

صلى الله عليه وسلم



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

خانم طیبه شمسی کهریزسنگی پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان: طراحی تقویت کننده توان موج میلی متری بازده بالا

در تاریخ ۱۳۹۰/۱۲/۸ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این رساله را از نظر فرم و محتوا تایید کرده است و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد **الاستر** پیشنهاد می کنند.

امضاء	رتبه علمی	نام و نام خانوادگی	اعضای هیات داوران
	دانشیار	دکتر عبدالرضا نبوی لیشی	استاد راهنما
	استادیار	دکتر ابومسلم جان نثاری	استاد ناظر
	استادیار	دکتر سعید سعیدی	استاد ناظر
	استادیار	دکتر علی فتوت احمدی	استاد ناظر
	استادیار	دکتر ابومسلم جان نثاری	مدیر گروه (یانماینده گروه تخصصی)



دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان‌نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

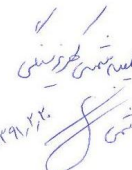

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه / رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه / رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم‌الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می‌شود.

نام و نام خانوادگی: 
امضاء: 
۱۳۹۸/۲/۲۰



آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموزان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته _____ است که در سال _____ در دانشکده _____ دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر _____ و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر _____ از آن

دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶: اینجانب _____ دانشجوی رشته _____

مقطع _____

تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: _____

تاریخ و امضا: _____
۱۳۹۱، ۱۲، ۸



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق _ الکترونیک

طراحی تقویت کننده توان موج میلی متری بازده بالا

طیبه شمسی کهریزسنگی

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر عبدالرضا نبوی

اسفند 1390

تقدیم

تقدیم به مهربان فرشتگانی که

لحظات نابِ باور بودن، لذت و غرور دانستن را مدیون آنها هستیم.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

تشکر و قدردانی

سپاس خدای را که همه لطف است و مهر، سپاسی که در دیار وجود همیشه نابودی

نگیرد و در گذر نسیم کرامت، دگرگونی نپذیرد.

از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر عبدالرضا نبوی به خاطر کمک‌ها و حمایت‌های بی-

دریغشان سپاسگذارم. تشکر صمیمانه خود را به محضر ایشان تقدیم می‌دارم، که انجام این

تحقیق بدون راهنمایی ایشان امکان‌پذیر نبود.

از تمامی دوستان و همراهانی که با دوستی بی‌نظیر و محبت بی‌دریغشان مرا یاری

کردند متشکرم.

و بهترین و بیش‌ترین سپاس‌ها تقدیم به خانواده‌ام به پاس برکت حضورشان و حمایت‌های

بی‌بدیلشان.

چکیده

در این پایان‌نامه، یک تقویت‌کننده توان موج‌میلی‌متری کلاس A با بازده بالا برای گستره فرکانسی 25-35 GHz و با استفاده از تکنولوژی $0.18\mu\text{m RFCMOC}$ طراحی شده است. این تقویت‌کننده توان از دو طبقه کسکود در ورودی و یک طبقه سورس‌مشترک در خروجی تشکیل شده است تا دستیابی هم‌زمان به گین بالا و بازده مورد نظر ممکن شود. در این تحقیق از یک ساختار میان‌گذر متشکل از دو LC، که یکی پایین‌گذر و دیگری میان‌گذر است، جهت انتقال امپدانس بهینه برای داشتن ماکزیمم گین، استفاده شده است. به دلیل محدودیت استفاده از سلف‌های اسپیرال در این گستره فرکانسی، برای تحقق سلف‌های موجود در شبکه‌های تطبیق و رزونانس مدار از خطوط انتقال میکرواستریپ استفاده شده است. این خطوط با شبیه‌ساز ممنتم طراحی و شبیه‌سازی شده و در ادامه مسیر پارامترهای پراکندگی استخراج شده از شبیه‌سازی آن‌ها، مورد استفاده قرار گرفته است. در حالت اول با در اولویت قرار دادن پارامترهایی از مدار هم‌چون گین و PAE، اندازه عناصر موجود در شبکه‌های تطبیق، به ویژه شبکه تطبیق خروجی و تطبیق میانی دوم، به گونه‌ای انتخاب شده است تا این پارامترها برای به دست آوردن ماکزیمم مقدار ممکن، نسبت به ضریب بازگشت خروجی ترجیح داده شوند. در حالت دوم، این عناصر تطبیق با تمرکز بر دستیابی به ضریب بازگشت خروجی بهینه مجدداً طراحی شده‌اند، ولی با این تغییرات، پارامترهای مذکور در حالت اول کاهش یافته‌اند. در حالت سوم، برای مصالحه و بهبود بین دو حالت بحث شده، از یک ساختار LC سری در کسکود طبقه دوم استفاده شده است. مقادیر حاصل از شبیه‌سازی ایده‌آل، برابر با $PAE = 28.7\%$ و $Gain = 18.6\text{dB}$ ، $P_{out} = 14\text{dBm}$ و مقادیر بعد از شبیه‌سازی با ممنتم برابر با $PAE = 22\%$ و $Gain = 17\text{dB}$ ، $P_{out} = 13.2\text{dBm}$ هستند. تقویت‌کننده با سیگنال مدوله شده 64QAM-OFDM تغذیه شد و EVM ای برابر با $-27/7$ به دست آمد. در نهایت جانمایی مدار و نتایج حاصل از شبیه‌سازی آن ارائه شده است.

کلید واژه: تقویت‌کننده توان، موج‌میلی‌متری، ساختار کسکود، خطوط انتقال میکرواستریپ، بازده بالا.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست اختصارات	د.....
فهرست علائم و نشانه‌ها	ه.....
فهرست جدول‌ها	ز.....
فهرست شکل‌ها	ح.....
فصل ۱- مقدمه	۱.....
۱-۱- پیشگفتار	۱.....
۲-۱- کاربرد تقویت‌کننده‌های توان موج-میلیمتری باند Ka	۲.....
۳-۱- چالش‌های طراحی تقویت‌کننده‌های توان موج‌میلیمتری CMOS	۳.....
۴-۱- الزامات و ملاحظات طراحی تقویت‌کننده‌های توان موج‌میلیمتری CMOS	۴.....
۵-۱- هدف از این پایان‌نامه	۶.....
۶-۱- نوآوری تحقیق	۶.....
۷-۱- نمای کلی پایان‌نامه	۷.....
فصل ۲- مفاهیم پایه در طراحی تقویت‌کننده‌های توان موج‌میلیمتری	۸.....
۱-۲- مقدمه	۸.....
۲-۲- بحث‌های طراحی برای تقویت‌کننده‌های توان موج‌میلیمتری	۸.....
۱-۲-۲- بهره	۹.....
۲-۲-۲- خطینگی	۱۰.....
۳-۲-۲- نقطه فشردگی 1-dB	۱۲.....
2-2-4- نقطه تقاطع مرتبه سه ورودی	۱۳.....
۵-۲-۲- پارامتر EVM	۱۳.....
۶-۲-۲- بازده	۱۴.....
۳-۲- طبقه بندی تقویت‌کننده‌های توان	۱۴.....
۱-۳-۲- تقویت‌کننده‌های توان خطی	۱۴.....
1-1-3-2- تقویت‌کننده توان کلاس A	۱۴.....
۲-۳-۲- تقویت‌کننده‌های با بازده بالا (تقویت‌کننده‌های غیرخطی)	۱۶.....
۴-۲- قطعات فعال	۱۶.....
۵-۲- قطعات غیرفعال	۱۶.....
۱-۵-۲- سلفها	۱۶.....
۶-۲- ویژگی‌های خطوط انتقال میکرواستریپ	۱۷.....

۱۸	تعریف و تشریح خطوط انتقال میکرواستریپ
۱۹	ثابت دی‌الکتریک نسبی و امیدانس مشخصه
۲۰	مدل کردن خطوط انتقال با ADS
۲۰	نتیجه‌گیری
۲۱	فصل ۳- مروری بر کارهای گذشته
۲۱	مقدمه
۲۱	نمونه‌هایی از تقویت‌کننده‌های طراحی شده در سالهای اخیر
۲۸	نتیجه‌گیری
۲۹	فصل ۴- طراحی تقویت‌کننده توان موج‌میلیمتری
۲۹	مقدمه
۲۹	دلایل انتخاب کلاس A برای تقویت‌کننده توان
۳۰	ساختار کلی تقویت‌کننده توان طراحی شده
۳۲	بهینه‌سازی عرض هر فینگر
۳۳	انتخاب شبکه تطبیق خروجی
۳۵	تطبیق ورودی
۳۶	تطبیق ورودی پهن‌بند
۳۸	شبکه تطبیق‌های میانی
۴۱	تعیین مقدار جریان و اندازه ترانزیستورهای طبقات اول و دوم
۴۲	استفاده از یک فیلتر ناچ برای بهبود پارامترهای مدار
۴۴	نتیجه‌گیری
۴۵	فصل ۵- نتایج شبیه‌سازی تقویت‌کننده توان
۴۵	مقدمه
۴۵	نتایج شبیه‌سازی ماکزیمم مقادیر پارامترهای سیگنال‌بزرگ
۴۸	نتایج حاصل از شبیه‌سازی با ترجیح بر ضریب بازگشت خروجی
۴۵	بهبود ضریب بازگشت خروجی بدون کاهش پارامترهای تقویت‌کننده با استفاده از فیلتر ناچ
۵۲	
۵۸	طیف خروجی و نتایج EVM
۶۰	نتایج به دست‌آمده بعد از طراحی و شبیه‌سازی خطوط انتقال با شبیه‌ساز ممنتم
۶۴	نتایج به دست‌آمده بعد از شبیه‌سازی مدار در نرم‌افزار cadence
۶۵	بررسی اثر تغییر دما و تغییر پروسه بر نتایج شبیه‌سازی تقویت‌کننده
۶۷	جانمایی مدار به همراه نتایج شبیه‌سازی‌های به دست‌آمده از جانمایی (Post simulation)
۶۹	نتیجه‌گیری
۷۰	فصل ۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۷۰	.....	مقدمه	۱-۶
۷۰	.....	جمع‌بندی	۲-۶
۷۱	.....	کارهای آینده	۳-۶
۷۵	.....	واژه‌نامه‌ی فارسی به انگلیسی	
۷۷	.....	واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی	

فهرست اختصارات

Abbr	Complete word
ADS	Advanced Design System
BW	Bandwidth
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
CP-1dB	1-dB Compression Point
DE	Drain Efficiency
EM	Electronic magnetic
FOM	Figure of merit
GaAs	Gallium Arsenide
HEMT	High Electron mobility transistor
HFSS	High frequency structure simulator
IIP3	3 rd Order Input referred Intercept Point
InGaP	Indium gallium phosphide
LMDS	Local Multipoint Distribution service
MMIC	Monolithic microwave integrated circuit
mm-wave	Millimeter wave
PA	Power Amplifier
PAE	Power Added Efficiency
QAM	Quadrature amplitude modulation
RF	Radio Frequency
RFIC	Radio frequency Integrated circuit
SiGe	Silicon Germanium
TL	Transmission line
UWB	Ultra Wide Band

فهرست علائم و نشانه‌ها

عنوان	علامت اختصاری
خازن پارازیتی گیت-سورس	C_{gs}
خازن پارازیتی گیت-درین	C_{gd}
ماکزیمم فرکانس نوسان	f_{max}
مقاومت صفحه ای پلی سیلیکان	R_{poly}
مجموع خازن‌های پارازیتی گیت-سورس و گیت-درین	C_{gg}
مقاومت گیت	R_g
مقاومت کانال	r_{ch}
مقاومت سورس	R_s
فرکانس رزونانس	f_N
خازن پارازیتی	C_p
تابع تبدیل فیلتر	G_F
عرض خطوط انتقال	W
هدایت انتقالی سیگنال کوچک	g_m
طول الکتریکی خطوط انتقال	θ
طول فیزیکی خطوط انتقال	l
بازده	η
امپدانس مشخصه خطوط انتقال	Z_0
ثابت دی‌الکتریک نسبی خطوط انتقال	ϵ_r
ثابت دی‌الکتریک موثر خطوط انتقال	ϵ_{re}

t	ضخامت رسانای خطوط انتقال
h	ضخامت دی الکتریک خطوط انتقال
λ	طول موج سیگنال
c	سرعت نور در فضای آزاد
S_{11}	ضریب بازگشت ورودی
S_{21}	بهره
S_{22}	ضریب بازگشت خروجی
P_{out}	توان خروجی تقویت کننده توان

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۴۲	جدول ۱-۴: اندازه طول و عرض خطوط انتقال تقویت‌کننده طراحی شده در این تحقیق
۴۲	جدول ۲-۴: اندازه خازن‌های موجود در تقویت‌کننده توان
۵۷	جدول ۱-۵: مشخصات خطوط انتقال استفاده شده در تقویت‌کننده توان
۵۸	جدول ۲-۵: مقایسه عملکرد تقویت‌کننده‌های توان گزارش شده در فصل سوم به همراه تقویت‌کننده توان طراحی شده در این تحقیق

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل 2-1. بلوک مدار تقویت‌کننده توان تک طبقه	۹
شکل 2-2. نمودارهای P_{out} بر حسب P_{in} برای یک تقویت‌کننده با مقایسه تطبیق مزدوج خروجی و تطبیق توان خروجی	۱۰
شکل 2-3. نمودار مشخصه P_{out} بر حسب P_{in} که نواحی اثرات غیر خطی قوی و ضعیف را نشان می‌دهد	۱۱
شکل 2-4. مشخصه 1dB بهره	۱۲
شکل 2-5. ساختار معمول یک تقویت‌کننده توان کلاس A	۱۵
شکل 2-6. شکل موج‌های جریان و ولتاژ یک تقویت‌کننده توان ایده آل کلاس A	۱۵
شکل 2-7. خطوط توپر خطوط میدان الکتریکی و خط نقطه‌چین خط میدان مغناطیسی را نشان می‌دهند	۱۷
شکل 2-8. نمایی از یک خط انتقال میکرواستریپ	۱۸
شکل 3-1. ساختار تقویت‌کننده توان [23]	۲۱
شکل 3-2. پارامترهای پراکندگی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده تقویت‌کننده توان [23]	۲۲
شکل 3-3. مشخصه‌های سیگنال بزرگ تقویت‌کننده توان [23]	۲۲
شکل 3-4. ساختار مداری تقویت‌کننده توان [24]	۲۳
شکل 3-5. مشخصه‌های اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده ساختار [24]	۲۳
شکل ۳-۶. ساختار تقویت‌کننده توان گزارش شده در [۲۵]	۲۴
شکل ۳-۷. نمودار عملکرد توان و گین تقویت‌کننده [۲۵]	۲۵
شکل 3-8. ساختار تقویت‌کننده توان در [10]	۲۵
شکل 3-9. پارامترهای S شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده تقویت‌کننده توان [10] زمانی که در $I_{DS}=94mA$ و $V_{DS}=1.8V$ بایاس شده است.	۲۶
شکل 3-10. عملکرد سیگنال بزرگ اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده تقویت‌کننده [10] در فرکانس 27GHz	۲۶
شکل ۳-۱۱. ساختار تقویت‌کننده توان گزارش شده در [۲۶]	۲۷
شکل ۳-۱۲. پارامترهای سیگنال کوچک تقویت‌کننده توان [۲۶]	۲۷
شکل ۳-۱۳. توان خروجی و PAE تقویت‌کننده توان [۲۶]	۲۸
شکل 4-1. f_T (a) و f_{max} (b) به عنوان تابعی از جریان درین در واحد عرض گیت (بر حسب میکرون) برای تکنولوژی‌های CMOS معمولی و SOI	۳۱
شکل 4-2. بررسی تاثیر وجود و عدم وجود خط انتقال TL8 بر روی ضریب بازگشتی خروجی	۳۴
شکل 4-3. بررسی تاثیر وجود یا عدم وجود خط انتقال TL8 بر روی پارامتر بهره سیگنال بزرگ	۳۵

- شکل 4-4. ساختار تطبیق ورودی اولیه استفاده شده در این تحقیق ۳۵
- شکل 4-5. مقاومت موازی برای تطبیق پهن‌بند ۳۶
- شکل 4-6. فیدبک مقاومت موازی برای تطبیق پهن‌بند ۳۶
- شکل 4-7. ساختار تطبیق پهن‌بند ورودی در این تحقیق ۳۷
- شکل 4-8. نمودار S11 با مقایسه دو حالت استفاده و عدم استفاده از مقاومت در ساختار تطبیق ورودی ۳۷
- شکل 4-9. بخشی از ساختار تقویت‌کننده توان ۳۸
- شکل 4-10. ساختار تطبیق میانی استفاده شده در این تحقیق ۳۹
- شکل 4-۱۱. بررسی وجود و عدم وجود خازن C_2 موجود در شبکه تطبیق میانی دوم بر سوئینگ ولتاژ خروجی طبقه آخر ۴۰
- شکل 4-۱۲. بررسی وجود و عدم وجود خازن C_2 موجود در شبکه تطبیق میانی دوم بر روی ضریب بازگشت خروجی در همان نقطه ۴۰
- شکل 4-۱۳. بررسی تاثیر وجود و عدم وجود خازن C_2 بر روی بهره تقویت‌کننده ۴۰
- شکل 4-۱۴. بررسی تاثیر وجود و عدم وجود خازن C_2 بر روی پارامتر PAE تقویت‌کننده ۴۱
- شکل 4-15. ساختار کلی تقویت‌کننده توان سه طبقه طراحی شده در این تحقیق به همراه شبکه‌های تطبیق ۴۲
- شکل 4-16. ساختار فیلتر ناچ استفاده شده در کسکود طبقه دوم ۴۳
- شکل 4-17. مدار معادل فیلتر ناچ ۴۳
- شکل 4-18. ساختار کسکود به همراه مدار ناچ با جریان مشخص هر شاخه ۴۴
- شکل 5-1. نمودار ضریب بازگشت ورودی ۴۶
- شکل 5-2. نمودار ضریب بازگشت خروجی ۴۶
- شکل 5-3. نمودار بهره سیگنال کوچک تقویت‌کننده ۴۷
- شکل 5-4. نمودار بهره سیگنال بزرگ ۴۷
- شکل 5-5. نمودار PAE تقویت‌کننده توان ۴۷
- شکل 5-6. نمودار توان خروجی ماکزیمم برای این حالت تقویت‌کنندگی ۴۸
- شکل 5-7. محاسبه IIP3 برای این حالت ۴۸
- شکل 5-8. ضریب بازگشت ورودی برای حالت جدید ۴۹
- شکل 5-9. نمودار ضریب بازگشت خروجی برای حالت جدید ۴۹
- شکل 5-10. نمودار بهره سیگنال کوچک با 1 dB کاهش ۵۰
- شکل 5-11. نمودار بهره سیگنال بزرگ برای حالت جدید ۵۰
- شکل 5-12. نمودار PAE برای حالت جدید با ضریب بازگشتی خروجی بهینه‌تر ۵۱
- شکل 5-13. نمودار توان خروجی تقویت‌کننده ۵۱
- شکل 5-14. محاسبه IIP3 برای حالت جدید ۵۲
- شکل 5-15. ضریب بازگشت ورودی بعد از اعمال فیلتر ناچ ۵۳
- شکل 5-16. ضریب بازگشت خروجی ۵۳

- شکل 5-17. بهره سیگنال کوچک بعد از اعمال فیلتر ناچ ۵۴
- شکل 5-18. بهره سیگنال کوچک بعد از اعمال فیلتر ناچ با نمایش ناچ ایجاد شده ۵۴
- شکل 5-19. نمودار PAE بعد از اعمال فیلتر ناچ ۵۵
- شکل 5-20. مقدار بهره سیگنال بزرگ ۵۵
- شکل 5-21. توان خروجی بعد از اعمال فیلتر ناچ ۵۵
- شکل 5-22. محاسبه IIP3 بعد از اعمال فیلتر ناچ ۵۶
- شکل 5-23. مقایسه بهره سیگنال کوچک در سه حالت بحث شده ۵۶
- شکل 5-24: مقایسه پارامتر S_{22} در سه حالت بحث شده ۵۷
- شکل 5-25. مشخصه AM-AM ۵۹
- شکل 5-26. طیف ورودی و خروجی تقویت کننده توان ۵۹
- شکل 5-27. نمودار خوشه‌های سیگنال 64-QAM پس از عبور از تقویت کننده ۶۰
- شکل 5-28. ضریب بازگشت ورودی بعد از طراحی و شبیه‌سازی خطوط انتقال با شبیه‌ساز ممنتم ۶۰
- شکل 5-29. ضریب بازگشت خروجی بعد از طراحی و شبیه‌سازی خطوط انتقال با شبیه‌ساز ممنتم ۶۱
- شکل 5-30. بهره سیگنال کوچک بعد از طراحی و شبیه‌سازی خطوط انتقال ۶۲
- شکل 5-31. بهره سیگنال بزرگ بعد از طراحی و شبیه‌سازی خطوط انتقال ۶۲
- شکل 5-32. PAE محاسبه شده بعد از طراحی و شبیه‌سازی خطوط انتقال در ممنتم ۶۳
- شکل 5-33. توان خروجی تقویت کننده بعد از طراحی و شبیه‌سازی خطوط انتقال در ممنتم ۶۳
- شکل 5-34. محاسبه IIP3 بعد از طراحی خطوط انتقال با شبیه‌ساز ممنتم ۶۴
- شکل 5-35. پارامتر S_{22} به دست آمده از شبیه‌سازی در cadence با استفاده خطوط انتقال طراحی شده در ممنتم ۶۴
- شکل 5-36. بهره سیگنال کوچک به دست آمده از نتایج شبیه‌سازی در cadence ۶۵
- شکل 5-37. پارامتر S_{22} به دست آمده بعد از شبیه‌سازی در cadence ۶۵
- شکل 5-۳۸. بررسی اثر تغییر دما و تغییر پروسه به طور هم‌زمان بر بهره سیگنال کوچک تقویت کننده (بدترین حالت) ۶۶
- شکل 5-۳۹. بررسی اثر تغییر دما و تغییر پروسه به طور هم‌زمان بر ضریب بازگشتی ورودی (بدترین حالت) ۶۶
- شکل 5-۴۰. بررسی اثر تغییر دما و تغییر پروسه به طور هم‌زمان بر ضریب بازگشتی خروجی (بدترین حالت) ۶۷
- شکل 5-۴۱. جانمایی تقویت کننده توان طراحی شده در این تحقیق ۶۸
- شکل 5-۴۲. ضریب بازگشتی ورودی بعد از شبیه‌سازی جانمایی ۶۸
- شکل 5-۴۳. بهره سیگنال کوچک تقویت کننده بعد از شبیه‌سازی جانمایی مدار ۶۹
- شکل 5-۴۴. ضریب بازگشت خروجی تقویت کننده بعد از شبیه‌سازی جانمایی مدار ۶۹

فصل ۱ - مقدمه

۱-۱ - پیشگفتار

در چند دهه گذشته مخابرات بی‌سیم^۱ شاهد رشد سریع بوده است. درحقیقت، تقاضا برای سیستم-مخابراتی بی‌سیم با قابلیت انتقال داده بالا، به طور قابل توجهی افزایش یافته و منجر به گسترش فرمت‌ها و استانداردهای مخابراتی پهن‌بند جدید شده است.

سیستم‌های پهن‌بند قادرند در بازه زمانی مشخص، اطلاعات بیشتری را نسبت به سیستم‌های باند باریک منتقل کنند. اخیراً، به خاطر پهنای باند بزرگتر که در فرکانس‌های بالاتر در دسترس است، مخابرات رادیویی در موج‌میلی‌متری^۲ برای محدوده کوتاه به سرعت گسترش پیدا کرده است. بنابراین، برای تطبیق و هم‌زمانی سرعت بالا و پهنای باند وسیع باهم و همچنین غلبه بر انباشتگی و تراکم طیفی در فرکانس‌های پایین‌تر، بخشی از طیف سیگنال موج‌میلی‌متری (30-300 گیگاهرتز) و به خصوص حول فرکانس 30 تا 60 گیگاهرتز، به عنوان یک راه حل پیشنهاد شده است. این طیف فرکانسی می‌تواند برای کاربردهای پهن‌بند، هم‌چون سیستم‌های رادار پهن‌بند در 22-29 گیگاهرتز، کاربردهای داده بی‌سیم سرعت بالا شامل سرویس‌های ویدئویی پهن‌بند^۳ در 30-40 گیگاهرتز و شبکه‌های محلی بی‌سیم داخلی^۴ در 60 گیگاهرتز، استفاده شود [1].

باند ka از جمله باندهای فرکانسی موج‌میلی‌متری است که محدوده فرکانسی بین 26.5 تا 40 گیگاهرتز را می‌پوشاند [2]. از کاربردهای معمول و رایج این باند می‌توان از LMDS^۵ نام برد.

^۱ Wireless Communication

^۲ Milimeter Wave

^۳ Broadband Video Services

^۴ Wireless Local Area Network

^۵ Local Multipoint Distribution Service

در میان بلوک‌های ساختار یک فرستنده-گیرنده، تقویت‌کننده توان¹ برای تبدیل یک سیگنال فرکانس بالا² با توان کم به یک سیگنال بزرگتر با توان قابل قبول، در ورودی آنتن استفاده می‌شود. تقویت‌کننده توان بیشترین مصرف توان را دارد و معمولا برای داشتن بازده و نقطه فشردگی 1 dB³ خروجی بالا، اتلاف برگشتی خوب روی ورودی و خروجی، بهره بالا، و اتلاف حرارتی مطلوب طراحی و بهینه می‌شود.

تکنولوژی‌های نیمه‌هادی غالب برای طراحی تقویت‌کننده‌های توان ترکیبی از مواد III-V هم-چون GaAs و اخیرا InGaP هستند که نسبت به تکنولوژی CMOS دارای ولتاژ شکست بالاتر، اتلاف زیرلایه کمتر، و خازن‌ها و سلف‌هایی با کیفیت بالاتر می‌باشند اما با پیشرفت‌های مداوم تکنولوژی CMOS، این تکنولوژی جایگزین تکنولوژی‌های گران‌تر فوق شده است و با کاهش ابعاد این تکنولوژی سرعت ترانزیستورهای پیاده‌سازی شده افزایش می‌یابد و قادر به کارکرد در فرکانس‌های با طول موج-میلی‌متری خواهند بود. بنابراین، در باندهای فرکانسی موج‌میلی‌متری، استفاده از تکنولوژی CMOS، مزیت‌های قابل توجهی هم‌چون اندازه کوچک، قیمت کم، و سطح مجتمع‌سازی بالا را ارائه می‌کند [۱].

۱-۲- کاربرد تقویت‌کننده‌های توان موج‌میلی‌متری باند Ka

همان‌طور که در مقدمه اشاره شد، یکی از اصلی‌ترین کاربردهای این رنج فرکانسی، کاربرد LMDS است. LMDS یک شبکه بی‌سیم سرعت‌بالا است که در بالاتر از 20GHz کار می‌کند و قسمتی از استاندارد IEEE 802.16 می‌باشد. LMDS از یک بخش از آنتن با شیوه یک نقطه به چند نقطه⁴ برای انتقال روی یک محدوده وسیع استفاده می‌کند. در فرکانس‌های بالاتر (27/5 GHz تا 31 GHz) LMDS می‌تواند پهنای باند بیشتری را ارائه کند اما محدوده سیگنال به خاطر تضعیف تقریبا به 8Km محدود می‌شود. LMDS برای تامین سرویس‌های پهن‌بند دوطرفه هم‌چون، ویدئو، داده، صدا و اینترنت برای کاربران ثابت استفاده می‌شود [3].

¹ Power amplifier

² Radio Frequency

³ 1dB Compression Point

⁴ Point to multipoint