

基于 ATmega128L 与 CC2420 的 无线传感器网络节点的研究与实现

卢崇, 马建仓, 王吉富

(西北工业大学 电子信息学院, 陕西 西安, 710072)

摘要:介绍了一种基于 ATmega128L 和 CC2420 在 2.4GHz 频带下工作的无线传感器网络节点的设计和实现,详细讨论了各部分的硬件组成。实验表明,节点可以灵活构成无线传感器网络,节点组成的网络系统性能稳定、通信效率高、功耗低,可广泛应用于控制、信号采集与传输等领域。

关键词: ATmega128L 单片机 CC2420 芯片 无线传感器网络 节点

无线传感器网络是新兴的研究领域,在军事、环境、健康、家庭、商业领域等许多方面有着巨大的潜在应用前景。无线传感器网络节点是组成网络的基本单元,无线传感器网络的迅速发展,给无线传感器网络节点的设计和管理提出了许多挑战。

1 无线传感器网络节点

无线传感器网络是集数据采集、处理及通信功能于一体的分布式自组织网络。无线传感器网络由在一定区域范围内的多个具有无线通信、传感、数据处理功能的网络节点组成。传感器节点负责采集、处理、压缩数据、中转其他节点的数据包并将数据包发送出去。在不同的应用中,传感器网络节点的结构不尽相同,一般由数据采集单元(传感器、A/D 转换器)、数据处理和控制单元(微处理器、存储器)、无线通信单元(无线收发器)和供电单元(电池)等组成。

相对于传统无线网络节点,无线传感器网络节点具有明显的技术特点^[2,3]:(1)网络节点密度高,数量大;(2)节点的计算和存储能力有限;(3)节点体积微小,通常携带能量十分有限的电池,节点能量有限;(4)通信能力有限,传感器网络的通信带宽较窄,节点间的通信单跳距离通常只有几十到几百米,因此在有限的通信能力下如何设计网络通信机制以满足传感器网络的通信是必须考虑的问题;(5)各传感器节点位置随机分布,具有自组织特性。

由于无线传感器网络节点具有以上特点,在节点的设计上,要求节点硬件成本较低、必须低能耗、必须支持多跳的路由协议。IEEE 802.15.4/ZigBee 协议充分考虑了无线传感器网络应用的需求,具有设备省电、通信可靠、网络自组织、自愈能力强、成本低廉、网络容量大、网络安全等特点。由这些基本要求,进行了支持 802.15.4/

ZigBee 协议的无线传感器网络节点的硬件设计。

2 网络结构

节点可以组成三种拓扑结构：星型结构、网状结构 (Mesh) 和簇状结构 (Cluster tree)。节点以自组织形式构成网络、每个节点都可以自主采集数据，数据通过单跳方式或多跳中继方式送到汇聚节点 (Sink 节点)。汇聚节点将收集的数据发送到远程的控制中心，或通过 RS232 接口把数据发送给 PC 机进行数据处理和存储。

3 节点设计

节点硬件采取模块化结构设计如图 1 所示，由运算及通信子板、传感器子板、充电及状态显示子板构成。运算及通信子板由微处理器、数据存储电路、无线通信模块、电源管理模块等组成，主要作用是储存、处理数据，完成节点间的无线通信并为系统提供能量。传感器子板由若干传感器组成，负责监测区域内信息的采集。充电及状态显示子板由充电模块和 LCD 液晶显示模块组成，用来显示节点电池充电情况节点的工作状态以及电池的电量。

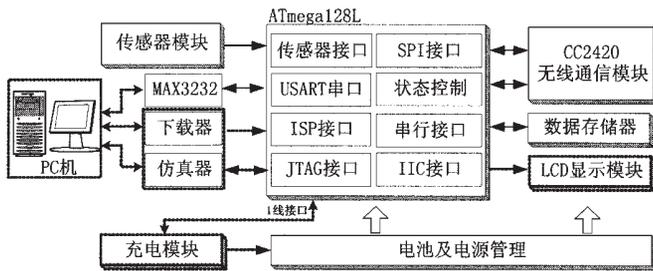


图 1 节点系统结构图

3.1 微处理器电路

微处理器电路采用 Atmel 公司的 ATmega128L 微控制器^[1-4]，它采用低功耗 CMOS 工艺生产，基于 RISC 结构，具有片内 128KB 的程序存储器 (Flash)、4KB 的数据存储器 (SRAM) 和 4KB 的 EEPROM，有 8 个 10 位 ADC 通道、2 个 8 位和 2 个 16 位硬件定时/计数器、8 个 PWM 通道，具有可编程看门狗定时器和片上振荡器、片上模拟比较器、JTAG、UART、SPI、PC 总线等接口。ATmega128L 可在多种不同模式下工作，除了正常操作模式外，还具有六种不同等级的低功耗操作模式，因此该微控制器适合于低功耗的应用场合。其接口示意图如图 2 所示。

ATmega128L 的工作时钟源可以选取外部晶振、外部 RC 振荡器、内部 RC 振荡器、外部时钟源等方式。工作时钟源的选择通过 ATmega128L 的内部熔丝位来设计，熔丝位可以通过 JTAG 编程、ISP 编程等方式设置。本设计中 ATmega128L 采用两个外部晶振：7.3728MHz 晶振作为 ATmega128L 的工作时钟；32.768kHz 晶振作为实时时钟源。

3.2 数据存储电路

由于无线传感器节点的通信模块传输能力有限，加上节点工作的占空比非常小，很多数据不能实时转发出

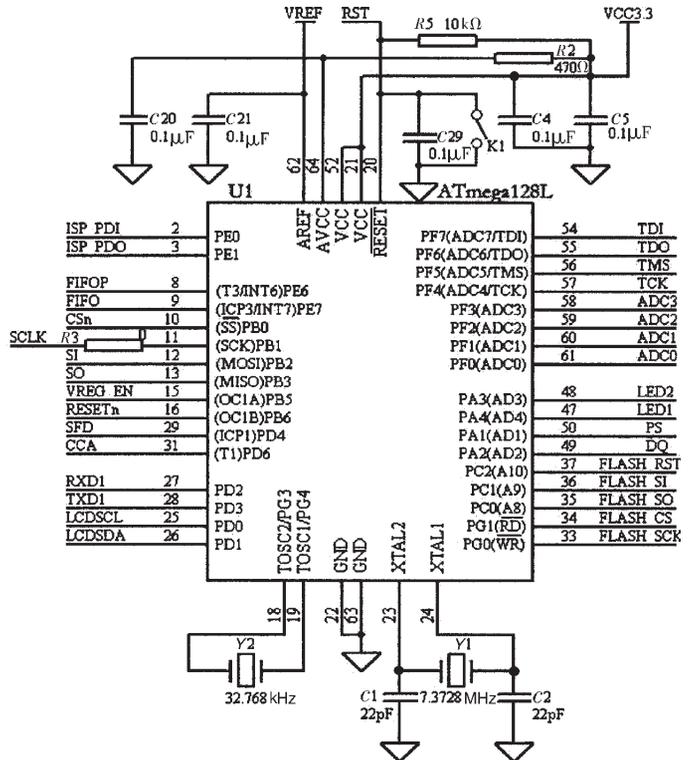


图 2 微处理器接口示意图

去，所以需要有一个可管理的存储器存储这些数据，暂存自己采集的或需要转发的其他节点采集来的数据。

本设计选用 512KB 串行 FLASH AT45DB041 存储数据。与普通的数据存储器相比，该芯片具有功耗低、体积小、串行接口、外部电路简单等特点，适合传感器节点使用。数据存储电路示意图如图 3 所示。

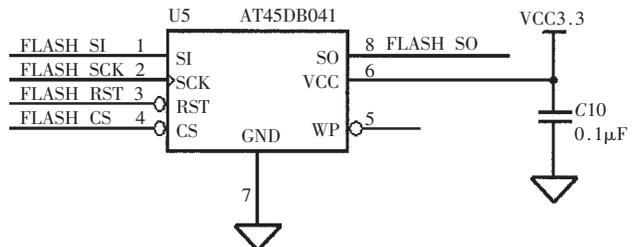


图 3 数据存储电路示意图

3.3 无线通信模块

无线通信模块采用无线射频 CC2420 模块^[5]。它是 Chipcon 公司在 2003 年底推出的一款兼容 2.4GHz IEEE 802.15.4 标准的无线收发模块，基于 Chipcon 公司的 SmartRF 03 技术，使用 CMOS 工艺生产，工作电压低、能耗低、体积小，具有输出强度和收发频率可编程等特点。该芯片只需晶体振荡器及负载电容、输入/输出匹配元件和电源去耦电容等很少的外部元件即可正常工作，可确保短距离通信的有效性和可靠性，其最大收发速率为 250kbps。

CC2420 有 33 个 16 位配置寄存器、15 个命令选通寄存器、1 个 128 字节的发送 FIFO 缓存区、1 个 128 字节的

接收 FIFO 缓存区、1 个 112 字节的安全信息存储器。

CC2420 与处理器的连接比较简便,它使用 SFD、FIFO、FIFOP 和 CCA 四个引脚表示收发数据的状态;处理器通过 SPI 接口(CSn、SO、SI、SCLK)与 CC2420 交换数据、发送命令,使用 RESETn 引脚复位芯片,使用 VREG_EN 引脚使能 CC2420 的电压调整器,使其产生 CC2420 所需要 1.8V 电压,从而使 CC2420 进入正常工作的状态;CC2420 通过单极天线或 PCB 天线进行通信。其模块示意图如图 4 所示。

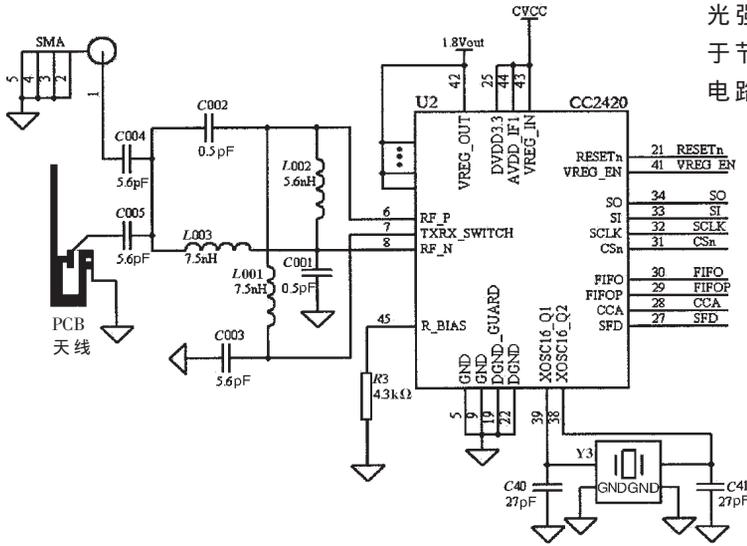


图 4 无线通信模块示意图

CC2420 需要 16MHz 的参考时钟用于数据的收发。参考时钟可以来自外部时钟源,也可以由内部晶体振荡器产生。如果使用外部时钟,直接从 XOSC16_Q1 引脚输入,XOSC16_Q2 脚悬空;如果使用内部晶体振荡器,晶振接在 XOSC16_Q1、XOSC16_Q2 引脚之间。晶振起振需对 CC2420 选通命令寄存器 SXOSCON 使能。

3.4 电源管理模块

电能是传感器网络非常宝贵的资源,为了保证硬件电路的低功耗设计,节点芯片的选择均使用低功耗、低电压工作的芯片。系统采用普通电池或可充电锂离子电池工作,电源管理芯片采用 AD 公司的 ADP3338-3.3, SOT-223 封装。

3.5 充电及状态显示模块

在有条件对节点进行充电时,节点使用锂离子电池工作,可利用充电模块为节点进行电能补充,从而确保节点工作的连续性,避免了节点因更换电池造成的工作中断^[6]。充电模块使用达拉斯公司的 DS2770 和电池保护芯片 DS2720 设计,具有充电控制、电源控制、电量计数、电池保护等功能。处理器与 DS2770 用一线接口来传递信息,并需外接一个约

4.7kΩ 的上拉电阻。充电模块示意图如图 5。

LCD 显示模块采用 LCM6432ZK 液晶显示器,通过串行接口和主 MCU 连接,用于系统工作状态信息、充电进程、电池电量等状态的显示。节点硬件留有 LCD 接口,在需要显示时可方便接插 LCD 显示模块。

3.6 传感器模块

节点传感器模块与计算和通信子板分离,模块化的设计提高了节点在不同应用中的灵活性。传感器模块可根据实际需要确定合适的传感器,如温度、湿度、振动、光强、气体报警、磁阻、红外等,以满足不同的需要。由于节点多为电池供电,要求传感器体积小、功耗低、外围电路简单,最好采用不需要复杂信号调理电路的数字传感器。

本设计选用的部分传感器为:

温度传感器 DS18B20 是一种新型数字温度传感器,外部电路非常简单,使用一线总线接口。其测量范围为-55℃~125℃,在-10℃~85℃之间的测量精度为±0.5℃,分辨率最大可以设计为 12 位,测量数据准确可靠。

红外传感器 PD632 是一种数字热释电传感器,工作波长:7.5μm~14μm,在-20℃~60℃工作环境下探测距离可达 6m~15m。

加速度传感器 ADXL202 是 AD 公司的两维数字加速度传感器,工作温度:-40℃~85℃,采用先进的 MEMS 技术,可以测量震动加速度和静态加速度。

3.7 外部接口

节点外部接口包括 JTAGE 接口、ISP 编程接口、RS232 接口、充电接口、传感器接口、SMA 天线座接口等。节点使用 JTAGE、ISP 多种方法下载程序;使用 RS232 接口直接与 PC 机串口连接;可根据不同需求经传感器接口挂接不同的传感器模块;在有充电条件的情况下,可通过充电接口迅速为节点补充能量。图 6 是

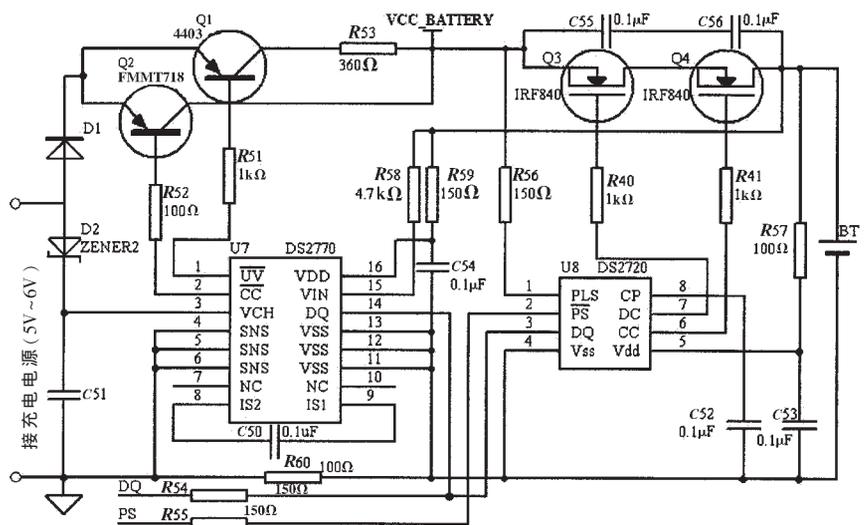


图 5 充电模块示意图

RS232 接口示意图,图 7 是 JTAG/ISP 接口示意图。

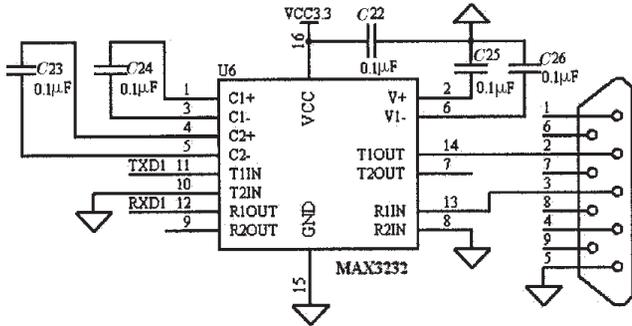


图 6 RS232 接口示意图

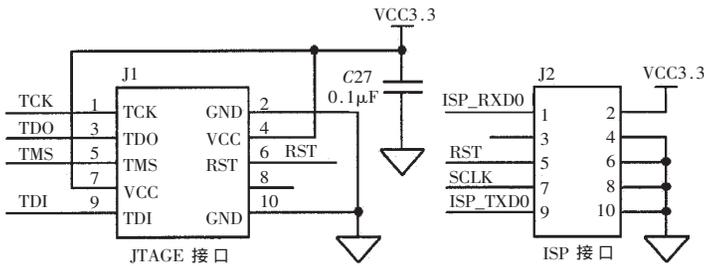


图 7 JTAG/ISP 接口示意图

4 节点设计的要点及应注意的事项

射频部分是本设计的重点与难点,也是系统设计成功的关键。在模块设计过程中遇到的主要问题及解决方法有:

CC2420 的载波频率是 2.4GHz,每 5MHz 增加一个频道,而晶振的精确度将影响载波的频率,从而影响通信的建立和稳定性。CC2420 要求时钟源的精度在 ± 40 ppm 以内。如果使用外部晶振应尽量使用精度高、性能稳定的四脚贴片晶振。

CC2420 射频电路工作在 2.400GHz~2.483 5GHz 高频率工作频段,抗干扰设计直接关系到射频性能和整个传感器节点的运转情况。在射频部分布线时,合理的布局与布线及采用多层板既是布线所必须的也是降低电磁

干扰提高抗干扰能力的有效手段。布线时特别要注意以下几点:一是射频电路没有用做布线的面积均需用铜填充并连接到地,以提供 RF 屏蔽达到有效抗干扰的目的;二是 CC2420 芯片底部应接地;为了降低延迟、减少串扰,确保高频信号的传输,要使用多个接地过孔将 CC2420 芯片底部和地层相连;三是尽可能地减少串扰,减少分布参数的影响,器件要紧密地分布在 CC2420 的四周,并使用较小封装。

对于无线通信网络来说,天线起着举足轻重的作用。天线的选择和设置会直接影响整个无线通信网络的运行质量。本节点射频芯片 CC2420 可以使用金属倒 F 型 PCB 引线天线和单极天线两种设计方案。PCB 引线天线是印制在电路板上的导线,通过它来感应空中电波,接收信息。PCB 天线的形状、尺寸应严格按照数据手册设计。

近几年,随着计算机成本的下降和微处理器体积的缩小,无线传感器网络越来越受到人们重视。本设计是笔者在归纳国内外无线传感器网络研究成果的基础上,设计的低功耗、低成本、实用型无线传感器网络节点。节点采用了独立可选的充电模块、LCD 状态显示模块和丰富的对外接口,具有较强的实用性,可在多种环境中工作,按多种需要进行配置完成系统功能,并且在成本、功耗、灵活性等方面具有较明显的优势。

参考文献

- 1 马潮. 高档 8 位单片机 ATmega128 原理与开发应用指南. 北京:北京航空航天大学出版社,2004
- 2 孙利民,李建中,陈渝等. 无线传感器网络. 北京:清华大学出版社,2005
- 3 李建中,李金宝,石胜飞. 传感器网络及其数据管理的概念、问题与进展[J]. 软件学报,2003;14(10):1717~1727
- 4 ATmega128/ATmega128L datasheet. Atmel Corporation,2001
- 5 Chipcon AS. CC2420 Datasheet(1.3).2005
- 6 高荣山,周东辉. 电池电量计和充电器芯片 DS2770 的原理及应用. 国外电子元器件,2004;(8):63~64

(收稿日期:2006-07-05)