

Akım Taşıyıcılar Kullanılarak İndüktörsüz Bir Transformatör Gerçeklemesi

Yavuz SARI

Sakarya Üniversitesi, Hendek Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, 54300, Hendek, Sakarya
sari@sakarya.edu.tr

(Geliş/Received:11.10.2016; Kabul/Accepted:24.02.2017)

Özet

Son yıllarda, elektronik devre gerçeklemelerinde simülasyon yazılımlarının kullanımı yaygın hale gelmiştir. Bu çalışmada, sadece dirençler ve ikinci kuşak akım taşıyıcıları (second generation of current conveyors, CCII) kullanılarak indüktörsüz bir akım ve voltaj transformatörü gerçekleştiriliyor. Öncelikle uç denklemleri ideal bir transformatörünkine eşdeğer olan dirençli merdiven tipi bir devre ele alınmıştır. Daha sonra, bu devredeki topraklı dirençler yerine akım taşıyıcı eşdeğerleriyle değiştirilmiştir. Elde edilen CCII-R iki kapılı devredeki direnç değerlerini değiştirme yoluyla hem voltaj transformatörü, hem de akım transformatörü olarak kullanılabilir. Elde edilen yapı entegre devre uyumludur. Son olarak, CCII-R iki kapılı devrenin çalışması, akım ve voltaj için iki ayrı örnek ile SPICE programı kullanılarak başarılı bir şekilde test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Devre Teorisi ve Tasarımı, İndüktörsüz Transformatör, Akım Taşıyıcıları

An Inductor-Free Transformer Realization Using Current Conveyors

Abstract

Recently, using simulation software for realization of the electronic circuits became popular. In this study, an inductor-free voltage and current transformer is developed using only second generation current conveyors, (CCIIs) and resistors. First, a resistive ladder network, whose terminal equations are equivalent to those of an ideal transformer is found. Then grounded negative resistors of the original network are implemented with CCIIs. Obtained CCII-R two port can be used either a voltage transformer or a current transformer by changing only resistor values and it is integrated circuit compatible. Finally, its operation is successfully tested by SPICE software.

Keywords: Circuit theory and design, Inductor-free transformer, Current Conveyors

1. Giriş

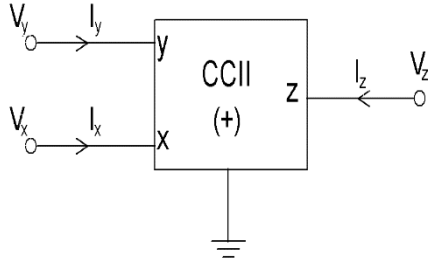
Aktif devrelerin yapıları basittir ve entegre devreler ile uyumludurlar. Ayrıca yüksek frekans yeteneklerine ve elektronik ayarlanabilirlik özelliklerine sahiptirler. Bunların yanında transformatör ve bobinler, boyutlarının büyük olmasından dolayı entegre devrelerde kullanılmazlar. Bunlardan ötürü, transformatör ve bobinlerin aktif devreler kullanılarak gerçekleştirilmesi mümkündür [1,2,3]. İdeal bir transformatörün OTA'lı benzetimi Sari Y. ve Ferikoglu A. tarafından yapılmıştır [4]. Yine indüktörsüz ayarlanabilir sarım oranlı ideal bir voltaj ve akım transformatörünün benzetimi Sari Y. tarafından yapılmıştır [5]. Bu çalışmada indüktörsüz ideal voltaj ve akım transformatörü

sadece akım taşıyıcılar ve dirençler kullanılarak gerçekleştirilmiş ve SPICE yazılımı ile başarıyla test edilmiştir.

Birinci kuşak akım taşıyıcılar (CCI) ilk olarak 1968 yılında Sedra ve Smith tarafından sunulmuştur. Daha sonra yine Sedra ve Smith tarafından birinci kuşak akım taşıyıcıya göre daha gelişmiş bir eleman olan ikinci kuşak akım taşıyıcılar 1970 yılında sunulmuştur [6,7].

Akım taşıyıcılar son yıllarda çok geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Klasik işlemsel yükselteçler sınırlı kazanç-bant genişliği değerlerinden dolayı yüksek frekans uygulamalarında kullanılmazlar. Akım taşıyıcılar, OTA ve Opamlara göre daha geniş bir bant aralığına sahiptirler ve yüksek frekans uygulamalarında kullanılabilirler [8,9,10,11,12].

CCII, Şekil 1’de görüldüğü gibi genellikle X, Y, Z olarak isimlendirilen üç uçlu bir elemandır [13,14].



Şekil 1. İkinci kuşak bir akım taşıyıcının sembolü

Şekil 1’deki CCII’nin uç denklemleri aşağıda görülmektedir.

$$\begin{bmatrix} I_y \\ V_x \\ I_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_y \\ I_x \\ V_z \end{bmatrix} \quad (1)$$

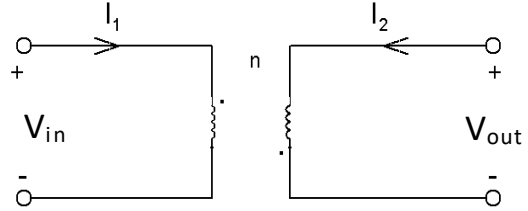
CCII akım taşıyıcısının çalışması şu şekilde ifade edilebilir; şayet yüksek empedans girişli Y ucuna bir voltaj uygulanırsa, X giriş ucunda aynı voltaj görülür. Benzer şekilde, X ucundan akacak giriş akımına eşdeğer olan bir akım, yüksek çıkış empedansına sahip Z ucundan da akar. Görülebileceği gibi Y ucunun potansiyeline eşit olan X ucu potansiyeli, X ucundan akan akımdan bağımsızdır. Benzer şekilde, X ucundan akan akıma eşit olan Z ucu akımı, Z ucundaki voltajdan bağımsızdır. İdealde X ucu, kısa devre giriş karakteristiği sergiler. Matematiksel ifadeyle CCII’nin giriş-çıkış karakteristikleri denklem (1)’deki hibrit matris yoluyla tanımlanabilir. Z ucundaki akımın yönüne bağlı olarak CCII+ veya CCII- olduğu anlaşılır [11].

2. Gerçekleme

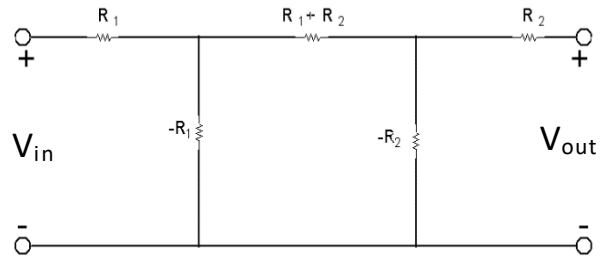
Şekil 3’de görülen dirençli merdiven tipi devrenin, Şekil 2’de verilen ideal bir transformatöre eşdeğer olduğu gösterilebilir [1]. Şekil 3’ün basit analizi aşağıdaki eşitlikleri verir.

$$V_1 = -\frac{R_1}{R_2} V_2 \quad (2)$$

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1} I_2 \quad (3)$$



Şekil 2. İdeal bir transformatörün devre sembolü



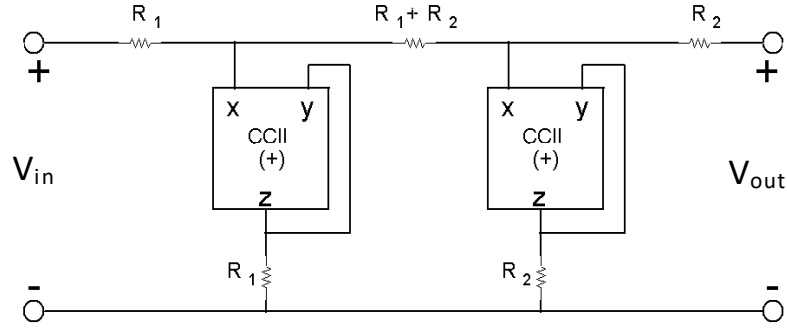
Şekil 3. İdeal bir transformatörün dirençli eşdeğeri, $n=R_1/R_2$

Şekil 3’de verilen merdiven devredeki negatif dirençler OTA, Opamp ve CCII’ler kullanılarak gerçekleştirilebilir. Şekil 4’de, negatif dirençlerin yerine CCII’ler konularak merdiven devre yeniden çizilmiştir.

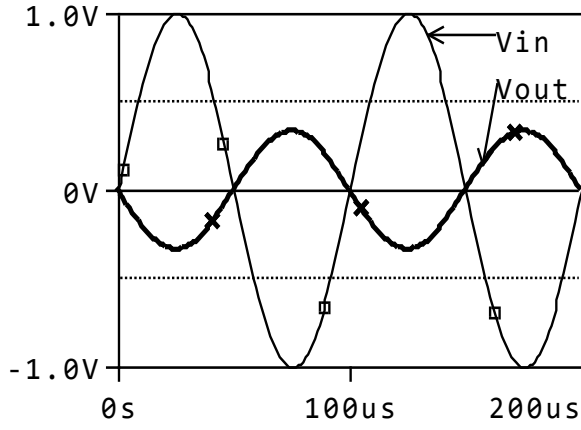
2.1. Örnekler

Elde edilen CCII-R transformatör devresi, iki örnek ile, simülasyon yazılım programı SPICE ile bilgisayarda test edilmiştir. Geçiş iletkenliği parametresi değerleri Örnek 1 için giriş voltajı tepe değeri 1 V, $R_1/R_2=3$ alınarak 1 K Ω yük direnci için giriş ve çıkış voltaj dalga biçimleri Şekil 5’de, giriş ve çıkış akım dalga biçimleri ise Şekil 6’da verilmiştir. Örnek 2 için giriş voltajı tepe değeri 3 V, $R_1/R_2=1/3$ alınarak 1 K Ω yük direnci için giriş ve çıkış voltaj dalga biçimleri Şekil 7’de, giriş ve çıkış akım dalga biçimleri ise Şekil 8’de verilmiştir.

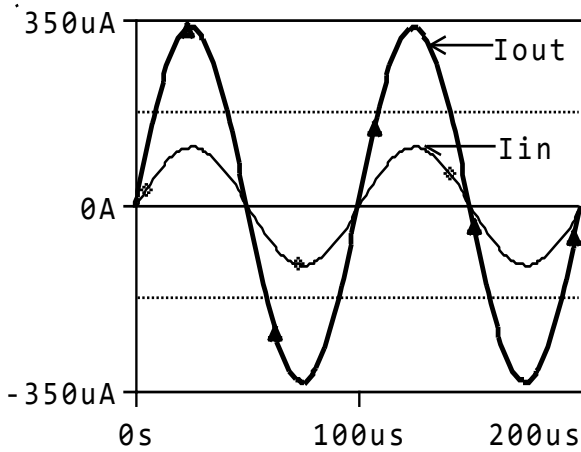
Akım Taşıyıcılar Kullanılarak İndüktörsüz Bir Transformör Gerçeklemesi



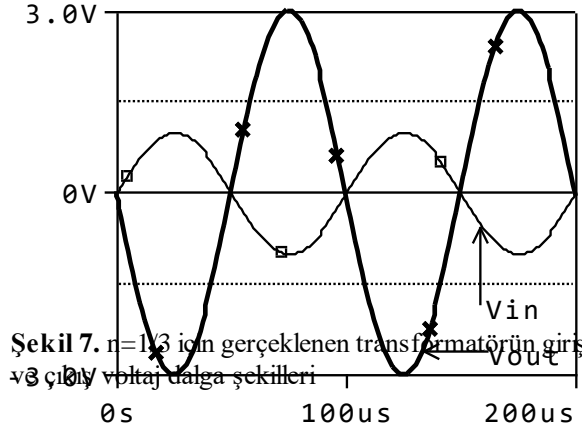
Şekil 4. Şekil 2'deki ideal transformörün CCII-R ile gerçekleştirilmesi



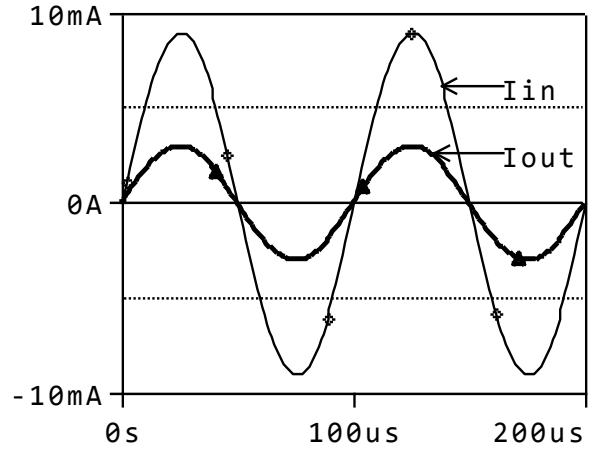
Şekil 5. $n=3$ için gerçekleştirilen transformörün giriş ve çıkış voltaj dalga şekilleri



Şekil 6. $n=3$ için gerçekleştirilen transformörün giriş ve çıkış akım dalga şekilleri



Şekil 7. $n=1/3$ için gerçekleştirilen transformörün giriş ve çıkış voltaj dalga şekilleri



Şekil 8. $n=1/3$ için gerçekleştirilen transformörün giriş ve çıkış akım dalga şekilleri

3. Sonuçlar

Bu çalışmada, indüktörsüz bir voltaj ve akım transformörü sadece akım taşıyıcılar ve dirençler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Devre SPICE yazılımı kullanılarak başarıyla test

edilmiştir. Devre dijital sistemlere uyumlu ve entegre devre teknolojisinde uygulanabilir. Önerilen transformatörün çalışma aralığı, devrede kullanılan akım taşıyıcılarının doğrusallık koşullarıyla sınırlıdır.

4. Kaynaklar

1. Anday F., 'Introduction to Network Synthesis', Technical University of İstanbul Press., 1992
2. Bialko M. and Newcomb W., 'Generation of All Finite Linear Circuit Using The Integral DVCCS', IEEE Transaction on Circuit Theory, vol. CT-18, page 733-736, Nov. 1971
3. Schaumann R., Ghausi M. S., Laker K. R., 'Design of Analog Filters, Passive, Active RC, and Switched Capacitor', Printice Hall, 1990.
4. Sari Y., Ferikoglu A., 'Simulating Ideal Transformers Using OTA's', Electronics World, November 2004.
5. Sari Y., 'OTA'lar Kullanılarak İndüktörsüz Ayarlanabilir İdeal Voltaj ve Akım Transformatörü Gerçeklemesi', Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt:28 Sayı: 2 s.255-258, 2016.
6. Smith K.C. and Sedra A., 'The Current-Conveyor — A New Circuit Building Block', IEEE Proc, **Vol. 56**, 1968, pp. 1368–1369.
7. Smith K.C. and Sedra A., 'A Second Generation Current-Conveyor and its Applications,' IEEE Trans, CT-17, 1970, pp. 132–134.
8. Robinson J., 'New CCII Current Conveyor', *Chip Design Magazine*, August/September 2007.
9. Prokop, R. and Musil, V., 'The equivalent voltage and real current mode oscillators with defined phase shift between two outputs', Proceedings of the 10th Electronic Devices and Systems Conference 2003, Brno, Czech Republic, pp.265-269, 2003.
10. Prokop, R. and Musil, V., 'Current Conveyors – The Basic Blocks and Current Mode Filters In Electronic Devices and Systems 04 – Proceedings', The 11th Electronic Devices and Systems Conference. Brno: Ing. Zdeněk Novotný CSc., Brno, 2004, s. 143 - 148, ISBN 80-214-2701-9
11. Prokop R., Musil V., 'The Precise Rail-To-Rail Current Conveyor CCII For Measurement Applications', *Electronics* 2008, 24 – 26 September, Sozopol, Bulgaria
12. Vrba K. and Čajka J., "The equivalence of three-port zero class voltage conveyor and the AD 846 device", Proceedings of the 10th Electronic Devices and Systems Conference 2003, Brno, Czech Republic, pp.403-406, 2003.
13. Hwang Y. S., Hung P. T., Chen W., and Liu S. I., 'Systematic generation of current-mode linear transformation filters based on multiple output CCIIs', *Analog Integrated Circuits and Signal Processing*, **vol. 32**, pp. 123-134, 2002.
14. Wu D. S., Liu S. I., Hwang Y. S., and Wu Y. P., 'Multiphase sinusoidal oscillator using second-generation current conveyors', *International Journal of Electronics*, **78(4)**, pp. 645-651, 1995.