

AKIM-MODLU HÜCRESEL SİNİR AĞI TASARIMI

Enis GÜNAY, Mustafa ALÇI

Erciyes Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kayseri

egunay@erciyes.edu.tr, malci@erciyes.edu.tr

Anahtar sözcükler: Hücresel Sinir Ağları, Akım Taşıyıcılar, Akım-modlu devreler

ABSTRACT

This paper presents a current-mode Cellular Neural Network (CNN) design. By using current conveyors as active elements, a CNN that produces unstable states in the dynamic region, is presented. From the Pspice simulations, it can be easily seen that the proposed circuit has lower power consumption than the voltage-mode version presented in the literature.

1. GİRİŞ

Hücresel Sinir Ağları (HSA), başta görüntü işleme ve doğrusal olmayan sistem modelleme olmak üzere, kaotik sistemlerin incelenmesi ve daha bir çok konuda ilgi alanı oluşturmuştur [1,2]. HSA, hücre adı verilen ve gerçek zamanda işaret işleyebilen toplu devre yapılarından meydana gelmektedir [3,4]. HSA'ları, kompleks bir davranış gösteren dinamik sistemlerdir. Hücresel ağlar, uzayda düzgün olarak dağılmış hücre adı verilen nöronlardan meydana gelir. Bu ağ yapısının en önemli özelliği nöronlar arasındaki bağlantıların bölgesel yapıda olmasıdır. Diğer taraftan akım-modlu devreler büyük band genişliği, yüksek hız, geniş doğrusallık ve büyük değişim oranı (*slew rate*) gibi özelliklerinden dolayı son yıllarda elektronik devre tasarımında oldukça ilgi görmektedir. Akım-modlu devre blokları içerisinde *ikinci kuşak akım taşıyıcılar* (CCII) esnek ve çok yönlü kullanıma uygun bir yapıya sahip olmasından dolayı, aktif devre tasarımında işlemsel kuvvetlendiricilerden (VOA) daha çok tercih edilmektedir.

Bildirinin organizasyonu şu şekildedir: öncelikle HSA'nın teorik temelleri kısaca verilecektir. Bölüm 3'te CCII-tabanlı akım-modlu olarak tasarlanan kararsız 1×2 boyutlu HSA tasarımı verilecektir. Bu bölümde önerilen akım-modlu devrenin performansı bilgisayar benzetimleri ile incelenmiştir. Bölüm 4'te ise sonuç kısmı yer almaktadır.

2. HÜCRESEL SİNİR AĞLARI

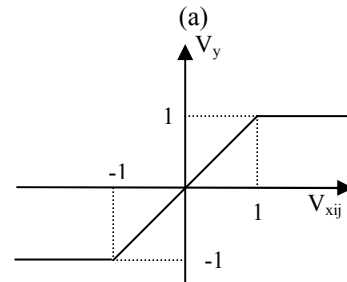
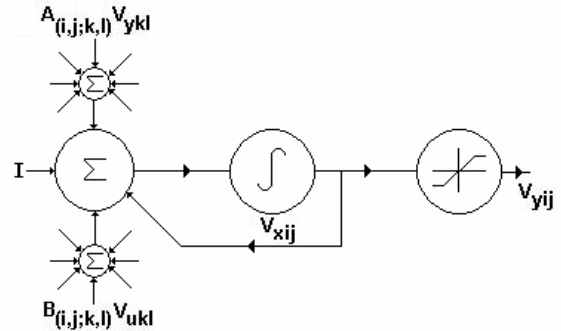
Bir HSA hücresinin blok diyagramı Şekil 1 (a)'de görülmektedir. Şekil 1'de u =giriş, x =durum ve y =çıkış olarak tanımlanmıştır. Sırasıyla V_{xij} hücre

durumunu, V_{uij} hücrenin girişini gösterirken, V_{yij} ise hücrenin çıkışı olarak adlandırılır. Şekil 1'de toplama işaretinin görüldüğü kısım, hücrenin eşik değerinin ve komşu hücrelerde gelen geri beslemelerin toplandığı kısmı göstermektedir. Diğer taraftan integral işaretinin olduğu kısım ise hücrenin dinamik olarak adlandırılan kısmını oluşturmaktadır. Sondaki kısım ise hücrenin parçalı-doğrusal karakteristiğe sahip aktivasyon fonksiyonunu göstermektedir. HSA'nın boyutsuz durum denklemi ise aşağıdaki gibidir [5].

$$\dot{X} = -X + A * y(X) + B * u + I \quad (1)$$

Denklem 1'deki A katsayısı, hücrenin komşu hücre çıkışlarıyla olan bağlantı ağırlıklarını veren klonlama şablonunu oluştururken, B katsayısı ise hücrenin komşu girişleriyle olan bağlantı ağırlıklarını veren klonlama şablonunu oluşturmaktadır. Denklem 1'de $y(X)$ ile verilen hücrenin çıkış karakteristiği denklem 2'deki gibi tanımlanmaktadır. Şekil 1 (b)'de ise bu fonksiyonun parçalı-doğrusal yapısı gösterilmektedir.

$$y(x) = \frac{1}{2} (|x+1| - |x-1|) \quad (2)$$



(b)

Şekil 1. a) HSA hücresinin blok gösterimi, b) Parçalı-doğrusal karakteristiğe sahip hücre çıkışı.

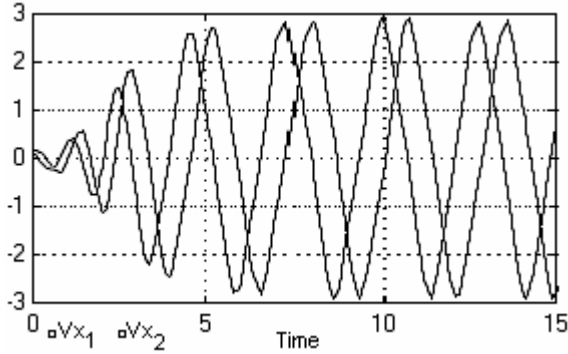
HSA'nın dinamik bölgesinde iki tür durum söz konusudur. Eğer tasarlanan HSA "kararlı" ise dinamik bölgede belirli bir geçiş sürecinden sonra sabit voltaj seviyeleri oluşmaktadır. Buna karşın tasarlanan HSA "kararsız" ise dinamik bölgede osilasyonlar ya da kaotik dinamikler görülebilmektedir [1,2,5]. Bu çalışmada uygulama örneği olarak seçilen kararsız HSA yapısı için Denklem 3'te tanımlanan durum denklemleri verilmektedir [6].

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= -x_1 + a_{11}y(x_1) + a_{12}y(x_2) \\ \dot{x}_2 &= -x_2 + a_{21}y(x_1) + a_{22}y(x_2) \end{aligned} \quad (3)$$

Denklem 3'te verilen HSA yapısı için klonlama şablonları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}; B = 0; I = 0 \quad (4)$$

Denklem 4'teki $a_{11}=2$, $a_{12}=-5$, $a_{21}=5$ ve $a_{22}=2$ olarak seçilip hücrelerin başlangıç şartı 0.1 olarak belirlendiğinde kararsız 1×2 boyutlu HSA'nın durum voltajları Şekil 2'deki gibi olmaktadır.



Şekil 2. 1×2 kararsız HSA için (V_{x1-t}) ve (V_{x2-t}) voltaj değerleri.

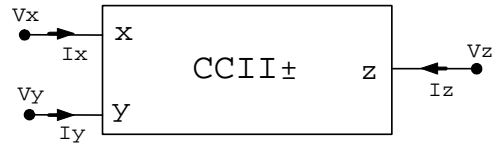
3. Akım-modlu İkinci Kuşak Akım Taşıyıcısı Tabanlı HSA Tasarımı

Literatürde HSA'nın devre tasarımı üzerine voltaj modlu ve akım-modlu bir çok analog devre bloğu gerçekleştirilmiştir [7,8]. Akım modlu devreler büyük band genişliği, yüksek hız, geniş doğrusallık ve büyük değişim oranı gibi özelliklerinden dolayı son yıllarda elektronik devre tasarımında tercih edilmektedirler. Akım-modlu devre blokları içerisinde CCII'lar daha esnek ve çok yönlü kullanıma uygun bir yapıya sahip olmasından

dolayı, aktif devre tasarımı VOA'lardan daha çok tercih edilmektedir.

Akım taşıyıcılar kullanılarak tasarlanan kuvvetlendirici yapıları, filtreler, osilatörler, toplayıcılar, türev ve integral alıcılar, doğrultma devreleri, negatif empedans çeviricileri gibi bir çok çalışma literatürde mevcuttur [9-10].

Şekil 3'te gösterilen bir CCII yapısı için giriş-çıkış akım ve gerilimleri arasındaki ilişki Denklem (5)'teki gibi verilmektedir. Denklem (5)'teki t parametresinin sırasıyla +1 ve -1 olması durumunda CCII+ ve CCII- yapıları tanımlanmaktadır.



Şekil 3. İkinci kuşak akım taşıyıcısının (CCII) blok olarak gösterimi.

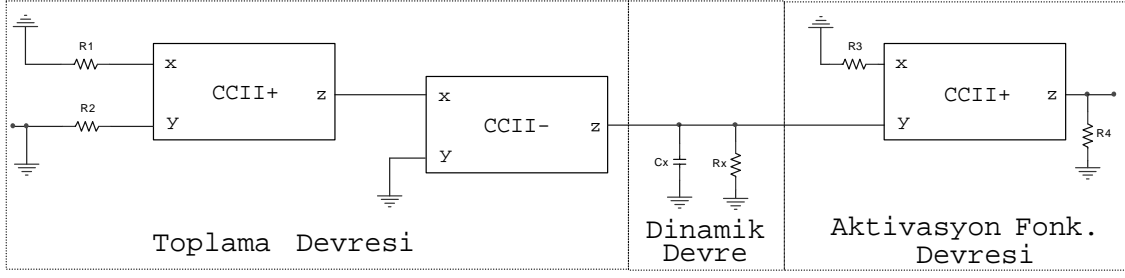
$$\begin{bmatrix} i_y \\ V_x \\ i_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & t & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_y \\ i_x \\ V_z \end{bmatrix} \quad (5)$$

Literatürde yukarıda belirtilen kararsız HSA tasarımı problemi için voltaj modlu devre tasarımları mevcuttur [9,10]. Bu çalışmada ise CCII aktif elemanları kullanılarak aynı probleme akım-modlu bir yaklaşım sunulmuştur.

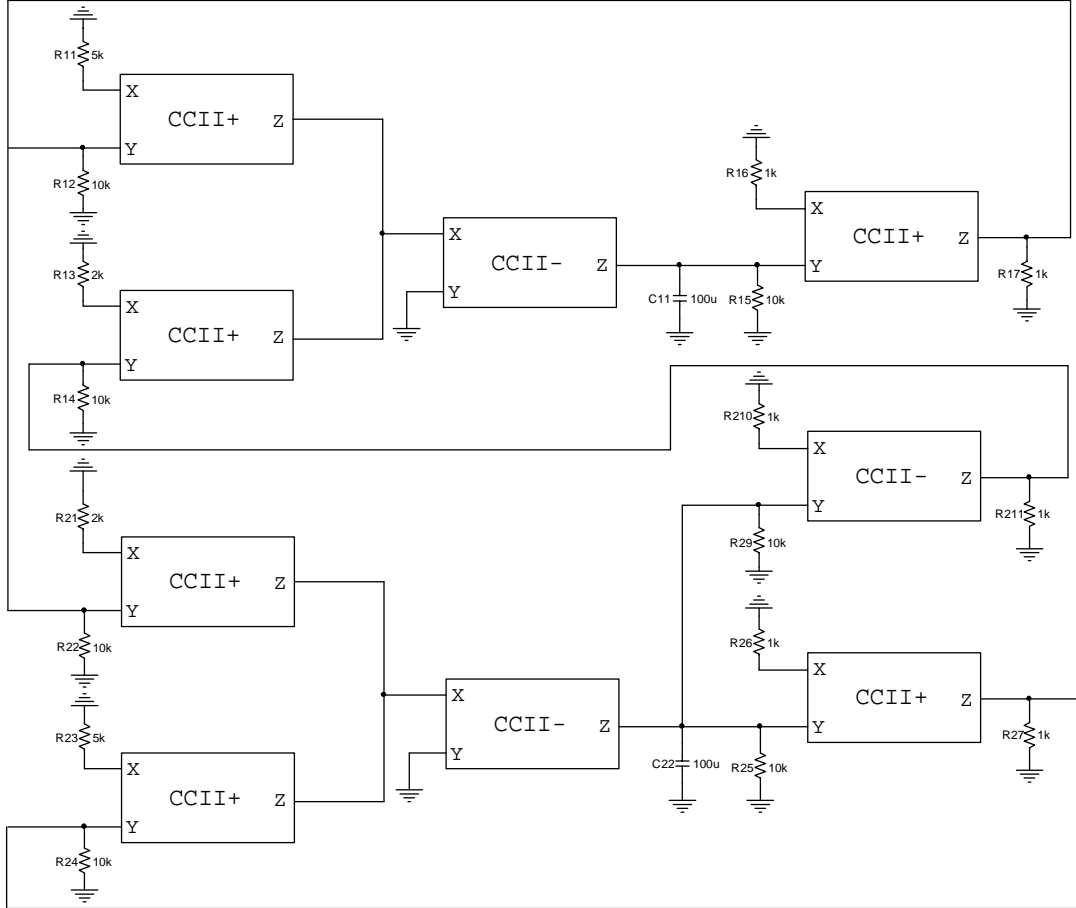
Şekil 4'te akım-modlu CCII-tabanlı tek bir HSA hücresi görülmektedir. Dikkat edilirse Şekil 3'teki devre yapısı Şekil 1'de verilen HSA hücresi blok yapısına uygundur. Girişte hücrenin kendi eşik akım değeri, komşu hücrelerin girişlerinden ve çıkışlarından yapılan geribeslemelerin toplandığı bir toplama devresi görülmektedir.

Toplama devresinden sonra devrenin durum akım değerlerinin elde edildiği dinamik kısım yer almaktadır. Bu kısmı müteakip yapıda ise devrenin parçalı-doğrusal karakteristiğe sahip aktivasyon fonksiyon devresi yer almaktadır.

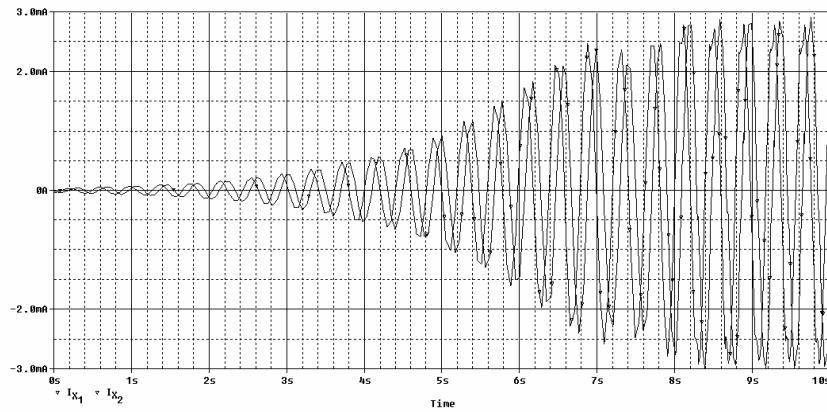
Şekil 4'te verilen devre şeması kullanılarak Denklem (4)'te durum denklemleri verilen kararsız HSA yapısı için önerilen 1×2 boyutlu kararsız HSA devresi Şekil 5'te görülmektedir. Şekil 5'teki devrede dinamik bölgede elde edilen durum akımları ise Şekil 6'da verilmektedir.



Şekil 4. Akım-modlu CCII-tabanlı bir HSA hücre devresi.



Şekil 5. Akım-modlu CCII-tabanlı kararsız 1×2 boyutlu HSA devresi.



Şekil 6. Akım-modlu CCII-tabanlı kararsız 1×2 boyutlu HSA devresinde I_{x1} ve I_{x2} hücre durum akımları.

Dikkat edilirse Şekil 6'teki sonuç ile Şekil 2'de verilen sonuçlar birbirleriyle uyumludur. Ayrıca akım-modlu CCII-tabanlı tasarımı, literatürde yer alan voltaj-modlu olanına göre aktif eleman sayısı daha fazla olmasına karşın daha düşük güç tüketimine sahiptir [10]. Nitekim voltaj-modlu tasarımda 0.318 *Watt*'lık bir güç tüketimi söz konusu iken, akım-modlu tasarımda ise 0.115 *Watt*'lık bir güç tüketimi gerçekleşmektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada akım-modlu CCII-tabanlı HSA tasarımı gerçekleştirilmiştir. HSA'da iki tür durum değeri söz konusudur. Hücre durum değerleri tasarıma bağlı olarak kararlı ya da kararsız olabilir. Nitekim bu çalışmada da kararsız durum değerleri üreten diğer bir deyişle osilasyon yapan HSA yapısı için akım-modlu bir devre önerilmiştir. Akım-modlu devre tasarımları başta düşük güç tüketimi olmak üzere daha bir çok avantaja sahiptir.

Bu çalışmada da önerilen akım-modlu devrenin güç tüketiminin, literatürde aynı problemin çözümü için önerilmiş voltaj-modlu devre örneğine göre daha düşük gerçekleştiği görülmektedir.

Diğer taraftan önerilen devrede CCII yerine, çift çıkışlı akım taşıyıcı yapısı (*dual output current conveyor-DOCCII*) yapısı düşünüldüğünde, aynı aktif elemandan hem pozitif hem de negatif çıkış alınabileceği için devre boyutu ve toplam harcadığı gücün düşürülebileceği düşünülmektedir.

Kaynaklar:

- [1] Chua L.O., Yang L., Cellular neural networks: Theory, IEEE Trans. on Circuits and Systems-I, Vol.35, pp.732-745, 1988.
- [2] Chua, L.O., and Roska, T., The CNN paradigm, IEEE Trans. on Circuits and Systems-I, 40, pp.147-156, 1993.
- [3] Chua, L. O., Roska, T., Kozek, T., Zarandy, A., The CNN Paradigm, ed.Roska, T., Vandewalle, J., Cellular Neural Networks, JOHN WILEY& SONS LTD. Baffins Lane, Chichester, West Sussex PO191UD England, 1993.
- [4] Chua, L.O., CNN: A Paradigm for complexity, World Scientific Series on Nonlinear Science, Series A-Vol. 31, World Scientific Publishing, 1998.
- [5] Chua L. O., Gulak G., Pierzchala E., Vazquez A. R., Cellular Neural Networks and Analog VLSI, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [6] Zou F., Nossek J. A., Stability of Cellular Neural Networks with Opposite Sign

Templates, IEEE Trans. on Circuits and Systems-I, Vol. 38, No. 6, pp. 675-677, 1991.

- [7] Varrientos E. J., Sanchez- Sinencio E., Ramirez-Angulo J., A Current-Mode Cellular Neural Network Implementation, IEEE Trans. on Circuits and Systems-II: Analog And Digital Signal Processing, Vol. 40, No. 3, pp. 147-153, 1993.
- [8] Günay E, Uzunhisarcıklı E., Kılıç R., Alçı M., A Realization of SC-CNN-Based Circuit using FTFN, Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences, TÜBİTAK, Vol. 13, No. 1, pp. 39-50, 2005.
- [9] Tander B., Ün M., Hücresel Sinir Ağları için Gerilim Kaynaklı Hücre Modelleri, İstanbul University Engineering Faculty Journal of Electrical and Electronics, Vol. 1, No. 2, pp. 209-221, 2001.
- [10] Günay E, Alçı M., CCII Tabanlı Hücresel Sinir Ağı Tasarımı, IEEE 13. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SİU 2005), 16-18 Mayıs Kayseri.