دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی‌تکنیک تهران)
دانشکده مهندسی برق

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق- مخابرات (میدان)

طراحی و ساخت تقویت کننده گسترده توان در باند UWB

اساتید راهنما:
دکتر عبدالعلی عبدی‌پور - دکتر احد توکلی

استاد مشاور:
دکتر غلامرضا مرادی

نگارش:
شهروز اسدی

اسفند ماه 1385

بسمه تعالی

تـــاریخ: .....

شماره مدرک

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

فـرم اطلاعات پایان‌نـامه
کارشنـاسی- ارشد و دکتـرا
کتابخـانه مرکـزی

مشخصات دانشجو	نام خانوادگی : اسدی	نام : شهروز	شماره دانشجویی: ۸۳۱۲۳۱۲۶
	دانشکده: برق	رشته تحصیلی: مخابرات	گروه:میدان
عنوان	طراحی و ساخت تقویت کننده توان گسترده توان گسترده در باند UWB		
Title :	**Design and fabrication of a Power Distributed Amplifier in UWB**		

استاد راهنما	نام خانوادگی :عبدی پور نام: عبدالعلی	درجه و رتبه استاد	نام خانوادگی :توکلی نام: احد	درجه و رتبه استاد
استاد مشاور	نام خانوادگی : مرادی نام غلامرضا	درجه و رتبه	نام خانوادگی : نام:	درجه و رتبه

دانشنامه	کارشناسی ○ ارشد ✹ دکترا ○	سال تحصیلی: ۸۵-۸۶
نوع پروژه	کاربردی ✹ بنیادی○ توسعه ای○ نظری○	

مشخصات ظاهری	تعداد صفحات: ۱۰۳	تصویر: ✹	جدول: ✹	نمودار: ✹	نقشه: ○	واژه‌نامه: ○	تعداد مراجع:۵۱	تعداد ضمائم: ✹ ۲

زبان متن	فارسی ✹ انگلیسی ○	چکیده	فارسی ✹ انگلیسی ✹
یاداشت	لوح فشرده ✹ دیسکت فلاپی○		
توصیفگر			
کلید واژه فارسی	تقویت کننده گسترده توان، پهنای باند فوق وسیع، توازن هارمونیکی، تحلیل غیر خطی، مدل غیرخطی ترانزیستور		
کلید واژه لاتین	Distributed amplifiers, UWB, Nonlinear Model, Nonlinear analysis, Harmonic Balance, Power Amplifiers		

چکیده

با توجه به گسترش روز افزون کاربردهای علم مخابرات تکنیک‌های افزایش پهنای باند به یکی از مقوله‌های اساسی علم مخابرات نوین بدل شده است. در دسترس بودن نیمه هادی هایی چون GaAs با کیفیت بالا و عملکرد بسیار خوب در فرکانسهای بالا و سادگی استفاده آنها در مدارات مجتمع یکپارچه نیاز به استفاده از روشهای جدیدی نظیر ساختارهای موج رونده را درطراحی های باند وسیع به خوبی مشخص می سازد. پس ازمعرفی ساختارهای گسترده موج رونده ترانزیستوری به عنوان روش جدیدی در طراحی تقویت کننده های باند وسیع این ساختار کاربرد بسیاری در مخابرات باند وسیع مانند تقویت کننده های موج رونده باند وسیع و تقویت کننده های ماتریسی اسیلاتورهای موج رونده، میکسرها، تقویت کننده های توان پیدا کرده است.

هدف این پایان نامه طراحی و ساخت یک تقویت کننده گسترده توان در باند (UWB)[1] می باشد که بتواند بهره 15dB، افت بازگشتی ورودی وخروجی کمتر از 12 dB- و توان خروجی حدود 15dBm را فراهم کند. تحلیل و طراحی این تقویت کننده در رژیم خطی برای بدست آوردن پارامترهایی نظیر تضعیف خطوط گیت و درین و نهایتا تعداد بهینه ترانزیستورها انجام می‌شود و تحلیل غیر خطی جهت فراهم نمودن توان حداکثر و برمبنای آن تعیین امپدانس مشخصه خطوط گیت و درین می‌باشد . نتایج حاصل از تحلیل غیر خطی با استفاده از روش توازن هارمونیکی نیز پیاده سازی شده است که نتایج شبیه سازی با دو نرم افزار ADS و مطلب مقایسه شده است که جهت صحت عملکرد نتایج مدار می‌باشد . در آخر ساخت تقویت کننده با توجه به مقادیر شبیه سازی صورت گرفته و نتایج اندازه گیری با شبیه سازی مقایسه شده است .

---

[1] Ultra Wideband

کلمات کلیدی: تقویت کننده گسترده توان، پهنای باند فوق وسیع، توازن هارمونیکی، تحلیل غیر خطی، مدل غیرخطی ترانزیستور

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

مقدمه 1

فصل اول : تقویت‌کننده‌های توان 9

1-1-مقدمه 9
1-2-1- بررسی تقویت کننده‌های توان در کلاس‌های مختلف 10
2-2-1 محاسبه مشخصات دینامیکی تقویت‌کننده برحسب مشخصات استاتیکی و زاویه هدایت جریان درین 12
3-2-1- خط و سیکل بار 19
4-2-1- پایداری 20
5-2-1- بهره توان 22
6-2-1-نقطه فشردگی $1dB$ 22

فصل دوم : تحلیل تقویت‌کننده‌های گسترده توان درباند فوق العاده وسیع

2-1- بررسی قابلیت‌های ساختارهای گسترده درحالت عملکرد خطی 24
2-1 -1- مقدمه 24
2-1-2- مطالعه خطوط گیت و درین 24
2-1-3- فرکانس قطع 26
2-1-4- امپدانس مشخصه 27
2-1-5- ثابت انتشار 29
2-1-6- مطالعه بهره توان 30
2-1-7-ولتاژهای فرمان هر طبقه 31
2-1-8-جریان خروجی 32
2-1-9-بهره توان 34
2-1-10- تعداد بهینه ترانزیستورها 35
2-1-11-مزایای تقویت کننده های گسترده 35
2-1-12-معایب تقویت کننده های گسترده 36
2-2- تحلیل تقویت‌کننده‌های گسترده در حالت عملکرد غیر خطی 37

2-2-1-خط درین 37
2-2-2- خط گیت 43

فصل سوم : بکارگیری روش توازن هارمونیکی در تحلیل تقویت‌کننده گسترده توان

3-1-مقدمه 45
3-2-توازن هارمونیکی 45
3-3-مراحل اجرای توازن هارمونیکی 46
3-3-1-مدار معادل عناصر و تقسیم کردن مدار 46
3 -3-2-ماتریس ادمیتانس قسمت خطی 47
3-3-3-KCL در دهنه های مربوط به بخش غیر خطی 47
3-3-4- حذف منابع ولتاژ ورودی 48
3-4- حل توازن هارمونیکی با استفاده از سری فوریه 52
3-5-حل معادله توازن هارمونیک 53
3 –6 اعمال روش توازن هارمونیکی در مدارتقویت کننده گسترده 53
3-7- در نظر گرفتن مدل غیر خطی مناسب برای ترانزیستور 56
3-8- تخصیص دهانه ها برای اعمال روش توازن هارمونیکی 57
3-9- نتایج بدست آمده از CAD ومقایسه با نتایج ADS 58

فصل چهارم : طراحی و شبیه سازی تقویت کننده توان گسترده در باندUWB

4-1-مقدمه 64
4-2- اهداف طراحی 65
4-2-1- انتخاب عنصر فعال 65
4-2-2- استخراج منحنی‌های استاتیکی ترانزیستور 66
4-2-3- تعیین مقاومت بار بهینه 68
4-2-4-تعداد بهینه ترانزیستور 70
4-2-5- مقادیر ادمیتانس مشخصه خطوط 70
4-2-6 مدار تغذیه 71
4-3-نتایج شبیه سازی 74
4-3-1 سیکل بار 74
4-3-2-پایداری 75
4-3-3-پارامترهای پراکندگی 76
4-3-4-نقطه فشردگی $1dB$ 77
4-3-5-توان خروجی 77
4-3-6-راندمان توان افزوده 80

فصل پنجم : نتایج ساخت تقویت‌کننده توان گسترده

5-1- ساخت تقویت کننده توان گسترده در باند فرکانسی UWB 81
5-2-نتایج اندازه گیری 84
5-3- مقایسه نتایج شبیه سازی و ساخت 85
5-4- نتیجه گیری 88
5-5- پیشنهادات 89
5-6- پیوست 90
5-7- مراجع 98

فهرست جدول‌ها

عنوان **شماره صفحه**

جدول(1-1): مقادیر بایاس و دامنه ولتاژ گیت- سورس و زاویه هدایت جریان درین در کلاسهای A،AB،BوC ..... 13.
جدول(2-1)-روابط امپدانسی مربوط به تبدیل سلولهای گیت و درین به سلولهای T,Π 28
جدول(4-1)-پارامترهای غیرخطی TOM جهت استفاده در نرم افزار ADS 66
جدول(4-2)-مقادیر بهره توان و توان خروجی تقویت کننده گسترده 78

فهرست شکل‌ها

عنوان **شماره صفحه**

شکل(الف)-مصالحه بین بهره و پهنای باند در تقویت کننده های متداول 3
شکل(ب)- بدست آوردن بهره بالا همراه پهنای باند وسیع در تقویت کننده گسترده 3
شکل(ج)- ساختار ساده تقویت کننده گسترده 4
شکل (د)- ترکیب کننده توان فعال به کمک ساختارهای گسترده موج رونده 5
شکل (ه) تقسیم کننده توان فعال به کمک ساختارهای گسترده موج رونده 5
شکل (و) تقسیم کننده توان فعال به کمک ساختارهای گسترده موج رونده 6
شکل (ز) ضرب کننده فرکانسی فعال 7
شکل (ح) میکسر فعال 8
شکل(1-1): شکل موج جریان درین- سورس در کلاسهای مختلف تقویت کننده توان 11
شکل(1-2): محدوده تغییرات ولتاژ درین- سورس و گیت- سورس و نیز جریان درین- سورس 12
شکل (1-3): شکل موج جریان درین برای تقویت کننده های توان 14
شکل(1-4): مدل ساده FET در حالت خطی 15
شکل(1-5): شکل موج جریان درین- سورس در تقویت کننده های کلاس A 17
شکل(1-6)-بلوک دیاگرام یک تقویت‌کننده 20
شکل(1-7)- دوایر پایداری الف)ورودی ب)خروجی 21
شکل(1-8)-نقطه فشردکی 1dB برای یک تقویت کننده نمونه 23
شکل(2-1)- مدار معادل یکطرفه GaAs FET 24
شکل(2-2)- شمای معادل تقویت کننده گسترده بر مبنای مدل یکطرفه ترانزیستور 25
شکل(2-3)- سلولهای T,Π 26
شکل (2-4)- نمایش سلولهای معادل 27
شکل(2-5)-شمای معادل تقویت کننده گسترده 31
شکل(2-6)-نمایش سلول معادل T خط گیت 32
شکل(2-7)- نمایش سلول معادل T خط درین 33
شکل(2-8)-شرایط بهینه تطبیق توان بر اساس ادمیتانس بهینه توان ترانزیستور 37
شکل(2-9)- مدار معادل درین تقویت کننده گسترده 38
شکل(2-10)-مدار معادل درین ترانزیستور اول 38
شکل(2-11)-تبدیل ولتاژ وامپدانس بین دو ترانزیستور در خط درین 39
شکل(2-12)-مدار معادل سلول درین دو ترانزیستور اول 40
شکل(2-13)-وضعیت مدار تطبیق دوم در درین 41
شکل(2-14)-وضعیت مدار تطبیق سوم در درین 41
شکل(2-15)- وضعیت مدار تطبیق nام تقویت کننده در درین 41
شکل(2-16)-شمای معادل خط درین درحالت محدود بودن R_D 42

شکل(2-17)-مدار معادل موازی گیت ترانزیستور 43
شکل(2-18)-شمای معادل خط گیت 43
شکل(2-19)-مدار معادل سلولn ام گیت 44
شکل(2-20)- شمای معادل خط گیت با معلوم بودن ادمیتانس مشخصه خطوط گیت 44
شکل(3-1) :تقسیم بندی مدار به دو بخش خطی و غیر خطی 47
شکل (3-2) :حذف منابع ورودی واضافه کردن منابع جریان 48
شکل(3-3)- مدل غیر خطی ترانزیستور HEMT 56
شکل(3-4)- تقسیم مدار به دو بخش خطی و غیر خطی 57
شکل(3-5)-ولتاژهای فرمان در فرکانس 3 GHz با نرم افزار مطلب 58
شکل(3-6) - ولتاژهای فرمان در فرکانس 3 GHz با نرم افزار ADS 59
شکل(3-7)-سیگنالهای فرمان جریان در فرکانس 3 GHz با نرم افزار ADS 60
شکل(3-8)-سیگنالهای فرمان جریان در فرکانس 3 GHz با نرم افزار مطلب 60
شکل(3-9)-سیگنالهای فرمان جریان در فرکانس 3 GHz در حوزه فرکانس با نرم افزار مطلب 60
شکل(3-10)- سیگنالهای فرمان ولتاژدرحوزه زمان در فرکانس 5 GHz با ADS 61
شکل(3-11)- سیگنالهای فرمان ولتاژدرحوزه زمان در فرکانس 5 GHz با مطلب 61
شکل(3-12)- سیگنالهای فرمان جریان در فرکانس 5 GHz با ADS 62
شکل(3-13)- سیگنالهای فرمان جریان در فرکانس 5 GHz با مطلب 62
شکل(3-28) مقایسه گین بازای ورودی $P_{in} = -5\ dBm$ 69
شکل(3-29)- مقایسه گین بازای ورودی $P_{in} = 0\ dBm$ 69
شکل(4-1) - مدل غیرخطی ترانزیستور FET 72
شکل(4-2)- منحنی I_{ds} بر حسب V_{ds} به ازای V_{gs} های گوناگون 74
شکل(4-3)-منحنی I_{ds} بر حسب V_{gs} به ازای V_{ds} های گوناگون 75
شکل(4-4)-Setup شبیه سازی مقاومت بهینه توان ترانزیستور با نرم افزار ADS 76
شکل(4-5)-منحنی توان در هارمونیک اصلی بر حسب مقاومت بار 76
شکل(4-6) - مدار تغذیه در نظر گرفته شده برای مدار تقویت کننده 78
شکل(4-7) – منحنی اندازه مقاومت ورودی شبکه مدار تغذیه در کل پهنای باند 79
شکل(4-8)- طرح نهایی تقویت کننده گسترده توان 80
شکل(4-9)- تغییر شیب سیکل بار ترانزیستورهای اول تا سوم تقویت کننده گسترده 81
شکل(4-10) - منحنی تست پایداری برای منبع 82
شکل(4-11) – منحنی تست پایداری برای بار 82
شکل(4-12)- منحنی افت بازگشتی ورودی و خروجی بر حسب فرکانس 83
شکل(4-13)- منحنی بهره تقویت کننده برحسب فرکانس 83
شکل(4-15)-تعیین نقطه فشردگی برای تقویت کننده گسترده توان 84
شکل(4-16)-توان خروجی در هارمونیک اصلی و سوم تقویت کننده گسترده 85
شکل(4-17)-منحنی بهره توان بر حسب توان خروجی در هارمونیک اصلی 86

شکل(4-18)-منحنی راندمان توان اضافه شده بر حسب فرکانس 87
شکل(4-19)- منحنی راندمان توان اضافه شده بر حسب توان خروجی
87
شکل(5-1)- برد مدار چاپی تقویت کننده گسترده 88
شکل(5-2)- نمای بالای تقویت کننده گسترده 89
شکل(5-3) -مدار تحت اندازه گیری 89
شکل(5-4)- تجهیزات مورد نیاز جهت اندازه گیری 90
شکل(5-5) - بهره تقویت کننده توان در باند فرکانسی 3 GHz تا 11 GHz 91
شکل(5-6) - ضریب انعکاس ورودی تقویت کننده توان در باند فرکانسی 3 GHz تا 11 GHz 92
شکل(5-7) - ضریب انعکاس خروجی تقویت کننده توان در باند فرکانسی 3 GHz تا 11 GHz 92
شکل(5-8)- مقایسه بهره تقویت کننده گسترده در باند UWB 93
شکل(5-9)- مقایسه ضریب انعکاس خروجی تقویت کننده گسترده در باند UWB 93
شکل(5-10)- مقایسه ضریب انعکاس ورودی تقویت کننده گسترده در باند UWB 94

مقدمه

تقویت‌کننده گسترده مایکروویو قدیمی ترین تکنیک بر پایه عملکرد فعال متقابل دو موج است که در دو خط انتقال مجاور انتشار می یابد . ایده اولیه تقویت‌کننده‌های گسترده به سال ۱۹۳۷ برمی‌گرددکه محتوا و اصول بنیادین آن توسط Percival مطرح شد[1] .درسال ۱۹۴۰ از این روش در طراحی تقویت‌کننده‌های لامپ خلا با پهنای باند وسیع استفاده شد .

تقویت‌کننده‌های گسترده با بکارگیری GaAs MESFET ابتدا توسط Moser درسال ۱۹۶۷ و Jutzi در سال ۱۹۶۹ بررسی شد , آنها یک تقویت‌کننده گسترده با استفاده از تکنولوژی عناصر فشرده ساختند و توانایی این مدارات در ارایه بهره نسبتا بالا در یک پهنای باند وسیع را نشان دادند[2, 3]. در سال ۱۹۸۲ برای اولین بار یک‌تقویت‌کننده موج رونده[1] به صورت یکپارچه[2] در باند فرکانسی ۱GHz تا 13 GHz توسط شخصی به نام Ayasli ساخته شد[4]. بعد از آن معادلات بهره و پهنای باند تقویت‌کننده‌های گسترده بر حسب ثابت فاز ورودی و خروجی و فرکانس قطع توسط Beyer بسط داده شد[5] . Ayasliهمچنین تقویت‌کننده‌گسترده‌ای در باند فرکانسی ۲ GHz تا ۲۰GHz با بهره۳۰dB به صورت MMIC ساخت[6]. او به بررسی مکانیزم‌های محدودکننده توان در ساختارهای گسترده پرداخت و روشهای مداری کاهش اثرات این مکانیزم‌ها را معرفی کرد. Kim و Tsernگروش جدیدی برای کاهش تلفات خط گیت با اضافه نمودن خازن‌های سری به FET ها ارائه کردند با این روش توان خروجی در حدود ۰/۵ W و بهره ۴dB در طول پهنای فرکانسی۲ GHz تا۲۱ GHz به دست آمد[7] . Paoloni ساختار جدیدی از تقویت‌کننده‌های گسترده با دوکوپلر لانژ در ورودی و خروجی را معرفی کرد از مزیت‌های این ساختار بهبود قابل توجه توان خروجی و بهره، نسبت به ساختارهای متداول بود[8] .در اوایل سال ۱۹۸۰ تکنولوژی ساخت تقویت‌کننده‌های

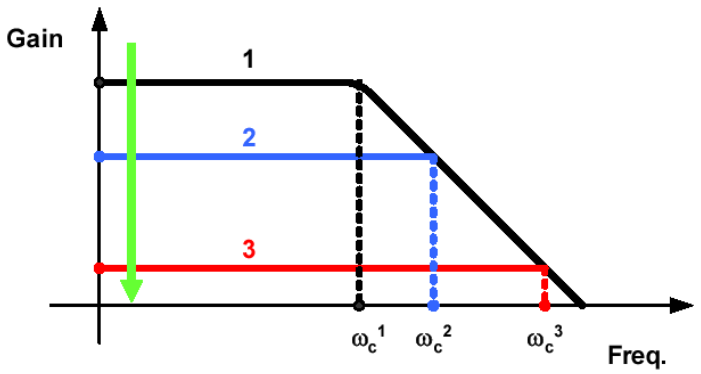
[1] Travelling Wave Amplifier
[2] Monolithic

گسترده به طور چشم گیری بر اساس تکنولوژی MMICبهبود یافت. ساختار تقویت‌کننده‌های گسترده به دلیل مدارات غالباً پسیو آنها که قابل تحقق با خطوط مایکرواستریپ هستند، کاملاً منطبق با تکنولوژی MMIC می باشد. [9,10]

از پیشرفتهای جدید در زمینه تقویت‌کننده‌های گسترده با پهنای باند فوق العاده وسیع[3] MMIC می توان به تقویت‌کننده‌هایی که توسط Agarwal ساخته شده اشاره کرد [11]. او و گروه تحقیقاتیش یک تقویت‌کننده در باند فرکانسی 1 GHz تا 112 GHz با بهره ۷ dB و یک تقویت کننده در باند فرکانسی۱ GHz تا ۱۵۷ GHz با بهره ۵ dB که با MMIC InGaAs/InAIAs HEMT با عرض گیت ۰/۱ μm ساختند

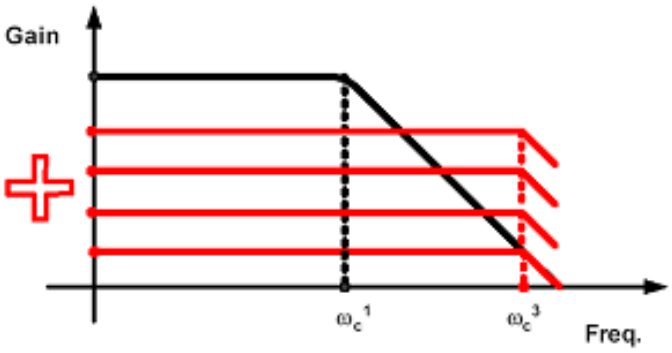
این تقویت‌کننده‌ها بخاطر پهنای باند فوق العاده زیاد آن در کانون توجه زیادی قرار گرفته اند. در یک تقویت‌کننده متداول موازی کردن ترانزیستورها باعث افزایش بهره می شود که این ناشی از جمع شدن ترانس کندوکتانس‌ها می باشد، اما افزایش خازن ورودی و خروجی موجب می شود که فرکانس قطع کاهش پیدا کند. بنابراین همان طور که در شکل (الف) مشاهده می‌شود این روش مشکلی را حل نمی کند چرا که حاصلضرب بهره – پهنای باند بطور محسوسی ثابت باقی می‌ماند.

[3] Ultrabroadband Distributed Amplifier



شکل(الف)-مصالحه بین بهره و پهنای باند در تقویت‌کننده‌های متداول

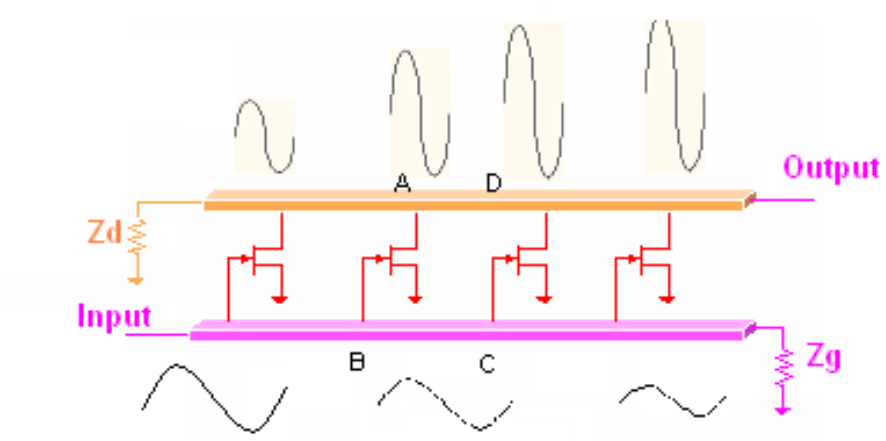
اما در یک تقویت‌کننده گسترده از جمع شدن ترانس کندوکتانس ترانزیستورها و نیز با تحقق خطوط انتقال مصنوعی LC در ورودی و خروجی برای جبران کردن تاثیر خازنها در کاهش فرکانس قطع استفاده می شود[12,13]. شکل(ب)



شکل(ب)- بدست آوردن بهره بالا همراه پهنای باند وسیع در تقویت کننده گسترده

سیگنال فرکانس بالای اعمال شده در ورودی تقویت‌کننده، خط گیت را تا انتها طی می کند. در نتیجه این عبور، قسمتی از سیگنال ورودی با فازهای متفاوت درطول خط به ترانزیستورها اعمال میشود، بوسیله تراز رسانایی ترانزیستورها تقویت شده، به خط خروجی منتقل می شوند. باقیمانده

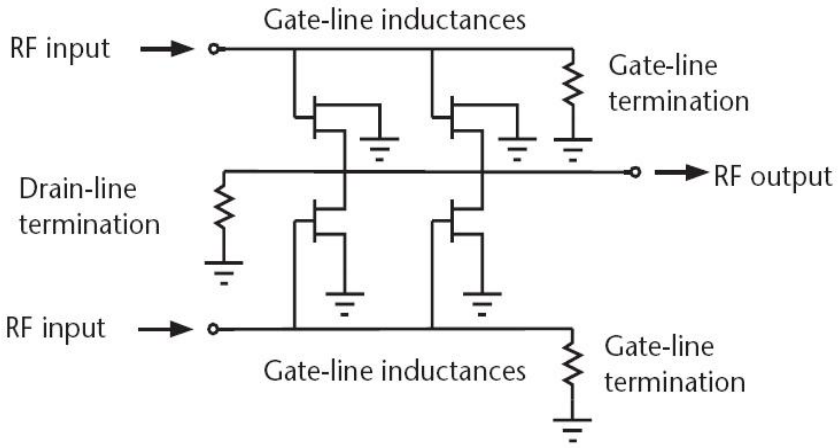
سیگنال بوسیله امپدانس Z_{ga} جذب می شود، امپدانس Z_{ga} در این جا برای امپدانس مشخصه خط ورودی فرض می شود.



شکل(ج)- ساختار ساده تقویت کننده گسترده

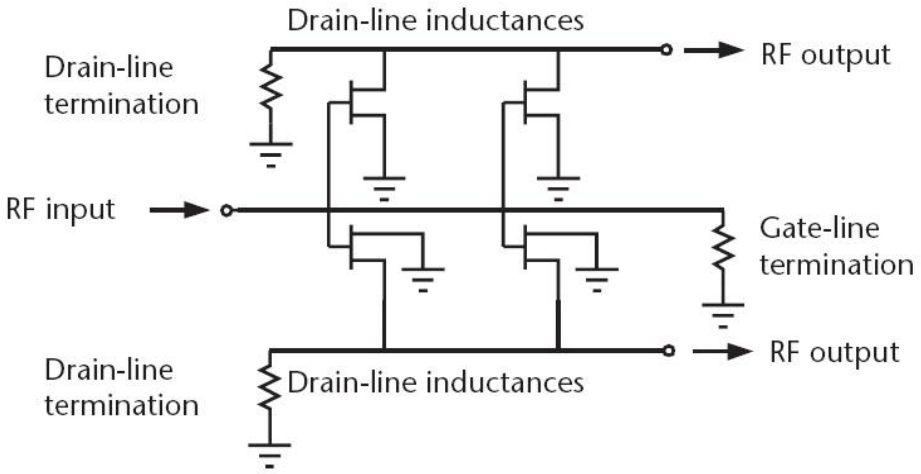
در صورتیکه سرعت فاز دو خط انتقال گیت و درین برابر باشند، اختلاف فاز مسیرهای ADC, ABC در شکل (ج) موجب می شود که سیگنالهای تقویت شده در درین ترانزیستورها در جهت انتقال به سمت خروجی با هم جمع شوند و در جهت برگشت، در فاز یکدیگررا حذف کنند. در صورتیکه سیگنالهای برگشتی به طور کامل حذف نشوند در بار درین Z_{da} جذب می شوند که مقدار این Z_{da} برابر امپدانس مشخصه خط خروجی فرض شده است. بنابراین مفهوم تقویت‌کننده گسترده به مفهوم دو خط انتقال کوپل شده بسیار نزدیک است[16]-[14].

با پیشرفتهای اخیر در زمینه نیمه هادی ها و مدارات مجتمع ساختارهای گسترده کاربرد فراوانی در ساخت تقویت کننده‌ها، اسیلاتور ها، میکسرهای باند وسیع و سایر مدارات مایکروویو پیدا کرده است که در این جا برخی از این کاربردها ارایه گشته است .Levy [17] با مطرح نمودن آرایش شکل های (د) و (ه) استفاده از مفهوم تقویت‌کننده‌های گسترده را در کاربردترکیب کننده و تقسیم کننده توان فعال به طور عملی اثبات کرد. آرایش شکل (د) از دو خط انتقال گیت و یک خط انتقال درین مشترک با کوپلینگ فعال با خطوط انتقال گیت تشکیل شده است .



شکل (د)- ترکیب کننده توان فعال به کمک ساختارهای گسترده موج رونده

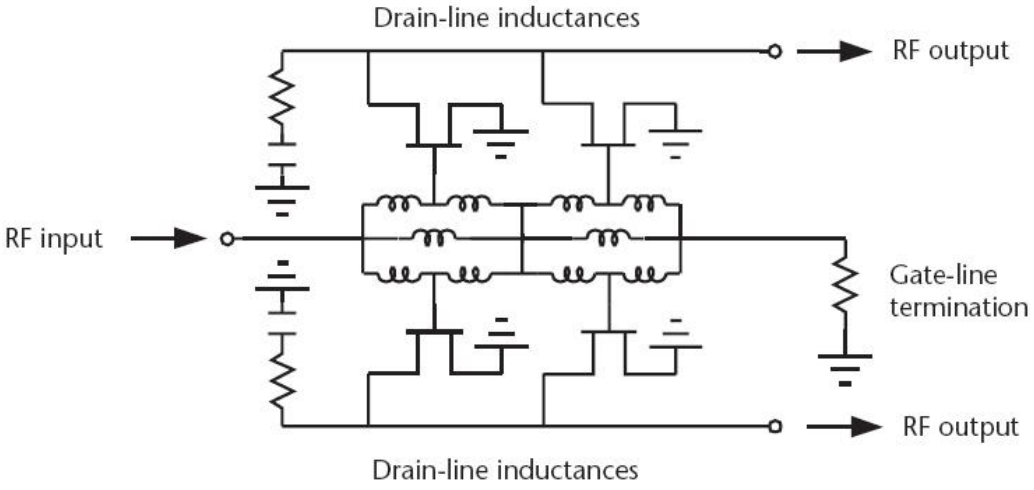
با این آرایش بهره در حدود۲dB برای هر خروجی و ایزولاسیون در حدود ۲۰dB بین خروجی‌ها در باند فرکانسی ۲-۲۰GHz به دست می آید . نظیر این تکنیک توسط افرادی چون Robertson و Aghvami [18] نیز به کار گرفته شد.



شکل (ه) تقسیم کننده توان فعال به کمک ساختارهای گسترده موج رونده

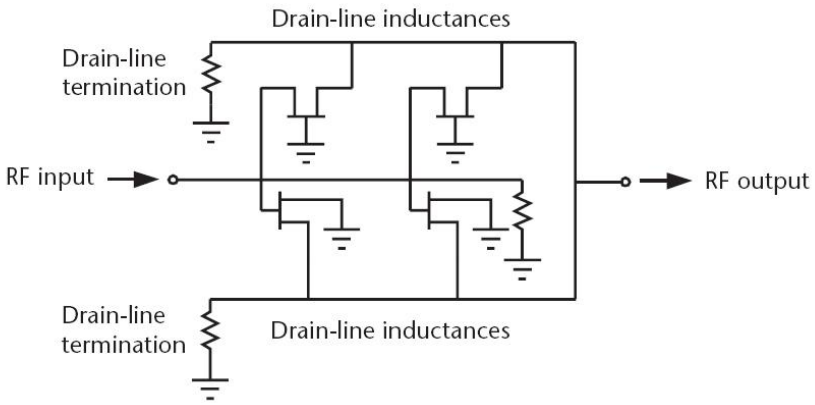
مانند ترکیب کننده توان، تقسیم کننده توان نیز مطابق شکل (ه) از ساختار مشابهی تشکیل شده است با این تفاوت که خط گیت در این ساختار مشترک است و خروجی ها از دو خط درین گرفته می شود .

با این ساختار می توان بهره و VSWR را بدون کاهش در پهنای باند ، بهبود بخشید . ساختارهای ترکیب کننده و تقسیم کننده توان اکتیو نسبت به ساختارهای پسیو نظیر Wilkinson و بقیه ساختار های صفحه مشخصات بهره و ایزولاسیون بهتری دارند .



شکل (و) تقسیم کننده توان فعال به کمک ساختارهای گسترده موج رونده

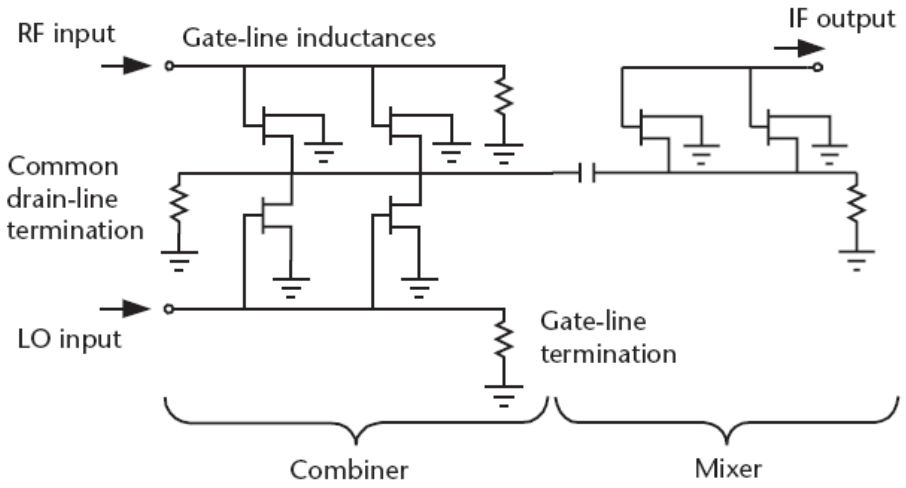
Pavio [19] استفاده از مفهوم ساختارهای گسترده را در ضرب کننده های فعال فرکانسی نشان داد . ضرب کننده نشان داده شده در شکل (ز) از چهار FET که یک جفت از آنها در آرایش گیت مشترک و یک جفت در آرایش سورس مشترک قرار دارند تشکیل شده است و دارای این خاصیت می باشد که هارمونیک فرکانس اصلی را حذف می کند . در حقیقت این آرایش ۱۸۰ درجه اختلاف فاز بین دو خط درین در خروجی در هارمونیک اصلی و ۳۶۰ درجه اختلاف فاز در هامونیک دوم ایجاد می کند . این اختلاف فاز ناشی از اختلاف فاز ۱۸۰ درجه در ولتاژ ورودی V_{gs} در ترانزیستورهای ردیف بالا نسبت به ردیف پایین می باشد .



شکل (ز) ضرب کننده فرکانسی فعال

با ورودیdBm 18 در پهنای باند فرکانسی 5GHz تا 9GHz هارمونیک دوم با توان 6dBm تا 8dBm در خروجی و هارمونیک اصلی تنها با توانdBm 0 تا dBm 3 در خروجی خواهیم داشت .

ایده استفاده از ساختارهای گسترده درطراحی میکسرها نخستین بار توسط Tang و Aitchison مطرح گشت. [20,21] آنها سیگنال LO و سیگنال RF را به وسیله یک کوپلر فعال مشابه آنچه در (ح) ارائه گشت ترکیب و به ورودی یک تقویت کننده گسترده اعمال کردند. هر دو فرکانس LO و RF در طول خط گیت منتشر می‌گردند ، مادامی که فرکانس IF در طول خط درین منتشر میگردد . لازم است ثابت فاز سیگنال IF روی خط درین باید برابر با تفاضل ثابت سیگنال RF و LO در دو خط انتقال گیت گردد . با این آرایش میکسری با پهنای باند وسیع با مقداری نیز بهره خواهیم داشت .



شکل (ح) میکسر فعال

با دو MESFET در بخش IF سیگنال 10 GHz در پهنای باند سیگنال ورودی 2 GHz تا ۱۰ GHz

با بهره تبدیلی[۴] ۱dB به دست می آید.

[4] Gain Conversion

فصل اول : تقویت‌کننده‌های توان

۱-۱-مقدمه

تقویت‌کننده‌های توان بخشی بسیار حیاتی و کلیدی در فرستنده‌ها می‌باشند که برای تامین قدرت لازم برای ارسال سیگنال از یک نقطه به نقطه دیگر استفاده می‌شود. تفاوت بارز تقویت‌کننده‌های توان با سایر تقویت‌کننده‌ها، اثرات غیر خطی شدید ناشی از سیگنالهای پرتوان می‌باشد، به همین دلیل تقویت‌کننده‌های توان علاوه بر نحوه طراحی از جهت مشخصات مطلوب نیز با تقویت‌کننده-های سیگنال کوچک متفاوت هستند. در تقویت‌کننده‌های توان بسته به کاربرد سعی بر طراحی برای رسیدن به راندمان بیشتر، توان بالاتر یا هر دو در کنار بهره مناسب میباشد و معمولا خطی بودن و نویز کمتر مورد توجه بوده، از اولویت کمتری برخوردار است. تقویت‌کننده‌های توان بسته به بایاس قطعه فعال و فرم سیگنالهای ورودی و خروجی به کلاسهای مختلف تقسیم می‌شوند.

۱-۲-۱- بررسی تقویت کننده‌های توان در کلاس‌های مختلف

تقویت‌کننده‌های توان عموماً براساس نقطه بایاس و شکل سیگنال ورودی تقسیم بندی می‌شوند . دسته‌ای که شکل موج ورودی و خروجی آنها سینوسی است عبارتند از تقویت‌کننده‌های کلاس A، AB، B و C که اختلاف آنها با هم در نقطه بایاس آنهاست. در این نوع تقویت‌کننده‌ها برای رسیدن به شکل موج تمیز در خروجی لازم است که از فیلتر استفاده شود. اگر شکل موج سیگنال ورودی تقویت‌کننده مربعی باشد می‌تواند به صورت سوئیچ عمل کند و مدار را خاموش و روشن کند یعنی ترانزیستور را وارد ناحیه قطع و اشباع خودکند، دراین‌صورت توان تلف شده توسط مدار ناچیز خواهد بود. از این رو است که راندمان این مدارها بسیار بالاست و به آنها تقویت کننده با راندمان