



دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

گروه الکترونیک

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته برق الکترونیک

عنوان:

**طراحی بلوک های Oscillator و Signal Shaper برای استفاده**

**در فرستنده ZigBee در فرکانس 2.4GHz در کاربرد WSN**

استاد راهنما :

**دکتر جعفر صبحی**

استاد مشاور:

**دکتر ضیاءالدین دایی کوزه کنانی**

پژوهشگر:

**علی صحافی**

شهریور ۹۰

صلى الله عليه وسلم

|  |          |
|--|----------|
| نام خانوادگی دانشجو: صحافی   | نام: علی |
| عنوان پایان نامه:  |          |
| طراحی بلوک های <b>Oscillator</b> و <b>Signal Shaper</b> برای استفاده در فرستنده <b>ZigBee</b> در فرکانس <b>2.4GHz</b> در کاربرد <b>WSN</b>   |          |
| استاد راهنما: دکتر جعفر صبحی   |          |
| استاد مشاور: دکتر ضیاءالدین دایی کوزه کنانی  |          |
| مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد   |          |
| رشته: برق - گرایش: الکترونیک طراحی مدار و سیستم دانشگاه: تبریز   |          |
| دانشکده: برق و کامپیوتر تاریخ فارغ التحصیلی: شهریور ۱۳۹۰   |          |
| کلید واژه ها: سنتز کننده فرکانسی، شکل دهنده موجی، <b>ZigBee</b> ، <b>WSN</b> ، <b>OQPSK</b> ، <b>PLL</b> ، <b>Oscillator</b>   |          |
| <p><b>چکیده:</b></p> <p>ارتباطات بیسیم برد کوتاه با توان مصرفی پایین، بیشترین تقاضا را بین همه ارتباطات بیسیم دارا است. اگر بتوان توان مصرفی دستگاه های ارتباطی که با باتری کار می کنند را به حدی پایین آورد که بتوانند با یک باتری به مدت چندین سال به کار خود ادامه دهند، یک جهش بزرگ را در تجهیز دستگاه هایی که امکان تعویض باتری برای آن ها وجود ندارد، می توان برداشت. استاندارد <b>IEEE 802.15.4/ZigBee</b> برای پوشش کاربرد هایی با توان مصرفی پایین و همچنین هزینه نهایی ساخت ارزان، به عرصه تکنولوژی عرضه شده است؛ بطوری که به علت کارکرد کوتاه مدت این دستگاه ها که کمتر از ۱٪ مدت زمان واقعی است، منبع تغذیه این دستگاه ها قادر است سال ها به عمر خود ادامه دهد. [1] یکی از بلوک های کلیدی یک فرستنده گیرنده فرکانس بالا، بلوک تولید سیگنال حامل (اسیلاتور) است. از آنجایی که این بلوک در بالاترین فرکانس سیستم کار می کند، بخش اعظمی از توان کل سیستم را مصرف می کند. [2]</p> <p>در این پایان نامه یک سنتز کننده فرکانسی (به همراه <sup>1</sup>VCO) با توان مصرفی پایین و فرکانس کاری <b>2.4GHz</b> به عنوان اسیلاتور محلی برای استفاده در گره <b>WSN</b> منطبق بر استاندارد <b>IEEE802.15.4/ZigBee</b> ارائه شده است. برای کاهش توان مصرفی و هزینه ساخت، سنتز کننده فرکانسی از نوع <b>Integer-N PLL (Phase Locked Loop)</b> انتخاب شده است. همچنین یک بلوک شکل دهنده موجی<sup>2</sup> جدید برای استفاده در مدولاتور <b>OQPSK</b> طراحی و پیاده سازی شده است.</p> <p>تمامی مدارات در تکنولوژی <b>0.18μm TSMC CMOS</b> طراحی شده و توسط نرم افزارهای <b>ATLAB, Cadence RF-Spectre</b> شبیه سازی شده اند. سنتز کننده فرکانسی طراحی شده، با توان مصرفی کل <b>5.5mw</b> قادر است تمام مشخصات مورد نیاز برای استاندارد <b>IEEE802.15.4/ZigBee</b> را تامین کند. همچنین توان مصرفی شکل دهنده موجی برابر <b>420μw</b> با حذف هارمونیک <b>THD = -36dB</b> در خروجی تفاضلی است.</p> |          |

<sup>1</sup> Voltage Controlled Oscillator

<sup>2</sup> Signal Shaper

تقدیم بہ پدر عزیزم

و بہ یاد مادر مہربانم

## تقدیر و تشکر

حمد و ستایش خدای را سزد که هرچه هست از لطف اوست.

بر خود لازم می‌دانم از زحمات اساتیدی که از ابتدای دوران تحصیل تا کنون من را در کسب علم و دانش یاری نمودند، خصوصاً اساتید محترم گروه الکترونیک دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز، تشکر و سپاسگزاری نمایم. همچنین از خانواده عزیزم که همیشه در کنار من بوده و با حمایت‌های معنوی خود زمینه موفقیت من را فراهم ساختند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

بهترین تشکراتم را تقدیم به اساتید ارجمندم دکتر جعفر صبحی و دکتر ضیاءالدین دایی کوزه-کنانی می‌نمایم که در طول این دوره با صبر و حوصله مرا راهنمایی نموده و همواره پشتیبان من بوده‌اند.

در آخر جای دارد از کلیه دوستانی که در گروه WSN به مدت یکسال صمیمانه در کنار من بوده و مرا یاری نمودند تشکر نمایم.

علی صحافی

## فهرست مطالب

|  |      |
|--|------|
| فهرست مطالب  | VI   |
| فهرست شکل ها   | VIII |
| ۱-مقدمه  | ۲    |
| ۲-ساختار کلی فرستنده گیرنده مبتنی بر ZIGBEE            | ۷    |
| ۱-۲-باند های فرکانسی                                   | ۸    |
| ۲-۲- مشخصات یک فرستنده گیرنده ZIGBEE                   | ۱۰   |
| ساختار های موجود :                                     | ۱۱   |
| ساختار استفاده شده :                                   | ۱۱   |
| ۳-سنتز کننده فرکانسی PLL:                              | ۱۶   |
| ۱-۳- ساختار کلی سنتز کننده فرکانسی PLL                 | ۱۶   |
| ۲-۳- اصول اولیه PLL                                    | ۱۸   |
| ۱-۲-۳- مدل خطی:  | ۱۸   |
| ۲-۲-۳- مشخصات کارکردی PLL                              | ۲۶   |
| ۳-۲-۳- نویز فاز در PLL                                 | ۳۴   |
| ۴-۲-۳- اثرات غیر ایده آل بودن المان ها                 | ۳۷   |
| ۴-بررسی منابع:   | ۴۵   |
| ۱-۴- سنتز کننده فرکانسی برای گیرنده BLUETOOTH          | ۴۶   |
| ۱-۱-۴- معماری سنتز کننده فرکانسی برای گیرنده Bluetooth | ۴۷   |
| ۲-۱-۴- معرفی بلوک ها                                   | ۴۸   |
| ۳-۱-۴- نتایج گزارش شده                                 | ۶۳   |
| ۲-۴- سنتز کننده فرکانسی برای فرستنده گیرنده ZIGBEE     | ۶۴   |
| ۱-۲-۴- معماری سنتز کننده فرکانسی ZigBee                | ۶۴   |
| ۲-۲-۴- معرفی بلوک ها                                   | ۶۵   |
| ۳-۲-۴- نتایج گزارش شده:                                | ۶۷   |
| ۵-طراحی سنتز کننده فرکانسی ZIGBEE:                     | ۷۱   |
| ۱-۵- طراحی سیستم سنتز کننده فرکانسی:                   | ۷۳   |
| ۲-۵- طراحی بلوک های داخلی PLL :                        | ۸۳   |
| ۱-۲-۵- PFD & Charge Pump :                             | ۸۳   |
| ۲-۲-۵- Loop Filter :                                   | ۸۴   |
| ۳-۲-۵- VCO :   | ۸۷   |
| ۴-۲-۵- Frequency Divider :                             | ۹۱   |

|          |  |
|----------|--|
| ۱۰۰..... | ۶-طراحی شکل دهنده موجی :                             |
| ۱۰۴..... | ۶-۱- ساختار اصلی شکل دهنده پالسی .....               |
| ۱۰۸..... | ۶-۲- طراحی بلوک های شکل دهنده پالسی نیم سینوسی ..... |
| ۱۰۸..... | ۶-۲-۱- مبدل دیجیتال به آنالوگ تغییر یافته .....      |
| ۱۰۹..... | ۶-۲-۲- بلوک تولید کلاک .....                         |
| ۱۱۱..... | ۶-۳- نتایج شبیه سازی شکل دهنده پالسی .....           |
| ۱۱۴..... | ۷-نتایج شبیه سازی سنتز کننده فرکانسی PLL.....        |
| ۱۲۱..... | ۸-نتیجه گیری و پیشنهادات .....                       |
| ۱۲۱..... | ۸-۱- نتیجه گیری .....                                |
| ۱۲۲..... | ۸-۲- پیشنهادات .....                                 |
| ۱۲۴..... | ۹-منابع .....  |

## فهرست شکل ها

- شکل ۱-۱ استانداردهای مربوط به ارتباطات برد کوتاه بیسیم [3] ..... ۴
- شکل ۱-۲ باندهای فرکانسی استاندارد ZIGBEE [3] ..... ۹
- شکل ۲-۲ تفکیک بیت های ارسالی به دو شاخه I, Q [3] ..... ۹
- شکل ۳-۲ بلوک شکل دهنده موجی (پالسی) ..... ۱۰
- شکل ۴-۲ بلوک دیاگرام یک فرستنده گیرنده ZERO-IF با مدولاسیون OQPSK ..... ۱۲
- شکل ۱-۳ بلوک دیاگرام PLL [2] ..... ۱۷
- شکل ۲-۳ مدل خطی PLL ..... ۲۰
- شکل ۳-۳ بلوک دیاگرام CHARGE PUMP PLL [2] ..... ۲۱
- شکل ۴-۳ پاسخ فرکانسی فیلتر حلقه ..... ۲۲
- شکل ۵-۳ نمودار درصد فراجش بر حسب حد فاز ..... ۲۴
- شکل ۶-۳ نمودار حداکثر حد فاز ممکن برای حلقه فاز PLL ..... ۲۴
- شکل ۷-۳ شبیه سازی PHASE NOISE و SPURS TONES در طیف خروجی سیگنال ..... ۳۱
- شکل ۸-۳ اثر PHASE NOISE و SPURIOUS TONES در کاهش کیفیت سیگنال دریافتی ..... ۳۲
- شکل ۹-۳ اثر I/Q MISMATCHING : الف) تطابق کامل ب) عدم تطابق دامنه پ) عدم تطابق فاز ..... ۳۳
- شکل ۱۰-۳ مدل خطی نویز PLL [2] ..... ۳۴
- شکل ۱۱-۳ پیاده سازی PHASE DETECTOR با استفاده از PFD و CP ..... ۳۷
- شکل ۱۲-۳ دیاگرام حالت بلوک PFD ..... ۳۸
- شکل ۱۳-۳ دیاگرام زمانی بلوک PFD ..... ۳۹
- شکل ۱۴-۳ پیاده سازی PFD با استفاده از DFF و گیت AND ..... ۴۰
- شکل ۱۵-۳ افزودن پالس UP و DOWN برای حذف ناحیه مرده ..... ۴۱
- شکل ۱۶-۳ ناحیه مرده در PFD [2] ..... ۴۱
- شکل ۱۷-۳ پیاده سازی تقسیم کننده بر ۴ : الف) سنکرون ب) آسنکرون ..... ۴۲
- شکل ۱۸-۳ پخش خطای JITTER در تقسیم کننده های آسنکرون ..... ۴۳
- شکل ۱-۴ دیاگرام بلوکی PLL استفاده شده در گیرنده BLUETOOTH ..... ۴۸
- شکل ۲-۴ تحقق PFD توسط گیت NAND ..... ۴۸
- شکل ۳-۴ بلوک دیاگرام CHARGE PUMP ..... ۴۹
- شکل ۴-۴ پیاده سازی CHARGE PUMP ..... ۵۰
- شکل ۵-۴ اسیلاتور LC با مقاومت منفی یک طبقه : الف) مدار اصلی ، ب) مدار معادل سیگنال کوچک ..... ۵۱
- شکل ۶-۴ شکل موج سیگنال خروجی VCO پس از شروع به نوسان ..... ۵۲
- شکل ۷-۴ اسیلاتور LC با مقاومت منفی دو طبقه : الف) مدار اصلی ، ب) مدار معادل سیگنال کوچک ..... ۵۲
- شکل ۸-۴ تولید حامل ربعی با استفاده از اسیلاتور در دو برابر فرکانس ..... ۵۴
- شکل ۹-۴ اسیلاتور مربعی ( QVCO ) ..... ۵۵
- شکل ۱۰-۴ شبکه POLYPHASE ..... ۵۶
- شکل ۱۱-۴ شبکه RC-CR ..... ۵۶
- شکل ۱۲-۴ VCO بکار رفته در گیرنده بلوتوث [2] ..... ۵۸
- شکل ۱۳-۴ بلوک دیاگرام تقسیم کننده فرکانسی PULSE SWALLOW ..... ۶۰
- شکل ۱۴-۴ بلوک دیاگرام تقسیم کننده دو حالت ۱۶/۱۵ ..... ۶۱



- شکل ۴-۱۵ پیاده سازی تقسیم کننده ۱۶/۱۵ توسط بلوک های دیجیتال ..... ۶۲
- شکل ۴-۱۶ پیاده سازی DFF بوسیله منطق CML ..... ۶۲
- شکل ۴-۱۷ نویز فاز VCO ..... ۶۳
- شکل ۴-۱۸ رنج فرکانسی VCO ..... ۶۳
- شکل ۴-۱۹ بلوک دیاگرام سنتز کننده فرکانسی ZIGBEE ..... ۶۵
- شکل ۴-۲۰ ساختار استفاده شده برای CHARGE PUMP ..... ۶۶
- شکل ۴-۲۱ ساختار VCO استفاده شده در فرستنده گیرنده ZIGBEE ..... ۶۶
- شکل ۴-۲۲ طیف سیگنال خروجی در کانال فرکانسی ۱۶ ..... ۶۸
- شکل ۴-۲۳ منحنی تغییرات فرکانسی VCO ..... ۶۸
- شکل ۴-۲۴ نویز فاز PLL در کانال فرکانسی ۱۶ ..... ۶۸
- شکل ۴-۲۵ زمان نشست PLL در تغییر فرکانس از کانال ۱ به کانال ۱۶ ..... ۶۹
- شکل ۵-۱ دیاگرام بلوکی INTEGER-N PLL ..... ۷۴
- شکل ۵-۲ جریان خروجی CHARGE PUMP به همراهم جریان نشتی ..... ۷۵
- شکل ۵-۳ دیاگرام بود تابع حلقه باز سیستم ..... ۷۹
- شکل ۵-۴ استفاده از فیلتر درجه ۱ جهت کاهش بیشتر ریبیل سیگنال ورودی ..... ۸۰
- شکل ۵-۵ پیاده سازی PLL در محیط SIMULINK ..... ۸۱
- شکل ۵-۶ ولتاژ کنترلی VC1 ..... ۸۲
- شکل ۵-۷ ولتاژ کنترلی VC2 ..... ۸۲
- شکل ۵-۸ پیاده سازی فیلتر به روش متداول ..... ۸۴
- شکل ۵-۹ بافر فیلتر حلقه ..... ۸۵
- شکل ۵-۱۰ طراحی شده VCO ..... ۸۷
- شکل ۵-۱۱ مدار کنترلی VCO ..... ۸۸
- شکل ۵-۱۲ سلف های موجود در تکنولوژی TSMC 0.18  $\mu\text{m}$  (الف) متقارن ، (ب) نامتقارن ..... ۸۹
- شکل ۵-۱۳ ضریب کیفیت سلف های مورد استفاده در تکنولوژی TSMC 0.18  $\mu\text{m}$  ..... ۹۰
- شکل ۵-۱۴ تقسیم کننده فرکانسی برپایه SWALLOW COUNTER ..... ۹۱
- شکل ۵-۱۵ دیاگرام بلوکی تقسیم کننده پیشنهادی ..... ۹۲
- شکل ۵-۱۶ بلوک دیاگرام تقسیم کننده دو حالت 8/7 ..... ۹۳
- شکل ۵-۱۷ پیاده سازی فلیپ فلاپ ها با منطق TSPC ..... ۹۴
- شکل ۵-۱۸ بلوک دیاگرام تقسیم کننده INTEGRATED P&S ..... ۹۵
- شکل ۵-۱۹ سنکرون کردن تقسیم کننده های آسنکرون ..... ۹۸
- شکل ۵-۲۰ سنکرون کردن تقسیم کننده فرکانسی ..... ۹۸
- شکل ۶-۱ اطلاعات ارسالی با سرعت 1 MBPS (الف) نمودار زمانی ، (ب) ضرایب سری فوریه ..... ۱۰۰
- شکل ۶-۲ خروجی زمانی ایده آل یک شکل دهنده پالسی HALF SINE ..... ۱۰۱
- شکل ۶-۳ شبیه سازی طیف سیگنال دیجیتالی تصادفی به ازای نرخ ارسال داده 1 MBPS ..... ۱۰۱
- شکل ۶-۴ طیف سیگنال ارسالی پس از عبور از شکل دهنده پالسی HALF SINE ..... ۱۰۲
- شکل ۶-۵ پیاده سازی شکل دهنده پالسی با استفاده از معماری DDS [11] ..... ۱۰۳
- شکل ۶-۶ دیاگرام بلوکی شکل دهنده پالسی پیشنهادی ..... ۱۰۴
- شکل ۶-۷ تقریب یک سینوسی با اعداد صحیح ..... ۱۰۴
- شکل ۶-۸ طیف خروجی یک سینوسی کامل با دامنه ۲۰ و تقریب ۲۰ نقطه ..... ۱۰۵

- شکل ۶-۹ مبدل آنالوگ به دیجیتال تغییر یافته..... ۱۰۸
- شکل ۶-۱۰ شکل موج خروجی CLOCK GENERATOR..... ۱۰۹
- شکل ۶-۱۱ بلوک CLOCK GENERATOR..... ۱۰۹
- شکل ۶-۱۲ ساختار DFF استفاده شده در ساختار CLOCK GENERATOR..... ۱۱۰
- شکل ۶-۱۳ خروجی شکل دهنده پالسی به ازای ورودی رندم..... ۱۱۱
- شکل ۶-۱۴ طیف سیگنال خروجی شکل دهنده پالسی به ازای سینوسی کامل..... ۱۱۲
- شکل ۷-۱ تغییرات فرکانس خروجی VCO بر حسب ولتاژ ورودی و مقدار آرایه خازنی..... ۱۱۴
- شکل ۷-۲ سیگنال خروجی VCO با چهار فاز ۰، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه..... ۱۱۵
- شکل ۷-۳ نویز فاز VCO..... ۱۱۵
- شکل ۷-۴ مدت زمان نشست PLL در تغییر از کانال ۱ به کانال ۱۶..... ۱۱۶
- شکل ۷-۵ طیف فرکانسی سیگنال خروجی PLL..... ۱۱۷

## فهرست جداول

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| جدول ۱-۲ | مشخصات کلی فرستنده، گیرنده ZIGBEE                             | ۱۰  |
| جدول ۱-۳ | مشخصات کارکردی سنتز کننده فرکانسی ZIGBEE                      | ۲۶  |
| جدول ۱-۴ | مشخصات کلی سنتز کننده فرکانسی گیرنده BLUETOOTH                | ۴۶  |
| جدول ۲-۴ | مشخصات INTEGER-N PLL برای فرستنده گیرنده ZIGBEE               | ۶۴  |
| جدول ۳-۴ | پارامتر های اندازه گیری شده و مورد نیاز برای این استاندارد    | ۶۹  |
| جدول ۱-۵ | مشخصات کلی فرستنده گیرنده ZIGBEE                              | ۷۲  |
| جدول ۲-۵ | مشخصات کلی مورد نیاز برای INTEGER-N PLL                       | ۷۳  |
| جدول ۳-۵ | مشخصات بدست آمده از طراحی سیستم                               | ۸۱  |
| جدول ۴-۵ | خروجی فلیپ فلاپ ها به ترتیب زمانی                             | ۹۳  |
| جدول ۵-۵ | سایز و نوع ترانزیستورهای استفاده شده                          | ۹۴  |
| جدول ۶-۵ | عملکرد گیت XNOR   | ۹۶  |
| جدول ۷-۵ | مقایسه ای بین تقسیم کننده فرکانسی طراحی شده و کارهای قبلی     | ۹۷  |
| جدول ۱-۷ | مشخصات بلوک های مختلف PLL                                     | ۱۱۸ |
| جدول ۲-۷ | پارامتر های اندازه گیری شده و مورد نیاز برای استاندارد ZIGBEE | ۱۱۸ |
| جدول ۳-۷ | مقایسه بین PLL طراحی شده و کارهای قبلی                        | ۱۱۹ |

# فصل اول

مقدمه

## ۱- مقدمه

پیشرفت‌های اخیر در زمینه الکترونیک و مخابرات بی‌سیم توانایی طراحی و ساخت حسگرهایی را با توان مصرفی پایین، اندازه کوچک، قیمت مناسب و کاربری‌های گوناگون، ممکن ساخته است. این حسگرهای کوچک که توانایی انجام اعمالی چون دریافت اطلاعات مختلف محیطی (بر اساس نوع حسگر، پردازش و ارسال آن اطلاعات) را دارند، موجب پیدایش ایده‌ای برای ایجاد و گسترش شبکه‌های موسوم به شبکه‌های بی‌سیم حسگر WSN شده‌اند.

یک شبکه حسگر متشکل از تعداد زیادی گره‌های حسگری است که در یک محیط به طور گسترده پخش شده و به جمع‌آوری اطلاعات از محیط می‌پردازند. از خصوصیت‌های منحصر به فرد شبکه‌های حسگری، توانایی همکاری و هماهنگی بین گره‌های حسگری است. هر گره حسگر روی برد خود دارای یک پردازشگر و یک فرستنده و گیرنده فرکانس بالا است که قابلیت ایجاد شبکه و همچنین ارسال و دریافت اطلاعات جمع‌آوری شده از

محیط را تحت یک پروتکل مشخص، ممکن می سازد. با اینکه هر حسگر به تنهایی توانایی ناچیزی دارد، ترکیب صدها حسگر کوچک امکانات جدیدی را عرضه می کند. در واقع قدرت شبکه های بی سیم حسگر در توانایی به کارگیری تعداد زیادی گره کوچک است که خود قادرند سازماندهی شوند و در موارد متعددی چون مسیریابی هم زمان، نظارت بر شرایط محیطی، نظارت بر سلامت ساختارها یا تجهیزات یک سیستم به کار گرفته شوند.

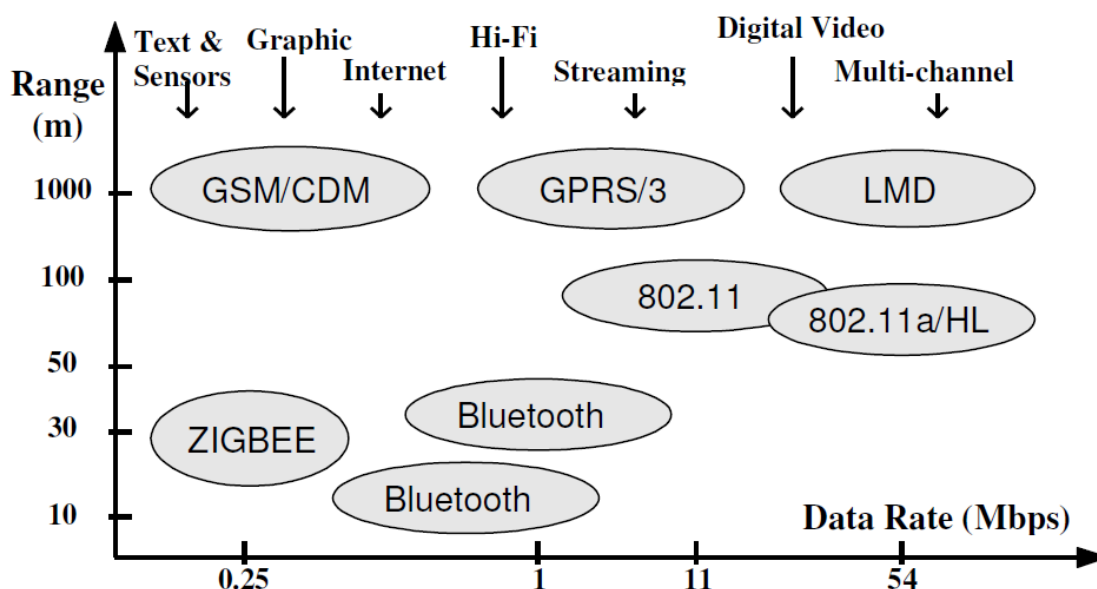
گستره کاربری شبکه های بی سیم حسگر بسیار وسیع بوده و از کاربردهای کشاورزی، پزشکی و صنعتی تا کاربردهای نظامی را شامل می شود. به عنوان مثال یکی از متداول ترین کاربردهای این تکنولوژی، نظارت بر یک محیط دور از دسترس است. مثلاً نشتی یک کارخانه شیمیایی در محیط وسیع کارخانه می تواند توسط صدها حسگر که به طور خودکار یک شبکه بی سیم را تشکیل می دهند، نظارت شده و در هنگام بروز نشت شیمیایی به سرعت به مرکز اطلاع داده شود.

لزوماً مکان قرار گرفتن گره های حسگری، از قبل تعیین شده و مشخص نیست. چنین خصوصیتی این امکان را فراهم می آورد که بتوانیم آنها را در مکان های خطرناک و یا غیرقابل دسترس که اکثراً امکان دسترسی به شبکه برق محلی را ندارند، رها کنیم. مشخصاً لازمه استفاده از WSN در چنین محیط هایی مصرف توان پایین و قابلیت کار آنها به مدت زمان مناسب توسط باتری می باشد که انتخاب یک استاندارد مناسب برای ارتباط این گره های حسگری را امری ضروری می سازد.

در اواخر سده اخیر، استانداردهای جدیدی برای ارتباطات بیسیم برد کوتاه وارد عرصه تکنولوژی شدند. در سال ۱۹۹۷، IEEE با انتشار پروتکل (802.11) WLAN با سرعت انتقال اطلاعات 2Mbps اولین گام را در این راه برداشت. امروزه ویرایش های جدیدتری از این پروتکل از جمله استاندارد 802.11a با سرعت انتقال داده 54Mbps و 802.11b با

سرعت 11Mbps جزو پرکاربردترین استانداردهای مورد استفاده در شبکه های بیسیم محلی است.

اخیرا به علت افزایش استفاده از وسایل ارتباطی بیسیم، در برد مسافتی کوتاه تر (کمتر از ۵۰ متر) و نیاز به توان مصرفی بسیار پایین، پروتکل جدیدی به نام WPAN<sup>1</sup> به بازار عرضه شد. اولین ویرایش این پروتکل به نام IEEE 802.15.4 (LR-WPAN) در سال ۲۰۰۳ برای استفاده در کاربردهایی با سرعت انتقال داده پایین ارائه شد. در سال ۲۰۰۴ نیز ده ها شرکت تجاری از سراسر جهان با تشکیل کنسرسیومی، اقدام به طراحی استاندارد به نام ZigBee کردند که تمام لایه های شبکه را تعریف کرده و لایه فیزیکی آن مبتنی بر استاندارد IEEE 802.15.4 است. اکنون صد ها شرکت بزرگ مانند Siemens, LG, Samsung, Texas instrument با عضویت در این کنسرسیوم، تجهیزات مختلفی را برای استفاده در کاربرد های متنوع تولید می کنند. شکل (۱-۱) چارتی از استانداردهای ارائه شده برای ارتباطات بیسیم برد کوتاه را نشان می دهد.



شکل ۱-۱ استانداردهای مربوط به ارتباطات برد کوتاه بیسیم [3]

<sup>1</sup> Wireless Personal Area Network

به علت توان مصرفی بسیار پایین استاندارد ZigBee، در اکثر کاربردهای WSN برای کاهش توان مصرفی، از این استاندارد استفاده می شود. از این رو بلوک های طراحی شده در این پایان نامه که بخشی از پروژه طراحی یک گره WSN است منطبق بر استاندارد ZigBee است.

یکی از مهمترین بلوک های یک فرستنده گیرنده رادیویی، بلوک تولید کننده سیگنال حامل (اسیلاتور محلی) است. وظیفه این بلوک تولید سیگنال حامل از چند مگاهرتز تا چند گیگاهرتز (بسته به کاربری مورد نظر) برای ارسال اطلاعات در محیط است. از آنجایی که این بلوک جزو پر مصرف ترین بلوک های یک فرستنده گیرنده فرکانس بالاست، همواره طراحی این بلوک جزو چالش برانگیزترین مسائل، پیش روی طراحان IC بوده است. هدف از انجام این پایان نامه طراحی یک سنتز کننده فرکانسی (به همراه VCO) با توان مصرفی پایین به عنوان اسیلاتور محلی برای استفاده در استاندارد IEEE 802.15.4/ZigBee و بلوک شکل دهنده موجی برای استفاده در مدولاتور OQPSK می باشد. طراحی بلوک ها بر پایه کاهش توان مصرفی با حفظ کیفیت سیگنال خروجی استوار است. تمام مدارات در تکنولوژی 0.18  $\mu\text{m}$  TSMC CMOS طراحی و شبیه سازی شده اند.

این پایان نامه در ۹ فصل تنظیم شده، در فصل دوم به معرفی کاربرد ها و ساختار های موجود برای یک فرستنده، گیرنده ZigBee می پردازیم و فصل سوم به معرفی سنتز کننده فرکانسی بر پایه PLL و اصول اولیه آن می پردازد. فصل چهارم به بررسی کارهای انجام شده در زمینه طراحی سنتز کننده های فرکانسی اختصاص می یابد. در فصل پنجم روش کار را معرفی کرده و سیستم پیشنهادی و مدارت استفاده در سنتز کننده فرکانسی ارائه می گردد. فصل ششم به معرفی ساختار جدید ارائه شده برای شکل دهنده موجی می پردازد. فصل هفتم نتایج شبیه سازی سیستم پیشنهادی بررسی خواهد شد و در فصل هشتم نتیجه گیری و پیشنهادها و منابع استفاده شده در فصل نهم ارائه می گردد.



# فصل دوم

ساختار کلی فرستنده،

گیرنده مبتنی بر

ZigBee

## ۲- ساختار کلی فرستنده گیرنده مبتنی بر ZigBee

امروزه جهت گیری شرکت های بزرگ تولید لوازم الکترونیکی در گوشه نقاط جهان در جهت کاهش ابعاد و وزن ابزارهای مورد استفاده در جوامع امروزی است. در لوازم قابل حمل مانند گوشی های تلفن همراه، بخش منبع تغذیه جزو جایگزین ترین و پرهزینه ترین بخش های لوازم ارتباطی است. از این رو کاهش توان مصرفی این ابزار باعث کاهش ابعاد و هزینه و در نتیجه گسترش استفاده از آن ها در کاربردهای مختلف می شود. در کاربردهایی با سرعت تبادل داده پایین که مهم ترین چالش در آن کاهش توان مصرفی بوده و همچنین وسیله مورد نظر قادر است در محدوده فرکانسی استاندارد IEEE 802.15.4 کار کند، ZigBee بهترین انتخاب است. این نوع کارایی محدوده وسیعی از کاربرد ها را پوشش می دهد؛ از جمله استفاده در صنعت به عنوان بخش حسگر و مونیتورینگ چرخه تولید، در محیط زیست برای کنترل محیط های دور از دسترس [4]، در محیط های شهری برای کنترل ترافیک هوشمند [5]، تجهیز خانه ها به سیستم جامع امنیت شهری، در کاربردهای نظامی برای کنترل نقاط مرزی و در بیمارستان ها برای تحت نظر گرفتن بیماران [6-8] و هزاران کاربرد دیگر.

بعضی از این کاربردها نیاز به دسترسی چندین کانال ارتباطی را دارند مانند بخش حس گری و مونیترینگ، برخی سرعت انتقال داده کمتری را نیاز دارند مانند ابزارهای کنترل از راه دور که به علت قابلیت تغییر و انعطاف پذیری بالا، پروتکل ZigBee کاربردهای بی شماری را تحت پوشش قرار می دهد.

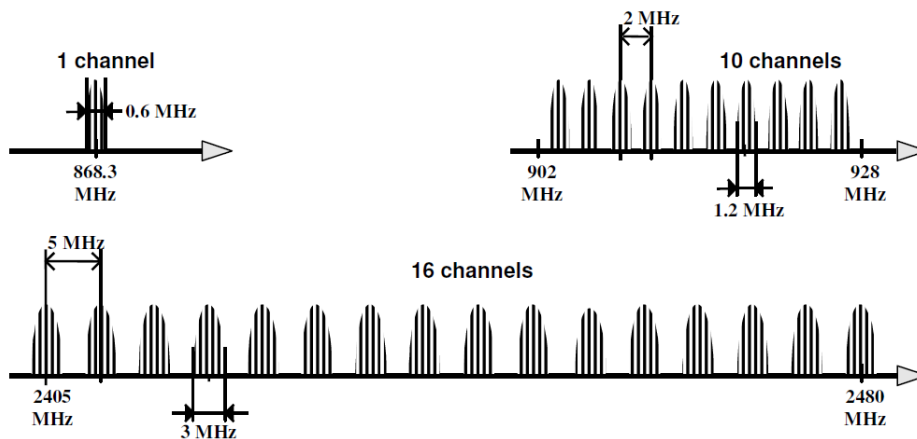
در این فصل پارامترهای عملکرد یک فرستنده، گیرنده ZigBee توصیف شده و تعدادی از ساختارهای متداول بررسی می شود. در انتها عملکرد متداول ترین ساختار با جزئیات بیشتری بررسی شده، مختصری از بلوک های داخلی آن شرح داده می شود.

## ۲-۱- باند های فرکانسی

استاندارد IEEE 802.15.4/ZigBee سه باند فرکانسی مختلف را پوشش می دهد [1]. اولین باند، فرکانس 868MHz است که فقط از یک کانال فرکانسی تشکیل شده است که توسط مدولاسیون<sup>۱</sup> BPSK اطلاعات را با سرعت 20kbps ارسال و دریافت می کند. این باند فرکانسی مخصوص استفاده در قاره اروپاست. دومین باند، حوزه فرکانسی 915MHz است که از ۱۰ کانال فرکانسی تشکیل شده است و داده ها را با سرعت 40kbps در مدولاسیون BPSK ارسال می کند. این باند فرکانسی نیز مخصوص استفاده در منطقه آمریکای شمالی، استرالیا، نیوزلند و چند کشور آمریکای جنوبی است [1]. سومین باند فرکانسی که در فرکانس 2.4GHz قرار گرفته است، از ۱۶ کانال فرکانسی تشکیل شده و اطلاعات را با حداکثر سرعت 250kbps تحت مدولاسیون<sup>۲</sup> OQPSK ارسال می کند. از آنجاییکه این باند فرکانسی مخصوص منطقه یا کاربرد خاصی نیست، در تمام نقاط جهان و برای کاربردهای مختلف قابل استفاده است. شکل (۲-۱) باند های فرکانسی استفاده شده در پروتکل ZigBee را نشان می دهد. از آنجاییکه باند فرکانسی 2.4GHz تنها باند فرکانسی آزاد ZigBee است، این باند فرکانسی به عنوان فرکانس حامل اکثر دستگاه هایی که تحت پروتکل

<sup>۱</sup> Binary Phase Shift Keying

<sup>۲</sup> Offset Quadrature Phase-Shift Keying



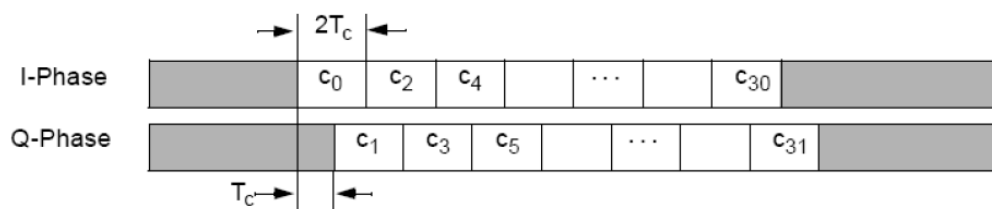
شکل ۱-۲ باندهای فرکانسی استاندارد ZigBee [3]

ZigBee کار می کند، مورد استفاده قرار می گیرد. از این رو در این پروژه نیز از این باند فرکانسی برای ارسال و دریافت اطلاعات استفاده شده است.

## ۲-۲- مدولاسیون و نوع شکل دهی موجی

مدولاسیون مورد استفاده در استاندارد ZigBee 2.4GHz از نوع OQPSK با شکل دهی موجی (پالسی) نیم سینوسی<sup>۱</sup> می باشد. این مدولاسیون از تکنیک DSSS<sup>۲</sup> برای بهبود BER<sup>۳</sup> در SNR<sup>۴</sup> ثابت استفاده می کند. تکنیک DSSS در فصل ۴ مرجع [1] بطور کامل توضیح داده شده است.

اطلاعات ارسالی پس از کد شدن توسط DSSS به صورت سریال وارد مدولاتور شده ، به دو



شکل ۲-۲ تفکیک بیت های ارسالی به دو شاخه I, Q [3]

<sup>1</sup> Half-Sine Pulse Shaping

<sup>2</sup> Direct-Sequence Spread Spectrum

<sup>3</sup> Bit Error Rate

<sup>4</sup> Signal to Noise Ratio