

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**0.18 μ m TEKNOLOJİSİNDE BİRİNCİ VE ÜÇÜNCÜ KUŞAK AKIM
TAŞIYICILAR İLE YENİ OLANAKLAR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Oğuz GONCA

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektronik Mühendisliği Programı

MAYIS 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**0.18 μ m TEKNOLOJİSİNDE BİRİNCİ VE ÜÇÜNCÜ KUŞAK AKIM
TAŞIYICILAR İLE YENİ OLANAKLAR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Oğuz GONCA
(504101218)**

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektronik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hakan Kunman

MAYIS 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 504101218 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Oğuz GONCA**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**0.18µm TEKNOLOJİSİNDE BİRİNCİ VE ÜÇÜNCÜ KUŞAK AKIM TAŞIYICILAR İLE YENİ OLANAKLAR**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Hakan KUNTMAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Sadri ÖZCAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Herman SEDEF
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **5 Mayıs 2014**
Savunma Tarihi : **21 Mayıs 2014**

Babama anneme ve ağabeyime,

ÖNSÖZ

Elektronik, gelişen teknolojiye bağılı olarak değişen yenilenen hatta teknolojiye yön veren bir öncüdür. Her geçen gün kendini yeniler ve yeni ufuklar açar. Bu çalışmada öncelikli amaç gelişen teknolojiye uyarlamalar yapmak, yeni yapılarla bilime katkıda bulunmak ve geliştirilen uygulamalarla somut sonuçlar elde etmektir. Ben de elimden geldiğince bu açılardan bilime her türlü katkıyı sağlayabilme gayreti içerisindeyim.

Benim için yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca bir yol gösterici olan ve hiçbir desteği benden esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Hakan Kuntman'a çalışmalarını benimle paylaşan Sayın Arş. Gör. Arda Güney ve Sayın Arş. Gör. Ersin Alaybeyoęlu'na teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm yaşantım boyunca aradığım maddi ve manevi desteğin tek sağlayıcısı, her zaman arkamda olduklarını hissettiren ve bana her koşulda beklentilerimin üzerinde bir hayat yaşatan aileme sevgilerle...

Mayıs 2014

Oğuz GONCA
Elektrik-Elektronik Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Literatür Araştırması	2
2. AKIM TAŞIYICILAR.....	3
2.1 Birinci Kuşak Akım Taşıyıcılar (CCI)	4
2.2 İkinci Kuşak Akım Taşıyıcılar (CCII)	6
2.2.1 Elektronik olarak kontrol edilebilen ikinci kuşak akım taşıyıcı	7
2.3 Üçüncü Kuşak Akım Taşıyıcılar (CCIII)	9
2.3.1 Değiştirilmiş üçüncü kuşak akım taşıyıcılar (MCCIII).....	11
2.4 CCII ve CCIII Yapılarından CCI Gerçekleştirilmesi	11
2.5 CCII Yapılarından CCIII Gerçekleştirilmesi	12
2.6 Çıkış Yapıları	13
2.6.1 MOS basit akım aynası	13
2.6.2 MOS kaskod akım aynası	14
3. DEVRE YAPILARI	17
3.1 CCI Devre Yapıları	17
3.1.1 CMOS CCI yapısı (Devre 1).....	17
3.1.2 CMOS CCI yapısı (Devre 2).....	19
3.1.3 CMOS CCI yapısı (Devre 3).....	20
3.1.4 Elektronik olarak kontrol edilebilen CMOS CCI yapısı (Devre 4)	22
3.2 CCIII Devre Yapıları.....	23
3.2.1 CMOS CCIII yapısı (Devre 5)	23
3.2.2 CMOS CCIII yapısı (Devre 6)	25
3.2.3 CMOS CCIII yapısı (Devre 7)	26
3.2.4 Elektronik olarak kontrol edilebilen CMOS CCIII yapısı (Devre 8).....	27
4. DEVRE BAŞARIMLARI VE BENZETİMLER	31
4.1 Birinci Kuşak Akım Taşıyıcı (CCI) Devrelerinin DC Başarımları ve Frekans Cevabı İncelemesi	32
4.1.1 Devre 1 karakteristik eğrileri	33
4.1.2 Devre 2 karakteristik eğrileri	37
4.1.3 Devre 3 karakteristik eğrileri	42
4.1.4 Devre 4 karakteristik eğrileri	46
4.2 Üçüncü Kuşak Akım Taşıyıcı (CCIII) Devrelerinin DC Başarımları ve Frekans Cevabı İncelemesi	51

4.2.1 Devre 5 karakteristik eğrileri.....	51
4.2.2 Devre 6 karakteristik eğrileri.....	56
4.2.3 Devre 7 karakteristik eğrileri.....	60
4.2.4 Devre 8 karakteristik eğrileri.....	65
5. UYGULAMALAR	71
5.1 Kullanılan Uygulama Devreleri	71
5.1.1 Tüm geçiren süzgeçler	71
5.1.1.1 CCI yapıları ile oluşturulmuş tüm geçiren süzgeç	71
5.1.1.2 CCIII yapıları ile oluşturulmuş tüm geçiren süzgeç.....	72
5.1.2 CCIII yapılarıyla gerçekleştirilen endüktans benzetimi ve alçak geçiren- yüksek geçiren süzgeç uygulaması	73
5.1.3 MCCIII yapılarıyla gerçekleştirilen endüktans benzetimi ve evrensel süzgeç uygulaması.....	75
5.1.4 ECCIII yapısı kullanılarak gerçekleştirilmiş ayarlanabilir genlikli rezonans devresi uygulaması	78
5.2 Benzetim Sonuçları	79
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	91
KAYNAKLAR.....	93
EKLER.....	95
ÖZGEÇMİŞ	99

KISALTMALAR

CCI+	: Evirmeyen birinci kuşak akım taşıyıcı
CCI-	: Eviren birinci kuşak akım taşıyıcı
CCII+	: Evirmeyen ikinci kuşak akım taşıyıcı
CCII-	: Eviren ikinci kuşak akım taşıyıcı
ECCI	: Elektronik olarak kontrol edilebilen birinci kuşak akım taşıyıcı
ECCII	: Elektronik olarak kontrol edilebilen ikinci kuşak akım taşıyıcı
ECCIII	: Elektronik olarak kontrol edilebilen üçüncü kuşak akım taşıyıcı
CCIII+	: Evirmeyen üçüncü kuşak akım taşıyıcı
CCIII-	: Eviren üçüncü kuşak akım taşıyıcı
DOCCI	: Çift çıkışlı birinci kuşak akım taşıyıcı
DOCCII	: Çift çıkışlı ikinci kuşak akım taşıyıcı
MCCIII	: Değiştirilmiş üçüncü kuşak akım taşıyıcı
TGS	: Tüm geçiren süzgeç

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 : Devre 1 için transistor boyutları	18
Çizelge 3.2 : Devre 2 için transistor boyutları	19
Çizelge 3.3 : Devre 3 için transistor boyutları	21
Çizelge 3.4 : Devre 4 için transistor boyutları	22
Çizelge 3.5 : ECCII için transistor boyutları	23
Çizelge 3.6 : Devre 5 için transistor boyutları	24
Çizelge 3.7 : Devre 6 için transistor boyutları	25
Çizelge 3.8 : Devre 7 için transistor boyutları	27
Çizelge 3.9 : Devre 8 için transistor boyutları	28
Çizelge 3.10 : ECCII için transistor boyutları	29
Çizelge 4.1 : Gerçekleştirilen devrelerin benzetim sonuçlarının karşılaştırılması	70

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Genel akım taşıyıcı blok gösterimi.....	3
Şekil 2.2 : Çift çıkışlı birinci kuşak akım taşıyıcı blok gösterimi	4
Şekil 2.3 : CMOS birinci kuşak akım taşıyıcı devresi.....	5
Şekil 2.4 : Çift çıkışlı ikinci kuşak akım taşıyıcı blok gösterimi.....	6
Şekil 2.5 : Translineer bazlı CMOS CCII devresi	7
Şekil 2.6 : ECCII blok gösterimi	7
Şekil 2.7 : Elektronik olarak kontrol edilebilen akım taşıyıcı hücresi.....	8
Şekil 2.8 : Üçüncü kuşak akım taşıyıcı blok gösterimi	9
Şekil 2.9 : CMOS Üçüncü kuşak akım taşıyıcı devresi.....	10
Şekil 2.10 : Değiştirilmiş üçüncü kuşak akım taşıyıcı blok gösterimi	11
Şekil 2.11 : CCII ile CCI gerçekleştirilmesi (Yöntem-1).....	11
Şekil 2.12 : MCCIII ile CCI gerçekleştirilmesi (Yöntem-2).....	12
Şekil 2.13 : CCII ile CCIII gerçekleştirilmesi(Yöntem-3)	13
Şekil 2.14 : MOS basit akım aynası	13
Şekil 2.15 : MOS Kaskod akım aynası.....	15
Şekil 3.1 : MCCIII yapısından gerçekleştirilmiş CCI devresi (Devre 1)	17
Şekil 3.2 : CCII yapısından gerçekleştirilmiş CCI devresi (Devre 2)	19
Şekil 3.3 : Hattan hatta salınımlı giriş katlı CCII yapısından CCI gerçekleştirilmesi (Devre 3)	20
Şekil 3.4 : Bir ucu elektronik olarak kontrol edilebilen CCI blok gösterimi (Devre 4)	22
Şekil 3.5 : Elektronik olarak kontrol edilebilen ikinci kuşak akım taşıyıcı devresi ..	22
Şekil 3.6 : Üçüncü kuşak akım taşıyıcı devresi (Devre 5).....	24
Şekil 3.7 : CCII'den elde edilmiş CCIII devresi (Devre 6)	25
Şekil 3.8 : Hattan hatta salınımlı girişli CCIII devresi (Devre 7).....	26
Şekil 3.9 : Elektronik olarak kontrol edilebilen CCIII blok gösterimi (Devre 8).....	28
Şekil 3.10 : Elektronik olarak kontrol edilebilen ikinci kuşak akım taşıyıcı devresi	28
Şekil 4.1 : Devre 1 DC akım iletim karakteristiği	33
Şekil 4.2 : Devre 1 V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği.....	33
Şekil 4.3 : Devre 1 için $(V_{Z+}, V_{Z-})-V_Y$ karakteristiği.....	34
Şekil 4.4 : Devre 1 için V_X/V_Y gerilim izleme frekans cevabı	34
Şekil 4.5 : Devre 1 için akım kazançları frekans cevabı.....	35
Şekil 4.6 : Devre 1 için Z_X empedansı frekans cevabı	35
Şekil 4.7 : Devre 1 için Z_Y empedansı frekans cevabı	36
Şekil 4.8 : Devre 1 için Z_{Z+} empedansı frekans cevabı	36
Şekil 4.9 : Devre 1 için Z_{Z-} empedansı frekans cevabı.....	37
Şekil 4.10 : Devre 2 DC akım iletim karakteristiği	37
Şekil 4.11 : Devre 2 V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği.....	38
Şekil 4.12 : Devre 2 için $(V_{Z+}, V_{Z-})-V_Y$ karakteristiği.....	38
Şekil 4.13 : Devre 2 için V_X/V_Y gerilim izleme frekans cevabı	39
Şekil 4.14 : Devre 2 için akım kazançları frekans cevabı.....	39

Şekil 4.15 : Devre 2 için Z_X empedansı frekans cevabı.....	40
Şekil 4.16 : Devre 2 için Z_Y empedansı frekans cevabı.....	40
Şekil 4.17 : Devre 2 için Z_{Z+} empedansı frekans cevabı	41
Şekil 4.18 : Devre 2 için Z_{Z-} empedansı frekans cevabı	41
Şekil 4.19 : Devre 3 DC akım iletim karakteristiği	42
Şekil 4.20 : Devre 3 V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği	42
Şekil 4.21 : Devre 3 için $(V_{Z+}, V_{Z-})-V_Y$ karakteristiği	43
Şekil 4.22 : Devre 3 için V_X/V_Y gerilim izleme frekans cevabı	43
Şekil 4.23 : Devre 3 için akım kazançları frekans cevabı.....	44
Şekil 4.24 : Devre 3 için Z_X empedansı frekans cevabı.....	44
Şekil 4.25 : Devre 3 için Z_Y empedansı frekans cevabı.....	45
Şekil 4.26 : Devre 3 için Z_{Z+} empedansı frekans cevabı	45
Şekil 4.27 : Devre 3 için Z_{Z-} empedansı frekans cevabı	46
Şekil 4.28 : Devre 4 DC akım iletim karakteristiği	46
Şekil 4.29 : Devre 4 V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği	47
Şekil 4.30 : Devre 4 için $(V_{Z+}, V_{Z-})-V_Y$ karakteristiği	47
Şekil 4.31 : Devre 4 için V_X/V_Y gerilim izleme frekans cevabı	48
Şekil 4.32 : Devre 4 için akım kazançları frekans cevabı.....	48
Şekil 4.33 : Devre 4 için Z_X empedansı frekans cevabı.....	49
Şekil 4.34 : Devre 4 için Z_Y empedansı frekans cevabı.....	49
Şekil 4.35 : Devre 4 için Z_{Z+} empedansı frekans cevabı	50
Şekil 4.36 : Devre 4 için Z_{Z-} empedansı frekans cevabı	50
Şekil 4.37 : Devre 5 DC akım iletim karakteristiği	51
Şekil 4.38 : Devre 5 V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği	52
Şekil 4.39 : Devre 5 için $(V_{Z+}, V_{Z-})-V_Y$ karakteristiği	52
Şekil 4.40 : Devre 5 için V_X/V_Y gerilim izleme frekans cevabı	53
Şekil 4.41 : Devre 5 için akım kazançları frekans cevabı.....	53
Şekil 4.42 : Devre 5 için Z_X empedansı frekans cevabı.....	54
Şekil 4.43 : Devre 5 için Z_Y empedansı frekans cevabı.....	54
Şekil 4.44 : Devre 5 için Z_{Z+} empedansı frekans cevabı	55
Şekil 4.45 : Devre 5 için Z_{Z-} empedansı frekans cevabı	55
Şekil 4.46 : Devre 6 DC akım iletim karakteristiği	56
Şekil 4.47 : Devre 6 V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği	56
Şekil 4.48 : Devre 6 için $(V_{Z+}, V_{Z-})-V_Y$ karakteristiği	57
Şekil 4.49 : Devre 6 için V_X/V_Y gerilim izleme frekans cevabı	57
Şekil 4.50 : Devre 6 için akım kazançları frekans cevabı.....	58
Şekil 4.51 : Devre 6 için Z_X empedansı frekans cevabı.....	58
Şekil 4.52 : Devre 6 için Z_Y empedansı frekans cevabı.....	59
Şekil 4.53 : Devre 6 için Z_{Z+} empedansı frekans cevabı	59
Şekil 4.54 : Devre 6 için Z_{Z-} empedansı frekans cevabı	60
Şekil 4.55 : Devre 7 DC akım iletim karakteristiği	60
Şekil 4.56 : Devre 7 V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği	61
Şekil 4.57 : Devre 7 için $(V_{Z+}, V_{Z-})-V_Y$ karakteristiği	61
Şekil 4.58 : Devre 7 için V_X/V_Y gerilim izleme frekans cevabı	62
Şekil 4.59 : Devre 7 için akım kazançları frekans cevabı.....	62
Şekil 4.60 : Devre 7 için Z_X empedansı frekans cevabı.....	63
Şekil 4.61 : Devre 7 için Z_Y empedansı frekans cevabı.....	63
Şekil 4.62 : Devre 7 için Z_{Z+} empedansı frekans cevabı	64
Şekil 4.63 : Devre 7 için Z_{Z-} empedansı frekans cevabı	64
Şekil 4.64 : Devre 8 DC akım iletim karakteristiği	65

Şekil 4.65 : Devre 8 V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği.....	65
Şekil 4.66 : Devre 8 için (V_{Z+}, V_{Z-})- V_Y karakteristiği.....	66
Şekil 4.67 : Devre 8 için V_X/V_Y gerilim izleme frekans cevabı.....	66
Şekil 4.68 : Devre 8 için akım kazançları frekans cevabı.....	67
Şekil 4.69 : Devre 8 için Z_X empedansı frekans cevabı.....	67
Şekil 4.70 : Devre 8 için Z_Y empedansı frekans cevabı.....	68
Şekil 4.71 : Devre 8 için Z_{Z+} empedansı frekans cevabı.....	68
Şekil 4.72 : Devre 8 için Z_{Z-} empedansı frekans cevabı.....	69
Şekil 5.1 : CCI yapısıyla oluşturulmuş tüm geçiren süzgeç.[4].....	71
Şekil 5.2 : CCIII yapısıyla oluşturulmuş tüm geçiren süzgeç.[25].....	72
Şekil 5.3 : Seri (soldaki) ve paralel (sağdaki) R-L benzetim yapıları[26].....	73
Şekil 5.4 : R-L-C devresi.....	74
Şekil 5.5 : CCIII ile gerçekleştirilmiş paralel R-L benzetimi kullanılan süzgeç devresi.[26].....	75
Şekil 5.6 : Evrensel süzgeç yapısı.....	75
Şekil 5.7 : MCCIII kullanılarak gerçekleştirilmiş RLC yapısı.....	76
Şekil 5.8 : MCCIII'ler kullanılarak gerçekleştirilmiş evrensel süzgeç yapısı[27]....	77
Şekil 5.9 : Ayarlanabilir genlikli rezonans devresi.....	78
Şekil 5.10 : Devre 1 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım kazançları frekans cevabı.....	80
Şekil 5.11 : Devre 1 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım faz frekans eğrileri... 80	
Şekil 5.12 : Devre 2 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım kazançları frekans cevabı.....	81
Şekil 5.13 : Devre 2 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım faz frekans eğrileri... 81	
Şekil 5.14 : Devre 5 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım kazançları frekans cevabı.....	82
Şekil 5.15 : Devre 5 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım faz frekans eğrileri... 82	
Şekil 5.16 : Devre 6 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım kazançları frekans cevabı.....	83
Şekil 5.17 : Devre 6 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım faz frekans eğrileri... 83	
Şekil 5.18 : Devre 7 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım kazançları frekans cevabı.....	84
Şekil 5.19 : Devre 7 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım faz frekans eğrileri... 84	
Şekil 5.20 : Devre 8 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım kazançları frekans cevabı (farklı akım kazançları için).....	85
Şekil 5.21 : Devre 8 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım kazançları frekans cevabı (Z^+ ucu 1 Z^- ucu $\frac{1}{2}$ akım kazancına sahiptir).....	85
Şekil 5.22 : Devre 8 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım faz frekans eğrileri... 86	
Şekil 5.23 : Devre 6 kullanılarak gerçekleştirilmiş seri endüktans benzetimi.....	86
Şekil 5.24 : Devre 6 kullanılarak gerçekleştirilmiş alçak geçiren yüksek geçiren süzgeç benzetimi frekans cevabı.....	87
Şekil 5.25 : Devre 5 kullanılarak gerçekleştirilmiş evrensel süzgeç benzetimi frekans cevabı.....	87
Şekil 5.26 : Devre 8 kullanılarak gerçekleştirilmiş ayarlanabilir genlikli rezonans devresi giriş işareti.....	88
Şekil 5.27 : Devre 8 kullanılarak gerçekleştirilmiş ayarlanabilir genlikli rezonans devresi çıkış akımı eğrisi(1Mhz).....	88
Şekil 5.28 : Devre 8 kullanılarak gerçekleştirilmiş ayarlanabilir genlikli rezonans devresi çıkış akımı eğrisi(3Mhz).....	89

0.18 μ m TEKNOLOJİSİNDE BİRİNCİ VE ÜÇÜNCÜ KUŞAK AKIM TAŞIYICILAR İLE YENİ OLANAKLAR

ÖZET

Akım modlu devreler ve akım taşıyıcı gibi akım modlu devre elemanları son yıllarda birçok çalışmaya konu olmuşlardır. Akım modlu devre elemanlarına karşı giderek artmakta olan bu ilgi, akım modlu devre elemanlarının işlemsel kuvvetlendirici gibi gerilim modlu devre elemanlarına göre daha iyi lineerlik ve daha iyi band genişlikleri sağlamasından kaynaklanmaktadır. Buna paralel olarak akım modlu süzgeçler, gerilim modlu benzerlerine göre daha geniş dinamik sınırlar ve daha büyük band genişlikleri sunabilmektedirler. Düşük giriş empedansları ve yüksek çıkış empedanslarına sahip akım modlu süzgeçler, herhangi bir ek aktif elemana ihtiyaç duyulmaksızın, ard arda bağlanarak daha yüksek seviyeli süzgeçler ve osilatörler elde edilebilmektedir.

Bu tez çalışmasında, genel olarak her kuşak akım taşıyıcı yapısına değinilmiş, yapıların çalışma şekilleri, tanım bağıntınları ortaya konulmuştur. Ayrıca bir kuşaktan diğerini gerçekleştirme yöntemlerine yer verilmiştir. Ağırlıklı olarak Birinci Kuşak Akım Taşıyıcılar (CCI) ve Üçüncü Kuşak akım taşıyıcılar (CCIII) ele alınmış ve daha iyi lineerlik için farklı giriş katları daha esnek çıkış kazançları için yeni elemanlar önerilmiştir.

Bölüm 1’de konuya genel bir giriş yapılmış, tez çalışmasında nelerin amaçlandığından bahsedilmiş ve literatürde şimdiye kadar yapılmış olan çalışmalara yer verilmiştir.

Bölüm 2’de akım taşıyıcıların genel özellikleri ortaya konulmuştur. Ayrıca birinci, ikinci ve üçüncü kuşak akım taşıyıcı yapıları ayrıntılarıyla incelenmiş buna ek olarak Elektronik Olarak Kontrol Edilebilen İkinci Kuşak Akım Taşıyıcı (ECCII) yapısına ve Değiştirilmiş Üçüncü Kuşak Akım Taşıyıcı (MCCIII) yapılarına yer verilmiştir. Kuşaklar arası dönüşüm yöntemleri de bu bölüm içerisinde yer almaktadır.

Bölüm 3’te CCI ve CCIII için iç yapılar önerilmiş ve bu yapılar giriş ve çıkış eşitlikleriyle incelenmiştir.

Bölüm 4’te gerçekleştirilen CCI ve CCIII yapıları için benzetimler sonucunda elde edilmiş olan karakteristik eğrileri verilmiştir.

Bölüm 5’te CCI ve CCIII yapılarının kullanılabilceği uygulama devrelerinden örnekler verilmiş ve devre yapıları incelenmiştir. Ayrıca devrelerin SPICE benzetim sonuçları sunulmuştur.

Bölüm 6’da elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve tezin amacına ne kadar yaklaştığı gerekçeleriyle ortaya konulmuştur.

NEW POSSIBILITIES WITH FIRST AND THIRD GENERATION CURRENT CONVEYORS IN 0.18 μ m TECHNOLOGY

SUMMARY

In the last years, current mode circuits and current mode circuit elements like current conveyors have been subject to many studies. Interest on current mode circuit elements increases every passing day because of their better linearity and wider bandwidth than the voltage mode circuit elements. In the same way, current mode filters also provide wider dynamic ranges and wider bandwidths than the similar voltage mode filters. Furthermore, current mode filters give better possibilities to build high order filters or oscillators by use of cascade filter connections because of their low input impedances and high output impedances.

Current Conveyor structure (Current Conveyor, CC) was first introduced in 1968 by Smith and Sedra and it took an important place in our lives as an important new circuit element. Definition relations of the current conveyor generations are includes very small but important differences. Sedra and Smith introduced "Second Generation Current Conveyor" with changes made in definition relations two years later in 1970. And the last member of the generations "Third Generation Current Conveyor (CCIII)" is presented by Fabre in 1995.

In this study, the overall structures of each generation current conveyor is mentioned, the structure of the way it works, the definition of relations have been introduced. Also methods to achive from one generation to the other is given. Mainly the first generation current conveyors (CCI) and the Third Generation Current Conveyors (CCIII) discussed and different input types for better linearity, new elements for more flexible output gains have been proposed.

Introduction, literature research and purpose of this thesis are mentioned in Chapter 1.

In Chapter 2, the general features of the current carriers have been introduced. Also a First Generation Current Conveyor, Second Generation Current Conveyor and Third Generation Current Conveyor structures were examined in detail. Electronically Controllable Second Generation Current Conveyor (ECCII) structure and the Modified Third Generation Current Conveyor (MCCIII) structures are given. Inter-generational transformation methods are included in this section.

In Chapter 3, CCI and CCII internal structures have been proposed and these structures were studied with input and output equation. In this chapter eight different internal structure is given and two of them Electronically Controllable First Generation Current Conveyor (ECCI) and Electronically Controllable Third

Generation Current Conveyor (ECCIII) are new elements that we introduced in this thesis study.

In Chapter 4,

- Current conduction characteristics,
- V_X - V_Y voltage monitoring characteristics,
- (V_{Z+}, V_{Z-}) - V_Y characteristics,

as DC characterizations,

- V_X / V_Y voltage monitoring frequency response,
- The frequency response of current gains,
- The frequency response of Z_X impedance
- The frequency response of Z_Y impedance
- The frequency response of Z_{Z+} impedance
- The frequency response of Z_{Z-} impedance

as AC characterizations of CCI's and CCIII's are given, by means of simulation results.

In Chapter 5,

- All-pass filters with CCI's,
- All-pass filters with CCIII's,
- Lossy grounded inductance simulation and low-pass high-pass filter with CCIII's,
- Inductance simulation and the universal filter with MCCIII's,
- Adjustable amplitude resonance circuit with ECCIII

as application circuits and the frequency response of current gains and current phase frequency curves of all-pass filters, frequency response of inductance and the frequency response of current gain for low-pass high-pass filters, frequency response of inductance and frequency response of current gain for universal filters and transient curves of output current for adjustable amplitude resonance circuit with ECCIII in two different resonance frequency as their SPICE simulation results are given.

In Chapter 6, the results obtained are evaluated and how close to the purpose of the thesis on grounds that have been introduced.

In this study, differences of current conveyor generations, each other conversion methods between generations, improvement of voltage and current tracking with different input stages, obtaining electronically controllable output current gain with different output stages is emphasized. 0.18 μ m technology to be realized in the current circuits, improvement of working conditions with the additions made and control the earning ratios easily were studied. Low power consumption of current-mode circuits and be open to integration and the facilities operating at high frequencies with the CMOS structures manufactured in appropriate processes increasing the orientation to these structures. In this study, elements that have been proposed ECCI and ECCIII provides control the output gain and it is quite easy to create new circuit topologies with these facilities. The circuit structures functioning in new technologies and the effectiveness of the proposed structure is illustrated by application circuits. The results obtained from simulations are noteworthy that how close to ideal.

All of the simulations reveal that operating ranges and results close to ideal, validity of methods and structures used in the study have shown again.

1. GİRİŞ

Akım taşıyıcılar gibi akım modlu devre elemanları ve bu elemanlardan yararlanılarak geliştirilen uygulama devreleri geçtiğimiz süreçte birçok çalışmaya konu olmuşlardır [1-23]. Bu artan ilginin sebeplerini incelersek çok da yatsınamaz bir sonuç olduğunu görebiliriz. Akım modlu devre elemanlarının işlemsel kuvvetlendirici gibi gerilim modlu devre elemanlarına göre daha iyi lineerlik ve daha yüksek bant genişlikleri sergilemesi bu sebeplerin başında gelir. Buna bağlı olarak akım modlu süzgeçler, gerilim modlu çalışan benzer yapılara göre geniş dinamik sınırlar ve daha geniş bant genişliklerine ulaşabilmemizi sağlamaktadır. Akım modlu devrelerin sağladığı bir diğer kolaylık da düşük giriş empedansları ve yüksek çıkış empedansları sayesinde her hangi bir ek aktif elemana ihtiyaç duyulmaksızın, ard arda bağlanarak daha yüksek seviyeli süzgeç ve osilatörler elde edebilmemizi mümkün hale getirmeleridir.

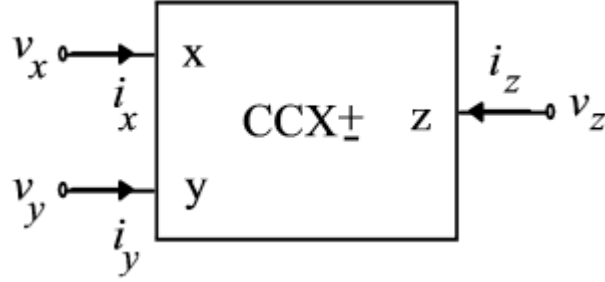
1.1 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasında, akım taşıyıcı kuşaklarının her biri tek tek ele alınarak ayrıntılı şekilde incelenmesi, akım taşıyıcı kuşaklarının birinden diğerine dönüşüm yöntemlerinin araştırılması ve gerçekleştirilmesi, çıkış kazancı dışarıdan elektronik olarak kontrol edilebilen birinci ve üçüncü kuşak akım taşıyıcı yapılarının gerçekleştirilmesi ve literature kazandırılması, 0.18 μ m teknolojisinde CMOS iç yapılarla bu devrelerin analizlerinin ortaya konulması ve yeni teknolojilere uyarlanmış olan bu yapıların uygulamalar üzerinde yarattıkları etkilerin SPICE benzetimleri yardımıyla gerçeğe en yakın şekilde analiz edilmesi amaçlanmıştır. Öncelikli gayemiz bilime küçük de olsa bir katkımızın olabilmesini sağlama isteğimiz olmuştur.

1.2 Literatür Araştırması

Akım Taşıyıcı yapısı (Current Conveyor, CC) ilk olarak Smith ve Sedra tarafından 1968 yılında ortaya konulmuş ve kendisine önemli bir yer edinerek yeni ve önemli bir devre elemanı olarak hayatımızdaki yerini almıştır [1]. Akım taşıyıcı kuşaklarının tanım bağıntıları çok küçük ama önemli farklılıklar içermektedir. Bu farklılardan ilki olarak tanım bağıntılarında yapılan değişikliklerle, Sedra ve Smith iki yıl sonra (1970) “İkinci Kuşak Akım Taşıyıcı(CCII)” devre elemanını sunmuş [2] ve ardından kuşakların sonuncusu olan “Üçüncü Kuşak Akım Taşıyıcı (CCIII)” devre elemanı 1995 yılında Fabre tarafından sunulmuştur [3]. Fabre, CCIII elemanını sunarken, herhangi bir devredeki yüzen pasif eleman üzerindeki akımın kullanılabilmesi için CCIII elemanına olan gereksinimi vurgulamıştır. Ancak yapı akım modlu birçok devre bloklarının ve süzgeç yapılarının tasarımında da etkili olmuştur. Bunları takip eden sürede ana kuşak akım taşıyıcılarına yapılan eklemeler ve değişiklikler ile Elektronik Olarak Kontrol Edilebilen İkinci Kuşak Akım Taşıyıcı (ECCII) ve Değiştirilmiş Üçüncü Kuşak Akım Taşıyıcı (MCCIII) gibi elemanlar da literatürde yerini almıştır. Ayrıca bu elemanlardan yararlanılarak oluşturulmuş süzgeç, endüktans benzetimi ve osilatör uygulamaları da elemanların etkisini ortaya koymuştur [8,9,20,22].

2. AKIM TAŞIYICILAR



Şekil 2.1 : Genel akım taşıyıcı blok gösterimi.

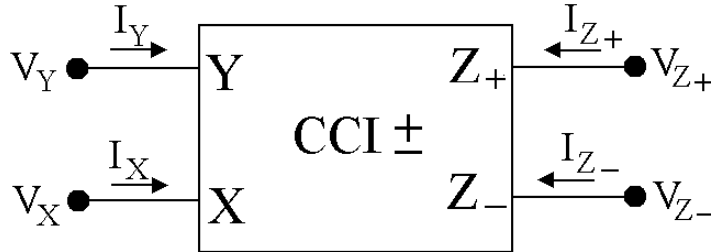
Akım taşıyıcılar için genel blok gösterimi Şekil 2.1’de verilmiştir. Burada giriş ve çıkış uçları arasındaki ilişki, (2.1)’de verilen tanım bağıntısında görülmektedir.

$$\begin{bmatrix} I_Y \\ V_X \\ I_Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & a & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & b & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_Y \\ I_X \\ V_Z \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Yukarıda verilmiş olan matris gösteriminden yola çıkarak akım taşıyıcı türleri için farklı a ve b değerlerinin sağlanması gerektiği ortadadır. Örneğin; a=1 olduğunda elde edilen yapılar birinci kuşak akım taşıyıcılar (CCI), a= 0 olduğunda elde edilen yapılar ise ikinci kuşak akım taşıyıcılar (CCII) olarak adlandırılmaktadırlar. Bunlardan farklı olarak b katsayısının yaratmış olduğu farklılıklara değinecek olursak b=1 olduğu durumlarda akım taşıyıcı yapısı için faz döndürmeyen veya evirmeyen akım taşıyıcı olarak isimlendirilmektedir. Yani a=1, b=1 ise faz döndürmeyen ya da evirmeyen birinci kuşak akım taşıyıcı (CCI+), a=1, b=-1 olduğunda faz döndüren ya da eviren birinci kuşak akım taşıyıcılar (CCI-) elde edilmektedir. Bu ilişkiye paralel olarak a=0, b=1 olursa faz döndürmeyen ya da evirmeyen ikinci kuşak akım taşıyıcı (CCII+), a=0, b=-1 olursa faz döndüren ya da eviren ikinci kuşak akım taşıyıcılar (CCII-) elde edilmiş olur. Üçüncü kuşak akım taşıyıcılara ilerideki bölümlerde ayrıntılı bir şekilde değinilecektir. Verilmiş olan bağıntı takımını gerçekleyen her kuşaktan birçok akım taşıyıcı devresi gerçekleştirilmiştir. Hatta her hangi bir kuşak akım taşıyıcıdan farklı bir kuşak akım

taşıyıcı devresi elde etmek de mümkündür. Bölüm 3'te bu yöntemlere örnekler verilmiş, ilgili devreler yöntemlerle birlikte paylaşılmıştır.

2.1 Birinci Kuşak Akım Taşıyıcılar (CCI)



Şekil 2.2 : Çift çıkışlı birinci kuşak akım taşıyıcı blok gösterimi.

Birinci kuşak akım taşıyıcılar genel olarak 3 uçlu elemanlardır. Ancak ikinci bir Z ucu yaratılarak çift çıkışlı birinci kuşak akım taşıyıcı (DOCCI) oluşturulabilir. Birinci kuşak akım taşıyıcıların tanım bağıntısından da anlaşılacağı üzere X ucundaki gerilim Y ucundaki gerilime eşittir. Yani genel bağıntıdaki gerilim kazancının 1 olması sağlanmıştır. Aynı şekilde X ucu ile Y ve Z uçları arasındaki akım kazanç katsayısı da 1 olmalıdır. DOCCI için Z- ucundaki akım kazanç katsayısının -1 olması gerekmektedir. CMOS akım taşıyıcıları düşük giriş empedansları ve yüksek çıkış empedansları daha da cazip hale getirmektedir.

DOCCI yapısının tanım bağıntısını ifade eden matris gösterimi,

$$\begin{bmatrix} I_Y \\ V_X \\ I_{Z+} \\ I_{Z-} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_Y \\ I_X \\ V_{Z+} \\ V_{Z-} \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

şeklindedir. Bu gösterim ideal çalışma durumları için geçerlidir. Ancak gerek parazitik etkiler gerekse karmaşık devre yapıları sebebiyle ideale yakın olsa da sonuçlarda küçük sapmalar görülebilir. Bu durumda aşağıdaki matris gösterimi ve tanım bağıntıları verilebilir.

$$\begin{bmatrix} I_Y \\ V_X \\ I_{Z+} \\ I_{Z-} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \gamma & 0 & 0 \\ \beta & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & 0 & 0 \\ 0 & -\delta & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_Y \\ I_X \\ V_{Z+} \\ V_{Z-} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

matris gösteriminde verilen γ , β , α , δ akım ve gerilim kazanç katsayılarını temsil etmektedir. Kazanç katsayılarındaki hatalara ε_{I_Y} , ε_{V_X} , $\varepsilon_{I_{Z+}}$, $\varepsilon_{I_{Z-}}$ dersek, ideal olmama durumunda kazanç sayıları,

$$\begin{aligned} \gamma &= (1 - \varepsilon_{I_Y}), \beta = (1 - \varepsilon_{V_X}) \\ \alpha &= (1 - \varepsilon_{I_{Z+}}), \delta = (1 - \varepsilon_{I_{Z-}}) \end{aligned} \quad (2.4)$$

eşitlikleriyle ifade edilebilir.

Hata payları dahil edilmiş tanım bağıntıları,

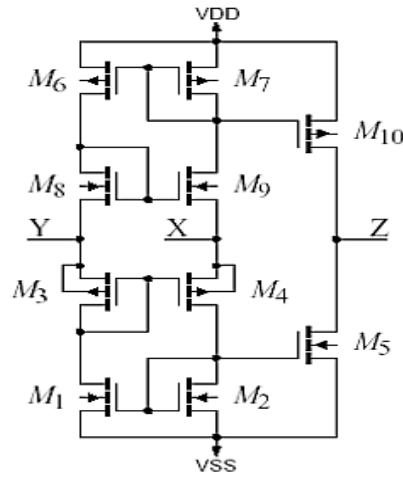
$$I_Y = \gamma I_X, \quad (2.5)$$

$$V_X = \beta V_Y, \quad (2.6)$$

$$I_{Z+} = \alpha I_X, \quad (2.7)$$

$$I_{Z-} = -\delta I_X, \quad (2.8)$$

şeklinde gösterilmelidir.

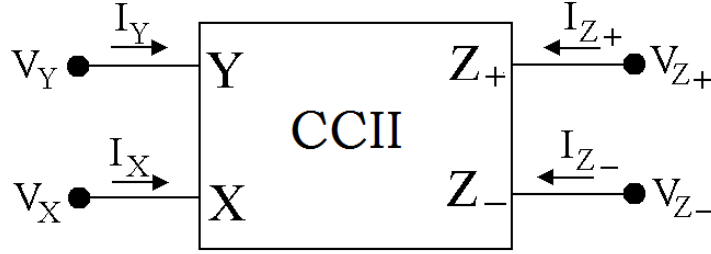


Şekil 2.3 : CMOS birinci kuşak akım taşıyıcı devresi.

Şekil 2.3'te CMOS CCI yapısı verilmiştir. X ve Y uçlarındaki gerilimlerin ve akımların eşit olabilmesi için M_8 - M_9 ve M_3 - M_4 transistor çiftlerinin aynı boyutta ve birbirlerine eşit transistorlar olmaları gerekmektedir. M_{10} ve M_5 transistorları X ucundaki akımı Z ucuna kopyalamaktadır.

2.2 İkinci Kuşak Akım Taşıyıcılar (CCII)

İkinci kuşak akım taşıyıcılara ait blok gösterimi Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4 : Çift çıkışlı ikinci kuşak akım taşıyıcı blok gösterimi.

İkinci kuşak akım taşıyıcılarda (CCII) CCI'lardan farklı olarak Y ucundan akım akmaz. CCII'ları diğer kuşaklardan farklı kılan özellikleri Y ucundaki akım kazancının sıfır olmasıdır.

CCII'lara ait tanım bağıntısı,

$$\begin{bmatrix} I_Y \\ V_X \\ I_{Z+} \\ I_{Z-} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_Y \\ I_X \\ V_{Z+} \\ V_{Z-} \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

matris gösterimiyle ifade edilir. Bütün akım taşıyıcı yapılarında geçerli olan ideal olmama durumu göz önüne alındığında CCII yapıları için matris gösterimi ve tanım bağıntıları,

$$\begin{bmatrix} I_Y \\ V_X \\ I_{Z+} \\ I_{Z-} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ \beta & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & 0 & 0 \\ 0 & -\delta & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_Y \\ I_X \\ V_{Z+} \\ V_{Z-} \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

matris gösteriminde verilen γ , β , α , δ akım ve gerilim kazanç katsayılarını temsil etmektedir. Kazanç katsayılarındaki hatalara ε_{V_X} , $\varepsilon_{I_{Z+}}$, $\varepsilon_{I_{Z-}}$ dersek, ideal olmama durumunda kazanç sayıları,

$$\beta = (1 - \varepsilon_{V_X}), \alpha = (1 - \varepsilon_{I_{Z+}}), \delta = (1 - \varepsilon_{I_{Z-}}) \quad (2.11)$$

eşitlikleriyle ifade edilebilir.

Hata payları dahil edilmiş tanım bağıntıları,

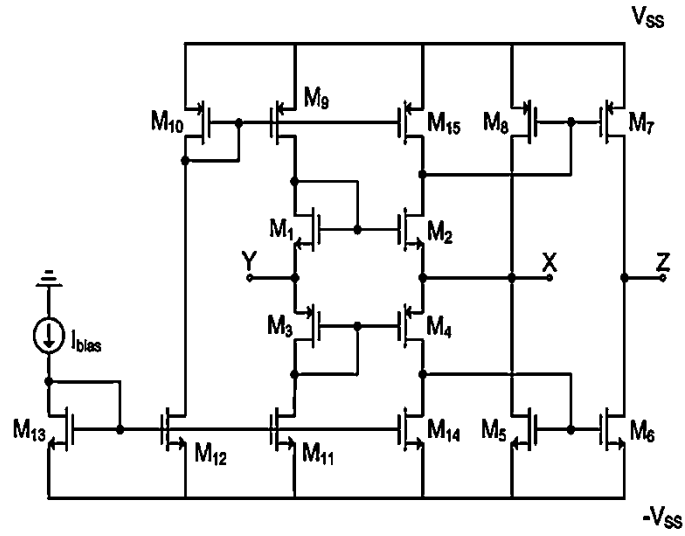
$$I_Y = 0, \quad (2.12)$$

$$V_X = \beta V_Y, \quad (2.13)$$

$$I_{Z+} = \alpha I_X, \quad (2.14)$$

$$I_{Z-} = -\delta I_X, \quad (2.15)$$

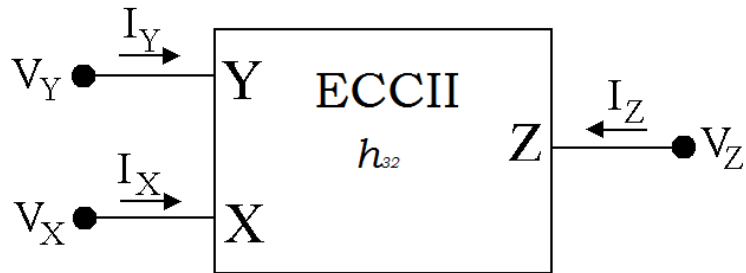
şeklinde gösterilmelidir. Translineer bazlı CMOS ikinci kuşak akım taşıyıcı devresi Şekil 2.5'de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.5 : Translineer bazlı CMOS CCII devresi.

2.2.1 Elektronik olarak kontrol edilebilen ikinci kuşak akım taşıyıcı

Adından da anlaşılabilirdiği gibi bu CCII yapıları devreye dahil edilmiş akım ya da gerilim kaynaklarının değerleri değiştirilerek akım kazanç katsayıları kontrol edilebilen akım taşıyıcı devreleridir. ECCII'ya ait blok gösterimi Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6 : ECCII blok gösterimi

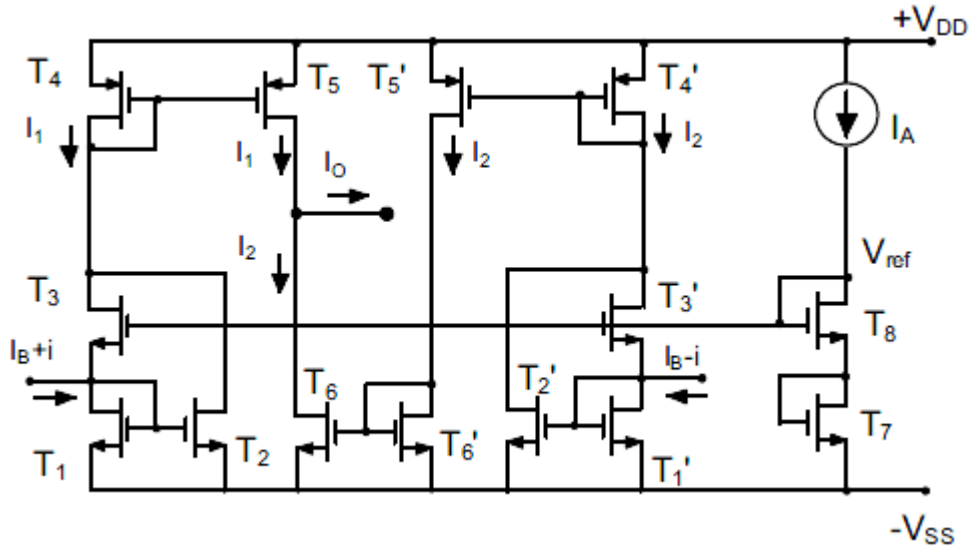
ECCII'nin tanım bağıntıları,

$$I_Y = 0, \quad (2.16)$$

$$V_X = V_Y, \quad (2.17)$$

$$I_{Z+} = \pm h_{32} I_X, \quad (2.18)$$

eşitlikleriyle ifade edilir. Bağıntıdaki h_{32} katsayısı, değeri elektronik olarak kontrol edilebilen akım kazanç katsayısıdır.



Şekil 2.7 : Elektronik olarak kontrol edilebilen akım taşıyıcı hücresi.

Şekil 2.7'de ECCII yapısı verilmiştir. Devredeki T_1, T_2, T_3 transistörleri ve T_1', T_2', T_3' transistörleri kare alan bir devre olarak davranırlar. T_7, T_8 ve I_A akım kaynağı T_3 ve T_3' transistörlerine kutuplama gerilimi sağlayan akım kontrollü bir gerilim referansı devresi oluştururlar. Burada T_5 ve T_5' transistörlerinin boyutları akım kazancının belirlenmesinde etkilidir. Bu iki transistör dışındaki bütün transistörlerin eşir W/L oranının sahip oldukları kabul edilsin,

$$I_1 = 2I_A + \frac{(I_B + i)^2}{8I_A} \quad (2.19)$$

$$I_2 = 2I_A + \frac{(I_B - i)^2}{8I_A} \quad (2.20)$$

$$|I_B| + |i| \leq 4I_A \quad (2.21)$$

olduğundan, devrenin çıkış akımını veren ifade

$$I_0 = \left(\frac{nI_B}{2I_A} \right) \cdot i \quad (2.22)$$

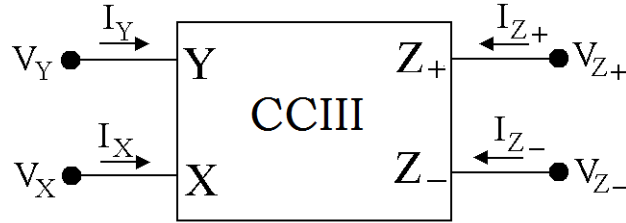
olarak elde edilmiş olur. İfadeden fark edilebileceği gibi küçük işaret akımı I_A ve I_B akımlarına bağlı bir k çarpanıyla çarpılarak çıkış akımını oluşturmaktadır. Buradaki n T_5 ve T_5' transistorlarının W/L boyutlarının oranlarını temsil etmektedir.

$$|I_B| + |i| \leq 4I_A \quad (2.23)$$

Şartı uyarınca k 'nın n katsayısına bağlı bir değer olduğu anlaşılmaktadır. Örneğin $n=1$ için değeri maksimum 2 olabilmektedir. Devrenin tümü devre yapıları bölümünde verilmiştir.

2.3 Üçüncü Kuşak Akım Taşıyıcılar (CCIII)

Üçüncü kuşak akım taşıyıcıların(CCIII) da blok gösterimi diğer kuşaklardan farklı değildir. CCIII'lara ait blok gösterimi Şekil 2.8'de verilmiştir.



Şekil 2.8 : Üçüncü kuşak akım taşıyıcı blok gösterimi.

Üçüncü kuşak akım taşıyıcıların Y ucundan akan akım X ucundan akan akımın -1 katıdır. CCIII'lara ait tanım bağıntısı,

$$\begin{bmatrix} I_Y \\ V_X \\ I_{Z+} \\ I_{Z-} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_Y \\ I_X \\ V_{Z+} \\ V_{Z-} \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

gösterimiyle ifade edilmektedir. Uçlar arasındaki gerilim ve akım kazanç katsayıları diğer kuşaklarla olan farkı teşkil etmektedir.

İdeal olmama durumunda matris gösterimi ve tanım bağıntıları,

$$\begin{bmatrix} I_Y \\ V_X \\ I_{Z+} \\ I_{Z-} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\gamma & 0 & 0 \\ \beta & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & 0 & 0 \\ 0 & -\delta & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_Y \\ I_X \\ V_{Z+} \\ V_{Z-} \end{bmatrix} \quad (2.25)$$

matris gösteriminde verilen γ , β , α , δ akım ve gerilim kazanç katsayılarını temsil etmektedir. Kazanç katsayılarındaki hatalara ε_{IY} , ε_{VX} , ε_{IZ+} , ε_{IZ-} dersek, ideal olmama durumunda kazanç sayıları,

$$\begin{aligned} \gamma &= (1 - \varepsilon_{IY}), \beta = (1 - \varepsilon_{VX}) \\ \alpha &= (1 - \varepsilon_{IZ+}), \delta = (1 - \varepsilon_{IZ-}) \end{aligned} \quad (2.26)$$

eşitlikleriyle ifade edilebilir. Hata payları dahil edilmiş tanım bağıntıları aşağıda verilmiştir.

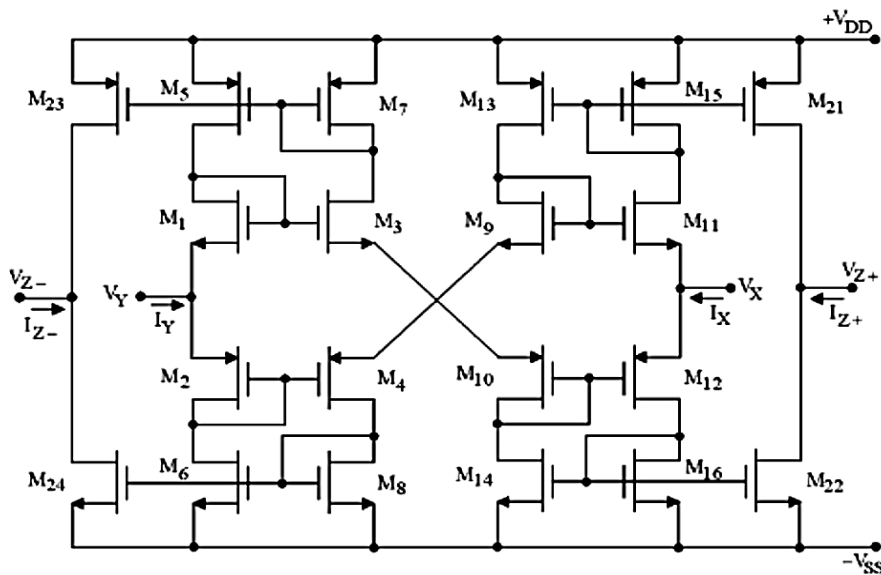
$$I_Y = -\gamma I_X, \quad (2.27)$$

$$V_X = \beta V_Y, \quad (2.28)$$

$$I_{Z+} = \alpha I_X, \quad (2.29)$$

$$I_{Z-} = -\delta I_X, \quad (2.30)$$

CMOS CCIII yapısı Şekil 2.9'da verilmiştir.



Şekil 2.9 : CMOS Üçüncü kuşak akım taşıyıcı devresi.

2.3.1 Değiştirilmiş üçüncü kuşak akım taşıyıcılar (MCCIII)

Değiştirilmiş üçüncü kuşak akım taşıyıcılar (Modified third generation current conveyor MCCIII) CCIII'lerden farklı olarak Z uçlarından birinde giriş akımına göre iki kat akım kazancı sağlarlar. Bu durum devre yapısındaki akımı kopyalayan akım aynalarını oluşturan transistorların boyutlarının farklı oluşuyla sağlanmaktadır. İki kat kazanç istenen uçtaki akımı oluşturan transistorların boyutları bu kazancı sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. MCCIII'ların blok gösterimi Şekil 2.10'da verilmiştir.



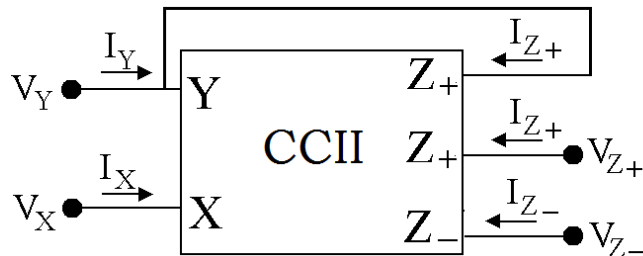
Şekil 2.10 : Değiştirilmiş üçüncü kuşak akım taşıyıcı blok gösterimi.

MCCIII'lara ait tanım bağıntısı aşağıdaki matris gösterimiyle ifade edilmektedir.

$$\begin{bmatrix} I_Y \\ V_X \\ I_{Z+} \\ I_{Z-} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -k & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_Y \\ I_X \\ V_{Z+} \\ V_{Z-} \end{bmatrix} \quad (2.31)$$

I_z ile I_x arasındaki kazanç katsayısı olan k=2 olarak belirlenmelidir.

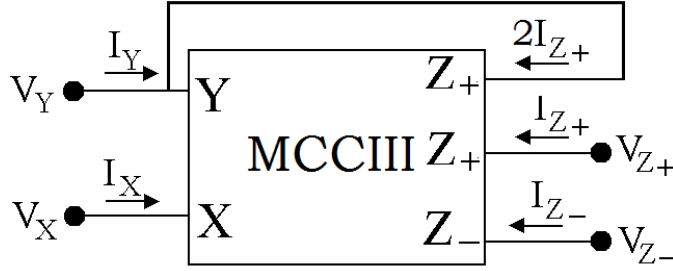
2.4 CCII ve CCIII Yapılarından CCI Gerçekleştirilmesi



Şekil 2.11 : CCII ile CCI gerçekleştirilmesi (Yöntem-1).

Akım taşıyıcı yapılarını bir kuşaktan diğerine dönüştürmek mümkündür. İstenilirse CCII yapıları ya da CCIII yapılarından CCI gerçekleştirilebilir. Şekil 2.11'de CCII

yapılarından nasıl CCI gerçekleştirileceğine dair blok gösterimi verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere CCII yapısında akım kazancı 1 olan bir uç daha yaratılarak Y ucuna geri besleme yapılmıştır. İkinci kuşak akım taşıyıcılarda Y ucundan içeriye akan akım sıfır olduğundan bu geri besleme sayesinde blokun Y ucundan de birim kazançlı akım akması sağlanmıştır. Yani yapı CCI yapılarının sağlaması gereken tanım bağıntısına uygun hale getirilmiştir.

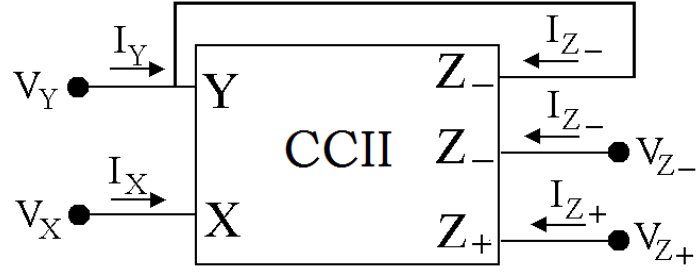


Şekil 2.12 : MCCIII ile CCI gerçekleştirilmesi (Yöntem-2).

Bu gerçekleştirmelere bir diğer örnek olarak Şekil 2.12’de blok gösterimi verilmiş olan değiştirilmiş üçüncü kuşak akım taşıyıcılardan(MCCIII-Third generation modified current conveyor) CCI elde etmeyi verebiliriz. MCCIII yapıları CCIII yapılarına benzer olsa da akım kazanç oranlarının farklı olmaları sebebiyle kendi tanım bağıntılarına sahiptirler. Z uçlarından birinde kopyalanan giriş akımı transistor boyutları sayesinde birim kazanç yerine 2 kat kazançla çıkış verilmektedir. Yaratmış olduğumuz bu 2 kat akım kazançlı ucu yapının Y ucuna geri besleme yaptığımızda Y ucunda +1 kat akım kazancını elde etmiş oluruz. Sonuç olarak CCI gerçekleştirilmiş olur.

2.5 CCII Yapılarından CCIII Gerçekleştirilmesi

Birinci kuşak akım taşıyıcılarda değinmiş olduğumuz gibi CCIII’larda farklı yöntem ve yapılar kullanılarak gerçekleştirilebilir. CCII yapılarında Y ucundan akım akmadığı için bu yapılardan CCI ve CCIII gerçekleştirilmesi oldukça kolaydır. İkinci kuşak akım taşıyıcı yapısı kullanılarak CCIII elde etme yöntemi Şekil 2.13’te verilmiştir.

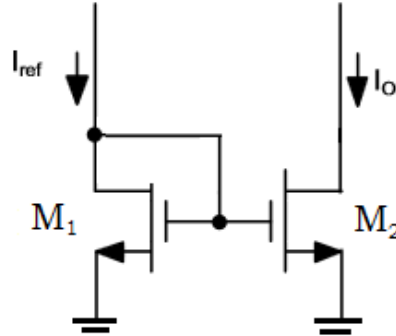


Şekil 2.13 : CCII ile CCIII gerçekleştirilmesi(Yöntem-3).

2.6 Çıkış Yapıları

CMOS devre yapılarında bipolar yapılara göre en büyük getirisi akım oranlarının daha keskin değerlerle elde edilebilmesidir. Çünkü MOS yapılarda I_B akım kayıpları yoktur. Transistor kanal genişlikleri ve kanal boyutlarının seçilebilir olması dolayısıyla tasarımlarda örneğin MCCIII gerçekleştirilmesinde oranların kolayca elde edilebilmesi sağlamaktadır.

2.6.1 MOS basit akım aynası



Şekil 2.14 : MOS basit akım aynası.

Sonraki bölümde ayrıntılarıyla değinilecek olan devre iç yapılarında da kullanılan MOS basit akım aynası Şekil 2.14’te verilmiştir.

Bu devre ve diğer tüm devreler için transistorların doymada çalıştıkları göz önünde bulundurulacak olursa devre için

$$I_{ref} = \frac{\mu \cdot C_{OX}}{2} \left(\frac{W}{L}\right)_1 [V_{GS} - V_T]^2 \quad (2.32)$$

$$I_o = \frac{\mu \cdot C_{OX}}{2} \left(\frac{W}{L}\right)_2 [V_{GS} - V_T]^2 \quad (2.33)$$

bağıntıları geçerli olur.

Benzetimlerde kullanılan bütün transistorların aynı model parametrelerine (BSIM3-0.18 μ m) sahip oldukları ve aynı proseslerden geçerek üretildikleri düşünüldüğünde transistorlar üzerinden akan akımın sadece transistorların geometrilerine bağlı olduğunu söylemek yanlış olmaz. Buna göre,

$$\frac{I_0}{I_{ref}} = \frac{(W/L)_2}{(W/L)_1} \quad (2.34)$$

ifadesi akımlar arasındaki ilişkiyi temsil etmemizi sağlayacaktır. Uygun transistor geometrileri seçilerek istenilen akım oranlarını tam olarak elde etmek mümkündür.

MOS basit akım aynasının çıkış direnci de çıkış akımını üzerinden akıtan M₂ transistorunun küçük işaret çıkış direnci değeriyle ifade edilebilir.

$$R_o = \frac{1}{\lambda \cdot I_o} \quad (2.35)$$

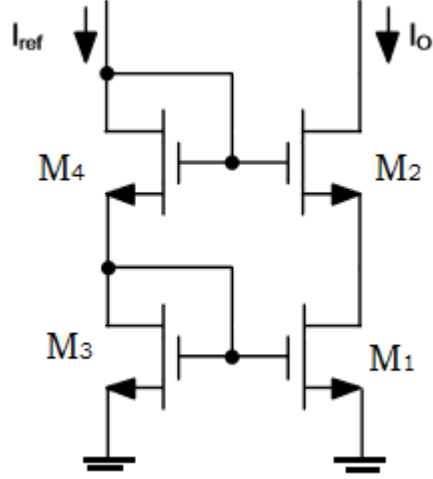
Yapıya ait çıkış kapasitesi ise aynı şekilde M2 transistorunun çıkış kapasitelerinin paralel eşdeğerine eşit olacaktır.

$$C_o = C_{GD2} + C_{BD2} \approx C_{BD2} \quad (2.36)$$

Çıkış yapılarına dahil edilebilecek daha birçok yapı vardır ancak bunların çoğu transistorların kaskod bağlanmasıyla elde edildiğinden transistor boyutları küçüldükçe (bu çalışmada 0.18 μ m) besleme gerilimleri de düştüğünden sonuçlar açısından kayıplara yol açmaktadır. Besleme gerilimlerimiz (-0.9V, 0.9V) mümkün olduğunca düşük olduğundan transistorların doyumda çalışmasını sağlamak yapı karmaşıklıkça zorlaşmaktadır.

2.6.2 MOS kaskod akım aynası

MOS kaskod akım aynası basit akım aynasına göre daha iyi lineerlik ve daha yüksek çıkış direnci sağlamaktadır MOS akım aynası Şekil 2.15'te verilmiştir.



Şekil 2.15 : MOS Kaskod akım aynası.

Devrede tüm transistörlerin doymada çalıştıkları varsayımı ile $I_0=I_{ref}$ olur. Devrenin çıkış direnci akımın aktığı M_1 ve M_2 transistörlerine bağlıdır. Buna göre çıkış direnci eşitliğini yazmak için küçük işaret eşdeğer devresi kullanılarak,

$$R_O = r_{ds2}(1 + g_{m2}r_{ds1}) \cong g_{m3} \cdot r_{ds2} \cdot r_{ds1} \quad (2.37)$$

ifadesi elde edilir.

Görüldüğü gibi kaskod yapı kullanımı ile transistörün çıkış direnci $(1+g_m \cdot r_o)$ katsayısı ile çarpılmaktadır.

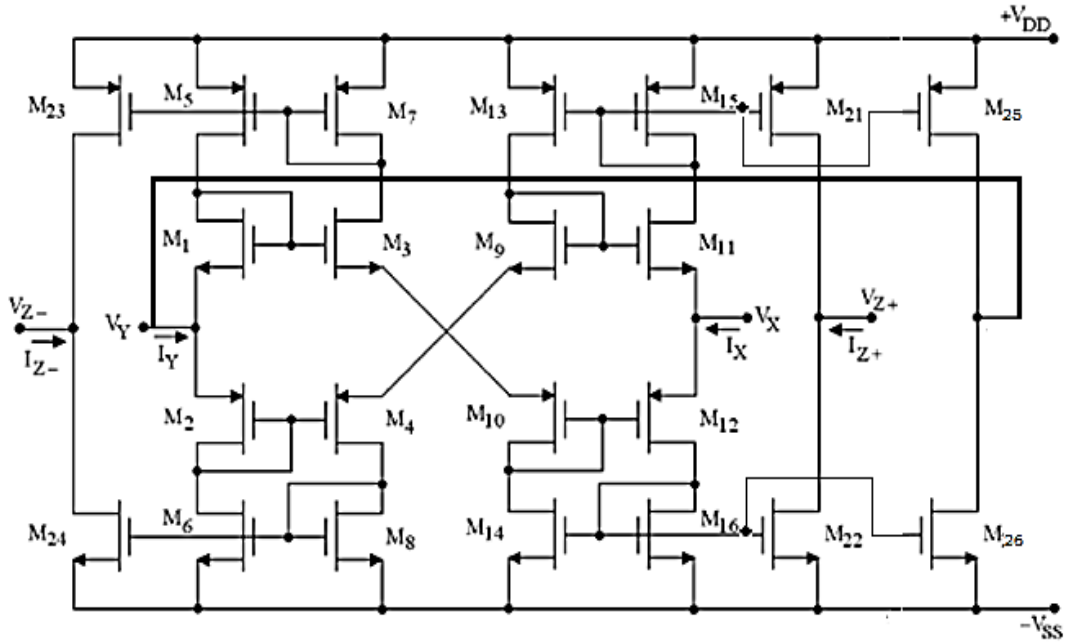
3. DEVRE YAPILARI

3.1 CCI Devre Yapıları

MCCIII yapılarından kolaylıkla CCI yapısı gerçekleştirilebileceğine önceki bölümlerde yer verilmişti.

3.1.1 CMOS CCI yapısı (Devre 1)

CCIII devresinde fazladan bir Z^+ ucu kopyalanmasıyla ve transistor boyutlarının farklı seçilerek bu uçtaki kazancın iki kat olması sağlanarak elde edilen MCCIII yapısının Z^+ ucu Y ucuna geri besleme yapılarak gerçekleştirilen CCI Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 : MCCIII yapısından gerçekleştirilmiş CCI devresi (Devre 1).

CCIII yapısında normal şartlarda Y ucundan X ucundaki akımın -1 katı akmaktadır fakat X ucundaki akıma eşit olan Z^+ ucundaki akım 2 akım kazanç oranıyla kuvvetlendirilerek Y ucuna bağlanmış ve akan akımın X ucundaki akıma eşit olması sağlanmıştır.

Çizelge 3.1 : Devre 1 için transistor boyutları.

Transistorlar	W[μm]	L[μm]
M ₂₃ , M ₅ , M ₇ , M ₁₃ , M ₁₅ , M ₂₁	60	0.36
M ₁ , M ₃ , M ₉ , M ₁₁ , M ₂₆	40	0.36
M ₂ , M ₄ , M ₁₀ , M ₁₂ , M ₂₅	120	0.36
M ₂₄ , M ₆ , M ₈ , M ₁₄ , M ₁₆ , M ₂₂	20	0.36

Devrenin X ucundan görülen giriş direnci , bağlantılı olduğu M₁₁ ve M₁₂ transistorlarının çıkışlarının paralel eşdeğerine eşittir ve bu ifade aşağıda verildiği şekliyle yazılabilir.

$$R_X = (g_{m11} + g_{m12} + g_{mbs11} + g_{mbs12})^{-1} \cong (g_{m11} + g_{m12})^{-1} \quad (3.1)$$

Devrede Z+ ve Z- çıkışlarında PMOS ve NMOS basit akım aynaları birbirine paralel şekilde bağlanmıştır. PMOS ve NMOS akım aynalarının çıkış dirençleri,

$$R_{OP} = r_{dSP} = \frac{1}{\lambda_P I_O}, R_{ON} = r_{dsN} = \frac{1}{\lambda_N I_O} \quad (3.2)$$

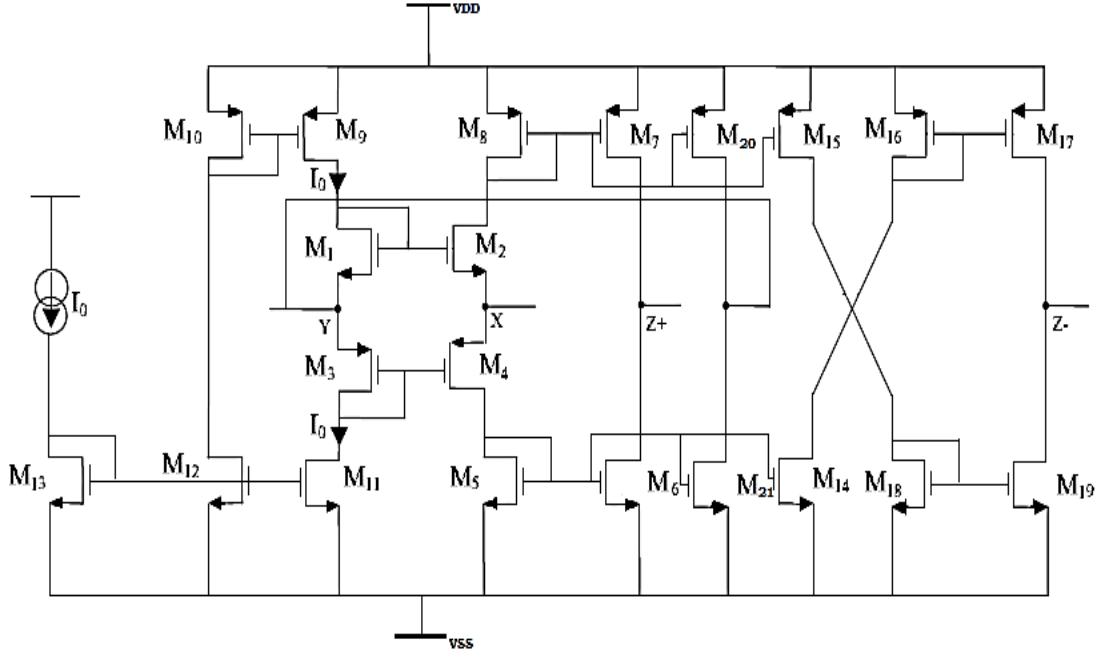
şeklinde hesaplanabilir.

Bu durumda Z+ ve Z- uçlarından görülen eşdeğer dirençler,

$$R_{Z+} = R_{Z-} = \frac{1}{\lambda_N I_O} // \frac{1}{\lambda_P I_O} \quad (3.3)$$

şeklinde hesaplanır. Buradaki I₀ devrenin kutuplama akımıdır.

3.1.2 CMOS CCI yapısı (Devre 2)



Şekil 3.2 : CCII yapısından gerçekleştirilmiş CCI devresi (Devre 2).

CCII yapısından CCI gerçekleştirme yöntemiyle elde edilmiş CCI devresi Şekil 3.2’de verilmiştir. CCII devresinin Y ucundan akım akmadığını göz önünde bulundurursak devreye eklenen üçüncü bir Z+ ucunun Y ucuna bağlanmasıyla Y ucunda CCI tanım bağıntısına uygun olarak X ucundaki akımı 1 kazanç oranıyla kopyalamış oluruz.

Çizelge 3.2 : Devre 2 için transistor boyutları.

Transistorlar	W[μm]	L[μm]
M ₁₀ , M ₉ , M ₈ , M ₇ , M ₂₀ , M ₁₅ , M ₁₆ , M ₁₇	18	0.36
M ₁ , M ₂	12	0.36
M ₃ , M ₄	36	0.36
M ₁₃ , M ₁₂ , M ₁₁ , M ₅ , M ₆ , M ₂₁ , M ₁₄ , M ₁₈ , M ₁₉	6	0.36

Devrenin X ucundan görülen giriş direnci , bağlantılı olduğu M₂ ve M₄ transistorlarının çıkışlarının paralel eşdeğerine eşittir ve bu ifade aşağıda verildiği şekliyle yazılabilir.

$$R_X = (g_{m2} + g_{m4} + g_{mbs2} + g_{mbs4})^{-1} \cong (g_{m2} + g_{m4})^{-1} \quad (3.4)$$

Çizelge 3.3 : Devre 3 için transistor boyutları.

Transistorlar	W[μm]	L[μm]
M ₁ , M ₂ , M ₃ , M ₄ , M ₅ , M ₆ , M ₂₄ , M ₂₅ , M ₂₆ , M ₂₇ , M ₁₂	18	0.36
M ₈ , M ₉	36	0.36
M ₇ , M ₁₀ , M ₁₅	12	0.36
M ₁₃ , M ₁₄ , M ₁₆ , M ₁₁₇ , M ₁₈ , M ₁₉ , M ₂₀ , M ₂₁ , M ₂₂ , M ₂₃	6	0.36

CCIII yapısında normal şartlarda Y ucundan X ucundaki akımın -1 katı akmaktadır fakat X ucundaki akıma eşit olan Z+ ucundaki akım 2 akım kazanç oranıyla kuvvetlendirilerek Y ucuna bağlanmış ve akan akımın X ucundaki akıma eşit olması sağlanmıştır.

Devrenin X ucundan görülen giriş direnci , bağlantılı olduğu M11 ve M12 transistorlarının çıkışlarının paralel eşdeğerine eşittir ve bu ifade aşağıda verildiği şekliyle yazılabilir.

$$R_X \cong \left(g_{m11} \left(1 + \frac{r_0}{2} g_{m10} \right) \right)^{-1} // \left(g_{m12} \left(1 + \frac{r_0}{2} g_{m9} \right) \right)^{-1} \quad (3.7)$$

Devrede Z+ ve Z- çıkışlarında PMOS ve NMOS basit akım aynaları birbirine paralel şekilde bağlanmıştır. PMOS ve NMOS akım aynalarının çıkış dirençleri,

$$R_{oP} = r_{dsP} = \frac{1}{\lambda_P I_O} , R_{oN} = r_{dsN} = \frac{1}{\lambda_N I_O} \quad (3.8)$$

şeklinde hesaplanabilir.

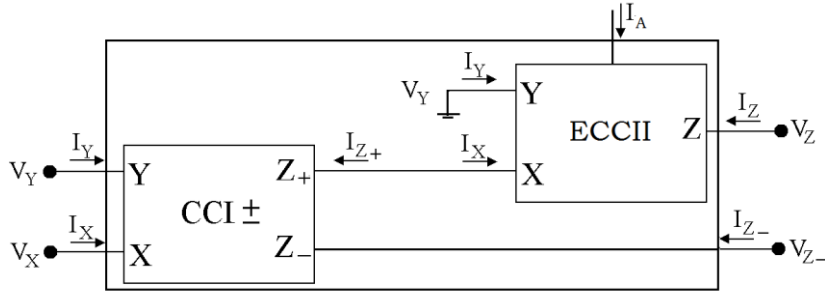
Bu durumda Z+ ve Z- uçlarından görülen eşdeğer dirençler,

$$R_{Z+} = R_{Z-} = \frac{1}{\lambda_N I_O} // \frac{1}{\lambda_P I_O} \quad (3.9)$$

şeklinde hesaplanır. I₀ devrenin kutuplama akımıdır.

3.1.4 Elektronik olarak kontrol edilebilen CMOS CCI yapısı (Devre 4)

Tez çalışmamızda önerilen devrelerden biri olan bir ucundaki akım çıkışı elektronik olarak kontrol edilebilen CCI devresi blok gösterimi Şekil 3.4'te verilmiştir.

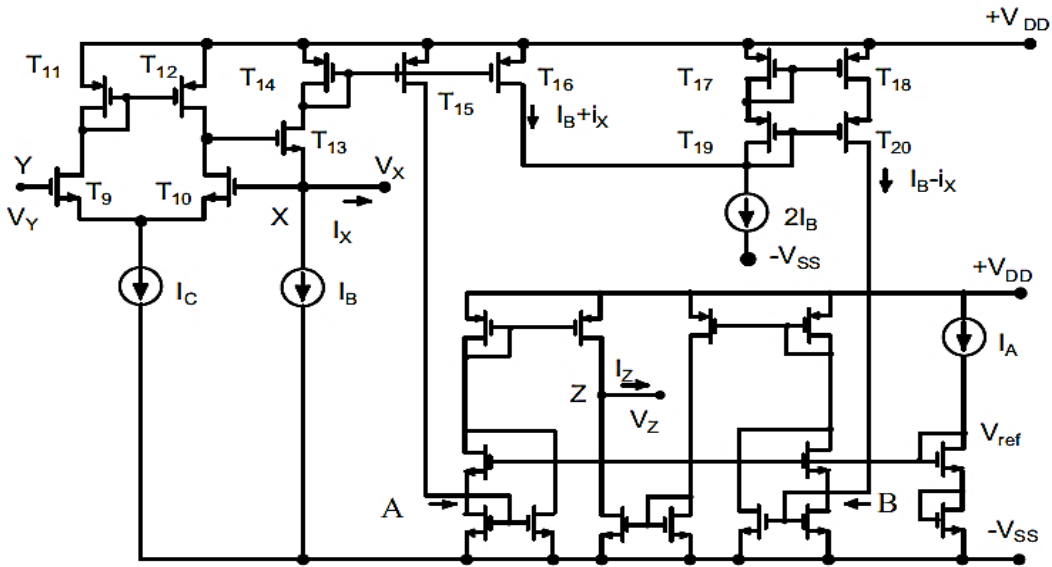


Şekil 3.4 : Bir ucu elektronik olarak kontrol edilen CCI blok gösterimi (Devre 4).

Devrenin CCI yapısı olarak Devre 2 kullanılmıştır. Bu yapının çıkışına bağlanan ECCII devre yapısı Şekil 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.4 : Devre 4 için transistor boyutları.

Transistorlar	W[μm]	L[μm]
$M_{10}, M_9, M_8, M_7,$ $M_{20}, M_{15}, M_{16},$ M_{17}	18	0.36
M_1, M_2	12	0.36
M_3, M_4	36	0.36
$M_{13}, M_{12}, M_{11},$ $M_5, M_6, M_{21}, M_{14},$ M_{18}, M_{19}	6	0.36



Şekil 3.5 : Elektronik olarak kontrol edilen ikinci kuşak akım taşıyıcı devresi [24].

CCI (Devre 2) yapısı için giriş ve çıkış direnç eşitlikleri Devre 2 tanıtılırken verilmişti. ECCII devresinde X ucundan küçük bir i akımı akması durumunda akım izleyici T_{13} transistörünün savak akımını I_B+i değerine kadar arttırır. T_{15} transistörü, bu akımı akım kuvvetlendirici hücreninin A ucuna yansıtırken T_{16} transistörü da aynı akımı T_{17} - T_{20} transistörlerinin oluşturduğu akım kaynağının girişine taşır. $2I_B$ sabit akım kaynağı nedeniyle T_{19} ve T_{20} transistörlerinin savak akımları I_B-i değerini almış olurlar bu akım da akım kuvvetlendiricinin B ucuna taşınmış olur. Böylece, Z ucundan dışarıya doğru bir $I_Z = k.i$ çıkış akımı akar. Bu devrede I_Z akımı I_X akımıyla aynı yönlü olduğundan bu yapıya evirmeyen ECCI, T_{15} transistörünün B ucuna, T_{20} transistörünün da A ucuna bağlanmasıyla eviren ECCII devresi elde edilebilir.

Çizelge 3.5 : ECCII için transistör boyutları.

Transistörler	W[μm]	L[μm]
ECCII yapısındaki tüm transistörler	4	0.36

ECCII devresinin X ucundan görülen giriş direnci,

$$R_X = \frac{(g_{m9} + g_{m10}) \cdot (g_{d10} + g_{d12})}{g_{m9}g_{m10}g_{m13}} \quad (3.10)$$

eşitliğiyle ifade edilebilir. Z ucundan görülen çıkış direnci,

$$R_Z = \frac{1}{g_{d5} + g_{d6}} \quad (3.11)$$

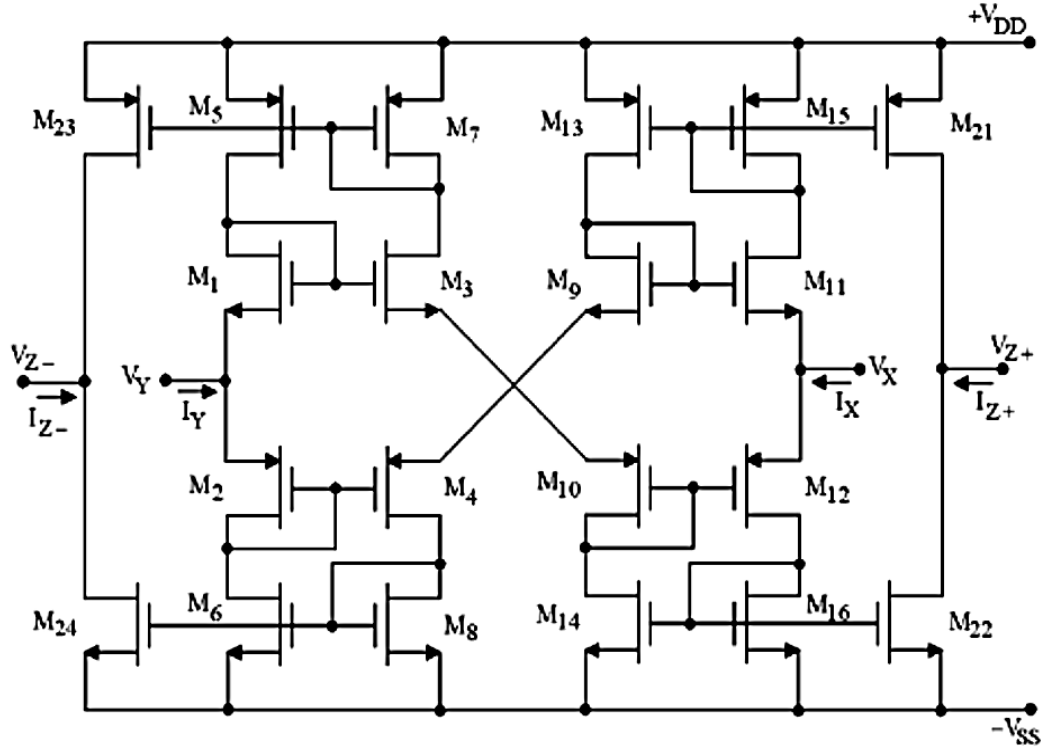
şeklinde hesaplanabilir.

3.2 CCIII Devre Yapıları

Bu bölümde Fabre tarafından önerilen CCIII yapısı ve CCII yapılarından yararlanılarak gerçekleştirilmiş CCIII yapıları incelenmiştir.

3.2.1 CMOS CCIII yapısı (Devre 5)

Üçüncü kuşak akım taşıyıcı ilk olarak Fabre tarafından [1]'de önerilmiştir. Benzetimlerde Şekil 3.6'da görülen klasik yapı kullanılmıştır.



Şekil 3.6 : Üçüncü kuşak akım taşıyıcı devresi (Devre 5).

Çizelge 3.6 : Devre 5 için transistor boyutları

Transistorlar	W[μm]	L[μm]
M ₂₃ , M ₅ , M ₇ , M ₁₃ , M ₁₅ , M ₂₁ , M ₂₅	60	0.36
M ₁ , M ₃ , M ₉ , M ₁₁ ,	40	0.36
M ₂ , M ₄ , M ₁₀ , M ₁₂ ,	120	0.36
M ₂₄ , M ₆ , M ₈ , M ₁₄ , M ₁₆ , M ₂₂ , M ₂₆	20	0.36

Devrenin X ucundan görülen giriş direnci , bağlantılı olduğu M11 ve M12 transistorlarının çıkışlarının paralel eşdeğerine eşittir ve bu ifade aşağıda verildiği şekliyle yazılabilir.

$$R_X = (g_{m11} + g_{m12} + g_{mbs11} + g_{mbs12})^{-1} \cong (g_{m11} + g_{m12})^{-1} \quad (3.12)$$

Devrede Z+ ve Z- çıkışlarında PMOS ve NMOS basit akım aynaları birbirine paralel şekilde bağlanmıştır. PMOS ve NMOS akım aynalarının çıkış dirençleri,

$$R_{oP} = r_{dsP} = \frac{1}{\lambda_P I_O}, R_{oN} = r_{dsN} = \frac{1}{\lambda_N I_O} \quad (3.13)$$

şeklinde hesaplanabilir.

Devrenin X ucundan görülen giriş direnci , bağlantılı olduğu M_2 ve M_4 transistorlarının çıkışlarının paralel eşdeğerine eşittir ve bu ifade aşağıda verildiği şekliyle yazılabilir.

$$R_X = (g_{m2} + g_{m4} + g_{mbs2} + g_{mbs4})^{-1} \cong (g_{m2} + g_{m4})^{-1} \quad (3.15)$$

Devrede Z_+ ve Z_- çıkışlarında PMOS ve NMOS basit akım aynaları birbirine paralel şekilde bağlanmıştır. PMOS ve NMOS akım aynalarının çıkış dirençleri,

$$R_{oP} = r_{dsP} = \frac{1}{\lambda_P I_O} , R_{oN} = r_{dsN} = \frac{1}{\lambda_N I_O} \quad (3.16)$$

şeklinde hesaplanabilir.

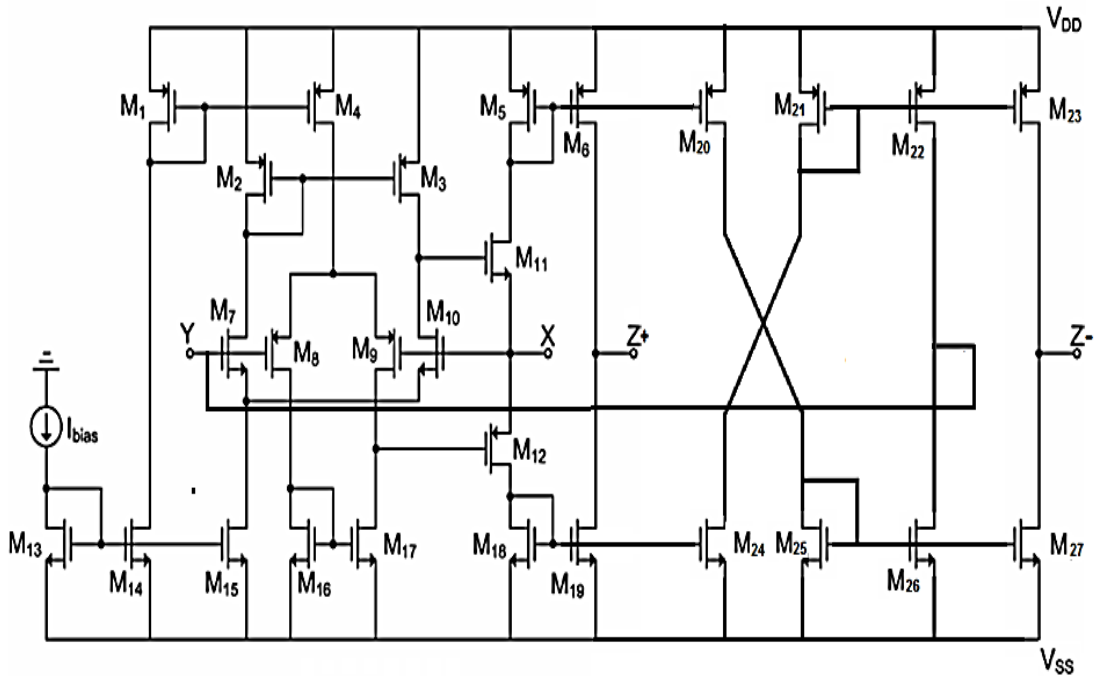
Bu durumda Z_+ ve Z_- uçlarından görülen eşdeğer dirençler,

$$R_{Z+} = R_{Z-} = \frac{1}{\lambda_N I_O} // \frac{1}{\lambda_P I_O} \quad (3.17)$$

şeklinde hesaplanır. I_0 devrenin kutuplama akımıdır.

3.2.3 CMOS CCIII yapısı (Devre 7)

Aynı yöntemle hattan hatta salınımlı girişli CCII yapısından elde edilmiş olan hattan hatta salınımlı girişli CCIII devresi Şekil 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.8 : Hattan hatta salınımlı girişli CCIII devresi (Devre 7).

Çizelge 3.8 : Devre 7 için transistor boyutları.

Transistorlar	W[μm]	L[μm]
M ₁ , M ₂ , M ₃ , M ₄ , M ₅ , M ₆ , M ₂₄ , M ₂₅ , M ₂₆ , M ₂₇ , M ₁₂	18	0.36
M ₈ , M ₉	36	0.36
M ₇ , M ₁₀ , M ₁₅	12	0.36
M ₁₃ , M ₁₄ , M ₁₆ , M ₁₁₇ , M ₁₈ , M ₁₉ , M ₂₀ , M ₂₁ , M ₂₂ , M ₂₃	6	0.36

Devrenin X ucundan görülen giriş direnci , bağlantılı olduğu M₁₁ ve M₁₂ transistorlarının çıkışlarının paralel eşdeğerine eşittir ve bu ifade aşağıda verildiği şekliyle yazılabilir.

$$R_X \cong \left(g_{m11} \left(1 + \frac{r_0}{2} g_{m10} \right) \right)^{-1} // \left(g_{m12} \left(1 + \frac{r_0}{2} g_{m9} \right) \right)^{-1} \quad (3.18)$$

Devrede Z₊ ve Z₋ çıkışlarında PMOS ve NMOS basit akım aynaları birbirine paralel

şekilde bağlanmıştır. PMOS ve NMOS akım aynalarının çıkış dirençleri,

$$R_{oP} = r_{dsP} = \frac{1}{\lambda_P I_0} , R_{oN} = r_{dsN} = \frac{1}{\lambda_N I_0} \quad (3.19)$$

şeklinde hesaplanabilir.

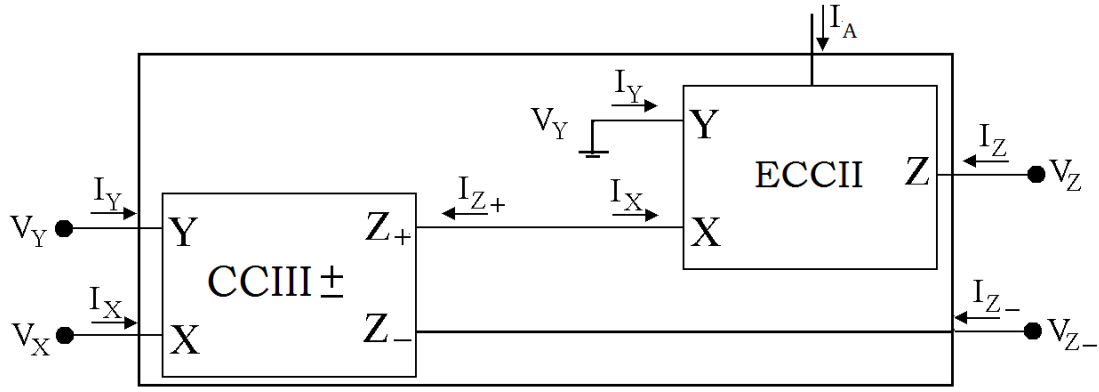
Bu durumda Z₊ ve Z₋ uçlarından görülen eşdeğer dirençler,

$$R_{Z+} = R_{Z-} = \frac{1}{\lambda_N I_0} // \frac{1}{\lambda_P I_0} \quad (3.20)$$

şeklinde hesaplanır. Buradaki I₀ devrenin kutuplama akımıdır.

3.2.4 Elektronik olarak kontrol edilebilen CMOS CCIII yapısı (Devre 8)

Tez çalışmamızda önerilen devrelerden biri olan bir ucundaki akım çıkışı elektronik olarak kontrol edilebilen CCIII devresi blok gösterimi Şekil 3.9'da verilmiştir.

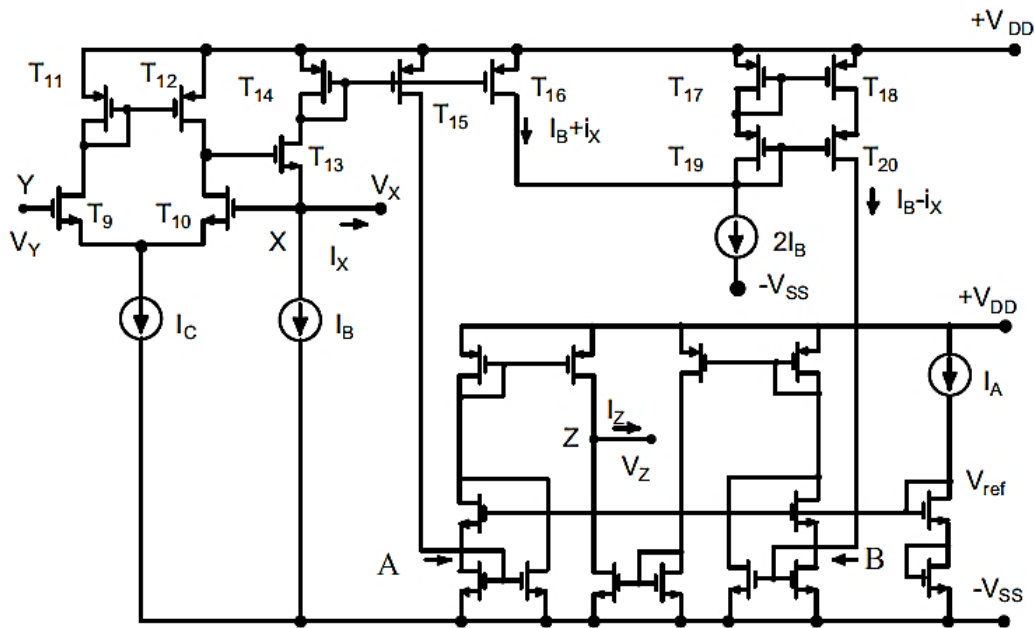


Şekil 3.9 : Elektronik olarak kontrol edilebilen CCIII blok gösterimi (Devre 8).

Devrenin CCIII yapısı olarak Devre 6 kullanılmıştır. Bu yapının çıkışına bağlanan ECCII devre yapısı Şekil 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.9 : Devre 8 için transistor boyutları

Transistorlar	W[μm]	L[μm]
$M_{10}, M_9, M_8, M_7,$ $M_{20}, M_{15}, M_{16},$ M_{17}	18	0.36
M_1, M_2	12	0.36
M_3, M_4	36	0.36
$M_{13}, M_{12}, M_{11},$ $M_5, M_6, M_{21}, M_{14},$ M_{18}, M_{19}	6	0.36



Şekil 3.10 : Elektronik olarak kontrol edilen ikinci kuşak akım taşıyıcı devresi [24].

Çizelge 3.10 : ECCII için transistor boyutları

Transistorlar	W[μm]	L[μm]
ECCII yapısındaki tüm transistorlar	4	0.36

CCIII (Devre 6) yapısı için giriş ve çıkış direnç eşitlikleri Devre 2 tanıtılırken verilmişti. ECCII devresinde X ucundan küçük bir i akımı akması durumunda akım izleyici T_{13} transistorunun savak akımını I_{B+i} değerine kadar artırır. T_{15} transistoru, bu akımı akım kuvvetlendirici hücrenin A ucuna yansıtırken T_{16} transistoru da aynı akımı T_{17} - T_{20} transistorlarının oluşturduğu akım kaynağının girişine taşır. $2I_B$ sabit akım kaynağı nedeniyle T_{19} ve T_{20} transistorlarının savak akımları I_{B-i} değerini almış olurlar bu akım da akım kuvvetlendiricinin B ucuna taşınmış olur. Böylece, Z ucundan dışarıya doğru bir $I_Z = k.i$ çıkış akımı akar. Bu devrede I_Z akımı I_X akımıyla aynı yönlü olduğundan bu yapıya evirmeyen ECCII+, T_{15} transistorunun B ucuna, T_{20} transistorunun da A ucuna bağlanmasıyla eviren ECCII- devresi elde edilebilir.

ECCII devresinin X ucundan görülen giriş direnci,

$$R_X = \frac{(g_{m9} + g_{m10}) \cdot (g_{d10} + g_{d12})}{g_{m9}g_{m10}g_{m13}} \quad (3.21)$$

eşitliğiyle ifade edilebilir.

Z ucundan görülen çıkış direnci,

$$R_Z = \frac{1}{g_{d5} + g_{d6}} \quad (3.22)$$

şeklinde hesaplanabilir.

Devrelerin ideal davranamalarının en önde gelen sebepleri için transistorların g_m geçiş iletkenliklerinin sonsuz olmaması ve transistorlar arasındaki dengesizlikler söylenebilir. Yapılar karmaşıktıkça bu etkiler daha büyüyeceğinden sapmaların da artması beklenen bir sonuç olarak karşımıza çıkar.

4. DEVRE BAŞARIMLARI VE BENZETİMLER

Bu bölümde, önerilen birinci ve üçüncü kuşak akım taşıyıcı iç yapıları için DC ve AC analizlerin SPICE benzetim sonuçları verilerek devrelerin başarımları ve elde edilen sonuçlar üzerinde birbirlerine olan üstünlükleri incelenmiştir. Analizler için kullanılan transistor parametreleri EK-A da verilmiştir.

Devrelerin DC ve AC karakteristikleri 9(dokuz) benzetimle sunulmuştur.

Devrelerin (I_Y, I_{Z+}, I_{Z-}) – I_X akım iletim karakteristiği için Y, Z_+ ve Z. kapıları toprağa çekilerek X kapısından çalışma koşullarına uygun olarak belirlenen aralıklarda taranan I_X akımı uygulanmıştır.

Devrelerin V_{X-}, V_Y gerilim izleme karakteristiği için X ucu açık devre, Z_+ ve Z. uçları toprağa çekilmiştir. V_Y gerilimi devrelerin besleme sınırları arasında taranarak V_X gerilimindeki kırılmalar gözlenmiştir.

Devrelerin (V_{Z+}, V_{Z-}) – V_Y gerilim karakteristiği için X ucu toprağa çekilmiş, Z_+ ve Z. uçları açık devre yapılmıştır. V_Y gerilimi besleme sınırları arasında taranarak çıkış uçlarındaki gerilimler gözlenmiştir.

Devrelerin V_X/V_Y frekans cevabı karakteristiği için X ucu açık devre yapılmış, Z_+ ve Z. uçları toprağa kısa devre edilmiştir.

Devrelerin $I_Y/I_X, I_{Z+}/I_X$ ve I_{Z-}/I_X akım kazançlarının frekans cevabı karakteristiği için Y, Z_+ ve Z. uçları toprağa çekilmiş, X ucuna sabit bir AC akım kaynağı bağlanmıştır.

Devrelerin X ucundan görülen Z_X empedansının frekans cevabı karakteristiği için Y, Z_+ ve Z. kapıları toprağa çekilmiş, X ucuna 1V'luk AC gerilim kaynağı bağlanarak $Z_X=V_X/I_X$ eğrisi elde edilmiştir.

Devrelerin Y ucundan görülen Z_Y empedansının frekans cevabı karakteristiği için X, Z_+ ve Z. uçları toprağa çekilmiş, Y kapısına 1V'luk bir AC gerilim kaynağı bağlanarak $Z_Y=V_Y/I_Y$ eğrisi elde edilmiştir.

Devrelerin Z_+ ucundan görülen Z_{Z+} empedansının frekans cevabı karakteristiği için X, Y ve Z. uçları toprağa çekilmiş, Z_+ ucuna 1V'luk bir AC gerilim kaynağı

bağlanarak $Z_{Z+}=V_{Z+}/I_{Z+}$ eğrisi elde edilmiştir. Z_{Z+} empedansı bir R_{Z+} direnci ve bir C_{Z+} kapasitesinin paralel eşdeğeri olarak düşünülebileceğinden R_{Z+} , Z_{Z+} 'nin düşük frekanslardaki değerine eşit olacaktır. C_{Z+} , Z_{Z+} eğrisinin f_c , köşe frekansı ve R_{Z+} direnç değeri kullanılarak,

$$C_{Z+} = \frac{1}{2\pi f_c R_{Z+}} \quad (4.1)$$

eşitliğinden hesaplanabilir.

Devrelerin Z. ucundan görülen Z_{Z-} empedansının frekans cevabı karakteristiği için X,Y ve Z₊ uçları toprağa çekilmiş ve Z. ucuna 1V'luk bir AC gerilim uygulanarak $Z_{Z-}=V_{Z-}/I_{Z-}$ eğrisi elde edilmiştir. Z_{Z-} empedansı bir R_{Z-} direnci ve bir C_{Z-} kapasitesinin paralel eşdeğeri olarak düşünülebileceğinden R_{Z-} , Z_{Z-} 'nin düşük frekanslardaki değerine eşit olacaktır. C_{Z-} , Z_{Z-} eğrisinin f_c , köşe frekansı ve R_{Z-} direnç değeri kullanılarak,

$$C_{Z-} = \frac{1}{2\pi f_c R_{Z-}} \quad (4.2)$$

eşitliğinden hesaplanabilir.

Bölüm 3'te iç yapıları verilen tüm devre yapıları için Z₊ ve Z. uçlarının çıkış direnci bağıntıları incelendiğinde bu bağıntıların tümünde çıkış direncinin devrenin kutuplama akımları ile ters orantılı bir davranış göstermekte olduğu görülmektedir. Bu ters orantı, devre çıkışında etkisini gösteren MOS transistorların r_{ds} çıkış dirençlerinin $r_{ds}=(\lambda.I)^{-1}$ şeklindeki tanımlarından gelmektedir.

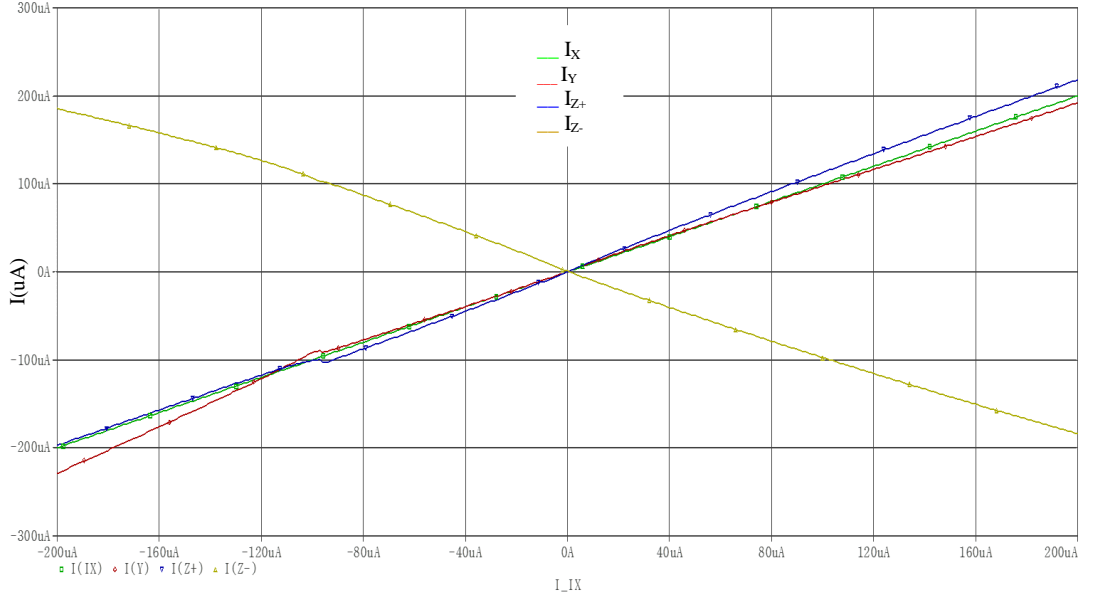
4.1 Birinci Kuşak Akım Taşıyıcı (CCI) Devrelerinin DC Başarımları ve Frekans Cevabı İncelemesi

Bütün CCI devreleri için incelemeler sırasında kutuplama akımı $I_0=50\mu A$, besleme gerilimleri $V_{DD}=0.9V$, $V_{SS}=0.9V$ olarak seçilmiştir.

4.1.1 Devre 1 karakteristik eğrileri

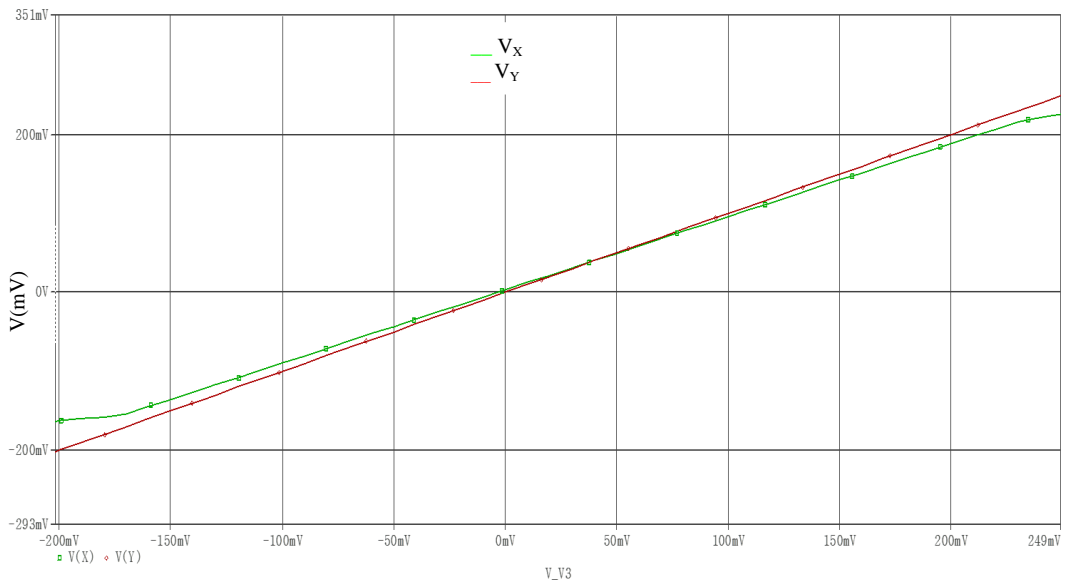
Devre 1 için bölüm başında sıralanmış olan analizler uygulanarak 9 farklı karakteristik eğrisi sunulmuştur.

Devre 1 akım iletim karakteristiği Şekil 4.1’de verilmiştir benzetimden $I_Y/I_X = 1.05$, $I_{Z+}/I_X = 1$, $I_{Z-}/I_X = -0.95$ sonuçları elde edilmiştir.



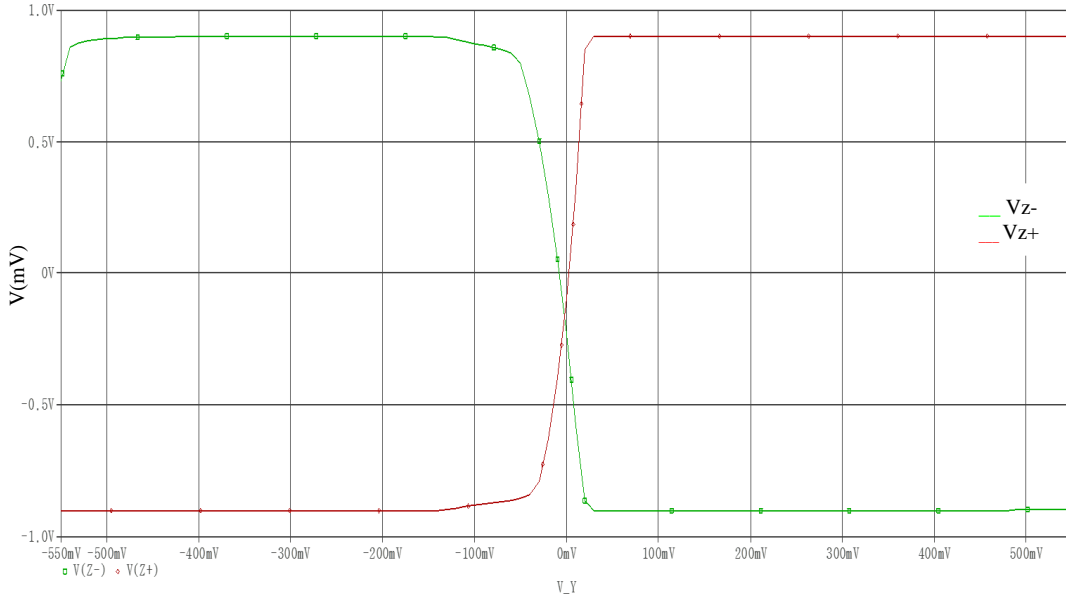
Şekil 4.1 : Devre 1 DC akım iletim karakteristiği.

Devre 1 için V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği Şekil 4.2’de verilmiştir. benzetimden elde edilen sonuçlar incelendiğinde yapının -200mV- 200mV aralığında V_X/V_Y izleme oranının neredeyse 1’e eşit olduğu görülmektedir.



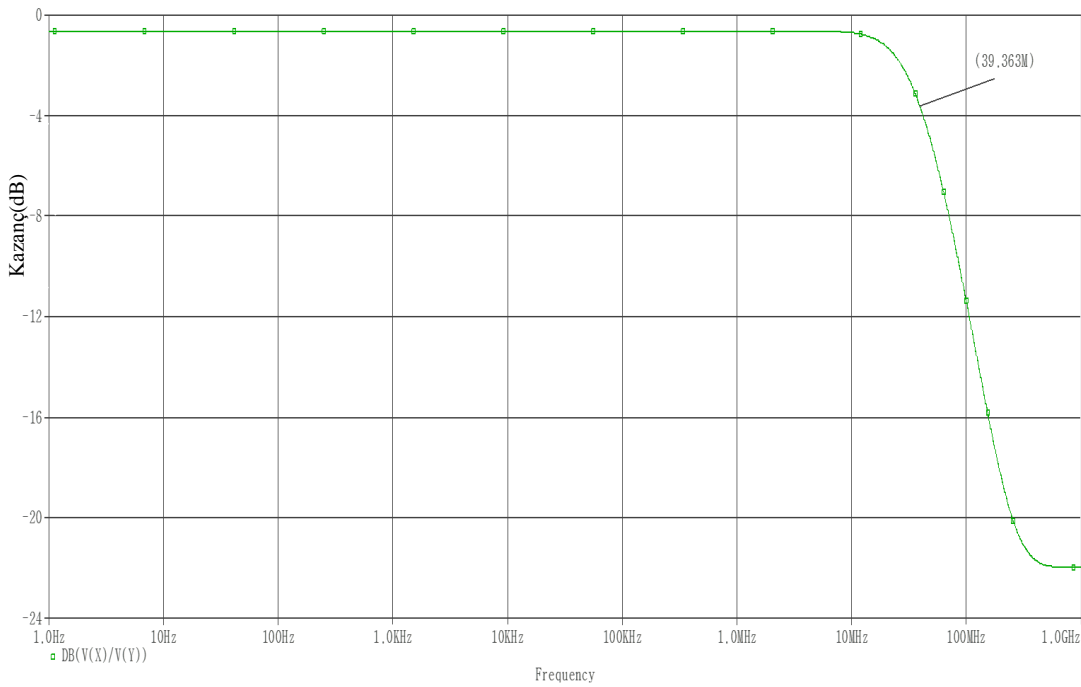
Şekil 4.2 : Devre 1 V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği.

Devre 1 için (V_{Z+} , V_{Z-})- V_Y gerilim izleme karakteristiği Şekil 4.3'te verilmiştir. Çıkış uçları için gerilimin besleme sınırlarını aşmadığı ve gerçekte maksimum transistörlerin V_{DS} gerilimlerinin besleme gerilimlerinden çıkarılmış gerilim değerine eşit olabildiği görülmektedir.



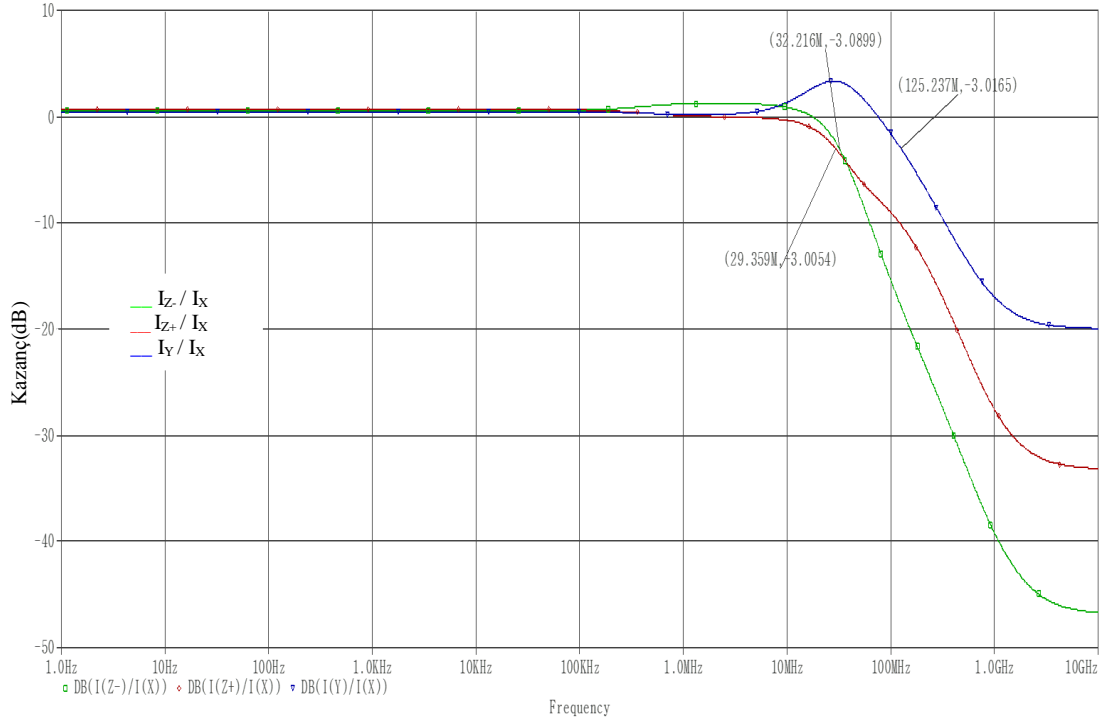
Şekil 4.3 : Devre 1 için (V_{Z+} , V_{Z-})- V_Y karakteristiği.

Devre 1 için V_X/V_Y gerilim izlemesinin frekans cevabı Şekil 4.4'te verilmiştir. Benzetim sonuçları için -3dB kesim frekansı $f_c=39.4\text{MHz}$ olarak saptanmıştır.



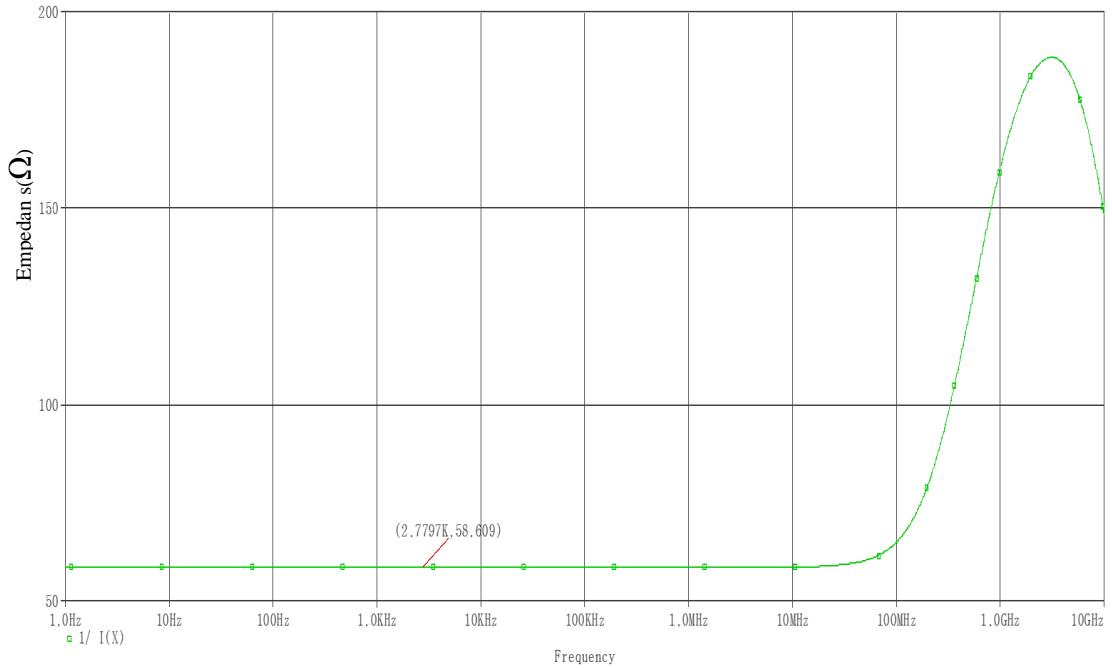
Şekil 4.4 : Devre 1 için V_X/V_Y gerilim izleme frekans cevabı.

Devre 1 için akım kazançlarının frekans cevabı Şekil 4.5'te verilmiştir. Akım kazançları için -3dB kesim frekansları, $f_C(I_Y/I_X)=125.2\text{MHz}$, $f_C(I_{Z+}/I_X)=29.3\text{MHz}$, $f_C(I_{Z-}/I_X)=32.2\text{MHz}$ olarak saptanmıştır.



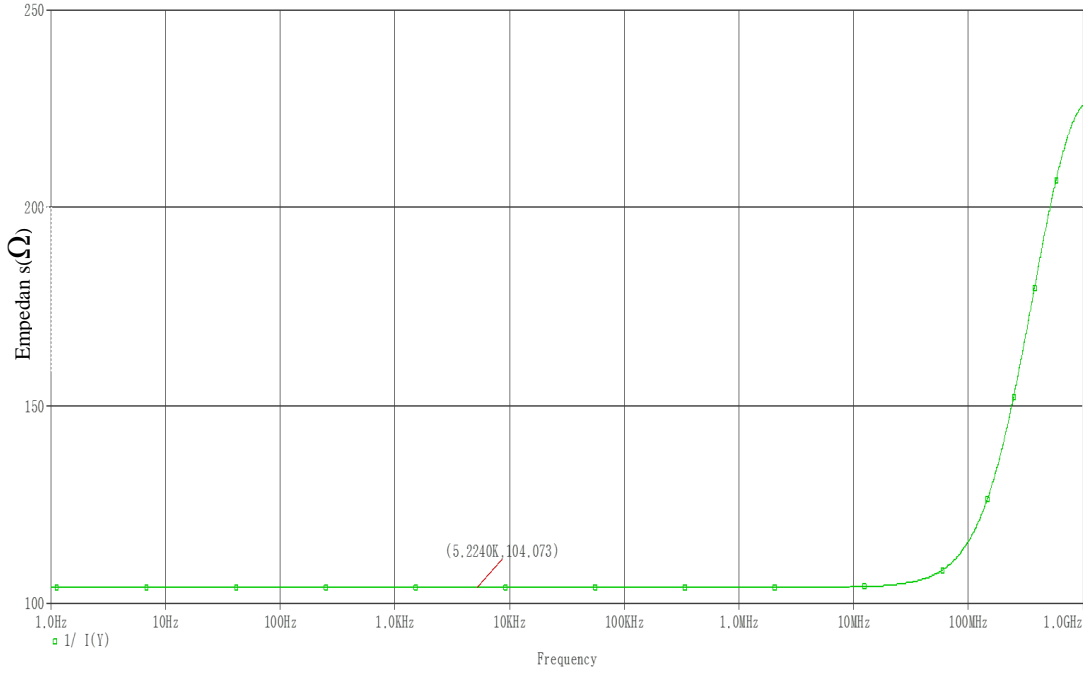
Şekil 4.5 : Devre 1 için akım kazançları frekans cevabı.

Devre 1 için Z_X empedansının frekans cevabı Şekil 4.6'da verilmiştir. Y ucunun toprağa çekilmesiyle Z_X empedansının çok düşük değerlerde olduğu görülmektedir.



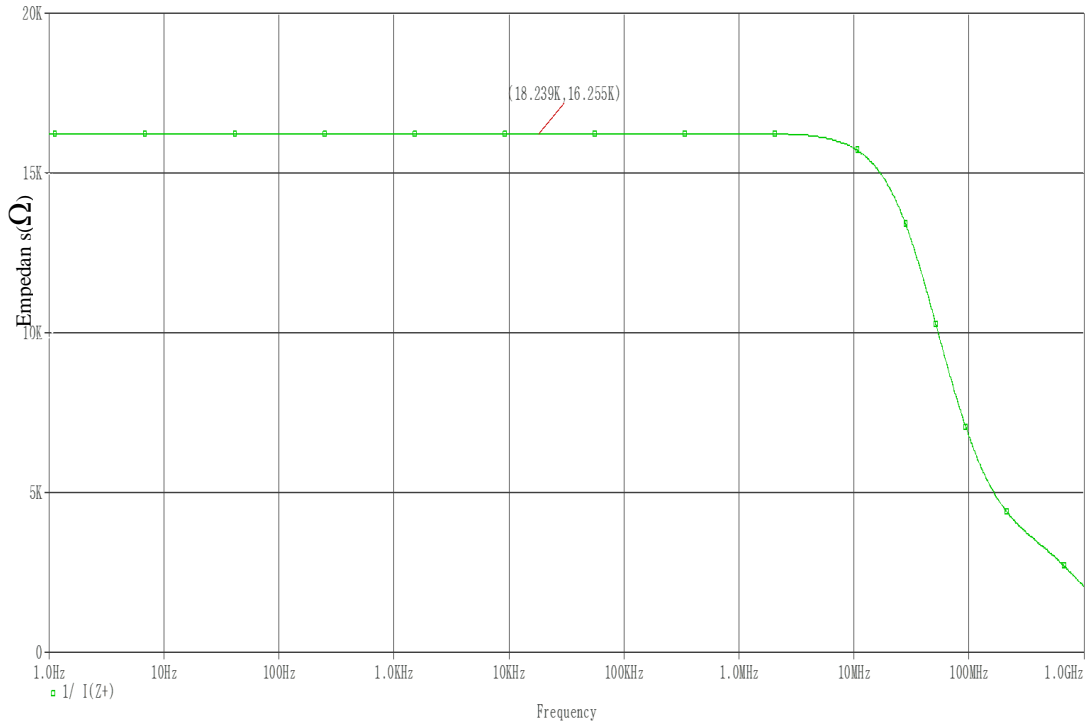
Şekil 4.6 : Devre 1 için Z_X empedansı frekans cevabı.

Devre 1 için Z_Y empedansının frekans cevabının incelendiği bu analizde X kapısının toprağa çekilmesiyle düşük Z_Y empedansı görülmüştür. Frekans cevabı karakteristiği Şekil 4.7’de verilmiştir.



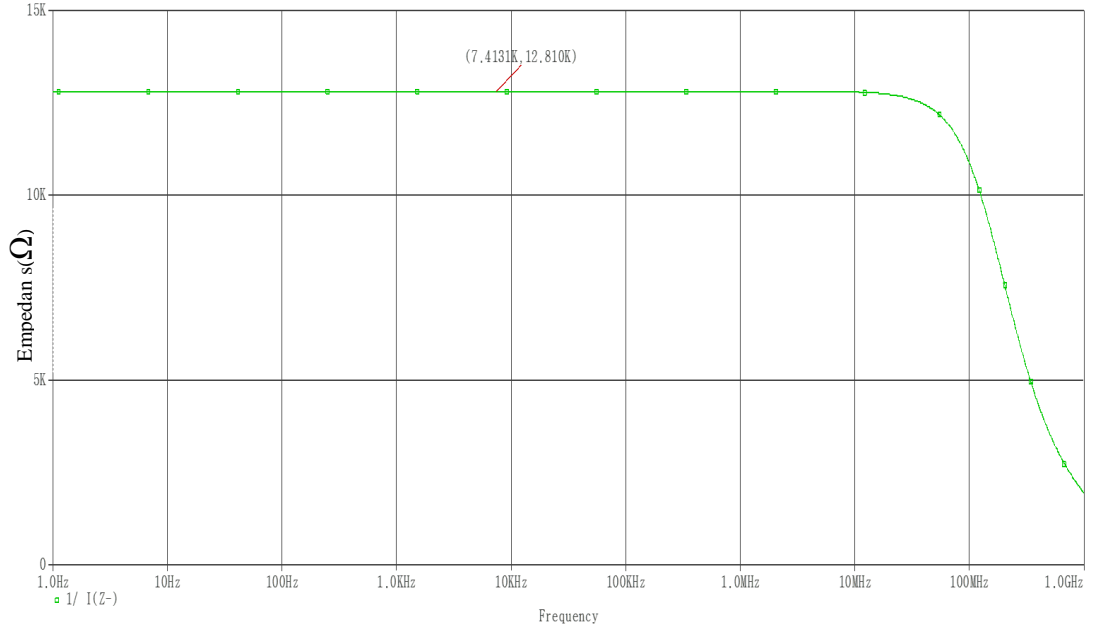
Şekil 4.7 : Devre 1 için Z_Y empedansı frekans cevabı.

Devre 1 için Z_{Z+} empedansının frekans cevabı Şekil 4.8’de verilmiştir. Benzetimden, $R_{Z+}=16.2k\Omega$ ve $f_C=47.3MHz$ olarak bulunmuş, $C_{Z+}=0.2pF$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.8 : Devre 1 için Z_{Z+} empedansı frekans cevabı.

Devre 1 için Z_Z empedansının frekans cevabı Şekil 4.9’da verilmiştir. Benzetimden, $R_Z=12.8k$ ve $f_C=191.8MHz$ olarak bulunmuş, $C_Z=64.8fF$ olarak hesaplanmıştır.

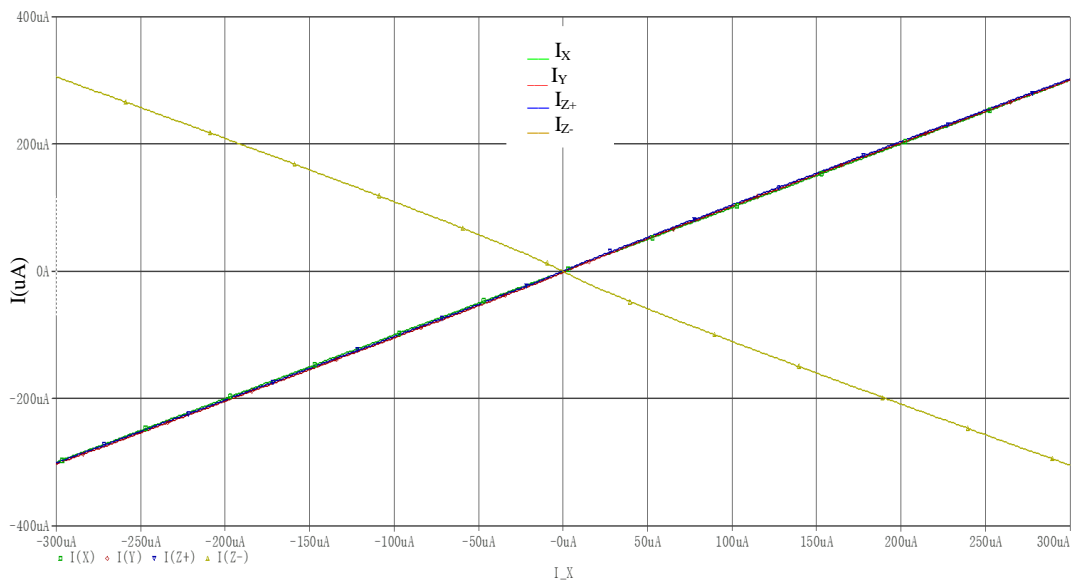


Şekil 4.9 : Devre 1 için Z_Z empedansı frekans cevabı.

4.1.2 Devre 2 karakteristik eğrileri

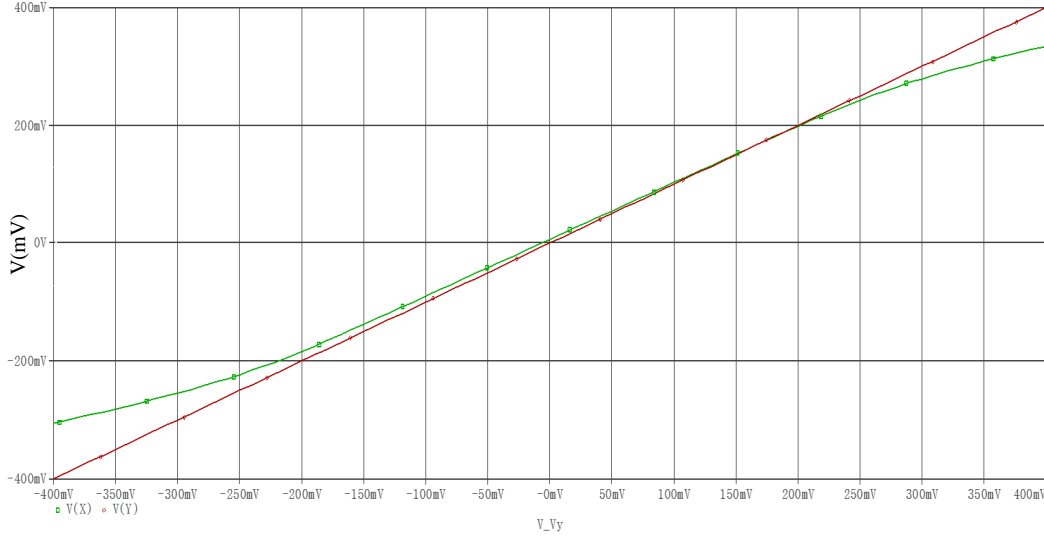
Devre 2 için bölüm başında sıralanmış olan analizler uygulanarak 9 farklı karakteristik eğrisi sunulmuştur.

Devre 2 akım iletim karakteristiği Şekil 4.10’da verilmiştir benzetimden $I_Y/I_X = 1$, $I_{Z+}/I_X = 1$, $I_{Z-}/I_X = -1$ sonuçları elde edilmiştir.



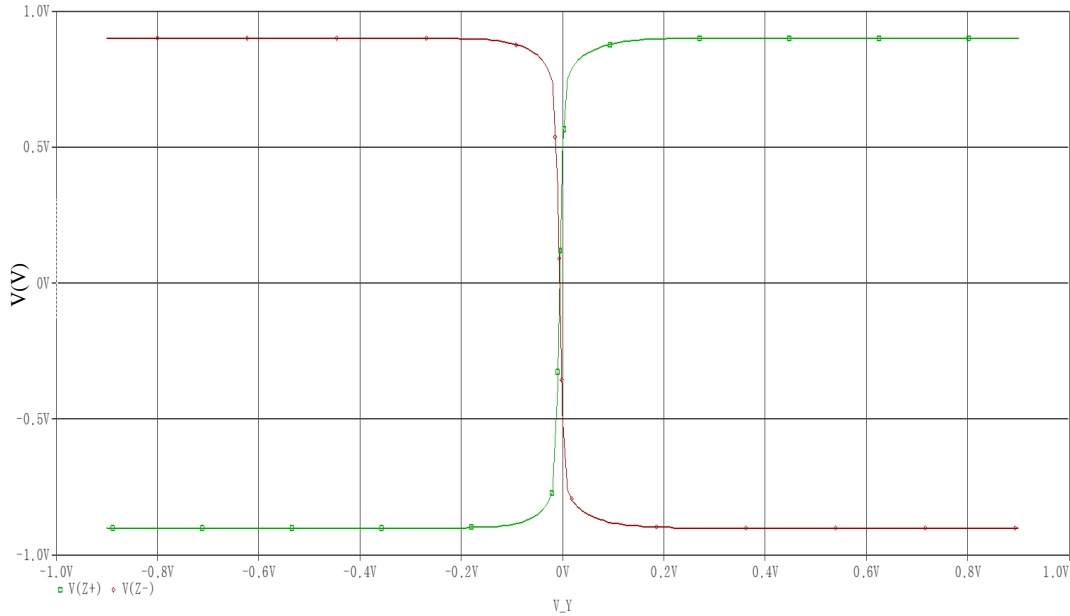
Şekil 4.10 : Devre 2 DC akım iletim karakteristiği.

Devre 2 için V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği Şekil 4.11’de verilmiştir. benzetimden elde edilen sonuçlar incelendiğinde yapının -300mV- 300mV aralığında V_X/V_Y izleme oranının neredeyse 1’e eşit olduğu görülmektedir. 400mV civarında sapmalar yaşandığı gözlenmiştir.



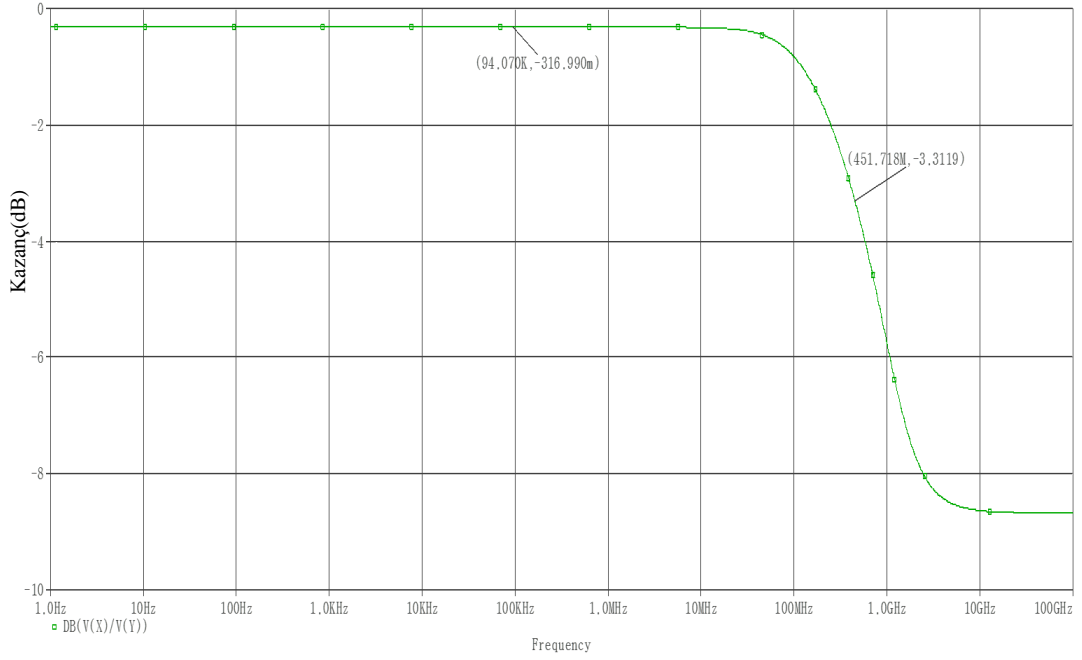
Şekil 4.11 : Devre 2 V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği.

Devre 2 için $(V_{Z+}, V_{Z-})-V_Y$ gerilim izleme karakteristiği Şekil 4.12’de verilmiştir. Çıkış uçları için gerilimin besleme sınırlarını aşmadığı ve gerçekte maksimum değerinin transistörlerin V_{DS} gerilimlerinin besleme gerilimlerinden çıkarılmış gerilim değerine eşit olabildiği görülmektedir.



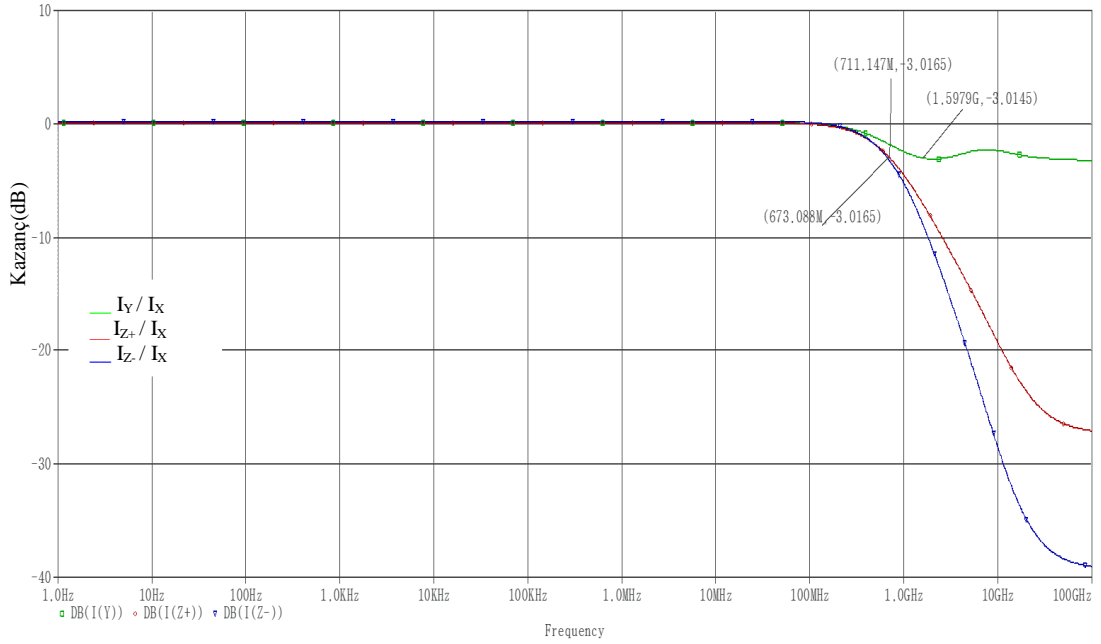
Şekil 4.12 : Devre 2 için $(V_{Z+}, V_{Z-})-V_Y$ karakteristiği.

Devre 2 için V_X/V_Y gerilim izlemesinin frekans cevabı Şekil 4.13'te verilmiştir. Benzetim sonuçları için -3dB kesim frekansı $f_C=451.7\text{MHz}$ olarak saptanmıştır.



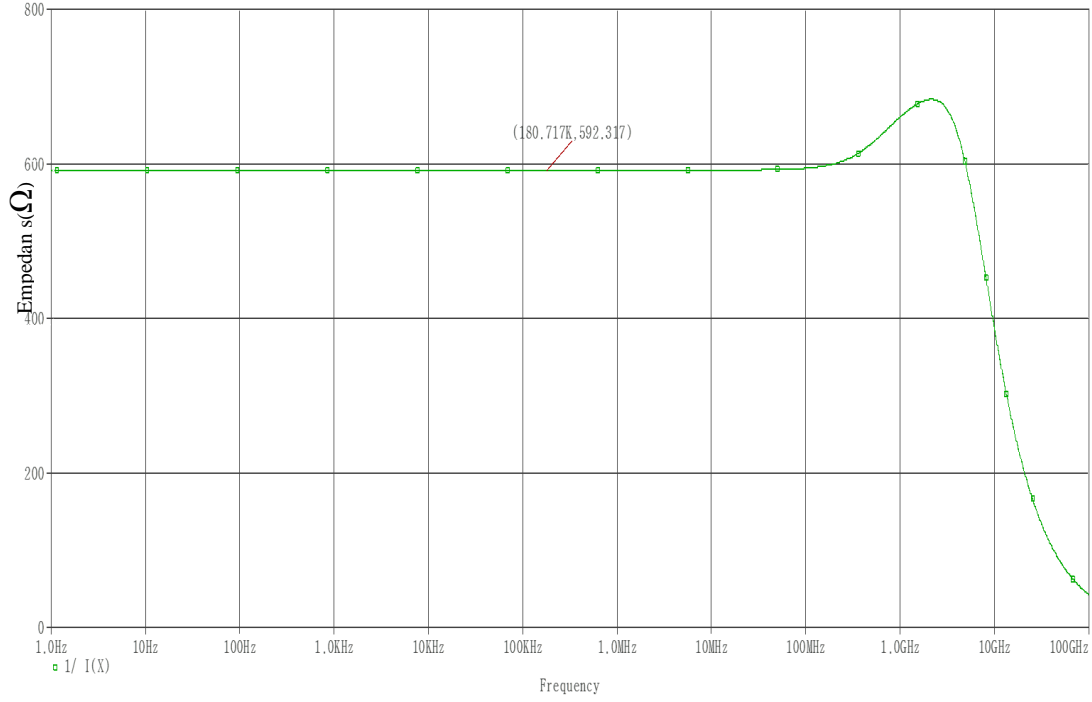
Şekil 4.13 : Devre 2 için V_X/V_Y gerilim izleme frekans cevabı.

Devre 2 için akım kazançlarının frekans cevabı Şekil 4.14'de verilmiştir. Akım kazançları için -3dB kesim frekansları, $f_C(I_Y/I_X)=1.7\text{GHz}$, $f_C(I_{Z+}/I_X)=711\text{MHz}$, $f_C(I_{Z-}/I_X)=673\text{MHz}$ olarak saptanmıştır.



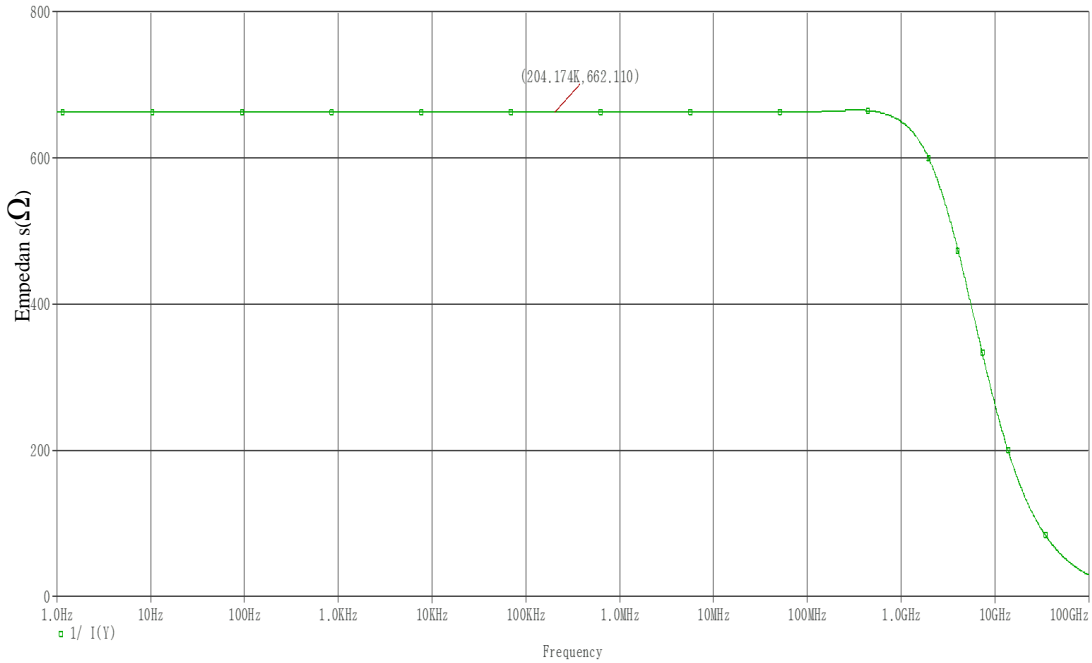
Şekil 4.14 : Devre 2 için akım kazançları frekans cevabı.

Devre 2 için Z_X empedansının frekans cevabı Şekil 4.15'te verilmiştir. Y ucunun toprağa çekilmesiyle Z_X empedansının çok düşük değerlerde olduğu görülmektedir.



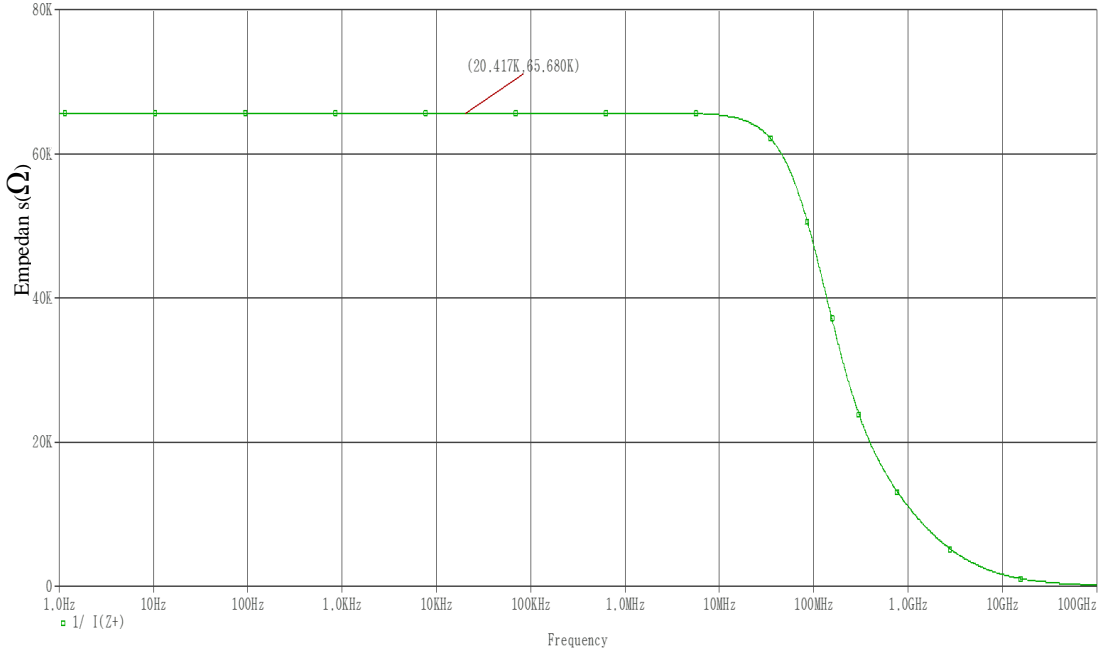
Şekil 4.15 : Devre 2 için Z_X empedansı frekans cevabı.

Devre 2 için Z_Y empedansının frekans cevabının incelendiği bu analizde X kapısının toprağa çekilmesiyle düşük Z_Y empedansı görülmüştür. Frekans cevabı karakteristiği Şekil 4.16'da verilmiştir.



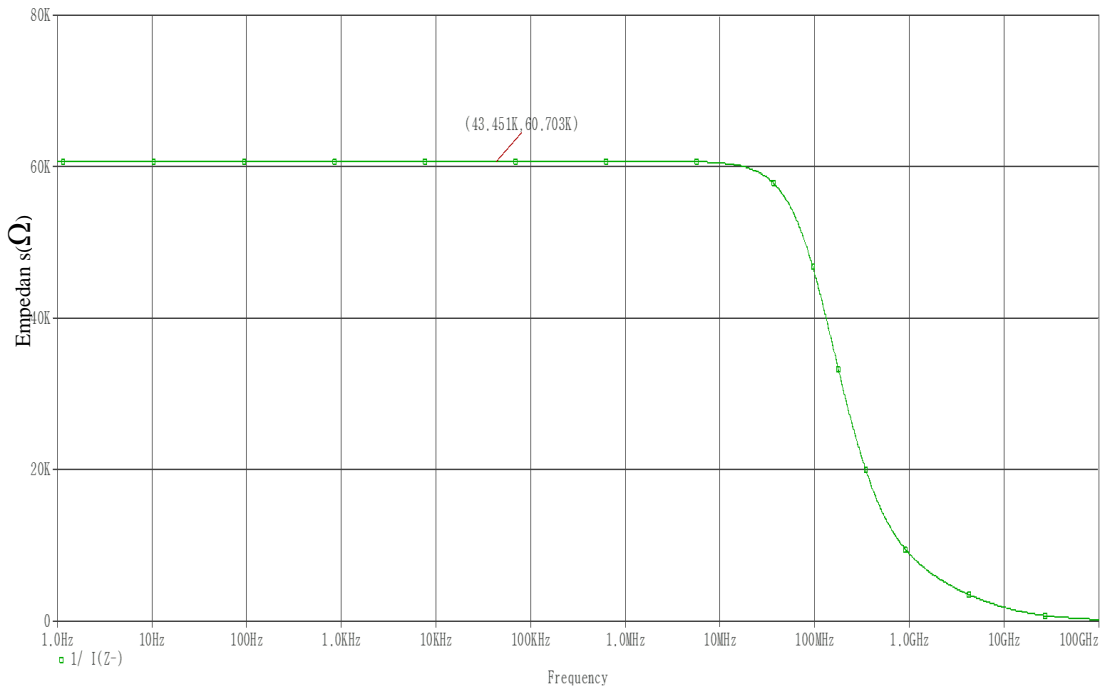
Şekil 4.16 : Devre 2 için Z_Y empedansı frekans cevabı.

Devre 2 için Z_{Z+} empedansının frekans cevabı Şekil 4.17’de verilmiştir. Benzetimden, $R_{Z+}=66.8k\Omega$ ve $f_C=113.7MHz$ olarak bulunmuş, $C_{Z+}=20.9fF$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.17 : Devre 2 için Z_{Z+} empedansı frekans cevabı.

Devre 2 için Z_{Z-} empedansının frekans cevabı Şekil 4.18’de verilmiştir. Benzetimden, $R_{Z-}=60k\Omega$ ve $f_C= 115.3MHz$ olarak bulunmuş, $C_{Z-}=23fF$ olarak hesaplanmıştır.

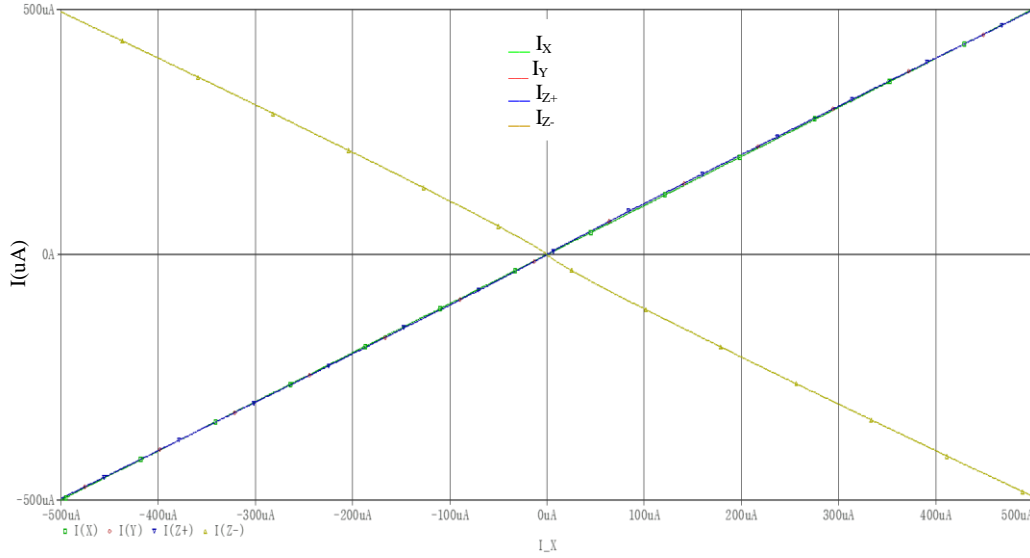


Şekil 4.18 : Devre 2 için Z_{Z-} empedansı frekans cevabı.

4.1.3 Devre 3 karakteristik eğrileri

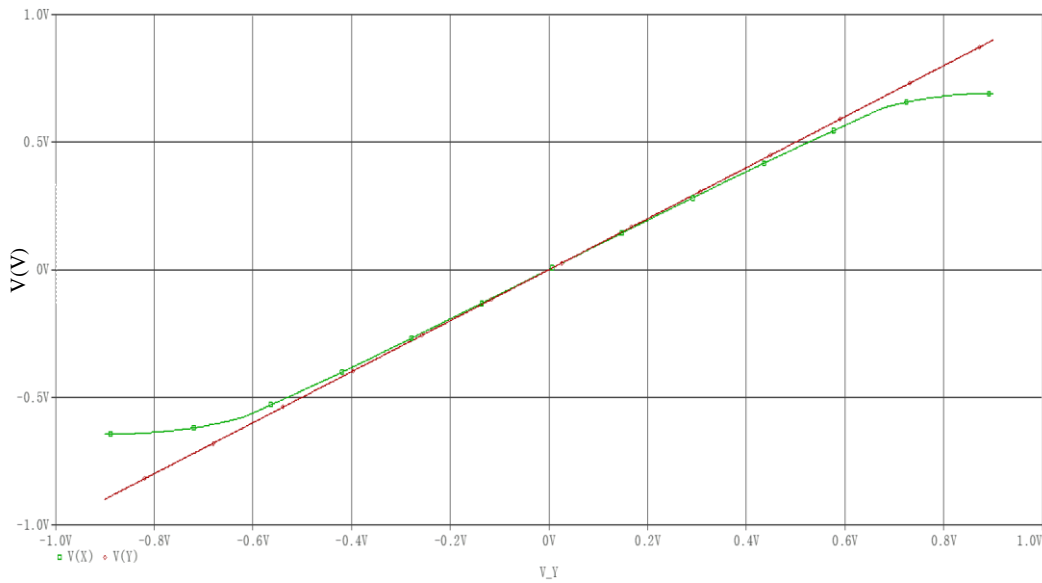
Devre 3 için bölüm başında sıralanmış olan analizler uygulanarak 9 farklı karakteristik eğrisi sunulmuştur.

Devre 3 akım iletim karakteristiği Şekil 4.19'da verilmiştir benzetimden $I_Y/I_X = 1$, $I_{Z+}/I_X = 1$, $I_{Z-}/I_X = -1$ sonuçları elde edilmiştir.



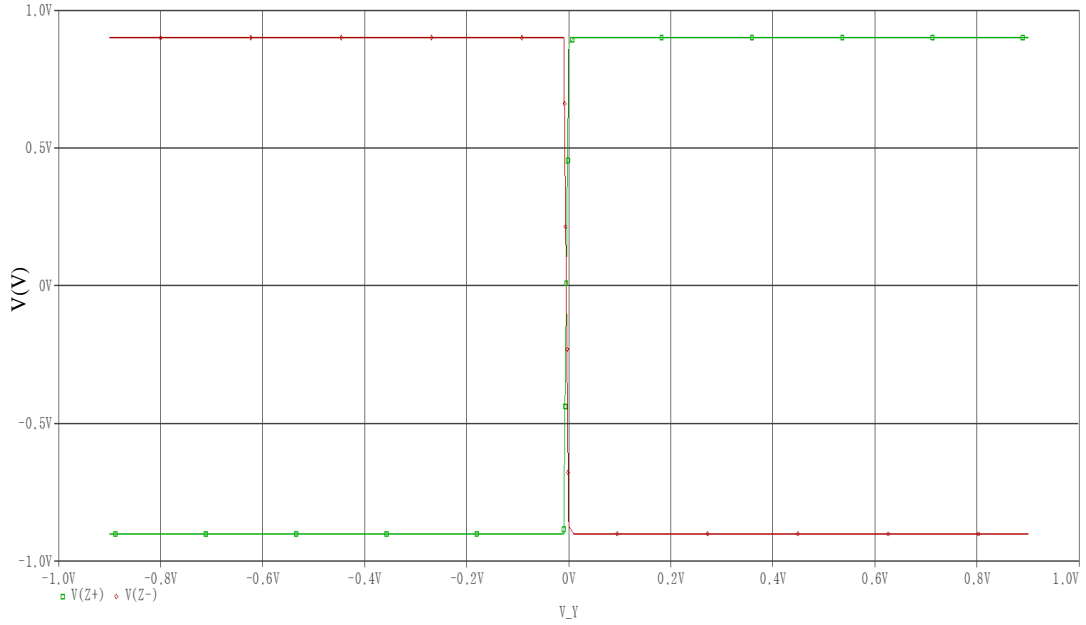
Şekil 4.19 : Devre 3 DC akım iletim karakteristiği.

Devre 3 için V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği Şekil 4.20'de verilmiştir. benzetimden elde edilen sonuçlar incelendiğinde yapının -800mV- 800mV aralığında V_X/V_Y izleme oranının neredeyse 1'e eşit olduğu görülmektedir. Besleme gerilimleri civarında sapmalar yaşandığı gözlenmiştir.



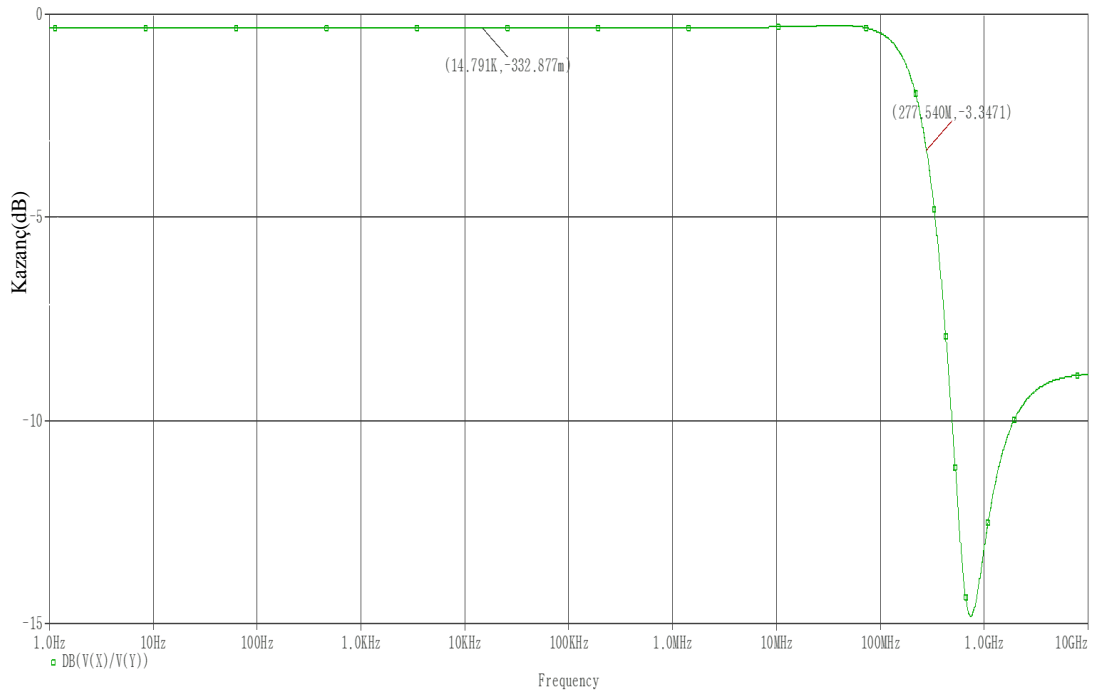
Şekil 4.20 : Devre 3 V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği.

Devre 3 için (V_{Z+} , V_{Z-})- V_Y gerilim izleme karakteristiği Şekil 4.21’de verilmiştir. Çıkış uçları için gerilimin besleme sınırlarını aşmadığı ve gerçekte maksimum değerinin transistörlerin V_{DS} gerilimlerinin besleme gerilimlerinden çıkarılmış gerilim değerine eşit olabildiği görülmektedir.



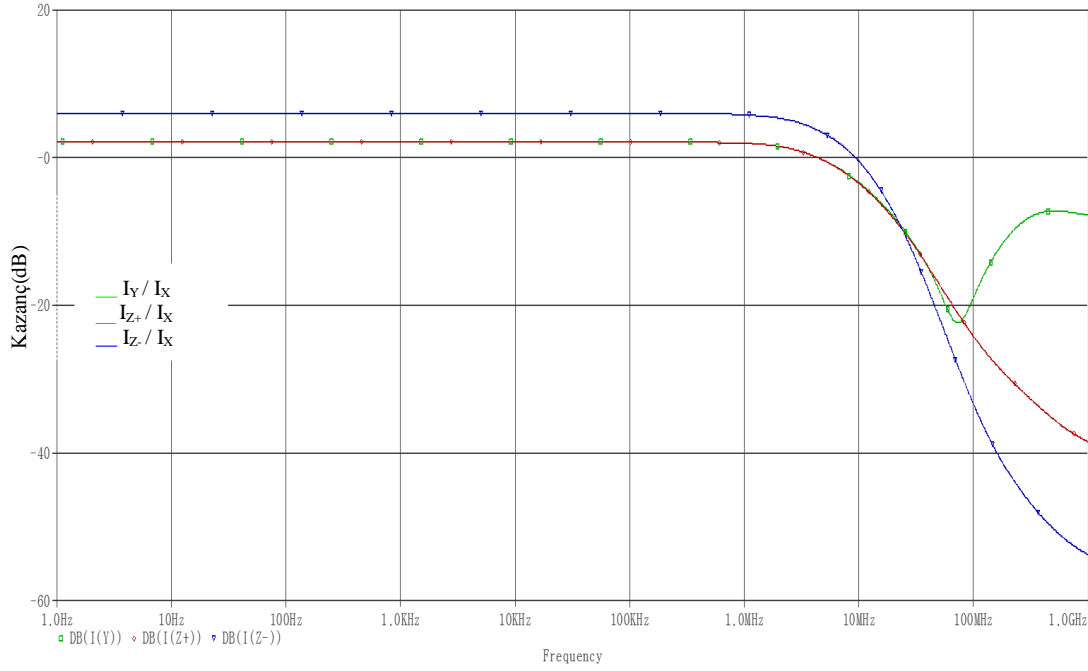
Şekil 4.21 : Devre 3 için (V_{Z+} , V_{Z-})- V_Y karakteristiği.

Devre 3 için V_X/V_Y gerilim izlemesinin frekans cevabı Şekil 4.22’de verilmiştir. Benzetim sonuçları için -3dB kesim frekansı $f_C=277.7\text{MHz}$ olarak saptanmıştır.



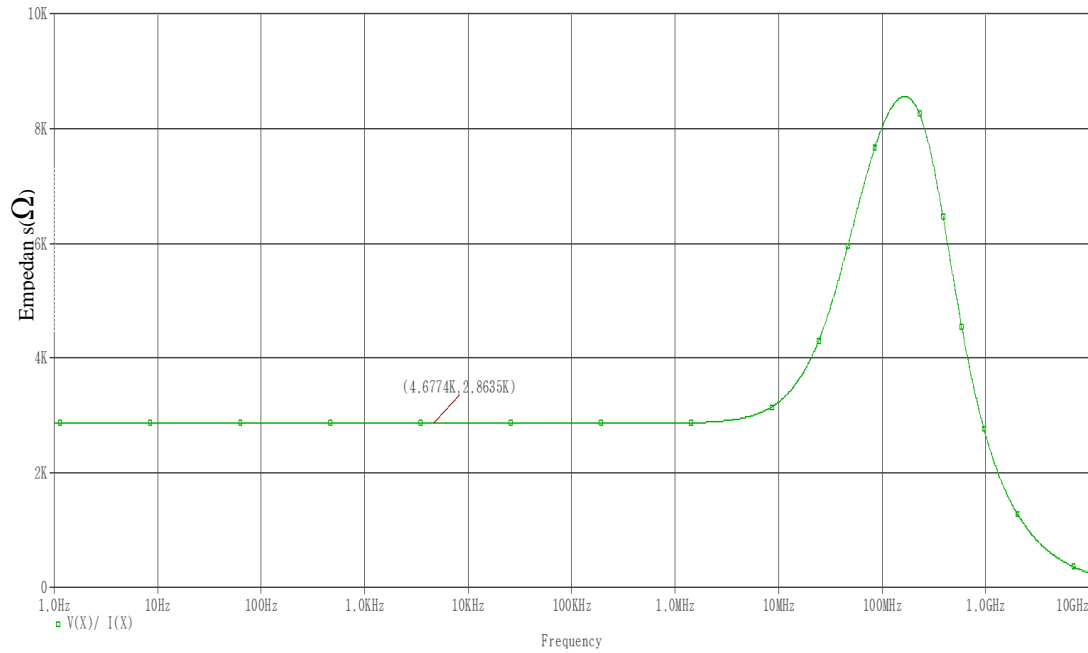
Şekil 4.22 : Devre 3 için V_X/V_Y gerilim izleme frekans cevabı.

Devre 3 için akım kazançlarının frekans cevabı Şekil 4.23'te verilmiştir. Akım kazançları için -3dB kesim frekansları, $f_c(I_Y/I_X)=18\text{MHz}$, $f_c(I_{Z+}/I_X)=20.1\text{MHz}$, $f_c(I_{Z-}/I_X)=17\text{MHz}$ olarak saptanmıştır.



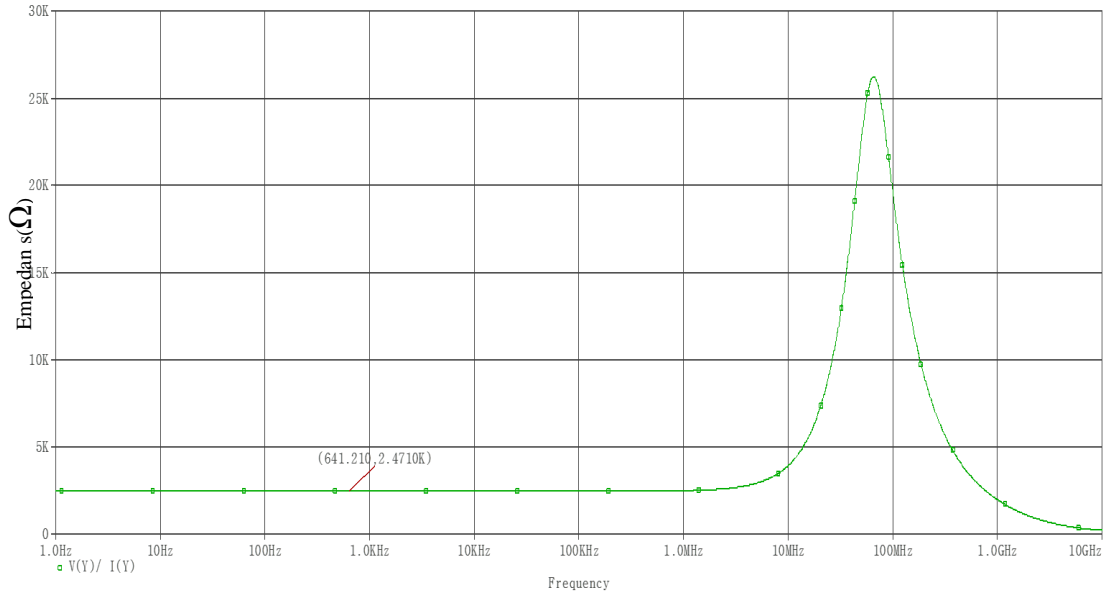
Şekil 4.23 : Devre 3 için akım kazançları frekans cevabı.

Devre 3 için Z_X empedansının frekans cevabı Şekil 4.24'te verilmiştir. Hattan hatta salınımlı giriş yapısının sonucu olarak Z_X direncinin değerin arttığı gözlenmiştir.



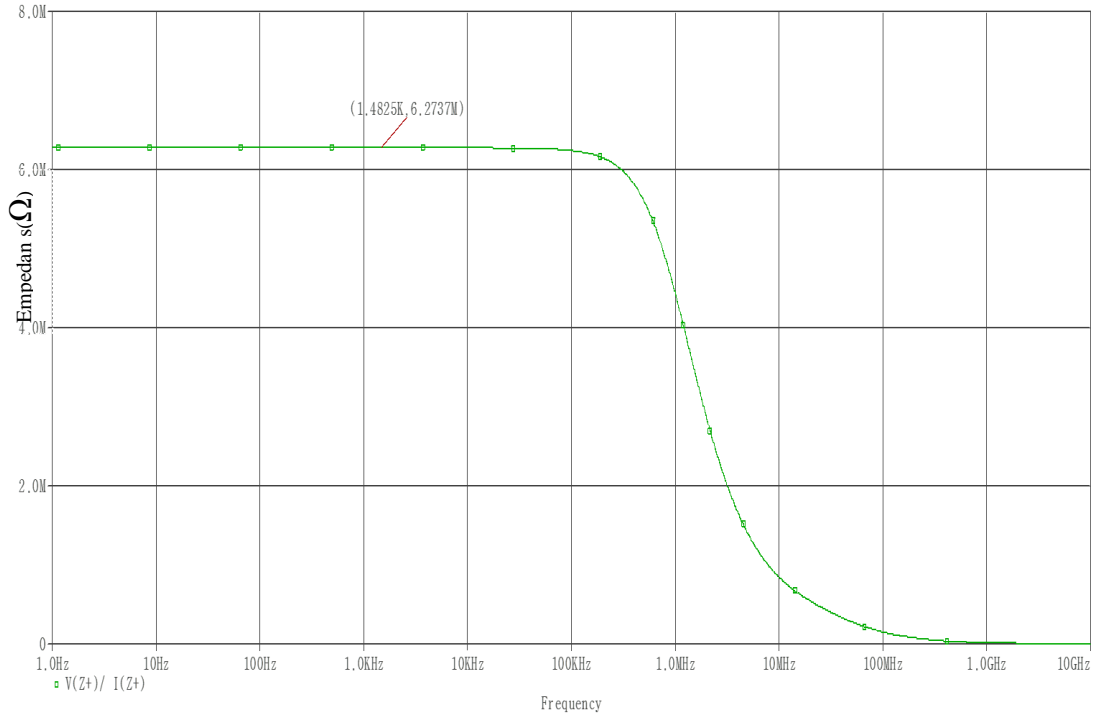
Şekil 4.24 : Devre 3 için Z_X empedansı frekans cevabı.

Devre 3 için Z_Y empedansının frekans cevabının incelendiği bu analizde hattan hatta salınımlı giriş yapısının sonucu olarak diğer akım taşıyıcı yapılarına göre daha büyük bir Z_Y empedansı görülmüştür. Frekans cevabı karakteristiği Şekil 4.25'te verilmiştir.



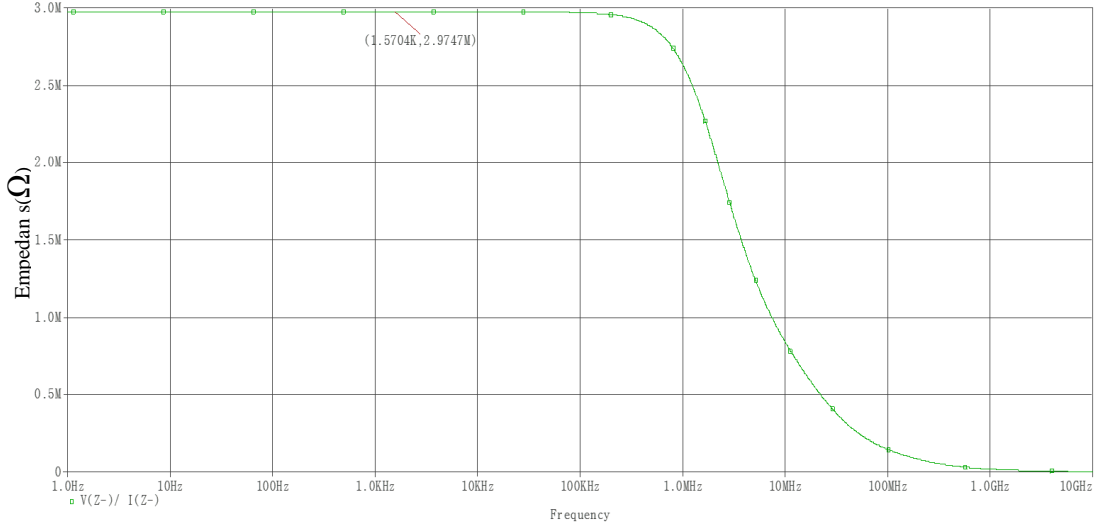
Şekil 4.25 : Devre 3 için Z_Y empedansı frekans cevabı.

Devre 3 için Z_{Z+} empedansının frekans cevabı Şekil 4.26'da verilmiştir. Benzetimden, $R_{Z+}=6.2M\Omega$ ve $f_C=1.2Mhz$ olarak bulunmuş, $C_{Z+}=21.4fF$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.26 : Devre 3 için Z_{Z+} empedansı frekans cevabı.

Devre 3 için Z_{Z-} empedansının frekans cevabı Şekil 4.27’de verilmiştir. Benzetimden, $R_{Z-}=2.9M\Omega$ ve $f_c= 1.96MHz$ olarak bulunmuş, $C_{Z-}=28fF$ olarak hesaplanmıştır.

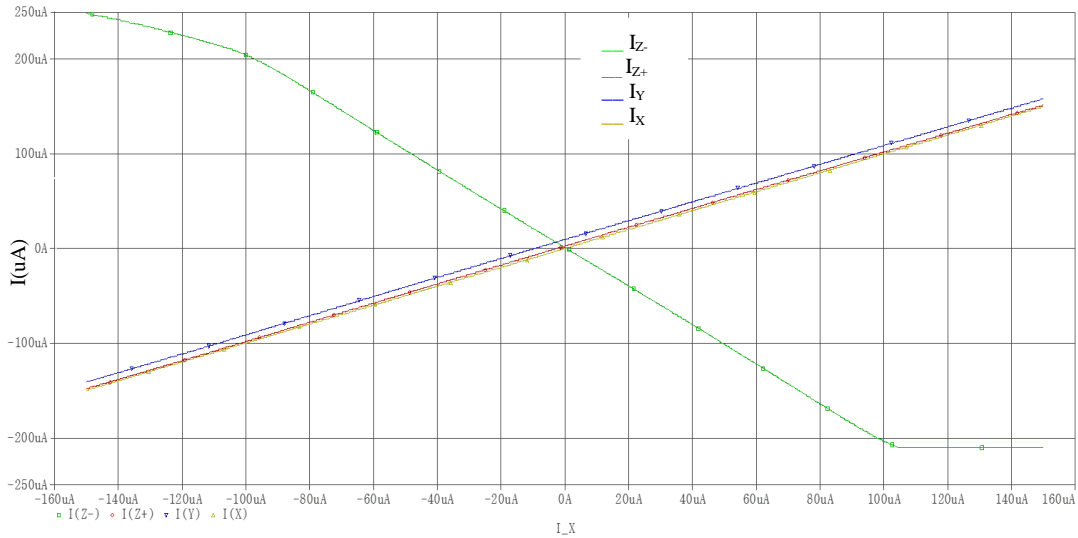


Şekil 4.27 : Devre 3 için Z_{Z-} empedansı frekans cevabı.

4.1.4 Devre 4 karakteristik eğrileri

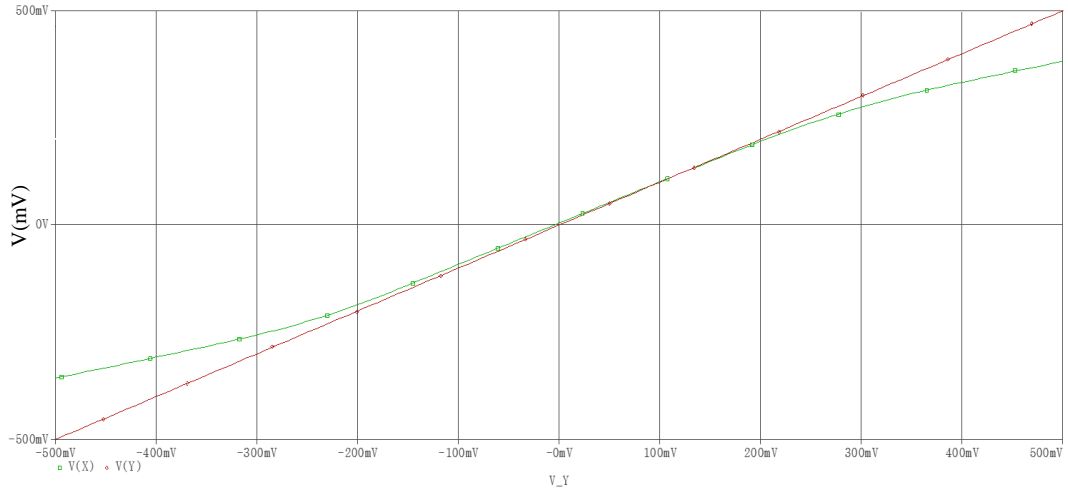
Devre 4 için bölüm başında sıralanmış olan analizler uygulanarak 9 farklı karakteristik eğrisi sunulmuştur.

Devre 4 akım iletim karakteristiği Şekil 4.28’de verilmiştir benzetimden $-200\mu A$ - $200\mu A$ aralığında $I_Y/I_X = 1.05$, $I_{Z+}/I_X=1$ sonuçları elde edilmiştir. Z- ucunun elektronik olarak kontrol edilebildiğini göstermek amacıyla $I_{Z-}/I_X=-2$ olarak ayarlanmış ve MCCI yapısı incelenmiştir.



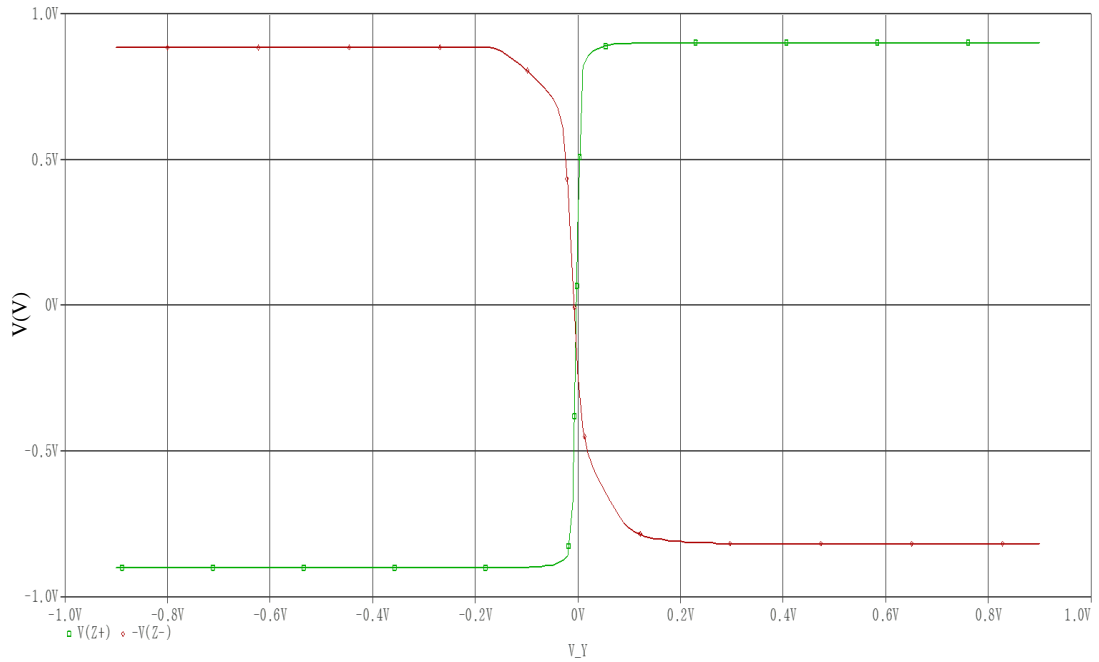
Şekil 4.28 : Devre 4 DC akım iletim karakteristiği.

Devre 4 için V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği Şekil 4.29’da verilmiştir. benzetimden elde edilen sonuçlar incelendiğinde yapının $-250\text{mV}-250\text{mV}$ aralığında V_X/V_Y izleme oranının neredeyse 1’e eşit olduğu görülmektedir. 300mV civarında sapmalar yaşandığı gözlenmiştir.



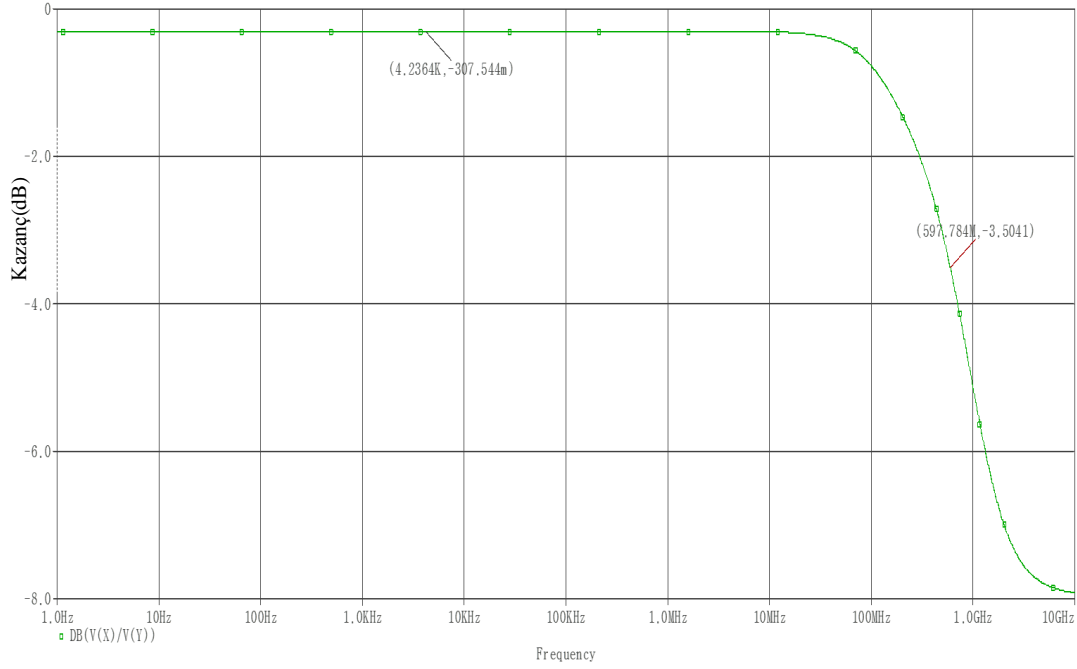
Şekil 4.29 : Devre 4 V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği.

Devre 4 için $(V_{Z+}, V_{Z-})-V_Y$ gerilim izleme karakteristiği Şekil 4.30’da verilmiştir. Çıkış uçları için gerilimin besleme sınırlarını aşmadığı ve gerçekte maksimum değerinin transistörlerin V_{DS} gerilimlerinin besleme gerilimlerinden çıkarılmış gerilim değerine eşit olabildiği görülmektedir.



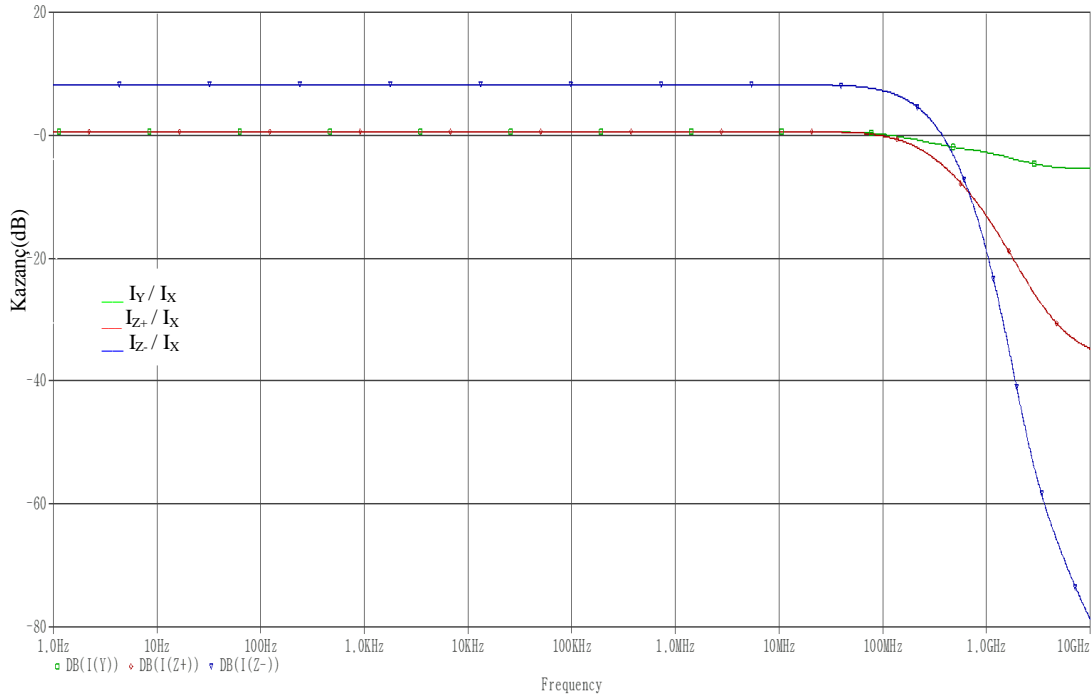
Şekil 4.30 : Devre 4 için $(V_{Z+}, V_{Z-})-V_Y$ karakteristiği.

Devre 4 için V_X/V_Y gerilim izlemesinin frekans cevabı Şekil 4.31’de verilmiştir. Benzetim sonuçları için -3dB kesim frekansı $f_C=597.7\text{MHz}$ olarak saptanmıştır.



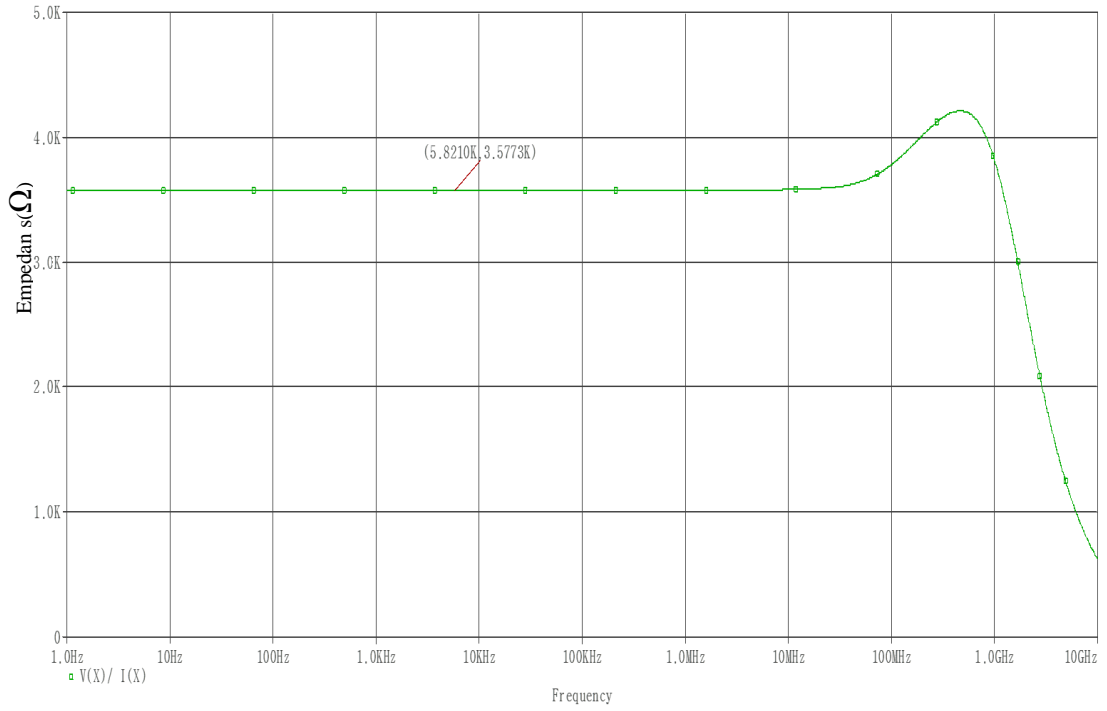
Şekil 4.31 : Devre 4 için V_X/V_Y gerilim izleme frekans cevabı.

Devre 4 için akım kazançlarının frekans cevabı Şekil 4.32’de verilmiştir. Akım kazançları için -3dB kesim frekansları, $f_C(I_Y/I_X)=1.7\text{GHz}$, $f_C(I_{Z+}/I_X)=928\text{MHz}$, $f_C(I_{Z-}/I_X)=823\text{MHz}$ olarak saptanmıştır.



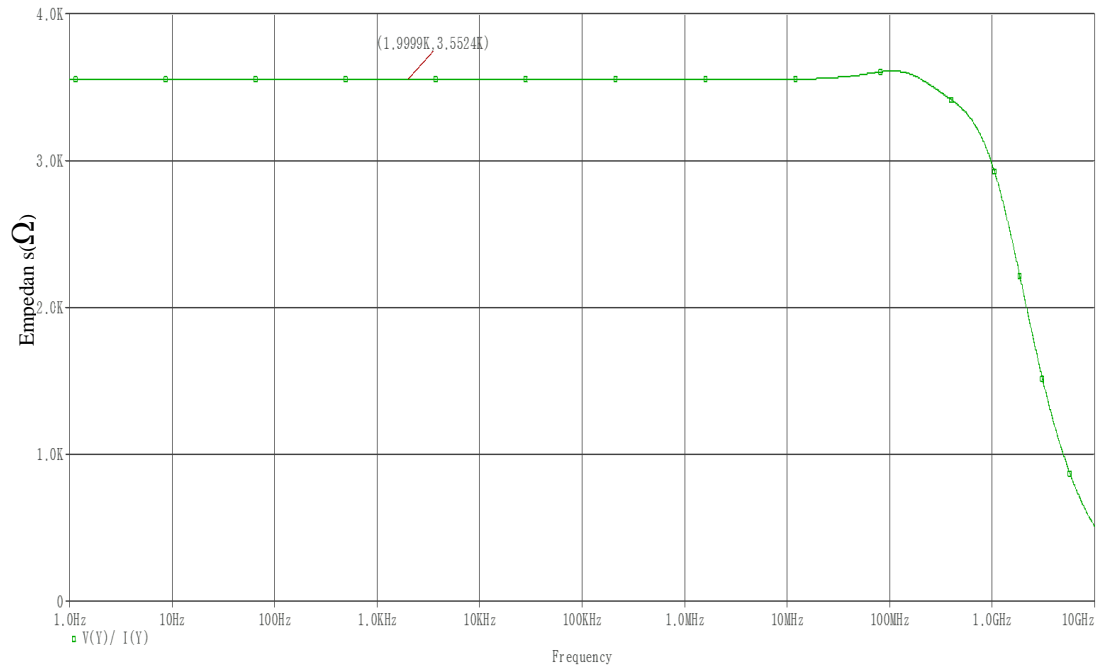
Şekil 4.32 : Devre 4 için akım kazançları frekans cevabı.

Devre 4 için Z_X empedansının frekans cevabı Şekil 4.33'te verilmiştir.



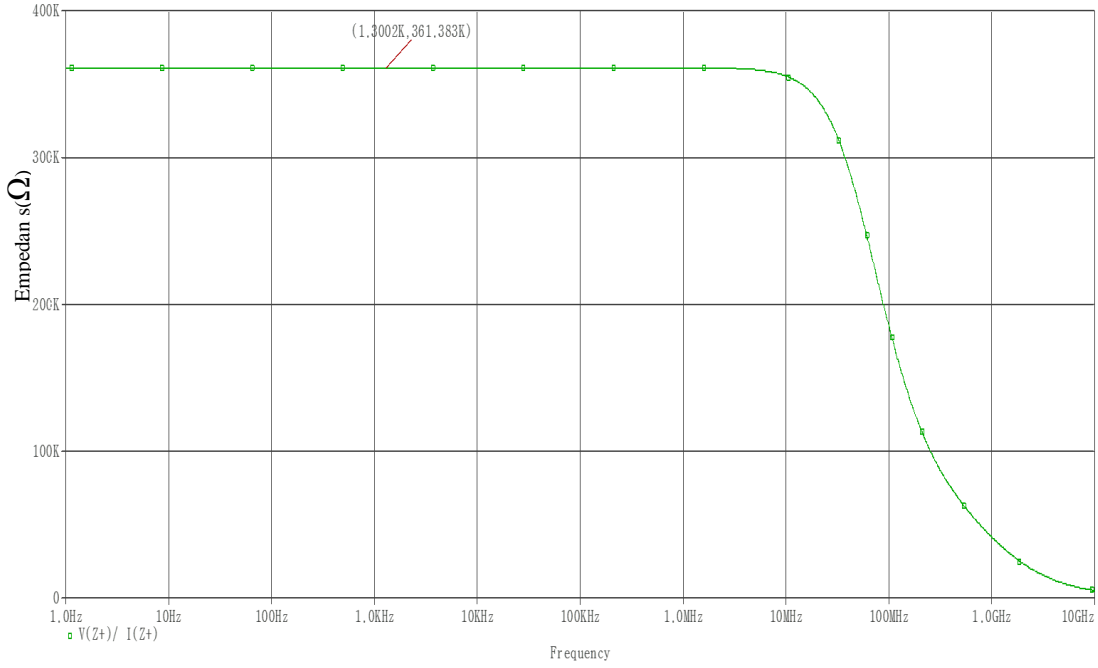
Şekil 4.33 : Devre 4 için Z_X empedansı frekans cevabı.

Devre 4 için Z_Y empedansının frekans cevabının incelendiği bu analizde X kapısının toprağa çekilmesiyle düşük Z_Y empedansı görülmüştür. Frekans cevabı karakteristiği Şekil 4.34'te verilmiştir.



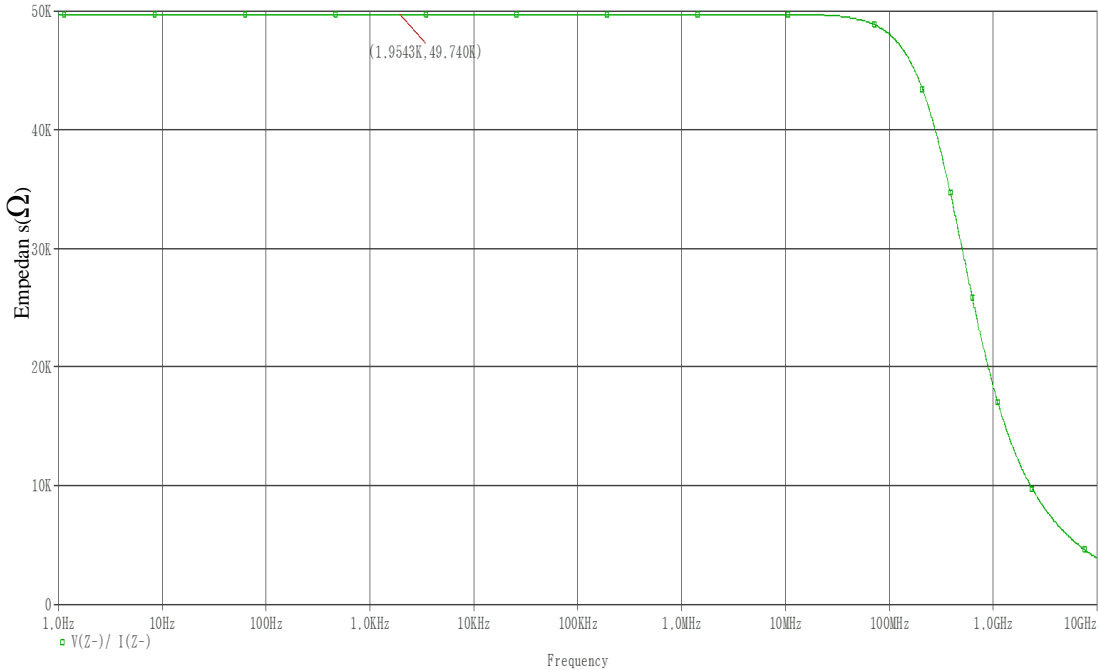
Şekil 4.34 : Devre 4 için Z_Y empedansı frekans cevabı.

Devre 4 için Z_{Z+} empedansının frekans cevabı Şekil 4.35'te verilmiştir. Benzetimden, $R_{Z+}=361\text{k}\Omega$ ve $f_C=65.5\text{Mhz}$ olarak bulunmuş, $C_{Z+}=6.73\text{fF}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.35 : Devre 4 için Z_{Z+} empedansı frekans cevabı.

Devre 4 için Z_{Z-} empedansının frekans cevabı Şekil 4.36'da verilmiştir. Benzetimden, $R_{Z-}=49.7\text{k}\Omega$ ve $f_C=373.6\text{MHz}$ olarak bulunmuş, $C_{Z-}=8.5\text{fF}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.36 : Devre 4 için Z_{Z-} empedansı frekans cevabı.

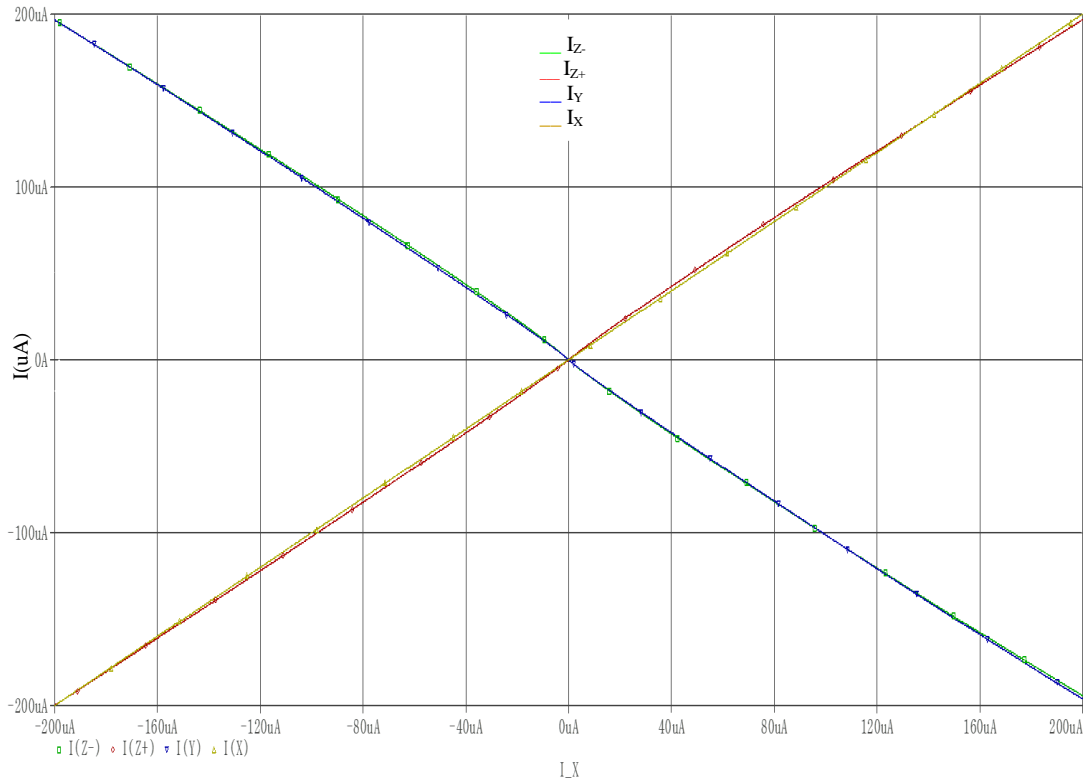
4.2 Üçüncü Kuşak Akım Taşıyıcı (CCIII) Devrelerinin DC Başarımları ve Frekans Cevabı İncelemesi

Bütün CCIII devreleri için incelemeler sırasında kutuplama akımı $I_0=50\mu\text{A}$, besleme gerilimleri $V_{DD}=0.9\text{V}$, $V_{SS}=0.9\text{V}$ olarak seçilmiştir.

4.2.1 Devre 5 karakteristik eğrileri

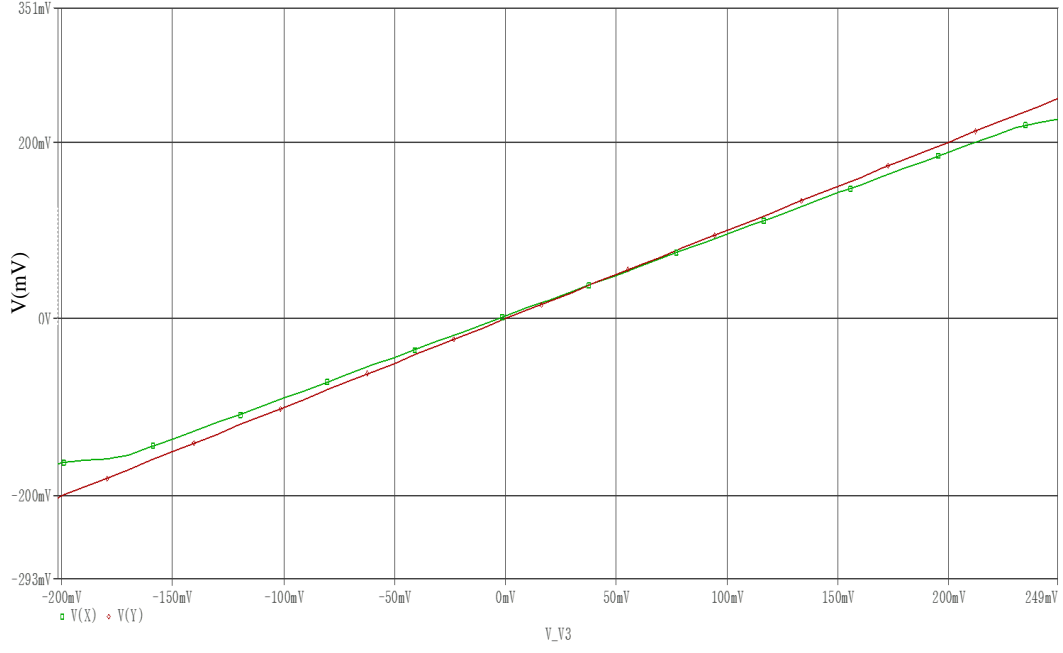
Devre 5 için bölüm başında sıralanmış olan analizler uygulanarak 9 farklı karakteristik eğrisi sunulmuştur.

Devre 5 akım iletim karakteristiği Şekil 4.37’de verilmiştir benzetimden $I_Y/I_X=-1$, $I_{Z+}/I_X = 1$, $I_{Z-}/I_X = 1$ sonuçları elde edilmiştir.



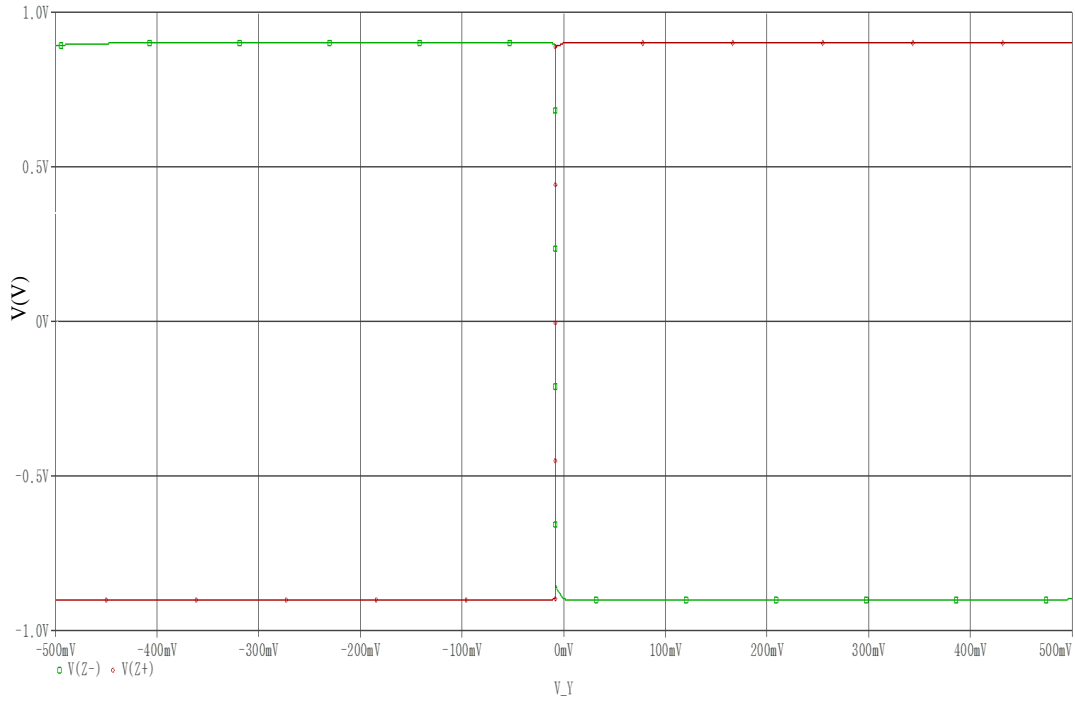
Şekil 4.37 : Devre 5 DC akım iletim karakteristiği.

Devre 5 için V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği Şekil 4.38’de verilmiştir. benzetimden elde edilen sonuçlar incelendiğinde yapının $-200\text{mV}-200\text{mV}$ aralığında V_X/V_Y izleme oranının neredeyse 1’e eşit olduğu görülmektedir.



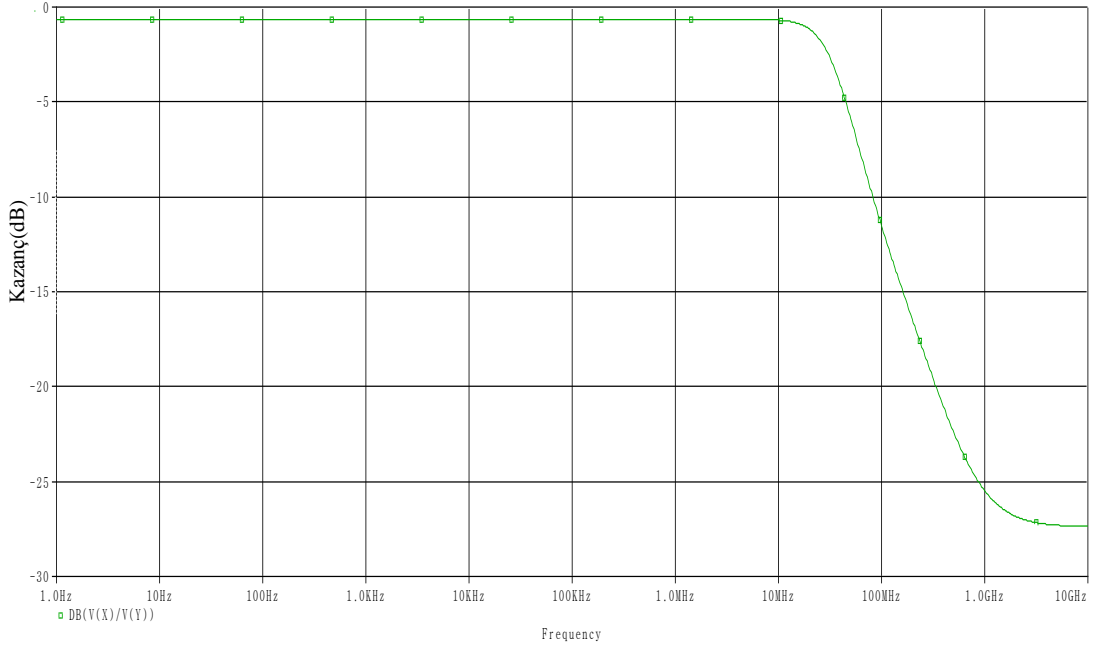
Şekil 4.38 : Devre 5 V_X - V_Y gerilim izleme karakteristiği.

Devre 5 için (V_{Z+}, V_{Z-}) - V_Y gerilim izleme karakteristiği Şekil 4.39’da verilmiştir. Çıkış uçları için gerilimin besleme sınırlarını aşmadığı ve gerçekte maksimum değerinin transistörlerin V_{DS} gerilimlerinin besleme gerilimlerinden çıkarılmış gerilim değerine eşit olabildiği görülmektedir.



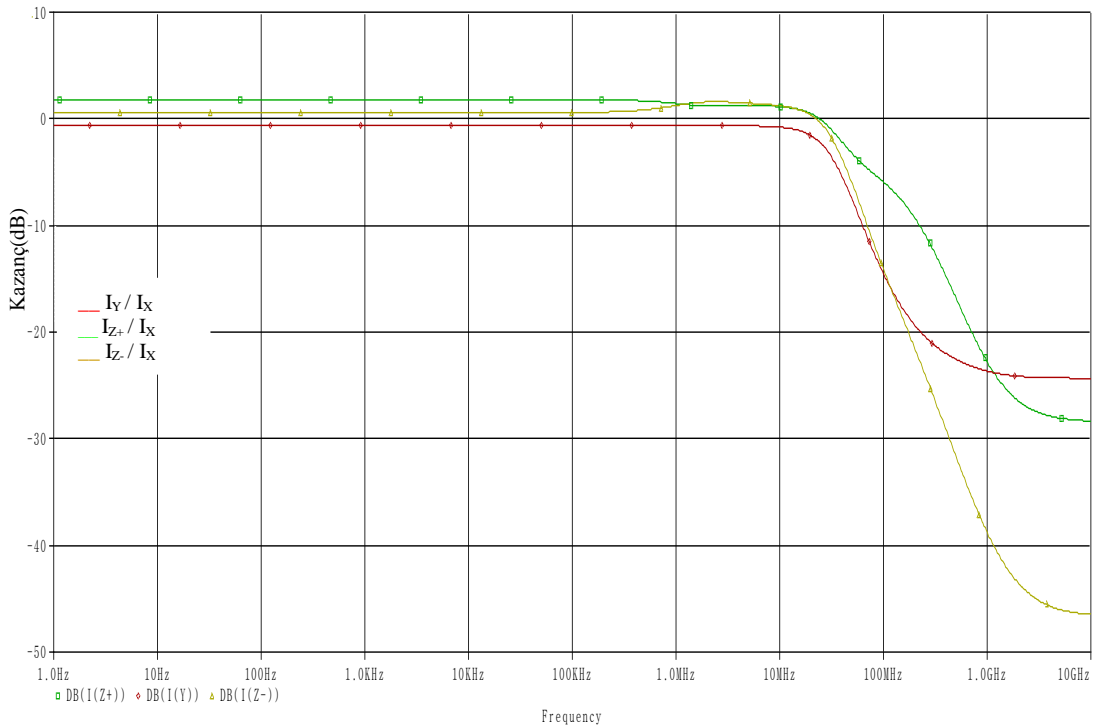
Şekil 4.39 : Devre 5 için (V_{Z+}, V_{Z-}) - V_Y karakteristiği.

Devre 5 için V_X/V_Y gerilim izlemesinin frekans cevabı Şekil 4.40'da verilmiştir. Benzetim sonuçları için -3dB kesim frekansı $f_C=62.1\text{MHz}$ olarak saptanmıştır.



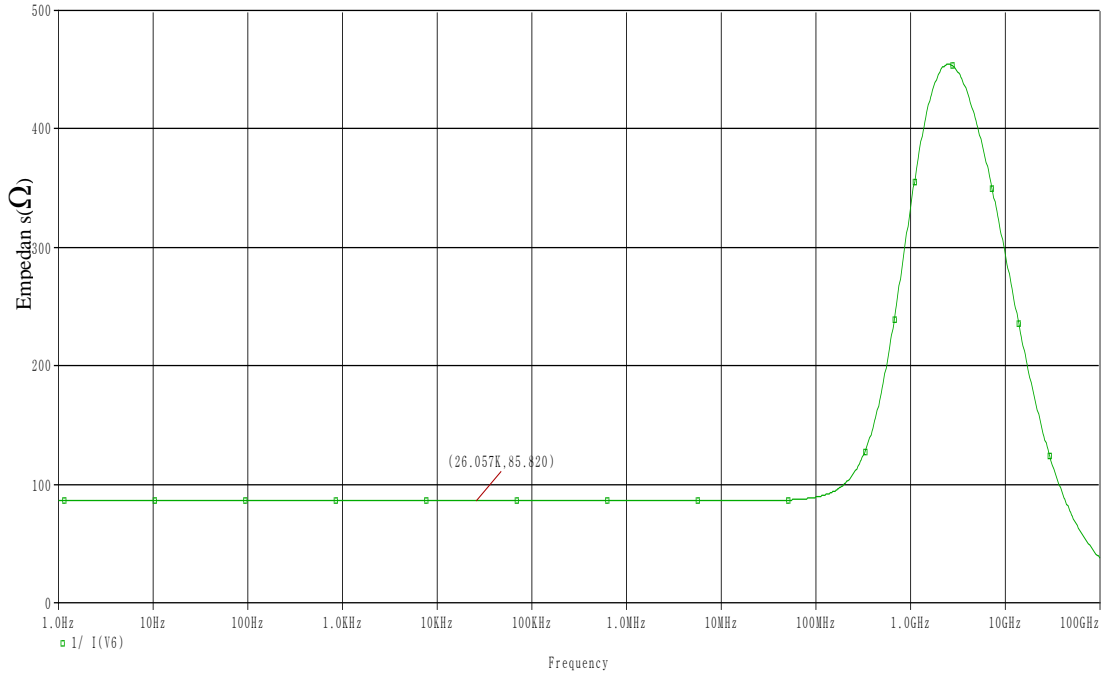
Şekil 4.40 : Devre 5 için V_X/V_Y gerilim izleme frekans cevabı.

Devre 5 için akım kazançlarının frekans cevabı Şekil 4.41'de verilmiştir. Akım kazançları için -3dB kesim frekansları, $f_C(I_Y/I_X)=63.8\text{MHz}$, $f_C(I_{Z+}/I_X)=79.5\text{MHz}$, $f_C(I_{Z-}/I_X)=65.1\text{MHz}$ olarak saptanmıştır.



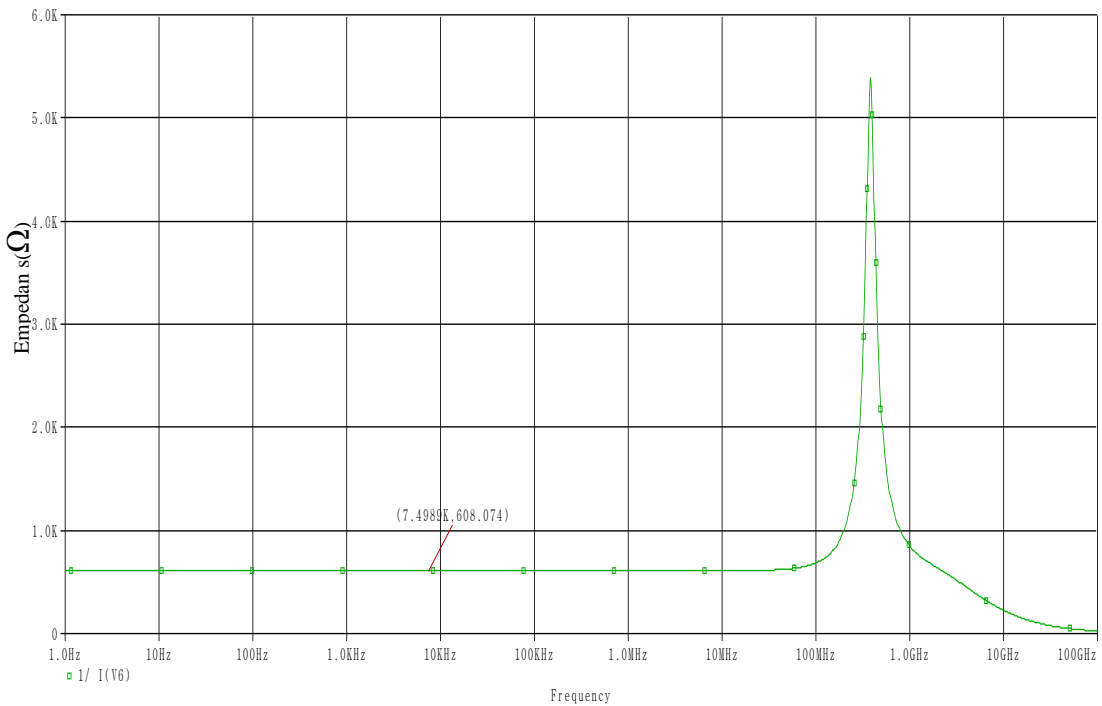
Şekil 4.41 : Devre 5 için akım kazançları frekans cevabı.

Devre 5 için Z_X empedansının frekans cevabı Şekil 4.42’de verilmiştir. Y ucunun toprağa çekilmesiyle Z_X empedansının çok düşük değerlerde olduğu görülmektedir.



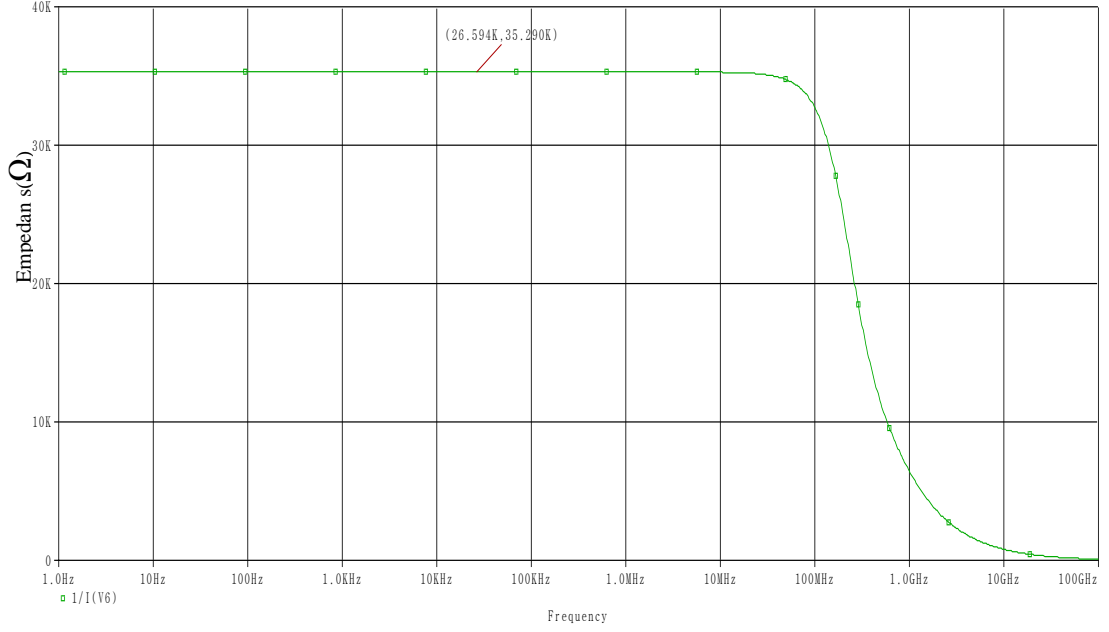
Şekil 4.42 : Devre 5 için Z_X empedansı frekans cevabı.

Devre 5 için Z_Y empedansının frekans cevabının incelendiği bu analizde X kapısının toprağa çekilmesiyle düşük Z_Y empedansı görülmüştür. Frekans cevabı karakteristiği Şekil 4.43’te verilmiştir.



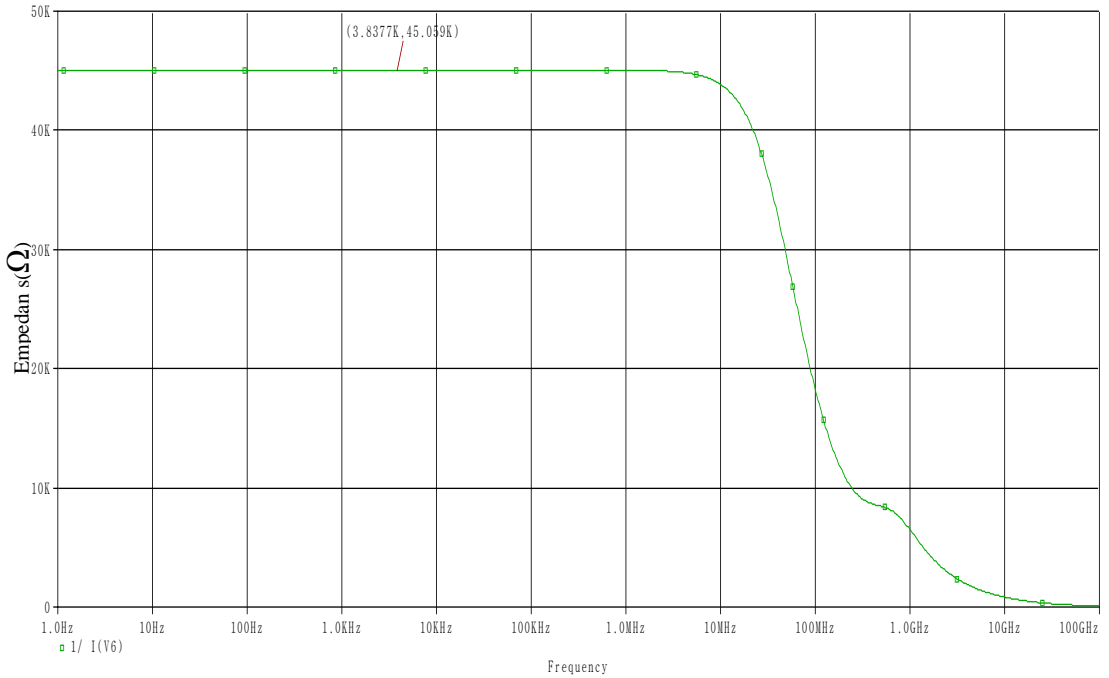
Şekil 4.43 : Devre 5 için Z_Y empedansı frekans cevabı.

Devre 5 için Z_{Z+} empedansının frekans cevabı Şekil 4.44'te verilmiştir. Benzetimden, $R_{Z+}=35.2k\Omega$ ve $f_C=207.9MHz$ olarak bulunmuş ve $C_{Z+}=21.7fF$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.44 : Devre 5 için Z_{Z+} empedansı frekans cevabı.

Devre 5 için Z_{Z-} empedansının frekans cevabı Şekil 4.45'te verilmiştir. Benzetimden, $R_{Z-}=45k\Omega$ ve $f_C= 44.7MHz$ olarak bulunmuş, $C_{Z-}= 79.3fF$ olarak hesaplanmıştır.

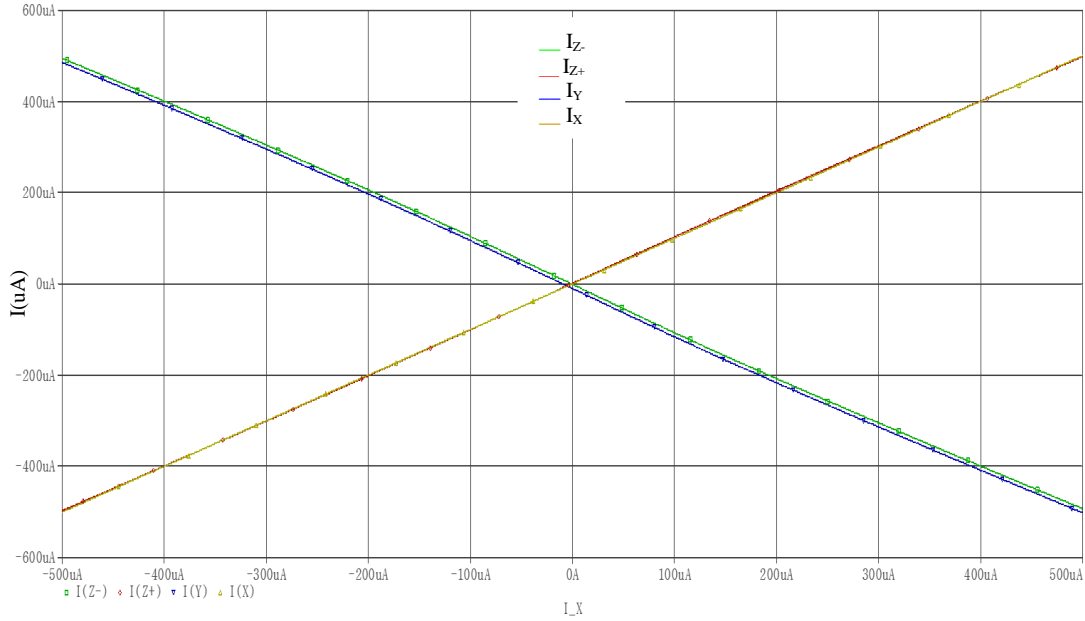


Şekil 4.45 : Devre 5 için Z_{Z-} empedansı frekans cevabı.

4.2.2 Devre 6 karakteristik eğrileri

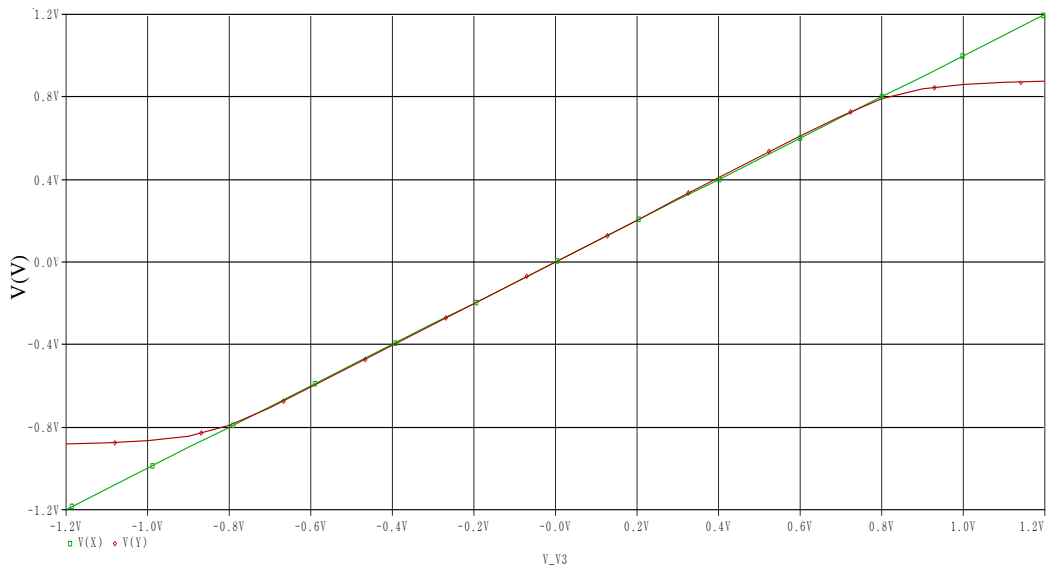
Devre 6 için bölüm başında sıralanmış olan analizler uygulanarak 9 farklı karakteristik eğrisi sunulmuştur.

Devre 6 akım iletim karakteristiği Şekil 4.46'da verilmiştir benzetimden $I_Y/I_X = -1$, $I_{Z+}/I_X = 1$ sonuçları elde edilmiştir.



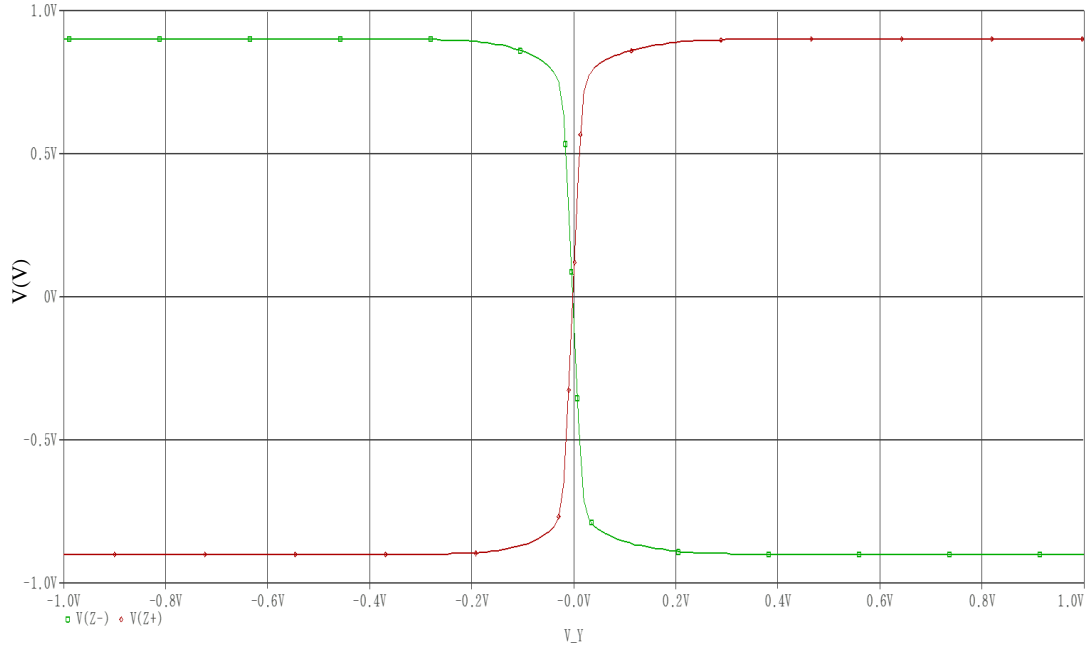
Şekil 4.46 : Devre 6 DC akım iletim karakteristiği.

Devre 6 için V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği Şekil 4.47'de verilmiştir. benzetimden elde edilen sonuçlar incelendiğinde yapının $-0.9V- 0.9V$ aralığında V_X/V_Y izleme oranının neredeyse 1'e eşit olduğu görülmektedir.



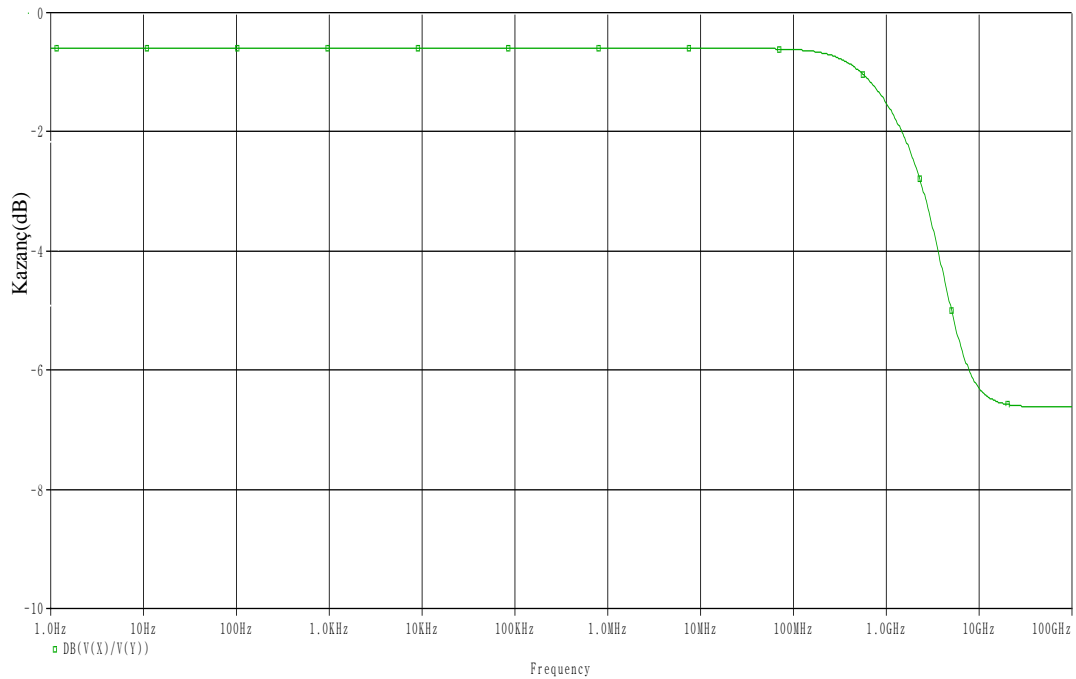
Şekil 4.47 : Devre 6 V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği.

Devre 6 için (V_{Z+})- V_Y gerilim izleme karakteristiği Şekil 4.48’de verilmiştir. Çıkış uçları için gerilimin besleme sınırlarını aşmadığı ve gerçekte maksimum değerinin transistörlerin V_{DS} gerilimlerinin besleme gerilimlerinden çıkarılmış gerilim değerine eşit olabildiği görülmektedir.



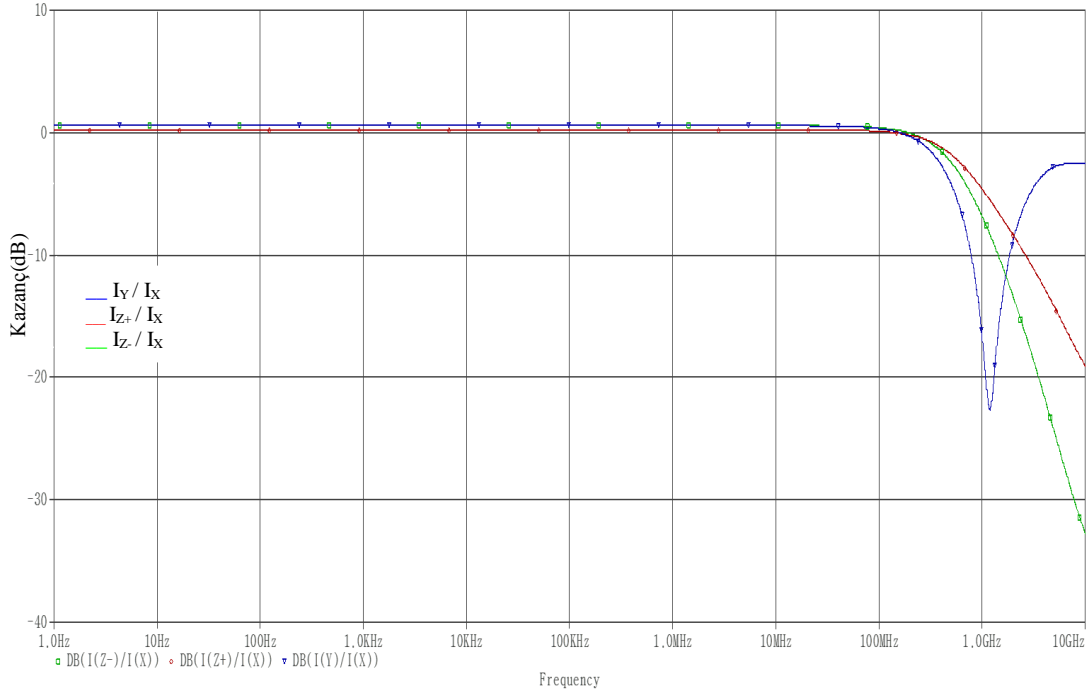
Şekil 4.48 : Devre 6 için (V_{Z+} , V_{Z-})- V_Y karakteristiği.

Devre 6 için V_X/V_Y gerilim izlemesinin frekans cevabı Şekil 4.49’da verilmiştir. Benzetim sonuçları için -3dB kesim frekansı $f_C=3.3\text{GHz}$ olarak saptanmıştır.



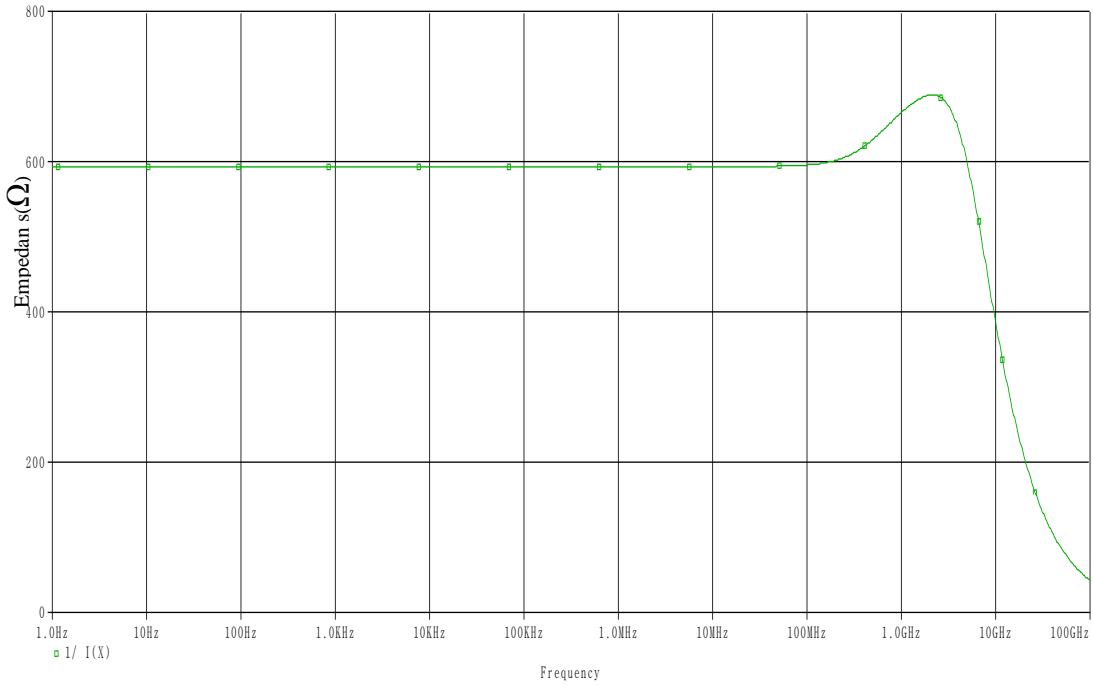
Şekil 4.49 : Devre 6 için V_X/V_Y gerilim izleme frekans cevabı.

Devre 6 için akım kazançlarının frekans cevabı Şekil 4.50’de verilmiştir. Akım kazançları için -3dB kesim frekansları, $f_C(I_Y/I_X)=425.6\text{MHz}$, $f_C(I_{Z+}/I_X)=702.7\text{MHz}$, $f_C(I_{Z-}/I_X)=562.3\text{MHz}$ olarak saptanmıştır.



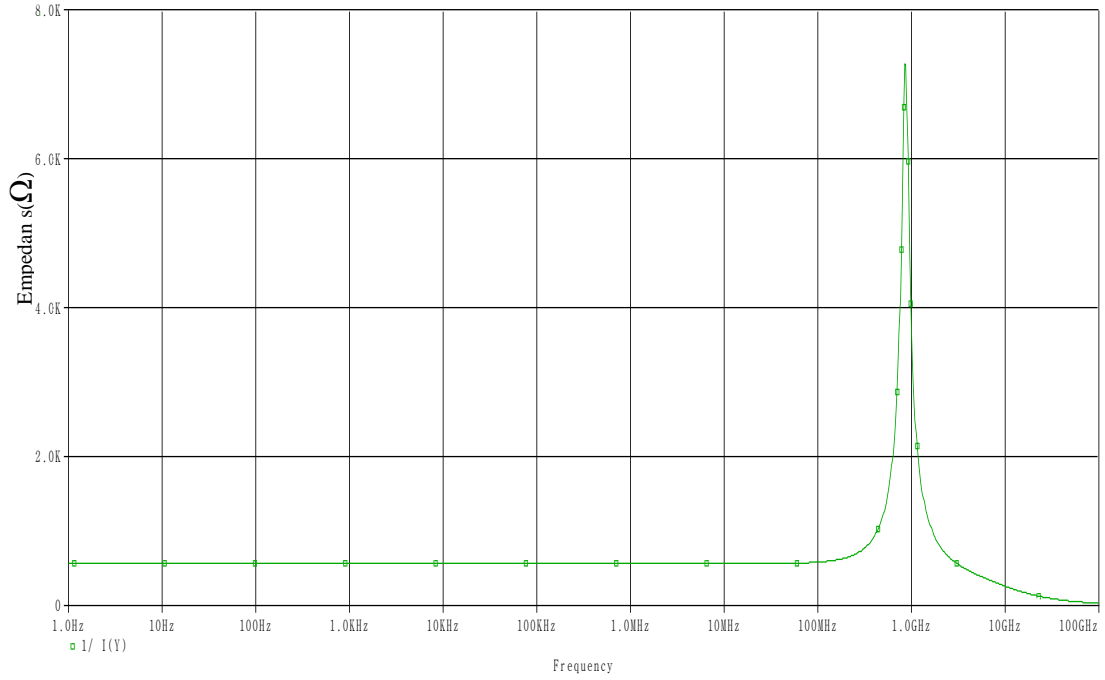
Şekil 4.50 : Devre 6 için akım kazançları frekans cevabı.

Devre 6 için Z_X empedansının frekans cevabı Şekil 4.51’de verilmiştir.



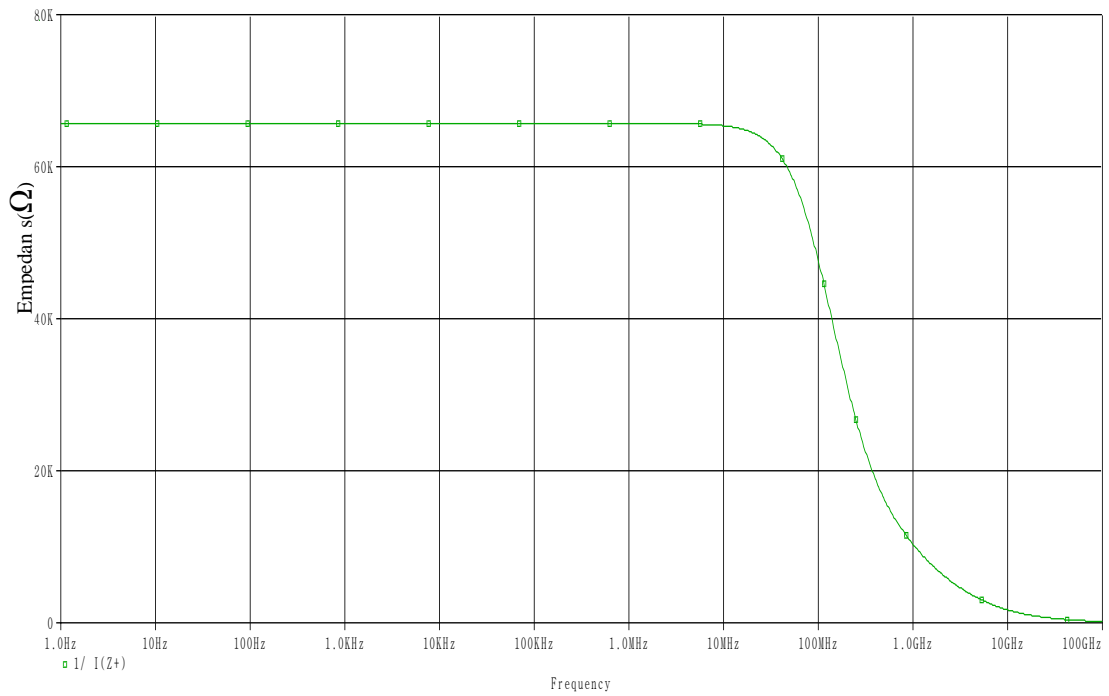
Şekil 4.51 : Devre 6 için Z_X empedansı frekans cevabı.

Devre 6 için Z_Y empedansının frekans cevabının incelendiği bu analizde X kapısının toprağa çekilmesiyle düşük Z_Y empedansı görülmüştür. Frekans cevabı karakteristiği Şekil 4.52’de verilmiştir.



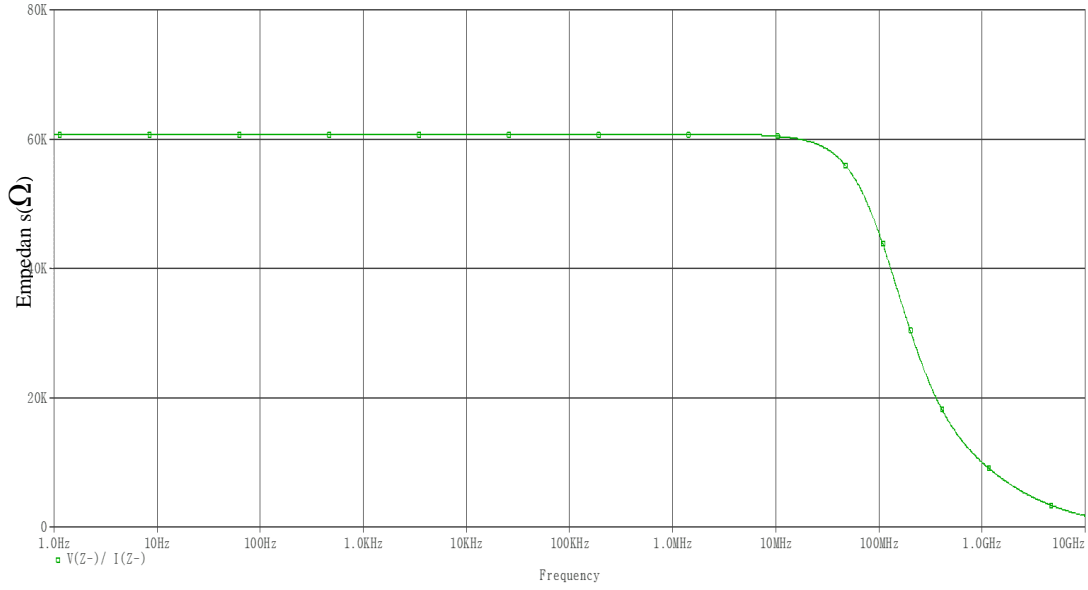
Şekil 4.52 : Devre 6 için Z_Y empedansı frekans cevabı.

Devre 6 için Z_{Z+} empedansının frekans cevabı Şekil 4.53’te verilmiştir. Benzetimden, $R_{Z+}=65.6k\Omega$ ve $f_C=105.7MHz$ olarak bulunmuş, $C_{Z+}=22.9fF$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.53 : Devre 6 için Z_{Z+} empedansı frekans cevabı.

Devre 6 için Z_Z - empedansının frekans cevabı Şekil 4.54'te verilmiştir. Benzetimden, $R_Z=60.7k\Omega$ ve $f_C=112.9MHz$ olarak bulunmuş, $C_Z=23.2fF$ olarak hesaplanmıştır.

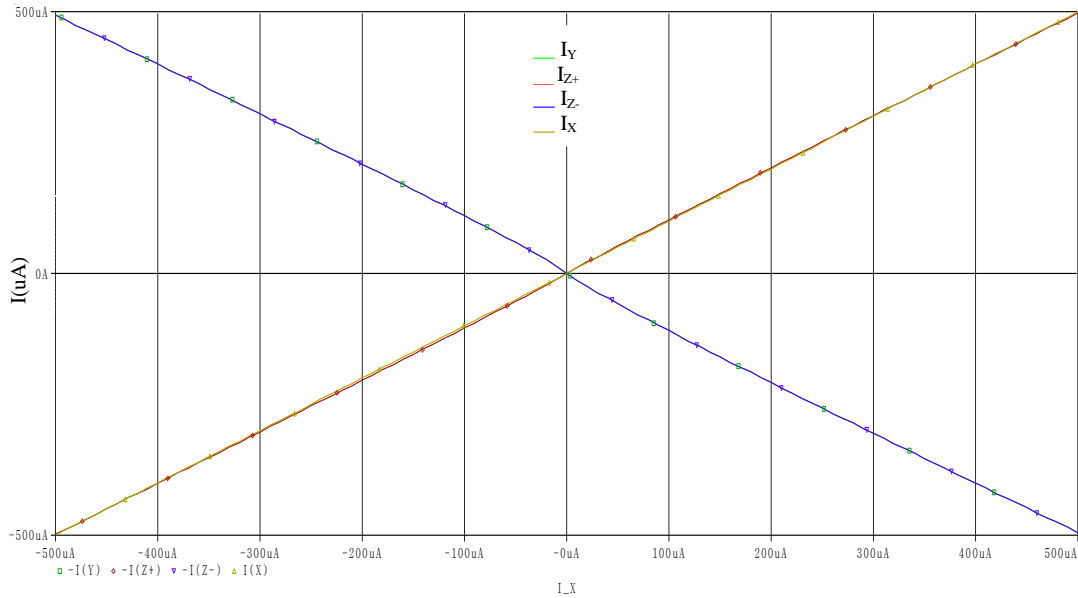


Şekil 4.54 : Devre 6 için Z_Z - empedansı frekans cevabı.

4.2.3 Devre 7 karakteristik eğrileri

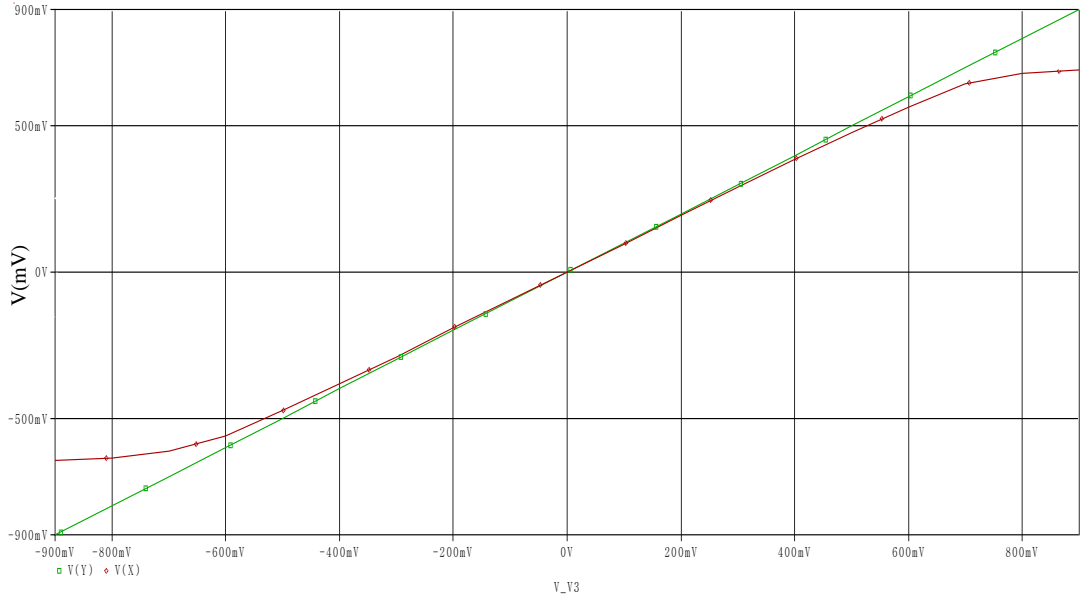
Devre 7 için bölüm başında sıralanmış olan analizler uygulanarak 9 farklı karakteristik eğrisi sunulmuştur.

Devre 7 akım iletim karakteristiği Şekil 4.55'te verilmiştir benzetimden $I_Y/I_X=-1$, $I_{Z+}/I_X = 1$, $I_Z/I_X = -1$ sonuçları elde edilmiştir.



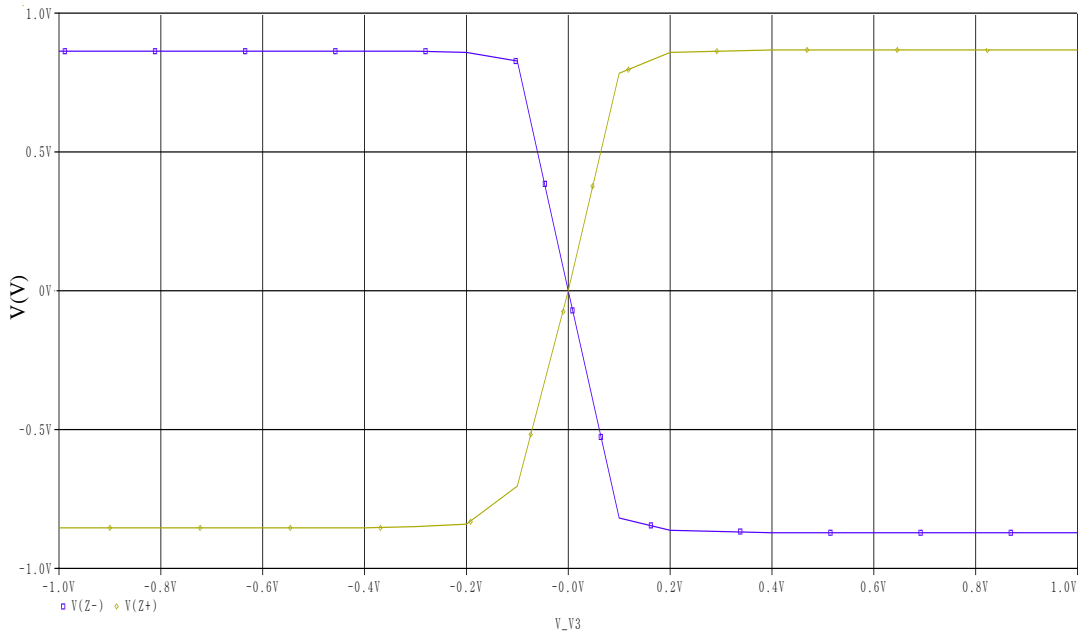
Şekil 4.55 : Devre 7 DC akım iletim karakteristiği.

Devre 7 için V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği Şekil 4.56'da verilmiştir. benzetimden elde edilen sonuçlar incelendiğinde yapının -500mV - 500mV aralığında V_X/V_Y izleme oranının neredeyse 1'e eşit olduğu görülmektedir.



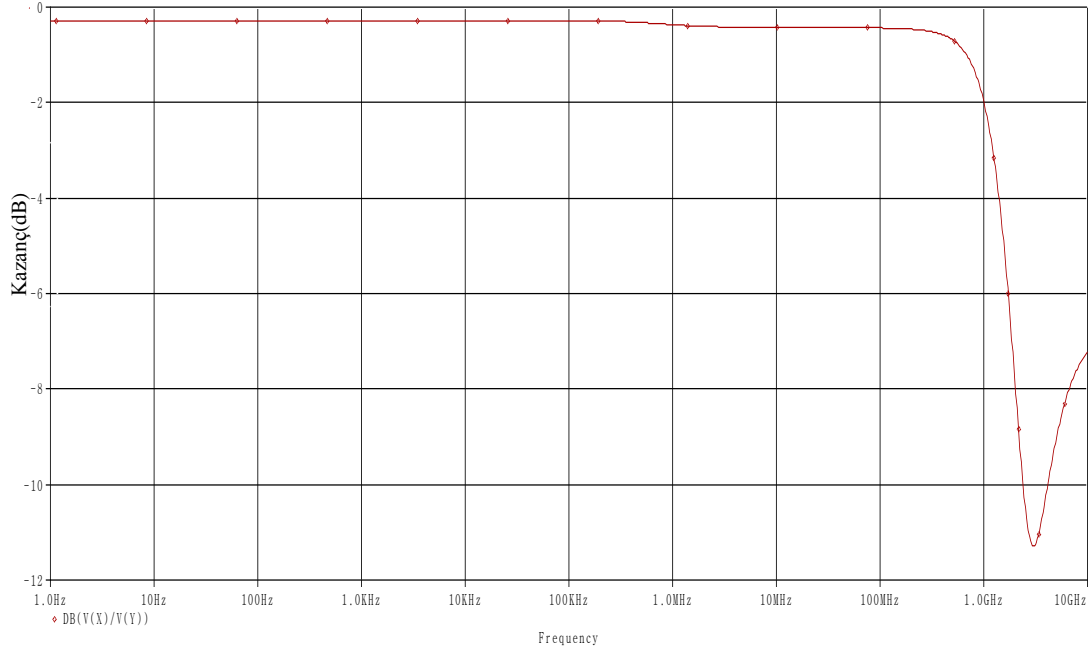
Şekil 4.56 : Devre 7 V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği.

Devre 7 için $(V_{Z+}, V_{Z-})-V_Y$ gerilim izleme karakteristiği Şekil 4.57'de verilmiştir. Çıkış uçları için gerilimin besleme sınırlarını aşmadığı ve gerçekte maksimum transistörlerin V_{DS} gerilimlerinin besleme gerilimlerinden çıkarılmış gerilim değerine eşit olabildiği görülmektedir.



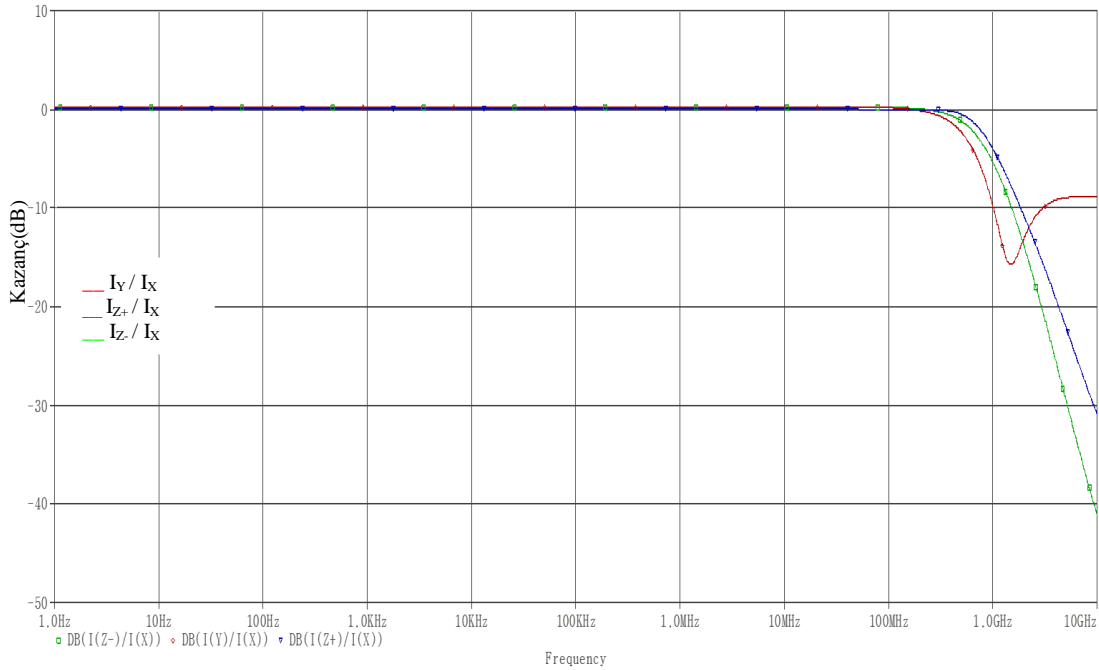
Şekil 4.57 : Devre 7 için $(V_{Z+}, V_{Z-})-V_Y$ karakteristiği.

Devre 7 için V_X/V_Y gerilim izlemesinin frekans cevabı Şekil 4.58’de verilmiştir. Benzetim sonuçları için -3dB kesim frekansı $f_c=1.56\text{GHz}$ olarak saptanmıştır.



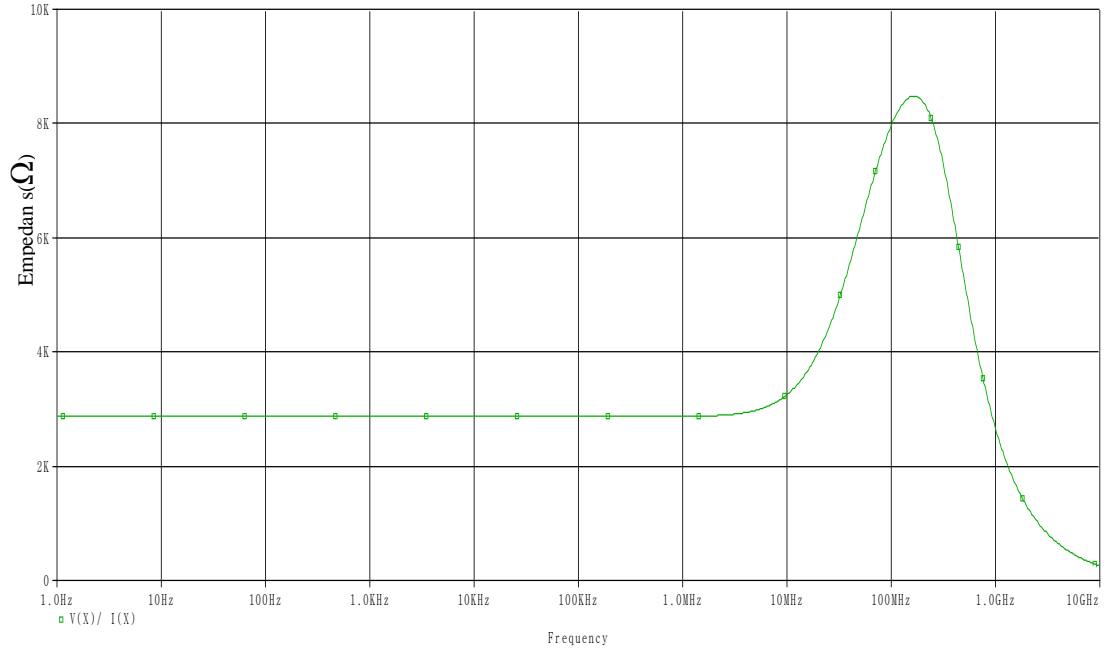
Şekil 4.58 : Devre 7 için V_X/V_Y gerilim izleme frekans cevabı.

Devre 7 için akım kazançlarının frekans cevabı Şekil 4.59’da verilmiştir. Akım kazançları için -3dB kesim frekansları, $f_c(I_Y/I_X)=572.8\text{MHz}$, $f_c(I_{Z+}/I_X)=879.3\text{MHz}$, $f_c(I_{Z-}/I_X)=742.7\text{MHz}$ olarak saptanmıştır.



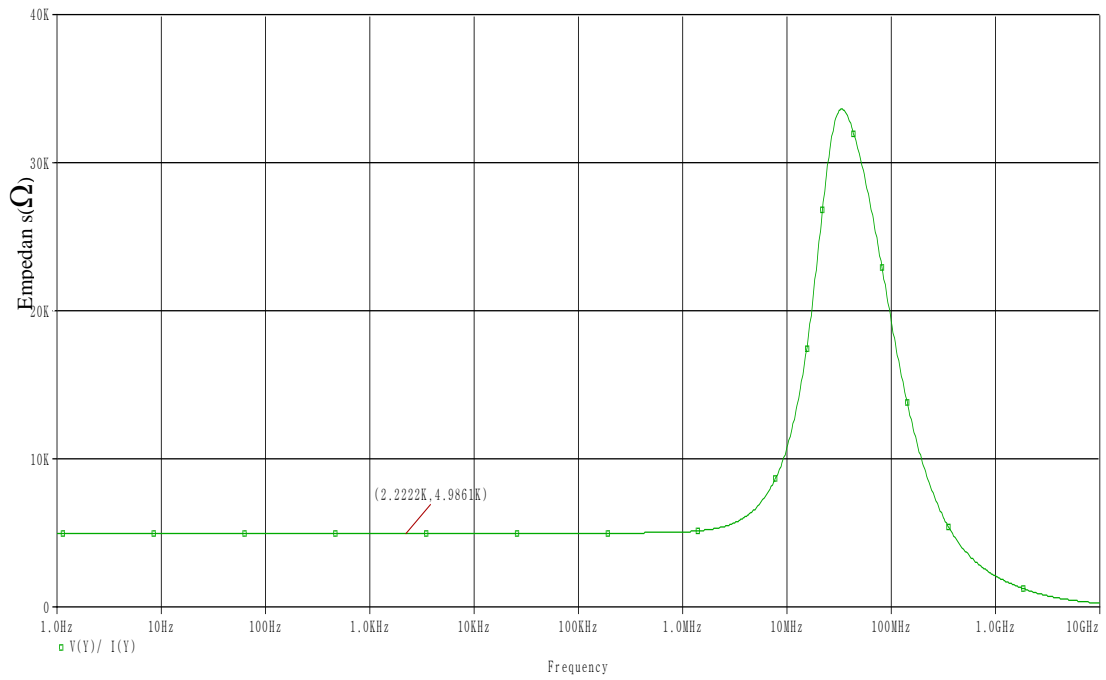
Şekil 4.59 : Devre 7 için akım kazançları frekans cevabı.

Devre 7 için Z_X empedansının frekans cevabı Şekil 4.60'da verilmiştir. Hattan hatta salınımlı giriş yapısının giriş empedanslarına etkisi karakteristikteki değer artışına sebep olmuştur.



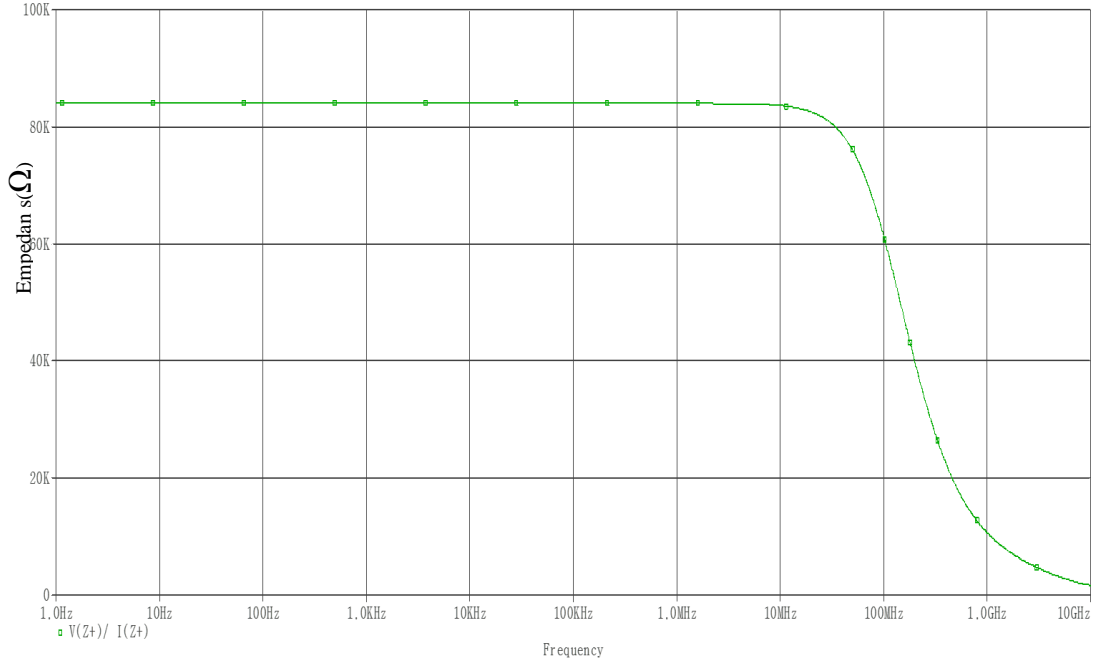
Şekil 4.60 : Devre 7 için Z_X empedansı frekans cevabı.

Devre 7 için Z_Y empedansının frekans cevabının incelendiği bu analizde hattan hatta salınımlı giriş yapısının Y ucundaki empedans değerinin artmasına sebep olduğu görülmektedir. Frekans cevabı karakteristiği Şekil 4.61'de verilmiştir.



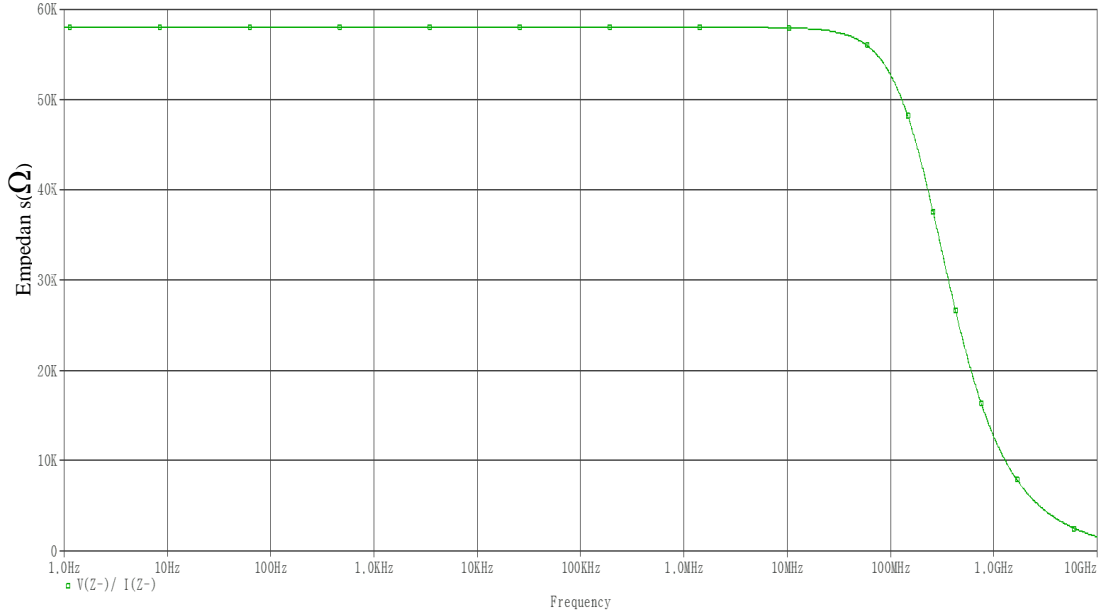
Şekil 4.61 : Devre 7 için Z_Y empedansı frekans cevabı.

Devre 7 için Z_{Z+} empedansının frekans cevabı Şekil 4.62’de verilmiştir. Benzetimden, $R_{Z+}=84k\Omega$ ve $f_C=106.7MHz$ olarak bulunmuş, $C_{Z+}=17.7fF$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.62 : Devre 7 için Z_{Z+} empedansı frekans cevabı.

Devre 7 için Z_{Z-} empedansının frekans cevabı Şekil 4.63’te verilmiştir. Benzetimden, $R_{Z-}=58k\Omega$ ve $f_C= 218.4MHz$ olarak bulunmuş, $C_{Z-}=12.5fF$ olarak hesaplanmıştır.

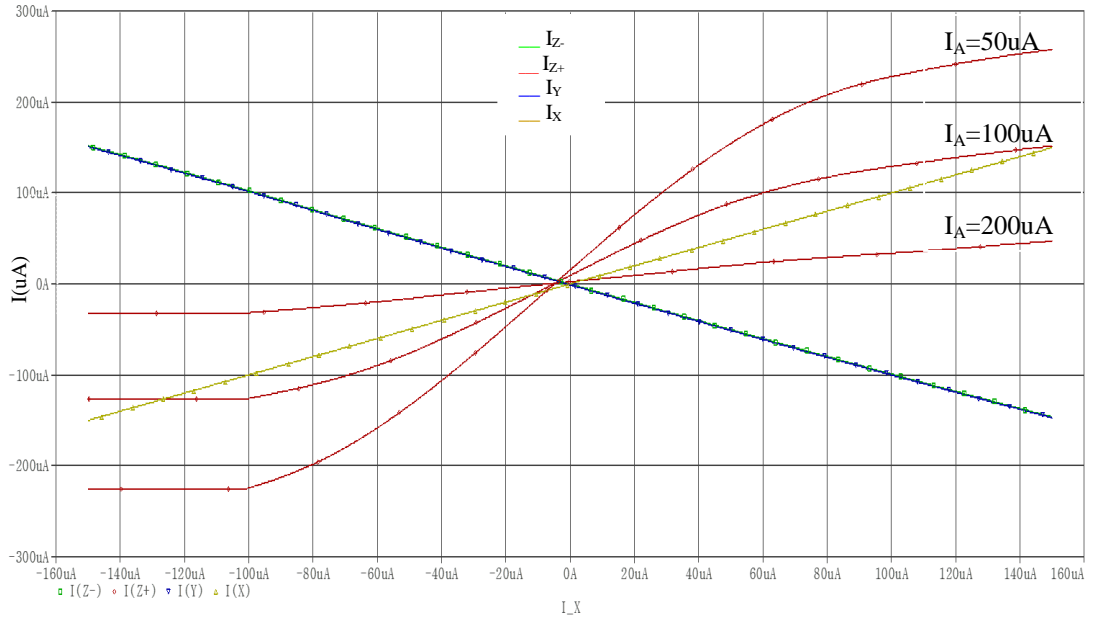


Şekil 4.63 : Devre 7 için Z_{Z-} empedansı frekans cevabı.

4.2.4 Devre 8 karakteristik eğrileri

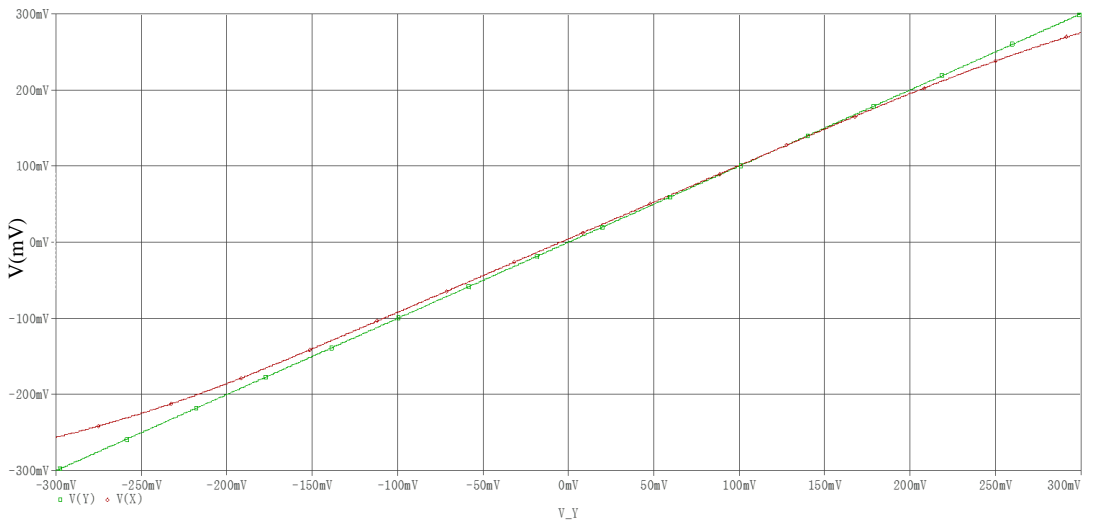
Devre 8 için bölüm başında sıralanmış olan analizler uygulanarak 9 farklı karakteristik eğrisi sunulmuştur.

Devre 8 akım iletim karakteristiği Şekil 4.64'te verilmiştir benzetimden $I_Y/I_X=-1$, $I_Z/I_X = 1$, I_{Z+}/I_X için ECCII devresinin kazanç oranı değiştirilerek farklı sonuçlar elde edilmiştir.



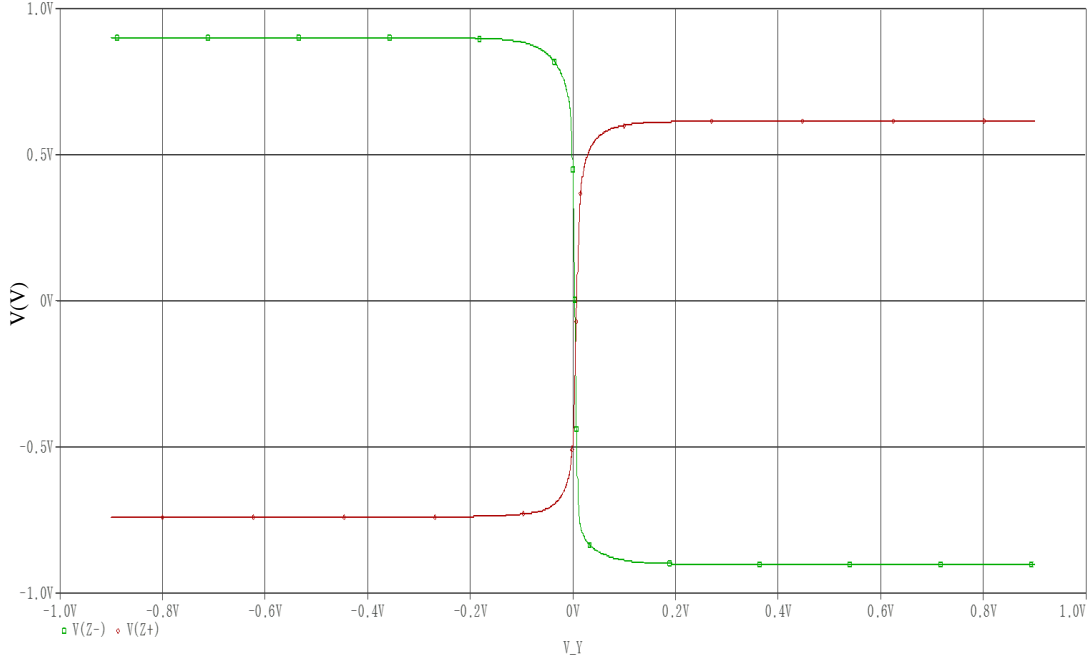
Şekil 4.64 : Devre 8 DC akım iletim karakteristiği.

Devre 8 için V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği Şekil 4.65'te verilmiştir. benzetimden elde edilen sonuçlar incelendiğinde yapının -200mV- 200mV aralığında V_X/V_Y izleme oranının neredeyse 1'e eşit olduğu görülmektedir.



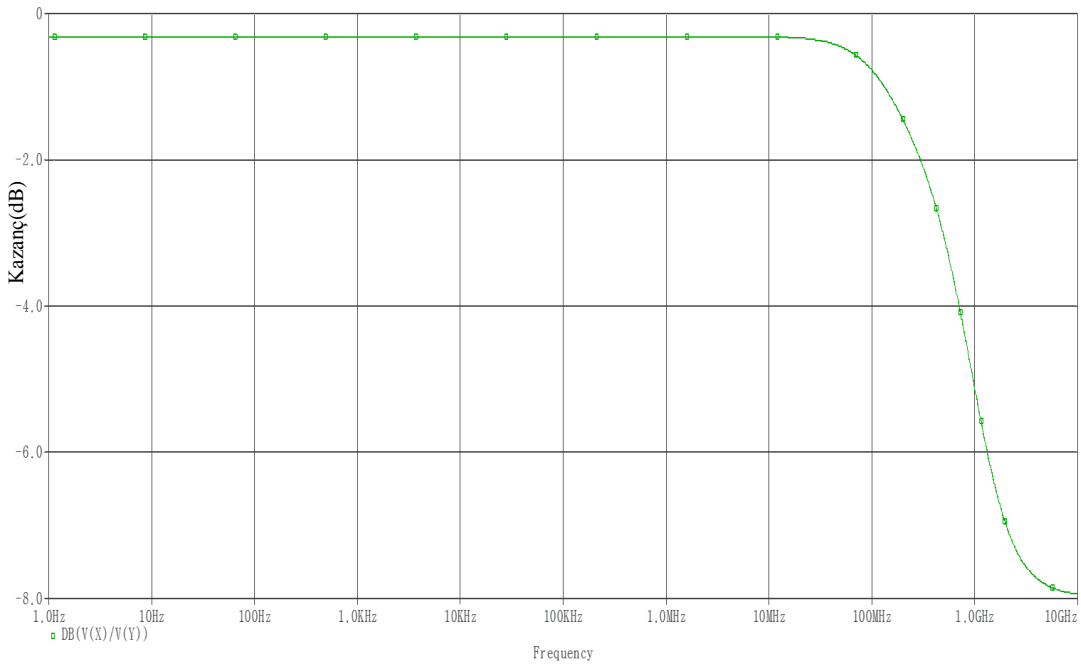
Şekil 4.65 : Devre 8 V_X-V_Y gerilim izleme karakteristiği.

Devre 8 için (V_{Z+} , V_{Z-})- V_Y gerilim izleme karakteristiği Şekil 4.66'da verilmiştir. Çıkış uçları için gerilimin besleme sınırlarını aşmadığı ve gerçekte maksimum değerinin transistörlerin V_{DS} gerilimlerinin besleme gerilimlerinden çıkarıldıktan sonraki gerilim değerine eşit olabildiği görülmektedir.



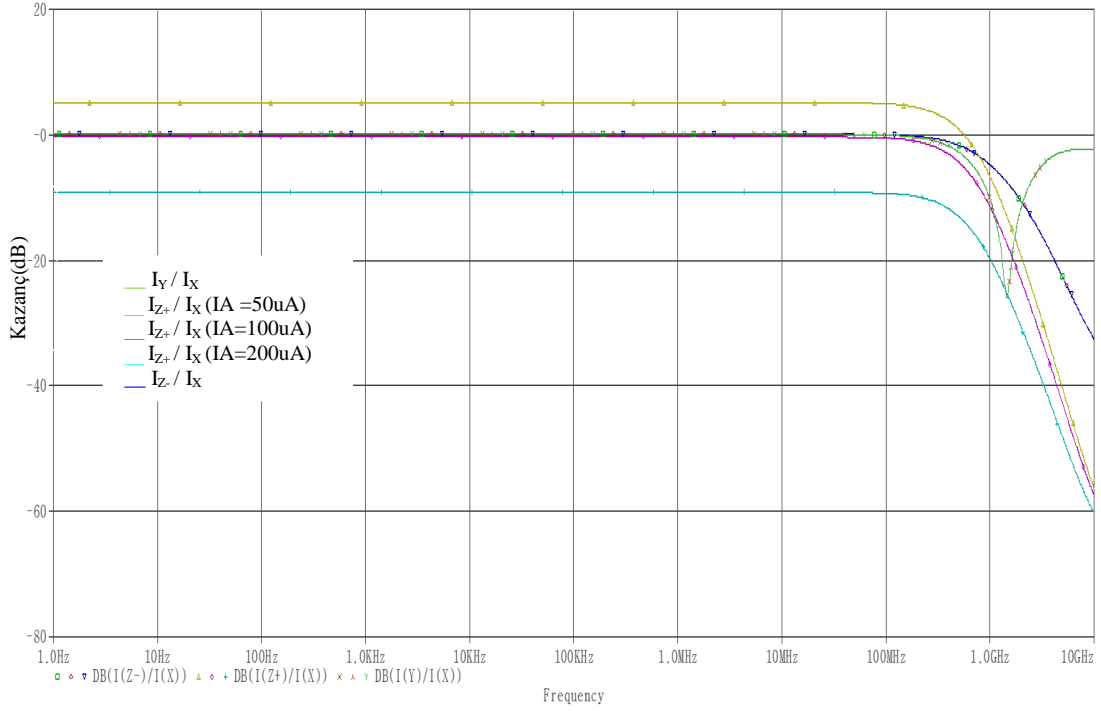
Şekil 4.66 : Devre 8 için (V_{Z+} , V_{Z-})- V_Y karakteristiği.

Devre 8 için V_X/V_Y gerilim izlemesinin frekans cevabı Şekil 4.67'de verilmiştir. Benzetim sonuçları için -3dB kesim frekansı $f_c=567\text{MHz}$ olarak saptanmıştır.



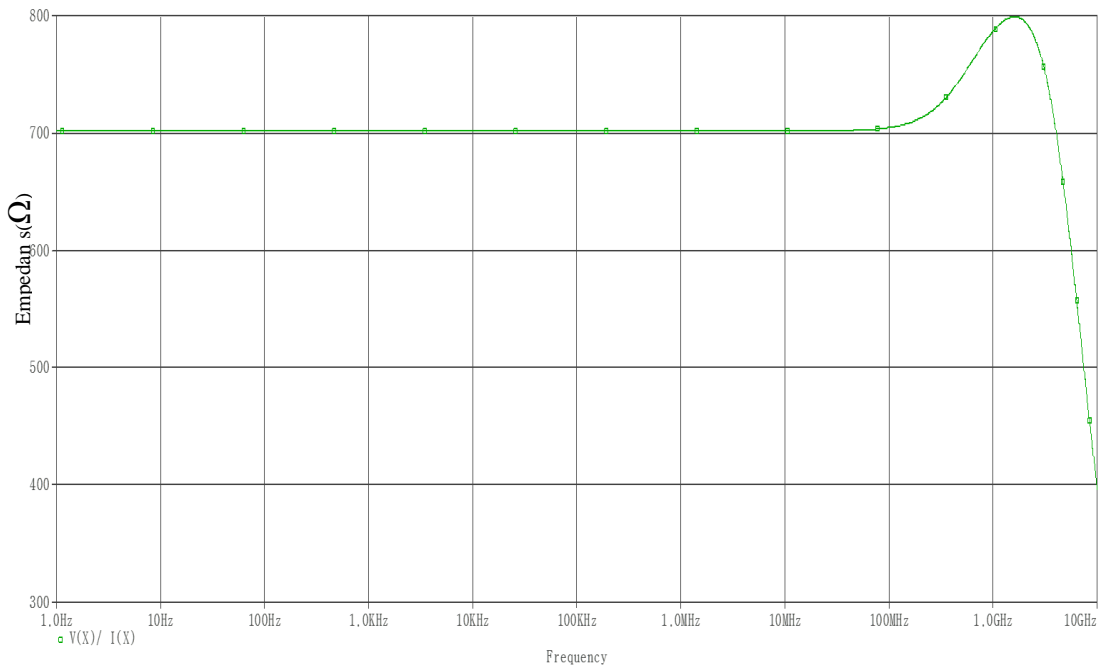
Şekil 4.67 : Devre 8 için V_X/V_Y gerilim izleme frekans cevabı.

Devre 8 için akım kazançlarının frekans cevabı Şekil 4.68’de verilmiştir. Akım kazançları için -3dB kesim frekansları, $f_C(I_Y/I_X)=531\text{MHz}$, $f_C(I_{Z^-}/I_X)=729\text{MHz}$, farklı Z^+ ucu akım kazançları için $f_C(I_{Z^+}/I_X)=410\text{MHz}$, 395MHz , 433MHz olarak saptanmıştır.



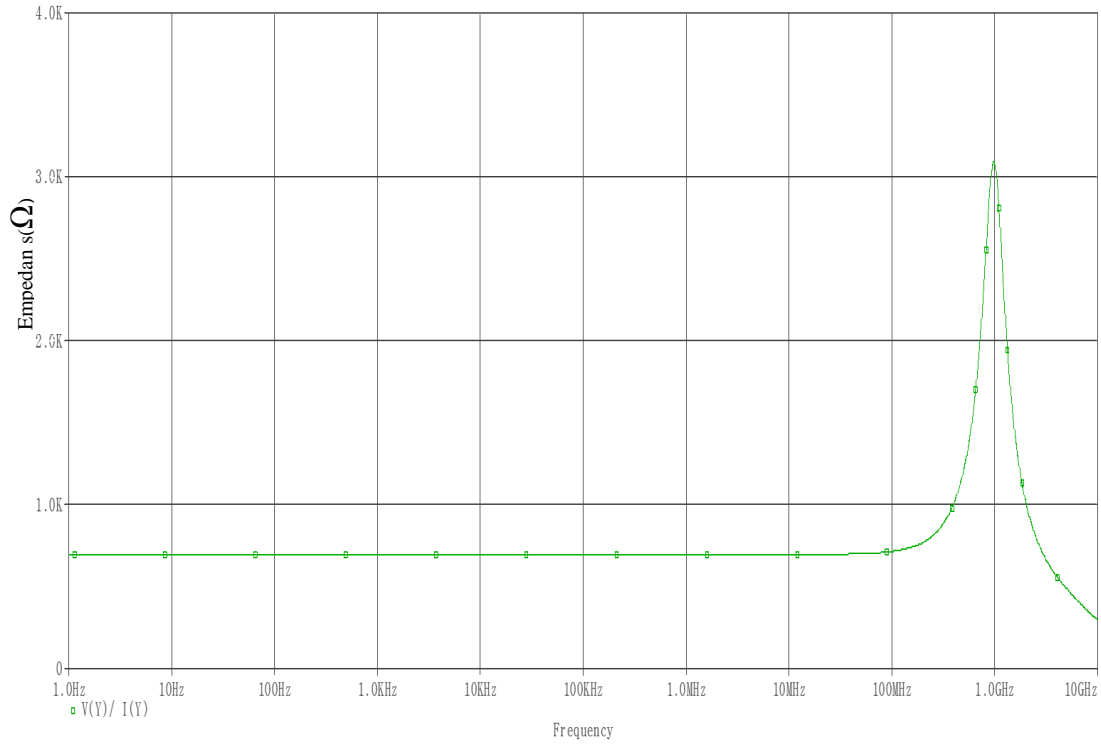
Şekil 4.68 : Devre 8 için akım kazançları frekans cevabı.

Devre 8 için Z_X empedansının frekans cevabı Şekil 4.69’da verilmiştir.



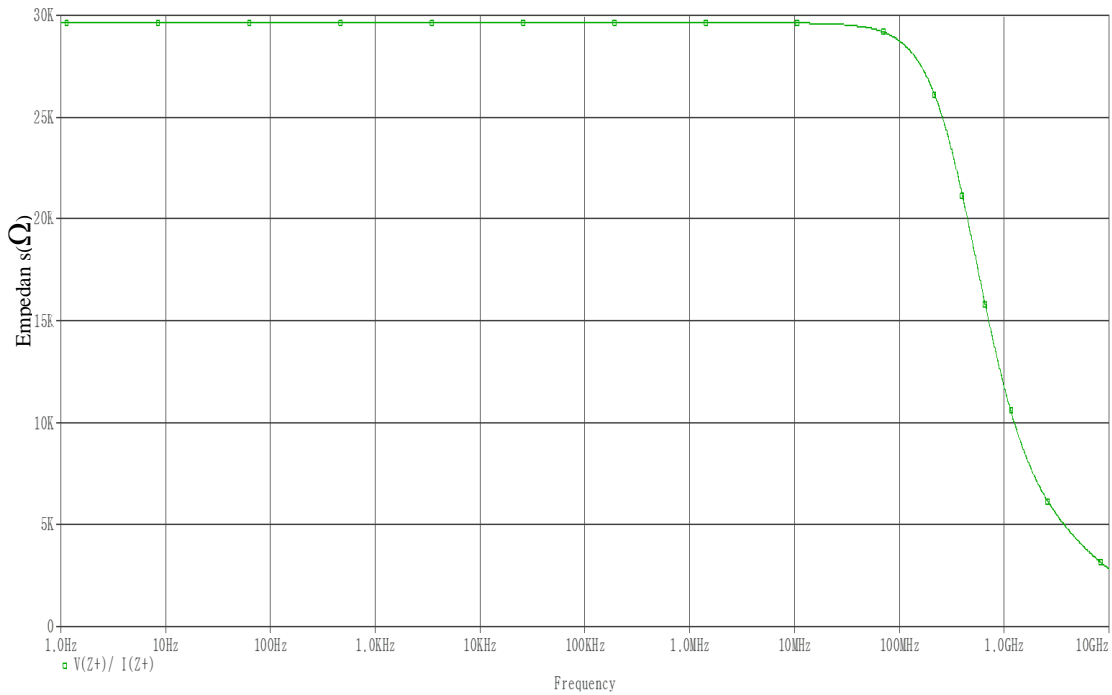
Şekil 4.69 : Devre 8 için Z_X empedansı frekans cevabı.

Devre 8 için Z_Y empedansının frekans cevabı karakteristiği Şekil 4.70’de verilmiştir.



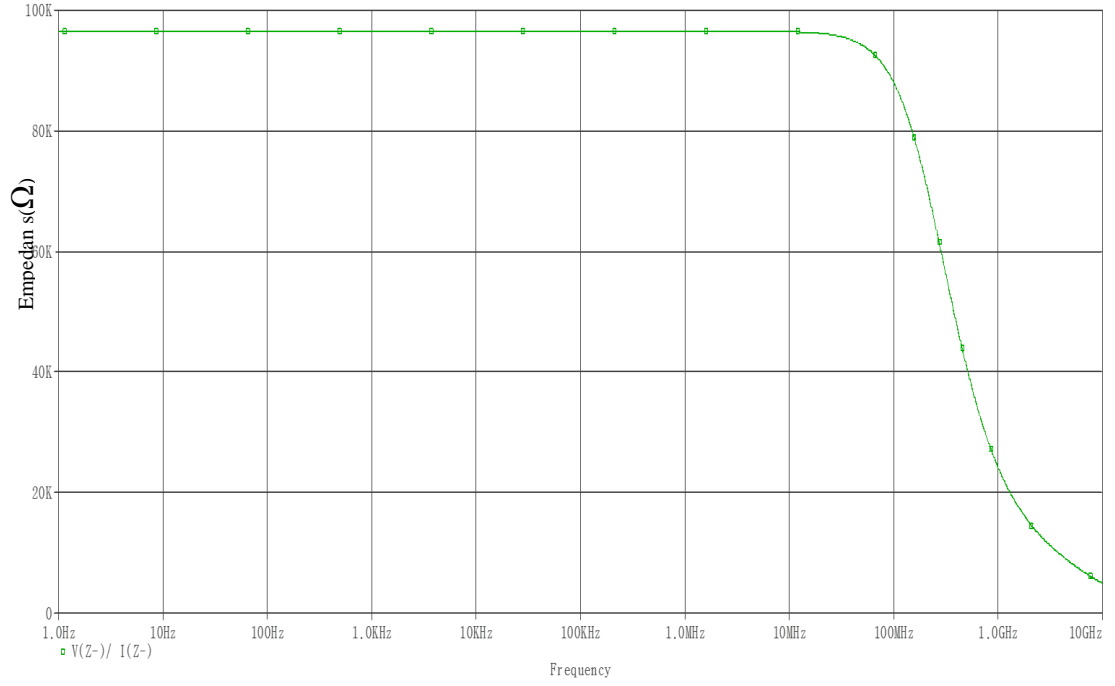
Şekil 4.70 : Devre 8 için Z_Y empedansı frekans cevabı.

Devre 8 için Z_{Z+} empedansının frekans cevabı Şekil 4.71’de verilmiştir. Benzetimden, $R_{Z+}=29.6k\Omega$ ve $f_c=406.6MHz$ olarak bulunmuş, $C_{Z+}=13.2fF$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.71 : Devre 8 için Z_{Z+} empedansı frekans cevabı.

Devre 8 için Z_{Z-} empedansının frekans cevabı Şekil 4.72’de verilmiştir. Benzetimden, $R_{Z-}=96.5k\Omega$ ve $f_C= 230MHz$ olarak bulunmuş, $C_{Z-}=7.1fF$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.72 : Devre 8 için Z_{Z-} empedansı frekans cevabı.

Çizelge 4.1 : Gerçekleştirilen devrelerin benzetim sonuçlarının karşılaştırılması.

Devre	Akım İzleme Aralığı (μA)	Gerilim İzleme Aralığı (mV)	Gerilim İzleme f_c (Hz)	Akım kazancı kesim frekansı f_c (Hz)			Giriş-Çıkış Empedansları (Ω)				Çıkış kapasiteleri (F)	
				I_Y/I_X	I_{Z^+}/I_X	I_{Z^-}/I_X	Z_X	Z_Y	Z_{Z^+}	Z_{Z^-}	C_{Z^+}	C_{Z^-}
Devre 1	-200 - 200	-200 - 200	39.4M	125.2M	29.3M	32.2M	58	104	16k	12k	0.2p	65f
Devre 2	-300 - 300	-300 - 300	451.7M	1.7G	711M	673M	592	662	65k	60k	21f	23f
Devre 3	-500 - 500	-800 - 800	277.7M	18M	20.1M	17M	2.8k	2.4k	6M	3M	21f	28f
Devre 4	-200 - 200	-250 - 250	597.7M	1.7G	928M	823M	3.5k	3.5k	361k	50k	6.7f	8.5f
Devre 5	-200 - 200	-200 - 200	62.1M	63.8M	79.5M	65.1M	85	608	35k	45k	21f	79f
Devre 6	-500 - 500	-800 - 800	3.3G	425.6M	702.7M	562.3M	583	602	65k	60k	23f	23f
Devre 7	-500 - 500	-500 - 500	1.56G	572.8M	876.3M	742.7M	2.9k	4.9k	84k	58k	17f	13f
Devre 8	-200 - 200	-200 - 200	567M	531M	729M	410M	704	730	29k	96k	13f	7f

5. UYGULAMALAR

Gerçekleştirilen ve benzetimleri yapılmış olan CCI ve CCII yapılarının çeşitli uygulama devreleri üzerindeki performanslarının sergilenmesi için çeşitli çalışmalarda elde edilmiş sistematik metodlarla oluşturulmuş yeni tüm geçiren süzgeç yapıları ve CCII yapısıyla sağlanmış endüktans bezetimi kullanılarak oluşturulan alçak geçiren-yüksek geçiren süzgeç yapısı kullanılmıştır.

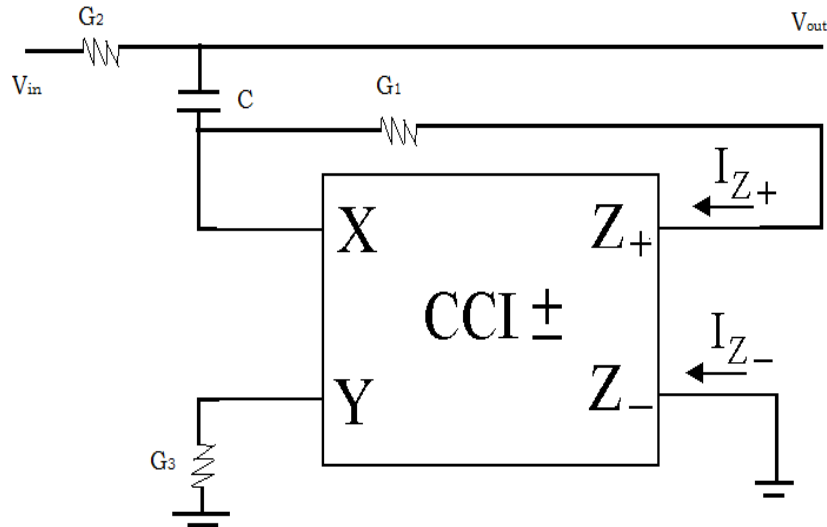
5.1 Kullanılan Uygulama Devreleri

5.1.1 Tüm geçiren süzgeçler

Tüm geçiren süzgeçler(all-pass filters) belirli bir kesim frekansına sahip olmayan ve belirli frekans aralıklarına bağlı olmaksızın çalışan süzgeç yapılarıdır. Bu tür süzgeçlerle ilgili çeşitli yapılar bulunmaktadır.

5.1.1.1 CCI yapıları ile oluşturulmuş tüm geçiren süzgeç

Bu çalışmada aktif eleman olarak birinci kuşak akım taşıyıcı (CCI) devresi kullanılmış ve tüm geçiren süzgecin karakteristiklerinin elde edilebilmesi için CCI devrelerine ait tanım bağıntılarından yararlanılmıştır.



Şekil 5.1 : CCI yapısıyla oluşturulmuş tüm geçiren süzgeç [4].

Birinci derece tüm geçiren süzgecin transfer fonksiyonu,

$$\frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = K \frac{1 - s\tau}{1 + s\tau} \quad (5.1)$$

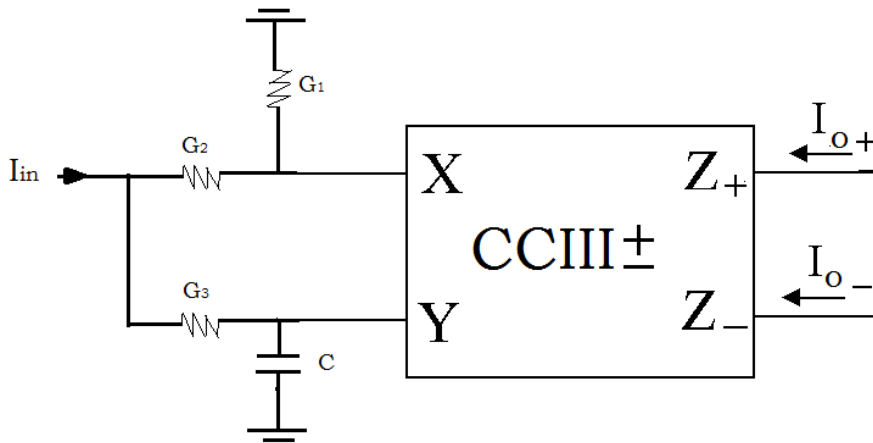
eşitliğiyle ifade edilir. Eşitlikte görülen K kazanç sabitini temsil etmektedir ve K'nın önündeki işaretin negative veya pozitif olması tüm geçiren süzgeç açısından faz kaydırmanın $0-\pi$ ya da $\pi-0$ aralığında olduğunu gösterir, eşitlikte bulunan τ ise zaman sabitini ifade eder. Yapıdaki CCI'nın bacaklarına bağlanan dirençler CCI iç yapısından kaynaklanan parazitik direnç etkilerini minimuma indirebilmemize yardımcı olur. Şekil 5.1'de verilen tüm geçiren süzgeç yapısındaki G_2 ve G_3 dirençlerinin eşit seçilmesi durumunda süzgecin transfer fonksiyonu,

$$G_2 = G_3 \Rightarrow \frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = \frac{2G_3 - sC}{2G_3 + sC} \quad (5.2)$$

olmaktadır.

5.1.1.2 CCIII yapıları ile oluşturulmuş tüm geçiren süzgeç

Bu çalışmada aktif eleman olarak üçüncü kuşak akım taşıyıcı (CCIII) devresi kullanılmış ve tüm geçiren süzgecin karakteristiklerinin elde edilebilmesi için CCIII devrelerine ait tanım bağıntılarından yararlanılmıştır.



Şekil 5.2 : CCIII yapıyla oluşturulmuş tüm geçiren süzgeç [25].

Şekil 5.2'de verilen devre için Z_+ ve Z_- çıkışlarından farklı iki transfer fonksiyonu elde etmek mümkündür.

Z_+ çıkışından elde edilen transfer fonksiyonu,

$$Tf_1 = \frac{I_{O+}(s)}{I_{in}(s)} = \frac{G_2 G_3 - sC G_1}{(G_1 + G_3)(G_2 + sC)} \quad (5.3)$$

Z_- çıkışından elde edilen transfer fonksiyonu,

$$Tf_2 = \frac{I_{O-}(s)}{I_{in}(s)} = \frac{-G_2 G_3 + sC G_1}{(G_1 + G_3)(G_2 + sC)} \quad (5.4)$$

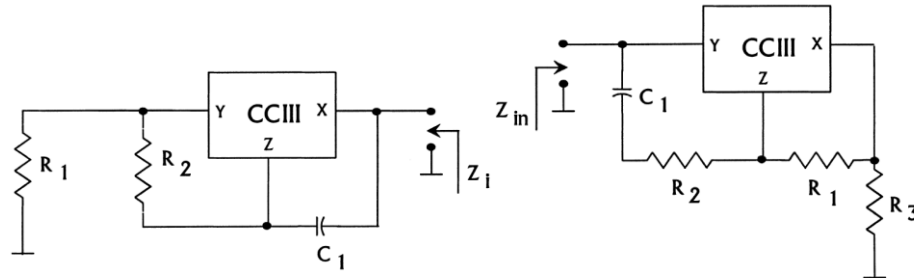
eşitlikleriyle ifade edilebilir.

(5.3) ve (5.4) numaralı bağıntılarda $G_1 = G_3$ seçildiğinde transfer fonksiyonları,

$$Tf_1 = \frac{1}{2} \frac{G_2 - sC}{G_2 + sC}, \quad Tf_2 = -\frac{1}{2} \frac{G_2 - sC}{G_2 + sC} \quad (5.5)$$

haline gelir.

5.1.2 CCIII yapılarıyla gerçekleştirilen endüktans benzetimi ve alçak geçiren-yüksek geçiren süzgeç uygulaması



Şekil 5.3 : Seri (soldaki) ve paralel (sağdaki) R-L benzetim yapıları [26].

Şekil 5.3' CCIII yapıları kullanılarak oluşturulmuş endüktans benzetim devreleri görülmektedir ilk devre seri R-L devresi ikinci devre ise paralel R-L devresini karakterize edebilmektedir.

Seri R-L benzetimi devresi için,

$$Z = sC_1 R_1 R_2 + 2R_1 \quad (5.6)$$

$$Leq = C_1 R_1 R_2, \quad Req = 2R_1 \quad (5.7)$$

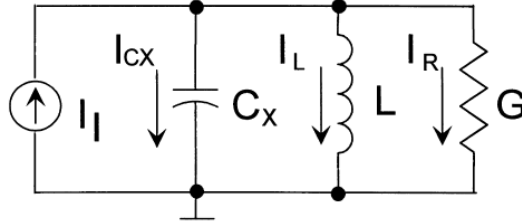
eşitlikleri geçerlidir.

Paralel R-L benzetim devresi için,

$$Z = \frac{s C_1 R_1 R_3}{(s C_1 (2R_1 + R_2) + 1)} \quad (5.8)$$

$$Leq = C_1 R_1 R_3, \quad Req = \frac{R_1 R_3}{2R_1 + R_3} \quad (5.9)$$

eşitlikleri geçerlidir.



Şekil 5.4 : R-L-C devresi.

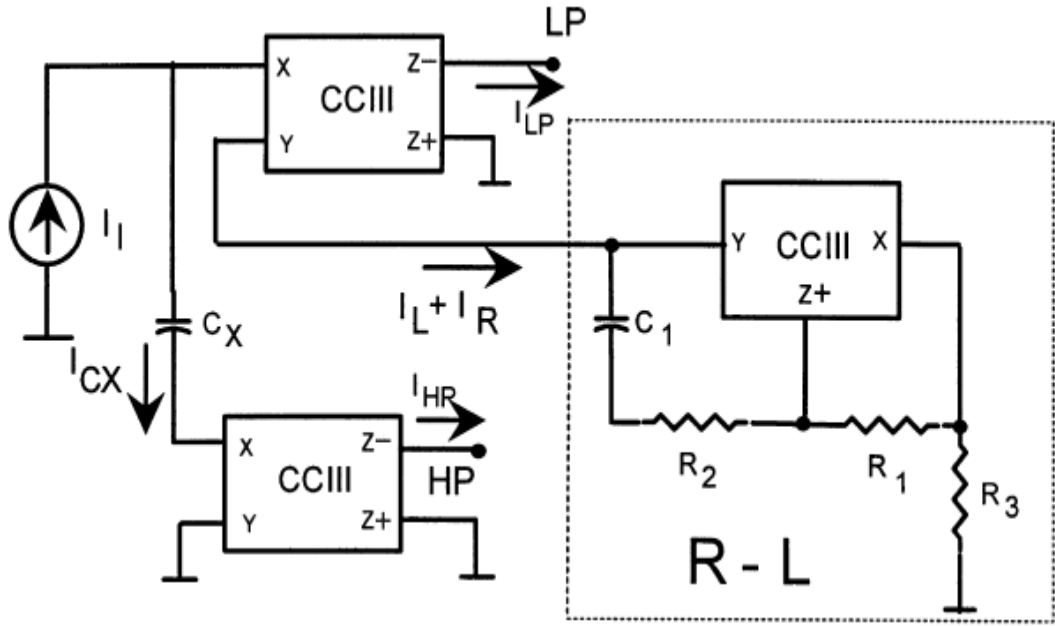
Şekil 5.4'de verilen klasik R-L-C devresi göz önüne alındığında transfer fonksiyonları,

$$H_1(s) = \frac{I_R}{I_{in}} = \frac{\frac{G}{C} s}{s^2 + \frac{G}{C} s + \frac{1}{LC}} \quad (5.10)$$

$$H_2(s) = \frac{I_C}{I_{in}} = \frac{s^2}{s^2 + \frac{G}{C} s + \frac{1}{LC}} \quad (5.11)$$

$$H_3(s) = \frac{I_L}{I_{in}} = \frac{\frac{1}{CL}}{s^2 + \frac{G}{C} s + \frac{1}{LC}} \quad (5.12)$$

olduğundan CCIII yapısı kullanılarak gerçekleştirilen paralel R-L endüktans benzetimi devresi yardımıyla ek 3 CCIII yardımıyla bir R-L-C devresi benzetimi yapmak mümkündür.

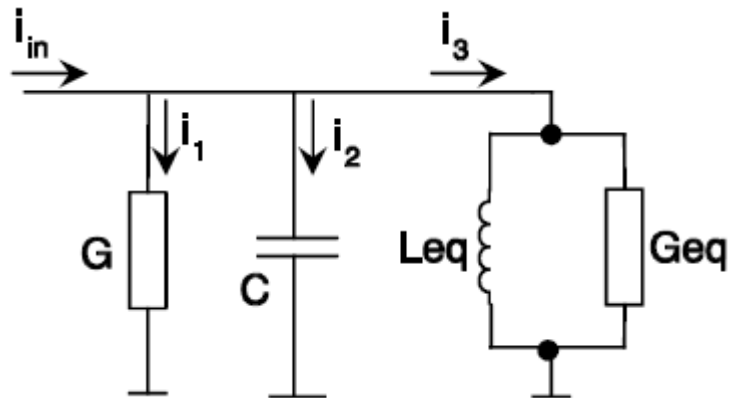


Şekil 5.5 : CCIII ile gerçekleştirilmiş paralel R-L benzetimi kullanılan süzgeç devresi [26].

Şekil 5.5’de verilen CCIII yapılarıyla oluşturulmuş alçak geçiren-yüksek geçiren süzgeç yapısı için de aynı transfer fonksiyonları geçerli olmaktadır.

5.1.3 MCCIII yapılarıyla gerçekleştirilen endüktans benzetimi ve evrensel süzgeç uygulaması

Akım modlu pasif süzgeç Şekil 5.6’da verilen RLC elemanlarıyla gerçekleştirilebilir. Devredeki giriş akımı I_{in} , çıkış akımları I_1 , I_2 ve I_3 alçak geçiren yüksek geçiren ve band geçiren süzgeç özelliklerini aynı anda sağlayabilmektedir.



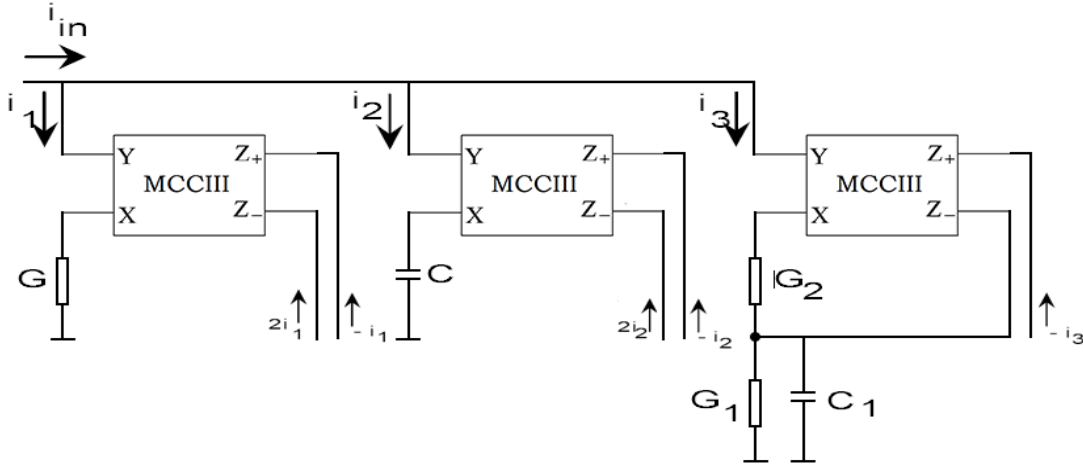
Şekil 5.6 : Evrensel süzgeç yapısı.

$$\frac{I_1}{I_{in}} = \frac{sL_{eq}G}{s^2 \cdot L_{eq} \cdot C + s \cdot L_{eq}(G + G_{eq}) + 1} \quad (5.13)$$

$$\frac{I_2}{I_{in}} = \frac{s^2 \cdot L_{eq} \cdot C}{s^2 \cdot L_{eq} \cdot C + s \cdot L_{eq}(G + G_{eq}) + 1} \quad (5.14)$$

$$\frac{I_3}{I_{in}} = \frac{sL_{eq}G_{eq} + 1}{s^2 \cdot L_{eq} \cdot C + s \cdot L_{eq}(G + G_{eq}) + 1} \quad (5.15)$$

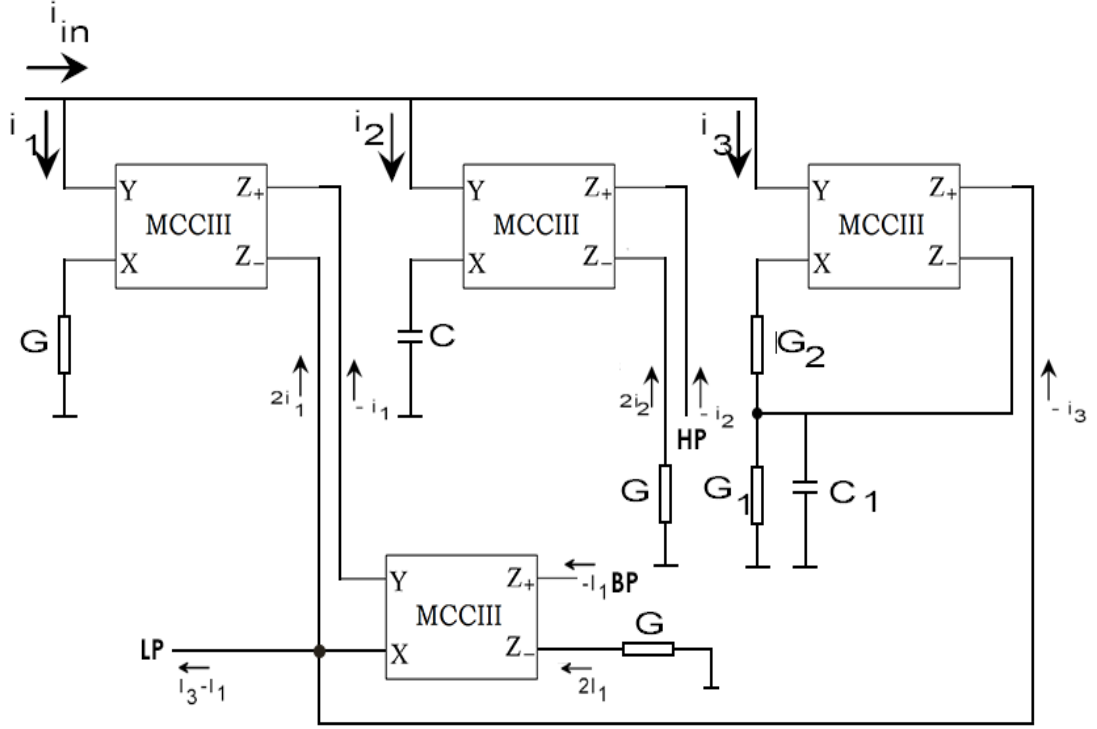
Yukarıda verilen eşitliklerden görülebileceği gibi (5.13) ikinci dereceden bant geçiren transfer fonksiyonunu, (5.14) ikinci dereceden yüksek geçiren transfer fonksiyonunu sağlamaktadır. Alçak geçiren transfer fonksiyonu içinse (5.13), (5.15)'den çıkarılmalıdır.



Şekil 5.7 : MCCIII kullanılarak gerçekleştirilmiş RLC yapısı.

MCCIII yapıları kullanılarak gerçekleştirilmiş RLC benzetimi devresi Şekil 5.7'de verilmiştir. Devrede MCCIII₁ direnç üzerindeki akımı, MCCIII₂ kapasite üzerindeki akımı kullanmak için, MCCIII₃ ise endüktans benzetimi için kullanılmıştır. Endüktans benzetimi için aşağıdaki eşitlikler geçerlidir.

$$L_{eq} = \frac{C_1}{G_1^2}, G_{eq} = G_1 \quad (5.16)$$



Şekil 5.8 : MCCIII'ler kullanılarak gerçekleştirilmiş evrensel süzgeç yapısı [27].

Şekil 5.8'de verilen evrensel süzgeç yapısı için,

$$G = G_{eq} = G_1 = G_2 \quad (5.17)$$

olduğu durumda $I_4 = I_3 - I_1$ ise,

$$\frac{I_4}{I_{in}} = \frac{1}{s^2 \cdot L_{eq} \cdot C + s \cdot L_{eq} (G + G_{eq}) + 1} \quad (5.18)$$

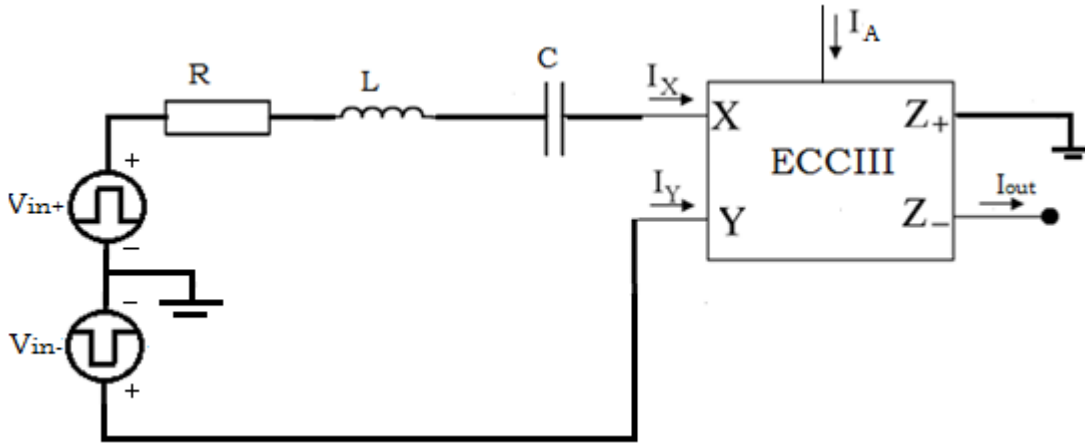
yazılabilir. Bu eşitlik bize alçak geçiren transfer fonksiyonunu sağlamaktadır. Evrensel süzgecin açısal frekansı ve kalite faktörü,

$$Q = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{C}{C_1}}, \quad \omega_0 = \frac{G}{\sqrt{C_1 C}} \quad (5.19)$$

eşitlikleriyle hesaplanabilir.

5.1.4 ECCIII yapısı kullanılarak gerçekleştirilmiş ayarlanabilir genlikli rezonans devresi uygulaması

Rezonans, bobin ve kondansatör kullanılan AC elektrik ve elektronik devrelerinde oluşan özel bir durumdur. Herhangi bir AC devrede bobinin "Endüktif Reaktans" ı ile kondansatörün "Kapasitif Reaktans" ının eşit olması halinde, devre rezonansa girer ve belirlenen rezonans frekansında sinüsoidal bir salınım yapar. Rezonans akımı devrenin empedansına göre değer alır ve sabit kalır.



Şekil 5.9 : Ayarlanabilir genlikli rezonans devresi.

Şekil 5.9'da ayarlanabilir genlikli rezonans devresi verilmiştir. Devrenin çıkışına bağlanan ECCIII elemanı sayesinde RLC devresinin rezonans akımının genliği değiştirilebilmektedir. Rezonans devresi için,

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, Q = \frac{\omega L}{R} \quad (5.20)$$

eşitlikleri geçerlidir. ECCIII devresinin Y ucundaki akım X ucundaki akımın -1 katı olduğundan devrenin girişine simetrik kare dalga uygulandığında RLC devresinin besleme durumu gerçekleşmekte ve ECCIII elemanının giriş işareti RLC devresinin rezonans akımı olmaktadır. Örnek olarak çarpıcı devresini göz önüne aldığımızda üretilen kare dalga şekli için işaretin birinci, üçüncü ve beşinci harmoniğinin alınabilmesi ve bu harmoniklerin genliklerinin elektronik olarak kontrol edilebilmesi önerilen devreyle mümkün kılınmaktadır. ECCIII'ün sağlamış olduğu kontrol edilebilir çıkış akımı kazancı sayesinde çıkış işaretinin genliği ayarlanabilir hale gelmektedir.

5.2 Benzetim Sonuçları

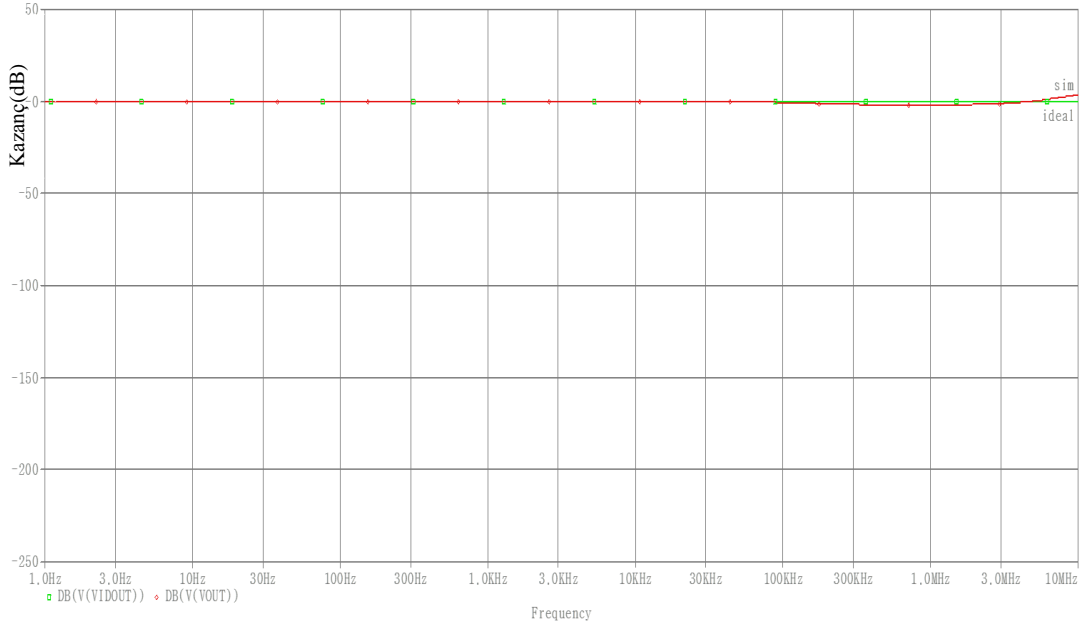
CCI yapıları kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS devrelerinin benzetimleri için Devre1 ve Devre2 kullanılmıştır. Eleman değerleri olarak benzetimler için $f_C=159\text{kHz}$ olacak şekilde $G_1=100\Omega$ $G_2=G_3=2\text{k}\Omega$ ve $C=1\text{nF}$ olarak seçilmiştir.

CCIII yapıları kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS devrelerinin benzetimleri için Devre 4, Devre 5, Devre 6 ve Devre 7 kullanılmıştır. Eleman değerleri olarak ilk benzetimde $f_C=159\text{kHz}$ olacak şekilde $G_1=G_2=G_3=1\text{k}\Omega$ ve $C=1\text{nF}$ olarak seçilmiştir. İkinci benzetimde $f_C=1.59\text{MHz}$ olacak şekilde için direnç değerleri aynı tutularak $C=100\text{pF}$ olarak seçilmiştir. Üçüncü benzetimde $f_C=79.5\text{kHz}$ olacak şekilde için direnç değerleri $1\text{k}\Omega$ $C=2\text{nF}$ olarak seçilmiştir. Dördüncü benzetimde $f_C=159\text{kHz}$ olacak şekilde direnç değerleri $1\text{k}\Omega$ $C=1\text{nF}$ olarak seçilmiştir.

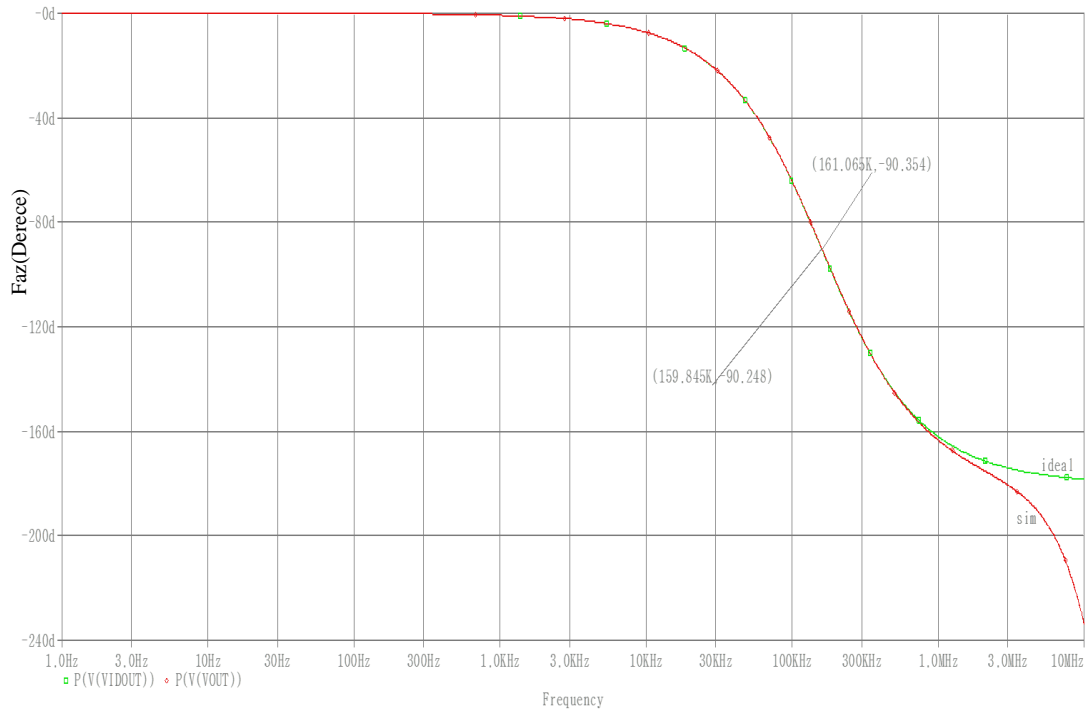
CCIII yapıları ile oluşturulmuş endüktans benzetimi süzgeç devresi için Devre 6 kullanılmıştır. Endüktans benzetiminde $L_{eq}=100\mu\text{H}$ ve $R_{eq}=2\text{k}$ olacak şekilde eleman değerleri $C_1=100\text{pF}$, $R_1=1\text{k}$, $R_2=1\text{k}$ olarak seçilmiştir. Süzgeç devresi benzetiminde $L_{eq}=500\mu\text{H}$ $R_{eq}=333\Omega$ ve $f_p=159\text{kHz}$ olacak şekilde $C_X=2\text{nF}$, $R_1=R_2=R_3=1\text{k}\Omega$ $C_1=500\text{pF}$ olarak seçilmiştir.

MCCIII yapıları ile oluşturulmuş evrensel süzgeç uygulaması için Devre 5 kullanılmış ve Z- uçlarının kazançları -2 olacak şekilde transistör boyutları ayarlanmıştır. Benzetimde $f_0=100\text{kHz}$ 'lik bir orta frekans sağlaması için pasif elemanların değerleri $R_1=R_2=R_3=1125\Omega$, $C_1=1\text{nF}$ ve $C_2=2\text{nF}$ olarak seçilmiştir. $I_{in}=100\mu\text{A}$ değerinde sabit tutulmuştur.

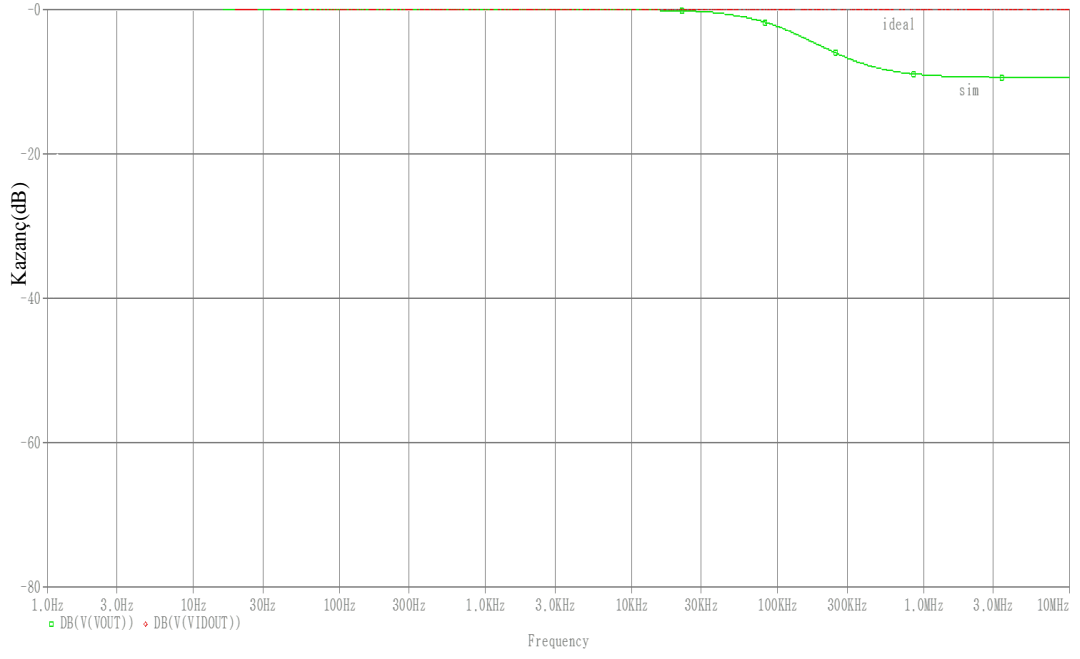
ECCIII kullanılarak gerçekleştirilmiş ayarlanabilir genlikli rezonans devresi uygulaması benzetimi için 1MHz 'lik bir rezonans frekansı ve kalite faktörü $Q=5$ olması sağlanacak şekilde $L=796\mu\text{H}$, $C=31.8\text{pF}$, $R=1\text{k}\Omega$ seçilmiş ve ECCIII'ün çıkış kazançları $\frac{1}{2}, 1, 2$ olacak şekilde $I_A=50\mu\text{A}, 100\mu\text{A}, 200\mu\text{A}$ değeri için benzetim yapılmıştır. V_{in} olarak iki tane 1MHz 'lik $300\text{mV}-0$ ile $0-(-300\text{mV})$ olarak kare dalga kullanılmıştır. İkinci benzetim için 3MHz lik rezonans frekansı ve $Q=5$ olması sağlanacak şekilde $L=10\text{mH}$, $C=0.281\text{pF}$, $R=18.85\text{k}\Omega$ seçilmiş ve ECCIII'ün çıkış kazançları $\frac{1}{2}, 1, 2$ olacak şekilde $I_A=50\mu\text{A}, 100\mu\text{A}, 200\mu\text{A}$ değeri için benzetim yapılmıştır.



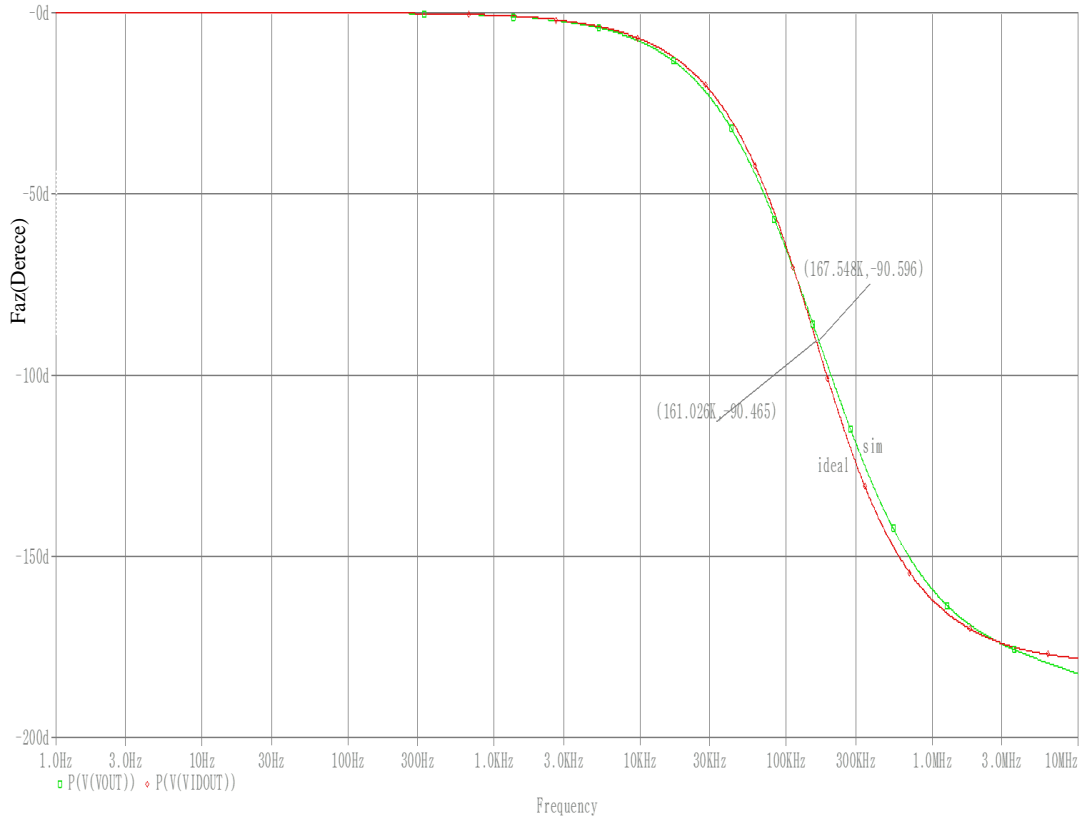
Şekil 5.10 : Devre 1 kullanılarak gerçekleştirilen TGS akım kazanç frekans cevabı.



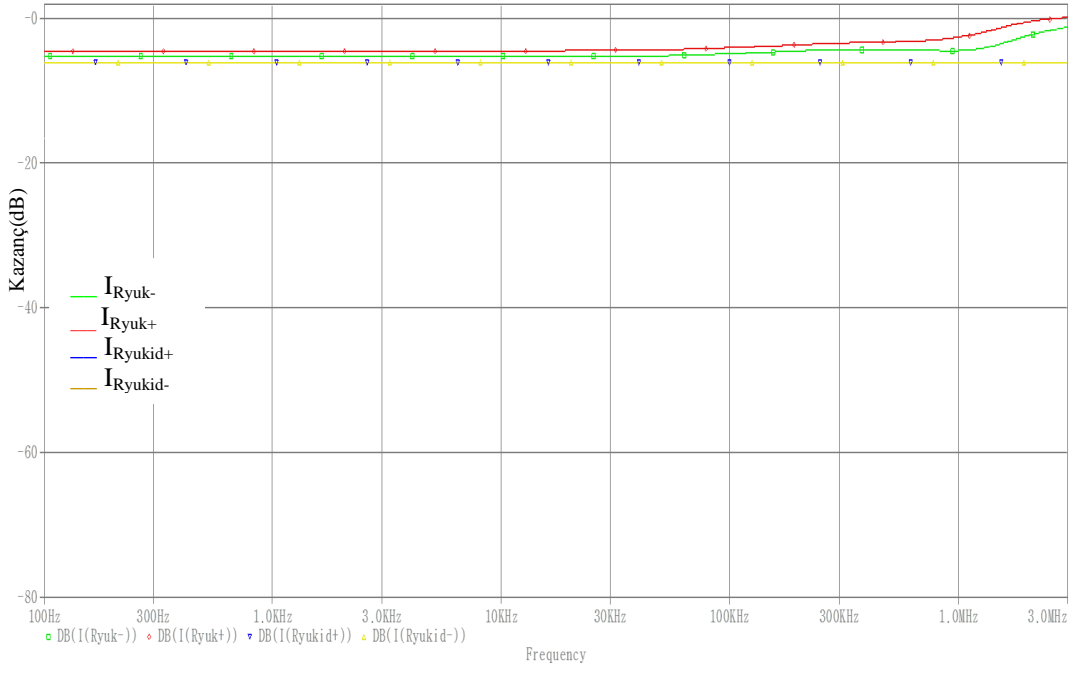
Şekil 5.11 : Devre 1 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım faz frekans eğrileri.



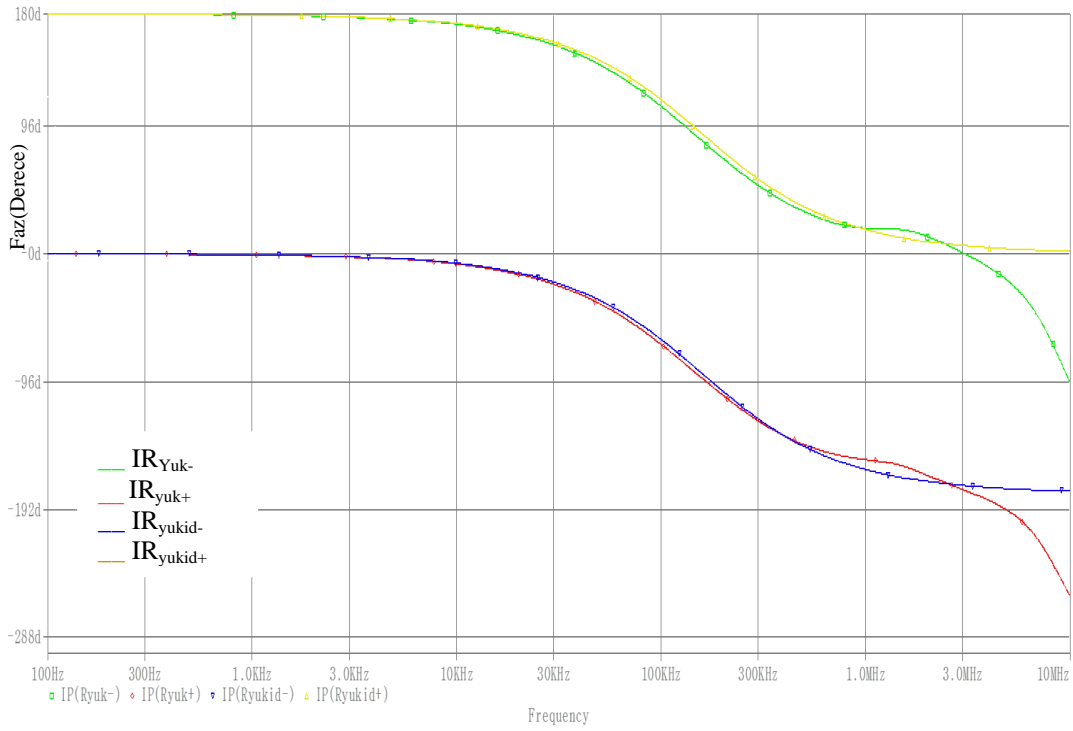
Şekil 5.12 : Devre 2 kullanılarak gerçekleştirilen TGS akım kazanç frekans cevabı.



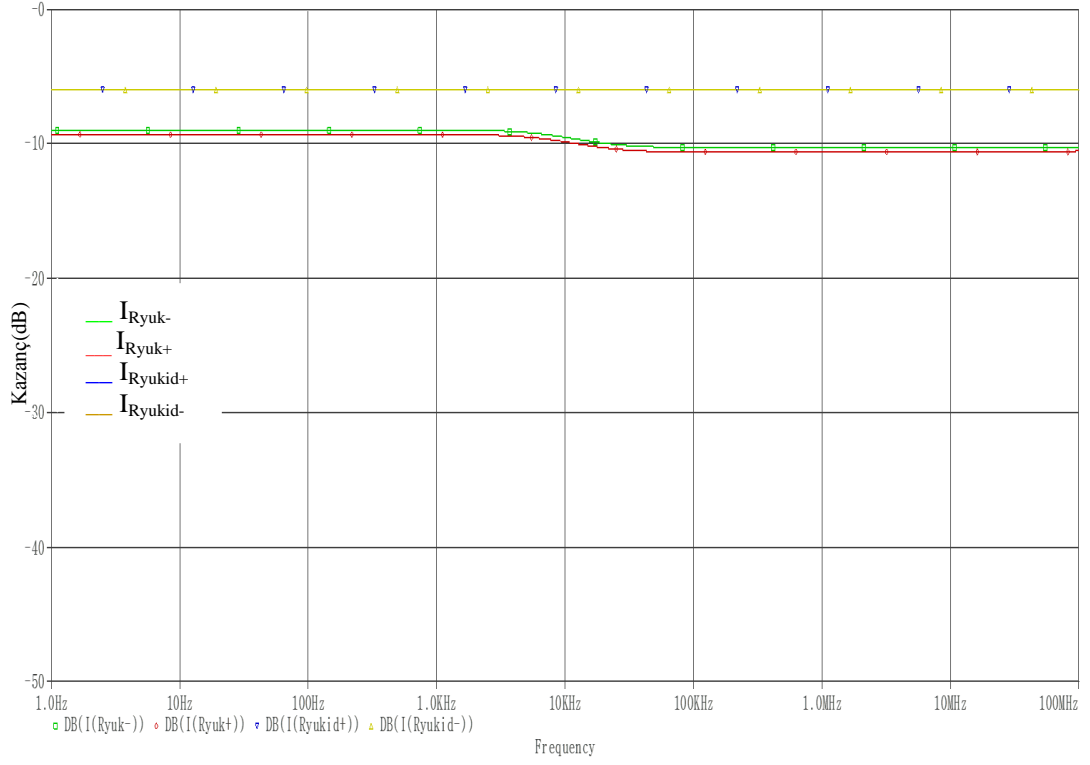
Şekil 5.13 : Devre 2 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım faz frekans eğrileri.



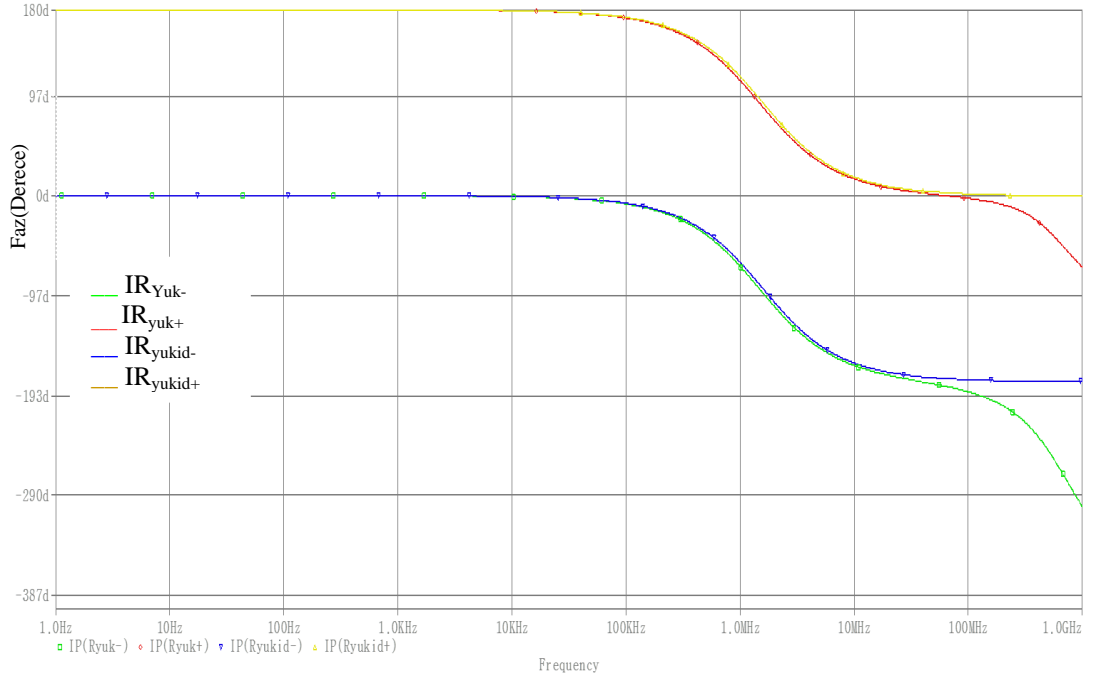
Şekil 5.14 : Devre 5 kullanılarak gerçekleştirilen TGS akım kazanç frekans cevabı.



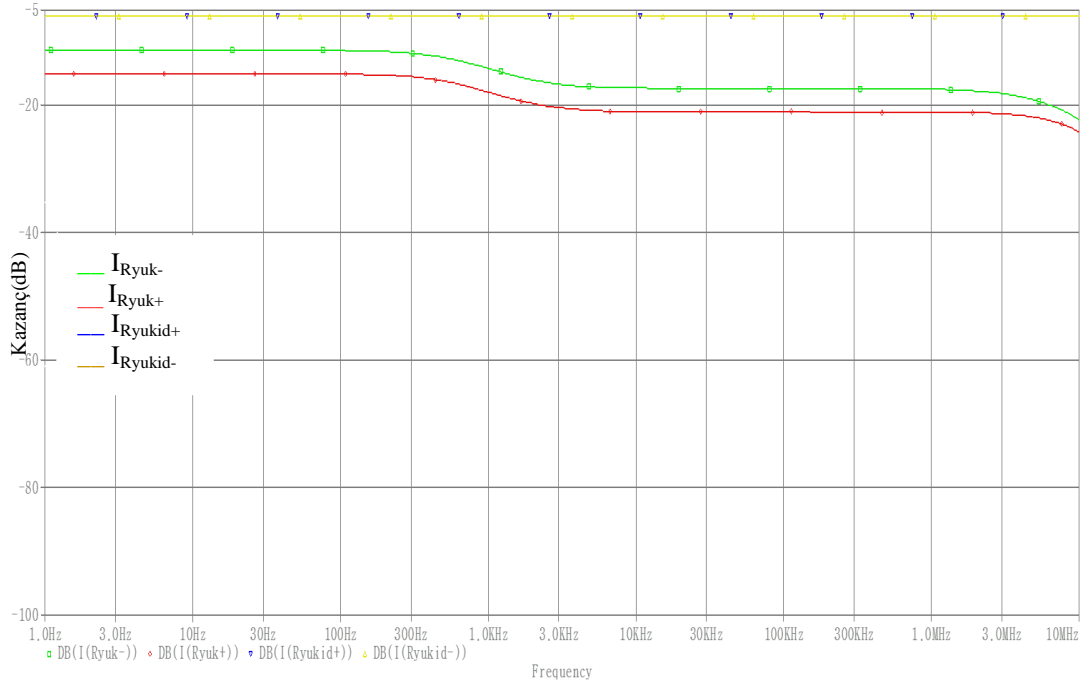
Şekil 5.15 : Devre 5 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım faz frekans eğrileri.



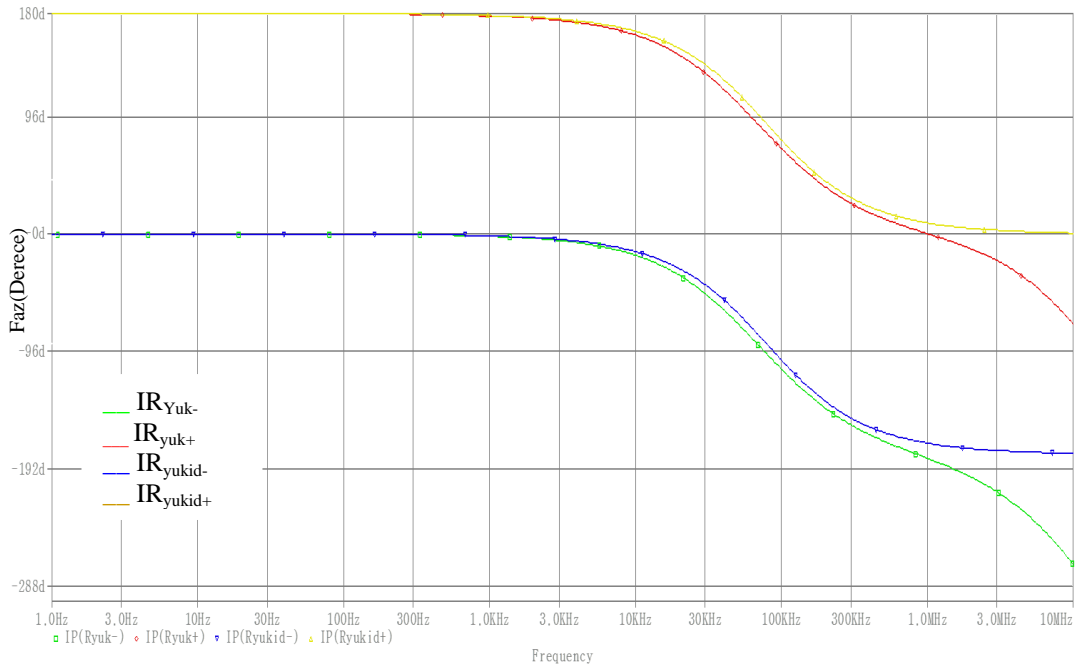
Şekil 5.16 : Devre 6 kullanılarak gerçekleştirilen TGS akım kazanç frekans cevabı.



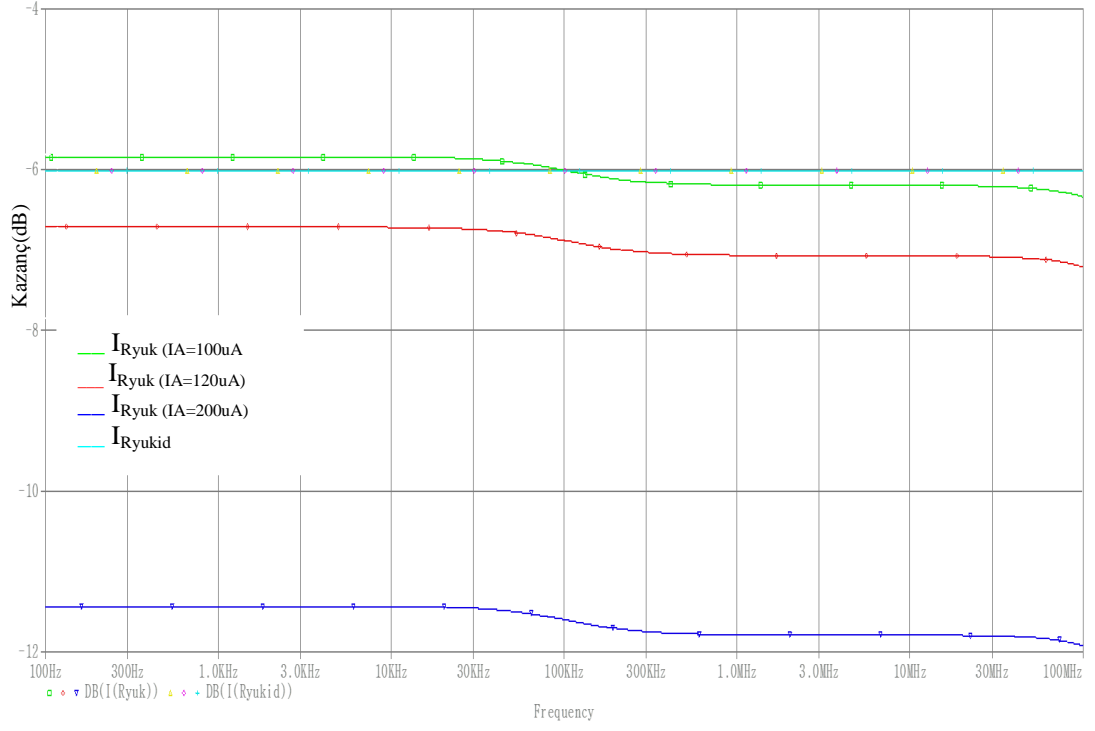
Şekil 5.17 : Devre 6 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım faz frekans eğrileri.



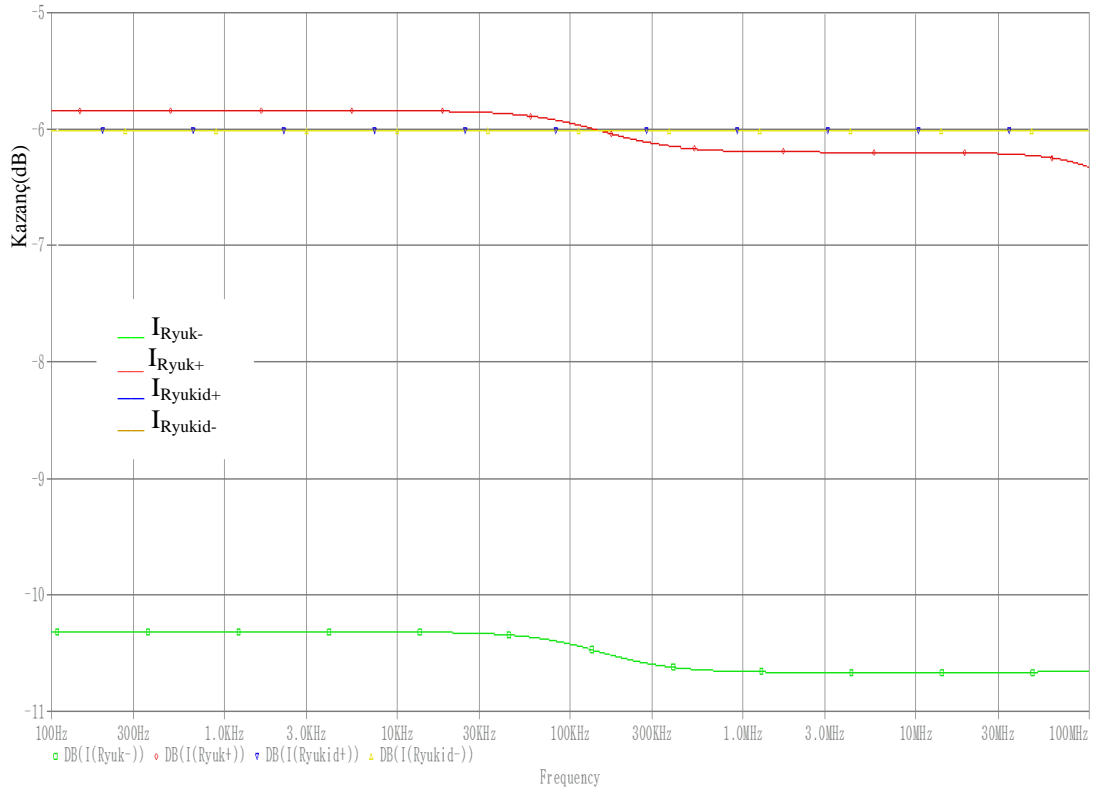
Şekil 5.18 : Devre 7 kullanılarak gerçekleştirilen TGS akım kazanç frekans cevabı.



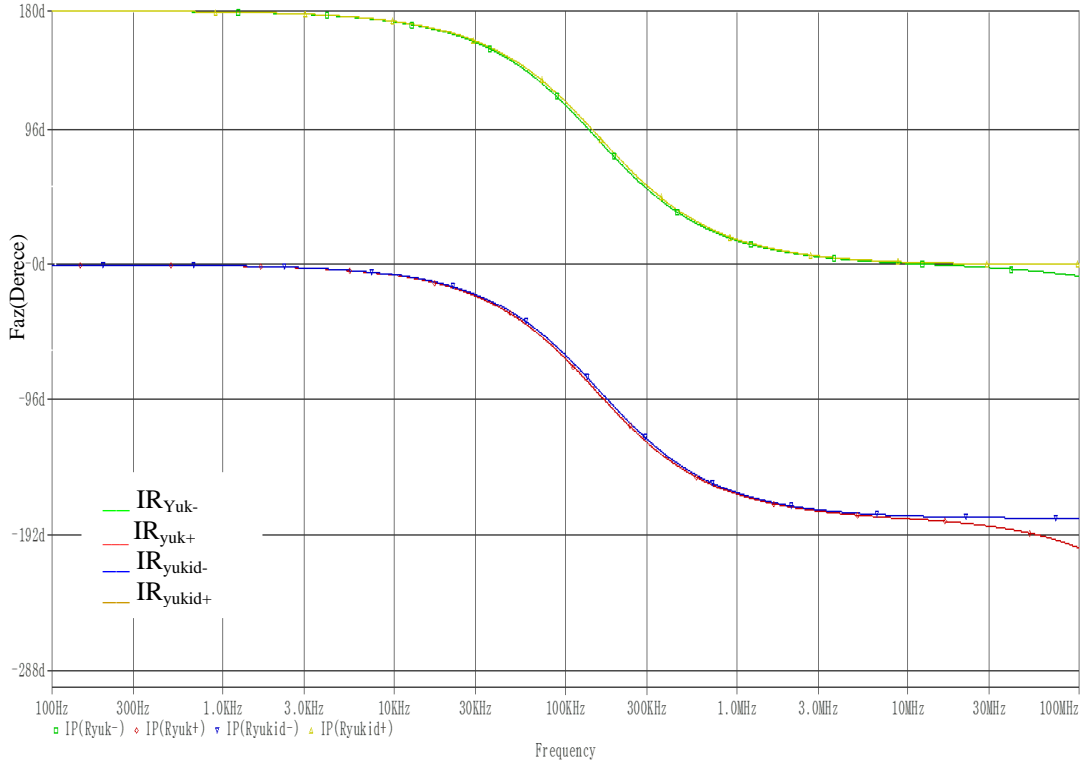
Şekil 5.19 : Devre 7 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım faz frekans eğrileri.



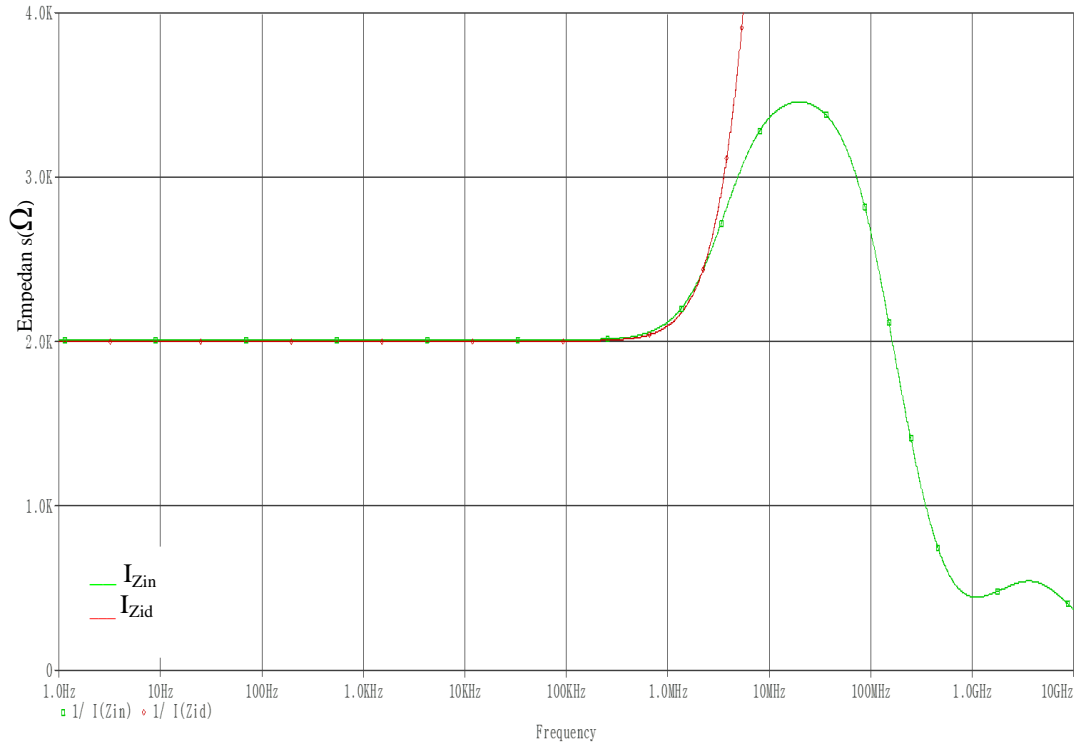
Şekil 5.20 : Devre 8 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım kazançları frekans cevabı (farklı akım kazançları için).



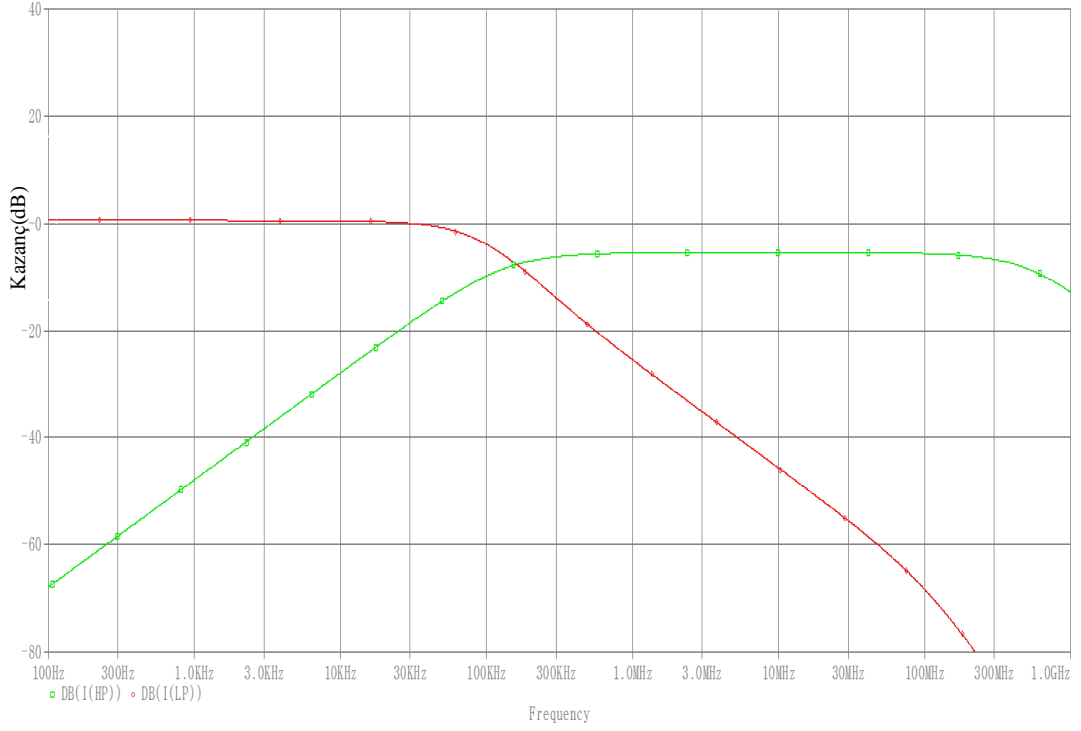
Şekil 5.21 : Devre 8 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım kazançları frekans cevabı (Z+ ucu 1 Z- ucu ½ akım kazancına sahiptir)



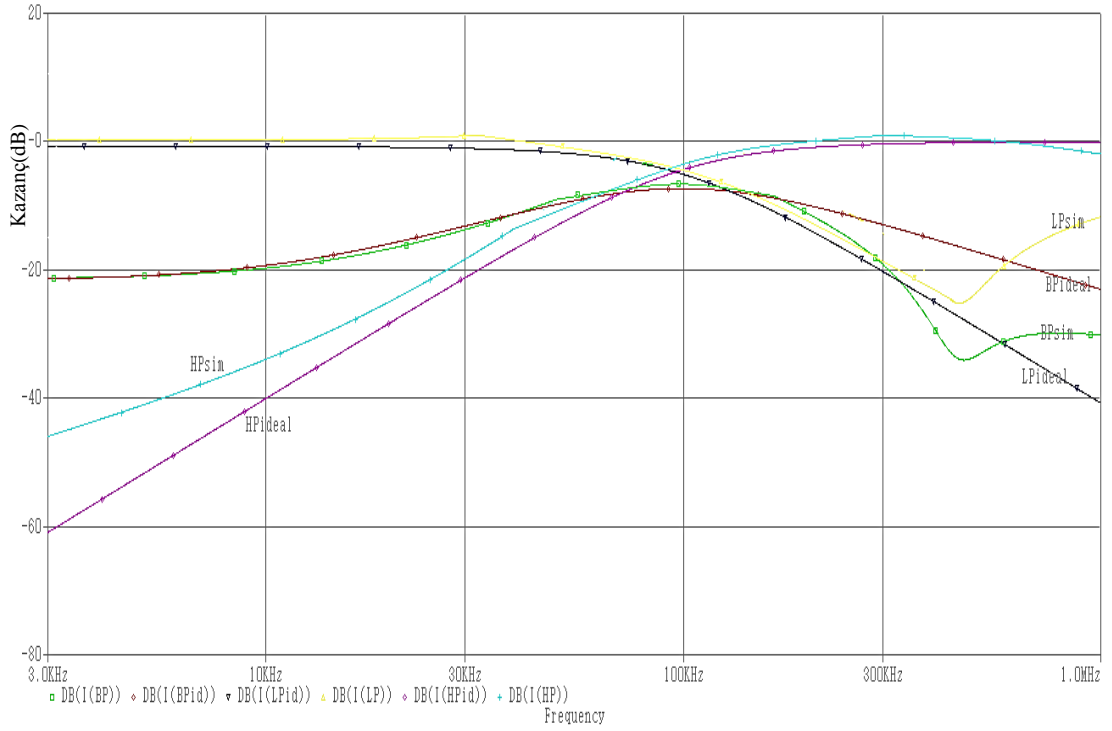
Şekil 5.22 : Devre 8 kullanılarak gerçekleştirilmiş TGS akım faz frekans eğrileri



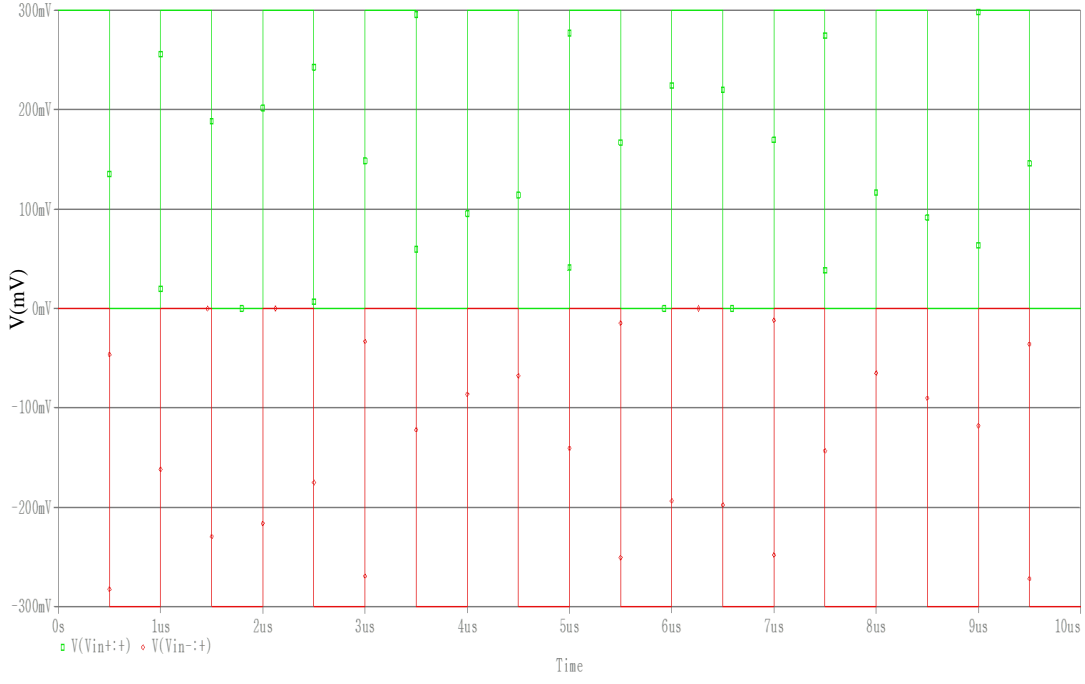
Şekil 5.23 : Devre 6 kullanılarak gerçekleştirilmiş seri endüktans benzetimi



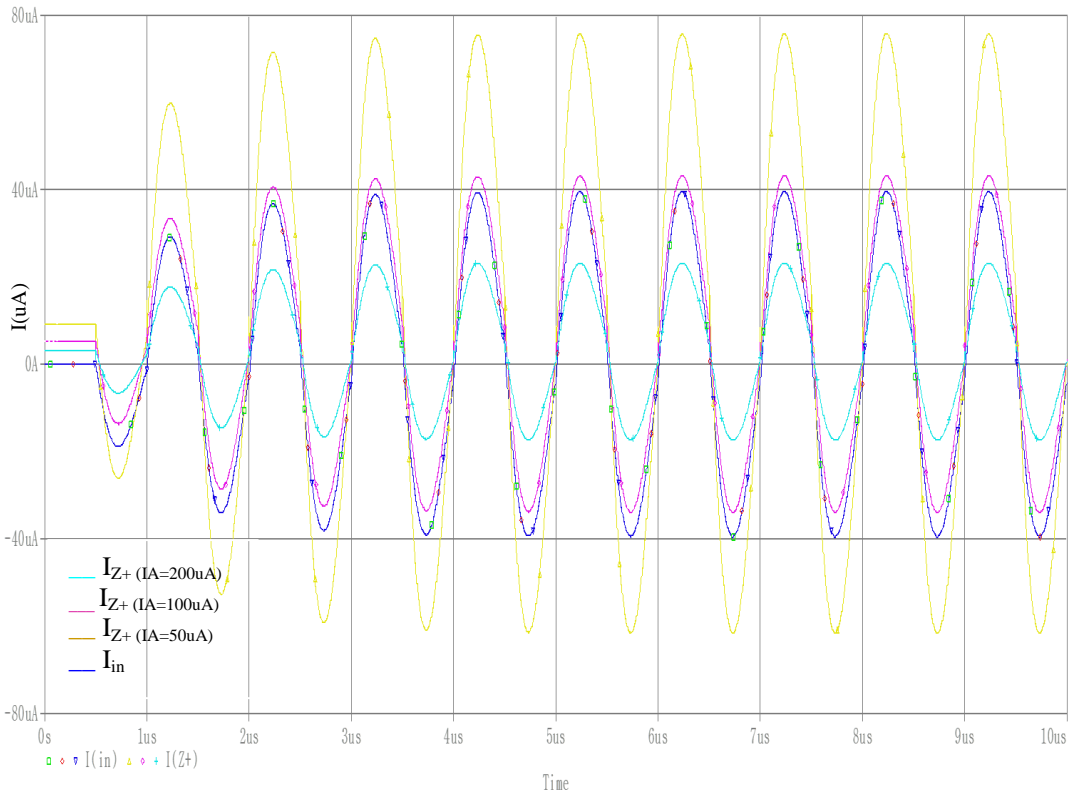
Şekil 5.24 : Devre 6 ile gerçekleştirilmiş AG-YG süzgeç benzetimi frekans cevabı



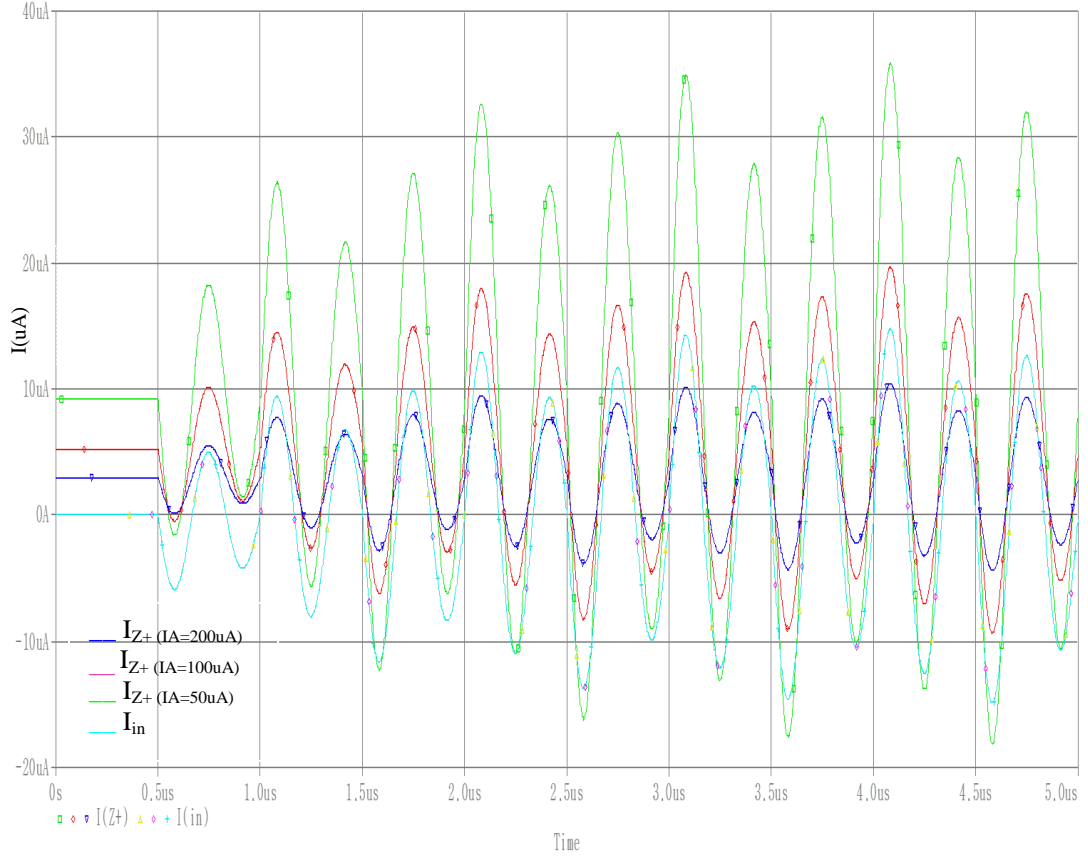
Şekil 5.25 : Devre 5 kullanılarak gerçekleştirilen evrensel süzgeç frekans cevabı



Şekil 5.26 : Devre 8 ile gerçekleştirilen ayarlanabilir genlikli rezonans devresi giriş işareti.



Şekil 5.27 : Devre 8 ile gerçekleştirilen ayarlanabilir genlikli rezonans devresi çıkış akımı eğrisi (1Mhz).



Şekil 5.28 : Devre 8 kullanılarak gerçekleştirilmiş ayarlanabilir genlikli rezonans devresi çıkış akımı eğrisi(3Mhz). (I_{in} 1MHz 300mV – -300mV simetrik kare dalga --- IA=50µA, --- IA=100µA, --- IA=200µA ile elde edilen kazançlar).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada akım taşıyıcı kuşaklarının farkları, kuşakların birbiri arasındaki dönüşüm yöntemleri, farklı giriş katı yapılarıyla gerilim ve akım izleme oranlarının iyileştirilmesi, farklı çıkış yapılarıyla elektronik olarak kontrol edilebilen akım kazanç oranlarının elde edilebilmesi üzerinde durulmuştur. Mevcut devrelerin 0.18µm teknolojisinde gerçekleştirilmesi ve yapılan eklemelerle çalışma koşullarının iyileştirilebilmesi ve kazanç oranlarının kolaylıkla değiştirilebilmesi üzerine çalışılmıştır. Akım modlu devrelerin düşük güç tüketimi, tümleştirilmeye açık olmaları ve uygun proseslerde üretilmiş CMOS yapılar ile yüksek frekanslarda çalışma olanakları akım taşıyıcılara olan yönelimi arttırmaktadır. Bu çalışmada önerilmiş olan ECCI ve ECCIII elemanları sağladığı kazanç çeşitliliğiyle yeni devre topolojilerinin oluşturulmasını oldukça kolaylaştırmaktadır.

Kullanılan devre yapılarının yeni teknolojilerdeki işlevliliği ve önerilen yapıların etkinliği uygulama devreleri aracılığıyla sergilenmiştir ve benzetimlerden elde edilen sonuçların ideale ne kadar yakın olduğu dikkat çekmektedir.

Benzetimlerin hepsi ortaya koymaktadır ki gerek çalışma aralıkları gerekse ideale yakın sonuçları çalışmada kullanılan yapıların ve yöntemlerin geçerliliğini tekrar göstermiştir. Bu daha nice akım modlu devrenin keşfedilmeyi beklediğinin açık bir habercisidir.

KAYNAKLAR

- [1] **K.C. Smith, A. Sedra**, “The Current Conveyor – A new circuit building block,” Proceedings Letters, pp. 1368-1369, august 1968.
- [2] **A. Sedra, K.C. Smith** , “A Second-Generation Current Conveyor and Its Applications,” IEEE Transactions on Circuit Theory, pp. 132-134, february 1970.
- [3] **Fabre A.**, ‘Third generation current conveyor: a new helpful active element’, Electronics Letters, 31, pp.338-339,1995..
- [4] **B. Metin, E. Arslan, O. Cicekoglu** , “All-pass sections realized with single First Generation Current Conveyor,” International Symposium on Signals, Circuits and Systems, Vol. 2, pp. 561-563, July 2003.
- [5] **E. Tlelo-Cuautle, M. A. Duarte-Villaseñor, I. Guerra-Gómez**, “Automatic synthesis of VFs and VMs by applying genetic algorithms,” Circuits, Systems and Signal Processing, in press.
- [6] **E. Tlelo-Cuautle, M. A. Duarte-Villaseñor, J. M. García-Ortega, C. Sánchez-López**, “Design SRCOs by combining SPICE and Verilog- A,” International Journal of Electronics, Vol. 94. No. 4, pp. 373-379, 2007.
- [7] **E. Brunn**, “Class AB CMOS CCI,” Electronics Letters, Vol. 31. No. 6, pp. 422-423, 1995.
- [8] **B. Metin, E. Yuce, O. Cicekoglu**, “A novel dual output universal filter topology using a single current conveyor,” Electr. Eng., Vol. 89, no. 7, pp. 653-667, 2007.
- [9] **M. T. Abuelma atti, A. Al-Ghumaiz**, “Novel CCI-Based Single- Element-Controlled Oscillators employing grounded resistors and capacitors,” IEEE Transactions on Circuits and Systems I, Vol. 43, No. 2, 1996, p. 153-155.
- [10] **S. Minaei, M. Yıldız, H. Kuntman, S. Türköz**, High Performance CMOS Realization of the Third Generation Current Conveyor (CCIII), Proc. of the 45th IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems, Vol.I, 307-310, Tulsa, Oklahoma, August 4-7, 2002.
- [11] **Sedra A., Roberts G.**: ‘The current conveyor: history, progress and new results’, IEE Proceeding Part G , 1990, 137, pp. 78-87.
- [12] **Wilson B.**, Recent developments in current conveyor and current-mode circuits, *Proc. IEE PT. G*, 137, (2), 63-77, 1990

- [13] **Liu S. I., Yang Y. Y.**, Higher-order immittance function synthesis using CCIIIs, *Electronics Letters*, 32, (25),2295-2296, 1996.
- [14] **Ferri, G., Guerrini, N.C.**, (2003). Low-voltage low-power CMOS current conveyors, kluwer academic publishers, Boston/Dordrecht/London.
- [15] **Kuntman, H.**, (1997). Analog MOS tümdevre tekniği. İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi Ofset Baskı Atölyesi.
- [19] **Piovaccari, A.**, (1995). CMOS integrated third-generation current conveyor. *Electronics Letters* , vol.31, no.15, pp.1228,1229, 20 Jul 1995.
- [20] **El Feki, N.B., Masmoudi, D.S.**, (2009). High performance dual-output second and third generation current conveyors and current-mode multifunction filter application. *Systems, Signals and Devices, 2009. SSD '09. 6th International Multi-Conference on* , vol., no., pp.1,6, 23-26 March 2009.
- [21] **Kurashina, T., Ogawa, S., Watanabe, K.**, (1998). A high performance class AB current conveyor. *Electronics, Circuits and Systems, 1998 IEEE International Conference on* , vol.3, no., pp.143,146 vol.3, 1998.
- [22] **Minaei, S.; Sayin, O.K.; Kuntman, H.**, (2006).A new CMOS electronically tunable current conveyor and its application to current-mode filters. *Circuits and Systems I: Regular Papers, IEEE Transactions on* , vol.53, no.7, pp.1448,1457, July 2006.
- [23] **Becvar, D.; Vrba, K.; Zeman, V.; Musil, V.**, (2000).Novel universal active block: a universal current conveyor. *Circuits and Systems, 2000. Proceedings. ISCAS 2000 Geneva. The 2000 IEEE International Symposium on* , vol.3, no., pp.471,474 vol.3, 2000.
- [24] **Kuntman, H.**, (1997). Analog MOS tümdevre tekniği. İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi Ofset Baskı Atölyesi.
- [25] **Bodur S.**, 2002, Değiştirilmiş üçüncü kuşak akım taşıyıcı ile yeni olanaklar, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [26] **H. Kuntman, M. Gülsoy, O. Çiçekoğlu**, Actively simulated gounded lossy inductors using third generation current conveyors, *Microelectronics Journal*, Vol.31, pp.245-250, 2000.
- [27] **H. Kuntman, O. Çiçekoğlu, S. Ozoguz, B. Karaçivi**, ' A universal current-mode filter implemented with the modified third generation current conveyor', Proc of the IEEE Nordic Signal Processing Symposium (NORSIG'2000), pp. 165-169, Kolmarden, Sweden, June 13-15, 2000.

EKLER

EK A: Model Parametreleri

EK A

```
.MODEL CMOS PMOS ( LEVEL = 7
+VERSION = 3.1 TNOM = 27 TOX = 4.6E-9
+XJ = 1E-7 NCH = 4.1589E17 VTH0 = -0.3917143
+K1 = 0.6176221 K2 = 2.600241E-3 K3 = 0.092771
+K3B = 19.8416943 W0 = 1E-6 NLX = 2.470006E-8
+DVT0W = 0 DVT1W = 0 DVT2W = 0
+DVT0 = 0.8494163 DVT1 = 0.7606735 DVT2 = -0.3
+U0 = 105.9730433 UA = 1.10148E-9 UB = 1E-21
+UC = -1E-10 VSAT = 1.445045E5 A0 = 1.0763244
+AGS = 0.2569177 B0 = 1.750096E-6 B1 = 5E-6
+KETA = 0.0151661 A1 = 0.2918714 A2 = 0.3529819
+RDSW = 615.4659108 PRWG = -0.0493811 PRWB = -0.4978614
+WR = 1 WINT = 0 LINT = 2.638519E-8
+DWG = -2.639909E-8 DWB = -1.84111E-9 VOFF = -0.1135462
+NFACTOR = 1.438967 CIT = 0 CDSC = 2.4E-4
+CDSCD = 0 CDSCB = 0 ETA0 = 2.351276E-3
+ETAB = -9.289916E-4 DSUB = 4.546849E-3 PCLM = 0.3825128
+PDIBLC1 = 0.1823178 PDIBLC2 = 1.224363E-6 PDIBLCB = -1E-3
+DROUT = 0.5953745 PSCBE1 = 1.726332E9 PSCBE2 = 5E-10
+PVAG = 1.6791988 DELTA = 0.01 RSH = 6.1
+MOBMOD = 1 PRT = 0 UTE = -1.5
+KT1 = -0.11 KT1L = 0 KT2 = 0.022
+UA1 = 4.31E-9 UB1 = -7.61E-18 UC1 = -5.6E-11
+AT = 3.3E4 WL = 0 WLN = 1
+WW = 0 WWN = 1 WWL = 0
+LL = 0 LLN = 1 LW = 0
+LWN = 1 LWL = 0 CAPMOD = 2
+XPART = 0.5 CGDO = 4.69E-10 CGSO = 4.69E-10
+CGBO = 1E-12 CJ = 1.165977E-3 PB = 0.8214639
+MJ = 0.4256548 CJSW = 1.220056E-10 PBSW = 0.8261235
+MJSW = 0.1001 CJSWG = 4.22E-10 PBSWG = 0.8261235
+MJSWG = 0.1001 CF = 0 PVTH0 = 4.943932E-4
+PRDSW = -5 PK2 = 2.470013E-4 WKETA = 0.0484068
+LKETA = -0.0115975 PU0 = 6.9582062 PUA = 4.020586E-10
+PUB = 0 PVSAT = 50 PETA0 = 1E-4
+PKETA = -0.0115013 )
```

*

```

.MODEL CMOSN NMOS (
LEVEL = 7
+VERSION = 3.1      TNOM = 27      TOX = 4.6E-9
+XJ = 1E-7      NCH = 2.3549E17  VTH0 = 0.2544181
+K1 = 0.3219566  K2 = 0.0497316  K3 = 1.510568E-3
+K3B = 2.7662912  W0 = 1E-7      NLX = 3.032736E-7
+DVT0W = 0      DVT1W = 0      DVT2W = 0
+DVT0 = 0.222336  DVT1 = 0.3843736  DVT2 = 0.0199437
+U0 = 297.9632456  UA = -6.32739E-11  UB = 1E-21
+UC = -3.94079E-11  VSAT = 7.072678E4  A0 = 1.0653574
+AGS = 0      B0 = 2.541792E-6  B1 = 5E-6
+KETA = 0.0411632  A1 = 0.7664038  A2 = 0.3
+RDSW = 150      PRWG = -0.0650591  PRWB = -0.155938
+WR = 1      WINT = 0      LINT = 2.629976E-8
+DWG = 7.244361E-9  DWB = -1.690794E-9  VOFF = -0.0261741
+NFACTOR = 1.8048688  CIT = 0      CDSC = 2.4E-4
+CDSCD = 0      CDSCB = 0      ETA0 = 1.322457E-3
+ETAB = -2.264669E-3  DSUB = 9.981283E-4  PCLM = 0.2728683
+PDIBLC1 = 0.0864353  PDIBLC2 = 0.01  PDIBLCB = -0.1
+DROUT = 0.5146384  PSCBE1 = 1.278208E10  PSCBE2 = 5.001039E-10
+PVAG = 9.937922E-3  DELTA = 0.01  RSH = 6.3
+MOBMOD = 1      PRT = 0      UTE = -1.5
+KT1 = -0.11      KT1L = 0      KT2 = 0.022
+UA1 = 4.31E-9      UB1 = -7.61E-18  UC1 = -5.6E-11
+AT = 3.3E4      WL = 0      WLN = 1
+WW = 0      WWN = 1      WWL = 0
+LL = 0      LLN = 1      LW = 0
+LWN = 1      LWL = 0      CAPMOD = 2
+XPART = 0.5      CGDO = 4.09E-10  CGSO = 4.09E-10
+CGBO = 1E-12      CJ = 8.153165E-4  PB = 0.8013339
+MJ = 0.5265108  CJSW = 1.861126E-10  PBSW = 0.8
+MJSW = 0.346443  CJSWG = 3.3E-10  PBSWG = 0.8
+MJSWG = 0.346443  CF = 0      PVTH0 = -7.305918E-3
+PRDSW = 0.7282238  PK2 = 1.864383E-3  WKETA = -5.435441E-3
+LKETA = -0.0324004  PU0 = -4.2793727  PUA = -3.4779E-11
+PUB = 2.46577E-24  PVSAT = 1.049295E3  PETA0 = 1E-4
+PKETA = 9.235951E-3 )

```

*

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Oğuz GONCA

Doğum Yeri ve Tarihi: Çine 01.01.1988

Adres: Cemal Şair sokak no : 25 Birlik apt. daire 1 kat : -1
Mecidiyeköy/İSTANBUL

E-Posta: oguzgonca09@gmail.com

Lisans: Dumlupınar Üniversitesi Elektrik Elektronik
Mühendisliği bölümü

Yüksek Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi Elektronik
Mühendisliği Bölümü (Devam Ediyor)