



۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی برق

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک

عنوان:

**طراحی و شبیه‌سازی بخش آنالوگ مدار گیرنده رادیو
نرم‌افزاری برای کاربردهای مخابراتی**

توسط:

یاسین باستان

استاد راهنما:

دکتر حسین شمسی

تابستان ۱۳۹۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم

به روح پر فتوح پدر بزرگوارم

و با سپاس بیکران بر همدلی و همراهی مادر دلسوز و مهربانم

و برادر عزیزم

تأییدیه هیات داوران

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه آقای: یاسین باستان

را با عنوان: طراحی و شبیه‌سازی بخش آنالوگ مدار گیرنده رادیو نرم‌افزاری برای کاربردهای مخابراتی

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

امضاء	رتبه علمی	نام و نام خانوادگی	اعضای هیئت داوران
	استادیار	حسین شمسی	۱- استاد راهنما
	-	-	۲- استاد مشاور
	-	-	۳- استاد مشاور
	استادیار	محمد یاوری	۴- استاد ممتحن
	استادیار	سید آرش احمدی	۵- استاد ممتحن
	استادیار	سید آرش احمدی	۶- نماینده تحصیلات تکمیلی

اظهار نامه دانشجو

موضوع پایان نامه:

طراحی و شبیه‌سازی بخش آنالوگ مدار گیرنده رادیو نرم‌افزاری برای کاربردهای مخابراتی

استاد راهنما: دکتر حسین شمسی

نام دانشجو: یاسین باستان

شماره دانشجویی: ۹۰۰۱۲۶۴

اینجانب یاسین باستان دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق گرایش الکترونیک دانشکده برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان‌نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تایید می‌باشد و در موارد استفاده از کار دیگر محققان، به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب با فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایین نامه، چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱. حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می باشد. هر گونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه یا بخشی از آن، تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده برق دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی می باشد.
۲. کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.
۳. همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

تشکر و قدردانی

با تقدیر و تشکر شایسته از زحمات استاد محترم آقای دکتر حسین شمسی که در انجام این پایان‌نامه راهنمای اینجانب بوده‌اند.

باتشکر ویژه از آقای مهندس حبیب فاتحی و خانم مهندس سبیکه اسحق‌گرگی از اعضای محترم صایران که در انجام این پروژه کمال همکاری را با اینجانب داشته‌اند.

و باتشکر از تمامی دوستان و عزیزانم که در این امر مرا یاری نموده‌اند.

چکیده

مسیر تحولی و جایگزینی قطعات آنالوگ با دیجیتال، گیرنده‌های مخابراتی را نیز در بر گرفته است. با توجه به پیشرفت سریع تکنولوژی و ظهور بیشتر استانداردهای مخابرات سیار و همزیستی آن‌ها در سراسر جهان، یک گیرنده رادیویی چندحالتی قطعاً یک مزیت قابل توجه به حساب می‌آید. به همین دلیل در چندسال اخیر تحقیقات گسترده‌ای در زمینه طراحی و ساخت رادیوهای نرم‌افزاری صورت گرفته است. در این سیستم‌ها سعی شده است حتی المقدور از یک مبدل آنالوگ به دیجیتالی استفاده شود که سیگنال دریافتی را در زمانی که فرکانس سیگنال هنوز در باند RF قرار دارد یا به باند IF پایین آورده شده است، به دیجیتال تبدیل کند. هدف از این پایان‌نامه طراحی سیستمی بخش آنالوگ و رادیویی یک گیرنده خودرویی در باند فرکانسی 2MHz~2GHz است. این گیرنده شامل پهنای کانال‌های 2.5kHz/12.5kHz/25kHz/100kHz/150kHz/2MHz/8MHz و مدولاسیون‌های SSB/FM/AM/FSK/QPSK در محدوده‌ی فرکانس عملکردی خود است. برای بخش جلویی این گیرنده ساختار سوپرهترودین با دو فرکانس میانی به کار گرفته شده است. برای این که فرکانس تصویر به اندازه کافی خارج باند باشد، در IF اول عمل بالابردن انجام می‌شود که مقدار فرکانس میانی اول برابر 2560MHz است. در IF دوم عمل پایین‌آوردن انجام می‌شود که مقدار فرکانس آن برابر 45MHz می‌باشد، که سیگنال IF دوم به یک مبدل آنالوگ به دیجیتال با دقت 16 بیت و فرکانس نمونه‌برداری 250MSPS داده شده است. بخش جلویی این گیرنده شامل فیلتر پایین‌گذر ورودی، یک تقویت‌کننده کم‌نویز در طبقه RF ورودی، دو میکسر برای تولید فرکانس‌های IF مورد نیاز، تقویت‌کننده‌های میانی و فیلترهای طبقات میانی است. علاوه بر این از یک VGA با بهره‌ی متغییری به میزان -29/45dB الی 30dB قبل از مبدل آنالوگ به دیجیتال برای کنترل بهره‌ی مسیر دریافت استفاده شده است. با شبیه‌سازی گیرنده و تحلیل سیستمی آن در محیط نرم‌افزار ADS، مقدار عدد نویز گیرنده 6/5dB به دست آمده است و از این رو حساسیت آن برای پهنای کانال موثر 15kHz در مدولاسیون FM، برابر 118/5dBm- در SINAD=12dB است. همچنین مقدار IIP3 گیرنده برابر 1/3dBm شده است.

کلمات کلیدی: گیرنده، رادیو نرم‌افزاری، سوپرهترودین، حساسیت، عدد نویز

فهرست مطالب

و	چکیده
ک	فهرست شکل‌ها
س	فهرست جدول‌ها

فصل ۱- ملاحظات کلی

۱	۱-۱- مقدمه و تعریف موضوع
۳	۲-۱- انتخاب کانال و انتخاب باند
۵	۳-۱- گستره دینامیکی سیگنال‌ها

فصل ۲- معماری‌های گیرنده و رادیو نرم‌افزاری

۸	۱-۲- مقدمه
۸	۲-۲- معماری‌های گیرنده
۸	۱-۲-۲- گیرنده هترودین
۱۰	۱-۲-۲-۱- مسأله تصویر
۱۲	۲-۲-۲-۱- مزایای گیرنده هترودین
۱۳	۳-۲-۲-۱- معایب گیرنده هترودین
۱۳	۲-۲-۲-۲- گیرنده سوپرهترودین فرکانس میانی دوگانه
۱۴	۱-۲-۲-۲- اجزای گیرنده سوپرهترودین با فرکانس میانی دوگانه
۲۰	۳-۲-۲-۳- گیرنده تبدیل مستقیم
۲۲	۱-۳-۲-۲- مزایای گیرنده تبدیل مستقیم
۲۲	۲-۳-۲-۲- معایب گیرنده تبدیل مستقیم
۲۲	۴-۲-۲- گیرنده‌های حذف تصویر
۲۳	۱-۴-۲-۲- انتقال فاز 90°
۲۴	۲-۴-۲-۲- معماری هارتلی
۲۵	۳-۴-۲-۲- معماری ویور
۲۷	۵-۲-۲- گیرنده‌های IF پایین
۲۹	۱-۵-۲-۲- پایین‌آوردن متعامد دوگانه
۲۹	۲-۵-۲-۲- مزایای گیرنده IF پایین
۳۰	۳-۵-۲-۲- معایب گیرنده IF پایین
۳۰	۶-۲-۲- گیرنده IF باند وسیع
۳۱	۷-۲-۲- گیرنده‌های زیر نمونه‌بردار
۳۳	۳-۲-۳- گیرنده رادیو نرم‌افزاری
۳۷	۱-۳-۲- ساختارهای گیرنده RF چنداستاندارده
۳۸	۲-۳-۲- روش‌های پیاده‌سازی بخش جلویی RF چنداستاندارده
۴۰	۳-۳-۲- گیرنده با نمونه‌برداری از IF

۴۲	۱-۳-۳-۲- گیرنده‌های نمونه برداری IF باندباریک:
۴۳	۲-۳-۳-۲- گیرنده های دیجیتال IF-sampling پهن باند :
۴۳	۳-۳-۳-۲- مزایا نمونه برداری IF:
۴۴	۴-۳-۳-۲- معایب نمونه برداری IF:
۴۴	۴-۳-۲- گیرنده با نمونه برداری از RF
۴۴	۱-۴-۳-۲- مزایا:
۴۴	۲-۴-۳-۲- معایب:
۴۴	۵-۳-۲- مزایای رادیو نرم افزاری:
۴۵	۶-۳-۲- مشکلات عملی در گیرنده های نرم افزاری ایده آل:
۴۵	۴-۲- مطالعه موردی
۴۵	۱-۴-۲- گیرنده چندحالتی مناسب برای استانداردهای GSM، DCS، PCS و WCDMA
	۲-۴-۲- فرستنده-گیرندهی WLAN مجتمع باند دوگانه و چندحالتی مناسب برای استانداردهای IEEE 802.11a/b/g
۴۷	
۴۸	۳-۴-۲- فرستنده-گیرنده مجتمع 2.4GHz مناسب برای استاندارد IEEE 802.15.4
۴۹	۴-۴-۲- فرستنده-گیرنده مجتمع با معماری IF پایین بر اساس استاندارد IEEE 802.15.4
۵۱	۵-۴-۲- گیرنده ی FM موتورولا

۵۳ فصل ۳- پارامترهای گیرنده

۵۳	۱-۳- حساسیت گیرنده
۵۴	۱-۱-۳- محاسبه عدد نویز گیرنده
۵۶	۲-۳- قابلیت انتخاب گیرنده
۵۷	۱-۲-۳- نویز فاز
۵۹	۲-۲-۳- سیگنالهای ناخواسته تقویت شده نوسان ساز محلی (SPRS)
۶۰	۳-۲-۳- حذف فیلتر IF یا باند پایه (IFR)
۶۰	۴-۲-۳- حذف کانال خودی
۶۱	۳-۳- پارامترهای غیرخطی
۶۲	۱-۳-۳- فشردگی بهره
۶۴	۱-۱-۳-۳- محدوده‌ی دینامیکی
۶۴	۲-۳-۳- اعوجاج اینترمدولاسیون
۶۷	۱-۲-۳-۳- نقطه‌ی برخورد گیرنده
۶۸	۱-۱-۲-۳-۳- نقطه برخورد مرتبه‌ی دوم
۶۹	۲-۱-۲-۳-۳- نقطه برخورد مرتبه‌ی سوم
۷۲	۲-۲-۳-۳- حذف اینترمدولاسیون
۷۳	۳-۲-۳-۳- گستره دینامیکی تمیز تک‌تن
۷۴	۴-۲-۳-۳- گستره دینامیکی تمیز دو تن
۷۴	۳-۳-۳- پاسخهای ناخواسته گیرنده
۷۵	۱-۳-۳-۳- فرکانس تصویر

۷۶	..... حذف فرکانس تصویر	۱-۱-۳-۳-۳
۷۷	.....IF نصف	۲-۳-۳-۳
۷۸	.....IF نصف	۱-۲-۳-۳-۳
۷۹	.....IF	۳-۳-۳-۳
۷۹	..... اسپورهای مرتبه بالا	۴-۳-۳-۳
۸۰	..... اسپورهای (1,n)	۵-۳-۳-۳
۸۰	..... اسپورهای LO	۶-۳-۳-۳
۸۱	..... مدولاسیون متقابل	۷-۳-۳-۳
۸۲	..... حساسیت زدایی یا بلاکینگ	۸-۳-۳-۳
۸۲	..... محاسبه بلاکینگ	۱-۸-۳-۳-۳

۸۴ فصل ۴- طراحی سیستمی گیرنده

۸۴	..... هدف پروژه و مشخصات طراحی	۱-۴
۸۵	..... طراحی گیرنده	۲-۴
۸۵	..... مرحله اول: انتخاب ساختار گیرنده	۱-۲-۴
۸۷	..... مرحله دوم: تعیین فرکانسهای میانی	۲-۲-۴
۸۸	..... فرکانس میانی اول:	۱-۲-۲-۴
۸۸	..... فرکانس میانی دوم:	۲-۲-۲-۴
۸۹	..... تحلیل فرکانسهای ناخواسته	۳-۲-۲-۴
۹۱	..... حذف فرکانسهای تصویر اول، IF/2 و 3IF/2	۴-۲-۲-۴
۹۲	..... حذف فرکانسهای تصویر دوم و سوم	۵-۲-۲-۴
۹۳	..... حذف فرکانس میانی	۶-۲-۲-۴
۹۳	..... مرحله سوم: انتخاب سینتی‌سایزر بر اساس ملاحظات انتخابگری و بلاکینگ	۳-۲-۴
۹۳	..... ملاحظات انتخابگری	۱-۳-۲-۴
۹۵	..... ملاحظات بلاکینگ	۲-۳-۲-۴
۹۷	..... انتخاب سینتی‌سایزرها	۳-۳-۲-۴
۹۹	..... نتایج مربوط به انتخابگری و بلاکینگ با قراردادن مشخصات قطعات انتخابی	۴-۳-۲-۴
۹۹	..... نتایج انتخابگری	۱-۴-۳-۲-۴
۱۰۰	..... نتایج بلاکینگ	۲-۴-۳-۲-۴
۱۰۱	..... مرحله چهارم: محاسبه عدد نویز گیرنده	۴-۲-۴
۱۰۳	..... محاسبه بهره بهینه RF به IF	۵-۲-۴
۱۰۳	..... روش اول: محاسبه مشخصات مورد نیاز ADC از روی نویز ورودی ADC	۱-۵-۲-۴
۱۰۵	..... روش دوم: محاسبه بهره مورد نیاز گیرنده از روی ADC مشخص	۲-۵-۲-۴
۱۰۷	..... محاسبه بهره بهینه RF به IF در این پروژه	۳-۵-۲-۴
۱۰۸	..... کنترل بهره اتوماتیک	۴-۵-۴-۴
۱۰۹	..... انتخاب قطعات	۵-۵-۴-۴

۱۱۳	فصل ۵- شبیه‌سازی سیستمی گیرنده
۱۱۳	۵-۱- شبیه‌سازی هارمونیک گیرنده
۱۱۶	۵-۱-۱- تحلیل فرکانس تصویر
۱۱۷	۵-۱-۲- تحلیل بلاکینگ
۱۱۸	۵-۱-۳- تست دو تُن
۱۱۹	۵-۲- شبیه‌سازی سیستمی گیرنده
۱۲۱	۵-۲-۱- محاسبه سیگنال به نویز گیرنده
۱۲۲	۵-۲-۲- محاسبه مشخصات گیرنده در طول مسیر
۱۲۴	نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۱۲۴	پیشنهادات برای تحقیقات بعدی
۱۲۶	ضمیمه أ. فرکانس‌های تصویر در گیرنده
۱۳۰	ضمیمه ب. محاسبه بهره بهینه RF به IF
۱۳۳	ضمیمه ج. کدنویسی محاسبه عدد نویز و بهره‌ی کلی سیستم
۱۳۴	ضمیمه د. مشخصات و دیتاشیت قطعات انتخابی گیرنده
۱۵۰	واژه نامه فارسی به انگلیسی
۱۵۱	واژه نامه انگلیسی به فارسی
۱۵۲	اختصارات
۱۵۳	مراجع

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱ (الف) بخش‌های جلویی فرستنده، (ب) و گیرنده‌ی یک واحد بی سیم [۱] ۲
- شکل ۲-۱ مقدار حذف لازم برای فیلتر میان گذر فرضی در بخش جلویی گیرنده [۱] ۲
- شکل ۳-۱ انتخاب باندها در بخش جلویی گیرنده [۲] ۴
- شکل ۴-۱ مشخصه دوپلکسر [۱] ۴
- شکل ۵-۱ اثر خاصیت غیر خطی روی بخش جلویی [۱] ۵
- شکل ۶-۱ نشت TX در یک گیرنده CDMA [۲] ۶
- شکل ۷-۱ استفاده از BPF قبل از LNA جهت حذف نشتی TX [۲] ۶
- شکل ۱-۲ (الف) پایین‌آوردن فرکانس به کمک میکسر، (ب) طیف حاصل، (پ) اضافه کردن LNA برای کاهش نویز [۲] ۹
- شکل ۲-۲ معماری گیرنده هترودین ۱۰
- شکل ۳-۲ مساله‌ی تصویر در گیرنده هترودین [۱] ۱۰
- شکل ۴-۲ حذف تصویر با فیلتر [۱] ۱۱
- شکل ۵-۲ مصالحه بین حذف تصویر و انتخاب کانال در (الف) IF پایین، (ب) IF بالا [۱] ۱۱
- شکل ۶-۲ گیرنده هترودین با IF دوگانه [۲] ۱۴
- شکل ۷-۲ اجزای گیرنده سوپرهترودین با IF دوگانه ۱۵
- شکل ۸-۲ گیرنده‌ی تبدیل مستقیم [۲] ۲۱
- شکل ۹-۲ اختلاف فاز 90° (الف) در حوزه‌ی زمان (ب) در حوزه‌ی فرکانس [۱] ۲۳
- شکل ۱۰-۲ (الف) شبکه انتقال فاز 90° (ب) پاسخ فرکانسی شبکه [۱] ۲۴
- شکل ۱۱-۲ گیرنده‌ی حذف تصویر هارتلی [۲] ۲۵
- شکل ۱۲-۲ روند حذف تصویر در معماری هارتلی [۲] ۲۵
- شکل ۱۳-۲ گیرنده حذف تصویر ویور [۱] ۲۶
- شکل ۱۴-۲ روند حذف تصویر در معماری ویور [۱] ۲۶
- شکل ۱۵-۲ مساله تصویر ثانوی در معماری ویور [۱] ۲۷
- شکل ۱۶-۲ جدا کردن فاز متعامد در مسیر RF در گیرنده هارتلی [۱] ۲۸
- شکل ۱۷-۲ IF پایین با پایین‌آوردن متعامد دوگانه [۲] ۲۹
- شکل ۱۸-۲ ساختار یک گیرنده زیر نمونه‌بردار [۱۶] ۳۲
- شکل ۱۹-۲ گیرنده و فرستنده رادیو نرم‌افزار متداول [۲۱] ۳۵
- شکل ۲۰-۲ ساختار یک گیرنده رادیو نرم‌افزار نوعی ۳۶
- شکل ۲۱-۲ کاهش نرخ با استفاده از فیلتر FIR [۲۴] ۳۶
- شکل ۲۲-۲ روش بخش جلویی RF موازی ۳۸
- شکل ۲۳-۲ روش میکسر قابل پیکربندی مجدد ۳۹

- شکل ۲۴-۲ روش میکسر قابل پیکربندی مجدد موازی..... ۳۹
- شکل ۲۵-۲ روش بخش جلویی RF تک مسیر..... ۴۰
- شکل ۲۶-۲ گیرنده با نمونه برداری از IF..... ۴۱
- شکل ۲۷-۲ سیگنالینگ گیرنده شکل ۲۶-۲..... ۴۱
- شکل ۲۸-۲ گیرنده باند باریک و پهن باند [۲۱]..... ۴۳
- شکل ۲۹-۲ بلوک دیاگرام گیرنده‌ی GSM/DCS/PCS/WCDMA [۴۳]..... ۴۶
- شکل ۳۰-۲ بلوک دیاگرام فرستنده-گیرنده‌ی IEEE 802.11a/b/g [۴۳]..... ۴۷
- شکل ۳۱-۲ بلوک دیاگرام فرستنده-گیرنده‌ی IEEE 802.15.4 [۴۴]..... ۴۸
- شکل ۳۲-۲ گیرنده‌ی IF پایین و فرستنده‌ی تبدیل مستقیم برای استاندارد IEEE 802.15.4 [۴۶]... ۵۰
- شکل ۳۳-۲ معماری ساده شده‌ی گیرنده MC3362 [۱]..... ۵۲
- شکل ۱-۳ نمایش عدد نويز..... ۵۴
- شکل ۲-۳ مثالی از دو طبقه با اتصال سری..... ۵۵
- شکل ۳-۳ طیف سیگنال LO [۶]..... ۵۷
- شکل ۴-۳ عمل میکس شدن (الف) LO ایده‌آل ، (ب) تاثیر نويز فاز LO [۵۳]..... ۵۸
- شکل ۵-۳ طیف خروجی پس از عبور از فیلتر کریستالی..... ۵۹
- شکل ۶-۳ اثر وجود اسپور در طیف LO..... ۶۰
- شکل ۷-۳ نمایش یک سیستم غیرخطی..... ۶۱
- شکل ۸-۳ نمودار اشباع توان و نقطه فشردگی 1-dB..... ۶۳
- شکل ۹-۳ رنج دینامیکی [۵۰]..... ۶۴
- شکل ۱۰-۳ طیف فرکانسی برای پدیده اینترمدولاسیون..... ۶۶
- شکل ۱۱-۳ (الف) اینترمدولاسیون در یک سیستم غیرخطی، (ب) تخریب سیگنال در اثر اینترمدولاسیون بین دو تداخل کننده [۱]..... ۶۷
- شکل ۱۲-۳ نقطه‌ی برخورد گیرنده..... ۶۷
- شکل ۱۳-۳ مثالی از محاسبه‌ی IP2 یک سیستم [۶]..... ۶۹
- شکل ۱۴-۳ نمایش نقطه برخورد مرتبه‌ی سوم برای عنصر غیرخطی..... ۷۰
- شکل ۱۵-۳ نقطه برخورد مرتبه‌ی سوم..... ۷۰
- شکل ۱۶-۳ مثالی از محاسبه‌ی IP2 یک سیستم [۶]..... ۷۲
- شکل ۱۷-۳ SFDR تک تُن..... ۷۴
- شکل ۱۸-۳ پاسخ‌های ناخواسته گیرنده [۶]..... ۷۵
- شکل ۱۹-۳ انتقال باند تصویر به باند IF [۵۶]..... ۷۶
- شکل ۲۰-۳ مشکل نصف IF [۱]..... ۷۸
- شکل ۲۱-۳ اسپورهای LO [۵۵]..... ۸۱
- شکل ۱-۴ شماتیک کلی گیرنده برای تعیین فرکانس‌های IF..... ۸۸

- شکل ۴-۲ (الف) چگونگی تولید فرکانس 'Image' ، (ب) ملاحظات 'Image' و IF دوم..... ۸۹
- شکل ۴-۳ محدوده فرکانس‌های ناخواسته در ورودی طبقه RF ۹۱
- شکل ۴-۴ بلوک دیاگرام طبقه RF ۹۱
- شکل ۴-۵ بلوک دیاگرام طبقه IF اول ۹۲
- شکل ۴-۶ الزامات حساسیت گیرنده AMPS ۱۰۴
- شکل ۴-۷ محدوده عملکرد ورودی ADC ۱۰۹
- شکل ۴-۸ بلوک دیاگرام طبقه IF دوم ۱۱۱
- شکل ۴-۹ بلوک دیاگرام گیرنده طراحی شده ۱۱۲
- شکل ۵-۱ شبیه سازی گیرنده طراحی شده در ADS ۱۱۳
- شکل ۵-۲ طیف توان خروجی بلوک‌های گیرنده برای ورودی در سطح حساسیت ۱۱۵
- شکل ۵-۳ طیف توان ورودی و خروجی گیرنده برای ورودی در سطح P_{1dB} ۱۱۶
- شکل ۵-۴ طیف توان ورودی و خروجی گیرنده در حالت وجود تصویر ۱۱۷
- شکل ۵-۵ طیف توان ورودی و خروجی گیرنده در حالت بلاکینگ ۱۱۸
- شکل ۵-۶ طیف توان ورودی و خروجی گیرنده در حالت تست دو تن ۱۱۹
- شکل ۵-۷ مدار شبیه‌سازی سیستمی گیرنده در ADS ۱۲۰
- شکل ۵-۸ سیگنال به نویز گیرنده در مسیر دریافت ۱۲۱
- شکل ۵-۹ تاثیر بلوک‌های مسیر دریافت روی عدد نویز گیرنده ۱۲۲
- شکل ۵-۱۰ تاثیر بلوک‌های مسیر دریافت روی $IIP3$ گیرنده ۱۲۳
- شکل ۵-۱۱ تاثیر بلوک‌های مسیر دریافت روی بهره‌ی گیرنده ۱۲۳
- شکل ا-۱ فرکانس‌های تصویر در گیرنده‌های با دو فرکانس میانی ۱۲۶
- شکل ا-۲ فرکانس‌های تصویر در گیرنده‌های با سه فرکانس میانی ۱۲۸
- شکل ب-۱ نویز ADC و نویز حرارتی تقویت شده ۱۳۰
- شکل ب-۲ تعیین عدد نویز موثر ADC ۱۳۱
- شکل ب-۳ تقریب Over Gain ۱۳۲
- شکل د-۱ صفحه اول دیتاشیت قطعه‌ی RLM-33-2W+ ۱۳۴
- شکل د-۲ صفحه اول دیتاشیت الف) قطعه‌ی SCLF-8، ب) قطعه‌ی KR 2297-7 ۱۳۶
- شکل د-۳ صفحه اول دیتاشیت قطعه‌ی ERA-8SM+ ۱۳۷
- شکل د-۴ صفحه اول دیتاشیت قطعه‌ی T3-05 ۱۳۸
- شکل د-۵ صفحه اول دیتاشیت الف) قطعه‌ی HMC837LP6CE ، ب) قطعه‌ی HSM4001 ۱۴۰
- شکل د-۶ صفحه اول دیتاشیت قطعه‌ی 880157 ۱۴۱
- شکل د-۷ صفحه اول دیتاشیت قطعه‌ی SKY67151-396LF ۱۴۲
- شکل د-۸ صفحه اول دیتاشیت قطعه‌ی HMC689LP4 ۱۴۳
- شکل د-۹ صفحه اول دیتاشیت قطعه‌ی L2LS ۱۴۴

- شکل د-۱۰ صفحه اول دیتاشیت قطعه‌ی ADL5536..... ۱۴۵
- شکل د-۱۱ صفحه اول دیتاشیت الف) قطعه‌ی QF 45.0-20000/04، ب) قطعه‌ی KR 2435-45..... ۱۴۷
- شکل د-۱۲ صفحه اول دیتاشیت قطعه‌ی AD8325..... ۱۴۸
- شکل د-۱۳ صفحه اول دیتاشیت قطعه‌ی AD9467..... ۱۴۹

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۲	پارامترهای مهم میکسر	۱۷
جدول ۲-۲	خلاصه‌ی عملکرد گیرنده‌ی GSM/DCS/PCS/WCDMA	۴۶
جدول ۳-۲	خلاصه‌ی عملکرد فرستنده-گیرنده‌ی IEEE 802.11a/b/g	۴۸
جدول ۴-۲	خلاصه‌ی عملکرد فرستنده-گیرنده‌ی IEEE 802.11.4	۴۹
جدول ۵-۲	خلاصه‌ی عملکرد فرستنده-گیرنده‌ی مجتمع IF پایین برای IEEE 802.11.4	۵۱
جدول ۱-۴	مشخصات طراحی	۸۵
جدول ۲-۴	مقادیر فرکانس‌های مسیر گیرنده	۹۰
جدول ۳-۴	مقادیر مورد نیاز پارامترهای انتخابگری برای $CR=۸$	۹۵
جدول ۴-۴	مقادیر مورد نیاز پارامترهای انتخابگری برای $CR=۱۴$	۹۵
جدول ۵-۴	مقادیر مورد نیاز پارامترهای بلاکینگ برای $CR=۸$	۹۶
جدول ۶-۴	مقادیر مورد نیاز پارامترهای بلاکینگ برای $CR=۱۴$	۹۷
جدول ۷-۴	مقدار انتخابگری به دست آمده برای $CR=۸$	۱۰۰
جدول ۸-۴	مقدار انتخابگری به دست آمده برای $CR=۱۴$	۱۰۰
جدول ۹-۴	مقدار بلاکینگ به دست آمده برای $CR=۸$	۱۰۱
جدول ۱۰-۴	مقدار بلاکینگ به دست آمده برای $CR=۱۴$	۱۰۱
جدول ۱۱-۴	سناریوی عملکرد AGC	۱۱۱
جدول ۱-۵	مشخصات گیرنده حاصل از شبیه‌سازی سیستمی	۱۲۰
جدول ۲-۵	مشخصات سیگنال به نویز گیرنده در مسیر دریافت	۱۲۱
جدول ۳-۵	تاثیر بلوک‌های مسیر دریافت روی مشخصات کلی گیرنده	۱۲۲
جدول ۱-أ	فرکانس‌های تصویر گیرنده‌های با یک فرکانس میانی	۱۲۶
جدول ۲-أ	فرکانس‌های تصویر گیرنده‌های با دو فرکانس میانی	۱۲۶
جدول ۳-أ	فرکانس‌های تصویر گیرنده‌های با سه فرکانس میانی	۱۲۷
جدول ۱-ب	کاهش SNR در اثر نویز ADC	۱۳۲
جدول ۱-د	خلاصه‌ی مشخصات محدودکننده‌ی ورودی	۱۳۴
جدول ۲-د	خلاصه‌ی مشخصات فیلترهای پایین‌گذر ورودی	۱۳۵
جدول ۳-د	خلاصه‌ی مشخصات تقویت‌کننده کم‌نویز	۱۳۷
جدول ۴-د	خلاصه‌ی مشخصات میکسر اول	۱۳۸
جدول ۵-د	خلاصه‌ی مشخصات قطعات سنتزکننده فرکانسی اول	۱۳۹
جدول ۶-د	خلاصه‌ی مشخصات فیلتر طبقه‌ی میانی اول	۱۴۱
جدول ۷-د	خلاصه‌ی مشخصات تقویت‌کننده میانی اول	۱۴۲

- جدول د-۸ خلاصه‌ی مشخصات میکسر دوم ۱۴۳
- جدول د-۹ خلاصه‌ی مشخصات قطعات سنتزکننده فرکانسی دوم ۱۴۴
- جدول د-۱۰ خلاصه‌ی مشخصات تقویت‌کننده میانی دوم ۱۴۵
- جدول د-۱۱ خلاصه‌ی مشخصات فیلترهای میان‌گذر طبقه میانی دوم ۱۴۶
- جدول د-۱۲ خلاصه‌ی مشخصات تقویت‌کننده بهره متغییر ۱۴۸
- جدول د-۱۳ خلاصه‌ی مشخصات مبدل آنالوگ به دیجیتال ۱۴۹

فصل ۱ - ملاحظات کلی

۱-۱- مقدمه و تعریف موضوع

پیشرفت زیاد در طراحی و ساختار فرستنده‌ها و گیرنده‌ها، باعث ایجاد تغییرات سریع در آن‌ها شده است. پیچیدگی، قیمت، توان مصرفی و تعداد عناصر خارجی، عوامل مهم در انتخاب معماری فرستنده-گیرنده هستند. ولی با پیشرفت تکنولوژی در فناوری ساخت IC، اهمیت هر کدام از این پارامترها تغییر می‌کند و روش‌هایی که زمانی غیر عملی به نظر می‌رسیدند، تبدیل به راه حل مناسب می‌شوند.

یک ارتباط رادیویی بی‌سیم، از سه بخش اصلی تشکیل می‌شود. فرستنده، گیرنده و کانال. فرستنده اطلاعات خام را به سیگنال قابل ارسال در کانال تبدیل کرده و آن را ارسال می‌کند. سیگنال پس از عبور از کانال توسط گیرنده دریافت و آشکار می‌شود. در واقع وظیفه اصلی یک گیرنده این است که سیگنال مطلوب را دریافت و با افزودن کمترین مقدار اعوجاج آشکار کند و سیگنال‌های مزاحم را به اندازه کافی حذف کند، تا بتواند اطلاعاتی را که توسط فرستنده ارسال شده استخراج کند.

محیط مخابرات بی‌سیم، به ویژه در مناطق شهری را اغلب محیط نامساعد^۱ می‌نامند، زیرا محدودیت‌های شدیدی در طراحی فرستنده-گیرنده ایجاد می‌کند [۱].

شاید مهمترین محدودیت، پهنای باند محدودی باشد که به هر کاربر تخصیص داده می‌شود (برای مثال ۳۰kHz در IS-54 و ۲۰۰kHz در GSM). طبق قضیه‌ی شانون^۲ که بیانگر نرخ اطلاعات دست یافتنی از یک کانال مخابراتی است (رابطه (۱-۱))، این به معنی آهنگ محدود ارسال اطلاعات می‌باشد که استفاده از روش‌های پیچیده‌ای مثل رمزگذاری^۳، فشرده‌سازی^۴ و مدولاسیون‌های بهینه از نظر پهنای باند را ایجاب می‌کند، حتی برای سیگنال صحبت [۲].

$$(1-1) \quad \text{نرخ اطلاعات دست یافتنی} = B \cdot \log_2(1 + \text{SNR})$$

که در آن B پهنای باند و SNR^۵ نسبت سیگنال به نویز می‌باشند.

^۱ Hostile

^۲ Shannon's theorem

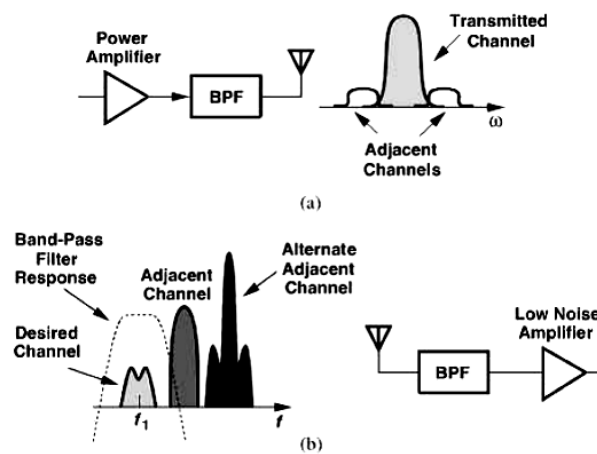
^۳ Coding

^۴ Compression

^۵ Signal-To-Noise Ratio

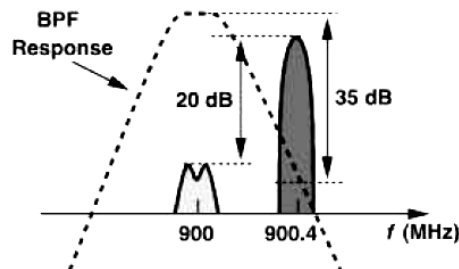
پهنای باند باریکی که به هر کاربر اختصاص داده شده است روی طراحی بخش RF هم تأثیر می‌گذارد. مطابق شکل ۱-۱، فرستنده باید برای جلوگیری از نشت به کانال‌های مجاور از مدولاسیون باند باریک، تقویت و فیلترسازی استفاده کند و گیرنده هم باید بتواند کانال مطلوب را پردازش کند و تداخل‌کننده‌های مجاور را به اندازه‌ی کافی حذف کند.

با اضافه کردن طبقات پشت‌هم خاصیت غیرخطی و نویز هر دو افزایش می‌یابند (بطور خاص، خطی بودن یک گیرنده باید به اندازه کافی بالا باشد تا تداخل‌کننده‌ها را بدون فشرده‌سازی و اینترمدولاسیون قابل توجه تطبیق دهد).



شکل ۱-۱ (الف) بخش‌های جلویی فرستنده، (ب) و گیرنده‌ی یک واحد بی سیم [۱]

شاید تصور بر این باشد که به سادگی می‌توان تداخل‌کننده‌ها را فیلتر کرد تا از ملزومات خطی بودن گیرنده آسوده باشیم، اما دو نکته حائز اهمیت در اینجا وجود دارد. اول اینکه، از آنجائیکه یک تداخل‌کننده ممکن است تنها در یک یا دو کانال دورتر از سیگنال مطلوب رخ دهد (شکل ۱-۲)، فیلتر می‌بایست انتخاب‌گری^۱ خیلی بالایی را فراهم کند (یعنی Q بالا).



شکل ۱-۲ مقدار حذف لازم برای فیلتر میان‌گذر فرضی در بخش جلویی گیرنده [۱]

^۱ Selectivity