

Gerilim Modlu Eviren Akım Taşıyıcılı İkinci Derece Süzgeç Tasarımları

Voltage Mode Second Order Filters Design with Inverting Current Conveyor

M. Siddık Göçmen¹, Ahmet Gökçen¹, Uğur Çam²

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Mustafa Kemal Üniversitesi
ms.gocmen@hotmail.com, agokcen@mku.edu.tr

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Dokuz Eylül Üniversitesi
ugur.cam@deu.edu.tr

Özet

Son yıllarda akım taşıyıcılar ve bunların türevleri olan aktif yapı bloklarının, daha büyük band genişliklerine ve daha büyük çıkış genliklerine sahip olmalarından dolayı kullanım alanları hızla artmaya başlamıştır. Özellikle süzgeç devreleri başta olmak üzere aktif devre gerçekleştirmede bu yapı bloklarının kullanımının yaygınlaşması, değişik özelliklere sahip akım taşıyıcı türevlerinin geliştirilmesini de beraberinde getirmiştir. Bu çalışmada ikinci nesil eviren akım taşıyıcı kullanılarak yeni bir gerilim modlu tek aktif elemanlı ikinci dereceden süzgeç tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu topoloji ile alçak geçiren, yüksek geçiren, band geçiren, band söndüren ve tüm geçiren süzgeç fonksiyonları sentezlenmiştir. Teorik çalışmalar PSPICE benzetim sonuçları ile doğrulanmıştır.

Abstract

In recent years, the usage of the active building blocks as the current conveyors and their derivatives increases rapidly due to their larger band widths and larger output amplitudes. In particular, realizing the active circuits with these building blocks have brought the development of different characteristics in the current-conveyors and their derivatives. In this study, a configuration for the realization of voltage mode second order filters employing a single second generation inverting current conveyor as the active element is presented. This topology can synthesize lowpass, highpass, bandpass, notch and allpass filtering functions. Theoretical analysis is verified with PSPICE simulation results.

1. Giriş

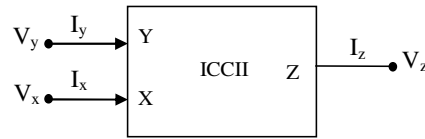
Akım taşıyıcılar, düşük distorsiyon ve güç harcama, yüksek doğrusalık gibi özellikleri sayesinde gerek akım modlu gerekse gerilim modlu analog devre uygulamalarının vazgeçilmez yapı taşları haline gelmişlerdir [1].

Akım taşıyıcıların bu özellikleri, düşük güç harcayan ve az sayıda eleman gerektiren yüksek başarılı devrelerin tasarlanmasına olanak sağlamaktadır. İlk akım taşıyıcı Sedra ve Smith tarafından literatüre sunulmuştur[2]. Farklı özellikte ki akım taşıyıcıların gelişim sonucu son zamanlarda, akım taşıyıcıların yeni bir tipi olan ikinci nesil eviren akım taşıyıcı (ICCI) üzerine ilgi oldukça artmıştır [3]. Tek aktif eleman kullanılarak elde edilen aktif süzgeçler (single amplifier biquad-SAB), düşük güç tüketimi gerektiren devrelerde özellikle kullanılmaktadır[4-6]. İşlemsel Kuvvetlendirici (OPAMP) kullanılarak tasarlanmış SAB yapısındaki süzgeç tasarımları, düşük yükselme eğimi ve sabit kazanç bant genişliği kısıtlamalarına sahiptirler. Bunun yanında literatürde çok sayıda akım taşıyıcı kullanılarak yapılmış SAB yapısında süzgeç devreleri mevcuttur. Fakat bunların bir kısmı birden fazla aktif eleman kullanırken, diğer bir kısmı da bütün filtre fonksiyonlarını gerçekleyememektedir [7-13].

Bu çalışmada ICCII kullanarak yapılmış gerilim modlu bütün süzgeç fonksiyonları gerçekleyebilen topoloji öne sürülmüştür.

2. Devre Tanımlamaları

İkinci nesil akım taşıyıcı elemanı şematik olarak Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: ICCII sembolü

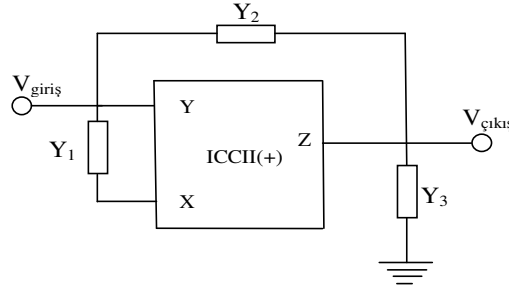
Elemanın tanım bağlantıları matrisel olarak

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

şeklinde. Bu matriste k 'nın +1 veya -1 olması sırasıyla ikinci nesil eviren akım taşıyıcının ICCH(+) veya ICCH(-) olduğunu göstermektedir.

Önerilen süzgeç topolojisi Şekil-2'de görülmektedir. Topolojinin transfer fonksiyonu (2) numaralı denklem ile verilmiştir.

$$\frac{V_{\text{çıkış}}}{V_{\text{giriş}}} = \frac{Y_2 - 2Y_1}{Y_2 + Y_3} \quad (2)$$



Şekil 2: Önerilen süzgeç topolojisi

Çizelge 1. İkinci dereceden süzgeçlerin doğal kesim frekansı ve Q faktörü

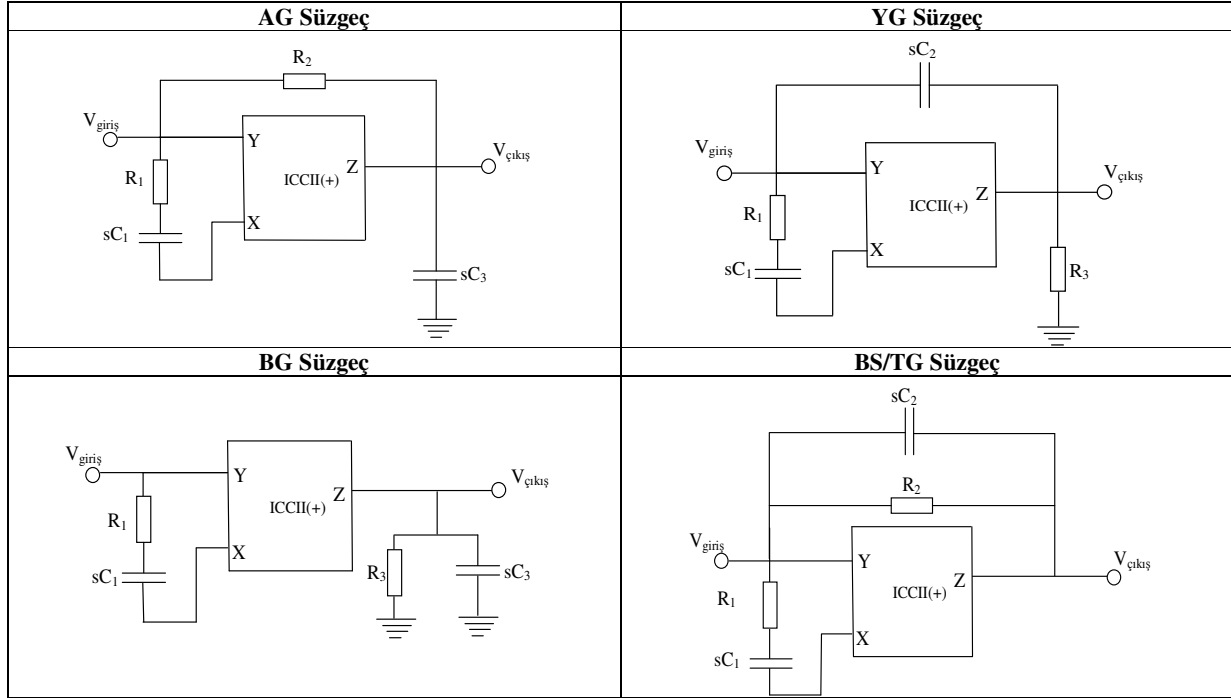
Süzgeç Tipi	Y_1	Y_2	Y_3	Doğal frekans	Kalite Faktörü(Q)
AG	$Y_1 = \frac{1}{\frac{1}{sC_1} + \frac{1}{G_1}}$	$Y_2 = G_2 = 2G_1$	$Y_3 = sC_3$	$\sqrt{\frac{G_1G_2}{C_1C_3}}$	$\frac{\sqrt{G_1G_2C_1C_3}}{C_1G_2 + G_1C_3}$
YG	$Y_1 = \frac{1}{\frac{1}{sC_1} + \frac{1}{G_1}}$	$Y_2 = sC_2 = 2C_1$	$Y_3 = G_3$	$\sqrt{\frac{G_1G_3}{C_1C_2}}$	$\frac{\sqrt{G_1G_3C_1C_2}}{C_2G_1 + G_3C_1}$
BG	$Y_1 = \frac{1}{\frac{1}{sC_1} + \frac{1}{G_1}}$	$Y_2 = 0$	$Y_3 = sC_3 + G_3$	$\sqrt{\frac{G_2G_3}{C_2C_3}}$	$\frac{\sqrt{G_3C_2C_3}}{C_2 + C_3}$
BS	$Y_1 = \frac{1}{\frac{1}{sC_1} + \frac{1}{G_1}}$	$Y_2 = sC_2 + G_2$	$Y_3 = 0$	$\sqrt{\frac{G_1G_2}{C_1C_2}}$	$\frac{\sqrt{G_1G_2C_1C_2}}{C_1G_2 + G_1C_2}$
TG	$Y_1 = \frac{1}{\frac{1}{sC_1} + \frac{1}{G_1}}$	$Y_2 = sC_2 + G_2$	$Y_3 = 0$	$\sqrt{\frac{G_1G_2}{C_1C_2}}$	$\frac{\sqrt{G_1G_2C_1C_2}}{4C_2G_2}$

Uygun admitans kombinasyonunun denklem (2) için sağlanması sonucu, alçak geçiren (AG), yüksek geçiren (YG), band geçiren (BG), band söndüren (BS) ve tüm geçiren (TG) süzgeçler elde edilebilmektedir. Çizelge 1'de süzgeç fonksiyonlarına ait uygun admittans değerleri, doğal kesim frekansları ve kalite faktörleri belirtilmiştir. Sonuç olarak elde edilen süzgeç tasarımları Şekil 3' te gösterilmiştir. BS ve TG

süzgeçlerin Çizelge 1'de belirtilen değerlerine ek şart aşağıda verilmiştir.

$$C_2G_1 + G_2C_1 = 2C_1G_1 \text{ (BS için)}$$

$$C_2G_1 + G_2C_1 - 2C_1G_1 = C_1G_2 + C_2G_1 \text{ (TG için)}$$



Şekil 3: ICCII süzgeç topolojileri

3. Benzetim Sonuçları

Teorik çalışmayı doğrulamak amacıyla, benzetimler PSPICE programı ile yapılmıştır. Kullanılan CMOS ICCII yapısı [14] referans numarasıyla belirtilmiş olan CMOS DDCC yapısının Y_1 ve Y_3 uçlarının topraklanmasıyla elde edilmiştir. CMOS ICCII yapısı Şekil 4 'te gösterilmiştir. Kaynak gerilimleri $\pm 1.5V$ olarak alınmıştır.

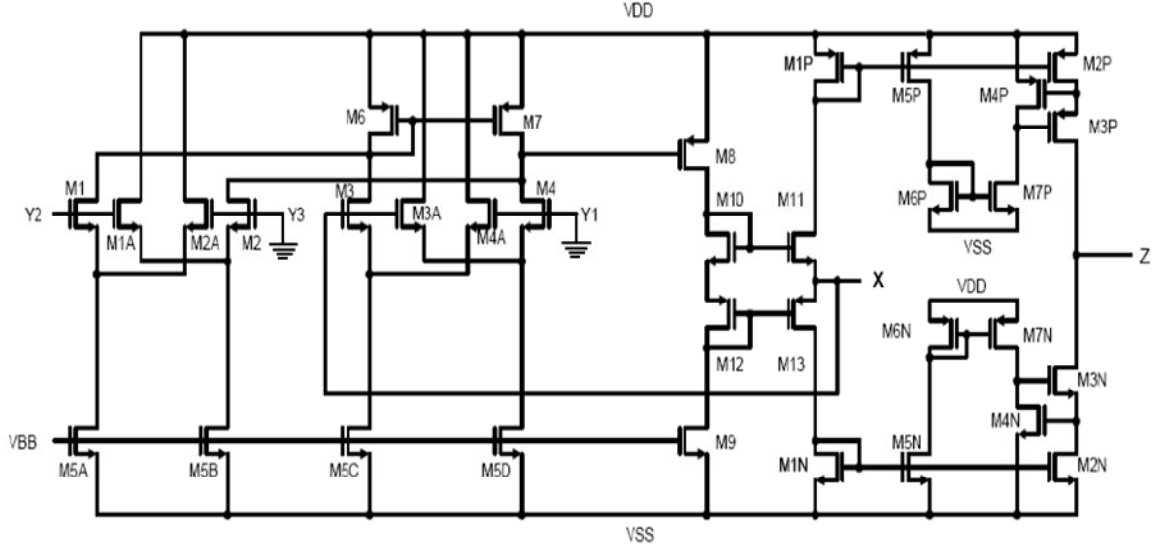
Çizelge 2' de CMOS ICCII yapısı için kullanılan $0.35\mu m$ TSMC MOSIS parametre seti verilmiştir. Benzetimlerde AG süzgeç için $R_1=4K\Omega$, $R_2=2K\Omega$ ve $C_1=C_2=60pF$, YG süzgeç için $R_1=R_2=2K\Omega$ ve $C_1=120pF$, $C_2=60pF$ ve TG süzgeç için $R_1=2K\Omega$, $R_2=1K\Omega$ ve $C_1=85pF$, $C_2=170pF$ olarak alınmıştır. BG ve BS süzgeçler için ise $R_1=R_2=2K\Omega$ ve $C_1=C_2=85pF$ olarak alınmıştır.

Şekil 5'te beş fonksiyona ait kazanç frekans eğrileri verilmiştir. Değerleri verilen pasif devre elemanlarını kullanarak doğal kesim frekansı $f_0 \approx 937.8KHz$ olarak hesaplanırken, benzetimler sonucu $f_0 \approx 935.5KHz$ 'lik doğal kesim frekansı elde edilmiştir. Sonuçlardan görüleceği üzere teorik sonuçlar ile benzetim sonuçları birbirleriyle uyum içindedir. Önerilen topolojinin güç tüketimi $2.43E-03 W$ 'dir.

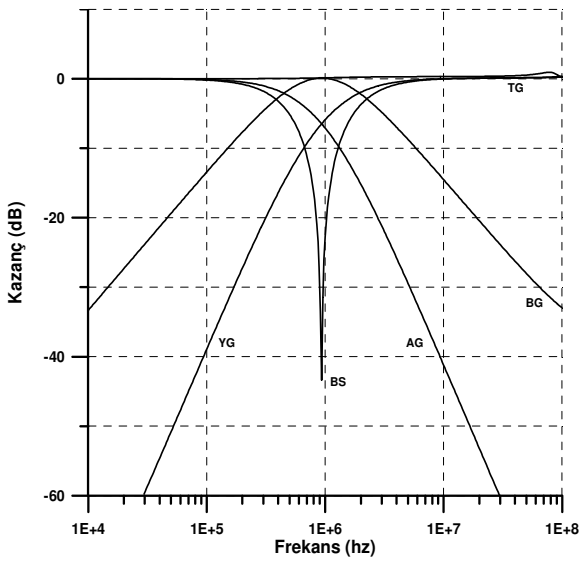
Çizelge 2: $0.35 \mu m$ TSMC CMOS model parametresi

```
.MODEL CMOSN NMOS (LEVEL = 3
+ TOX = 7.9E-9 NSUB = 1E17 GAMMA = 0.5827871
+ PHI = 0.7 VTO = 0.5445549 DELTA = 0
+ UO = 436.256147 ETA = 0 THETA = 0.1749684
+ KN = 2.055786E-4 VMAX = 8.309444E4
+KAPPA = 0.2574081 RSH = 0.0559398 NFS = 1E12
+TPG = 1 XJ = 3E-7 LD = 3.162278E-11
+WD = 7.04672E-8 CGDO = 2.82E-10
+CGSO = 2.82E-10 CGBO = 1E-10
+ CJ = 1E-3 PB = 0.9758533 MJ = 0.3448504
+ CJSW = 3.777852E-10 MJSW = 0.3508721 )
```

```
.MODEL CMOSP PMOS (LEVEL = 3
+ TOX = 7.9E-9 NSUB = 1E17 GAMMA = 0.4083894
+ PHI = 0.7 VTO = -0.7140674 DELTA = 0
+ UO = 212.2319801 ETA = 9.999762E-4
+ THETA = 0.2020774 KP = 6.733755E-5
+VMAX = 1.181551E5 KAPPA = 1.5
+ RSH = 30.0712458 NFS = 1E12 TPG = -1
+ XJ = 2E-7 LD = 5.000001E-13 WD = 1.249872E-7
+ CGDO = 3.09E-10 CGSO = 3.09E-10 CGBO = 1E-10
+ CJ = 1.419508E-3 PB = 0.8152753 MJ = 0.5
+ CJSW = 4.813504E-10 MJSW = 0.5 )
```



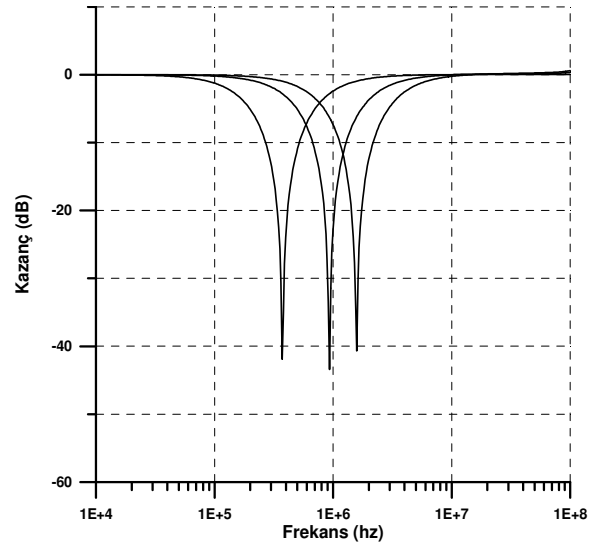
Şekil 4: ICCII CMOS yapısı



Şekil 5: Süzgeç devrelerinin benzetim sonuçları

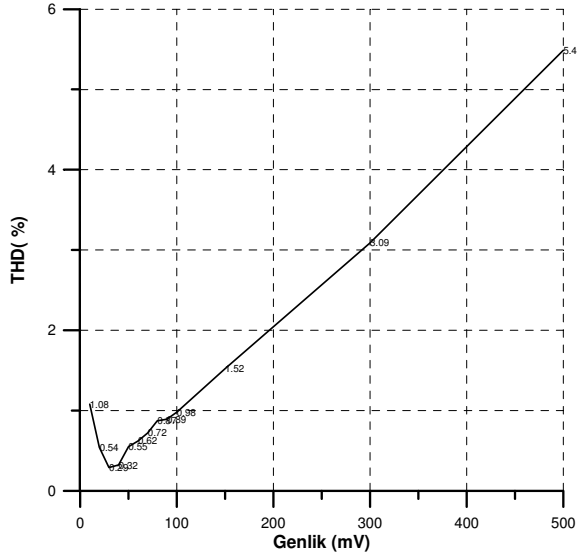
Şekil 6'da BS süzgeç grafiğinin farklı R ve C değerleri için frekans bandı karakteristiği gösterilmiştir. Buna göre $R_1=R_2=5K\Omega$ ve $C_1=C_2=85pF$ için $f_0 \approx 371.8KHz$ ve $R_1=R_2=2K\Omega$ ve $C_1=C_2=50pF$ için $f_0 \approx 1.58MHz$ elde edilmiştir. Teorik sonuçlar ile benzetim sonuçları birbirleriyle uyum içindedir.

Sonuçlardan da görüleceği gibi önerilen devrenin geniş bir frekans bandı vardır.



Şekil 6: BS süzgeç frekans bandı karakteristiği

Şekil 7' de önerilen topolojinin AG süzgeç için Toplam Harmonik Bozulma (THD) grafiği verilmiştir. Buna göre 100mV'luk bir sinüzoidal giriş için THD %0.98 seviyelerindedir.



Şekil 7: THD bozulma oranı

4. Sonuçlar

Bu çalışmada ikinci nesil eviren akım taşıyıcı kullanılarak yeni bir gerilim modlu tek aktif elemanlı ikinci dereceden süzgeç topolojisi sunulmuştur. Tek aktif eleman kullanılarak yapılan SAB tipindeki süzgeç ile güç tüketimi en aza indirilmiştir. Sunulan topoloji ile alçak geçiren (AG), yüksek geçiren (YG), band geçiren (BG), band söndüren (BS) ve tüm geçiren (TG) süzgeçler olmak üzere beş süzgeç fonksiyonu elde edilebilmektedir. Önerilen devrenin frekans bandı oldukça geniştir. Teorik analizler PSPICE benzetim programı ile doğrulanmıştır.

5. Kaynakça

[1] Toumazou, C., Lidjey, F. J. ve Haigh, D., "Analog IC Design: The Current-Mode Approach" Peter Peregrinus, UK, 1990.

[2] Smith, K. C., & Sedra, A. (1968). The current conveyor: A new circuit building block. IEEE Proc., 56, 1356-1369.

[3] Awad, A. ve Soliman, A. M., "Inverting second generation Current conveyors: the missing building blocks, CMOS realizations and applications" Int.J. Electronics, cilt. 86, syf. 413-432, 1999.

[4] Liu, S.I., Chen, J.J., Tsao, H.W. and Tsay, J.H., "Design of Biquad filters with a single current follower", IEE Proceedings Circuits, Devices and Systems, vol. 140, pp.165-170, 1993.

[5] Liu, S.I. and Tsao, H.W., "The single CCII biquads with high-input impedance", IEEE Transactions on Circuits and Systems, vol. 38, pp. 456-461, 1991.

[6] Haslet, J.W., "Noise performance limitations of single amplifier RC active filters", IEEE Transactions on Circuits and Systems, vol. CAS-22, pp. 743-747, 1975.

[7] Soliman A. M. "Kerwin - Huelsman - Newcomb circuit using current conveyors". Electron Lett 1994;30:2019-20.

[8] Senani R, Singh V. K., "KHN-equivalent biquad using current conveyors". Electron Lett 1995;31:626-8.

[9] Higashimura M, Fukui Y. "Universal filter using plustype CCII's". Electron Lett 1996;32:810-1.

[10] Chang C. M. "Multifunction biquadratic filters using current conveyors". IEEE Trans Circuits Syst-II:Analog Digital Signal Process 1997;44:956-8.

[11] Chang C. M, Lee M. J. "Voltage - mode multifunction filter with single input and three outputs using two compound current conveyors". IEEE Trans Circuits Syst-I :Fund Theory Appl 1999;46:1364-5.

[12] Chang C. M, Al-Hashimi B. M, Wang C. L, Hung C. W. "Single fully differential current conveyor biquad filters". IEE Proc Circuits Devices Syst 2003;150:394-8.

[13] Horng J. W. "High output impedance current - mode universal biquadratic filters with five inputs using multi output CCII's". Microelectronics Journal, 42 (2011) 693-700.

[14] Ibrahim, M. A., ve Kuntman, H., "High Linearity CMOS Differential Difference Current Conveyor (DDCC)", Proc. of ICM'2002 : the 14th International Conference on Microelectronics, syf. 6-9, December 11-13, 2002, Beirut, Lebanon.