



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

CCCII Kullanarak Akım Modlu Kesirli Dereceli Basamak Süzgeç Tasarımı

Fractional Ordered Shelving Filter Design with Current Mode Using CCCII

Yazar(lar) (Author(s)): Betül ÖNCEL¹, Ali KIRÇAY²

¹ ORCID ID: 0000-0002-8119-2846

² ORCID ID: 0000-0002-2842-1507

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Öncel B., Kırçay A., “CCCII Kullanarak Akım Modlu Kesirli Dereceli Basamak Süzgeç Tasarımı”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 8(1): 54-67, (2023).

DOI: 10.46578/humder.1240123



CCCII Kullanarak Akım Modlu Kesirli Dereceli Basamak Süzgeç Tasarımı

Betül ÖNCEL¹, Ali KIRÇAY²

^{1,2}Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Bölümü, 63000, Merkez Mahallesi Haliliye/ŞANLIURFA

Öz

Bu çalışmada, iki adet ikinci nesil akım kontrollü akım taşıyıcı (CCCII) kullanılarak kesirli-dereceli akım modlu alçak geçiren ve yüksek geçiren basamak süzgeç tasarımı yapıldı. Bu tasarım için iki adet CCCII, dört adet direnç, bir adet topraklanmış kapasitör kullanıldı. Sunulan basamak süzgeç devresinin kesir derecesi için $\alpha = 0.7, 0.8$ ve 0.9 olarak belirlendi. Tasarlanan kesirli-dereceli basamak süzgeç devresi için kesirli dereceli kapasitör elemanı kullanıldı. Kesirli kapasitörü Foster-I RC devresi ile elde edildi. Akım kontrollü akım taşıyıcısının (CCCII) içyapısı için Bipolar Junction Transistors (BJT) kullanıldı. Tasarlanan süzgeç devreleri PSpice programı kullanılarak, kesim frekansı 1kHz olarak benzetimleri yapıldı. Tasarlanan devrelerin teorik sonuçları benzetim sonuçları ile doğrulandı. Bu benzetim sonuçlarından, gerçekleştirilen süzgeçlerin akustik bant uygulamaları için uygun olduğu görüldü.

Makale Bilgisi

Başvuru: 20/01/2023
Yayın: 28/04/2023

Anahtar Kelimeler

Akım Modlu Devreler
Kesirli Dereceli Alçak Geçiren Süzgeç
Kesirli Dereceli Yüksek Geçiren Süzgeç
Bipolar Bağlantı Transistörleri
Kontrollü Akım Taşıyıcı
Foster-I RC Devresi

Keywords

Current Mode Circuits
Fractional Order Low-Pass Filter
Fractional Order High-Pass Filter
Bipolar Junction Transistors
Controlled Current Carrier
Foster-I RC Circuit

Fractional Ordered Shelving Filter Design with Current Mode Using CCCII

Abstract

In this study, fractional order current mode low-pass and high-pass stepper filters are designed using two second generation current controlled current carriers (CCCII). Two CCCII, four resistors, one grounded capacitor were used for this design. For the fractional order of the presented step filter circuit, $\alpha = 0.7, 0.8$ and 0.9 . A fractional-order capacitor element was used for the designed fractional-order step filter circuit. The fractional capacitor was obtained with the Foster-I RC circuit. Bipolar Junction Transistors (BJT) were used for the internal structure of the current controlled current carrier (CCCII). The designed filter circuits were simulated using the PSpice program, with a cutoff frequency of 1kHz. The theoretical results of the designed circuits were verified with the simulation results. From these simulation results, it was seen that the realized filters are suitable for acoustic band applications.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Basamak süzgeçlerinin en önemli özelliği çalışırken bant dışı frekansları bütünüyle ortadan kaldırmak yerine zayıflatmaktır. Ses sistemlerinde, VLF bantlarında, araç stereolarında çokça kullanılan basamak süzgeçleri iki bölüme ayrılabilir. Bunlar; alçak geçiren ve yüksek geçiren basamak süzgeçlerdir. Alçak geçiren basamak süzgeci belirlenen kesim frekansından büyük frekansların iletimini aynı şekilde yaparken kesim frekansının altındaki frekanslar için genliği artırabilen veya genlikteki değişikliğin dengeleneceği başka bir kesme frekansına kadar genliği azaltabilen süzgeçlerdir. Yüksek geçiren basamak süzgeçler de alçak geçiren basamak süzgecinin tam tersi olarak; belirlenen kesim frekansından küçük frekansların iletimini aynı şekilde yaparken daha büyük frekanslı işaretlerin genliklerini arttırabilen ya da azaltabilen süzgeçlerdir.

*İletişim yazarı, e-mail: betul.40@outlook.com

Yapılan çalışmada akım modlu kesirli-dereceli birinci-dereceden basamak süzgeç devreleri tasarlandı. İkinci nesil kontrollü akım taşıyıcı (CCCII) kullanarak tasarlanan bu devre de birinci dereceden alçak geçiren süzgeç devresinden yararlanılıp alçak geçiren basamak süzgeci ve yüksek geçiren basamak süzgeci devre yapıları oluşturuldu. Oluşturulan devreler $+5.6dB$ ve $-5.6dB$ aralığında güçlendirme veya zayıflatma yapabilmektedir.

Tasarımda ilk adım olarak tam sayılı birinci dereceden alçak geçiren ve yüksek geçiren süzgeç devreleri gerçekleştirilmiş olup sonrasında bir kesirli-dereceli kapasitör kullanılarak kesirli-dereceli alçak geçiren basamak ve yüksek geçiren basamak süzgeç devreleri oluşturuldu. Kullanılan kesirli-dereceli kapasitör modelinde derece değiştirme işlemi için farklı bir model tasarısına ihtiyaç duyulmamaktadır ve bu kapasitör yapısı istenilen devreye kolayca uygulanabilmektedir.

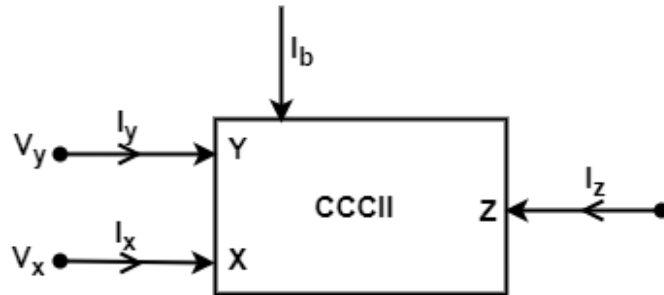
Böylece modelin tasarıma entegre edilmesi ve parametrelerin hassasiyet derecesine göre değiştirilmesiyle istenilen filtre sonuçları oluşturulabilmektedir.

Kesirli-dereceli matematiği varlığı uzun yıllara dayansa da son zamanlarda kullanımıyla fark edilmiştir ki daha iyi tasarlama ve modelleme kabiliyetine erişildiğinden giderek fazlalaşan bir ilgiye sahiptir. Kesirli-dereceli matematiği fizik [1] ve kimya sistemlerine ek olarak, kontrol teorisi [2-3], biyokimya [4], tıp [5], biyomühendislik [6-7], kaotik sistemler [7], malzeme bilimi [8-9], tarım [10], PV modelleme [11], elektronik filtreler [12-13], osilatörler [14], elektrik mühendisliği [15-16] ve sinyal işleme [17] vb. birden fazla alanlarda uygulama imkanına sahiptir. Kullanılan kesirli-dereceli modeli Foster-1 ağı ile gerçekleştirildi. Tasarlanan devrenin teorik sonuçlarını doğrulamak amacıyla PSpice benzetim programıyla devre benzetimleri gerçekleştirildi.

2. İKİNCİ NESİL KONTROLLÜ AKIM TAŞIYICI (SECOND GENERATION CONTROLLED CURRENT CARRIER)

Akım taşıyıcılar ile ilgili yapılan çalışmalar ilk kez 1968 yılında başlamış ve akım taşıyıcı devre yapısı ilk kez Smith ve Sedra tarafından 1968 yılında sunulmuştur [18]. Kullandığımız ikinci kuşak akım taşıyıcılarının çeşitlerinden biri olup, elektronik şekilde kontrolü sağlanabilen, yapısında bulunan parazitik direnç sayesinde pasif elemanların azaltılmasına katkısı olan ikinci nesil kontrollü akım taşıyıcı birçok tasarımda kullanılabilir.

CCCII yapısının devre sembolü Şekil 1’de gösterilmiştir. Teorik denklem matrisi ise Denklem 1’ de tanımlanmıştır.

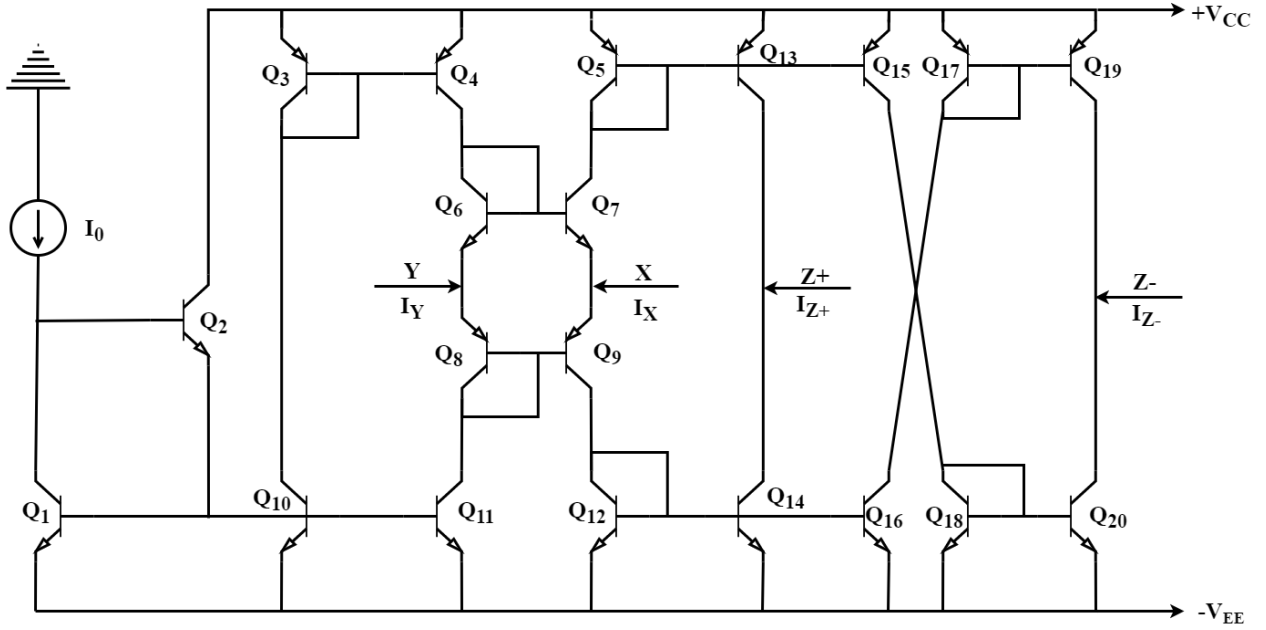


Şekil 1. CCCII' nin şematik gösterimi

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

$$I_Y = 0 \quad V_X = \beta V_Y + i_X |R_X| \quad I_{Z\pm} = \pm\alpha I_X \quad (2)$$

V_y , V_x , I_y ve I_x burada voltaj ve akım girişleri sırasıyla verilmiştir. V_z ve I_z ise çıkış voltaj ve akım parametrelerini göstermektedir.



Şekil 2. BJT transistörleri kullanılarak elde edilen CCCII'nin iç yapısı

3. SÜZGEÇ DEVRESİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ (REALIZATION OF THE FILTER CIRCUIT)

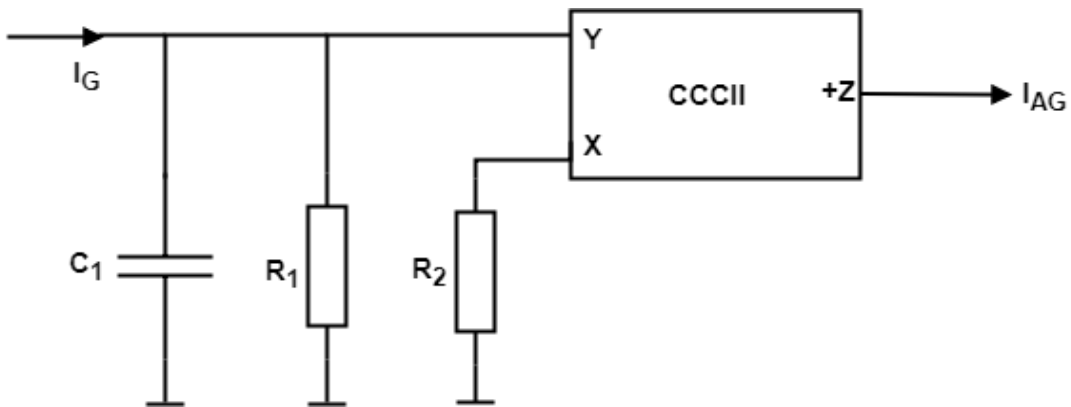
3.1. Alçak Geçiren Süzgeç Devresi

Birinci dereceden alçak geçiren (AG) süzgeç transfer fonksiyonu aşağıdaki şekilde tanımlanabilir.

$$I_{AG} = \frac{a_0 \omega_0}{s + \omega_0} I_G \quad (3)$$

Fonksiyonda I_G AC-giriş akımını, I_{AG} alçak geçiren süzgecin çıkış akımını, ω_0 ise köşe frekansını göstermektedir. Ek olarak a_0 kazancı temsil eden pozitif bir katsayıdır.

Denklem 3 baz alınarak, iç devresi için Şekil 2'nin pozitif Z+ çıkışı kullanılarak birinci dereceden alçak geçiren süzgeç devre yapısı Şekil 3'de görüldüğü gibi tasarlanabilir.



Şekil 3. Birinci dereceden AG süzgeç devresi

$$I_{AG} = \frac{\frac{1}{R_2 C}}{s + \frac{1}{R_1 C}} I_G \quad (4)$$

3.2. Yüksek Geçiren Süzgeç Devresi

Birinci dereceden yüksek geçiren (YG) süzgecin transfer fonksiyonu aşağıdaki şekilde tanımlanabilir.

$$I_{YG} = \frac{a_0 s}{s + \omega_0} I_G \quad (5)$$

Fonksiyonda I_G AC-giriş akımını, I_{YG} yüksek-geçiren süzgecin çıkış akımını, ω_0 köşe frekansını göstermektedir. Ayrıca a_0 kazancı temsil eden pozitif bir katsayıdır.

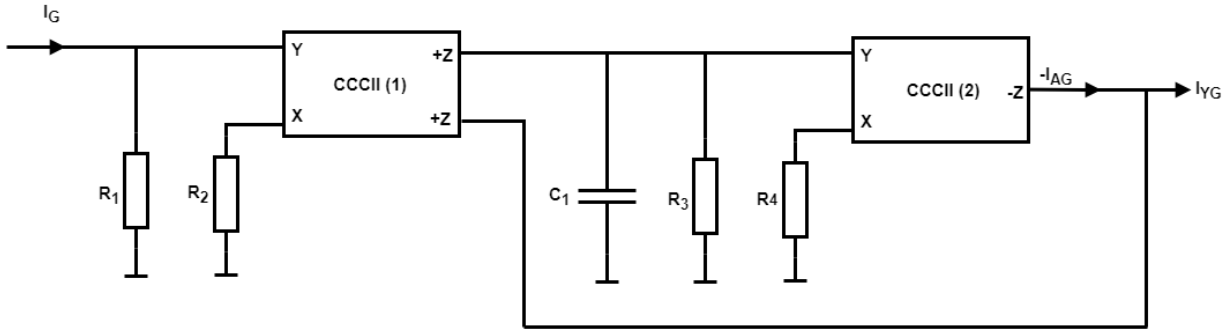
Yüksek geçiren basamak süzgeç transfer fonksiyon yapısını oluşturabilmek için başlangıç olarak alçak geçiren süzgeç transfer fonksiyonu denklem 4 kullanılarak yüksek geçiren süzgeç transfer fonksiyonu oluşturuldu.

$$I_{YG} = [1 - \frac{a_0 \omega_0}{s + \omega_0}] I_G = [\frac{s + (1 - a_0) \omega_0}{s + \omega_0}] I_G \quad (6)$$

Burada $a_0 = 1$ olarak belirlenir ise yüksek geçiren süzgeç transfer fonksiyonu oluşturulmuş olur.

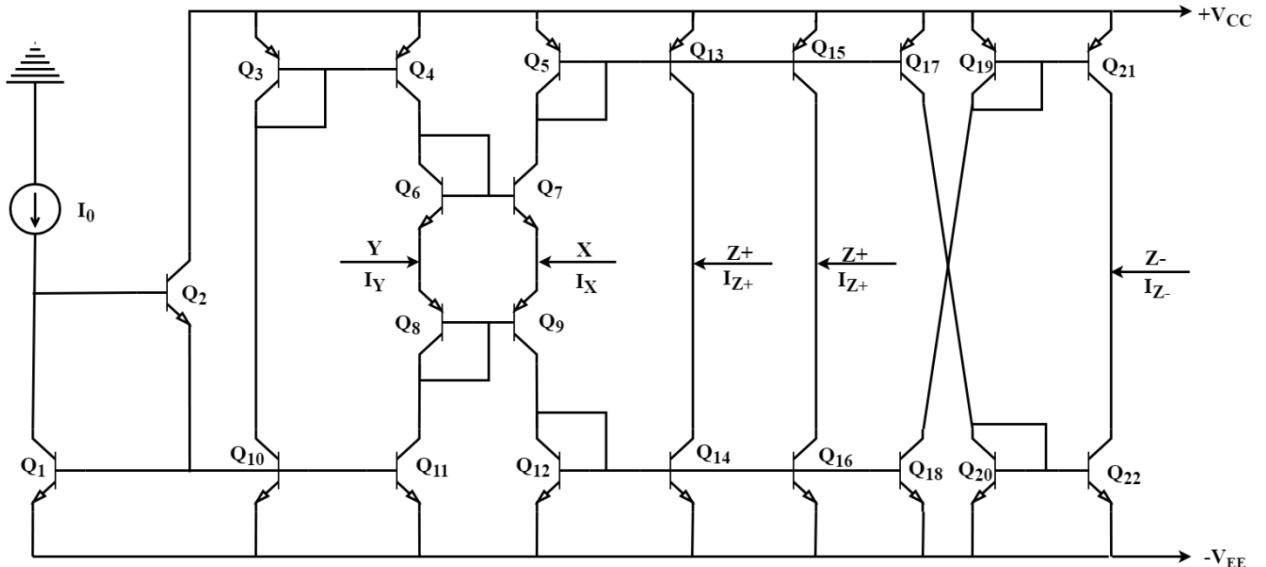
$$I_{YG} = \frac{s}{s + \omega_0} I_G \quad (7)$$

Şekil 3' de tasarlanan alçak geçiren süzgeç devresinden yararlanarak oluşturulan denklem 6-7 de verilen transfer fonksiyonu ile yüksek geçiren süzgeç devresi Şekil 4 tasarlandı. İki numaralı CCCII için Şekil 2 de verilen CCCII yapısının negatif çıkışı kullanılmıştır.



Şekil 4. Birinci dereceden YG süzgeç devresi

Bir numaralı CCCII için ise pozitif çıkış arttırılmış olan aşağıda verilen Şekil 5' de verilen devre yapısı kullanılmıştır.



Şekil 5. BJT kullanılarak elde edilen iki pozitif Z+'lı CCCII'nin iç yapısı

Tasarlanan yüksek geçiren süzgecin analizi aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$I_{YG} = - \frac{\frac{1}{R_2 C}}{s + \frac{1}{R_1 C}} I_G + I_G \quad (8)$$

$$I_{YG} = \frac{s + \frac{1}{R_1 C} - \frac{1}{R_2 C}}{s + \frac{1}{R_1 C}} I_G \quad (9)$$

$R_2 = R_1$ olarak işleme tabii tutarsak yüksek geçiren süzgeç cevabı aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$I_{YG} = \frac{s}{s + \frac{1}{R_1 C}} I_G \quad (10)$$

3.3. Alçak Geçiren Basamak Süzgeç Devresi

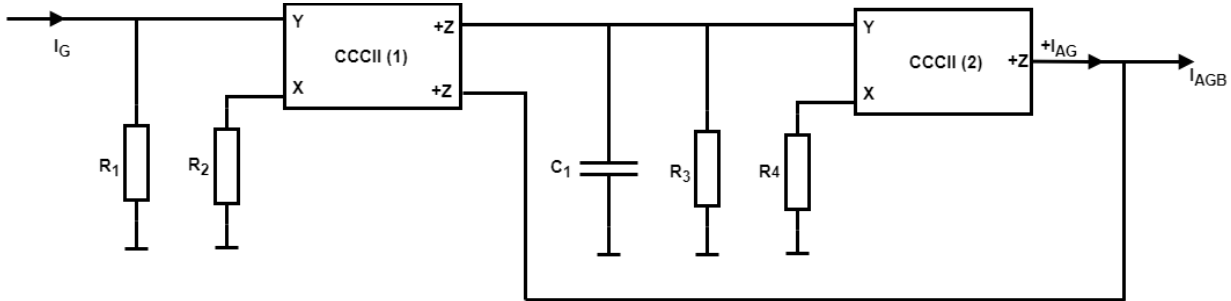
AG süzgeç transfer fonksiyon tasarısından faydalanılarak birinci dereceden alçak geçiren basamak süzgeç (I_{AGB}) transfer fonksiyonu aşağıdaki şekilde elde edildi.

$$I_{AGB} = 1 + \left[\frac{a_0 \omega_0}{s + \omega_0} \right] I_G \quad (11)$$

Alçak geçiren basamak süzgeç transfer fonksiyonu için:

$$I_{AGB} = \left[\frac{s + (1 + a_0) \omega_0}{s + \omega_0} \right] I_G \quad (12)$$

Şekil 3' de tasarlanan alçak-geçiren süzgeç tasarımı kullanılarak, denklem 12 ile gösterilen transfer fonksiyonu bilgisi ile alçak-geçiren basamak süzgeç yapısı Şekil 6' da gösterildiği gibi tasarlanabilir.



Şekil 6. Birinci dereceden AG basamak süzgeç devresi

İki numaralı CCCII için Şekil 2' de verilen CCCII yapısının pozitif çıkışı kullanılmıştır. Bir numaralı CCCII için ise pozitif çıkış arttırılmış olan Şekil 5'te verilen devre yapısı kullanılmıştır.

Tasarlanan bu devrenin analizi aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$I_{AGB} = \frac{\frac{1}{R_2 C}}{s + \frac{1}{R_1 C}} I_G + I_G \quad (13)$$

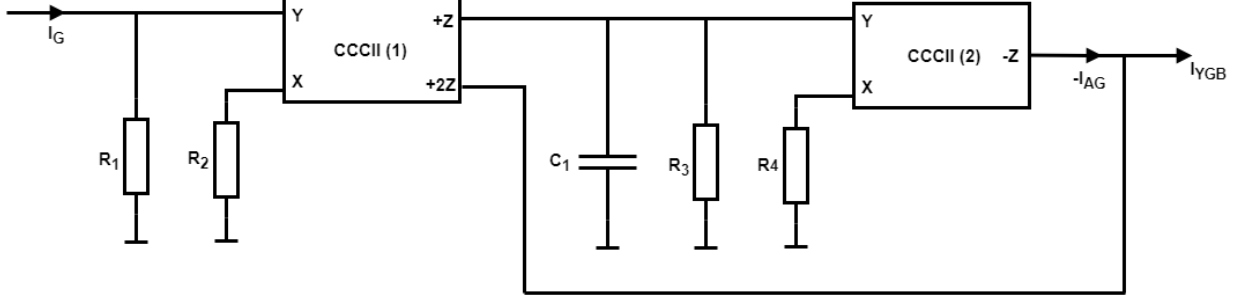
$$I_{AGB} = \frac{s + \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 C}}{s + \frac{1}{R_1 C}} I_G \quad (14)$$

3.4. Yüksek Geçiren Basamak Süzgeç Devresi

AG süzgeç transfer fonksiyonundan yararlanılarak birinci dereceden yüksek geçiren basamak süzgeç I_{YGB} transfer fonksiyon yapısı aşağıdaki şekilde elde edilebilir.

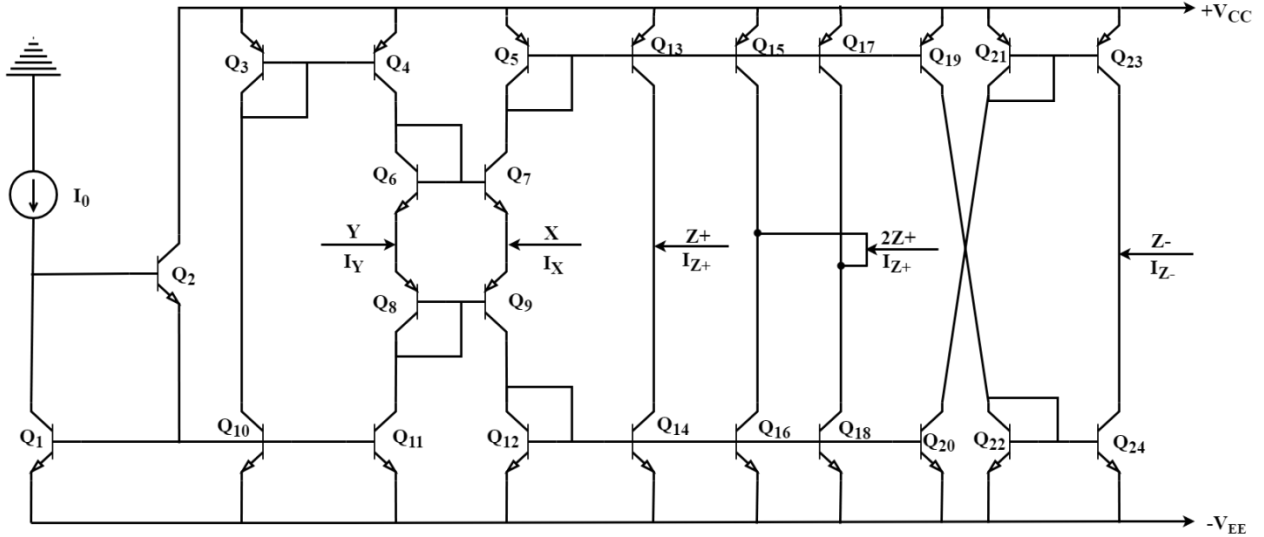
$$I_{YGB} = \left[2 - \frac{a_0 \omega_0}{s + \omega_0} \right] I_G = \left[\frac{2s + (2 - a_0) \omega_0}{s + \omega_0} \right] I_G \quad (15)$$

Şekil 4' de tasarlanan yüksek geçiren süzgeç devresi ve denklem 15 ile verilen transfer fonksiyonu bilgisi ile yüksek geçiren basamak süzgeç devresi Şekil 7' de verildiği gibi tasarlanabilir.



Şekil 7. Birinci dereceden YG basamak süzgeç devresi

İki numaralı CCCII için Şekil 2'de verilen CCCII yapısının negatif çıkışı kullanılmıştır. Bir numaralı CCCII için ise pozitif çıkış artırılmış olan aşağıda yer alan Şekil 8'deki devre yapısı kullanılmıştır.



Şekil 8. BJT kullanılarak elde edilen bir pozitif Z+, bir pozitif 2Z+'lı CCCII'nin iç yapısı

Tasarlanan bu devrenin analizi aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$I_{YGB} = -\frac{\frac{1}{R_2 C}}{s + \frac{1}{R_1 C}} I_G + 2I_G \quad (16)$$

$$I_{YGB} = \frac{2s + \frac{2}{R_1 C} - \frac{1}{R_2 C}}{s + \frac{1}{R_1 C}} I_G \quad (17)$$

$R_2 = R_1$ olarak işleme tabii tutarsak yüksek geçiren basamak süzgeç cevabı aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$I_{YGB} = \frac{2s + \frac{1}{R_1 C}}{s + \frac{1}{R_1 C}} I_G \quad (18)$$

4. KESİRLİ KAPASİTÖR (FRACTIONAL CAPACITOR)

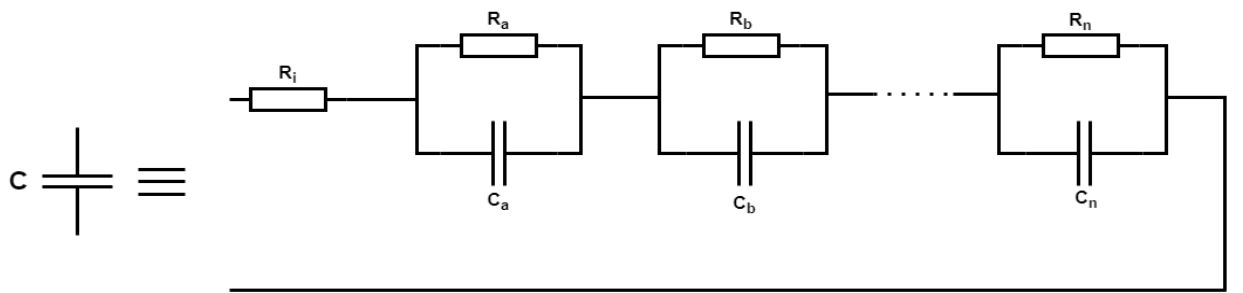
Kesirli kapasitör terimi $(1/s)^{1/n}$ empedans kökü ile elde edilmesine yönelik çalışmayla ilk kez 1964 yılında ortaya atılmaktadır. Kesirli dereceli kapasitör yapısı temelde biyokimyacılar tarafından bilinmekte ve sabit fazlı eleman olarak isimlendirilmektedir.

4.1. Foster-I İle Kesirli Dereceli Kapasitör Yapısının Gerçekleşmesi

s domainde kesirli kapasitör empedansı aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$Z_C(s) = \frac{1}{s^\alpha C_\alpha} \quad (19)$$

Burada C_α normalize edilmiş kesirli dereceli kapasitanstır. CPE' nin N . dereceden benzerliğinin genel yapısı şu şekilde gösterilmiştir.

$$Z_C(s) = \frac{A_0 s^N + A_1 s^{N-1} + A_0 s^N + \dots + A_n s}{B_0 s^N + B_1 s^{N-1} + A_0 s^N + \dots + B_n s} \quad (20)$$


Şekil 9. Foster-I ile kesirli dereceli kapasitörün gerçekleştirilmesi

Foster-I ile yapı bu şekilde tanımlanmıştır.

$$Z(s) = R_i + \sum_{n=1}^N \frac{\frac{1}{C_{p,n}}}{s + \frac{1}{C_{p,n}} \cdot \frac{1}{R_{p,n}}} \quad (21)$$

Foster-I RC ağı devresi kullanılarak beşinci dereceden kesirli dereceli kapasitör gerçekleştirilmesi için 7nF ve 1 kHz' lik gerekli olan bileşen değerleri de kullanarak MATLAB programı yardımıyla elde edildi. Elde edilen bileşen sonuçları Tablo 1 verilmiştir.

Tablo 1. Foster-I RC ağı Kesirli Kapasitör Devresi Bileşenleri ($\alpha = 0.7, 0.8, 0.9$)

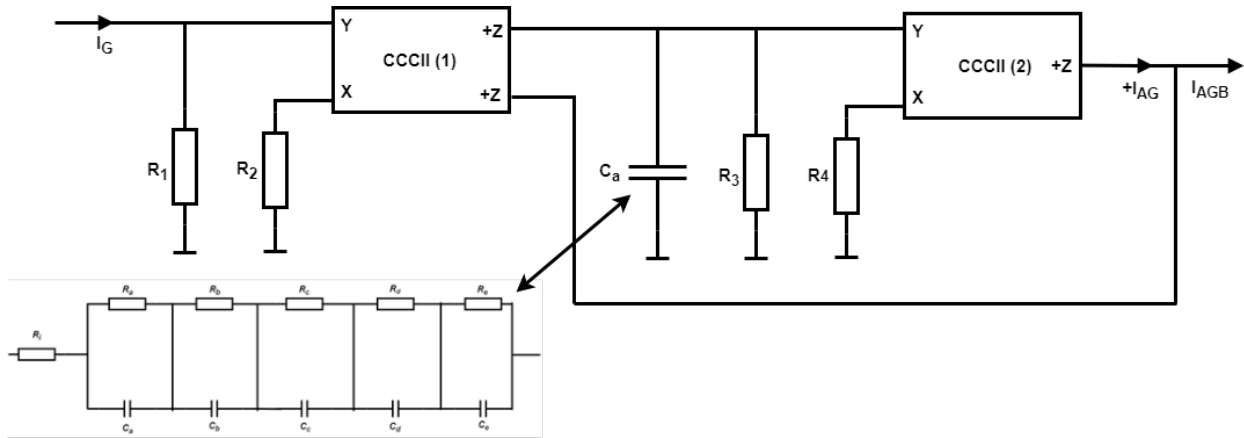
Bileşenler	Kesirli Derece Değerleri (α)		
	0.7	0.8	0.9
R_i (Ω)	636.077	302.602	107.452
R_a (Ω)	2.37k	1.429k	634.061
R_b (Ω)	4.227k	2.961k	1.519k
R_c (Ω)	9.094k	7.283k	4.281k

$R_d (\Omega)$	31.73k	30.552k	21.864k
$R_e (\Omega)$	764.65k	1665.8k	4782.5k
$C_a (nF)$	6.958	12.584	30.834
$C_b (nF)$	17.544	26.580	54.929
$C_c (nF)$	26.215	34.755	62.834
$C_d (nF)$	28.384	32.224	49.474
$C_e (nF)$	18.165	13.053	9.513

5. KESİRLİ-DERECELİ KAPASİTÖR İLE AG-YG BASAMAK DEVRE YAPISININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Foster-I RC ile elde edilen kesirli-dereceli kapasitör yapısı kullanılarak, AG-YG basamak süzgeç yapıları oluşturulmuştur.

5.1. Kesirli-Dereceli AG Basamak Devre Yapısının Gerçekleştirilmesi

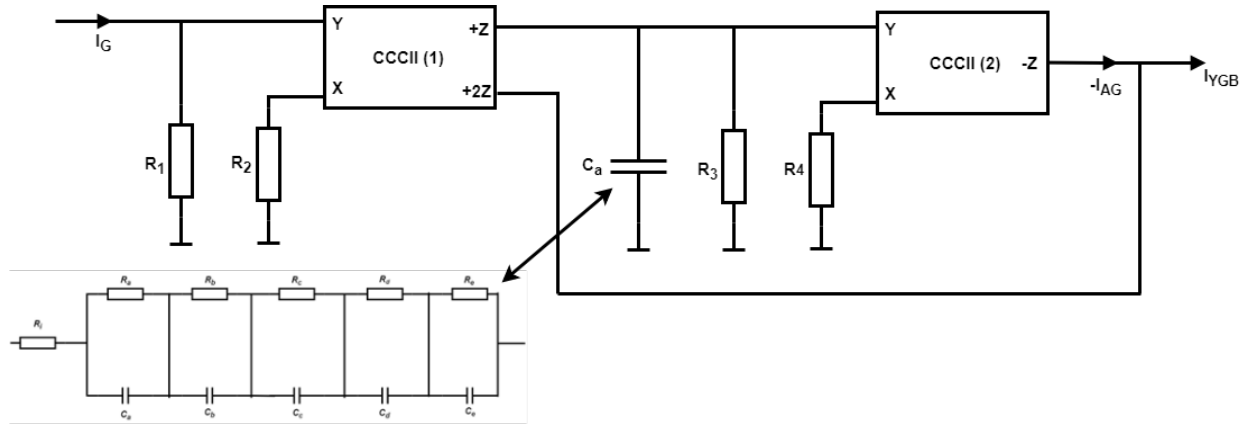


Şekil 10. Kesirli-Dereceli AG Basamak Süzgeci

Gerçekleştirdiğimiz devre yapısının transfer fonksiyonunu analiz edecek olursak;

$$I_{AGB} = \frac{s^\alpha + \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 C}}{s^\alpha + \frac{1}{R_1 C}} I_G \quad (22)$$

5.2. Kesirli-Dereceli YG Basamak Devre Yapısının Gerçekleştirilmesi



Şekil 11. Kesirli-Dereceli YG Basamak Süzgeci

Gerçekleştirdiğimiz devre yapısının transfer fonksiyonunu analiz edecek olursak;

$$I_{YGB} = \frac{2s^\alpha + \frac{2}{R_1 C} + \frac{1}{R_2 C}}{s^\alpha + \frac{1}{R_1 C}} I_G \quad (23)$$

6. BENZETİM SONUÇLARI (SIMULATION RESULTS)

İkinci nesil akım modlu kontrollü akım taşıyıcılar kullanılarak Şekil 10-Şekil 11 de önerilen kesirli dereceli alçak-yüksek geçiren basamak süzgeç devresinin simülasyonları ORCAD SPICE programı ile simüle edildi. Tüm CCCII iç devre yapıları için akım kaynağı $I_0 = 13\mu A$, DC gerilim kaynakları ise $-V_{EE} = -2.5V, +V_{CC} = +2.5V$ olacaktır.

Tasarımdaki PNP ve NPN transistörleri için de NR100N ve PR100N bipolar dizi transistörleri baz alınarak simüle edildi. Şekil 10-Şekil 11 de tasarlanan kesirli-dereceli AG-YG basamak süzgeçlerinin kesim frekansı 1kHz ve $(\alpha) = 0.7, 0.8$ ve 0.9 dereceleri baz alınarak gerçekleştirildi. Foster-I RC ağı kullanılarak beşinci dereceden 7nF'lık kesirli-dereceli kapasitör değeri oluşturuldu. MATLAB programı kullanılarak gerekli olan pasif devre eleman değerleri bulunup, Tablo 1 de gösterildi. Tasarımın tüm gerçekleştirmeleri için $C_1 = 7nF, R_1 = 2k\Omega, R_2 = 1k\Omega, R_3 = 33k\Omega, R_4 = 35k\Omega$ ve AC giriş akımı ise $I_G = 50\mu A$ ' dir.

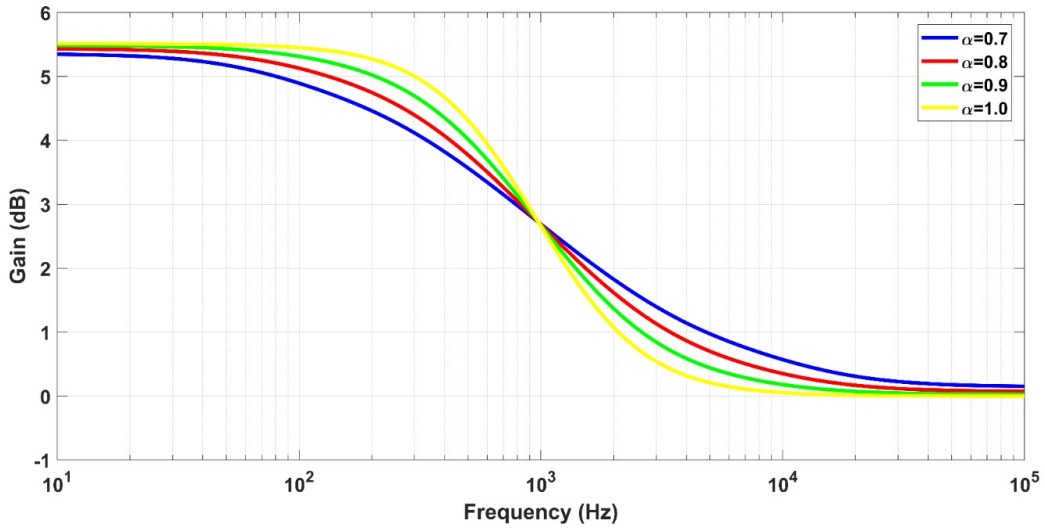
Tablo 2. NR100N- PR100N Bipolar Dizi Transistörlerinin Modeli

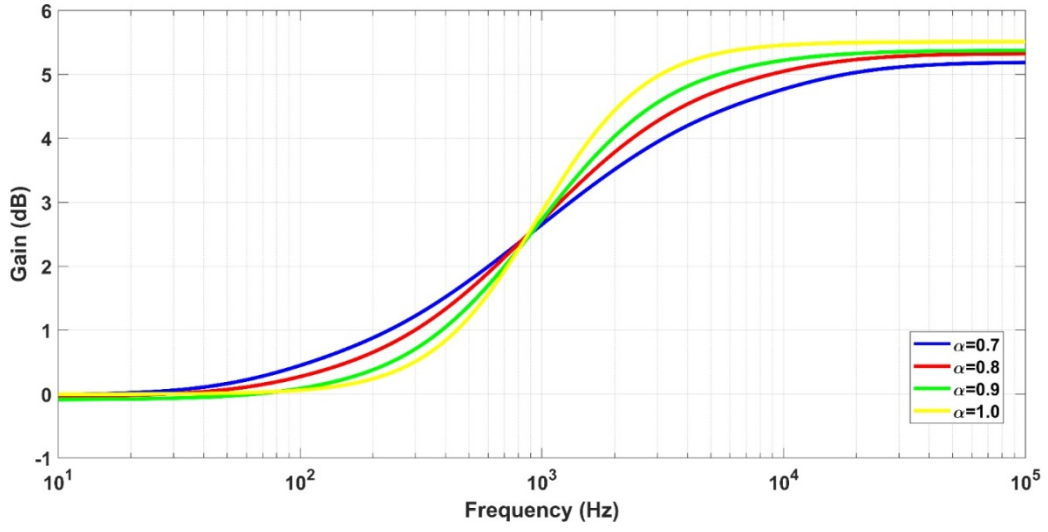
```

.MODEL NR100N NPN (IS=121E-018 BF=137.5
+ VAF=159.4 IKF=6.974E-3 ISE=36E-16 NE=1.713
+ BR=0.7258 VAR=10.73 IKR=2.198E-3 RE=1 RB=524.6
+ RBM=25 RC=50 CJE=0.214E-12 VJE=0.5 MJE=0.28
+ CJC=0.983E-13 VJC=0.5 MJC=0.3 XCJC=0.034
+ CJS=0.913E-12 VJS=0.64 MJS=0.4 FC=0.5 TF=0.425E-9
+ TR=0.425E-8 EG=1.206 XTB=1.538 XTI=2)

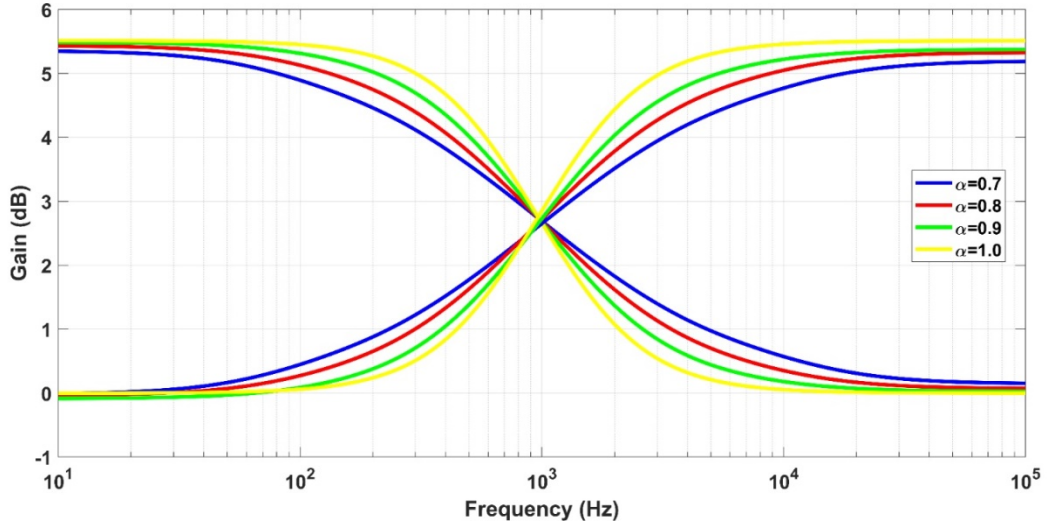
.MODEL PR100N PNP (IS=73.5E-018 BF=110 VAF=51.8
+ IKF=2.359E-3 ISE=25.1E-16 NE=1.650 BR=0.4745
+ VAR=9.96 IKR=6.478E-3 RE=3 RB=327 RBM=24.55
+ RC=50 CJE=0.180E-12 VJE=0.5 MJE=0.28 CJC=0.164E-12
+ VJC=0.8 MJC=0.4 XCJC=0.037 CJS=1.03E-12 VJS=0.55
+ MJS=0.35 FC=0.5 TF=0.610E-9 TR=0.610E-8 EG=1.206
+ XTB=1.866 XTI=1.7)

```

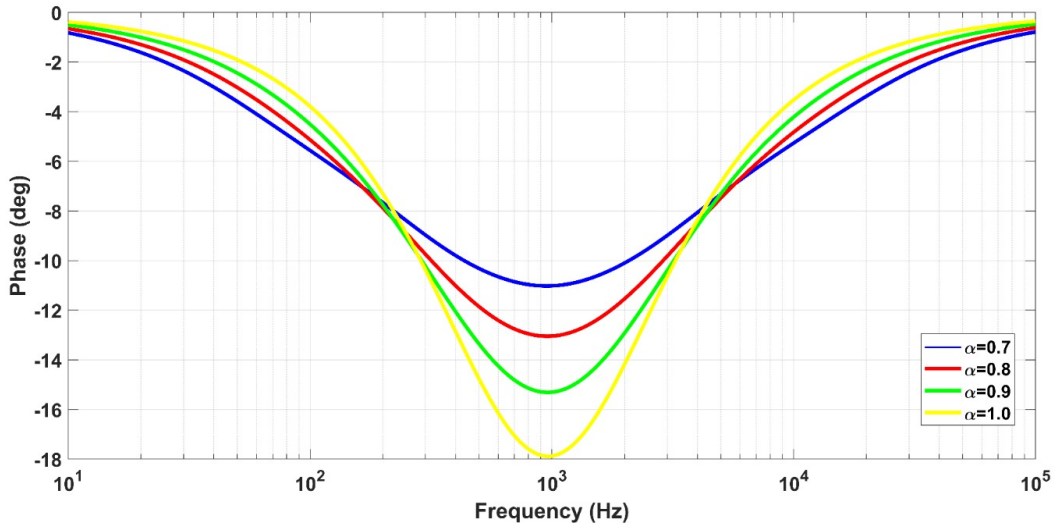
**Şekil 12.** $(\alpha)=0.7, 0.8, 0.9, 1.0$ için kesirli dereceli akım modlu AG basamak süzgeç kazanç grafiği



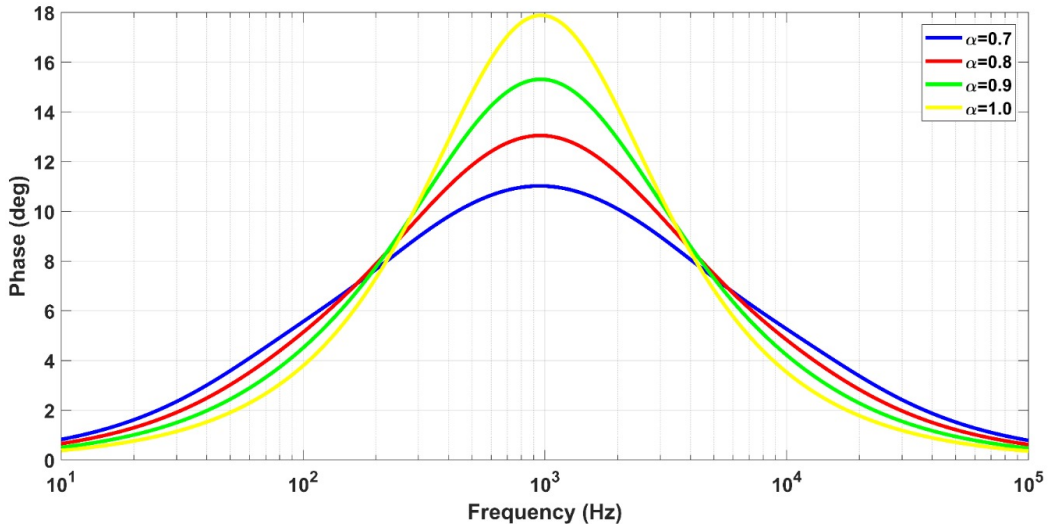
Şekil 13. (α)=0.7, 0.8, 0.9, 1.0 için kesirli dereceli akım modlu YG basamak süzgeç kazanç grafiği



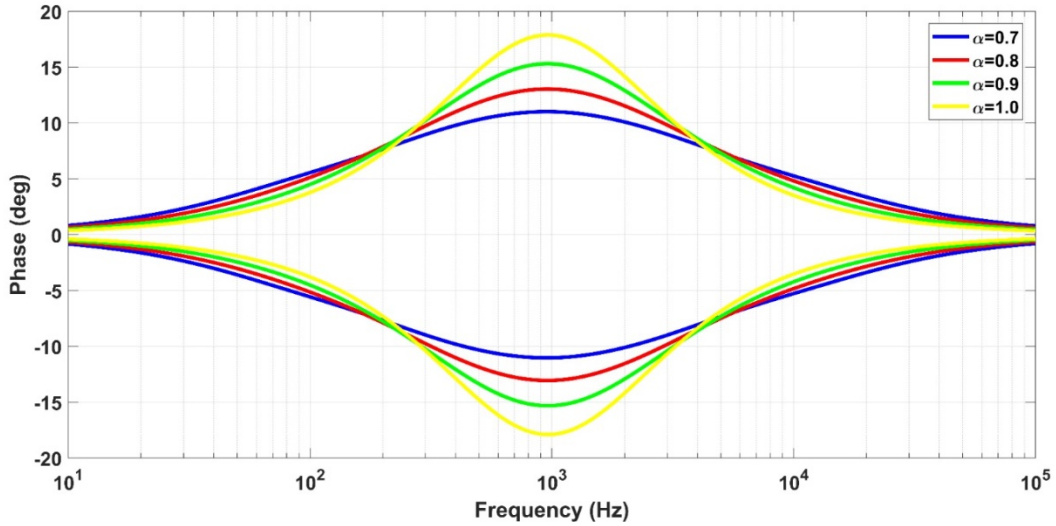
Şekil 14. (α)=0.7, 0.8, 0.9, 1.0 için kesirli dereceli akım modlu AG-YG basamak süzgeç kazanç grafiği



Şekil 15. (α)=0.7, 0.8, 0.9, 1.0 için kesirli dereceli akım modlu AG basamak süzgeç faz grafiği



Şekil 16. (α)=0.7, 0.8, 0.9, 1.0 için kesirli dereceli akım modlu YG basamak süzgeç faz grafiği



Şekil 17. (α)=0.7, 0.8, 0.9, 1.0 için kesirli dereceli akım modlu AG-YG basamak süzgeç faz grafiği

7. SONUÇ (CONCLUSION)

Tasarlanan bu devrede ikinci nesil akım modlu kontrollü akım taşıyıcıları kullanılarak akım modlu kesirli-dereceli alçak ve yüksek geçiren basamak süzgeçleri elde edildi. Devrede iki adet CCCII ile topraklanmış dört adet direnç ve kondansatör kullanıldı. Bu süzgeç tasarımının kesim frekansı 1kHz olup akustik bantta kullanılabilir özelliktedir. Ek olarak süzgeçler bulundukları pasif elemanları değiştirerek kesim frekansını değiştirebilirler. Burada kesirli dereceli süzgeç yapısı elde edebilmek için sabit faz elemanı olarak da anılan kesirli dereceli kapasitör kullanıldı. Bu kapasitörün değeri sadece kesirli derece olan α ($0 < \alpha < 1$) ile ilişkilendirildi. Bahsi geçen bu elemanın henüz ticari olarak üretilmemesi sebebiyle kesirli kapasitörün yerine uyan tam sayı dereceli RC merdiven ağı ile değiştirilmesi uygun bulundu. Bu çalışmada kesirli dereceli bölümünde RC ağı için Foster-I RC ağı kullanıldı. Tasarlanan kesirli dereceli basamak süzgecin kesir parametreleri (α)= 0.7,0.8 ve 0.9 derece olarak kullanıldı. Tasarlanan devrelerde CCCII 'nin iç yapısı BJT elemanı kullanılarak oluşturulduğundan düşük frekans sistemlerde kullanılabilir. Süzgeçler için PSpice programı ile alınan simülasyon çıktılarına bakılarak; teorik bilgiler ile elde edilen sonuç çıktılarının birbirini desteklediği doğrulandı. Tasarlanan bu akım modlu kesirli dereceli basamak süzgecinin esas avantajı geçiş bandından durdurma bandına geçiş

eğiminde fazladan bir serbestlik derecesi sağlar ve alçak geçiren basamak süzgeç ses sinyalinin alt ucundaki frekansları etkilerken, yüksek geçiren basamak süzgeç ise; ses sinyalinin üst ucundaki frekansları etkilemektedir. Akustik bant uygulamalarında bu derece ayarlamasından faydalanarak dinleme deneyiminde bir iyileştirmeye imkan sağlar. Önerilen kesirli dereceli basamak süzgeç devresi ekolayzırlar, araç stereoları gibi ses bandı uygulamalarında kullanılabilir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Makale konusunun seçiminde, hazırlanmasında ve uygulanmasında yardımını esirgemeyen danışmanım sayın Prof. Dr. Ali KIRÇAY' a, bilgisi ve deneyimleriyle bana yol gösteren Öğr. Gör. Fadile ŞEN' e ve bu konudaki bilgisini benimle paylaşan doktora öğrencisi Elif Songül ÇALIŞKAN' a teşekkür ederim.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

CCCII kullanılarak akım modlu, kesirli dereceli alçak-yüksek geçiren basamak süzgeç tasarımı adlı çalışmamız ile alakalı herhangi bir kişi, kurum ya da kuruluş ile mali bir çıkar çatışması olmayıp, yazarlar arasında da herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] S. Nemat-Nasser, ve Y. Wu, Farklı omurga iyonomerlerine ve çeşitli katyon formlarına sahip iyonik polimer-metal kompozitlerinin karşılaştırmalı deneysel çalışması. *Journal of Applied Physics* , 93 (9), (2003) 5255-5267.
- [2] I. Podlubny, Kesirli dereceli sistemler ve PI/sup/spl lambda//D/sup/spl mu//-denetleyiciler. Otomatik kontrol üzerine IEEE İşlemleri, 44 (1), (1999) 208-214.
- [3] I. Podlubny, I. Petráš, B. M. Vinagre, P. O'leary & L. Dorčák, Analogue realizations of fractional-order controllers. *Nonlinear dynamics*, 29(1), (2002) 281-296.
- [4] K. Biswas, S. Sen & P. K. Dutta, A constant phase element sensor for monitoring microbial growth. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 119(1), (2006) 186-191.
- [5] C. M. Ionescu & R. De Keyser, Relations between fractional-order model parameters and lung pathology in chronic obstructive pulmonary disease. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 56(4), (2008) 978-987.
- [6] A. S. Elwakil, Fractional-order circuits and systems: An emerging interdisciplinary research area. *IEEE Circuits and Systems Magazine*, 10(4), (2010) 40-50.
- [7] A. G. Radwan, A. Shamim, ve K. N. Salama, Kesirli dereceli elemanlar teorisi tabanlı empedans eşleştirme ağları. *IEEE Mikrodalga ve Kablosuz Bileşenler Mektupları* , 21 (3), (2011) 120-122.
- [8] T. C. Haba, G. Ablart, & T. Camps, Fraktal bir fotolitografik yapının frekans tepkisi. *Dielektrikler ve elektrik yalıtımı hakkında IEEE işlemleri* , 4 (3), (1997) 321-326.
- [9] R. Caponetto, S. Graziani, F. Pappalardo, ve M. G. Xibilia, Kesirli dereceli sistem olarak modellenen IPMC aktüatörün parametrik kontrolü. *Advances in Science and Technology (Cilt 79, s. 63-68)*. Trans Tech Yayınları Ltd., 2013.
- [10] R. Chen ve Y. Wang, Kesirli spektrumun dördüncü dereceden orijin momentine dayalı olarak çok bileşenli LFM sinyallerinin hızlı tespiti için eşik ayarı çalışması. *Devreler, Sistemler ve Sinyal İşleme*, 32 (1), (2013) 255-271.
- [11] A. M. AbdelAty, A. G. Radwan, A. S. Elwakil, ve C. Psychalinos, Farklı yükler altında kesirli mertebeli bir dinamik PV modelinin geçici ve sabit durum yanıtı. *Devreler, Sistemler ve Bilgisayarlar Dergisi* , 27 (02), (2018) 1850023.
- [12] T. J. Freeborn, B. Maundy & A. S. Elwakil, Field programmable analogue array implementation of fractional step filters. *IET circuits, devices & systems*, 4(6), (2010) 514-524.
- [13] B. Maundy, A. S. Elwakil & T. J. Freeborn, On the practical realization of higher-order filters with fractional stepping. *Signal Processing*, 91(3), (2011) 484-491.
- [14] A. G. Radwan, A. S. Elwakil & A. M. Soliman, Fractional-order sinusoidal oscillators: design procedure and practical examples. *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, 55(7), (2008) 2051-2063.
- [15] T. Comedang & P. Intani, $A \pm 0.2$ V, 0.12 μ W Ccta using vtmos and an application fractional-order universal filter. *Journal of Circuits, Systems and Computers*, 23(09), (2014) 1450126.

- [16] M. SUGI, Y. HIRANO, Y. F. MIURA & K. SAITO, Simulation of fractal immittance by analog circuits: an approach to the optimized circuits. IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 82(8), (1999) 1627-1635.
- [17] C. C. Tseng, FIR ve IIR kesirli dereceden Simpson dijital entegratörlerinin tasarımı. Sinyal İşleme, 87 (5), (2007) 1045-1057.
- [18] K. C. Smith ve A. Sedra, Mevcut konveyör—Yeni bir devre yapı taşı. IEEE Tutanakları, 56 (8), (1968) 1368-1369.
- [19] F. Sen, & A. Kircay, MO-CCCII Based Current-Mode Fractional-Order Universal Filter. Journal of Circuits, Systems and Computers, 30(08), (2021) 2150132.
- [20] E. Yüce, A. Kırçay ve S. Tokat, CCCII'leri kullanan evrensel dirençsiz akım modu filtreleri. Uluslararası Devre Teorisi ve Uygulamaları Dergisi , 36 (5-6), (2008) 739-755.
- [21] M. S. Keserlioglu, A. Kircay, Design of current-mode square-root-mode shelving filter using state-space synthesis method. 4th International Zeugma Conference on Scientific Researches. Iksad Publications, 2020.