

Değiştirilmiş Üçüncü Kuşak Akım Taşıyıcı (MCCIII) Tabanlı Tümgeçiren Süzgeç Yapıları

Seçkin Bodur¹

Hakan Kuntman²

Oğuzhan Çiçekoğlu³

^{1,2}İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Müh. Bölümü, 80626, Maslak, İstanbul

³Boğaziçi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Böl., 80815 Bebek-İstanbul, E-posta: kuntman@ehb.itu.edu.tr, seckinb@btae.mam.gov.tr, cicekoglu@boun.edu.tr

Özet: Bu çalışmada iki yeni MCCIII tabanlı birinci dereceden tümgeçiren süzgeç yapısı önerilmiş, bu devrelerin başarımı SPICE benzetim programı ile gösterilmiştir. SPICE benzetimlerinde yüksek başarımli bir BJT MCCIII devresinden yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar standart CCIII devresi ile elde edilen sonuçlarla kıyaslanmış, MCCIII ile gerçekleştirilen devrenin buna göre sağladığı yararlar vurgulanmıştır.

1. Giriş

İşlemsel kuvvetlendiriciler band genişliklerinin ve yükselme eğimlerinin sınırlı olmasından kaynaklanan yetmezlikler göstermekte, bu da söz konusu elemanlarının aktif devre tasarımındaki başarımını önemli derecede kısıtlamaktadır. İşlemsel kuvvetlendiricilerin kısıtlamalarını aşmak ve hızlı sistemler gerçekleştirebilmek üzere yeni arayışlara yönelmiş ve bunun sonucunda akım modlu çalışma kavramı ortaya çıkmıştır [1-30]. Son on yılda işlemsel geçiş iletkenliği kuvvetlendiricileri (OTA), eviren ve evirmeyen akım taşıyıcılar (CCII+ ve CCII-), akım geribeslemeli işlemsel kuvvetlendiriciler (CFOA), elektronik denetimli akım taşıyıcılar (ECCII), farksal gerilim akım taşıyıcıları (DVCC), farksal fark akım taşıyıcıları (DDCC), üçüncü kuşak akım taşıyıcıları (CCIII), dört uçlu yüzen nulör (FTFN) gibi yeni aktif devre elemanları, büyük dinamik aralığı göstermeleri ve büyük bir band genişliği sağlamaları nedeniyle gittikçe yaygınlaşan bir kullanım alanı bulmaktadırlar. [1-12, 18,21,22].

Fabre tarafından önerilen üçüncü kuşak akım taşıyıcıları (CCIII) [24], özellikle, iki ucu topraktan yalıtılmış bir devre elemanından akımı sezerek algılamaya uygun düşmektedir [25-28].

Kısa bir süre önce yayınlanmış olan bir çalışmada, yeni bir aktif devre elemanı, değiştirilmiş üçüncü kuşak akım taşıyıcı (MCCIII: modified third generation current conveyor) önerilmiş ve bu elemanın devre sentezinde yeni olanaklar sağlayacağı ve gerçekleştirilmeleri basitleştireceği gösterilmiştir [29, 30].

Tümgeçiren süzgeçler, analog işaret işlemede yaygın olarak kullanılan devre bloklarıdır; bunlardan faz eğrisini düzeltmek, osilatör ve yüksek değer katsayılı band geçiren süzgeç gerçekleştirmek amacıyla yaygın olarak yararlanılmaktadır.

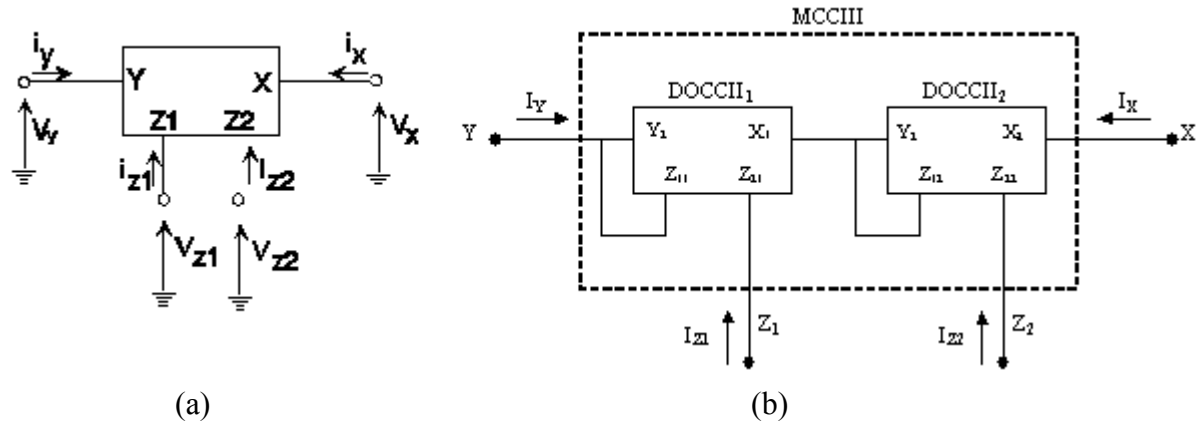
Bu çalışmada iki yeni MCCIII tabanlı birinci dereceden tümgeçiren süzgeç yapısı önerilmiş, bu devrelerin başarımı SPICE benzetim programı ile gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar standart CCIII devresi ile elde edilen sonuçlarla kıyaslanmış, MCCIII ile gerçekleştirilen devrenin buna göre sağladığı yararlar vurgulanmıştır.

2. Değiştirilmiş üçüncü kuşak akım taşıyıcı

Değiştirilmiş üçüncü kuşak akım taşıyıcının devre sembolü Şekil-1a'da görülmektedir. Elemanın tanım bağıntıları da

$$\begin{pmatrix} I_Y \\ V_X \\ I_{Z1} \\ I_{Z2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_Y \\ I_X \\ V_{Z1} \\ V_{Z2} \end{pmatrix} \quad (1)$$

matrisel eşitliği ile verilmektedir. Bu bağıntılar uyarınca X ve Y kapıları arasında (+1) değerinde bir gerilim kazancı sağlanmaktadır; X ve Z₁ kapıları arasında (-2) değerinde bir akım kazancı, X ve Z₂ kapıları arasında (+1) değerinde bir akım kazancı, X ve Y kapıları arasında da (-1) değerinde bir akım kazancı elde edilmektedir. Bu son özellik, devrenin bir tümleştirilmiş akım sezme elemanı olarak kullanılmasını sağlar. Devredeki Z₂ çıkışı Fabre tarafından önerilen klasik üçüncü kuşak akım taşıyıcıya karşı düşmekte, MCCIII elemanına özgü (-2) kazançlı Z₁ çıkışı ise devre tasarımcısına yeni olanaklar sağlamaktadır.

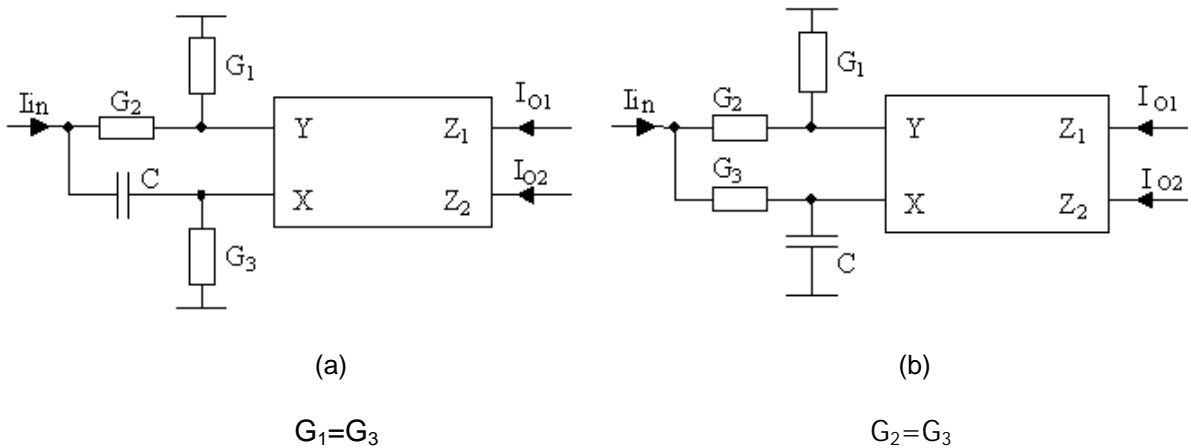


Şekil 1. a) Değiştirilmiş üçüncü kuşak akım taşıyıcı sembolü, b) DOCCII elemanı ile MCCIII gerçekleştirilmesi

MCCIII elemanının nasıl gerçekleştirilebileceği Şekil-1b’de gösterilmiştir. Bu gerçekleştiriliş biçiminde yapı iki adet DOCCII+ ile oluşturulmaktadır. Z1 çıkışının alındığı DOCCII₁ elemanının ilgili çıkışı 2 değerinde bir akım kazancı sağlayacak biçimde düzenlenmiştir.

3. Önerilen Tümgeçiren Süzgeç Topolojileri

Önerilen iki tümgeçiren süzgeç yapısı ve bunlara ilişkin geçiş fonksiyonları Şekil-2’de verilmiştir. Fark edilebileceği gibi, her iki devrede de Z₂ çıkışı klasik CCIII ile elde edilebilecek bir geçiş fonksiyonu sağlanmakta ve bu uçta ½ oranında bir kayıp ortaya çıkmakta, buna karşılık MCCIII elemanına özgü çıkış ucu olan Z₁ ucunda, geçiş fonksiyonu kayıpsız olarak elde edilmektedir.



$$G_1 = G_3$$

$$\frac{I_{O1}}{I_{in}} = \frac{G_2 - sC}{G_2 + sC}$$

$$\frac{I_{O2}}{I_{in}} = -\frac{1}{2} \frac{G_2 - sC}{G_2 + sC}$$

$$G_2 = G_3$$

$$\frac{I_{O1}}{I_{in}} = -\frac{G_1 - sC}{G_1 + sC}$$

$$\frac{I_{O2}}{I_{in}} = \frac{1}{2} \frac{G_1 - sC}{G_1 + sC}$$

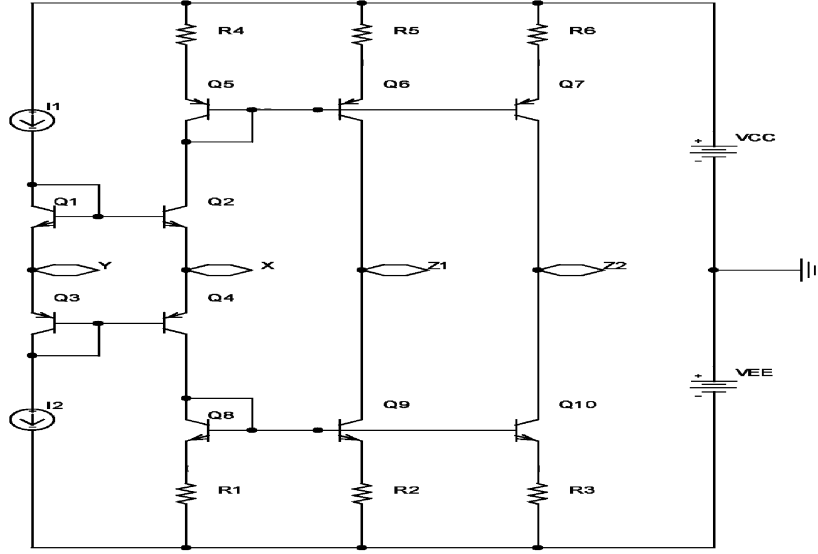
Şekil 2. Önerilen MCCIII tabanlı birinci dereceden tümgeçiren süzgeç devresi, geçiş fonksiyonları

4. Benzetim Sonuçları

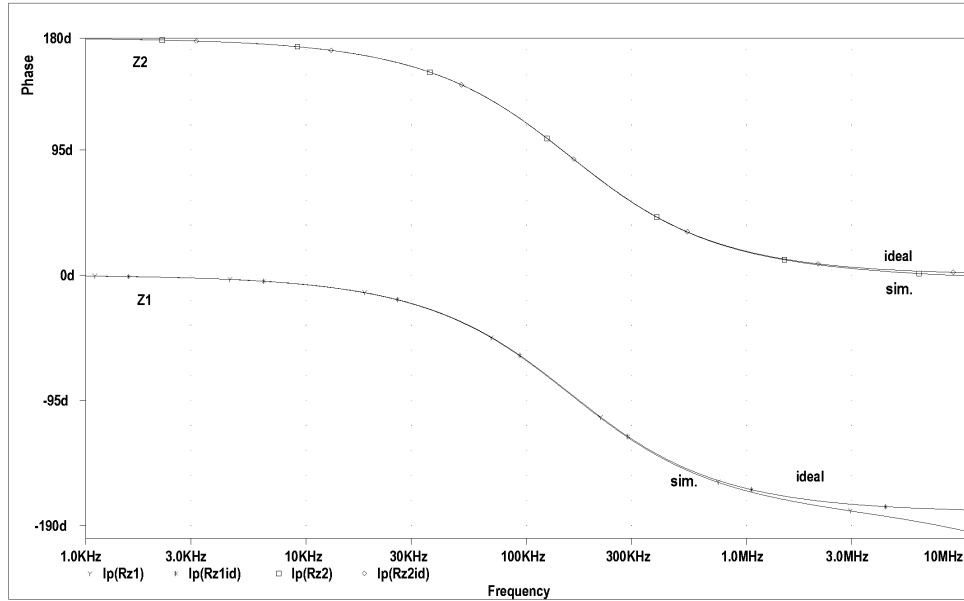
Önerilen MCCIII tabanlı tümgeçiren süzgeç yapılarının başarımı SPICE benzetim programı ile gösterilmiştir. Besleme gerilimleri ±12V olarak seçilmiştir. Benzetimler NR100N ve PR100N npn ve pnp tranzistor model parametreleri ile gerçekleştirilmiştir. Eleman değerleri R₁=R₂=R₃ =1kΩ, C=1nF olarak seçilmiştir. Bu durumda f=159kHz’de 90° faz kayması elde edilmektedir. MCCIII yapısı Şekil-1b’deki ilkeye göre kurulmuştur. Yararlanılan DOCCII yapısı Şekil-3’de görülmektedir. Söz konusu akım kazancı, devredeki direnç oranlarının uygun seçilmesiyle kolayca elde edilebilir [31].

Önerilen birinci tümgeçiren süzgeç yapısının i_{z1} ve i_{z2} çıkışları için faz-frekans eğrileri Şekil-4’de görülmektedir. Şekilden izlenebileceği gibi, benzetim sonuçları ideal eğrilerle iyi bir uyumluluk göstermektedir.

Devrede Z_2 çıkışı klasik CCIII devresine karşı düşmektedir, bu uca kadar olan kazanç -6dB dir; Z_1 çıkışı ise MCCIII devresinin tanımı gereği 0dB kazanç sağlamaktadır. Bu da MCCIII tabanlı yapıların CCIII tabanlı yapılara göre tasarımda yarar sağladığını ortaya koymaktadır.



Şekil 3. Yararlanılan DOCCII+ yapısı



Şekil 4. Önerilen tümgeçiren süzgeç yapısının i_{z1} ve i_{z2} çıkışları için faz-frekans eğrileri ($R_1=R_2=R_3=R_L=1\text{k}\Omega$, $C=1\text{nF}$)

5. Sonuç

Bu çalışmada iki yeni MCCIII tabanlı birinci dereceden tümgeçiren süzgeç yapısı önerilmiştir (Şekil-2), bu devrelerin başarımı SPICE benzetim programı ile gösterilmiştir. MCCIII elemanının -2 kazançlı bir $z1$ ucunun bulunması, Fabre tarafından önerilen CCIII elemanı ile gerçekleştirilemeyecek yeni tasarım olanakları getirmektedir. MCCIII elemanının getirdiği esneklik, devre tasarımcısına iki fazlı osilatör, yüksek Q 'lu süzgeç gibi analog devre bloklarının oluşturulması açısından esneklik kazandırmakta ve yeni olanaklar sağlamaktadır. Bipolar tekniği ile gerçekleştirilen akım taşıyıcılar, uygun imalat prosesi kullanılması durumunda, birkaç yüz MHz'e kadar uzanan yüksek frekanslar bölgesinde çalışabilmekte, bu nedenle önerilen devre de tümdevre tasarımcıları için CMOS yapılara göre yüksek performanslı diğer bir seçenek oluşturmaktadır.

Kaynaklar

- [1] Wilson B., Recent developments in current conveyor and current-mode circuits, *Proc. IEE PT. G*, 137, (2), 63-77, 1990

- [2] Çam U., Çiçekoğlu O., Kuntman H., A New Four Terminal Floating Nullor Based Single-Input Three-Output Current-Mode Multifunction Filter, *Microelectronics Journal*, 30, (2), 115-118, 1999
- [3] Özoğuz S., Toker A., Çiçekoğlu O., New Current-Mode Universal Filters Using Only Four (CCII+)s, *Microelectronics Journal*, 30, (3), 255-258, 1999
- [4] Roberts G. W., Sedra A. S., All current-mode frequency selective circuits, *Electronics Letters*, 25, 759-761, 1989
- [5] Soliman A., Current-Mode Universal Filter, *Electronics Letters*, 32, 1420-1421, 1995
- [6] Soliman A., New current mode filters using current conveyors, *A.E.Ü. Int. J. Electron. Commun.*, 51, (5), 275-278, 1997
- [7] Zeki A., Novel high performance OTA structures suitable for continuous-time OTA-C filters, (Doktora Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ, 1998.
- [8] Zouaoui-Abouda, H., Fabre, A., "High performance balanced current controlled amplifiers", *Proceedings of ICM'98*, 183-186, December 14-16, 1998, Monastir, Tunisia.
- [9] Chiu, W., Liu S.-I., Tsao H.-W. and Chen J.J, CMOS differential difference current conveyors and their applications, *IEE Proc. Pt-G.*, 143, 91-96, 1996.
- [10] Elwan H.O., Soliman A.M., Novel CMOS differential voltage current conveyor and its applications, *IEE Proc. Pt-G*, 44, 195-200, 1997.
- [11] Duruk, A., Diferensiyel fark akım taşıyıcı (DDCC) ile endüktans simülasyonu ve aktif suzgeç tasarımında yeni olanaklar (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ, 1998.
- [12] Duruk, A., New improved CMOS implementation of difference current conveyor, *Proc. ELECO'99: International Conference on Electrical and Electronics Eng. Electronics*, Bursa, 90-94, 1-5 December 1999,
- [13] Higashimura, M., Current-mode lowpass, bandpass and highpass filter using an FTFN, vol. 24, 1993, 659-662.
- [14] Abuelma'atti M. T., Shabra A. M., A novel current-conveyor-based universal current-mode filter, *Microelectronics Journal*, 27, (6), 471-475, 1996
- [15] Chang C. M. , Novel Universal Current-Mode Filter with Single-Input and 3 Outputs Using Only 5 Current Conveyors, *Electronics Letters*, 29, (23), 2005-2007, 1993
- [16] Abuelma'atti M. T., Al-Qahtani M. A., Current-mode universal filters using unity-gain cells, *Electronics Letters*, 32, (12), 1077-1078, 1996
- [17] Senani R., A Simple Approach of Deriving Single-Input Multiple-Output Current-Mode Filters, *Frequenz*, 50, 124-127, 1996
- [18] Liu S. I., and Lee. J. L., Insensitive current/voltage mode filters using FTFNs, *Electronics Letters*, 32, 1996, 1079-1080.
- [19] 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*, 34, (19), 1807-1809, 1998
- [20] Güneş E. O., Toker A., Özoğuz S., Insensitive Current-Mode Universal Filter with Minimum Components Using Dual-Output Current Conveyors, *Electronics Letters*, 35, (7), 524-525, 1999
- [21] Chipipop B., Surakampontorn W., Realisation of Current-mode FTFN-based Inverse Filter, *Electronics Letters*, 35, (9), 690-692, 1999
- [22] Abuelma'atti, M. T., Al-Zaher, H. A., Universal Two-Input Two-Output Current-Mode Active Biquad Using FTFNs, *Int. J. Electronics*, 86, (2), 181-188, 1999
- [23] Özoğuz S., Toker A., Acar C., Current-Mode Continuous-Time Fully-Integrated Universal Filter Using CDBAs, *Electronics Letters*, 35, (2), 97-98, 1999
- [24] Fabre A., Third generation current conveyor: a new helpful active element, *Electronics Letters*, 31, (5), 338-339, 1995.
- [25] Liu S. I., Yang Y. Y., Higher-order immittance function synthesis using CCIIIs, *Electronics Letters*, 32, (25), 2295-2296, 1996.
- [26] Horng J.-W. Weng R.-O. Lee M.-H. and Chang C.-W., Universal active current filter using two multiple current output OTAs and one CCIII, *Int. J. Electronics*, 82, (3), 1996.
- [27] Kuntman, H. Gülsoy, M. and Çiçekoğlu, O.: Actively simulated grounded lossy inductors using third generation current conveyors, *Microelectronics Journal*, 31, 245-250, 2000.
- [28] Piovaccari A., CMOS integrated third generation current conveyor, *Electronics Letters*, 31, (15), 1228-1229, 1995.
- [29] Kuntman H., Çiçekoğlu O. and Özoğuz S, A modified third generation current conveyor, its characterization and applications, *Frequenz*, 56, 47-54, 2002.
- [30] Kuntman H., Çiçekoğlu O., Özoğuz S and Karaçivi B., 'A universal current-mode filter implemented with the modified third generation current conveyor', *Proc of the IEEE Nordic Signal Processing Symposium (NORSIG'2000)*, 165-169, Kolmarden, Sweden, June 13-15, 2000.
- [31] Bodur S., Değiştirilmiş üçüncü kuşak akım taşıyıcı ile yeni olanaklar, (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ, 2002.