

ALÇAK IF ALICI İÇİN (CCII) AKIM TAŞIYICILARLA GERÇEKLEŞTİRİLEN ÇOK FAZLI SÜZGEÇ KATI

Mahmut ÜN

İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
Avcılar Kampüsü, 34320, Avcılar, İstanbul
e-posta: unmahmut@istanbul.edu.tr

Niyazi KILIÇ

İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
Avcılar Kampüsü, 34320, Avcılar, İstanbul
e-posta: niyazik@istanbul.edu.tr

ÖZET

Bu makalede, yeni bir aktif - RC çok fazlı filtre katı tanıtılmıştır. Bu filtre katında 3 adet konvansiyonel akım taşıyıcı (CCII) kullanılmıştır. Bu filtre katlarının kaskad olarak birleştirilmesiyle yüksek dereceden herhangi bir çok fazlı filtre gerçekleştirilebilir. Önerilen filtre katı için frekans transfer fonksiyonları, kazanç ve faz hataları ideal ve ideal olmayan CCII'ler için elde edilmiştir. İdeal olmayan CCII'lerin kullanıldığı durumlar için, çok fazlı filtre karakteristikleri bilgisayar benzetimleri yapılarak incelenmiştir. Ayrıca bu makalede, sonlu akım taşıyıcı kazançları nedeniyle oluşan kayıplar da ele alınmıştır.

Anahtar sözcükler: Devreler ve Sistemler, Aktif Süzgeçler, Akım Modlu Devreler

FOR IF RECEIVERS POLYPHASE FILTER SECTIONS IMPLEMENTED BY CCII's

ABSTRACT

In this paper a new RC - active polyphase filter section is presented. The section uses three conventional current conveyor (CCII). With a cascade of these sections, any higher order polyphase filter function can be realized. Frequency transfer functions, gain and phase errors of the proposed section are derived for ideal and nonideal CCII's. In the case of using nonideal CCII's filter characteristics are investigated by performing computer simulations. Also the paper deals with the leakage caused by the effects of a limited gains of a current conveyors.

Keywords: Circuits and Systems, Active Filters, Current Conveyors, Polyphase Filter

1.GİRİŞ

Çok fazlı süzgeçler, son yıllardaki telsiz haberleşme sistemleri için en temel elemanlardan biridir. Çok fazlı süzgeçler pozitif ve negatif frekansları ayırmak için kullanılır. 1970'li yıllarda pasif RC çok fazlı süzgeçler kullanıldı [1-3]. Çok fazlı süzgeçlerin bugünkü uygulamaları sıfır ve alçak IF alıcılarda yapılmaktadır. Son yıllarda IF alıcılarda kullanılan çok fazlı süzgeçlerin entegre devrelerle gerçekleştirilmeleri ön plana çıkmıştır [4-6].

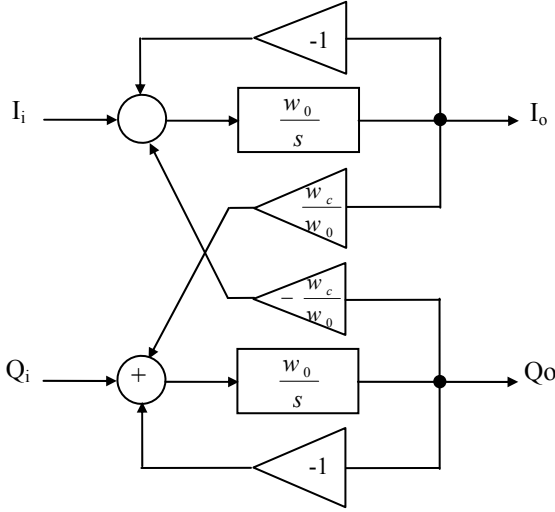
Bu nedenle bu makalede, klasik akım taşıyıcı ve RC devreleri ile gerçekleştirilen çok fazlı bir süzgeç katı önerilmiştir. Aşağıdaki bölümlerde önce önerilen çok fazlı süzgeç katının analizi ve tasarımı ele alınacak,

daha sonra süzgeç katı için transfer fonksiyonları hesaplanacak ve bilgisayar benzetimleri yapılacaktır.

2.ÇOK FAZLI SÜZGEÇ GERÇEKLEME

Çok fazlı bir süzgecin iki diferansiyel girişi (I ve Q) ve iki çıkışı (I ve Q) vardır. Bu nedenle süzgeç dört transfer fonksiyonuyla karakterize edilir. Çok fazlı süzgeçlerde pozitiften pozitif frekanslara bir geçirme bandı, negatiften negatif frekanslara bir zayıflatma bandı, pozitiften negatif frekanslara sinyal geçişi olmaması ve bunun tersinin olması koşulları sağlanmalıdır. Böyle bir süzgecin devre sentezi ve transfer fonksiyonları bir alçak geçiren süzgeç karakteristiğinin lineer bir transformasyonu ile bulunabilir. Bu transformasyon, pozitif ve negatif frekanslar için geçirme bandı transfer fonksiyonunu

farklı yapar. Böyle bir transfer fonksiyonu gerçekleyen devrenin blok diyagramı şekil 1'de gösterilmiştir.

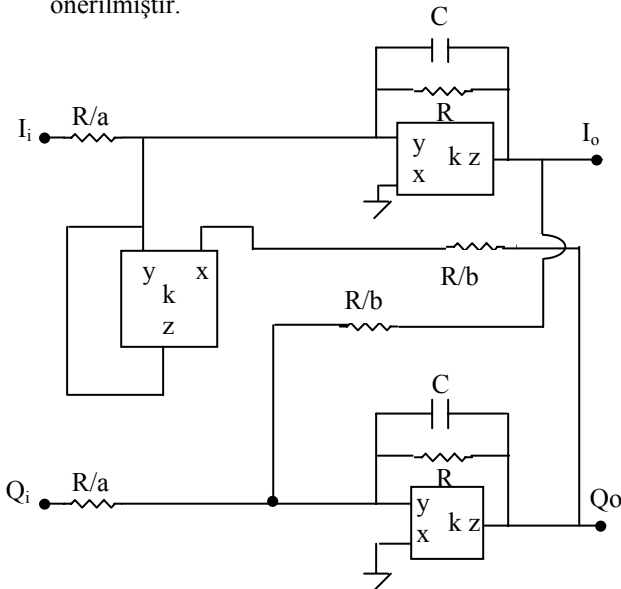


Şekil 1. Birinci dereceden çok fazlı süzgecin blok diyagramı

Daha yüksek dereceden süzgeçler, bu katların kaskat bağlanmasıyla gerçekleştirilebilir. Blok diyagramından süzgeç giriş-çıkış ilişkisi;

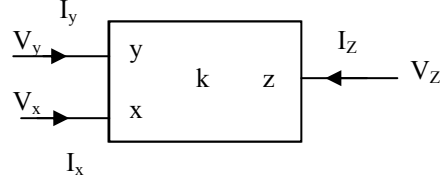
$$\begin{bmatrix} I_i \\ Q_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + \frac{s}{w_0} & \frac{w_c}{w_0} \\ -\frac{w_c}{w_0} & 1 + \frac{s}{w_0} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_o \\ Q_o \end{bmatrix} \quad (1)$$

eşitliğiyle verilir. Burada w_0 , alçak geçiren (LP) süzgecin band genişliğini ve w_c band geçiren (BP) süzgecin merkezi frekansı göstermektedir. Bu blok diyagramını gerçekleyen aktif RC devresi şekil 2'de verilmiş ve bu devre çok katlı süzgeç katı olarak önerilmiştir.



Şekil 2. Çok fazlı süzgeç katı

Şekildeki a ve b değerleri süzgeç tasarımında kullanılan tasarım parametreleridir. Önerilen devrede iki integral alıcı ve negatif direnç elde etmek amacıyla akım tipi negatif empedans çevirici (INIC) kullanılmıştır.



Şekil 3. Akım taşıyıcı devre sembolü.

Önerilen çok fazlı süzgeç devresinde kullanılan akım taşıyıcının devre sembolü Şekil.3 de gösterilmiştir. İdeal olmayan ikinci kuşak bir akım taşıyıcının uç akım ve gerilimleri arasındaki ilişkiler aşağıdaki denklemlerle tanımlanabilir.

$$V_x = V_y, \quad I_z = \pm k I_x \quad (2)$$

Akım taşıyıcıların ideal olmadığı ve açık çevrim kazançlarının k olduğu varsayılarak şekil 2'de ki devrenin analizi sonucunda giriş-çıkış ilişkisi,

$$\begin{bmatrix} I_o \\ Q_o \end{bmatrix} = -\frac{a}{\Delta} \begin{bmatrix} 1 + RCs & bk \\ -b & 1 + RCs \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_i \\ Q_i \end{bmatrix} \quad (3)$$

olarak elde edilir. Burada $\Delta = (1 + RCs)^2 + kb^2$ olarak tanımlanmıştır.

Ters transmisyon matrisini yardımıyla süzgeç frekans transfer fonksiyonları kolayca hesaplanabilir [7]. (3)'deki ters transmisyon matrisini kullanarak geçirme bandı transfer fonksiyonu,

$$H_p = -\frac{a}{2\Delta} [(1 + j)(1 + RCs) + jb(1 + k)] \quad (4)$$

Durdurma bandı transfer fonksiyonu,

$$H_s = -\frac{a}{2\Delta} [(1 - j)(1 + RCs) - jb(1 + k)] \quad (5)$$

Süzgeç transfer fonksiyonu,

$$H_t = -\frac{a}{\Delta} \left[1 + RCs - \frac{jb}{2}(1 + k) \right] \quad (6)$$

Ve denksizlik (mismatching) fonksiyonu,

$$H_m = \frac{jab(1 - k)}{2\Delta} \quad (7)$$

olarak bulunur. (7) eşitliğinden ideal akım taşıyıcı için ($k \rightarrow 1$) denksizlik fonksiyonunun sıfır olacağı yani, ideal durumda denksizlik kayıplarının olmadığı sonucuna varılır.

Dört fazlı bir devrenin pozitif faz sıralaması için transfer fonksiyonu $H(\omega)$ ve negatif faz sıralaması için transfer fonksiyonu $H(-\omega)$ olsun. Devre diferansiyel giriş sinyalini gösteren yalnız iki fazla sürülsün. Çıkışın aynı ve 90° faz bileşenleri sırayla V_I ve V_Q olduğuna göre gerilim transfer oranı aşağıdaki eşitlikle tanımlanır:

$$h(s) = -j \frac{H(\omega) - H(-\omega)}{H(\omega) + H(-\omega)} \quad (8)$$

(6) eşitliği kullanılarak (7) eşitliği tekrar hesaplanırsa

$$h(s) = -\frac{jRCs}{1 - j\frac{b}{2}(1+k)} \quad (9)$$

bulunur. Buradan çok fazlı filtre tasarımında kullanılan kazanç ve faz hataları sırayla aşağıdaki eşitliklerle tanımlanır:

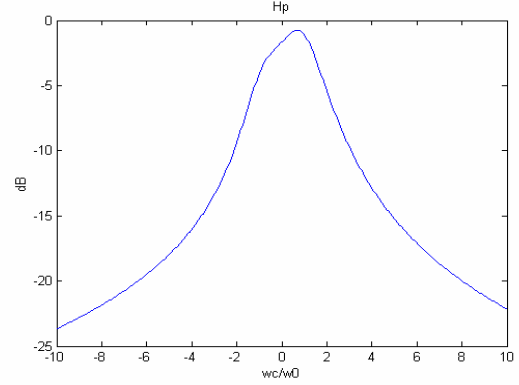
$$\text{kazanç hatası} = (1 - |h|) \times 100 \quad (10)$$

$$\text{faz hatası} = \frac{-\pi}{2} - \arg(h) \quad (11)$$

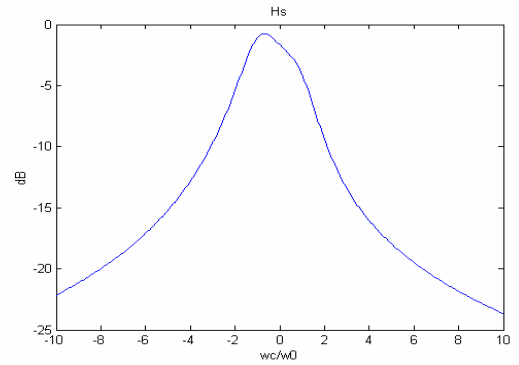
3.BULGULAR

Süzgeç frekans transfer fonksiyonları genliklerinin k akım taşıyıcı akım kazancına göre değişimleri; (4), (5), (6), (7), (10) ve (11) eşitliklerinin bilgisayar benzetimleri yapılarak incelenmiştir. Benzetimlerde MATLAB programı kullanılarak, $RC=1$, $a=1$, $b=1,3$ ve $k=0.8, \dots, 1.2$ değerleri alınmıştır. Benzetim sonuçları sırayla, Şekil 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 ve 15 de aşağıda gösterilmiştir. Benzetim sonuçlarından, frekans transfer fonksiyonları genliklerinin, kazanç ve faz hatalarının k parametresiyle fazla değişmediği, denksizlik fonksiyonu genliğinin k parametresine bağlı olarak değiştiği ve $k=1$ ideal durumu için istenen değer, yani sıfır olduğu gözlenmiştir. Ayrıca yüksek frekanslarda da, frekans, transfer ve hata fonksiyonları karakteristiklerinin yukarıda belirtilen özellikleri sağladığı grafiklerden açıkça görülmektedir. $1.05 < k > 0.95$ aralığı için denksizlik (mismatching) fonksiyonunda 40 dB'den daha büyük bir zayıflama elde edilmiştir. Bu sonuca göre, k kazancının 1'e (bir) yakın değerleri için denksizlik fonksiyonunun sıfıra

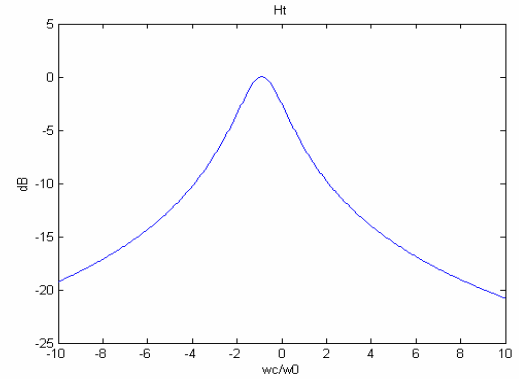
eşit olduğu kabul edilebilir ve bu devre topolojisiyle gerçek çok fazlı filtre tasarlanabilir.



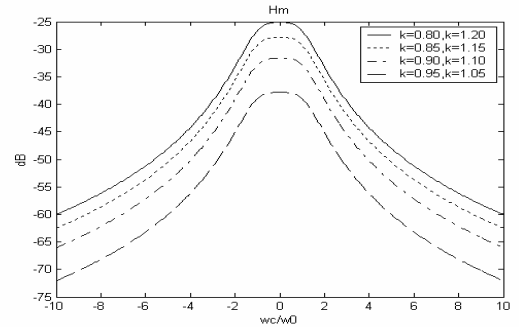
Şekil 4. $|H_p|$ Geçirme Bandı Genliği ($a,b=1$)



Şekil 5. $|H_s|$ Durdurma Bandı Genliği ($a,b=1$)

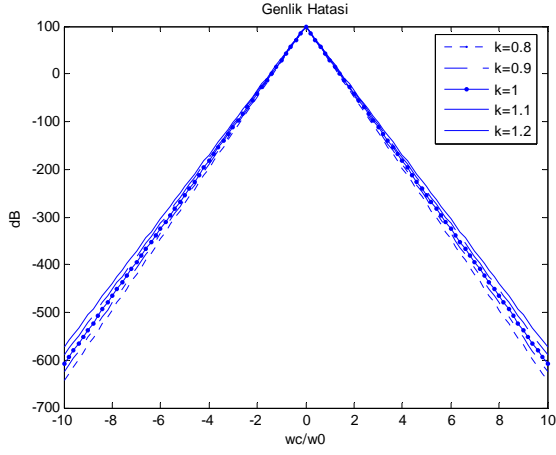


Şekil 6. $|H_t|$ Transfer Fonksiyonu Genliği ($a,b=1$)

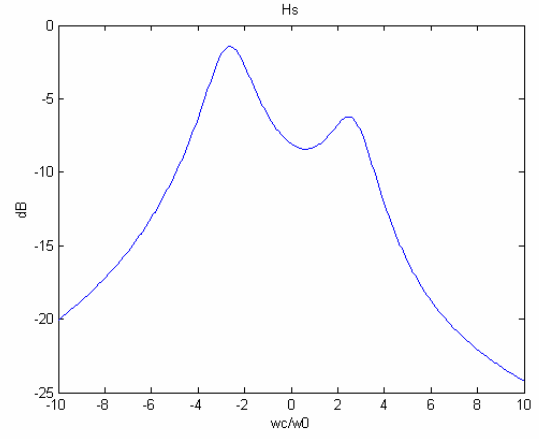


Şekil 7. $|H_m|$ Denksizlik Fonksiyonu Genliği ($a=1,b=3$)

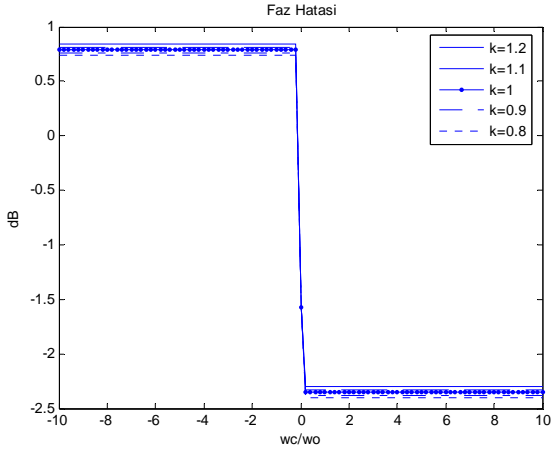
Alçak IF Alıcısı İçin (CCII) Akım Taşıyıcılarla Gerçekleştirilen Çok Fazlı Süzgeç Katı



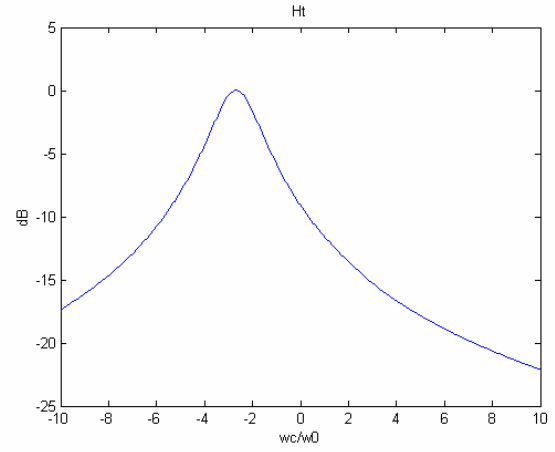
Şekil 8. Genlik Hatası (a,b=1)



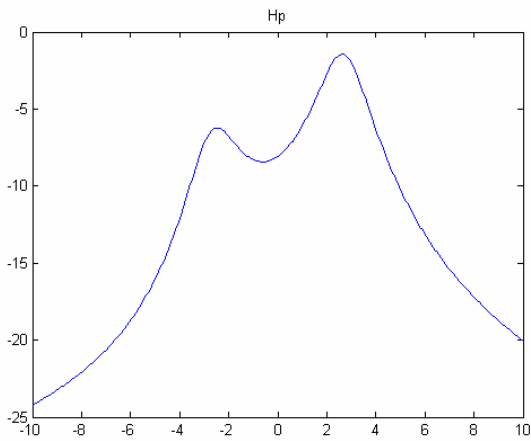
Şekil 11. $|H_s|$ Durdurma Bandı Genliği (a,b=1)



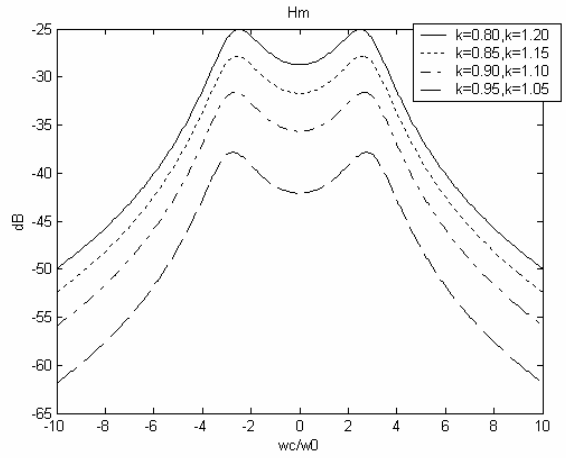
Şekil 9. Faz Hatası (a,b=1)



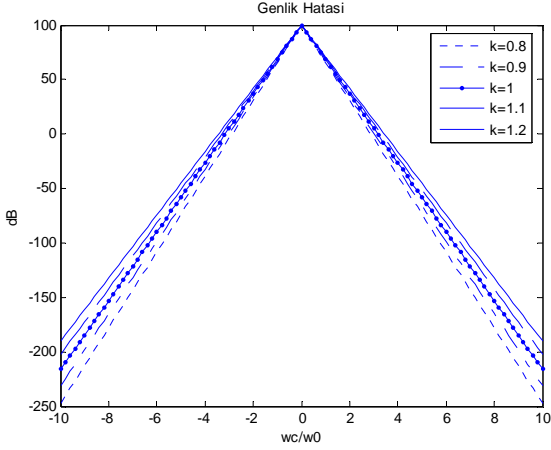
Şekil 12. $|H_T|$ Transfer Fonksiyonu Genliği (a=1,b=3)



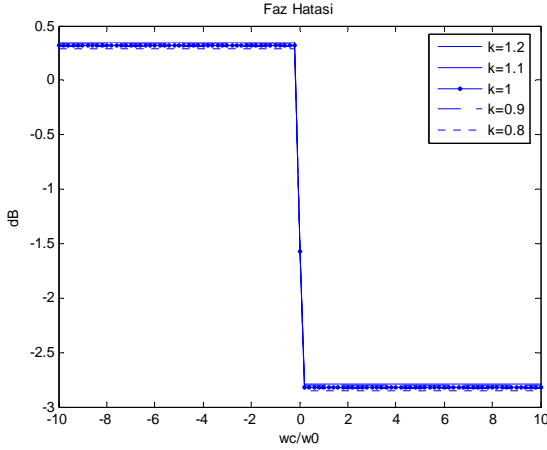
Şekil 10. $|H_p|$ Geçirme Bandı Genliği (a=1,b=3)



Şekil 13. $|H_M|$ Denksizlik Fonksiyonu Genliği (a=1,b=3)



Şekil 14. Genlik Hatası (a=1,b=3)



Şekil 15. Faz Hatası (a=1,b=3)

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada IF alıcıları için entegre devre olarak gerçekleştirilmeye uygun aktif-RC çok fazlı süzgeç katı önerilmiştir. Birinci dereceden süzgeç katları kaskad bağlanarak, daha yüksek dereceden çok fazlı süzgeçler tasarlanabilir. Kaskat gerçekleştirilen yüksek dereceden çok fazlı süzgeçlerin tasarımı daha sonraki çalışmalara bırakılmıştır. Önerilen aktif-RC çok fazlı süzgeçler yüksek frekanslarda (Entegre devre olarak gerçekleştirilen akım taşıyıcı tipine bağlı olarak MHz mertebelerinde), monolitik entegre devre olarak gerçekleştirilebilme açısından da oldukça uygundur.

Akım taşıyıcıların ideal olmadığı varsayılarak, önerilen çok fazlı süzgeç katının devre analizi yapılarak, süzgeç frekans transfer fonksiyonları, kazanç ve faz hata fonksiyonları analitik olarak elde edilmiştir. Frekans transfer fonksiyonlarının, kazanç ve faz hatalarının bilgisayar benzetimleri yapılarak, frekans transfer fonksiyonlarının genliklerinin, kazanç

ve faz hatalarının akım taşıyıcı akım kazançlarına bağlı olarak değişimleri incelenmiştir. Bilgisayar benzetim sonuçlarından, frekans transfer fonksiyonları genliklerinin, kazanç ve faz hatalarının akım taşıyıcıların akım kazancıyla yaklaşık olarak değişmediği, denksizlik genlik fonksiyonunun akım kazancıyla değiştiği; akım kazancının 1 (bir) olması durumunda da denksizlik fonksiyonunun 0 (sıfır) olduğu gözlenmiştir. Pratik uygulamalarda k kazancının 1'e (bir) yakın değerleri için denksizlik kayıpları ihmal edilebilir. Sonuç olarak, önerilen çok fazlı süzgeç katlarının kaskat bağlanmasıyla elde edilen yüksek dereceden gerçek çok fazlı süzgeçlerin tasarımında, akım taşıyıcıların akım kazançlarından bağımsız olarak, frekans transfer fonksiyonu ve hata karakteristikleri kullanılabilir. Ayrıca akım taşıyıcıların yüksek frekanslarda çalışabilme özelliği nedeniyle, yüksek frekanslarda çok fazlı filtre gerçeklemeleri de mümkün olabilecektir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Gingell M., A Symmetrical Polyphase Network, BRITISH PATENT 1174710, June 1968.
- [2] Gingell M, Single Sideband Modulation Using Sequence Asymmetric Polyphase Networks, Elect. Commun., Vol.48, no.1-2, pp.21-25, 1973.
- [3] Galol S., Ragaie F., Towfik S., RC Sequence Asymmetric Polyphase Networks for RF Integrated Transceivers, IEE TRANS.ON CIRCUITS AND SYSTEMS-II ADSP, Vol.47, no.1, pp.18-27, January 2000.
- [4] Crols J., Stayeart M., An Analog Integrated Polyphase Filter for a High Performance Low-IF Receiver, SYMP. VLSI CIRCUITS DIG.TECH. PAPERS, pp.87-88, Kyoto, Japan, June 1995.
- [5] Behbahani F., Kishigami Y., Leete J., Abidi A., CMOS Mixers and Polyphae Filters for Large Image Rejection, IEEE JOURN. SOLID-STATE CIRCUITS, Vol.36, pp.873-887, June 2001.
- [6] Tadjpour S., Cijvot E., Hegazi E., Abidi A., A 900MHz Dual Conversion Low IF GSM Receiver in 0.35µm CMOS, IEE JOURN. SOLID-STATE CIRCUITS, Vol.36, pp.1992-2002, December 2001.
- [7] Edward D., Wasfy B., Swomy M., New Active RC Networks for The Generation and Detection of Single Sideband Signals, IEEE CIRCUITS AND SYSTEMS, Vol.CAS-27, no.12,pp.1140-1154, December 1980.

ÖZGEÇMİŞLER

Prof.Dr. Mahmut ÜN

1950 yılında Adana Ceyhan'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ceyhan 'da tamamladı. Lisans, Yüksek lisans ve doktora derecelerini sırasıyla 1973 ve 1983 yıllarında İTÜ'den aldı. 1986'da doçent, 1992 yılında Prof. ünvanı aldı. Prof olarak çalıştığı İstanbul Üniversitesinde halen Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölüm başkanlığı görevini yürütmektedir. Biyomedikal, Sistem ve Kontrol alanlarında yayınlanmış kitap ve makaleleri bulunmaktadır. Evli ve iki çocuk babasıdır.

Niyazi KILIÇ

1978 yılında Bolu Gerede'de doğdu. Lisans ve Yüksek Lisans derecelerini, 1999 ve 2003 tarihlerinde İstanbul Üniversitesinden aldı. Halen aynı üniversitede doktora öğrenimine devam etmektedir.