir [11, 12].

$$\begin{bmatrix} i_z \\ v_w \\ v_p \\ v_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_z \\ i_w \\ i_p \\ i_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

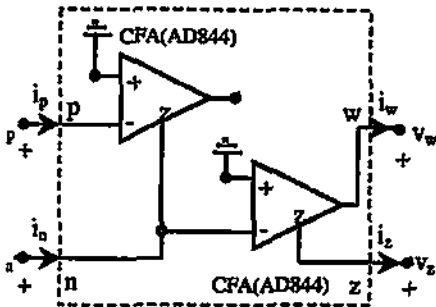


Şek.1 a) CDBA nm devre sembolü
b) CDBA nm eşdeğer devresi

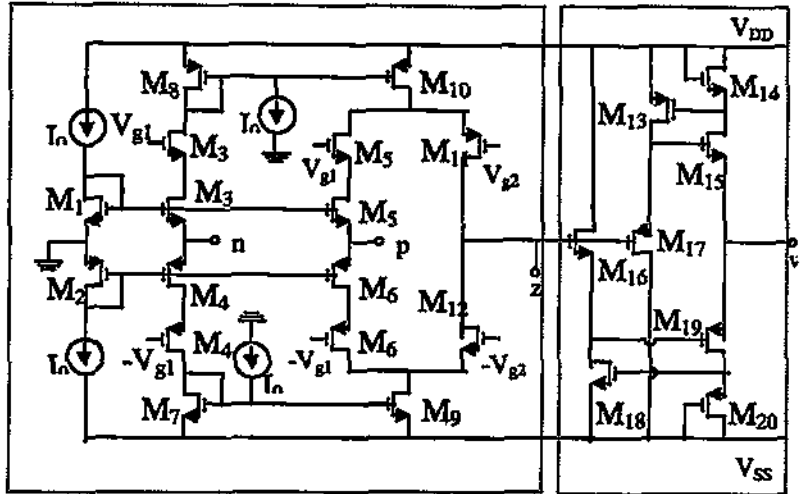
Yukarıda tanımlanan bağıntılara göre ve Şek. 1 deki eşdeğer devreye göre, z ucundan akan akım, p ve n uçlarından akan akımların farkını izlemekte, bu yüzden de z ucuna akım çıkışı denmektedir. p- ve n-uçları, sırasıyla, faz döndüren ve faz döndürmeyen giriş uçlarıdır. Bunun dışında, w ucu, z ucunda oluşan gerilimi izlemekte, bu yüzden buna gerilim çıkış ucu denmektedir. Burada vurgulamak gerekir ki üzerlerinden I_p ve I_n akımları akan giriş uçları içten topraklıdır. Yine vurgulamak gerekir ki, Şek.2a da gösterildiği gibi, CDBA elemanı ticari olarak kolaylıkla bulunabilen CFA yani AD844 tüm devreleri kullanılarak veya Şek. 2b de görüldüğü gibi CMOS düzenleri ile teşkil edilebilir.

3. YENİ DEVRE TOPOLOJİLERİ

Türetilen yeni CDBA-elemanlı birinci mertebeden tüm-geçiren filtreler Şek. 3 te gösterilmiştir. Sunulan topolojilerin tasarım denklemleri de yine Şek. 3 te verilmiştir.



(a)



(b)

Fig. 2. a) CDBA nm CFA larla gerçekleştirilmesi [11] b) CDBA nm CMOS düzenleri ile gerçekleştirilmesi[12]

Birinci mertebeden tüm-geçiren devre olarak kullanılabilecek bütün bu devrelerin karakteristik denklemleri aşağıdaki gibidir.

$$\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = K \frac{1 - s\tau}{1 + s\tau} \quad (2)$$

Burada K kazancı +1 veya -1 olabilmektedir. Bütün bu devreler kapasitör sayısı bakımından kanonik biçime sahiptirler. İdeal olarak bütün devreler benzer gerilim geçiş fonksiyonlarına sahiptirler, fakat bunlar farklı devre yapılarına sahip olduklarından gerçek davranışları farklı olacaktır. Aktif hatalar gözönüne alınmak istendiğinde, aktif elemanın ideal-olmayan gerilim geçiş fonksiyonunu ele almak gerekir. Farklı olan ideal-olmayan geçiş karakteristiği yer sınırlaması nedeniyle burada verilmeyecektir.

4. DENEYSEL SONUÇLAR

Üretilen bütün tüm geçiren filtreler Şek-2a da görüldüğü gibi, CDBA elemanını Analog Devices firmasınca imal edilen CFA tipi AD844 tümdevresi [14] ile gerçekleştirilerek deneye tabi tutulmuşlardır. Doğru gerilim besleme düzeninin gerilimi $V_{CC}=12V$ ve $V_{EE}=-12V$ olarak alınmıştır. Sunulan devrelerin başarımını (performans) göstermek üzere örnek olarak 2nci topolojiye ilişkin pasif eleman değerleri $C_1=10nF$, $R_1=1k\Omega$, $R_2=0.5k\Omega$, $R_3=2k\Omega$ olarak alındığında 90° lik faz kaymasının meydana geldiği kutup frekansı $f_p=31.8kHz$ olarak elde edilmiştir. 2nci topoloji için elde edilen faz ve genlik karakteristiklerine ilişkin sonuçlar Şek. 4 te gösterilmiştir. Şek. 4 e bakılarak vurgulamak gerekir ki, devrenin K gerilim kazancı, yitk ve ideal-olmama etkilerinden dolayı birim-kazançtan biraz büyüktür. Yüksek frekanslarda ideal

devre ile karşılaştırıldığında deneysel devreye ilişkin faz ve genlik karakteristiklerindeki sapmalar,

kullanılan AD844 tümdevresinin frekans bandının sınırlı olmasından kaynaklanmaktadır.

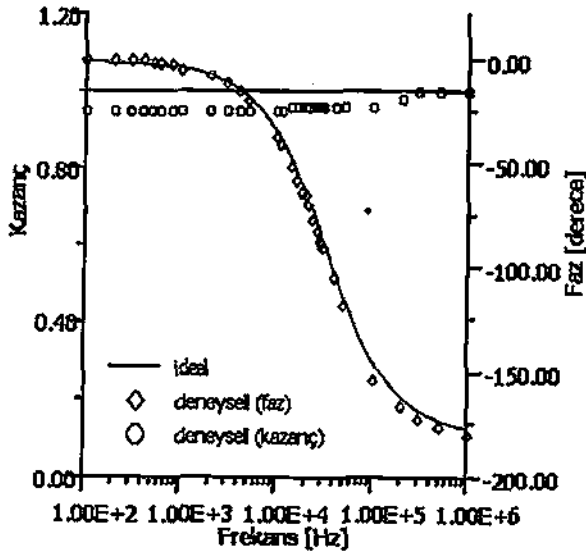
topoloji1	$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{G_2 - G_1}{G_1} \frac{1 - sC \frac{G_1 - (G_2 - G_3)}{G_3(G_2 - G_1)}}{1 + sC \frac{1}{G_3}}$ $K = -1 \quad 2G_1 = G_2 = G_3$
topoloji2	$\frac{V_o}{V_i} = \frac{G_1}{2G_3} \frac{1 - sC \frac{G_2 - G_1}{G_1 G_2}}{1 + sC \frac{1}{G_2}}$ $K = 1 \quad G_1 = 2G_3 = G_2 / 2$
topoloji3	$\frac{v_o}{v_i} = K \frac{1 - sC \frac{G_1}{G_3(G_2 - G_1) - G_1 G_2}}{1 + sC \frac{1}{(G_2 + G_3)}}$ $K = 1 \quad G_1 = G_4 \quad G_2 G_3 = 2G_4(G_2 + G_3)$
topoloji4	$\frac{v_o}{v_i} = K \frac{1 - sC \frac{G_1}{G_3(G_2 - G_1) - G_1 G_2}}{1 + sC \frac{1}{(G_2 + G_3)}}$ $K = 1 \quad G_1 = 2G_3 \quad 4G_3(G_2 + G_3) = G_2 G_3$
topoloji5	$\frac{v_o}{v_i} = K \frac{1 - sC \frac{G_4}{G_2(G_1 - G_3) - G_4(G_1 + G_2 + G_3)}}{1 + sC \frac{1}{(G_1 + G_2 + G_3)}}$ $K = -1 \quad G_2(G_1 - G_3) = 2G_4(G_1 + G_2 + G_3)$

Şek. 3. Türetilen birinci mertbe tüm-geçiren filtre topolojileri ve tasarımına ilişkin denklemleri

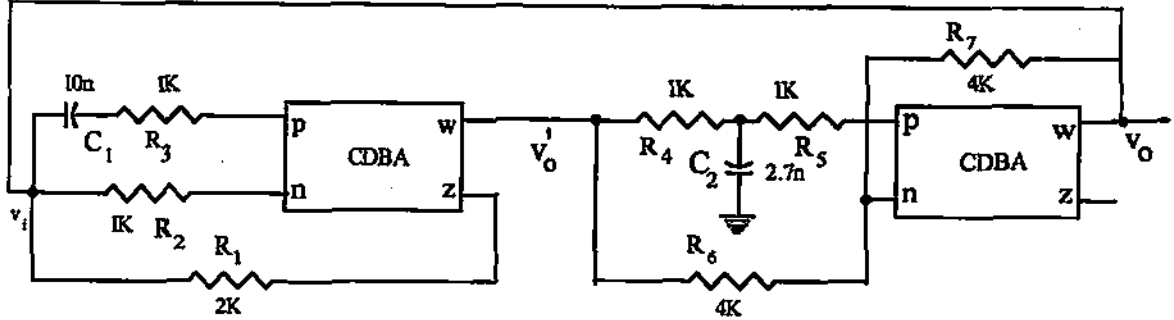
Şek. 3 teki diğer devre topolojilerinin karakteristiklerinde de aynı frekans bölgesinde küçük de olsa sapmalar olmaktadır. Sunulan devre topolojilerinin uygulamasına örnek olarak Şek. 3 te verilen tüm-geçiren filtrelerden iki tanesi ardarda bağlanarak birim-kazançlı geribesleme çevrimi oluşturularak bir osilatör devresi kurulup çalıştırılabilir. Şek. 5 te böyle bir devre görülmektedir. Osilasyon açıl frekansı (3) bağıntısı ile hesaplanabilir.

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{\tau_1 \tau_2}} \quad (3)$$

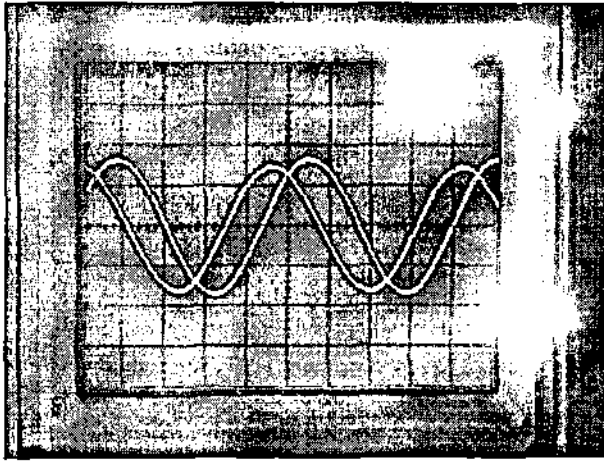
Burada $\tau_1 = C_1 R_3$ ve $\tau_2 = C_2 (R_4 / R_3)$ dir. (3) bağıntısı kullanılarak hesaplanan osilasyon frekansı $f_{osc} = 132.978 \text{ kHz}$ dir. Bu değer deneysel olarak ölçülen $f_{osc} = 134.510 \text{ kHz}$ değeri ile karşılaştırıldığında bunun teorik değere oldukça yakın olduğu görülmüştür.



Şek. 4. Şekil 3 teki 2nci topolojiye ilişkin genlik ve faz karakteristikleri



Şek. 5 Bir uygulama örneği olarak iki tümgeçiren filter kullanılarak kurulan kuadratik sinüsoidal osilatör



Şekil 6. Şekil 5 teki osilatör devresinin V_0 ve V_0' çıkışlarına ilişkin dalga şekilleri (5V/div, 2µs/div)

5. SONUÇ

Tek bir CDDBA, tek bir kapasitör ve üç ila dört direnç kullanılarak birbirinden farklı beş tane birinci mertebeden tüm-geçiren filtre topolojileri sunulmuştur. Teklif edilen bu devreler devre sentezine esneklik sağlayan iki farklı geçiş fonksiyonuna sahip tümgeçiren filtre tipinden türetilmişlerdir. İdeal olarak devrelerin

Şek. 6 da ise V_0 ile V_0' uçlarındaki gerilimlerin deneysel olarak elde edilen dalga şekilleri görülmektedir. Osilatör devresinde kullanılan devrelerden pozitif kazançlı olanının transfer fonksiyonu gözönüne alındığında bunun faz cevabının

$$\phi_1(\omega) = -2\arctg(\omega C_2 (R_4 // R_5))$$

negatif kazançlı olanının ise faz cevabının

$$\phi_1(\omega) = 180 - 2\arctg(\omega C_1 R_3)$$

şeklinde hesaplandığı gözönüne alındığında Şek. 6 daki her iki çıkışa ilişkin dalga şekilleri arasındaki faz farkının 90° olduğu görülmüştür.

hepsi benzer geçiş fonksiyonuna sahip olmalarına rağmen, ideal olmama cevapları, bütün topolojilerin farklı fiziksel devreler olmalarından dolayı, farklıdır. Aktif elemandan gelen hataların, CDDBA'nın z ucundaki sonlu değerdeki direncin ve p ve n uçlarındaki dirençlerin sıfır olmayışının etkisi gözönüne alındığında, elde edilecek olan ideal-olmayan transfer fonksiyonları genel olarak farklı olacaktır. Çok sayıda sunulan topolojiler içinden yapılacak bir tasarıma uygun devre seçimi imkanı sağlanmaktadır. Bu devreler, kazanç sabiti, τ ve K'nın bağımsız ayarlanabilirliği ve tabloda verilen diğer büyüklükler gibi, aynı isimli çeşitli parametreleri gözönüne alınarak kolaylıkla karşılaştırılabilir. Belirtmekte ve vurgulamakta yarar vardır: Sunulan devre topolojileri sistematik çalışma sayesinde elde edilmişlerdir ve elde edilecek yeni topolojilerin sunulan topolojilerle sınırlı olmayacağı besbellidir.

KAYNAKLAR

1. Wadsworth, D.C.: *Accurate Current Conveyor Integrated Circuit*. In: *Electronics Letters*, Vol 25, Iss 18, 1989, p.1251-1252
2. Chang, C.M., Hwang, C.S., and Tu, S.H.: *Voltage-Mode Notch, Lowpass and Bandpass*

Filter Using Current-Feedback Amplifiers. In: Electronics Letters, Vol 30, Iss 24, 1994, p.2022-2023

Elwan, H.O., Soliman A.M.: *Novel CMOS Differential Voltage Current Conveyor and its Applications.* In: IEE Proceedings Pt.G, vol.144, Iss 3, 1997, p.195-200.

Chiu, W., Liu, S.L., Tsao, H.W., Chen, J.J.: *CMOS Differential Difference Current Conveyors and their Application.* In: IEE Proceedings Pt.G, vol.143, Iss 2, 1996, p.91-96.

Huijsing, J.H., De Korte J.: *Monolithic nullor: A universal active element.* In: IEEE J. Solid-State Circuits, Vol. Sc-12, 1997, p.50-64.

Fabre, A.: *3rd-Generation Current Conveyor - A New Helpful Active Element.* In: Electronics Letters, Vol 31, Iss 5, 1995, p.338-339.

Vosper, J.V., Heima, M.: *Comparison of single- and dual-element frequency control in a CCII-based sinusoidal oscillator.* In: Electronics Letters, Vol 32, Iss 25, 1996, p.2293-2294.

Chang, C.M.: *Current Mode Allpass Notch and Bandpass Filter Using Single CCII.* In: Electronics Letters, Vol 27, Iss 20, 1991, p.1812-1813.

Higashimura, M., Fukui, Y.: *Realization of All-Pass and Notch Filters Using a Single Current*

Conveyor. In: International Journal of Electronics, Vol 65, Iss 4, 1988, p.823-828.

10. Salawu, R.L.: *Realization of an All-Pass Transfer Function using the Second Generation Current Conveyor.* Proceedings of the IEEE, Vol 68, Iss 1, 1980, p.183-184.

11. Acar C., Özoğuz S.: *A new versatile building block: current differencing buffered amplifier suitable for analog signal processing filters.* In: Microelectronics Journal, Vol.30, 1999, p.157-160.

12. Özoğuz S., Toker A., Acar C.: *Current-mode continuous time fully integrated universal filters.* In: Electronics Letters, Vol.35, No.2, 1999, p.97-98.

13. Çiçekoğlu O., Kuntman, H.H.: *Circuit design techniques: AD-HOC methods or systematic generation methods.* In: Proc. of 10th Int. Conf. On Microelectronics (ICM'98), December 14-16, Monastir, Tunisia, 1998, p.187-190.

14. Analog Devices Inc.: *Linear Products Data Book*, 1990, (Norwood, Massachusetts, U.S.A.)

15. Özcan S., Kuntman H., Toker A., Çiçekoğlu O.: *All-pass Filters Employing a Newly Introduced Active Element: CDBA, Current Differencing Buffered Amplifier.* In Proc. of 7th Int. Conf. On Optimization of Electrical and Electronic Equipment (OPTIM2000), Brasov, May 11-12, 2000