

# AKIM GERİBESLEMELİ OTA KULLANARAK İKİNCİ DERECEDEDEN YÜKSEK GEÇİREN AKTİF SÜZGEÇ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Hasan ÇİÇEKLİ<sup>1</sup>

Murat AKSOY<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mustafa Kemal Üniversitesi Antakya MYO, Hatay

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fak. Elektrik-Elektronik Müh.Böl.  
Balçalı, Adana

<sup>1</sup>e-posta:hcicekli@hotmail.com

<sup>2</sup>e-posta: aksoy@mail.cu.edu.tr

*Anahtar Sözcükler: Akım modlu devreler, Aktif Süzgeçler, İşlemsel Geçiş İletkenliği Kuvvetlendiricisi*

## ÖZET

Bu bildiride akım geribeslemeli işlemsel geçiş iletkenliği kuvvetlendiricisi (Current Feedback Operational Transconductance Amplifier-CFB OTA) ile gerçekleştirilen yeni bir aktif süzgeç devre topolojisi önerilmiştir. Devre ikinci dereceden ve yüksek geçiren türde olup devrede kullanılan akım geribeslemeli OTA bir adet CFA ve bir adet OTA kullanarak gerçekleştirilmiştir. CFA olarak AD844 ve OTA olarak LM 13600 tümleşik devreleri kullanılmıştır. Önerilen devre akım modlu olup az sayıda pasif eleman içermektedir. Devre analizi ile bulunan sonuçlar PSPICE benzetim programı ile doğrulanmıştır.

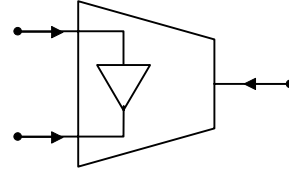
## 1. GİRİŞ

Son yıllarda akım taşıyıcıları, işlemsel geçiş iletkenliği kuvvetlendiricisi, akım geribeslemeli işlemsel kuvvetlendiriciler ve bunların türevleri gibi aktif yapı blokları daha büyük band genişliklerine ve daha büyük çıkış genliklerine sahip olmalarından dolayı kullanım alanları hızla artmaya başlamıştır. Kuvvetlendirilerde giriş ve çıkış terminallerinin hibrid (bir giriş terminalinin gerilim diğer giriş terminalinin akım veya bir çıkış terminalinin akım diğer çıkış terminalinin gerilim) olması durumlarına göre değişik fonksiyonlara sahip kuvvetlendiriciler elde edilmiş ve buna göre adlandırmalar yapılmıştır. Bunlardan OFA (Operational Floating Amplifier) V-H (gerilim giriş-hibrid çıkış), OTRA (Operational Transresistance Amplifier) I-H (akım giriş-hibrid çıkış), CFA (Current Feedback Amplifier) H-V (Hibrid giriş-gerilim çıkış), OFC (Operational Floating Conveyor) H-H (hibrid giriş-hibrid çıkış) kuvvetlendiricisi olarak bilinir. Bunların dışında kalan H-I (Hibrid giriş-akım çıkış) kuvvetlendiricisi için Hanspeter Schmid tarafından "Current Feedback OTA" veya kısaca CFB OTA adı önerilmiştir [1-2]. Bu yapı bloğu akım kuvvetlendiricilerinden kolaylıkla elde edilebilir [2]. Akım modlu devrelerin sağladığı üstünlüklere

sahip olan CFB OTA yüksek doğrusallığı ile ön plana çıkmaktadır [2]. Ayrıca yapısında OTA barındırması sayesinde kazancın dışardan uygulanacak bir kutuplama akımı ile ayarlanabilir olması bir başka avantajdır.

## 2. AKIM- GERİBESLEMELİ OTA (CFB OTA) VE ELDE EDİLMESİ

Akım geribeslemeli OTA'nın sembolü aşağıdaki gibidir:



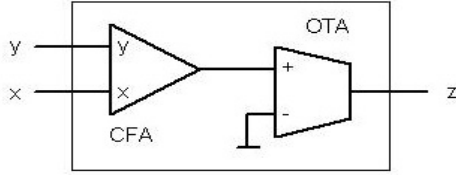
Şekil-1: CFB OTA Sembolü

Elemanın ideal haldeki tanım bağıntıları matrisel olarak şöyledir:

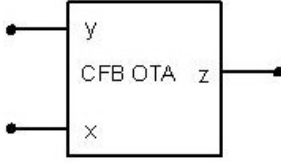
$$\begin{bmatrix} i_1 \\ v_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & A_i & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \\ v_3 \end{bmatrix} \quad (A_i \rightarrow \infty)$$

Çift çıkışlı OTA (DO-OTA) kullanılarak çift çıkışlı CFB OTA elde edilebilir.

Önerilen devrede tek çıkışlı CFB OTA kullanılmıştır. CFA ve OTA kullanarak CFB OTA gerçekleştirimi aşağıdaki gibidir:



(a)

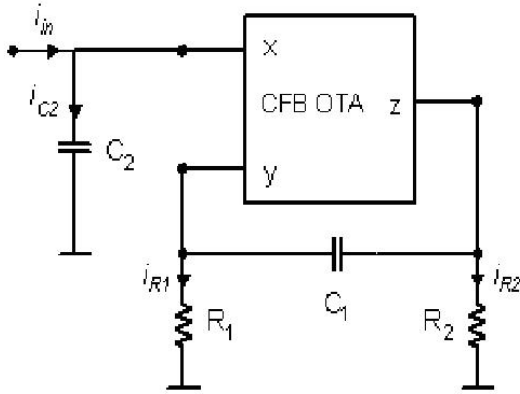


(b)

Şekil-2: a) CFA ve OTA kullanarak CFB OTA elde edilmesi  
b) Önerilen devrede kullanılacak basitleştirilmiş gösterim

Gerçekleştirmede CFA olarak AD844 ve OTA olarak LM13600 tümleşik devreleri kullanılmıştır.

### 3. ÖNERİLEN DEVRE TOPOLOJİSİ



Şekil-3 : Önerilen devre topolojisi

OTA'nın kazanç bağıntısı;  $V_{in}$  giriş gerilimi,  $I_0$  çıkış akımı ve  $g_m$  transkondüktans (geçiş iletkenliği) parametresi olmak üzere

$$I_0 = g_m V_{in} \quad (1)$$

şeklindedir.

$g_m$  OTA'nın kazancını belirleyen parametredir ve

$$g_m = hI_{abc} \quad (2)$$

bağıntısı uyarınca kutuplama akımı olan

$I_{abc}$  'ye bağlıdır. Bu bağıntıdaki  $h$  katsayısı ortam sıcaklığına ve OTA'nın yapım tekniğine göre değişen bir parametredir.

Devrede  $I_0 = I_z$  olduğundan

$$I_z = g_m V_{in} \quad (3)$$

bağıntısı elde edilir.

Devrede CFA'nın gerilim çıkışı OTA'nın (+) girişine bağlanmıştır. CFA'nın çıkışları için  $V_0 = V_z$  olduğu ve z ucuna bir ucu topraklanmış bir  $r_z$  direnci bağlandığı dikkate alınırsa

$$I_0 = g_m V_z = g_m r_z I_x \quad (4)$$

olur ki bu durumda

$$\frac{I_z}{I_x} = A_i = g_m r_z \quad (5)$$

şeklinde kazanç bağıntısı elde edilir.

Devrenin analizi sonucu

$$\frac{i_{c2}}{i_{in}} = \frac{s^2 C_1 C_2 R_1 R_2 g_m r_z}{s^2 C_1 C_2 R_1 R_2 g_m r_z + s C_1 (R_1 + R_2) + 1} \quad (6)$$

(6)

bağıntısı elde edilir. (6) bağıntısı ile yüksek geçiren süzgeç gerçekleştirildiği görülmektedir.

Devreye ait açılal frekans bağıntısı

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2 g_m r_z}} \quad (7)$$

ve kalite faktörü

$$Q = \frac{1}{(R_1 + R_2)} \sqrt{\frac{C_2 R_1 R_2 g_m r_z}{C_1}} \quad (8)$$

biçiminde elde edilir.

### 4. DUYARLIK ANALİZİ

$\omega_0$  açılal frekansının bir x parametresine göre duyarlılığı

$$S_x^{\omega_0} = \frac{x}{\omega_0} \frac{\partial \omega_0}{\partial x}$$

bağıntısı ile bulunur. Bu bağıntı kullanılarak

$\omega_0$  açısal frekansın pasif elemanlara ve  $g_m$  parametresine göre duyarlılığı

$$S_{R_1}^{\omega_0} = S_{R_2}^{\omega_0} = S_{C_1}^{\omega_0} = S_{C_2}^{\omega_0} = S_{r_z}^{\omega_0} = S_{g_m}^{\omega_0} = -\frac{1}{2} \quad (9)$$

olarak bulunur. Bu bağtıda görüldüğü gibi devrenin açısal frekansının pasif devre elemanlarına ve  $g_m$  parametresine olan duyarlıkları genlik olarak 1'den küçüktür.

## 5.SİMÜLASYON SONUÇLARI

Önerilen devre OTA'nın değişik kutuplama akımları için PSPICE benzetim programı yardımıyla simüle edilmiştir. Simülasyonda Şekil-2'de gösterilen iç yapı için Analog Devices firmasının AD844 akım taşıyıcı ve National Semiconductors firmasının LM13600 OTA makromodelleri kullanılmıştır.

Devrede eleman değerleri;

$$C_1 = 2nF$$

$$C_2 = 50nF$$

$$R_1 = 5k\Omega$$

$$R_2 = 45k\Omega$$

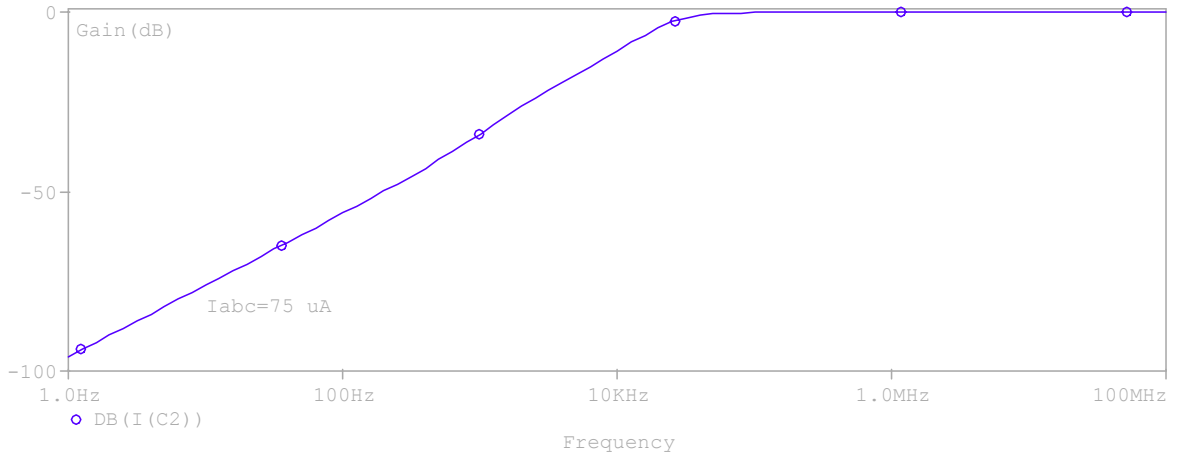
şeklinde dir.

CFA'nın z ucuna bağlanan direnç ( $r_z$ )  $20 \Omega$

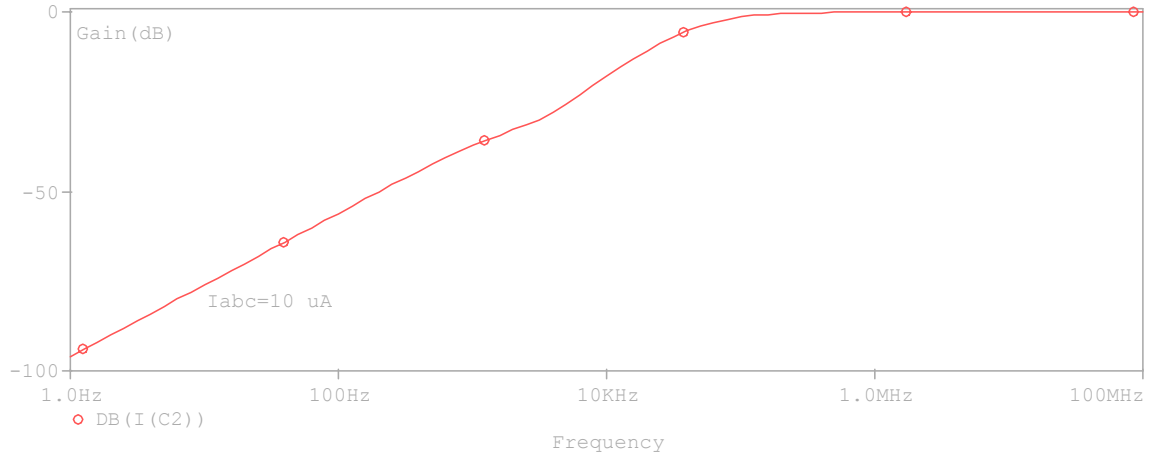
olarak alındığında kutuplama akımı  $I_{abc}$ 'nin değişik değerleri için devrenin kesim frekansı hesaplanıp ölçülmüştür. Simülasyonda  $I_{abc}$ 'nin değişik değerleri için elde edilen kesim frekansları Tablo-1'de verilmiştir:  $I_{abc}$ 'nin  $75 \mu A$  ve  $10 \mu A$  değerleri için elde edilen yüksek geçiren süzgeç çıkışının simülasyon sonuçları Şekil-4'te verilmiştir.  $I_{abc} = 10 \mu A$  için  $g_m = 33.48 \mu S$  olarak hesaplanmıştır. Bu değer için bulunan  $h$  katsayısı  $I_{abc} = 75 \mu A$  için kullanıldığında  $f_0 = 16$  kHz bulunmuştur. Bu değer simülasyonda elde edilen  $17.8$  kHz değerine yakındır.

$I_{abc}$	$f_0$
$10 \mu A$	41 kHz
$50 \mu A$	28.65 kHz
$75 \mu A$	17.8 kHz
$100 \mu A$	11.7 kHz

Tablo-1: Değişik kutuplama akımlarına göre elde edilen kesim frekansları



(a)



(b)

Şekil-4: Önerilen süzgeç devresi için (a) 75  $\mu$ A ve (b) 10  $\mu$ A kutuplama akımlarına karşılık elde edilen frekans eğrileri

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışmada aktif eleman olarak sadece bir adet akım geribeslemeli OTA kullanılarak yüksek geçiren süzgeç fonksiyonunu gerçekleyen bir devre önerilmiştir. Devrede az sayıda pasif eleman bulunmaktadır. Devrenin en büyük avantajı dışardan uygulanan kutuplama akımı ile devredeki pasif elemanların değerini değiştirmeden kazanç ve kesim frekansı ayarı yapılabilmesi ve yüksek doğrusalılıkta çıkış vermesidir. Ayrıca devrenin pasif elemanlara göre duyarlılığı düşüktür.

## KAYNAKLAR

[1] Schmid H., "Approximating the universal active element", IEEE TRANS. CAS-II, vol.47, no.11, pp.1160-1169, Nov. 2000

[2] Schmid H., "The current-feedback OTA", PROCEEDINGS OF THE ISCAS, Sydney, Australia, May 2001, vol. 1, pp. 655-658, May 2001

[3] Doru E. Tiliute, "Second order active filter using a single current conveyor"

[4] Analog Devices Inc. Data Sheet, AD844/AD current feedback Op-Amp

[5] National Semiconductors Inc. Data Sheet, LM 13600/NS Dual Operational Transconductance Amplifier

[6] Lawrence P. Huelsman, ACTIVE AND PASSIVE ANALOG FILTER DESIGN, Mc Graw Hill Book Company, 1995

[7] Geiger, R. L. and Sanchez-Sinencio, Edgar, "Active-Filter Design using Operational Transconductance Amplifiers: A Tutorial, " IEEE CIRCUITS AND DEVICES MAGAZINE, Vol. 1, Number 2, pp. 20-32, March, 1985.