

BASİT VE YÜKSEK DOĞRULUKLU BİR DİFERANSİYEL FARK AKIM TAŞIYICI (DDCC) MAKROMODELİ

Serhan YAMAÇLI¹

Hakan KUNTMAN²

^{1,2}Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Elektrik-Elektronik Fakültesi
İstanbul Teknik Üniversitesi, 34469, Maslak, İstanbul

¹e-posta: yamacli_ddcc@yahoo.com

²e-posta: kuntman@ehb.itu.edu.tr

Anahtar sözcükler: Makromodeller, diferansiyel fark akım taşıyıcı(DDCC), aktif süzgeçler

ÖZET

Bu bildiride diferansiyel fark akım taşıyıcı (DDCC) için geliştirilen basit ve yüksek doğruluklu bir makromodel önerilmiştir. Önerilen makromodel, DDCC içeren devrelerde kullanıldığında SPICE eleman modeliyle yapılan simülasyonlarda elde edilen sonuçlarla çok yakın sonuçlar elde edilmekte, buna karşılık simülasyon süresini azaltmaktadır. Önerilen makromodelin başarımı 5. derece eliptik süzgeç üzerinde SPICE simülasyonlarıyla gösterilmiştir.

1. GİRİŞ

Tümdevre simülatörleri tümdevre tasarımcıları için vazgeçilmez araçlar haline gelmiştir. Eleman modelleri yerine devre bloklarının karakteristiklerini yüksek doğrulukla yansıtan ve gerçek devre blokundan daha basit devre yapıları kullanmak alışılabilir bir yöntemdir [2]. Makromodeller, herhangi bir elemanın veya devrenin doğrusal ve doğrusal olmama özelliklerini aslına olabildiğince uygun modellemek üzere, doğrusal elemanlar, bağımlı ve bağımsız kaynaklar ve az sayıda diyot, tranzistor gibi doğrusal olmayan elemanlarla oluşturulan devrelerdir [1]. Karmaşık yapıdaki devre bloklarının makromodellerini geliştirip kullanmanın benzetim masrafı olarak da isimlendirilen benzetim süresini azaltacağı açıktır. Günümüzde bilgisayarların hızı çok fazla arttığından, benzetim sürelerinin kısaltılmasının önemi azalmış olmakla birlikte, büyük çaplı devrelerin benzetiminde iraksama sorununa çözüm getirmeleri nedeniyle makromodeller güncelliklerini korumaktadır. Bunun ötesinde, eleman idealsizliklerinin devre başarımına etkisinin incelenmesi açısından da makromodeller büyük yarar sağlamaktadır.

Öte yandan akım modlu devrelere olan ilginin bir sonucu olarak akım taşıyıcının (CCII) geliştirilmiş şekilleri literatürde yer almaktadır. Tek akım taşıyıcının (CCII) farksal akımları işleyememesi nedeniyle 1996 yılında Chiu, Liu, Tsao ve Chen tarafından yayınlanan bir makalede diferansiyel fark akım taşıyıcı (DDCC) önerilmiştir [8].

Bu bildiride DDCC için basit ve yüksek doğruluklu bir makromodel önerilmiştir. 2. bölümde DDCC'nin tanım bağıntıları verilmiştir. 3. bölümde önerilen makromodel tanıtılmıştır. 4. bölümde ise önerilen makromodelin başarımını sınamak amacıyla makromodel 5. dereceden eliptik süzgeç üzerinde denenmiştir.

2. DDCC TANIM BAĞINTILARI

DDCC elemanı CCII yapısından türetilmiş olan 5 uçlu bir elemandır. DDCC \pm elemanının tanım bağıntıları matrisel olarak

$$\begin{bmatrix} I_{Y1} \\ I_{Y2} \\ I_{Y3} \\ V_X \\ I_Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \pm 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{Y1} \\ V_{Y2} \\ V_{Y3} \\ I_X \\ V_Z \end{bmatrix}$$

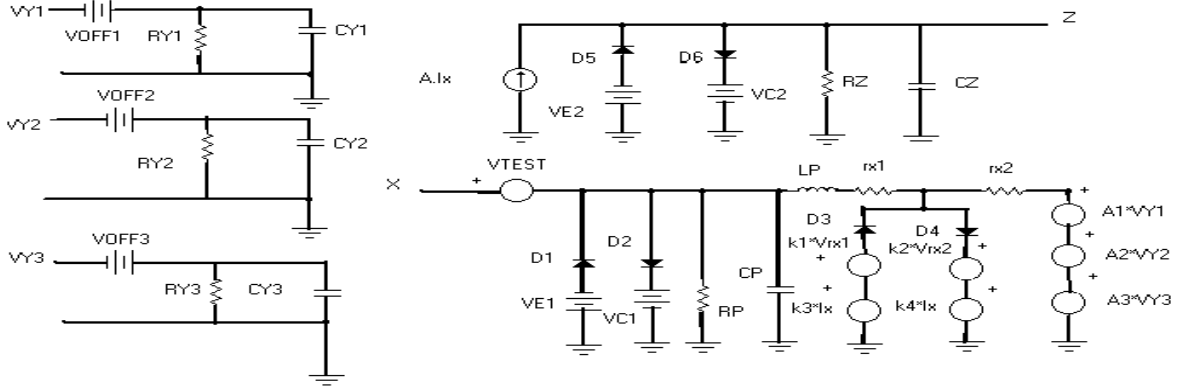
şeklinde dir.

3. ÖNERİLEN MAKROMODEL

Önerilen makromodel Şekil-1'de gösterilmiştir. Y1, Y2, Y3 ve Z uçlarından görülen empedans birer alçak geçiren RC devresiyle karakterize edilmektedir. X ucundan görülen empedans ise ikinci dereceden bir karakteristiğe sahiptir. Bu karakteristiği makromodelle yansıtmak çok önemlidir, çünkü bu davranış DDCC'nin frekans cevabını belirleyen temel etkendir [2,4]. X ucunun empedansını makromodelde karakterize etmek amacıyla R_p, C_p ve L_p elemanlarından oluşan bir rezonans devresi kullanılmıştır. D1 ve VE1 ile X ucunun negatif yöndeki gerilim sınırlaması, D2 ve VC1 ile aynı ucun pozitif yöndeki gerilim sınırlaması, D3, D4 ve akım kontrollü gerilim kaynaklarıyla da X ucunun akım sınırlamaları modellenmektedir [2.6]. VTEST ise X ucunun akımının Z ucundaki akım kontrollü akım kaynağına yansıtılması için kullanılmaktadır. Z ucunun gerilim sınırlaması ise D5, D6 diyotları ile VE2 ve VC2

gerilim kaynaklarıyla modellenmektedir. Dengesizlik gerilimi ise VOFF1, VOFF2 ve VOFF3 kaynaklarıyla modellenmektedir. Makromodelin eleman parametrelerinin belirlenmesi için gereken bağıntılar Tablo-1'de verilmiştir. C_{Yn} , n'inci Y

ucunun modellenmesi için gereken kapasite değerini, r_{Yn} n'inci Y ucunun alçak frekanslardaki empedansını, f_{Yn3dB} bu empedansın modülünün 3dB düştüğü



Şekil-1: Önerilen Makromodel

frekans değerini, C_Z Z ucunun modellenmesi için gereken kapasite değerini, r_Z Z ucunun empedans değerini f_{Z3dB} bu empedansın modülünün 3dB düştüğü frekansı göstermektedir. L_P X ucunun modellenmesi için kullanılan rezonans devresindeki endüktans değerini, R_P X ucunun modellenmesi için kullanılan rezonans devresindeki direnç değerini, C_P de yine aynı rezonans devresindeki kapasite değerini göstermektedir. Q_P X ucundan görülen ikinci derece karakteristiğinin değer katsayısı, f_P de söz konusu karakteristiğinin orta frekansını göstermektedir. V_γ diyotların iletme geçtiği gerilimi, V_D ise diyotlar iletimde iken üzerlerindeki gerilim düşümünü göstermektedir. I_{Xmax} X ucundaki pozitif yönde akabilen maksimum akımı, I_{Xmin} ise X ucundaki negatif yöndeki maksimum akımı ifade etmektedir.

4. SİMÜLASYON SONUÇLARI

Önerilen makromodelin başarımını test etmek üzere bir DDCC yapısı ele alınmış ve bu DDCC'ye ait makromodel parametreleri hesaplanmıştır. Daha sonra hem gerçek DDCC hem de makromodel kullanılarak 5. dereceden eliptik süzgeç PSPICE ile simüle edilmiş ve elde edilen simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır.

Makromodelin başarımını test etmek üzere 5. dereceden eliptik süzgeç kullanılmıştır [7]. İdeal endüktans içeren eliptik süzgeç devresi ve endüktans simülatörü içeren eliptik süzgeç devreleri sırasıyla Şekil-2 ve Şekil-3'de gösterilmiştir. İdeal endüktans içeren devredeki endüktanslar Duruk, Kuntman, Çiçekoğlu ve Toker tarafından önerilen DDCC'li endüktans simülatörü ile değiştirilmiştir. Şekil-3'deki süzgeç devresinde DDCC+ ve R_5 , R_9 , R_{13} , R_{15} , R_{17} , R_{18} ve C_{20} 'den oluşan yapılar kayıpsız birer endüktans simülatörü oluşturmaktadır [5]. Şekil-2'deki devrede eleman değerleri şöyledir: $R_1=R_2=2k$, $C_1=89.62pF$, $C_2=34.76pF$, $C_3=248.1pF$, $C_4=129.8pF$,

$$C_{Yn} = \frac{1}{2\pi f_{Yn3dB} r_{Yn}} \quad C_Z = \frac{1}{2\pi f_{Z3dB} r_Z}$$

$$L_P = \frac{R_P}{2\pi f_P Q_P} \quad Q_P = \frac{f_P}{B}$$

$$V_{C1} = V_{DD} - V_{XM1} + V_\gamma$$

$$V_{E1} = V_{SS} - |V_{XM2}| + V_\gamma$$

$$V_{C2} = V_{DD} - V_{ZM1} + V_\gamma$$

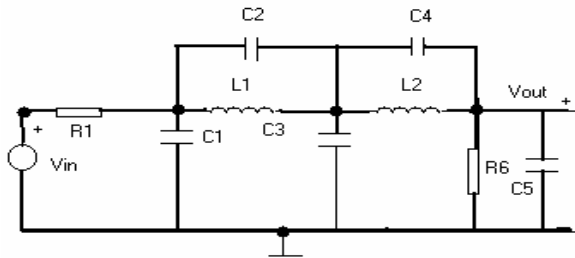
$$V_{E2} = V_{SS} - |V_{ZM2}| + V_\gamma$$

$$k_1 = 1 - \frac{V_D}{r_{x1} |I_{Xmax}|}$$

$$k_2 = 1 - \frac{V_D}{r_{x1} |I_{Xmax}|}$$

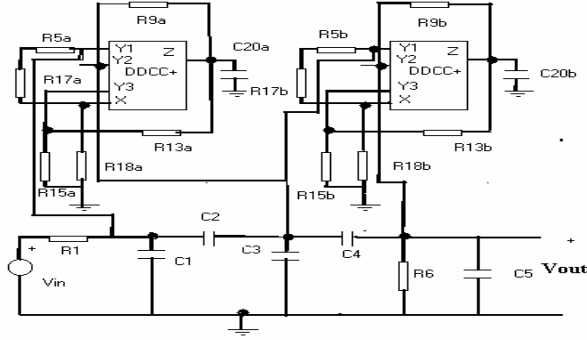
$$A=A1=A2=A3=1$$

Tablo-1: Makromodel Eleman Parametrelerinin Belirlenebilmesi İçin Kullanılan Bağıntılar



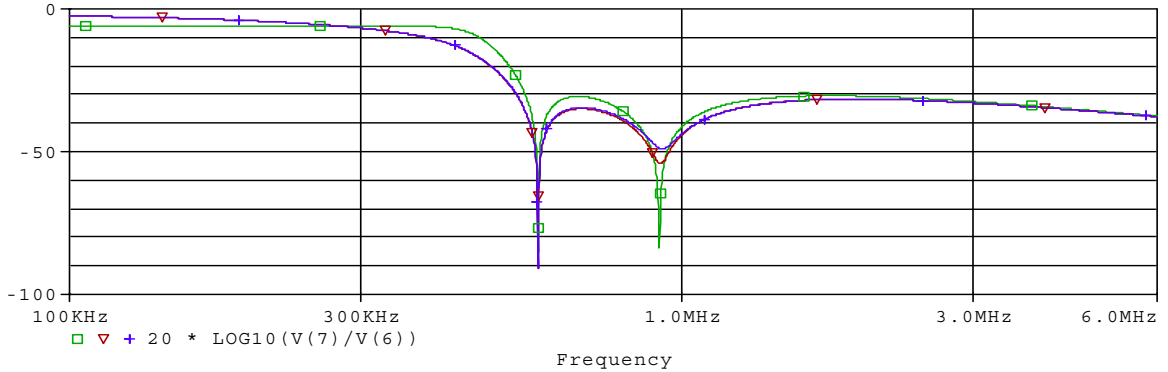
Şekil-2: 5. Derece Alçak Geçiren Eliptik Filtre [7]

$C_5=32.46pF$, $L_1=859.1uH$ ve $L_2=573.4uH$. Şekil-3'deki devrede ise $L_1=859.1uH$ 'yi simüle etmek için $R_{19a}=1.5k$, $R_{13a}=R_{15a}=3k$, $R_{5a}=R_{9a}=R_{17a}=2k$, $C_{20a}=47.72pF$; $L_2=573.4uH$ 'yi simüle etmek için de $R_{19a}=1.5k$, $R_{13a}=R_{15a}=3k$, $R_{5a}=R_{9a}=R_{17a}=2k$



Şekil-3: Endüktans Simülâtörü İçeren 5. Dereceden Alçak Geçiren Eliptik Filtre Devresi [7]

$C_{20b}=31.85\text{pF}$ kullanılmıştır. Süzgeçlerin 100kHz 'den 6MHz 'e kadar olan frekans karakteristiği PSPICE programıyla çıkarılmıştır. Elde edilen frekans eğrisi Şekil-4'de verilmiştir. Benzetimlerde kullanılan DDCC yapısı Duruk, Kuntman, Toker ve Çiçekoğlu tarafından önerilen yüksek başarılı DDCC yapısıdır ve Şekil-5'te gösterilmiştir [3]. Bu DDCC'ye ait tranzistor boyutları ise Tablo-2'de verilmiştir. DDCC'ye ilişkin makromodel parametreleri Tablo-3'de gösterilmiştir. Şekil-4'den de görüldüğü gibi gerçek



□ : İdeal Endüktans İçeren Devre
 ▽ : Gerçek DDCC kullanan Endüktans Simülâtörü İçeren Devre
 + : DDCC Makromodeli İçeren Endüktans Simülâtörü İçeren Devre

Şekil-4: 5. Dereceden Eliptik Filtrenin Frekans Karakteristiği

Tranzistor	W(um)	L(um)	Tranzistor	W(um)	L(um)
M1-M16	6	6	M43	15	3
M17-M18-M21	200	6	M44	9	15
M19-M20	504	6	M23-M24	100	3
M25-M26	300	3	M22	492	6
M27-M28-M32	370	6	M35-M36-M40	120	6
M30-M31	74	6	M33-M34	4	24
M41-M42	12	24	M38-M39	24	6
M29	40	6	M37	12	6
M34	4	24			

Tablo-2: DDCC Tranzistor Boyutları

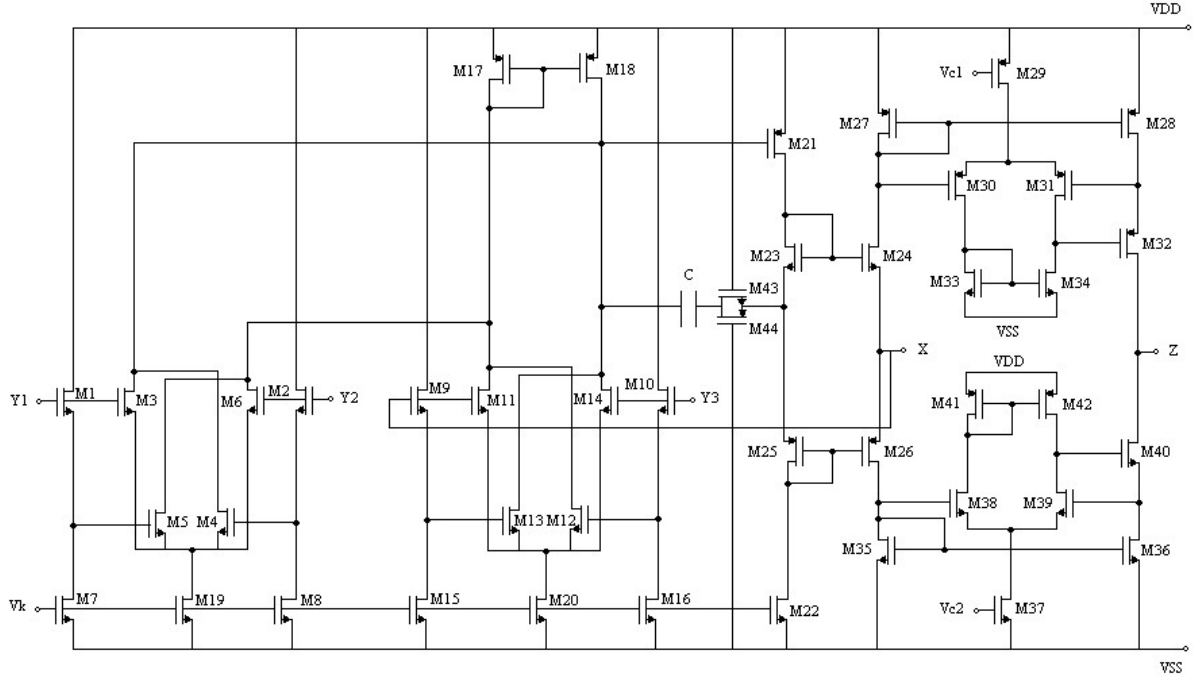
Eleman	Değeri	Eleman	Değeri
rx1,rx2	0.5Ω	VOFF1	1.04mV
k1,k2	0.74	VOFF2	1.04mV
Lp	$2.589\mu\text{H}$	VOFF3	1.04mV
Rp	922Ω	RY1	$2.437\text{T}\Omega$
Cp	2.64pF	CY1	24.93fF
VC1	4.78V	RY2	$4350\text{T}\Omega$
VE1	2.909V	CY2	19.3fF
RY3	$2.437\text{T}\Omega$	CY3	24.9fF
VE2	5V	VC2	5V
RZ	$19.521\text{M}\Omega$	CZ	208.3fF

Tablo-3: Makromodel Eleman Parametreleri

DDCC ve makromodel yardımıyla benzetilen süzgeç devrelerinin frekans karakteristikleri birbirine çok yakındır. Bu da makromodelin DDCC'nin davranışını başarıyla yansıttığını göstermektedir. Ayrıca SPICE eleman modeliyle yapılan simülasyonda süzgecin simülasyon süresi 36.10s iken makromodelle yapılan simülasyonlarda simülasyon süresi 8.09s 'ye düşmüştür. Bu da makromodel kullanmakla simülasyon süresinin önemli ölçüde azaltılabileceğini göstermektedir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, diferansiyel fark akım taşıyıcı (DDCC) elemanı için basit ve yüksek doğruluklu bir makromodel önerilmiştir. Önerilen makromodel DDCC'nin lineer ve lineer olmama özelliklerini başarıyla yansıtmakta ve simülasyon süresini kısaltmaktadır. Önerilen makromodelin başarımı 5. dereceden eliptik süzgeç üzerinde PSPICE simülasyonlarıyla gösterilmiştir. Geliştirilmiş olan yüksek başarılı DDCC makromodeli küçük bir değişikliklikle DVCC için de kullanılabilir. Makromodel, benzetim süresinin kısaltılması, büyük çaplı devrelerin benzetiminde ırsama sorununun çözülmesi, ideal olmama analizinin gerçekleştirilmesi açısından devre tasarımcısına yeni olanaklar sunmaktadır.



Şekil-5: Simülasyonlarda Kullanılan Yüksek Performanslı DDCC Yapısı [3]

KAYNAKLAR

- [1] Kuntman H. H., "Elektronik Elemanların Modellenmesi", İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Ofset Baskı Atölyesi, İstanbul, 1998.
- [2] Tarım N., Yenen B., Kuntman H., Simple and Accurate Non-linear Current Conveyor Macromodel Suitable For Simulation of Active Filters Using CCIIs, INTERNATIONAL JOURNAL OF CIRCUIT THEORY AND APPLICATIONS, Vol 26, Iss 1, pp 27-38, 1998.
- [3] Duruk A., Kuntman H., Toker A., Çiçekoğlu O., A New Improved Implementation of Differential Difference Current Conveyor, ELECO'99: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING, pp.90-94, Bursa, Türkiye, 1999.
- [4] Yenen B., CMOS Akım Taşıyıcıların Makromodellerinin Oluşturulması ve Akım Taşıyıcılı Süzgeçlerin Analizi, (Yüksek Lisans Tezi) Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ, 1995.
- [5] Duruk A., Kuntman H., Çiçekoğlu O., Toker A., Diferansiyel Fark Akım Taşıyıcı (DDCC) Tabanlı Endüktans Benzetimi ile Aktif Süzgeç Tasarımında Yeni Olanaklar, IEEE SIU 2000: 8. SİNYAL İŞLEME VE UYGULAMALARI KURULTAYI BİLDİRİ KİTABI, pp. 473-477, Antalya, 12-14 Haziran 2000.
- [6] Connelly A., Choi P., "Macromodeling With SPICE", Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1992.
- [7] Çam U., Çiçekoğlu O., Kuntman H., FTFN Tabanlı İki Ucu Serbest Giriş Fonksiyonu Simülatörü Tasarımı, Bursa Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Müh. Sempozyumu ELECO 2000, Elektronik ve Bilgisayar Bildiri Kitabı, 9-12, Bursa, EMO Bursa Şubesi, 8-12 Kasım 2000.
- [8] Chiu W., Liu S., Tsao H. W., Chen J.J., CMOS Differential Difference Current Conveyors and Their Applications IEE PROCEEDINGS OF CIRCUITS, DEVICES AND SYSTEMS, Vol:143, No:2, pp.91-96, 1996.