بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران مرکزی
دانشکده فنی و مهندسی ، گروه برق

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش : الکترونیک

عنوان :

طراحی و بهینه سازی یک تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان برای استفاده در گیرنده های بی سیم

استاد راهنما :
دکتر علیرضا کاشانی نیا

استاد مشاور :
دکتر فرهاد رزاقیان

پژوهشگر :
مجید غضنفری

تابستان ۱۳۹۳

تشکر و قدردانی:

اینجانب، بر خود لازم می دانم، که از استاد محترم و فرهیخته و با اخلاق، جناب آقای دکتر علیرضا کاشانی نیا، به خاطر راهنمایی های خوب، زحمات بی دریغ و تلاش های فراوانی که برای به ثمر رسیدن این پایان نامه، متحمل شده اند، نهایت تشکر و امتنان را بنمایم.

رهنمودهای خوب و مفید استاد گرامی، فرزانه و فرهیخته، جناب آقای دکتر فرهاد رزاقیان، همواره چراغ راه اینجانب، برای دستیابی به پایان نامه ای مطلوب تر و با کیفیت تر، بوده است لذا، از ایشان، به خاطر زحمات فراوانی که متحمل شده اند، نهایت تشکر و قدردانی را می نمایم.

به خاطر حمایت های خوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، که همواره بستری برای پرورش استعدادهای نو و عرضه آنها، به جامعه بوده است، مراتب تشکر خود را از این واحد دانشگاهی، اعلام می نمایم.

تقدیم به ؛

پدر و مادر عزیزم، که عمر و جوانی خود را صرف پرورش من، نموده اند.

فهرست مطالب

۱ فصل اول: مقدمه، بیان مسئله و کلیات طرح ۲
۱-۱-مقدمه: ۳
۱-۲-بیان مسئله: ٤
۱-۳-سوال اصلی تحقیق: ٥
۱-۴-فرضیه تحقیق: ٥
۱-۵-اهمیت و ضرورت انجام تحقیق: ٦
۱-۶-اهداف تحقیق: ۷
۱-۷-نحوه اعتبار سنجی: ۷
۲ فصل دوم: مبانی و اصول طراحی تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان ۸
۲-۱-ساختار ترانزیستور های GaAs FET : [1] [4] ۹
۲-۲-ساختار و مشخصه های ترانزیستور VMMK-1225: ۱۳
۲-۳-طراحی شبکه های بایاس DC برای ترانزیستورهای GaAs FET: [4] ۲۰
۲-۴-طراحی شبکه بایاس DC برای ترانزیستور VMMK-1225: [13] ۲۲
۲-۵-مبانی طراحی تقویت کننده پهن باند: [4] ۲٤
۲-۶-روش تحلیلی برای طراحی تقویت کننده کم نویز پهن باند: ۲٦
۲-۶-۱- مدل فشرده یکطرفه برای ترانزیستور های مایکروویو: [17] ۲٦
۲-٦-۲- شبکه تطبیق بین طبقاتی: [17] ۲۷
۲-۶-۳- شبکه های تطبیق ورودی و خروجی: ۳۰
۲-۶-۴- جبران افت تدرجی بهره با استفاده از پاسخ یکنواخت: [17] ۳۲
۲-۷-شبکه تطبیق بین طبقاتی در توپولوژی کاسکود: ۳٤
۲-۸-تکنیک استفاده مجدد از جریان: [25] ۳٥
۲-۹-تکنیک فیدبک: ۳٦
۲-۱۰-طراحی مایکرواستریپ: [17] ۳۷
۲-۱۱-ایزولاتور: ۳۸
۳ فصل سوم: بررسی و مطالعه طراحی های مهم و جدید انجام شده (مطالعه موردی) ٤۰
۳-۱-تقویت کننده بسیار کم نویز با مد کنار گذر با عملکرد در محدوده فرکانسی از ۱٫۵ GHz تا ۲٫۷ GHz: [31]. ٤۱
۳-۲-یک تقویت کننده کم نویز پهن باند از ۲٫۱ GHz تا ۴٫۶ GHz، با استفاده از ترانزیستور ATF-10136: [3]. ٤۸
۴ فصل چهارم: طراحی و بهینه سازی تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان برای استفاده در گیرنده های بی سیم ٥٦
۴-۱-طراحی تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان: ٥۷
۴-۲-میزان سازی و بهینه سازی تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان: ٥۹

۵ فصل پنجم: ارائه نتایج شبیه سازی تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی و مقایسه با پژوهش های پیشین ۷۸
۵-۱-ارائه نتایج شبیه سازی تقویت کننده کم نویز و کم توان پیشنهادی: ۷۹
۵-۲-مقایسه با پژوهش های پیشین: ۹۸
۶ فصل ششم: بحث، نتیجه گیری و پیشنهاد تحقیقات آتی ۱۰۲
۶-۱-بحث: ۱۰۳
۶-۲-نتیجه گیری: ۱۰۳
۶-۳-پیشنهاد تحقیقات آتی: ۱۰۵
۷ فهرست مراجع: ۱۰۷

فهرست جداول

جدول ۲-۱. مقادیر برخی از پارامترهای مدل سیگنال کوچک ترانزیستور VMMK-1225 [12] ۱۵

جدول ۲-۲. مقادیر پارامترهای متغییر با ولتاژ و جریان بایاس، برای مدل سیگنال کوچک ترانزیستور VMMK-1225 [12] ۱۵

جدول ۲-۳. پارامترهای پراکندگی ترانزیستور VMMK-1225، برای V_{DS}=۱,۵ ^{v} و I_{DS} =۵,۲۳۴ ^{mA} [14] ۱۶

جدول ۲-۴. مقادیر حداقل عدد نویز، ضریب انعکاس بهینه، مقاومت نویز و بهره توان در دسترس ترانزیستور VMMK-1225، برای نقطه کار V_{DS} = ۱,۵ ^{v} و I_{DS} = ۵ ^{mA} [14] ۱۶

جدول ۲-۵. فاکتور پایداری رولت و ضریب دلتا برای ترانزیستور VMMK-1225 در بایاس V_{DS} =۱,۵ ^{v} و I_{DS}=۵,۲۳۴ ^{mA} ۱۷

جدول ۲-۶. شعاع و مراکز دوایر پایداری بار و منبع ترانزیستور VMMK-1225 در بایاس V_{DS} = ۱,۵ ^{v} و I_{DS} = ۵,۲۳۴ ^{mA} ۱۸

جدول ۲-۷ . مقایسه دو ساختار مختلف [25] ۳۶

جدول ۳-۱ . مقایسه با جدید ترین تکنولوژی ها [31] ۴۷

جدول ۳-۳ . مقایسه این تقویت کننده با برخی از کارهای قبلی مرتبط با طراحی تقویت کننده کم نویز [3] ۵۴

جدول ۴-۱ . مقادیر پارامترهای Goal های استفاده شده برای بهینه سازی ۶۶

جدول ۵-۱ . مشخصه های DC تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی با استفاده از ایزولاتور (With Isolator) ۷۹

جدول ۵-۲ . وضعیت شعاع و مرکز دوایر پایداری ورودی و خروجی تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی با استفاده از ایزولاتور(With Isolator) ۸۰

جدول ۵-۳ . وضعیت ضریب دلتا (Delta) و فاکتور پایداری رولت (StabFact) برای تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی با استفاده از ایزولاتور (With Isolator) ۸۱

جدول ۵-۴ . مقادیر پارامتر های پراکندگی تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی با استفاده از ایزولاتور (With Isolator) ۸۲

جدول ۵-۵ . مشخصه های DC تقویت کننده کم نویز و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-1) ۸۴

جدول ۵-۶ . وضعیت ضریب دلتا (Delta) و فاکتور پایداری رولت (StabFact) برای تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-1) ۸۴

جدول ۵-۷ . مشخصه های DC تقویت کننده کم نویز و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-2) ۸۶

جدول ۵-۸ . وضعیت ضریب دلتا (Delta) و فاکتور پایداری رولت (StabFact) برای تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-2) ۸۷

جدول ۵-۹ . مشخصه های DC تقویت کننده کم نویز و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-3) ۸۹

جدول ۵-۱۰. وضعیت ضریب دلتا (Delta) و فاکتور پایداری رولت (StabFact) برای تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-3) ۸۹

جدول ۵-۱۱. مشخصه های DC تقویت کننده کم نویز و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور(Without Isolator-4) ۹۱

جدول ۵-۱۲ . وضعیت ضریب دلتا (Delta) و فاکتور پایداری رولت (StabFact) برای تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-4) ۹۱
جدول ۵-۱۳. مشخصه های DC تقویت کننده کم نویز و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور(Without Isolator-5) ۹۳
جدول ۵-۱۴ . وضعیت ضریب دلتا (Delta) و فاکتور پایداری رولت (StabFact) برای تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-5) ۹٤
جدول ۵-۱۵. مشخصه های DC تقویت کننده کم نویز و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور(Without Isolator-6) ۹۵
جدول ۵-۱۶ . وضعیت ضریب دلتا (Delta) و فاکتور پایداری رولت (StabFact) برای تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-6) ۹٦
جدول ۵-۱۷ . مقایسه مشخصه های تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی با مشخصه های شبیه سازی شده شماتیک برخی دیگر از تقویت کننده های کم نویز ۹۹
جدول ۵-۱۸ . مقایسه مشخصه های تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی با مشخصه های شبیه سازی شده Post-layout و Pre-layout و نتایج اندازه گیری شده برخی دیگر از تقویت کننده های کم نویز ۱۰۰

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱ . شمای کلی یک گیرنده بی سیم [6] ٦

شکل ۲-۱ . مقطع عرضی یک HEMT کانال n [1] ۱۰

شکل ۲-۲ . سطح مقطع هندسی یک GaAs FET [4] ۱۱

شکل ۲-۳ . مدل فر کانس بالا برای یک GaAs FET با ساختار سورس- مشترک [4] ۱۱

شکل ۲-۴ . مدل سورس-مشترک یک GaAs FET مایکروویو که دارای المانهای پارازیتیک است [4] ۱۱

شکل ۲-۵.مدل فرکانس بالای یکطرفه و ساده سازی شده برای یک GaAs FET با ساختار سورس-مشترک [4] ۱۲

شکل ۲-۶ .منحنی مشخصه ولتاژ – جریان ترانزیستور VMMK-1225 [12] ۱٤

شکل ۲-۷ .مدل سیگنال کوچک ترانزیستور VMMK-1225 [12] ۱۵

شکل ۲-۸ . وضعیت دوایر پایداری منبع و بار برای ترانزیستور VMMK-1225 در بایاس $V_{DS} = ۵,۱ ^{v}$ و $I_{DS}=۵,۲۳۴ ^{mA}$ ۱۷

شکل ۲-۹ . S_{21} ترانزیستور VMMK-1225 در بایاس $V_{DS} = ۱,۵ ^{v}$ و $I_{DS} = ۵,۲۳۴ ^{mA}$ ۱۸

شکل ۲-۱۰. تلفات برگشتی ورودی، خروجی و ایزولاسیون معکوس ترانزیستور VMMK-1225 در بایاس $V_{DS} =۱,۵ ^{v}$ و $I_{DS} = ۵ ^{mA}$ ۱۹

شکل ۲-۱۱ .عدد نویز ترانزیستور VMMK-1225 در بایاس $V_{DS} = ۱,۵ ^{v}$ و $I_{DS} = ۵,۲۳۴ ^{mA}$ ۱۹

شکل ۲-۱۲.حداکثر بهره توان پایداری ترانزیستور VMMK-1225 در بایاس $V_{DS} =۱,۵ ^{v}$ و$I_{DS}=۵,۲۳۴ ^{mA}$ ۱۹

شکل ۲-۱۳ . شبکه بایاس DC با منبع دو قطبی، برای تقویت کننده کم نویز با استفاده از GaAs FET [4] ۲۰

شکل ۲-۱۴ . شبکه بایاس DC با منبع مثبت، برای تقویت کننده کم نویز با استفاده از GaAs FET [4] ۲۰

شکل ۲-۱۵ . شبکه بایاس DC با منبع منفی، برای تقویت کننده کم نویز با استفاده از GaAs FET [4] ۲۱

شکل ۲-۱۶ . مشخصه های متعارف و نقاط توصیه شده برای یک GaAs FET [4] ۲۱

شکل ۲-۱۷ . یک تقویت کننده کم نویز با استفاده از VMMK-1225 با بایاس غیر فعال [13] ۲۳

شکل ۲-۱۸ . شماتیک تقویت کننده پهن باند [4] ۲۵

شکل ۲-۱۹ . مدل یکطرفه برای ترانزیستور مایکروویو بسته بندی شده [17] ۲٦

شکل ۲-۲۰ . یک شبکه تطبیق بین طبقاتی برای ترانزیستور های متوالی [17] ۲۷

شکل ۲-۲۱ . یک شبکه نردبانی میان گذر سلفی – خازنی (n زوج و $R_1 \leq R_2$) [17] ۲۷

شکل ۲-۲۲ . شبکه معادل شکل ۲-۲۱ . ، که با استفاده از شبکه تبدیل سلفی به شکل T ، بدست آمده است [17] ۲۹

شکل۲-۲۳. شبکه تطبیق ورودی، به همراه شبکه تبدیل N_T، برای داشتن حداکثر حاصلضرب بهره- پهنای باند [17] ..۳۰

شکل ۲-۲۴ . شبکه تبدیل به شکل T . [17] ۳۱

شکل ۲-۲۵ . جبران افت تدریجی بهره ، با استفاده از شیب با افزایش تدریجی [17] ۳۳

شکل ۲-۲۶. (الف): تقویت کننده کاسکودی مرسوم و (ب): تقویت کننده کاسکودی دو طبقه با استفاده مجدد از جریان [25] ۳٦

شکل ۲-۲۷ . مدار AC یک تقویت کننده کم نویز MOSFET، با تکنیک بهبود سلفی سورس [1] ۳۷

شکل ۳-۱. حداقل عدد نویز برای تکنولوژی های مختلف ، بر حسب فرکانس [31] ٤۳

شکل ۳-۲ . طرح مدار تقویت کننده کم نویز کنار گذر [31] ٤٤

شکل ۳-۳ . تصویری از تقویت کننده کم نویز کنار گذر [31] ٤۵

شکل ۳-۴ . عدد نویز اندازه گیری شده ، برحسب فرکانس [31] ٤٥
شکل ۳-۵ . بهره اندازه گیری شده (در مد LNA) و تلفات جایگذاری (در مد کنار گذر) [31] ٤٦
شکل ۳-۶ . OIP3 اندازه گیری شده در مد LNA و مد کنار گذر [31] ٤٦
شکل ۳-۷ . عدد نویز و OIP3 شبیه سازی شده ، برحسب Delta_Vp [31] ٤٧
شکل ۳-۸ : a) فیدبک سری و b) فیدبک موازی [3] ٤٩
شکل ۳-۱۰ . شبکه تطبیق به شکل π [3] ٥١
شکل ۳-۱۱ . شکل مربوط به توپولوژی فیدبک موازی [3] ٥١
شکل ۳-۱۲. توپولوژی فیدبک. a) اولین طبقه تقویت کننده با فیدبک، شامل Q1 . b) دومین طبقه تقویت کننده با فیدبک، شامل Q2 . [3] ٥٢
شکل ۳-۱۳ . S11 و S21 شبیه سازی شده تقویت کننده کم نویز [3] ٥٣
شکل ۳-۱۴ . S11 و بهره اندازه گیری شده این تقویت کننده کم نویز [3] ٥٣
شکل ۳-۱۵ . عدد نویز (NF) شبیه سازی شده این تقویت کننده کم نویز [3] ٥٣
شکل ۳-۱۶ . تصویری از این تقویت کننده کم نویز [3] ٥٤
شکل ۴-۱ . موتورها و بلوک های استفاده شده در نرم افزار ADS ، برای شبیه سازی مدار تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی ٦٠
شکل ۴-۲ . مفهوم به کار رفته برای میزان سازی مدار تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی ٦١
شکل ۴-۳ . وضعیت خازن منفی موازی در نمودار اسمیت ٦٢
شکل ۴-۴ . وضعیت خط مایکرواستریپ معادل خازن منفی در نمودار اسمیت ٦٣
شکل ۴-۵ . محاسبات مربوط به خط مایکرواستریپ ٦٤
شکل ۴-۶ . موتور استفاده شده در نرم افزار ADS ، برای بهینه سازی مدار تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی ٦٤
شکل ۴-۷ . اهداف (Goal) استفاده شده در نرم افزار ADS ، برای بهینه سازی مدار تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی ٦٥
شکل ۴-۸ . وضعیت پایداری پس از بهینه سازی مقادیر بدست آمده از نرم افزار متلب ٦٧
شکل ۴-۹ . عدد نویز حاصل از بهینه سازی مقادیر بدست آمده از نرم افزار متلب ٦٧
شکل ۴-۱۰ . بهره توان حاصل از بهینه سازی مقادیر بدست آمده از نرم افزار متلب ٦٧
شکل ۴-۱۱ . تلفات برگشتی ورودی ، خروجی ، ایزولاسیون معکوس حاصل از بهینه سازی مقادیر بدست آمده از نرم افزار متلب ٦٨
شکل ۴-۱۲ . امپدانس ورودی و خروجی حاصل از بهینه سازی مقادیر بدست آمده از نرم افزار متلب ٦٨
شکل ۴-۱۳ . مدار تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی با استفاده از ایزولاتور (With Isolator) ٧٠
شکل ۴-۱۴. تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور(Without Isolator-1) ... ٧٢
شکل ۴-۱۵. تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور(Without Isolator-2) ... ٧٣
شکل ۴-۱۶. تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور(Without Isolator-3) ... ٧٤
شکل ۴-۱۷. تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور(Without Isolator-4) ... ٧٥
شکل ۴-۱۸. تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور(Without Isolator-5) ... ٧٦
شکل ۴-۱۹. تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور(Without Isolator-6) ... ٧٧

شکل ۵-۱ . وضعیت دوایر پایداری ورودی و خروجی تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی با استفاده از ایزولاتور(With Isolator) ۸۰
شکل ۵-۲ . عدد نویز تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی با استفاده از ایزولاتور (With Isolator) ۸۲
شکل ۵-۳ . بهره توان تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی با استفاده از ایزولاتور (With Isolator) ... ۸۲
شکل ۵-۴ . حداکثر تلفات برگشتی ورودی، خروجی و ایزولاسیون معکوس تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی با استفاده از ایزولاتور (With Isolator) ۸۳
شکل ۵-۵ . حداقل تلفات برگشتی ورودی، خروجی و ایزولاسیون معکوس و حداقل و حداکثر بهره توان تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی با استفاده از ایزولاتور (With Isolator) ۸۳
شکل ۵-۶ . وضعیت دوایر پایداری ورودی و خروجی تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-1) ۸٤
شکل۵-۷. عدد نویز تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور(Without Isolator-1) ۸۵
شکل۵-۸.بهره توان تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور(Without Isolator-1) ۸۵
شکل ۵-۹ . حداکثر تلفات برگشتی ورودی، خروجی و ایزولاسیون معکوس تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-1) ۸۵
شکل ۵-۱۰ . حداقل تلفات برگشتی ورودی، خروجی و ایزولاسیون معکوس تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-1) ۸٦
شکل ۵-۱۱ . وضعیت دوایر پایداری ورودی و خروجی تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-2) ۸٦
شکل ۵-۱۲. عدد نویز تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-2) ۸۷
شکل ۵-۱۳. بهره توان تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-2) ۸۷
شکل ۵-۱۴ . حداکثر تلفات برگشتی ورودی، خروجی و ایزولاسیون معکوس تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-2) ۸۸
شکل ۵-۱۵ . حداقل تلفات برگشتی ورودی، خروجی و ایزولاسیون معکوس تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-2) ۸۸
شکل ۵-۱۶. وضعیت دوایر پایداری ورودی و خروجی تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-3) ۸۹
شکل ۵-۱۷ . عدد نویز تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-3) ۸۹
شکل ۵-۱۸. بهره توان تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-3) ۹۰
شکل ۵-۱۹. حداکثر تلفات برگشتی ورودی، خروجی و ایزولاسیون معکوس تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-3) ۹۰
شکل ۵-۲۰ . حداقل تلفات برگشتی ورودی، خروجی و ایزولاسیون معکوس تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-3) ۹۰
شکل ۵-۲۱ . وضعیت دوایر پایداری ورودی و خروجی تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور(Without Isolator-4) ۹۱

شکل ۵-۲۲ . عدد نویز تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-4) ۹۲
شکل ۵-۲۳ . بهره توان تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-4) ۹۲
شکل ۵-۲۴ . حداکثر تلفات برگشتی ورودی، خروجی و ایزولاسیون معکوس تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-4) ۹۲
شکل ۵-۲۵ . حداقل تلفات برگشتی ورودی، خروجی و ایزولاسیون معکوس تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-4) ۹۳
شکل ۵-۲۶ . وضعیت دوایر پایداری ورودی و خروجی تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور(Without Isolator-5) ۹۳
شکل ۵-۲۷ . عدد نویز تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-5) ۹٤
شکل ۵-۲۸ . بهره توان تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-5) ۹٤
شکل ۵-۲۹ . حداکثر تلفات برگشتی ورودی، خروجی و ایزولاسیون معکوس تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-5) ۹۵
شکل ۵-۳۰ . حداقل تلفات برگشتی ورودی، خروجی و ایزولاسیون معکوس تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-5) ۹۵
شکل ۵-۳۱ . وضعیت دوایر پایداری ورودی و خروجی تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور(Without Isolator-6) ۹٦
شکل ۵-۳۲ . عدد نویز تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-6) ۹٦
شکل ۵-۳۳ . بهره توان تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-6) ۹۷
شکل ۵-۳۴ . حداکثر تلفات برگشتی ورودی، خروجی و ایزولاسیون معکوس تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-6) ۹۷
شکل ۵-۳۵ . حداقل تلفات برگشتی ورودی، خروجی و ایزولاسیون معکوس تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی بدون استفاده از ایزولاتور (Without Isolator-6) ۹۷

چکیده:

در این پایان نامه، چندین تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان و با بهره یکنواخت در محدوده فرکانسی ازGHz ۲ تا GHz ۵,۵ ، برای استفاده در گیرنده های بی سیم، طراحی شده است. این تقویت کننده های کم نویز، با استفاده از دو ترانزیستور pHEMT ، که بصورت کاسکودی قرار گرفته اند و به کمک توپولوژی استفاده مجدد از جریان، طراحی شده اند.

یکی از بهترین طراحی های انجام شده، که، در سرتاسر محدوده فرکانسی از GHz ۲ تا GHz ۵,۵ ، پایدار غیر شرطی است، به حداکثر بهره توان dB ۲۶,۰۱ در فرکانس GHz ۲,۵ ، دست یافته است، ریپل بهره توان آن، در سرتاسر محدوده فرکانسی از GHz ۲ تا GHz ۵,۵ ، برابر با dB ۰,۷۶ است، حداقل عدد نویز، برابر با dB ۱,۱۱ است، تلفات برگشتی ورودی، کمتر از dB ۱۰,۱۳ - ، تلفات برگشتی خروجی، کمتر از dB ۹,۸ - و ایزولاسیون معکوس، نیز، زیر dB ۳۷,۹۸ - ، است. مصرف توان DC این تقویت کننده، برابر با mW ۳۹,۲ است.
عدد شایستگی همه تقویت کننده های کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی، محاسبه شده است، که در مقایسه با پژوهش های پیشین، بهبود خوبی را نشان می دهد.

۱ فصل اول: مقدمه، بیان مسئله و کلیات طرح

۱-۱- مقدمه:

در گیرنده های بی سیم، تقویت کننده کم نویز، به خاطر تاثیر زیادی که بر روی نویز کل سیستم، دارد، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. اگرچه، تقویت کننده های کم نویز با باند باریک، کاربردهای فراوانی دارند، اما در صورتی که نیاز باشد یک گیرنده، چند باند فرکانسی را پشتیبانی کند، لازم است که از چند تقویت کننده کم نویز با باند باریک استفاده شود، که این کار، منجر به افزایش اندازه، مصرف توان و قیمت سیستم گیرنده، خواهد شد، مدتی، برای رفع این مشکلات، از تقویت کننده های کم نویز دو بانده یا چند بانده، استفاده می شد، اما، امروزه، تقویت کننده های کم نویز پهن باند و فرا پهن باند، به خاطر اینکه، قادر به پشتیبانی از باند های فرکانسی زیادی هستند، توجهات بیشتری را به خود، معطوف کرده اند، که البته، طراحی این تقویت کننده ها نیز، مشکلات و چالش های فراوانی را به دنبال دارد. با پیشرفت علم و تکنولوژی، مصرف انرژی نیز، افزایش پیدا کرده است و از طرفی، ذخایر انرژی های تجدید ناپذیر، نیز، رو به کاهش گذاشته اند، لذا، طراحی قطعات، مدارها و سیستم هایی که بتوانند با مصرف اندک انرژی، عملکرد بهینه ای را از خود نشان دهند، اهمیت زیادی دارد. بنابراین، در این پژوهش، یک تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان در محدوده فرکانسی از ۲ GHz تا ۵,۵ GHz، برای استفاده در گیرنده های بی سیم، طراحی شده است.

در فصل اول این پایان نامه، بیان مسئله، فرضیه تحقیق، اهمیت و ضرورت انجام تحقیق و اهداف آن، مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل دوم، ساختار ترانزیستور های GaAs FET و بطور خاص، ترانزیستور VMMK-1225، نحوه طراحی شبکه های بایاس آنها، مبانی طراحی تقویت کننده پهن باند و روش طراحی تقویت کننده پهن باند کم نویز، بحث شده است، در ادامه این فصل، تکنیک های مداری استفاده شده در طراحی تقویت کننده پیشنهادی، شامل؛ بکار گیری شبکه بین طبقاتی در توپولوژی کاسکود، تکنیک استفاده مجدد از جریان، تکنیک فیدبک، طراحی مایکرواستریپ و ایزولاتور، مورد بررسی قرار گرفته اند. در فصل سوم، مطالعه موردی، انجام شده است. ابتدا، یک تقویت کننده بسیار کم نویز با مد کنار گذر و با عملکرد در محدوده فرکانسی از ۱,۵ GHz تا ۲,۷ GHz، مطالعه شده است و سپس، یک تقویت کننده کم نویز پهن باند از ۲,۱ GHz تا ۴,۶ GHz، که با استفاده از ترانزیستور ATF-10136، طراحی شده، مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل چهارم، ابتدا، طراحی تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان پیشنهادی، انجام شده و سپس، در مورد نحوه میزان سازی و روش بهینه

سازی آن، بحث شده است. در فصل پنجم، نتایج شبیه سازی این تقویت کننده پیشنهادی، ارائه شده و سپس، این نتایج، با برخی از پژوهش های پیشین، مقایسه شده اند. در فصل ششم، ابتدا، پیرامون روش ها و تکنیک های بکار گرفته شده، بحث شده و سپس درباره نتایج بدست آمده، توضیحاتی داده شده است و در آخر، در مورد تحقیقات آتی، پیشنهاداتی ارائه گردیده است.

۱-۲- بیان مسئله:

در شبکه های بی سیم، از امواج الکترومغناطیسی، نظیر امواج رادیویی (RF) یا امواج مادون قرمز (IR)، برای انتقال داده ها، استفاده می شود. در این تحقیق، منظور از شبکه های بی سیم، آن دسته از این شبکه ها است، که با استفاده از امواج رادیویی (RF)، انتقال اطلاعات را انجام می دهند. نیاز روز افزون بشر به برقراری ارتباط، استفاده از شبکه های بی سیم، نظیر WiMAX ، wi-fi ، Bluetooth و ... را ضروری کرده است. از معایب شبکه های بی سیم، می توان به تاثیر پذیری زیاد از نویز، اشاره کرد. بنابراین، ملاحظه مهمی که برای طراحی یک تقویت کننده باید رعایت شود، عدد نویز آن است، به خصوص، در کاربردهای گیرنده، اغلب، یک پیش تقویت کننده، با حداقل عدد نویز ممکن، احتیاج می باشد، زیرا اولین طبقه جلویی یک گیرنده، تاثیر بسزایی را در عملکرد نویزی همه سیستم دارد، معمولاً، در یک تقویت کننده، دستیابی به حداقل عدد نویز و حداکثر بهره توان، امکان پذیر نیست و بنابراین، باید مصالحه هایی، انجام شود [1] .

در شبکه های بی سیم، طراحی تقویت کننده کم نویز، به خاطر تاثیر بسزایی، که در کاهش عدد نویز و افزایش نرخ سیگنال به نویز (SNR) گیرنده دارد، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. برای طراحی یک تقویت کننده کم نویز، که بتواند در گیرنده های شبکه های بی سیم، نظیر Bluetooth، WLANو WiMax، کاربرد داشته باشد، لازم است که محدوده فرکانسی عملکرد این تقویت کننده، شامل باند فرکانسی این شبکه ها بشود، بنابراین یکی از راهکارها، طراحی تقویت کننده کم نویز، بصورت پهن باند و با بهره یکنواخت است.

در طراحی تقویت کننده کم نویز، برای افزایش پهنای باند، می توان طراحی را با بهره ای کمتر از حداکثر بهره، انجام داد، اما در این حالت، ورودی و خروجی تقویت کننده، تطبیق ضعیفی، خواهند داشت [1]. در ضمن، با افزایش بهره توان، مصرف توان مدار نیز افزایش می یابد، بنابراین، برای طراحی یک تقویت کننده کم توان، باید مصالحه ای بین بهره و مصرف توان مدار، برقرار شود.

۱-۳- سوال اصلی تحقیق:

با توجه به مطالب ذکر شده، می توان سوال اصلی تحقیق را بصورت زیر، مطرح کرد:
چگونه می توان، یک تقویت کننده کم نویز و کم توان برای گیرنده های بی سیم، را به صورت پهن باند طراحی کرد، که علاوه بر تطبیق خوب در ورودی و خروجی تقویت کننده، بهره توان قابل قبولی نسبت به پژوهش های پیشین، ایجاد شود و این بهره، تا حد ممکن یکنواخت نیز باشد؟

۱-۴- فرضیه تحقیق:

به طور کلی، یک نیاز ضروری، برای دست یافتن به حداکثر بهره، یک شبکه تطبیق خوب بین بار و منبع است [2]. ضریب کیفیت Q، که مهم ترین فاکتور برای طراحی یک شبکه تطبیق است، بصورت زیر تعریف می شود [3]:

$$Q = \omega \times \frac{\text{انرژی ذخیره شده}}{\text{متوسط توان تلف شده}} \qquad (۱-۱)$$

برای طراحی یک شبکه تطبیق خوب در تقویت کننده های پهن باند، لازم است که ضریب کیفیت Q، حداقل باشد. یک ایزولاتور نیز، می تواند، به جای یک شبکه تنظیم یا تطبیق، مورد استفاده قرار گیرد، اما بایستی توجه شود که هر توانی که از بار منعکس می گردد، بوسیله ایزولاتور، جذب خواهد شد، که همانند این است که، یک شبکه تطبیق، مورد استفاده قرار گیرد [1] .

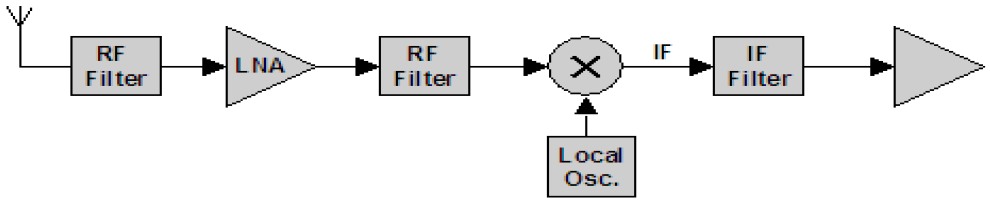
در این پایان نامه، طراحی شبکه تطبیق، با استفاده از روابط و فرمول های مربوط به طراحی فیلتر و به کمک خط مایکرواستریپ (Microstrip Line) و با استفاده از نمودار اسمیت (Smith Chart)، انجام شده است. در ضمن، در یکی از طراحی ها، از ایزولاتور نیز، به منظور کمک به بهبود تطبیق ورودی و خروجی، استفاده گردیده است.

تکنیک فیدبک منفی، می تواند به منظور بهبود تطبیق ورودی و خروجی، یکنواخت سازی پاسخ بهره قطعه و بهبود پایداری ترانزیستور، استفاده گردد، با این روش، امکان افزایش پهنای باند تقویت کننده نیز، با هزینه کاهش بهره توان و افزایش عدد نویز، وجود دارد [1]. ترانزیستورهای GaAs FET، اغلب، دارای عدد نویز کمتری نسبت به ترانزیستورهای BJT، هستند [4]. بنابراین، در این پژوهش، به منظور کاهش عدد نویز، از ترانزیستورهای GaAs FET، استفاده شده است. در این پژوهش، از آرایش مداری کاسکود (Cascode)، استفاده شده است. از مزایای این ساختار مداری، می توان به بهره بالا و یکنواخت و عدد نویز کم، اشاره کرد. اما مشکل بزرگ این ساختار، مصرف توان زیاد است که با بکارگیری توپولوژی استفاده

مجدد از جریان، این مشکل، نیز، قابل رفع است. این توپولوژی، منجر به بهبود ایزولاسیون معکوس بین ورودی و خروجی نیز خواهد شد [5]. در این پژوهش، تقویت کننده کم نویز پهن باند با بهره یکنواخت، در باند فرکانسی ۲ GHz تا ۵,۵GHz، طراحی شده است.

۱-۵- اهمیت و ضرورت انجام تحقیق:

در شکل ۱-۱ .، جایگاه تقویت کننده کم نویز (LNA)، در یک گیرنده بی سیم، نمایش داده شده است.



شکل ۱-۱ . شمای کلی یک گیرنده بی سیم [6]

همانطور که در این شکل، مشاهده می شود، تقویت کننده کم نویز، جزء اولین بلوک هایی است که در گیرنده بی سیم، پس از آنتن قرار می گیرد، بنابراین، این تقویت کننده، تاثیر بسزایی در نویز کل سیستم، دارد. لذا، طراحی تقویت کننده ای که بتواند، عدد نویز را بهبود دهد، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. لازم به ذکر است که، شبکه Bluetooth در فرکانس GHz ۲,۴، شبکه های محلی بی سیم (WLAN)، در دو فرکانسGHz ۲,۴ و GHz ۵ و شبکه بی سیم WiMax، در فرکانس GHz ۳,۵ کار می کنند [7] [8] [9]. بنابراین، طراحی گیرنده ای که بتواند تمام فرکانس های فوق، را پوشش دهد، ضرورت خاصی دارد.

همانطور که اشاره شد، یکی از مهمترین بلوک ها در هر گیرنده بی سیم، تقویت کننده کم نویز است. تقویت کننده های کم نویزی که در این پایان نامه، طراحی شده اند، در محدوده فرکانسی از GHz ۲ تا GHz ۵,۵ که شامل تمام فرکانس های فوق الذکر می شود، بهره یکنواختی دارند.

امروزه، رشد سریع تکنولوژی، افزایش روز افزون تقاضا برای مصرف انرژی و کاهش چشمگیر ذخایر انرژی های تجدید پذیر را به همراه داشته است که این مهم، طراحی دستگاه های با مصرف بهینه انرژی را به ضرورتی انکار ناپذیر، مبدل کرده است. در این پایان نامه، سعی شده است که طراحی تقویت کننده کم نویز، به کمک توپولوژی استفاده مجدد از جریان، به گونه ای انجام شود که حداقل توان ممکن را مصرف کند.

۱-۶- اهداف تحقیق:

هدف از این تحقیق، طراحی یک تقویت کننده کم نویز، برای کاربردهای گیرنده های بی سیم است، به گونه ای که در تمام محدوده فرکانسی از ۲ GHz تا ۵,۵ GHz، بهره ای بالا و یکنواخت داشته باشد. هدف دیگر این تحقیق، کاهش توان مصرفی، تا حد ممکن، در تقویت کننده کم نویز، است.

۱-۷- نحوه اعتبار سنجی:

در این تحقیق، برای اثبات فرضیه ها، از نرم افزار سیستم طراحی پیشرفته [۱] نسخه سال ۲۰۰۹، استفاده شده است. نرم افزار ADS، یکی از پیشتاز ترین نرم افزار های طراحی الکترونیکی در جهان، برای طراحی های مایکروویو، RF وکاربردهای دیجیتال با سرعت بالا است [10]. در این پژوهش، دلیل استفاده از این نرم افزار، دارا بودن کتابخانه کاملی از قطعات شامل المان‌های فشرده، خطوط انتقال و ... و قابلیت بهینه سازی است. لازم به ذکر است که اکثر مقالات معتبر، از این نرم افزار، برای شبیه سازی استفاده کرده اند [2].

در این پایان نامه، نتایج حاصل از شبیه سازی با نرم افزار ADS، با نتایج پژوهش های پیشین، مقایسه شده است و مشاهده می شود که نتایج حاصل، بهبود دارند.

[۱] Advanced Design System

۲ فصل دوم: مبانی و اصول طراحی تقویت کننده کم نویز پهن باند و کم توان