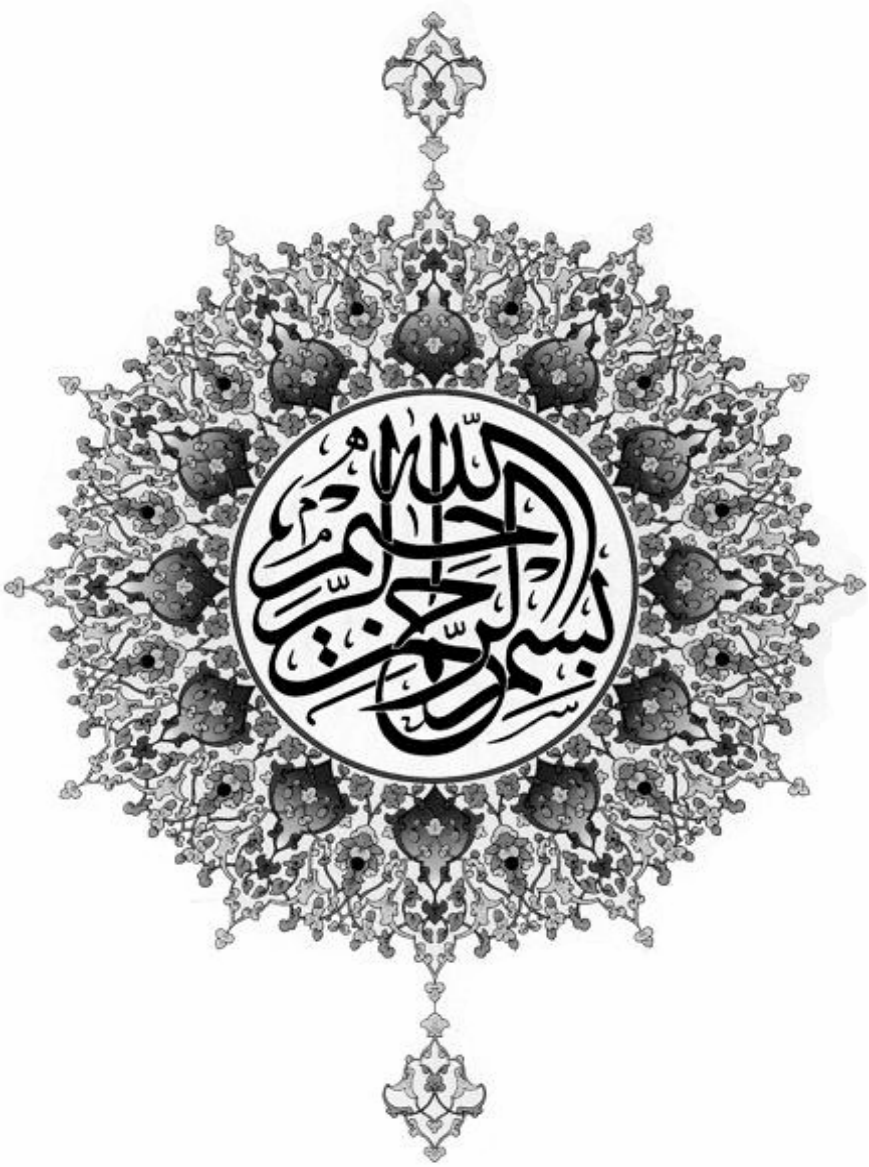

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی‌تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی برق-گروه مخابرات

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

طراحی و ساخت سنتز کننده فرکانس گیرنده Multiport در باند فرکانسی ۲۴~۲۹ GHz

نگارش:
بهبد قلمکاری

استاد راهنمای اول :
دکتر عباس محمدی

استاد راهنمای دوم :
دکتر عبدالعلی عبدی پور

تیر۱۳۸۷

بسمه تعالی

تاریخ :.۱۴/ ۵/ ۸۷.....

شماره : .....

فرم اطلاعات پایان نامه

کارشناسی ارشد و دکترا

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

معاونت پژوهشی

فرم پروژه تحصیلات تکمیلی ۷

مشخصات دانشجو

نام و نام خانوادگی : بهبد قلمکاری دانشجوی آزاد ■ بورسیه ☐ معادل ☐

شماره دانشجویی: ۸۴۱۲۳۱۱۲ دانشکده : برق رشته تحصیلی: مخابرات میدان

نام و نام خانودگی استاد راهنما :دکتر عباس محمدی

عنوان به فارسی: طراحی و ساخت سنتزکننده فرکانس گیرنده Multiport در باند فرکانسی GHz ۲۹-۲۴ .

عنوان به انگلیسی: Design and Implementation of Frequency Synthesizer for Multiport Receiver In 24-29GHz

نوع پروژه: کارشناسی ارشد * ■ **کاربردی** ■ **بنیادی** ☐ **توسعه ای** ☐ **نظری**

دکترا

تاریخ شروع: ۸۵/ ۷/ ۱۹ تاریخ خاتمه : ۲۴ / ۴ / ۸۷ تعداد واحد:۹

سازمان تامین کننده اعتبار : مرکز تحقیقات مخابرات ایران

واژه های کلیدی به فارسی ضرب کننده فرکانس پسیو و اکتیو، ضرب کننده موج رونده، زنجیره ضرب کننده ها، فیلتر مایکرواستریپ

واژه های کلیدی به انگلیسی: Active Frequency Multiplier, Passive Frequency Multiplier, Traveling wave Multiplier, Multiplier Chain, Microstrip Filter

---

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت های پژوهشی دانشگاه:

استاد راهنما: دکتر عباس محمدی

دانشجو: بهبد قلمکاری

امضاء استاد راهنما : دکتر عباس محمدی تاریخ: ۱۳/ ۵/ ۸۷

نسخه ۱: معاونت پژوهشی

به نام خدا

دانشکده مهندسی برق
دانشگاه صنعتی امیر کبیر

شماره: ۵۵۹ /ت/۵۸
تاریخ: ۱۳۸۷/۴/۲۴

برگ ارزیابی پایان‌نامه کارشناسی ارشد (اپکا۲)

گرایش مخابرات

نام و نام خانوادگی : **بهبد قلمکاری** شماره دانشجویی : ۸۴۱۲۳۱۱۲

عنوان: *طراحی و ساخت گیرنده مایکروبو در باند ۲۴-۲۹ghz به روش multiport*

تاریخ دفاع: ۸۷/۴/۲۴

هیات داوران	نام و نام خانوادگی	کد انفورماتیک	رتبه علمی	امتیاز	امضاء
استاد راهنمای اول	دکتر عباس محمدی	۱۰۳۹۴	دانشیار	۱۹٫۷۵	
استاد راهنمای دوم	دکتر عبدالعلی عبدی پور	۱۰۲۳۰	استاد	۱۹٫۷۵	
استاد مشاور	-		-		
داور داخلی	دکترایاز قربانی	۱۰۷۸۹	استاد یار	۱۹٫۷۵	
داور داخلی	-		-		
داور خارجی	دکترکمره ای	مدعو	استاد	۱۹٫۷۵	
داور سوم					
	میانگین نمرات هیئت داوران			۱۹٫۷۵	

این قسمت توسط تحصیلات تکمیلی دانشکده تنظیم خواهد شد.

	شرح	نمره به عدد	نمره به حروف
A	میانگین نمرات هیئت داوران (بر مبنای ۲۰)	۱۹٫۷۵	
B1	کسر نمره دیرکرد		
B2	کسر نمره عدم ارائه مقاله		
C	تشویق بابت ارائه مقاله اضافی		
D	B=B1+B2 **نمره نهایی** (*D=A-B+C*)	۱۹٫۷۵	نوزده و نقده و پنج صدم

مدیر تحصیلات تکمیلی دانشکده:

امضاء و مهر دانشکده:

تأئید کارشناس:

مدیر کل تحصیلات تکمیلی:

امضاء و مهر:

تقدیم به مادرم،

و تقدیم به او که در زیر بار سنگین مشکلات زندگی خم شد

اما نشکست

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مساعدت ها و راهنمایی های استاد ارجمندم جناب آقای **دکتر عباس محمدی** که در تمامی مراحل با راهنمایی های سنجیده شان نقش موثری در پیشبرد این پایان نامه ایفا نمودند، سپاسگزاری و قدردانی می کنم.

همچنین بر خود لازم میدانم از جناب آقای دکتر عبدالعلی عبدی پورکه بی شک نقطه نظراتشان همواره یاری گر من در رفع موانع بود تشکر کنم. در ضمن تشکر و قدردانی خود را ازاعضای محترم هیات داوری آقایان دکتر محمود کمره ای و دکتر ایاز قربانی ، ابراز می‌دارم.

با تشکر ویژه از دوست گرانقدرم آقای مهندس رضا بهادری نژاد، مهندس کیوان فر ریاست گروه جنگال شرکت رستافن، و همچنین

آقایان مهندس رشید میرزاوند، مهندس جواد سلیمان میگونی و علی عسگری.

این پروژه تحت قرارداد پژوهشی به شماره مورخ ۱۳۸۵/۱۰/۳ از حمایتهای معنوی و مالی مرکز تحقیقات مخابرات ایران بهره مند شده است. بدین وسیله از این مرکز تشکر و قدردانی می شود.

چکیده

در هر سیستم مخابراتی منبع تولید سیگنال از اجزای حیاتی آن به شمار می رود؛ از یک سو در سیستمهای مایکروویو برای قسمت اسیلاتور محلی نیاز به یک منبع با پایداری و خلوص طیفی بالا داریم و از سوی دیگر رسیدن به مشخصه های مطلوب برای منابع سینوسی به خصوص در محدوده فرکانس مایکروویو و موج میلیمتری کار دشواری است. یکی از روشهای تولید منابع فرکانسی استفاده از تکنیک ضرب کردن فرکانس است. در این پروژه فرکانس ورودی در محدوده ۳۳۰~٤۰۰MHz با پهنای باند حدود ۷۰ MHz از DDS دریافت شده و با استفاده از ۵ طبقه مدارات ساخته شده، هر کدام متشکل از تقویت کننده، فیلتر و ضرب کننده، هارمونیک ۷۲ ام آن استخراج شده و نهایتا باند فرکانسی ۲٤~۲۹ GHz و پهنای باندی در حدود ۵ GHz حاصل شده است. در ضمن به دلیل نیاز به ضرب کننده های پهن باند در فرکانسهای بالا ایده استفاده از ضرب کننده موج رونده به عنوان ساختاری جدید برای ضرب کننده های فرکانس برای اولین بار در این پایان نامه مطرح شده و تحلیل ریاضی آن استخراج شده است.

کلمات کلیدی:

ضرب کننده فرکانس پسیو و اکتیو، ضرب کننده موج رونده، زنجیره ضرب کننده ها، فیلتر مایکرواستریپ.

فهرست مطالب

فصل اول . مقدمه

۱-۱.مقدمه..... ۱

۱-۲.هدف از تحقیق..... ۳

۱-۳. مروری بر ادبیات..... ۶

۱-٤. نظم پایان نامه ۹

فصل دوم . سنتز کننده های فرکانس

۲-۱. سنتزکننده های فرکانس ۱۱

۲-۱-۱.سنتز فرکانس به روش مستقیم..... ۱۲

۲-۱-۲. .سنتز فرکانس به روش غیر مستقیم ۱۳

۲-۲.سنتز فرکانس دیجیتالی مستقیم..... ۱۵

۲-۳.بررسی نویز فاز..... ۱۹

فصل سوم .ضرب کننده های فرکانس اکتیو وپسیو

۳-۱.انواع ضرب کننده ها..... ۲۶

۳-۱-۱.ضرب کننده های پسیو ۲۶

۳-۱-۱-۱.ضرب کننده دیودی-مقاومتی..... ۲۷

۳-۱-۱-۲. ضرب کننده فرکانس به کمک ورکتور ۳۱

۳-۱-۳-۳ ضرب کننده فرکانس با استفاده از دیودهای SRD..... ۳۲

۳-۱-۲ ضرب کننده فعال یا ترانزیستوری ۳٤

۳-۱-۲-۱ مدلسازی ترانزیستور ضرب کننده ۳۷

۳-۱-۲-۲ مدار معادل فشرده ترانزیستورهای FET..... ۳۹

۳-۱-۲-۳ مدل های فشرده سیگنال بزرگ HEMT,MESFET..... ٤۱

۳-۱-۲-٤ روش تحلیل مداری..... ٤۵

۳-۱-۲-۵ بایاسینگ ترانزیستور در ناحیه غیر خطی ٤۷

۳-۱-۳ بایاس در ولتاژ گیت آستانه $(V_{GS} = V_p)$ ٤٧
٤-۱-۳ بایاس در $V_p/2$ ٥١
٥-۱-۳ بایاس در V_{fwd} ٥٣
٦-۱-۳ مدارهای بایاس مایکرواستریپی ٥٥
۷-۱-۳ مدار تطبیق ورودی و خروجی ٥٧

فصل چهارم. ضرب کننده موج رونده

٤.ساختارهای ضرب کننده های فرکانس ٦٣
٤-۱.ترکیب مدارات یکسو کننده ٦٣
٤-۲. ضرب کننده متوازن ٦٥
٤-۳. ساختار بالون و استفاده از هیبرید ۱۸۰ درجه ٦٩
٤-٤. ساختار موج رونده ۷۰
٤-٤-۱. تقویت کننده موج رونده ۷۱
٤-٤-۲.ضرب کننده موج رونده ۷۲
٤-٤-۲-۱. استخراج هارمونیک k ام ۷۷
٤-٤-۲-۱. نتایج شبیه سازی ۷۷

فصل پنجم. ساخت طبقات مختلف

٥_۱.طبقه اول ۸۱
٥_۲.طبقه دوم ۸۹
٥-۳.طبقه سوم ۹۸
٥-٤.طبقه چهارم ۱۰٤
٥-٤-۱.طراحی جعبه ۱۰۸
٥-٥.طبقه پنجم ۱۱۰
٥-٦. نتیجه گیری و پیشنهادات. ۱۱٥

مراجع ۱۱۸

پیوست ها ۱۲۵
پیوست الف- مدار دوبرابرکننده فرکانس به وسیله دیود شاتکی..... ۱۲۵
پیوست ب-مدار سه برابر کننده فرکانس به وسیله ترانزیستور ATF34143 ..... ۱۲۸
پیوست ج-محاسبه سری فوریه جریان برش خورده از دو طرف..... ۱۳۳
پیوست د-PCB مدارات..... ۱۳۸
پیوست ه- اطلاعات قطعات..... ۱۴۱

فصل اول

مقدمه

۱- فصل اول

۱-۱ مقدمه

تمایل روز افزون به پردازش و انتقال اطلاعات زیاد با سرعت سریع‌تر باعث سوق دادن سیستم‌های الکترونیکی آنالوگ و دیجیتال برای کار در فرکانس‌های بالاتر و یا در سرعت کلاک بیشتر شده است. یکی از مهمترین مسایلی که در تمام این سیستمهای مخابراتی با آن روبرو هستیم تولید سیگنال سینوسی برای استفاده در گیرنده و فرستنده است. طراحی یک منبع تولید سیگنال با پایداری بالا و سطح نویز فاز کم در فرکانس بالا کار پیچیده ای است زیرا اگر اعوجاج و نویز فازی نامطلوب در اسیلاتور محلی باشد, به قسمتهای بعدی گیرنده منتقل می شود، بنابراین یکی از اهداف اصلی در ساخت یک نوسان ساز تحقق نویز فاز پایین است. ساخت یک نوسان ساز با مشخصه نویز فاز مطلوب در فرکانس های مایکروویو به خصوص زمانیکه مسایل هزینه ای نیز مطرح می شود بسیار مشکل تر است. در این حالت استفاده از گزینه یک نوسان ساز با نویز فازکم و پایداری زیاد در فرکانس های پایین به همراه یک ضرب کننده فرکانس به دنبال آن، به عنوان یک راه حل جایگزین مطرح می شود. مثلا ترکیب یک نوسان ساز کریستالی و یا یک DDS[۱] که نویز فاز بسیار خوبی دارد ولی توانایی تولید فرکانس های خیلی بزرگ را ندارد به همراه یک ضرب کننده فرکانس، ایده بسیار جالبی است[۱].

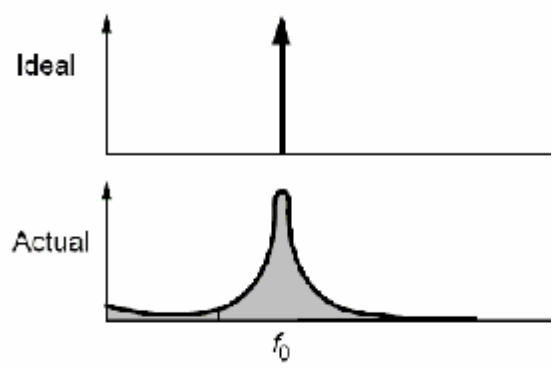
با وجود اینکه برای یک ضرب کننده فرکانس درجه n، مقدار نویز فاز نسبت به ورودی به اندازه $20\log(n)$ افزوده می شود[۲]، با این وجود باز هم این روش برای فرکانسهای مایکروویو پاسخ

[۱] Direct Digital Synthesis

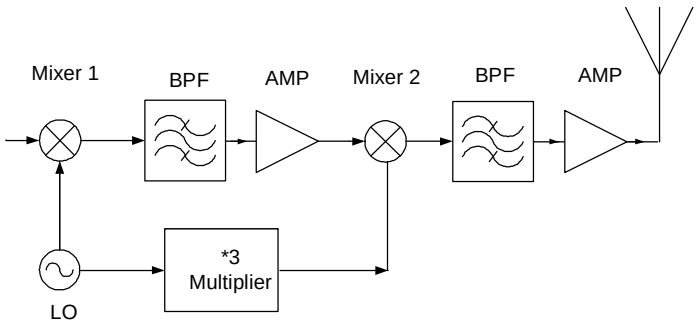
نویز فاز بهتری می‌تواند داشته باشد. در . در شکل(۱-۱) مقایسه‌ای بین چگالی طیف توان نوسانساز ایده آل و نویزی نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می شود چگالی طیف سیگنال خروجی در نوسانساز نویزی ضربه خالص نبوده و دچار پهن شدگی می شود، البته معمولا نویز دامنه در مقابل نویز فاز بدلایل زیر قابل صرفنظر است.

۱- بدلیل مکانیزم کنترل دامنه[۱](AGC) در نوسانسازها نویز دامنه خیلی ضعیف تر از نویز فاز است.

۲- ضرب و تقسیم فرکانس اثر چندانی بر نویز دامنه ندارد ولی نویز فاز را مستقیما تحت تاثیر قرار می دهد[۲].



شکل(۱-۱) : چگالی طیف توان نوسانساز ایده آل و نویزی



شکل(۱-۲) : استفاده از ضرب کننده به جایLO در فرستنده و یا گیرنده

[۱] Automatic Gain Control

شکل(۱-۲) یکی دیگر از کاربردهای ضرب کننده های فرکانس را نشان می دهد. بعضی مواقع در سیستمهای مخابراتی بنا به دلایلی در گیرنده یا فرستنده عمل مخلوط کردن دو سیگنال در دو مرحله انجام می شود (Dual IF) و در نتیجه باید از دو LO استفاده گردد[۳].

همانطوری که در شکل (۱-۲) دیده می شود عمل میکس در دو مرحله انجام شده است اما فقط از یک نوسان ساز استفاده شده است و برای نوسان ساز دوم از خروجی نوسان ساز اول به همراه یک ضرب کننده که میتواند نسبت به ساخت یک LO بسیار ساده تر و ارزان تر ساخته شود استفاده شده است.

۱-۲ هدف از تحقیق

همانطور که می دانیم قابلیت مجتمع شدن، عدم وجود سیگنال تصویر و عدم نیاز به فیلتر حذف تصویر معماری تبدیل مستقیم[۱] را به عنوان یک گزینه مناسب در طراحی گیرنده ها مطرح می کند. یکی از ساختارهایی که در معماری تبدیل مستقیم به کار می رود ساختار چند دهانه ای[۲] می باشد که در اینجا مزایای آنرا بررسی می کنیم. با توجه به اینکه این ساختار، خود نوع خاصی از ساختار تبدیل مستقیم است، علاوه بر مزایای ساختارهای تبدیل مستقیم دارای جذابیت هایی به شرح زیر است.

۱- ساختارهای چند دهانه ای به راحتی پهن باند می شوند. برای باند پهن شدن ساختار چند دهانه ای کافی است از هایبریدها و مقسم توان باند پهن که دارای ساختار زنجیره ای هستند، استفاده شود.

[۱] Direct Conversion

[۲] Multiport

۲-در گیرنده چند دهانه ای به جای استفاده از میکسر، آشکارسازهای توان بکار می رود. درنتیجه در این ساختار نیازی نیست که یک المان غیر خطی به اندازه ای تغذیه شود که حداکثر خاصیت غیر خطی که لازمه ترکیب فرکانسی در میکسر است، حاصل شود. به همین علت سطح سیگنال ***LO*** می تواند در حد سیگنال ورودی تقلیل یابد، بطوریکه در حالت معمول توان سیگنال ***LO*** در حد ۲۰dBm- تا ۱۰dBm- کفایت می کند. این مشخصه در چند دهانه ای ها باعث می شود که توان مصرفی گیرنده فوق العاده پایین باشد.

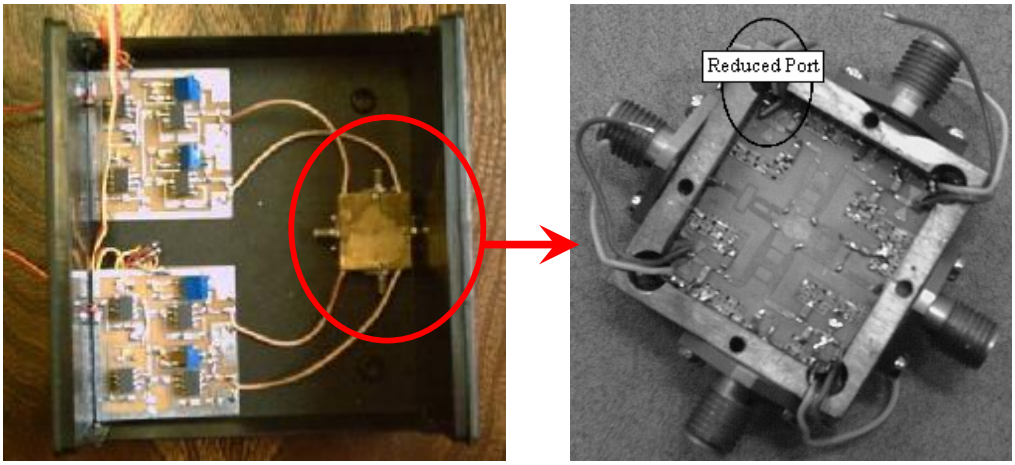
۳- با توجه به اینکه استخراج سیگنالهای ***IQ*** به کمک پردازش دیجیتالی انجام می شود، بسیاری از مشکلات ناشی از تبدیل مستقیم فرکانس، از جمله DC Offset، عدم توازن مسیرهای ***IQ*** و غیره با استفاده از پردازش دیجیتالی و بصورت نرم افزاری قابل حل است.

٤- با انجام روند دقیق کالیبراسیون می توان معادلات دمدولاسیون را متناوبا اصلاح نمود و برای حذف تاثیر تغییرات دما و دیگر عوامل متغیر مدار، پردازش دیجیتالی را به روز رساند.

٥- پسیو بودن ساختارهای چند دهانه ای نیز مزیت دیگری بر دیگر ساختارها محسوب می شود; زیرا فقدان المانهای اکتیو، طراحی را آسان می کند و از مشکلات پیاده سازی و هزینه مدار می کاهد[٤].

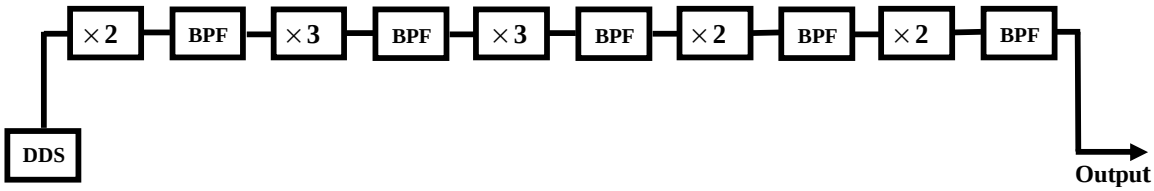
گیرنده پنج دهانه ای مورد نظر در شکل (۱-۳) نشان داده شده است[٤] از آنجاییکه این گیرنده در باند ۲٤~۲۹ GHz کار می کند به سیگنال LO در همین محدوده فرکانسی نیازمند می باشد. که در این پروژه هدف فراهم کردن این سیگنال می باشد. با توجه به نقش گسترده ضرب کننده های فرکانس در اکثر سیستمهای فرستنده و گیرنده مایکروویو که در قسمت مقدمه به آنها اشاره شد و

همچنین بهبود نویز فاز در این تحقیق بر آنیم که از ضرب کننده های مایکروویو برای بالا بردن فرکانس یک DDS استفاده کنیم.



شکل(۱-۳): چند دهانه ای مورد استفاده و مدارات الکتریکی استخراج کننده I وQ

در این پروژه از DDS ، *AD*9858 به عنوان فراهم کننده فرکانس مرجع ۳۳۰-٤۰۰ MHz استفاده کرده ایم و سپس به کمک تقویت سیگنال فیلتر کردن و ضرب سیگنال مذکور هارمونیک هفتاد و دوم آن را استخراج کرده ایم[۵] . شکل(۱-٤) نمایی کلی را از ساختار ۷۲ برابر کننده بدون تقویت کننده ها و فیلترهای اضافی نشان می دهد.



شکل(۱-۴): طرح کلی از قطار ضرب کننده فرکانس

در ساختار فوق فرکانس ورودی شامل سیگنال ۳۳۰-٤۰۰ MHz است و فرکانس سیگنال نهایی ۲٤-۲۹ GHz می باشد.

۱-۳ مروری بر ادبیات

در طول سالها روشهای مختلفی جهت طراحی ضرب کننده های فرکانس ارائه شده است. در سال ۱۹۸۸ روشی مطرح شد که در آن ضرب کننده اکتیو در مجاورت V_p (ولتاژ آستانه) ترانزیستور بایاس می شود[٦] . در این حالت با اعمال سیگنال AC ترانزیستور به حالت خاموش و روشن خواهد رفت. با تغییر دادن نقطه بایاس در اطراف V_p (ولتاژ آستانه) و همچنین تغییر دامنه سیگنال AC ورودی مدت زمان روشن بودن ترانزیستور متفاوت خواهد بود. این مدت زمان روشن بودن ترانزیستور یا زاویه هدایت، میزان برش جریان درین در خروجی ترانزیستور را تعیین خواهد کرد. با استفاده از سری فوریه میزان جریان خروجی درین در هر یک از هارمونیکها بر حسب زاویه هدایت دقیقا مشخص می شود و با توجه به این مساله نقطه بایاس بهینه و دامنه سیگنال AC بهینه دقیقا مشخص می شوند.

در سال ۱۹۹۸ Fudem و Niehenke [۷] روشی را مطرح کردند که در آن جریان درین از دو طرف برش بخورد. در این روش ترانزیستور PHEMT در وسط ولتاژ V_p (ولتاژ آستانه) ، و ولتاژ فوروارد، V_{fwd} بایاس می شود. وقتیکه دامنه سیگنال AC ورودی به حد کافی زیاد باشد در طرف پایین به وسیله V_p (خاموش شدن ترانزیستور) و در طرف بالا بوسیله V_{fwd} (اشباع شدن ترانزیستور $I_{ds} = I_{DSS}$) برش خواهد خورد و درنتیجه جریان سینوسی از دو طرف بریده خواهد شد.

در سال ۲۰۰۰ O. Ciardha [۸] یک روش عمومی جهت محاسبه هارمونیکهای خروجی درین برای نقطه بایاس دلخواه و دامنه دلخواه سیگنال AC ارائه کرد. این تکنیک هر دو روش برش یکطرفه و دوطرفه را شامل می شود. بقیه کارها بر ادامه کارهای بالا جهت بدست آوردن بار بهینه پایه ریزی شده اند. Camargo [۲] ضرب کننده فرکانس را با بار R_Lو فیلتر LC موازی در خروجی ارائه کرد

همچنین وی آنالیزی در مورد تغییرات بار R_L انجام داد و نتایج آن را بر روی ولتاژ و جریان خروجی مشاهده کرد،این روش بهینه ترین بار در خروجی را با توجه به جریان هارمونیک n ام ارائه می کند.

کار بر روی ضرب کننده ها نه تنها با در نظر گرفتن بار در خروجی در هارمونیک مطلوب بلکه با در نظر گرفتن بار در ورودی و خروجی در هارمونیکهای مختلف ادامه داده شد. Rauscher [۹] یک GaAs FET را در نزدیکی V_p بایاس کرد، در ورودی یک بار راکتیو متغییر در $2f_0$ و در خروجی یک بار متغییر راکتیو در f_0 قرار داد و این بارها جهت بدست آوردن ماکزیمم هارمونیک دوم در خروجی مورد پردازش قرار گرفتند.

Beaulieu [۱۰] از یک ترانزیستور HBT جهت طراحی و ساخت سه برابر کننده فرکانس بهره برد شبکه ورودی برای f_0 تطبیق داده شد علاوه بر اینکه ورودی با خاصیت پایین گذر بودن هارمونیکهای بالاتر را حذف می کرد و در خروجی تطبیق برای $3f_0$ صورت گرفت که با خاصیت بالاگذر بودن آن هارمونیک اول و دوم را از بین می برد.

Thomas [۱۱] [۱۲] تکنیکهای قبلی را وسعت داد و بطور جامع آن را بیان کرد. این تکنیک شامل چند بخش می باشد در قدم اول انتخاب یک المان با توجه به مشخصات آن بر اساس کارکرد و سپس انتخاب مدل دقیق آن. دوم انتخاب دقیق نقطه بایاس و توان ورودی بر اساس مدل و یا نتایج اندازه گیری. سوم بدست آوردن پاسخ شبکه های ورودی و خروجی در هارمونیکها، که این مساله شامل شبیه سازی دقیق مدل قطعه با مقادیر مختلف بار در ورودی و خروجی، و جدول بندی این مقادیر جهت بهینه کردن شبکه ورودی و خروجی است. همچنین استفاده از فیلترهای انعکاسی که بر

روی هارمونیکهای ناخواسته تاثیر می گذارد. و در قدم آخر بهینه سازی همزمان این دو شبکه بحث شده است.

در ادامه کار Colantonio [۱۳] با استفاده از مدل Materka برای MESFET در طراحی یک دوبرابر کننده که در نزدیکی V_p بایاس شده بود بصورت زیر عمل کرد. شبکه ورودی تطبیق امپدانس را برای هارمونیک اول انجام می داد در حالیکه در هارمونیک دوم یک بار متغییر راکتیو دیده می شد. از طرف دیگر شبکه خروجی تطبیق امپدانس را برای هارمونیک دوم انجام می داد در حالیکه در هارمونیک اول یک بار متغییر راکتیو این وظیفه را بر عهده داشت و این بارهای راکتیو برای ماکزیمم کردن گین هارمونیک دوم تغییر می کردند. در ادامه تاریخچه در مورد ساختارهای دیگر ضرب کننده های فرکانس صحبت می کنیم.

در سال ۱۹۹۵ Faber [۱٤] ایده استفاده از دیودهای پارالل و آنتی پارالل را جهت حذف هارمونیکهای فرد ویا زوج ارائه کرد. از طرف دیگر Deng [۱۵] استفاده از ساختار بالون را برای ضرب کننده های پهن باند مطرح کرد که توانست در خروجی دو برابر کننده فرکانس به ۲ تا ٤۰ گیگاهرتز هارمونیک دوم دسترسی پیدا کند. از دیگر ساختارهای مورد استفاده برای ضرب کننده ها ضرب کننده متوازن می باشد [٦] [۱٦] .

از دیگر ساختارهایی که امروزه در ضرب کننده های پهن باند مورد استقبال قرار گرفته است ساختار ترانزیستورهای توزیع شده هستند. بطور مثال استفاده از این ساختار به همراه یک تزویج کننده که اختلاف فاز ۱۸۰درجه را در دو بازوی آن بوجود می آورد مطرح شده است[۱۷] .

یکی دیگر از ساختارهای پهن باند ضرب متوالی فرکانس می باشد که ایده اصلی این پروژه می باشد وفرکانس ورودی ۷۲ برابر شده است. در نهایت ساختار ضرب کننده موج رونده در سال

۲۰۰۸ مطرح گردید که به عنوان آخرین ساختار مورد استفاده در ضرب کننده های پهن باند شناخته می شود[۱۸] [۱۹] .

۱-٤ نظم پایان نامه

این پایان نامه در پنج فصل تنظیم شده است. سعی بر آن شده که ترتیب فصول و مطالب آورده شده به نحوی باشد تا قبل از ارائه هر نتیجه، تئوری و مطالب آن توضیح داده شود. در فصل دوم روشهای تولید فرکانس و بررسی نویز در ساختار ضرب کننده ها نقطه آغازین پروژه محسوب می‌گردد.

پس از مقدماتی که در مورد کلیات کار گفته شد در فصل سوم به توضیح جامعی در مورد ضرب کننده های فعال و غیر فعال، انواع آنها، تحلیل هر یک و نکات مربوطه پرداخته می شود. همچنین بحث مفصلی در ارتباط با مدل ضرب کننده های ترانزیستوری مطرح گشته است. در ادامه تکنیک طراحی ضرب کننده های اکتیو معرفی گشته و سپس نحوه اعمال آن برضرب کننده های ترانزیستوری توضیح داده شده است.

فصل چهارم، به انواع ساختارهای ضرب کننده های پهن باند اختصاص یافته است و ساختار ضرب کننده موج رونده[۱] اولین بار به عنوان یک ساختار نوین همراه با تحلیل ریاضی آن معرفی شده است.

[۱] Traveling Wave Multiplier