

# PARALEL İMMİTANS BENZETİMİNDE OTRA İLE YENİ OLANAKLAR

Fırat Kaçar<sup>1</sup> Hakan Kuntman<sup>2</sup> Ayten Kuntman<sup>1</sup> Uğur Çam<sup>3</sup> Oğuzhan Çiçekoğlu<sup>4</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Mühendislik Fakültesi, 34850 Avcılar, İstanbul

e-posta: [fkacar@istanbul.edu.tr](mailto:fkacar@istanbul.edu.tr) , [akuntman@istanbul.edu.tr](mailto:akuntman@istanbul.edu.tr)

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği,

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Fakültesi, 80626 Maslak, İstanbul

e-posta: [kuntman@ehb.itu.edu.tr](mailto:kuntman@ehb.itu.edu.tr)

<sup>3</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü,

Tınaztepe Kampüsü, Buca, İzmir

e-posta: [ugur.cam@eee.deu.edu.tr](mailto:ugur.cam@eee.deu.edu.tr)

<sup>4</sup>Boğaziçi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü,

Bebek, İstanbul

e-posta: [cicekoglu@boun.edu.tr](mailto:cicekoglu@boun.edu.tr)

*Anahtar sözcükler: İmmütans benzetimi, OTRA, Aktif Süzgeçler*

## ABSTRACT

*In this study, two novel grounded parallel immittance simulator topologies employing single OTRA are proposed. The presented topologies require fewer passive components than the counterparts in the literature. The performance of the proposed immittance simulators is demonstrated on a typical application example. PSPICE simulation are included to verify theory.*

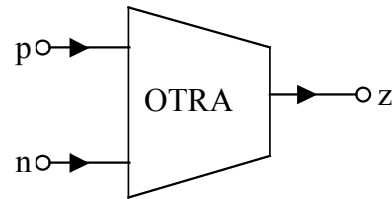
## 1. GİRİŞ

İşlemsel geçişdirençli yükselteci (OTRA), piyasada akım farklı yükselteçler veya norton yükselteçler gibi isimler altında değişik şekillerde üretilmiş yapılar mevcuttur, son dönemlere kadar bunlardan yararlanmak dikkate çekmemiştir. Bu ticari gerçeklemler girişin topraklanmasına hemen hemen hiç izin vermezler ve sadece akımın tek yönde akmasına izin verirler. Son zamanlarda analog tümdevrelerin ve akım modlu devrelerin gelişmesi dikkatleri OTRA'lar üzerine çevrilmiştir [1,2]. Diğer yandan immütans simülatörleri, osilatör tasarımı, filtre tasarımı ve parazitik elemanların etkisinin giderilmesi gibi alanlarda önemli rol oynarlar. Literatürde, akım taşıyıcılar, akım geribeslemeli işlemsel kuvvetlendiriciler ve dört uçlu yüzen nülör (FTFN)'ler kullanılarak çok sayıda topraklanmış immütans

simülatörleri gerçekleştirilmiştir [3,11]. Bunların çoğu, seri immütans fonksiyonları simülasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Literatürde, R-L ve C-D immütans simülasyonunun birkaç özel devresinden söz edilmiştir. Son dönemlerde çok fonksiyonlu seri ve paralel immütans simülatör topolojileri iki FTFN ile gerçekleştirildiği referansta verilmiştir. indüktörün muhtemel tüm durumları, genel immütans simülatör devreleri ile simüle edilebildiği referansta önerilmiştir. Ancak bunu yaparken üç pozitif akım taşıyıcı (CCII+) kullanmışlardır. Bu çalışmanın esas amacı tek OTRA kullanarak yeni topraklanmış paralel immütans simülatör topolojileri sunmaktır.

## 2.ÖNERİLEN DEVRELER

OTRA'nın devre sembolü Şekil-1'de görülmektedir. OTRA'nın kapı bağıntıları aşağıdaki gibi matrisel formda karakterize edilebilir.

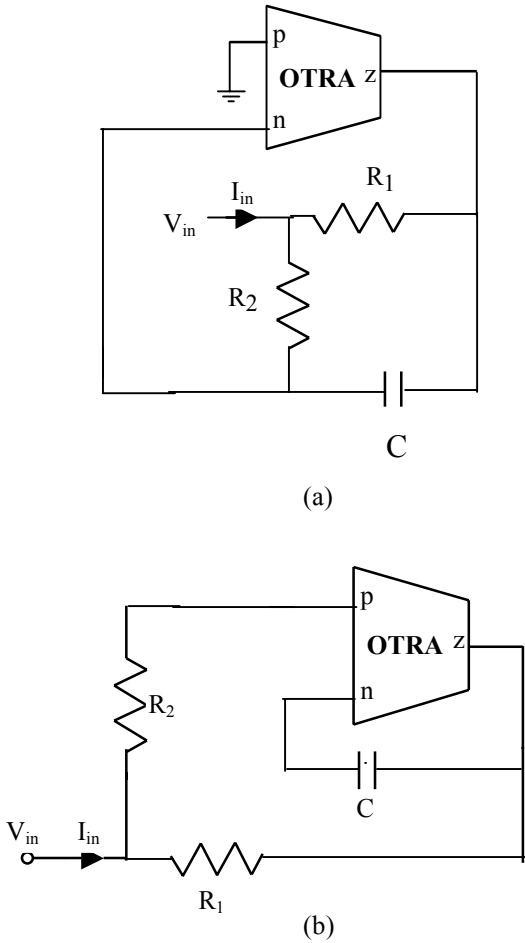


Şekil-1.OTRA'nın devre sembolü

$$\begin{bmatrix} V_p \\ V_n \\ V_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ R_m & -R_m & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_p \\ I_n \\ I_z \end{bmatrix} \quad (1)$$

Giriş ve çıkış uçlarının herikisi de düşük empedans olarak tanımlanır.

Önerilen topraklanmış paralel immitans simülâtör topolojileri Şekil-2'de görülmektedir. Topolojilere ait bilinen analiz yapılması sonucunda elde edilen giriş empedansı, eşdeğer endüktans ve dirençlere ait değerler Tablo-1'de verilmiştir. Tablo-1'den açıkça görülmektedir ki önerilen devrelerle paralel kayıplı endüktansın değişik kombinasyonları simüle edilebilir. Dikkat edilirse RC:CR dönüşümü paralel C-D immitans muhtemel aktif simülasyonu yapıldığında, bu aktif devre sentezi için önemli bir araştırma konusudur. Şekil-2a'daki devre Tablo-1'deki eşitliklerle verilen bir paralel  $L_{eq}$ - $R_{eq}$  yapısını, Şekil-2b'deki devre de yine Tablo-1'deki eşitliklerle verilen bir paralel  $-L_{eq}$ - $R_{eq}$  yapısının benzetimini yapmaktadır. Bu son devre, belli bir yapıdaki parazitik endüktansın dengelenmesi amacıyla kullanılabilir.



Şekil-2. Önerilen immitans benzetimi topolojileri

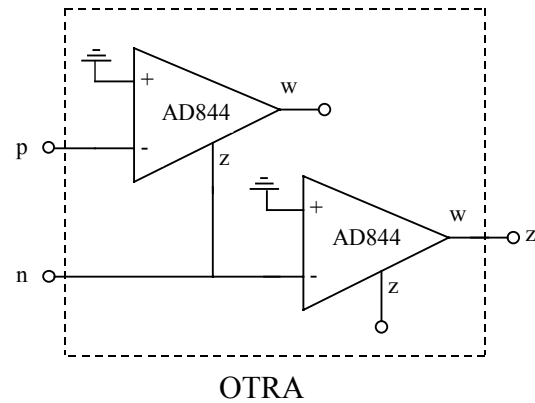
### 3.ÖRNEK UYGULAMA VE SİMÜLASYON SONUÇLARI

Önerilen topolojilere örnek bir uygulama olarak akım modlu çok çıkışlı bir filtre tasarlandı ve simüle edildi. Basit yapı olarak paralel R-L simülâtörü ile paralel kapasiteden oluşan rezonans devre Şekil-4'de görülmektedir. Bu şekildeki paralel R-L devresi Şekil-2a'daki aktif R-L simülâtör devresiyle yer değiştirildi. Transfer fonksiyonları şu şekilde verilmiştir.

$$\frac{I_{HP}}{I_{in}} = \frac{s^2}{s^2 + \frac{(G_{eq} + G_L)}{C_L} s + \frac{I}{L_{eq} C_L}} \quad (2)$$

$$\frac{I_{BP}}{I_{in}} = \frac{\frac{(G_{eq} + G_L)}{C_L} s}{s^2 + \frac{(G_{eq} + G_L)}{C_L} s + \frac{I}{L_{eq} C_L}} \quad (3)$$

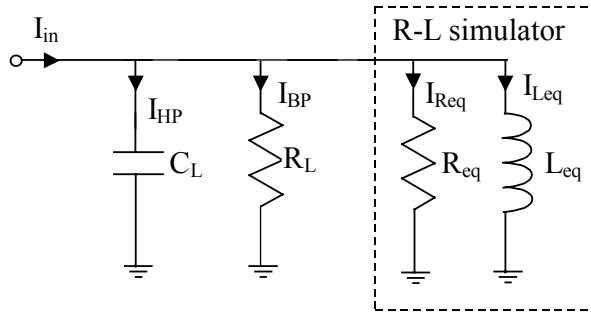
Paralel  $R_L$  direncinin akımı ve kapasite akımı iki akım tamponu ile yüke aktarırsa band geçiren ve yüksek geçiren süzgecin yüksek çıkış empedansı edilir. Filtrenin gerçekleştirmesinde seçilen eleman değerleri şunlardır  $C_L=1.5nF$ ,  $R_L=1k\Omega$ ,  $R_1=1k\Omega$ ,  $R_2=1k\Omega$  ve  $C_1=1nF$ , buradaki endüktans  $L_{eq}=1mH$  ve buna paralel gelen direnç  $R_{eq}=0.5k\Omega$  olarak alınması sonucunda kutup frekansı  $f_p=125kHz$  olarak bulunur. OTRA iki adet CFOA IC AD844 kullanılarak gerçekleştirilmiştir [12]. Bu OTRA tasarımı klasik düşük performanslı OTRA' ların sınırlamalarından kaçınılmasına imkan tanımıştır.  $L_{eq}=1mH$  ve paralel  $R_{eq}=0.5k\Omega$  benzetimi için elde edilen modül-frekans ve faz-frekans eğrileri Şekil-5'de görülmektedir. Bu paralel yapı yardımıyla tasarlanan süzgeç devresi için elde edilen PSPICE benzetimi ile elde edilen frekans yanıtı Şekil-6'da verilmiştir.



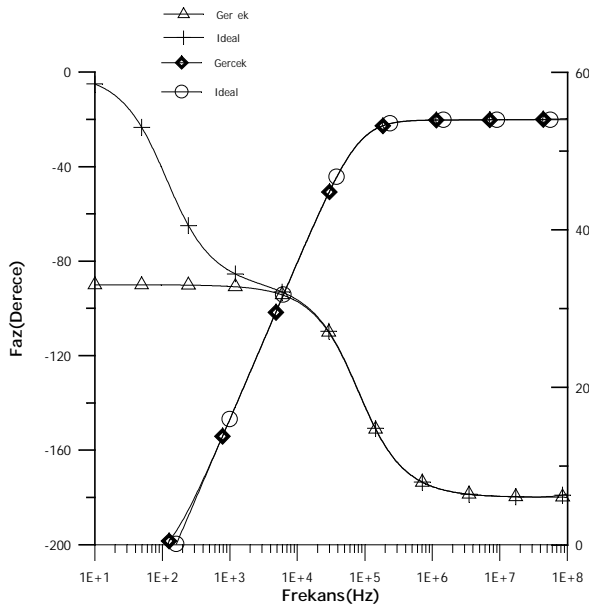
Şekil-3. OTRA'nın CFOA ile gerçekleştirilmesi

**Tablo 1:** Önerilen immitans simülatörlerine ait bağıntılar

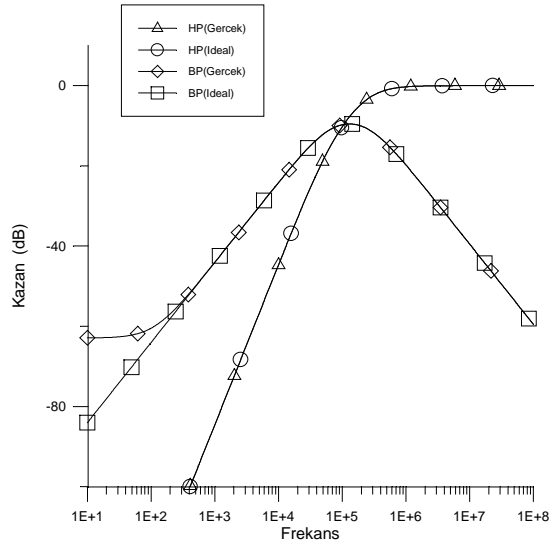
Şekil	$L_{eq}$	$G_{eq}$	Tip
1.a	$\frac{C}{G_1 G_2}$	$G_1 + G_2$	L paralel R
1.b	$-\frac{C}{G_1 G_2}$	$G_1 + G_2$	-L paralel R



**Şekil-4.** Önerilen immitans simülatörünün akım modlu çok çıkışlı filtre olarak uygulaması

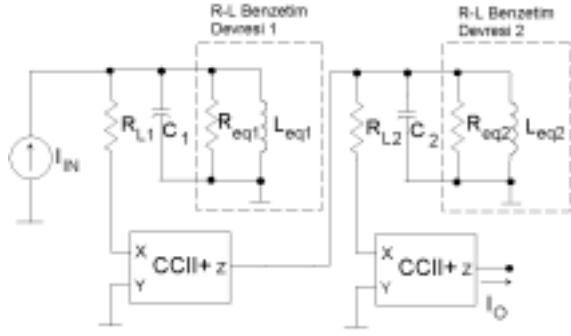


**Şekil-5.** R-L benzetim devresinin SPICE benzetim programı ile elde edilen modül-frekans ve faz-frekans yanıtları



**Şekil-6.** R-L benzetim devresiyle kurulan aktif süzgeçlerin frekans yanıtı.

Şekil 4'de verilen aktif süzgeç devresi, uygun ayırıcı katlarla birbirlerine ardarda bağlanarak yüksek dereceden haberleşme süzgeçleri oluşturmaya da elverişlidir. Ayırıcı kat olarak bir akım kuvvetlendiricisinden veya bir akım taşıyıcıdan yararlanılabilir. Her iki kat aynı frekansa akort edilebileceği gibi, bunları birbirine yakın fakat farklı frekanslara akort ederek kademeli akortlu kuvvetlendiriciler gerçekleştirmek de mümkündür. Bu tür bir band geçiren kuvvetlendirici yapısı Şekil-7'de görülmektedir. Devre için gerçekleştirilen SPICE benzetimi sonuçları da Şekil-8'de verilmiştir. Oluşturulan band geçiren süzgeç, aynı frekansa ardarda bağlı ve aynı frekansa iki katla kurulmuştur.. Çift akortlu devrenin her iki katı için seçilen eleman değerleri, önceki örnekte olduğu gibi  $R_1=1k\Omega$ ,  $R_2=1k\Omega$  ve  $C_1=1nF$ ,  $R_{L1}=1k\Omega$ ,  $R_{L2}=1k\Omega$  şeklinde alınmıştır, her iki katta da endüktans  $L_{eq}=1mH$  ve buna paralel gelen direnç  $R_{eq}=0.5k\Omega$  değerindedir. Yine, her iki katta  $C_L=1.5nF$  alınması sonucunda kutup frekansları  $f_{p1}=125kHz$  ve  $f_{p2}=125kHz$  olarak bulunur. Bununla  $f = 125kHz$  orta frekanslı bir yüksek dereceden band geçiren süzgeç elde edilmektedir.

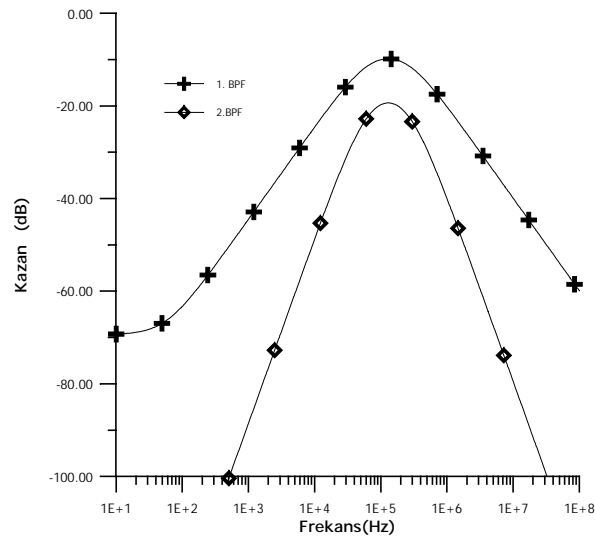


Şekil-7. Önerilen devrelerle oluşturulan yüksek dereceden band geçiren süzgeç

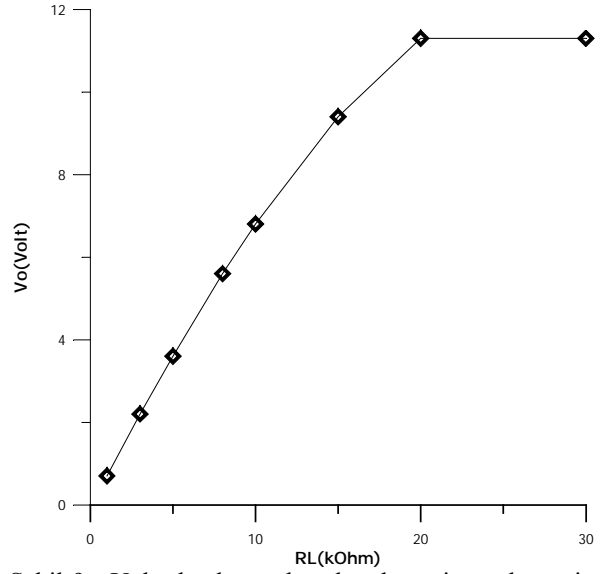
Devrede, band geçiren karakteristiğinin alındığı dirençlerin alt ucu, y girişi topraklanmış olan bir akım taşıyıcının x ucuna uygulanmakta ve bu akım z ucuna kopyalanarak yüksek empedanslı olarak çıkışa yansıtılmaktadır. İlk katın çıkışı ikinci katı süren bir akım kaynağı olarak işlev yapmaktadır. Devrede akım taşıyıcı olarak AD844 elemanından yararlanılmıştır. Şekil-8'den fark edilebileceği gibi, devre istenen özellikleri yerine getirmektedir. Devrenin büyük işaret yanıtı da SPICE benzetimi ile incelenmiştir. Sabit giriş işareti için çıkış genliğinin yük direnci ile değişimi Şekil-9'da verilmiştir. Fark edilebileceği gibi,  $f = 125\text{kHz}$  gibi bir frekansta çıkıştan  $V_{OPP} = 11\text{V}$  gibi büyük bir salınım elde edilebilmektedir.

#### 4. SONUÇ

Bu makalede, iki farklı paralel immitans simülasyonu topolojileri gerçekleştirildi. Önerilen topolojiler sadece tek OTRA kullanılarak gerçekleştirildi. Pasif eleman karşılaştırılmasına ihtiyaç duyulmadan istenen endüktans tipi elde edildi. Örnek bir uygulama olarak, önerilen topolojiler kullanılarak pratik bir devre verilmiştir. PSpice simülasyonu sonucunda elde edilen sonuçlar teoriyi doğrulamıştır.



Şekil-8. Yüksek dereceden band geçiren devrede katların ve toplam devrenin frekans yanıtı.



Şekil-9. Yüksek dereceden band geçiren devrenin girişine  $100\mu\text{A}$  genlikli  $125\text{kHz}$ 'lik bir işaret uygulandığında devrenin işaret büyük işaret yanıtı.

#### 5. KAYNAKLAR

- [1] Salama, K. N. and Soliman A. M., CMOS operational transresistance amplifier for analog signal processing applications, *Microelectronics Journal*, vol. 30, pp. 235-245, 1999.
- [2] Chen J., Tsao H., Liu S and Chui W, Parasitic capacitance insensitive current-mode filters using operational transresistance amplifier, *IEE Proc. Circuit Devices and Systems*, vol. 142, no. 3, pp186-192, 1995.
- [3] Wang H. Y. and Lee C. T., Systematic synthesis of R-L and C-D immitances using single CCIII, *Int. Journal of Electronics*, vol.87, no.3, pp. 293-301, 2000.
- [4] Wang H. Y. and Lee C. T., Realisation of R-L and C-D immitances using single single FTFN, *Electronics Letters*, vol.34, pp. 502-503, 1998.
- [5] Liu S. I. And Wang H. Y., Realisation of R-L and C-D impedances using a current feedback amplifier and its applications, *Electronics Letters*, vol.30, pp. 380-381, 1994.
- [6] Cang C. M., Wang H. Y. and Chien C. C., Realisation of series impedance functions using one CCII+, *Int. Journal of Electronics*, vol.76, pp. 83-85, 1994.
- [7] Himura A., Fukui Y., Ishida M and Higashimura M., Series impedance simulator using one CCII, *Electronics Letters*, vol.26, pp. 269-1709, 1990.
- [8] Çam U., Çiçekoğlu O., Kuntman H., Universal series and parallel immitance simulators using four terminals floating nullors, *Analog Integrated Circuit and Signal Processing*, vol. 25, no.1, pp. 59-66, 2000
- [9] Çiçekoğlu M. O., Active simulation of grounded inductors with CCII+s and grounded passive elements, *Int. Journal of Electronics*, vol. 85, no. 4, pp. 455-462, 1998.

[10] F. Kaçar, U. Çam, O. Çiçekoğlu, H. Kuntman, A. Kuntman, Novel OTRA-Based Grounded Parallel Immitance Simulator Topologies, Proceedings of ELECO'2001: The 2nd International Conference on Electrical and Electronics Engineering (Electronics), pp.19-23, Bursa, 7-11 November 2001.

[11] F. Kaçar, U. Çam, O. Çiçekoğlu, H. Kuntman, A. Kuntman, New Parallel Immitance Simulator Realizations Employing a Single OTRA, accepted for presentation at the 45th IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems, to be held in Tulsa, Oklahoma, August 4-7, 2002.

[12] Analog Devices Inc. Data Sheet, AD844 Current Feedback Op-Amp.