

基于 CC2420 的 ZigBee 通信节点的设计与实现

孙锦中

(上海电力学院 电子信息工程系, 上海 200090)

摘要: 介绍了利用 CC2420 和 LPC213X 搭建的符合 ZigBee 标准的嵌入式节点, 并设计了相应的接口软件。

关键词: ZigBee; IEEE802.15.4; CC2420

中图分类号: TN921

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)19-0022-003

Design and implementation of ZigBee communication node based on CC2420

SUN Jin Zhong

(Department of Electronic Information Engineering, Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China)

Abstract: This paper introduced used CC2420 and LPC213X to build an embedded ZigBee node and designed the interface software.

Key words: ZigBee; IEEE 802.15.4; CC2420

随着社会的发展,人们对通信技术的要求日益提高,无线通信技术在其中扮演着越来越重要的角色。ZigBee 作为一种国际标准短距离无线通信协议,其协议栈体系结构是基于标准七层开放式系统互联参考模型(OSI),IEEE 802.15.4-2003 标准定义了下面的两层:物理层(PHY)和媒体接入控制子层。网络层、应用会聚层、应用层则由 ZigBee 联盟制订。

IEEE 802.15.4-2003 有三个 PHY 层,包括单个分离的频率范围:868 MHz、915 MHz 和 2.4 GHz。低频率 PHY 层包括 868 MHz 欧洲频段和 915 MHz 美国及澳大利亚频段,高频段 PHY 层为全球通用。

ZigBee 协议标准具有如下特点:成本低、功耗低、时延短、网络容量大、可靠性高、安全和传输距离远。ZigBee 技术主要应用在短距离范围内的低速率电子设备之间的数据传输,因此非常适用于家电和小型电子设备的无线控制指令传输,其典型的传输数据类型包括周期性数据、间歇性数据和重复低反应时间数据等。ZigBee 联盟预测的主要应用领域包括工业控制、消费类电子设备、汽车自动化、农业自动化和医用设备控制等。

1 CC2420 射频芯片

CC2420 是 Chipcon 公司(现被美国德州仪器公司收)推出的,用来实现 ZigBee 应用的单片 RF 收发器,它具有高度集成、低成本、低电压、低功耗等特点,支持 2.4 GHz IEEE 802.15.4/ZigBee 协议,内置数字直接序列扩频调制解调模块,其数据通信速率可达 250 Kb/s。

CC2420 射频芯片的特征如下:第一款真正的 2.4 GHz 符合 IEEE 802.15.4 标准的射频收发器,具备基带调制解调和 MAC 层支持功能;自动生成帧引导序列,插入和检测同步字,CRC-16 计算和校验,空闲信道评估,接收信号强度指示(RSSI)和链路质量指示(LQI)以及三种模式的 MAC 安全保护;直接序列扩频(DSSS)基带调制解调,码片速率达 2 MChip/s,有效数据速率达 250 Kb/s;同时适用于 RFD 和 FFD;超低电流消耗(RX:18.8 mA, TX:17.4 mA);片上稳压器提供 2.1~3.6 V 的低电压,外部稳压器提供 1.6~2.0 V 的低电压;可编程输出功率;无需外接滤波器,只需要接入晶振和很少的无源元器件;同相信号和正交相位信号低中频接收器和直接升频转换发送;128 B 发送数据缓存,128 B 接收数据缓存;CTR 加密/解密,CBC-MAC 验证,CCM 加密/解密+验证,单独的 AES 加密;电源监控;QLP-48 封装,芯片大小为 7 mm×7 mm。

CC2420 射频收发器和少量无源元件(电阻、电容、电

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 25

感和 PCB 天线)构成 CC2420 射频模块,形成标准接插件,减少了与微控制器(MCU)的接口,方便研发设计和批量生产。

TI 公司和 Microchip 公司都免费为用户提供 CC2420 射频模块的设计原理图和 PCB 版图。此外, TI 公司提供 CC2420 射频模块 CC2420EM, Microchip 公司提供 CC2420 射频模块 2.4 GHz RF CARD。本文采用 Microchip 公司的 2.4 GHz RF CARD 作为射频收发器。

2.4 GHz RF CARD 与 MCU 的接口如图 1 所示。

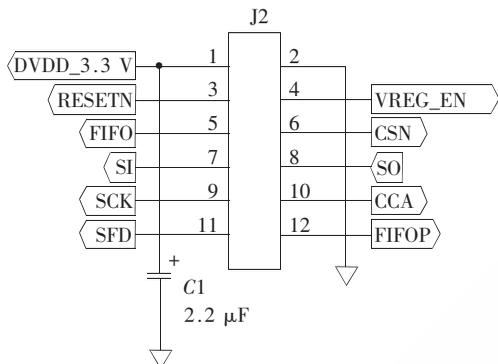


图 1 2.4 GHz RF CARD 与微控制器接口

2 CC2420 与 LPC213X 的硬件接口

LPC213X 是 NXP 公司推出的支持实时仿真的 ARM7TDMI-S 32 位 MCU。基于 ARM7 和 CC2420 的嵌入式 ZigBee 节点的总体硬件结构如图 2 所示。

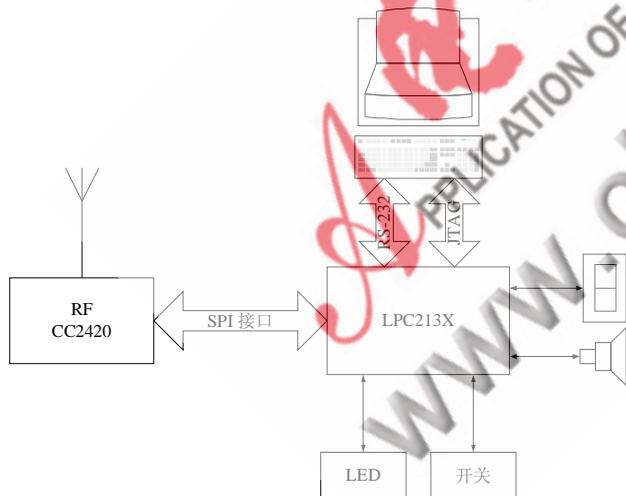


图 2 ZigBee 节点硬件结构图

射频部分选用 CC2420 作为 IEEE 802.15.4RF 芯片。MCU 部分选用 ARM7TDMI-S LPC213X。在设计 ZigBee 节点时预留了 JTAG 调试端口,利用 JTAG 接口来调试和下载程序;通过 RS-232 串口提供调试过程中的信息并与 PC 机交互 ZigBee 组网过程中的信息;通过 SPI 接口与 CC2420 射频模块相连,收发无线分组数据,且引出测试点以便使用示波器观察各点的波形;并且预留了一些 GPIO 供灵活使用,例如,与开关、蜂鸣器、LED 和八

段数码管等的连接。

由于功能复杂,程序代码量较大,ZigBee 组网中的协调器和路由器选用 LPC2138 (32 KB RAM/512 KB Flash)处理器。终端设备为 RFD,因其功能单一,程序代码量较小,因此可以选用 LPC2131 (8 KB RAM/32 KB Flash)或者 LPC2132 (16 KB RAM/64 KB Flash)处理器,以节约成本。CC2420 与 MCU 的接口如图 3 所示。

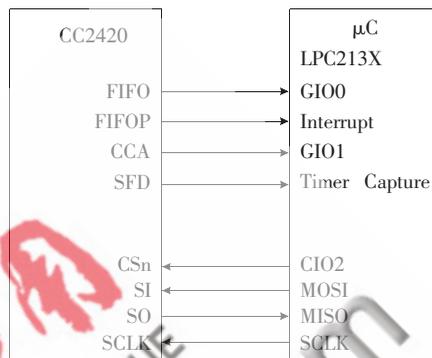


图 3 CC2420 与微控制器接口

CC2420 的引脚 SI、SO、SCLK 和 CSn 分别与 MCU 的 MOSI、MISO、SCLK 和 GIO2 引脚相连,如果微控制器有硬件 SPI 接口则可以更方便地操作 CC2420;引脚 FIFO、FIFOP 与 MCU 的 GIO0 引脚以及 Interrupt 引脚相连;CCA 与 MCU 的 GIO1 引脚相连;帧开始定界符 SFD 与 MCU 的 Timer Capture 引脚相连。

在如图 3 所示的 ZigBee 嵌入式系统中,MCU 通过以下方式对 CC2420 进行控制和操作:MCU 通过四线 SPI 总线(SI、SO、SCLK 和 CSn)来与 CC2420 进行双向通信,向其发送控制指令,并通过 SPI 总线回读 CC2420 的状态信息;MCU 利用中断的方式来读写 CC2420 的先进先出寄存器(FIFO),获取无线通信数据;通过读取 CC2420 的 CCA 引脚状态信息来进行空闲信道评估;MCU 通过与 CC2420 的 SFD 引脚相连,向 CC2420 发送时序信息,表示一帧数据的开始(特别是对于信标网络)。

3 软件接口设计

CC2420 RF 芯片在硬件上支持部分 IEEE 802.15.4 数据帧格式,如图 4 所示。



图 4 CC2420 数据帧格式

同步头包括前导序列和帧定界符(SFD)。在 CC2420 中,前导序列长度和帧定界符 SFD 是可以配置的,复位值是 4 B 和 1 B,符合 IEEE 802.15.4 标准。物理头为 1 B,其中帧长度域共 7 bit,规定了 PSDU 的字节数。PSDU 是一个可变长度域,承载着物理层的分组数据,包含 MAC

子层帧。

软件接口设计主要包括以下部分：

(1)LPC213X 及板极设置。

对 LPC213X 的初始化包括：IRQ 中断、串口、计时器以及 SPI 的初始化。

IRQ 中断初始化包括设置：中断通道号、中断服务程序入口地址和中断使能。串口中初始化包括设置：引脚功能、字长、奇偶校验、波特率、串口中断通道号、中断服务程序入口地址和中断使能。计时器初始化包括设置：计时器的预分频，即 32 bit TC 每经过 PR+1 个 pelk 周期加 1；设置计数器 TC 为 0，同时对 IR 写入 0xFF 清除计时器的中断寄存器；设置串口中断通道号、中断服务程序入口地址和中断使能，并启动计时器。SPI 初始化包括设置引脚功能和 SPI 时钟计数寄存器。寄存器的值表示构成一个 SPI 时钟的 pelk 周期的数据。该寄存器的值必须为偶数，且其值还必须 ≥ 8 。如果寄存器的值不符合上述条件，可能导致产生不可预测的动作。SPI 速率的计算：pelk 速率/SPCCR 值。pelk 速率为 CCLK/VPB 的除数，由 VPBDIV 寄存器的内容决定。此外，还设置 SPI 控制寄存器 SPCR(CPHA、CPOL、MSTR、LSBF 和 SPIE)。

板级初始化包括：对一些 I/O 口的功能选择设置、按键和 LED 发光二极管以及 LED 八段数码管的配置。设置按键的状态位，置位或者清零 I/O 口来设置按键的初始状态；设置 LED 发光二极管的状态位，置位或者清零 I/O 口来设置 LED 发光二极管的初始状态；设置 LED 八段数码管的状态位，对 ZLG7289 进行操作及设置 LED 八段数码管的初始状态。

(2)CC2420 内部寄存器的设置

CC2420 内部有 33 个配置和状态寄存器、15 个命令寄存器以及 2 个 8 bit FIFO 寄存器 RXFIFO 和 TXFIFO。设置 CC2420 模块为自动 ACK 状态，设置 MDMCTRL0 为 0x0AF2；设置 CORR_THR 的值为 20，即设置 MDMCTRL1 的值为 0x0500；设置 FIFOP_THR 的值为 127，当 RXFIFO 中的字节数超过 FIFOP_THR 时，FIFOP 变为高电平（这是一个门限值）；设置 FREQ 为 357，即设置 FSCTRL 为 0x4165，选择 2405 MHz，第 11 信道。基准频率 F_C 计算如下：

$$F_C = 2\,048 + \text{FREQ}[9:0] \text{MHz}$$

设置 PA_LEVEL 的值为 31，即 TXCTRL 的值为 0xA0FF，表示输出功率为 0 dBm。PA_LEVEL 和输出功率以及典型的电流消耗如表 1 所示。

表 1 2.4 GHz RF 输出功率设置

| PA_LEVEL | RF 寄存器 TXCTRL | 输出功率/dBm | 电流消耗/mA |
|----------|---------------|----------|---------|
| 31 | 0xA0FF | 0 | 17.4 |
| 27 | 0xA0FB | -1 | 16.5 |
| 23 | 0xA0F7 | -3 | 15.2 |
| 19 | 0xA0F3 | -5 | 13.9 |
| 15 | 0xA0EF | -7 | 12.5 |
| 11 | 0xA0EB | -10 | 11.2 |
| 7 | 0xA0E7 | -15 | 9.9 |
| 3 | 0xA0E3 | -25 | 8.5 |

设置完 LPC213X，并对 CC2420 寄存器进行配置后，可以自己编写程序实现节点之间的收发，也可以移植协议栈到该目标系统，实现基于 ZigBee 的组网技术。

本文采用 NXP 公司的 LPC213X MCU 和 Chipcon 公司的 CC2420 射频芯片，完成了符合 ZigBee 标准的嵌入式节点的硬件以及相应的接口软件的设计。该 ZigBee 嵌入式节点成本低、功耗小，可以用电池供电，具有功能强大、扩展灵活、结构简单、输出功率可编程、安全可靠等特点，对于实现无线传感器网络具有重要意义，特别适合于工业监控、消费类电子和无线传感器网络等领域。

参考文献

- [1] ZigBee Alliance. ZigBee specification V1.0. USA, June 27, 2006.
- [2] Texas Instruments. 2.4 GHz IEEE 802.15.4/ZigBee-ready RF transceiver V1.3. USA, October 3, 2005.
- [3] 金纯, 罗租秋, 罗凤, 等. ZigBee 技术基础及案例分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.

(收稿日期: 2010-06-04)

作者简介:

孙锦中, 男, 1981 年生, 硕士, 助教, 主要研究方向: 嵌入式系统, 智能传感器的应用。