

# NİTELİK ÇARPANI ÖZFREKANSINDAN BAĞIMSIZ AYARLANABİLİR TEK AKTİF ELEMANLI BANT GEÇİREN SÜZGEÇ DEVRESİ

Muhammed A. İBRAHİM<sup>1</sup>

Hakan KUNTMAN<sup>2</sup>

Oğuzhan ÇİÇEKOĞLU<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü  
Elektrik-Elektronik Fakültesi

İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469, Maslak, İstanbul

<sup>2</sup>Boğaziçi Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 34342 Bebek, İstanbul

<sup>1</sup>e-posta: ibrahimm@itu.edu.tr

<sup>2</sup>e-posta: kuntman@ehb.itu.edu.tr

<sup>3</sup>e-posta: cicekogl@boun.edu.tr

*Anahtar sözcükler: Bant geçiren süzgeç, DDCC*

## ABSTRACT

*In this work, a new voltage mode bandpass filter based on only one active element and minimum passive elements is proposed. The circuit uses a differential difference current conveyor (DDCC) as active element together with two resistors and two capacitors. The quality factor  $Q$  of the filter can be adjusted independently from its central frequency  $\omega_o$ . It is a modified version of a previously proposed bandpass filter circuit by replacing its active element by a DDCC and performing a positive feedback to enable adjustment of the  $Q$  parameter independently from  $\omega_o$  parameter. SPICE simulation results are given to confirm the theory.*

## 1. GİRİŞ

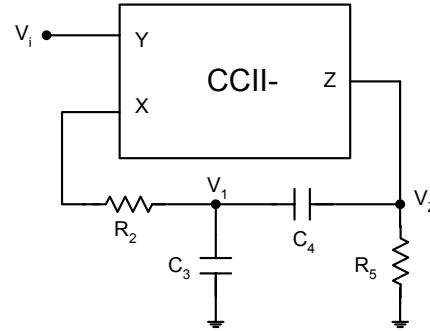
Literatürde bir çok gerilim ve akım modlu bant geçiren süzgeç devreleri sunulmuştur [1-4]. Bunlar ya bir ya da daha fazla aktif eleman üzerine kurulmuştur. Referans [2] ve [4]'de sunulan devreler en az aktif ve pasif eleman kullanmaktadır. Ancak, hiçbirinde de nitelik çarpanı  $Q$  özfrekansı  $\omega_o$ 'dan bağımsız ayarlanamamaktadır.

Yukarıda bahsi edilen problemi çözmek üzere bu çalışmada tek bir aktif eleman ile en az pasif eleman kullanarak ikinci dereceden bir gerilim modlu bant geçiren süzgeç devresi sunulmuştur. Bu devre, bir diferansiyel fark akım taşıyıcı (DDCC) [5] ve dört pasif eleman kullanmaktadır. Nitelik çarpanı  $Q$  özfrekansı  $\omega_o$ 'dan bağımsız ayarlanabilir olan önerilen devre, daha önce literatürde Liu ve Tsao [2] tarafından sunulan akım taşıyıcı üzerine kurulan bir bant geçiren süzgeç devresinin üzerinde bazı değişiklikler yaparak elde edilmiştir. Nitelik çarpanı  $Q$  özfrekansı  $\omega_o$ 'dan bağımsız ayarlanamayan yukarıda bahsi edilen bant geçiren süzgeç devresinin aktif elemanı DDCC ile

değiştirerek ve Fabre ile diğerlerin [6] sunduğu bir yöntem kullanılarak önerilen devre kurulmuştur. Devrenin başarımı SPICE benzetim programı ile gösterilmiştir.

## 2. ÖNERİLEN DEVRE

Tek bir CCII- üzerine kurulan, en az pasif eleman içeren ve Liu ve Tsao [2] tarafından sunulan devre Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Liu ve Tsao tarafından önerilen bant geçiren süzgeç [2]

Bu devrenin ilgili transfer fonksiyonları aşağıda verilmiştir

$$\frac{V_z}{V_i} = \frac{-H_o as}{bs^2 + as + 1} \quad (1)$$

$$\frac{V_1}{V_i} = \frac{1}{bs^2 + as + 1} \quad (2)$$

Burada

$$H_o = \frac{C_3 R_5}{R_2 (C_3 + C_4)} \quad \omega_o \text{ 'daki kazanç,}$$

$a = R_2 (C_3 + C_4)$  ve  $b = R_2 R_5 C_3 C_4$  dir. Başka bir deyişle,

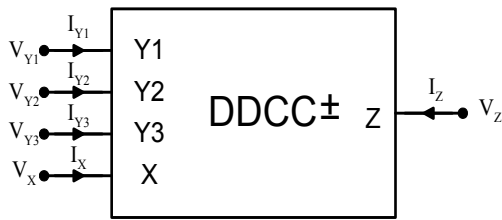
$$\omega_o = \left( \frac{1}{C_3 C_4 R_2 R_5} \right)^{1/2} \quad Q = \frac{1}{C_3 + C_4} \left( \frac{R_5}{R_2} C_3 C_4 \right)^{1/2} \quad (3)$$

yukardan görüldüğü gibi adı geçen devrenin ve buna benzer devrelerin [4]  $Q$  parametresi  $\omega_o$  'ndan bağımsız ayarlanamamaktadır. Bunun yanı sıra, bu tür devreler yalnız düşük  $Q$  'ler için elverişlidir. Örneğin, Şekil 1'deki devrenin  $Q$  parametresinin en büyük değerde tutulması için  $R_2=R_5$  olması gerekmektedir. Denklem (3)'ten anlaşıldığı gibi  $C_4=4QC_2$  olmak zorundadır. Bu değer de büyük  $Q$  'ler için pratik bir değeri olmadığı açıktır. Fabre ve diğ. [6] böyle bir problemi çözmek üzere 1996'da bir yöntem önermişlerdir. Bu yöntemde göre, devrenin çıkışından girişine pozitif bir geribesleme yapmak gerekmektedir. Ancak, böyle bir yöntem doğrudan Şekil 1'deki devreye uygulanamamaktadır. Halbuki, Şekil 1'deki devrenin kullandığı aktif eleman çok girişli olan DDCC aktif elemanı ile değiştirilirse adı geçen yöntem doğrudan elde edilen devreye uygulanabilir.

Şekil 2'de şematik olarak verilen DDCC elemanının tanım bağlantıları matrisel olarak aşağıdaki gibidir

$$\begin{bmatrix} I_{Y1} \\ I_{Y2} \\ I_{Y3} \\ V_X \\ I_Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \pm 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{Y1} \\ V_{Y2} \\ V_{Y3} \\ I_X \\ I_Z \end{bmatrix} \quad (4)$$

Burada (+) ve (-) işaretleri sırasıyla DDCC+ ve DDCC-'yi göstermektedir.

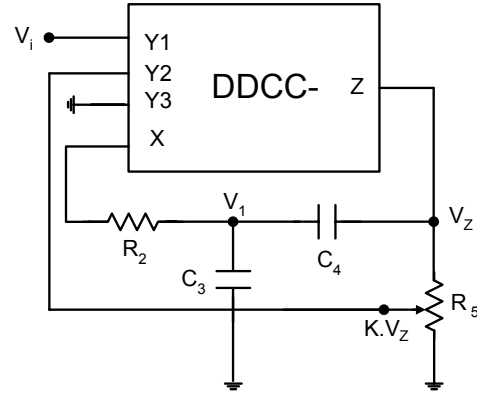


Şekil 2. DDCC sembolü

Şekil 1'de verilen devrenin CCII- elemanı DDCC- elemanı ile değiştirilip Şekil 3'de verildiği gibi devrenin çıkışından girişine bir pozitif geribesleme yapılırsa elde edilen devrenin  $Q$  parametresi  $\omega_o$  'ndan bağımsız ayarlanabilir. Geribeslemeyi gerçekleştirmek üzere  $R_5$  direnci ayarlanabilir bir direnç olarak seçilmiştir. Sonuçta devrenin transfer fonksiyonu aşağıdaki gibi verilebilir

$$\frac{V_z}{V_i} = \frac{-H_o a s}{b s^2 + a(1-H_o K)s + 1} = \frac{-R_5 C_3 s}{R_2 R_5 C_3 C_4 s^2 + (R_2(C_3 + C_4) - K R_5 C_3)s + 1} \quad (5)$$

Burada  $0 < H_o K < 1$ .



Şekil 3. Önerilen bant geçiren süzgeç

Bu şekilde,  $\omega_o$  aynı önceki değerinde olmaktadır ( $R_5$ 'in değeri sabit kaldığı sürece) ve  $Q$ 'nun değeri aşağıdaki gibidir

$$Q' = \frac{Q}{1 - H_o K} = \frac{\left( \frac{R_5}{R_2} C_3 C_4 \right)^{1/2}}{C_3 + C_4 - K C_3 \frac{R_5}{R_2}} \quad (6)$$

$\omega_o$ 'daki kazanç ise

$$H_o' = \frac{H_o}{(1 - H_o K)} = \frac{\frac{C_3 R_5}{R_2 (C_3 + C_4)}}{C_3 + C_4 - K C_3 \frac{R_5}{R_2}} \quad (7)$$

şeklinde olmaktadır.

(6)'dan anlaşıldığı gibi  $Q$ 'nun değeri  $K$  faktörüne bağlı olmaktadır. Bu değer ise gerilim bölücü değeridir. Bu şekilde  $Q$ 'nun değeri  $K$  ile  $\omega_o$  'dan bağımsız olarak ayarlanabilir.

Önerilen devrenin duyarlılık analizi aşağıdaki sonuçları vermektedir

$$S_{R_2}^{a_o} = S_{R_5}^{a_o} = S_{C_3}^{a_o} = S_{C_4}^{a_o} = -\frac{1}{2},$$

$$S_{R_2}^{Q'} = -S_{R_5}^{Q'} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{(C_3 + C_4) + K C_3 \frac{R_5}{R_2}}{(C_3 + C_4) - K C_3 \frac{R_5}{R_2}} = -\frac{1(1 + K H_o)}{2(1 - K H_o)},$$

$$S_{C_3}^{Q'} = -S_{C_4}^{Q'} = \frac{1}{2} \frac{C_4 - C_3(1 - K \frac{R_5}{R_2})}{C_4 + C_3(1 - K \frac{R_5}{R_2})},$$

$$S_K^{Q'} = S_K^{H_o'} = \frac{-K C_3 R_5}{(C_3 + C_4) R_2 (1 - \frac{K C_3 R_5}{R_2 (C_3 + C_4)})} = \frac{-K H_o}{1 - K H_o} = -K H_o \left( \frac{Q'}{Q} \right)$$

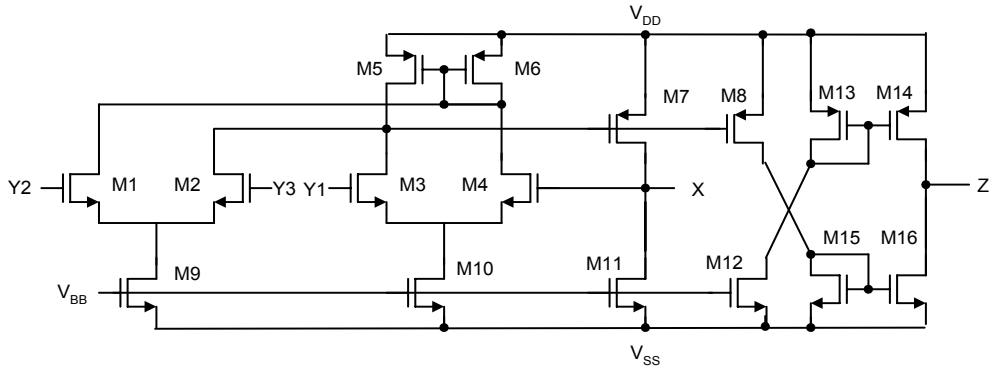
Buradan anlaşıldığı gibi  $Q$ 'nun  $R_2$  ve  $R_5$ 'e göre duyarlılığı  $(1 - K H_o)$ 'ya bağlıdır; yani  $Q$  ne kadar büyük

tutulursa devrenin  $Q'$ 'sü yukardaki parametrelere göre o kadar daha büyük duyarlılığa sahip olmaktadır.  $Q'$ 'nun  $K'$ 'ya göre duyarlılığına bakıldığında ( $\Delta Q'/Q'$ )  $= S_K^{Q'}$  ( $\Delta K/K$ ) olduğu görülebilir, yani  $K'$ 'nin değeri 1% değişirse  $S_K^{Q'}$ 'nin değeri 10%u geçmemesi için  $Q'=10Q$  olması gerekmektedir. Başka bir deyişle önerilen devre,  $Q'$ 'nun en fazla 10 kat artırılması için kullanılabilir.

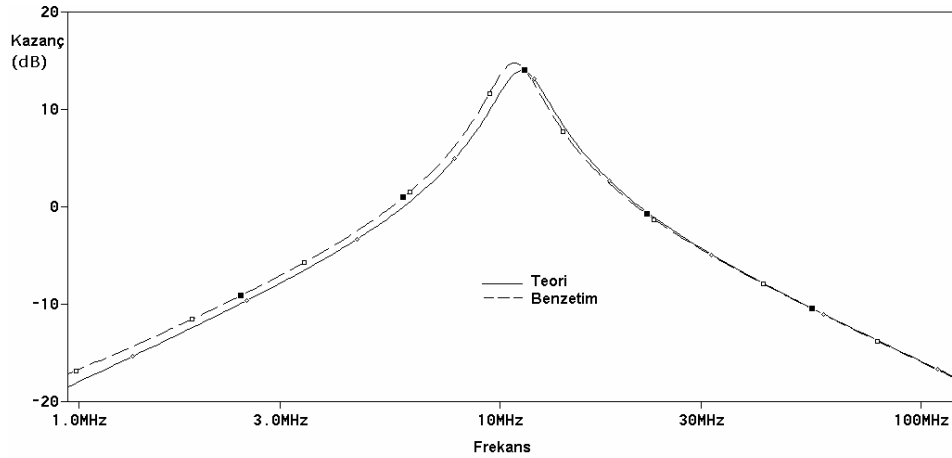
### 3. BENZETİM SONUÇLARI

Önerilen bant geçiren süzgeç, teorik analizlerin doğruluğunu kanıtlamak için, SPICE benzetim programı ile benzetilmiştir. Şekil 3'de verilen DDCC-

'in benzetimi için [5]'de verilen ve Şekil 4'de gösterilen CMOS yapısı MIETEC 0.5  $\mu\text{m}$  proses model parametrelerinden yararlanarak kullanılmıştır. MOS transistörlerin boyutları Tablo 1'de verilmiştir. Devrenin kazanç-frekans yanıtı Şekil 5'de verilmiştir. Benzetimde,  $f_o \approx 11.250$  MHz için  $R_2=5$  k $\Omega$ ,  $R_5=10$  k $\Omega$  ve  $C_3=C_4=2$  seçilmiştir. Ayarlanabilir direncin  $K$  faktörü 0.8 olarak ayarlanmıştır. Devrenin dinamik aralığını kontrol etmek üzere girişine 400 mVluk (tepeden tepeye) ve 11.250 MHzlik bir sinüs işareti uygulanmıştır. Şekil 6'de görüldüğü gibi çıkışta distorsiyonsuz bir çıkış işareti elde edilmiştir. Şekil 4 ve Şekil 5'den anlaşıldığı gibi devrenin benzetim ile teorik sonuçları uyusmaktadır.



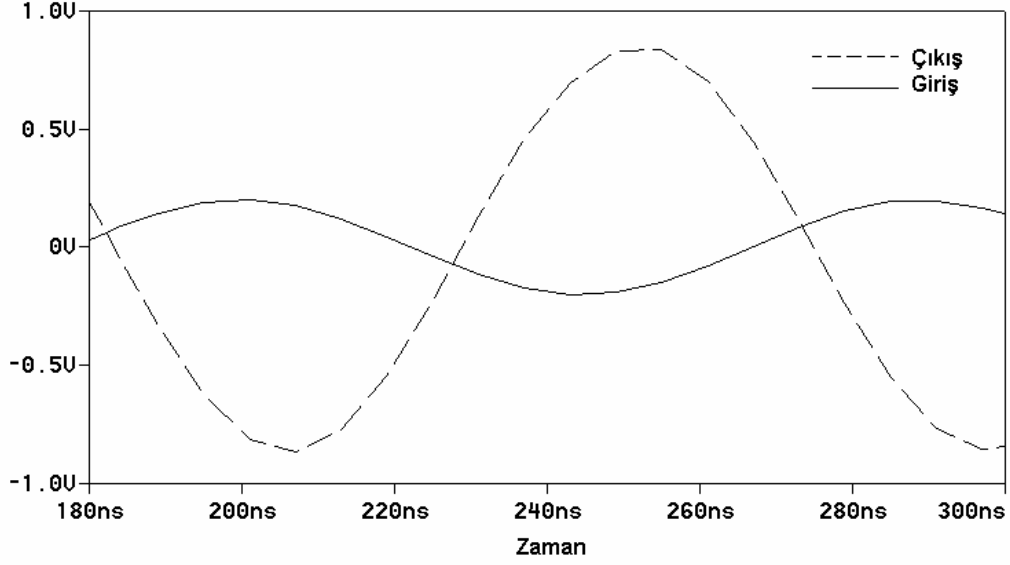
Şekil 4. DDCC- için bir CMOS yapısı [5]



Şekil 5. Önerilen devrenin kazanç-frekans yanıtı

Tablo 1. CMOS yapısında kullanılan MOS transistörlerin boyutları

TRANSISTOR	W ( $\mu\text{m}$ )	L ( $\mu\text{m}$ )
M1-M4	2	1
M5-M6	25	1
M7-M8	30	1
M9-M10	4	1
M11-M12	7	1
M13-M14	30	1
M15-M16	7	1



Şekil 6. 400mVluk (tepeden tepeye) ve 11.250 MHzlik sinüs giriş işareti için önerilen devrenin zaman domeninde yanıtı

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada, bir gerilim modlu bant geçiren süzgeç sunulmuştur. Sunulan devrenin  $Q$  parametresi  $\omega_0$  parametresinden bağımsız ayarlanmaktadır. En az aktif ve pasif eleman kullanan önerilen yapı bir geribesleme yaparak basit bir devrenin üzerine kurulmuştur. Duyarlılık analizi sonucu, elde edilen devrenin  $Q$  parametresi bir önceki devreye göre 10 kat artırılabilir olduğunu göstermektedir. Önerilen süzgeç devresi tasarımcılar için yeni olanaklar getirmektedir.

#### KAYNAKLAR

- [1] Tek H. and Anday F., Voltage transfer function synthesis using current conveyors, ELECTRONICS LETTERS, Vol. 25, pp. 1552-1553, 1989.
- [2] Liu S. -I. and Tsao H.W., The single CCII biquad with high-input impedance, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS-I, Vol. 38, pp. 456-461, 1991.
- [3] Higashimura M., Realization of voltage-mode biquads using CCII+, ELECTRONICS LETTERS, Vol. 27, pp. 1345-1346, 1991.
- [4] Ibrahim, M.A., Kuntman, H. and Cicekoglul, O., New second-order low-pass, high-pass and band-pass filters employing minimum number of active and passive elements, SCS'2003: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SIGNALS, CIRCUITS & SYSTEMS, Iasi, Romania, Vol. 1, pp. 557-560, 2003.
- [5] Chiu, W., Liu, S.-I, Tsao, H.-W and Chen, J.-J., CMOS differential difference current conveyors and their applications, IEE PROC. CIRCUIT DEVICES SYST., Vol. 143, pp. 91-96, 1996.
- [6] Fabre, A., Amrani, H. and Saaid;O., Current-Mode Band-Pass Filters with Q-Magnification, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS—II, Vol. 43, pp. 839-842, 1996.