دانشگاه تبریز

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

گروه الکترونیک

پایان نامه

برای دریافت درجه دکتری در رشته مهندسی برق

عنوان

طراحی قسمت رادیویی وفق‌پذیر برای یک گیرنده چنداستاندارد و مالتی‌مد

استاد راهنما

دکتر ضیاء الدین دائی کوزه کنانی

استادان مشاور

دکتر علی فتوت

دکتر جعفر صبحی

پژوهشگر

غلامرضا زارع فتین

شهریور ۱۳۸۹

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به پدر و مادرم،

خواهران مهربانم

و

برادران عزیزم

تقدیر و تشکر

بایستی در ابتدا تشکر و قدردانی خویش را نسبت به استاد راهنمای اینجانب آقای دکتر ضیاالدین دائی کوزه کنانی بیان کنم که در طی انجام این پایان‌نامه هم از نظر علمی و هم در رفع موانع موجود در مسیر انجام پایان‌نامه، حمایت کامل را از اینجانب به عمل آوردند. ایشان نه تنها استاد راهنمای علمی بلکه استاد راهنمای اخلاقی بنده نیز بودند.

تشکر می‌کنم از استاد مشاور پایان نامه آقای دکتر علی فتوت که بنده درس RFIC را در کلاس ایشان آموختم و افتخار شاگردی ایشان را داشتم. جلسات مشاوره ایشان راه‌گشای بنده در مسیر انجام پایان نامه بودند. همچنین تشکر می‌کنم از دکتر جعفر صبحی که با تجربه‌ای که در زمینه طراحی و اندازه‌گیری مدارات مجتمع آنالوگ دارد، راه‌گشای بنده در انجام پایان نامه بودند.

بایستی تشکر کنم از آقای دکتر رضا یدی پور که بعنوان دوست و مدیر گروه الکترونیک لطف و حمایتهایشان گره گشای مسائل بنده بود.

همچنین بایستی تشکر کنم از دوستان عزیزم آقایان دکتر هادی نیری، محمدعلی محمدی، اسلام قره شعبانی، محمد شهریاری، سعید شجاعی، جعفر برهانیان، سوران حسنی فرد، و محمدرضا کرمی که لحظات خوش و خاطره انگیزی را با هم دیگر در خوابگاه و گشت گذارهایمان طی این دوره دکتری گذراندیم.

دوستان من در دانشکده، آقایان سعید خدیور، مهدی رباطی، عبدالله علیزاده، محمود سعداللهی، ناصر نصیرزاده، پیمان علی پرست، موسی یوسفی، کاوه قره باغی، رضا موحد، حمید جنگی، علی یزدان پناه و دکتر کریم عباسیان که همراهی ایشان در سلف دانشکده در مواقع صرف ناهار، هم صحبتی و همراهیشان در برگشتهای شبانه در مسیر دانشکده به خوابگاه، جزء لحظات خاطره انگیز من بوده است.

در نهایت بایستی تشکر کنم از خانواده‌ام، پدر و مادرم به خاطر حمایتهای صادقانه شان در طی این دوره نسبتا طولانی دکتری مثل تمام دوران زندگیم، خواهران مهربانم به خاطر محبتهای بی اندازه‌شان، و برادران عزیزم به خاطر کمکهایشان. به پایان رسانیدن دوره دکتری و تحصیلات من، بدون کمکها و حمایتهای خانواده‌ام امکان پذیر نبود.

نام خانوادگی دانشجو: زارع فتین **نام:** غلامرضا

عنوان پایان نامه: طراحی قسمت رادیویی وفق‌پذیر برای یک گیرنده چنداستاندارد و مالتی‌مد

استاد راهنما: دکتر ضیاء الدین دائی کوزه کنانی

استادان مشاور: دکتر علی فتوت - دکتر جعفر صبحی

مقطع تحصیلی: دکتری **رشته:** مهندسی برق **گرایش:** الکترونیک **دانشگاه:** تبریز

دانشکده: مهندسی برق و کامپیوتر **تاریخ فارغ‌التحصیلی:** ۱۳۸۹/۶/۲۴ **تعداد صفحه:** ۱۵۴

کلید واژه‌ها: گیرنده - قسمت رادیویی – چند استاندارد – تقویت کننده کم نویز – مخلوط کننده

چکیده: در این پایان‌نامه طراحی یک قسمت رادیویی برای یک گیرنده چند استاندارد بررسی شده است. با توجه به وجود چندین فرستنده-گیرنده بر روی یک چیپ، مهمترین چالش در پیاده‌سازی، تداخل موجود بین این فرستنده-گیرنده‌ها ارزیابی شده است. افزایش خطینگی قسمت رادیویی، موثرترین راه‌حل برای کاهش تداخل می‌تواند باشد، در نتیجه ساختار پایان‌نامه بر اساس طراحی یک قسمت رادیویی خطی بنا نهاده شده است.

در قسمت اول تک‌تک بلوکهای موجود در یک قسمت رادیویی به شکل مجزا در نظر گرفته شده و سعی در بهبود مشخصات آنها شده است. در این قسمت یک تکنیک برای بهبود نویز و گین تبدیل مخلوط کننده‌های فعال ارائه شده است. کاهش نویز مخلوط کننده اجازه استفاده از گین کمتر در LNA[1] را می‌دهد که نهایتا باعث بهبود خطینگی قسمت رادیویی می‌گردد. در ادامه یک فیلتر میان‌گذر برای کاربردهای IF پایین[2] ارائه شده است و محدوده دینامیکی آن با بهبود خطینگی فیلتر افزایش داده شده است. فیلتر میان‌گذر با محدوده دینامیکی بالا در ساختار گیرنده IF پایین حیاتی بوده و می تواند جایگزین فیلترهای خارج از چیپ باشد. در ادامه یک LNA پهن باند که از تکنیک حذف نویز و اعوجاج بهره می‌گیرد بررسی شده است. چنین تقویت‌کننده‌ای می‌تواند در گیرنده باند وسیع بکار گرفته شود. در نهایت در این بخش از پایان‌نامه یک LNA باند باریک که از تکنیک خطی سازی جمع مشتق[3] برای بهبود خطینگی تقویت کننده بهره می‌گیرد، ارائه شده است.

با توجه به تمایل به حرکت به سمت SDR[4] ، در بخش بعدی پایان‌نامه یک قسمت رادیویی با هدف استفاده در یک SDR برای پیاده‌سازی استانداردهای مخابراتی موجود در باند فرکانسی ۵۰۰ MHz تا ۳ GHz ارائه شده است. با علم به اینکه مدارهای مدجریان می توانند به خطینگی بالاتری دست پیدا کنند، این قسمت رادیویی بجای تقویت کننده کم نویز و مخلوط کننده فعال از ترانس‌کانداکتانس کم نویز و مخلوط کننده غیر فعال استفاده می‌کند. جریان خروجی مخلوط کننده توسط تقویت کننده ترانس‌امپدانس به ولتاژ تبدیل می‌شود که تا ۳ درجه فیلترینگ نیز انجام می‌دهد. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که خطینگی درجه ۳ داخل و خارج از باند قسمت رادیویی برای پیاده سازی چنین گیرنده چند استاندارد، بسیار امیدوار کننده است.

[1] Low Noise Amplifier
[2] Low-IF
[3] Derivative Superposition
[4] Software Defined Radio

فهرست مطالب

فصل۱ مقدمه..... ۱

۱-۱ ارتباط سلولی چند استاندارد..... ۱

۱-۲ تبادل دیتا با چند استاندارد..... ۳

۱-۳ پیاده‌سازی چند استاندارد..... ۴

۱-۴ معماری گیرنده چند استاندارد..... ۷

۱-۵ حرکت از گیرند تک مد به مالتی مد..... ۷

۱-۶ هدف تحقیق..... ۱۰

۱-۶-۱ تقویت‌کننده کم نویز چند استاندارد..... ۱۲

۱-۶-۲ مخلوط کننده چند استاندارد..... ۱۳

۱-۷ ساختار رساله..... ۱۴

۱-۸ جمع بندی..... ۱۵

فصل۲ بررسی منابع..... ۱۶

۲-۱ مقدمه..... ۱۶

۲-۲ پیاده سازی GPS/GSM/W-CDMA..... ۱۶

۲-۳ تقویت کننده های کم نویز با پهنای باند وسیع..... ۲۵

۲-۴ بررسی قسمتهای رادیویی پیاده سازی شده در حالت جریان..... ۴۱

۲-۵ بررسی گیرنده های SDR..... ۴۷

۲-۶ فرستنده-گیرنده چند استاندارد برای بازه فرکانسی ۰/۱ تا ۳ GHz..... ۵۰

۲-۷ جمع بندی..... ۵۳

فصل۳ طراحی قسمت رادیوئی یک گیرنده چند استاندارد برای فرکانسهای ۸۰۰ MHz -۲/۵ GHz..... ۵۴

۳-۱ مقدمه..... ۵۴

۳-۲ نیازمندیهای استانداردهای پیاده سازی شده..... ۵۵

۳-۲-۱ GSM۸۵۰/۹۰۰ / DCS۱۸۰۰ / PCS۱۹۰۰..... ۵۵

۳-۲-۲ WCDMA ۲۱۰۰ ..... ۶۰
۳-۲-۳ WLAN b/g ۶۳
۳-۲-۴ سیستم موقعیت یاب جهانی ۶۴
۳-۳ تداخل ناشی از کارکرد چند استاندارد ۶۷
۳-۴ قسمت رادیوئی یک گیرنده چند استاندارد برای فرکانسهای ۵۰۰MHz تا ۳GHz ۷۱
۳-۴-۱ تقویت کننده کم نویز (LNA) ۷۲
۳-۴-۲ مخلوط کننده غیر فعال ۷۶
۳-۴-۳ تقویت کننده ترانس امپدانس ۸۰
۳-۵ نتایج شبیه سازی ۸۳
۳-۶ جمع بندی ۹۴
فصل۴ طراحی بلوکهای یک گیرنده چند استاندارد ۹۷
۴-۱ مقدمه ۹۷
۴-۲ ارائه روشی برای بهبود نویز و گین تبدیل مخلوط کننده‌های فعال CMOS ۹۷
۴-۲-۱ نتایج شبیه سازی ۱۰۲
۴-۳ طراحی یک فیلتر میان گذر توان پایین برای کاربردهای IF پایین ۱۰۶
۴-۳-۱ مقدمه ۱۰۶
۴-۳-۲ ساختار کلی فیلتر ۱۰۷
۴-۳-۳ طراحی فیلتر درجه۲ ..... ۱۰۸
۴-۳-۴ سیستم تنظیم اتوماتیک ۱۱۴
۴-۳-۴-۱ VCO ۱۱۶
۴-۳-۴-۲ تشخیص دهنده گذر از صفر ۱۱۶
۴-۳-۵ نتایج شبیه سازی ۱۱۹
۴-۴ ارائه یک تکنیک جهت بهبود گین و عدد نویز تقویت کننده های کم نویز گیت-مشترک پهن باند ۱۲۴
۴-۴-۱ مقدمه ۱۲۴
۴-۴-۲ روش ارائه شده ۱۲۵

۴-۴-۳ حذف اعوجاج..... ۱۳۰
۴-۴-۴ نتایج شبیه سازی..... ۱۳۱
۴-۵ طراحی و پیاده سازی یک LNA دوباند برای گوشیهای موبایل سلولی در تکنولوژی nm ۹۰ CMOS با IIP3 برابر ۱۱+ dBm و توان مصرفی ۴ mW..... ۱۳۶
۴-۵-۱ مقدمه..... ۱۳۶
۴-۵-۲ مدار LNA..... ۱۳۷
۴-۵-۳ نتایج اندازه گیری..... ۱۴۱
۴-۶ جمع بندی..... ۱۴۶
فصل۵ نتیجه گیری و پیشنهاد..... ۱۴۷
۵-۱ نتیجه گیری..... ۱۴۷
۵-۲ پیشنهاد برای کارهای آینده..... ۱۴۸
مراجع..... ۱۵۰

فهرست جداول

جدول ۳-۱ مشخصات مورد نظر برای رادیو GPS..... ۶۶

جدول ۳-۲ خلاصه تداخلهای ایجاد شده در اثر IMD3..... ۶۸

جدول ۳-۳ خلاصه تداخلهای ایجاد شده در اثر IMD2..... ۶۸

جدول ۳-۴ مشخصات مورد نیاز برای بلوکهای مختلف گیرنده GSM..... ۷۲

جدول ۴-۱ نتایج شبیه سازی دو مخلوط کننده..... ۱۰۳

جدول ۴-۲ مشخصات کیفی فیلتر..... ۱۲۳

جدول ۴-۳ مقایسه کیفیت LNA های شبیه سازی شده..... ۱۳۵

جدول ۴-۴ مقایسه کیفیت LNA ارائه شده با دیگر طراحیها که اخیرا چاپ شده اند..... ۱۳۶

جدول ۴-۵ مقایسه LNA های خطی..... ۱۴۶

فهرست شکلها

شکل ۱-۱ رشد مشترکان تلفن GSM در بازه زمانی ۱۹۹۲ تا ربع اول ۲۰۰۷ [۱]..... ۲

شکل ۱-۲ گوشی موبایل آینده که یک دستگاه همه کاره می‌باشد [۳]..... ۴

شکل ۱-۳ سیستمهای مخابراتی بی‌سیم [۴]..... ۴

شکل ۱-۴ چالش و تمایل موجود در یک فرستنده-گیرنده مالتی مد [۳]..... ۵

شکل ۱-۵ رادیوی تنظیم شده بوسیله نرم افزار (SDR)..... ۵

شکل ۱-۶ خلاصه‌ای از مهمترین مشخصات معماریهای مختلف گیرنده [۵]..... ۸

شکل ۱-۷ شمای فرکانسی استانداردهای مختلف بی‌سیم [۱۹]..... ۸

شکل ۱-۸ استانداردهای مختلف بی‌سیم در حوزه زمان [۱۹]..... ۹

شکل ۱-۹ ساختار یک گیرنده چند استاندارد با فیلترهای SAW برای انتخاب باند..... ۱۱

شکل ۱-۱۰ گزینه‌های مختلف برای نحوه ارتباط فیلتر پیش-انتخاب و تقویت‌کننده کم نویز[۴]..... ۱۲

شکل ۲-۱ دو مورد اینترمدولاسیون برای گیرنده GSM (a .GPS و PCS (b .BT و WLAN [۲۱]..... ۱۸

شکل ۲-۲ شمایی از تاثیر سیگنالهای WLAN 802.11a و PCS بر روی باند دریافت GPS [۲۱]..... ۲۰

شکل ۲-۳ نیازمندیهای GSM، W-CDMA و GPS [۲۱]..... ۲۰

شکل ۲-۴ بلوک دیاگرام گیرنده استفاده شده در [۲۱]..... ۲۰

شکل ۲-۵ شماتیک تقویت کننده کم نویز ([۲۱])..... ۲۲

شکل ۲-۶ شماتیک مخلوط کننده‌ها ([۲۱])..... ۲۲

شکل ۲-۷ بلوک دیاگرام ساده شده گیرنده استفاده شده در [۲۵]..... ۲۴

شکل ۲-۸ مدار تقویت کننده کم نویز باند وسیع [۲۵]..... ۲۵

شکل ۲-۹ مخلوط کننده فعال بیس- مشترک استفاده شده در [۲۵]..... ۲۵

شکل ۲-۱۰ نویز (a) و سیگنال (b) برای یک ابزار تطبیق شده NMOS [۲۷]..... ۲۸

شکل ۲-۱۱ تقویت کننده کم نویز باند وسیع همراه با شبکه حذف نویز[۲۷].....۲۸

شکل ۲-۱۲ a) بلوک دیاگرام کلی یک تقویت کننده کم نویز که از تکنیک حذف نویز بهره می گیرد. b) یک نمونه مدار طراحی شده بر پایه مدل قسمت a) [۲۷].....۲۹

شکل ۲-۱۳ مدار متداول باند باریک استفاده شده برای تطبیق که بر پایه رزوناتور می‌باشد و مدار معادل فرکانس بالای آن در ترمینال بیس [۲۸].....۳۰

شکل ۲-۱۴ امپدانس ورودی در مقابل فرکانس برای یک فیلتر پایین گذر LC نردبانی که بوسیله مقاومت ترمینیت شده است [۲۸].....۳۰

شکل ۲-۱۵ تبدیل فیلتر پایین گذر به میان گذر و کمک گرفتن از ایده شکل ۲-۱۳ [۲۸].....۳۱

شکل ۲-۱۶ مدار تقویت کننده کم نویز نهایی با شبکه تطبیق میان‌گذر باند وسیع که بر پایه شبکه نردبانی طراحی شده است [۲۸].....۳۱

شکل ۲-۱۷ شماتیک ساده تقویت کننده کم نویز باند وسیع [۲۹].....۳۲

شکل ۲-۱۸ مدار تقویت کننده کم نویز با قابلیت تبدیل سیگنال تک سر به تفاضلی [۳۰].....۳۳

شکل ۲-۱۹ نویز M1 بصورت حالت مشترک در خروجی تفاضلی ظاهر می‌شود [۳۰].....۳۴

شکل ۲-۲۰ (a) مدار تقویت کننده کم نویز به همراه المانهای پارازیتیک. (b) المانهای پارازیتیک یک فیلتر LC نردبانی را تشکیل می‌دهند [۲۸].....۳۵

شکل ۲-۲۱ تقویت کننده کم نویز باند وسیع [۳۱].....۳۶

شکل ۲-۲۲ مدل ساده شده تقویت کننده کم نویز برای مشخص کردن حذف نویز نسبی ترانزیستور ورودی M1 [۳۱].....۳۸

شکل ۲-۲۳ شماتیک تقویت کننده کم نویز با طبقه دوم دلخواه و محافظت ESD [۳۳].....۳۹

شکل ۲-۲۴ بولک دیاگرام گیرنده ارائه شده در [۳۵].....۴۱

شکل ۲-۲۵ مدار تقویت کننده کم نویز همراه با مخلوط کننده‌های I و Q و اولین طبقه فیلترینگ [۳۵].....۴۲

شکل ۲-۲۶ بلوک دیاگرام گیرنده استفاده شده در [۳۶] به همراه مدار کالیبراسیون IIP2.....۴۴

شکل ۲-۲۷ بلوک دیاگرام ساده شده هسته گیرنده بدون فیلتر SAW همراه با مدار تولید سیگنالهای عمود بر هم و کالیبراسیون IIP2 [۳۶].....۴۵

شکل ۲-۲۸ شماتیک مداری ساده شده تقویت کننده ترانس کانداکتانس با بازه تغییرات گین وسیع [۳۶]..... ۴۶

شکل ۲-۲۹ بلوک دیاگرام رادیو IF صفر قابل اسکیل [۳۷]..... ۴۷

شکل ۲-۳۰ LNA باند پایین با فیدبک موازی-موازی استفاده شده در گیرنده [۳۷]. ۴۹

شکل ۲-۳۱ LNA باند بالا با فیدبک موازی-موازی استفاده شده در گیرنده [۳۷]..... ۴۹

شکل ۲-۳۲ مخلوط کننده غیر فعال به همراه طبقه بایکواد تقویت کننده ترانس‌امپدانس تو-توماس [۳۷]..... ۵۰

شکل ۲-۳۳ بلوک دیاگرام فرستنده-گیرنده استفاده شده در [۳۸]..... ۵۲

شکل ۲-۳۴ شماتیک گیرنده RF استفاده شده در [۳۸]..... ۵۲

شکل ۳-۱ نرخ خطای بیت برای یک سیگنال GMSK بر حسب E_b/N_0، SNR برای پهنای باند نویز برابر نرخ انتقال بیت r_b [۴۱]..... ۵۶

شکل ۳-۲ تداخل مربوط به کانال مشابه و کانال مجاور در GSM. BER مورد نظر بایستی در حضور این سیگنالهای تداخل و بعد از تبدیل به فرکانسهای پایین قابل دست یابی باشد [۴۱]..... ۵۸

شکل ۳-۳ سیگنال I+jQ خروجی مربوط به گیرنده IF پایین GSM در حضور سیگنال های تداخل کانال مشابه و مجاور. در این حالت IMRR برابر ۳۲ dB در نظر گرفته شده است. برای بررسی اثر سیگنالهای تداخل در هر لحظه فقط بایستی یک سیگنال تداخل در نظر گرفته شود [۴۱]..... ۵۸

شکل ۳-۴ آزمایش حذف سیگنال تداخل AM برای سیگنال GSM [۴۲]..... ۶۰

شکل ۳-۵ IIP2 مورد نیاز بر حسب NF (نشت فرستنده برابر ۲۴/۵ dBm-) [۴۵]..... ۶۲

شکل ۳-۶ ماسک مربوط به سیگنال های بلاکر در گیرنده ۸۰۲/۱۱b [۴۲]..... ۶۴

شکل ۳-۷ چگالی طیفی توان سیگنال GPS دریافت شده به همراه نویز در آنتن [۴۷]..... ۶۵

شکل ۳-۸ تاثیر نویز گیرنده بر روی سیگنال GPS دریافتی [۴۷]..... ۶۶

شکل ۳-۹ طیف سیگنال باند GPS L1 که به فرکانس IF ۲ MHz پایین آورده شده است [۴۹]..... ۶۷

شکل ۳-۱۰ ساختار گیرنده چند استاندارد مورد نظر..... ۷۲

شکل ۳-۱۱ شماتیک مداری تقویت کننده کم نویز ارائه شده..... ۷۳

شکل ۳-۱۲ ساختار گیرنده مورد نظر با مخلوط کننده غیر فعال..... ۷۷
شکل ۳-۱۳ نمایش مدهای همپوشانی روشن و خاموش در یک مخلوط کننده غیر فعال..... ۷۸
شکل ۳-۱۴ تقویت کننده ترانس امپدانس که به شکل یک فیلتر درجه ۲ پیکربندی شده است..... ۸۲
شکل ۳-۱۵ قسمت رادیوئی با امکان تنظیم گین توسط اینورتر خود بایاس..... ۸۴
شکل ۳-۱۶ مدار تقویت کننده عملیاتی استفاده شده در تقویت کننده ترانس امپدانس..... ۸۵
شکل ۳-۱۷ نتایج شبیه سازی گین و فاز حلقه باز تقویت کننده عملیاتی طراحی شده..... ۸۶
شکل ۳-۱۸ نتایج شبیه سازی نویز آورده شده به ورودی برای تقویت کننده عملیاتی..... ۸۶
شکل ۳-۱۹ Layout قسمت رادیویی طراحی شده..... ۸۷
شکل ۳-۲۰ تضعیف بازگشتی در ورودی (S_{11}) شبیه سازی شده برای قسمت رادیویی..... ۸۸
شکل ۳-۲۱ تنظیم گین قسمت رادیویی به کمک اینورتر سلف بایاس..... ۸۸
شکل ۳-۲۲ گین تبدیل قسمت رادیویی برای استانداردهای WLAN، W-CDMA وGSM..... ۸۹
شکل ۳-۲۳ نویز قسمت رادیویی برای استانداردهای WLAN، W-CDMA، و GSM..... ۸۹
شکل ۳-۲۴ IIP3 شبیه سازی شده قسمت رادیویی در حالت W-CDMA..... ۹۱
شکل ۳-۲۵ IIP2 شبیه سازی شده قسمت رادیویی در حالت W-CDMA..... ۹۱
شکل ۳-۲۶ نمودار توزیع توان مصرفی بلوکهای مختلف قسمت رادیویی..... ۹۲
شکل ۳-۲۷ شبیه سازی خطینگی IIP3 خارج از باند در حالت GPS..... ۹۳
شکل ۳-۲۸ شبیه سازی خطینگی IIP2 خارج از باند در حالت GPS..... ۹۴
شکل ۴-۱ مخلوط کننده تک-موازنه..... ۹۹
شکل ۴-۲ روش متداول برای کاهش نویز در یک مخلوط کننده تک-موازنه..... ۱۰۰
شکل ۴-۳ تکنیک ارائه شده برای کاهش اثرات منفی ترانزیستور PMOS..... ۱۰۱
شکل ۴-۴ مقایسه عدد نویز مخلوط کننده‌های طراحی شده (مدار مخلوط کننده متداول در شکل ۴-۲ نشان داده شده است)..... ۱۰۴

شکل ۴-۵ گین تبدیل مخلوط کننده‌های طراحی شده..... ۱۰۴

شکل ۴-۶ IIP3 مربوط به مخلوط کننده متداول..... ۱۰۵

شکل ۴-۷ IIP3 مخلوط کننده بهینه شده..... ۱۰۵

شکل ۴-۸ بلوک دیاگرام فیلتر میان گذر تنظیم شده بصورت اتوماتیک..... ۱۰۸

شکل ۴-۹ ساختار فیلتر G_m-C درجه ۲..... ۱۰۸

شکل ۴-۱۰ (a) معادل تکسر مدار شکل ۴-۹ . (b) تاثیر G_{m2} و G_{m3} بر روی خروجی V_{BPF}. (c) مدار معادل شکل (b). (d) شماتیک مداری معادل نود V_{BPF}. (e) مدار از نقطه نظر خروجی فیلتر میان گذر..... ۱۰۹

شکل ۴-۱۱ تقویت کننده بر هم سوار تاشده با یک فیدبک جدید در خروجی..... ۱۱۲

شکل ۴-۱۲ مدار پیشنهاد شده برای فیلتر میان گذر..... ۱۱۲

شکل ۴-۱۳ مدل سیگنال کوچک مدار شکل ۴-۱۲..... ۱۱۳

شکل ۴-۱۴ مدار فیلتر با g_m های دیجینیریت شده و بافرهای خروجی..... ۱۱۵

شکل ۴-۱۵ فیلتر تغییر داده شده با امکان تنظیم فرکانس مرکزی..... ۱۱۵

شکل ۴-۱۶ فیدبک مثبت اضافه شده به خروجی رزوناتور فیلتر برای تبدیل کارکرد آن به اسیلاتور..... ۱۱۷

شکل ۴-۱۷ فیدبک منفی استفاده شده در VCO برای محدود کردن دامنه خروجی..... ۱۱۷

شکل ۴-۱۸ بلوک دیاگرام تشخیص دهنده گذر از صفر..... ۱۱۸

شکل ۴-۱۹ شماتیک مداری طبقات اول و دوم گین در ZCD..... ۱۱۸

شکل ۴-۲۰ طبقه سوم تشخیص دهنده گذر از صفر..... ۱۱۸

شکل ۴-۲۱ مدار فیدبک حالت مشترک استفاده شده با مدار شکل ۴-۲۰..... ۱۱۹

شکل ۴-۲۲ پاسخ دامنه فیلتر میان گذر در حالت Bluetooth..... ۱۲۰

شکل ۴-۲۳ پاسخ فاز فیلتر میان گذر در حالت Bluetooth..... ۱۲۱

شکل ۴-۲۴ ولتاژ معادل نویز فیلتر میان گذر که به ورودی آورده شده است..... ۱۲۱

شکل ۴-۲۵ اعوجاج دو تون از نوع اینترمدولاسیون درجه ۳..... ۱۲۲

شکل ۴-۲۶ پاسخ فرکانسی فیلتر با چند فرکانس ساعت مختلف..... ۱۲۳

شکل ۴-۲۷ (الف) شماتیک مداری LNA ارائه شده، (ب) تشریح مکانیزم حذف نویز برای جریان نویز M1..... ۱۲۶

شکل ۴-۲۸ نویز فاکتور هر کدام از المانهای مدار بشکل مجزا و کل نویز فاکتور LNA بازای مقادیر مختلف g_{m6} (R_s=100 Ω)..... ۱۲۸

شکل ۴-۲۹ نتایج شبیه سازی شده (الف) گین ولتاژ و (ب) عددنویز LNA ها..... ۱۳۲

شکل ۴-۳۰ نتایج شبیه سازی S_{11} و S_{12} تقویت کننده ها..... ۱۳۳

شکل ۴-۳۱ نتایج شبیه سازی IIP_3 تقویت کننده ها در بازه فرکانسی مورد نظر..... ۱۳۴

شکل ۴-۳۲ شماتیک مداری LNA..... ۱۳۸

شکل ۴-۳۳ حذف غیر خطینگی درجه ۳ بوسیله یک تقویت کننده کمکی که در ناحیه معکوس ضعیف بایاس شده است..... ۱۳۹

شکل ۴-۳۴ ریز عکس چیپ مربوط به LNA..... ۱۴۱

شکل ۴-۳۵ PCB استفاده شده در اندازه گیریهای LNA..... ۱۴۲

شکل ۴-۳۶ شماتیک مداری بافر خروجی..... ۱۴۲

شکل ۴-۳۷ نتایج اندازه گیری شده S_{21}، S_{11}، و NF تقویت کننده کم نویز..... ۱۴۳

شکل ۴-۳۸ بهبود بدست آمده در IIP3 در باند پایین..... ۱۴۴

شکل ۴-۳۹ بهبود بدست آمده در IIP3 در باند بالا..... ۱۴۵

شکل ۴-۴۰ IIP3 در باند بالا بازای مقادیر مختلف ولتاژ بایاس گیت-سورس تقویت کننده کمکی..... ۱۴۵

واژه نامه	
English	فارسی
Receiver	گیرنده
Multi-standard	چند استاندارد
Low Noise Amplifier	تقویت کننده کم نویز
Mixer	مخلوط کننده
RF	فرکانس رادیویی
Baseband	باند پایه
Single-balanced	تک- موازنه
Double-balanced	دو- موازنه
Lobe	گلبرگ
Preselect	پیش- انتخاب
Desensitize	غیر حساس شدن
Loss	تضعیف
Transceiver	فرستنده - گیرنده
Down-Conversion	تبدیل کننده به پایین
Direct-Conversion	تبدیل مستقیم
Feed forward	اصلاح رو به جلو
Trade-off	معامله
Scaled	وزن یافته
Cascode	بر هم سوار
Stacked	روی هم
Concurrent	همزمان
Despreading	متراکم سازی
Reciprocal mixing	ترکیب متقابل
Tail	دنباله
Passive Mixer	مخلوط کننده غیر فعال
Active Mixer	مخلوط کننده فعال
Self-biased	خود بایاس
Input Return Loss (S_{11})	تضعیف برگشتی ورودی
Self-mixing	خود ترکیبی
Derivative Superposition	جمع مشتق
Post Linearization	بعد خطی سازی
Post Distortion Cancellation	حذف اعوجاج بعد
Leakage	نشت

فصل ۱

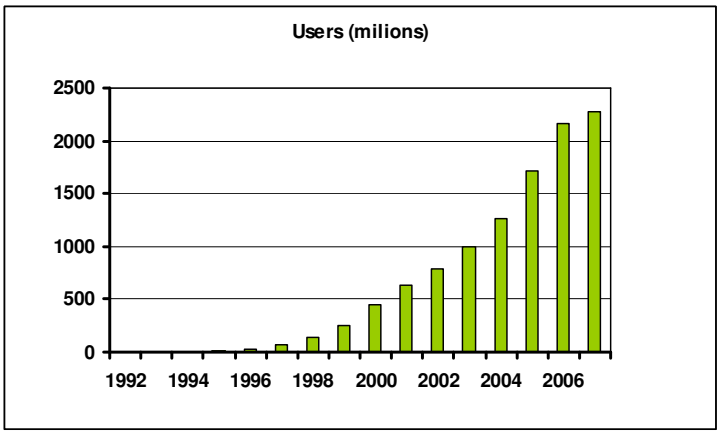
مقدمه

۱-۱ ارتباط سلولی چند استاندارد

گسترش روزافزون رغبت عمومی به استفاده از خدمات بی‌سیم[۱] از یکسو و همچنین تنوع خدمات ارائه شده توسط استانداردهای مختلف سبب شده است که تعداد مصرف‌کننده‌گان خدمات بدون سیم بطور فزاینده‌ای رو به افزایش پیدا کند. شکل ۱-۱ تعداد مشترکان تلفن GSM[۲] تا ربع اول سال ۲۰۰۷ را نشان می‌دهد که ۲/۲ میلیارد نفر می باشند[۱]. همچنین تعداد کل مشترکان تلفن موبایل در این زمان در حدود ۲/۸ میلیارد نفر است. این ارقام و افزایش مشترکان از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۷ که در شکل مذکور نشان داده شده است، بیانگر جذابیت ارتباطات بی‌سیم می‌باشد، و این در حالی است که GSM تنها یکی از استانداردها در دنیای بی‌سیم است.

از شروع اولین تماس با تلفن GSM در سال ۱۹۹۱، این استاندارد در حال بهبود و پیشرفت بوده است و امروزه با اضافه شدن خدماتی چون GPRS[۳] و با حرکت به سوی EDGE[۴]، این استاندارد علاوه بر ارتباط صوتی، قادر به فراهم کردن ارتباط دیتا بین مشترکان خود می‌باشد. مشترکان GSM با این سرویسها قادر هستند که فایلهای صوتی، تصویری و یا هر دیتایی را که بر روی تلفن موبایل خویش دارند، بین یکدیگر جابجا کنند. با این حال و با وجود پیشرفت‌های بسیاری که درGSM حاصل شده است، این استاندارد جای خود را به استانداردهای جدید، با قابلیت های بالاتر می دهد. استانداردهای نسل سوم[۵] همانند UMTS[۶] (W-CDMA[۷]) و CDMA2000 در حال ظهور هستند. تعداد مشترکان

[1] Wireless
[2] Global System for Mobile communications
[3] General Packet Radio Service
[4] Enhanced Data Rates for GSM Evolution
[5] 3G
[6] Universal Mobile Telecommunications System



شکل ۱-۱ رشد مشترکان تلفن GSM در بازه زمانی ۱۹۹۲ تا ربع اول ۲۰۰۷ [۱].

W-CDMA در ربع اول سال ۲۰۰۷ در حدود ۱۱۵میلیون نفر می باشد. ظهور استانداردهای نسل سوم، به معنی کنار گذاشتن یکباره استانداردهای قبلی نمی‌باشد. حرکت از استانداردهای نسل دوم همانند GSM به طرفW-CDMA یا استاندارد های دیگر نسل سوم به آرامی و به مرور زمان صورت می‌پذیرد. بنابراین یک مشترک ممکن است به علت جابجایی موقت موقعیت جغرافیایی خویش یا تمایل به استفاده از سرویس‌های دیگر، مایل به جابجایی از یک استاندارد به استاندارد دیگر باشد. طبیعی است که این جابجایی بایستی با کمترین هزینه و دردسر همراه باشد. بعنوان مثال تلفن موبایل مشترک مورد نظر بایستی قابلیت ارتباط با هر دو شبکه GSM وW-CDMA را داشته باشد، تا در صورت نیاز و دسترسی به هر یک از این دو شبکه همچنان فعال باقی بماند و به مشترک خدمات مورد نظر را ارائه دهد. این مثال لزوم هم زیستی دو استاندارد GSM و W-CDMA بر روی یک تلفن موبایل را نشان می‌دهد.

لزوم پیاده‌سازی چند استاندارد بر روی یک افزاره یا تلفن موبایل در مثال قبلی به استانداردهای GSM و W-CDMA خلاصه نمی‌شود. خود GSM دارای نسخه‌های متفاوتی مانند GSM850، GSM900، PCS1900[۸]، و DCS1800[۹] است که بسته به موقعیت جغرافیایی مشترک، تلفن GSM او بایستی قابلیت ارتباط با هر کدام از این نسخه‌ها را داشته باشد. داشتن امکان ارتباط با باندهای فرکانسی مختلف GSM، خود نمونه‌ای دیگر از لزوم چند استاندارد[۱۰] بودن افزاره موبایل می‌باشد [۲].

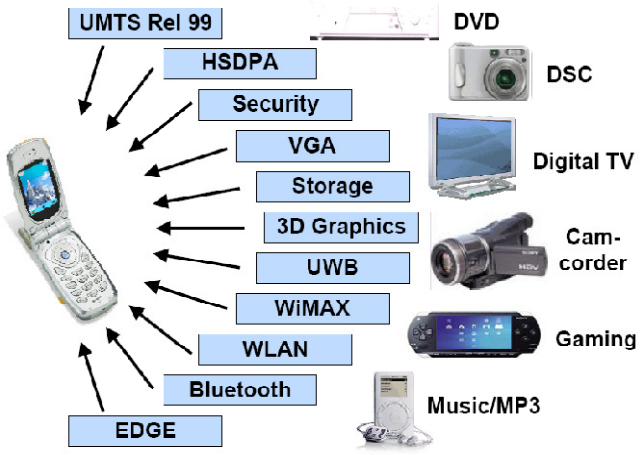
[7] Wideband Code Division Multiple Access
[8] Personal Communications Service
[9] Digital Cellular System
[10] Multi-standard

۱-۲ تبادل دیتا با چند استاندارد

نسخه‌های مختلف GSM و UMTS (W-CDMA) جزء استانداردهای سلولار می‌باشند که استانداردهای پایه برای یک ارتباط تلفنی محسوب می‌شوند. اما امروزه تلفن موبایل، و افزاره‌های دیگر پرتابل[۱۱] مانند لپ تاپ، دارای امکانات ارتباطی متنوعی علاوه بر ارتباط سلولار می باشند، که از آن جمله می توان WLAN[۱۲]، Bluetooth، WiMAX[۱۳]، UWB[۱۴] و GPS[۱۵] را نام برد. افزاره موبایل جهت برقراری ارتباط با افزاره‌های نظیر خود و یا یک سرویس دهنده مرکزی نیازمند دارا بودن یک یا چند مورد از استانداردهای ذکر شده در بالا می‌باشد. در بعضی از این استانداردها مانند GPS سرویس دهنده مرکزی ماهواره می باشد و افزاره ما سیگنال حاوی اطلاعات را از طریق ماهواره دریافت می-کند. دارا بودن این امکانات ارتباطی به اندازه ارتباطات سلولار دارای اهمیت است و هرچه تعداد استانداردها و تنوع آنها در افزاره ما بیشتر باشد توانمندی افزاره افزایش پیدا می‌کند. تلفن موبایل اگر در داخل یک شبکه WLAN قرار بگیرد، می تواند بدون کوچکترین زحمتی از طریق این شبکه به اینترنت وصل شود و یا از اطلاعات موجود در این شبکه استفاده کند. اگر دسترسی به خطوط تلفن را نداشته باشد و در فاصله دورتری نسبت به یک ISP[۱۶] قرار داشته باشد، با کمک WiMAX می‌تواند دوباره به اینترنت دسترسی داشته باشد. برای انتقال فایل های با ظرفیت پایین Bluetooth را به کار می‌گیرد، و فایلهای بزرگتر مانند فیلم و ویدئو را به کمک UWB به افزاره‌های موبایل دیگر و یا هر وسیله‌ای که دارای UWB می‌باشد، منتقل می‌کند. در عین حال بطور همزمان می‌تواند اطلاعات موقعیت خود را از ماهواره دریافت کند. این امکانات همانطوریکه شکل ۱-۲ نشان می‌دهد، دستگاه موبایل ما را به یک دستگاه همه کاره تبدیل می‌کند، وشخص دارنده آن دیگر محدود به فضای کاری یا محیط خاصی جهت انجام امور روزمره و کارهای اداری نمی‌باشد. تلفن موبایل نشان داده شده در شکل ۱-۲ تلفن آینده است و هدف غایی برای تولیدکننده‌گان و طراحان تلفن موبایل می باشد [۳].

شکل ۱-۳ نیز خلاصه‌ای از پارامترهای مهم استانداردهای سلولی و ارتباطی را که در این بخش نام برده شدند، بیان می‌کند [۴].

[11] Portable
[12] Wireless LAN
[13] Worldwide Interoperability for Microwave Access
[14] Ultra-Wide Band
[15] Global Positioning System
[16] Internet Service Provider



شکل ۱-۲ گوشی موبایل آینده که یک دستگاه همه کاره می‌باشد [۳].

	Main Application	Duplexing	Reception Bands (BS and MS) [MHz]	Channel spacing [kHz]
WCDMA	Data, Voice	FDD	1,920–1,980 2,110–2,170	5,000
GSM900	Voice	TDD/FDD	880–915 925–960	200
DCS1800	Voice	TDD/FDD	1,710–1,785 1,805–1,880	200
PCS1900	Voice	TDD/FDD	1,850–1,910 1,930–1,990	200
WLAN 802.11b	Data	TDD	2,400–2,483.5	22,000
WLAN 802.11a	Data	TDD	5,150–5,250 5,250–5,350 5,725–5,825	20,000
WLAN 802.11g	Data	TDD	2,410–2,472	20,000
ZigBee 802.15.3	Data	FDD	868–868.6 2,412–2,472	5,000
GPS	Location	–	1,575.42	–
Bluetooth	Data	TDD	2,400–2,483.5	1,000
WiMax 802.16a	Data	TDD/FDD	2,000–11,000	28,000
UWB	Data	TDD/FDD	3,100–10,600	500,000

شکل ۱-۳ سیستمهای مخابراتی بی‌سیم [۴].

۱-۳ پیاده‌سازی چند استاندارد

با معرفی خلاصه‌ای از استانداردهای سلولار و ارتباطی، به این نکته پی بردیم که هر کدام از این استانداردها مزایای خاص خویش را دارا می‌باشند و ما علاقه‌مند هستیم که تعداد زیادی از این استانداردها را بکار بگیریم. بنابراین ترمینال موبایل بایستی امکان ارتباط با این استانداردها را داشته