بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

گروه الکترونیک

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق - الکترونیک

عنوان

طراحی مدارات بخش باند پایه یک گیرنده 2.4GHz ZigBee برای کاربردهای شبکه حسگر بی سیم

اساتید راهنما

دکتر جعفر صبحی – دکتر ضیاءالدین دایی کوزه‌کنانی

استاد مشاور

دکتر میرجواد موسوی‌نیا

پژوهشگر

رؤیا جعفرنژاد میاندوآب

بهمن ۹۰

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

به پاس حمایت‌ها و زحمات بی‌دریغشان

و به پاس دلسوزی‌های بی‌ریا و خالصانه‌شان

تقدیر و تشکر

سپاس و ستایش خدای را سزد که آفریننده قلم است و به این طریق قلم و صاحبان قلم را که در راه حق و حقیقت و تعالی انسان می نویسند، می ستاید. او را شکر می گویم که اگر لطف و عنایتش نبود من را یارای انجام این خطیر نبی بود و پروژه حاظر به پایان نمی رسید. هر چه هست لطف او ست.

بهترین تشکراتم را تقدیم به اساتید گرانقدر و دلسوزم جناب آقای دکتر صبحی و جناب آقای دکتر کوزه کنانی و همچنین جناب آقای دکتر موسوی نیا می نمایم که در طول این دوره بار راهنمایی های ارزنده و حمایت های خالصانه مرا یاری نمودند و همواره پشتیبان و راه گشایم بودند.

همچنین از تمامی اساتید بزرگواری که در دوره ی کارشناسی ارشد زحمات زیادی برایمان کشیده اند، به خصوص اساتید گروه الکترونیک، قدردانی می کنم.

شایسته است از پدر و مادر عزیزم، که مایه ی دلگرمی من بوده اند، به خاطر حمایت ها و زحمات بی دریغشان در تمام مراحل زندگی و همچنین برادر نازنینم که همواره در سختی ها مرا یاری کرده و در نگارش این پایان نامه کمک شایانی به اینجانب کردند، سپاسگزاری کنم.

همچنین از کلیه دوستانی که در این مدت یک و نیم سال در گروه طراحی WSN مراد انجام این پروژه یاری نمودند، به خصوص آقای مهندس علی صحافی، نهایت سپاس و امتنان را ابراز میدارم.

و در آخر جای دارد از تمامی دوستانی که در این مدت کنارم بودند و در سختی های راه با امید و دلگرمی دادن و با کمک های بی دریغ یاریم نموده اند، به خصوص خانم مهندس فاطمه آقابالایی و خانم مهندس زهرا شیخ الاسلامی تشکر و قدردانی نمایم.

رویا جعفرنژاد

نام خانوادگی دانشجو: **جعفرنژاد میاندوآب** نام: **رؤیا**

عنوان پایان نامه:

طراحی مدارات بخش باند پایه یک گیرنده 2.4GHz ZigBee برای کاربردهای شبکه حسگر بی سیم

استادان راهنما: **دکتر جعفر صبحی – دکتر ضیاءالدین دایی کوزه‌کنانی**

استاد مشاور: **دکتر میرجواد موسوی‌نیا**

مقطع تحصیلی: **کارشناسی ارشد** رشته: **مهندسی برق** گرایش: **الکترونیک- طراحی مدارهای مجتمع آنالوگ و دیجیتال** دانشگاه: **تبریز**

دانشکده: **مهندسی برق و کامپیوتر** تاریخ فارغ التحصیلی: بهمن ۱۳۹۰ تعداد صفحات: ۱۴۰

کلید واژه‌ها: شبکه حسگر بی‌سیم، گره حسگر بی‌سیم، گیرنده، باند پایه، تقویت‌کننده با بهره متغیر، فیلتر، مبدل آنالوگ به دیجیتال، شاخص توان سیگنال دریافتی، رنج دینامیکی، حساسیت

چکیده

طی چند سال اخیر استفاده از شبکه‌های حسگر بی‌سیم به منظور استفاده در کاربردهای متفاوت از جمله صنایع نظامی، نظارت و کنترل پروسه صنعتی، کنترل کشاورزی، نظارت بر سلامت افراد و ... گسترش یافته است. چنین کاربردهایی لازم می‌دارد که گره‌های حسگری توان مصرفی بسیار پایینی داشته باشند. بنابراین طراحی گره‌های حسگری بی‌سیم که توان مصرفی بسیار پایینی داشته و به این ترتیب قادر به کار با یک باتری به مدت طولانی می‌باشند، پیشرفت قابل ملاحظه‌ای در گسترش استفاده از این سیستم‌ها را به دنبال خواهد داشت.

استاندارد IEEE802.15.4/ZigBee با هدف کاربردهای کم‌توان و هزینه‌ی نهایی ساخت ارزان برای استفاده در شبکه‌های حسگر بی‌سیم طراحی شده است. یکی از بلوک‌های اصلی یک گره حسگر بی‌سیم گیرنده رادیویی است، که توان مصرفی قابل ملاحظه‌ای از کل سیستم را به

خود اختصاص می‌دهد.

در این پایان‌نامه مدارات بخش باند پایه‌ی یک گیرنده رادیویی منطبق با مشخصات باند فرکانسی 2.4^{GHz} استاندارد IEEE802.15.4/ZigBee برای استفاده در شبکه‌های حسگر بی‌سیم ارائه شده است. تمامی ساختارها بر پایه‌ی توان مصرفی پایین انتخاب و مشخصات آنها با ارائه‌ی روشهای مداری جدید بهبود داده شده‌اند.

تمامی مدارات در تکنولوژی $0.18^{\mu m}$ TSMS CMOS طراحی و در نرم‌افزار Cadence RF-Spectre شبیه‌سازی شده است. مدارات باند پایه‌ی طراحی شده با توان مصرفی برابر با 2.9^{mW} در دو مسیر Inphase و Quadrature از ولتاژ تغذیه‌ی 1.8^{v} تمامی مشخصات لازم در سیستم کل گیرنده که به منظور تأمین نیازمندی‌های استاندارد IEEE802.15.4/ZigBee طراحی می‌شود را تأمین می‌کند.

فهرست مطالب

فهرست شکلها XII
فهرست جداول XV
مقدمه ۱
۱- شبکه‌های حسگر بی‌سیم ۵
۱-۱- مفاهیم، تاریخچه و کاربردها ۶
۱-۲- چالش‌ها و محدودیت‌ها ۸
۱-۳- ارتباطات بی‌سیم در یک شبکه حسگر بی‌سیم ۱۰
۱-۴- مقایسه ZigBee با پروتکل‌های دیگر ۱۲
۲- ساختار فرستنده ـ گیرنده رادیویی ۱۵
۲-۱- مشخصات لایه‌ی فیزیکی پروتکل ZigBee ۱۶
۲-۱-۱- باندهای فرکانسی و نرخ انتقال اطلاعات ۱۶
۲-۱-۲- حساسیت گیرنده ۱۸
۲-۱-۳- حداکثر سیگنال دریافتی و رنج دینامیکی ۱۹
۲-۱-۴- پهنای باند سیگنال دریافتی ۱۹
۲-۱-۵- فاصله بین کانال‌ها و میزان حذف کانال‌های ناخواسته ۲۰
۲-۱-۶- مدولاسیون ۲۱
۲-۲- ساختارهای متداول گیرنده ۲۳
۲-۲-۱- گیرنده‌های هیترودین ۲۳
۲-۲-۲- گیرنده‌های هومودین ۲۵
۲-۲-۳- گیرنده‌های Low IF ۲۶
۲-۳- ساختار انتخاب شده ۲۷
۳- مفاهیم و اصول اولیه مدارات باند پایه ۲۹
۳-۱- مفهوم خطینگی و نویز ۳۱
۳-۱-۱- مفهوم خطینگی و معیارهای ارزیابی آن ۳۲
۳-۱-۱-۱- نقطه‌ی فشردگی 1-dB ۳۳
۳-۱-۱-۲- نقطه‌ی قطع هارمونیک سوم ۳۴
۳-۱-۲- مفهوم نویز و معیارهای ارزیابی آن ۳۶
۳-۱-۲-۱- نویز معادل ورودی (IRN) ۳۶

۳-۱-۲-۲- عدد نویز (NF) ۳۶
۳-۲- اولویت قرارگیریVGA و Filter ۳۸
۳-۳- پیاده‌سازی بلوک تقویت‌کننده با بهره متغیر ۳۹
۳-۳-۱- تحقق آنالوگ یا دیجیتال ۳۹
۳-۳-۲- تحقق حلقه‌بسته یا حلقه‌باز ۴۱
۳-۳-۳- تحقق مد و ولتاژ یا مد جریان ۴۲
۳-۴- پیاده‌سازی بلوک فیلتر ۴۲
۳-۴-۱- انواع فیلتر از دیدگاه سیستمی ۴۲
۳-۴-۲- انواع فیلتر از دیدگاه مداری ۴۴
۳-۴-۲-۱- فیلترهای آنالوگ و دیجیتال ۴۴
۳-۴-۲-۱- فیلترهای فعال و غیر فعال ۴۵
۳-۴-۲-۱- فیلترهای زمان پیوسته و زمان گسسته ۴۵
۳-۵- مشکلات ساختار گیرنده Zero IF در مدارات باند پایه ۴۷
۳-۵-۱- آفست DC ۴۷
۳-۵-۲- نویز فلیکر ۴۹
۳-۵-۳- عدم تطابق مسیرهای I و Q ۵۰
۳-۵-۴- اعوجاج مرتبه زوج ۵۰
۳-۶- پیاده‌سازی بلوک ADC ۵۱
۴- بررسی منابع ۵۴
۴-۱- بررسی گیرنده کم‌توان مبتنی بر استاندارد ZigBee [13] ۵۵
۴-۲- بررسی VGA دیجیتال برای کاربردهای کم‌توان[18] ۶۷
۴-۳- بررسی فرستنده-گیرنده مبتنی بر استاندارد IEEE 802.15.4/ZigBee [6] ۷۲
۴-۳-۱- بررسی طراحی سیستمی مرجع [6] ۷۳
۴-۳-۲- بررسی طراحی مداری مرجع [6] ۷۶
۴-۳-۲-۱- بررسی فیلتر ۷۶
۴-۳-۲-۲- بررسی VGA ۷۸
۴-۴- بررسی چند ساختار مقایسه‌کننده ۸۰
۵- طراحی بلوک‌های باند پایه ۸۳
۵-۱- مشخصات سیستمی تعیین شده برای بلوک‌های باند پایه ۸۴

۵-۲- طراحی سیستم بلوک‌های باند پایه ۸۶
۵-۲-۱- سطح سیگنال مطلوب در ورودی ADC و رنج تغییرات بهره در Baseband Chain ۸۶
۵-۲-۲- طراحی سیستم بلوک‌های Baseband Chain ۸۷
۵-۲-۲-۱- اولویت قرارگیری فیلتر و VGA ۸۷
۵-۲-۲-۲- رنج تغییرات بهره در بلوک‌های فیلتر و VGA ۸۹
۵-۳- طراحی مداری ۹۱
۵-۳-۱- طراحی فیلتر ۹۱
۵-۳-۱-۱- طراحی ساختار فیلتر ۹۱
۵-۳-۱-۲- طراحی بلوک هدایت انتقالی ۹۵
۵-۳-۱-۲- طراحی بلوک بهره جریان ۱۰۰
۵-۳-۲- **طراحی تقویت‌کننده با بهره متغیر** ۱۰۳
۵-۳-۳- طراحی مدارات حذف آفست ۱۱۰
۵-۳-۳-۱- طراحی فیلتر بالاگذر ۱۱۱
۵-۳-۳-۲- طراحی مدار حذف آفست فیلتر ۱۱۱
۵-۳-۳-۳- طراحی مدار حذف آفست VGA ۱۱۳
۵-۴- طراحی ADC ۱۱۴
۶- نتایج و بحث ۱۱۷
۶-۱- نتایج مربوط به فیلتر ۱۱۸
۶-۱-۱- نتایج شبیه‌سازی بلوک هدایت انتقالی ۱۱۹
۶-۱-۲- نتایج شبیه‌سازی بلوک بهره جریان ۱۲۲
۶-۱-۳- نتایج شبیه‌سازی فیلتر ۱۲۴
۶-۲- نتایج شبیه‌سازی مربوط به VGA ۱۲۷
۶-۳- نتایج شبیه‌سازی مربوط به حذف آفست ۱۲۹
۶-۴- نتایج شبیه‌سازی مربوط به ADC ۱۳۰
۶-۵- نتایج شبیه‌سازی مربوط به کل مدارات باند پایه ۱۳۲
۶-۶- نتیچه‌گیری و بحث ۱۳۵
۷- منابع مورد استفاده ۱۳۶

فهرست شکلها

شکل ۱-۱- شبکه‌های حسگر بی‌سیم [1] ۷

شکل ۱-۲- لایه‌های پروتکل شبکه‌بندی بی‌سیم ZigBee [2] ۱۲

شکل ۱-۳- مقایسه استاندارد ZigBee با Blutooth و IEEE 802.11b [2] ۱۲

شکل ۱-۴- طول عمر باتری در شبکه ZigBee [4] ۱۳

شکل ۲-۱- کانال‌های IEEE 802.15.4 در باند فرکانسی 2.4^{GHz} [2] ۱۸

شکل ۲-۲- تعاریف پهنای باند سیگنال [2] ۲۰

شکل ۲-۳- سیگنال‌های ورودی برای تست مقاومت در برابر سیگنال‌های کانال‌های مجاور و متناوب [2] ۲۱

شکل ۲-۴- اثر فیلتر شکل‌دهنده موجی نصف سینوسی [2] ۲۲

شکل ۲-۵- معماری گیرنده هیترودین ۲۴

شکل ۲-۶- معماری گیرنده تبدیل مستقیم ۲۵

شکل ۲-۷- معماری گیرنده Low IF ۲۷

شکل ۳-۱- تعریف نقطه فشردگی 1-dB [5] ۳۳

شکل ۳-۲- تخریب سیگنال در اثر اینترمدولاسیون بین دو تداخل‌کننده [5] ۳۵

شکل ۳-۳- رشد مؤلفه‌های خروجی در تست اینترمدولاسیون [5] ۳۵

شکل ۳-۴- مثال‌هایی از VGA آنالوگ [14] ۴۰

شکل ۳-۵- منابع آفست DC در گیرنده تبدیل مستقیم [6] ۴۸

شکل ۳-۶- بلوک دیاگرام مفهومی Flash ADC ۵۱

شکل ۳-۷- بلوک دیاگرام Flash ADC با جزئیات بیشتر ۵۲

شکل ۴-۱- بلوک دیاگرام گیرنده‌ی پیشنهادی [13] ۵۶

شکل ۴-۲- نقطه فشردگی 1dB ورودی لازم در گیرنده [13] ۵۸

شکل ۴-۳- بلوک دیاگرام فیلتر باتروورث درجه ۳ [13] ۵۹

شکل ۴-۴- مدار هدایت انتقالی پیشنهادی مرجع[13] ۵۹

شکل ۴-۵- بلوک دیاگرام CMFF در تحقق بلوک هدایت انتقالی [32] ۶۰

شکل ۴-۶- مدار بلوک هدایت انتقالی Nauta [13] ۶۱

شکل ۴-۷- مدار بلوک هدایت انتقالی با ساختار CMFF و مقاومت خروجی بالا [32] ۶۲

شکل ۴-۸- شماتیک ساده شده بلوک هدایت انتقالی مرجع [32] ۶۳

شکل ۴-۹- بلوک دیاگرام هدایت انتقالی متغیر [13] ۶۴

شکل ۴-۱۰- شماتیک مداری بهره جریان متغیر [13] ۶۵
شکل ۴-۱۱- پاسخ فرکانسی فیلتر مرجع [13] ۶۶
شکل ۴-۱۲- خطینگی خارج از باند بر حسب کلمه کنترلی دیجیتال فیلتر در مرجع [13] ۶۶
شکل ۴-۱۳- شماتیک مفهومی بلوک تقویت‌کننده با بهره متغیر مرجع [18] ۶۷
شکل ۴-۱۴- شماتیک مداری VGA پیشنهادی [18] با جزئیات بیشتر ۶۹
شکل ۴-۱۵- نحوه‌ی پیاده‌سازی مقاومت‌های سورس مرجع [18] ۷۰
شکل ۴-۱۶- شماتیک مداری VGA استفاده شده در [34] ۷۱
شکل ۴-۱۷- بلوک دیاگرام مفهومی VGA استفاده شده در [34] ۷۱
شکل ۴-۱۸- ساختار فرستنده-گیرنده مرجع [6] ۷۳
شکل۴-۱۹- تنظیمات بهره بر اساس سطح توان سیگنال ورودی مرجع [6] ۷۵
شکل ۴-۲۰- بلوک دیاگرام سیستم RSSI در مرجع [6] ۷۶
شکل ۴-۲۱- ساختار فیلتر Gm-C مرتبه ۱ و ۲ [6] ۷۷
شکل ۴-۲۲- بلوک هدایت انتقالی استفاده شده در فیلتر [6] ۷۷
شکل ۴-۲۳- بلوک دیاگرام VGA استفاده شده در [6] ۷۸
شکل ۴-۲۴- ساختار مداری بلوک تقویت‌کننده مورد استفاده در VGA [6] ۷۸
شکل ۴-۲۵- مدار حذف آفست DC برای بلوک VGA [6] ۷۹
شکل ۴-۲۶- ساختار مقایسه‌کننده ایستا (Static Comparator) [35] ۸۰
شکل ۴-۲۷- ساختار مقایسه‌کننده Class AB Latched Comparator [35] ۸۱
شکل ۴-۲۸- ساختار مقایسه‌کننده Lewis-Gray [36] ۸۱
شکل ۴-۲۹- ساختار مقایسه‌کننده Dynamic Latched Comparator [36] ۸۲
شکل ۵-۱- تحقق بلوک‌های Baseband Chain با دو VGA و یک فیلتر [18] ۸۸
شکل ۵-۲- بلوک دیاگرام Baseband Chain به کار گرفته شده در این پروژه ۸۹
شکل ۵-۳- ساختار اولیه فیلتر استفاده شده در این پروژه [13] ۹۱
شکل ۵-۴- بلوک دیاگرام فیلتر با تروروث درجه ۳ اصلاح شده [26] ۹۴
شکل ۵-۵- ساختار بلوک هدایت انتقالی پیشنهادی [13] ۹۵
شکل ۵-۶- ساختار بلوک هدایت انتقالی پیشنهادی ۹۸
شکل ۵-۷- بلوک هدایت انتقالی دارای CMFB به همراه مدار CMFB استفاده شده ۱۰۰
شکل ۵-۸- شماتیک مداری بهره جریان متغیر [13] ۱۰۰
شکل ۵-۹- شماتیک مداری بلوک بهره جریان متغیر اصلاح شده ۱۰۱
شکل ۵-۱۰- شماتیک مداری بلوک بهره جریان متغیر اصلاح شده با قابلیت بهره‌دهی ۱،۲ و ۴ ..... ۱۰۲
شکل ۵-۱۱- مدار انتخاب شده برای پیاده‌سازی VGA [33] ۱۰۴

شکل ۵-۱۲- ساختار مداری بلوک VGA پیشنهاد شده در این پایان‌نامه ۱۰۶
شکل ۵-۱۳- بلوک تقویت‌کننده استفاده شده در مسیر فیدبک VGA ۱۰۹
شکل ۵-۱۴- تحقق مقاومت‌های خیلی بزرگ توسط ترانزیستورهای ناحیه subthreshold [31] ۱۱۰
شکل ۵-۱۵-بلوک دیاگرام سیستم حذف آفست به روش Feedback ۱۱۲
شکل ۵-۱۶- بلوک تقویت‌کننده استفاده شده در مسیر فیدبک حذف آفست فیلتر ۱۱۲
شکل ۵-۱۷- بلوک مسیر فیدبک مدار حذف آفست VGA ۱۱۴
شکل ۵-۱۸- مدار مقایسه‌کننده مورد استفاده [36] ۱۱۵
شکل ۵-۱۹- ساختار Nand استفاده شده ۱۱۵
شکل ۶-۱- جریان اتصال کوتاه خروجی و مقدار هدایت انتقالی بلوک هدایت انتقالی ۱۲۰
شکل ۶-۲- منحنی اندازه پاسخ فرکانسی بلوک هدایت انتقالی و بهره DC آن ۱۲۱
شکل ۶-۳- منحنی نویز معادل ورودی بلوک هدایت انتقالی ۱۲۱
شکل ۶-۴- منحنی توان مصرفی بلوک هدایت انتقالی به همراه اعمال شکل موج سینوسی به ورودی ۱۲۲
شکل ۶-۵- منحنی پاسخ فرکانسی بلوک بهره جریان به ازای مقادیر مختلف بهره ۱۲۳
شکل ۶-۶- منحنی‌های پاسخ زمانی بلوک بهره جریان به ازای مقادیر مختلف بهره ۱۲۳
شکل ۶-۷- منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر به ازای مقادیر مختلف بهره ۱۲۴
شکل ۶-۸- پاسخ زمانی فیلتر در حالت کمترین بهره به بیشترین ورودی ممکن ۱۲۵
شکل ۶-۹- منحنی IIP_3 مربوط به فیلتر ۱۲۵
شکل ۶-۱۰- منحنی نویز معادل ورودی فیلتر در حالت بیشترین بهره ۱۲۶
شکل ۶-۱۱- پاسخ فرکانسی VGA به ازای مقادیر مختلف بهره ۱۲۷
شکل ۶-۱۲- منحنی نویز معادل ورودی VGA ۱۲۷
شکل ۶-۱۳- منحنی IIP_3 مربوط به VGA ۱۲۸
شکل ۶-۱۴- پاسخ زمانی VGA در حالت کمترین بهره به بیشترین ورودی ممکن ۱۲۸
شکل ۶-۱۵- منحنی پاسخ فرکانسی کل سیستم BasebandChain در حالت بیشترین بهره ۱۳۰
شکل ۶-۱۶- منحنی ورودی ADC و خروجی DAC برای ورودی با فرکانس 100^{KHz} ۱۳۱
شکل ۶-۱۷- منحنی ورودی ADC و خروجی DAC برای ورودی با فرکانس 1^{MHz} ۱۳۱
شکل ۶-۱۸- پاسخ فرکانسی بلوک‌های باند پایه (تا قبل از ADC) به ازای مقادیر مختلف بهره ۱۳۲
شکل ۶-۱۹- منحنی نویز معادل ورودی مدارات باند پایه ۱۳۳
شکل ۶-۲۰- منحنی IIP_3 کل ۱۳۳

فهرست جداول

جدول۲-۱- نرخ انتقال داده و باندهای فرکانسی ZigBee [2] ۱۷

جدول ۲-۲- خلاصه مشخصات استاندارد IEEE 802.15.4/ZigBee [6] ۲۳

جدول ۴-۱- مشخصات سیستمی تعیین شده برای گیرنده مرجع[13] ۵۸

جدول ۴-۲- مشخصات گزارش شده برای بلوک Gm مرجع[13] ۶۲

جدول ۴-۳- مشخصات فیلتر پیاده‌سازی شده مرجع [13] ۶۷

جدول ۴-۴- مشخصات سیستمی مورد هدف در [6] ۷۳

جدول ۴-۵- چگونگی تغییرات بهره در بخش جلویی و رنج تغییرات توان سیگنال در باند پایه مرجع [6] ۷۴

جدول ۴-۶- مشخصات لازم برای بلوک‌های مختلف گیرنده در مرجع [6] ۷۶

جدول ۴-۷- مشخصات گزارش شده برای بلوک فیلتر پیاده‌سازی شده در مرجع [6] ۷۷

جدول ۴-۸- مشخصات گزارش شده برای بلوک VGA پیاده‌سازی شده در مرجع [6] ۷۹

جدول ۵-۱- مشخصات سیستمی تعیین شده برای بلوک‌های باند پایه ۸۵

جدول ۵-۲- رنج تغییرات ورودی و بهره در باند پایه ۸۷

جدول ۵-۳- بهره‌ی تعیین شده هر یک از بلوک‌ها به ازای ولتاژهای ورودی متفاوت ۹۰

جدول ۵-۴- بهره جریان مدار بلوک بهره جریان به ازای مقادیر مختلف سوئیچ‌ها ۱۰۳

جدول ۶-۱- مقایسه نتایج شبیه‌سازی بلوک هدایت انتقالی معمول و پیشنهادی با تغییرات ولتاژ ورودی ۱۱۹

جدول ۶-۲- مشخصات بلوک هدایت انتقالی پیشنهادی و مقایسه آن با کارهای مشابه ۱۲۲

جدول ۶-۳- مقایسه نتایج شبیه‌سازی فیلتر با چند نمونه از کارهای انجام شده ۱۲۶

جدول ۶-۳- مقایسه نتایج شبیه‌سازی VGA با چند نمونه از کارهای انجام شده ۱۲۹

جدول ۶-۴- خلاصه مشخصات مدارات باند پایه‌ی طراحی شده و مقایسه آن با کارهای انجام شده ۱۳۴

مقدمه

مقدمه

شبکه‌های حسگر بی‌سیم[1] یک شبکه متشکل از تعداد زیادی گره حسگری بی‌سیم[2] خودکار که به منظور نظارت بر شرایط محیطی و فیزیکی مانند دما، صدا، لرزش، فشار و ... با فاصله از هم پخش شده‌اند، می‌باشد.

لزوماً مکان قرار گرفتن گره‌های حسگری از پیش تعیین شده و معین نیست؛ چنین خصوصیتی این امکان را فراهم می‌کند که بتوانیم آنها را در محیط‌های خطرناک و غیر قابل دسترس از جمله دهانه کوه آتشفشان، جنگل و ... پخش کنیم. لازمه‌ی این امر، این است که بعد از رها شدن این گره‌ها به صورت تصادفی در محیط، گره‌ها خود بتوانند سازماندهی شوند و توانایی ایجاد شبکه تحت پروتکل مشخص و همکاری و هماهنگی با دیگر گره‌های موجود در شبکه را داشته باشند. سایز مناسب و توان مصرفی پایین گره‌ها، که عموماً توسط باتری تغذیه می‌شوند، نیز از دیگر ملزومات کار در چنین محیط‌هایی می‌باشد تا شبکه به مدت زمان طولانی پا برجا بماند.

هر گره حسگری شامل یک حسگر[1]، یک مبدل آنالوگ به دیجیتال[2]، یک فرستنده ـ گیرنده رادیویی[3] و یک پردازنده دیجیتال[4] می‌باشد.

1. Wireless Sensor Networks
2. Wireless Sensor Node

استانداردهای مختلفی برای ارتباطات بی‌سیم برد کوتاه معرفی و به کار برده شده است که از جمله می‌توان به IEEE 802.11/WLAN و IEEE 802.15.1/Bluetooth و ... اشاره کرد. از میان استانداردهای مختلف استاندارد IEEE 802.15.4/ZigBee مشخصاً برای پوشش کاربردهای شبکه‌های حسگر بی‌سیم با توان مصرفی پایین و هزینه نهایی ساخت ارزان به عرصه تکنولوژی عرضه شده است.

به دلیل توان مصرفی پایین شبکه‌های منطبق با استاندارد IEEE 802.15.4/ZigBee عموماً این استاندارد برای طراحی و پیاده‌سازی گره‌های حسگر بی‌سیم استفاده می‌شود. از این رو در این پایان‌نامه نیز که بخشی از یک پروژه‌ی گروهی، متشکل از ۷ نفر از دانشجویان کارشناسی ارشد ورودی ۸۸ زیر نظر اساتید محترم راهنما و تحت عنوان گروه طراحی IC شبکه‌های حسگر بی‌سیم با هدف طراحی و پیاده‌سازی یک گره حسگر بی‌سیم می‌باشد، از این استاندارد برای طراحی و شبیه‌سازی بلوک‌های مورد نظر استفاده شده است.

یکی از مهم‌ترین بلوک‌های یک گره حسگری گیرنده رادیویی است که بخش اعظمی از توان مصرفی کل گره حسگری را به خود اختصاص می‌دهد؛ علاوه بر آن عملکرد این بلوک و کیفیت دریافت سیگنال همواره بر عملکرد کل سیستم و شبکه تأثیرگذار خواهد بود. بنابراین طراحی یک گیرنده با توان مصرفی پایین همراه با حفظ کیفیت دریافت سیگنال و تحویل یک سیگنال مطلوب و باکیفیت به پردازنده جزو چالش‌برانگیزترین مسائل در زمینه‌ی طراحی مدارات مجتمع بوده است.

در این پایان‌نامه بلوک‌های باند پایه‌ی گیرنده با هدف کاهش توان مصرفی و در عین حال حفظ کیفیت سیگنال مطابق با استاندارد IEEE 802.15.4/ZigBee طراحی شده است.

این پایان‌نامه در ۷ فصل تنظیم شده است. در فصل اول به معرفی شبکه‌های حسگر بی‌سیم، بررسی چالش‌های طراحی این شبکه‌ها، استانداردهای موجود و معیارهای انتخاب استاندارد پرداخته شده است. در فصل دوم به بررسی مشخصات استاندارد IEEE 802.15.4/ZigBee و نیازمندی‌های یک گیرنده تحت این استاندارد، ساختارهای مختلف گیرنده و نهایتاً انتخاب ساختار مناسب در این پروژه می‌پردازیم. فصل سوم به معرفی بلوک‌های باند پایه و روش‌های مختلف پیاده‌سازی این مدارات و نهایتاً مشکلات اولیه طراحی این مدارات با ساختار انتخاب شده برای فرستنده گیزنده می‌پردازد. در فصل چهارم به بررسی چند نمونه از کارهای انجام شده در زمینه طراحی بلوک‌های باند پایه‌ی گیرنده

1. Sensor
2. Analog to Digital Converter
3. Transceiver
4. Digital Signal Processing

پرداخته و در فصل پنجم ساختار انتخابی و مدارات استفاده شده، چالش‌های طراحی و چگـونگی رفـع مشکلات موجود ارائه شده است. فصل ششم شامل نتایج شبیه‌سازی و بررسی و مقایسه آن با کارهـای انجام شده می‌باشد؛ و نهایتاً در فصل هفتم منابع استفاده شده ذکر شده‌اند.

فصل اول

شبکه‌های حسگر

بی‌سیم

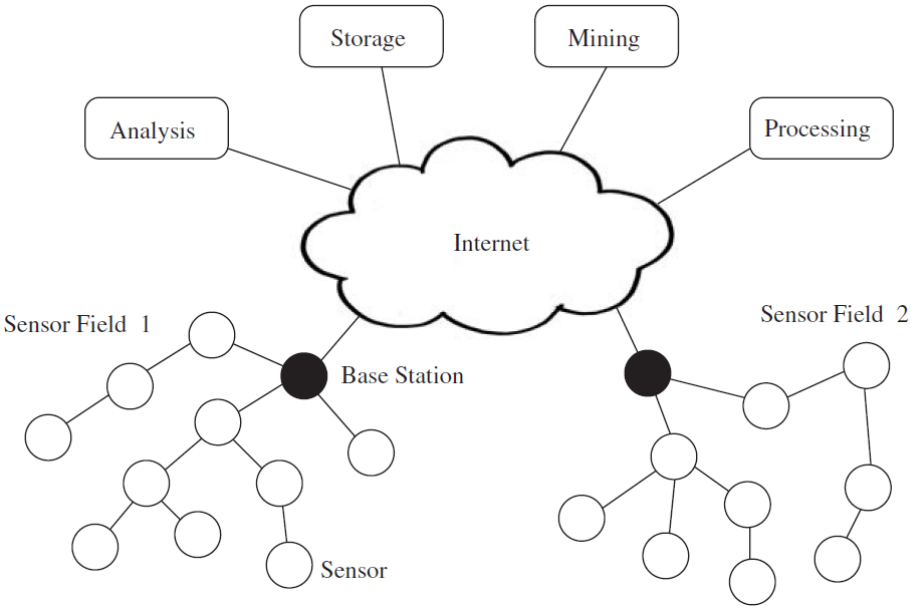
۱- شبکه‌های حسگر بی‌سیم

۱-۱- مفاهیم، تاریخچه و کاربردها

شبکه‌های حسگر بی‌سیم شامل تعداد زیادی گره حسگری می‌باشد که با فاصله از هم پخش شده‌اند تا یک پدیده‌ی فیزیکی و یا شرایط محیطی مانند صدا، فشار، دما و ... را تحت نظارت و کنترل قرار دهند؛ به عبارت دیگر زمانی که تعداد زیادی از گره‌های حسگری به صورت دسته‌جمعی یک محیط فیزیکی وسیعی را زیر نظر قرار می‌دهند یک شبکه حسگر بی‌سیم را تشکیل می‌دهند.

سنسورها پدیده‌ی فیزیکی را به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل کرده و نهایتاً داده‌ها به فرم دیجیتال که قابل پردازش و ذخیره باشند تبدیل می‌شوند. قرارگیری این حسگرها در تعداد زیادی از وسایل، ماشین‌ها و محیط‌ها، مزایای خیلی زیادی همچون زیر نظر گرفتن محیط‌های بزرگ، افزایش تولید، بهبود امنیت و ... می‌تواند داشته باشد.

به عنوان مثال شکل (۱-۱) دو میدان حسگری را که دو ناحیه جغرافیایی متفاوت را کنترل و نظارت می‌کنند و با استفاده از ایستگاه مرکزی اصلی به اینترنت محلی متصل شده‌اند را نشان می‌دهد [1].



شکل ۱-۱- شبکه‌های حسگر بی‌سیم [1]

بنابراین یک گره حسگر بی‌سیم باید علاوه بر حسگر، امکانات پردازش، ذخیره و مخابرات بی‌سیم را نیز داشته باشد.

همانند خیلی از تکنولوژی‌های دیگر صنایع نظامی دلیل اصلی و اولیه گسترش و توسعه‌ی شبکه‌های حسگر بی‌سیم بوده است؛ به عنوان مثال در سال ۱۹۷۸ نمایندگی پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی[1] کارگاه گره‌های حسگری توزیع شده[2] را با تمرکز بر چالش‌های تحقیقی شبکه‌های حسگری مانند تکنولوژی‌های شبکه‌بندی، تکنیک‌های پردازش سیگنال و الگوریتم‌های توزیع شده سازمان‌دهی کرد.

در سال‌های بعد تحقیقات زیادی توسط دانشگاه‌ها و به صورت علمی و دانشگاهی[3] بر روی حسگرهای بی‌سیم با تمرکز بر مجتمع‌سازی آنها، بهینه‌سازی نحوه‌ی شبکه‌بندی، تلاش در جهت کاهش توان مصرفی در سطح سخت‌افزاری و پیاده‌سازی بهینه در سطح نرم‌افزاری و همچنین کاهش سایز گره‌های حسگری شده است.

[1] Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)
[2] Distributed
[3] Academic