چکیده

اینترنت اشیا امروزه یکی از پرکاربردترین مباحث مخابراتی و الکترونیکی در محافل علمی دنیا هست. در منظر مخابراتی نیاز به فرستنده گیرنده‌هایی با استانداردهای جدید و همگام با نیاز روز بیش‌ازپیش احساس می‌شود. درگذشته مدل ساده‌ای از اینترنت اشیا در ادوات مرتبط با شبکه حسگر بی‌سیم قابل‌مشاهده بود. اما با توجه به گسترش روزافزون ابزارهای قابل‌حمل و نیاز به ارتباط دوسویه انسان- ماشین از منظر الکترونیکی نیاز به روزآمد کردن مدارات فرستنده گیرنده از نیازهای مهم محسوب می‌شود. چالش مهم ابزارهای مرتبط با اینترنت اشیا لزوم ارتباط صوتی به همراه ارتباط فرکانس بالا است. لذا امروزه نیاز به بررسی و ارائه طراحی‌های جدید چه ازنظر سیستمی و چه ازنظر مداری بیش از گذشته احساس می‌شود.

با توجه به این موارد، در این رساله به ارائه یک مدل سیستمی برای فرستنده گیرنده‌های مرتبط با اینترنت اشیا پرداخته‌شده است. بدین منظور از یک ساختار کلاس D دوسطحی به‌عنوان تقویت‌کننده صوتی و یک ساختار ساده دوسطحی به‌عنوان تقویت‌کننده توان استفاده‌شده است. با توجه به اینکه طبقه خروجی در این تقویت‌کننده‌ها بیشترین سطح مصرفی را دارد، از ساختاری برای طراحی این دو تقویت‌کننده استفاده‌شده است که بتوان طبقه خروجی این دو تقویت‌کننده را در زمان‌های مناسب به اشتراک گذاشت. در ادامه رساله یک تقویت‌کننده توان در کلاس E طراحی‌شده است که در آن با به‌کارگیری روش خازن‌های تزویج ضربدری تقویت‌کننده بتواند باوجود دستیابی به سطح توان خروجی بالا دارای سطح مصرفی پایینی باشد. ضمن اینکه یک تقویت‌کننده بهره قابل‌برنامه‌ریزی به کمک ساختار ولتاژ پیرو طراحی شد که علاوه بر رفع مشکل دستیابی به پاسخ فرکانسی مناسب، توان بسیار کمی هم مصرف کند.

در شبیه‌سازی مرتبط با ایده سیستمی ابتدا مشخصه مداری تقویت‌کننده در قالب رفتاری و بلوک دیاگرامی در نرم‌افزارهایی مانند متلب و ADS شبیه‌سازی شد. نتایج طیف خروجی فرستنده گیرنده پیشنهادی و محاسبات انرژی که در رساله به‌صورت مفصل به آن پرداخته‌شده نشان می‌دهد که این ساختار دارای مصرف انرژی و سطح مصرفی کمتری (حدود ۲۰٪) در مقایسه با ساختارهای کنونی

است. در ادامه برای پیاده‌سازی این ایده، بلوک‌های موجود که تحت عنوان تقویت‌کننده توان(PA)و تقویت‌کننده صوتی(CDA) در ساختار سیستمی بکار گرفته شد به‌صورت مداری طراحی و شبیه‌سازی شدند. در طراحی CDA پیشنهادی از مدولاسیون عرض پالس (PWM) در یک ساختار تمام دیفرانسیلی استفاده‌شده است. چینش مدار با این فناوری دارای سطح مصرفی $0.2mm^2$ است که کاهش زیادی در مقایسه باکارهای مشابه دارد. ساختار پیشنهادی در حالت فرکانس پایین به بهره حدود90% و THD کمتر از 0.2% دست پیدا می‌کند. ضمن اینکه که در حالت فرکانس بالا به بهره 36dB به همراه بازده حدود45% دست می‌یابد.

تقویت‌کننده کلاس E طراحی‌شده به سطح توان خروجی نزدیک به 0.9w دست‌یافته است. فرکانس کاری و بهره و بازدهی تقویت‌کننده در این حالت به ترتیب 2.4Ghz و 35.6dBو 43% است. همه این موارد در حالی به‌دست‌آمده که سطح مصرفی مدار بعد از پیاده‌سازی چیدمان آن به0.4mm2 رسیده است و با توجه به ضریب شایستگی تعریف‌شده بهبود ۳۰ درصدی نسبت به کارهای بروز در این زمینه به‌دست‌آمده است.

علاوه بر این ساختار ارائه‌شده برای تقویت‌کننده قابل‌برنامه‌ریزی دارای توان مصرفی بسیار پایین 120nw است. این در حالی است که در طراحی این تقویت‌کننده به بهره ۰ تا ۲۰ دسی‌بل بافاصله‌های تقریباً مساوی و پهنای باند تقریبی 100khz دست‌یافته شد. پیاده‌سازی چیدمان این مدار نیز دارای سطح مصرفی $125\mu m^2$ است که در مقایسه با دیگر ساختارهای ارائه‌شده هم دارای توان مصرفی و هم‌سطح مصرفی پایین‌تری است.

شایان‌ذکر است که کلیه مدارهای طراحی‌شده به کمک فناوری 0.18 میکرومتر CMOS شبیه‌سازی‌شده است.

کلید واژه: اینترنت اشیا ، تقویت‌کننده توان، تقویت‌کننده قابل برنامه‌ریزی، فرستنده گیرنده و تقویت-کننده صوتی.

فهرست محتوا

عنوان **صفحه**

فهرست محتوا.....أ

فهرست شکل‌ها .....ج

فهرست مطالب

فصل اول..... ۱۲

۱-۱. مقدمه..... ۲

۱-۲. تقویت‌کننده قابل‌برنامه‌ریزی..... ۲

۱-۳. تأثیر PA بر فرستنده گیرنده مجتمع..... ۳

۱-٤. نیازمندی استانداردهای سامانه‌های بیسیم مدرن..... ٤

۱-٤-۱. تأثیر محدوده ارتباطی..... ٤

فصل دوم..... ۲

۲-۱. مقدمه..... ۸

۲-۲. پارامترهای مرتبط با تقویت کننده توان..... ۸

۲-۲-۱. فرکانس عملکرد..... ۸

۲-۲-۲. بازده..... ۹

۲-۲-۳. بازده درین..... ۹

۲-۲-٤. بهره توان..... ۹

۲-۲-٤. بازده افزوده توان..... ۱۰

۲-۲-۵. تغییرات بهره..... ۱۱

۲-۲-٦. توان خروجی ۱۱
۲-۲-۷. خطسانی ۱۱
۲-۲-۸. نقطه فشردگی1-dB ۱۲
۲-۲-۹.اعوجاج فاز ۱۳
۲-۲-۱۰. توان تلف‌شده ۱٤
۲-۲-۱۱. کنترل توان ۱٤
۲-۲-۱۲. محدوده دینامیکی ورودی ۱۵
۲-۲-۱۳. پارامترهای پراکندگی ۱۵
۲-۲-۱۳. اعوجاج هارمونیکی کل ۱٦
۲-۲-۱۳. نسبت حذف نویز منبع تغذیه ۱۸
۲-۳. پارامترها و چالش‌های طراحی PGA ۱۹
۲-۳-۱.محدوده تغییر بهره و خطای بهره ۱۹
۲-٤. نتیجه گیری ۲۰
فصل سوم ۲۱
۳-۱. مقدمه ۲۲
۳-۲. انواع تقویت کننده ها ۲۲
۳-۳. تقویت کننده های توان خطی ۲۵
۳-٤. تقویت کننده های سوئیچینگ ۲۷
۳-٤-۱. تقویت کننده کلاس D ۲۸
۳-٤-۲. تقویت کننده کلاس E ۳۰
۳-۵. بررسی مدارت PGA ۳۱
۳-۸-۱. PGA های متداول ۳۱

۳-۸-۲. PGAهای فرکانس بالا ۳۵
۳-۸-۲. PGA های مبتنی بر سلول ۳۷
۳-۹. نتیجه گیری ٤۳
فصل چهارم ٤٤
٤-۱. مقدمه ٤٥
٤-۲. تقویت‌کننده‌های توان با آرایش آبشاری ٤٥
٤-۳. تقویت کننده توان با اکسید ضخیم ٤۷
٤-٤. تقویت کننده توان با آرایش آبشاری خود بایاس ٤۷
٥-٤. تقویت‌کننده توان با ساختار آبشاری پشتهای ٥۱
٦-٤. بررسی روش طراحی تقویت‌کننده‌های محدوده صوتی ٥۳
٤-۷. روشهای طراحی تقویت‌کننده PGA ٦۹
٤-۸. انواع PGA ٦۹
٤-۱۰. نتیجه گیری ۸٤
فصل پنجم ۸۳
٥-۱. مقدمه ۸٦
٥-۲. ارائه ساختار پیشنهادی برای فرستنده-گیرنده با کاربرد IoT ۹۰
٥-۲-۱. مقدمه ۹۰
٥-۲-۲. بررسی استاندارد مناسب جهت به‌کارگیری در ابزارهای IoT ۹۳
٥-۲-۳. ساختار پیشنهادی برای فرستنده گیرنده ۹٥
٥-۲-٤. نتایج شبیه سازی ۹۸
٥-۳. طراحی CDA ۱۰۳
٥-۳-۱. تحلیل طراحی سیستمی ۱۰۳

۵-۳-۲. تقویت‌کننده کلاس D حلقه بسته بدون پالایه ۱۰۵
۵-۳. تقویت کننده کلاس E ۱۲۰
۵-۳-۱. مقدمه ۱۲۰
۵-۳-۱. مدار پیشنهادی ۱۲۱
۵-٤. طراحی مدار بهره قابل‌برنامه‌ریزی جریانی ۱۳٤
۵-۳-۱. مقدمه ۱۳٤
۵-۳-۱. مدار پیشنهادی ۱۳٤
فصل ششم ۱۳۵
نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۱۳٦

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱. عملکرد فرستنده گیرنده‌ها در استانداردهای مختلف ۵

جدول ۱-۲. عملکرد PA از نوع CMOS برای استانداردهای 802.11g,WCMA ٦

جدول ۳-۱. استانداردهای تابع لایه فیزیکی PHY شبکه IEEE802.11 ..... ۳٦

جدول ۳-۲. شرایط A_c و BW_C محاسبه‌شده برای $A_{tot} = 30dB$ و $BW_{tot} = 2GHz$ ۳۹

جدول ٤-۱. مقایسه پیکربندیهای ترانزیستور در حالات پشتهای و موازی ۵۲

جدول ٤-۳. مقایسه روشهای خطی سازی ۸۵

جدول ۵-۱. ارتباطات انواع سامانه‌های سایبری ۹۰

جدول ۵-۲. مقایسه بین ساختارهای مختلف فرستنده گیرنده ۱۰۱

جدول ۵-۳. مقایسه نتایج شبیه‌سازی برای گوشهها ۱۱۷

جدول ۵-٤. مقایسه تقویت‌کننده‌های توان طراحی‌شده ۱۳٤

جدول ۵-۵. مقایسه بین مدارات بهره قابل‌برنامه‌ریزی ارائه‌شده ۱٤۲

فهرست تصاویر و نمودارها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱. اجزای یک فرستنده [۱] ۳

شکل ۱-۲.دیاگرام اجزای فرستنده گیرنده[۱] ٤

شکل ۲-۱. نمونه از نمودار PAE نسبت به توان ورودی در یک تقویت‌کننده توان[۱۸] ۱۱

شکل ۲-۲. مشخصه نقطه فشردگی بهره (1-dBC) ۱۳

شکل ۲-۳. یک شبکه دو پورتی که متغیرهای شبکه دران نشان داده‌شده است[۱] ۱۵

شکل ۲-٤: پاسخ هارمونیک و نحوه محاسبه THD ۱۸

شکل ۲-۵: نحوه محاسبه PSRR ۱۹

شکل ۲-٦. مثالی از نمودار مشخصه بهره بر اساس فرکانس با ولتاژ کنترل متفاوت پهنای باند ۱۹

شکل ۲-۷. مثالی از نمودار بهره و خطای بهره بر اساس V_{CTRL} در یک نقطه فرکانسی ۲۰

شکل ۳-۱. یک توپولوژی اولیه از یک تقویتکننده توان [۲۰] ۲۳

شکل ۳-۲. سیستم RF ساده نشان‌دهنده موقعیت PGA ۲۳

شکل ۳-۳. منحنی مشخصه I/V ترانزیستور [۲۰] ۲٦

شکل ۳-٤: مدار و شکل موج‌های ولتاژ و جریان تقویت‌کننده کلاسE [31] ۲۸

شکل ۳-۵:مدار تقویت‌کننده کلاس D با ترانزیستور و کلید ایده ال [31] ۲۹

شکل ۳-۹. تقویت‌کننده توان کلاس E [۲۰] ۳۰

شکل ۳-۱۰. شما تیک یک PGA معمولی با تقریب نمایی [٤۱] ۳۲

شکل ۳-۱۱. شماتیک PGA هدایت جریان با ژنراتور کنترل نمایی [٤۲] ۳۳

شکل ۳-۱۲.شماتیک PGA با تقریب شبه نمایی جدید در[43] ۳٤

شکل ۳-۱۳. شماتیک PGA با ژنراتور رمپ دیفرانسیلی [٤٤] ۳۵

شکل ۳-۱٤. شماتیک یک 5Gb/s AGC در فرایند SiGe BiCMOS ۰,۱۳ میکرومتر [٤۹] ۳٦

شکل ۳-۱۵. بلوک دیاگرام ساده‌شدهPGA ارائه‌شده ۳۷

شکل ۳-۱٦. بلوک دیاگرام مثالی از PGA متداول [۵۲] ٤۱

شکل ۳-۱۷. هیستوگرام مصرف توان برای PGA متداول بر اساس بیت‌های کنترل [۵۲]..... ٤١
شکل ٤-١. الف) شمای مداری یک تقویت‌کننده آبشاری متداول ب) شکل موج برایVG(خط‌چین)و VD(خط پر) برای ترانزیستورهای آرایش سورس مشترک (قرمز) و گیت مشترک(مشکی) در تقویت‌کننده توان متداول[۲۰]..... ٤٦
شکل ٤-٢. الف) شمای مداری یک تقویت‌کننده آبشاری خود بایاس ب) شکل موج برایVG(خط‌چین)و VD(خط پر) برای ترانزیستورهای آرایش سورس مشترک (قرمز) و گیت مشترک(مشکی) در تقویت‌کننده توان متداول[۲۰]..... ٤٨
شکل ٤-٣. الف) شمای مداری یک تقویت‌کننده آبشاری بوت استرپ ب) شکل موج مربوط به V_{G2} به ازای مقادیر مختلف R_d [۵۳]..... ٤٩
شکل ٤-٤. الف) شمای مداری یک تقویت‌کننده توان دوطبقه با فیدبک خازنی[٥٤]..... ٥٠
شکل ٤-٥. شمای مداری یک تقویتکننده توان با ساختار آبشاری پشتهای سه‌طبقه[۵۵]..... ٥١
شکل ٤-٦. شماتیک مدار بکار رفته در مرجع [۵۵] در آرایش پشتهای..... ٥٢
شکل ٤-٧. ساختار تقویت‌کننده کلاس D ارائه‌شده در[٦٠]..... ٥٤
شکل ٤-٨. بلوک دیاگرام CDA شکل ٤-٧ [٦٠]..... ٥٥
شکل ٤-٩. مدار مدلاتور PWM بدون خطای فاز و شکل موج آن [٦٠]..... ٥٦
شکل ٤-١٠. ساختار تقویت‌کننده صوتی کلاس D ارائه‌شده در [٦١]..... ٥٧
شکل ٤-١١. معماری تقویت‌کننده مدولاسیون باینری (BMA)[٦١]..... ٥٨
شکل ٤-١٢. معماری تقویت‌کننده مدولاسیون بر مبنای سه (TMA)[٦١]..... ٥٨
شکل ٤-١٣. مدار کنترل هیسترزیس اضافه‌شده به ساختار PWM معمولی و پیشنهادی مرجع [٦٢] ٥٩
شکل ٤-١٤. شکل موج‌های DDHC CDA ارائه‌شده در [٦٢]..... ٦٠
شکل ٤-١٥. تقویت‌کننده کلاس D تک انتهایی مرتبه یک [٦٣]..... ٦١
شکل ٤-١٦.تقویت‌کننده صوتی شبه تفاضلی BTL مرتبه اول[٦٣]..... ٦١
شکل ٤-١٧. مدل خطی مورداستفاده در تقویت‌کننده شبه تفاضلی کلاس D [٦٣]..... ٦٢
شکل ٤-١٨. مدل خطی ساختار FFPSNC ارائه‌شده در[٦٣]..... ٦٢
شکل ٤-١٩. مدار تقویت‌کننده پیشنهادی در [٦٣] با استفاده از روش FFPSNC..... ٦٣
شکل ٤-٢٠. تقویت‌کننده کلاس D ارائه‌شده در[٦٤]..... ٦٤

شکل ٤-٢١. طبقه خروجی با پیش راه‌انداز و مولد NOC پیشنهادی در [٦٤]..... ٦٥
شکل ٤-٢٢. مدار تقویت‌کننده صوتی کلاس D خود نوسان ارائه‌شده در [٦٥]..... ٦٥
شکل ٤-٢٣. VCR مورداستفاده در [٦٥]..... ٦٦
شکل ٤-٢٤: مدل خطی تقویت‌کننده تمام تفاضلی کلاس D [٦٦]..... ٦٧
شکل ٤-٢٥: ساختار سیستمی برای تقویت‌کننده تمام تفاضلی ارائه‌شده در [٦٦]..... ٦٨
شکل ٤-٢٦: مدار نهایی تقویت‌کننده صوتی تمام تفاضلی [٦٦]..... ٦٨
شکل ٤-٢٧. اساس کار تقسیمکننده جریانی[٦٨]..... ٧٠
شکل ٤-٢٨. شماتیک مفهومی یک تضعیف کننده جریان R-2R (در این ساختار کلمه دیجیتالی b_{n-1},b_{n-} $_2,\ldots,b_2,b_1)$ [٦٨]..... ٧١
شکل ٤-٢٩. شماتیک VGA قابل‌برنامه‌ریزی دیجیتالی با خطینگی بالا[٦٨]..... ٧١
شکل ٤-٣٠. شمای مداری تقویتکننده OTA تمام دیفرانسیلی با افزایش بهره[٦٨]..... ٧٢
شکل ٤-٣١. مدار قابل‌برنامه‌ریزی دیجیتال Czarnul-song [٦٨]..... ٧٣
شکل ٤-٣٢. مدار مرجع [٦٩] برای حذف اثر محدودیت کار در ولتاژ پایین..... ٧٤
شکل ٤-٣٣. فن باسینگ بکار رفته در مرجع [٦٩]..... ٧٤
شکل ٤-٣٤. شمای مداری برای تولید جریان بایاس I_B[٦٩]..... ٧٥
شکل ٤-٣٥. تولید جریان ورودی به همراه فیدبک حالت مشترک[٦٩]..... ٧٦
شکل ٤-٣٦. چهار ساختار اصلی برای تأمین بهره متغیر [٧٧]..... ٧٧
شکل ٤-٣٧. زوج دیفرانسیلی با super source follower..... ٧٨
شکل ٤-٣٨. الف) پیکربندی فیدبک شبکه مقاومتی خیر معکوس کننده ب) شماتیک مداری تک خروجی [٧١]..... ٧٩
شکل ٤-٣٩. الف) شماتیک ساده‌شده تقویت‌کننده بهره قابل‌برنامه‌ریزی [٧١]..... ٧٩
شکل ٤-٤٠. الف) شماتیک مداری مدار PGA بر اساس ساختار مقاومت سوییچی[٧١]..... ٨١
شکل ٤-٤١. شماتیک ساده‌شده از PGA با به‌کارگیری فن common mode feedforward به همراه جزییات مدارات مربوط به طبقه اصلی و مدار common mode feedforward[٨٧]..... ٨٤
شکل ٤-٤٥. مقایسه مناسب‌ترین استانداردها..... ٤٢
شکل ٤-٤٦. نمودار مقایسه کاربرد انواع استانداردها..... ٤٣

شکل ۵-۱. ارتباط بین ابزارها در حوزه اینترنت اشیا..... ۸۸
شکل ۵-۲. هرم ارتباط بین اشیا و افراد در کاربردهای مرتبط با اینترنت اشیا..... ۸۹
شکل ۵-۳. ساختار فرستنده گیرنده الف) ساختار فرستنده گیرنده معمولی ب) ساختار مفهومی فرستنده گیرنده برای ابزارهای IoT ج) ساختار جدید پیشنهادی برای فرستنده گیرنده IoT..... ۹۲
شکل ۵-٤. مقایسه انرژی مصرفی در دو حالت استاندارد بلوتوث و بلوتوث کم‌مصرف..... ۹۵
شکل ۵-۵. انرژی مصرفی مربوط به بلوکهای فرستنده گیرنده متداول با استاندارد بلوتوث..... ۹٦
شکل ۵-٦. انرژی مصرفی مربوط به بلوکهای فرستنده گیرنده با ساختار جدید معرفی‌شده..... ۹٦
شکل ۵-۷. ساختار فرستنده گیرنده پیشنهادی برای به‌کارگیری در ابزارهای IoT..... ۹۷
شکل ۵-۸. ساختار فرستنده گیرنده پیشنهادی برای به‌کارگیری در ابزارهای IoT..... ۹۷
شکل ۵-۹. روند کاری مراحل طراحی و شبیه‌سازی فرستنده گیرنده پیشنهادی برای استفاده در کاربرد IoT..... ۹۸
شکل ۵-۱۰. مشخصه نویز مربوط به گیرنده..... ۹۹
شکل ۵-۱۱. پاسخ S21, S12 مربوط به پالایه..... ۹۹
شکل ۵-۱۲. نتایج توان spur..... ۱۰۰
شکل ۵-۱۳. طیف و شکل موج گرفته‌شده از فرستنده گیرنده با ساختار پیشنهادی..... ۱۰۰
شکل ۵-۱۵. مدل تقویت‌کننده صوتی حلقه بسته کلی..... ۱۰۳
شکل ۵-۱٦. مدل سیستمی تقویت‌کننده کلاس D حلقه بسته..... ۱۰٤
شکل ۵-۱۷. بلوک دیاگرام سیستمی مدار CDA طراحی‌شده..... ۱۰۵
شکل ۵-۱۸.شماتیک مداری پالایه حلقه بکار گرفته‌شده در ساختار CDA پیشنهادی..... ۱۰٦
شکل ۵-۱۹. شمای مداری تقویت‌کننده عملیاتی تمام دیفرانسیلی الف) کل مدار ب) طرح مداری بلوک CMFB ج) طرح مداری بافر..... ۱۰۹
شکل ۵-۲۰. پاسخ فرکانسی پالایه حلقه در حالت پساچینش..... ۱۱۰
شکل ۵-۲۱. نتیجه شبیه‌سازی برای تقویت‌کننده پالایه حلقه در گوشه‌های مختلف..... ۱۱۱
شکل ۵-۲۵. مدار هیسترزیس..... ۱۱۳
شکل ۵-۲٦. هسته مرکزی مدار هیسترزیس..... ۱۱٤
شکل ۵-۲۷.شمای مدار طراحی‌شده به‌عنوان مقایسه کننده..... ۱۱٤

شکل ۵-۲۸. بلوک دیاگرام سیستمی برای PA پیشنهادی ب) پیاده‌سازی سطح ترانزیستوری ایده پیشنهادی..... ۱۱۵
شکل ۵-۲۹. دو سطح خروجی PA الف) سطح بالا ب) سطح پایین..... ۱۱۶
شکل ۵-۳۰. ایده بکار گرفته‌شده برای طراحی CDA-PA..... ۱۱۶
شکل ۵-۳۱. چینش طراحی‌شده مربوط به پیادهسازی طراحی CDA-PA..... ۱۱۷
شکل ۵-۳۲. شبیه سازی دامنه خروجی نسبت به دامنه ورودی در ساختار پیشنهادی در حالت CDA..... ۱۱۸
شکل ۵-۳۳. شبیه‌سازی پساچینش برای پاسخ فرکانسی کلی CDA طراحی‌شده در ساختار پیشنهادی در حالت CDA..... ۱۱۸
شکل ۵-۳۴. شبیه‌سازی پساچینش توان سیگنال خروجی نسبت به فرکانس در ساختار پیشنهادی در حالت PA..... ۱۱۹
شکل ۵-۳۵. شبیه سازی پساچینش توان خروجی و PAE نسبت به توان ورودی در حالت سطح توان بالا برای PA در ساختار پیشنهادی..... ۱۱۹
شکل ۵-۳۶. شبیه سازی پساچینش توان خروجی و PAE نسبت به توان ورودی در حالت سطح توان کم برای PA در ساختار پیشنهادی..... ۱۲۰
شکل ۵-۳۸. مدار با ساختار اتصال ضربدری با خازن..... ۱۲۱
شکل ۵-۳۹. مدار معادل سیگنال کوچک مدار شکل ۵-۳۸..... ۱۲۲
شکل ۵-۴۰. مدار تقویتکننده کلاس E معمولی..... ۱۲۳
شکل ۵-۴۰. مدار پیشنهادی کلاسE(جزئیات مربوط به بایاس ترانزیستورها در این شکل آورده نشده است)..... ۱۲۵
شکل ۵-۴۱. مدار معادل نوسانگر بکار رفته در ساختار ارائه‌شده..... ۱۲۶
شکل ۵-۴۲. مدل مداری سلف پیچشی بکار رفته..... ۱۲۶
شکل ۵-۴۳. چینش تقویت کننده طراحی‌شده..... ۱۲۷
شکل ۵-۴۴. نمودار بهره توان برحسب توان ورودی‌های مختلف..... ۱۲۷
شکل ۵-۴۵. نمودار بازده برحسب فرکانس‌های مختلف..... ۱۲۸
شکل ۵-۴۶. نمودار بازده برحسب توان ورودی‌های مختلف..... ۱۲۸

شکل ۵-٤٧.نمودار توان خروجی حسب فرکانس‌های مختلف..... ۱۲۹
شکل ۵-٤٨. نمودار توان خروجی حسب توان ورودی..... ۱۲۹
شکل ۵-٤٩.توان خروجی برحسب وات در فرکانس‌های مختلف..... ۱۳۰
شکل ۵-۵۰. توان خروجی برحسب وات در ورودی‌های مختلف..... ۱۳۰
شکل ۵-۵۱. تقویت‌کننده دیفرانسیلی معمولی و تقویت‌کننده دیفرانسیلی به همراه FVF..... ۱۳٦
شکل ۵-۵۲. مدار شبیه‌سازی‌شده دیفرانسیلی معمولی در محیط ADS..... ۱۳٦
شکل ۵-۵۳. تغییرات جریان به ازای تغییر ولتاژ ورودی در یک تقویت‌کننده دیفرانسیلی ۱۳٦
شکل ۵-٥٤. شمای مداری تقویت‌کننده دیفرانسیلی FVF..... ۱۳۷
شکل ۵-۵۵. تغییرات جریان به ازای تغییر ولتاژ ورودی در یک تقویت‌کننده دیفرانسیلی FVF..... ۱۳۷
شکل ۵-٥٦. شمای مداری تقویت‌کننده جریانی قابل‌برنامه‌ریزی پیشنهادی..... ۱۳۸
شکل ۵-۵۷. چینش تقویت کننده طراحی‌شده..... ۱۳۹
شکل ۵-۵۸. نمودار بهره به ازای تک ولتاژ ورودی در مدار FVF..... ۱۳۹
شکل ۵-۵۹. نمودار بهره به ازای ولتاژهای مختلف در ورودیFVF..... ۱٤۰
شکل ۵-٦۰. پاسخ زمانی مدار پیشنهادی به ازای ولتاژ ثابت در ورودی مدارFVF..... ۱٤۰
شکل ۵-٦۱. پاسخ زمانی مدار پیشنهادی به ازای ولتاژ متغیر در ورودی مدارFVF..... ۱٤۰
شکل ۵-٦۲. نتیجه شبیه سازی مونت‌کارلو به ازای ۱۰ درصد تغییر در ابعاد ترانزیستورها ۱٤۱

فصل اول

مقدمه

۱-۱. مقدمه

در این فصل تقویت‌کننده توان تقویت‌کننده توان قابل‌برنامه‌ریزی به‌عنوان جزئی از بلوک‌های فرستنده گیرنده معرفی می‌شود. سپس به بحث در رابطه با توان مصرفی و نیازمندی استانداردهای مختلف در ارتباطات بی‌سیم پرداخته خواهد شد.

۱-۲. تقویت‌کننده قابل‌برنامه‌ریزی

PGA (تقویت‌کننده بهره قابل‌برنامه‌ریزی) به‌عنوان یکی از حیاتی‌ترین اجزا در طرح‌های ترنسیورهای (فرستنده-گیرنده) بیسیم شناخته می‌شود. این قطعه جهت تأمین توان خروجی ثابت برای سیگنال‌های ورودی استفاده می‌شود تا بدین ترتیب محدوده دینامیکی ترنسیور بهبود یابد. بر اساس فرکانس هدف می‌توان PGA را به‌صورت PGA عمومی برای کاربردهایی با پهنای باند باریک و PGA فرکانس بالا برای کاربردهایی با شرایط سخت و دقیق پهنای باند طبقه‌بندی نمود. چالش‌های موجود در طراحی PGA ها عمدتاً در ارتباط با عملی نمودن ویژگی بهره خطی دقیق با حداقل مصرف توان و ناحیه مهره و همچنین دستیابی به پهنای باند موردنیاز برای کاربرد موردنظر است.

در این رساله یک روش طراحی جدید به نام روش طراحی مبتنی بر سلول بررسی می‌شود. مزیت طراحی مبتنی بر سلول در این است که تعداد سلول‌های واحدی که باید به‌صورت آبشاری گیرند با توجه به شرایط و ملازمات سیستم قابل انتخاب هستند. علاوه بر آن می‌توان روشی باقابلیت پیکربندی مجدد بر اساس کنترل دیجیتال را روی سلول پیاده‌سازی نمود تا قابلیت‌های مقیاس‌پذیری توان و پیکربندی مجدد آن نیز عملی شوند. درنتیجه می‌توان با داشتن محدوده وسیعی از مقادیر بهره و همچنین خطای بهره کوچک یا مصرف توان پایین، استانداردهای متعددی را برطرف نمود.

عموماً دو نوع سلول برای روش طراحی مبتنی بر سلول وجود دارند. یکی از آن‌ها سلول PGA با گیت تنظیم‌شده است و دیگری سلول PGA با بدنه تنظیم‌شده. با استفاده از هرکدام از این دو نوع سلول می‌توان به مشخصه بهره خطی دقیق با حداقل مصرف توان دست‌یافت. سلول PGA با گیت تنظیم‌شده جهت توسعه پهنای باند با روش اوج گیت ترکیب می‌شود. این روش برای طراحی PGA های فرکانس بالا مناسب است.