

MİNİMUM SAYIDA PASİF ELEMAN KULLANARAK ELEKTRONİK OLARAK AYARLANABİLİR KHN SÜZGECİ TASARIMI

Serhan YAMAÇLI¹

Sadri ÖZCAN²

¹Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü Mersin Üniversitesi Tarsus Teknik Eğitim Fakültesi, Tarsus-Mersin

² Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü Elektrik-Elektronik Fakültesi İstanbul Teknik Üniversitesi, 80626, Maslak, İstanbul

¹e-posta: syamacli@mersin.edu.tr ² e-posta: sozcan@ehb.itu.edu.tr

Anahtar sözcükler: KHN süzgeci, elektronik olarak ayar edilebilen akım taşıyıcı (ECCII), diferansiyel fark kuvvetlendirici (DDA)

ABSTRACT

In this paper, an electronically tunable voltage-mode Kerwin-Huelsman-Newcomb (KHN) biquad canonical filter with minimum passive elements is introduced. The proposed circuit uses one differential difference amplifier (DDA) and two electronically tunable current conveyors (ECCII) as active elements. The cut-off frequency and the quality factor of the filter can be tuned orthogonally. Proposed circuit is simulated using SPICE simulation program. Simulation results show the versatility of the circuit.

1. GİRİŞ

Literatürde, işlemsel kuvvetlendirici (opamp), işlemsel geçiş iletkenliği kuvvetlendiricisi (OTA) ve akım taşıyıcı (CC) gibi aktif elemanlar kullanılarak tasarlanmış süzgeç yapıları vardır. Akım taşıyıcı kullanan süzgeç yapıları, akım taşıyıcıların yüksek doğrusallık, düşük distorsiyon ve düşük güç harcama gibi özellikleri sayesinde öne çıkmaktadır.

Diğer taraftan, Kerwin-Huelsman-Newcomb (KHN) süzgeci de düşük aktif ve pasif duyarlılıkları ve kararlılık gibi avantajlar sağlamaktadır [1]. Literatürde bulunan birçok KHN süzgeci [2-8] arasında yalnızca bir tanesi elektronik olarak ayar edilebilir özellikler göstermektedir [8]. Ancak, bu süzgecin kullanmış olduğu çift-X uçlu diferansiyel fark akım taşıyıcı yapının karmaşık yapısı ve çok güç harcaması, bu devrenin kullanışlı olmasını engellemektedir. Bu devrenin diğer bir dezavantajı da direnç olarak kullanılan MOS dirençlerin distorsiyona sebep olmalarıdır.

Bu çalışmada, elektronik olarak ayar edilebilen akım taşıyıcı (ECCII) ve diferansiyel fark kuvvetlendiricisi

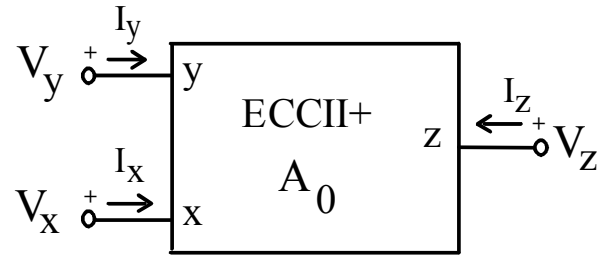
(DDA) kullanan gerilim modlu bir KHN süzgeci önerilmiştir. Önerilen devrenin kutup frekansı ve değer katsayısı birbirinden bağımsız olarak ve elektronik olarak ayarlanabilmektedir.

2. bölümde, ECCII ve DDA tanıtılmıştır. Önerilen KHN süzgeci ve tasarım denklemleri ise 3. bölümde verilmiştir. 4. bölümde önerilen süzgeç devresin ideallsizlik analizi, 5. bölümde de SPICE simülasyon sonuçları verilmiştir. Sonuçlar ve gelecek çalışmalar ise 6. bölümdedir.

2. DEVREDE KULLANILAN AKTİF ELEMANLAR

2.1 Elektronik olarak ayar edilebilen akım taşıyıcı (ECCII)

Elektronik olarak ayar edilebilen akım taşıyıcı Surakamptom ve Thitimajshima tarafından 1988 yılında önerilmiştir [9]. ECCII'nin devre sembolü ve tanım bağıntıları sırasıyla Şekil-1 ve Denklem-1'de verilmiştir.



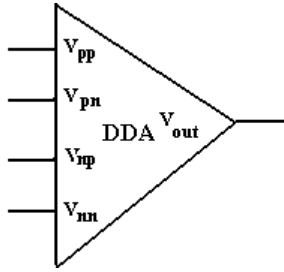
Şekil-1: ECCII'nin devre sembolü

$$\begin{bmatrix} I_Y \\ V_X \\ I_Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & A_0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_Y \\ I_X \\ V_Z \end{bmatrix} \quad (1)$$

ECCII'nin akım kazanç faktörü olan A_0 , bir kontrol akımı vasıtasıyla ayarlanabilmektedir. A_0 pozitifse bir ECCII+, A_0 negatifse ECCII- elde edilir.

2.2 Diferansiyel Fark Kuvvetlendirici (DDA)

Diferansiyel fark kuvvetlendiricisi de 1988 yılında Sackinger ve Guggenbuhl tarafından önerilmiştir. DDA, işlemsel kuvvetlendirici kavramının geliştirilmesidir. DDA'nın devre sembolü ve tanım bağıntıları da sırasıyla Şekil-2 ve Denklem-2'de verilmiştir.



Şekil-2: DDA'nın devre sembolü

$$V_{out} = B[(V_{PP} - V_{PN}) - (V_{NP} - V_{NN})], \quad B \rightarrow \infty \quad (2)$$

Denklem-2'den de görüldüğü üzere DDA'nın açık çevrim kazancı idealde sonsuzdur.

3. ÖNERİLEN KHN SÜZGECİ

3.1 KHN Süzgecinin Genel Yapısı

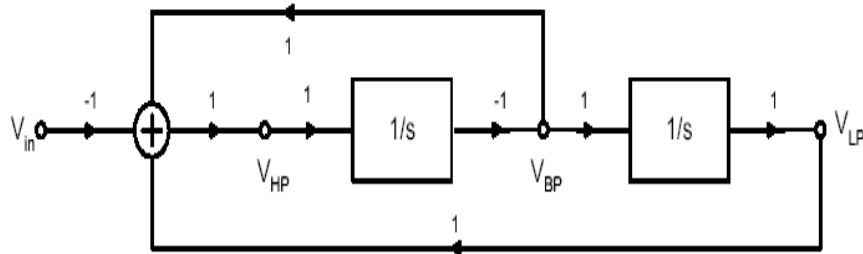
KHN süzgecinin genel durumda blok diyagramı Şekil-3'de gösterilmiştir [7]. KHN süzgeci, düşük aktif ve pasif duyarlılıkları ve kararlı davranışıyla iyi bir süzgeç olarak nitelendirilmektedir [1].

Şekil-3'den de görüldüğü üzere, KHN süzgeci üç bloktan meydana gelmektedir. İlk blok aritmetik işlem bloku, ikinci ve üçüncü bloklar da integratör yapılarıdır.

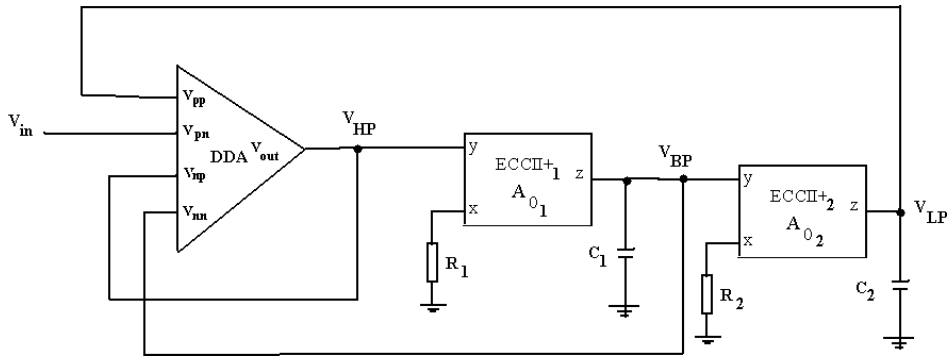
3.2 Önerilen KHN Süzgeci

Önerilen KHN süzgeci, Şekil-4'de gösterilmiştir.

Şekil-4'deki yapıda, birim negatif geribesleme uygulanmış olan DDA, aritmetik işlem bloku olarak görev yapmaktadır. Dirençler ve kapasitörler bağlanmış ECCII yapıları da integratörler olarak görev yapmaktadır. ECCII₊₁, R_1 ve C_1 , ilk integratör yapısını, ECCII₊₂, R_2 ve C_2 de ikinci integratör yapısını oluşturmaktadır.



Şekil-3: KHN süzgecinin blok diyagramı [7]



Şekil-4: Önerilen elektronik olarak ayarlanabilir KHN süzgeci

Önerilen devrenin yüksek geçiren, band geçiren ve alçak geçiren karakteristikleri de sırasıyla Denklem (3a), (3b) ve (3c)'de verilmiştir.

$$\frac{V_{HP}}{V_{IN}} = -\frac{s^2}{s^2 + \frac{A_{01}}{C_1 R_1} s + \frac{A_{01} A_{02}}{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (3a)$$

$$\frac{V_{BP}}{V_{IN}} = \frac{\frac{A_{01}}{R_1 C_1} s}{s^2 + \frac{A_{01}}{C_1 R_1} s + \frac{A_{01} A_{02}}{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (3b)$$

$$\frac{V_{LP}}{V_{IN}} = \frac{\frac{A_{01} A_{02}}{R_1 R_2 C_1 C_2}}{s^2 + \frac{A_{01}}{C_1 R_1} s + \frac{A_{01} A_{02}}{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (3c)$$

Böylece, süzgeç devresinin kutup açılmal frekansı ve değer katsayısı da

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{A_{01} A_{02}}{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (4a)$$

$$Q = \sqrt{\frac{A_{02} R_1 C_1}{A_{01} R_2 C_2}} \quad (4b)$$

olarak yazılabilir.

Denklem (4a) ve (4b)'den de görüldüğü gibi, filtrenin kutup açılmal frekansı ve değer katsayısı birbirinden bağımsız olarak ayarlanabilmektedir. Ayrıca, eğer $A_{01}=A_{02}=A_0$ olarak alınırsa, ω_0 ve Q ,

$$\omega_0 = A_0 \sqrt{\frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (5a)$$

$$Q = \sqrt{\frac{R_1 C_1}{R_2 C_2}} \quad (5b)$$

olur. Dolayısıyla, kutup açılmal frekansı, değer katsayısını değiştirmeden A_0 ile doğrusal olarak ayarlanabilmektedir.

Önerilen devrenin aktif ve pasif duyarlılıkları da

$$\begin{aligned} S_{R_1}^{\omega_0} &= S_{R_2}^{\omega_0} = S_{C_1}^{\omega_0} = S_{C_2}^{\omega_0} = -S_{R_1}^Q = S_{R_2}^Q = S_{C_1}^Q \\ &= -S_{C_2}^Q = -\frac{1}{2} \end{aligned} \quad (6)$$

$$S_{A_{01}}^{\omega_0} = S_{A_{02}}^{\omega_0} = -S_{A_{01}}^Q = S_{A_{02}}^Q = -\frac{1}{2} \quad (7)$$

olarak bulunur ki bu duyarlılıkların tümü düşüktür.

4. ÖNERİLEN DEVRENİN İDEALSİZLİK ANALİZİ

4.1 ECCII'nin idealsiz durumdaki modeli

ECCII'nin tanım bağıntıları idealsiz durumda

$$\begin{bmatrix} I_Y \\ V_X \\ I_Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \beta & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_Y \\ I_X \\ V_Z \end{bmatrix} \quad (8)$$

olarak yazılabilir. Denklem (8)'de $\beta = 1 - \varepsilon_V$ ve $\alpha = A_0 - \varepsilon_I$ olarak yazılabilir. Burada ε_V ECCII'nin gerilim izleme hatası, ε_I ise ECCII'nin akım çarpma faktörü hatasıdır [8].

4.2 İdealsiz Durumda Önerilen Süzgecin Karakteristikleri

Süzgecin yüksek geçiren, band geçiren ve alçak geçiren karakteristikleri ise

$$\frac{V_{HP}}{V_{IN}} = -\frac{s^2}{s^2 + \frac{\beta_1 \beta_2 \alpha_1}{C_1 R_1} s + \frac{\beta_1 \beta_2 \alpha_1 \alpha_2}{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (9a)$$

$$\frac{V_{BP}}{V_{IN}} = \frac{\frac{\beta_1 \beta_2 \alpha_1}{C_1 R_1} s}{s^2 + \frac{\beta_1 \beta_2 \alpha_1}{C_1 R_1} s + \frac{\beta_1 \beta_2 \alpha_1 \alpha_2}{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (9b)$$

$$\frac{V_{LP}}{V_{IN}} = \frac{\frac{\beta_1 \beta_2 \alpha_1 \alpha_2}{R_1 R_2 C_1 C_2}}{s^2 + \frac{\beta_1 \beta_2 \alpha_1}{C_1 R_1} s + \frac{\beta_1 \beta_2 \alpha_1 \alpha_2}{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (9c)$$

olarak yazılabilir.

Kutup açılmal frekansı ve değer katsayısı da idealsiz durumda,

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{\beta_1 \beta_2 \alpha_1 \alpha_2}{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (10a)$$

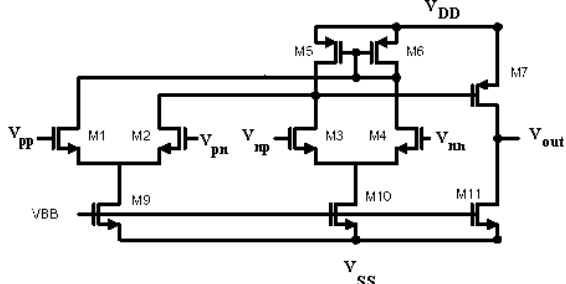
$$Q = \sqrt{\frac{\alpha_{02} R_1 C_1}{\alpha_{01} R_2 C_2}} \quad (10b)$$

olarak yazılabilir.

5. ÖNERİLEN KHN SÜZGECİNİN SİMÜLYASYON SONUÇLARI

5.1 Simülasyonlarda Kullanılan DDA Yapısı

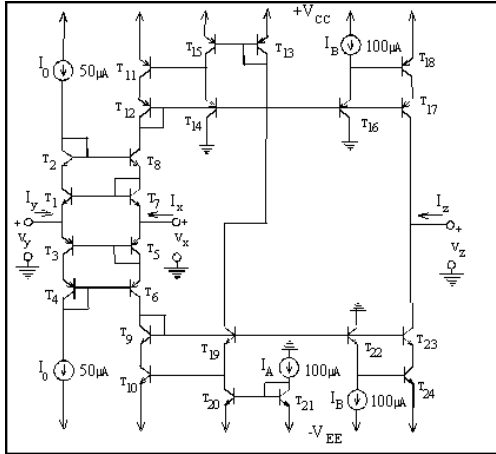
Simülasyonlarda kullanılan DDA yapısı Şekil-5'de gösterilmiştir. Şekil-5'deki DDA yapısı, dengeli fark kuvvetlendiricilerinden oluşturulmuştur. Dengeyi sağlamak için M1, M2, M3 ve M4 transistörlerinin W/L oranları eşit seçilmiştir.



Şekil-4: Simülasyonlarda kullanılan DDA yapısı

5.2 Simülasyonlarda Kullanılan ECCII Yapısı

Simülasyonlarda kullanılan ECCII yapısı Şekil-6'da gösterilmiştir. Şekil-6'daki ECCII yapısının gerilim izleme hatası, girişte kullanılan translineer çevrim sayesinde ihmal edilebilecek kadar küçük olmaktadır.



Şekil-5: Simülasyonlarda kullanılan ECCII+ yapısı

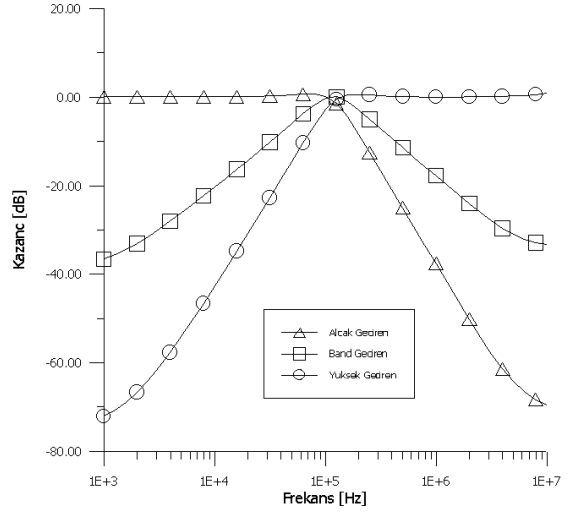
Simülasyonlarda 2µm BiCMOS prosesinin BJT ve MOSFET SPICE parametreleri kullanılmıştır [12]. Besleme gerilimleri de ±3V olarak seçilmiştir. DDA'nın kutuplama gerilimi de $V_{BB}=-1.67V$ olarak alınmıştır. Şekil-6'daki ECCII+ yapısı için akım çarpma faktörü olan A_0

$$A_0 = \frac{I_A}{I_B} \quad (11)$$

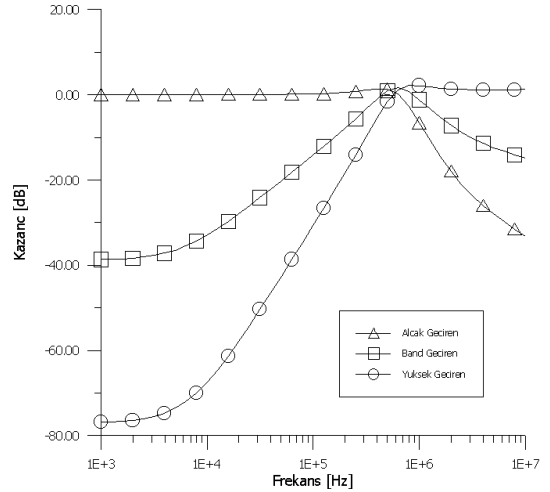
bağıntısıyla verilmektedir.

Simülasyonlarda ECCII+ yapılarının akım çarpma faktörlerini eşit yapabilmek için $I_{A1}=I_{A1}$ ve $I_{B1}=I_{B2}$ olarak alınmıştır. $R_1=R_2=10k$ ve $2C_1=C_2=2pF$ olarak seçilerek de süzgecin Denklem (7b)'ye göre Butterworth karakteristiği göstermesi sağlanmıştır.Şekil (7a), (7b) ve (7c)'de de kontrol

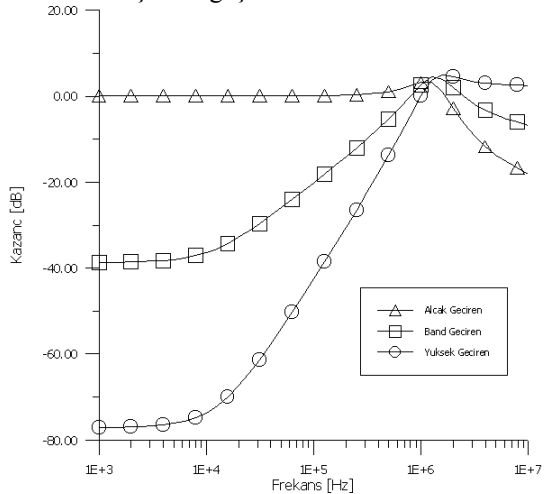
akımlarının $I_{A1}=I_{A2}=I_A=1\mu A$, $5\mu A$ ve $10\mu A$ değerleri için simülasyonlarda elde edilen süzgeç karakteristikleri gösterilmiştir.Şekil (7a), (7b) ve (7c)'den de görüldüğü gibi, süzgecin kesim frekansı, kontrol akımları vasıtasıyla ayarlanabilmektedir.



Şekil- 7a: Kontrol akımının $I_{A1}=I_{A2}=I_A=1\mu A$ değeri için süzgeç karakteristikleri

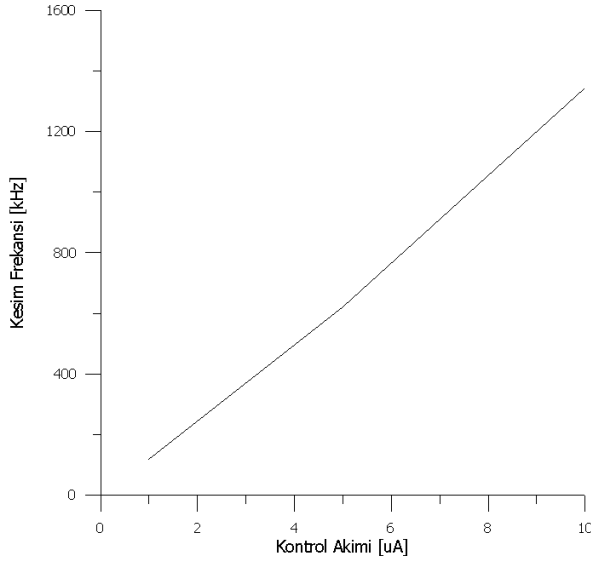


Şekil- 7b: Kontrol akımının $I_{A1}=I_{A2}=I_A=5\mu A$ değeri için süzgeç karakteristikleri



Şekil- 7c: Kontrol akımının $I_{A1}=I_{A2}=I_A=10\mu A$ değeri için süzgeç karakteristikleri

Süzgecin kesim frekansının, kontrol akımıyla değişimi ise Şekil-8’de gösterilmiştir. Şekil-8’den de görüldüğü gibi kesim frekansı, ECCII’lerin kontrol akımıyla doğrusal olarak ayarlanabilmektedir.



Şekil-8: Süzgecin kesim frekansının ECCII’lerin kontrol akımları vasıtasıyla değişimi

6. SONUÇLAR VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, gerilim modlu bir KHN süzgeci önerilmiştir. Önerilen devre iki direnç ve iki kapasitör kullanmaktadır diğer bir deyişle minimum sayıda pasif eleman kullanmaktadır. Ayrıca, kullanılan pasif elemanları topraklı olması, süzgecin entegre devre teknolojisinde üretimini kolaylaştırmaktadır. Süzgeç karakteristikleri ECCII’lerin kontrol akımları vasıtasıyla elektronik olarak ayarlanabilmektedir. Önerilen devrenin aktif ve pasif duyarlılıkları düşüktür. Devrenin kullanılabilirliğini gösteren SPICE simülasyon sonuçları da verilmiştir. Gelecek çalışmalar arasında, akım modlu elektronik olarak ayar edilebilen KHN süzgeçlerinin tasarımı yer almaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Kerwin W., Huelsman L. and Newcomb R., State Variable Synthesis for Insensitive Integrated Circuit Transfer Functions., IEEE J. SOLID-STATE CIRCUITS, Vol. SC-2, pp. 87-92, 1967.
- [2] Soliman A. M., Kerwin-Huelsman-Newcomb Circuit Using Current Conveyors, ELECTRONICS LETTERS, Vol. 30, pp. 2019-2020, 1994.
- [3] Senani R., Singh V. K., KHN-equivalent Biquad Using Current Conveyors., ELECTRONICS LETTERS vol. 31, pp. 626-628, 1995.
- [4] Toker A., Özoğuz S., Acar C., Current-mode KHN-equivalent Biquad Using CDBAs, ELECTRONICS LETTERS, vol. 35, pp. 1682-1683, 1999.
- [5] Khaled N. S. and Soliman A. M., Voltage Mode Kerwin-Huelsman-Newcomb Circuit Using CDBAs., FREQUENZ, Vol. 54, pp. 90-93, 2000.
- [6] Altuntas E. and Toker A., Realization of Voltage and Current Mode KHN Biquads Using CCCIs., AEÜ INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS., Vol. 56, pp. 45-49, 2002.
- [7] İbrahim M.A., Kuntman H. , A New Voltage-Mode KHN-Biquad Using Differential Difference Current Conveyors, PROCEEDINGS ON THE THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING, ELECO’03, (Electronics), pp.220-223, Bursa, Turkey, 2003.
- [8] Yamaçlı S., Kuntman H. H., A New Active Circuit Building Block: Dual-X Differential Difference Current Conveyor, PROCEEDINGS OF THE 2ND INTERNATIONAL NEU-CEE SYMPOSIUM ON ELECTRICAL, ELECTRONICS AND COMPUTER ENGINEERING, pp.26-31, 11-13 March 2004, Nicosia, Turkish Republic of Northern Cyprus.
- [9] Surakampontorn W. and Thitimajshima P., Integrable Electronically Tunable Current Conveyors, IEE PROCEEDINGS, Vol:135, Pt. G., No:2, 1988.
- [10] Sackinger E., Guggenbuhl W. A. Versatile Building Block: The CMOS Differential Difference Amplifier, IEEE J. SOLID-STATE CIRCUITS, pp. 287- 294, Vol: 22, Issue: 2, Apr 1987.
- [11] Fabre A. and Mimeche N., Class A/AB Second Generation Current Conveyor with Controlled Current Gain, ELECTRONICS LETTERS, Vol:30, No:16, pp. 1267-1268, 1994.
- [12] Biffi J.M., Contribution à la modélisation, conception et caractérisation de chaînes vidéo ASIC en technologie BiCMOS, Ph.D. THESIS, CENTRE NATIONAL D’ETUDES SPATIALES (CNES), 1995, France.