

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

128648

**CDBA ELEMANI KULLANARAK AKTİF FİLTRE
SENTEZİNDE YENİ OLANAKLAR**

Elektronik ve Haberleşme Mühendisi Bilgen KAYIN

**Y.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

F.B.E Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı Elektronik Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Herman SEDEF

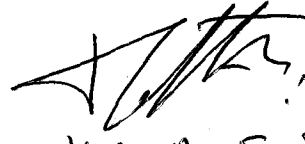
128648



Doç. Dr. Herman SEDEF



Prof. Şefik SARIKAYALAR



Y. Doç. Dr. Ferit ATTAR

İSTANBUL, 2002

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
1 GİRİŞ.....	1
2 CDBA ELEMANININ TANITILMASI.....	4
3 CDBA KULLANILARAK GERÇEKLEŞTİRİLEN TEMEL YAPI BLOKLARI	6
3.1 Gerilim Modunda Çalışan Devreler.....	6
3.1.1 Gerilim fark kuvvetlendiricisi.....	6
3.1.2 Çok girişli toplayıcı.....	7
3.1.3 Integral alıcı.....	8
3.1.4 Türev alıcı.....	9
3.2 Akım Modunda Çalışan Devreler.....	10
3.2.1 Akım fark kuvvetlendiricisi.....	10
3.2.2 Çok girişli toplayıcı.....	11
3.2.3 Integral alıcı.....	12
3.2.4 Türev alıcı.....	13
3.3 Bir Kapılılar.....	14
3.3.1 Bir ucu topraklı R/L ve C/D simülatörü.....	14
3.3.2 Negatif direnç üretici.....	15
3.4 İki Kapılılar.....	16
3.4.1 Gerilim kontrollü gerilim kaynağı.....	16
3.4.2 Akım kontrollü gerilim kaynağı.....	16
3.4.3 Gerilim kontrollü akım kaynağı.....	17
3.4.4 Akım kontrollü akım kaynağı.....	17
3.4.5 Jirator.....	18
3.4.6 FDNR.....	20
4 TRANSFER FONKSİYONLARINI AYRIŞTIRMA YÖNTEMLERİ VE N. DERECEDEKİ AKTİF FİLTRE SENTEZİ.....	21
4.1 Gözlenebilir Kanonik Biçim Yöntemiyle Ayrıştırma ve Sentez.....	21
4.2 Kontrol Edilebilir Kanonik Biçim Yöntemiyle Ayrıştırma ve Sentez.....	24

5	DÖRDÜNCÜ DERECEDE FİLTRE UYGULAMALARINA İLİŞKİN ÖRNEKLER.....	26
5.1	GKB Yöntemi İle Dördüncü Dereceden Genel Filtre Sentezi	26
5.1.1	GKB yöntemi ile dördüncü dereceden butterworth tipinde alçak geçiren filtre sentezi.....	28
5.1.2	GKB yöntemi ile dördüncü dereceden butterworth tipinde yüksek geçiren filtre sentezi.....	30
5.1.3	GKB yöntemi ile dördüncü dereceden butterworth tipinde band geçiren filtre sentezi.....	32
5.1.4	GKB yöntemi ile dördüncü dereceden butterworth tipinde band söndüren filtre sentezi.....	34
5.2	KKB Yöntemi İle Dördüncü Dereceden Genel Filtre Sentezi	36
5.2.1	KKB yöntemi ile dördüncü dereceden Butterworth tipinde alçak geçiren filtre sentezi.....	38
5.2.2	KKB yöntemi ile dördüncü dereceden Butterworth tipinde yüksek geçiren filtre sentezi.....	41
5.2.3	KKB yöntemi ile dördüncü dereceden Butterworth tipinde band geçiren filtre sentezi.....	44
5.2.4	KKB yöntemi ile dördüncü dereceden Butterworth tipinde band söndüren filtre sentezi.....	47
6	İDEAL OLMAYAN CDBA KULLANILARAK DÖRDÜNCÜ DERECEDE AKTİF FİLTRE SENTEZİ.....	50
7	SONUÇLAR	51
	KAYNAKLAR.....	52
	EKLER.....	54
	Ek 1 Dördüncü dereceden Butterworth tipi transfer fonksiyonlarının elde edilmesi.....	55
	ÖZGEÇMİŞ	57

SİMGE LİSTESİ

- C : Kapasite
- $\hat{C}$: Ölçeklenmiş kapasite
- D : FDNR
- I : Akım
- L : Endüktans
- R : Direnç
- $\hat{R}$: Ölçeklenmiş direnç
- V : Gerilim



KISALTMA LİSTESİ

AGF	: Alçak Geçiren Filtre
AKAK	: Akım Kontrollü Akım Kaynağı
AKGK	: Akım Kontrollü Gerilim Kaynağı
BGF	: Band Geçiren Filtre
BSF	: Band Söndüren Filtre
CCI	: Current Conveyor First Generation
CCII	: Current Conveyor Second Generation
CDBA	: Current Differencing Buffered Amplifier
CFA	: Current Feedback Amplifier
DCCCS	: Differential Current Controlled Current Source
FDNR	: Frequency Dependent Negative Resistor
GKAK	: Gerilim Kontrollü Akım Kaynağı
GKB	: Gözlenebilir Kanonik Biçim
GK GK	: Gerilim Kontrollü Gerilim Kaynağı
IC	: Integrated Circuit
KHN	: Kerwin Huelsman Newcomb
KKB	: Kontrol Edilebilir Kanonik Biçim
MOSFET	: Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
Op-Amp	: Operational Amplifier
OTA	: Operational Transconductance Amplifier
YGF	: Yüksek Geçiren Filtre

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 CDBA elemanının sembolik gösterimi	4
Şekil 2.2 CDBA eşdeğer devresi	4
Şekil 2.3 MOS kullanılarak gerçekleştirilen CDBA	5
Şekil 3.1 a) Gerilim kuvvetlendirici devresi b) İşaret akış diyagramı	6
Şekil 3.2 a) Çok girişli toplayıcı devresi b) İşaret akış diyagramı	7
Şekil 3.3 a) Integral alıcı devresi b) İşaret akış diyagramı	8
Şekil 3.4 a) Türev alıcı devresi b) İşaret akış diyagramı	9
Şekil 3.5 a) Akım fark kuvvetlendirici devresi b) İşaret akış diyagramı	10
Şekil 3.6 a) Çok girişli toplayıcı devresi b) İşaret akış diyagramı	11
Şekil 3.7 a) Integral alıcı devresi b) İşaret akış diyagramı	12
Şekil 3.8 a) Türev alıcı devresi b) İşaret akış diyagramı	13
Şekil 3.9 Bir ucu topraklı R/L ve C/D simülasyonu yapan devre	14
Şekil 3.10 Negatif direnç üretici (İbrahim Muhammed A., (1999))	15
Şekil 3.11 a) Gerilim kontrollü gerilim kaynağı b) İşaret akış diyagramı	16
Şekil 3.12 a) Akım kontrollü gerilim kaynağı b) İşaret akış diyagramı	16
Şekil 3.13 a) Gerilim kontrollü akım kaynağı b) İşaret akış diyagramı	17
Şekil 3.14 a) Akım kontrollü gerilim kaynağı b) İşaret akış diyagramı	17
Şekil 3.15 Jiratorün sembolü (İbrahim Muhammed A., 1999)	18
Şekil 3.16 CDBA Elemanı ile gerçekleştirilen jirator devresi (İbrahim Muhammed A., 1999) ...	18
Şekil 3.17 Jirator Kullanılarak gerçekleştirilen topraklanmış endüktansın simülasyonu (İbrahim Muhammed A., 1999)	19
Şekil 3.18 Jirator Kullanılarak gerçekleştirilen topraklanmamış (floating) endüktansın simülasyonu (İbrahim Muhammed A., 1999)	19
Şekil 3.19 CDBA kullanılarak gerçekleştirilen FDNR (İbrahim Muhammed A., 1999)	20
Şekil 4.1 N. dereceden transfer fonksiyonuna ilişkin gözlenebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı	22
Şekil 4.2 GKB yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen n. dereceden aktif filtre	23
Şekil 4.3 N. dereceden transfer fonksiyonuna ilişkin kontrol edilebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı	24
Şekil 4.4 KKB yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen n. dereceden aktif filtre	25
Şekil 5.1 Dördüncü dereceden transfer fonksiyonuna ilişkin gözlenebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı	26
Şekil 5.2 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçeklenen aktif filtre	27
Şekil 5.3 Dördüncü dereceden alçak geçiren filtreye ilişkin transfer fonksiyonunun gözlenebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı	28
Şekil 5.4 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçeklenen alçak geçiren filtre	28
Şekil 5.5 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçeklenen alçak geçiren filtre'nin bode diyagramı	29
Şekil 5.6 Dördüncü dereceden yüksek geçiren filtreye ilişkin transfer fonksiyonunun gözlenebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı	30
Şekil 5.7 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçeklenen yüksek geçiren filtre	31
Şekil 5.8 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçeklenen yüksek geçiren filtre'nin bode diyagramı	31
Şekil 5.9 Dördüncü dereceden band geçiren filtreye ilişkin transfer fonksiyonunun gözlenebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı	32
Şekil 5.10 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçeklenen band geçiren filtre	33

Şekil 5.11 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçekleştirilen band geçiren filtre'nin bode diyagramı	33
Şekil 5.12 Dördüncü dereceden band söndüren filtreye ilişkin transfer fonksiyonunun gözlemlenebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı	34
Şekil 5.13 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçekleştirilen band söndüren filtre	35
Şekil 5.14 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçekleştirilen band söndüren filtre'nin bode diyagramı	35
Şekil 5.15 Dördüncü dereceden transfer fonksiyonuna ilişkin kontrol edilebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı	36
Şekil 5.16 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin KKB yöntemi ile gerçekleştirilen aktif filtre	37
Şekil 5.17 Dördüncü dereceden alçak geçiren filtreye ilişkin transfer fonksiyonunun kontrol edilebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı	38
Şekil 5.18 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin KKB yöntemi ile gerçekleştirilen alçak geçiren filtre	39
Şekil 5.19 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin KKB yöntemi ile gerçekleştirilen alçak geçiren filtre'nin bode diyagramı	40
Şekil 5.20 Dördüncü dereceden yüksek geçiren filtreye ilişkin transfer fonksiyonunun kontrol edilebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı	41
Şekil 5.21 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin KKB yöntemi ile gerçekleştirilen yüksek geçiren filtre	42
Şekil 5.22 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin KKB yöntemi ile gerçekleştirilen yüksek geçiren filtre'nin bode diyagramı	43
Şekil 5.23 Dördüncü dereceden band geçiren filtreye ilişkin transfer fonksiyonunun kontrol edilebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı	44
Şekil 5.24 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin KKB yöntemi ile gerçekleştirilen band geçiren filtre	45
Şekil 5.25 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin KKB yöntemi ile gerçekleştirilen band geçiren filtre'nin bode diyagramı	46
Şekil 5.26 Dördüncü dereceden band söndüren filtreye ilişkin transfer fonksiyonunun kontrol edilebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı	47
Şekil 5.27 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin KKB yöntemi ile gerçekleştirilen band söndüren filtre	48
Şekil 5.28 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin KKB yöntemi ile gerçekleştirilen band söndüren filtre'nin bode diyagramı	49
Şekil 5.29 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçekleştirilen ideal CDBA'lı band geçiren aktif filtrenin bode diyagramı	50

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 MOS kullanarak gerçekleştirilen CDBA’nın parametrik tablosu 5

Çizelge 3.1 R/L ve C/D simülasyonu devreleri..... 15

Çizelge 7.1 Eleman sayısı karşılaştırma tablosu 51

Çizelge 8.1 Butterworth fonksiyonu katsayı tablosu (alçak geçiren filtreler için)..... 55



ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim boyunca yardımlarını gördüğüm sayın hocam Doç.Dr. Herman SEDEF'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez aşamasında destek vererek moralimi yüksek tutan sevgili anneme teşekkür ederim.

Haziran 2002

Bilgen KAYIN



ÖZET

Bu tezde, n . dereceden gerilim transfer fonksiyonlarını CDBA'lar, bir ucu topraklı direnç ve kapasite elemanları ile gerçekleyen iki genel devre sunulmuştur. Elde edilen genel devreler ile dördüncü dereceden alçak-geçiren, band-geçiren, yüksek-geçiren ve band-söndüren gibi genlik ve faz karakteristiğine sahip aktif filtre devreleri gerçekleştirilmiştir. Teorik çalışmaların doğruluğu, her bir devrenin SPICE programı ile simülasyonu yapılarak kanıtlanmıştır.

Birinci bölümde, devre sentezinin tarihi gelişimi ile ilgili bir giriş yapılmıştır. Daha sonra kısaca aktif devre sentezi sorunlarından ve yapılan literatür çalışmalarından bahsedilerek, bu tezde tutulan yol belirlenmiştir.

İkinci bölümde, bu tezin temel yapı taşını oluşturan CDBA elemanı tanıtılmıştır. Bu elemanın küçük genlikli işaretler için lineerleştirilmiş tanım bağıntısı ve bu tanım bağıntısını sağlayan bağımlı kaynaklardan oluşturulmuş ideal devre modeli verilmiştir. Daha sonra, YITAL 3 μ m CMOS transistör parametreleriyle tümleştirmeye uygun, ideal olmayan bir CDBA devre elemanı sunulmuştur.

Üçüncü bölümde, CDBA, direnç ve kapasite elemanları kullanılarak gerçekleştirilmiş kuvvetlendiriciler, toplayıcılar, fark alıcılar, integratörler, türev alıcılar gibi analog hesaplamalarda çok kullanışlı temel alt devreler verilmiştir. Bu alt devrelerin analizleri yapılarak her bir devrenin çıkış ifadeleri bulunmuş ve işaret akış diyagramları çizilmiştir.

Dördüncü bölümde, n . dereceden transfer fonksiyonlarını ayrıştırma yöntemlerinden Gözlenebilir Kanonik Biçim (GKB) ve Kontrol Edilebilir Kanonik Biçim (KKB) yöntemleri açıklanmış ve transfer fonksiyonlarının bu ayrıştırma yöntemlerine karşılık düşen genel işaret akış diyagramları çizilmiştir. Gerilim transfer fonksiyonlarına karşılık düşürülen işaret akış diyagramlarını CDBA'lar, bir ucu topraklı direnç ve kapasite elemanları ile gerçekleyen iki gerilim modlu genel devre sunulmuştur. Bu çalışma ile ilk kez, transfer fonksiyonları ayrıştırma yöntemlerinden yararlanılarak CDBA ile aktif filtre sentezi yapılmıştır.

Beşinci bölümde, gözlenebilir ve kontrol edilebilir kanonik biçimde devrelerle köşe/merkez açıl frekansı 10^6 rad/s (159.2kHz) olan, dördüncü dereceden Butterworth alçak-geçiren, band-geçiren, yüksek-geçiren ve band-söndüren filtre devreleri gerçekleştirilmiştir. Bu devrelerin ideal CDBA'lar kullanılarak yapılan SPICE simülasyonu ile genlik-frekans ve faz-frekans karakteristikleri ayrı ayrı elde edilmiştir.

Altıncı bölümde, GKB yöntemiyle gerçekleştirilen ideal olmayan CMOS CDBA'lı band-geçiren filtrenin SPICE programı ile yeniden simülasyonu yapılmış ve böylelikle ideal olmayan CDBA'dan kaynaklanan ideallsizliklerin genlik-frekans ve faz-frekans karakteristikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Yedinci bölümde, bu tezde elde edilen tüm sonuçlar ve öneriler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler:CDBA, aktif filtre sentezi, transfer fonksiyonlarını ayrıştırma yöntemleri.

ABSTRACT

This study represents two general circuits that verify nth-order voltage mode transfer function with CDBA, resistors and capacitors. These circuits mentioned above have been used for realization of several active filter circuits having fourth-order amplitude and phase characteristics like lowpass, bandpass, highpass and bandstop filters. This theory has been verified by the simulation of each circuit with the SPICE program.

The first chapter starts with the historical evolution of the circuit synthesis. The first chapter also covers a brief introduction of the problems faced in active circuit synthesis along with the studies made on this topic.

The second chapter concentrates on the CDBA which is the main point of interest of this study. Included in this chapter is linear relation of CDBA for low amplitude signals and the ideal circuit model for providing that relation. Non ideal CDBA is created by using YITAL 3 μm CMOS transistor parameters.

The third chapter is mainly on the basic circuits made of using CDBA, resistor and capacitor which are very useful in analog calculations (such as amplifiers, integrators, derivators). Analysis of these sub-circuits and signal flow diagrams for each were given.

Chapter 4 starts with a brief explanation of Observable Canonical Form Method and Controllable Canonical Form Method. Voltage mode transfer functions versus general mode signal flow diagrams are implemented by using CDBA, resistors and capacitors.

In fifth chapter, fourth order low-pass, high-pass, band-pass and band-stop filters (angular frequency = 10^6 rad/s (159.2kHz)) are given according to Observable Canonical Form Method and Controllable Canonical Form Method. Filters that includes ideal CDBA's are simulated with SPICE program.

The sixth chapter deals with non-ideal bandpass filter with CMOS CDBA by using Observable Canonical Form Method. The filter simulated with the SPICE program again and effects of non-ideal CDBA on amplitude-frequency and phase-frequency characteristics have been emphasized.

The seventh and the final chapter focuses of the findings of the study along with recommendations.

Key Words: CDBA, active filter synthesis, decomposition methods of transfer functions.

1 GİRİŞ

Devre sentezi yani devre fonksiyonlarından bir veya birden fazla devrenin sistematik yöntemlerle elde edilmesi konusu 1915-1917 yılları arasında Amerika'da ve Almanya'da George Campbell ve Karl Wagner'in elektrik filtrelerini birbirinden bağımsız olarak bulmalarıyla başlamıştır. 1924-1931 yılları arasında Otta I. Zabel ve yakın yıllarda Ronal M. Foster, Wilhelm Cauer, Otta Brune, Hendrik Bode, 1980'li yıllarda ise Sydney Darlington bu bilim dalına önemli katkılarda bulunmuştur. Sentezden yararlanılarak devre tasarımı konusunda ilk makale 1924 yılında Foster tarafından yazılmıştır. İkinci dünya savaşı sentez konusuna gösterilen ilgi için bir dönüm noktası olmuştur. Savaş sonrasında özellikle haberleşme sistemlerinde kapasiteyi ve güvenilirliği artırmak için yeni çalışmalar yapılmıştır. Bu arada 1945 yılında Bell laboratuvarlarında bir araştırma grubu kurulmuştur. Grubun amacı iletkenler, yarıiletkenler, yalıtkanlar, piezo elektrik ve manyetik malzemeler üzerinde araştırma yapmak olarak tanımlanmıştır.

Teknolojinin gelişmesiyle çok sayıda R, D, transistör ve C'den oluşan elektronik devre bir bütün olarak gerçekleştirilmiştir. Böylece ortaya tümleşik devreler (IC) çıkmıştır.

1960 yılında ilk IC, dört elemandan oluşuyordu. 1964'de bir IC'deki eleman sayısı 40'tır. 1972'de bu sayı 12.000'dir. 1982'de VLSI teknolojisinin gelişimiyle bir IC içindeki eleman sayısı 100.000 derecesine ulaşmıştır. Günümüzde gelişmiş işlemcilerdeki eleman sayısı birkaç milyonu aşmıştır.

Aktif Devre Sentezi Sorunu:

Bilindiği gibi lineer toplu elemanlı bir devrenin sentezi istenilen özellikleri sağlayan sabit katsayılı rasyonel devre fonksiyonunun gerçekleştirilmesine dayanır. İstenilen özellikleri sağlayan ve fiziksel olarak gerçekleştirilebilen devre fonksiyonlarının kutupları sol yarı s düzleminde ve imajiner eksen üzerinde katsız olarak bulunurlar.

RC, RL devrelerinin kutup ve sıfırları reel eksen üzerinde sıralıdır. LC devrelerinin kutup ve sıfırları ise imajiner eksen üzerinde sıralıdır. RC devrelerine ait transfer fonksiyonlarında kutuplar negatif reel eksen üzerinde bulunur. RC devreleriyle kompleks kutuplu rasyonel devre fonksiyonları gerçekleştirilemez. Bunu gerçekleyebilmek için R, C elemanlarının yanısıra L elemanını da kullanmak gerekir. Çünkü R, L, C devrelerinin devre fonksiyonlarının sol yarı s düzleminde kompleks kutupları vardır. Bu nedenle pasif devre sentezinde L elemanları da kullanılmaktadır. Ancak L elemanı, yüksek frekansta lineer olmayan davranışı, istenmeyen kuplajları, alçak frekans uygulamasında ortaya çıkardığı boyut ve ağırlık, üretim güçlüğü ve

maliyet sorunları, tümleştirmeye uygun olmayışı gibi nedenlerle kullanılmasından kaçınılan ancak fonksiyonundan vazgeçilemeyen bir elemandır. Her devre fonksiyonu da pasif R, L, C elemanlarıyla gerçekleştirilmeyebilir. Bu durumda aktif filtre sentezi yöntemi kullanılır. Bu nedenlerle gerek pasif R, L, C devrelerinin bu tür kısıtlamalarından kurtulmak, gerekse L'nin sağladığı özellikleri bir başka yoldan sağlamak amacı ile aktif elemanlardan Op-Amp, OTA, CCI, CFA, CDBA v.s. kullanılması yoluna gidilmiştir.

Aktif devre elemanları, aktif devre sentezinin temel yapıtaşları olmuşlardır. Çünkü bu elemanların lineer davranışları oldukça iyidir.

Elektrik-Elektronik devrelerinde çok kullanışlı yapılar olan analog devrelerin başında filtreler gelir. Pasif R, L, C elemanlarıyla gerçekleştirilen bu devreler aynı zamanda aktif elemanlarla birlikte sadece C elemanları ya da bunların her üçünü birden kullanarak da gerçekleştirilebilir. Aktif filtreler ve osilatörler gibi devrelerin gerçekleştirilmesinde son yirmi yılda, işlemsel kuvvetlendiriciler önemli rol oynamıştır.

Son yıllarda ise ikinci kuşak akım taşıyıcılar (CCII+ ve CCII-) ve akım geri beslemeli işlemsel kuvvetlendiriciler (CFA) daha geniş bant genişliğine sahip olmaları nedeniyle tercih edilmektedirler.

Bu tezde tutulan yol:

Bu çalışmada CDBA olarak adlandırılan yeni bir devre elemanı tanıtılmış ve çeşitli uygulamaları verilmiştir. Yapılan literatür çalışması sonucunda CDBA elemanının önemli özellikleri belirlenmiştir. CDBA geniş bir frekans aralığında hem akım hem de gerilim modunda çalışabilmektedir (Özoğuz S., Toker A., İbrahim Muhammed A., Acar C., 1999). Akım modlu devreler, lineerlik, yüksek bantgenişliği ve düşük güç tüketimi gibi özellikleri ile oldukça avantajlı bir duruma gelmişlerdir (Toker A., Özoğuz S., Acar C., 2000). CDBA, kazançtan bağımsız sabit bantgenişliği sağlayarak yüksek frekanslarda kuvvetlendirme yapmaktadır (Salama Khaled N., Soliman Ahmed M. 2000). CDBA, piyasada ticari olarak bulunan CFA-AD844 tümleşik devresi ve MOS transistörler yardımıyla iki biçimde gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışmada CDBA, MOS transistörler ile gerçekleştirilmektedir.

CDBA ile ilgili ilk çalışma 1998 yılında Cevdet Acar ve Serdar Özoğuz tarafından yayınlanmıştır (İ.T.Ü.) (Acar C., Özoğuz S., 1998).

1999 yılında ise CDBA kullanılarak gerçekleştirilen ve akım modunda çalışan KHN devreleri tanıtılmıştır (Toker A., Özoğuz S., Acar C., 1999). Aynı yıl CDBA ile gerçekleştirilen akım modlu sürekli zamanlı filtreler tanıtılmıştır (Özoğuz S., Toker A., Acar C., 1999). Ayrıca

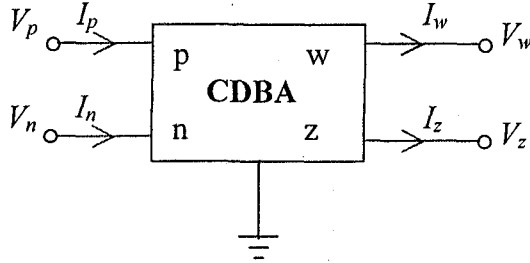
empedans çevirici ve integral alıcı devrelerinin tanıtımına ilişkin makaleler de 1999 yılında yayınlanmıştır(Özoğuz S., Toker A., İbrahim Muhammed A., Acar C., 1999).

2000 yılında CDBA ile gerilim modlu KHN devreleri tanıtılmıştır (Salama Khaled N., Solimân Ahmed M. 2000). Aynı yıl CDBA ile gerçekleştirilen gerilim modlu filtre devreleri ile ilgili makale yayınlanmıştır (Sedef H., Acar C., 2000). 2000 yılında yayınlanan bir başka makale çalışması da CDBA ile gerçekleştirilen jirator uygulamasıdır (Toker A., Özoğuz S., Acar C., 2000).



2 CDBA ELEMANININ TANITILMASI

CDBA, beş uçlu aktif bir elemandır. Aktif eleman CDBA'nın sembolü Şekil 2.1'de verilmiştir (Özoğuz S., Toker A., İbrahim Muhammed A., Acar C., 1999). Burada p ve n giriş, w ve z çıkış terminalleridir. Bu elemanın uç gerilimleri V_p , V_n , V_w , V_z , uç akımları ise I_p , I_n , I_w , I_z 'dir. İdeal şartlarda p ve n uçlarının giriş direnci ile w ucunun çıkış direnci sıfır Ω , z ucunun çıkış direnci ise sonsuzdur.



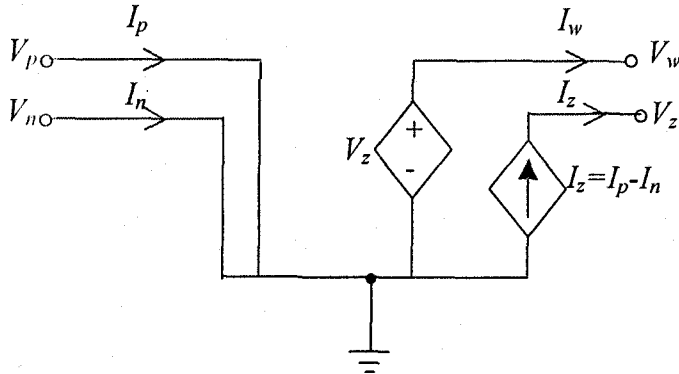
Şekil 2.1 CDBA elemanının sembolik gösterimi

CDBA elemanının küçük işaretlerdeki lineer tanım bağıntısı

$$\begin{bmatrix} I_z \\ V_w \\ V_p \\ V_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_z \\ I_w \\ I_p \\ I_n \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

matrisiel olarak aşağıdaki biçimde verilir (Özoğuz S., Toker A., İbrahim Muhammed A., Acar C., 1999).

CDBA elemanının bağımlı kaynaklarla oluşturulmuş küçük işaretlerdeki eşdeğer modeli Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2 CDBA eşdeğer devresi

Şekil 2.2' den görüldüğü gibi z terminalinden akan akım p ve n terminallerinin farkı büyüklüğünde akmaktadır. Bu sebepten z terminali akım farkı çıkışı olarak adlandırılır.

$$I_z = I_p - I_n \quad (2.2)$$

p ve n terminalleri sırasıyla pozitif ve negatif girişler olarak adlandırılır. w terminalinin gerilimi z terminalinin gerilimine eşittir. V_w gerilim çıkışı olarak da bilinmektedir.

$$V_w = V_z \quad (2.3)$$

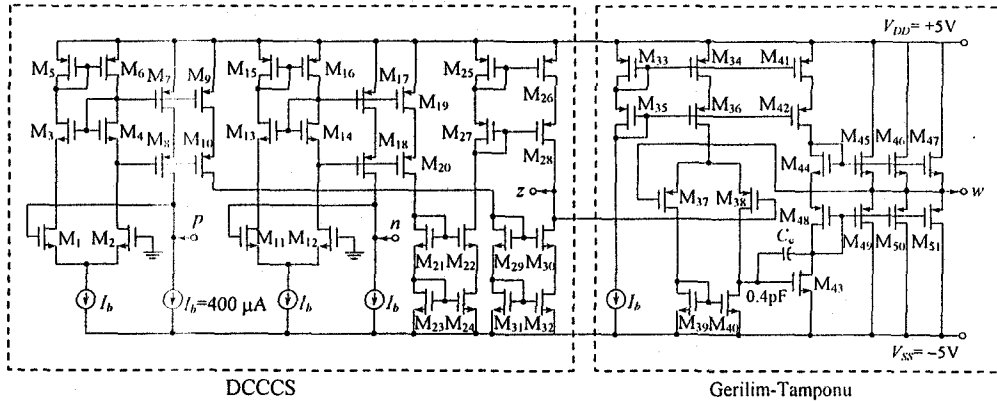
$$V_p = 0 \quad (2.4)$$

$$V_n = 0 \quad (2.5)$$

Şekil 2.3'de CDDBA elemanının MOS transistörler ve yipar parametreleriyle gerçekleştirilmiş konfigürasyonu verilmiştir (Sedef H., Acar C.,2000).

Çizelge 2.1 MOS kullanarak gerçekleştirilen CDDBA'nın parametrik tablosu

Transistor	W/L ($\mu\text{m}/\mu\text{m}$)
M_1, M_2, M_{11}, M_{12}	90/3
$M_3-M_6, M_{13}-M_{16}, M_{21}-M_{24}$	60/3
$M_7-M_{10}, M_{17}-M_{20}, M_{39}, M_{40}$	120/3
$M_{33}-M_{38}, M_{41}, M_{42}$	330/3
$M_{25}-M_{28}$	150/3
$M_{29}-M_{32}$	30/3
M_{43}	231/3
$M_{44}-M_{47}$	201/3
$M_{48}-M_{51}$	504/3



Şekil 2.3 MOS kullanılarak gerçekleştirilen CDDBA

3 CDBA KULLANILARAK GERÇEKLEŞTİRİLEN TEMEL YAPI BLOKLARI

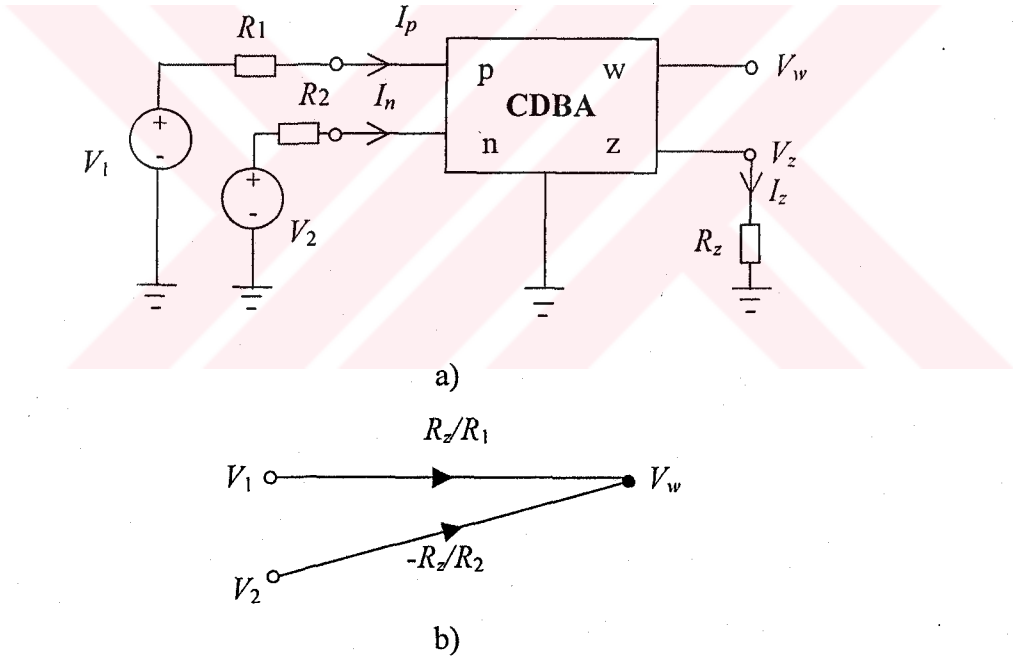
Bu bölümde, aktif filtrelerin oluşturulmasında kullanılan temel yapı blokları verilmiştir. Gerilim ve akım modunda çalışan devreler ile temel bir ve iki kapılılar ayrı başlıklar altında incelenmiştir. Burada tüm devre denklemleri s - domeninde verilmiştir.

3.1 Gerilim Modunda Çalışan Devreler

Bu alt bölümde, CDBA elemanı kullanılarak gerçekleştirilen ve gerilim modunda çalışan, başka bir deyişle gerilim kaynağı ile sürülen devreler verilmiş ve bu devrelerin analizleri yapılarak işaret akış diyagramları çizilmiştir.

3.1.1 Gerilim fark kuvvetlendiricisi

Şekil 3.1'de bir CDBA ve üç direnç kullanılarak gerçekleştirilen gerilim fark kuvvetlendiricisi yer almaktadır.



Şekil 3.1 a) Gerilim kuvvetlendirici devresi b) İşaret akış diyagramı

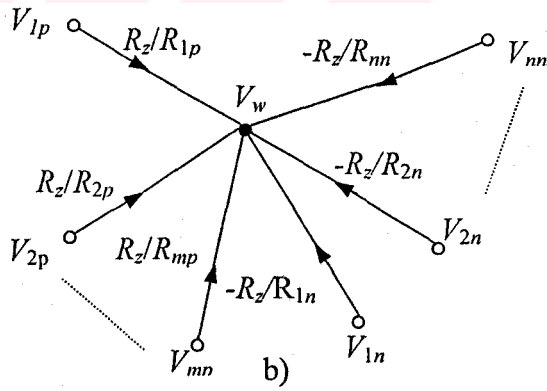
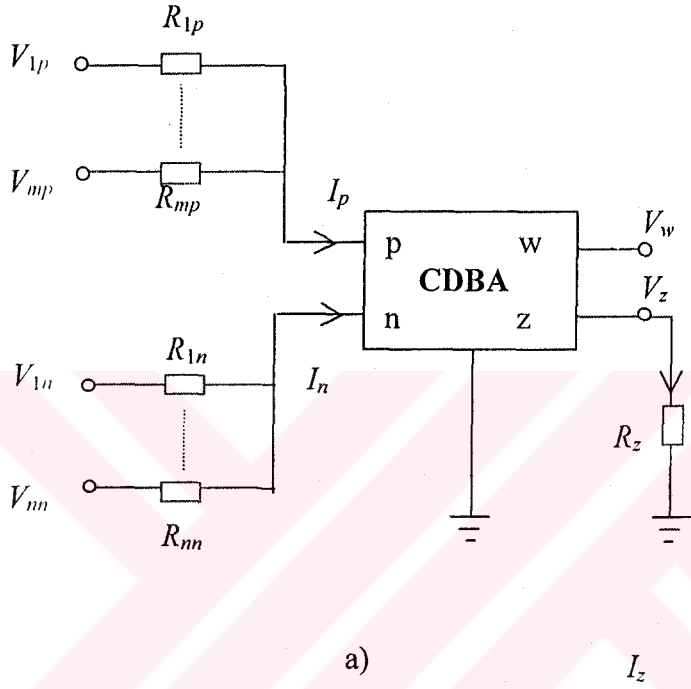
Şekil 3.1' deki devrenin yapılan analizi sonucunda V_w çıkış gerilimi,

$$V_w = \frac{R_z}{R_1} V_1 - \frac{R_z}{R_2} V_2 \quad \text{biçiminde elde edilir.} \quad (3.1)$$

Bu eşitlikten giriş gerilimlerinin genliklerinin R_1 ve R_2 dirençleriyle, birbirinden bağımsız olarak ayarlanabileceği görülmektedir. Bu devre, $V_1=0$ koşulunda eviren kuvvetlendirici, $V_2=0$ koşulunda ise evirmeyen kuvvetlendirici olarak da kullanılabilir.

3.1.2 Çok girişli toplayıcı

Şekil 3.2' de bir CDBA ve $m+n+1$ tane direnç elemanı kullanarak gerçekleştirilen çok girişli toplayıcı devresi verilmiştir. Bu devre Şekil 3.1'de verilen devrenin genelleştirilmiş halidir.



Şekil 3.2 a) Çok girişli toplayıcı devresi b) İşaret akış diyagramı

Şekil 3.2'deki devrenin yapılan analizi sonucunda V_w çıkış gerilimi,

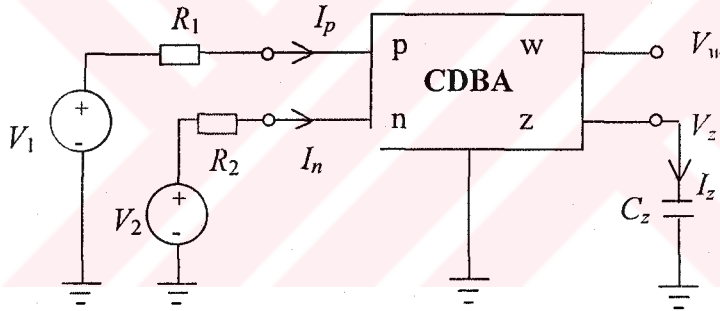
$$V_w = \left(\frac{R_z}{R_{1p}} V_{1p} + \frac{R_z}{R_{2p}} V_{2p} + \dots + \frac{R_z}{R_{mp}} V_{mp} \right) - \left(\frac{R_z}{R_{1n}} V_{1n} + \frac{R_z}{R_{2n}} V_{2n} + \dots + \frac{R_z}{R_{nn}} V_{nn} \right) \quad (3.2)$$

biçiminde elde edilir.

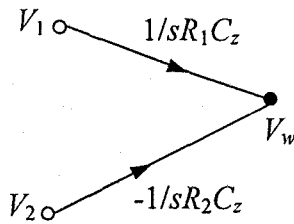
Bu eşitlikler, p ucuna bağlı her bir gerilimin genliklerinin toplamının n ucuna bağlı gerilimlerin genliklerinin toplamından çıkarıldığı görülmektedir. p ve n uçlarına bağlı giriş geriliminin genliği sırası ile $R_{1p}, R_{2p}, \dots, R_{mp}$ ve $R_{1n}, R_{2n}, \dots, R_{nn}$ dirençleriyle bağımsız olarak ayarlanabilmektedir.

3.1.3 Integral alıcı

Şekil 3.3' de bir CDBA, iki direnç ve bir kondansatör elemanı kullanarak gerçekleştirilen devre integral alıcı devresi görülmektedir.



a)



b)

Şekil 3.3 a) Integral alıcı devresi b) İşaret akış diyagramı

Şekil 3.3'deki devrenin yapılan analizi sonucunda V_w çıkış gerilimi,

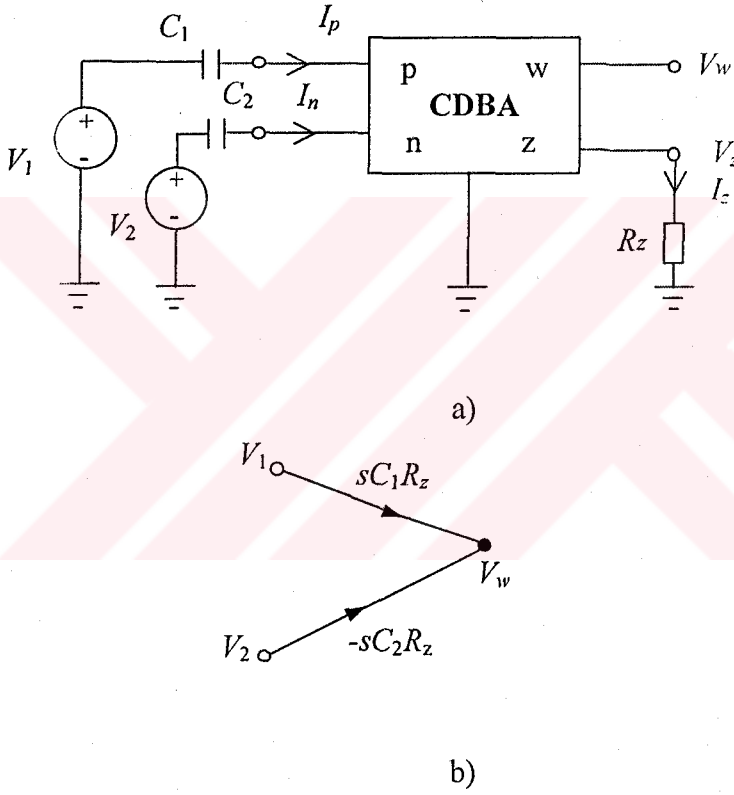
$$V_w = \frac{1}{sC_z R_1} V_1 - \frac{1}{sC_z R_2} V_2 \quad (3.3)$$

biçiminde elde edilir.

Bu devre, giriş işaretlerinin ayrı ayrı integrallerini aldıktan sonra fark alma işlemi yapar.

3.1.4 Türev alıcı

Şekil 3.4' de bir CDBA, bir direnç ve iki kondansatör elemanı kullanarak gerçekleştirilen türev alıcı devre görülmektedir.



Şekil 3.4 a) Türev alıcı devresi b) İşaret akış diyagramı

Şekil 3.4'deki devrenin yapılan analizi sonucunda V_w çıkış gerilimi,

$$V_w = sC_1 R_z V_1 - sC_2 R_z V_2 \quad (3.4)$$

biçiminde elde edilir.

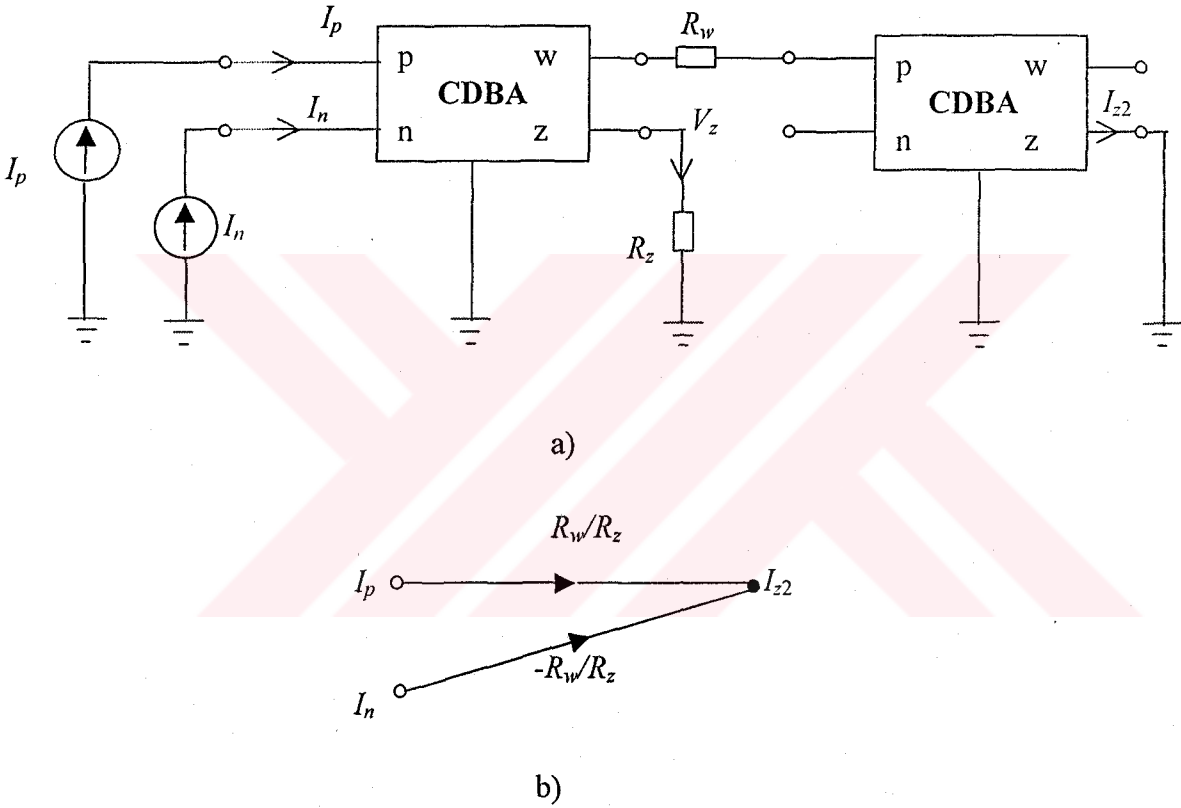
Bu devre, giriş işaretlerinin ayrı ayrı türevlerini aldıktan sonra fark alma işlemi yapar.

3.2 Akım Modunda Çalışan Devreler

Bu alt bölümde, CDBA elemanı kullanılarak gerçekleştirilen ve akım modunda çalışan, başka bir deyişle akım kaynağı ile sürülen devreler verilmiş ve bu devrelerin analizleri yapılarak işaret akış diyagramları çizilmiştir.

3.2.1 Akım fark kuvvetlendiricisi

Şekil 3.5'de iki CDBA ve iki direnç kullanılarak gerçekleştirilen akım fark kuvvetlendiricisi verilmiştir. İkinci CDBA akım tamponu olarak kullanılmakta, bu şekilde I_{z2} yükten bağımsız olmaktadır.



Şekil 3.5 a) Akım fark kuvvetlendirici devresi b) İşaret akış diyagramı

Şekil 3.5' deki devrenin yapılan analizi sonucunda I_{z2} çıkış akımı,

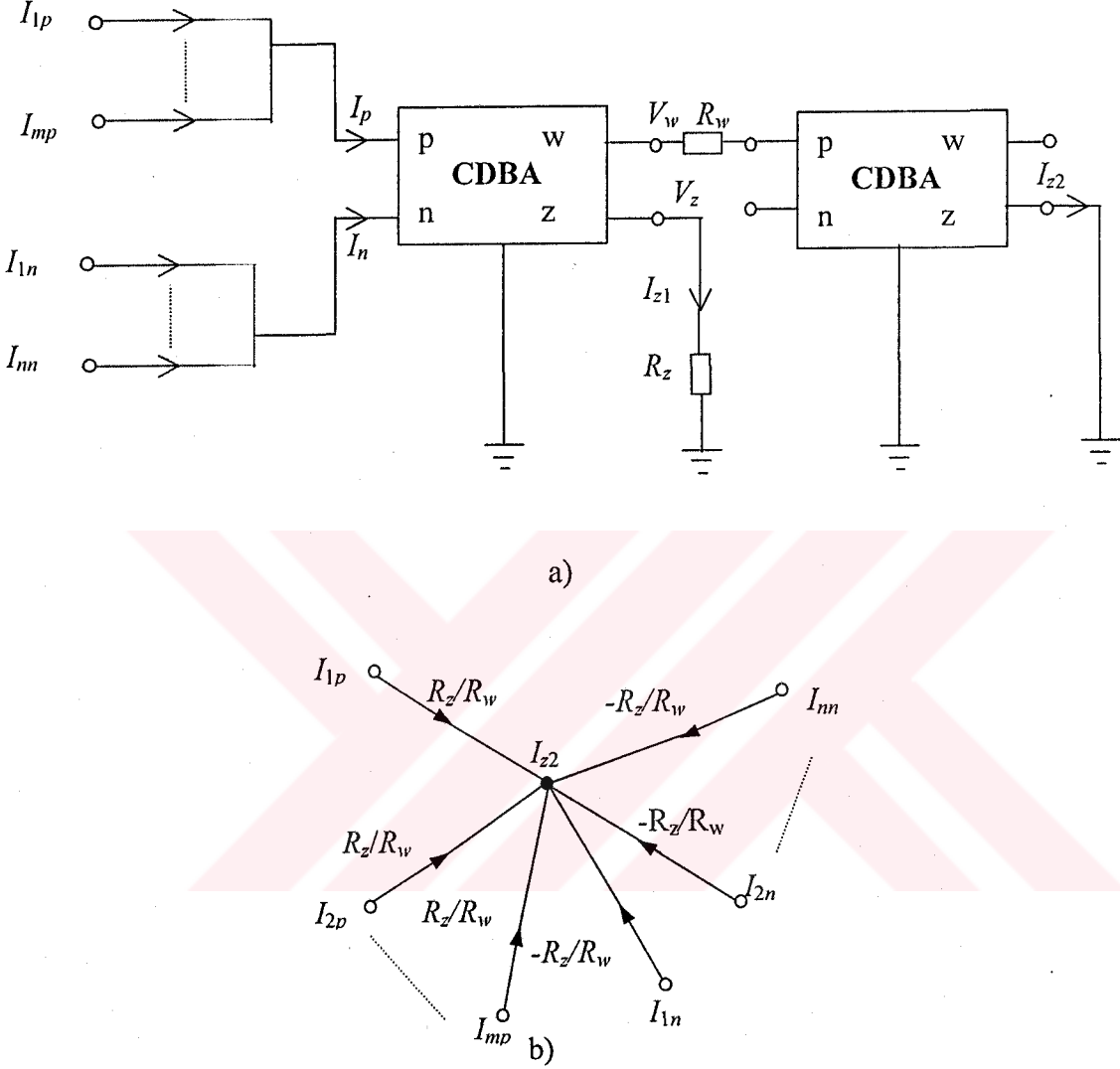
$$I_{z2} = \frac{R_z}{R_w} I_p - \frac{R_z}{R_w} I_n = \frac{R_z}{R_w} (I_p - I_n) \quad (3.5)$$

biçiminde elde edilir.

Bu eşitlikten giriş akımlarının farkının R_z/R_w oranında kuvvetlendirildiği görülmektedir.

3.2.2 Çok girişli toplayıcı

Şekil 3.6'da iki CDBA ve iki direnç kullanılarak gerçekleştirilen çok girişli akım toplayıcı devresi verilmiştir. İkinci CDBA akım tamponu olarak kullanılmakta, bu şekilde I_{z2} yükten bağımsız olmaktadır. Bu devre Şekil 3.5'de verilen devrenin genelleştirilmiş halidir.



Şekil 3.6 a) Çok girişli toplayıcı devresi b) İşaret akış diyagramı

Şekil 3.6' daki devrenin yapılan analizi sonucunda I_{z2} çıkış akımı,

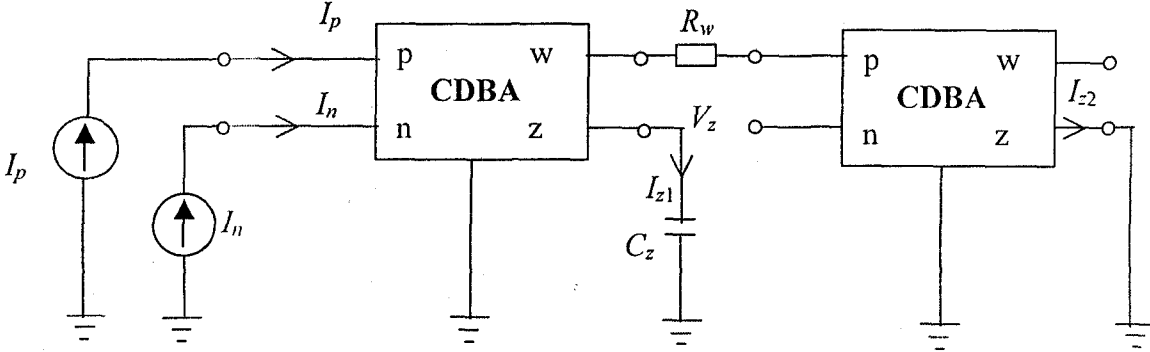
$$I_{z2} = \frac{R_z}{R_w} (I_{1p} + I_{2p} + \dots + I_{mp}) - \frac{R_z}{R_w} (I_{1n} + I_{2n} + \dots + I_{nn}) \quad (3.6)$$

biçiminde elde edilir.

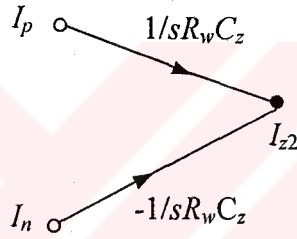
Bu eşitlikten giriş akımlarının farkının R_z/R_w oranında kuvvetlendirildiği görülmektedir.

3.2.3 Integral alıcı

Şekil 3.7'de iki CDBA, bir direnç ve bir kondansatör kullanılarak gerçekleştirilen hem akım farkını hem de integral alan devre verilmiştir. İkinci CDBA akım tamponu olarak kullanılmakta, bu şekilde I_{z2} yükten bağımsız olmaktadır.



a)



b)

Şekil 3.7 a) Integral alıcı devresi b) İşaret akış diyagramı

Şekil 3.7' deki devrenin yapılan analizi sonucunda I_{z2} çıkış akımı,

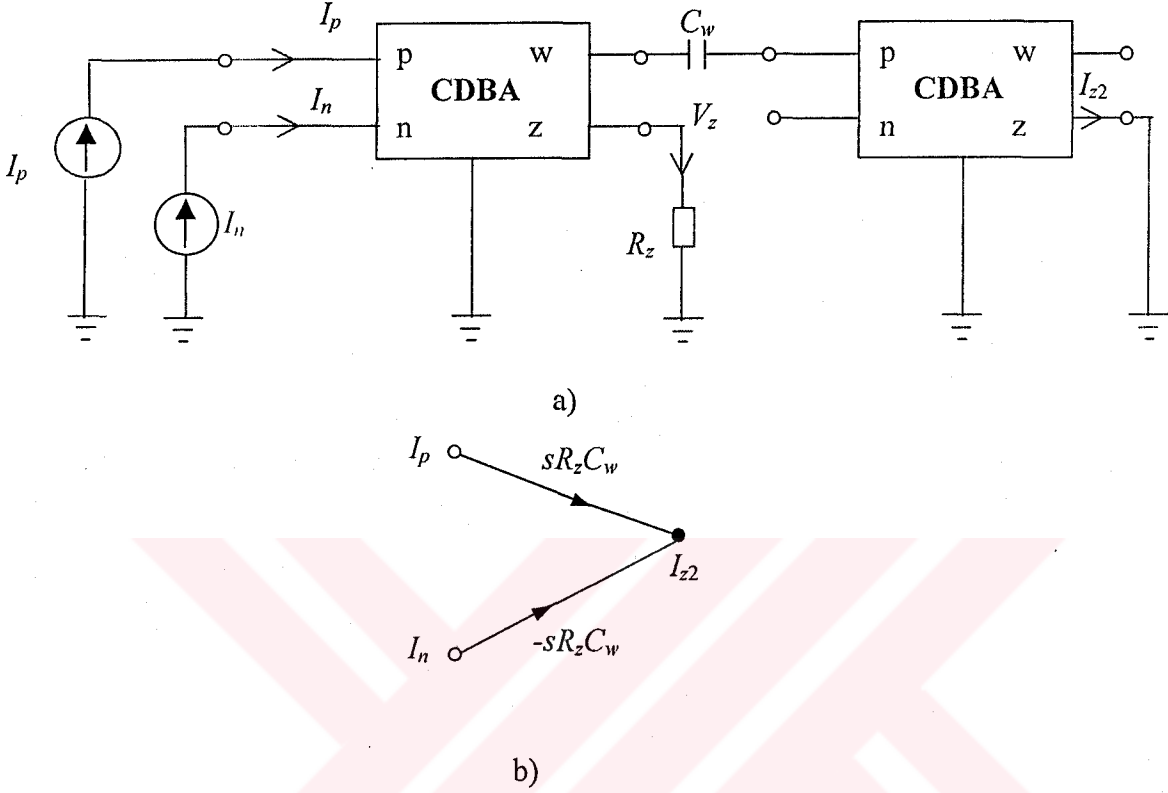
$$I_{z2} = \frac{I_p}{sC_zR_w} - \frac{I_n}{sC_zR_w} = \frac{1}{sC_zR_w} (I_p - I_n) \quad (3.7)$$

biçiminde elde edilir.

Bu devre, giriş işaretlerinin ayrı ayrı integrallerini aldıktan sonra fark alma işlemi yapar.

3.2.4 Türev alıcı

Şekil 3.8'de iki CDBA, bir direnç ve bir kondansatör kullanılarak gerçekleştirilen hem akım farkını hem de türev alan devre verilmiştir. İkinci CDBA akım tamponu olarak kullanılmakta, bu şekilde I_{z2} yükten bağımsız olmaktadır.



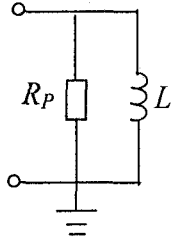
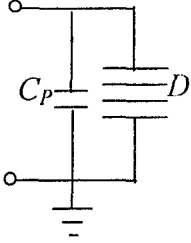
Şekil 3.8 a) Türev alıcı devresi b) İşaret akış diyagramı

Şekil 3.8' deki devrenin yapılan analizi sonucunda I_{z2} çıkış akımı,

$$I_{z2} = sC_w R_z I_p - sC_w R_z I_n \quad (3.8)$$

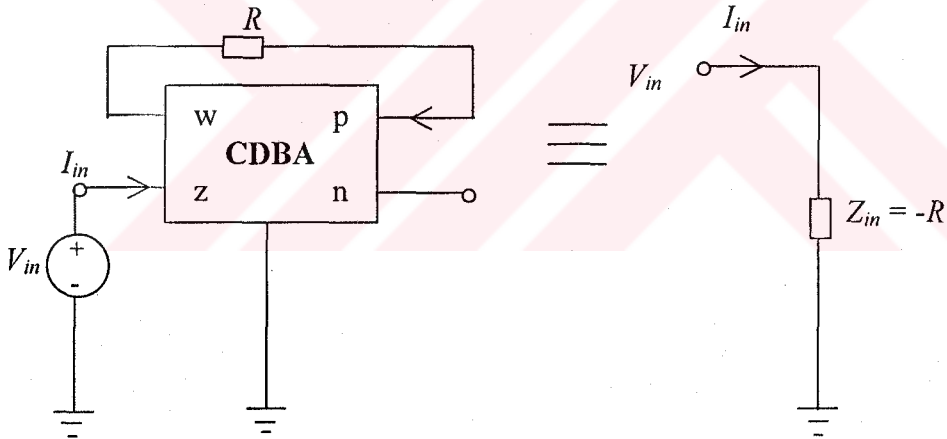
Bu devre, giriş işaretlerinin ayrı ayrı türevlerini aldıktan sonra fark alma (çıkarma) işlemi yapar.

Çizelge 3.1 R/L ve C/D simülasyonu devreleri

Y_a (mho)	Y_b (mho)	Y_c (mho)	Y_i (mho)	Simüle Edilen 1- Kapılı
$G_a = 1/R_a$	$G_b = 1/R_b$	sC_b	$G_a + G_b + \frac{G_a G_b}{sC_c}$	 $R_p = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b}$ $L = R_a R_b C_c \Omega^2 F$
sC_a	sC_c	$G_c = 1/R_c$	$(C_a + C_b)s + \frac{s^2 C_a C_b}{G_c}$	 $C_p = C_a + C_b F$ $D_p = C_a C_b R_c F^2 \Omega$

3.3.2 Negatif direnç üretici

Şekil 3.10'da bir CDBA ve bir direnç elemanından oluşan negatif direnç üretici verilmiştir (İbrahim Muhammed A., (1999).



Şekil 3.10 Negatif direnç üretici (İbrahim Muhammed A., (1999)

Şekil 3.10'daki devrenin yapılan analizi sonucunda Z_i giriş empedansı,

$$Z_{in} = \frac{V_{in}}{I_{in}} = -R \quad (3.10)$$

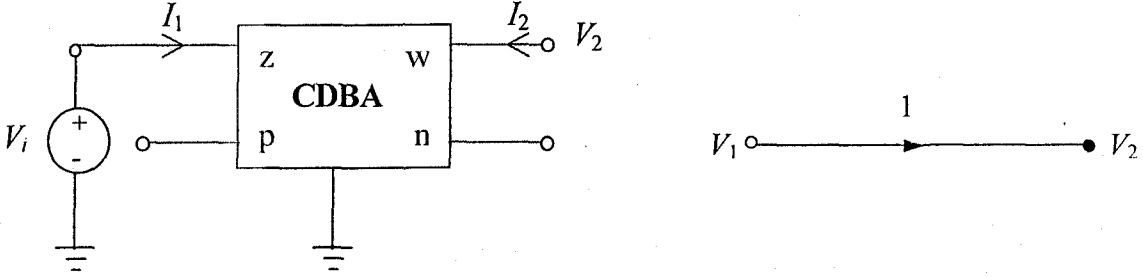
biçiminde elde edilir.

3.4 İki Kapılılar

Bu bölümde, CDBA kullanılarak gerçekleştirilen temel iki kapılı devreler verilmiştir.

3.4.1 Gerilim kontrollü gerilim kaynağı

Şekil 3.11'de CDBA elemanının gerilim kontrollü gerilim kaynağı olarak kullanımı verilmiştir.



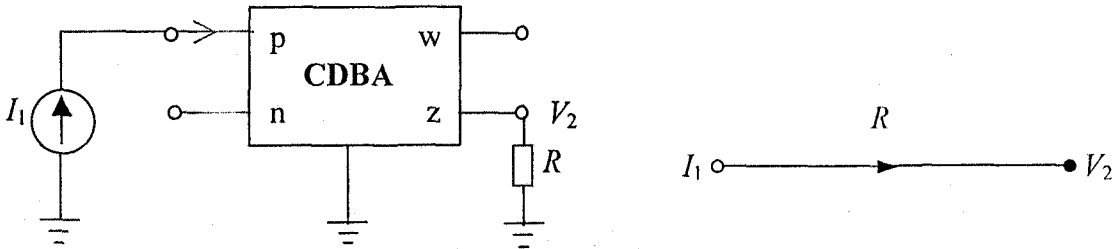
Şekil 3.11 a) Gerilim kontrollü gerilim kaynağı b) İşaret akış diyagramı

Şekil 3.11'deki gerilim kontrollü gerilim kaynağının tanım bağıntısı ters-hibrid parametrelerinden yararlanarak eşitlik (3.11)'de verilmiştir.

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

3.4.2 Akım kontrollü gerilim kaynağı

Şekil 3.12'de bir CDBA ve bir direnç elemanı kullanılarak gerçekleştirilen akım kontrollü gerilim kaynağı verilmiştir.



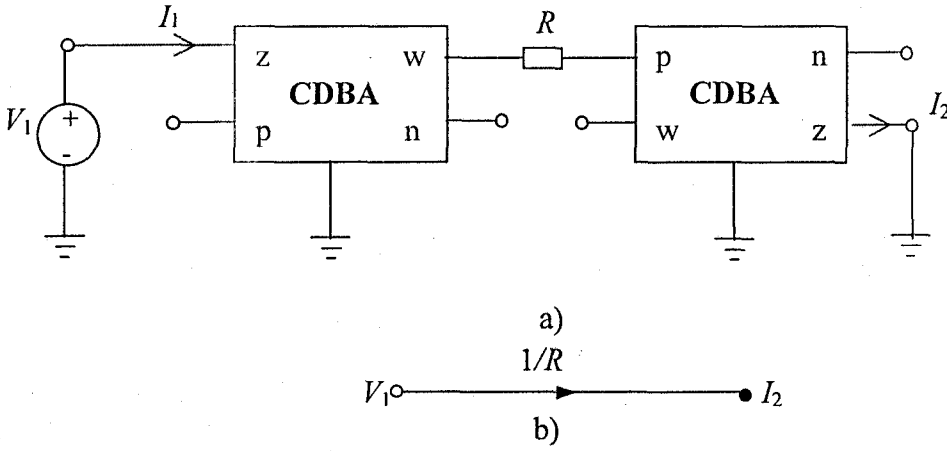
Şekil 3.12 a) Akım kontrollü gerilim kaynağı b) İşaret akış diyagramı

Şekil 3.12'deki akım kontrollü gerilim kaynağının tanım bağıntısı açık-devre parametrelerinden yararlanarak eşitlik (3.12)'de verilmiştir.

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ R & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

3.4.3 Gerilim kontrollü akım kaynağı

Şekil 3.13'de iki CDBA ve bir direnç elemanı kullanılarak gerilim kontrollü akım kaynağı gerçekleştirilmiştir.



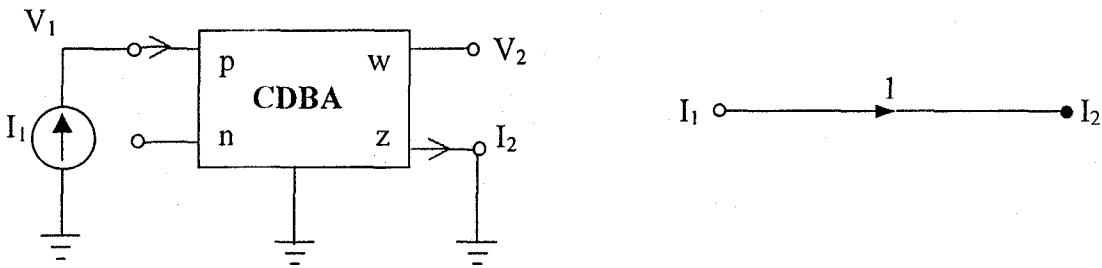
Şekil 3.13 a) Gerilim kontrollü akım kaynağı b) İşaret akış diyagramı

Şekil 3.13'deki gerilim kontrollü akım kaynağının tanım bağıntısı kısa-devre parametrelerinden yararlanarak eşitlik (3.13)'de verilmiştir.

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{1}{R} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

3.4.4 Akım kontrollü akım kaynağı

Şekil 3.14'de CDBA elemanının akım kontrollü akım kaynağı olarak kullanımı verilmiştir.



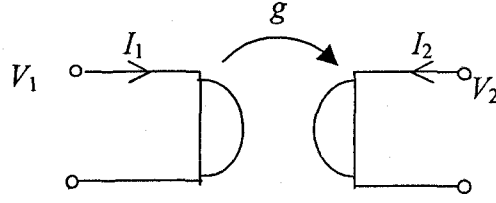
Şekil 3.14 a) Akım kontrollü gerilim kaynağı b) İşaret akış diyagramı

Şekil 3.14'deki akım kontrollü akım kaynağının tanım bağıntısı hibrid parametrelerinden yararlanarak eşitlik (3.14)'de verilmiştir.

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

3.4.5 Jirator

Şekil 3.15'de jiratorün sembolü gösterilmiştir (İbrahim Muhammed A., 1999).

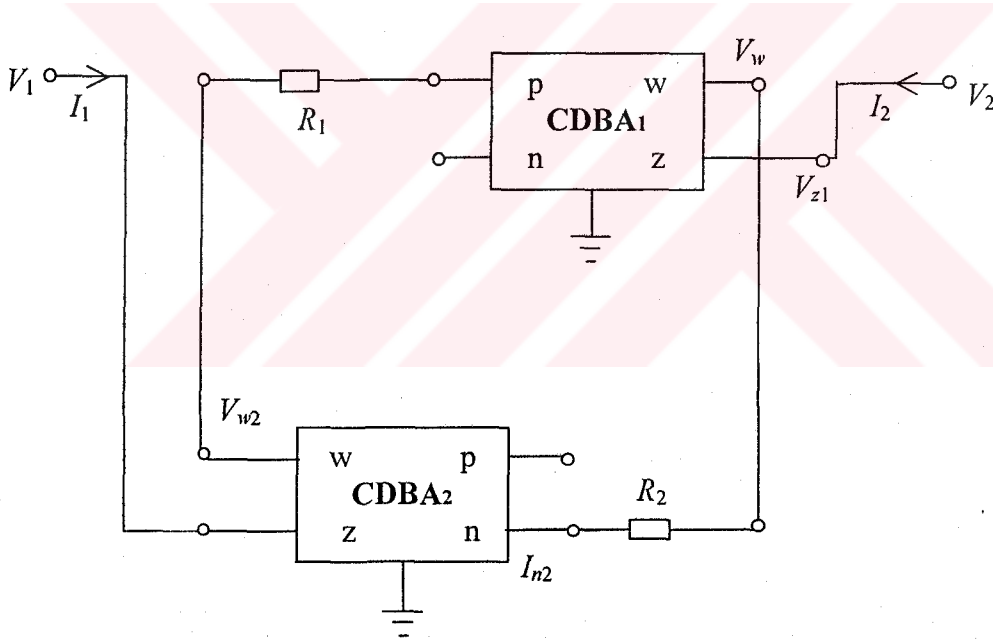


Şekil 3.15 Jiratorün sembolü (İbrahim Muhammed A., 1999)

Jiratorün kısa-devre parametreleri cinsinden tanım bağıntısı aşağıda verilmiştir.

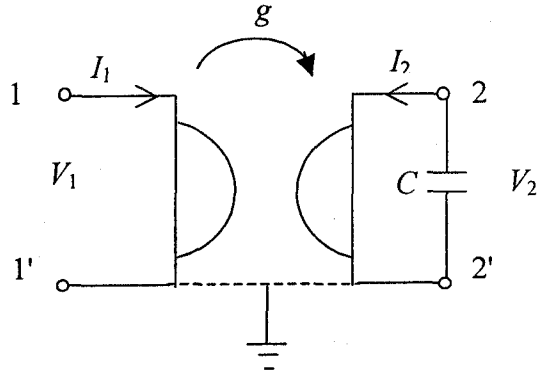
$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & g \\ -g & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \quad (3.15)$$

Şekil 3.16'da iki CDBA ve iki direnç kullanılarak gerçekleştirilmiş jirator devresi verilmiştir.



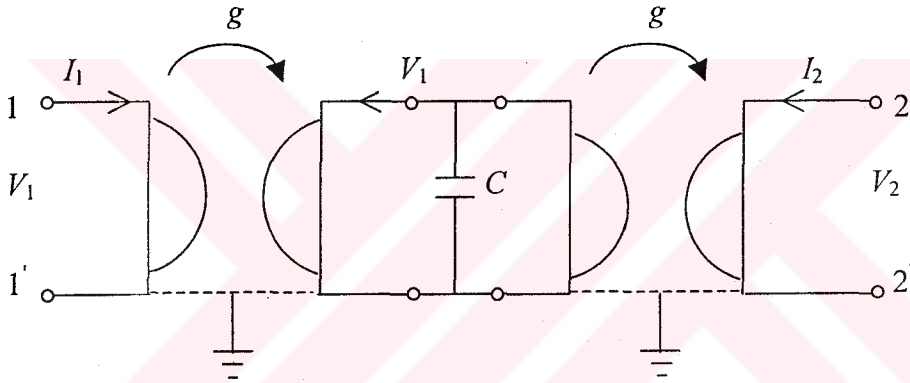
Şekil 3.16 CDBA Elemanı ile gerçekleştirilen jirator devresi (İbrahim Muhammed A., 1999)

Endüktans simülasyonu yapmanın bir diğer yöntemi de jirator kullanmaktır. Şekil 3.17'de jirator kullanılarak yapılan topraklanmış endüktansın simülasyonu verilmiştir (İbrahim Muhammed A., 1999).



Şekil 3.17 Jirator Kullanılarak gerçekleştirilen topraklanmış endüktansın simülasyonu (İbrahim Muhammed A., 1999)

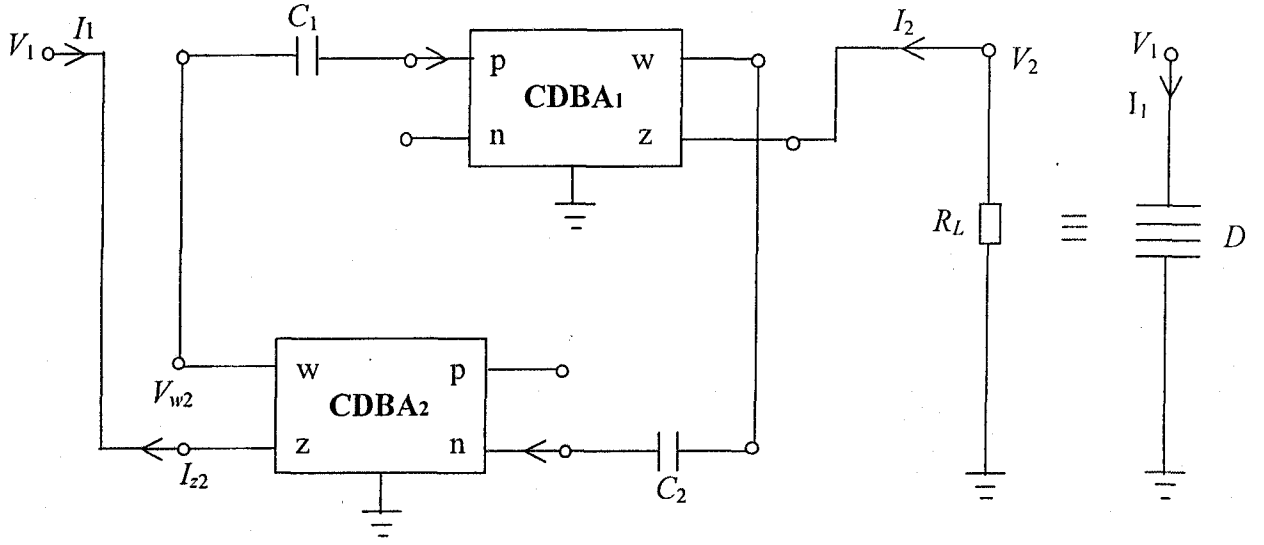
Jirator konfigürasyonlarının büyük bir bölümü ortak toprağa sahip olduğu için simülasyonu yapılan endüktans da topraklanmıştır. İki ucu serbest endüktansın simülasyonu zor olmakla birlikte topraklanmış iki jiratorün kaskad bağlanmasıyla elde edilebilir.



Şekil 3.18 Jirator Kullanılarak gerçekleştirilen topraklanmamış (floating) endüktansın simülasyonu (İbrahim Muhammed A., 1999)

3.4.6 FDNR

Şekil 3.19'da iki CDBA, iki kondansatör ve bir direnç kullanılarak gerçekleştirilen FDNR devresi verilmiştir (Muhammed A., 1999).



Şekil 3.19 CDBA kullanılarak gerçekleştirilen FDNR
(İbrahim Muhammed A., 1999)

Şekil 3.19'daki devrenin yapılan analizi sonucunda Y_{in} giriş admitansı,

$$Y_{in} = \frac{Y_1 Y_2}{Y_L} = \frac{s^2 C_1 C_2}{G_L} \equiv s^2 D \quad (3.16)$$

olarak elde edilir. Burada FDNR elemanının değeri,

$$D = C_1 C_2 R_L \text{ F}^2 \Omega \quad (3.17)$$

eşitliği ile bulunur.

4 TRANSFER FONKSİYONLARINI AYRIŞTIRMA YÖNTEMLERİ VE N. DERECEDEDEN AKTİF FİLTRE SENTEZİ

Bu bölümde, n . dereceden transfer fonksiyonlarını ayırıştırma yöntemlerinden Gözlenebilir Kanonik Biçim (GKB) ve Kontrol Edilebilir Kanonik Biçim (KKB) yöntemleri açıklanmış ve transfer fonksiyonlarının bu ayırıştırma yöntemlerine karşılık düşen genel işaret akış diyagramları çizilmiştir. Gerilim transfer fonksiyonlarına karşılık düşürülen işaret akış diyagramlarını CDBA'lar, bir ucu topraklı direnç ve kapasite elemanları ile gerçekleyen iki adet gerilim modlu genel devre sunulmuştur.

4.1 Gözlenebilir Kanonik Biçim Yöntemiyle Ayırıştırma ve Sentez

Durum değişkenlerinin çıkışta ölçülebilmesi esasına dayanır. Bu alt bölümde matematiksel ayrıntıya fazla girilmemiş, işaret akış diyagramı verilmiştir.

$$H(s) = \frac{Y(s)}{E(s)} = \frac{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_0}{b_n s^n + b_{n-1} s^{n-1} + \dots + b_0} \quad (4.1)$$

(4.1)'deki transfer fonksiyonunun gözlenebilir kanonik biçimde ayırıştırılmasına ilişkin genelleştirilmiş denklemler aşağıda verilmiştir (Kuo C. B., 1999).

$$sX_n = a_0 E(s) - b_0 Y(s) \quad (4.2)$$

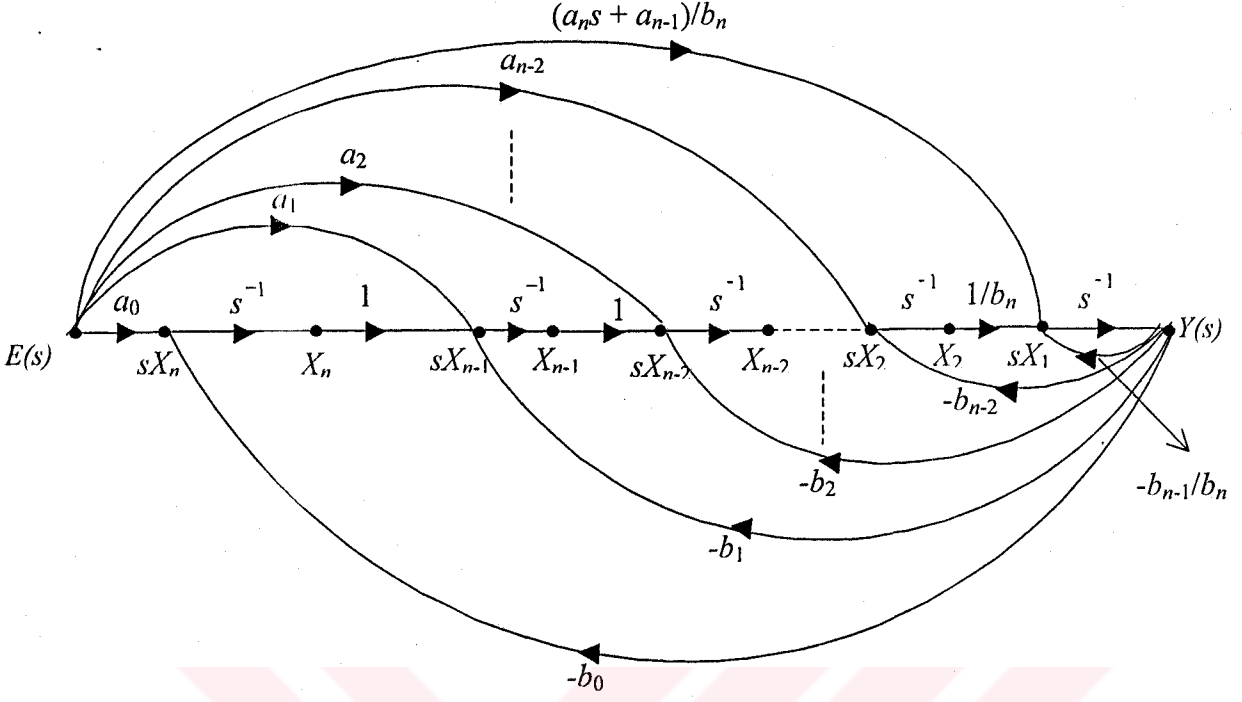
$$sX_{n-1} = a_1 E(s) - b_1 Y(s) + X_n \quad (4.3)$$

$$sX_{n-2} = a_2 E(s) - b_2 Y(s) + X_{n-1} \quad (4.4)$$

$$sX_2 = a_{n-2} E(s) - b_{n-2} Y(s) + X_3 \quad (4.5)$$

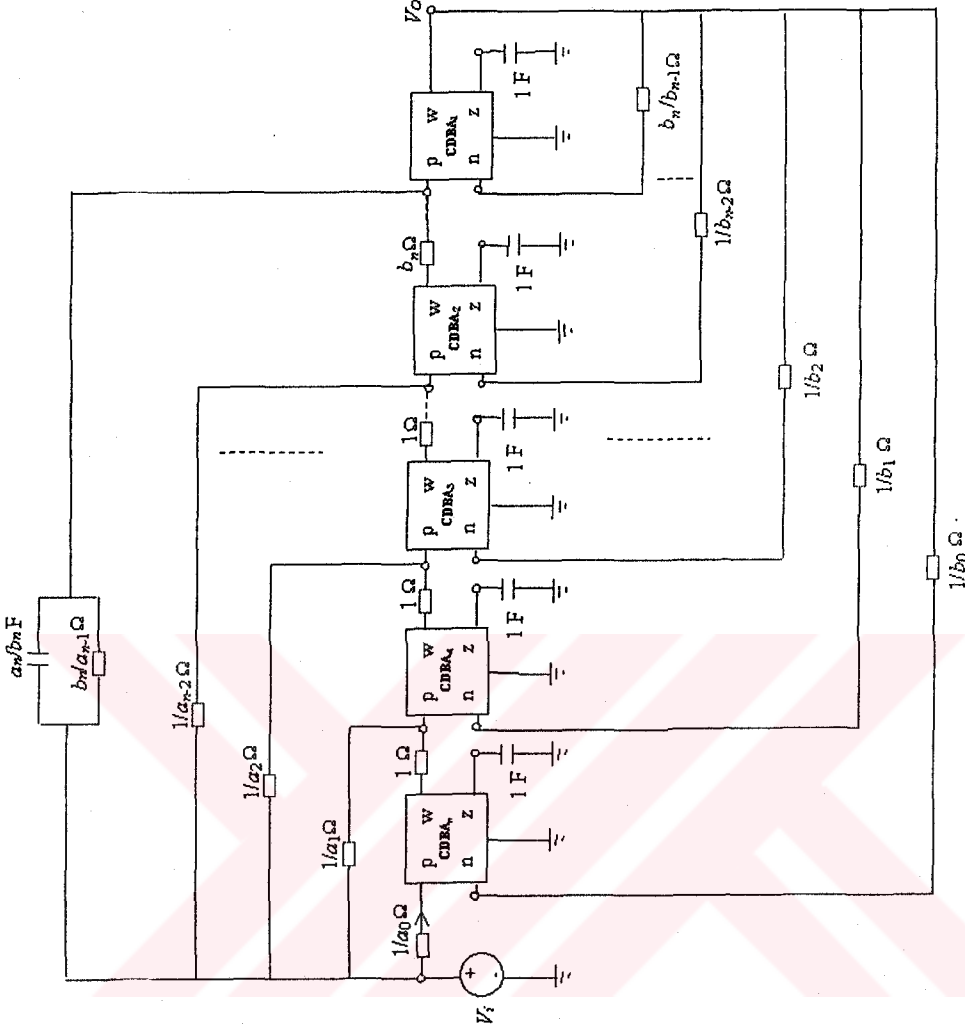
$$sX_1 = \frac{(a_n s + a_{n-1})}{b_n} E(s) - \frac{b_{n-1}}{b_n} Y(s) + \frac{1}{b_n} X_2 \quad (4.6)$$

Eşitlik (4.1)'deki n . dereceden transfer fonksiyonunun gözlenebilir kanonik biçimde ayrıştırılmasına ilişkin işaret akış diyagramı Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 N . dereceden transfer fonksiyonuna ilişkin gözlenebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı

GKB yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen, eşitlik (4.1)'e uygun n . dereceden aktif filtre Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2 GKB yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen n . dereceden aktif filtre

4.2 Kontrol Edilebilir Kanonik Biçim Yöntemiyle Ayırıştırma ve Sentez

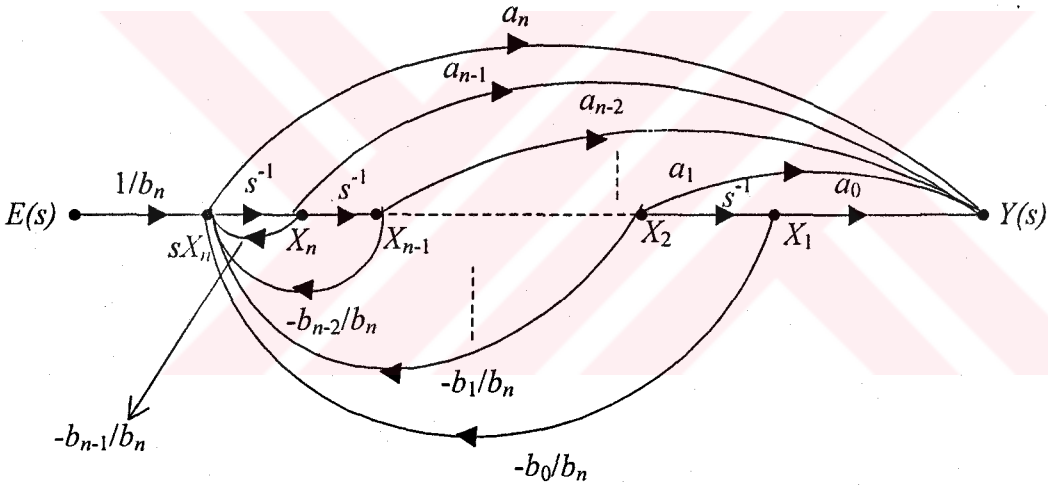
Durum değişkeni yöntemi olarak da bilinen bu yöntem, giriş kaynağının bütün durum değişkenlerini kontrol etmesi esasına dayanır. Bu alt bölümde matematiksel ayrıntıya fazla girilmemiş işaret akış diyagramı verilmiştir.

(4.1)'deki transfer fonksiyonunun gözlenebilir kanonik biçimde ayrıştırılmasına ilişkin genelleştirilmiş denklemler aşağıda verilmiştir.

$$Y(s) = a_n sX_n + a_{n-1}X_n + a_{n-2}X_{n-1} + \dots + a_1X_2 + a_0X_1 \quad (4.7)$$

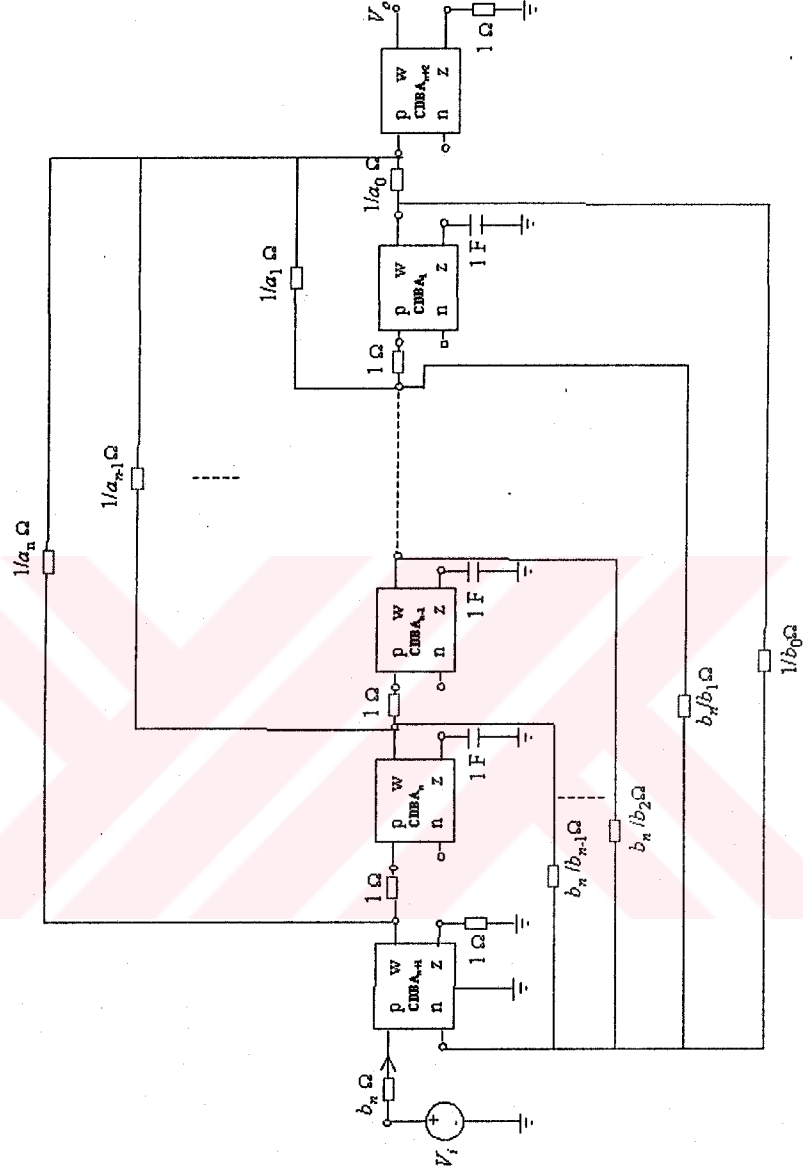
$$sX_n(s) = \frac{1}{b_n} E(s) - \frac{b_{n-1}}{b_n} X_n - \frac{b_{n-2}}{b_n} X_{n-1} - \dots - \frac{b_1}{b_n} X_2 - \frac{b_0}{b_n} X_1 \quad (4.8)$$

Eşitlik (4.1)'deki n . dereceden transfer fonksiyonunun kontrol edilebilir kanonik biçimde ayrıştırılmasına ilişkin işaret akış diyagramı Şekil 4.3'de verilmiştir (Kuo C. B., 1999).



Şekil 4.3 N. dereceden transfer fonksiyonuna ilişkin kontrol edilebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı

KKB yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen, eşitlik (4.1)'e uygun n . dereceden aktif filtre Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4 KKB yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen n . dereceden aktif filtre

5 DÖRDÜNCÜ DERECEDEKİ FİLTRE UYGULAMALARINA İLİŞKİN ÖRNEKLER

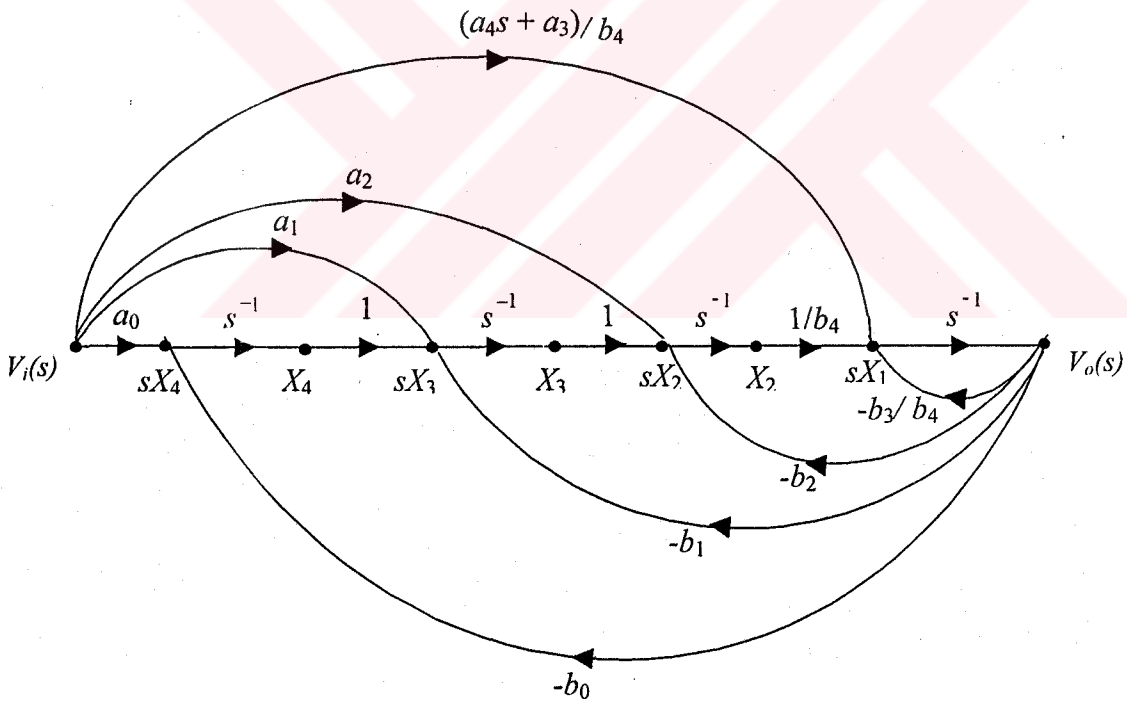
Bu bölümde, gözlenebilir ve kontrol edilebilir kanonik biçim yönteminden yararlanılarak dördüncü dereceden Butterworth tipi aktif filtre sentezi yapılmıştır.

5.1 GKB Yöntemi İle Dördüncü Dereceden Genel Filtre Sentezi

Bu bölümde dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonu ve işaret akış diyagramı kullanılarak gözlenebilir kanonik biçim yöntemine göre aktif filtre gerçekleştirilmiş ve parametrik biçimde çözülmüştür.

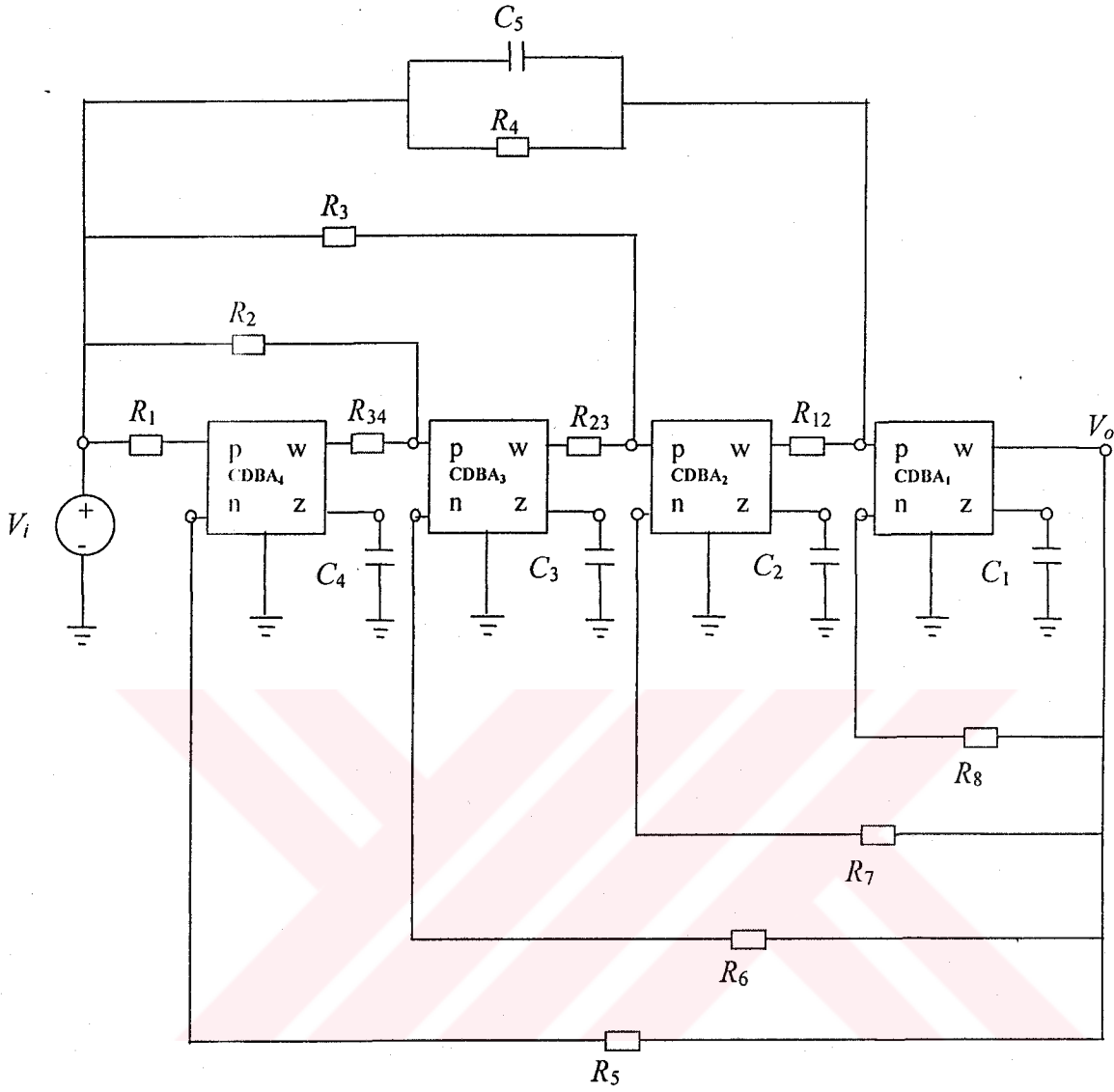
$$H(s) = \frac{a_4 s^4 + a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0}{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0} \quad (5.1)$$

Eşitlik (5.1)'deki transfer fonksiyonu GKB ile ayrıştırılırsa Şekil 5.1'deki işaret akış diyagramı elde edilir.



Şekil 5.1 Dördüncü dereceden transfer fonksiyonuna ilişkin gözlenebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı

Bu işaret akış diyagramını gerçekleyen devre Şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.2 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçekleştirilen aktif filtre

Şekil 5.2'ye ilişkin eşitlikler aşağıda verilmiştir.

$$R_1 = \frac{1}{a_0} \Omega, R_2 = \frac{1}{a_1} \Omega, R_3 = \frac{1}{a_2} \Omega, R_4 = \frac{b_4}{a_3} \Omega, C_5 = \frac{a_4}{b_4} \text{ F} \quad (5.2)$$

$$R_5 = \frac{1}{b_0} \Omega, R_6 = \frac{1}{b_1} \Omega, R_7 = \frac{1}{b_2} \Omega, R_8 = \frac{b_4}{b_3} \Omega \quad (5.3)$$

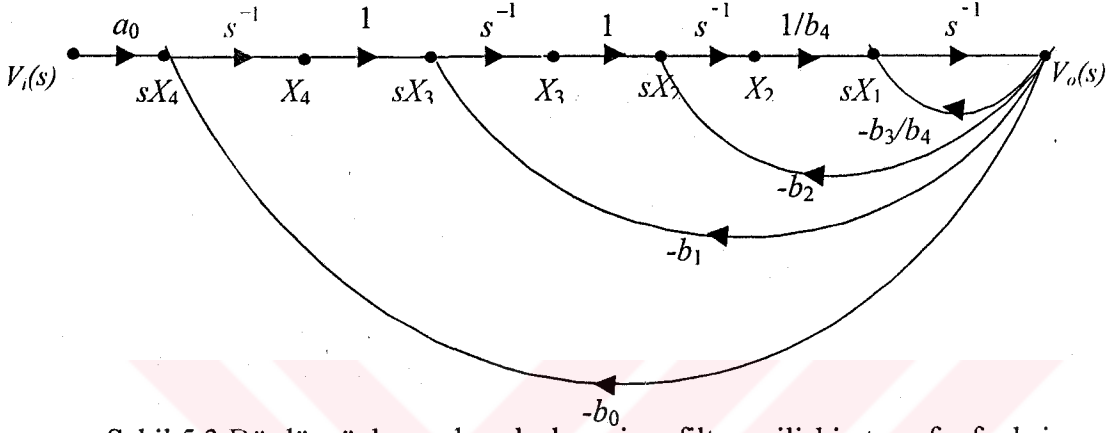
$$R_{12} = b_4 \Omega, R_{23} = R_{34} = 1 \Omega \quad (5.4)$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 1 \text{ F} \quad (5.5)$$

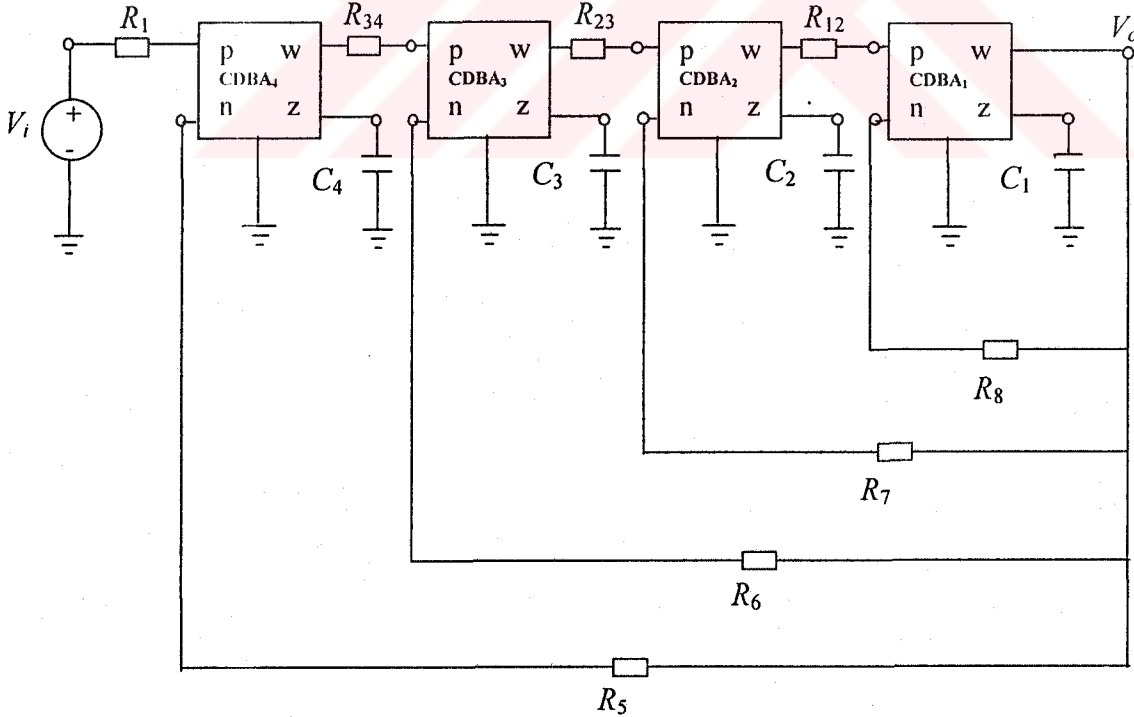
5.1.1 GKB yöntemi ile dördüncü dereceden butterworth tipinde alçak geçiren filtre sentezi

Bu bölümde eşitlik dördüncü dereceden alçak geçiren Butterworth fonksiyonuna ilişkin transfer fonksiyonu ve GKB yöntemine göre çizilen işaret akış diyagramı verilerek, aktif filtre sentezi yapılmıştır.

$$H_{AGF4}(s) = \frac{a_0}{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0} = \frac{1}{s^4 + 2.613s^3 + 3.414s^2 + 2.613s + 1} \quad (5.6)$$



Şekil 5.3 Dördüncü dereceden alçak geçiren filtreye ilişkin transfer fonksiyonunun gözlenebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı



Şekil 5.4 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçekleştirilen alçak geçiren filtre

Şekil 5.4'e ilişkin eleman eşitlikleri aşağıda verilmiştir. Eleman değerleri, (5.6) fonksiyonuna genlik ve frekans ölçeklemesi yapılarak bulunmuştur. Genlik ölçekleme katsayısı (a) ve frekans ölçekleme frekansı (b) olmak üzere, denormalize kapasite ve direnç değerleri (5.7) ve (5.8)'deki dönüşümlerle belirlenir.

$$\hat{C} = \frac{C}{ab} \text{ F} \quad (5.7)$$

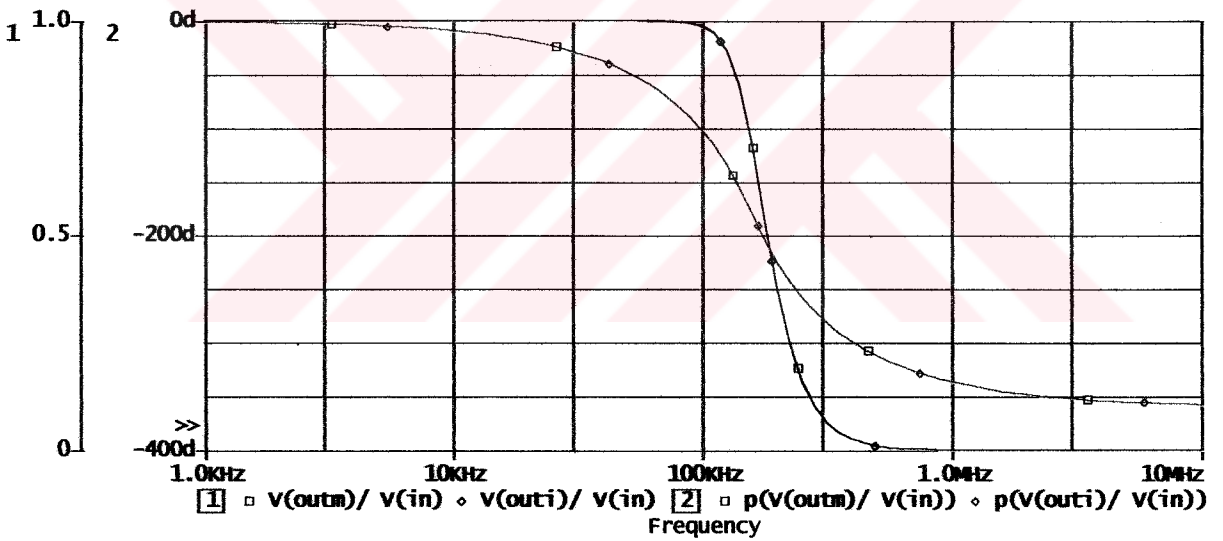
$$\hat{R} = aR \text{ } \Omega \quad (5.8)$$

$a=7.10^3$, $b=10^6$ olmak üzere denormalize eleman değerleri aşağıdadır.

$$\hat{R}_1 = \hat{R}_5 = \hat{R}_{12} = \hat{R}_{23} = \hat{R}_{34} = 7 \text{ k}\Omega, \quad \hat{C}_1 = \hat{C}_2 = \hat{C}_3 = \hat{C}_4 = 0.142 \text{ nF}$$

$$\hat{R}_6 = 2674 \text{ } \Omega, \quad \hat{R}_7 = 2051 \text{ } \Omega, \quad \hat{R}_8 = 2674 \text{ } \Omega$$

İdeal CDBA'ya göre çizilen bode diyagramı Şekil 5.5'de gösterilmiştir.

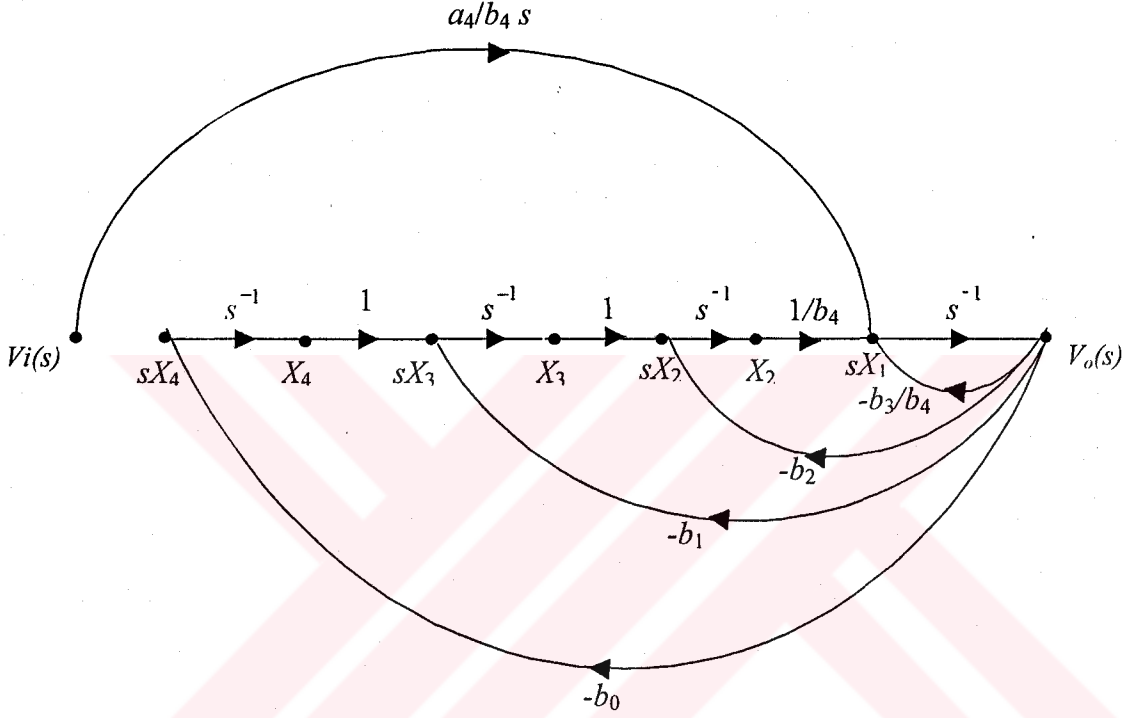


Şekil 5.5 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçekleştirilen alçak geçiren filtre'nin bode diyagramı

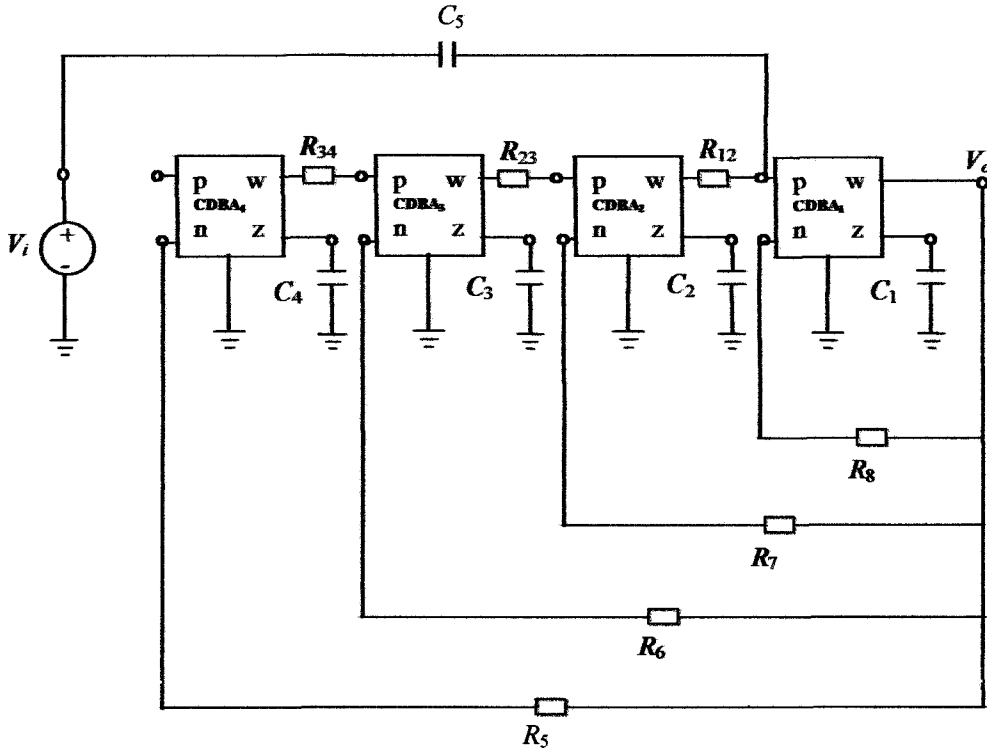
5.1.2 GKB yöntemi ile dördüncü dereceden butterworth tipinde yüksek geçiren filtre sentezi

Bu bölümde eşitlik dördüncü dereceden yüksek geçiren Butterworth fonksiyonuna ilişkin transfer fonksiyonu ve GKB yöntemine göre çizilen işaret akış diyagramı verilerek, aktif filtre sentezi yapılmıştır.

$$H_{YGF4}(s) = \frac{a_4 s^4}{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0} = \frac{s^4}{s^4 + 2.613s^3 + 3.414s^2 + 2.613s + 1} \quad (5.9)$$



Şekil 5.6 Dördüncü dereceden yüksek geçiren filtreye ilişkin transfer fonksiyonunun gözlenebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı



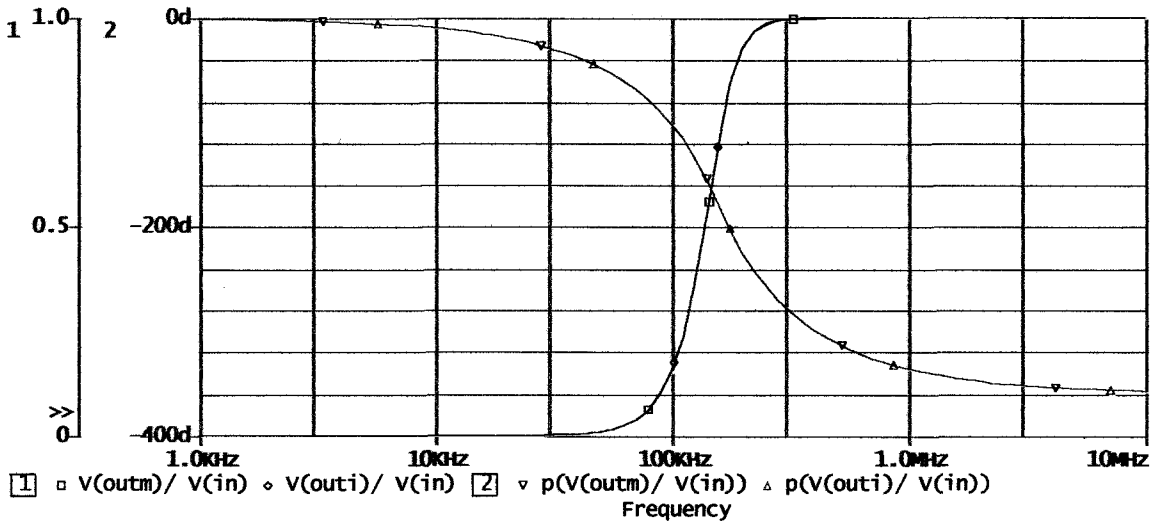
Şekil 5.7 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçekleştirilen yüksek geçiren filtre

$\alpha=6.10^3$, $b=10^6$ olmak üzere denormalize eleman değerleri aşağıdadır.

$$\hat{R}_5 = \hat{R}_{12} = \hat{R}_{23} = \hat{R}_{34} = 6 \text{ k}\Omega, \hat{C}_1 = \hat{C}_2 = \hat{C}_3 = \hat{C}_5 = 0.166 \text{ nF}, \hat{R}_6 = 2292 \Omega,$$

$$\hat{R}_7 = 1758 \Omega, \hat{R}_8 = 2292 \Omega$$

İdeal CDRA'ya göre çizilen bode diyagramı Şekil 5.8'de gösterilmiştir.

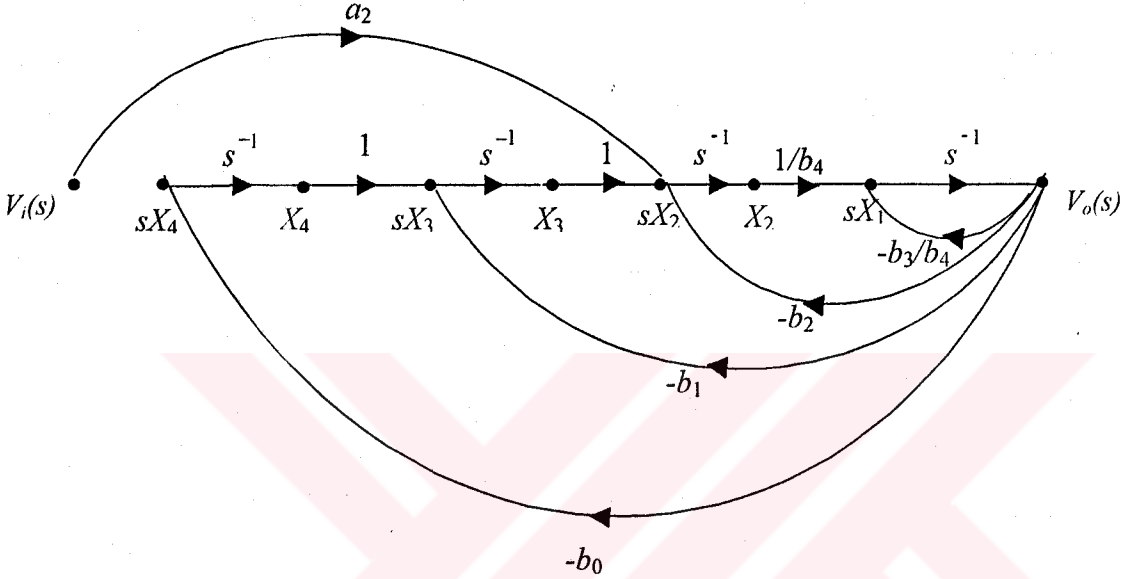


Şekil 5.8 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçekleştirilen yüksek geçiren filtre'nin bode diyagramı

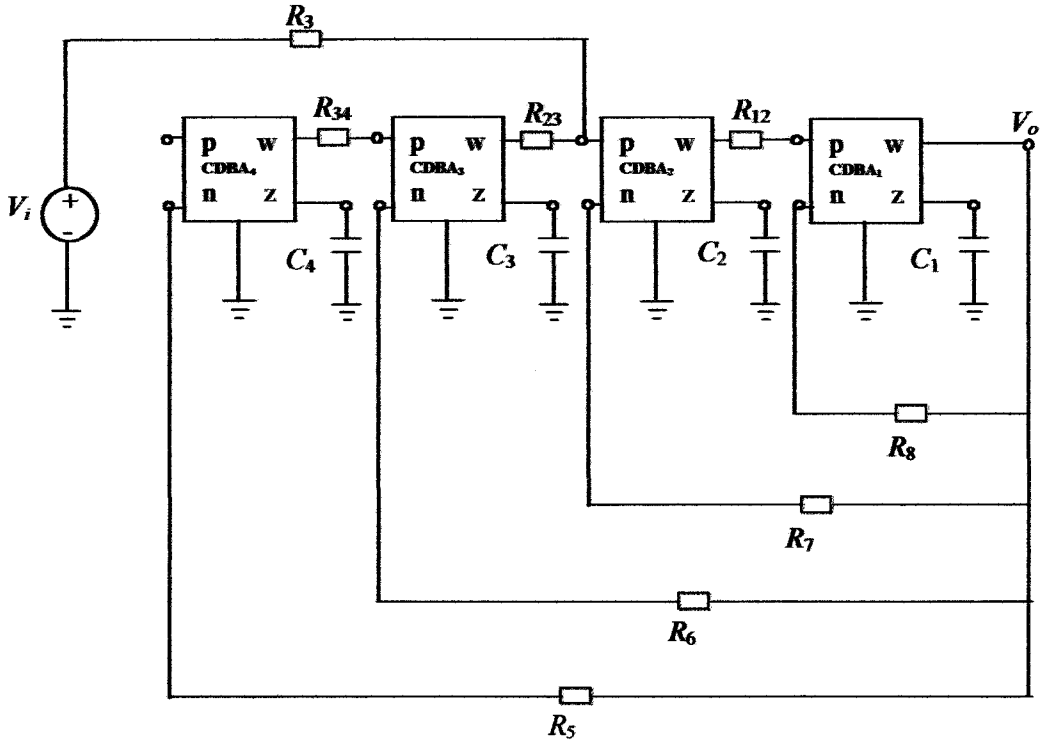
5.1.3 GKB yöntemi ile dördüncü dereceden butterworth tipinde band geçiren filtre sentezi

Bu bölümde eşitlik dördüncü dereceden band geçiren Butterworth fonksiyonuna ilişkin transfer fonksiyonu ve GKB yöntemine göre çizilen işaret akış diyagramı verilerek, aktif filtre sentezi yapılmıştır.

$$H_{BGF4}(s) = \frac{a_2 s^2}{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0} = \frac{s^2}{s^4 + 1.414s^3 + 3s^2 + 1.414s + 1} \quad (5.10)$$



Şekil 5.9 Dördüncü dereceden band geçiren filtreye ilişkin transfer fonksiyonunun gözlenebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı



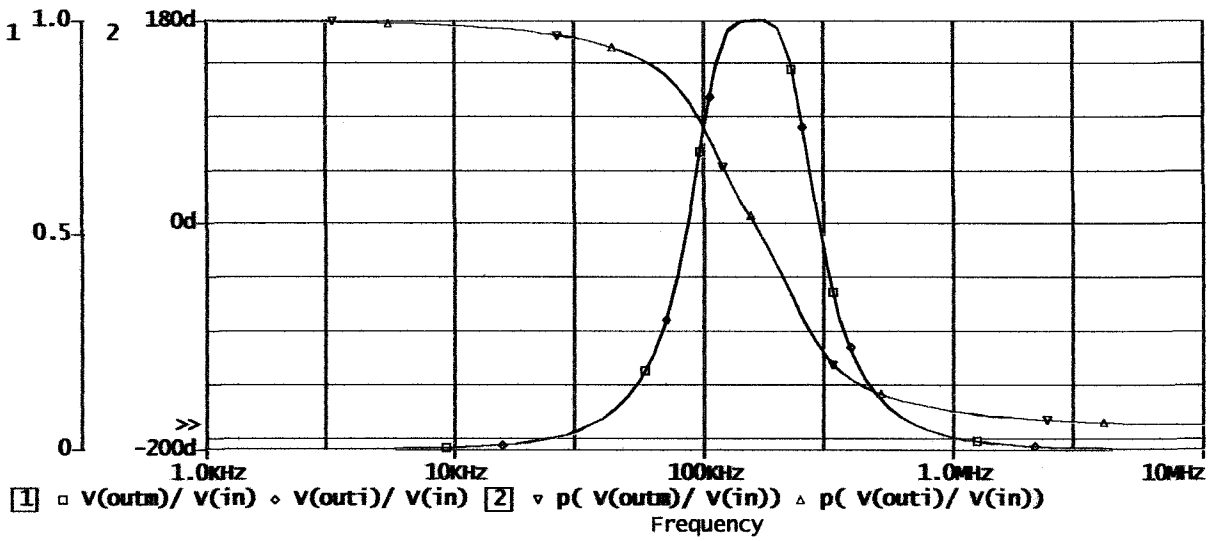
Şekil 5.10 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçekleştirilen band geçiren filtre

$a=7.10^3$, $b=10^6$ olmak üzere denormalize eleman değerleri aşağıdadır.

$$\hat{R}_3 = \hat{R}_5 = \hat{R}_{12} = \hat{R}_{23} = \hat{R}_{34} = 7 \text{ k}\Omega, \hat{C}_1 = \hat{C}_2 = \hat{C}_3 = \hat{C}_4 = 0.142 \text{ nF}$$

$$\hat{R}_6 = 2674 \Omega, \hat{R}_7 = 2051 \Omega, \hat{R}_8 = 2674 \Omega$$

İdeal CDRA'ya göre çizilen bode diyagramı Şekil 5.11'de gösterilmiştir.

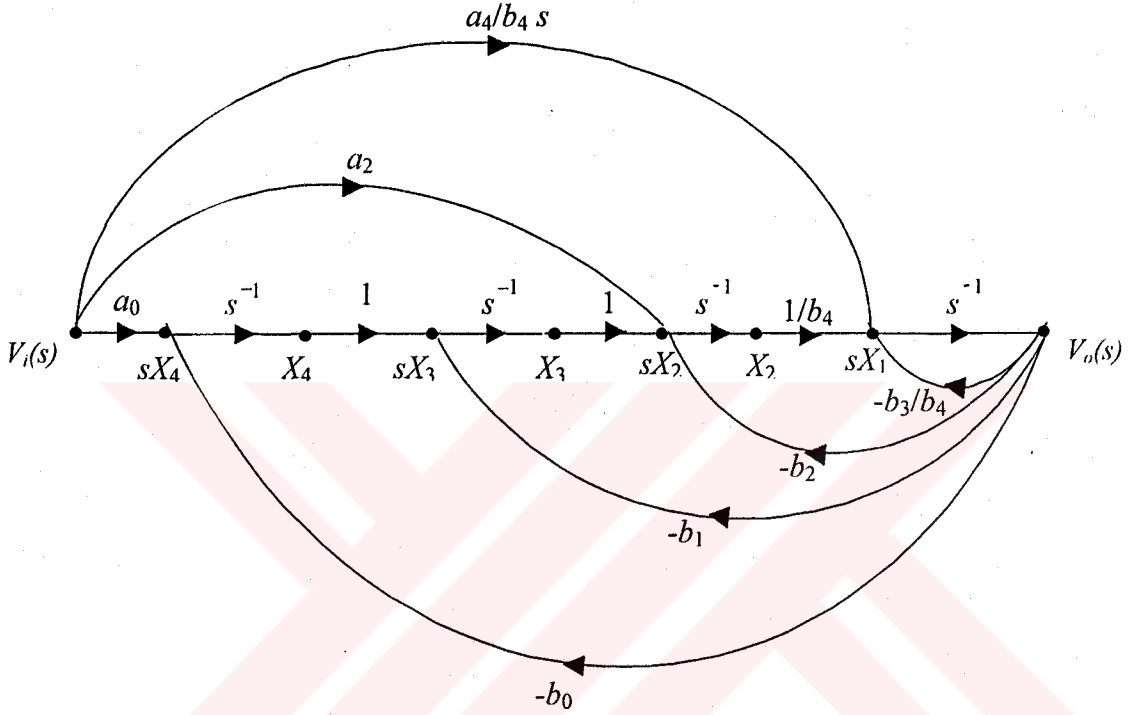


Şekil 5.11 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçekleştirilen band geçiren filtre'nin bode diyagramı

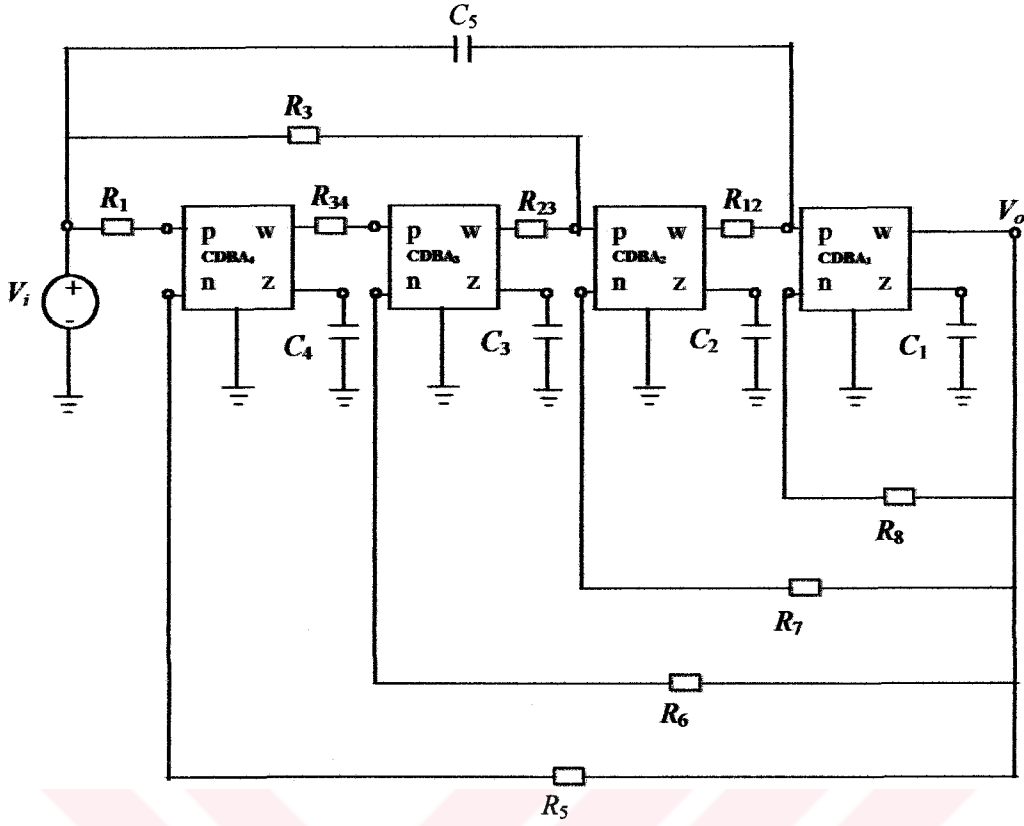
5.1.4 GKB yöntemi ile dördüncü dereceden butterworth tipinde band söndüren filtre sentezi

Bu bölümde eşitlik dördüncü dereceden band söndüren Butterworth fonksiyonuna ilişkin transfer fonksiyonu ve GKB yöntemine göre çizilen işaret akış diyagramı verilerek, aktif filtre sentezi yapılmıştır.

$$H_{BSF4}(s) = \frac{a_4 s^4 + a_2 s^2 + a_0}{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0} = \frac{s^4 + 2s^2 + 1}{s^4 + 1.414s^3 + 3s^2 + 1.414s + 1} \quad (5.11)$$



Şekil 5.12 Dördüncü dereceden band söndüren filtreye ilişkin transfer fonksiyonunun gözlenebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı



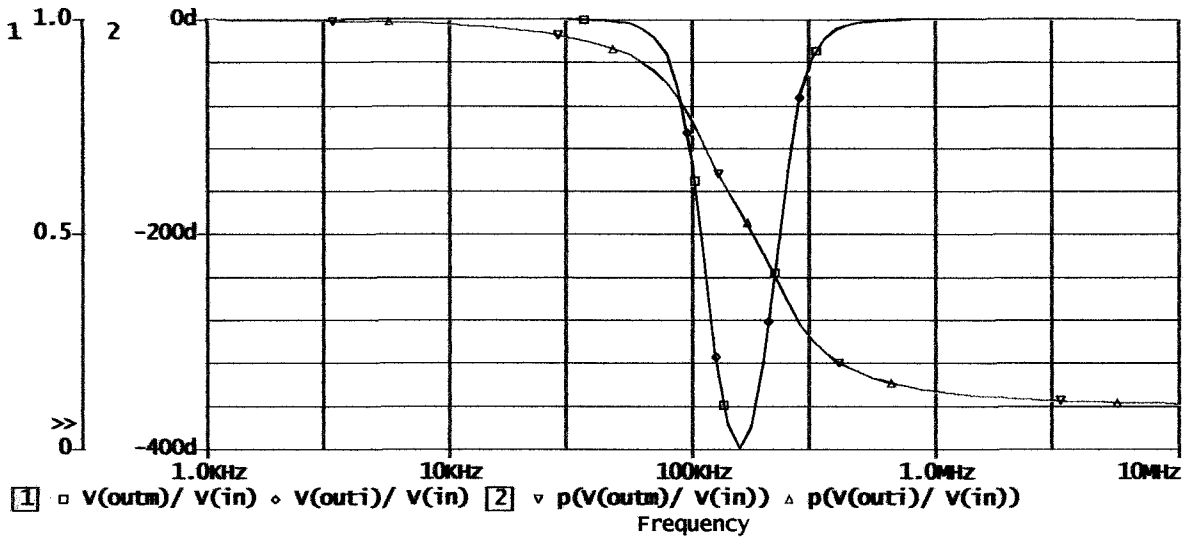
Şekil 5.13 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçekleştirilen band söndüren filtre

$\alpha=6.10^3$, $b=10^6$ olmak üzere denormalize eleman değerleri aşağıdadır.

$$\hat{R}_1 = \hat{R}_5 = \hat{R}_{12} = \hat{R}_{23} = \hat{R}_{34} = 6 \text{ k}\Omega, \hat{R}_3 = 3 \text{ k}\Omega, \hat{C}_1 = \hat{C}_2 = \hat{C}_3 = \hat{C}_5 = 0.166 \text{ nF}$$

$$\hat{R}_6 = 2292 \Omega, \hat{R}_7 = 1758 \Omega, \hat{R}_8 = 2292 \Omega$$

İdeal CDRA'ya göre çizilen bode diyagramı Şekil 5.14'de gösterilmiştir.

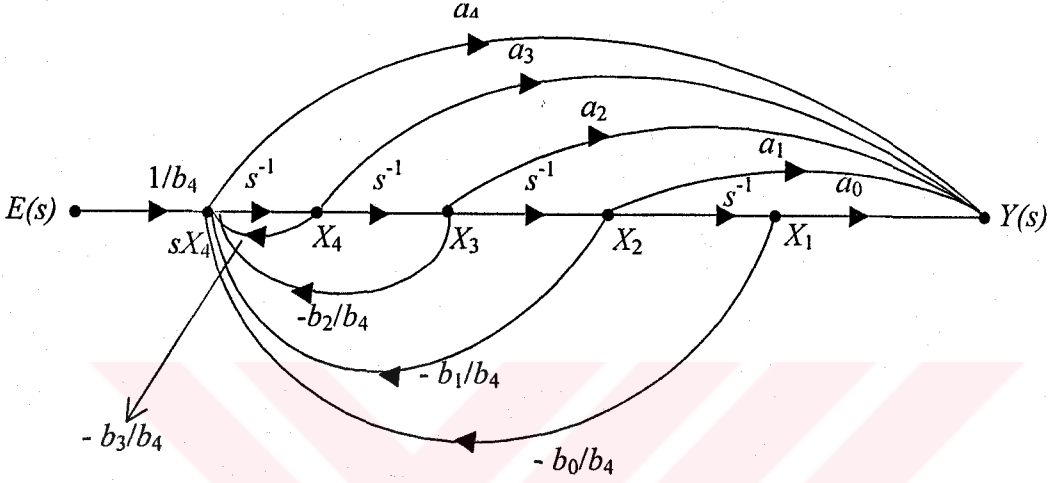


Şekil 5.14 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçekleştirilen band söndüren filtre'nin bode diyagramı

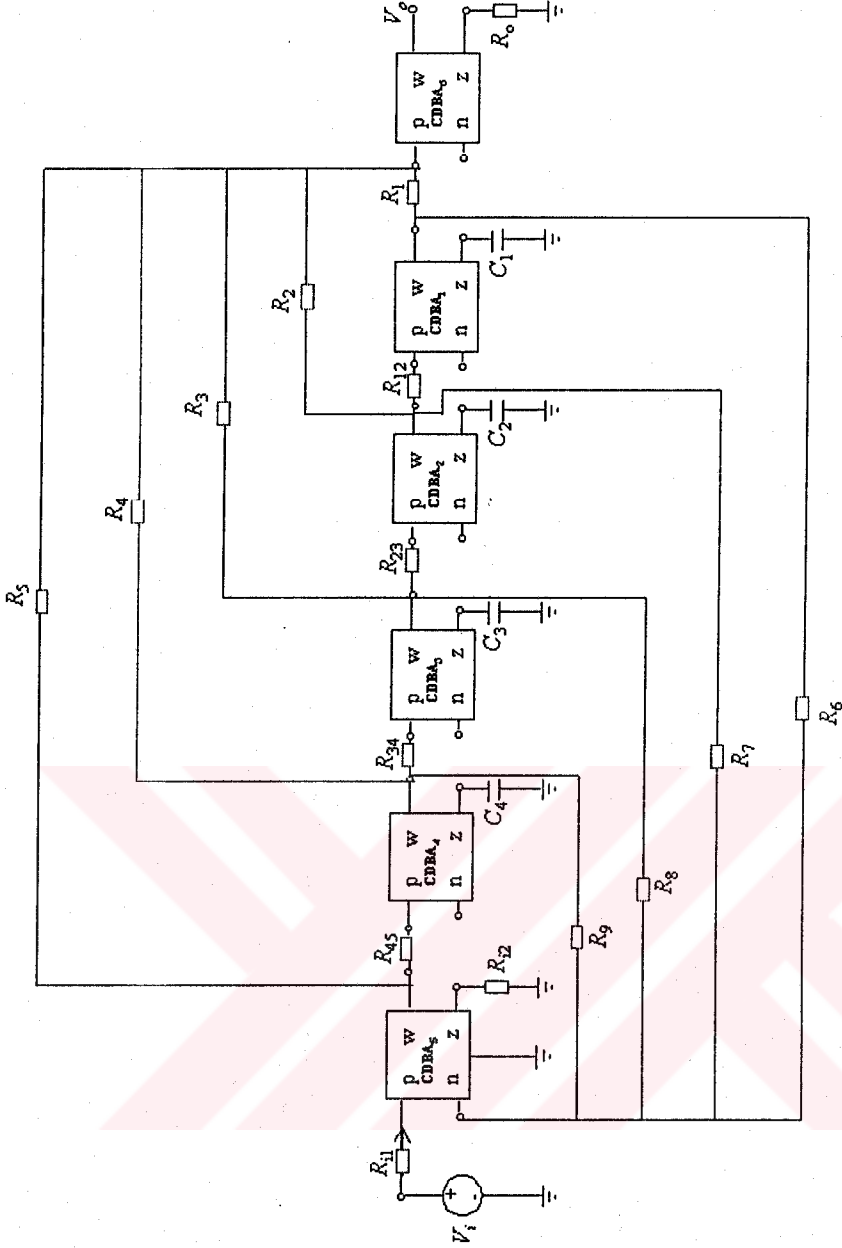
5.2 KKB Yöntemi İle Dördüncü Dereceden Genel Filtre Sentezi

Bu bölümde dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonu kullanılarak kontrol edilebilir kanonik biçim yöntemine göre aktif filtre gerçekleştirilmiş ve parametrik biçimde çözülmüştür. Eşitlik (5.12)'ye uygun aktif devre Şekil 5.15'de verilmiştir.

$$H(s) = \frac{a_4 s^4 + a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0}{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0} \quad (5.12)$$



Şekil 5.15 Dördüncü dereceden transfer fonksiyonuna ilişkin kontrol edilebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı



Şekil 5.16 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin KKB yöntemi ile gerçekleştirilen aktif filtre

Şekil 5.16'da ilişkin eşitlikler aşağıda verilmiştir.

$$R_2 = \frac{1}{a_0} \Omega, R_2 = \frac{1}{a_1} \Omega, R_3 = \frac{1}{a_2} \Omega, R_4 = \frac{1}{a_3} \Omega, R_5 = \frac{1}{a_4} \Omega \quad (5.13)$$

$$R_6 = \frac{b_4}{b_0} \Omega, R_7 = \frac{b_4}{b_1} \Omega, R_8 = \frac{b_4}{b_2} \Omega, R_9 = \frac{b_4}{b_3} \Omega \quad (5.14)$$

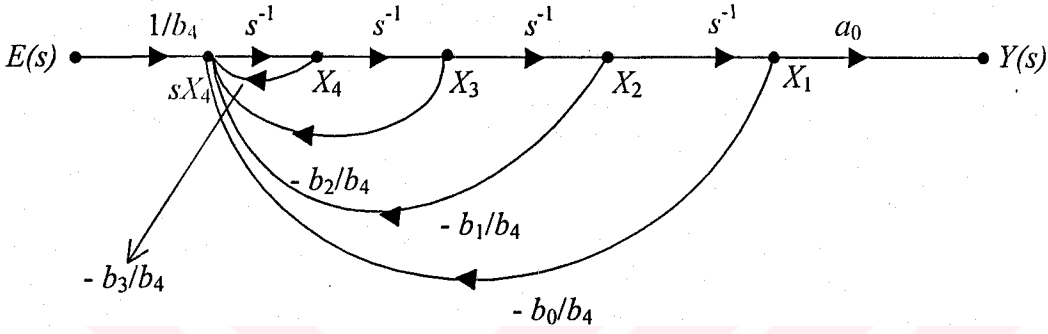
$$R_{i1} = b_4 \Omega, R_{i2} = R_0 = R_{12} = R_{23} = R_{34} = R_{45} = 1 \Omega \quad (5.15)$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 1 \text{ F} \quad (5.16)$$

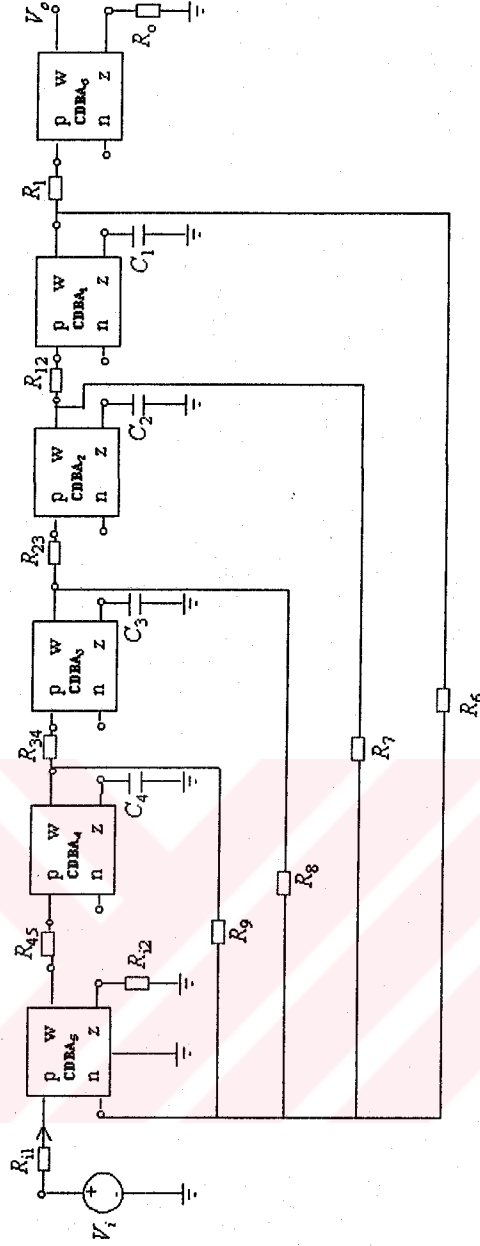
5.2.1 KKB yöntemi ile dördüncü dereceden Butterworth tipinde alçak geçiren filtre sentezi

Bu bölümde, eşitlik (5.17)'de verilen dördüncü dereceden alçak geçiren Butterworth fonksiyonuna ilişkin transfer fonksiyonu kullanılarak KKB yöntemine göre işaret akış diyagramı çizilmiş ve aktif filtre sentezi yapılmıştır.

$$H_{AGF4}(s) = \frac{a_0}{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0} = \frac{1}{s^4 + 2.613s^3 + 3.414s^2 + 2.613s + 1} \quad (5.17)$$



Şekil 5.17 Dördüncü dereceden alçak geçiren filtreye ilişkin transfer fonksiyonunun kontrol edilebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı



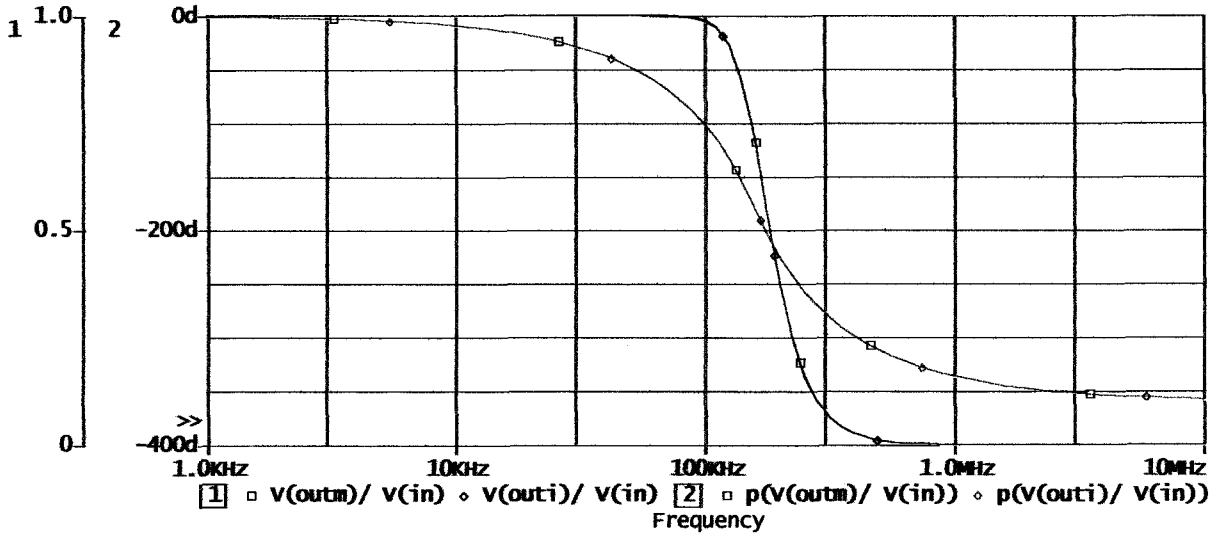
Şekil 5.18 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin KKB yöntemi ile gerçekleştirilen alçak geçiren filtre

$a=11.10^3$, $b=10^6$ olmak üzere denormalize eleman değerleri aşağıdadır.

$$\hat{R}_{11} = \hat{R}_{12} = \hat{R}_0 = \hat{R}_{12} = \hat{R}_{23} = \hat{R}_{34} = \hat{R}_{45} = \hat{R}_1 = \hat{R}_6 = 11 \text{ k}\Omega, \hat{C}_1 = \hat{C}_2 = \hat{C}_3 = \hat{C}_4 = 0,09 \text{ nF}$$

$$\hat{R}_7 = \hat{R}_9 = 4202 \Omega, \hat{R}_8 = 3223 \Omega$$

İdeal CDBA'ya göre çizilen bode diyagramı Şekil 5.19'da gösterilmiştir.

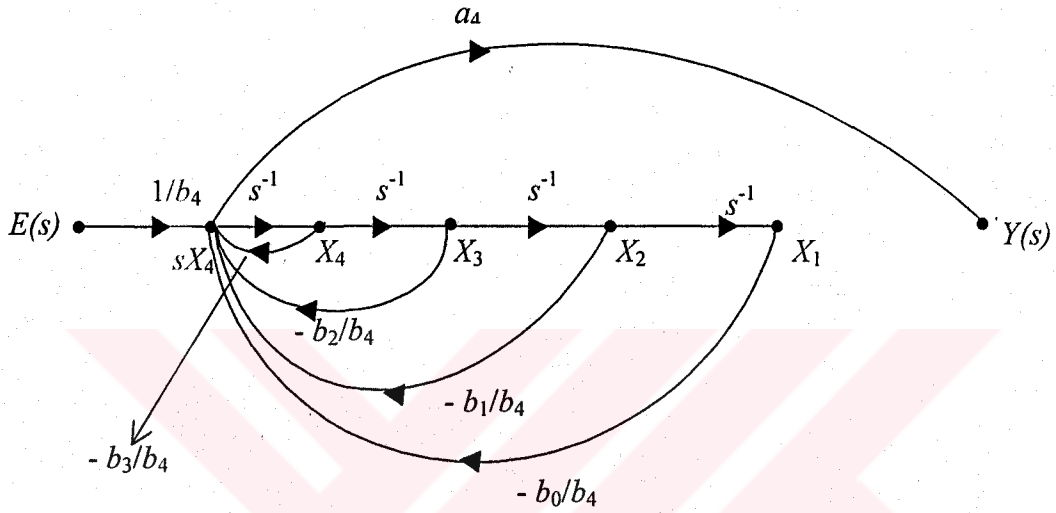


Şekil 5.19 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin KKB yöntemi ile gerçekleştirilen alçak geçiren filtre'nin bode diyagramı

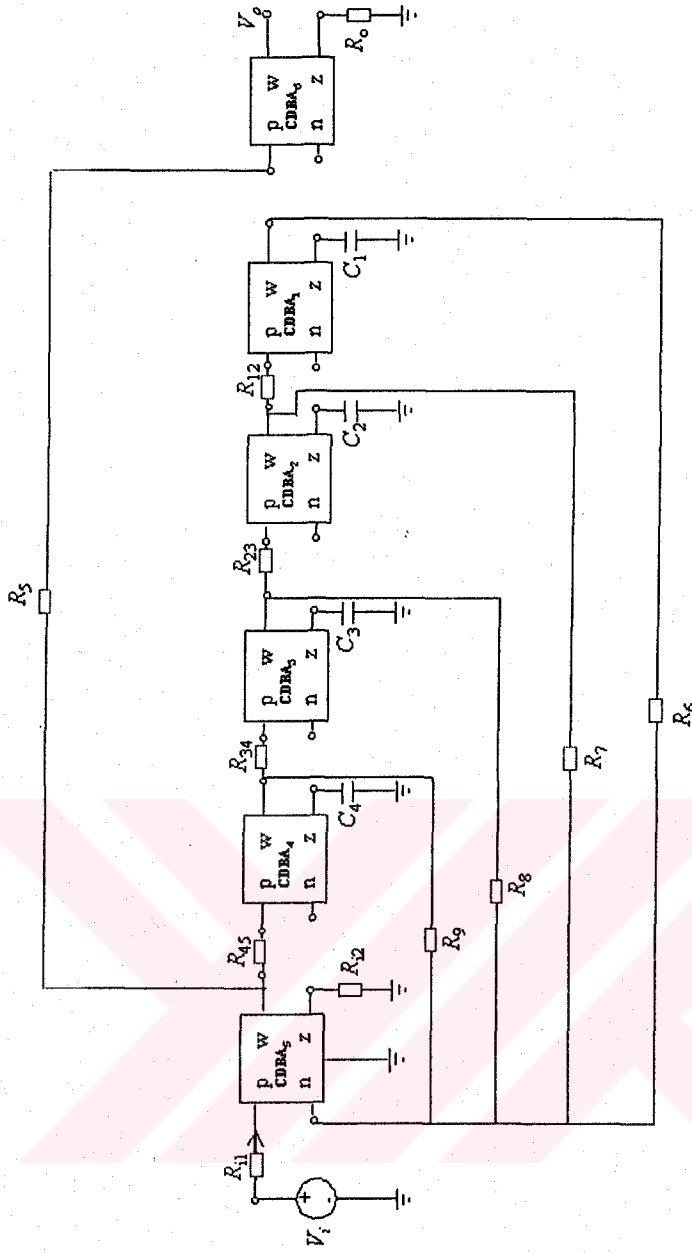
5.2.2 KKB yöntemi ile dördüncü dereceden Butterworth tipinde yüksek geçiren filtre sentezi

Bu bölümde, eşitlik (5.18)'de verilen dördüncü dereceden yüksek geçiren Butterworth fonksiyonuna ilişkin transfer fonksiyonu kullanılarak KKB yöntemine göre işaret akış diyagramı çizilmiş ve aktif filtre sentezi yapılmıştır.

$$H_{YGF4}(s) = \frac{a_4 s^4}{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0} = \frac{s^4}{s^4 + 2.613s^3 + 3.414s^2 + 2.613s + 1} \quad (5.18)$$



Şekil 5.20 Dördüncü dereceden yüksek geçiren filtreye ilişkin transfer fonksiyonunun kontrol edilebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı



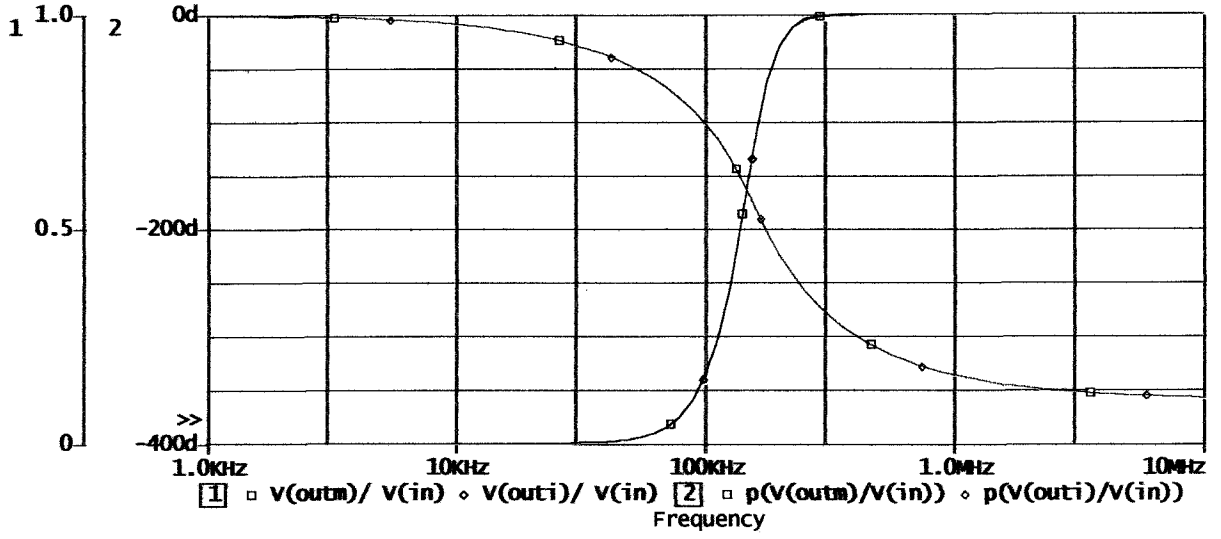
Şekil 5.21 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin KKB yöntemi ile gerçekleştirilen yüksek geçiren filtre

$\alpha=5.10^3$, $b=10^6$ olmak üzere denormalize eleman değerleri aşağıdadır.

$$\hat{R}_{11} = \hat{R}_{12} = \hat{R}_0 = \hat{R}_{12} = \hat{R}_{23} = \hat{R}_{34} = \hat{R}_{45} = \hat{R}_5 = \hat{R}_6 = 5 \text{ k}\Omega, \quad \hat{C}_1 = \hat{C}_2 = \hat{C}_3 = \hat{C}_4 = 0,02 \text{ nF}$$

$$\hat{R}_7 = \hat{R}_9 = 1910 \Omega, \quad \hat{R}_8 = 1465 \Omega$$

İdeal CDBA'ya göre çizilen bode diyagramı Şekil 5.22'de gösterilmiştir.

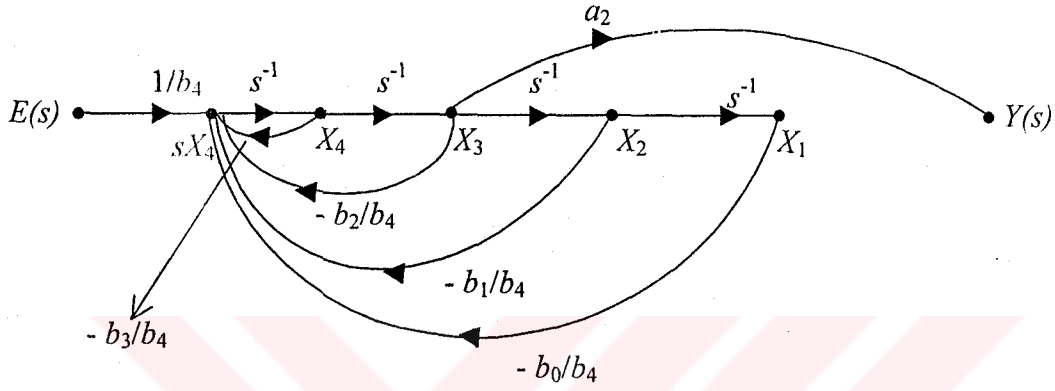


Şekil 5.22 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin KKB yöntemi ile gerçekleştirilen yüksek geçiren filtre'nin bode diyagramı

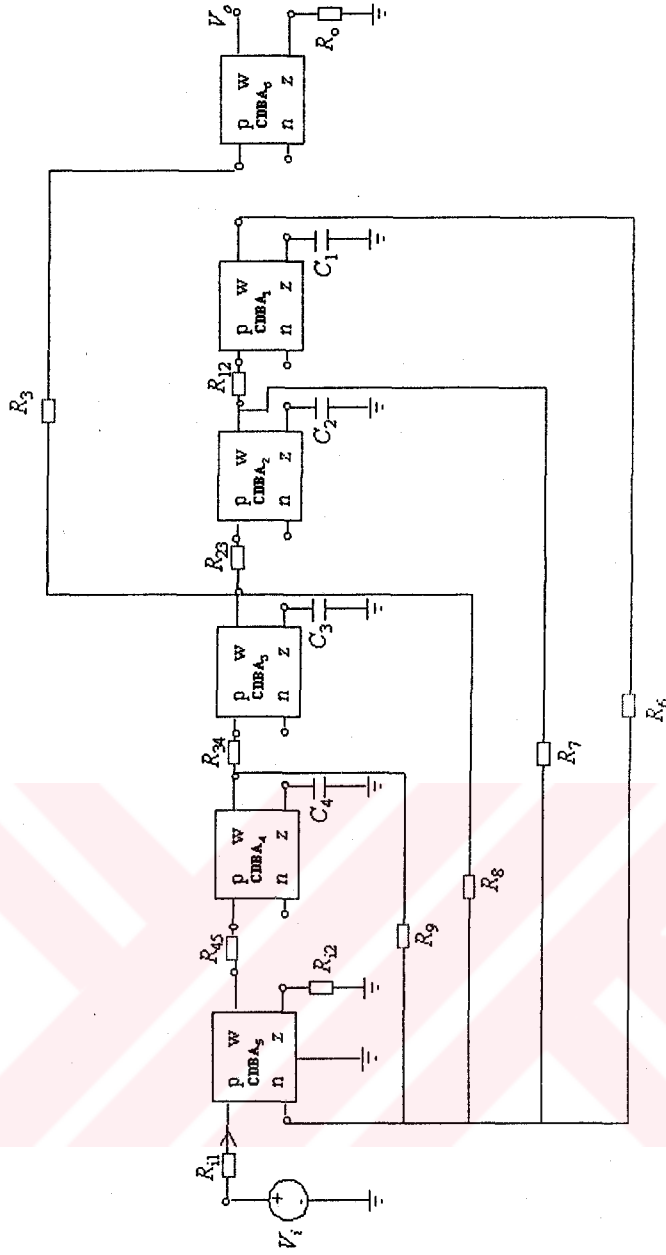
5.2.3 KKB yöntemi ile dördüncü dereceden Butterworth tipinde band geçiren filtre sentezi

Bu bölümde, eşitlik (5.19)'da verilen dördüncü dereceden band geçiren Butterworth fonksiyonuna ilişkin transfer fonksiyonu kullanılarak KKB yöntemine göre işaret akış diyagramı çizilmiş ve aktif filtre sentezi yapılmıştır.

$$H_{BGF4}(s) = \frac{a_2 s^2}{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0} = \frac{s^2}{s^4 + 1.414s^3 + 3s^2 + 1.414s + 1} \quad (5.19)$$



Şekil 5.23 Dördüncü dereceden band geçiren filtreye ilişkin transfer fonksiyonunun kontrol edilebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı



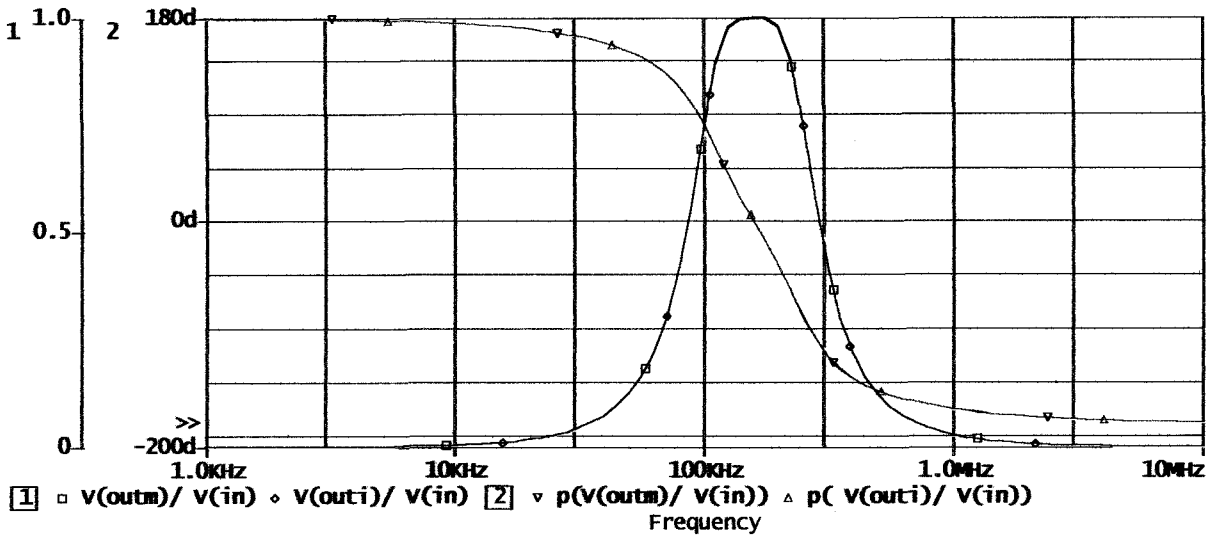
Şekil 5.24 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin KKB yöntemi ile gerçekleştirilen band geçiren filtre

$a=1.10^3$, $b=10^6$ olmak üzere denormalize eleman değerleri aşağıdadır.

$$\hat{R}_{11} = \hat{R}_{12} = \hat{R}_0 = \hat{R}_{12} = \hat{R}_{23} = \hat{R}_{34} = \hat{R}_{45} = \hat{R}_3 = \hat{R}_6 = 1 \text{ k}\Omega, \hat{C}_1 = \hat{C}_2 = \hat{C}_3 = \hat{C}_4 = 1 \text{ nF}$$

$$\hat{R}_7 = \hat{R}_9 = 707 \Omega, \hat{R}_8 = 333 \Omega$$

İdeal CDDBA'ya göre çizilen bode diyagramı Şekil 5.25'de gösterilmiştir.

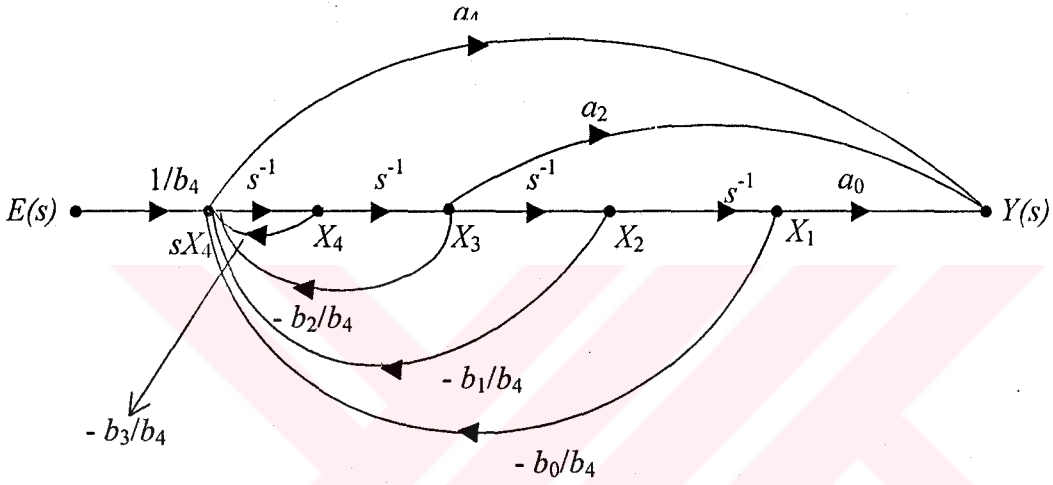


Şekil 5.25 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin KKB yöntemi ile gerçekleştirilen band geçiren filtre'nin bode diyagramı

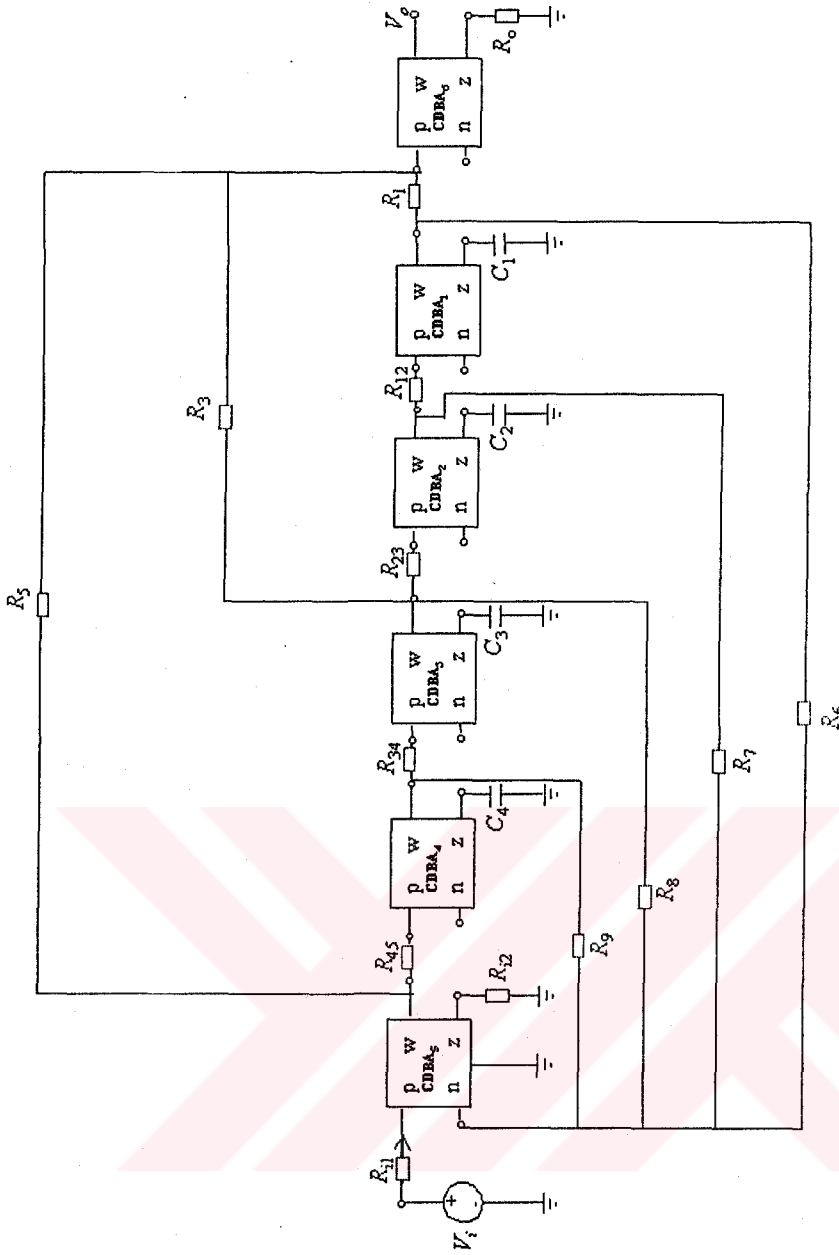
5.2.4 KKB yöntemi ile dördüncü dereceden Butterworth tipinde band söndüren filtre sentezi

Bu bölümde, eşitlik (5.20)'de verilen dördüncü dereceden band söndüren Butterworth fonksiyonuna ilişkin transfer fonksiyonu kullanılarak KKB yöntemine göre işaret akış diyagramı çizilmiş ve aktif filtre sentezi yapılmıştır.

$$H_{BSF4}(s) = \frac{a_4 s^4 + a_2 s^2 + a_0}{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0} = \frac{s^4 + 2s^2 + 1}{s^4 + 1.414s^3 + 3s^2 + 1.414s + 1} \quad (5.20)$$



Şekil 5.26 Dördüncü dereceden band söndüren filtreye ilişkin transfer fonksiyonunun kontrol edilebilir kanonik biçim yöntemiyle çizilen işaret akış diyagramı



Şekil 5.27 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin KKB yöntemi ile gerçekleştirilen band söndüren filtre

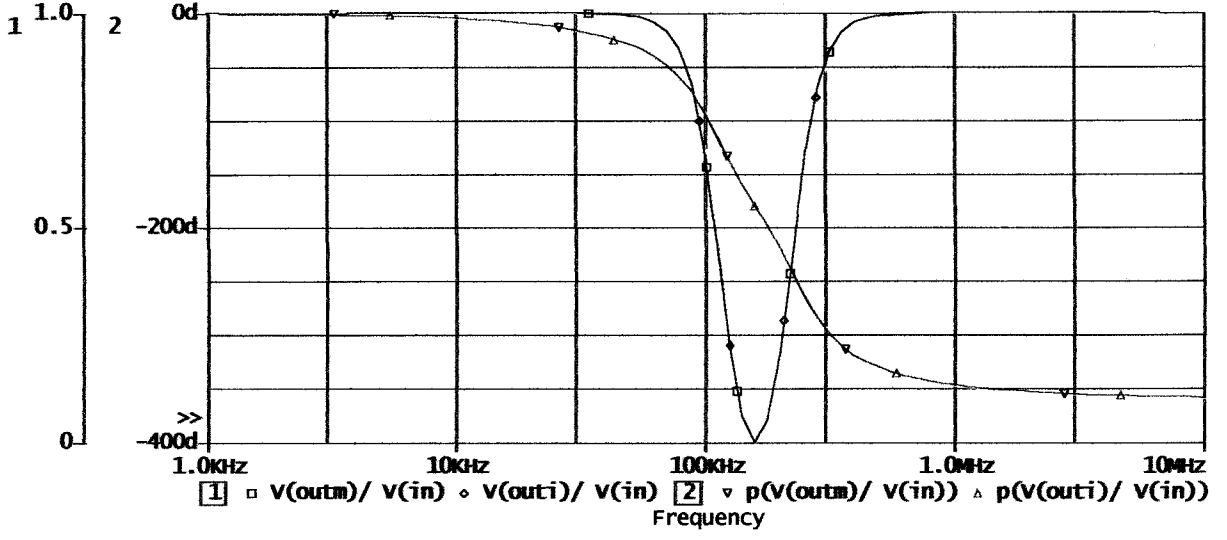
$a=8.10^3$, $b=10^6$ olmak üzere denormalize eleman değerleri aşağıdadır.

$$\hat{R}_{11} = \hat{R}_{12} = \hat{R}_0 = \hat{R}_{12} = \hat{R}_{23} = \hat{R}_{34} = \hat{R}_{45} = \hat{R}_1 = \hat{R}_5 = \hat{R}_6 = 8 \text{ k}, \hat{R}_3 = 4 \text{ k}\Omega$$

$$\hat{C}_1 = \hat{C}_2 = \hat{C}_3 = \hat{C}_4 = 0,125 \text{ nF}$$

$$\hat{R}_7 = \hat{R}_9 = 5656 \Omega, \hat{R}_8 = 2664 \Omega$$

İdeal CDBA'ya göre çizilen bode diyagramı Şekil 5.28'de gösterilmiştir.

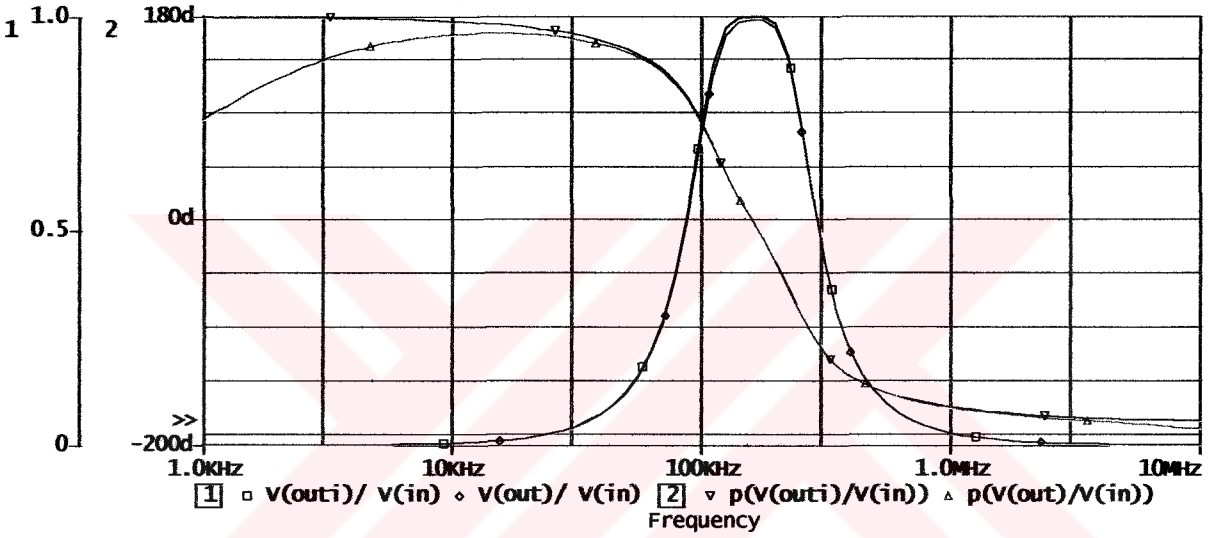


Şekil 5.28 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin KKB yöntemi ile gerçekleştirilen band söndüren filtre'nin bode diyagramı

6 İDEAL OLMAYAN CDBA KULLANILARAK DÖRDÜNCÜ DERECEDEN AKTİF FİLTRE SENTEZİ

Bu bölümde, ideal olmayan CMOS CDBA'lı band-geçiren filtrenin SPICE programı ile yeniden simülasyonu yapılmış ve böylelikle ideal olmayan CDBA'dan kaynaklanan idealsizliklerin genlik-frekans ve faz-frekans karakteristikleri üzerindeki etkisi gösterilmiştir.

Eşitlik (5.10)'da verilen dördüncü dereceden band geçiren Butterworth tipi transfer fonksiyonuna ilişkin aktif filtre, GKB yöntemi ile ideal CDBA kullanılarak gerçekleştirilmiş ve bode diyagramı Şekil 5.29'da verilmiştir.



Şekil 5.29 Dördüncü dereceden gerilim transfer fonksiyonuna ilişkin GKB yöntemi ile gerçekleştirilen ideal CDBA'lı band geçiren aktif filtrenin bode diyagramı

7 SONUÇLAR

Bu çalışmada CDBA elemanı kullanılarak n . dereceden aktif filtrelerin oluşturulmasına ilişkin genel yöntemler tanıtılmış ve dördüncü dereceden Butterworth tipi transfer fonksiyonları ile filtre sentezi yapılmıştır.

CDBA kullanarak pozitif integral alıcı gerçekleştirilebildiği için, aktif filtre sentezinde op-amp'larla karşılaştırıldığında daha az eleman kullanılmaktadır.

Bu çalışma ile ilk kez, transfer fonksiyonları ayrıştırma yöntemlerinden yararlanılarak CDBA ile aktif filtre sentezi yapılmıştır. Transfer fonksiyonu ayrıştırma yöntemleri, kullanılan eleman sayılarına göre karşılaştırılarak Çizelge 7.1'deki tablo oluşturulmuştur.

Çizelge 7.1 Eleman sayısı karşılaştırma tablosu

Ayrıştırma Yöntemi	n . Dereceden Filtre İçin Kullanılan Eleman Sayısı		
	CDBA	Direnç	Kapasite
Gözlenebilir Kanonik Biçim	n	$3n-1$	$n+1$
Kontrol Edilebilir Kanonik Biçim	$n+2$	$3n+4$	n

Çizelge 7.1'de görüldüğü gibi CDBA sayısının en az kullanıldığı yöntem gözlenebilir kanonik biçim yöntemidir. Bu yöntemde CDBA sayısı, gerçekleştirilen filtrenin derecesine eşittir.

CDBA, kazançtan bağımsız sabit bant genişliği sağlayarak, yüksek frekanslarda kuvvetlendirme yapabilmektedir. Ayrıca, bütün elemanların bir ucu topraklı olduğundan parazitik etkiler op-amlara göre daha azdır.

CDBA, tümleşik devre gerçekleştirilmesi için uygun bir elemandır.

Şekil 2.3'deki ideal olmayan CDBA ile GKB yöntemine göre gerçekleştirilen band geçiren filtrenin bode diyagramı Şekil 5.29'da verilmiştir. Bu diyagram ideal ve ideal olmayan CDBA'nın verdiği sonuçların karşılaştığını yani yapılan teorik çalışmanın doğruluğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Acar C., Özoğuz S., (1998), "A New Versatile Building Block: Current Differencing Buffered Amplifier Suitable For Analog Signal Processing Filters", *Microelectron*, J.30, 157-160.
- Anday F., (1980), "Aktif Devre Sentezi", Tübitak Yayınları No.:495, İstanbul.
- İbrahim Muhammed A., (1999), "Gerilim İzlemeli Akım Fark Kuvvetlendiricisi ve Uygulamaları", İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- İsmail Ali M., Soliman Ahmed M. (2000), "CMOS- CCII Realizations Based On The Differential Amplifier: A Review", *Frequenz* 54, 7-8.
- Kuo C. B., (1999), "Otomatik Kontrol Sistemleri", Literatür Yayınları 35.
- National Semiconductor (1996), "Low Sensitivity, Lowpass Filter Design", Application Note, OA-27.
- National Semiconductor (1996), "Low Sensitivity, Bandpass Filter Design With Tuning Method", Application Note, OA-28.
- National Semiconductor (1996), "Low Sensitivity, Highpass Filter Design With Parasitic Compensation", Application Note OA-29.
- Salama Khaled N., Soliman Ahmed M. (2000) "Voltage Mode Kerwin-Huelsman-Newcomb Circuit Using CDBAs", *Frequenz* 54, 3-4.
- Sedef H., (1994), "Akım Taşıyıcıları Kullanarak Aktif Devre Sentezinde Yeni Olanaklar", Yıldız Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, İstanbul.
- Sedef H., Acar C., (2000), "On the Realization Of Voltage-Mode Filters Using CDBA" , *Frequenz* 54, 198-202.
- Soliman A., (1994), "Kerwin-Huelsman-Newcomb Circuit Using Current Conveyors", *Electronics Letters*, 30, 24, 2019-2020.
- Soliman A., (1995), "Current Conveyor steer universal filter", *IEEE Circuits and Devices Magazine*, 45-46.
- Soliman A., (1995), "Current Mode Universal Filter", *Electronics Letters*, 31, 17, 1420-1421.
- Soliman A., (1996), "Applications of the Current Feedback Operational Amplifiers", *Analog Integrated Circuits and Signal Processing*, 11, 265-301.
- Toker A., Özoğuz S., Acar C., (2000) "CDBA-based Fully-integrated Gyrator Circuit Suitable for Electronically Tunable Inductance Simulation", *Int. J. Electron. Commun. (AEÜ)* 54, No. 5, 293-296.
- Toker A., Özoğuz S., Acar C., (1999), "Current Mode KHN Equivalent-Biquad Using CDBAs", *Electron. Lett.*, 35, 1682-1683.
- Özcan S., Toker A., Acar C., Kuntman H., Çiçekçioğlu O., (2000), "Single Resistance Controlled Sinusoidal Oscillators Employing Current Differencing Buffered Amplifier", *Microelectron.*, J.31, 169-174.
- Özoğuz S., Toker A., İbrahim Muhammed A., Acar C., (1999) "A New Versatile Building Block: Current Differencing Buffered Amplifier and Its Applications", *ECCTD'99*, Vol. 2, 90-93.

Özoğuz S., Toker A., Acar C., (1999), "A New Current Mode Continuous-Time Fully Integrated Universal Filter Using CDBAs", Electron. Lett. v35, 97-98.

Valkenburg M. E. V., (1982), "Analog Filter Design", CBS College Publishing, 119-221, New York.



EKLER

Ek 1 Dördüncü dereceden Butterworth tipi transfer fonksiyonlarının elde edilmesi



Ek 1 Dördüncü dereceden Butterworth tipi transfer fonksiyonlarının elde edilmesi

Butterworth fonksiyonlarının bulunmasında, çeşitli n değerleri için, Butterworth polinomlarını veren tablolar kullanılabilir (Sedef H., 1994). (Çizelge 8.1). Bu tablolar alçak geçiren filtrelerin transfer fonksiyonlarını oluştururken kullanılır.

Çizelge 8.1 Butterworth fonksiyonu katsayı tablosu (alçak geçiren filtreler için)

n	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7
1	1						
2	1,414	1					
3	2	2	1				
4	2,613	3,414	2,613	1			
5	3,236	5,236	5,236	3,236	1		
6	3,864	7,464	9,141	7,464	3,864	1	
7	4,494	10,103	14,606	14,606	10,103	4,434	1

Çizelge 8.1'den yararlanılarak elde edilen dördüncü dereceden alçak geçiren filtrenin Butterworth transfer fonksiyonu (8.1)'de verilmiştir.

$$H_{AGF4}(s) = \frac{1}{s^4 + 2.613s^3 + 3.414s^2 + 2.613s + 1} \quad (8.1)$$

Dördüncü dereceden $H_{AGF4}(s)$ üzerinde s yerine $1/s$ konularak dördüncü dereceden yüksek geçiren filtreye ilişkin Butterworth tipi transfer fonksiyonu elde edilir.

$$H_{YGF4}(s) = \frac{s^4}{s^4 + 2.613s^3 + 3.414s^2 + 2.613s + 1} \quad (8.2)$$

İkinci dereceden $H_{AGF2}(s)$ üzerinde dönüşümler yaparak dördüncü dereceden band geçiren ve band söndüren transfer fonksiyonları elde edilir.

$B=1$ filtrenin band genişliği

$w_0=1$ merkez frekansı olmak üzere;

$$H_{AGF2}(s)'de \ s \ yerine \ s = \frac{s^2 + w_0^2}{Bs} \ ve \ s = \frac{Bs}{s^2 + w_0^2} \ konularak \ sırasıyla \ 4. \ dereceden \ band$$

geçiren ve band söndüren transfer fonksiyonları elde edilir.

İkinci dereceden Butterworth tipi alçak geçiren transfer fonsiyonu (8.3)'de verilmiştir.

$$H_{AGF2}(s) = \frac{1}{s^2 + 1.414s + 1} \quad (8.3)$$

Eşitlik (8.3)'den hareketle 4. dereceden Butterworth tipi band geçiren ve band söndüren transfer fonksiyonları eşitlik (8.4) ve (8.5)'de verilmiştir.

$$H_{BGF_4}(s) = \frac{s^2}{s^4 + 1.414s^3 + 3s^2 + 1.414s + 1} \quad (8.4)$$

$$H_{BSF_4}(s) = \frac{s^4 + 2s^2 + 1}{s^4 + 1.414s^3 + 3s^2 + 1.414s + 1} \quad (8.5)$$



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	22.01.1978	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1991-1994	Kocamustafapaşa Lisesi
Lisans	1994-1999	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1999-2002	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı, Elektronik Programı

Çalıştığı kurumlar

1999-2000	VESTEL Elektronik A.Ş. - Veritabanı Yöneticisi
2000-2001	TELSİM Mobil Telekom. Hiz. A.Ş.-Transmisyon Planlama Mühendisi
2001-	ARIA (İŞ-TİM Telekom. Hiz. A.Ş.)- Transmisyon Planlama Mühendisi

