

CCII TABANLI SC-CNN DEVRESİNİN TASARIMI VE YÜKSEK FREKANS PERFORMANSININ DENEYSEL OLARAK DOGRULANMASI

¹Ezma Uzunhisarcikli

²Mustafa Alçi

¹Erciyes Üniversitesi Kayseri M. Y. O Elektronik Böl., 38039, Kayseri

²Erciyes Üniversitesi Müh. Fak. Elektronik Müh. Böl., 38039, Kayseri

¹e-posta: uzunhise@erciyes.edu.tr

²e-posta: malci@erciyes.edu.tr

Anahtar Sözcükler: SC-CNN, CCII, Kaos

ÖZET

Bu çalışmada ikinci kusak akim tasiyici (Second Generation Current Conveyor-CCII) tabanlı durum kontrollü hücreli sinir ağı (State Controlled-Cellular Neural network-SC-CNN) devresinin gerçekleştirimi sunulmuştur. Bu gerçekleştirimde gerilim kontrollü işlemsel yükselteç (Voltage Mode Operational Amplifier-VOA) tabanlı SC-CNN devresinin [1] önemli avantajlar sağlayan yeni akim modlu versiyonu elde edilmiştir. Önerilen devrenin yüksek frekans performansı deneysel sonuçlarla gösterilmiştir.

1. GIRIS

Elektronik bilimi ve teknolojileri alanındaki çok hızlı gelişmeler, yakın tarihlerde Hücreli Sinir Ağları (Cellular Neural Network-CNN) denilen dinamik bir hesaplama yönteminin ortaya çıkmasına ve bosta görüntü işleme ve kaotik devrelerin davranışı olmak üzere daha bir çok alanda uygulanmasına imkan vermiş bulunmaktadır. İlk olarak Chua ve Yang, gerçek zamanda analog işaretleri işleme tabi tutan ve doğrusal olmayan bir analog devreden ibaret olan Hücreli Sinir Ağları'ni tanıtmışlardır [2]. CNN'in önemli bir uygulama alanı olarak kaos jeneratörü olarak kullanılan Chua devresinin diferansiyel denklem çözümleri kullanılarak CNN ile modellenmesi gerçekleştirilmiştir [1]. Chua devresinin bu gerçekleştirimi üç basit genelleştirilmiş CNN hücresinin uygun şekilde bağlanmasıyla oluşturulmuştur ki; bu yapı SC-CNN devresi diye adlandırılmaktadır [1]. Önerilen SC-CNN devrelerinde aktif eleman olarak VOA yapısı kullanılmıştır [1]. Bu SC-CNN tabanlı devre kaotik işaret üretici olarak kaos tabanlı güvenilir haberleşme sistemlerinde kullanılabilir durumdadır [3,4].

Tümdevrelerin ilk yıllarından beri VOA, analog devre tasarımıda temel yapı bloğu olarak kullanılmış ve halen kullanılmaktadır. Ancak VOA devrelerinde sabit kazanç-bantgenisliği çarpımı bant genişliğini daraltmakta, sınırlı değişim hızları (slew rate) yüksek frekanslı çalışmalarda engelleyici etkiye sebep

olmaktadırlar. Oysa akim modlu devreler; büyük bantgenisliği, yüksek değişim hızı, daha geniş dinamik saha, düşük güç tüketimi, basit devre yapısı ve geniş doğrusallık sahası gibi karakteristik özellikler tasdiklarından gerilim modlu devrelere rağmen geniş uygulama alanı bulmuşlardır [5]. Akim modlu devreler arasında ikinci kusak akim tasiyiciler (CCII) analog işaret işleme devrelerinde çok kullanılan devre yapılarıdır [6,7]. Bazı analog işlem bloklarında CCII'lar alisilagelmis VOA'lardan daha iyi doğruluk değerini ve daha geniş bantgenisliğini sağlayabilmektedirler[8].

Hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır: 2. bölümde VOA tabanlı SC-CNN devresi tanıtılmaktadır. 3. ve 4. bölümde CCII tabanlı SC-CNN devresinin tasarımı ve yüksek frekans performansı deneysel sonuçlarla verilmektedir. 5. bölümde, elde edilen sonuçlar tartışılmaktadır.

2. VOA TABANLI SC-CNN DEVRESİ

Literatürde Chua osilatörü olarak adlandırılan devrenin, diferansiyel denklem çözümleri kullanılarak CNN ile modellenmesi gerçekleştirilmiştir [1]. Chua devresinin bu gerçekleştirimi üç basit genelleştirilmiş CNN hücresinin uygun şekilde bağlanmasıyla oluşturulmuştur ki; bu yapı SC-CNN diye adlandırılmaktadır.

Chua devresinin boyutsuz durum denklemleri aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$\begin{aligned}x' &= \mathbf{a}[y - h(x)] \\y' &= x - y + z \\z' &= -\mathbf{b}y - \mathbf{g}z\end{aligned}\quad (1)$$

Denklemdaki $h(x)$ aşağıdaki gibi tanımlanır;

$$h(x) = m_1 x + 0.5 \cdot (m_0 - m_1) \times (|x + 1| - |x - 1|) \quad (2)$$

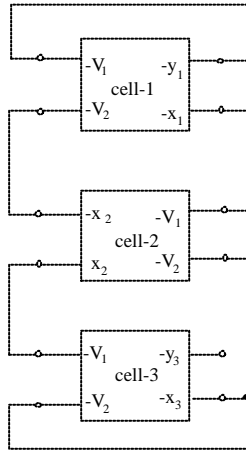
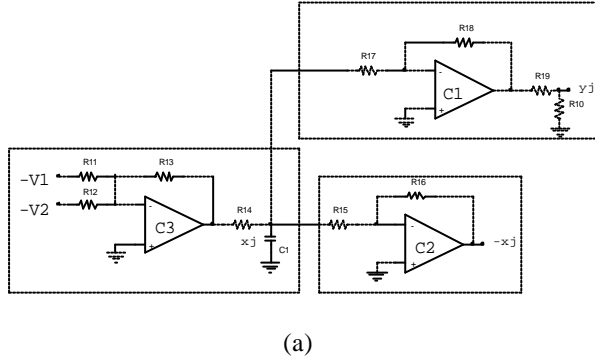
Önerilen SC-CNN tabanlı devre aşağıdaki doğrusal olmayan durum denklemleri ile tanımlanır [1]:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= -x_1 + a_1 y_1 + s_{11} x_1 + s_{12} x_2 \\ \dot{x}_2 &= -x_2 + s_{21} x_1 + s_{23} x_3 \\ \dot{x}_3 &= -x_3 + s_{32} x_2 + s_{33} x_3\end{aligned}\quad (3)$$

Chua devresinin SC-CNN versiyonu elde etmek için ‘‘a’’ ve ‘‘s’’ parametreleri su sekilde belirlenir:

$$\begin{aligned}a_1 &= \mathbf{a}(m_1 - m_0); s_{33} = 1 - \mathbf{g}; s_{21} = s_{23} = 1 \\ s_{11} &= 1 - \mathbf{a} \cdot m_1; s_{12} = \mathbf{a}; \text{ and } s_{32} = -\mathbf{b}\end{aligned}\quad [1].$$

Böylece Denk.1’de tanımlanan Chua devresinin durum denklemleri SC-CNN’in durum denklemleri ile elde edilebilmektedir. Genelleştirilmiş hücre devreleri Sekil.1(a)’da görülmektedir.



Sekil 1 (a) VOA tabanlı SC-CNN devresi [1]. (b) SC-CNN devresinin hücre bağlantı seması.

Doğrusal olmayan çıkışı elde etmek için R_{17} ve R_{18} dirençleri $|x_1| > 1$ durumunda C_1 yükselticisini doyuma (satürasyon) sürecektir. Çıkış doyumunda olduğu zaman R_{19} ve R_{10} dirençleri ile çıkış gerilimi $-y_1$ $[-1, 1]$ değerleri arasına sınırlanmaktadır [4]. Böylece doğrusal olmayan kısımdaki eşitlikler su şekilde verilmektedir:

$$R_{18} / R_{17} = V_{satC_1} / V_{satx_1} \quad (4a)$$

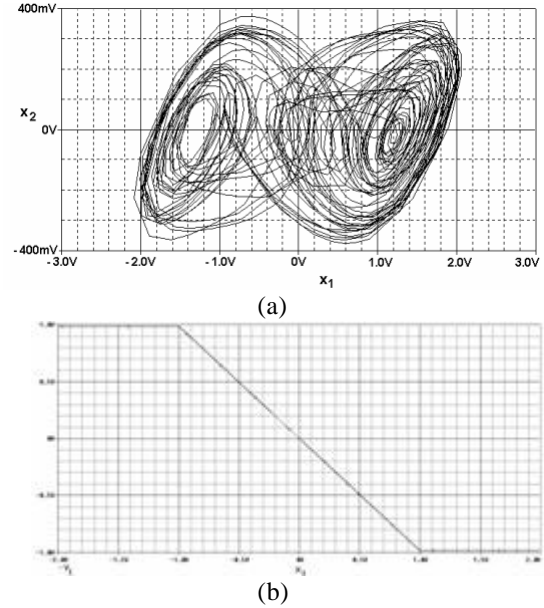
$$R_{17} / R_{18} = R_{10} / (R_{19} + R_{10}) \quad (4b)$$

C_2 eviren kuvvetlendiricidir ve birim kazançta sahiptir. Böylece $R_{15} = R_{16}$ olur. C_3 diye gösterilen kısımda ise aşağıda görüldüğü üzere, hücresel sınır ağıнын durum denklemi elde edilebilmektedir.

$$C_j x'_j = -\frac{x_j}{R_4} + \frac{R_3}{R_1 R_4} V_1 + \frac{R_3}{R_2 R_4} V_2 \quad (5)$$

Chua devresini gerçekleştirmek için bağlantı seması Sekil 1 (b)’de verilen üç hücrenin bağlantısı: birinci hücre için $v_1 = y_1$ ve $v_2 = x_2$, ikinci hücre için $v_1 = x_1$ ve $v_2 = x_3$, üçüncü hücre için $v_1 = -x_2$, $v_2 = x_3$ şeklindedir [1]. Orijinal Chua devresindeki gibi çift çeker sağlamak için parametre değerleri; $\mathbf{b} = 14.286$, $\mathbf{a} = 9$, $\mathbf{g} = 0$,

$m_0 = -1/7$ and $m_1 = 2/7$ seçilmektedir. Üç hücre bileşenlerinin değerleri de su şekilde belirlenmektedir: Birinci hücre için; $R_{11} = 13.2 \text{ k}\Omega$, $R_{12} = 5.7 \text{ k}\Omega$, $R_{13} = 20 \text{ k}\Omega$, $R_{14} = 390 \Omega$, $R_{15} = 100 \text{ k}\Omega$, $R_{16} = 100 \text{ k}\Omega$, $R_{17} = 74.8 \text{ k}\Omega$, $R_{18} = 970 \text{ k}\Omega$, $R_{19} = 27 \text{ k}\Omega$, $R_{10} = 2.22 \text{ k}\Omega$, $C_1 = 51 \text{ nF}$, ikinci hücre için; $R_{21} = R_{22} = R_{23} = R_{25} = R_{26} = 100 \text{ k}\Omega$, $R_{24} = 1 \text{ k}\Omega$, $C_2 = 51 \text{ nF}$, üçüncü hücre için; $R_{32} = R_{33} = R_{35} = R_{36} = 100 \text{ k}\Omega$, $R_{34} = 1 \text{ k}\Omega$, $R_{31} = 7.8 \text{ k}\Omega$, $C_3 = 51 \text{ nF}$ [1]. SC-CNN tabanlı devrenin $x_1 - x_2$ hücreleri arasındaki çift çeker yapıları ve dc karakteristiği Sekil 2 (a) ve (b)’de sırasıyla gösterilmiştir.



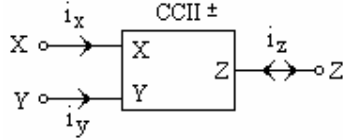
Sekil 2. (a) VOA Tabanlı SC-CNN ‘in $x_1 - x_2$ düzlemindeki Çift Çeker Yapısı (b) SC-CNN devresinin dc karakteristiği.

2. CCII TABANLI SC-CNN DEVRESİ

Sekil 3.’de sembolü verilen CCII, üç terminalli bir bloktur. Devrenin karakteristikleri, Denklem (6)’daki gibi tanımlanabilir.

$$\begin{bmatrix} i_y \\ v_x \\ i_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & \pm A_i & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_y \\ i_x \\ v_z \end{bmatrix} \quad (6)$$

Burada akim transfer oranı A_i 'nin artı (+) ve eksi (-) işaretleri sırasıyla CCII+ ve CCII- devre bloklarını göstermektedir.

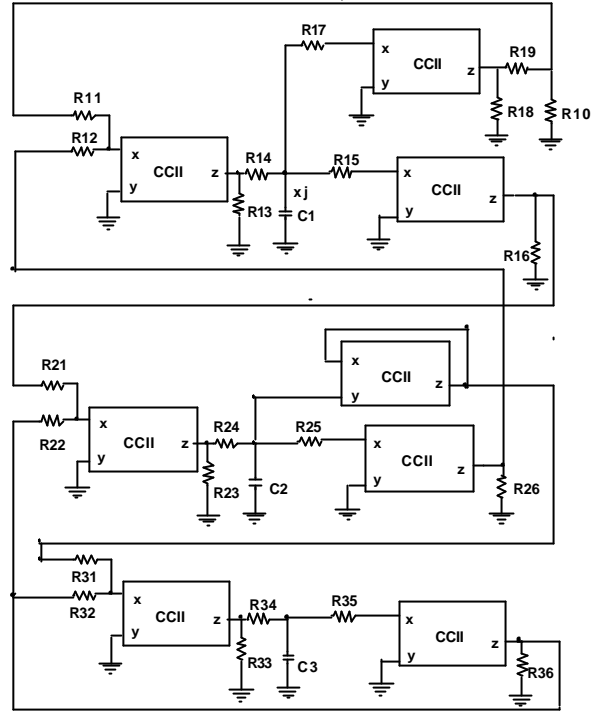


Sekil 3. CCII'nin sembolik gösterimi

Akim modlu devrelerden CCII, VOA'lara göre analog işlem bloklarında daha iyi doğruluk değerini ve daha geniş bantgenişliğini sağlayabilmektedirler [8]. Ayrıca VOA tabanlı Chua devrelerinin yüksek frekans performansları iyi olmamıştır. Bu yüzden literatürde yer alan yeni tasarım fikirleri, Chua devresinin gerçekleştirimini iyileştirmeyi amaçlamıştır [9, 10]. Bu yeni tasarım fikirlerinin merkezi, VOA'nın yerine çok iyi performansa sahip yüksek hızlı ve yüksek eğim oranlı akim modlu yapıların kullanımı olmuştur [11-13].

Bu çalışmada Sekil 1'deki VOA tabanlı SC-CNN devresinden Sekil 4'de verilen akim modlu CCII tabanlı SC-CNN devresi tasarlanmıştır ve yüksek frekans performansının doğrulanması için deneysel gerçekleştirimi yapılmıştır. VOA'dan CCII'ye dönüşüm işlemi sırasında, C_1 , C_2 ve C_3 işlem bloklarının devre bağlantılarında, devre elemanlarında ve elemanların parametre değerlerinde hiçbir değişiklik yapılmaksızın sadece VOA'daki geribesleme elemanı CCII'nin çıkış ucuna yerleştirilmiştir. Yalnız $|x_1| > 1$ iken C_1 'i doyum durumunda tutmak ve çıkış gerilimi $-y_1$ 'i $[-1, 1]$ değerleri arasına sınırlamak için, R_{17} , R_{18} , R_{19} , R_{10} dirençlerinin değerleri sırasıyla 30 K Ω , 920 K Ω , 15 K Ω ve 6 K Ω , şeklinde yeniden belirlenmiştir.

Deneysel çalışmada CCII'nin pratik esdeğeri olarak $\pm 9V$ ile kutuplanmış AD844 tipi akım geribeslemeli işlemsel yükselteç (Current Feedback Operational Amplifier-CFOA) kullanılmıştır.

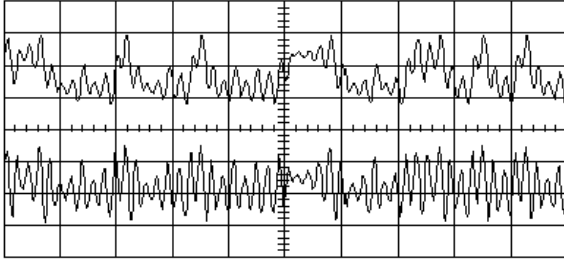


Sekil 4. CCII Tabanlı SC-CNN devresi

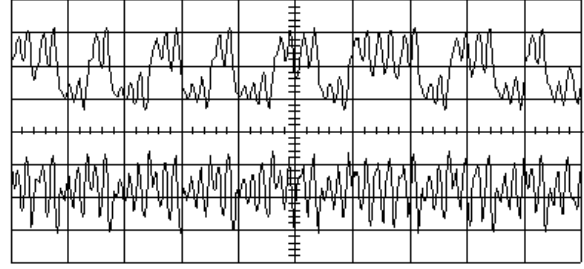
4. CCII TABANLI SC-CNN DEVRESİNİN YÜKSEK FREKANS PERFORMANSININ DENEYSEL SONUÇLARI

Deneysel çalışmada, zaman ve frekans domenindeki deneysel ölçümleri kaydetmek için bilgisayar ara bağlantılı GOULD-DSO 400 dijital hafızalı osiloskop ve GSP 827 Good Will 2.7 GHz Spectrum Analyzer cihazı kullanılmıştır. İlk deneysel çalışmada Sekil 4'deki devre parametreleri alınmıştır. Bu durumda CCII tabanlı SC-CNN devresinin x_1 , x_2 kaotik dinamikleri ve x_1 - x_2 düzlemindeki çeker yapısı VOA tabanlı yapının özelliğini korumuştur. Daha sonra devrenin yüksek frekans performansını göstermek için üç hücredeki kapasitörlerin değerleri belirli bir çarpım faktörü ile küçültülmüştür. İkinci deneysel çalışmada üç hücredeki kapasitörlerin değerleri 50 (elli)'lik bir çarpım faktörü ile küçültülerek $C_1=C_2=C_3=1$ nF olarak alınmıştır. Bu durumda elde edilen x_1 , x_2 kaotik dinamikleri x_1 - x_2 düzlemindeki kaotik çekeri Sekil 5 a ve b' de sırasıyla verilmiştir. Kaotik frekans spektrumunun çalışma frekansı ise Sekil 5. c' de verilmiş olup, yaklaşık 225 kHz dir.

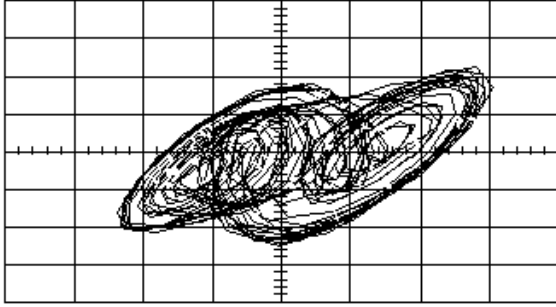
Üçüncü deneysel çalışmada üç hücredeki kapasitörlerin değerleri 1000 (bin)'lik bir çarpım faktörü ile küçültülerek $C_1=C_2=C_3=51$ pF olarak alınmıştır. Bu yüksek frekanslı çalışma modu için devrenin x_1 and x_2 dinamikleri, kaotik çekeri ve ölçülen kaotik çalışma frekansı Sekil 6 a, b ve c'de gösterilmektedir. Sekil 6. c'deki kaotik çalışma frekansı yaklaşık 330kHz olup frekans spektrumu bir kaç MHz'e kadar genişletilmiştir.



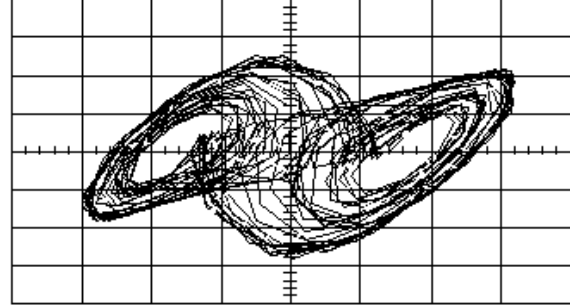
(a)



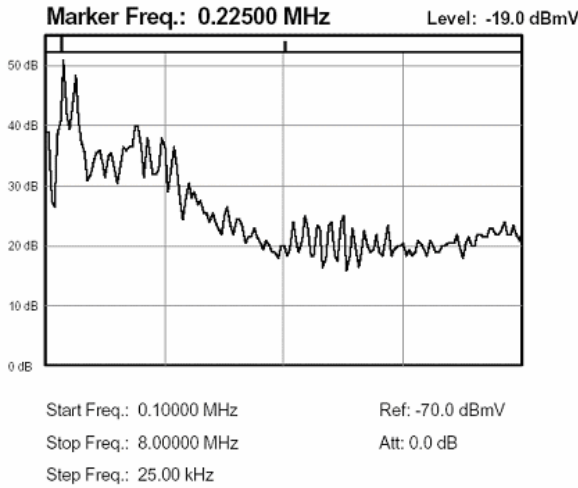
(a)



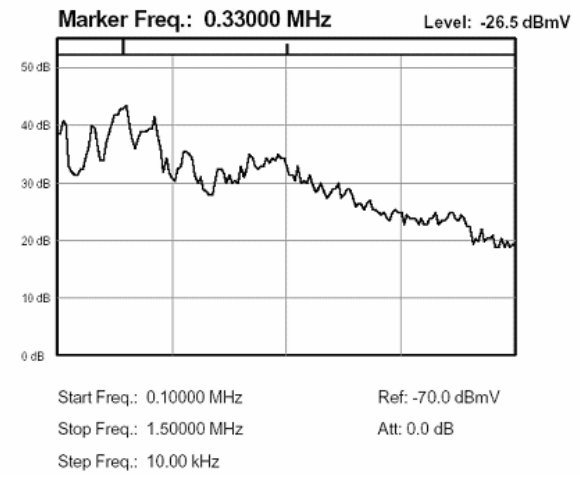
(b)



(b)



(c)



(c)

Sekil5. İkinci deneysel grup için CCII tabanlı SC-CNN devresinin (a) x_1 (5 V/div) ve x_2 (1 V/div), time/div: 50 μ s/div kaotik dinamikleri (b) x_1 - x_2 düzlemindeki çift çeker yapısı, x-ekseni: 2 V, y-ekseni: 500 mV. (c) Kaotik frekans spektrumu.

4. SONUÇ

Bu çalışmada CCII tabanlı SC-CNN devresinin gerçekleştirimi sunulmuş ve devrenin kaotik dinamikleri deneysel çalışmalarla gösterilmiştir. Deneysel çalışmalardan önerilen CCII tabanlı devrenin VOA tabanlı devreye göre daha iyi frekans performansı sergilediği ve yüksek frekanslı kaotik hücre dinamikleri oluşturabildiği gösterilmiştir. CCII topolojisi kullanılarak sunulan bu çalışmanın, yüksek frekanslı kaotik devre uygulamalarında kullanılabilecek alternatif bir yapı oluşturduğu

Sekil 6 Üçüncü deneysel grup için CCII tabanlı SC-CNN devresinin (a) x_1 (5 V/div) ve x_2 (1 V/div), time/div: 50 μ s/div kaotik dinamikleri (b) x_1 - x_2 düzlemindeki çift çeker yapısı, x-ekseni:2 V, y-ekseni: 500 mV. (c) Kaotik frekans spektrumu.

görülmüştür. Önerilen devre, hücre sinir ağları ile ilgili yüksek frekanslı kaotik hücre dinamikleri çalışmaları için iyi bir deneysel model sunmaktadır.

5. TESEKKÜR

Bu deneysel çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (EÜBAP) Birimi tarafından FBT-04-37 kodlu proje olarak desteklenmiştir. Yazarlar Erciyes Üniversitesinin ilgili birimine teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- [1] Arena P., et al., Chua's Circuit Can be Generated by CNN Cells, IEEE TRANSACTION ON CIRCUIT AND SYSTEMS-I: FUNDAMENTAL THEORY AND APPLICATIONS, Vol. 42, no. 2, pp. 123-125, 1995.
- [2] Chua L.O., Yang L., Cellular neural networks: THEORY, IEEE TRANS. CIRCUITS AND SYSTEMS, Vol. 35, pp.732-745, 1988.
- [3] Caponetto R., et al., Programmable chaos generator, based on CNN architectures, with applications in chaotic communications, PROCEEDING OF FIFTH IEEE INTERNATIONAL WORKSHOP ON CELLULAR NEURAL NETWORKS AND THEIR APPLICATIONS, CNNA-98, London, England, pp. 124-129, 14-17 April, 1998.
- [4] Kiliç R., Alçi M. and Günay E., A SC-CNN-based chaotic masking system with Feedback, INTERNATIONAL JOURNAL OF BIFURCATION AND CHAOS (IJBC), Vol. 14, no. 1, pp. 245-256, 2004.
- [5] Schmid, H., Approximating the Universal Active Element, IEEE TRANSACTION ON CIRCUIT SYSTEMS-II: ANALOG AND DIGITAL SIGNAL PROCESSING, Vol. 47, No. 11, pp. 1160-1169, 2000.
- [6] Sedra A.S., Smith K.C., The Current Conveyor: history, progress and new results, IEE PROC., Vol.137, Pt.6, No.2, pp. 78-87, 1990.
- [7] Kumar, U., Current conveyors: a review of the state of the art, IEEE CIRCUITS AND SYSTEMS MAG., Vol. 3, No. 1, pp. 10-13, 1981.
- [8] Toumazou, C., Lidgey, F.J., Cheung, P.Y.K., Current-mode analogue signal processing circuits- a review of recent developments, PROC. IEEE ISCAS'89, pp. 1572-1575, 1989.
- [9] Elwakil, A.S., Kennedy, M.P., Improved implementation of Chua's chaotic oscillator using current feedback op amp, IEEE TRANS. CIRCUITS&SYST-I., Vol. 47, No. 1, pp.76-79, 2000.
- [10] Senani, R., Gupta, S.S., Implementation of Chua's chaotic circuit using current feedback op-amps, ELECTRONIC LETT., Vol. 34, No. 9, pp. 829-830, 1998.
- [11] Yildirim F., Uzunhisarcikli E., Kiliç R., Alçi M., Experimental Verification of High Frequency Performance of FTFN-Based Simple Chaotic Circuit, INT. JOURNAL OF BIFURCATION AND CHAOS, Vol. 15, pp. 191-205, 2005
- [12] Günay E., Uzunhisarcikli E., Alçi M., A Realization of SC-CNN-Based Circuit Using FTFN, TURKISH JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING & COMPUTER SCIENCES, Vol. 13, No. 1, pp. 39-50, 2005.
- [13] Yildirim F., Uzunhisarcikli E., Alçi M., FTFN Tabanlı Basit Kaotik Devrenin Tasarımı ve Yüksek Frekans Performansının Deneysel Olarak Doğrulanması, 12. SINYAL İSLEME VE

İLETİSİM UYGULAMALARI KURULTAYI SIU
2004, pp. 642-645, 2004.