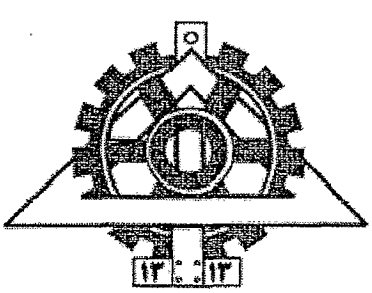
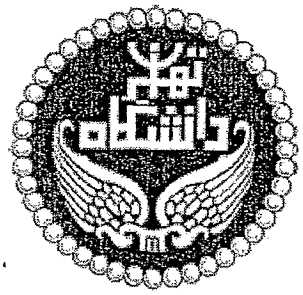
۱۳۸۷ /۷/ ۱۰

۹۶۲۱۰





دانشگاه تهران

پردیس دانشکده های فنی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

عنوان:

طراحی یک گیرنده کم توان بر مبنای استاندارد زیگ بی برای شبکه های حسگر بی سیم

نگارش:

پویا کمالی نژاد

استاد راهنما:

دکتر محمود کمره ای

پایان نامه برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد در رشتهٔ

مهندسی برق- الکترونیک

۱۳۸۷ /۷/ ۱۱

شهریور ماه ۱۳۸۷

۹۶۲۱۰

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پردیس دانشکده های فنی

بسمه تعالی

معاونت تحصیلات تکمیلی
پردیس دانشکده های فنی
دانشگاه تهران

گواهی دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

هیأت داوران پایان نامه کارشناسی ارشد آقای/خانم **پویا کمالی نژاد** در رشته مهندسی برق و کامپیوتر، گرایش : الکترونیک

را، با عنوان: " **طراحی فرستنده / گیرنده برای یک شبکه حسگر بی سیم بر مبنای استاندارد** ZigBee "

در تاریخ ۱۳۸۷/۰۶/۱۰ نمره نهایی پایان نامه: به عدد ۱۷/۵ به حروف هفده و نیم

و درجه [ ] ارزیابی نمود.

مشخصات هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه دانشگاهی	دانشگاه یا موسسه	امضاء
۱-استاد راهنما استاد راهنمای دوم (حسب مورد)	دکتر محمود کمره ای	استاد	تهران	
۲-استاد مشاور	--	--	--	
۳-استاد مدعو داخلی (یا استاد مشاور دوم)	دکتر ناصر معصومی	استادیار	تهران	
۴-استاد مدعو خارجی	دکتر علی فتوت احمدی	استادیار	شریف	
۵-داور و نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر علی افضلی کوشا	استاد	تهران	

تذکر:این برگه پس از تکمیل توسط هیأت داوران در نخستین صفحه پایان نامه درج می گردد.

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

دانشگاه تهران

پردیس دانشکده های فنی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشتهٔ مهندسی برق گرایش الکترونیک

عنوان:

طراحی یک گیرنده کم توان بر مبنای استاندارد زیگ بی برای شبکه های حسگر بی سیم

نگارش:

پویا کمالی نژاد

این پایان نامه در تاریخ ۸۷/۶/۱۰ در مقابل هیأت داوران دفاع گردید و مورد تصویب قرار گرفت.

معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی پردیس دانشکده های فنی: دکتر جواد فیض

رئیس دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر: دکتر پرویز جبه دارمیلانی

معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر: دکتر سعید نادر

استاد راهنما: دکتر محمود کمره ای

عضو هیأت داوران: دکتر علی افضلی کوشا

عضو هیأت داوران: دکتر ناصر معصومی

عضو هیأت داوران: دکتر علی فتوت احمدی

تعهد نامه اصالت اثر

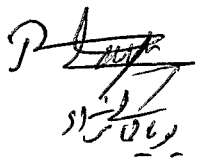
این جانب پویا کمالی نژاد متعهد می شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی این جانب در دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تهران می باشد و به دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران، که در این اثر استفاده شده اند، مطابق مقررات ارجاع داده ام. این پایان نامه، پیش از این، برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتری ارائه نشده است. کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تهران می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو:

پویا کمالی نژاد

تاریخ:

امضا:



تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم که همواره حامی من بوده اند

تقدیر و تشکر

پس از سپاس و شکر گزاری خداوند متعال که هستی ما مرهون رحمت اوست، نگارنده بر خود واجب می داند که از اساتید محترم دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تهران که در دوران تحصیل از آن ها بسیار آموخته ام، کمال تشکر و قدردانی را به جا آورم. همچنین خداوند متعال را شاکرم که در جمع دوستانی به تحصیل پرداختم که همگی در آینده ای نزدیک از بزرگان علمی این مرز و بوم خواهند بود.

از اساتید دانشمند و گرانقدرم آقایان دکتر محمود کمره ای و دکتر امید شعاعی که در طول تحصیل و در حین انجام این پروژه از حمایت های علمی و معنوی ایشان بسیار بهره بردم نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

از مسؤلین و مدیران دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر که با تلاش های بی وقفه خود این چنین محیط مناسبی را برای تحقیق و فعالیت علمی دانشجویان مهیا ساخته اند، سپاسگزارم.

در پایان از پدر و مادر عزیزم که حمایت های بی دریغ ایشان در تمامی مراحل زندگی باعث دلگرمی من بوده است، صمیمانه قدردانی می کنم. به امید این که فرصتی دست دهد تا این زحمات را پاسخگو باشم.

چکیده:

شبکه های حسگر بی سیم گرایشی جدید، مربوط به سالیان اخیر، در حوزه مخابرات بی سیم و فناوری اطلاعات می باشند. این شبکه ها متشکل از تعداد زیادی گره حسگر می باشند که در محیط مورد نظر پخش شده و هر گره اطلاعات جمع آوری شده را به صورت بی سیم و از طریق یک ساختار شبکه ای قابل انعطاف، به گره های مجاور و در نهایت به یک پایگاه منتقل می کند. کاربردهای این تکنولژی به حدی در حال گسترش است که دور از ذهن نخواهد بود اگر در ۱۰ تا ۱۵ سال آینده کل محیط زندگی افراد پوشیده از گره های حسگر بی سیم گردد به طوری که اطلاعات آن ها از طریق اینترنت نیز قابل دسترس خواهد بود. یک چالش اساسی در طراحی شبکه های حسگر بی سیم، انرژی در دسترس برای هر گره می باشد، بنابراین طراحی کم توان در این حوزه یک عامل حیاتی می باشد. در این پایان نامه طراحی یک گیرنده کم توان برای یک گره حسگر بی سیم، در فناوری ساخت CMOS ۰/۱۸ میکرومتر استاندارد، مطابق با مشخصات باند ۲/۴ گیگاهرتز در استاندارد زیگ بی انجام گرفته است. این طراحی شامل بلوک های تقویت کننده کم نویز، فیلتر انتخاب باند غیرفعال، میکسرپایین آورندهٔ فرکانس، نوسان ساز متغیر با ولتاژ، فیلتر IF فعال از نوع Gm-C و تقویت کننده با بهره متغیر می باشد. بلوک های فعال طراحی شده از منبع تغذیهٔ ۰/۶ ولت استفاده می کنند و دارای مصرف توان پایینی در مقایسه با طراحی های مشابه می باشند. طراحی انجام شده با مصرف توانی معادل با ۱/۶۳mW نمونهٔ مناسبی برای طراحی سیستم های مدار مجتمع بسیار کم توان در حوزه فرکانس رادیویی می باشد.

فهرست مطالب

فصل ۱ . معرفی شبکه های حسگر بی سیم و تاریخچه کاربرد آن ۱

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ آشنایی با شبکه های حسگر بی سیم ۲

۱-۳ تاریخچه کاربرد شبکه‌های حسگر بی‌سیم ۴

۱-۳-۱ برخی کاربردهای رایج شبکه‌های حسگر بی‌سیم ۵

۱-۴ . اجزای شبکه‌های حسگر بی‌سیم: ۹

۱-۴-۱. واحد حسگر: ۱۰

۱-۴-۲ واحد پردازش: ۱۰

۱-۴-۳ فرستنده – گیرنده: ۱۱

۱-۴-۴ واحد تغذیه: ۱۱

۱-۵ مصرف توان بخش‌های مختلف یک گره حسگر ۱۳

۱-۶ نتیجه گیری ۱۶

فصل ۲. آشنایی با استاندارد زیگ بی ۱۷

۲-۱ مقدمه ۱۷

۲-۲ استاندارد ZigBee ۱۸

۲-۲-۱ مشخصات لایه فیزیکی ۲۱

۲-۳ مقایسه ZigBee با Bluetooth ۲۳

۲-۴ پیاده‌سازی CMOS و کاربردهای آن ۲۴

۲-۵ قابلیت اطمینان و امنیت شبکه ۲۵

۲-۶ نتیجه‌گیری ۲۶

فصل ۳. طراحی سیستمی یک گیرنده ZigBee برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم... ۲۷

۳-۱ مقدمه ۲۷

۳-۲ اصول طراحی سیستمی و بودجه لینک ۲۸

۳-۲-۱ نویز کانال ۲۸

۳-۲-۲ روش مدولاسیون ۲۹

۳-۳ محاسبه بودجه لینک برای یک سیستم نمونه ۳۱

۳-۴ طراحی سیستمی گیرنده ZigBee ۳۴
۳-۴-۱ گیرنده سوپرهترودایِن ۳۵
۳-۴-۲ گیرنده با فرکانس میانی صفر ۳۶
۳-۴-۳ گیرنده با فرکانس میانی پایین ۳۹
۳-۵ انتخاب فرکانس میانی ۴۱
۳-۶ تحلیل و طراحی سیستمی گیرنده ZigBee با فرکانس میانی پایین ۴۴
۳-۶-۱ محاسبه سطح نویز گیرنده ۴۷
۳-۶-۲ محاسبه پاسخ سیستم به مولفه‌های جعلی ۵۰
۳-۶-۳ محاسبه پاسخ سیستم به مولفه‌های مزاحم همسایه و مجاور ۵۳
۳-۶-۴ محاسبه پاسخ سیستم به مسدودکننده‌ها ۵۵
۳-۶-۵ پاسخ سیستم به مولفه‌های اینترمدولاسیون مرتبه سوم ۵۶
۳-۶-۶ محاسبه اینترمدولاسیون مرتبه سوم ورودی ۵۸
۳-۶-۷ محاسبه نسبت سیگنال به نویز ۶۰
۳-۶-۸ محاسبه عدد نویز گیرنده ۶۱
۳-۷ نتیجه‌گیری ۶۶

فصل ۴. طراحی مداری یک گیرنده ZigBee برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم ۶۷
۴-۱ مقدمه ۶۷
۴-۲ بررسی یک طراحی نمونه برای بخش جلویی گیرنده ZigBee ۶۸
۴-۲-۱ طرح مداری نمونه تقویت‌کننده کم نویز و میکسر ۶۸
۴-۳ طرح مداری تقویت کننده کم-نویز پیشنهادی ۷۳
۴-۳-۱ ساختار تقویت کننده کم-نویز کسکود با بهره توان تقویت شده ۷۵
۴-۳-۲ نتایج شبیه‌سازی ۸۶
۴-۳-۳ مقایسه طرح پیشنهادی با یک ساختار کم- توان ۹۰
۴-۴ طرح مداری مخلوط کننده پایین آورنده فرکانس ۹۷
۴-۵ نتایج شبیه‌سازی ۹۹
۴-۶ طرح مداری نوسان‌ساز متغیر با ولتاژ ۱۰۷
۴-۶-۱ طرح مداری نوسان‌ساز فرکانس ارائه شده ۱۰۹
۴-۶-۲ نتایج شبیه‌سازی ۱۱۱
۴-۷ فیلتر انتخاب کانال ۱۱۵
۴-۷-۱ نتایج شبیه‌سازی ۱۱۷
۴-۸ تقویت کننده با بهره متغیر ۱۲۱

۴-۸-۱ نتایج شبیه‌سازی..... ۱۲۳

فصل ۵. نتیجه گیری و پیشنهاد برای کارهای آینده..... ۱۲۹

۵-۱ مقدمه..... ۱۲۹

۵-۲ نتیجه گیری و جمع بندی..... ۱۲۹

۵-۳ پیشنهاد برای کارهای آینده و تکمیل طرح..... ۱۳۱

واژه‌نامه..... ۱۳۵

فهرست منابع..... ۱۴۱

فهرست شکل‌ها

شکل۱-۱ دیاگرام مفهومی یک شبکه حسگر بی سیم[۱]..... ۴
شکل ۱-۲ دسته‌بندی کاربردهای شبکه‌های حسگر بی سیم [۶]..... ۵
شکل۱-۳ . ساختار سیستمی سیستم GDI [۶]..... ۶
شکل۱-۴ اجزای اصلی یک گره حسگر شامل واحد حسگر، پردازش، رادیو و تغذیه [۶]..... ۱۰
شکل۱-۵ مصرف توان در زیر بخش‌های هر گره [۶]..... ۱۵
شکل۲-۱ شبکه ای از ۱۲ عضو مختلف(Dust Network, TSMP) ۱۸
شکل۲-۲ .مدل کاری IEEE 802.15.4 و ZigBee [۱۵]..... ۲۰
شکل۲-۳ تقسیم بندی فرکانسی کانال‌ها در باندهای مختلف ZigBee..... ۲۲
شکل۲-۴ ساختار یک پاکت اطلاعات آماده ارسال..... ۲۳
شکل۳-۱ احتمال خطا برای چند روش معمول مدولاسیون..... ۳۰
شکل۳-۲ لینک USB بی‌سیم مورد بررسی در مثال طراحی بودجه لینک..... ۳۲
شکل۳-۳ دیاگرام گیرنده سوپرهترودین[۲۴]..... ۳۵
شکل۳-۴ گیرنده با فرکانس میانی صفر[۲۴]..... ۳۷
شکل۳-۵ مکانیزم ایجاد آفست DC..... ۳۸
شکل۳-۶ گیرنده ZigBee با فرکانس میانی پایین..... ۴۰
شکل۳-۷ نویز بر حسب فرکانس برای یک ترانزیستور BJT [۱۷]..... ۴۲
شکل۳-۸ ساختار تست ترانزیستور CMOS برای یافتن فرکانس گوشه نویز..... ۴۳
شکل۳-۹ فرکانس گوشه نویز برای یک ترانزیستور CMOS..... ۴۴
شکل۳-۱۰ دیاگرام گیرنده با فرکانس میانی پایین مورد نظر..... ۴۵
شکل۳-۱۱ سطوح توان برای حالت سیگنال قوی و ضعیف..... ۵۰
شکل۳-۱۲ نمودار پاسخ سیستم به مولفه‌های جعلی..... ۵۳
شکل۳-۱۳ نمودار پاسخ سیستم برای حذف کانال‌های همسایه و مجاور..... ۵۵
شکل۳-۱۴ نمودار پاسخ سیستم برای مسدودکننده‌ها..... ۵۶
شکل۳-۱۵ نمودار پاسخ سیستم به مولفه‌های اینترمدولاسیون مرتبه سوم..... ۵۷
شکل۳-۱۶ نمودار اینترمدولاسیون ورودی (IP3) سیستم..... ۵۸
شکل۳-۱۷ مشخصه تداخل کننده‌ها..... ۵۹
شکل۳-۱۸ محدوده دینامیکی بدون مولفه جعلی..... ۶۰
شکل۳-۱۹ نمودار نسبت سیگنال به نویز سیستم..... ۶۱
شکل ۳-۲۰ نمودار احتمال خطا بر حسب SNR برای مدولاسیون‌های مختلف..... ۶۳
شکل ۳-۲۱ محاسبه عدد نویز برای زنجیره بلوک‌ها..... ۶۴

شکل۳-۲۲ عدد نویز و بهره سیستم در حالت سیگنال ضعیف.....۶۵
شکل۳-۲۳ عدد نویز و بهره سیستم در حالت سیگنال قوی.....۶۵
شکل۴-۱ ساختارهای معمول تقویت‌کننده کم‌توان-میکسر . ساختار سری (چپ)، ساختار مخلوط (راست) [۱۰].....۶۹
شکل۴-۲ ساختار کسکود-تاشده با استفاده مجدد از جریان [۱۰].....۷۰
شکل۴-۳ ولتاژ ورودی سوئیچ (بالا)، جریان خروجی میکسر که به دو قسمت بدون نویز و پالس‌های نویز تجزیه شده(پایین) [۱۱].....۷۲
شکل۴-۴ ساختار کسکود معمولی (چپ)، ساختار تقویت کننده کم-نویز CMOS (وسط)، ساختار مکمل با استفاده مجدد از جریان و دارای دو طبقه بهره[۱۳].....۷۴
شکل۴-۵ ساختار تقویت کننده کم-نویز با بهره تقویت شده پیشنهادی.....۷۶
شکل۴-۶ تقویت کننده کم-نویز کسکود تا شده با بهره متغیر[۱۸].....۷۸
شکل ۴-۷ اضافه کردن سلف افزاینده بهره بین ترانزیستور ورودی و کسکود.....۷۹
شکل ۴-۸ مدار تطبیق ساده شده برای ولتاژ و جریان[۱۰].....۸۱
شکل۴-۹ مدارهای تطبیق تقویت کننده کم-نویز ، مدار سورس-مشترک (گیت مشترک). گیت-مشترک (راست) [۱۰].....۸۲
شکل۴-۱۰ مدار معادل سیگنال کوچک برای تحلیل نویز تقویت کننده کم-نویز سورس-مشترک[۱۴] ۸۳
شکل۴-۱۱ طبقه سورس مشترک عادی (چپ)، مدل سیگنال کوچک (راست)[۳۳].....۸۵
شکل۴-۱۲ ساختار طراحی وتست تقویت کننده کم-نویز کسکود با تقویت بهره پیشنهادی در ADS ۸۶
شکل۴-۱۳ نقطه فشردگی 1dB (1dB Comp.Point) برای تقویت کننده کم- نویز پیشنهادی ۸۹
شکل۴-۱۵ ساختار تقویت کننده کم- نویز با استفاده مجدد از جریان.....۹۱
شکل۴- ۱۶ بهره توان تقویت کننده کم- نویز با استفاده مجدد از جریان.....۹۲
شکل۴- ۱۷ ساختار تست تقویت کننده کم- نویز با استفاده مجدد از جریان.....۹۳
شکل۴- ۱۸ تطبیق ورودی تقویت کننده با استفاده مجدد از جریان.....۹۳
شکل۴- ۱۹ عدد نویز تقویت کننده با استفاده مجدد از جریان.....۹۴
شکل۴- ۲۰ نقطه فشردگی 1dB برای تقویت کننده با استفاده مجدد از جریان.....۹۴
شکل ۴- ۲۱ محاسبه نقطه IP3 ورودی به کمک برون‌یابی تقاطع مولفه اصلی و هارمونیک مرتبه سوم.....۹۵
شکل۴-۲۲ طرح مداری مخلوط کننده پایین آورنده فرکانس تک بالانس پیشنهادی.....۹۸
شکل۴-۲۳ مخلوط کننده تک-بالانس کم نویز با تانک LC در ورودی.....۹۹
شکل۴-۲۴ ساختار طراحی و تست مخلوط کننده تک-بالانس در ADS.....۱۰۰
شکل۴-۲۵ نمودار عدد نویز دو طرفه میکسر در نزدیکی فرکانس میانی.....۱۰۲

شکل۴-۲۶ خروجی میکسر (شامل مولفه IF، نشتی RF و هارمونیک‌های بالاتر)..... ۱۰۲
شکل۴-۲۷ IIP3 مخلوط کننده پیشنهادی..... ۱۰۳
شکل۴-۲۸ نقطه فشردگی ۱dB مخلوط کننده پیشنهادی..... ۱۰۳
شکل۴-۲۹ ساختار تست بخش جلویی (LNA-Mixer) گیرنده..... ۱۰۵
شکل۴-۳۰ بهره توان (بالا)، عدد نویز دوطرفه، عدد نویز و بهره تبدیل بخش جلویی گیرنده در فرکانس میانی ۴MHz..... ۱۰۵
شکل۴-۳۱ نقطه فشردگی ۱dB برای بخش جلویی گیرنده پیشنهادی..... ۱۰۶
شکل۴-۳۲ ساختار سیستمی بخش جلویی گیرنده کم-توان مورد مقایسه[۱۰]..... ۱۰۸
شکل۴-۳۳ نوسان‌ساز فرکانس(چپ)، دو برابر کننده فرکانس (راست) مورد مقایسه[۱۰]..... ۱۰۹
شکل۴-۳۴ ساختار کولپیتز دارای مکان بهینه تابع است..... ۱۱۰
شکل۴-۳۵ ساختار ارائه شده برای نوسان‌ساز کولپیتز تفاضلی..... ۱۱۰
شکل۴-۳۶ آیینه جریان با سوئینگ وسیع..... ۱۱۱
شکل۴-۳۷ ساختار طراحی و تست نوسان‌ساز پیشنهادی در ADS..... ۱۱۲
شکل۴-۳۸ نویز فاز نوسان ساز پیشنهادی..... ۱۱۳
شکل۴-۳۹ هارمونیک‌های تولید شده در خروجی نوسان‌ساز..... ۱۱۳
شکل۴-۴۰ خروجی نوسان‌ساز در حوزه زمان..... ۱۱۴
شکل۴-۴۱ ساختار فیلتر Gm-C پیشنهادی..... ۱۱۵
شکل۴-۴۲ ساختار هر یک از سلول‌های Gm-C به صورت طبقه سورس مشترک با بار فعال..... ۱۱۶
شکل۴-۴۳ ساختار پسخور مد-مشترک..... ۱۱۷
شکل۴-۴۴ دیاگرام فیلتر انتخاب کانال Bi-Quad..... ۱۱۸
شکل۴-۴۵ ساختار درونی یک سلول Gm-C..... ۱۱۸
شکل۴-۴۶ مشخصه فرکانسی فیلتر انتخاب کانال و بهره عبور..... ۱۱۹
شکل۴-۴۷ عدد نویز فیلتر انتخاب کانال..... ۱۱۹
شکل۴-۴۸ برون‌یابی مقدار IIP3 برای فیلتر..... ۱۱۹
شکل۴-۴۹ ساختار تقویت کننده دو طبقه با بهره متغیر پیشنهادی..... ۱۲۱
شکل۴-۵۰ ساختار سوئیچ‌های انتخاب امپدانس سورس..... ۱۲۲
شکل۴-۵۱ ساختار طراحی و تست تقویت کننده با بهره متغیر در ADS..... ۱۲۴
شکل۴-۵۲ بهره بیشینه تقویت کننده با بهره متغیر..... ۱۲۵
شکل۴-۵۳ بهره میانه تقویت کننده با بهره متغیر..... ۱۲۵
شکل۴-۵۴ بهره کمینه تقویت کننده با بهره متغیر..... ۱۲۵
شکل۴-۵۵ عدد نویز تقویت کننده با بهره متغیر حاصل از شبیه‌سازی HB (چپ)، Sparam (راست)..... ۱۲۶
شکل۴-۵۶ IIP3 تقویت کننده با بهره متغیر در حالت بهره کمینه..... ۱۲۶

شکل۴-۵۷ IIP3 تقویت کننده با بهره متغیر در حالت بهره میانه..... ۱۲۷
شکل۴-۵۸ IIP3 تقویت کننده با بهره متغیر در حالت بهره بیشینه..... ۱۲۷
شکل۴-۵۹ نقطه فشردگی dB1 تقویت کننده با بهره متغیر در حالت بهره بیشینه..... ۱۲۷
شکل۴-۶۰ نقطه فشردگی dB1 تقویت کننده با بهره متغیر در حالت بهره کمینه..... ۱۲۸

فهرست جدول‌ها

جدول۲-۱ پارامترهای لایه فیزیکی استاندارد IEEE 802.15.4 [۱۵] ۲۱
جدول۲-۲ مقایسه ZigBee با Bluetooth و IEEE 802.11b [۱۶] ۲۴
جدول ۳-۱ عرض باند لازم برای چند مدولاسیون دیجیتال [۸] ۳۰
جدول ۳-۲ مشخصات لایه فیزیکی استاندارد ZigBee [۱۵] ۴۵
جدول۳-۳ مشخصات سیستمی بلوک‌های به کار رفته در گیرنده ZigBee ۴۶
جدول۳-۴ تنظیمات انجام شده برای برابر شدن توان سیگنال ضعیف و قوی در انتهای مسیر ۴۹
جدول۳-۵ مقادیر بهره بلوک‌های گیرنده برای مولفه‌های جعلی ۵۲
جدول۳-۶ مشخصه فیلتر انتخاب کانال برای حذف کانال‌های همسایه و مجاور ۵۴
جدول ۳-۷ مدولاسیون OQPSK عرض باندی برابر با نرخ بیت دارد[۸] ۶۲
جدول۳-۸ نوع مدولاسیون و عرض باند کانال برای باند ZigBee GHz4/2 [۱۰] ۶۲
جدول۴-۱ فهرستی از سمبل‌های به کار رفته در رابطه (۴-۱۶) [۱۴] ۸۴
جدول۴-۲ مقادیر عناصر و متغیرهای به کار رفته در تقویت کننده کم- نویز پیشنهادی ۸۷
جدول۴-۳ نتایج شبیه‌سازی تقویت کننده کم-نویز پیشنهادی ۹۰
جدول۴-۴ مشخصات سیستمی تقویت کننده کم-نویز پیشنهادی ۹۰
جدول ۴-۵ مقادیر عناصر و متغیرهای به کار رفته در تقویت کننده کم- نویز با استفاده مجدد از جریان مورد مقایسه ۹۲
جدول۴-۶ مشخصات تقویت کننده کم نویز پیشنهادی در مقایسه با تقویت کننده کم نویز با استفاده مجدد از جریان ۹۶
جدول۴-۷ مقادیر عناصر و متغیرهای به کار رفته در مخلوط‌کننده فرکانس پیشنهادی ۱۰۰
جدول۴-۸ مشخصات مخلوط کننده فرکانس ۱۰۴
جدول۴-۹ مشخصات بخش جلویی گیرنده پیشنهادی در مقایسه با مرجع [۱۰] ۱۰۷
جدول۴-۱۰ مقادیر عناصر و متغیرهای به کار رفته در نوسان‌ساز پیشنهادی ۱۱۲
جدول۴-۱۱ مشخصات نوسان ساز متغیر با ولتاژ پیشنهادی در مقایسه با نتایج مرجع[۱۱] ۱۱۴
جدول۴-۱۲ مقادیر عناصر و متغیرهای به‌کار رفته در فیلتر پیشنهادی، هسته اصلی (چپ)، پسخور مد مشترک (راست) ۱۱۸
جدول۴-۱۳ مصرف توان هر یک از سلول‌ها و مصرف توان کلی فیلتر ۱۲۰
جدول۴-۱۴ مشخصات کلی فیلتر انتخاب کانال پیشنهادی ۱۲۰
جدول۴-۱۵ حالت‌های مختلف برای ترکیب سوئیچ ها در تقویت کننده با بهره متغیر ۱۲۳
جدول۴-۱۶ مقادیر عناصر و متغیرهای به کار رفته در تقویت کننده با بهره متغیر پیشنهادی ۱۲۴
جدول۴-۱۷ مشخصات تقویت کننده با بهره متغیر ۱۲۸

جدول۵-۱ جریان مصرفی هر یک از بلوک های پیشنهادی برای گیرنده..... ۱۳۱

فصل ۱ . معرفی شبکه های حسگر بی سیم و تاریخچه کاربرد آن

۱-۱ مقدمه

در این فصل شبکه های حسگر بی سیم[1]، تاریخچه و کاربردهای آن معرفی می گردند. در طول این فصل خواهیم دید که این تکنولوژی که در ابتدا تنها برای مقاصد نظامی به کار می رفت، چگونه امروزه با گسترش و پیشرفت تکنولوژی مدارمجتمع فرکانس رادیویی[2] دارای کاربردهای بسیار گسترده گشته و در آینده نیز بسیار مورد استفاده قرار خواهد گرفت. در ادامه ساختار کلی یک سیستم شبکه حسگر بی سیم را بررسی خواهیم کرد و عوامل عمده در طراحی آن را خواهیم شناخت.

[1] Wireless Sensor Networks
[2] Radio Frequency Integrated Circuits (RFIC)

۱-۲ آشنایی با شبکه های حسگر بی سیم

با افزایش محبوبیت کامپیوترهای قابل حمل[۱]، تلفن همراه، کامپیوترهای دستی[۲]، مکان یاب ماهواره ای[۳]، برچسب‌های شناسایی فرکانس رادیویی[۴] و سایر افزاره های الکترونیک هوشمند در دوران پس از پیدایش کامپیوترهای شخصی، افراره های دارای قابلیت محاسبه به مرور ارزان تر، قابل حمل تر، گسترده تر و فراگیرتر گشته اند. به طوری که امروزه با قطعاتی که به راحتی در هر فروشگاهی می توان یافت، امکان ساخت سیستم جاسازی شده[۵] ای در ابعاد یک کیف جیبی وجود دارد که تمام قابلیت های یک کامپیوتر شخصی دهه ۹۰ را دارا باشد. از این دیدگاه پدیدار شدن شبکه های حسگر بی سیم جدیدترین پیشبرد در قانون مور[۶] در راستای کوچک‌سازی و فراگیر ساختن افزاره‌های محاسباتی می‌باشد.

تکنولوژی شبکه های حسگر بی سیم نمونه ای تازه از نحوه تعامل انسان با محیط اطراف می باشد. پیشرفت های جدید در زمینه میکرو- سیستم های الکترومکانیکی [۷] ، روش های بازیابی انرژی[۸]، روش های ذخیره سازی انرژی و بسته بندی مدارهای مجتمع[۹] همراه با در دسترس بودن توان پایین برای قسمت های دیجیتال و آنالوگ- فرکانس‌رادیویی، امکان ایجاد شبکه ای متراکم از گره‌های حسگر بی‌سیم ارزان‌قیمت که هر یک دارای قابلیت حس کردن، پردازش و مخابره اطلاعات می‌باشند را فراهم می‌کند[۱] .

این شبکه های گسترده حسگر بی‌سیم امکان احساس، مدیریت و فعالسازی حوزه وسیعی از اتفاقات محیط اطراف را از طریق گره‌های حسگر- فعال‌ساز[۱۰] فراهم می‌آورد. یک چنین محیط

---

[1] Laptop
[2] Personal Digital Assistant (PDA)
[3] Global positioning System (GPS)
[4] Radio Frequency Identification (RFID)
[5] Embedded System
[6] Moore's Law
[7] Micro-Electro-Mechanical System
[8] Energy Scavenging
[9] IC packaging
[10] Sensor-Actuator

هوشمندی امکانات بسیار زیادی را از قبیل کنترل ساختمان‌ها، بازرسی مجتمع بیماران[1]، تشخیص و مدیریت دارو در بیمارستان‌ها، خانه‌های هوشمند[2]، تشخیص هویت، اتوماسیون صنعتی، افزاره‌های هوشمند الکترونیک مصرفی[3]، مدیریت کالا در انبارها، شبکه‌های داخل خودرو، مدیریت ترافیک، حفاظت محیط زیست و بسیاری موارد مشابه فراهم می‌آورد. اینگونه تخمین زده می‌شود که تعداد گره‌های حسگر بی‌سیم در سال ۲۰۰۸ بالغ بر ۱۰۰ میلیون باشد و بازار جهانی آن در سال ۲۰۰۹ به ۱ میلیارد دلار برسد[۲] .

به طور کلی یک شبکه حسگر بی‌سیم از تعداد زیادی گره‌های متراکم که در فاصله‌ای کمتر از ۱۰ متر نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند (همان‌گونه که در شکل ۱-۱ مشاهده می‌شود). در روش معمول پخش، گره‌ها طوری قرار می‌گیرند که همواره تعدادی گره در شعاع دسترس رادیویی هر گره باشند. هر گره در شبکه وظائف زیر را بر عهده دارد:

- حس کردن یکی از پارامترهای فیزیکی محیط
- پردازش خام داده دریافت شده به صورت محلی و بازیابی اطلاعات مورد نظر از آن
- ارسال اطلاعات مورد نظر به گره‌های مجاور از طریق یک اتصال بی‌سیم

بر خلاف شبکه سلولی[4] (مربوط به تلفن همراه) و شبکه محلی بی‌سیم[5] هیچ پایگاه اصلی[6] نقطه دسترسی[7] مشترکی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم وجود ندارد. بنابراین هر گره به عنوان یک گره امدادی[8] در شبکه چند مسیره[9] عمل کرده، به این ترتیب که اطلاعات دریافتی را از گره مجاور دریافت کرده و قبل از انتقال آن به گره‌های بعدی پردازش مختصر مورد نظر را بر روی آن اعمال

---

[1] Integrated Patient Monitoring
[2] Smart Home
[3] Smart Consumer Electronics
[4] Cellular Network
[5] Wireless Local Area Network (WLAN)
[6] Base Station
[7] Access Point
[8] Relay
[9] Multi-hop Network