

# GELİŞTİRİLMİŞ ÜÇÜNCÜ KUŞAK AKIM TAŞIYICI İLE AKTİF SÜZGEÇ TASARIMI

Murat AKSOY<sup>1</sup>

Hakan KUNTMAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Mühendislik Mimarlık Fakültesi

Çukurova Üniversitesi, 01330, Balçalı, Adana

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

İstanbul Teknik Üniversitesi, 80626, Maslak, İstanbul

<sup>1</sup>e-posta: aksoy@mail.cu.edu.tr

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

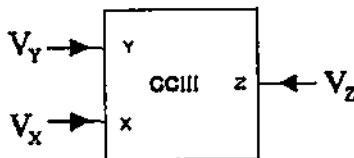
## ABSTRACT

Active filters are important part of communication systems. There are many methods to achieve active filters. These circuits are designed with OPAMPs and OTAs. But current conveyors are preferred to achieve active filters in recent years. This paper presents a fourth order band pass filter realization using modified third generation current conveyor. The purpose of this model is to obtain current mode band pass filter with minimum number of elements.

*Anahtar sözcükler:* Aktif Süzgeç, Akım Taşıyıcı

## 1. GİRİŞ

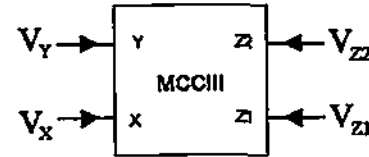
Akım modlu devreler son zamanların güncel uygulamaları ile gündemdedir [1-8]. Gerilim modlu devrelere alternatif olarak akım taşıyıcı yapıların belirli özelliklerinin üstünlüğü nedeniyle uygulamalarda akım modlu devreler tercih sebebi olmuşlardır. Bu özellikler, akım taşıyıcı yapılarının bant genişliklerinin ve lineerliklerinin gerilim modlu işlemsel kuvvetlendiricilerden daha iyi olmasından dolayıdır. Üçüncü kuşak akım taşıyıcılar Fabre tarafından sunulmuştur [3]. Üçüncü kuşak akım taşıyıcılar (CCIII) kazancı bir olan akım kontrollü akım kaynağı olarak tanımlanabilir. Son zamanlarda önerilmiş olan MCCIII' in (Geliştirilmiş üçüncü kuşak akım taşıyıcısı) CCIII den farkı ise akım kazancı birden büyüktür [1].



Şekil 1. Üçüncü kuşak akım taşıyıcı

Tek bir MCCIII kullanarak bir ucu topraklı paralel R-L eşdeğeri oluşturulabilir. Bu sayede kolaylıkla ikinci dereceden bant geçiren filtre tasarlanabilir. Bu

yapıların arka arkaya bağlanabilmesinden dolayı derecesi yüksek filtreler tasarlanabilir.



Şekil 2. Geliştirilmiş üçüncü kuşak akım taşıyıcısı

## 2. GELİŞTİRİLMİŞ ÜÇÜNCÜ KUŞAK AKIM TAŞIYICISI

Üçüncü kuşak akım taşıyıcısı Şekil 1 de verilmiştir. Bu aktif elemanın terminal gerilim-akım ilişkisi:

$$\begin{pmatrix} I_Y \\ V_X \\ I_Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & \pm m & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_Y \\ I_X \\ V_Z \end{pmatrix} \quad (1)$$

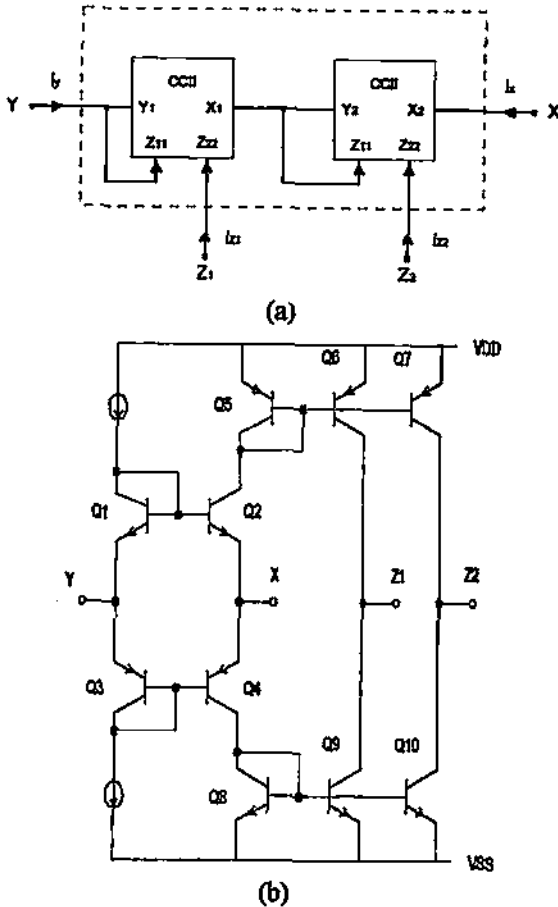
bu matriste  $m$  in 1 olması ve  $I_Z$  işaretinin pozitif olması çevirmeyen CCIII+ ve  $I_Z$  işaretinin negatif olması ile de çeviren CCIII- yapısını gösterir. Terminal akımları kazancı 1'dir. Geliştirilmiş üçüncü kuşak akım taşıyıcısı Şekil 2 de verilmiştir. MCCIII yapısı CCIII kullanılarak elde edilebilir. Bu yapıda akım kazancı  $m = 2$  olan yeni bir  $z$  terminali eklenmiştir. MCCIII in gerilim-akım ilişkisi:

$$\begin{pmatrix} I_Y \\ V_X \\ I_{z1} \\ I_{z2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_Y \\ I_X \\ V_{z1} \\ V_{z2} \end{pmatrix} \quad (2)$$

MCCIII yapısının  $m > 1$  özelliğinden dolayı CCIII yapısına göre uygulamalarda daha esnek bir özellik gösterir.

### 3. MCCIII 'in BİPOLAR TRANSİSTOR İLE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Üçüncü kuşak akım taşıyıcılar pozitif tip ikinci kuşak akım taşıyıcılar kullanılarak gerçekleştirilebilirler. Bu model Şekil 3a da verilmiştir [1]. BJT kullanılarak gerçekleştirilen MCCIII modeli Şekil 3b de verilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken birinci CCII deki  $Q_7$  ve  $Q_{10}$  in emetör alanları ikinci CCII deki emetör alanların iki katıdır.



Şekil 3. a- İki çıkışlı CCIII in CCII ile gerçekleştirilmesi; b- CCIII in BJT ile gerçekleştirilmesi

### 4. L - R BENZETMESİ

İşlemsel kuvvetlendiriciler kullanarak bir ucu topraklı endüktans tasarlanabilir. Fakat daha az eleman sayısı ile tasarlamak için akım taşıyıcı yapıyı kullanmak gerekir. CCIII kullanarak L-R yapısını elde edilebilir[2]. Bu modele alternatif olarak MCCIII kullanılarak ve bir R elemanı daha az olan tek ucu topraklı L-R modellenmesi yapılabilmektedir[1]. Bu model Şekil 4 de verilmiştir. Bu modellemeye  $G_{11} = G_{12}$  şartı olması koşulu ile

$$L_{eq} = C_{11}/G_{11}^2 \quad (3)$$

$$R_{eq} = 1/G_{11} \quad (4)$$

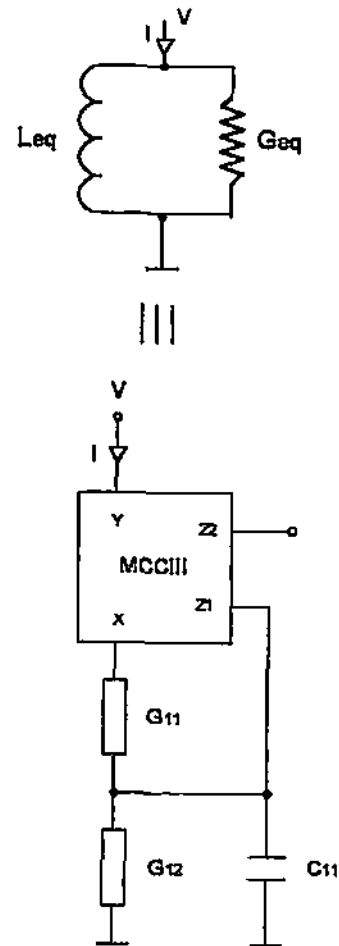
eşitlikleri elde edilir [1].

### 5. BANT GEÇİREN FİLTRE TASARIMI

İkinci dereceden bant geçiren filtrenin transfer fonksiyonu

$$H(s) = \frac{s}{\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2 + \frac{s}{Q\omega_0} + 1} \quad (5)$$

ifadesi ile verilir.



Şekil 4. MCCIII ile L-R benzetim modeli

Bir paralel RLC devresi ile bu transfer fonksiyonu elde edilebilir. Geliştirilmiş üçüncü kuşak akım taşıyıcı yapıları kullanarak gerçekleştirilen dördüncü dereceden bant geçiren süzgeç devresi Şekil 5 de verilmiştir. Bu devrede iki adet ikinci dereceden bant geçiren süzgecin arka arkaya bağlanmıştır.  $R_{X1} = R_{eq1}$

$R_{e2} = R_{eq2}$ ,  $G_{11} = G_{12}$  ve  $G_{21} = G_{22}$  olmak koşulu ile Şekil 4 de verilen devrenin transfer fonksiyonu ise

$$\frac{I_o}{I_{in}} = H(s) = \frac{L_{eq1} G_1 s}{L_{eq1} C_1 s^2 + L_{eq1} (G_{eq1} + G_1) s + 1} \times \frac{L_{eq2} G_2 s}{L_{eq2} C_2 s^2 + L_{eq2} (G_{eq2} + G_2) s + 1}$$

burada  $L_{eq1} = C_{11}/G_{11}^2$ ,  $R_{eq1} = 1/G_{11}$ ,  
 $L_{eq2} = C_{22}/G_{22}^2$  ve  $R_{eq2} = 1/G_{22}$  dir.

Iin (uA)	THD (%)
50	2,25
100	2,50
150	1,49
200	1,84
250	2,26
300	2,67
350	3,07
400	3,47
450	4,25
550	5,26
650	5,98
800	6,46
900	7,00
1000	9,00

Tablo 1. Giriş akımının toplam harmonik distorsiyonuna etkisi

## 6. SİMULASYON SONUÇLARI

Bu çalışma devre teorik olarak modellenmiş ve elemanlar ideal ve gerçek modeller olarak alınmıştır. Geliştirilmiş üçüncü kuşak akım taşıyıcı ideal ve BJT transistör modelleri kullanılarak SPICE de modellenmiştir. Tasarlanan bu dördüncü dereceden süzgeç de  $f_0 = 210$  kHz ve bant genişliği ise 145 kHz

seçilmiştir. Birinci ve ikinci akortün devre için kutup frekansları ayrı ayrı olarak

$$f_{k1} = \frac{\omega_{k1}}{2\pi} = f_0 + \frac{BW}{2} \sin(45^\circ) = 261.2 \text{ kHz}$$

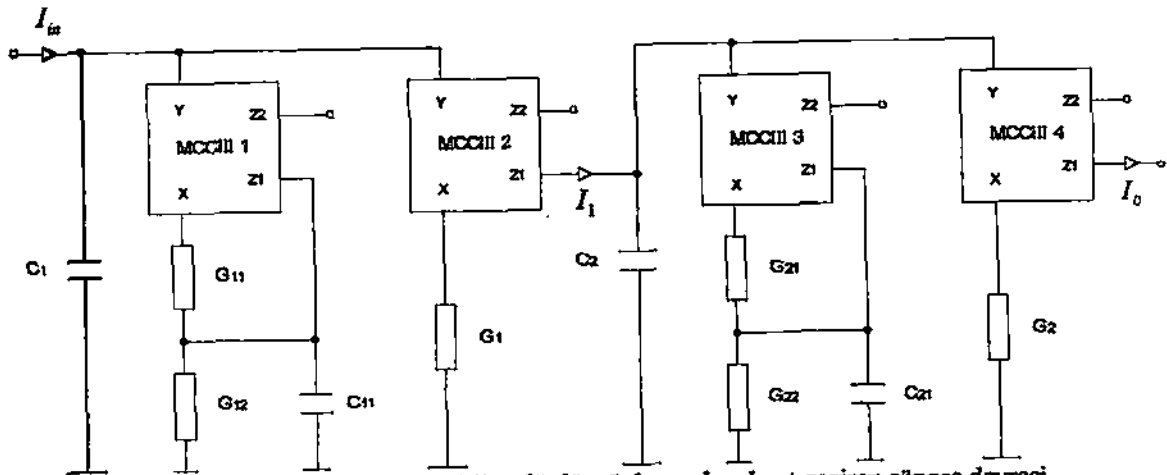
$$f_{k2} = \frac{\omega_{k2}}{2\pi} = f_0 - \frac{BW}{2} \sin(45^\circ) = 158.7 \text{ kHz}$$

ve  $Q = 2.06$  alınmıştır. Bu değerler için elde edilen R ve C elemanlarının değerleri ;

$R_1 = 4109\Omega$ ,  $R_2 = 6763\Omega$ ,  $R_{11} = 4109\Omega$ ,  $R_{12} = 4109\Omega$ ,  
 $R_{21} = 6763\Omega$ ,  $R_{22} = 6763\Omega$ ,  $C_1 = 1\text{nF}$ ,  $C_2 = 371\text{pF}$ ,  
 $C_{11} = 59.23\text{pF}$ ,  $C_{21} = 21.86\text{pF}$ . Bu eleman değerleri için elde edilen sonuç Şekil 6a ve 6b de verilmiştir. Gerçek ve ideal sonuçlar arasındaki farkların nedeni transistörlerin ideal olmamalarından kaynaklanmaktadır. Tablo 1 de giriş akımının toplam harmonik distorsiyonuna (THD) etkisi verilmiştir. Burada görüleceği üzere THD giriş akımı ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Tablo 2 de giriş akımı  $200\mu\text{A}$  ve frekans 190kHz için yük direncinin çıkış akımına, çıkış gerilimine ve THD ye etkisi verilmiştir. Düşük yük direnci değeri değişimleri için akım sabittir. Şekil 5 de görüleceği üzere MCIII+ kullanılarak dördüncü dereceden bant geçiren süzgeç devresi en az elemanla elde edilmiştir.

Ro(ohm)	Io(A)	Vo(v)	THD (%)
50	1,701E-04	0,0085	2,696
200	1,69E-04	0,0338	2,691
700	1,65E-04	0,1156	2,656
2000	1,56E-04	0,312	3,382
3000	1,50E-04	0,4489	2,243
4000	1,44E-04	0,5751	3,000
5000	1,38E-04	0,6917	3,592

Tablo 2. Giriş akımı  $200\mu\text{A}$  iken çıkış akımı, çıkış gerilimi ve THD nin değişen yük direnci ile değişimi.

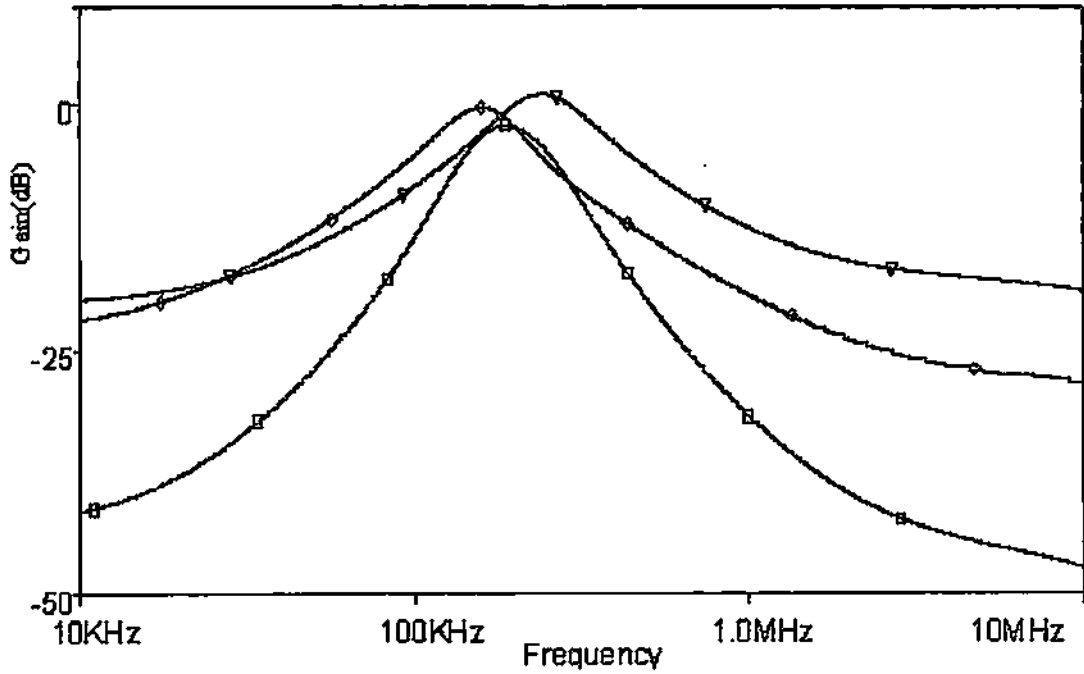
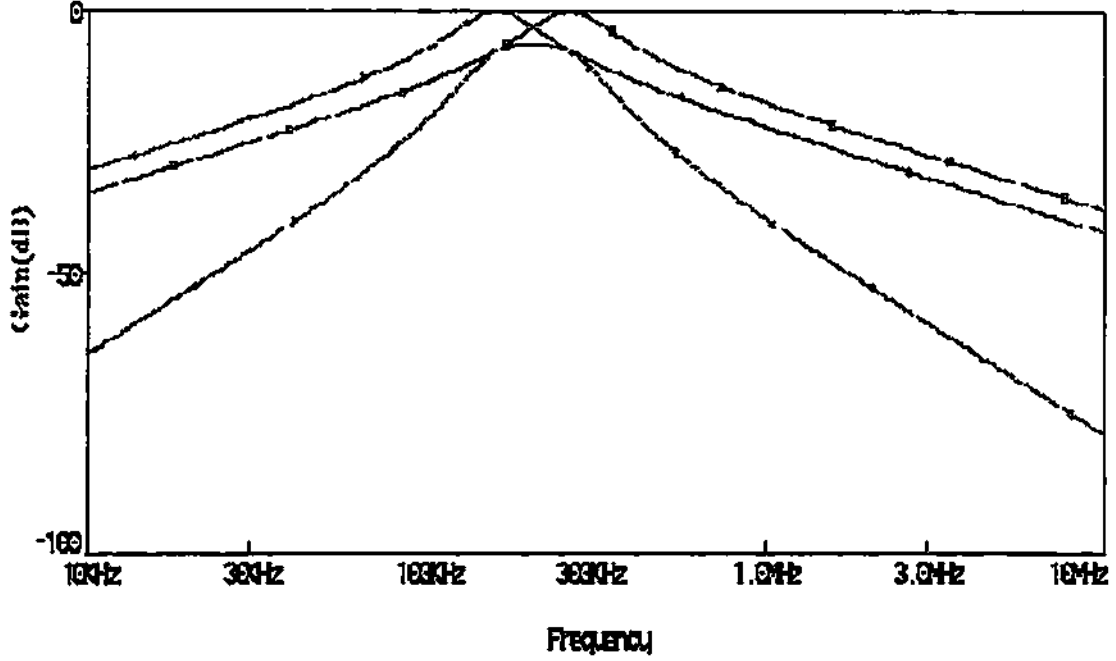


Şekil 5. MCCIII ile gerçekleştirilen dördüncü dereceden bant geçiren süzgeç devresi

## 7. SONUÇ

Bu çalışmada yeni bir eleman olan MCIII kullanarak gerçekleştirilen dördüncü dereceden bant geçiren süzgeç SPICE benzetim programı kullanılarak elde edilmiştir. Endüktans kullanmadan gerçekleştirilen akım/gerilim modlu süzgeç devrelere alternatif olarak

kullanılan bu model de eleman sayısı en aza indirilmiştir. Burada tek bir MCIII elemanı ile bir ucu topraklı paralel R-L model elde edilmiştir. Dördüncü dereceden bant geçiren süzgeç tasarımı bir çok aktif eleman kullanılarak yapılabilmesine rağmen MCIII kullanarak yapılan bu devre diğer modellere alternatif olarak sunulmuştur.



Şekil 6. a- İdeal devre elemanları kullanılarak elde edilen sonuç; b- Gerçek devre elemanları kullanılarak elde edilen sonuç

## KAYNAKLAR

- [1] Kuntman H., Çicekoğlu O., Özoğuz S., Karaçivi B., Universal current-mode filter implemented with the modified third generation current conveyor, *NORSIG2000*, pp. 165-168, 2000
- [2] Kuntman H., Gülsoy M., Çicekoğlu O., Actively simulated grounded lossy inductors using third generation current conveyors, *Microelectronics Journal*, Vol.31, pp.245-250, 2000
- [3] Fabre A., Third generation current conveyor: a new helpful active element, *Electronics Letters*, 31, pp. 338-339, 1995
- [4] Çicekoğlu O., Kuntman H., Akım taşıyıcıların biyomedikal uygulamalardaki yeri, *Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı*, pp. 180-185, 1996
- [5] Özcan S., Kuntman H., Çicekoğlu O., Realization of inductorless RF bandpass amplifiers using immittance simulators employing CCII, *ICN98*, pp.141-144, 1998
- [6] Sedra A., Smith K., A second generation current conveyor and its applications, *IEEE Trans. Circuit Theory*, 17, 132-134, 1970
- [7] Chang C. M., Current-mode lowpass, bandpass and highpass biquads using two CCII, *Electronics Letters*, 29, pp. 2020-2021, 1993
- [8] Ikeda K., Tomita Y., Realization of current mode biquadratic filter using CCII with current followers, *Electron. Commun. in Japan*, 77, pp. 99-107, 1994