

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات ابتکارات
و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه رازی است



دانشکده فنی مهندسی

گروه برق - الکترونیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی برق گرایش الکترونیک

عنوان پایان نامه

**طراحی ، بهینه سازی و ساخت فیلتر پایین گذر مایکرواستریپ با استفاده از
رزوناتور پروانه‌ای - حلقوی تزویج شده برای کاربرد در سیستم‌های
مخابراتی**

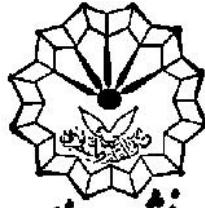
استاد راهنما:

دکتر محسن حیاتی

نگارش:

امید صادقی فتح آبادی

تیر ۹۰



دانشگاه رازی

دانشکده فنی مهندسی

گروه برق - الکترونیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی برق گرایش

الکترونیک

دانشجو: امید صادقی فتح آبادی

تحت عنوان

طراحی ، بهینه سازی و ساخت فیلتر پایین گذر مایکرواستریپ با استفاده از

رزوناتور پروانه‌ای - حلقوی تزویج شده برای کاربرد در سیستم‌های

مخابراتی

در تاریخ ۹۰/۴/۲۹ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای پایان نامه : دکتر محسن حیاتی با مرتبه علمی دانشیار امضاء

۲- استاد داور داخل گروه : دکتر آرش احمدی با مرتبه علمی استادیار امضاء

۳- استاد داور خارج از گروه : دکتر مسعود صباغی با مرتبه علمی استادیار امضاء

سپاس گزاری

سپاس خود را نثار تمامی کسانی می‌نمایم که مرا در مراحل مختلف این تحقیق یاری رساندند. از زحمات استاد بزرگوار جناب آقای دکتر محسن حیاتی که در کلیه مراحل تحصیل، با فضل و دانش خود راهنمای اینجانب بوده‌اند و نیز از اعضای خانواده‌ام که با بردباری و حمایت خود درشتی‌های این راه را بر من هموار نمودند تشکر می‌کنم.

همچنین از کلیه اساتید محترم گروه مهندسی برق دانشگاه رازی که در طول تحصیل تشویق و راهنمایی‌های خویش را از اینجانب دریغ ننمودند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

تقديم به

پدر و مادرم

چکیده :

در این پروژه فیلتر مایکرواستریپ^۱ جدیدی برای به دست آوردن قابلیت انتخاب^۲ بالا و نیز باند قطع عریض ارائه شده است که از یک طرف از مزیت‌های رزوناتورهای مخروطی^۳ مانند باند قطع عریض بهره می‌برد و از سوی دیگر از قابلیت انتخاب بالای رزوناتورهای حلقوی^۴ استفاده می‌کند. رزوناتور پیشنهادی از خازن کو پلاژ بین قسمت پروانه‌ای و قسمت‌های حلقوی برای افزایش قابلیت انتخاب و نیز بهبود عملکرد خارج از باند فیلتر استفاده می‌نماید. همچنین مشکلات معمول رزوناتورهای مخروطی قبلی، از قبیل نوسان در باند عبور و وجود هارمونیک^۵ در باند قطع را ندارد.

این فیلتر پس از طراحی و بهینه سازی، ساخته شده است و نتایج حاصل از اندازه گیری صحت طراحی را تأیید می‌کنند. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که عملکرد کلی ساختار پیشنهادی از نظر ابعاد فیزیکی، تیزی پاسخ و عرض باند قطع نسبت به ساختارهای پیشین بهبود یافته است.

کلمات کلیدی:

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| ۱- فیلتر پایین گذر | (Low-pass filter) |
| ۲- تکنولوژی مایکرواستریپ | (Microstrip technology) |
| ۳- پارامترهای پراکندگی | (Scattering parameters) |
| ۴- رزوناتور مخروطی | (Tapered resonator) |
| ۵- باند قطع عریض | (Wide stop-band) |

^۱ Microstrip

^۲ Selectivity

^۳ Tapered resonator

^۴ Spiral resonator

^۵ Harmonic

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه.....
۲	۱-۱ مقدمه.....
۴	۲-۱ ساختار مسئله.....
۶	۳-۱ ترتیب ارائه مطالب.....
۷	فصل دوم: معرفی فیلترهای میکروویو.....
۸	۱-۲ معرفی رنج‌های فرکانسی میکروویو.....
۱۰	۲-۲ پارامترهای توصیف کننده شبکه‌های میکروویو.....
۱۱	۳-۲ پارامترهای پراکندگی.....
۱۲	۴-۲ روش‌های طراحی فیلتر با استفاده از تکنولوژی میکرواستریپ.....
۱۶	۵-۲ پارامترهای مهم در طراحی فیلترها.....
۱۸	فصل سوم: استخراج مدل پارامترهای فشرده.....
۲۰	۱-۳ مزایا و مشکلات مدل سازی فیزیکی.....
۲۱	۲-۳ روند استخراج مدار معادل.....
۲۵	۳-۳ استخراج مدار معادل یک شبکه چند پورتی.....
۲۷	۴-۳ الگوریتم حداقل مربعات خطی.....
۳۰	فصل چهارم: مروری بر کارهای پیشین.....
۴۳	فصل پنجم: ساختار پیشنهادی.....
۴۴	۱-۵ مراحل طراحی رزوناتور پیشنهادی.....
۵۲	۲-۵ مقیاس پذیری رزوناتور پیشنهادی.....
۵۳	۳-۵ طراحی بهینه سازی و ساخت فیلتر.....
۵۷	۴-۵ مقایسه نتایج.....
۶۰	۵-۵ مثالی از طراحی بر اساس رزوناتور پیشنهادی.....
۶۳	۶-۵ طراحی فیلتر به کمک مخروط‌های ناقص.....
۷۰	فصل ششم: جمع بندی و کارهای آینده.....
۷۴	فصل هفتم: مراجع.....

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۳	شکل (۱-۱) نمایی کلی از یک ساختار مایکرواستریپ
۵	شکل (۲-۱) نمایی از یک فیلتر پایین گذر LC
۵	شکل (۳-۱) معادل مایکرواستریپی فیلتر شکل قبل
۵	شکل (۴-۱) ساختارهای مختلف مایکرواستریپ برای پیاده سازی یک سلف
۱۱	شکل (۱-۲) نمایی از یک شبکه دو پورته و سیگنال‌های تاییده و بازتاییده شده
۱۳	شکل (۲-۲) نمایی از یک شبکه فیلتر LC پایین گذر و معادل مایکرواستریپی آن
۲۲	شکل (۱-۳) مدل T برای یک شبکه دو پورته و روابط مربوط به محاسبه امپدانس بازوهای آن
۲۲	شکل (۲-۳) مدل π برای یک شبکه دو پورته و روابط مربوط به محاسبه ادmittانس بازوهای آن
۲۳	شکل (۳-۳) نمودارهای قسمت موهومی بر حسب قسمت حقیقی امپدانس و مدار معادل LC آن
۲۴	شکل (۴-۳) نمودارهای قسمت موهومی بر حسب قسمت حقیقی امپدانس و مدار معادل LC آن
۲۶	شکل (۵-۳) مدار معادل یک شبکه چند پورته
۳۱	شکل (۱-۱-۴) ساختار پیشنهادی مرجع [۵]
۳۱	شکل (۲-۱-۴) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده [۵]
۳۲	شکل (۱-۲-۴) ساختار پیشنهادی مرجع [۶]
۳۲	شکل (۲-۲-۴) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده مرجع [۶]
۳۳	شکل (۳-۴) ساختار پیشنهادی مرجع [۷] و نتایج اندازه گیری شده آن
۳۳	شکل (۱-۴-۴) ساختار پیشنهادی مرجع [۸]
۳۳	شکل (۲-۴-۴) نتایج اندازه گیری شده ساختارهای پیشنهاد شده در مرجع [۸]
۳۴	شکل (۱-۵-۴) ساختار پیشنهادی مرجع [۹]
۳۴	شکل (۲-۵-۴) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده مرجع [۹]
۳۴	شکل (۱-۶-۴) ساختار پیشنهادی مرجع [۱۰]
۳۵	شکل (۲-۶-۴) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده مرجع [۱۰]
۳۵	شکل (۱-۷-۴) ساختار پیشنهادی مرجع [۱۱]
۳۵	شکل (۲-۷-۴) نتایج شبیه سازی‌های مداری و الکترومغناطیسی مرجع [۱۱]
۳۶	شکل (۱-۸-۴) ساختار پیشنهادی مرجع [۱۲]
۳۶	شکل (۲-۸-۴) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده مرجع [۱۲]
۳۷	شکل (۱-۹-۴) ساختار پیشنهادی مرجع [۱۳]
۳۷	شکل (۲-۹-۴) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده مرجع [۱۳]
۳۷	شکل (۱-۱۰-۴) ساختار پیشنهادی مرجع [۱۴]

- شکل ۴-۱۰-۲) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده مرجع [۱۴] ۳۸
- شکل ۴-۱۱-۱) ساختار پیشنهادی مرجع [۱۵] ۳۸
- شکل ۴-۱۱-۲) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده مرجع [۱۵] ۳۸
- شکل ۴-۱۲-۱) ساختار پیشنهادی مرجع [۱۶] ۳۹
- شکل ۴-۱۲-۲) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده مرجع [۱۶] ۳۹
- شکل ۴-۱۳-۱) ساختار پیشنهادی مرجع [۱۷] ۳۹
- شکل ۴-۱۳-۲) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده مرجع [۱۷] (فیلتر بالا، در شکل ۴-۱۳-۱) ۴۰
- شکل ۴-۱۳-۳) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده مرجع [۱۷] (فیلتر پایین، در شکل ۴-۱۳-۱) ۴۰
- شکل ۴-۱۴-۱) ساختار پیشنهادی مرجع [۱۸] ۴۰
- شکل ۴-۱۴-۲) نتایج اندازه گیری شده مرجع [۱۸] ۴۱
- شکل ۴-۱۵-۱) ساختار پیشنهادی مرجع [۱۹] ۴۱
- شکل ۴-۱۵-۲) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده مرجع [۱۹] ۴۱
- شکل ۴-۱۶-۱) ساختار پیشنهادی مرجع [۲۰] ۴۲
- شکل ۴-۱۶-۲) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده مرجع [۲۰] ۴۲
- شکل ۵-۱-۱) ساختار رزوناتور پروانه‌ای ۴۴
- شکل ۵-۱-۲) نتایج شبیه سازی شده ساختار پروانه‌ای ۴۵
- شکل ۵-۲-۱) ساختار یک شاخه‌ء باز، در کنار رزوناتور پروانه‌ای ۴۶
- شکل ۵-۲-۲) نتایج شبیه سازی شده شاخه‌ء باز ۴۶
- شکل ۵-۳-۱) ساختار رزوناتور حلقوی، در کنار رزوناتور پروانه‌ای ۴۷
- شکل ۵-۳-۲) نتایج شبیه سازی شده رزوناتور حلقوی ۴۷
- شکل ۵-۴-۱) ترکیب سری رزوناتورهای پروانه‌ای و حلقوی ۴۷
- شکل ۵-۴-۲) نتایج شبیه سازی ترکیب سری رزوناتورهای پروانه‌ای و حلقوی ۴۸
- شکل ۵-۵-۱) ساختار رزوناتور پیشنهادی ۴۸
- شکل ۵-۵-۲) نتایج شبیه سازی رزوناتور پیشنهادی ۴۹
- شکل ۵-۶) مدار معادل LC رزوناتور پیشنهادی ۴۹
- شکل ۵-۷-۱) نتایج شبیه سازی مداری و الکترومغناطیسی رزوناتور کوپل نشده ۵۰
- شکل ۵-۷-۲) نتایج شبیه سازی مداری و الکترومغناطیسی رزوناتور کوپل شده ۵۱
- شکل ۵-۸-۱) نتایج شبیه سازی الکترومغناطیسی رزوناتور پیشنهادی، به عنوان تابعی از ضریب مقیاس ۵۲
- شکل ۵-۸-۲) فرکانس قطع رزوناتور پیشنهادی، به عنوان تابعی از ضریب مقیاس ۵۲
- شکل ۵-۹-۱) ساختار رزوناتور آینه‌ای ۵۳
- شکل ۵-۹-۲) نتایج شبیه سازی مداری و الکترومغناطیسی ساختار آینه‌ای ۵۳
- شکل ۵-۱۰) ساختار شاخه‌ء باز و نتایج شبیه سازی آن ۵۴

- شکل ۵-۱۱-۱) ساختار پیشنهادی ۵۵
- شکل ۵-۱۱-۲) تصویر فیلتر ساخته شده ۵۵
- شکل ۵-۱۱-۳) نتایج شبیه سازی و اندازه گیری شده فیلتر پیشنهادی ۵۵
- شکل ۵-۱۲) تأخیر گروه، در باند عبور، برای فیلتر ساخته شده ۵۶
- شکل ۵-۱۳-۱) رزوناتور و شاخه‌های باز مقیاس شده با ضریب ۲.۴ ۶۰
- شکل ۵-۱۳-۲) نتایج شبیه سازی رزوناتور مقیاس شده ۶۱
- شکل ۵-۱۴-۱) فیلتر به دست آمده به کمک مقیاس کردن و سری کردن قطعات ۶۱
- شکل ۵-۱۴-۲) نتایج شبیه سازی فیلتر مقیاس شده ۶۱
- شکل ۵-۱۵) تأخیر گروه فیلتر مقیاس شده، در باند عبور ۶۲
- شکل ۵-۱۶) رزوناتور طراحی شده به کمک مخروط‌های ناقص ۶۴
- شکل ۵-۱۷) پاسخ شبیه سازی شده رزوناتور مخروطی ناقص ۶۵
- شکل ۵-۱۸) مدار معادل LC رزوناتور مخروطی ناقص ۶۵
- شکل ۵-۱۹-۱) ساختار فیلتر طراحی شده با رزوناتورهای مخروطی ناقص ۶۶
- شکل ۵-۱۹-۲) تصویر فیلتر ساخته شده ۶۷
- شکل ۵-۱۹-۳) پاسخ شبیه سازی و اندازه گیری شده فیلتر ۶۷
- شکل ۵-۱۹-۴) تأخیر گروه، در باند عبور ۶۷
- شکل ۵-۲۰-۱) نتایج شبیه سازی رزوناتور، در حضور و غیاب انتهای باز شاخه‌ها ۶۸
- شکل ۵-۲۰-۲) نتایج شبیه سازی فیلتر، در حضور و غیاب انتهای باز شاخه‌ها ۶۹

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۹	جدول ۱-۲) تقسیم بندی کلی طیف فرکانسی
۱۰	جدول ۲-۲) تقسیم بندی طیف فرکانسی مایکروویو
۵۹	جدول ۱-۵) مقایسهء نتایج و مشخصات زیرلایهء فیلتر های مختلف
۵۹	جدول ۲-۵) مقایسهء نتایج نرمال شدهء فیلتر های مختلف
۶۲	جدول ۳-۵) مشخصات فیلتر مقیاس شده
۶۲	جدول ۴-۵) نتایج نرمال شدهء فیلتر مقیاس شده

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

گرایش شدید به فرکانس‌های مایکروویو^۱ بنا به مجموعه‌ای از دلایل همواره رو به افزایش بوده است که اصلی‌ترین آن‌ها، نیاز روز افزون به فضای طیفی بیشتر در فرکانس‌های رادیویی است که امکان اختصاص تعداد کمتری کاربرد به هر فرکانس را فراهم می‌آورد. امروزه رنج فرکانسی مورد استفاده در کاربرد های مختلف به چند ۱۰ گیگا هرتز رسیده است.

یکی از مشکلات افزایش فرکانس این است که در فرکانس‌های بالا، قطعات فشرده مثل خازن و سلف به دلیل تلفات بالا کارایی خود را از دست می‌دهند در ضمن این قطعات، ابعاد نسبتاً بزرگی دارند که آن‌ها را برای استفاده در مدارات مجتمع یکپارچه مایکروویو (MMIC)، نامناسب می‌کند. از طرف دیگر با کاهش طول موج^۲، زمان انتشارموج در یک مدار، مقداری قابل قیاس با دوره تناوب نوسانات مربوط به جریان‌ها و بارها در آن مدار می‌شود و این مسئله سبب می‌شود که روش‌های تحلیل مدارات در فرکانس‌های پایین که بر اساس قوانین کیرشهف^۳ و روابط مربوط به جریان و ولتاژ قطعات مدار استوارند، در این فرکانس‌ها فاقد اعتبار باشند. در عوض از روش‌های تحلیل بر اساس توصیف میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی مرتبط با قطعات، برای مدارات فرکانس بالا استفاده می‌شود.

با انجام این تحلیل‌ها مشخص می‌شود که نوارهای فلزی که معمولاً در فرکانس‌های پایین، اتصال کوتاه در نظر گرفته می‌شوند، در فرکانس‌های بالا رفتارهای خازنی و سلفی از خود نشان دهند که با طراحی درست، می‌توان از این نوارها به عنوان جایگزین خازن‌ها و سلف‌های فشرده استفاده کرد.

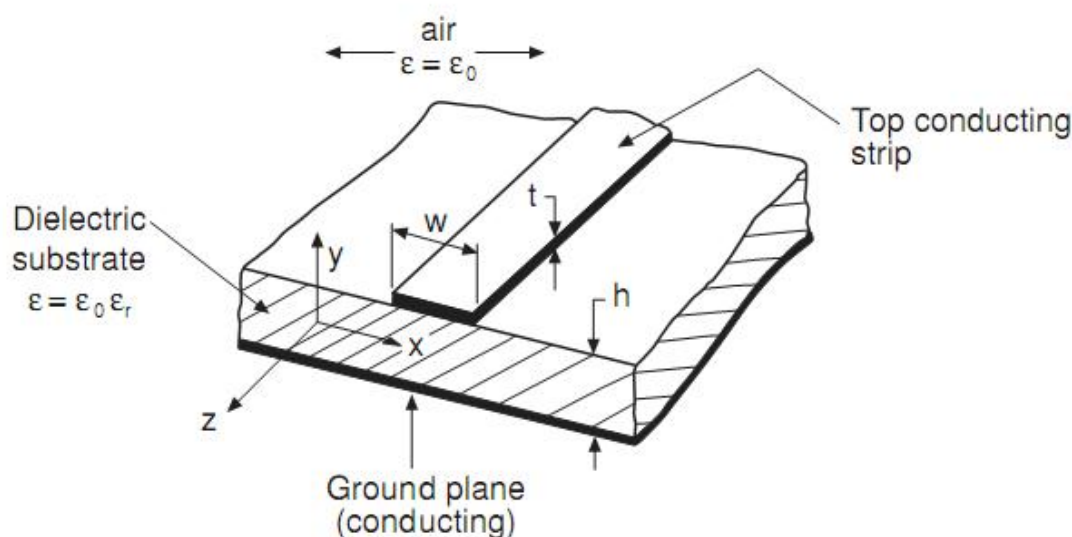
^۱ Microwave

^۲ Wave-length

^۳ Kirchhoff

برای استفاده از این امکان یک گزینه می‌تواند به کارگیری تکنولوژی PCB در انواع یک یا چند لایه باشد اما به خاطر تلفات تشعشی^۴ زیاد و مشکل هم‌شنوایی^۵، این تکنولوژی نمی‌تواند نیازها را برآورده کند. اما تکنولوژی میکرواستریپ که از یک صفحه زمین شده در یک سمت زیرلایه^۶ دی‌الکتریک^۶ بهره می‌برد محیط الکترومغناطیسی بهتری را فراهم می‌کند و می‌تواند در سیستم‌های مخابراتی، مورد استفاده قرار گیرد.

شمایی سه بعدی از یک قطعه میکرو استریپ در شکل ۱-۱ نشان داده شده است [۱].



شکل ۱-۱: نمایی کلی از یک ساختار میکرواستریپ.

در این ساختار، زیرلایه و پارامترهای آن یعنی ثابت دی‌الکتریک و ضخامت آن و همچنین ابعاد نوارهای فلزی رفتار قطعه را مشخص می‌کنند.

تکنولوژی میکرواستریپ برای مدت حداقل سه دهه دارای اهمیت فراوان بوده است و این تکنولوژی همچنان در خط مقدم گزینه‌های پیاده‌سازی سیستم‌های RF, Microwave قرار دارد. اهمیت تکنولوژی میکرواستریپ با توجه به کاربردهای روزافزون سیستم‌های RF, Microwave و همچنین الکترونیک

^۴ Radiation loss

^۵ Cross talk

^۶ Dielectric substrate

دیجیتال فرکانس بالا در حال افزایش است. مثال هایی از سیستمهایی که از میکرو استریپ استفاده می کنند عبارتند از:

۱. ماهواره ها.

۲. کاربردهای بی سیم

۳. رادارها و مخابرات نظامی

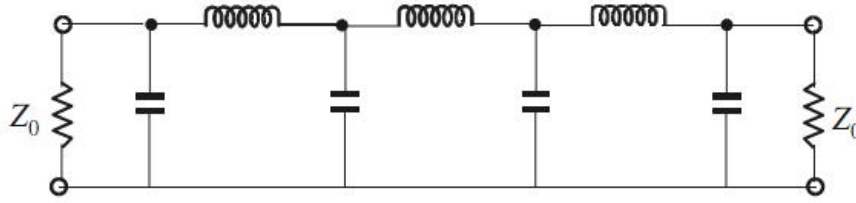
۴. پردازنده های دیجیتال سریع

و بسیاری کاربردهای دیگر.

۱-۲ ساختار مسئله

یکی از پرکاربردترین المانها در تمامی مدارات مایکروویو فیلترها هستند. فیلترها در واقع وظیفه جداسازی فرکانس های مختلف را بر عهده دارند که با توجه به محدودیت طیف فرکانسی و بنابراین تقسیم آن برای کاربردهای مختلف، این مسئله اهمیت حیاتی می یابد. فیلتر پایین گذر، هم به صورت مستقیم برای حذف هارمونیک ها و سایر سیگنال های ناخواسته فرکانس بالا و هم به عنوان ساختار پایه برای سایر انواع فیلترها نقش مهمی را در این زمینه ایفا می کند. با توجه به این اهمیت، حجم گسترده ای از تحقیقات برای طراحی فیلترهای پایین گذر انجام شده است که تحقق فیلترهای مختلف را با مشخصات مورد نیاز، در قالب توابعی تحت عنوان چیشف، الپتیک، باترورث و ... میسر ساخته است. این فیلترها توسط مجموعه ای از خازن ها و القاگرها قابل پیاده سازی هستند.

با افزایش فرکانس کاری و با توجه به مطالب ذکر شده، این فیلترها نیز کارایی خود را از دست داده و استفاده از مایکرو استریپ در ساختار آنها لزوم می یابد. برای این کار می توان در ابتدا با بکارگیری روش های کلاسیک، فیلتر مورد نظر را طراحی نموده و سپس هر خازن یا القاگر را در ساختار فیلتر با معادل میکرواستریپی آن جایگزین نمود. یک فیلتر پایین گذر نوعی و معادل مایکرواستریپی آن به ترتیب در شکل های ۱-۲ و ۳-۱ نمایش داده شده اند [۲].



شکل ۱-۲: نمایی از یک فیلتر پایین گذر LC.



شکل ۱-۳: معادل مایکرواستریپی فیلتر شکل قبل.

با توجه به اینکه این فیلترها از طریق خطوط انتقالی^۷ با امپدانس مشخصه^۸ خاص (معمولاً 50Ω)، به سایر قطعات متصل می شوند، لازم است که پورت های ورودی و خروجی آنها با امپدانس مشخصه خط انتقال، تطبیق داده شوند.

نکته ای که انعطاف فراوانی را در زمینه طراحی فیلترهای مایکرواستریپ ایجاد می کند، این است که یک خازن یا سلف را می توان به وسیله ساختارهای مایکرواستریپی بسیار متنوعی تحقق بخشید که استفاده از هر کدام از این ساختارها تاثیرات خاص خود را بر روی پارامترهای فیلتر از قبیل تلفات تشعشعی، پهنای باند، اندازه و... دارد. شکل ۱-۴ چهار روش متفاوت پیاده سازی یک القاگر را نشان می دهد:



شکل ۱-۴: ساختارهای مختلف مایکرواستریپ برای پیاده سازی یک سلف.

^۷ Transmission line

^۸ Characteristic impedance

با توجه به این تنوع، در سال های اخیر حجم قابل توجهی از تحقیقات در زمینه مایکروویو، به طراحی و بهینه سازی فیلترهای مایکرواستریپ با استفاده از ساختارهای مختلف معطوف گشته است. معمولاً ساختارهای پایه ای را که برای پیاده سازی فیلترها پیشنهاد می شوند رزوناتور^۹ می نامند.

رزوناتورهای پیشنهادی جدید اغلب با هدف بهبود مشخصات ساختارهای پیشین از قبیل عرض باند قطع، تیزی پاسخ و یا ابعاد فیزیکی مدار ساخته می شوند که این پروژه نیز در این راستا قرار دارد.

۱-۳ ترتیب ارائه مطالب

در ادامه این تحقیق، اصول مورد نظر در طراحی فیلترهای مایکرواستریپ و ابزارهای مورد نیاز در تحلیل این مدارات، معرفی شده و سپس ساختارهایی که تاکنون در این زمینه پیشنهاد شده اند، معرفی می گردند. پس از آن، به ارائه روند طراحی و مشخصات فیلتر پیشنهادی این پروژه خواهیم پرداخت و راه های توسعه آن را برای کاربردهای مختلف، بررسی خواهیم کرد.

در ادامه، مقایسه نتایج اندازه گیری شده فیلتر پیشنهادی با فیلترهای پیشین ارائه خواهد شد. این نتایج، برتری های ساختار پیشنهادی را از ابعاد مختلف نشان می دهند. در این بخش، علاوه بر ساختار اصلی موضوع این پروژه، ساختارهای جانبی دیگری نیز برای بحث پیرامون نکات مختلف پیشنهاد شده اند.

پس از ارائه این مطالب، بخشی نیز به جمع بندی و ارائه پیشنهاداتی برای کارهای بعدی اختصاص یافته است.

^۹ Resonator

فصل دوم

اصول طراحی فیلترهای میکروویو

این فصل با معرفی تقسیم بندی های مختلف طیف فرکانسی آغاز می شود. پس از آن، پارامترهای توصیف کننده سیستم های میکروویو، به خصوص پارامترهای پراکندگی مورد بحث واقع می شوند و ادامه فصل، دربردارنده توضیحاتی در مورد روش های طراحی فیلترهای پایین گذر میکرواستریپ و پارامترهای مورد نظر در آن است.

۱-۲ معرفی رنج فرکانسی میکروویو

عبارت میکروویو، برای توصیف امواج الکترومغناطیسی با طول موج هایی در رنج ۱ cm تا ۱m، مورد استفاده قرار می گیرد که متناظر با رنج فرکانسی ۳۰ MHz-۳۰ GHz است. امواج الکترومغناطیسی ای با طول موج از ۱ تا ۱۰ mm، امواج میلیمتری^۱ نامیده می شوند. طیف تشعشع مادون قرمز دارای طول موج هایی در رنج ۱μm تا ۱ mm است و بالاتر از این رنج، به ترتیب طیف های نوری قابل رویت، فرابنفش و در نهایت اشعه X قرار گرفته اند.

تا کنون تقسیم بندی های مختلفی برای طیف فرکانسی مورد استفاده قرار گرفته اند. دو نوع از این دسته بندی ها در جداول ۱-۲ و ۲-۲ خلاصه شده اند [۳]. اکثر دستگاه های مخابراتی ای که با استفاده از المان های فشرده ساخته می شوند، حداکثر در باند فرکانسی UHF که تا حدود ۱ GHz امتداد دارد، کار می کنند ولی در فرکانس های بالاتر از آن، قطعات میکرواستریپ جایگزین آنها می شوند.

^۱ Millimeter wave