

HÜCRESEL SİNİR AĞLARI İÇİN GERİLYM KAYNAKLI HÜCRE MODELLERİ

NEURON MODELS WITH VOLTAGE SOURCES FOR CELLULAR NEURAL NETWORKS

Baran TANDER¹

Mahmut ÜN²

¹Kadir Has Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, 34590, Bahçelievler, İST.

²İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik - Elektronik Mühendisliği Bölümü
34850 Avcılar, İST.

¹E-posta: tander@khas.edu.tr

²E-posta: unmahmut@istanbul.edu.tr

ABSTRACT

In this paper, a novel Cellular Neural Network cell circuit based on independent and dependent voltage sources is proposed. The equilibrium points for the cells are not the functions of R_x and C_x at the dynamic unit in this model unlike the conventional CNN circuit of Chua and Yang based on current sources. A complete cell circuit is designed and simulations for stable and unstable cases are carried out. The advantages and drawbacks of the proposed model is discussed in the conclusion section.

ÖZET

Bu makalede, bağımsız ve bağımlı gerilim kaynağı tabanlı yeni bir Hücreli Sinir Ağı hücre devresi önerilmiştir. Bu modelde akım kaynaklı Chua ve Yang'ın klasik hücre devresinin aksine hücreler için denge noktaları dinamik birimdeki R_x ve C_x 'den bağımsızdır. Tam bir hücre devresi tasarlanıp kararlı ve kararlı olmayan durumlar için benzetimleri yapılmıştır. Önerilen modelin avantaj ve dezavantajları sonuçlar bölümünde tartışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Hücreli Sinir Ağları, Hücre devreleri, Geçici rejimler, Kaynak dönüşümleri, PSPICE benzetimi.

1. Giriş

Bu makalede, özel bir dinamik sinir ağı olan Hücreli Sinir Ağları (HSA) hücreleri için Chua ve Yang tarafından verilmiş klasik akım kaynaklı eleman devreler [1,2] yerine gerilim kaynaklı modeller önerilmiştir, önerilen modeller için gerçekleştirilmeye uygun bir tam hücre türetilmiştir ve 1x2 boyutundaki HSA' da kararlı ve kararlı olmayan durumlar için PSPICE 8 devre analiz programı ile benzetim yapılmış modelin doğruluğu test

edilmiştir. Son olarak, klasik ve türetilen modellerin birbirlerine olan avantaj ve dezavantajlarından bahsedilmiştir.

2. Hücreli Sinir Ağları

Hücreli Sinir Ağları (HSA), özellikle görüntü işlemede son derece başarılı uygulama alanları bulunan özel bir sınıflı dinamik sinir ağı yapılarıdır [3,4]. Tüm dinamik sinir ağlarında olduğu gibi buradaki hücrelerde de toplama ve

aktivasyon fonksiyonuna ilaveten bir dinamik birim bulunmaktadır. Bu dinamik birim bir RC devresinden oluşur ve bu sebeple sözkonusu ağlarda bir geçici rejimden söz edilebilir. Cebrik ve dinamik sinir ağları hücrelerinin blok diyagramları şekil - 1’ de verilmiştir.

HSA’nın diğer bir dinamik ađ yapısı olan Hopfield ağlarından farklı, burada özel bir kompleks boyutu için hücrelerin sadece en yakın komplekslarına bağlı olmaları ve aktivasyon fonksiyonu olarak şekil - 2’ de gösterilen ve (1) ile tanımlanmış “parça parça lineer” kırıklı bir karakteristik kullanılmaktadır.

$$v_{y_{i,j}} = y(v_{x_{i,j}}) = \frac{1}{2} \left[|v_{x_{i,j}} + 1| - |v_{x_{i,j}} - 1| \right] \quad (1)$$

Bir HSA yapısı ağındaki bağıntıda verilmemiş nonlineer bir diferansiyel denklem takımıyla tanımlanabilir:

$$\dot{\mathbf{x}} = -\mathbf{x} + \mathbf{A} * y(\mathbf{x}) + \mathbf{B} * \mathbf{u} + \mathbf{I} \quad (2)$$

Burada, “*” iki boyutlu konvolüsyon operatörünü göstermektedir [1]. \mathbf{x} , hücrenin “Durumu”; \mathbf{u} , hücrenin “Giriş”; $y(\mathbf{x})$ hücrenin çıkışı; \mathbf{A} , hücrenin komşu hücre çıkışıyla olan bağlantı ağlıklarını içeren “Klonlama ağlonu”; \mathbf{B} komşu hücre girişleriyle olan bağlantı ağlıklarını veren “Kontrol ağlonu” ve \mathbf{I} da her hücre için aynı değere sahip bir “Eşik Seviyesi” dir. HSA’nın tasarımı, \mathbf{A} , \mathbf{B} ağlon matrislerinin ve I eşik değerinin belirlenmesinden ibarettir [4]. şekil - 3’ ten de görülebileceği gibi HSA hücresi, dinamik biriminde bir RC devresi bulunan ve parça parça lineer aktivasyon fonksiyonu için bir iletimsel kuvvetlendirici devresi kullanan nonlineer sistemdir.

2.1. Akım Kaynağı Tabanlı 1x1’ lik

HSA Hücresinin Analitik Çözümü

1x1’ lik kararlı bir HSA hücresinin analitik çözümü için bağlangıçta devrenin lineer bölgede çalıştığını varsayarak, “Durum” düğümünü şekil - 4’ deki devreye indirgeyebiliriz. $D = I + Bv_u = sb$. olduğundan, bu devre için düğüm gerilimi ifadesi,

$$-D + \frac{v_x}{R} + C \frac{dv_x}{dt} - Av_x = 0 \quad (3)$$

şeklinde yazılır. Bu diferansiyel denklemin -1 ile $+1$ arasında seçilen bir $v_x(0)$ bağlangıç değeri için çözümü,

$$v_x(t) = \frac{RD}{1-AR} - \left[\frac{RD}{1-AR} - v_x(0) \right] \cdot e^{-\left(\frac{1-AR}{RC}\right)t} \quad (4.a)$$

dir. $R, C = 1$ alınırsa, yukarıdaki fonksiyon şekle dönüşecektir:

$$v_x(t) = \frac{D}{1-A} - \left[\frac{D}{1-A} - v_x(0) \right] \cdot e^{-(1-A)t} \quad (4.b)$$

$v_x(t)$ geriliminin 1 ’ den büyük bir değere ulaşabilmesi için üstel fonksiyonun argümanı pozitif olmalıdır, bu da A ’nın 1 ’ den büyük olması şartını getirir. (4.a) Fonksiyonunda aynı koşulun sağlanması için $A > 1/R$ olması gerektiği de açıktır. Bu durumda $v_x(t)$ değeri üstel bir biçimde artacağından (ya da azalacağından) $t = t_s$ anında sözkonusu durum gerilimi ± 1 değerine ulaşacaktır. Bu sürenin bulunması için $v_x = \pm 1$ alınırsa,

$$\pm 1 = \frac{RD}{1-AR} - \left[\frac{RD}{1-AR} - v_x(0) \right] \cdot e^{-\left(\frac{1-AR}{RC}\right)t_s} \quad (5)$$

elde edilir. Buradan t_s çözülecek olursa,

$$t_s = \ln \left[\frac{\frac{RD}{1-AR} \pm 1}{\frac{RD}{1-AR} - v_x(0)} \right] \cdot \frac{RC}{AR-1} \quad (6)$$

bulunur. Doyma bölgesinde v_y çıkışı da ± 1 değerini alacaktır. Bu durumda devrenin durum düğümü şekil - 5’ teki gibi olur. Bu devre için bağlangıç koşulu lineer bölgede çalışan devrede $v_x(t)$ ’nin son değerine eşittir ve ± 1 ’ dir. Sonuç olarak, $v_x(t)$ durum gerilimi ifadesi:

$$v_x(t) = D_s R + [\pm 1 - D_s R] \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad (7)$$

bulunur. Tüm bölgeler için bulunan durum gerilimi formülü gerekli değiken

dönüşimlerinin ardından ağıdaki şekilde parçalı bir fonksiyon halinde yazılabilir:

$$v_x(t) = \begin{cases} \frac{R(I+Bv_u)}{1-AR} - \left[\frac{R(I+Bv_u)}{1-AR} - v_x(0) \right] e^{-\frac{t}{RC}}; t < t_s \\ R(I+Bv_u \pm A) + [\mu - R(I+Bv_u \pm A)] e^{-\frac{t}{RC}}; t \geq t_s \end{cases}$$

$$; t_s = \ln \left[\frac{\frac{R(I+Bv_u)}{1-AR} \pm 1}{\frac{R(I+Bv_u)}{1-AR} - v_x(0)} \right] \frac{RC}{AR-1} \quad (8)$$

Burada t_s , v_x durum geriliminin aktivasyon fonksiyonundaki ± 1 değerine ulaşması için geçen süredir. Kararlı HSA’nda sözkonusu gerilim, $t \rightarrow \infty$ için sabit bir v_x^∞ değerine yakınsar ve bu değer “denge noktası” adını alır:

$$v_x^\infty = \lim_{t \rightarrow \infty} v_x(t) = R(I+Bv_u \pm A) \quad (9)$$

$v_x(t)$ ’nin karakteristiği, şekil - 6’da gösterildiği gibi olacaktır.

3. Gerilim Kaynağı Tabanlı HSA

“Durum” düğümündeki paralel bağlı tüm bağımlı/bağımsız akım kaynakları toplama yapılarak tek bir kaynağa indirgenebilir. Ortaya çıkan yeni akım kaynağının değeri kaynak dönüşümü uyarınca [5] ona paralel bağlı R direnci ile çarpılırsa, seri bağlı bir gerilim kaynağı, direnç ve kondansatörden oluşmuş bir “Durum” çevresi bulunur. Daha sonra sözkonusu kaynak bağımlı ve bağımsız bileşenlerine ayrılırsa, gerilim kaynaklı bir HSA hücresi elde edilmiştir. Bu devre şekil - 7’de verilmiştir.

3.1. Gerilim Kaynağı Tabanlı 1x1’lik HSA Hücresinin Analitik Çözümü

Şekil - 7’deki devrede dinamik birim için Kirchoff Gerilimler Yasası uyarınca çevre denklemleri yazılırsa,

$$V_I + ARv_y + \dots + BRv_u + \dots = RC \frac{dv_x}{dt} + v_x \quad (10)$$

elde edilir. $\frac{dv_x}{dt}$ yalnız bırakılacak olursa,

$$v_x = -\frac{1}{RC}v_x + \frac{1}{RC}V_I + \frac{1}{RC}ARv_y + \dots + \frac{1}{RC}BRv_u \quad (11)$$

bulunur ki, bu da (2) bağıntısıyla tanımlanan sistemde tek bir hücrenin durum denkleminin formundadır. Bu bize yukarıdaki yapının özel eleman değerleri için bir HSA hücresi olarak kullanılabileceğini gösterir. $AR=A^*$, $BR=B^*$ vb. ağıntısında devrenin 1x1’lik kararlı bir HSA için yukarıda anlatılan yöntemle analitik çözümü,

$$v_x(t) = \begin{cases} \frac{(I^*+B^*v_u)}{1-A^*} - \left[\frac{(I^*+B^*v_u)}{1-A^*} - v_x(0) \right] e^{-\frac{t}{RC}}; t < t_s \\ (I^*+B^*v_u \pm A^*) + [\mu - (I^*+B^*v_u \pm A^*)] e^{-\frac{t}{RC}}; t \geq t_s \end{cases}$$

$$; t_s = \ln \left[\frac{\frac{(I^*+B^*v_u)}{1-A^*} \pm 1}{\frac{(I^*+B^*v_u)}{1-A^*} - v_x(0)} \right] \frac{RC}{A^*-1} \quad (12)$$

olur. Görüldüğü gibi $A^* = A$, $B^* = B, \dots$ ve $R=C=1$ seçilirse, (12) ve (8) ifadeleri eşit olmaktadır. Yani bu koşullar altında akım kaynaklarının içeren devreler için hesaplanan bağlantı ağırlıklarının gerilim kaynaklı devrelerde de kullanılabılır. Bu durumda v_x durum gerilimleri için kararlı denge noktaları ve v_y çıkıç gerilimleri R direncinden bağımsızdır zira (12) bağıntısından da görülebileceği gibi R sadece üstel terimin argümanında mevcuttur. Bilindiği gibi böyle bir fonksiyonda argümandaki büyüklükler sözkonusu fonksiyonun sadece yakınsama zamanını etkiler. $t \rightarrow \infty$ için (12) bağıntısından elde edilecek v_x^∞ denge noktası ifadesi şu şekilde olacaktır:

$$v_x^\infty = V_I + BRv_u + AR \cdot (\pm 1V) \quad (13.a)$$

$$v_x^\infty = I^* + B^*v_u \pm A^* \quad (13.b)$$

Yukarıdaki devrede R ve C değiştirilerek HSA’da kararlı denge noktalarının yakınsama zamanları artırılıp azaltılabilir.

3.2. Gerilim Kaynaklı Tam Hücreler

Gerilim kaynaklı tam hücrelerde toplama birimi, komşu hücrelerden gelen giriş çıkıç ve eşik gerilimlerini toplayacaktır. Bunun için en temel işlemsel kuvvetlendirici uygulamalarından olan şekil - 8’de verilmiştii toplama devresi

kullanılabilir. Burada, klonlama ve kontrol tablolarının oluşturulan ağırlık katsayıları,

$$R_{i,j} = \frac{R_F}{|a_{i,j}|} \text{°eklinde birimin geribesleme}$$

direncinin sözkonusu tabloların ilgili elemanının mutlak değerine bölünmesiyle bulunur. Bunu göstermek için i°lemsel kuvvetlendiricili toplama biriminin çykıp gerilimi ifadesi yazılırsa:

$$v_o = -\frac{R_F}{R_{i,j}} v_{i,j} - \dots = -\frac{R_F}{R_F / |a_{i,j}|} v_{i,j} - \dots = -|a_{i,j}| v_{i,j} - \dots \quad (14)$$

elde edilir. Dinamik birim için Kirchoff gerilimler yasası uygulanacak olursa,

$$v_o = R_x C_x \dot{v}_x + v_x \Rightarrow \dot{v}_x = -\frac{1}{R_x C_x} v_x + \frac{1}{R_x C_x} v_o \quad (15)$$

çykar. (14)' teki v_o da denkleme yerle°tirilirse (11)'e benzeyen bir ifade bulunur.

Benzetimlerde kullanılacak örnek devrede yukarıda anlatıldığy gibi girişte i°lemsel kuvvetlendiricili bir gerilim toplama birimi ve buna kaskat bağly bir RC dinamik birimi mevcuttur. Ayrıca aktivasyon fonksiyonu karakteristiği için bir faz döndürmeyen kuvvetlendirici bloğu ve negatif değerli bağlantı katsayılarının gerçekenmesi için de bir faz döndüren kuvvetlendirici bloğu kullanılmı°tır. Bu devre için ağırlık katsayılarının oluşturulan

$$\text{direnç değeri } R_{i,j} = \frac{V_{y \max} R_F}{|a_{i,j}|} \text{ ifadesi ile}$$

bulunur. Sözkonusu yapı şekil - 9' da gösterilmi°tir.

4. Benzetimler

Bu kısımda 1x2' lik bir HSA tanıtılacak, kararsız ve kararlı durumlar için akım kaynağy tabanlı Chua ve Yang e°leğeri ve önerilen gerilim kaynağy tabanlı örnek devre ile hücrelerin v_x durum gerilimlerinin benzetimleri yapılacaktır.

1x2 - hücreli ve Ters - i°aret °ablonlu HSA [6] için kullanılacak sistem, şekil - 10' daki yapıya sahiptir. Bu HSA' nın durum denklemleri,

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{a} & -\mathbf{b} \\ \mathbf{b} & \mathbf{a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f(x_1) \\ f(x_2) \end{bmatrix};$$

$$\begin{bmatrix} x_1(0) \\ x_2(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{o1} \\ X_{o2} \end{bmatrix}$$

(16)

olarak yazılır. Burada $f(x_i)$, daha önce sözü edilmi°, "Parça parça lineer" aktivasyon fonksiyonudur. Zou ve Nossek tarafından bu sistemin

$$\mathbf{b} > \mathbf{a} - 1; \quad \mathbf{a}, \mathbf{b} > 0 \quad (17.a)$$

koşulu altında osilasyon yapacağy gösterilmi°tir [6]. Yine aynı sistemde,

$$\mathbf{a} > \mathbf{b} + 1; \quad \mathbf{a}, \mathbf{b} > 0 \quad (17.b)$$

olması halinde, x_i durumlarının ve $y_i=f(x_i)$ çykıplarının kararlı bir denge noktasına yakınsayacağy Savacı ve Vanderwalle tarafından ısıpatlanmı°tır [7].

Tüm 1x2 - hücreli HSA benzetimlerde (17.a) ve (17.a) koşulları için sırasıyla,

$$\mathbf{T}_o = \begin{bmatrix} \mathbf{a} = 2 & -\mathbf{b} = -5 \\ \mathbf{b} = 5 & \mathbf{a} = 2 \end{bmatrix} \text{ ve } \mathbf{T}_s = \begin{bmatrix} 3 & -1 \\ 1 & 3 \end{bmatrix}$$

katsayı matrisleri kullanılmı° kondansatörler üzerindeki $v_c(0) = X_{o1} = X_{o2} = 0.1$ olarak seçilen bağlangıç gerilim değerleri için v_x durum gerilimlerinin zamana göre değişimleri gözlenmi°tir. Benzetimlerde i°lemsel kuvvetlendirici olarak, hazır "ua741" makromodeli tercih edilmi°tir.

4.1. Chua ve Yang Hücre Modeliyle Benzetim

Chua ve Yang' ın önerdiği model kullanılarak osilasyon koşulunu sağlayan \mathbf{T}_o katsayı matrisi için PSPICE 8 ile yapılan $v_x(t)$ durum gerilimi benzetimi °ekil - 11' de gösterilmi°tir. Burada \mathbf{a} ve \mathbf{b} katsayıları modeldeki gerilim kontrollu-akım kaynaklarının iletkenlikleridir. Sistemin bir değp giriş bulunmadığyndan, $v_{in} = I = 0$ olur. Bu sebepten bir \mathbf{B} kontrol °ablonuna veya bir $I e^{\circ}$ ik seviyesine ihtiyaç yoktur ve $R_x, C_x=1$ seçildiğinden dinamik birimin $t=R_x C_x$ zaman sabiti 1s çykar. Pekildeki V(112), C(1,1)

hücrelerinin v_{x11} durum gerilimini ve $V(122)$ de $C(1,2)$ hücrelerinin v_{x12} durum gerilimini göstermektedir.

Kararlılık koşulunu sağlayan T_s katsayı matrisi için devrenin °ekil - 12' deki benzetiminden de görülebileceği gibi durum gerilimleri sabit bir denge noktasına yakınsayacaktır. Zaman sabiti 1s olduğundan, yakınsama zamanı yaklaşık $5t = 5s$ çýkacaktır.

4.2. Örnek Devre ile Benzetim

Örnek devrede $V_{cc}=15V$ seçilmi°tir. Ancak seçilen i°lemsel kuvvetlendirici ideal olmadıđýndan, çýkýşın alabileceđi maksimum deđer 13V' ta kalmaktadır. Dolayısıyla $V_{y\max}=13V$ tur ve $R_F = 1k\Omega$ için

$$R_{i,j} = \frac{V_{y\max} R_F}{|a_{i,j}|} \text{ bađýntýsý uyarınca } T_{o(R)} \text{ ve}$$

$T_{s(R)}$ bağlantı direnç matrisleri ağıdaki gibi bulunur:

$$T_{o(R)} = \begin{bmatrix} \frac{V_{y\max} R_x}{|a_{11}|} = \frac{13V \cdot 1k\Omega}{2} = 6.5k\Omega & 2.6k\Omega \\ 2.6k\Omega & 6.5k\Omega \end{bmatrix}$$

$$; \quad T_{s(R)} = \begin{bmatrix} 4.333k\Omega & 13k\Omega \\ 13k\Omega & 4.333k\Omega \end{bmatrix}$$

Dinamik birimde $R_x=1k\Omega$ ve $C_x=1\mu F$ olduđunda (zaman sabiti=1ms), $v_{xi,j}$ durum gerilimlerinin deđişimlerinin ve katsayı matrislerindeki negatif elemanların gerçeklenebilmesi için gerekli $C(1,1)$ hücreindeki negatif aktivasyon fonksiyonunun benzetimleri °ekil - 13, - 14 ve - 15' te verilmi°tir. Benzetimlerde $C(1,1)$ hücrelerinin v_{x11} durum gerilimi $V(103)$, $C(1,2)$ hücrelerinin v_{x12} durum gerilimi $V(203)$ ve $C(1,1)$ ' in negatif v_{y11} çýkýşgerilimi de $V(107)$ ' dir.

3.1. Kısmında (12) bađýntýsıyla da gösterildiği gibi gerilim kaynaklı hücrelerde R_x ve C_x eleman değerlerinin sadece kararlı HSA' da yakınsama sürelerine, osilasyon yapan HSA' da ise osilasyon frekanslarına etkileri vardır. Kararlı denge noktalarının değerleri katsayı matrisleri tarafından belirlenir. Örnek hücre devresi için $R_x=1k\Omega$ ve $C_x=1\mu F$ alınılmıştı. °ekil - 16 ve - 17' deki benzetimlerden de anlaşılabileceği gibi $R_x=10k\Omega$ ve $C_x=100\mu F$ ($R_x C_x=1s$) olarak değiştirilmesine rağmen T_o için sinüsoidal i°aretlerin genlikleri ve T_s için de kararlı denge

noktaları değişmemektedir. Oysa sözkonusu parametreler akým kaynaklı hücrelerde (8) formülüyle R_x direnç değerine bağımlıdır.

5. Sonuçlar

Bu makalede, HSA' nın hücre eğerleri için Chua ve Yang tarafından verilmemiş kaynaklı modellere ilaveten gerilim kaynaklı bir model önerilmi°, 1x1' lik kararlı HSA' nın analitik çözümleri yapıлып, 1x2' lik bir HSA için benzetimleri gerçekte°tirilmi°tir.

1x1' lik HSA' nın analizi ilk bakışta pek önemli gözükmemektedir zira bu boyutta bir yapının herhangi bir uygulama alanı yoktur. Ancak, yukarıdaki analitik çözümler bize yakınsama zamanları ve hücrelerin geçici rejimleri ile ilgili bilgiler vermektedir. Bu bağlamda ağıda, önerilen hücre modellerinin özelliklerinden bahsedilmişve karşılaştırmaları yapılmıştı:

Analitik çözümlerden de görülebileceği gibi kararlı HSA' da bütün hücreler °ekil - 6' dakine benzer bir geçici rejim karakteristiğine sahip olacaklardır. v_x gerilimlerinin kalıcı duruma geçme zamanları basit RC devrelerindeki gibi yaklaşık $5 \cdot t = 5 \cdot RC$ ' dir.

Akým kaynaklı devrelerde v_x^∞ kararlı denge noktaları (dolayısıyla v_y çýkýşları), sadece dinamik birimdeki C değerinden bağımsızdır, gerilim kaynaklı devrelerde ise sözkonusu büyüklükler hem R hem de C değerlerinden bağımsızdır. Literatürdeki çeşitli çalışmalarda HSA' nın yakınsama zamanlarının kısaltılması için klonlama ve kontrol şablonlarının değiştirilmesi öngörülmüştür [8,9]. Aynı amaçla, gerilim kaynaklı hücrelerde R ve C değerleri (veya $t = RC$ zaman sabiti), akým kaynaklı eğerlerde ise C değeri küçük seçilip i°lemsel kuvvetlendiricinin kesim frekansları da gözönünde bulundurularak bu ağların yakınsama zamanları iyileştirilebilir. Ayrıca osilasyon yapan HSA' nda bu devre elemanlarının değerleriyle oynanarak ağların çalışma frekansları değiştirilebilir.

Akým kaynaklı modelde tasarımı, hem akým hem de gerilim büyüklükleriyle çalışmakta, gerilim kaynaklı devrelerde ise sadece gerilimlerle muhattap olmaktadır ki bu, gerek analizde gerekse de arıza bulmada kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca, gerilim kaynaklı modeller, toplama devresi, faz döndüren

kuvvetlendirici ve faz döndürmeyen kuvvetlendirici gibi temel işlemsel kuvvetlendirici bloklarıyla kolaylıkla tam devre halinde gerçekleştirilebilir.

Akım kaynaklı model, gerilim kaynaklıya oranla daha az düdüme sahiptir. PSPICE devre analiz programının hesaplamalarda düdümleri yöntemi kullanıldığında düdümleri gerilimleri kaynaklı modele benzetim süresinde bir avantaj sağlayacaktır.

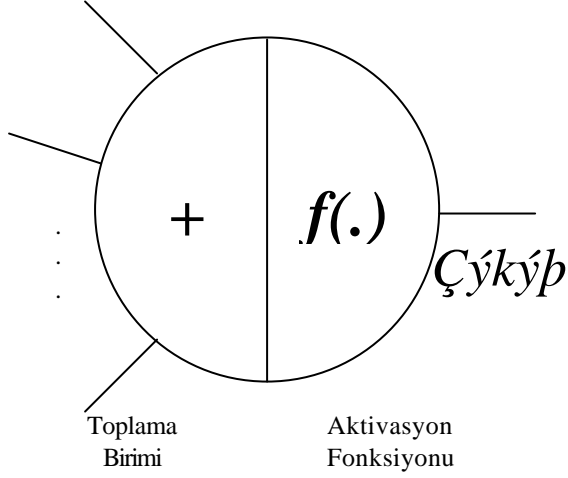
Önerilen modeller için yeni topolojiler oluşturulabilir veya mevcut topolojiler için PSPICE makromodelleri kurulabilir, ayrıca gerilim ve akım kaynaklı devreler sıcaklık duyarlılıkları bakımından karıştırılabilir. Bu bilhassa, ilk koşullara ve ortama aşırı derecede hassas HSA tabanlı kaotik sistemler [10] tasarlanırken büyük önem arzedecektir.

Kaynaklar

- [1] CHUA L.O., YANG L., October 1988, "Cellular Neural Networks: Theory", IEEE Transactions on Circuits and Systems, Vol. 35, No. 10, pp. 1257 – 1272.
- [2] CIMAGALLI V., BALSİ M., 1993, "Cellular Neural Networks: A Review", Proceedings of 6th Italian Workshop on Parallel Architectures and Neural Networks, Vietri Sul Mare, Italy.
- [3] CHUA L.O., YANG L., October 1988, "Cellular Neural Networks: Applications", IEEE Transactions on Circuits and Systems, Vol. 35, No. 10, pp. 1273 – 1290.
- [4] GÜZELİYİP C., Ocak 1993, "Hücresel Yapay Sinir Ağları ile Görüntü İşlenmesi", TÜBİTAK Proje NO: EEEAG – 103, Rapor, İSTANBUL.
- [5] NILSSON J.W., REIDEL S.A., 1996, "Electric Circuits 5th Ed.", Addison Wesley Pub. Comp., ISBN: 0-201-58179-5.
- [6] ZOU F., NOSSEK J.A., June 1991, "Stability of Cellular Neural Networks with Opposite Sign Templates", IEEE Transactions on Circuits and Systems, Vol. 38, No. 6, pp. 675 – 677.
- [7] SAVACI F.A., VANDERWALLE J., Mart 1993, "On the Stability of Cellular Neural Networks", IEEE Transactions on Circuits and Systems, Vol. 40, No. 3, pp. 213 – 215.
- [8] FAJFAR I., BRATKOVIC F., August 1995, "Optimizing Cellular Neural Networks for Robustness and Speed", 12th European Conference on Circuit Theory and Design (ECCTD'95), Istanbul, Vol. 2, pp. 781 – 784.
- [9] HANGGI M., MOSCHYTZ G.S., January 2000, "An Analysis of CNN Settling Time", IEEE Transactions on Circuits and Systems Part – I: Fundamental Theory and Applications (CAS – I), Vol. 47, No. 1, pp. 9 – 24.
- [10] ZOU F., NOSSEK J.A., March 1993, "Bifurcations and Chaos in Cellular Neural Networks", IEEE Transactions on Circuits and Systems – I: Fundamental Theory and Applications (CAS – I), Vol. 40, No. 3, pp. 166 – 173.

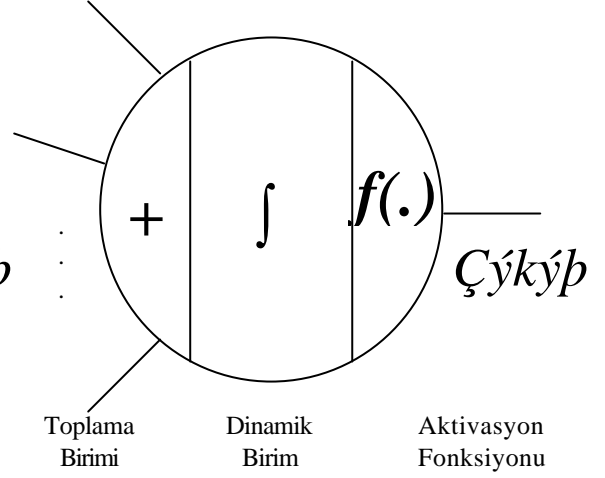
^a ekiler:

Girişler



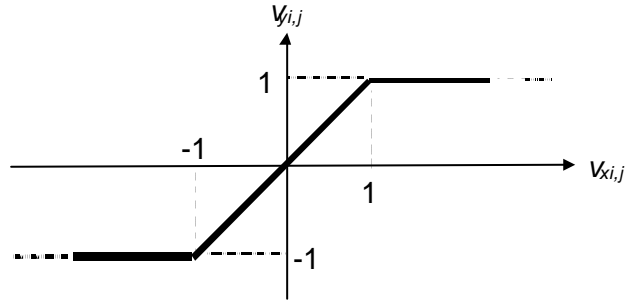
(a)

Girişler

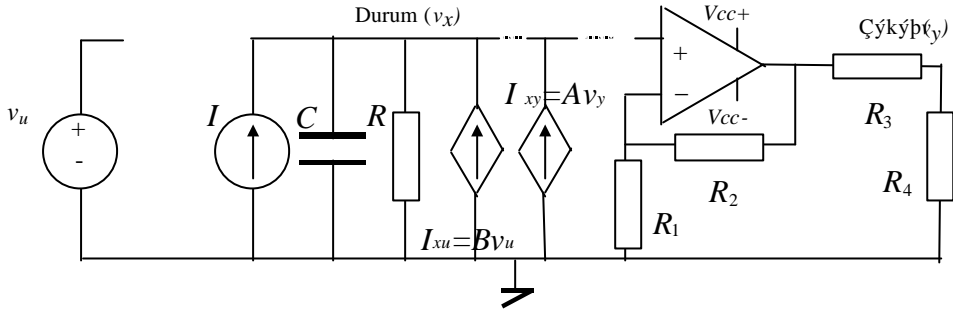


(b)

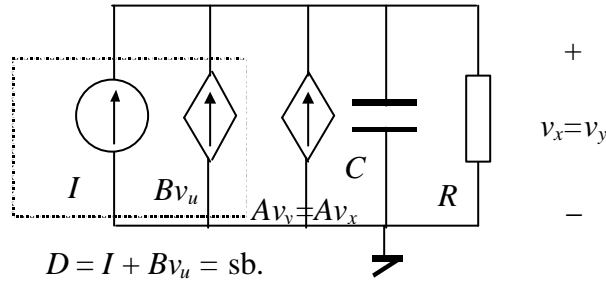
^a ekil – 1: (a) Cebrik, (b) Dinamik sinir ağı hücreleri.



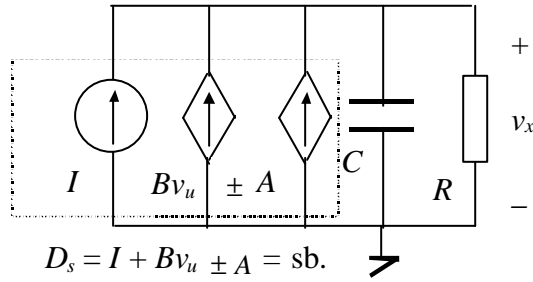
^a ekil – 2: Bir HSA' nın "Parça – parça lineer" aktivasyon fonksiyonu.



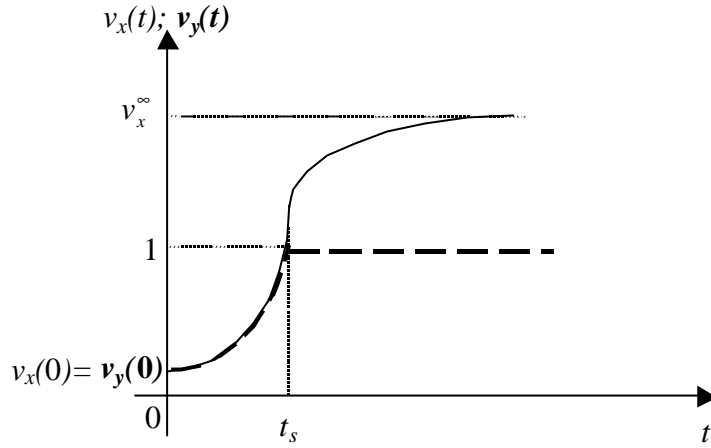
^a ekil – 3: Chua ve Yang' ın akım kaynaklı HSA hücre modeli.



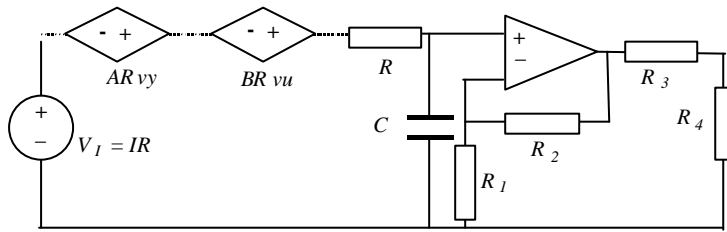
^a ekil – 4: Linear bölgede çalışan HSA' nın dinamik birimi.



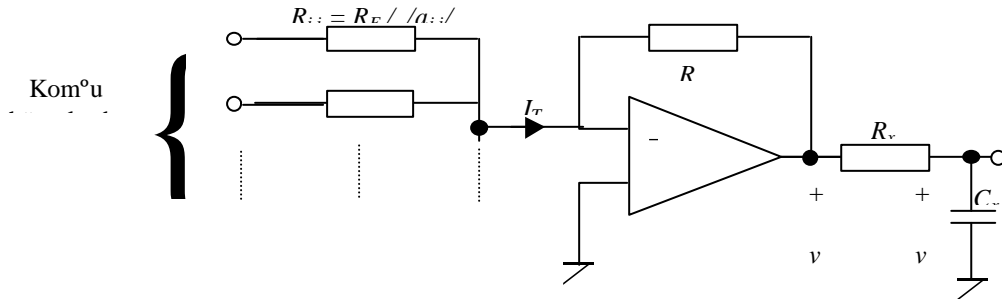
^a ekil – 5: Doyma bölgesinde çalışan HSA' nın dinamik birimi.



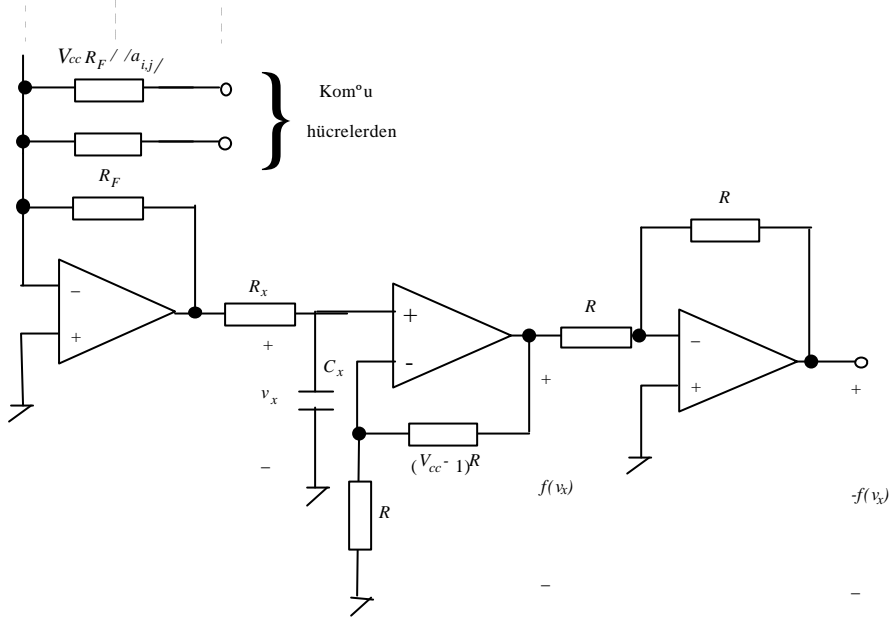
^a ekil – 6: Kararlı HSA’nda v_x durum geriliminin yakınsaması.



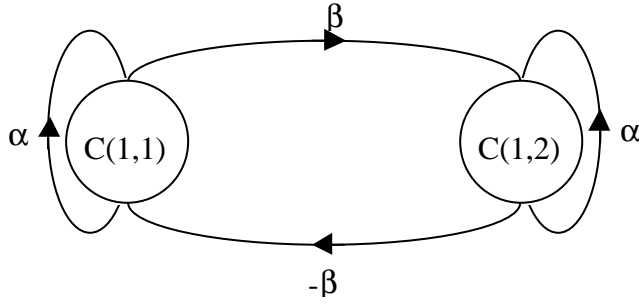
^a ekil – 7: Önerilen gerilim kaynaklı HSA hücre modeli.



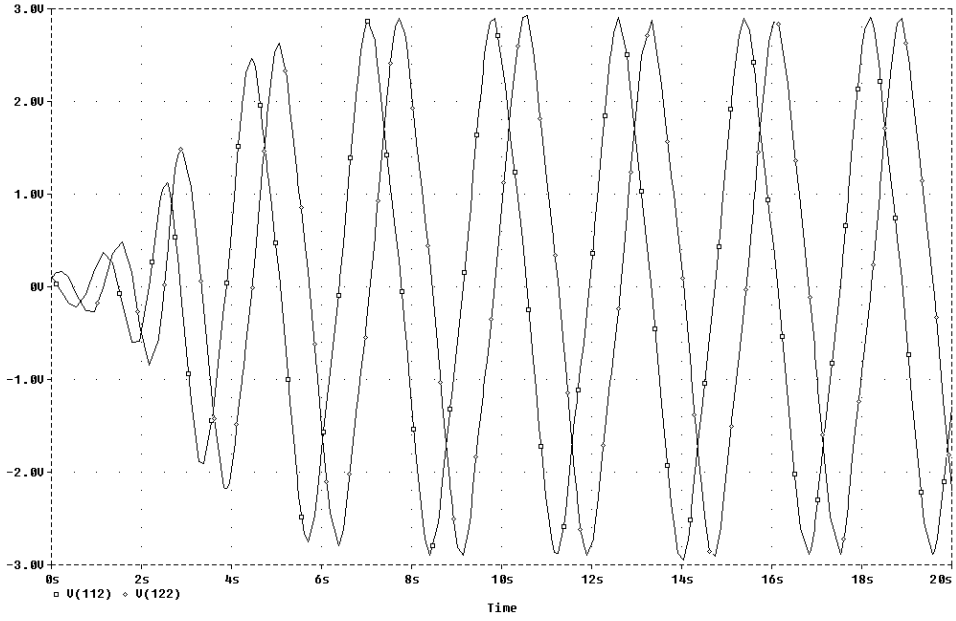
^a ekil – 8: Ýlemsel kuvvetlendiricili gerilim toplama ve dinamik



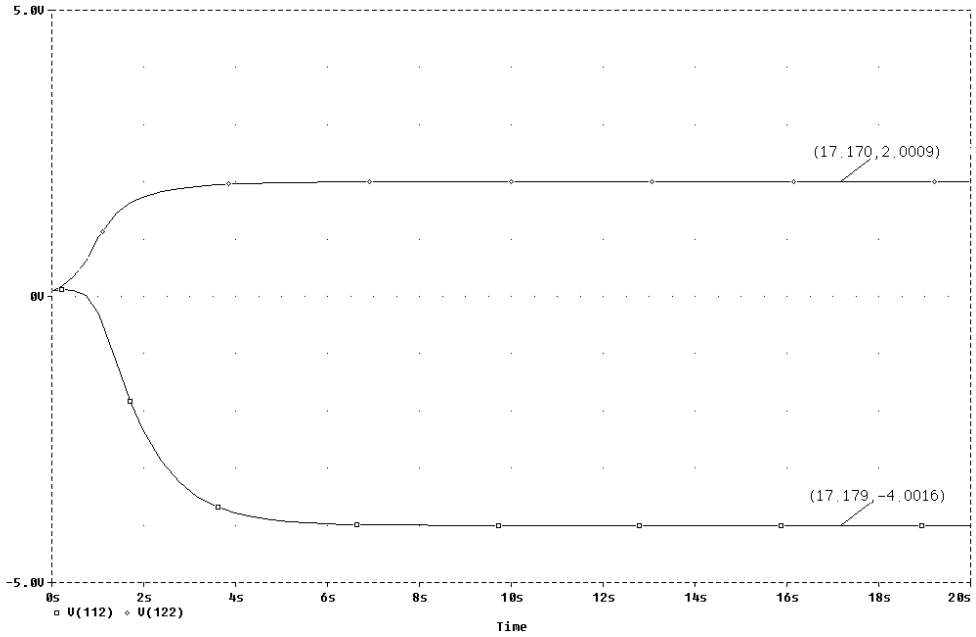
^a ekil – 9: Tasarlanan gerilim kaynaklı hücre modeli.



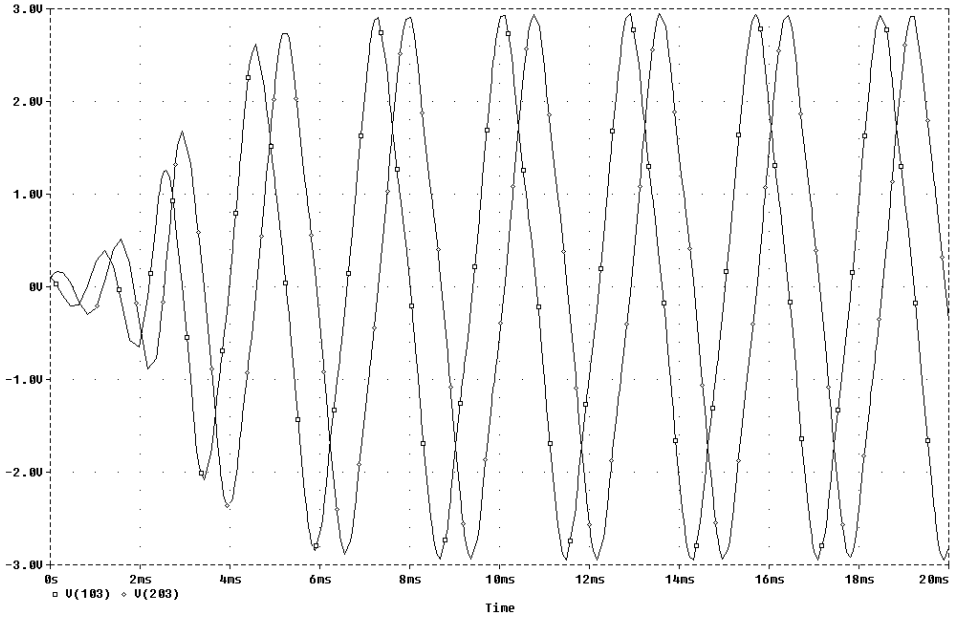
^a ekil – 10: 1x2'lik ters i°aret °ablonlu HSA.



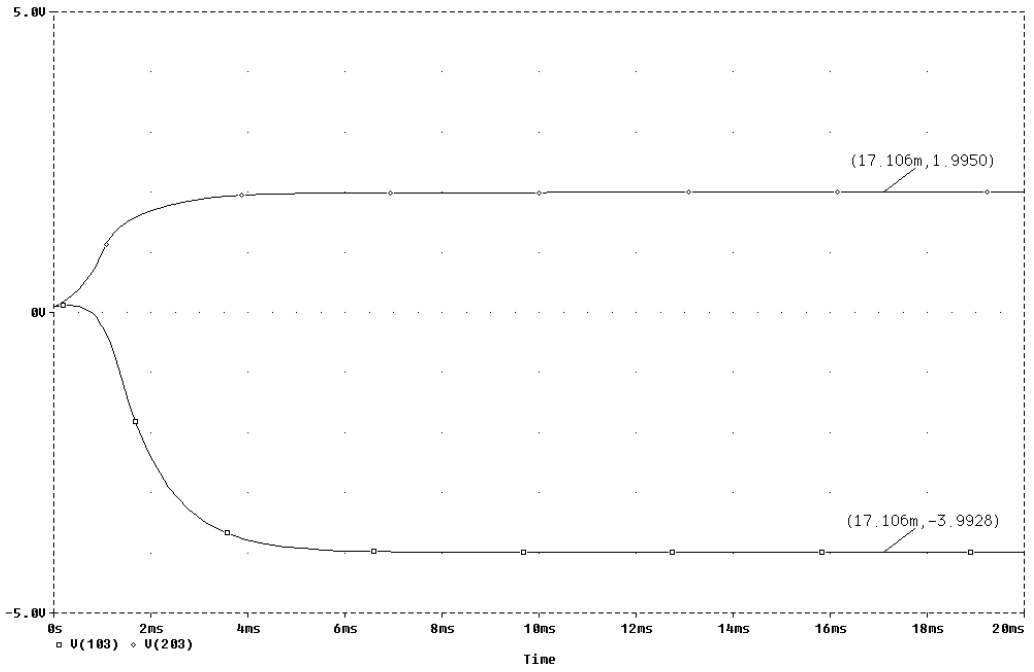
^a ekil – 11: Kararsız kutuplanmış Chua ve Yang modeli için hücrelerin durum gerilimleri ($t = 1s$).



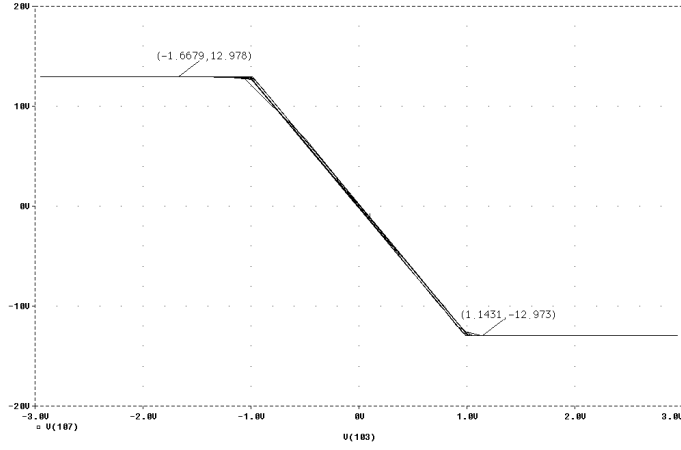
^a ekil – 12: Kararlı kutuplanmış Chua ve Yang modeli için hücrelerin durum gerilimleri ($t = 1s$).



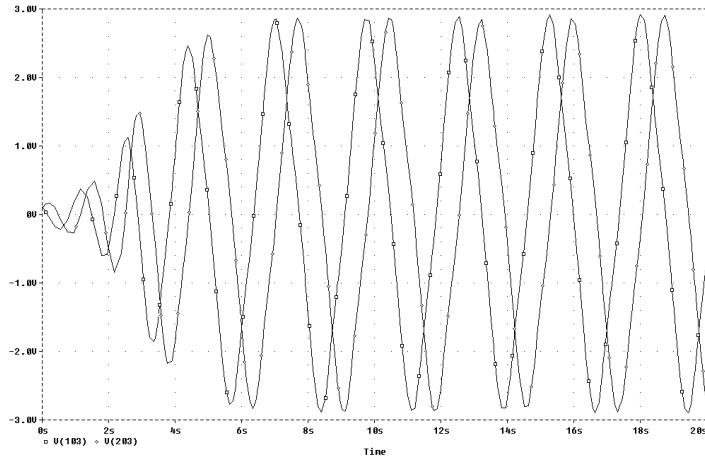
^a ekil – 13: Kararsız kutuplanmıþörnek devre için hücrelerin durum gerilimleri ($t = 1ms$).



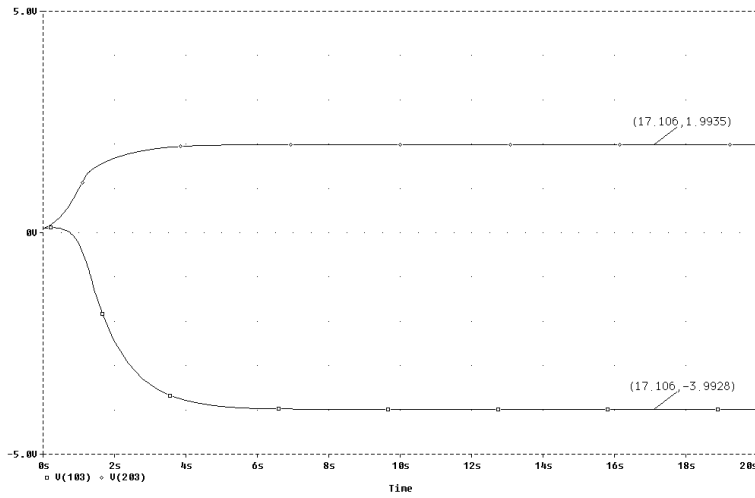
^a ekil – 14: Kararlı kutuplanmıþörnek devre için hücrelerin durum gerilimleri ($t = 1ms$).



^a ekil – 15: Örnek devre ile kurulmuş $C(1,1)$ hücresinde negatif çykıþının aktivasyon fonksiyonu.



^a ekil – 16: Kararsız kutuplanmıþörnek devre için hücrelerin durum gerilimleri ($t = 1s$).



^a ekil – 17: Kararlı kutuplanmıþörnek devre için hücrelerin durum gerilimleri ($t = 1s$)