



İSKENDERUN TEKNİK

ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**AKTİF DEVRE ELEMANLARI
KULLANARAK FİLTRE VE OSİLATÖR
TASARIMI**

İhsan KARACAN

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

OCAK 2019



**AKTİF DEVRE ELEMANLARI KULLANARAK FİLTRE VE OSİLATÖR
TASARIMI**

İhsan KARACAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2019

İhsan KARACAN tarafından hazırlanan “AKTİF DEVRE ELEMANLARI KULLANARAK FİLTRE VE OSİLATÖR TASARIMI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet GÖKÇEN

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Dr. Öğr. Üyesi Vedat ÖZKANER

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Ekin ASLAN

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Mustafa Kemal Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 22/01/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Tolga DEPCI
Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülediğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarımı kabullendiğimi beyan ederim.



İhsan KARACAN

22/01/2019

AKTİF DEVRE ELEMANLARI KULLANILARAK FİLTRE VE OSİLATÖR TASARIMI
(Yüksek Lisans Tezi)

İhsan KARACAN

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2019

ÖZET

Günlük yaşamda kullandığımız cihazlar sayısal ve analog devre tasarımları olarak ayrılır. Sayısal devre tasarımlarının kullanımı her geçen gün artsa da analog devre tasarımlarına da ihtiyaç duyulmaktadır. Doğadaki uyaranlar analog sinyaller ile bağdaştırılabilir. Bu nedenle analog sinyal işleme devrelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Analog sinyal işleme devrelerinin en önemli devre yapılarını filtre ve osilatör devreleri oluşturur.

Bu tezde, Aktif devre elemanları kullanılarak yeni filtre ve osilatör tasarımları gerçekleştirilmiştir. Öncelikle Akım Modlu İşlemsel Yükselteç (Current Operational Amplifier, COA) kullanılarak birinci dereceden tüm geçiren filtre devresi sunulmuştur. Sunulan bu yeni devre topolojisi bir adet COA, iki adet direnç ve bir adet kondansatörden oluşmaktadır. Daha sonra son yıllarda yaygın olarak kullanılmakta olan Terslenmiş Akım Geri Beslemeli İşlemsel Yükselteç (Inverting Current Feedback Operational Amplifier, ICFOA) kullanılarak iki farklı topolojiye sahip üçüncü dereceden quadrature osilatör devreleri sunulmuştur. Sunulan üçüncü dereceden quadrature osilatör yapısı ICFOA kullanarak gerçekleştirilmiş ikinci dereceden alçak geçiren filtre ve integratörün kapalı çevrim olarak kaskat bağlanması ile oluşturulmuştur. Bu tezde ayrıca Akım Farkı Alan Tamponlu Kuvvetlendirici (Current Differencing Buffered Amplifier, CDBA) elemanını kullanarak farklı topolojilerde iki adet tüm geçiren filtre devresi ve bu filtre devrelerinin osilatör uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte aynı topolojiler kullanılarak iki farklı ikinci dereceden filtre tasarımları sunulmuştur. Sunulan tüm devrelerin çalışabilirliği PSPICE programı kullanılarak test edilmiştir. Benzetim sonuçlarının teorik analizleri doğruladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Analog devre, Aktif devre elemanı, Filtre, Osilatör

Sayfa Adedi : 45

Danışman : Dr.Öğr.Üyesi Ahmet GÖKÇEN

FILTER AND OSILATOR DESIGN USING ACTIVE CIRCUIT COMPONENTS

(M. Sc. Thesis)

İhsan KARACAN

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
ENGINEERING AND SCIENCE INSTITUTE

January 2019

ABSTRACT

The devices we use in daily life are divided into digital and analog circuit designs. Although the use of digital circuit designs increases day by day, analog circuit designs are needed. The stimuli in nature can be associated with analog signals. Therefore, analog signal processing circuits are needed. The most important circuit structures of analog signal processing circuits are filter and oscillator circuits.

In this thesis, new filter and oscillator designs have been realized by using active circuit elements. First of all, the first order allpass filter circuit is presented using the Current Operational Amplifier (COA). This new circuit topology consists of one COA, two resistors and one capacitor. Then, third order quadrature oscillator circuits with two different topologies are presented using the Inverted Current Feedback Operational Amplifier (ICFOA), which is widely used in recent years. The third-order quadrature oscillator structure is constructed by using the second-order low-pass filter using ICFOA and the cascade of the integrator as closed-loop. In this thesis, two all-pass filter and oscillators are applied in different topologies by using Current Differencing Buffered Amplifier (CDBA) element. However, two different second order filter designs are presented using the same topology. The functionality of all presented circuits has been tested using the PSPICE program. It was seen that the simulation results confirmed the theoretical analyzes.

Key Words : Analog Circuit, Active circuit element, Filter, Oscillator
Page Number : 45
Supervisor : Asst. Prof. Ahmet GÖKÇEN

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen sayın danışman hocam Dr.Öğr.Üyesi Ahmet Gökçen'e ve üzerimde emeği olan bütün hocalarıma teşekkür ediyorum. Ayrıca her zaman maddi ve manevi destekleriyle yanımda olan aileme çok teşekkür ediyorum.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1.GİRİŞ	1
2.AKTİF DEVRE ELEMANLARI	5
2.1. Akım Modlu İşlemsel Yükselteç (COA).....	5
2.1.1. COA sembolü ve tanım bağıntıları	5
2.2.Terslenmiş Akım Geri Beslemeli İşlemsel Yükselteç (ICFOA).....	6
2.2.1. ICFOA sembolü ve tanım bağıntıları.....	7
2.3. Gerilim İzleyicili Akım Farkı Kuvvetlendiricisi (CDBA)	7
2.3.1. CDBA sembolü ve tanım bağıntıları.....	8
3.ÖNERİLEN DEVRE YAPILARI.....	9
3.1. COA Kullanarak Birinci Dereceden Tüm Geçiren Filtre Tasarımı	9
3.1.1. Benzetim sonuçları.....	10
3.2. ICFOA Tabanlı Üçüncü Dereceden Quadrature Osilatör Devre Tasarımı	12
3.2.1. Benzetim sonuçları.....	16
3.3. ICFOA Tabanlı Üçüncü Dereceden Quadrature Osilatör Devre Tasarımı	19
3.3.1. Benzetim sonuçları.....	20
3.4. CDBA Kullanarak Birinci Dereceden Tüm Geçiren Filtre Tasarımı ve Osilatör Uygulaması.....	23
3.4.1. Benzetim sonuçları.....	24
3.4.2. Quadrature osilatör uygulaması	25
3.5. CDBA Kullanarak İkinci Dereceden Filtre Tasarımı.....	28

	Sayfa
3.5.1. Benzetim sonuçları.....	30
3.6. CDBA Kullanarak Birinci Dereceden Tüm Geçiren Filtre Tasarımı ve Osilatör Uygulaması.....	31
3.6.1. Benzetim sonuçları.....	33
3.6.2. Quadrature osilatör uygulaması	33
3.7. CDBA Kullanarak İkinci Dereceden Filtre Tasarımı.....	36
3.7.1. Benzetim sonuçları.....	38
4.SONUÇLAR	39
KAYNAKLAR	40
EKLER.....	43
ÖZGEÇMİŞ	44

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Tek girişli COA devre sembolü ve eşdeğer devresi	5
Şekil 2.2. Çift girişli COA devre sembolü ve eşdeğer devresi	6
Şekil 2.3. ICFOA devre sembolü	7
Şekil 2.4. ICCII ve gerilim tamponu kullanarak ICFOA gerçekleştirilmesi	7
Şekil 2.5. CDBA devre sembolü ve eşdeğer devresi.....	8
Şekil 3.1. COA tabanlı birinci dereceden tüm geçiren filtre topolojisi	9
Şekil 3.2. Akım taşıyıcı kullanarak COA gerçekleştirilmesi.....	10
Şekil 3.3. DOCCII'nın MOS yapısı	11
Şekil 3.4. Devrenin faz ve kazanç grafiği.....	11
Şekil 3.5. Önerilen tüm geçiren filtrenin zaman domain grafiği	12
Şekil 3.6. Quadrature osilatörün blok yapısı	13
Şekil 3.7. ICFOA ile gerçekleştirilmiş ikinci dereceden alçak geçiren filtre	14
Şekil 3.8. ICFOA ile gerçekleştirilmiş integratör.....	14
Şekil 3.9. Önerilen üçüncü dereceden quadrature osilatör devresi	15
Şekil 3.10. ICFOA(+)'nın CMOS gerçekleştirilmesi	16
Şekil 3.11. Üçüncü derece quadrature osilatörün geçici ve sabit durum zaman dalga formu.....	17
Şekil 3.12. Üçüncü dereceden quadrature osilatörün sabit dalga formu	17
Şekil 3.13. Üçüncü derece quadrature osilatörün frekans dalda formu.....	18
Şekil 3.14. Üçüncü derece quadrature osilatörün lissajous eğrisi	18
Şekil 3.15. ICFOA ile gerçekleştirilmiş ikinci dereceden filtre	19
Şekil 3.16. Önerilen üçüncü dereceden quadrature osilatör devresi	20
Şekil 3.17. Üçüncü derece quadrature osilatörün geçici ve sabit durum zaman dalga formu.....	21
Şekil 3.18. Üçüncü dereceden quadrature osilatörün sabit dalga formu	21
Şekil 3.19. Üçüncü derece quadrature osilatörün frekans dalda formu.....	22

	Sayfa
Şekil 3.20. Üçüncü derece quadrature osilatörün lissajous eğrisi	22
Şekil 3.21. Önerilen devre topolojisi	23
Şekil 3.22. Birinci mertebeden tüm geçiren filtre devresi	24
Şekil 3.23. CDBA'nın AD844 ile gerçekleştirilmesi	25
Şekil 3.24. Birinci dereceden tüm geçiren filtre devresinin faz ve kazanç grafiği	25
Şekil 3.25. CDBA ile gerçekleştirilmiş integratör	26
Şekil 3.26. Quadrature Osilatör devresi	26
Şekil 3.27. Quadrature osilatör osilasyon çıkışı	27
Şekil 3.28. Quadrature osilatör FFT	28
Şekil 3.29. İkinci dereceden filtre devrelerinin benzetim sonuçları	31
Şekil 3.30. Önerilen birinci dereceden tüm geçiren filtre devre topolojisi	32
Şekil 3.31. Birinci dereceden tüm geçiren filtre devresi	32
Şekil 3.32. Birinci dereceden tüm geçiren filtre devresinin faz ve kazanç grafiği ..	33
Şekil 3.33. Quadrature osilatör devresi	34
Şekil 3.34. Quadrature osilatör osilasyon çıkışı	35
Şekil 3.35. Quadrature osilatör FFT sinyal çıkışı	35
Şekil 3.36. İkinci dereceden filtre devrelerinin benzetim sonuçları	38

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Önerilen filtre topolojisi için admittans seçimi	28
Çizelge 3.2. Filtre parametreleri	30
Çizelge 3.3. Önerilen filtre topolojisi için admittans seçimi	36
Çizelge 3.4. Filtre parametreleri	37



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

C	Kondansatör
db	Desibel
f_o	Kesim frekansı
Hz	Hertz
I	Akım
R	Direnç
V	Gerilim
Y	Admittans
w_o	Açısal frekans
Q	Kalite faktörü

Kısaltmalar

Açıklamalar

AC	Alternating Current (Alternatif Akım)
BDF	Bant Durduran Filtre
BGF	Bant Geçiren Filtre
CCI	First Generation Current Conveyor (Birinci Nesil Akım Taşıyıcı)
CCII	Second Generation Current Conveyor (İkinci Nesil Akım Taşıyıcı)
CCIII	Third Generation Current Conveyor (Üçüncü Nesil Akım Taşıyıcı)
CDA	Norton Amplifier veya Current Difference Amplifiers (Norton Kuvvetlendiriciler)
CDBA	Current Differencing Buffered Amplifier (Gerilim İzleyicili Akım Farkı Kuvvetlendiricisi)

CDTA	Current Differencing Transconductance Amplifier (Akım Farkını Alan Geçiş İletkenliği Kuvvetlendiricisi)
CFOA	Current Feedback Operational Amplifier (Akım Geri Beslemeli İşlemsel Kuvvetlendirici)
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor (Tümler Metal Oksit Yarıiletken)
COA	Current Operational Amplifier (Akım Modlu İşlemsel Kuvvetlendirici)
DDA	Differential Difference Amplifier (Diferansiyel Fark Kuvvetlendiricisi)
DDCC	Differential Difference Current Conveyor (Diferansiyel Fark Akım Taşıyıcı)
DOCCII	Dual-Output Second Generation Current Conveyor (Çift Çıkışlı ikinci Nesil Akım Taşıyıcı)
DVCC	Differential Voltage Current Conveyor (Diferansiyel Gerilimli Akım Taşıyıcısı)
FTFN	Four Terminal Floating Nullor (Dört Uçlu Yüzen Nulör)
IC	Integrated Circuit (Tümleşik Devre)
ICCI	Second Generation Inverting Current Conveyor (İkinci Nesil Eviren Akım Taşıyıcı)
ICFOA	Inverting Current Feedback Operational Amplifier (Terslenmiş Akım Geri Beslemeli İşlemsel Yükselteç)
MCCIII	Modified Third Generation Current Conveyor (Geliştirilmiş Üçüncü Nesil Akım Taşıyıcı)
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (Metal Oksit Yarıiletken Alan Etkili Tranzistör)
OMA	Operational Mirrored Amplifier (İşlemsel Aynalı Kuvvetlendirici)
Opamp	Operational Amplifier (İşlemsel Kuvvetlendirici)
OTA	Operational Transconductance Amplifier (İşlemsel Geçiş İletkenliği Kuvvetlendiricisi)

OTRA	Operational Transrezistance Amplifier (İşlemsel Geçiş Direnç Kuvvetlendirici)
PSPICE	Personal Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis
RTL	Resistor Transistor Logic (Direnç Tranzistör Lojik)
TGF	Tüm Geçiren Filtre
VLSI	Very Large Scale Integration (Çok Büyük Ölçekli Tümüleştirme)
YGF	Yüksek Geçiren Filtre



1. GİRİŞ

Devre sentezinde kullanılan elektronik devre elemanları güç kullanımına göre aktif devre elemanı ve pasif devre elemanı olarak ikiye ayrılır. Pasif devre elemanları çalışmak için besleme gerilimine ihtiyaç duymayan, bulunduğu devrede enerji harcayan ya da depo eden elemanlardır. Direnç, kondansatör, bobin pasif devre elemanlarıdır. Aktif devre elemanları pasif devre elemanlarının aksine çalışmak için besleme gerilimine ihtiyaç duyan ve bulunduğu devrede enerji üreten elemandır. Diyot, transistör, opamp, mosfet gibi elektronik elemanlar aktif devre elemanlarına örnek olarak verilebilir. Sadece pasif devre elemanları kullanılarak gerçekleştirilen devrelere pasif devre sentezi, en az bir aktif devre elemanı kullanılarak gerçekleştirilen devrelere aktif devre sentezi denir.

1947 yılında Bardeen ve Brattain tarafından gerçekleştirilen transistörün keşfi ve sonrasında gerçekleşen teknolojik gelişmeler çok sayıda elemandan oluşan devrelere, bir bütün olarak gerçekleştirme imkânı sunmuştur. Böylece tümleşik devre (IC) kavramı ortaya çıkmıştır. 1960 yılında gerçekleştirilen ilk tümleşik devre 4 elemana sahip RTL (Resistor Transistor Logic) devresidir. Tümleşik devrelerdeki eleman sayısı her geçen gün artarak devam etmiştir. 1982'li yıllarda VLSI (Very Large-Scale Integration) olarak isimlendirilen sistemlerde eleman sayıları 100 000'leri bulan tümleşik devreler gerçekleştirilmiştir [1]. Tümleşik devre teknolojisindeki gelişmeler birçok tümleşik aktif devre elemanın elde edilmesine olanak sağlamıştır.

1965 yılında gerçekleştirilen İşlemsel Kuvvetlendirici (OP-AMP) uzun yıllar boyunca birçok devre tasarımlarında kullanılmıştır. Devre tasarımlarında en fazla kullanılan diğer eleman olan İşlemsel Geçişiletkenliği Kuvvetlendirici (OTA) 1969 yılında RCA firması tarafından tanıtılmıştır. CMOS OTA yapıları tanıtıldıkça kullanımı artmıştır. Smith ve Sedra 1968 yılında akım taşıyıcı yapısını literatüre sunmuştur [2]. Birinci Nesil Akım Taşıyıcı (CCI) olarak da adlandırılan bu yapının empedans sınırlamaları, akım hataları gibi olumsuzluklarını ortadan kaldırmak amacıyla 1970 yılında yine Smith ve Sedra tarafından İkinci Nesil Akım Taşıyıcı (CCII) sunulmuştur [3]. Ardından akım taşıyıcıların bir başka türü olan Üçüncü Nesil Akım Taşıyıcı (CCIII) 1995 yılında Fabre tarafından literatüre eklenmiştir [4]. Daha sonra da devre tasarımında yeni olanaklar sağlamak için Geliştirilmiş Üçüncü Nesil Akım Taşıyıcı (MCCII) tanıtılmıştır [5]. Akım taşıyıcı tabanlı Gerilim İzleyici

Akım Farkı Kuvvetlendiricisi (CDBA) 1999 yılında Acar ve Özoğuz tarafından tanıtılmıştır [6].

İşlemsel kuvvetlendirici ile başlayan ve tümleşik devre teknolojisinin gelişmesiyle birçok aktif devre elemanı elde edilmiştir. Bunlardan bazıları; İşlemsel Kuvvetlendiriciler (Operational Amplifier - OPAMP), Norton Kuvvetlendiriciler (Norton Amplifier veya Current Difference Amplifiers - CDA), Geçiş İletkenliği Kuvvetlendiricisi (Operational Transconductance Amplifier - OTA), Birinci Nesil Akım Taşıyıcı (First Generation Current Conveyor - CCI), İkinci Nesil Akım Taşıyıcı (Second Generation Current Conveyor - CCII), Üçüncü Nesil Akım Taşıyıcı (Third Generation Current Conveyor - CCIII), Akım Geribeslemeli Kuvvetlendirici (Current Feedback Amplifier-CFOA), Dört Uçlu Yüzen Nulor (Four Terminal Floating Nullor - FTFN), Akım İşlemsel Kuvvetlendiricisi (Current Operational Amplifier - COA), İşlemsel Aynalanmış Kuvvetlendirici (Operational Mirrored Amplifier - OMA), Diferansiyel Fark Kuvvetlendiricisi (Differential Difference Amplifier - DDA), Diferansiyel Gerilimli Akım Taşıyıcısı (Differential Voltage Current Conveyor - DVCC), Gerilim İzleyicili Akım Fark Kuvvetlendiricisi (Current Differencing Buffered Amplifier - CDBA), Akım Farkını Alan Transkonduktans Kuvvetlendiricisi (Current Differencing Transconductance Amplifier-CDTA), İşlemsel Geçiş-direnç Kuvvetlendirici (Operational Transresistance Amplifier-OTRA) ve daha birçok aktif devre elemanı literatüre sunulmuştur ve sunulmaya devam etmektedir. Sunulan aktif devre elemanları analog devreler için yeni imkânlar sunmuştur ve bu aktif devre elemanları kullanılarak birçok analog devre gerçekleştirilmiştir [7-28]. Bu analog devre yapılarının başında filtre devreleri gelir.

Filtre devrelerini yapısal olarak pasif filtre ve aktif filtre olarak ikiye ayırabiliriz. Direnç, kondansatör ve endüktans gibi pasif elemanlar kullanılarak gerçekleştirilen filtrelere pasif filtreler denir. Aktif filtre ise en az bir aktif devre elemanı ile birlikte dirençlerle, kondansatörlerle veya her ikisinin kullanımı ile gerçekleştirilir. Aktif filtrelerin pasif filtrelere göre güç kazancı, giriş çıkış empedans uyumluluğu, tümleşik devre yapısına uygunluk gibi avantajları vardır [29]. Aktif filtrelerin pasif filtrelere göre dezavantajı olarak aktif elemanların besleme gerilimine ihtiyaç duyması ve çalışma frekansını aktif devre elemanın çalışma frekansı ile sınırlı olması söylenebilir.

Filtre ve Osilatör devreleri elektronik sistemlerde en çok kullanılan analog devre yapılarıdır. Filtre devreleri belirlenen frekandaki işaretlerin seçiminde kullanılır ve belirlenen frekans değerindeki işaretleri geçirirken diğer frekans değerindeki işaretler engellenir. Böylelikle elektronik sistemlere gelen işaretler içinden sistem için gerekli işaretin seçilmesini sağlarken, sistem için istenmeyen gürültü, parazit veya diğer sistemlere ait işaretlerin engellenmesini sağlar. Geniş bir uygulama alanı bulunan filtre devreleri özellikle tv, radyo, haberleşme sistemleri için gerekli devrelerdir. Ayrıca tıbbi elektronik, jeofizik ve uzaktan ölçüm gibi birçok bilimsel araştırma yapılırken de sıklıkla kullanılırlar. Filtre devreleri frekans geçirme aralığına göre tüm geçiren, alçak geçiren, yüksek geçiren, bant geçiren, bant durduran olmak üzere 5'e ayrılır.

Tüm geçiren filtre devreleri girişine uygulanan sinyalin genliğinde artma ya da azalma hiçbir değişiklik yapmaz ve tüm frekansları iletir, ancak frekansa bağlı olarak sinyalin fazını değiştirir. Tüm geçiren filtreler düz frekans yanıtı filtreler olarak adlandırılabilir. Spektrumun hiçbir bölümünü vurgulamazlar, sinyalleri zamanın bir fonksiyonu olarak değiştirirler. Genliğini değiştirmeden filtreden geçen sinyallerin fazlarını seçici olarak ayarlayabilir. Tüm geçiren filtrelere ayrıca gecikme dengeleyicileri veya faz düzelticileri de denebilir. Tüm geçiren filtre devreleri, çeşitli frekansa bağlı zaman hizalama veya zaman değiştirme işlevlerini gerçekleştiren devre tasarımlarında, bir kanalın veya başka bir filtrenin faz yanıtını eşitlenmesinde, osilatör devreleri ve yüksek Q (Quality- Kalite) faktörlü bant geçiren filtrelerin elde edilmesinde kullanılırlar.

Alçak geçiren filtreler kesim frekansı değerinin altındaki frekansları geçiren üstündeki frekansları ise zayıflatan bir devredir. Kesim frekansı çıkış geriliminin bant geçirme frekansına göre 0,707 kat düştüğü frekanstır. Alçak geçiren filtrelerde 0 Hz den başlayıp kesim frekansına kadar olan frekanslar bant geçirme frekansı kesim frekansından sonraki frekanslar bant söndürme frekansıdır. Yüksek frekanslı sinyallerin istenmediği uygulamalarda alçak geçiren filtre devreleri kullanılır.

Yüksek geçiren filtreler alçak geçiren filtrelerin tersi gibi çalışır. Yüksek geçiren filtre kesim frekansına kadar çıkış gerilimini azaltan kesim frekansından sonra sabit bir kazançta sahip olan filtre çeşididir. Yüksek geçiren filtreler için 0 Hz den başlayıp kesim frekansına kadar olan frekanslar bant söndürme frekansı kesim frekansından sonraki frekanslar bant geçirme frekansıdır.

Bant geçiren filtre belirli bir frekans aralığındaki işaretleri geçiren diğer frekanstaki işaretleri geçirmeyen filtre çeşididir. Bant geçiren filtre alt kesim frekansı ile üst kesim frekansı arasında kazancı yüksek bu frekans aralığı dışında kalan frekanslarda kazancı oldukça düşüktür. Elektronik sistemlerde belirli frekanstaki sinyalleri ayırmak için kullanılır.

Bant durduran filtreler bant geçiren filtrenin aksine belirli bir frekans aralığındaki işaretleri geçirmeyen diğer frekans değerlerindeki işaretleri geçiren filtredir. İstenmeye parazit etkisi yapan işaretlerin devre üzerindeki etkisinden kurtulmak için kullanılır.

Analog devrelerin önemli yapılarından biri de osilatör devreleridir. Osilatörler kendi kendine osilasyon sinyal üretebilen yapılardır. Osilatör devreleri her hangi bir giriş sinyali uygulanmadan periyodik AC sinyal üreten devrelerdir. Aslında bir osilatör, kendi giriş sinyalini kendi temin eden bir yükselteç devresidir. Osilatör bir yükselteç aracılığı ile verdiği çıktıyı girdi olarak tekrar alır bu duruma pozitif geri besleme adı verilir böylece sinyal kendini sürekli yenilemiş olur.

Osilatör devreleri sinüzoidal, kare, testere dişli gibi sinyaller üretir. Çıkışında sinüzoidal işaret veren osilatörler sinüzoidal osilatörler, kare, üçgen, testere dişli gibi sinyaller veren osilatörler sinüzoidal olmayan osilatör denir.

Osilatörler haberleşme ve otomasyon sistemlerinde yaygın biçimde kullanılmaktadır. Haberleşme sistemlerinde taşıyıcı sinyalin üretiminde, karıştırıcı katlarında bir frekansı diğerine dönüştürmek için sinüzoidal osilatör kullanılır aynı zaman da sayısal haberleşmede kare dalga üreten osilatör devreleri aynı görevi yerine getirir. Otomasyon devreleri içinde önemli olan osilatör mikro denetleyicinin çalışması için gerekli olan bir kare dalga (saat sinyali) üreterek tetiklenmesini sağlar. Kısacası osilatörler istenilen yerde istenilen miktarda ve istenilen türden sinyalin üretilmesini sağlamak ve ihtiyaçlarımızı gidermek için kullanılır.

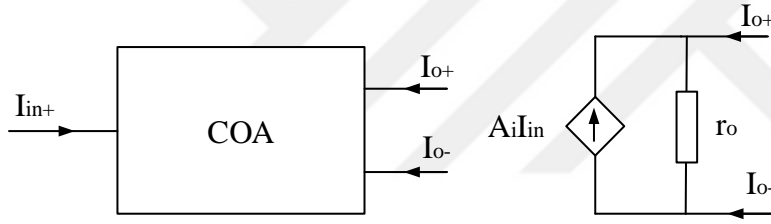
2. AKTİF DEVRE ELEMANLARI

2.1. Akım Modlu İşlemsel Yükselteç (COA)

Akım modlu işlemsel yükselteç elemanı düşük empedanslı giriş uçlarına ve yüksek empedanslı çıkış uçlarına sahiptir. Yüksek empedanslı çıkış uçlarına sahip olması COA ile gerçekleştirilen akım modlu devrelerin ek bir devre gerekmeksizin art arda bağlanmasına olanak sağlar. COA elemanın giriş uçlarının içten topraklı olması kaçak kapasitelere duyarlı devreler elde etme imkânı sağlar. COA elemanın ideal çalışma durumunda açık çevrim kazancı sonsuza yaklaşır böylece giriş akımları eşitlenir. Bu sebepten COA elemanı geri beslemeli olarak kullanılır.

2.1.1. COA sembolü ve tanım bağlantıları

Tek girişli çift çıkışlı COA'nın sembolü ve eşdeğer devresi Şekil 2.1'de gösterilmektedir.

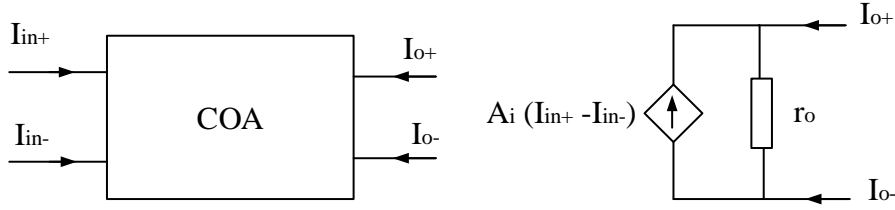


Şekil 2.1. Tek girişli COA devre sembolü ve eşdeğer devresi

Şekil 2.1'deki COA'ya ilişkin ideal haldeki tanım bağlantıları Eş. 2.1 ile ifade edilir.

$$\begin{bmatrix} V_{in} \\ I_o^+ \\ I_o^- \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ A_i & 0 & 0 \\ -A_i & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{in} \\ V_o^+ \\ V_o^- \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Çift girişli çift çıkışlı (tamamen farksal) COA'nın sembolü ve eşdeğer devresi Şekil 2.2'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Çift girişli COA devre sembolü ve eşdeğer devresi

Şekil 2.2'deki COA'ya ilişkin ideal haldeki tanım bağlantıları Eş. 2.2 ile ifade edilir.

$$\begin{bmatrix} V_{in}^+ \\ V_{in}^- \\ I_o^+ \\ I_o^- \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ A_i & -A_i & 0 & 0 \\ -A_i & A_i & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{in}^+ \\ I_{in}^- \\ V_o^+ \\ V_o^- \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

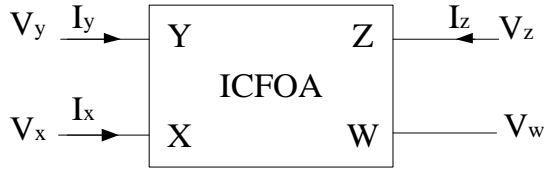
Tanım bağlantılarında A_i açık çevrim akım kazancı olup idealde sonsuza ulaşır. İdeal halde akım modlu işlemsel kuvvetlendiricisinin giriş direnci sıfır, açık çevrim akım kazancı ve çıkış direnci sonsuzdur.

2.2.Terslenmiş Akım Geri Beslemeli İşlemsel Yükselteç (ICFOA)

Terslenmiş akım geri beslemeli işlemsel yükselteç elemanı, terslenmiş ikinci nesil akım taşıyıcı (ICCII) elemanının çıkış ucunun gerilim tamponlanmasıyla elde edilir. ICCII elemanı sahip olduğu özelliklerinden dolayı analog devrelerde çokça tercih edilmektedir. Fakat sahip olduğu yüksek empedanslı çıkış ucu bu elemanın gerilim modlu devrelerde kullanımı için olumsuzluk oluşturuyordu. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak için ICCII elemanının çıkış ucuna gerilim tamponlanması uygulanmıştır ve düşük empedanslı yeni bir çıkış ucu elde edilmiştir. Oluşan bu yeni yapı terslenmiş akım geri beslemeli işlemsel yükselteç (ICFOA) olarak adlandırılmıştır.

2.2.1. ICFOA sembolü ve tanım bağıntıları

ICFOA elemanına ait devre sembolü Şekil 2.3’de gösterilmektedir.



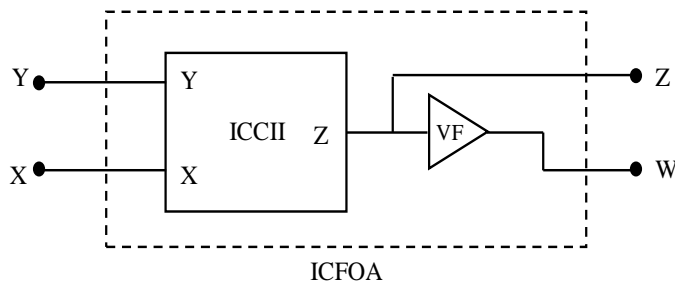
Şekil 2.3. ICFOA devre sembolü

ICFOA elemanın tanım bağlantıları Eş. 2.3’de verilen denklem takımıyla tanımlanır.

$$\begin{bmatrix} I_y \\ I_z \\ V_x \\ V_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \pm 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_w \\ I_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

$I_z = \pm I_x$ ifadesindeki pozitif veya negatif işaret terslenmiş akım geri beslemeli işlemsel yükseltcin ICFOA(+) veya ICFOA(-) olduğunu göstermektedir.

ICFOA Şekil 2.4’de gösterildiği gibi ICCII ve gerilim tamponu (VF) kullanılarak elde edilir.



Şekil 2.4. ICCII ve gerilim tamponu kullanarak ICFOA gerçekleştirilmesi

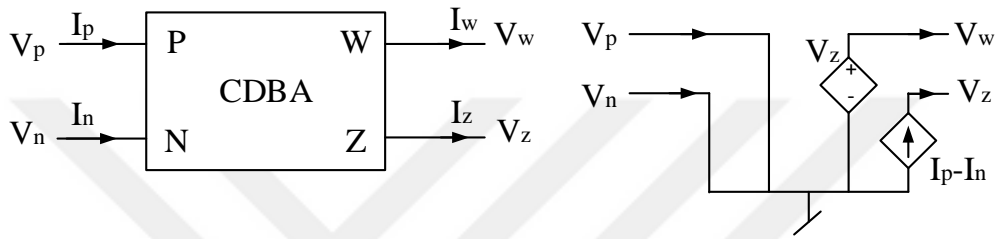
2.3. Gerilim İzleyicili Akım Farkı Kuvvetlendiricisi (CDBA)

Gerilim İzleyicili Akım Farkı Kuvvetlendiricisi (CDBA) , 2 adet giriş 2 adet çıkış ve 1 ucu toprak olarak kullanılan beş terminalli aktif elemandır. CDBA elemanı yüksek hız oranı, parazitlik kapasitans yokluğu, geniş bant genişliği ve basit uygulama gibi avantajlı özellikler

sunmaktadır. Ayrıca CDDBA elemanın giriş ve çıkış uçlarının düşük empedanslı olması CDDBA elemanı ile gerçekleştirilen devrelerin geniş bantlı olarak çalışabilmesine olanak sağlamaktadır.

2.3.1. CDDBA sembolü ve tanım bağıntıları

CDDBA'nın devre sembolü ve eşdeğer devresi Şekil 2.5'de gösterilmektedir. Burada p ve n giriş uçları, w ve z uçları çıkış uçları olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2.5. CDDBA devre sembolü ve eşdeğer devresi

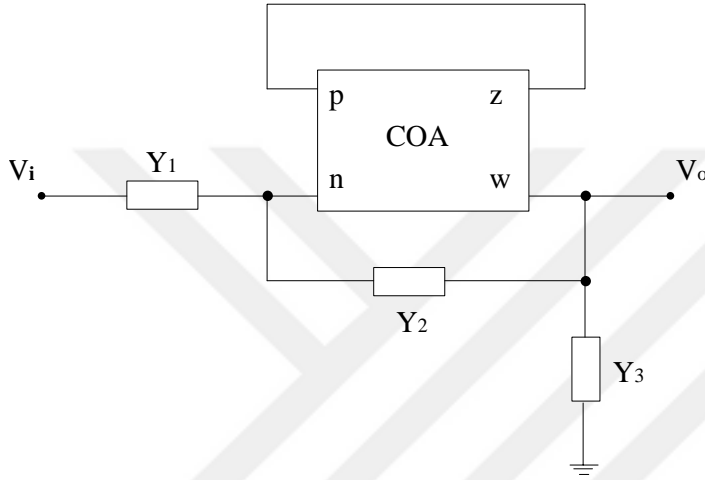
CDDBA'ya ilişkin ideal haldeki tanım bağıntıları Eş. 2.4 ile ifade edilir.

$$\begin{bmatrix} V_p \\ V_n \\ I_z \\ V_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_p \\ I_n \\ V_z \\ I_w \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

3. ÖNERİLEN DEVRE YAPILARI

3.1. COA Kullanarak Birinci Dereceden Tüm Geçiren Filtre Tasarımı

Tek COA elemanı ve üç adet pasif eleman kullanılarak gerçekleştirilen birinci dereceden tüm geçiren filtre topolojisi Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Topolojiye ait transfer fonksiyonu Eş. 2.2’de verilen COA elemanın tanım bağlantıları kullanılarak hesaplanmıştır ve Eş. 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. COA tabanlı birinci dereceden tüm geçiren filtre topolojisi

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{Y_2 - Y_1}{Y_2 + Y_3} \quad (3.1)$$

Eş. 3.1’deki transfer fonksiyonu için uygun admittans değerleri $Y_1=G_1$, $Y_2=sC_2$ ve $Y_3=G_3$ olarak belirlendikten sonra transfer fonksiyonu Eş. 3.2’deki gibi olur.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{sC_2 - G_1}{sC_2 + G_3} = \frac{s - \frac{I}{R_1C_2}}{s + \frac{I}{R_3C_2}} \quad (3.2)$$

Devrenin birinci dereceden tüm geçiren filtre olarak çalışması için direnç değerleri $R_1=R_3=R$ olarak seçilmelidir. Kondansatör değeri de $C_2=C$ olarak belirlendikten sonra transfer fonksiyonu Eş. 3.3’deki şeklini alır.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{s - \frac{1}{RC}}{s + \frac{1}{RC}} \quad (3.3)$$

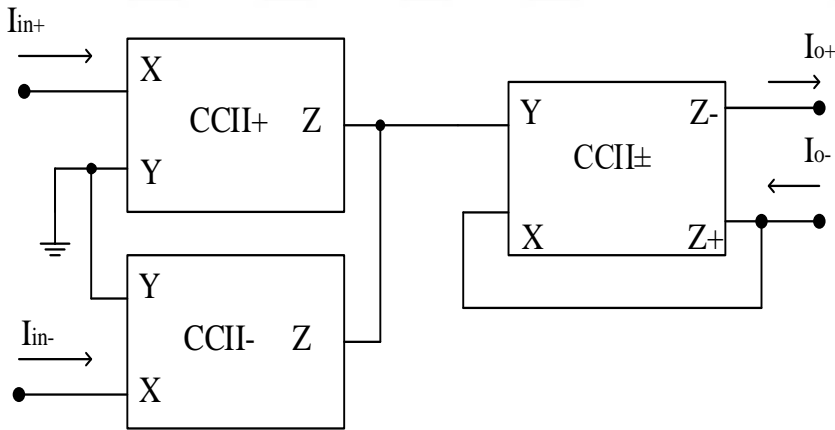
Önerilen birinci dereceden tüm geçiren filtre devresinin açısıl frekansı Eş. 3.4'deki gibi hesaplanır buradan devrenin kesim frekansı Eş. 3.5'deki hesaplanır.

$$\omega_o = \frac{1}{RC} \quad (3.4)$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC} \quad (3.5)$$

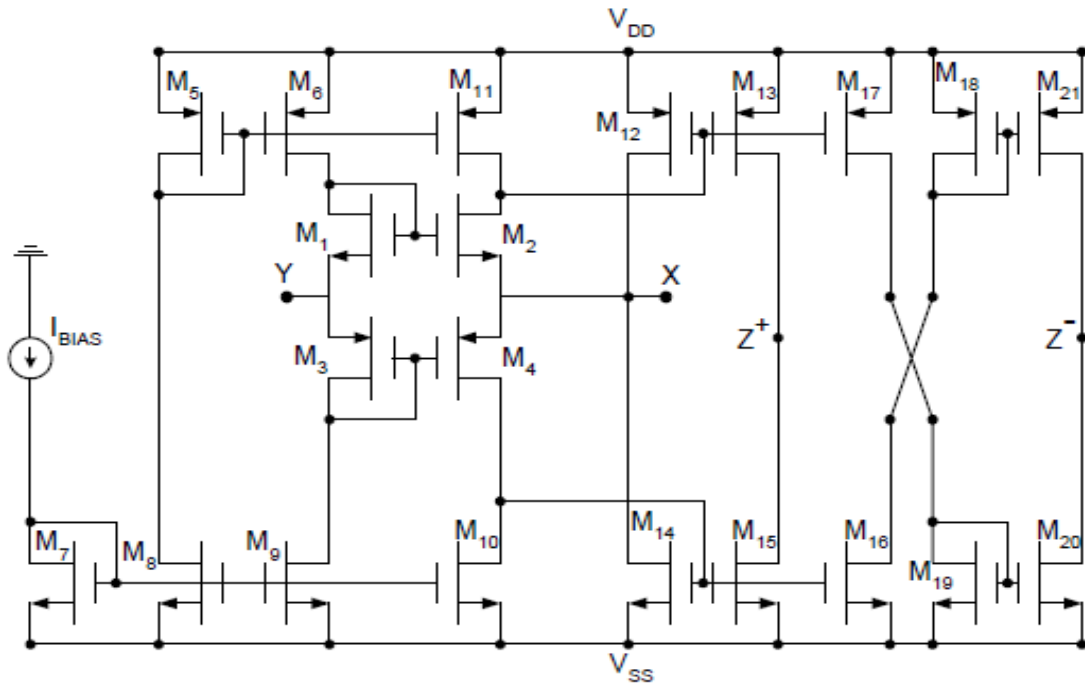
3.1.1. Benzetim sonuçları

Bu çalışmada kullanılan COA, Şekil 3.2'de gösterildiği gibi üç akım taşıyıcı bloğu bağlanarak gerçekleştirilmiştir [30]. CCII+ ve CCII- çift çıkışlı CCII'den elde edilebildiğinden, COA'yı mimaride sadece çift çıkışlı akım taşıyıcı blokları kullanarak uygulamak mümkündür.



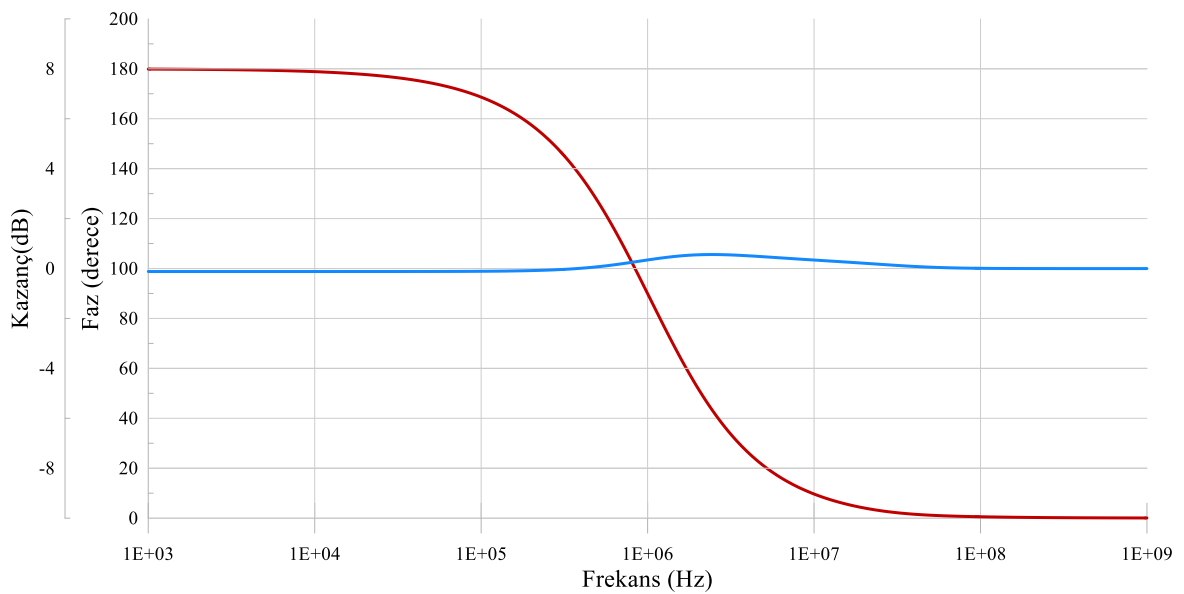
Şekil 3.2. Akım taşıyıcı kullanarak COA gerçekleştirilmesi

Önerilen devrenin performansı, MOSIS 0,35 μm CMOS işlem parametreleri kullanılarak PSPICE benzetim programı ile değerlendirildi. Benzetimde kullanılan DOCCII'nin MOS uygulaması Şekil 3.3'te gösterilmiştir [31]. Devre, $\pm 1,25$ V'luk simetrik voltajlarla beslenir.



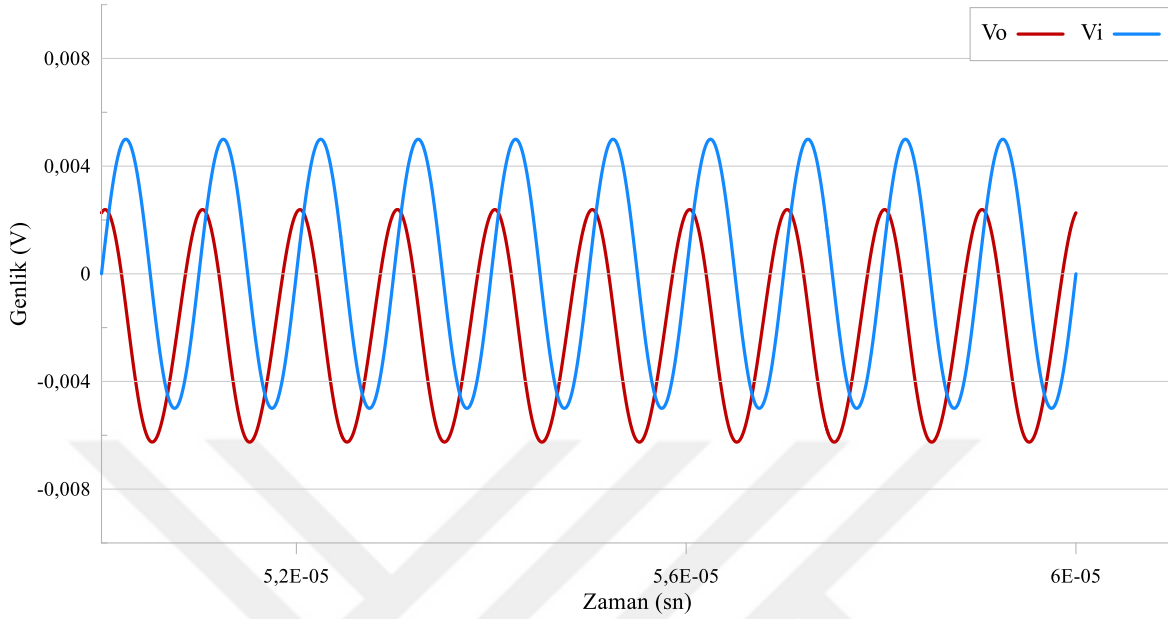
Şekil 3.3. DOCCII'nin MOS yapısı

Devrede kullanılan pasif elemanların değeri $R=250\Omega$ ve $C=600\text{pF}$ olarak belirlenmiştir. Kesim frekansının (f_0) hesaplanan değeri 1,06 MHz'dir. Benzetimde ölçülen frekans 1,01 MHz'dir. 1 mV genlikli sinüzoidal giriş sinyali için, çıkış sinyalinin toplam harmonik distorsiyonu (THD)% 4,2 olarak ölçülür. Faz hatası% 2'dir ve devrenin toplam güç kaybı 1,66 mW'dır. Önerilen birinci dereceden tüm geçiren filtrenin kazanç ve faz yanıtları aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 3.4. Devrenin faz ve kazanç grafiği

Şekil 3.5’de 1 MHz’de 5mV genliğe sahip sinüzoidal bir giriş sinyali için önerilen tüm geçiren filtrenin zaman domain tepkisini göstermektedir.

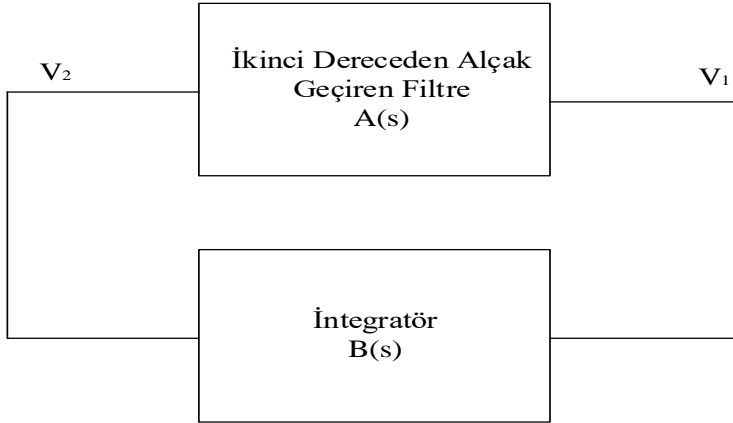


Şekil 3.5. Önerilen tüm geçiren filtrenin zaman domain grafiği

Tasarlanan devre basit devre yapısı, yüksek doğrulukta çalışma, düşük distorsiyon, düşük faz hatası, düşük güç tüketimi ve IC tekniği için istenen özellik olan MOS-C uygulamasının avantajlarına sahiptir.

3.2. ICFOA Tabanlı Üçüncü Dereceden Quadrature Osilatör Devre Tasarımı

İkinci dereceden alçak geçiren filtre ve integratör yapısının kaskat bağlanıp kapalı çevrim oluşturması ile osilatör devresi elde etmek mümkündür. Çıkışlarında 90° faz farkıyla iki adet osilasyon sinyali elde edilen bu tarz osilatörler çıkış işaretlerinin faz farkından dolayı quadrature osilatör olarak isimlendirilirler. Bu çalışmada, son zamanlarda oldukça fazla dikkat çeken bir aktif eleman olan Terslenmiş Akım Geri Beslemeli İşlemsel Yükselteç (ICFOA) kullanılarak üçüncü dereceden quadrature osilatör devresi sunulmuştur. Topolojide iki adet ICFOA, üç adet kondansatör ve üç adet direnç kullanılmıştır. Şekil 3.6’da üçüncü dereceden quadrature osilatörün genel yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Quadrature osilatörün blok yapısı

Üçüncü dereceden quadrature osilatör devresi transfer fonksiyonu $A(s)$ olan ikinci derece alçak geçiren bir filtre ve transfer fonksiyonu $B(s)$ olan integratörün kaskat olarak bağlanarak kapalı çevrim oluşturmasıyla oluşur. Bu kapalı döngü yapının kazancı $A(s).B(s)$ 'dir. Quadrature osilatörün denklemi ve salınım oluşturma koşulu aşağıdaki denklemlerdeki gibidir.

$$A(s).B(s) = \frac{-a_3}{s(a_0s^2 + a_1s + a_2)} \quad (3.6)$$

Eş. 3.6'de ifade edilen $A(s)$ ve $B(s)$ denklemleri aşağıdaki gibidir

$$A(s) = \frac{1}{a_0s^2 + a_1s + a_2}, B(s) = -\frac{a_3}{s} \quad (3.7)$$

Sürekli bir salınım elde etmek için, $V_o = V_{in}$ alınır ve karakteristik denklem Eş. 3.8'deki gibi elde edilir.

$$a_0s^3 + a_1s^2 + a_2s + a_3 = 0 \quad (3.8)$$

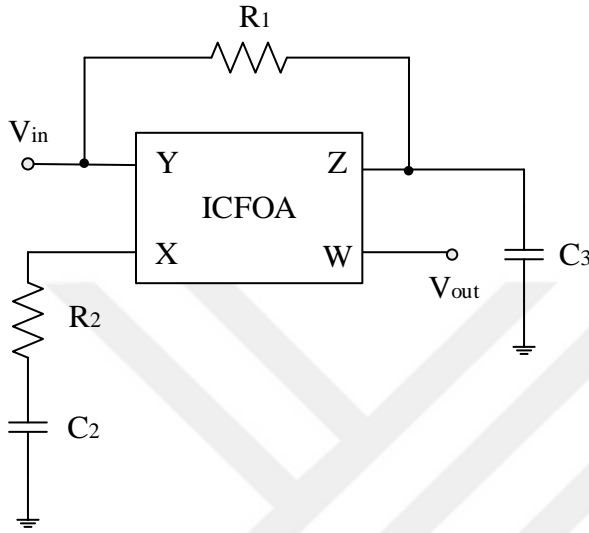
Bu karakteristik denklemden faydalanarak Osilasyon şartı (CO) ve osilasyon frekansı (FO) belirlenir.

$$\text{CO: } a_0a_3 = a_1a_2 \quad (3.9)$$

$$\text{FO: } w_o = \sqrt{\frac{a_3}{a_1}} = \sqrt{\frac{a_2}{a_0}} \quad (3.10)$$

Eğer bu yapı oluşturulup koşul yerine getirilirse 90° faz farkına sahip iki adet sinüzoidal sinyal elde edilir.

Önerilen üçüncü dereceden quadrature osilatör devresinde kullanılan ICFOA ile gerçekleştirilmiş ikinci dereceden alçak geçiren filtre Şekil 3.7’de gösterilmiştir [32].

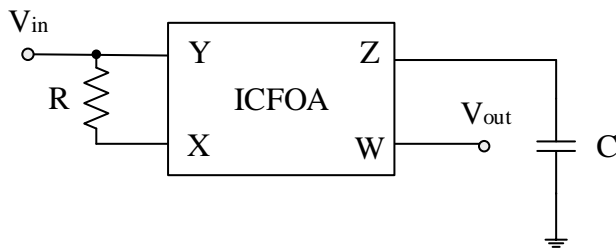


Şekil 3.7. ICFOA ile gerçekleştirilmiş ikinci dereceden alçak geçiren filtre

İkinci dereceden alçak geçiren filtrenin transfer fonksiyonu Eş. 3.11’de verilmiştir.

$$A(s) = \frac{G_1 G_2}{s^2 C_1 C_3 + s(C_1 G_1 + C_3 G_2) + G_1 G_2} \quad (3.11)$$

Önerilen üçüncü dereceden quadrature osilatör devresinde kullanılan ICFOA ile gerçekleştirilmiş integratör devresi Şekil 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.8. ICFOA ile gerçekleştirilmiş integratör

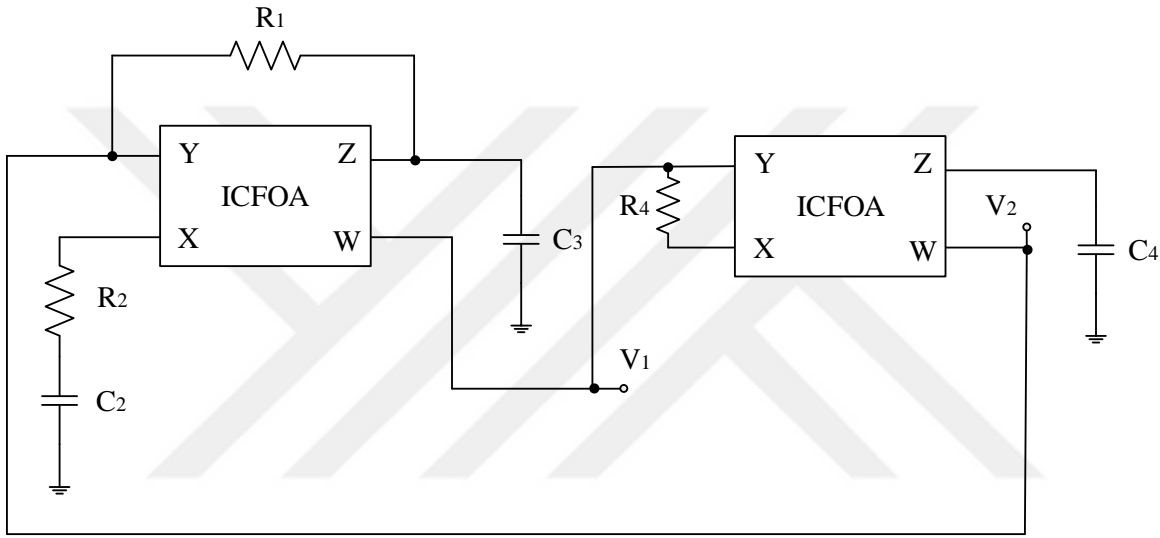
İntegratörün transfer fonksiyonu Eş. 3.12’de verilmiştir.

$$B(s) = \frac{-2G_4}{sC_4} \quad (3.12)$$

Gerekli matematiksel işlemler sonucunda önerilen üçüncü dereceden quadrature osilatör devresinin transfer fonksiyonu elde edilir.

$$s^3 C_1 C_3 C_4 + s^2 (C_1 C_4 G_1 + C_3 C_4 G_1) + s C_4 G_1^2 + 2 G_1^2 G_4 = 0 \quad (3.13)$$

Elde edilen üçüncü derecede quadrature osilatör devresi Şekil 3.9'daki gibi oluşur.



Şekil 3.9. Önerilen üçüncü dereceden quadrature osilatör devresi

Eş. 3.13'deki transfer fonksiyonundan salınım koşulu ve salınım frekansı bulunabilir.

$$CO: 2C_1 C_3 G_4 = (C_1 + C_3) C_4 G_1 \quad (3.14)$$

Bu denklemde $C_1 = C_3 = C_4$ ve $G_1 = G_4$ olarak seçilirse osilasyon şartı sağlanır ve salınım frekansı aşağıdaki gibi hesaplanır.

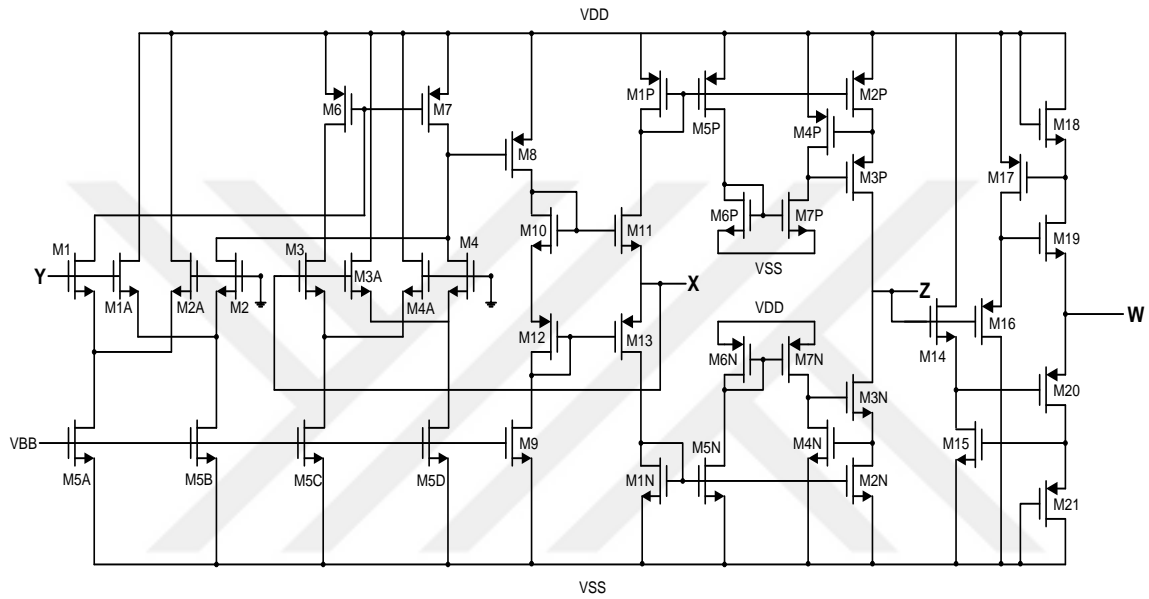
$$FO: \omega_o = \sqrt{\frac{G_1^2}{C_1^2}} \quad (3.15)$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad (3.16)$$

Uygun R_1 ve C_1 değeri belirlenmesi ile üçüncü dereceden quadrature osilatörün frekansı belirlenir.

3.2.1. Benzetim sonuçları

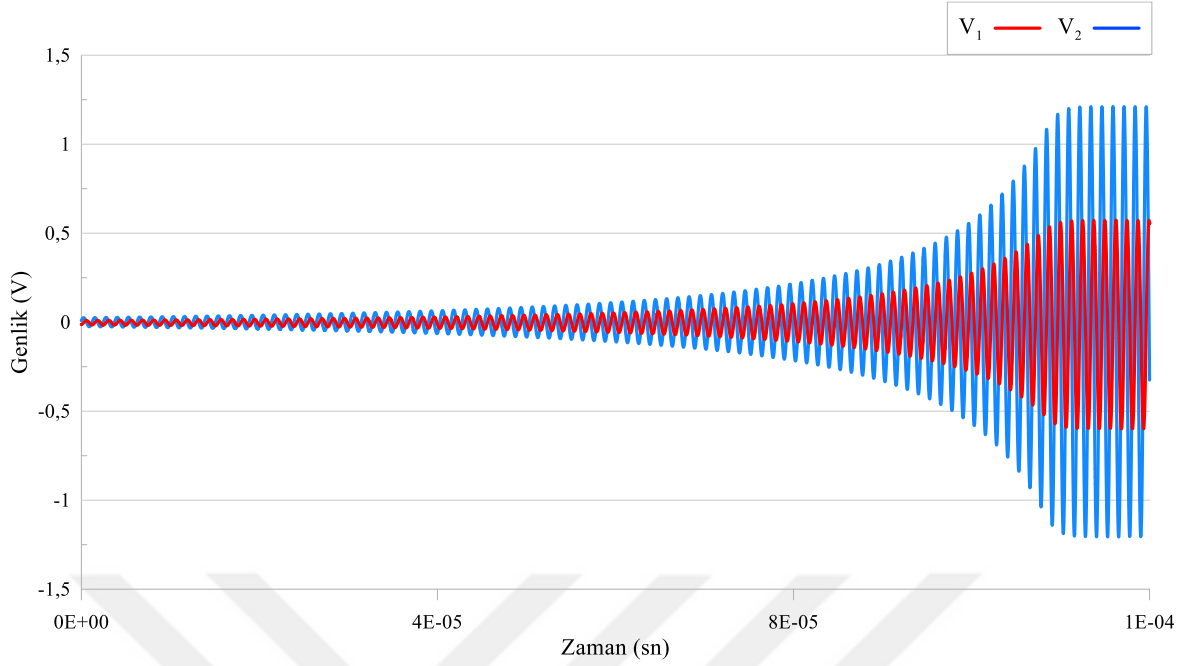
Önerilen üçüncü dereceden quadrature osilatör devresi, ICFOA'nın CMOS yapısı kullanılarak, PSPICE benzetim programıyla doğrulanmıştır. ICFOA(+)'nın CMOS gerçekleştirilmesi Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Bu gerçekleştirme, Y_1 ve Y_3 uçları topraklanmış farksal akım taşıyıcı (DDCC) elemanının, gerilim tamponu ile art arda bağlanmasıyla elde edilmiştir [33,34].



Şekil 3.10. ICFOA(+)'nın CMOS gerçekleştirilmesi

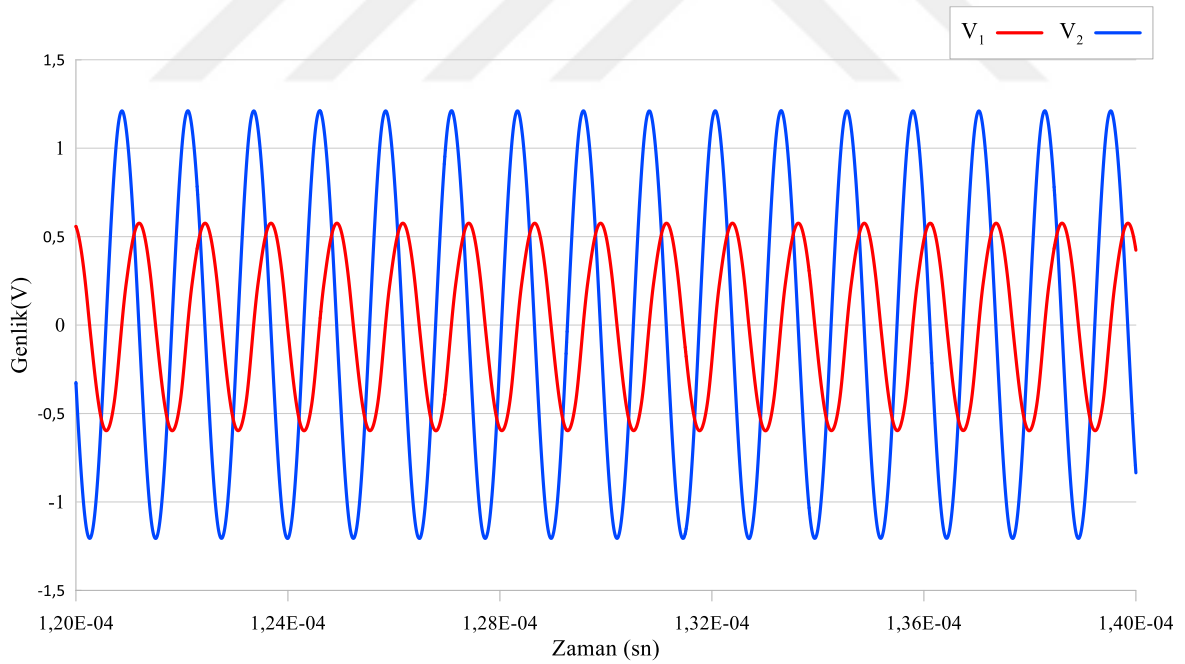
Benzetimde $0,35\mu\text{m}$ CMOS model parametre seti kullanılmıştır. Önerilen quadrature osilatör devresi için $R_1=R_4=4\text{K}$, $C_1=C_3=C_4=50\text{pF}$ olarak seçildiğinde teorik olarak hesaplanan frekans değeri $0,796\text{MHz}$ 'dir. Benzetimde ölçülen kesim frekansı ise $0,804\text{MHz}$ 'dir.

Şekil 3.11'de önerilen üçüncü dereceden quadrature osilatör devresinin PSPICE benzetim programı ile üretilen geçici ve sabit durum tepkilerini gösteren çıkış dalga formları görülmektedir.



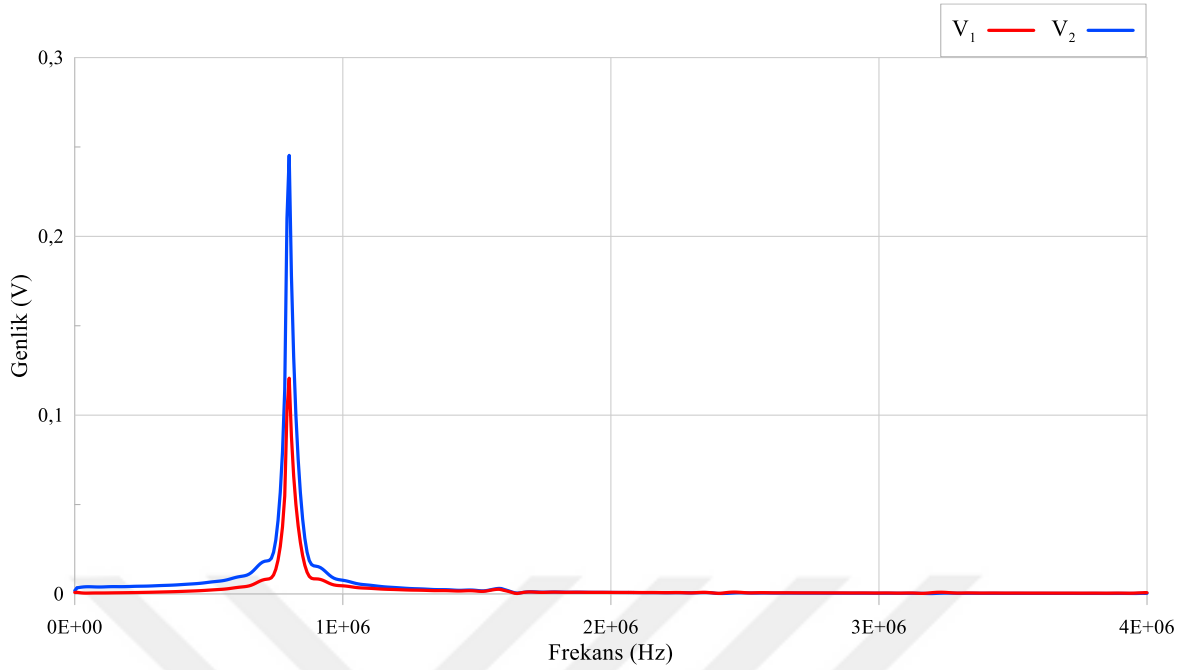
Şekil 3.11. Üçüncü derece quadrature osilatörün geçici ve sabit durum zaman dalga formu

Şekil 3.12’de zaman dalga formunun sabit durumdaki benzetim sonuçları görülmektedir.



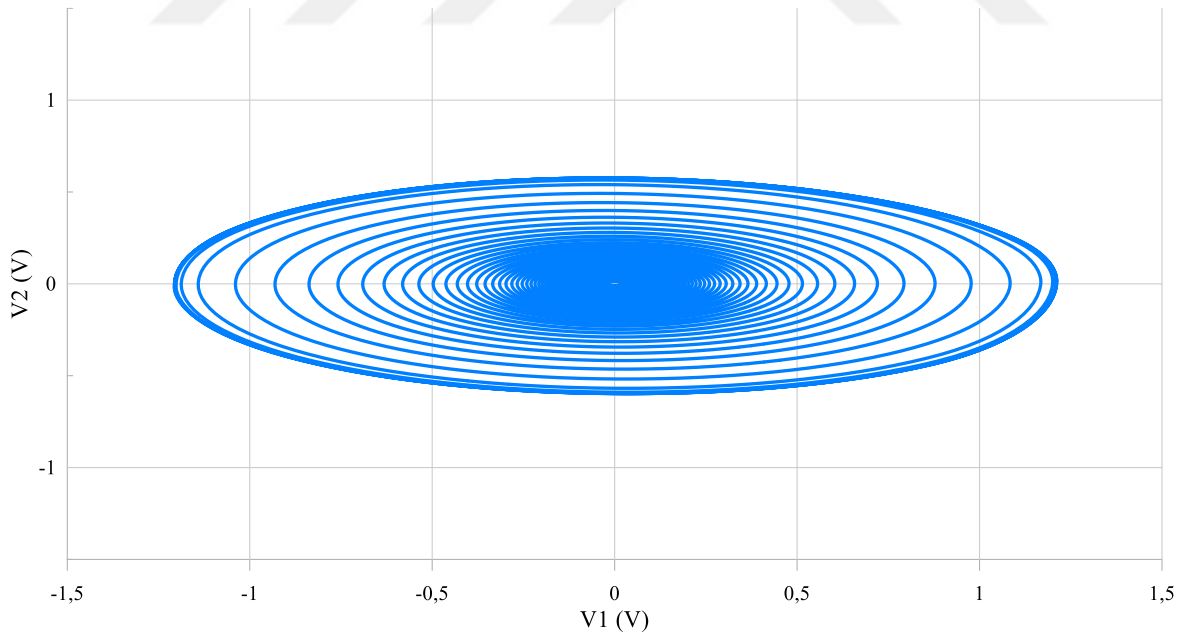
Şekil 3.12. Üçüncü dereceden quadrature osilatörün sabit dalga formu

Önerilen üçüncü dereceden quadrature osilatör devresinin frekans cevabı Şekil 3.13’de gösterilmektedir.



Şekil 3.13. Üçüncü derece quadrature osilatörün frekans dalda formu

Şekil 3.14’de quadrature osilatöre ait Lissajous eğrisi görülmektedir. Buna göre iki çıkış arasındaki faz farkı 90° ’dir.

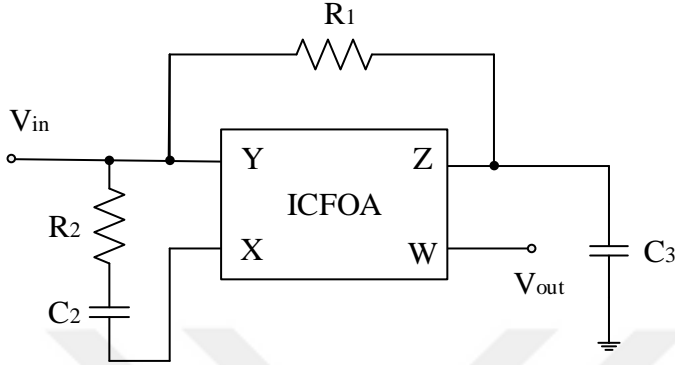


Şekil 3.14. Üçüncü derece quadrature osilatörün lissajous eğrisi

Devrenin güç tüketimi $4,83\text{mW}$ ’dır. Benzetim sonucunun teorik sonuçları doğruladığı görülmüştür. Elde edilen bu quadrature osilatör devre yapısının çıkışı düşük empedansa sahip olduğundan ek bir devre gerektirmeden kaskat olarak bağlanabilmektedir.

3.3. ICFOA Tabanlı Üçüncü Dereceden Quadrature Osilatör Devre Tasarımı

Üçüncü dereceden quadrature osilatör devresi elde etmek için kullanılan ICFOA ile gerçekleştirilmiş ikinci dereceden alçak geçiren filtre Şekil 3.15’de gösterilmiştir [35].



Şekil 3.15. ICFOA ile gerçekleştirilmiş ikinci dereceden filtre

İkinci dereceden alçak geçiren filtrenin transfer fonksiyonu eşitlikteki gibidir.

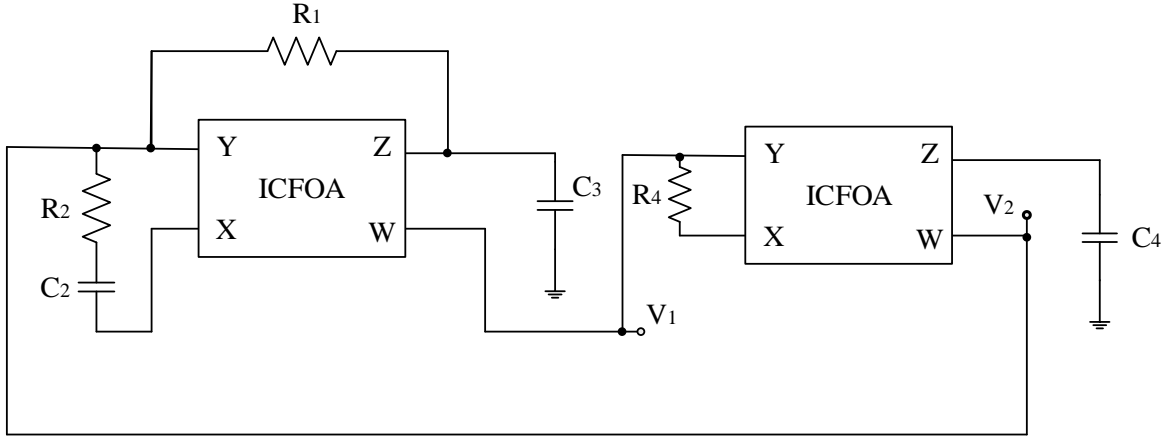
$$A(s) = \frac{2G_1G_1}{s^2C_1C_3 + s(C_1G_1 + C_3G_1) + 2G_1G_1} \quad (3.17)$$

Önerilen üçüncü dereceden quadrature osilatör devresinde kullanılan ICFOA ile gerçekleştirilmiş integratör devresi Şekil 3.8’de verilmiştir.

İkinci dereceden alçak geçiren filtre ve integratör kullanılarak gerçekleştirilen üçüncü dereceden quadrature osilatör devresinin transfer fonksiyonu matematiksel işlemler sonucunda Eş. 3.18’deki gibi belirlenir.

$$s^3C_1C_3C_4 + s^2(C_1C_4G_1 + C_3C_4G_1) + s2C_4G_1^2 + 4G_1^2G_4 = 0 \quad (3.18)$$

Elde edilen üçüncü derecede quadrature osilatör devresi Şekil 3.16’daki gibi oluşur.



Şekil 3.16. Önerilen üçüncü dereceden quadrature osilatör devresi

Salınım koşulu osilatör devresinin transfer fonksiyonunu kullanarak bulunur.

$$CO: 2C_1C_3G_4 = (2C_1 + C_3)C_4G_1 \quad (3.19)$$

Eğer $C_1=C_4$, $2C_1=C_3$ ve $G_1=G_4$ olarak seçilirse salınım şartı yerine getirilmiş olur. Osilatör devresinin frekansı da aşağıdaki eşitlikteki gibi bulunur.

$$FO: \omega_o = \sqrt{\frac{G_1^2}{C_1^2}} \quad (3.20)$$

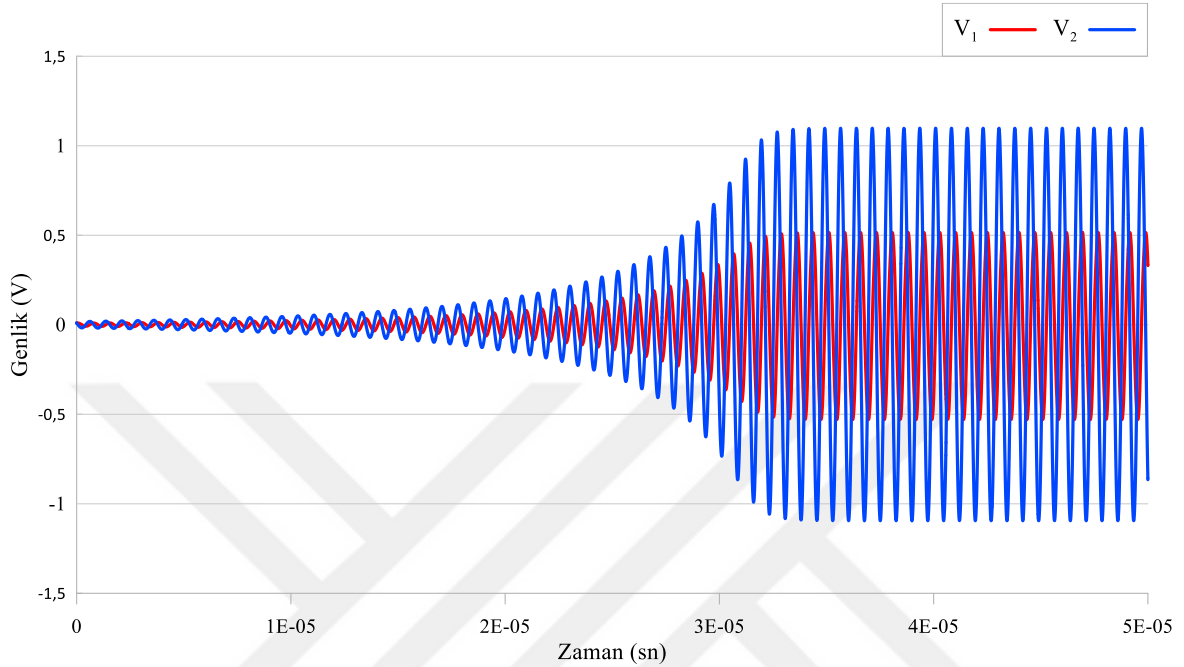
$$f_o = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad (3.21)$$

3.3.1. Benzetim sonuçları

Önerilen üçüncü dereceden quadrature osilatör devresi, ICFOA'nın CMOS yapısı kullanılarak, PSPICE benzetim programıyla doğrulanmıştır. ICFOA(+)'nın CMOS gerçekleştirilmesi Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Bu gerçekleştirme, Y_1 ve Y_3 uçları topraklanmış farksal fark akım taşıyıcı (DDCC) elemanının, gerilim tamponu ile art arda bağlanmasıyla elde edilmiştir [33,34].

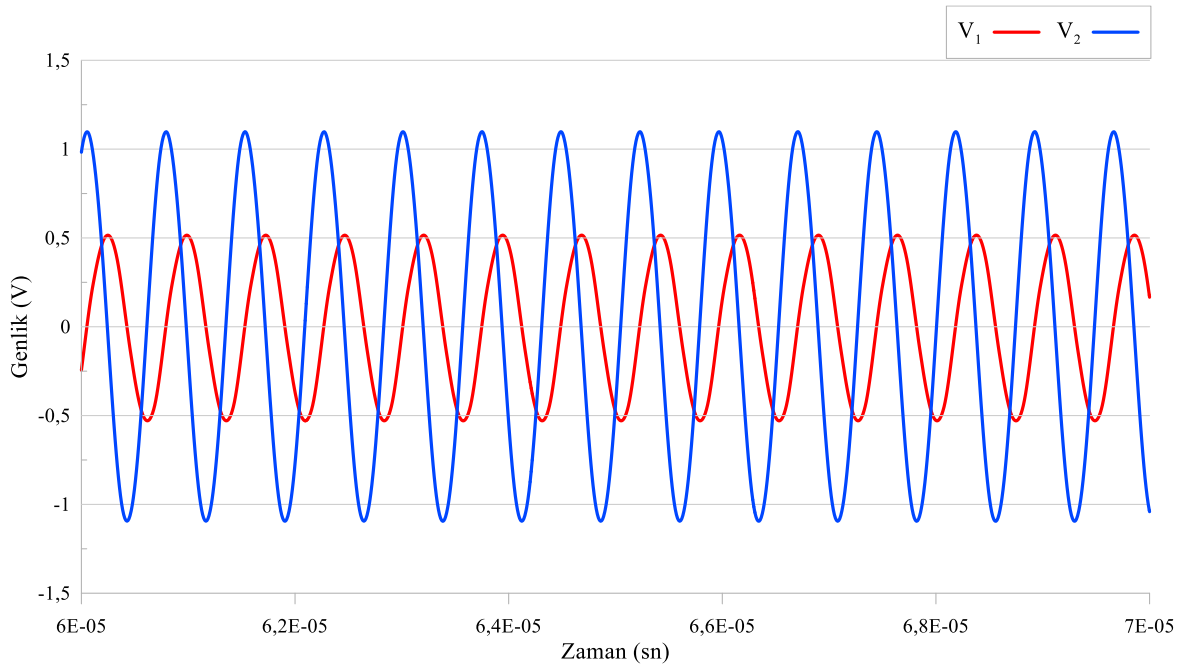
Benzetimde $0,35\mu\text{m}$ CMOS model parametre seti kullanılmıştır. Önerilen quadrature osilatör devresi için $R_1=R_4=4\text{K}$, $R_2=2\text{K}$, $C_1=C_4=30\text{pF}$, $C_3=60\text{pF}$ olarak seçildiğinde devrenin teorik olarak hesaplanan frekansı $1,326\text{MHz}$ 'dir. Benzetimde ölçülen frekansı ise $1,350\text{MHz}$ 'dir.

Şekil 3.17’de önerilen üçüncü dereceden quadrature osilatör devresinin PSPICE benzetimi sonucu elde edilen geçici ve sabit durum tepkilerini gösteren çıkış dalga formları görülmektedir.



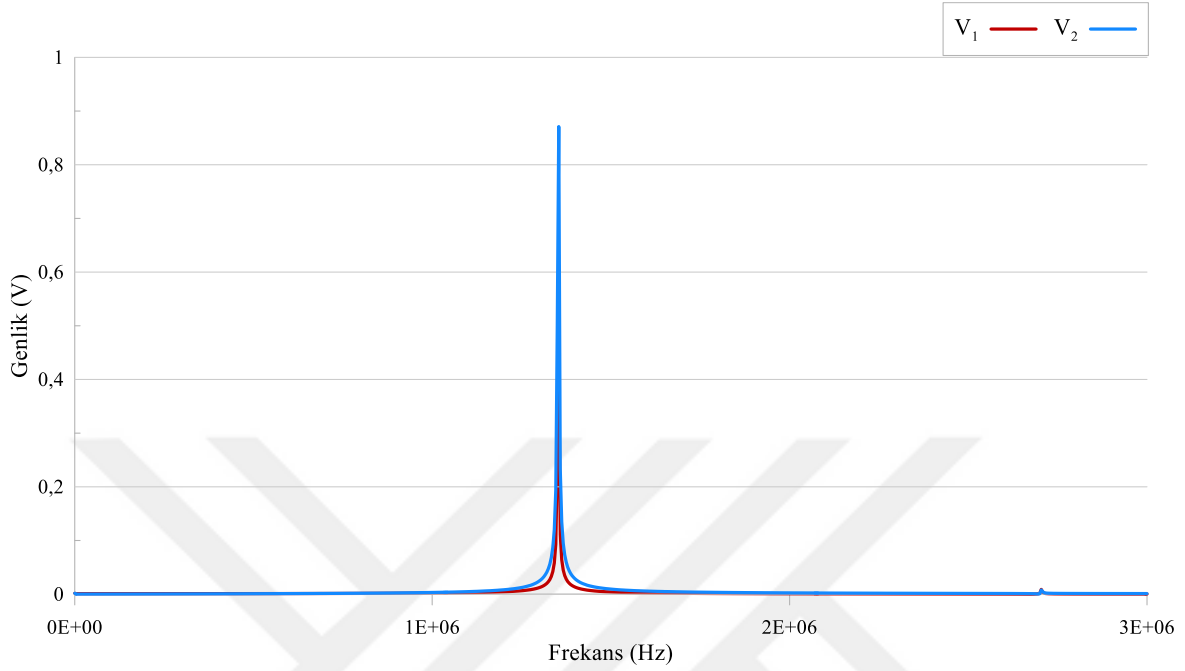
Şekil 3.17. Üçüncü derece quadrature osilatörün geçici ve sabit durum zaman dalga formu

Osilatör devresinin zaman dalga formunun sabit durumdaki benzetim sonuçları aşağıdaki şekilde görülmektedir.

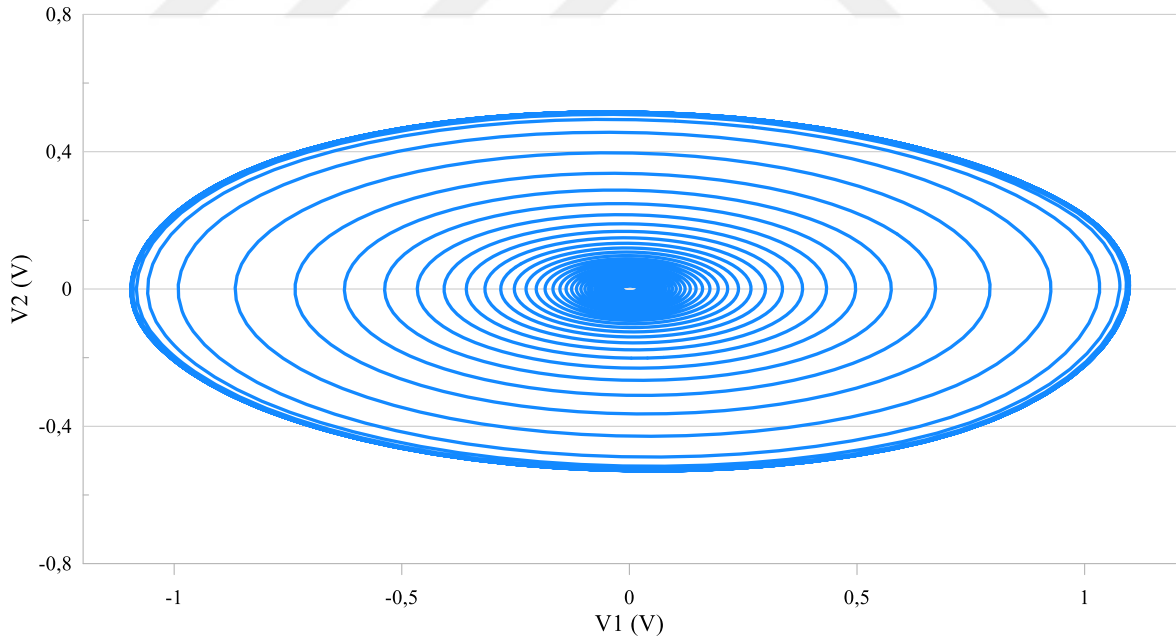


Şekil 3.18. Üçüncü dereceden quadrature osilatörün sabit dalga formu

Önerilen üçüncü dereceden quadrature osilatör devresinin frekans cevabı Şekil 3.19'da gösterilmektedir. Şekil 3.20'de quadrature osilatöre ait Lissajous eğrisi görülmektedir.



Şekil 3.19. Üçüncü derece quadrature osilatörün frekans dalda formu

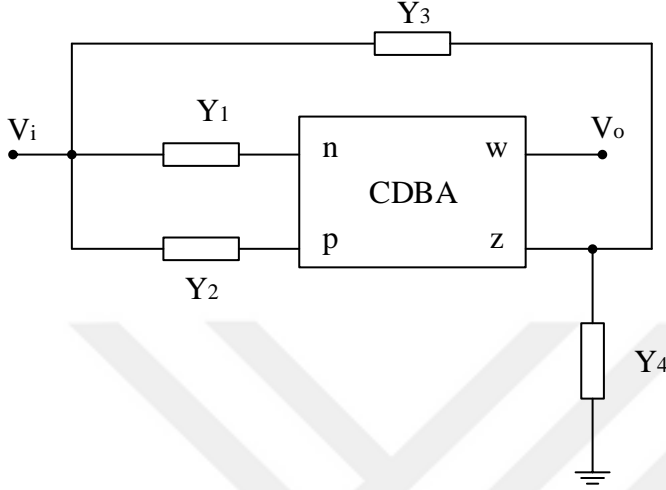


Şekil 3.20. Üçüncü derece quadrature osilatörün lissajous eğrisi

Devrenin güç tüketimi 7,8mW'dir. Benzetim sonuçları teorik sonuçları doğrulamaktadır. Quadrature osilatör devresinin çıkışı düşük empedansa sahip olduğundan, ek bir devre gerektirmeksizin kaskat olarak bağlanabilir.

3.4. CDBA Kullanarak Birinci Dereceden Tüm Geçiren Filtre Tasarımı ve Osilatör Uygulaması

Bir adet CDBA üç adet direnç ve bir adet kondansatör kullanılarak oluşturulan birinci dereceden tüm geçiren filtre devre topolojisi Şekil 3.21'deki gibidir.



Şekil 3.21. Önerilen devre topolojisi

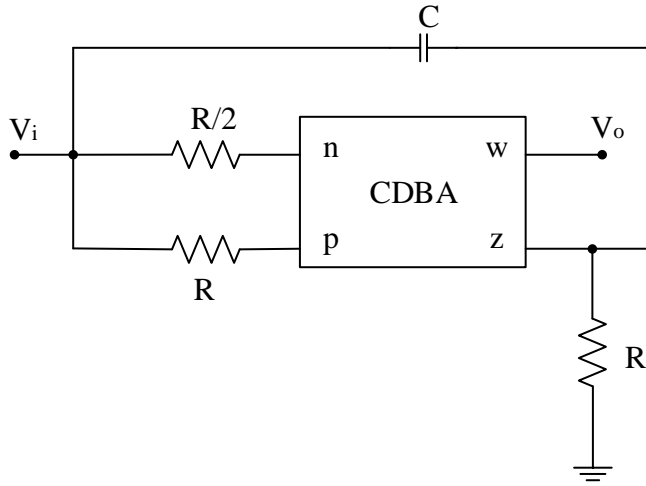
CDBA elemanının tanım bağlantıları kullanılarak yapılan devre analizi sonucu elde edilen transfer fonksiyonu Eş. 3.22'deki gibi elde edilmiştir.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{Y_2 + Y_3 - Y_1}{Y_4 + Y_3} \quad (3.22)$$

Önerilen devre topolojisinin birinci dereceden tüm geçiren filtre özelliği göstermesi için uygun admittans değerleri $Y_1=2G$, $Y_2=G$, $Y_3=sC$, $Y_4=G$ olarak seçilmelidir. Böylece transfer fonksiyonu aşağıda verilen eşitlikteki gibi olur.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{sC - G}{sC + G} = \frac{s - \frac{1}{RC}}{s + \frac{1}{RC}} \quad (3.23)$$

Uygun admittans değerleri yerine konularak oluşturulan birinci dereceden tüm geçiren filtre devresi Şekil 3.22'deki gibidir.



Şekil 3.22. Birinci mertebeden tüm geçiren filtre devresi

Buna göre önerilen birinci mertebeden tüm geçiren filtre yapısının kutupsal açısıl frekansı Eş. 3.24'deki gibi elde edilir.

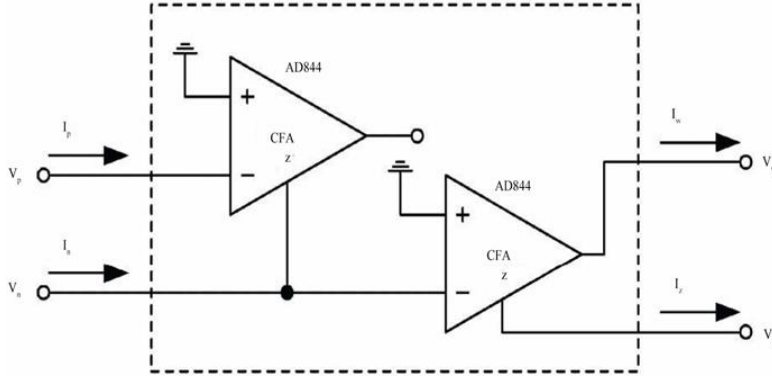
$$w_o = \frac{1}{RC} \quad (3.24)$$

Açısıl frekansın tüm pasif bileşenlere olan duyarlılığı Eş. 3.25'de verilmiştir.

$$S_R^{w_o} = S_C^{w_o} = -1 \quad (3.25)$$

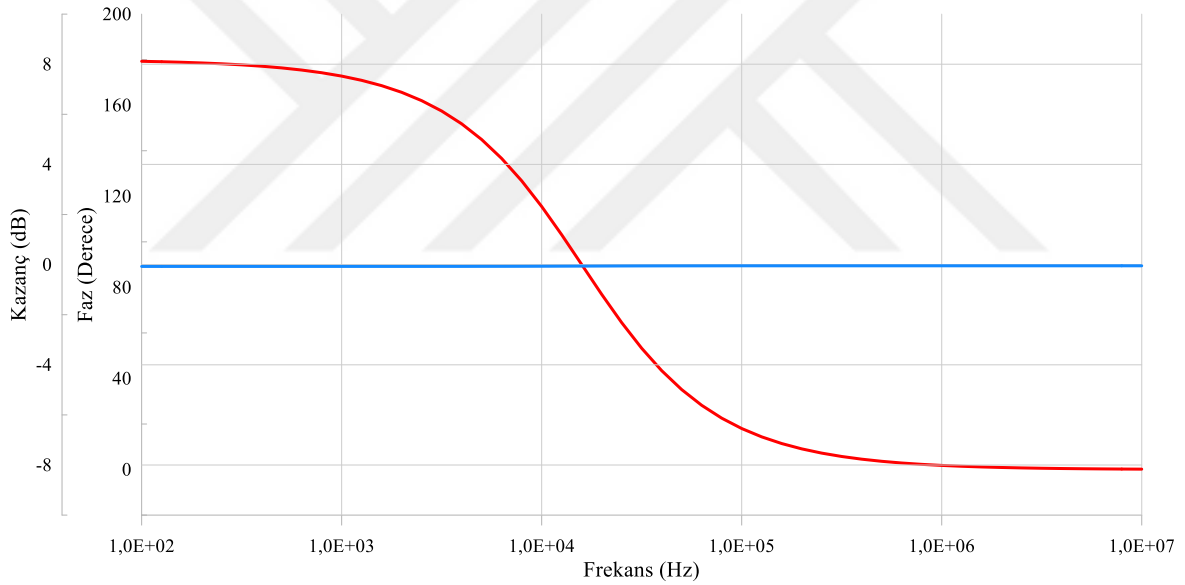
3.4.1. Benzetim sonuçları

Teorik analizlerin doğruluğunu göstermek için önerilen birinci dereceden tüm geçiren filtre devre topolojisinin PSPICE benzetimi yapılmıştır. Topolojide yer alan pasif bileşenler $R=10K$, $C=1nF$ olarak seçilmiştir. Benzetimde kullanılan CDBA Şekil 3.23'de gösterildiği gibi Analog Devices firması tarafından üretilen CFA tipi AD844 tüm devresi kullanılarak elde edilmiştir [6].



Şekil 3.23. CDBA'nın AD844 ile gerçekleştirilmesi

Bu koşullarda gerçekleştirilen benzetim sonucunda 90° 'lik faz kaymasının meydana geldiği görülmüştür ve kutup frekansı $f_p = 154,20$ KHz olarak belirlenmiştir. Şekil 3.24'de deneysel olarak elde edilen faz ve kazanç grafiği görülmektedir.



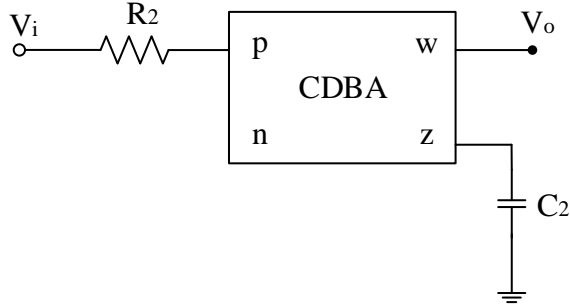
Şekil 3.24. Birinci dereceden tüm geçiren filtre devresinin faz ve kazanç grafiği

Önerilen tüm geçiren filtre devresinin benzetim sonucu elde edilen sonuçları ile teorik olarak hesaplanan sonuçlarının bir birini doğruladığı görülmüştür.

3.4.2. Quadrature osilatör uygulaması

Quadrature osilatör gerçekleştirilmesinde tüm geçiren filtre ve integratör kullanıldığı artık bilinen bir gerçektir. Quadrature osilatör, tüm geçiren filtre ve integratör devresinin kaskat bağlanmasıyla elde edilir. Bu çalışmada sunulan tüm geçiren filtre devresi ve

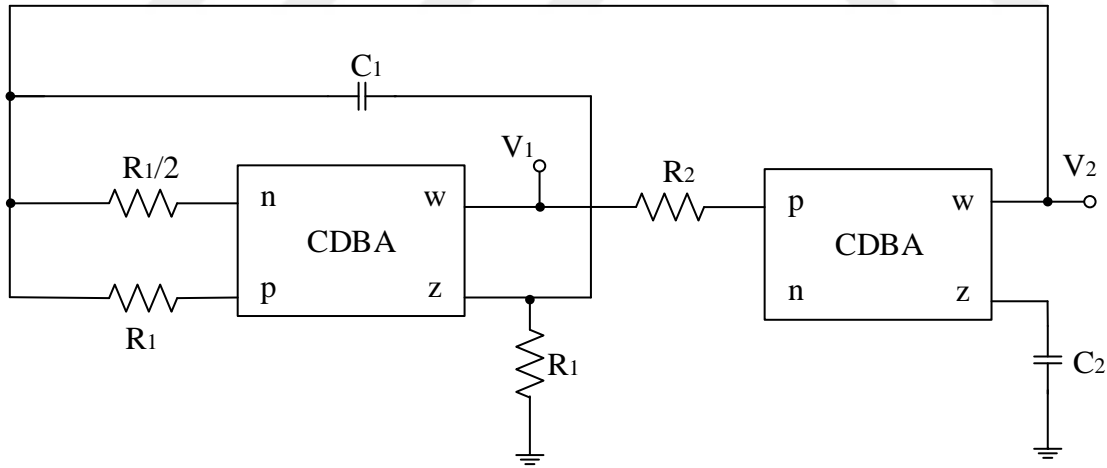
Şekil 3.25'deki CDBA tabanlı integratör kaskat bağlanarak Şekil 3.26'de verilen quadrature osilatör devresi elde edilir.



Şekil 3.25. CDBA ile gerçekleştirilmiş integratör

İntegratörün devre analizi sonucu elde edilen transfer fonksiyonu Eş. 3.26'deki gibi elde edilmiştir.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{I}{sR_2C_2} \quad (3.26)$$



Şekil 3.26. Quadrature Osilatör devresi

Quadrature osilatör devresinin transfer fonksiyonu Eş. 3.27'de verilmiştir.

$$\frac{s - \frac{I}{R_1C_1}}{s + \frac{I}{R_1C_1}} \cdot \frac{I}{sR_2C_2} = I \quad (3.27)$$

Eş. 3.27 kullanılarak osilasyonu sağlama koşulu ve osilasyon frekansı belirlenir.

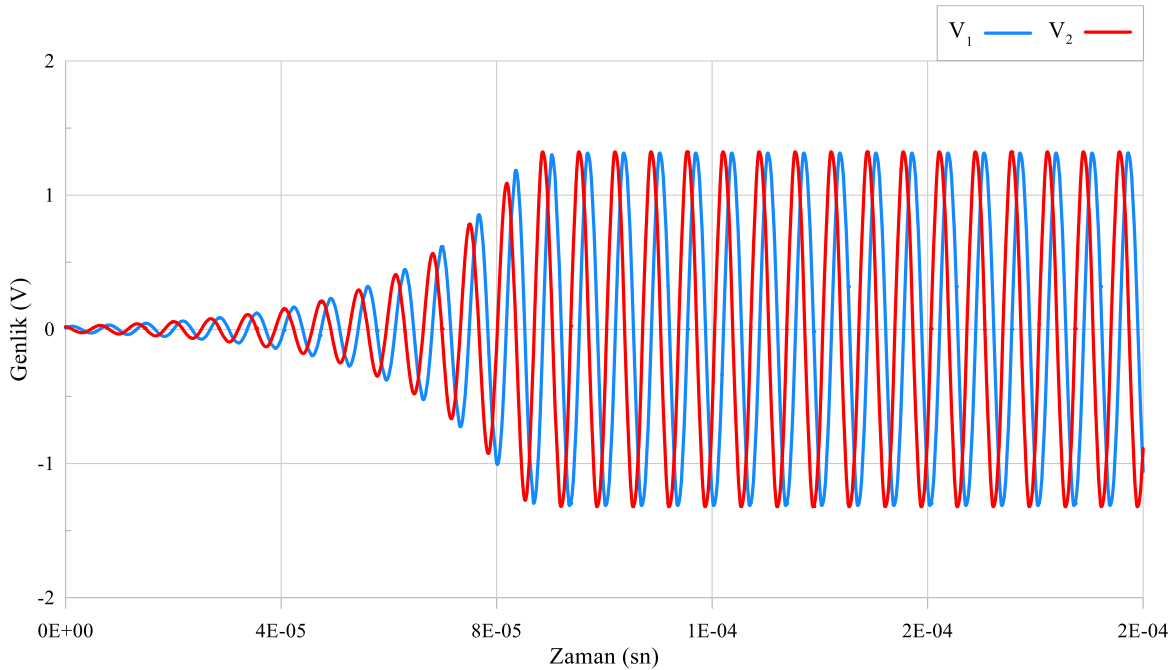
$$R_1 C_1 = R_2 C_2 \quad (3.28)$$

$$\omega_o = \sqrt{\frac{1}{R_1 C_1 R_2 C_2}} \quad (3.29)$$

Osilasyonun gerçekleşmesi için $R_1=R_2=R$ ve $C_1=C_2=C$ olarak seçilirse osilasyon gerçekleşir. Elde edilen osilasyonun frekans değeri Eş. 3.30'daki gibi olur.

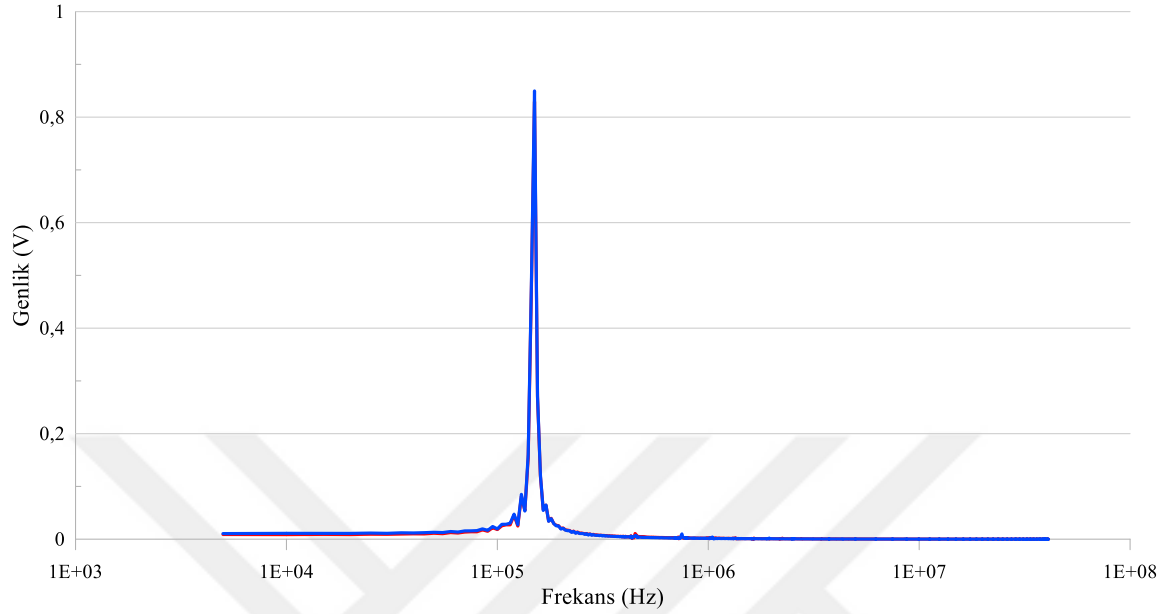
$$\omega_o = \frac{1}{RC} \quad (3.30)$$

Osilatör devresinin performans analizi için filtre devresinde olduğu gibi PSPICE benzetiminden yararlanılmıştır. Benzetim gerçekleştirilirken Şekil 3.26'deki filtre devresine CDBA ile gerçekleştirilmiş integrator devresi kaskat bağlanarak kapalı çevrim oluşturulmuştur. Benzetimde kullanılan CDBA aktif elemanı AD844 entegresi ile oluşturulan yapısı kullanılmıştır [6]. Osilatör devresinde kullanılan pasif elemanlar osilasyon koşulunu yerine getirmek için eşit seçilmiştir. Benzetim sonucunda elde edilen sonuçlar ile teorik analiz değerlerinin bir birlerini doğruladığı görülmüştür. Şekil 3.27'de quadrature osilatör uygulamasına ait aralarında 90° 'lik faz farkı olan iki çıkış verilmiştir.



Şekil 3.27. Quadrature osilatör osilasyon çıkışı

Şekil 3.28’de Quadrature osilatör çıkış FFT sinyali görülmektedir. Buradan da görüleceği gibi kutupsal frekansı 155KHz seviyelerindedir.



Şekil 3.28. Quadrature osilatör FFT

CDBA ve dört adet pasif eleman kullanılarak birinci dereceden tüm geçiren filtre devresi sunulmuştur ve tüm geçiren filtrelerin bir uygulaması olan quadrature osilatör devresi gerçekleştirilmiştir. Sunulan devreler CDBA’nın AD844 ile gerçekleştirilen yapısı kullanılarak PSPICE benzetimi yapılmıştır. Benzetim sonucunda elde edilen deneysel sonuçların teorik analiz sonuçlarını doğruladığı görülmüştür.

3.5. CDBA Kullanarak İkinci Dereceden Filtre Tasarımı

Şekil 3.21’de gösterilen devre topolojisinden ikinci dereceden alçak geçiren, yüksek geçiren, bant geçiren, bant durduran ve tüm geçiren filtre devreleri elde etmek için uygun admittans değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Önerilen filtre topolojisi için admittans seçimi

Filtre tipi	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
TGF $2(C_2G_1 + C_3G_2) = C_2G_2$	$Y_1 = \frac{I}{\frac{I}{G_1} + \frac{I}{sC_1}}$	$Y_2 = G_2 = \frac{G_1}{4}$	$Y_3 = sC_3 = \frac{sC_1}{4}$	$Y_4 = G_4 = \frac{G_1}{4}$

Çizelge 3.1. (Devam)Önerilen filtre topolojisi için admittans seçimi

BGF	$Y_1 = 0$	$Y_1 = \frac{I}{\frac{I}{G_2} + \frac{I}{sC_2}}$	$Y_3 = 0$	$Y_4 = G_4 + sC_4$
BDF ($C_3G_1 + C_1G_2$) = C_1G_1	$Y_1 = \frac{I}{\frac{I}{G_1} + \frac{I}{sC_1}}$	$Y_2 = G_2 = \frac{G_1}{2}$	$Y_3 = sC_3 = \frac{sC_1}{2}$	$Y_4 = G_4 = \frac{G_1}{2}$
YGF	$Y_1 = \frac{I}{\frac{I}{G_1} + \frac{I}{s2C_1}}$	$Y_2 = sC_2 = sC_1$	$Y_3 = sC_3 = sC_1$	$Y_4 = G_4 + sC_4$ $Y_4 = G_1 + sC_1$
AGF	$Y_1 = \frac{I}{\frac{I}{2G_1} + \frac{I}{sC_1}}$	$Y_2 = G_2 = G_1$	$Y_3 = G_3 = G_1$	$Y_4 = G_4 + sC_4$ $Y_4 = G_1 + sC_1$

Çizelge 3.1’de verilen admittans değerleri için transfer fonksiyonları aşağıda verilen eşitliklerdeki gibi hesaplanır.

$$\left(\frac{V_o}{V_i}\right)_{TGF} = \frac{s^2C_1C_1 - s2C_1G_1 + G_1G_1}{s^2C_1C_1 + s2C_1G_1 + G_1G_1} \quad (3.31)$$

$$\left(\frac{V_o}{V_i}\right)_{BGF} = \frac{sC_2C_2}{s^2C_2C_4 + s(C_2G_4 + C_4G_2) + G_2G_4} \quad (3.32)$$

$$\left(\frac{V_o}{V_i}\right)_{BDF} = \frac{s^2C_1C_1 + G_1G_1}{s^2C_1C_1 + s2C_1G_1 + G_1G_1} \quad (3.33)$$

$$\left(\frac{V_o}{V_i}\right)_{YGF} = \frac{s^24C_1C_1}{s^2C_1C_1 + s4C_1G_1 + G_1G_1} \quad (3.34)$$

$$\left(\frac{V_o}{V_i}\right)_{AGF} = \frac{4G_1G_1}{s^2C_1C_1 + s4C_1G_1 + 4G_1G_1} \quad (3.35)$$

Yukarıdaki eşitliklerde transfer fonksiyonları verilen ikinci dereceden filtre devrelerinin açılal frekansı ve kalite faktörü Çizelge 3.2’deki gibi hesaplanır.

Çizelge 3.2. Filtre parametreleri

Filtre tipi	W_0	Q_0
TGF	$\sqrt{\frac{G_1 G_4}{C_1 C_3}}$	$\frac{\sqrt{G_1 G_4 C_1 C_3}}{C_3 G_1 + C_1 G_4}$
BGF	$\sqrt{\frac{G_4 G_2}{C_2 C_4}}$	$\frac{\sqrt{G_2 G_4 C_2 C_4}}{C_2 G_4 + C_4 G_2}$
BDF	$\sqrt{\frac{G_1 G_4}{C_1 C_3}}$	$\frac{\sqrt{G_1 G_4 C_1 C_3}}{C_3 G_1 + C_1 G_4}$
YGF	$\sqrt{\frac{G_1 G_4}{2C_1 (C_3 + C_4)}}$	$\frac{\sqrt{2C_1 G_1 G_4 (C_3 + C_4)}}{2C_1 G_4 + G_1 (C_3 + C_4)}$
AGF	$\sqrt{\frac{2G_1 (G_4 + G_3)}{2C_1 C_4}}$	$\frac{\sqrt{2C_1 C_4 G_1 (G_3 + G_4)}}{2C_4 G_1 + C_1 (G_3 + G_4)}$

Band durduran filtre devresinin açısıl frekansının ve kalite faktörünün pasif duyarlılıkları aşağıdaki denklemlerde verilmiştir.

$$S_{G_1}^{w_o} = S_{G_4}^{w_o} = \frac{1}{2} \quad (3.36)$$

$$S_{C_1}^{w_o} = S_{C_3}^{w_o} = -\frac{1}{2} \quad (3.37)$$

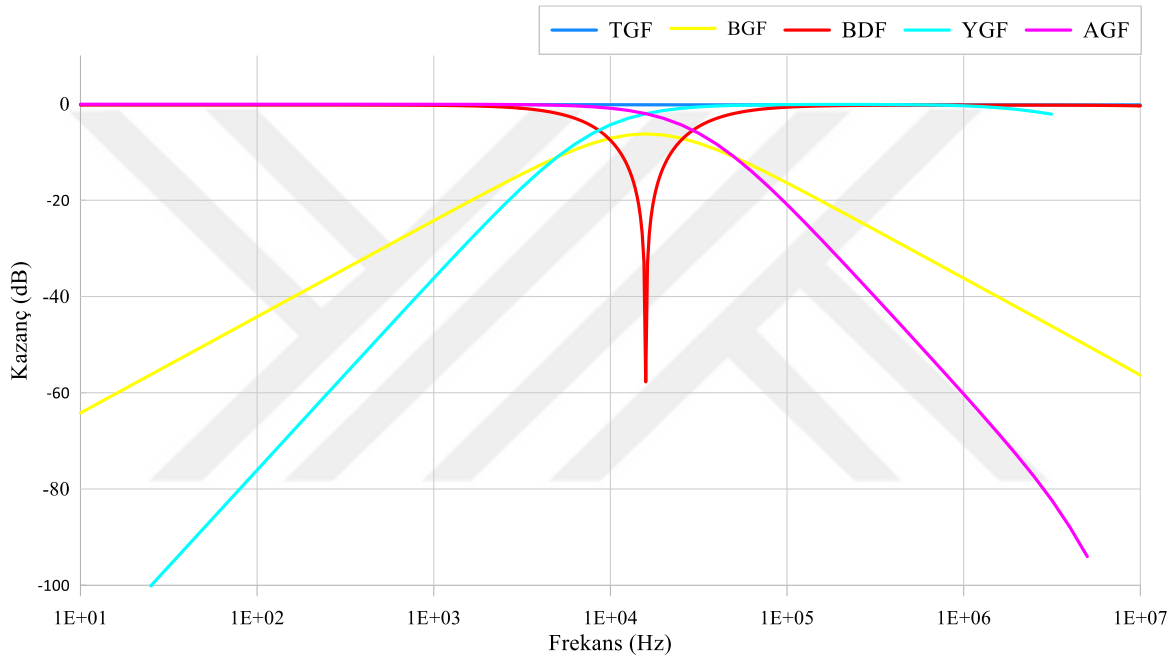
$$S_{G_1}^Q = S_{C_3}^Q = \frac{1}{2} \frac{C_1 G_4 - C_3 G_1}{C_3 G_1 + C_1 G_4} \quad (3.38)$$

$$S_{G_4}^Q = S_{C_1}^Q = \frac{1}{2} \frac{C_3 G_1 - C_1 G_4}{C_3 G_1 + C_1 G_4} \quad (3.39)$$

3.5.1. Benzetim sonuçları

Önerilen ve teorik olarak hesaplanan filtre devrelerinin doğruluğunu göstermek amacıyla önerilen ikinci dereceden filtre devrelerinin PSPICE benzetim programı ile benzetimleri gerçekleştirilmiştir. Benzetimlerde pasif devre elemanları alçak geçiren filtre için $R_1=5K$, $R_2=R_3=R_4=10K$, $C_1=C_4=1nF$; yüksek geçiren filtre için $R_1=R_4=10K$, $C_1=2nF$,

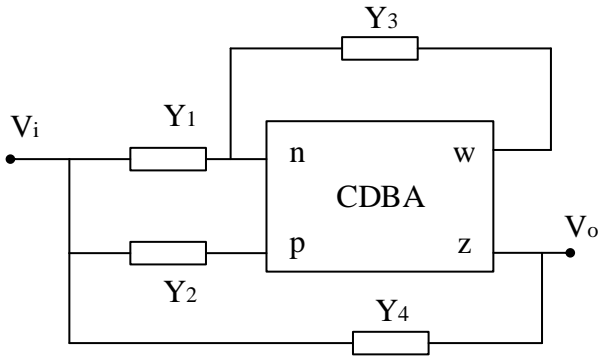
$C_2=C_3=C_4=1\text{nF}$; bant geçiren filtre için $R_2=R_4=10\text{K}$, $C_2=C_4=1\text{nF}$; bant durdurucu filtre için $R_1=10\text{K}$, $R_2=R_4=20\text{K}$, $C_1=1\text{nF}$, $C_3=0,5\text{nF}$; tüm geçiren filtre için $R_1=10\text{K}$, $R_2=R_4=40\text{K}$, $C_1=1\text{nF}$, $C_3=0,25\text{nF}$ olarak seçilmiştir. Bu seçimler altında gerçekleştirilen benzetim sonucunda filtrelerin kesim frekansları AGF için 37KHz, YGF için 6,3KHz, BGF için 15,85KHz, BDF için 15,8KHz, TGF için 15,8 KHz olmaktadır. Benzetimde CDDBA elemanı ticari olarak üretilen AD844 akım geri beslemeli kuvvetlendirici yardımıyla elde edilmiştir [6]. Önerilen filtre devreleri için teorik çalışmayı doğrulayan benzetim sonuçları aşağıdaki şekillerde verilmektedir.



Şekil 3.29. İkinci dereceden filtre devrelerinin benzetim sonuçları

3.6. CDDBA Kullanarak Birinci Dereceden Tüm Geçiren Filtre Tasarımı ve Osilatör Uygulaması

CDDBA elemanı kullanılarak gerçekleştirilen birinci dereceden tüm geçiren filtre topolojisi Şekil 3.30'daki gibidir.



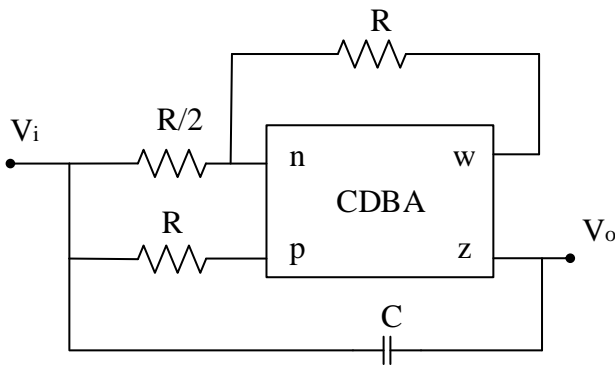
Şekil 3.30. Önerilen birinci dereceden tüm geçiren filtre devre topolojisi

CDBA elemanın tanım bağlantıları kullanılarak yapılan devre analizi sonucu elde edilen transfer fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{Y_2 + Y_4 - Y_1}{Y_3 + Y_4} \quad (3.40)$$

Önerilen devre topolojisine uygun admittans değerleri $Y_1=2G$, $Y_2=G$, $Y_3=G$, $Y_4=sC$ olarak seçildiği zaman devre birinci mertebeden tüm geçiren filtre özelliği göstermektedir. Böylece transfer fonksiyonu aşağıdaki eşitlikteki gibi ifade edilir.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{sC - G}{sC + G} \quad (3.41)$$



Şekil 3.31. Birinci dereceden tüm geçiren filtre devresi

Devrenin transfer fonksiyonu şu şekilde düzenlenir

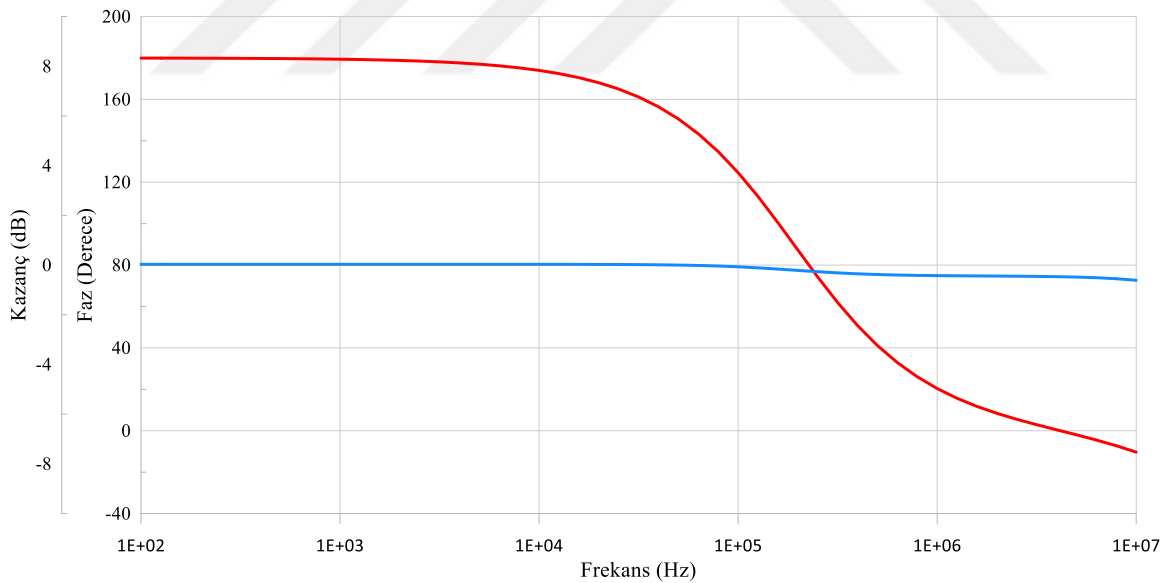
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{s - \frac{1}{RC}}{s + \frac{1}{RC}} \quad (3.42)$$

Önerilen birinci dereceden tüm geçiren filtre devresinin açısal frekansı transfer fonksiyonundan yararlanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$w_o = \frac{1}{RC} \quad (3.43)$$

3.6.1. Benzetim sonuçları

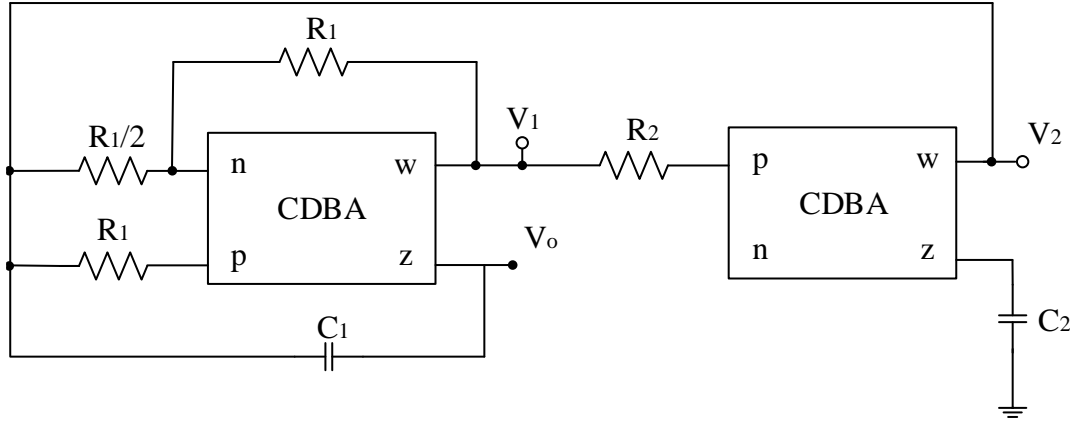
Teorik olarak sunulan birinci mertebeden tüm geçiren filtre devre topolojisinin doğruluğu PSPICE benzetim programı ile yapılmıştır. Önerilen devrenin birinci mertebeden tüm geçiren filtre olarak çalışması için devre topolojisinde yer alan pasif bileşenler $R=8K$, $C=0,1nF$ olarak belirlenmiş ve teorik analiz sonucu kutup frekansı $f_o=198,94KHz$ olarak hesaplanmıştır. Benzetimde CDBA ticari olarak üretilen AD844 akım geri beslemeli kuvvetlendirici yardımıyla elde edilmiştir [6]. Bu şartlarda gerçekleştirilen benzetim sonucu 90° faz kaymasının meydana geldiği ve kutup frekansı $f_p=190,20 KHz$ olarak belirlenmiştir. Benzetim sonucunda elde edilen kazanç ve faz grafikleri Şekil 3.32’de gösterilmektedir. Benzetim sonucu elde edilen deneysel sonuçların teorik sonuçları doğruladığı görülmüştür.



Şekil 3.32. Birinci dereceden tüm geçiren filtre devresinin faz ve kazanç grafiği

3.6.2. Quadrature osilatör uygulaması

Birinci dereceden tüm geçiren filtre devresinin quadrature osilatör uygulaması, Şekil 3.31’de sunulan tüm geçiren filtre devresi ve Şekil 3.25’deki CDBA tabanlı integratör devresinin kaskat bağlanıp kapalı çevrim oluşturulmasıyla elde edilir.



Şekil 3.33. Quadrature osilatör devresi

Quadrature osilatör devresinin transfer fonksiyonu Eş. 3.44’de verilmiştir.

$$\frac{s - \frac{I}{R_1 C_1}}{s + \frac{I}{R_1 C_1}} \cdot \frac{I}{s R_2 C_2} = I \quad (3.44)$$

Transfer fonksiyonu kullanılarak osilasyonu sağlama koşulu ve osilasyon frekansı belirlenir.

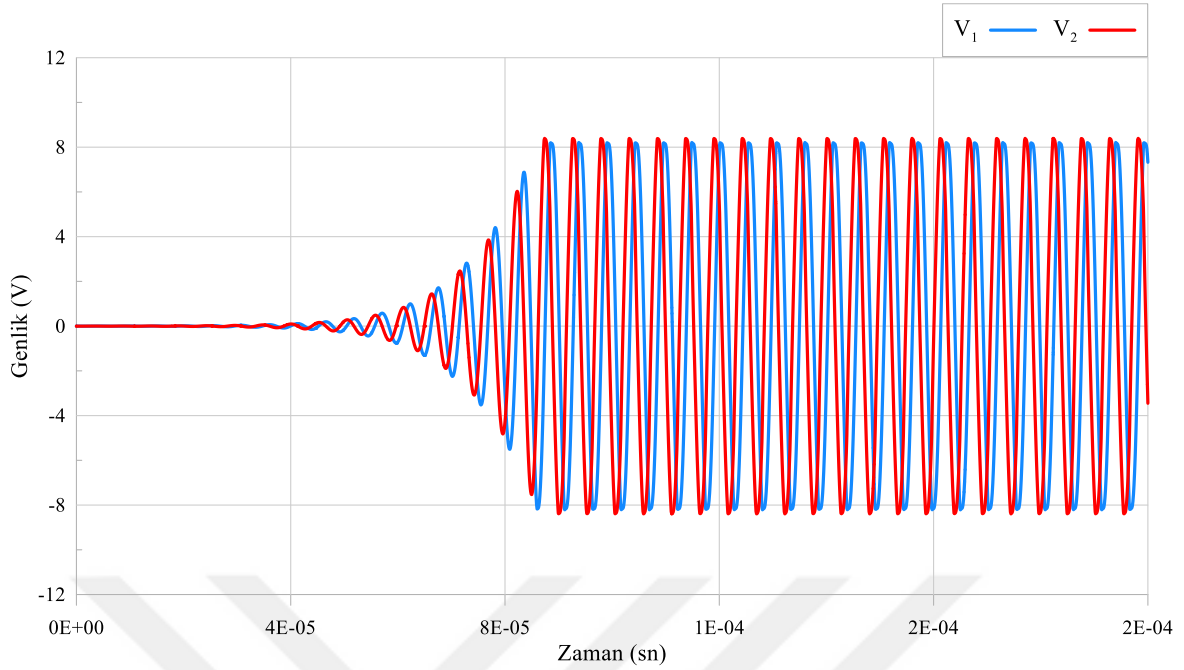
$$R_1 C_1 = R_2 C_2 \quad (3.45)$$

$$\omega_o = \sqrt{\frac{I}{R_1 C_1 R_2 C_2}} \quad (3.46)$$

Osilasyonun gerçekleşmesi için $R_1=R_2=R$ ve $C_1=C_2=C$ olarak seçilirse osilasyon gerçekleşir. Elde edilen osilasyonun frekans değeri Eş. 3.47’deki gibi olur.

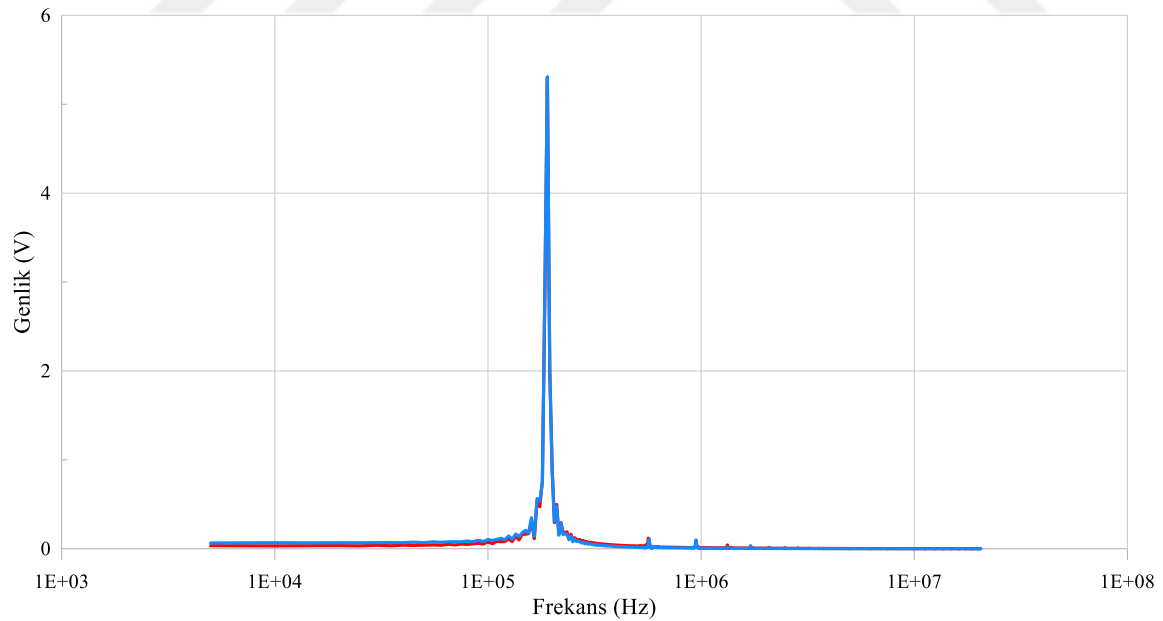
$$\omega_o = \frac{I}{RC} \quad (3.47)$$

Filtre devresinde olduğu gibi osilatör devresinin de performans analizi için PSPICE benzetiminden yararlanılmıştır. Bu benzetimde filtre devresine CDBA ile gerçekleştirilmiş integratör devresi kaskat bağlanarak kapalı çevrim oluşturulmuştur. CDBA aktif elemanın AD844 entegresi ile oluşturulan yapısı kullanılmıştır [6]. Osilatör devresinde osilasyon koşulunu yerine getirmek için pasif elemanlar eşit seçilmiştir. Benzetim sonuçlarının teorik olarak hesaplanan değerler ile örtüştüğü görülmüştür. Quadrature osilatör uygulamasına ait aralarında 90° ’lik faz farkı olan iki çıkış Şekil 3.34’de verilmiştir.



Şekil 3.34. Quadrature osilatör osilasyon çıkışı

Şekil 3.35’da Quadrature osilatörün FFT sinyal çıkışı görülmektedir. Buradan da görüleceği gibi kutupsal kesim frekansı 190KHz seviyelerindedir.



Şekil 3.35. Quadrature osilatör FFT sinyal çıkışı

Bir CDBA ve dört adet pasif eleman kullanılarak birinci mertebeden tüm geçiren filtre devresi sunulmuştur ve quadrature osilatör uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sunulan birinci dereceden tüm geçiren filtre ve quadrature osilatör devreleri CDBA’nın AD844 ile

gerçeklemesi kullanılarak PSPICE benzetimi yapılmıştır. Benzetim sonucunda elde edilen deneysel sonuçların teorik analiz sonuçlarını doğruladığı görülmüştür.

3.7. CDBA Kullanarak İkinci Dereceden Filtre Tasarımı

Şekil 3.30'da gösterilen devre topolojisinde uygun admittans değerleri belirlenerek ikinci dereceden alçak geçiren, yüksek geçiren, bant geçiren, bant durduran ve tüm geçiren filtre devreleri elde edilebilir. İkinci dereceden her bir filtre devresi için gerekli admittans değerleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Önerilen filtre topolojisi için admittans seçimi

Filtre Tipi	Y1	Y2	Y3	Y4
TGF $2(C_1G_2 + C_4G_1) = C_1G_1$	$Y_1 = \frac{I}{\frac{1}{G_1} + \frac{1}{sC_1}}$	$Y_2 = G_2 = \frac{G_1}{4}$	$Y_3 = G_3 = \frac{G_1}{4}$	$Y_4 = sC_4 = \frac{sC_1}{4}$
BGF	$Y_1 = 0$	$Y_2 = \frac{I}{\frac{1}{G_2} + \frac{1}{sC_2}}$	$Y_3 = G_3 + sC_3$	$Y_4 = 0$
BDF $(C_1G_2 + C_4G_1) = C_1G_1$	$Y_1 = \frac{I}{\frac{1}{G_1} + \frac{1}{sC_1}}$	$Y_2 = G_2 = \frac{G_1}{2}$	$Y_3 = G_3 = \frac{G_1}{2}$	$Y_4 = sC_4 = \frac{sC_1}{2}$
YGF	$Y_1 = \frac{I}{\frac{1}{G_1} + \frac{1}{s2C_1}}$	$Y_2 = sC_2 = sC_1$	$Y_3 = G_3 + sC_3$ $Y_3 = G_1 + sC_1$	$Y_4 = sC_4 = sC_1$
AGF	$Y_1 = \frac{I}{\frac{1}{2G_1} + \frac{1}{sC_1}}$	$Y_2 = G_2 = G_1$	$Y_3 = G_3 + sC_3$ $Y_3 = G_1 + sC_1$	$Y_4 = G_4 = G_1$

Çizelge 3.3'de belirlenen admittans değerleri için transfer fonksiyonları aşağıda verilen eşitliklerdeki gibi elde edilir.

$$\left(\frac{V_o}{V_i}\right)_{TGF} = \frac{s^2C_1C_1 - s2C_1G_1 + G_1G_1}{s^2C_1C_1 + s2C_1G_1 + G_1G_1} \quad (3.48)$$

$$\left(\frac{V_o}{V_i}\right)_{BGF} = \frac{sC_2C_2}{s^2C_2C_3 + s(C_2G_3 + C_3G_2) + G_2G_3} \quad (3.49)$$

$$\left(\frac{V_o}{V_i}\right)_{BDF} = \frac{s^2 C_1 C_1 + G_1 G_1}{s^2 C_1 C_1 + s 2 C_1 G_1 + G_1 G_1} \quad (3.50)$$

$$\left(\frac{V_o}{V_i}\right)_{YGF} = \frac{s^2 4 C_1 C_1}{s^2 C_1 C_1 + s 4 C_1 G_1 + G_1 G_1} \quad (3.51)$$

$$\left(\frac{V_o}{V_i}\right)_{AGF} = \frac{4 G_1 G_1}{s^2 C_1 C_1 + s 4 C_1 G_1 + 4 G_1 G_1} \quad (3.52)$$

Yukarıdaki eşitliklerde transfer fonksiyonları verilen ikinci dereceden filtre devrelerinin açılmal frekansı ve kalite faktörü Çizelge 3.4'deki gibi hesaplanır.

Çizelge 3.4. Filtre parametreleri

Filtre tipi	W_0	Q_0
TGF	$\sqrt{\frac{G_1 G_3}{C_1 C_4}}$	$\frac{\sqrt{G_1 G_3 C_1 C_4}}{C_4 G_1 + C_1 G_3}$
BGF	$\sqrt{\frac{G_3 G_2}{C_3 C_2}}$	$\frac{\sqrt{G_3 G_2 C_3 C_2}}{C_3 G_2 + C_2 G_3}$
BDF	$\sqrt{\frac{G_1 G_3}{C_1 C_4}}$	$\frac{\sqrt{G_1 G_3 C_1 C_4}}{C_4 G_1 + C_1 G_3}$
YGF	$\sqrt{\frac{G_1 G_3}{2 C_1 (C_2 + C_4)}}$	$\frac{\sqrt{2 C_1 G_1 G_3 (C_2 + C_4)}}{2 C_1 G_3 + G_1 (C_3 + C_4)}$
AGF	$\sqrt{\frac{2 G_1 (G_3 + G_4)}{2 C_1 C_3}}$	$\frac{\sqrt{2 C_1 C_3 G_1 (G_3 + G_4)}}{2 G_1 C_3 + C_1 (G_3 + G_4)}$

Band durduran filtre devresinin açılmal frekansının ve kalite faktörünün pasif duyarlılıkları aşağıdaki denklemlerde verilmiştir.

$$S_{G_1}^{w_o} = S_{G_3}^{w_o} = \frac{1}{2} \quad (3.53)$$

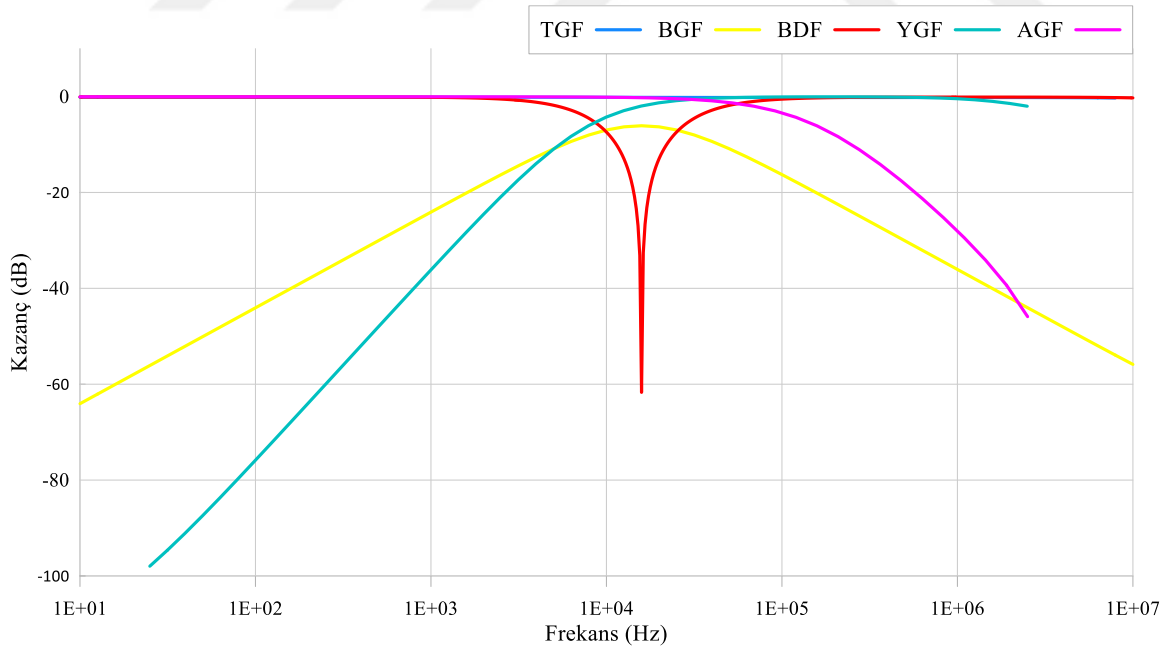
$$S_{C_1}^{w_o} = S_{C_4}^{w_o} = -\frac{1}{2} \quad (3.54)$$

$$S_{G_1}^o = S_{C_4}^o = \frac{1}{2} \frac{C_1 G_3 - C_4 G_1}{C_4 G_1 + C_1 G_3} \quad (3.55)$$

$$S_{G_3}^o = S_{C_1}^o = \frac{1}{2} \frac{C_4 G_1 - C_1 G_3}{C_4 G_1 + C_1 G_3} \quad (3.56)$$

3.7.1. Benzetim sonuçları

Önerilen ikinci dereceden filtre devrelerinin doğruluğunu göstermek amacıyla PSPICE benzetimleri gerçekleştirilmiştir. Benzetimlerde pasif devre elemanları alçak geçiren filtre için $R_1=5K$, $R_2=R_3=R_4=10K$, $C_1=C_3=1nF$; yüksek geçiren filtre için $R_1=R_3=10K$, $C_1=2nF$, $C_2=C_3=C_4=1nF$; bant geçiren filtre için $R_2=R_3=10K$, $C_2=C_3=1nF$; bant durduran filtre için $R_1=10K$, $R_2=R_3=20K$, $C_1=1nF$, $C_4=0,5nF$; tüm geçiren filtre için $R_1=10K$, $R_2=R_3=40K$, $C_1=1nF$, $C_4=0,25nF$ olarak seçilmiştir. Benzetim sonucunda filtrelerin kesim frekansları AGF için 32,23KHz, YGF için 5,63KHz, BGF için 15,75KHz, BDF için 15,76 KHz, TGF için 15,85 KHz olmaktadır. Benzetimde CDDBA elemanı ticari olarak üretilen AD844 akım geri beslemeli kuvvetlendirici yardımıyla elde edilmiştir [6]. Önerilen filtre devreleri için teorik çalışmayı doğrulayan benzetim sonuçları aşağıdaki şekillerde verilmektedir.



Şekil 3.36. İkinci dereceden filtre devrelerinin benzetim sonuçları

4. SONUÇLAR

Tümleşik devre teknolojisindeki gelişmelerle birlikte çok sayıda aktif eleman geliştirilmiş ve analog devre yapılarında kullanılmıştır. Bu analog devre yapılarının başında filtre ve osilatör devreleri gelir. Filtre ve osilatör devreleri birçok alanda kullanılmakta ve birçok analog devre yapılarında ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tez çalışmasında da aktif elemanlarla tasarlanan filtre ve osilatör devreleri ilgili literatürdeki çeşitli çalışmalar incelenmiş ve bunlardan yararlanılarak yeni filtre ve osilatör devreleri tasarlanmıştır.

Bu tezde COA, ICFOA ve CDBA aktif elemanları kullanılarak filtre ve osilatör devreleri sunulmuştur. Teorik olarak önerilen devrelerin doğruluğu ve çalışabilirliği PSPICE benzetimi ile gösterilmiştir. Benzetimlerde MOSIS 0,35um CMOS model parametreleri ve ticari olarak üretilen aktif elemanlar kullanılarak önerilen devrelerin eşdeğer devreleri elde edilmiştir. Bu eşdeğer devreler ile benzetimler gerçekleştirilmiştir.

Bu tezde ilk önerilen devre yapısı COA ile gerçekleştirilmiş birinci dereceden tüm geçiren filtre devresidir. Önerilen filtre devresi, basit devre, yüksek hassasiyetli çalışma, düşük bozulma, düşük faz hatası, düşük güç tüketimi ve IC tekniği için istenen bir özellik olan MOS-C uygulaması avantajlarına sahiptir. Daha sonra önerilen devre yapısı ICFOA ile gerçekleştirilen üçüncü derece quadrature osilatör devreleridir. Önerilen bu quadrature osilatör devre yapılarını çıkışı düşük empedansa sahip olduğundan ek bir devre gerektirmeden kaskat olarak bağlanabilmektedir.

Son olarak tezde CDBA kullanarak filtre devreleri ve filtre devrelerinin bir uygulaması olan osilatör devreleri gerçekleştirilmiştir. CDBA elemanı kullanılarak iki farklı topoloji sunulmuştur. Bu topolojiler kullanılarak birinci dereceden tüm geçiren filtre devresi ve osilatör uygulaması gerçekleştirilmiştir ve topolojiler için uygun admittans değerleri belirlenerek ikinci derece filtre devreleri sunulmuştur. Yapılan benzetimler sonucunda sunulan devrelerin teorik sonuçları doğruladığı görülmüştür.

Sonuç olarak farklı aktif elemanları kullanılarak filtre ve osilatör devreleri sunulmuştur. Sunulan devrelerin PSPICE benzetimleri gerçekleştirilmiş, teorik analizlerle karşılaştırılmış ve sonuçları paylaşılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Leblebici D., (1974) “Tranzistorun 25 yılı”, *İTÜ Elektronik Fakültesi Konferansları, 4.Konferans*
2. Smith K.C. ve Sedra A., (1968) “The current conveyor: A new circuit building block”, *IEEEProc.*, Vol. 56, 1356-1369.
3. Smith K. C. ve Sedra A., (1970) “A second generation current conveyor and its applications”, *IEEE Trans. Circuit Theory*, CT-17, 132-134.
4. Fabre A., (1995), “Third generation current conveyor: a new helpful active element”, *Electronics Letters*, 31, 338-339.
5. Kuntman, H., Gülsoy, M., Çiçekoğlu, O., (2000), “Actively simulated grounded lossy inductors using third generation current conveyors”, *Microelectronics Journal*, 31, 245–250.
6. Acar, C. ve Özoguz, S., (1999) “A new versatile building block: current differencing buffered amplifier suitable for analog signal processing filters”, *Microelectronics J.*, 30, 157- 160.
7. Psychalinos, C., Kasimis, C., & Khateb, F. (2018). Multiple-input single-output universal biquad filter using single output operational transconductance amplifiers. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 93, 360-367.
8. Gupta, M., Arora, T. S., & Gupta, S. N. (2016, July). A novel current-mode and Voltage-mode all pass filter employing operational transconductance amplifier. *In Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES), IEEE International Conference on* (pp. 1-3). IEEE.
9. Safari, L., Yuce, E., & Minaei, S. (2017). A new ICCII based resistor-less current-mode first-order universal filter with electronic tuning capability. *Microelectronics Journal*, 67, 101-110.
10. Sharma, R. K., Arora, T. S., & Senani, R. (2017). On the realisation of canonic single-resistance-controlled oscillators using third generation current conveyors. *IET Circuits, Devices & Systems*, 11(1), 10-20.
11. Kumar, A., & Paul, S. K. (2017). Current mode first order universal filter and multiphase sinusoidal oscillator. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 81, 37-49.
12. Li, Y., Xi, Y., Fan, Z., Zhang, Y., & Wu, J. (2017). Systematic synthesis of second generation current-controlled conveyor-based Tow-Thomas filters with orthogonal tune of pole frequency and quality factor. *Revue roumaine des sciences techniques Série Électrotechnique et Énergétique*, 62(1), 76-81.
13. Arslan, E., Metin, B., & Cicekoglul, O. (2015). MOSFET-only multi-function biquad filter. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 69(12), 1737-1740.
14. Arora, T. S., & Sharma, R. K. (2016). Adjoint-KHN equivalent realization of current mode universal biquad employing third generation current conveyor. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(13).

15. Nand, D., & Pandey, N. (2017, August). Transadmittance Mode First Order LP/HP/AP Filter and its Application as an Oscillator. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*(Vol. 225, No. 1, p. 012150). IOP Publishing.
16. Tsirimokou, G., Koumoussi, S., & Psychalinos, C. (2016). Design of fractional-order filters using current feedback operational amplifiers. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 9(4), 77-81.
17. Shukla, A., Singh, A., & Jain, M. K. (2017). CFOA based Mos-C Single Resistance Controlled Sinusoidal Oscillator.
18. Tarunkumar, H., Ranjan, A., & Pheiroijam, N. M. (2018, January). Fourth Order Band Pass and All Pass Filter using Single FTFN. In *2018 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)* (pp. 1-4). IEEE.
19. Tarunkumar, H., Ranjan, A., & Pheiroijam, N. M. (2018). Universal Biquadratic filter with minimum number of Active FTFN. *Procedia Computer Science*, 125, 818-824.
20. Ranjan, A., Perumalla, S., Kumar, R., John, V., & Yumnam, S. (2018). Second Order Universal Filter Using Four Terminal Floating Nullor (FTFN). *Journal of Circuits, Systems and Computers*, 1950091.
21. Çiçekli, H., & Gokcen, A. (2016). Synthesis of voltage mode all pass filter employing single current operational amplifier. *Int. J. of Comm*, 10, 76-79.
22. Khan, I. A., Masud, M. I., & Moiz, S. A. (2015, February). Reconfigurable fully differential first order all pass filter using digitally controlled CMOS DVCC. In *GCC Conference and Exhibition (GCCCE)*, 2015 IEEE 8th (pp. 1-5). IEEE.
23. Kubánek, D., Khateb, F., Tsirimokou, G., & Psychalinos, C. (2016). Practical design and evaluation of fractional-order oscillator using differential voltage current conveyors. *Circuits, Systems, and Signal Processing*, 35(6), 2003-2016.
24. Ansari, A. Q., Kaur, G., & Hashmi, M. S. (2015). Current Differencing Buffered Amplifier (CDBA) based Current Mode Universal Fractional Order Filter. Proc. Nat. Con. on Adv. in *Microelectronics, Instrumentation and Communication (MICOM 2015)*, At BITS Pilani, India.
25. Arora, T. S., & Rana, U. (2016). Multifunction filter employing current differencing buffered amplifier. *Circuits and Systems*, 7(05), 543.
26. Rai, S. K., & Gupta, M. (2016). Current differencing transconductance amplifier (CDTA) with high transconductance and its application in filter and oscillator. *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*, 127(6), 3388-3396.
27. Rai, S. K., & Gupta, M. (2016). Current differencing transconductance amplifier (CDTA) with enhanced performance and its application. *Analog Integrated Circuits and Signal Processing*, 86(2), 307-319.
28. Senani, R., Singh, A. K., Gupta, A., & Bhaskar, D. R. (2016). Simple Simulated Inductor, Low-Pass/Band-Pass Filter and Sinusoidal Oscillator Using OTRA. *Circuits and Systems*, 7(03), 83.
29. Kugelstadt, T., 2001, Active filter design techniques, Op Amps for Everyone, Literature Number SLOA088, Chapter 16, Texas Ins, pp. 1-65.
30. Kaulberg T., A CMOS Current-Mode Operational Amplifier, *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 28, No. 7, July 1993, pp. 849- 852.

31. Minhaj N., Dual-Output Second-Generation Current Conveyor based Voltage Mode Sinusoidal Oscillator modified for Chaos Generators, *International Journal of Recent Trends in Engineering*, Vol 2, No. 5, November 2009, pp. 315-318.
32. A. Gökçen, MS. Göçmen, U. Çam “Second order analog filter desing using a single ICCII” *Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 2012
33. M. A. Ibrahim, H.Kuntman “High linearity CMOS differential current conveyer(DDCC)”, *International Conference on Microelectronics*, ss. 6–9. 2002
34. K. Manetakis , C. Toumazou “Current-feedback opamp suitable for CMOS VLSI technology”, *Electronic Letters*, 32, pp. 1090–1092. 1996
35. Göçmen, M. Sıddık, Ahmet Gökçen, and Uğur Çam. "Gerilim Modlu Eviren Akım Taşıyıcılı İkinci Derece Süzgeç Tasarımları Voltage Mode Second Order Filters Design with Inverting Current Conveyor. *ELECO '2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*,



EKLER

SPICE Benzetim Programında Kullanılan TSMC 0,35 μm CMOS Model Parametreleri

```
.MODEL NT 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  
+KP= 2,055786E-4 VMAX =8,309444E4 KAPPA=0,2574081  
+RSH =0,0559398 NFS=1E12 TPG =1  
+XJ= 3E-7 LD =3,162278E-11 WD=7,046724E-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 PT 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)
```

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KARACAN, İhsan
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 27.08.1991, Gaziantep
 Medeni hali : Bekar
 e-mail : ihsan.karacan@iste.edu.tr

Eğitim

Yüksek lisans	İskenderun Teknik Üniversitesi / Elektrik Elektronik Mühendisliği	2019
Lisans	Mustafa Kemal Üniversitesi / Elektrik Elektronik Mühendisliği	2013
Lise	Mustafa Gürbüz Necat Bayel Anadolu Lisesi	2009

İş Deneyimi

Yıl	Yer
2016-Halen	İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
2014-2015	AN-EL ELEKTROTEKNİK SAN. VE TİC. LTD.

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- Çiçekli H. , Karacan İ. , Gökçen A. ; *MOS-C First Order All-Pass Filter Design Using Single Current Operational Amplifier*; International Conference on Engineering Technologies(ICENTE'17), 2017 Konya, Turkey
- Karacan İ. , Gökçen A. ; *Terslenmiş Akım Geri Beslemeli İşlemsel Yükselteç Tabanlı Yeni Bir Üçüncü Dereceden Quadrature Osilatör Tasarımı*; International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies(ISAS), 2018 Antalya,Turkey
- Karacan İ. , Gökçen A. ; *A Novel Third Order Quadrature Oscillator*; International Conference on Technology, Engineering and Science(IConTES), 2018 Antalya,Turkey
- Karacan İ. , Gökçen A. ; *Tüm Geçiren Süzgeç Tasarımı Ve Osilatör Uygulaması*; V. Uluslararası Multidisipliner Çalışmaları Sempozyumu (ISMS) ,2018, Ankara, Türkiye
- Karacan İ. , Gökçen A. ; *Akım Farkı Alan Tamponlu Kuvvetlendirici Kullanarak Tüm Geçiren Süzgeç Tasarımı ve Osilatör Uygulaması*; International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology (EurasianSciEnTech 2018), 2018 Ankara, Turkey

DİZİN

A

Aktif devre elemanı · 1,
2
Alçak geçiren filtreler · 3

B

Band durduran filtreler ·
4
Band geçiren filtre · 4
Benzetim · 10, 16, 17,
18, 20, 21, 25, 30, 31,
32, 33, 38

C

CDBA · iv, xii, 2, 7, 8,
23, 24, 25, 26, 27, 28,
31, 32, 33, 34, 35, 38
COA · iv, v, xiii, 2, 5, 6,
9, 10

D

Direnç · xii, xiv, 1, 2

F

Faz · 3, 11, 12, 14, 18,
25, 27, 33, 34
Faz hatası · 11
Filtre · xi, xii, xiv, 2, 3,
9, 23, 28, 30, 34, 36,
37
Frekans · xii, 3, 4, 11,
17, 18, 22, 27, 34

I

ICFOA · iv, v, xiii, 6, 7,
12, 14, 16, 19, 20, 22

İ

İntegratör · 12, 14, 19,
25, 26, 33

K

Kesim frekansı · 3, 4, 10,
16, 18, 20, 23, 27, 35
Kondansatör · 1, 2, 12,
23

M

Mosfet · 1

O

Osilatör · iv, 3, 4, 12, 20,
21, 23, 25, 26, 27, 33,
34

P

Pasif devre elemanı · 1
PSPICE · iv, v, xiv, 10,
16, 20, 21, 22, 24, 27,
28, 30, 32, 34, 36, 38

Q

Quadrature osilatörün ·
12, 15, 17, 18, 21, 22

T

Topoloji · 12
Transfer fonksiyonu · 9,
13, 14, 15, 19, 23, 26,
32, 34
Tüm geçiren filtre · 3



TEKNOVERSİTE





teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

