

# AKIM TAŞIYICI TABANLI GERİLİM GİRİŞ AKIM ÇIKIŞLI YENİ BİR BANT GEÇİREN AKTİF SÜZGEÇ

<sup>1</sup>Musa DEMİRBAŞ

<sup>2</sup>Ali TOKER

<sup>1</sup>Arçelik, Pişirici Cihazlar İşletmesi-Ardem, Bolu

<sup>2</sup>Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, Elektrik-Elektronik Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469, Maslak, İstanbul

<sup>1</sup>e-posta: musa.demirbas@arcelik.com

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

*Anahtar sözcükler: Akım Taşıyıcılar, Aktif Süzgeçler, Akım Modlu Devreler*

## ÖZET

*Akım modlu çalışmanın klasik gerilim modlu çalışmaya göre bilinen üstünlükleri nedeniyle, akım modunda çalışan bir çoğu akım taşıyıcı tabanlı, bir kısmı da yeni birçok aktif elemanı kullanan çok sayıda aktif süzgeçlerin literatürde yer aldığı görülmektedir. Ancak, bazı özel uygulamalar için karışık modlu olarak da isimlendirebileceğimiz, gerilim giriş ve akım çıkışlı veya akım girişli gerilim çıkışlı aktif süzgeçler gerekli olmaktadır. Bu konuda literatürde henüz çok az sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmada, akım taşıyıcı tabanlı, gerilim giriş ve akım çıkışlı yeni bir bant geçiren aktif süzgeç yapısı önerilmektedir. Önerilen devre elektronik olarak akort edilebilmektedir. Bu tür bir süzgeç ile gerilim modlu devreler ile akım modlu devrelere bağlanırken ilave bir gerilim-akım çeviricisine ihtiyaç kalmamaktadır. Bu katın çıkışına yeterli sayıda ikinci derece akım modlu süzgeç bağlanarak süzgeç derecesi artırılabilir. Önerilen devrenin SPICE benzetimleri tasarlanan translineer CMOS akım taşıyıcı devreleri yardımıyla yapılarak teorik öngörüler doğrulanmıştır.*

## 1. GİRİŞ

Günümüzde elektronik devreler, maliyet, güvenilirlik, seri üretim kabiliyeti gibi unsurlar dikkate alınarak hemen daima tümleştirilmiş olarak üretilmektedir. Son on yılda bir tümdevre üzerinde sadece sayısal veya sadece analog devrelerin gerçekleştirilmelerinin yanı sıra her iki tür yapı birlikte entegre edilmekte, sonuç olarak bu tür karma-işaret tümdevrelerinde iki farklı ortamı birbirlerine bağlayan A/D ve D/A çeviriciler de gerçekli olmaktadır. Çok geniş çapta tümleştirilen karma-işaret tümdevreleri güç dissipasyonu ve dolayısıyla ısınma sorunları nedeniyle gittikçe daha küçük besleme gerilimlerinde çalıştırılmak zorunda kalmaktadır. Bunun sonucu olarak da analog elektronik devrelerin çıkış dinamikleri azalmaktadır. Hem bu soruna çare olarak, hem de diğer bilinen üstünlükleri nedeniyle analog elektronik devrelerinde gerilim yerine akım büyüklüğündeki işaretleri işlemek radikal bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır [1]. Akım modlu çalışmanın

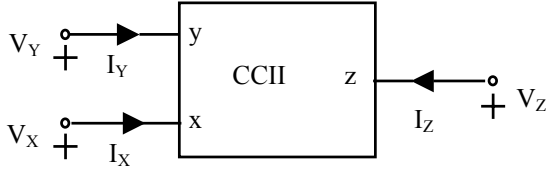
en önemli kilometre taşlarında biri ikinci kuşak akım taşıyıcılar olmuştur [2]. Akım taşıyıcılarla bir çok analog devre uygulamalarının yanı sıra akım modunda çalışan çok sayıda sürekli zaman süzgeci literatürde yayınlanmıştır [3-6].

Aynı kırmık üzerine gerçekleştirilen gerilim ve akım modlu devrelerin birbirlerine bağlanmaları için gerilim-akım veya akım-gerilim çevirici devreleri gerekir [7]. Bu bağlantı noktaları öncesinde veya ötesinde zaten işaretin filtre edilmesi gerektiği hallerde gerilim giriş ve akım çıkışlı (transadmitans) veya akım giriş gerilim çıkışlı (transempedans) türünden, başka bir ifadeyle karışık modlu süzgeçlerin kullanılması yukarıda sözü edilen çeviricilerin kullanılmasına gerek bırakmayacaktır. Literatürde şimdiye kadar ikisi transempedans [8,9], bir diğeri de transadmitans süzgeçler [10] konusunda olmak üzere az sayıda çalışma mevcuttur.

Transadmitans süzgeçlerin gerilim modlu radyo RF katlarının çıkışlarındaki temel bant süzgeçleme işlevinde kullanılmaları halinde aynı anda gerilim-akım çevirme işleminin de yapılabilmesi söz konusudur. Bu konuda daha önce yayınlanmış olan çalışmada önerilen devrenin [10] çıkışlarında üç temel süzgeç fonksiyonunu gerçeklenmesine karşın devrede kullanılan kapasitelerin bir ucu topraklı olmadığı için çift poly tabakalı proseslere ihtiyaç vardır ve süzgeç tabii frekansının ayarlanması zordur. Bu çalışmanın amacı bu tür işlevlerde en çok kullanılan süzgeç fonksiyonlarından biri olan bant geçiren süzgeç fonksiyonunu sağlayan ve daha az sayıda aktif ve pasif elemana ihtiyaç gösteren, bunun yanı sıra, bütün kapasiteleri bir ucu topraklı yeni bir süzgeç devresi sunmaktır. Bu devre ayrıca, kullanılan aktif elemanların akım kontrollü akım taşıyıcılar olması halinde elektronik olarak akort edilebilir türden bir devre olmakta ve bu haliyle tümleştirme açısından çok avantajlı özellikler sergilemektedir

## 2. TRANSADMİTANS SÜZGEÇ

İkinci kuşak akım taşıyıcılar (CCII) birim kazançlı gerilim ve akım izleme hücrelerinden oluşan ve aktif devre sentezinde çok geniş olanaklar sağlayan devre elemanlarıdır. İkinci kuşak akım taşıyıcının devre sembolü Şekil 1 de görülmektedir [2].



Şekil 1 İkinci kuşak akım taşıyıcı devre sembolü

Bir CCII+ aşağıdaki uç büyüklükleri ilişkileri ile tanımlanır [2].

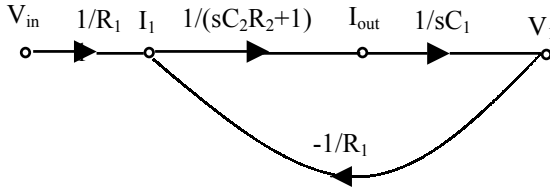
$$I_Y=0, \quad V_X=V_Y, \quad I_Z=\pm I_X \quad (1)$$

(1) deki son akım eşitliğindeki artı ve eksi işaretler, sırasıyla pozitif ve negatif ikinci kuşak akım taşıyıcıları (CCII+ ve CCII-) ifade etmektedirler CCII ideallsizlikleri dikkate alınır terminal ilişkileri

$$I_Y=0, \quad V_X=\beta V_Y, \quad I_Z=\pm\alpha I_X \quad (2)$$

biçiminde yazılabilir ki, burada gerilim ve akım kazançları  $\beta=1-\varepsilon_v$ ,  $\alpha=1-\varepsilon_i$ , olup  $\varepsilon_v$  ( $|\varepsilon_v|\ll 1$ ) ve  $\varepsilon_i$  ( $|\varepsilon_i|\ll 1$ ) sırasıyla gerilim ve akım izleme hatalarını ifade etmektedir.

Akım taşıyıcılar kullanarak gerilim giriş ve akım çıkışlı (transadmitans) bant geçiren bir aktif süzgecin (3) bağıntısı ile verilen transfer fonksiyonlarını sağlaması gerekir. Bu bağıntılara Şekil 2 de verilen işaret akış grafi karşı düşmektedir.



Şekil 2 Bant geçiren transadmitans süzgecin işaret akış grafi

$$\frac{I_{out}}{V_{in}} = \frac{s}{R_1 C_2 R_2} \frac{1}{s^2 + s \frac{1}{C_2 R_2} + \frac{1}{C_1 R_1 C_2 R_2}} \quad (3)$$

Böyle bir transfer fonksiyonunu sağlayan süzgece ait değer katsayısı ve tabii frekans ideal ve ideal olmayan haller için:

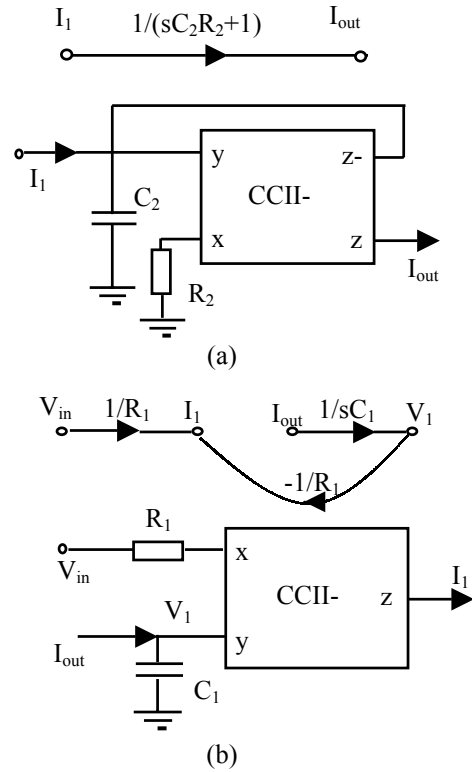
$$Q = \sqrt{\frac{C_2 R_2}{C_1 R_1}} \quad \omega_o = \sqrt{\frac{1}{C_1 R_1 C_2 R_2}} \quad (4)$$

$$Q = \sqrt{\frac{\alpha_1 \beta_1 C_2 R_2}{\alpha_2 \beta_2 C_1 R_1}} \quad \omega_o = \sqrt{\frac{\alpha_1 \alpha_2 \beta_1 \beta_2}{C_1 R_1 C_2 R_2}} \quad (5)$$

şeklinde hesaplanabilir. (4) ve (5) bağıntılarından değer katsayısı ve tabii frekansın pasif ve aktif eleman parametrelerine göre bağlı duyarlıklarının mutlak

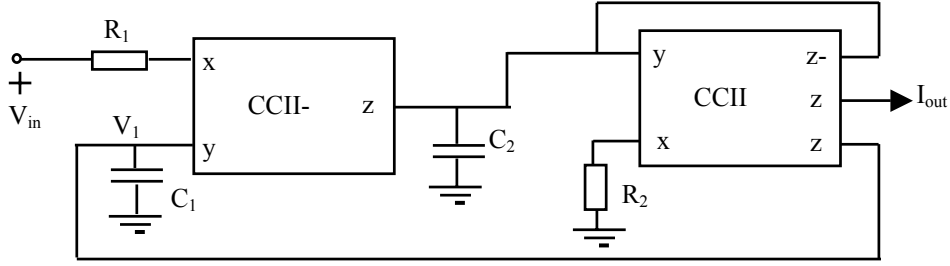
değerce  $\frac{1}{2}$  olduğu görülmektedir. Başka bir ifadeyle, devrenin duyarlık performansının çok iyidir.

Şekil 2 deki grafin alt grafları ve bu alt graflara karşı düşen devreler ise Şekil 3a ve 3b de verilmektedir. Şekil 3a daki alt devre akım modunda çalışan kayıplı bir integral alıcıya karşı düşmektedir. Buna karşı, Şekil 3b deki alt devre ise ilk defa bu çalışmada önerilen ve Şekil 2 deki işaret akış grafinin diğer kısmına karşı düşen ve gerilimler farkını akıma çeviren özgün bir alt devredir. Her iki alt devre Şekil 2 deki işaret akış grafini oluşturacak tarzda bir araya getirildiğinde ise Şekil 4 de görülen gerilim girişli ve akım çıkışlı bant geçiren süzgeç devresi elde edilmektedir. Devredeki ikinci akım taşıyıcı iki evirmeyen bir eviren akım çıkışı olan çok çıkışlı bir taşıyıcıdır ve transistor düzeyinde çok kolayca gerçekleştirilebilir (Şekil 6).

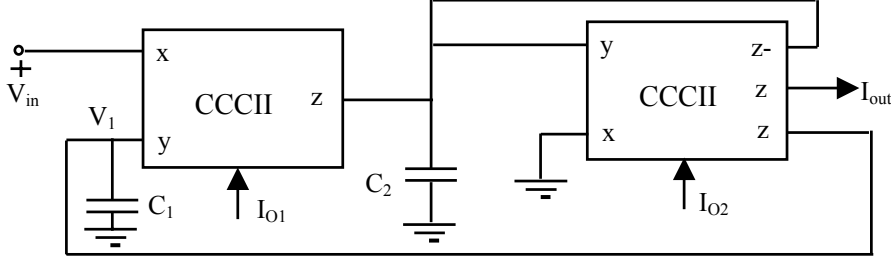


Şekil 3 Şekil 2 deki işaret akış grafinin alt grafları ve CCII li gerçeklemeleri; (a) akım modlu eviren kayıplı entegral alıcı, (b) önerilen gerilimler farkını akıma çeviren devre

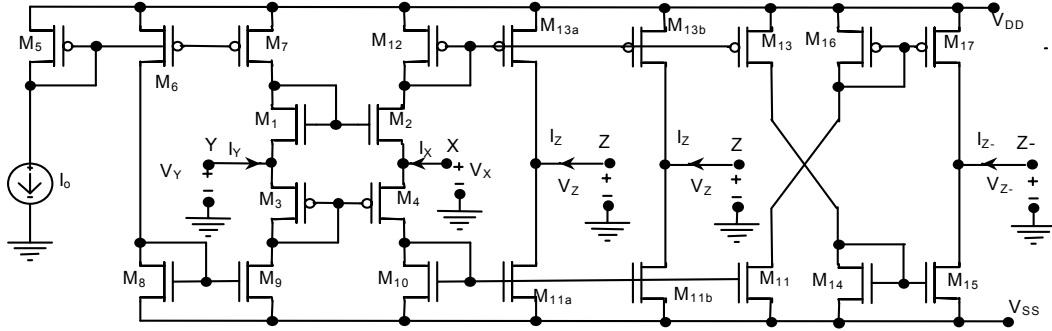
Alt devredeki dirençlerin bir ucu ise akım taşıyıcıları x terminallerine bağlıdır. x-ucu parazitik dirençleri kutuplama akımları ile ayarlanabilen ve genelde karma-translineer formda gerçekleştirilen akım taşıyıcılar, akımla kontrol edilebilen akım taşıyıcılar (CCCII) olarak adlandırılmaktadırlar [11]. Alt devrelerdeki akım taşıyıcılar ve x uçlarına bağlı dirençlerle birlikte, CCCII ler ile realize edilirlerse, bu çalışmada önerilen tabii frekans elektronik olarak ayarlanabilen karışık modlu süzgeç devresi elde edilmiş olur (Şekil 5).



Şekil 4 Bu çalışmada önerilen transadmitans bant geçiren süzgeç



Şekil 5 Süzgeç devresinin akım kontrollü akım taşıyıcılarla gerçekleştirilmiş hali



Şekil 6 Çok çıkışlı akım kontrollü akım taşıyıcının CMOS gerçekleştirilmesi

Şekil 5 görülen ve bant geçiren cevabı üretebilen süzgeç devresi önemli avantajlara sahiptir. Bunlardan birincisi devrede kullanılan kapasitelerin bir ucu topraklı olmasıdır. Bu özellik süzgeç devresinin tümleşik olarak ve standart prosesler kullanarak gerçekleştirilebilmesine olanak verir. Bir diğer özellik, devrede kırık üzerinde çok yer kaplayan direnç elemanı bulunmamasıdır. Son olarak da, süzgeç merkez frekansının ayarlanabilmesi özelliği sayılabilir.

### 3. SİMÜLASYON SONUÇLARI

Yukarıda verilen teorik sonuçları doğrulamak amacıyla CMOS akım kontrollü akım taşıyıcılar tasarlanarak (CCCII) SPICE simülasyonları yapılmıştır. CCCII'lerin gerçekleştirilmesi için, Şekil 6'deki CMOS devre kullanılmıştır [12]. İlk taşıyıcı için pozitif z çıkışlarının gerçekleştirilmesine gerek yoktur. Bu devreler  $\pm 2.5V$  gerilim kaynakları ile beslenmektedir. SPICE model parametreleri olarak AMS firmasının  $0.35\mu$  CMOS proses parametreleri kullanılmıştır. NMOS ve PMOS transistörlerin boyutları Tablo 1'de verilmektedir. Şekil 6'deki CMOS akım taşıyıcıların x terminal direnci (6) bağıntısıyla hesaplanabilir. (6) dan  $R_x$  in  $I_0$  ile ayarlanabildiği görülmektedir.

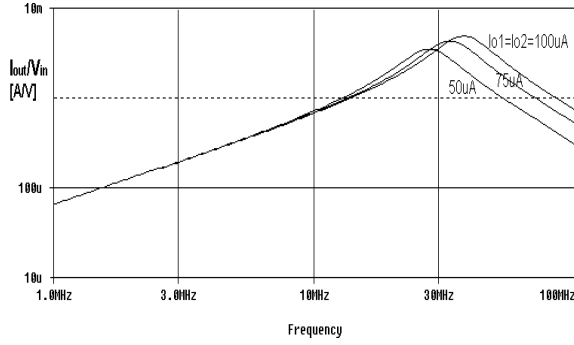
$$R_x = \frac{1}{g_{m2} + g_{m4}}, \quad g_{mi} = \sqrt{2\beta_i I_0}, \quad i=2,4 \quad (6)$$

Tablo 1 Şekil 6'daki CMOS devrelerde kullanılan transistörlerin boyutları

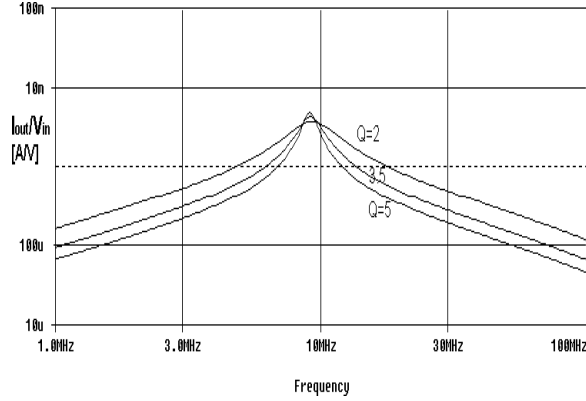
Transistor	W [ $\mu m$ ]	L [ $\mu m$ ]
M <sub>1</sub> , M <sub>2</sub>	20	0.35
M <sub>3</sub> , M <sub>4</sub>	60	0.35
M <sub>5</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub>	30	2
M <sub>8</sub> , M <sub>9</sub>	10	2
M <sub>10</sub> , M <sub>11</sub> , M <sub>14</sub> , M <sub>15</sub>	10	1
M <sub>12</sub> , M <sub>13</sub> , M <sub>16</sub> , M <sub>17</sub>	30	1

Şekil 7'de devrenin frekans cevabı  $C_1 = C_2 = 10pF$  için ve  $I_{O1} = I_{O2} = 50\mu A$ ,  $75\mu A$  ve  $100\mu A$  için ( $Q=1$ ) için görülmektedir. Şekil 8'de ise aynı devrenin bant geçiren cevabını  $I_{O1} = I_{O2} = 200\mu A$  kutuplama akımlarında, fakat bu defa  $C_1 = C/k$ ,  $C_2 = kC$  ( $Q=k$ ,  $k=2$ ,  $k=3.5$  ve  $k=5$  ve  $C=50pF$ ) değerleri için görülmektedir. Şekil 7 ve 8'den görülebileceği üzere transadmitans süzgecin merkez frekansı kutupları akımları ile elektronik olarak ayarlanabilmektedir. Kapasite oranları ile de değer katsayısını istenilen bir

değere getirmek mümkündür. Simülasyon sonuçları teorik öngörülerini doğrulamaktadır.



Şekil 7 Şekil 5 deki süzgecin kutuplama akımları parametre iken frekans cevabı ( $C_1=C_2=10\text{pF}$ ,  $I_{O1}=I_{O2}=50\mu\text{A}$ ,  $75\mu\text{A}$ ,  $100\mu\text{A}$ )



Şekil 8 Şekil 5 deki süzgecin kapasite oranları parametre iken frekans cevabı ( $C_1=50\text{pF}/k$ ,  $C_2=k*50\text{pF}$ ,  $k=2, 3.5, 5$ ,  $I_{O1}=I_{O2}=200\mu\text{A}$ )

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada gerilim giriş ve akım çıkışlı (transadmitans), ve akım taşıyıcılarla gerçekleştirilen yeni bir bant geçiren süzgeç yapısı sunulmaktadır. Önerilen devre:

- Bant geçiren süzgeç fonksiyonunu bağımsız ve yüksek empedanslı bir çıkışta sağlamaktadır. Bu şekilde devrenin çıkışına akım modlu katlara doğrudan bağlanabilmektedir.
- Gerilim modlu devrelerin akım modlu devrelere bağlanması arakesitinde kullanıldığında akım-gerilim çeviricisine ihtiyaç kalmamaktadır.
- Literatürde daha önce sunulmuş olan devrelere göre az sayıda aktif ve pasif eleman kullanılmaktadır.
- Bütün kapasiteler bir ucu topraklı olduğu için tek poly tabakalı standart proseslerle de gerçeklemeye uygundur.
- Akım kontrollü akım taşıyıcılar kullanıldığında frekans elektronik olarak ayarlanabilmektedir.

Sunulan süzgecin performansı gerçekleştirilen SPICE benzetimleri ile ortaya konulmaktadır.

#### KAYNAKLAR

- [1] Toumazou, C.; Lidgey, F. J.; Haigh, D. G., Analog IC design: the current-mode approach, (Peter Peregrinus Ltd. London), 1990.
- [2] Sedra, A., Smith, K. C., A Second Generation Current Conveyor and its Applications, IEEE TRANS. CIRCUIT THEORY, Vol. CT-17, Iss. 2, pp. 132-134, 1970.
- [3] Chang C. M., Novel Universal Current-Mode Filter with Single-Input and Three Outputs Using only Five Current Conveyors, ELECTRONICS LETTERS, Vol. 29, Iss 23, pp 2005-2007, 1993.
- [4] Abuelma'atti M. T., Shabra A. M., A Novel Current Conveyor-Based Universal Current-Mode Filter, MICROELECTRONICS JOURNAL, Vol. 27, Iss. 6, pp. 471-475, 1996.
- [5] Özoğuz, S., Toker, A. Çiçekoğlu, O., High Output Impedance Current-Mode Multifunction Filter with Minimum Number of Active and Reduced Number of Passive Elements, ELECTRONICS LETTERS, Vol. 34, Iss. 19, pp. 1807-1809, 1998.
- [6] Toker, A., Özoğuz, S., Insensitive Current-Mode Universal Filter Using Dual Output Current Conveyors', INTERNATIONAL JOURNAL of ELECTRONICS, Vol. 87, Iss. 6, pp. 667-674, 2000.
- [7] Fabre, A., Saaid, O., Wiest, F., Boucheron, C., High Frequency High-Q BiCMOS Current-Mode Bandpass Filter and Mobile Communication Application', IEEE JOURNAL of SOLID STATE CIRCUITS, Vol. 33, Iss. 4, pp. 614-625, 1998.
- [8] Soliman, A. M., 'Mixed-Mode Biquad Circuits', MICROELECTRONICS JOURNAL, Vol. 27, Iss. 6, pp. 591-594, 1996.
- [9] Aksoy, M., Özcan, S., Kuntman, H., Çiçekoğlu, O., Transresistance Mode Single-Input Multi-Output Filter by Using CFOA, Proc. Int. Conf. Optimization of Electrical and Electronic Equipment OPTIM'2002, Vol. III, pp. 653-656, Braşov, May16-17, 2002.
- [10] Toker, A., Çiçekoğlu, O., Özcan, S., Kuntman, H., High-Output-Impedance Transadmittance Type Continuous-Time Multifunction Filter with Minimum Active Elements, INTERNATIONAL JOURNAL of ELECTRONICS, Vol. 88, Iss. 10, pp. 1085-1091, 2001.
- [11] Fabre, A., Saaid, O., Wiest, F., Boucheron, C., Current Controlled Band Pass Filter Based on Translinear Conveyors, ELECTRONICS LETTERS, Vol. 31, Iss. 20, pp. 1727-1728, 1995.
- [12] Altuntaş, E., Toker, A., Realization of Voltage and Current Mode KHN Biquads Using CCCIs', INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRONICS AND COMMUNICATIONS (AEÜ), Vol. 56, Iss. 1, pp. 45-49, 2002.