T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CCCII KULLANILARAK AKIM MODLU KESİRLİ DERECELİ BASAMAK SÜZGEÇ TASARIMI

Betül ÖNCEL

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2023

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iii
ÇİZELGELER DİZİNİ vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vii
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
3. MATERYAL ve YÖNTEM 5
3.1. Materyal 5
3.1.1. Süzgeçler 5
3.1.1.1. Alçak geçiren süzgeç 6
3.1.1.2. Yüksek geçiren süzgeç 7
3.1.2. Akım taşıyıcıları 7
3.1.2.1. Birinci nesil akım taşıyıcı 8
3.1.2.2. İkinci nesil akım taşıyıcı 9
3.1.2.3. Akım kontrollü ikinci nesil akım taşıyıcı 11
3.1.2.4. Üçüncü nesil akım taşıyıcı 12
3.1.3. Bipolar eklemli transitör 13
3.1.4. Kesirli-dereceli kapasitör 15
3.1.4.1. Foster-I ile kesirli-dereceli kapasitör devresi 15
3.2. Yöntem 16
3.2.1. Basamak süzgeç devrelerinin gerçekleştirilmesi 16
3.2.1.1. Alçak geçiren süzgeç devresi 16
3.2.1.2. Yüksek geçiren süzgeç devresi 17
3.2.1.3. Alçak geçiren basamak süzgeç devresi 18
3.2.1.4. Yüksek geçiren basamak süzgeç devresi 19
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 21
4.1. Kesirli-Dereceli Kapasitör Matematiği 21
4.2. Basamak Süzgeç Devrelerinin Gerçekleştirilmesi 22
4.3. Simülasyon Sonuçları 23
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 30
5.1. Sonuçlar 30
5.2. Öneriler 31
KAYNAKLAR 32
ÖZGEÇMİŞ 34
EKLER 35
EK1 35

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

CCCII KULLANILARAK AKIM MODLU KESİRLİ DERECELİ BASAMAK SÜZGEÇ TASARIMI

Betül ÖNCEL

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali KIRÇAY
Yıl: 2023, Sayfa: 35

Bu tez çalışmasında, iki adet ikinci nesil akım kontrollü akım taşıyıcı (CCCII) elemanı 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. Bir adet CCCII ile süzgeç yapısı oluşturulurken, ikinci CCCII elemanı ile basamak süzgeç devresini oluşturabilmek için giriş akımını çoğaltmak amacıyla kullanıldı. Sunulan basamak süzgeç devresinin kesir derecesi için α = 0.7, 0.8 ve 0.9 olarak belirlendi. Tasarımı yapılan kesirli-dereceli basamak süzgeç devresi için kesirli-dereceli kapasitör kullanıldı. Kesirli kapasitör elemanı Foster-I RC devresi kullanılarak elde edildi. Akım kontrollü akım taşıyıcının (CCCII) iç yapısı için Bipolar Junction Transistors (BJT) kullanıldı. Tasarımı yapılan basamak süzgeç devreleri PSpice programndan yararlanılarak ve kesim frekansı 1kHz olarak benzetimleri yapıldı. Tasarlanan devrelerin teorik sonuçları benzetim sonuçları ile doğrulandı. Elde edilen benzetim sonuçlarından, gerçekleştirilen süzgeçlerin akustik band uygulamaları için uygun olduğu görüldü.

ANAHTAR KELİMELER: Akım modlu devreler, kesirli dereceli alçak geçiren süzgeç, kesirli dereceli yüksek geçiren süzgeç, ikinci nesil kontrollü akım taşıyıcı (CCCII), Foster-I RC devresi

ABSTRACT

MSc Thesis

FRACTIONAL ORDERED SHELVING FILTER DESING WITH CURRENT MODE USING CCCII

Betül ÖNCEL

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical Electronic Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali KIRÇAY
Year: 2023, Pages: 35

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

KEY WORDS: Current mode circuits, fractional order low-pass filter, fractional order high-pass filter, second generation controlled current carrier (CCCII), Foster-I RC circuit

TEŞEKKÜR

Tez çalışma konumun seçiminde, hazırlanmasında ve uygulanmasında yardımını esirgemeyen danışmanım sayın Prof. Dr. Ali KIRÇAY' a, bilgisi, deneyimi ve içtenliğiyle bana yol gösteren Öğr. Gör. Fadile ŞEN' e, bu konudaki bilgisini çekinmeden benimle paylaşan doktora öğrencisi Elif Songül ÇALIŞKAN' a, desteklerini sürekli hissettiren arkadaşlarım Zeynep ESEN ve Esra VERT' e ve bu yolda dualarıyla bana ışık tutan canım aileme teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Süzgeç devre genel yapısı 5
Şekil 3.2. İdeal alçak geçiren süzgeç frekans cevabı 6
Şekil 3.3. İdeal yüksek geçiren süzgeç frekans cevabı 7
Şekil 3.4. CCI blok yapısı 8
Şekil 3.5. CCI iç devresi 8
Şekil 3.6. CCII blok yapısı 9
Şekil 3.7. CCII+ iç devresi 10
Şekil 3.8. CCII- iç devresi 11
Şekil 3.9. CCCII blok yapısı 11
Şekil 3.10. CCCII iç devre yapısı 12
Şekil 3.11. CCIII blok yapısı 13
Şekil 3.12. NPN-PNP bipolar eklemli transistör yapısı 13
Şekil 3.13. P-tipi, N-tipi MOSFET transistör yapısı 14
Şekil 3.14. Foster-I ile kesirli dereceli kapasitör yapısı 15
Şekil 3.15. Basamak süzgeç blok yapısı 16
Şekil 3.16. Birinci dereceden AG süzgeç devresi 17
Şekil. 3.17. Birinci dereceden YG süzgeç devresi 18
Şekil 3.18. Birinci dereceden AG basamak süzgeç devresi 19
Şekil 3.19. Birinci dereceden YG basamak süzgeç devresi 20
Şekil 4.1. N =5 parametresi için tasarlanan kesirli-dereceli kapasitör devresi 21
Şekil 4.2. Birinci dereceden kesirli-dereceli AG basamak süzgeç devresi 23
Şekil 4.3. Birinci dereceden kesirli-dereceli YG basamak süzgeç devresi 23
Şekil 4.4. α = 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 kesirli-dereceli parametreleri için akım modlu AG süzgeç kazanç grafiği 25
Şekil 4.5. α = 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 kesirli-dereceli parametreleri için akım modlu YG süzgeç kazanç grafiği 25
Şekil 4.6. α = 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 kesirli-dereceli parametreleri için akım modlu AG-YG süzgeç kazanç grafiği 26
Şekil 4.7. α = 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 kesirli-dereceli parametreleri için akım modlu AG süzgeç faz grafiği 26
Şekil 4.8. α = 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 kesirli-dereceli parametreleri için akım modlu YG süzgeç faz grafiği 27
Şekil 4.9. α = 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 kesirli-dereceli parametreleri için akım modlu AG-YG süzgeç faz grafiği 27
Şekil 4.10. Farklı parametre toleranslarına sahip kesirli-dereceli (α = 0,9) AG basamak süzgecinin kazanç grafiği 28
Şekil 4.11. BJT parametrelerini ve kapasitör değerini sabit tutup, direnç değerlerini %20 toleransla değiştiren, kesirli-dereceli (α = 0,9) AG basamak süzgecinin duyarlılık analizi 29
Şekil 4.12. BJT parametrelerini ve direnç değerini sabit tutup, kapasitör değerlerini %10 toleransla değiştiren, kesirli-dereceli (α = 0,9) AG basamak süzgecinin duyarlılık analizi 29

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 4.1. Foster-I RC ağı kesirli kapasitör yapısı bileşenleri (α= 0.7, 0.8, 0.9) 22

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

α	Kesirli derece parametresi
AC	Alternative Current
AG	Alçak Geçiren
AGB	Alçak Geçiren Basamak
BJT	Bipolar Junction Transistor
C_α	Kesirli dereceli kapasitans
CCCII	Kontrollü İkinci Nesil Akım Taşıyıcı
CCCII-	Kontrollü Negatif İkinci Nesil Akım Taşıyıcı
CCI	Birinci Nesil Akım Taşıyıcı
CCII	İkinci Nesil Akım Taşıyıcı
CCIII	Üçüncü Nesil Akım Taşıyıcı
CCIII-	Negatif Üçüncü Nesil Akım Taşıyıcı
CCII-	Negatif İkinci Nesil Akım Taşıyıcı
CCI-	Negatif Birinci Nesil Akım Taşıyıcı
DC	Direct Current
H(s)	Transfer fonksiyonu
I_b	Kutuplama akımı
$I_Ç(s)$	Süzgeç çıkış akım parametresi
$I_G(s)$	Süzgeç giriş akım parametresi
I_Y	Y portu akım parametresi
I_Z	Z portu akım parametresi
I_x	X portu akım parametresi
MOS	Metal oksit yarı iletken alan etkili transistör
SPICE	Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis
VCII	İkinci Nesil Voltaj Konveyörü
$V_Ç(s)$	Süzgeç çıkış gerilim parametresi
$V_G(s)$	Süzgeç giriş gerilim parametresi
V_Y	Y portu gerilim parametresi
V_Z	Z portu gerilim parametresi
V_x	X portu gerilim parametresi
YG	Yüksek Geçiren
YGB	Yüksek Geçiren Basamak
ω	Açısal frekans
ω_0	Kutup frekansı

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze elektronikte önemli bir yere sahip olan süzgeçler televizyon, radyo, ses, resim ve veri haberleşmesi şeklinde pek çok kullanım alanına sahiptir. Süzgeçler başlangıçta tamamen pasif elemanlar ile oluşturulmuştur. Pasif elemanın kullanımyla birçok dezavantaj ile karşılaşılmıştır. Bunlar; elektronik olarak kontrol edilememe, sıcaklık değişkeninin fazlaca etkili olması ve oluşturulan devre yapılarına karşın büyük boyut sorunları ortaya çıkmıştır (Sedra ve Smith, 1998; Baki, 2001). Buna karşı aktif süzgeçler ise; minimum eleman sayısı ile devre tasarımı kolay, maliyeti düşük, geniş çalışma aralığına sahip, çalışma frekansı elektronik olarak kontrol edilebilir, parazitik etkisi en az, yüksek frekanslarda da düşük bozulma gibi üstün özelliklere sahiptir. Aktif süzgeçler bu özellikleri baz alınarak daha geniş kullanım alanına sahiptirler (Sağı, 2015; Köroğlu, 2022).

Bu süzgeç yapılarından akustik bantlar, ses sistemleri, VLF bantları ve araç stereolarında yaygın olarak tercih edilen süzgeçler, basamak süzgeçleridir. Basamak süzgeç yapılarının en temel özelliği çalışırken bant dışı frekansları bütünüyle ortadan kaldırmak yerine zayıflatmaktır. Basamak süzgeci iki farklı yapıda incleyebiliriz. Bunlardan ilki alçak geçiren basamak süzgecidir. Alçak geçiren basamak süzgeci belirlenen kesim frekansından büyük frekansların iletimini aynı şekilde yaparken kesim frekansının altında kalan frekans değerleri içinde genliği artırabilen veya genlikteki değişikliğin dengeleneceği başka bir kesme frekansına kadar genliği azaltabilen süzgeçlerdir. Yüksek geçiren basamak süzgeç ise alçak geçiren basamak süzgeç yapısının tam tersi olarak; belirlenen kesim frekansından küçük frekansların iletimini aynı şekilde yaparken daha büyük frekans değerine sahip işaretlerin genliklerini arttırabilen ya da azaltabilen süzgeçlerdir (Keserlioğlu ve Kırçay, 2020).

Yapılan tez çalışmasında bahsi geçen basamak süzgeçleri; akım modlu kesirli-dereceli birinci dereceden basamak süzgeç devreleri olarak tasarlandı.

İkinci nesil kontrollü akım taşıyıcı (CCCII) elemanı kullanılarak tasarlanan bu devrede öncesinde oluşturulan birinci dereceden alçak geçiren süzgeç devresinden faydalanılarak alçak geçiren basamak süzgeci ve yüksek geçiren basamak süzgeci devre yapıları gerçekleştirildi. Gerçekleştirilen devreler $+5.6dB$ ve $-5.6dB$ aralığında güçlendirme veya zayıflatma yapabilmektedir.

Devre tasarımda ilk adım olarak tam sayılı birinci dereceden alçak geçiren ve yüksek geçiren süzgeç devreleri gerçekleştirilmiş olup sonrasında bu devrelerden yararlanılarak basamak süzgeç yapıları oluşturuldu. Bu basamak süzgeçlere kesirli-dereceli kapasitör eklenerek kesirli-dereceli alçak geçiren basamak ve yüksek geçiren basamak süzgeç devreleri oluşturuldu. Kesirli-dereceli kapasitör modelinin tasarıma entegre edilmesi ve parametrelerin hassasiyet derecesine göre değiştirilmesiyle istenilen filtre sonuçları oluşturulabilecektir. Ek olarak kullanılan kesirli-dereceli kapasitör modelinde derece değiştirme işlemi için farklı bir model tasarısına ihtiyaç duyulmamaktadır ve bu kapasitör yapısı istenilen devreye kolayca uygulanabilmektedir.

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 ve kimya sistemlerine ek olarak, kontrol teorisi, biyokimya, tıp, biyomühendislik, kaotik sistemler, malzeme bilimi, tarım, PV modelleme, elektronik filtreler, osilatörler, elektrik mühendisliği ve sinyal işleme vb. birden fazla alanlarda uygulama olanağına sahiptir (Şen, 2019). Kullanılan kesirli-dereceli modeli Foster-1 ağı ile gerçekleştirildi. Tasarlanan devrenin teorik sonuçlarını doğrulamak amacıyla PSpice benzetim programıyla devre benzetimleri gerçekleştirildi.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Durum uzay sentez yöntemi ile akım modlu devre avantajlarından faydalanmak adına akım modlu şekilde karekök ortam basamak süzgeç gerçekleştirlmiştir. Süzgeç denkleminde basamak süzgeci oluşturmak ve değerlerini değiştirip konrol edebilmek için devreye dışarıdan eklenen bir akım mevcuttur. Basamak süzgeçleri gerçekleştirirken ikisini ayrı ayrı iki devre olacak şekilde gerçekleştirilmiş ve ses sistemlerinde kullanılabilirdir (Kırçay ve Keserlioğlu, 2020).

Akım taşıyıcılardan olan MO-CCCII aktif elemanı kullanılarak kesirli-dereceli evrensel süzgeç tasarlanmıştır (Şen ve Kırçay, 2019). Akım modlu olarak tasarlanan süzgeç devresinde sonuçları iyileştirmek adına tam sayılı kapasitör yerine kesirli-dereceli kapasitör yerleştirip devre sonuçları gözlemlenmiştir. Burada kullanılan ve pek çok avantajı olan kesirli-dereceli kapasitör sayesinde kesirli-dereceli alçak geçiren, yüksek geçiren, bant geçiren, bant durduran ve tüm geçiren olmak üzere beş farklı süzgeç çıkışını aynı devrede alınmıştır.

Akım taşıyıcı yapılarıyla ilk çalışmalar 1968 yılında Sedra ve Smith tarafından başlatılmış, birinci nesil akım taşıyıcı (CCI) yapısı da böylece literatüre eklenmiştir (Sedra and Smith, 1968). Devam eden iyileştirme çalışmaları sonucunda ikinci nesil akım taşıyıcı (CCII) elemanını literatüre kazandırmışlardır (Sedra and Smith, 1968). Avantajlarının fazlalığını dikkate alarak bu çalışmada da kontrollü ikinci nesil akım taşıyıcısı kullanıldı.

Elektronik devreye yönelik akım taşıyıcı çalışmasında akım taşıyıcılar tek tek ele alınıp iç yapısına, buna bağlı blok devresi analizine bakılarak birbirlerine karşı üstünlükleri incelenmiş ve yeni tasarımlara yer verilmişitr. Parazitik direnç barındıran ve bu sayede pasif eleman kullanımını azaltan ve kutuplama akımıyla kolaylıkla kontrol edilebilen kontrollü ikinci nesil akım taşıyıcı (CCCII) elemanı incelenmiş ve daha basit yapılar ile yeni devre oluşumları tasarlanmış ve önerilmiştir (Ercan, 2012).

Tam sayı dereceli ile kıyaslandığında gelişmiş tasarım esnekliği ve ekstra serbestlik sağladığı gözlemlenen kesirli-dereceli kapasitör elemanı ve ikinci nesil voltaj konveyörü (VCII) kullanılarak akustik uygulamalar da yararlanılabilecek AG basamak süzgeci ve YG basamak süzgeci devrelerini tek bir yapı bloğu ile gerçekleştirmiştir. Yakın zamanda gelişmekte olan aktif yapı elemanı VCII iç tasarım için ise MOS transistörleri ile elde edilmiştir (Kapoulea ve ark., 2021).

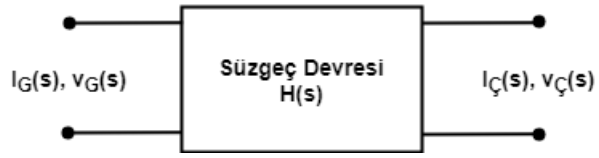
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Süzgeçler

Süzgeçler genel yapı itibariyle bir devre girişi, bu girişin tabii tutulacağı matematiksel model ve buna karşı oluşan çıkış olarak üç farklı parametreden oluşur. Basit tabir ile tanımlanan matematiksel modeli kullanarak girişe işlem yapıp istenilen çıkışı elde etmektedir (Şen, 2019).

Elektronik süzgeçler, önemli elektronik devre yapılarından biridir. Girişine uygulanan bir sinyali belli oranda istenilen şekilde geçiren, istenmeyen frekans bileşenini zayıflatan veya durduran, işaret biçimlendirme işlemleri yapan ek olarak elektriksel işaretlerdeki parazitleri ortadan kaldıran, gürültü yükünü azaltan devre yapılarıdır. Geniş bir kullanım yerine sahip olan süzgeçler televizyon, radyo, veri haberleşmesi- haberleşme sistemleri, ses sistemleri gibi pek çok alanda kullanılırlar. Süzgeçleri iki sınıfa ayırabiliriz. Bunlar akım modlu devre, gerilim modlu devre yapıları olarak ele alınır. Akım modlu devre yapılarının tercih edilme oranı daha yüksektir, bunun sebebine bakacak olursak; daha basit- anlaşılır yapısı, daha geniş çalışma aralığı gibi özellikleri sayesinde akım modlu yapı ön plana çıkmaktadır (Roberts ve Sedra, 1989). Şekil 3.1.'de iki uçlu bir süzgeç devre yapısı görülmektedir (Sağı, 2015).



Şekil 3.1. Süzgeç devre genel yapısı

Şekil 3.1.'de H(s) süzgeç yapısının transfer fonksiyonudur. H(s) transfer fonksiyonunun cevabı çıkışın girişe oranı ile elde edilir.

Elde edilen transfer fonsiyonu giriş çıkış değerlerinin akım ve gerilim olmasına bağlı olarak değişmektedir. Gerilim olması durumunda oluşacak transfer fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Şen, 2019).

$$H(s) = \frac{V_Ç(s)}{V_G(s)} \tag{3.1}$$

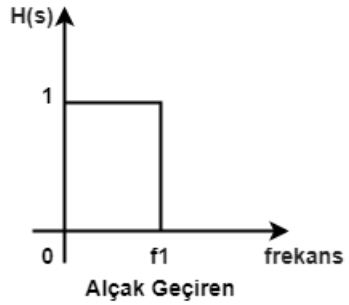
Giriş-çıkışların akım olması durumu ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$H(s) = \frac{I_Ç(s)}{I_G(s)} \tag{3.2}$$

Süzgeç devrelerinin zayıflatıp-güçlendirme yaptıkları frekans bölgelerine bakılarak süzgeç çeşitleri alçak geçiren süzgeç, yüksek geçiren süzgeç, bant geçiren süzgeç, bant durduran süzgeç ve tüm geçiren süzgeçler olarak adlandırılabilir (Sağı, 2015). Bu çalışmada alçak geçiren süzgeç ve yüksek geçiren süzgeç devreleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

3.1.1.1. Alçak geçiren süzgeç

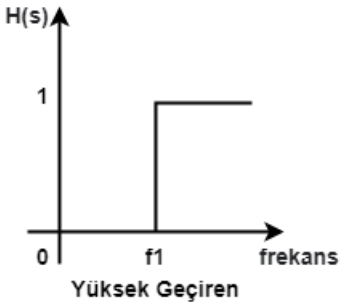
Alçak geçiren süzgeç istenen kesim frekans değerinin altında yer alan frekansları geçirip, üstündeki frekans değerlerini ise zayıflatıp iletimini engelleyen süzgeç tipidir (Sağı, 2015).



Şekil 3.2. İdeal alçak geçiren süzgeç frekans cevabı

3.1.1.2. Yüksek geçiren süzgeç

Yüksek geçiren süzgeç istenen kesim frekans değerinin üzerinde yer alan frekansları geçirip, altında kalan frekans değerlerini ise zayıflatıp iletimini engelleyen süzgeç tipidir (Sağı, 2015).



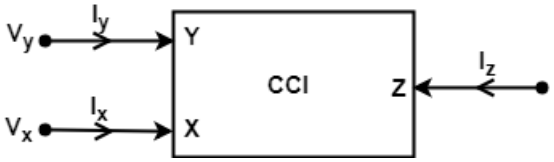
Şekil 3.3. İdeal yüksek geçiren süzgeç frekans cevabı

3.1.2. Akım taşıyıcıları

Akım taşıyıcı yapısı itibariyle akımın çok farklı derecelerdeki iki kapı arasında iletildiği üç kapılı aktif devre elemanıdır. Başlangıç noktası olarak 1968 yılında Smith ve Sedra aracılığıyla birinci nesil akım taşıyıcı sunulmuş ve literatüre geçmiştir. Aynı kişiler ilk çalışmadaki temel akım ve çıkış empedans sınırlama hataları sebebiyle üzerinde çalışıp 1970 yılında ikinci nesil akım taşıyıcıyı yapısını gerçekleştirmişlerdir. Devamında Fabre tarafından çalışma daha da geliştirilip 1995 yılında daha yüksek doğruluk ve geniş frekans aralığına sahip olan üçüncü nesil akım taşıyıcı elemanı öne sürülmüştür. Sonrasında Fabre ikinci nesil akım taşıyıcı elemanını elektronik şekilde kontrol edebilmek ve kullanım alanını genişletmek adına akım kontrollü ikinci nesil akım taşıyıcı yapısını literatüre eklemiştir (Şen, 2019). Bu çalışmada akım kontrollü ikinci nesil akım taşıyıcı devre yapıları kullanıldı. Bu yapı kullanılırken akım modlu olarak tasarlanmıştır. Bunun nedeni ise akım modlu yapının düşük güç tüketimi, düşük parazitik etki, daha geniş çalışma aralığı, yüksek kazanç değeri ve basit-anlaşılır yapısı gibi birçok avantajı sebebiyle tercih edildi.

3.1.2.1. Birinci nesil akım taşıyıcı

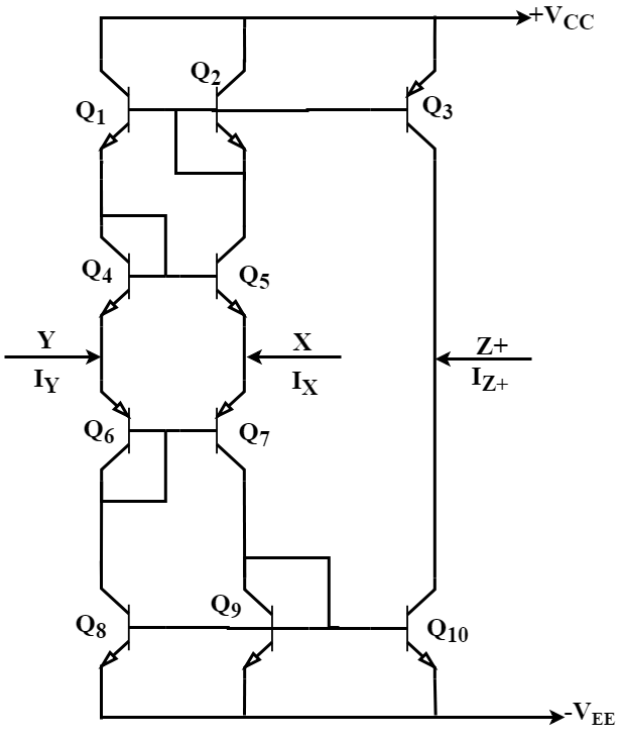
Birinci nesil akım taşıyıcı (CCI) elemanı yapısı Şekil 3.4.'de verilmiştir.



Şekil 3.4. CCI blok yapısı

$$\begin{bmatrix} V_x \\ I_y \\ I_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & \mp 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_y \\ I_x \\ V_z \end{bmatrix} \tag{3.3}$$

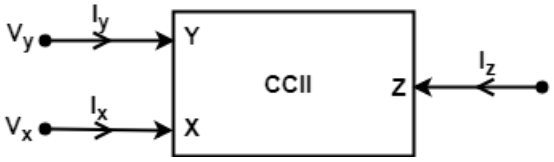
Burada I_x ve I_z akımlarının yönleri akım taşıyıcının pozitif veya negatif oluşunu belirlemektedir. Eğer bu akımlar aynı yönlüyse birinci nesil pozitif akım taşıyıcı (CCI+), akımlar ters yönlü ise de birinci nesil negatif akım taşıyıcı (CCI-) şeklinde isimlendirilmektedir (Şen, 2019).



Şekil 3.5. CCI iç devresi (Ercan, 2012)

3.1.2.2. İkinci nesil akım taşıyıcı

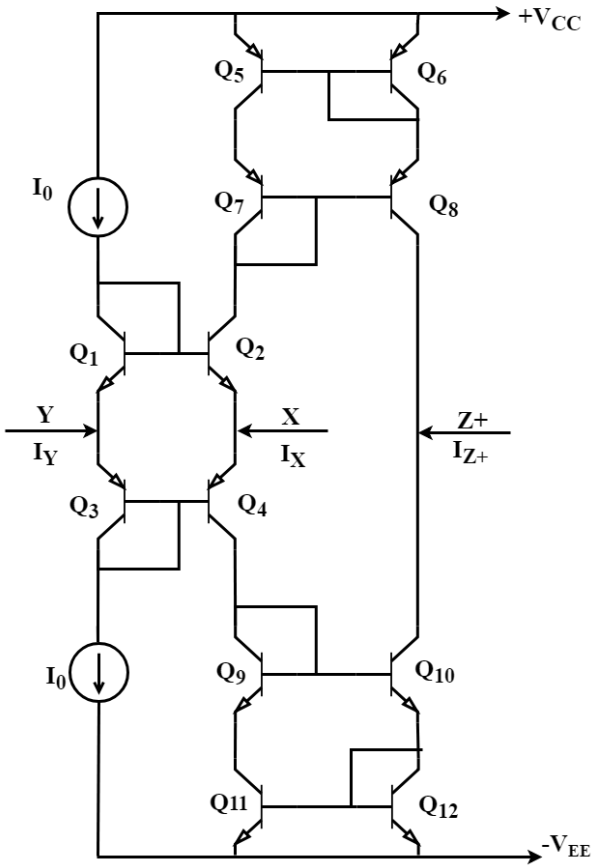
İkinci nesil akım taşıyıcı (CCII) elemanı yapısı Şekil 3.6.'da verilmiştir.



Şekil 3.6. CCII blok yapısı (Ercan, 2012)

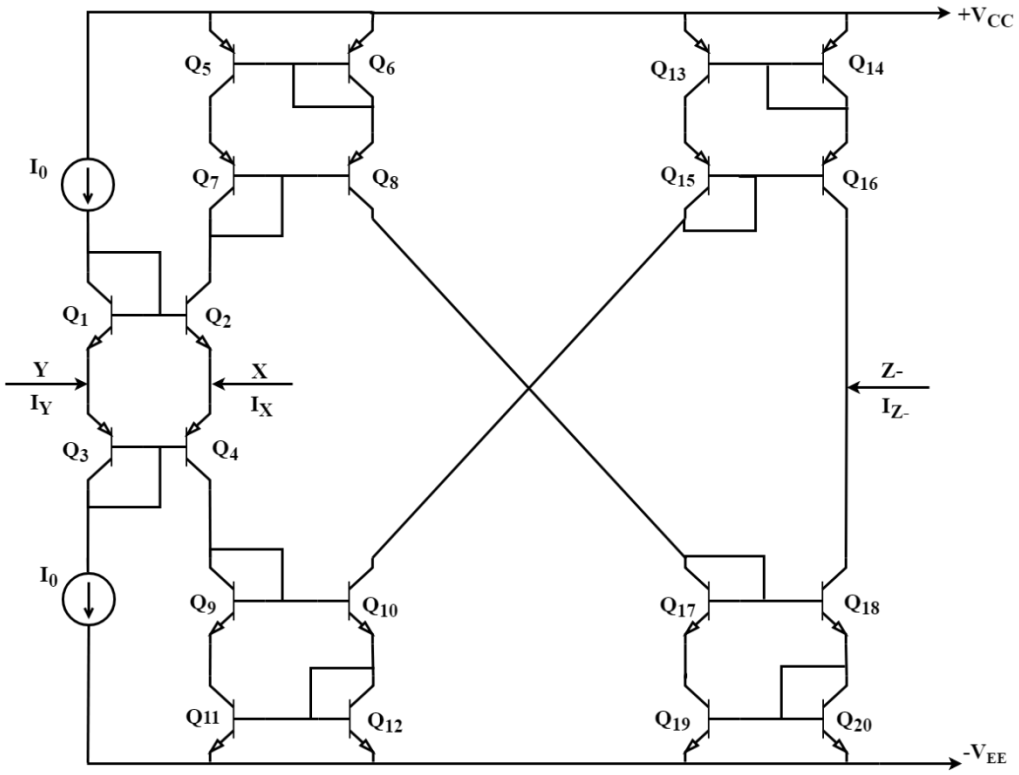
$$\begin{bmatrix} V_x \\ I_y \\ I_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mp 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_y \\ I_x \\ V_z \end{bmatrix} \tag{3.4}$$

İkinci eleman CCII için; I_y akımı sıfırdır bu sebepten Y portu sonsuz giriş empedansına sahiptir. Sonsuz giriş empedansı olması, akım taşıyıcıların başka bir devre yapısına gerek duyulmadan ardarda eklenebilmesini sağlamaktadır. Bu durum ikinci nesil akım taşıyıcısının dikkate değer bir üstünlüğüdür. I_x ve I_z akımlarının yönleri aynı yönlüyse ikinci nesil pozitif akım taşıyıcı (CCII+), akımlar ters yönlü ise de ikinci nesil negatif akım taşıyıcı (CCII-) şeklinde isimlendirilmektedir (Ercan, 2012).



Şekil 3.7. CCII+ iç devresi (Şen, 2019)

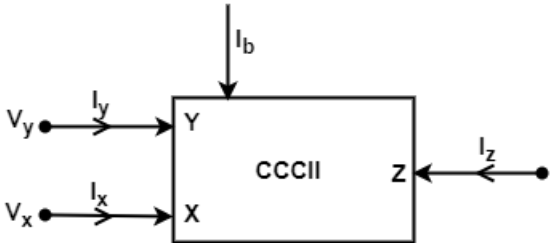
Önerilen pozitif CCII' ya karşın negatif CCII da daha fazla bjt transistör elemanı kullanılmıştır.



Şekil 3.8. CCII- iç devresi (Şen, 2019)

3.1.2.3. Akım kontrollü ikinci nesil akım taşıyıcı

Akım kontrollü ikinci nesil akım taşıyıcı (CCCII) elemanı yapısı Şekil 3.9.'da verilmiştir.



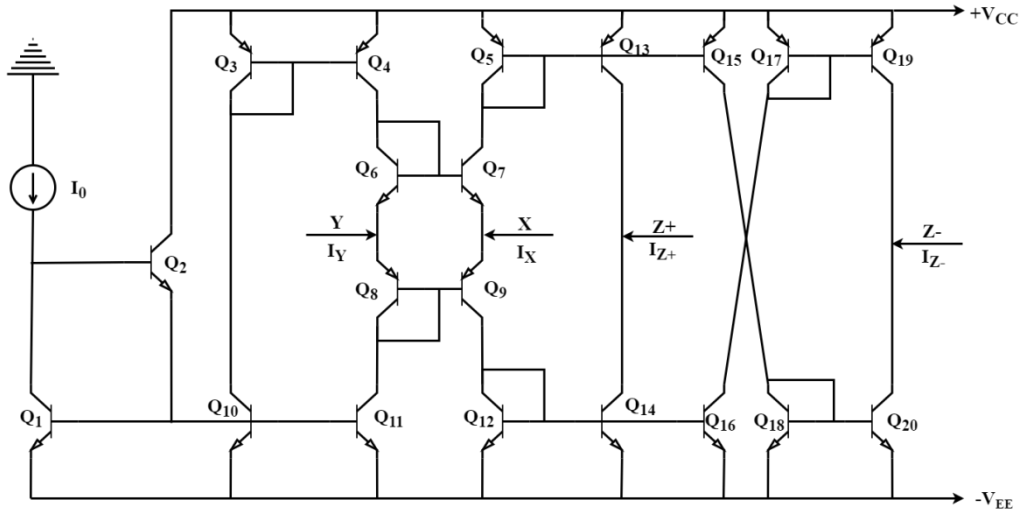
Şekil 3.9. CCCII blok yapısı

$$\begin{bmatrix} V_x \\ I_y \\ I_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta & R_x & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mp\alpha & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_y \\ I_x \\ V_z \end{bmatrix} \tag{3.5}$$

Verilen matrisin işlenmiş hali aşağıdaki gibi elde edilebilir.

$$I_Y = 0\ V_X = \beta V_Y + i_X|R_X| \quad I_{Z\pm} = \pm\alpha I_X \tag{3.6}$$

Bu akım taşıyıcı modelinin en üstün özelliği giriş portunda kutuplama akımı yardımıyla değeri ayarlanabilen parazitik bir direnci olmasıdır. Bu parazitik direnç devre yapısı için dezavantaj gibi görülse de devreye dışardan eklenebilecek pasif bir direncin yerine bu parazitik dirençten yararlanılarak kullanılacak olan pasif eleman sayısı azalatılmaktadır. Ek olarak parazit direnci bir diğer ayrıcalığı ise analog devrelerde parazitik direnç değerinin kutuplama akımı ile kontrol edilebilir olmasıdır (Ercan, 2012; Şen, 2019).

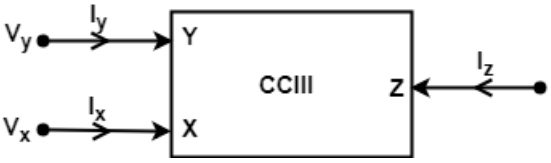


Şekil 3.10. CCCII iç devre yapısı

Bu çalışamada kullanılan CCCII devre yapısı Şekil 3.10.'da verilmiştir. Bu devre yapısında iki adet çıkış portu alınmıştır. Bunlar Z+ ve Z- olarak kullanıldı.

3.1.2.4. Üçüncü nesil akım taşıyıcı

Üçüncü nesil akım taşıyıcı (CCIII) elemanı yapısı Şekil 3.11.'de verilmiştir.



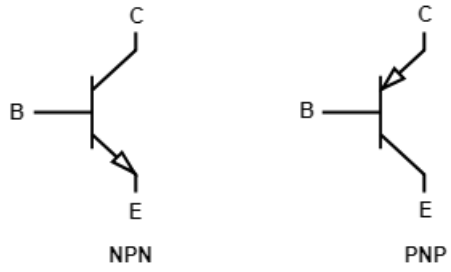
Şekil 3.11. CCIII blok yapısı (Ercan, 2012)

$$\begin{bmatrix} V_x \\ I_y \\ I_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & \mp 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_y \\ I_x \\ V_z \end{bmatrix} \tag{3.7}$$

X ve Y portlarının uçlarındaki gerilimler birbilerine eşitken akım yönleri terstir. I_x ve I_z akımlarının yönlerini ise akım taşıyıcının pozitif veya negatif oluşunu belirlemektedir. Eğer bu akımlar aynı yönlüyse üçüncü nesil pozitif akım taşıyıcı (CCIII+), akımlar ters yönlü ise de üçüncü nesil negatif akım taşıyıcı (CCIII-) şeklinde isimlendirilmektedir (Ercan, 2012).

3.1.3. Bipolar eklemli transistör

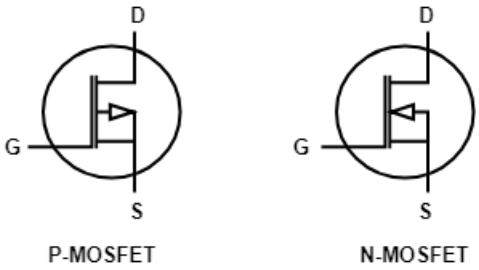
Transistörler genellikle unipolar (tek kutuplu) ve bipolar(çift kutuplu) olarak tanımlanmaktadır. Bipolar eklemli transistör (BJT) ise NPN ve PNP olarak ikiye ayrılmaktadır.



Şekil 3.12. NPN-PNP bipolar eklemli transistör yapısı (Kırçay,2007)

BJT taban (base-B), yayıcı (emiter-E) ve toplayıcı (collector-C) uçlarıyla tanımlanırken taban ucu kontrol ucu olarak yer almaktadır. Toplayıcı ve yayıcı uçları arasına anahtarlama yapılacak eleman bağlanmaktadır (Kırçay,2007).

Alan etkili transistörler (FET) ise unipolar olarak tanımlanmaktadır. FET uçları ise boşaltma (drain-D), kaynak (source-S) ve kapı (gate-G) adını alır. Burada kapı uç parametresi kontrol ucudur. Boşaltma ve kaynak uçları arasına ise anahtarlama yapılacak eleman bağlanmaktadır (Sağı, 2015).



Şekil 3.13. P-tipi, N-tipi MOSFET transistör yapısı (Sağı, 2015)

Alan etkili transistör çeşidi olan metal oksit yarıiletken alan etkili transistörler (MOSFET) ve bipolar eklemli transistörler günümüzde en çok kullanılan transistör çeşitleridir. Bu verdiğimiz transistör yapılarının özelliklerine bakacak olursak; BJT'ler düşük akım uygulamaları için kullanılırken, MOSFET' ler ise yüksek güç uygulamalarında kullanılmaktadır. BJT'ler akım kontrollü cihazlar iken MOSFET'ler voltaj kontrollü cihazlardır. BJT'nin çalışması baz terminalindeki akıma bağlıyken MOSFET'in çalışması prensibi ise oksit yalıtımlı kapı elektrodundaki gerilime bağlıdır. BJT'ler, MOSFET'ler ile kıyaslandığında yüksek yük koşullarında ve daha yüksek frekanslarda daha iyi çalışabilmektedir. MOSFET'ler ile karşılaştırıldığında BJT'ler, kontrol pimindeki düşük kapasitans sebebiyle çok daha hızlıdır fakat MOSFET ısıya karşı daha toleranslıdır ve iyi bir direnci simüle edebilir. Ayrıca bu iki eleman değerlendirildiğinde de BJT'ler doğrusal alanlarda daha yüksek doğruluk ve daha iyi kazanıma sahiptir elemanlar olarak görülmektedir (Sağı, 2015; Keserlioğlu ve Kırçay, 2020).

Bu genel özelliklere de bakılarak akım modlu kesirli-dereceli basamak süzgeç devresinin CCCII elemanının iç devre yapısını oluşturmak için BJT elemanları kullanıldı.

3.1.4. Kesirli-dereceli kapasitör

Kesirli-dereceli kapasitör terimi $(1/s)^{1/n}$ empedans kökü ile bulunmasına yönelik adımlar ilk kez 1964 yılında atılmıştır. Kesirli-dereceli kapasitör yapısı temel olarak biyokimyacılar aracılığıyla tanınmakta olup, sabit fazlı bir eleman adıyla bilinmektedir (Ionescu and De Keyser, 2008).

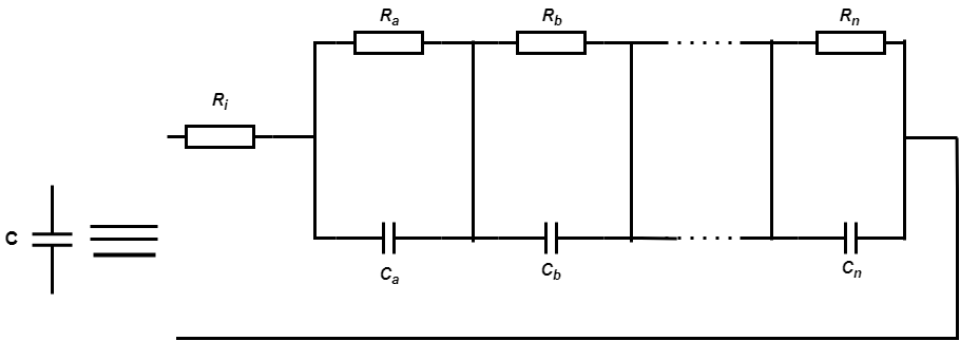
3.1.4.1. Foster –I İle kesirli-dereceli kapasitör devresi

s domainde kesirli-dereceli kapasitör empedansı denklem 3.8'de verilmiştir (Şen, 2019).

$$Z_C(s) = \frac{1}{s^{\alpha} C_{\alpha}} \tag{3.8}$$

Denklemde yer alan C_{α} normale indirgenmiş kesirli dereceli bir kapasitanstır. CPE' nin N. dereceden denkleminin genel yapısı denklem 3.9'da verilmiştir (Şen, 2019).

$$Z_C(s) = \frac{A_0 s^N + A_1 s^{N-1} + A_0 s^N + \ldots + A_n s}{B_0 s^N + B_1 s^{N-1} + A_0 s^N + \ldots + B_n s} \tag{3.9}$$



Şekil 3.14. Foster-I ile kesirli dereceli kapasitör yapısı (Şen, 2019)

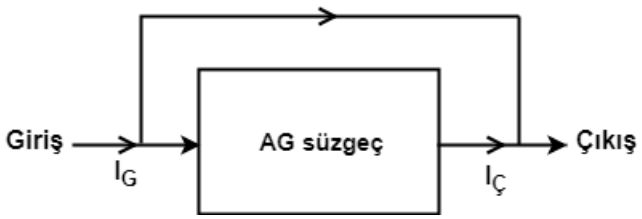
Foster-I ile kesirli-dereceli denklem 3.10'da olduğu gibi tanımlanmıştır (Şen, 2019).

$$Z(s) = R_i + \sum_{n=1}^{N} \frac{\frac{1}{C_{p,n}}}{s+\frac{1}{C_{p,n}}\cdot\frac{1}{R_{p,n}}} \quad (3.10)$$

3.2. Yöntem

3.2.1. Basamak süzgeç devrelerinin gerçekleştirilmesi

Temelde basamak süzgeç yapısının gerçekleştirilmesi için alçak geçiren süzgeçten yararlanılacaktır. Bu yapının blok şeması daki gibidir.



Şekil 3.15. Basamak süzgeç blok yapısı

Devre tasarımı için birden fazla giriş akımına ihtiyaç vardır, bu ihtiyacı karşılamak adına devrede akım çoklayıcı olacak ekstra bir akım taşıyıcı kullanılmıştır.

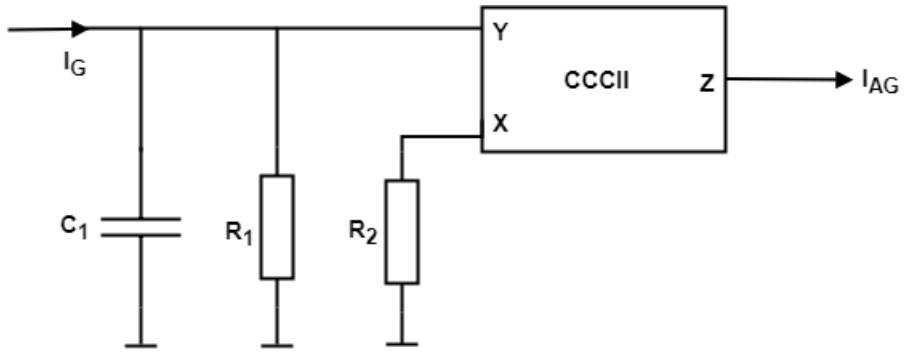
3.2.1.1. Alçak geçiren süzgeç devresi

Birinci dereceden alçak geçiren (AG) süzgeç devresi transfer fonksiyonu denlem 3.11'deki şekilde tanımlanabilir (Kırçay ve Keserlioğlu, 2020).

$$I_{AG} = \frac{a_0\omega_0}{s+\omega_0} I_G \quad (3.11)$$

Transfer fonksiyonda I_G AC giriş akımı parametresini, I_{AG} alçak geçiren süzgecin çıkış akım parametresini , ω_0 ise köşe frekansın değerini göstermektedir ve a_0 kazancı ifade eden pozitif katsayıdır.

Denklem 3.11'e göre birinci dereceden alçak geçiren süzgeç devresi Şekil 3.16.'de olduğu gibi tasarlanabilir.



Şekil 3.16. Birinci dereceden AG süzgeç devresi

Oluşturulan devrenin transfer fonksiyonu denklem 3.12'de elde edilmiştir.

$$I_{AG} = \frac{\frac{1}{R_2C}}{s+\frac{1}{R_1C}} I_G \tag{3.12}$$

3.2.1.2. Yüksek geçiren süzgeç devresi

Birinci dereceden yüksek geçiren (YG) süzgeç devresi transfer fonksiyonu denlem 3.13'deki şekilde tanımlanabilir (Kırçay ve Keserlioğlu, 2020).

$$I_{YG} = \frac{a_0 s}{s+\omega_0} I_G \tag{3.13}$$

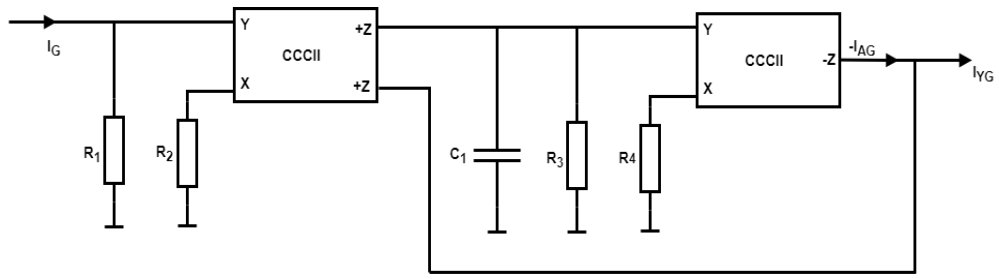
Transfer fonksiyonda I_G AC giriş akımı parametresini, I_{YG} yüksek geçiren süzgecin çıkış akım parametresini , ω_0 ise köşe frekansın değerini göstermektedir ve a_0 kazancı ifade eden pozitif katsayıdır. YG süzgeç fonksiyonunu elde edebilmek için AG süzgeç devresinin denklem 3.11'deki fonksiyonundan yaralanılarak elde edilmektedir (Kırçay ve Keserlioğlu, 2020).

$$I_{YG} = [1 - \frac{a_0\omega_0}{s+\omega_0}] I_G = [\frac{s+(1-a_0)\omega_0}{s+\omega_0}] I_G \tag{3.14}$$

Burada a_0 = 1 olarak belirlenirse YG süzgeç transfer fonksiyonu elde edilir (Kırçay ve Keserlioğlu, 2020).

$$I_{YG} = \frac{s}{s+\omega_0} I_G. \tag{3.15}$$

Şekil 3.16.'da tasarlanan AG süzgeç devresinden yararlanarak Şekil 3.17.'deki YG süzgeç devresi tasarlanmıştır.



Şekil 3.17. Birinci dereceden YG süzgeç devresi

Tasarımı yapılan YG süzgecin analiz fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$I_{YG} = -\frac{\frac{1}{R_2C}}{s+\frac{1}{R_1C}} I_G + I_G \quad (3.16)$$

Sadeleştirme işlemine tabii tutulur.

$$I_{YG} = \frac{s+\frac{1}{R_1C}-\frac{1}{R_2C}}{s+\frac{1}{R_1C}} I_G \quad (3.17)$$

$R_2 = R_1$ olarak işleme alırsak YG süzgeç cevabı denklem 3.18'deki gibi ifade edilebilmektedir.

$$I_{YG} = \frac{S}{s+\frac{1}{R_1C}} I_G \quad (3.18)$$

3.2.1.3. Alçak geçiren basamak süzgeç devresi

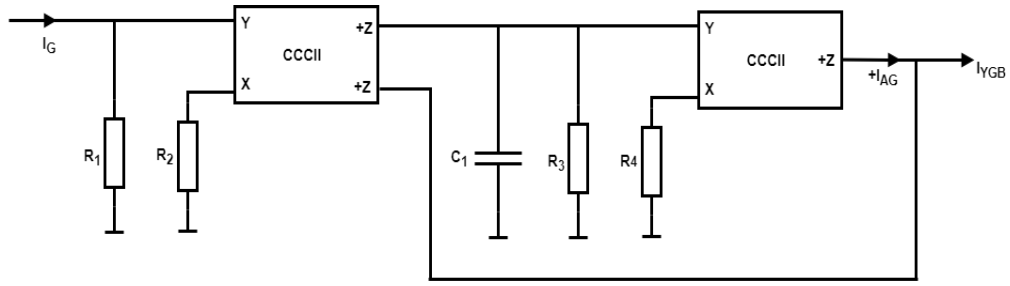
AG süzgeç transfer fonksiyon yapısından yararlanılarak birinci dereceden AG basamak süzgeç (I_{AGB}) transfer fonksiyonu denklem 3.19'daki gibi elde edildi.

$$I_{AGB} = 1 + [\ \frac{a_0\omega_0}{s+\omega_0}\ ] I_G \text{ (Kırçay ve Keserlioğlu, 2020).} \quad (3.19)$$

Sadeleştirme işlemine tabii tutulur.

$$I_{AGB} = [\ \frac{s+(1+a_0)\omega_0}{s+\omega_0}\ ] I_G \quad (3.20)$$

Şekil 3.16.'da tasarlanan AG süzgeç tasarımından yararlanılarak, denklem 3.20'de gösterilen transfer fonksiyonu ile AG basamak süzgeç yapısı Şekil 3.18.'de gösterildiği gibi tasarlanabilir.



Şekil 3.18. Birinci dereceden AG basamak süzgeç devresi

Tasarımı yapılan devrenin transfer fonksiyon analizi denklem 3.21'deki gibi ifade edilebilir.

$$I_{AGB} = \frac{\frac{1}{R_2C}}{s+\frac{1}{R_1C}} I_G + I_G \tag{3.21}$$

Sadeleştirme işlemine tabii tutulur.

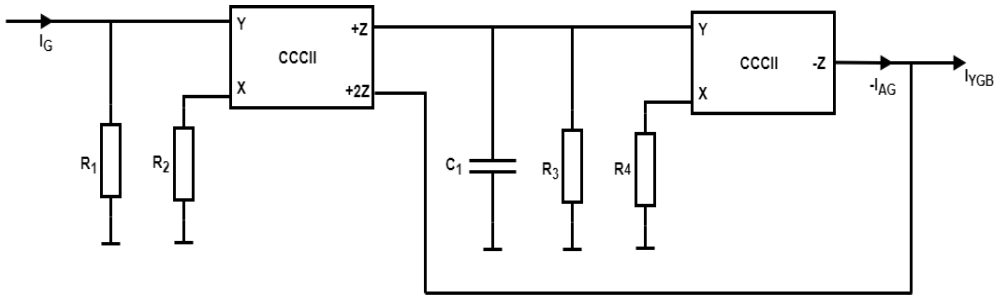
$$I_{AGB} = \frac{s+\frac{R_1+R_2}{R_1R_2C}}{s+\frac{1}{R_1C}} I_G \tag{3.22}$$

3.2.1.4 Yüksek geçiren basamak süzgeç devresi

AG süzgeç fonksiyonu kullanılarak birinci dereceden yüksek geçiren basamak süzgeç I_{YGB} transfer fonksiyonu denklem 3.23' deki gibi elde edilebilmektedir.

$$I_{YGB} = [\, 2 - \frac{a_0\omega_0}{s+\omega_0} \,] I_G = [\, \frac{2s+(2-a_0)\omega_0}{s+\omega_0} \,] I_G \tag{3.23}$$

Şekil 3.17.'de tasarımı yapılan YG süzgeç devresi ile denklem 3.23'de gösterilen transfer fonksiyonu bilgisiyle YG basamak süzgeç devresi Şekil 3.19.' daki gibi tasarlanabilmektedir.



Şekil 3.19. Birinci dereceden YG basamak süzgeç devresi

Tasarımı yapılan devrenin fonksiyon analizi aşağıda gösterildiği gibi ifade edilebilir.

$$I_{YGB} = -\frac{\frac{1}{R_2C}}{s+\frac{1}{R_1C}}\, I_G + 2\, I_G \tag{3.24}$$

Denklem 3.24 sadeleştirme işlemine tabii tutulur.

$$I_{YGB} = \frac{2s+\frac{2}{R_1C}-\frac{1}{R_2C}}{s+\frac{1}{R_1C}}\, I_G \tag{3.25}$$

$R_2 = R_1$ olarak fomksiyona dahil edersek YG basmak süzgeç fonksiyon cevabı aşağıda gösterildiği gibi ifade edilebilmektedir.

$$I_{YGB} = \frac{2s+\frac{1}{R_1C}}{s+\frac{1}{R_1C}}\, I_G \tag{3.26}$$

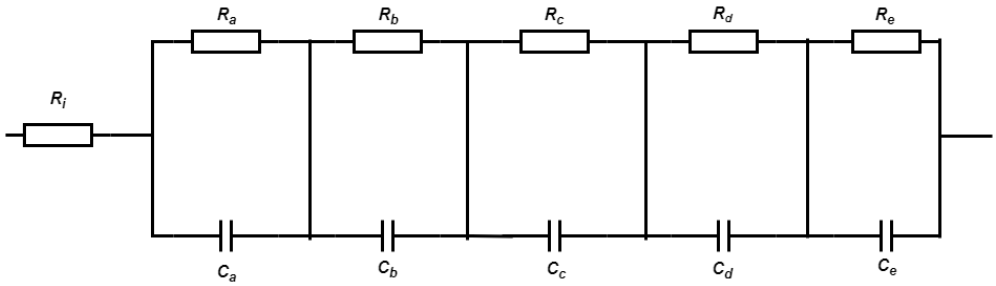
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Kesirli-Dereceli Kapasitör Matematiği

Kesirli-dereceli kapasitör yapısı denklemi denklem 4.1'de verilmiştir (Şen, 2019).

$$Z_C(s) = \frac{A_0 s^N + A_1 s^{N-1} + A_0 s^N + \ldots + A_n s}{B_0 s^N + B_1 s^{N-1} + A_0 s^N + \ldots + B_n s} \quad (4.1)$$

Burada N. derece parametresi beş olarak alınıp kesirli-dereceli kapasitör yapısı Şekil 4.1.' deki gibi oluşturulmuştur.



Şekil 4.1. N =5 parametresi için tasarlanan kesirli-dereceli kapasitör devresi

Foster-I RC ağı devresi kullanılarak beşinci dereceden kesirli dereceli kapasitör gerçekleştirilirken 7nF ve 1 KHz' lik gerekli olan bileşenlerde kullanarak MATLAB programı yardımıyla üç farklı parametre için (α) = 0.7, 0.8 ve 0.9' a göre pasif eleman bileşenleri elde edildi. Bu bileşen sonuçları Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

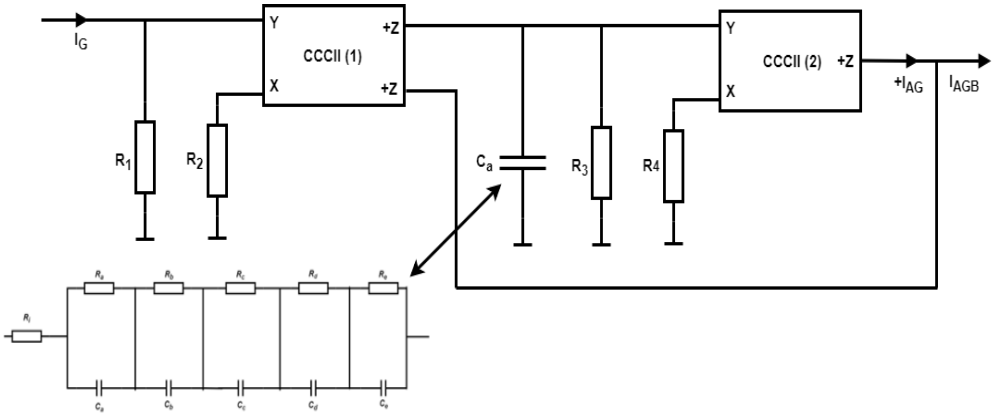
Çizelge 4.1. Foster-I RC ağı kesirli kapasitör yapısı bileşenleri (α= 0.7, 0.8, 0.9)

Bileşenler	Kesirli Derece Değerleri (α)		
	0.7	0.8	0.9
R_i (Ω)	636.077	302.602	107.452
R_α (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 (Ω)	31.73k	30.552k	21.864k
R_e (Ω)	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

4.2. Basamak Süzgeç Devrelerinin Gerçekleştirilmesi

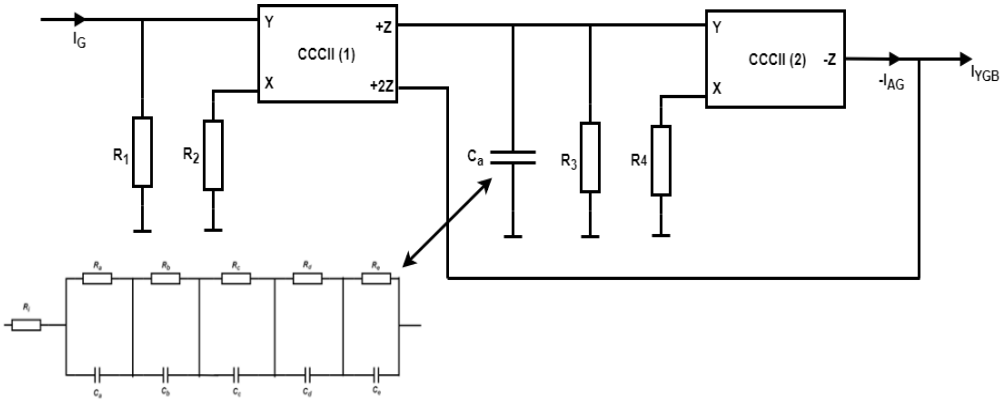
Bu tasarım için hesaplaması yapılan kesirli-dereceli kapasitör yapısı AG basamak süzgeç devresi ve YG basamak süzgeç devresine entegre edilip gerçekleştirilen devreler ile çıktı sonuçları oluşturuldu.

AG Basamak süzgeç devresine kesirli-dereceli kapasitör entregre edilerek gerçekleştirilen devre yapısı verilen şekildeki gibi oluşturulmuştur.



Şekil 4.2. Birinci dereceden kesirli-dereceli AG basamak süzgeç devresi

YG Basamak süzgeç devresine kesirli-dereceli kapasitör entregre edilerek gerçekleştirilen devre yapısı aşağıda verilmiştir.

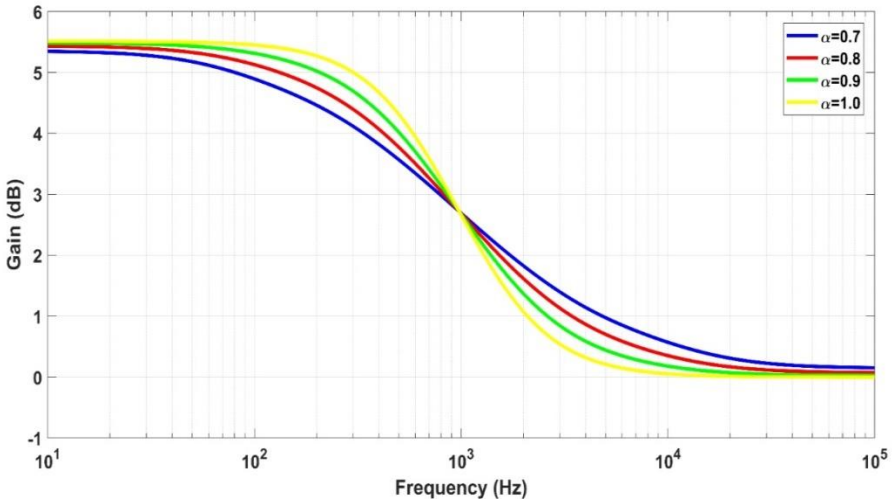


Şekil 4.3. Birinci dereceden kesirli-dereceli YG basamak süzgeç devresi

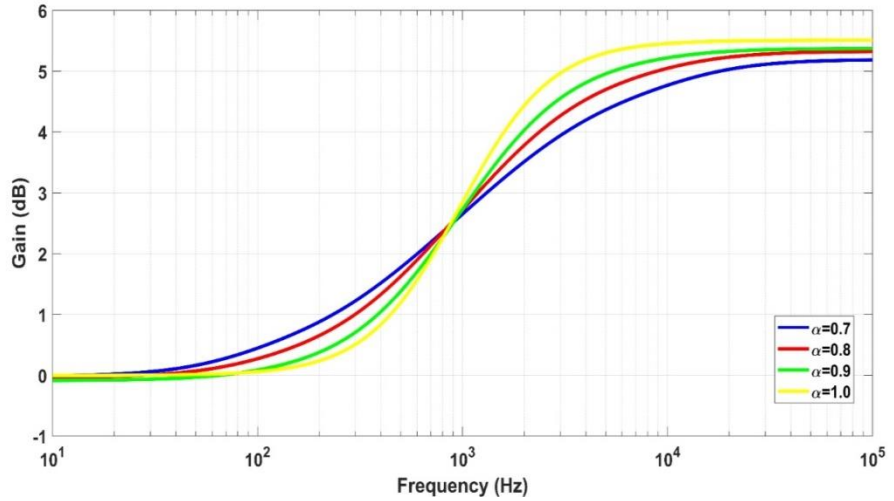
4.3. Simülasyon Sonuçları

İkinci-nesil akım modlu kontrollü akım taşıyıcılardan yararlanarak Şekil 4.2. ve Şekil 4.3.'de sunulan kesirli-dereceli AG ve YG basamak süzgeç devre yapısı ORCAD SPICE programından faydalanılarak simüle edildi. CCCII kullanarak tasarlanan devrenin içinde bulunan bjt devre yapısı için uygun görülen akım kaynağı I_0 = 13μA, yine CCCII iç yapısında bulunan gerilim parametreleri ise $-V_{EE}$ = -2.5V, $+V_{CC}$ = +2.5V şeklinde belirlenmiştir.

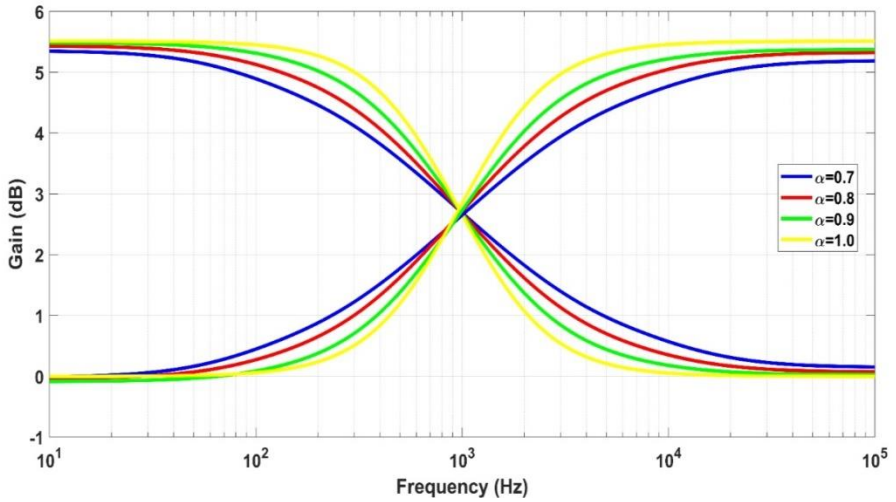
Tasarımı yapılan devrede PNP-NPN transistör elemanları için NR100N-PR100N bipolar dizi transistörlerinden faydalanılarak simüle edildi. Şekil 4.2. ve Şekil 4.3.'de tasarlanan kesirli-dereceli AG ve YG basamak süzgecin kesim frekansı 1KHz olup (α) = 0.7,0.8 ve 0.9 dereceleri de baz alınarak simüle işlemi yapıldı. Foster-I RC ağı ile beşinci dereceden kapasitör değeri 7nF' lık kesirli dereceli kapasitör değeri elde edildi. Bu kapasitör değerini elde etmek adına kullanılacak olan pasif devre elemanlarının parametrelerine ise MATLAB programı yardımıyla ulaşıldı. Pasif eleman paramatreleri Tablo 4.1 de gösterildi. Tasarımın tüm gerçekleşmeleri için kullanılan pasif elemanlar ise C_1 = 7nF, R_1 = 2 kΩ , R_2 = 1 kΩ , R_3 = 33 kΩ, R_4 = 35 kΩ şeklinde olup AC giriş akımı ise I_G =50μA olarak devreye dahil edilip, tasarım gerçekleştirildi.



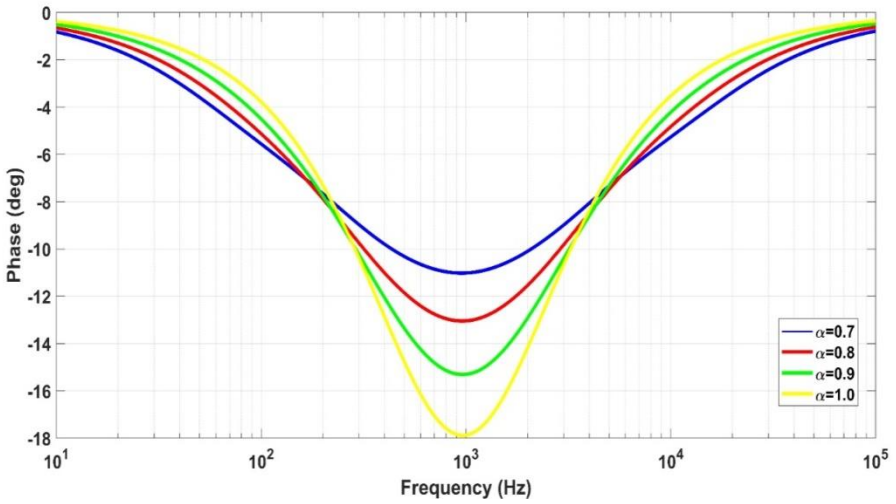
Şekil 4.4. α = 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 kesirli-dereceli parametreleri için akım modlu AG basamak süzgeç kazanç grafiği



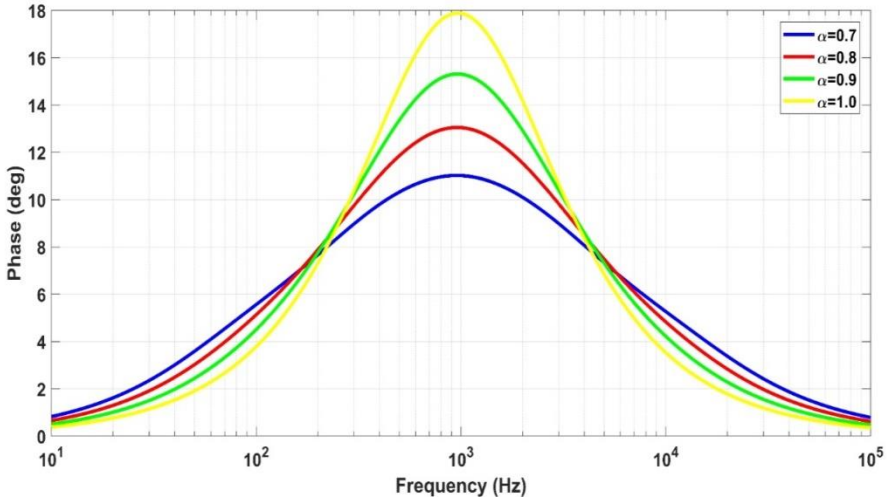
Şekil 4.5. α = 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 kesirli-dereceli parametreleri için akım modlu YG basamak süzgeç kazanç grafiği



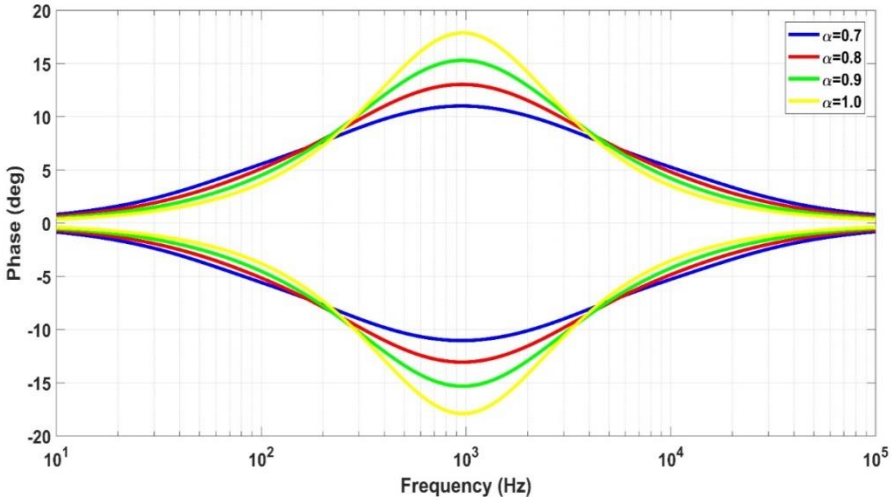
Şekil 4.6. α = 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 kesirli-dereceli parametreleri için akım modlu AG-YG basamak süzgeç kazanç grafiği



Şekil 4.7. α = 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 kesirli-dereceli parametreleri için akım modlu AG basamak süzgeç faz grafiği

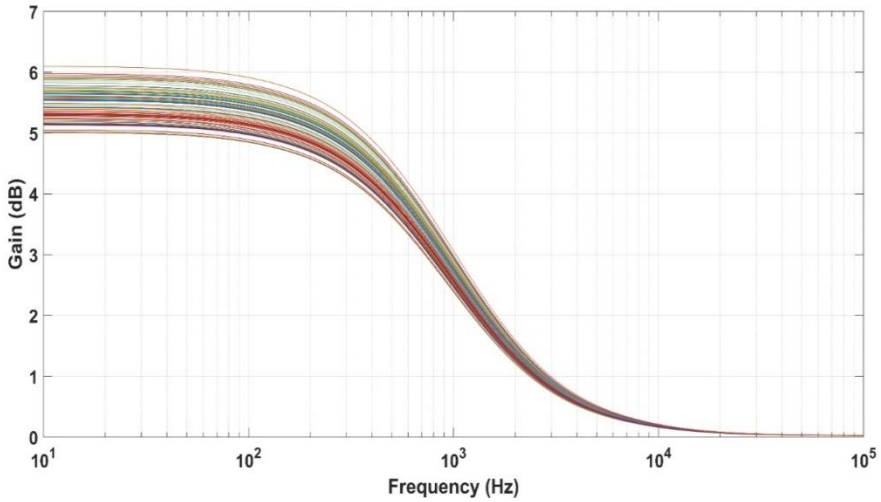


Şekil 4.8. α = 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 kesirli-dereceli parametreleri için akım modlu YG basamak süzgeç faz grafiği



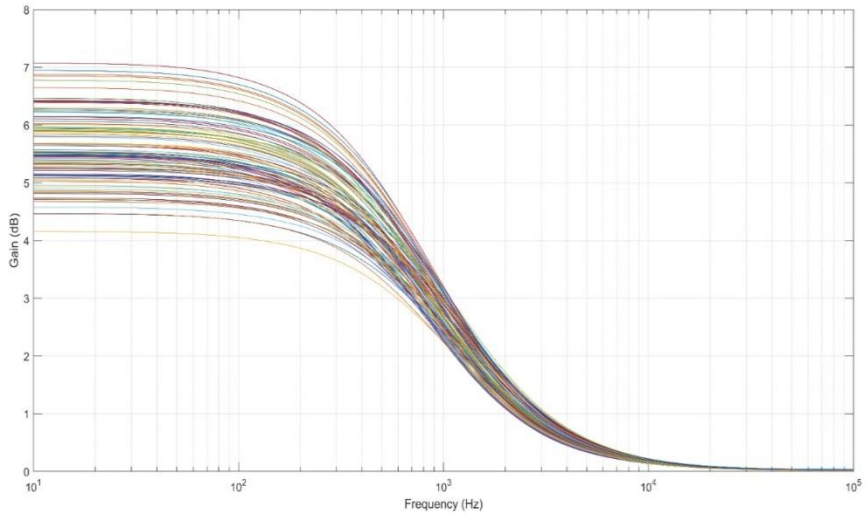
Şekil 4.9. α = 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 kesirli-dereceli parametreleri için akım modlu AG-YG basamak süzgeç faz grafiği

BJT transistörlerinin iç değerine ait parametre uyumsuzluğunu ve devrede bulunan pasif elemanlarının değer değişikliğine karşı gösterdiği duyarlılık ölçüldü. Bu ölçümü PSpice programı tarafından sunulan Monte-Corlo (N= 100 runs) analiz aracı kullanılarak yapıldı. Alçak geçiren kesirli-dereceli (a=0.9) basamak süzgecine uygulandı. İlk olarak bu analiz BJT' nin doyma akımları (I_S), erken voltajları (V_{AF}) ve dahili direnç değerleri için (R_B, R_C ve R_E) 10% toleransla, akım kazançları (β_F) için 20% toleransla yapıldı. Alçak geçiren kesirli-dereceli (a=0.9) basamak süzgeci tepkisi Şekil 4.10'da gösterildi.

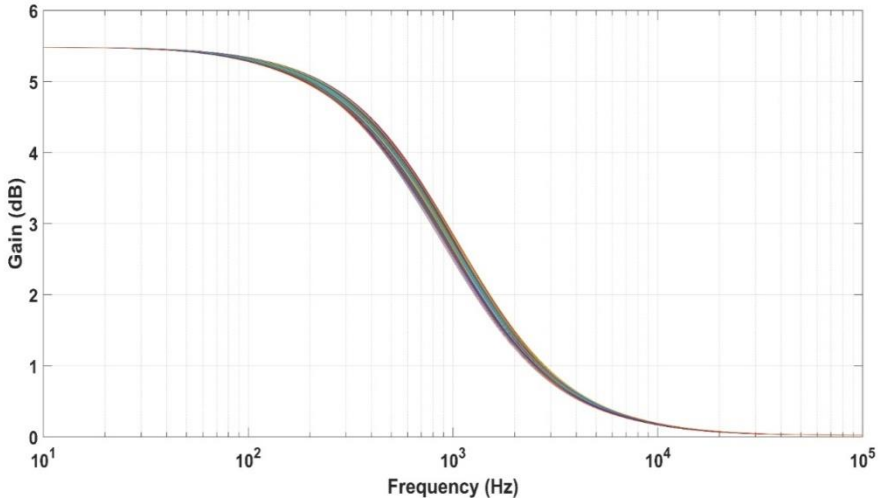


Şekil 4.10. Farklı parametre toleranslarına sahip kesirli-dereceli (α = 0,9) AG basamak süzgecinin kazanç grafiği.

İkinci olarak ise BJT parametreleri geri yüklendi ve bu sefer sadece devredeki pasif elemanların değerleri değiştirilerek duyarlılık analizi yapıldı. Devredeki direnç değerleri (R_1, R_2, R_3, R_4 ve Foster type I ağındaki tüm dirençler) 20% toleransla, devredeki kondansatör (C_α yani Foster type I ağındaki tüm kondansatörler) değeri ise 10% toleransla çalıştırılarak yapıldı. Alçak geçiren kesirli-dereceli (a=0.9) basamak süzgecine uygulandı. Bu durumlar Şekil 4.11 ve Şekil 4.12' de gösterildi. Elde edilen sonuçlardan hareketle, önerilen süzgeç topolojileri makul hassasiyet özelliklerine sahip olduğu görüldü.



Şekil 4.11. BJT parametrelerini ve kapasitör değerini sabit tutup, direnç değerlerini %20 toleransla değiştiren, kesirli-dereceli (α = 0,9) AG basamak süzgecinin duyarlılık analizi.



Şekil 4.12. BJT parametrelerini ve direnç değerini sabit tutup, kapasitör değerlerini %10 toleransla değiştiren, kesirli-dereceli (α = 0,9) AG basamak süzgecinin duyarlılık analizi.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Tasarımı tamamlanan devrelerde akım modlu CCCII elemanları kullanılarak akım modlu kesirli-dereceli AG ve YG basamak süzgeçleri elde edildi. Devrede iki adet CCCII ile topraklanmış dört adet direnç ve bir adet kondansatör kullanıldı. CCCII elemanlarından biri süzgeç yapısı için kullanılırken, diğeri giriş akımını çoğaltmak adına kullanıldı. Bu süzgeç devresinin kesim frekansı 1kHz olup akustik bantta kullanılabilecek özelliktedir. Ek olarak süzgeçler de mevcut olan pasif elemanlar değiştirilerek kesim frekansı değiştirebilir. 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. Bahsedilen bu eleman henüz ticari olarak üretilememiş olması nedeniyle kesirli kapasitörün yerine uygun görülen tam-sayı dereceli RC merdiven ağı ile değiştirilmesi uygun bulundu. Bu çalışmada kesirli-dereceli bölümün RC ağı için Foster-I RC ağı kullanıldı. Tasarlanan kesirli-dereceli basamak süzgeçlerin kesir derece parametreleri (α)= 0.7,0.8, 0.9 ve 1.0 olarak kullanıldı. Tasarlanan devrelerde CCCII 'nin iç yapısı BJT elemanları kullanılarak dizayn edildiğinden düşük frekanslı sistemler içinde kullanılması uygundur. Süzgeçler için PSpice programı ile elde edilen simülasyon sonuçlarına bakılarak; teorik bilgiler ile alınan sonuç çıktılar birbirini desteklediği doğrulandı. Tasarısı yapılan akım modlu kesirli dereceli basamak süzgeçlerinin esas avantajı geçiş bandından durdurma bandına geçiş eğiminde ekstradan bir serbestlik derecesi sağlaması ve AG basamak süzgeç ses sinyalinin alt ucundaki frekans değerlerini etkilerken, YG basamak süzgeç ise; ses sinyalinin üst ucundaki frekans değerlerini etkilemektedir. Akustik bant uygulamalarında bu derece düzenlemesinden yararlanılarak dinleme deneyiminde bir iyileştirmeye imkan sağlanır. Önerilen kesirli-dereceli basamak süzgeç devreleri ekolayzırlar, araç stereoları gibi ses bandı uygulamalarında kullanılabilir.

5.2. Öneriler

İlerleyen dönemlerde, çalışmanın gerçekleşmesiyle karşılaşılabilecek en büyük dezavantaj kullandığımız ideal olmayan devre eleman karakteristik değerlerinden meydana gelebilecek bozulma ve olası kayma konusu üstünde durulabilir.

Bu tez çalışmasında kullanılan yöntemden yararlanılarak farklı devre yapılarının tasarımı gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

ABDELATY, A. M., RADWAN, A. G., ELWAKIL, A. S. ve PSYCHALINOS, C., 2018. Farklı yükler altında kesirli mertebeli bir dinamik PV modelinin geçici ve sabit durum yanıtı. Devreler, Sistemler ve Bilgisayarlar Dergisi, 27 (02): 1850023.

BISWAS, K., SEN, S., and DUTTA, P. K., 2006. A constant phase element sensor for monitoring microbial growth. Sensors and Actuators B: Chemical, 119 (1): 186-191.

CAPONETTO, R., GRAZIANI, S., PAPPALARDO, F., ve XIBILIA, M. G., 2013. Kesirli dereceli sistem olarak modellenen IPMC aktüatörün parametrik kontrolü. Advances in Science and Technology, 79: 63-68.

CHEN, R. ve WANG, Y., 2013. 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): 255-271.

COMEDANG, T., and INTANI, P., 2014. A±0.2 V, 0.12 μW Ccta using vtmos and an application fractional-order universal filter. Journal of Circuits, Systems and Computers, 23(09): 1450126.

ELWAKIL, A. S., 2010. Fractional-order circuits and systems: An emerging interdisciplinary research area. IEEE Circuits and Systems Magazine, 10 (4): 40-50.

ERCAN, H., 2012. Akım Taşıyıcılar ve Elektronik Devre Uygulamaları. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Kayseri, 130s.

FREEBORN, T. J., MAUNDY, B., and ELWAKIL, A. S., 2010. Field programmable analogue array implementation of fractional step filters. IET circuits, devices & systems, 4 (6): 514-524.

GÜL, T. N., 2014. İşaret akış diyagramı yöntemi ile logaritmik ortam süzgeç tasarımı. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Şanlıurfa, 108s.

HABA, T. C., ABLART, G., ve CAMPS, T., 1997. Fraktal bir fotolitografik yapının frekans tepkisi. Dielektrikler ve elektrik yalıtımı hakkında IEEE işlemleri, 4 (3): 321-326.

HOLTERS, M. and ZOLZER, U., 2006. Parametrıc Higher-Order Shelvıng Filters. 14th European Signal Processing Conference, September 4-8, Florence, s.1-4.

IONESCU, C. M., and DE KEYSER, R., 2008. Relations between fractional-order model parameters and lung pathology in chronic obstructive pulmonary disease. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 56 (4): 978-987.

KAHRAMAN, S., ve KIRÇAY, A.,2022. CCII Kullanılarak Akım Modlu, Kesirli Dereceli Evrensel Süzgeç Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 6(3): 198-211.

KAPOULEA, S., YESIL, A., PSYCHALINOS, C., MINAEI, S., ELWAKIL, A. S., and BERTSIAS, P., 2021. Fractional-order and power-law shelving filters: Analysis and design examples. Ieee Access, 9: 145977-145987.

KESERLIOGLU M. S. and KIRCAY A., 2020. Design of current-mode square-root-mode shelving filter using state-space synthesis method. 4th International Zeugma Conference on Scientific Researches, Iksad Publications, May 29-31, Gaziantep, s.109-112.

KIRCAY, A., 2007. New possibilities for the design of class-A and differential class-AB log-domain filters using state-space synthesis method. Dokuz Eylul

University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Doctor of Philosophy, Izmir, 242s.

KÖROĞLU, D. B., 2022. Çok yüksek frekans uygulamaları için akım modlu AB sınıfı logaritmik tabanlı chebyshev süzgeç tasarımı. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 61s.

MAUNDY, B., ELWAKIL, A. S., and FREEBORN, T. J., 2011. On the practical realization of higher-order filters with fractional stepping. Signal Processing, 91(3): 484-491.

NEMAT-NASSER, S., ve WU, Y., 2003. Farklı omurga iyonomerlerine ve çeşitli katyon formlarına sahip iyonik polimer-metal kompozitlerinin karşılaştırmalı deneysel çalışması. Journal of Applied Physics, 93 (9): 5255-5267.

PODLUBNY, I., PETRAS, I., VINAGRE, B. M., O'LEARY, P., and DORCAK, Ľ., 2002. Analogue realizations of fractional-order controllers. Nonlinear dynamics, 29 (1): 281-296.

PODLUBNY, I., 1999. Kesirli dereceli sistemler ve PI/sup/spl lambda//D/sup/spl mu//-denetleyiciler. Otomatik kontrol üzerine IEEE İşlemleri, 44 (1): 208-214.

RADWAN, A. G., ELWAKIL, A. S., and SOLIMAN, A. M., 2008. Fractional-order sinusoidal oscillators: design procedure and practical examples. IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers, 55(7): 2051-2063.

RADWAN, A. G., SHAMIM, A. ve SALAMA, K. N., 2011. Kesirli dereceli elemanlar teorisi tabanlı empedans eşleştirme ağları. IEEE Mikrodalga ve Kablosuz Bileşenler Mektupları, 21 (3): 120-122.

SAĞI, F. Z., 2015. Karekök ortamda akım modlu devre tasarımı. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 86s.

SEN, F., and KIRCAY, A., 2021. MO-CCCII Based Current-Mode Fractional-Order Universal Filter. Journal of Circuits, Systems and Computers, 30(08): 2150132.

SMITH, K. C. ve SEDRA, A., 1968. Mevcut konveyörYeni bir devre yapı taşı. IEEE Tutanakları, 56(8):1368-1369.

SUGI, M., HIRANO, Y., MIURA, Y. F., and SAITO, K. 1999. 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): 1627-1635.

ŞEN, F., 2019. Akım taşıyıcılar kullanılarak kesirli dereceli evrensel süzgeç tasarımının gerçekleştirilmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 86s.

TSENG, C. C., 2007. FIR ve IIR kesirli dereceden Simpson dijital entegratörlerinin tasarımı. Sinyal İşleme, 87(5): 1045-1057.

YUCE, E., KIRCAY, A., and TOKAT, S.,2008. Universal resistorless current-mode filters employing CCCIIs. International Journal of Circuit Theory and Applications, 36(5-6): 739-755.

EKLER

EK1

Pspice programı için NR100N ve PR100N modeli bipolar transistör değerleri

```
.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)
```