

# 基于 CC2530 的环境监测系统的设计与实现

王素青, 吴 超

(南京航空航天大学金城学院, 南京 211156)

**摘要:** 针对传统环境监测系统布线复杂、功耗高、设备维护不便等问题, 设计一个以 CC2530 芯片为核心的 ZigBee 无线环境监测系统; 该系统以 CC2530 为主控芯片, 基于 ZigBee 协议栈构建无线网络实现协调器节点和现场终端节点之间数据的收发, 利用串口通信技术实现协调器节点和 PC 机之间的通信; 从系统的整体设计方案、系统的硬件设计、系统的软件设计和系统的性能测试 4 个方面对系统进行简单介绍; 经实验证明, 该系统性能稳定、实时性强、功耗低、可扩展性强, 可广泛应用于对环境参数要求比较高的场合。

**关键词:** CC2530; ZigBee; 无线; 环境监测系统

## Design and Realization of Environmental Monitoring System Based on CC2530

Wang Suqing, Wu Chao

(Nanjing University of Aeronautics and Astronautics JinCheng College, Nanjing 211156, China)

**Abstract:** As traditional environmental monitoring system wiring complexity, high power consumption, equipment maintenance inconvenience and other issues, the ZigBee wireless environmental monitoring system with CC2530 chip as the core is designed. The system use CC2530 as the main chip, build wireless networks in order to send and receive data between the coordinator node and field terminal nodes, achieve communication between the coordinator node and PC by serial communication technology. A brief introduction for the system from four aspects; the overall design scheme of the system, the hardware design of the system, the software design of the system and the performance test of the system. The experiment proves that the system is stable, real-time, low power consumption, scalability, and can be widely applied to these occasions where environmental parameters require a relatively high.

**Keywords:** CC2530; ZigBee; wireless; environmental monitoring system

## 0 引言

无线传感器网络 (Wireless Sensor Network, WSN) 是目前在国际上备受关注、由多学科交叉、知识高度集成的前沿热点研究领域<sup>[1]</sup>。它是由大量分布在不同位置的传感器节点通过无线通信方式形成的网络系统, 目前在环境监测、军事、智能家居等领域有着广泛的应用<sup>[1-3]</sup>。ZigBee<sup>[4]</sup>是一种新兴的短距离无线通信网络技术, 和其他无线通信技术相比, 它具有功耗低、成本低、组网方便和可靠性高等特点, 是目前组建无线传感网络系统比较多的协议之一。本文设计并实现了一个基于 ZigBee 技术的无线环境监测系统, 该系统通过 ZigBee 协议栈将多个现场终端节点和协调器节点构建成星型网络, 从而实现现场环境数据的无线监测。

## 1 系统功能与总体方案

### 1.1 系统功能

本系统设计并实现一个基于无线传感网的环境监测系统, 包含多个现场终端节点、1 个协调器节点和 1 个上位机监测平台。现场终端节点功能: 使用多种不同类型的传感器对现场环

境中各类信息如温度、湿度、光照、烟雾等, 进行实时采集并显示, 并将这些环境信息通过无线方式发送给远程的协调器节点; 协调器节点功能: 通过无线方式接收远程多个现场终端节点的环境数据, 在 LCD 上对多个现场节点的环境数据进行交替显示, 并且将这些环境数据发送给上位机; 上位机监测平台功能: 对多个现场终端节点的环境信息数据进行实时数据及图形显示。若现场终端节点环境信息数据有异常, 可实现声光报警。

### 1.2 系统总体方案

根据系统的功能要求, 所设计的无线环境监测系统的结构框图如图 1 所示。该系统由多个现场终端节点、协调器节点和上位机监测平台组成。现场终端节点单元由 CC2530 最小系统、温湿度传感器、烟雾传感器、光照传感器、LCD 液晶显示模块、串口通讯模块和电源模块几部分组成。协调器节点单元由 CC2530 最小系统、LCD 液晶显示模块、串口通讯模块和电源模块几部分组成。协调器节点的数据通过串口发送给上位机监测平台。

## 2 系统的硬件设计

本系统硬件由 1 个协调器节点和 3 个现场终端节点的硬件设计。现场终端节点相比协调器节点多传感器模块部分的电路, 其他电路相同。它们都由 CC2530 模块、液晶显示模块、电源模块和串口通讯模块组成。

收稿日期: 2015-02-11; 修回日期: 2015-03-31。

基金项目: 江苏省高等学校大学生实践创新训练计划项目 (2012SZ05)。

作者简介: 王素青 (1976-), 女, 江苏盐城人, 工学硕士, 讲师, 主要从事网络控制系统方面的研究。

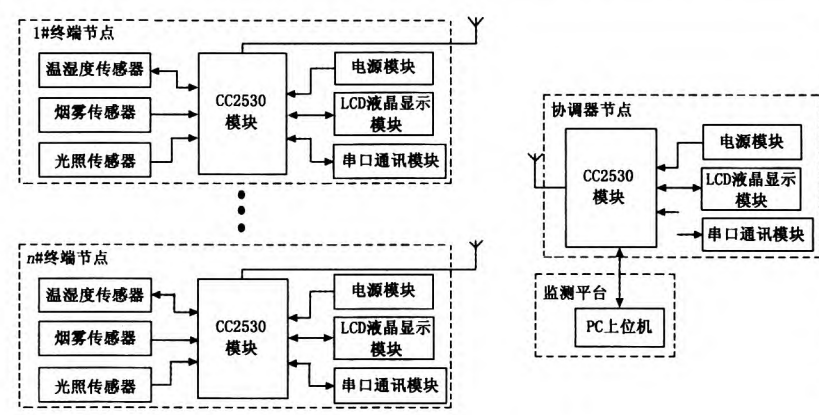


图 1 无线环境监测系统的结构框图

2.1 CC2530 芯片

本系统的现场终端节点和协调器节点的处理模块均选用的是 TI 公司的 CC2530 模块, CC2530 模块的电路图如图 2 所示。

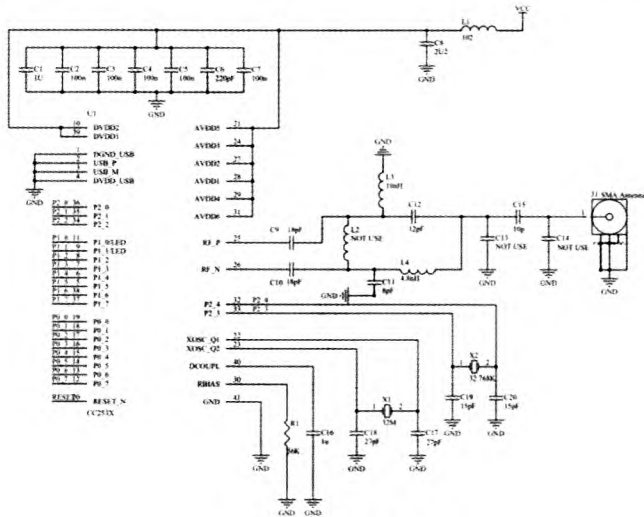


图 2 CC2530 模块的电路图

CC2530 模块主要的芯片是 CC2530 芯片。本系统中 CC2530 芯片选用的是 CC2530F256, 该芯片上集成了 2.4 GHz 的 RF 收发器、增强型 8051 MCU、具有 256 KB 的 Flash 存储器和 8 KB RAM<sup>[5]</sup>, 还包含 1 个 MAC 定时器、32 kHz 睡眠定时器及 3 个通用定时器, 2 个支持多种串行通信协议的强大 USART, 具有 8 路输入的 12 位模数转换器 (ADC), 高级加密标准 (AES) 的安全协处理器, 上电/复位/掉电路, 看门狗定时器和 21 个通用的 I/O 端口<sup>[6]</sup>。CC2530 在主动发送模式时电流为 29 mA, 主动接收模式时电流为 24 mA, 其十分适合超低功耗系统。

2.2 传感器模块

本系统中现场终端节点的温湿度信号采集选用的是具有数字信号输出的温湿度传感器 DHT11, 该传感器利用专门的数字模块采集技术和温湿度传感技术, 确保传感器具有非常高的可靠性和长期的稳定性。DHT11 包括一个电阻式感湿元件和一个 NTC 测温元件, 它们都在精确的湿度校验室中被校准

过, 校准系数是以程序的形式存储在 OTP 内存中, 在传感器内部监测信号处理时需被调用。DHT11 传感器的湿度测量范围为 20~90% RH, 分辨率为 1% RH, 温度测量范围为 0~50℃, 分辨率为 1℃。DHT11 与 CC2530 之间以单总线结构 (仅需 1 个 I/O 口) 进行通信, 一次完整的数据传输为 40bit, 数据采用校验方式校验可确保数据传输的正确性<sup>[7]</sup>。

本系统中现场终端节点的烟雾浓度采集选用的是 MQ-2 烟雾传感器, 烟雾传感器模块输出信号有模拟信号和数字信号, 在本系统中只用了数字信号, 其信号输出直接和 CC2530 的 I/O 口相连。

2.3 液晶显示模块

本系统中现场终端节点和协调器节点的数据显示均选择的是 ZLE12864A 液晶显示模块。ZLE12864A 模块的主要性能为: 电源: VDD=+5 V 或 3.3 V, 自带 DC-DC 变换电路; 显示内容: 128 (列) × 64 (行); 驱动方式: 1/64 DUTY, 1/9 BIAS; 显示模式: FSNT, 正显; 背光特性: 白色 LED 侧背光, DC+5 V 或 3.3 V 驱动; 控制芯片: ST7565P; 与 MCU 通讯方式: 8 位并口或串口, 本系统选用的是串行模式, 其引脚连接为: Pin7 (SCLK) → CC2530 (P1.5), Pin8 (MOSI) → CC2530 (P1.6), Pin9 → +3.3 V, Pin10 → GND, Pin11 → +3.3 V, Pin12 → CC2530 (P1.2), Pin13 → RST, Pin14 → CC2530 (P0.0)。

2.4 串口通讯模块

本系统中现场终端节点模块和协调器节点模块上均有串口通讯模块, 串口通讯模块选用的是由 PL2303 芯片构成的电路, 其电路如图 3 所示。PL2303 是 Prolific 公司生产的一种 RS232-USB 接口转换芯片, 它可以提供一个 RS232 全双工异步串行通信装置与 USB 接口相连接的解决方案<sup>[8]</sup>。该器件由 USB 收发器、USB 控制单元、振荡器、缓冲器、RS-232 串口、EEPROM 接口等几部分组成, 外围只需外接几个电阻、电容就可以实现 USB 信号和 RS232 信号之间的转换。

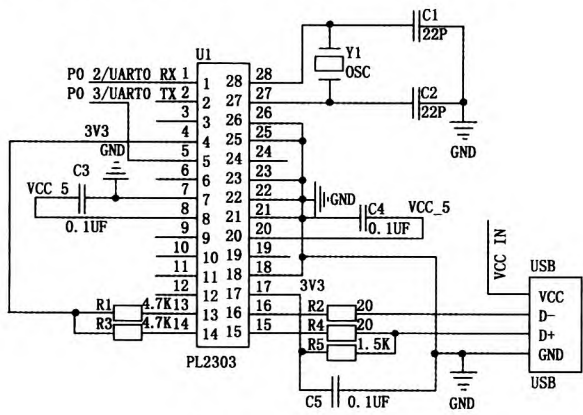


图 3 USB 转串口的电路

2.5 电源模块

稳定可靠的电源是整个系统可靠稳定运行的前提条件。本系统中主要模块: CC2530 模块、传感器模块、LCD 模块, 它

们的供电电源均为 3.3 V。而外界提供的是 5 V 电源，因此，本系统设计一个将 5 V 电压降为 3.3 V 电压的电源模块。系统中电源模块采用 HT7533 稳压器芯片，电路如图 4 所示。

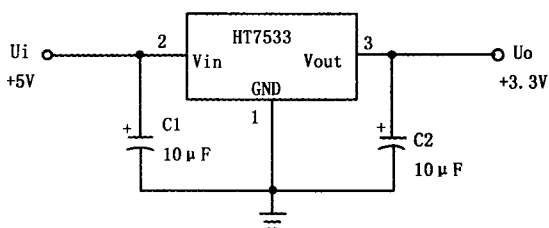


图 4 电源模块的电路图

### 3 系统的软件设计

本系统的软件设计是基于 TI 公司的 Z-Stack-CC2530-2.3.0-1.4.0 协议栈，利用 IAR Embedded Workbench V8.10 for 8051 集成开发环境进行设计的。本系统的软件设计包括三部分：终端节点软件流程设计、协调器节点软件流程设计和上位机监控软件设计。当系统开始工作时，由上位机监控软件实时监控多个现场终端节点的环境数据，启动监控软件时需要设置相应的 PC 机和协调器节点连接的串口号、波特率等参数，才能进行数据和曲线显示。下位机的 ZigBee 网络中，协调器节点启动并组建 ZigBee 网络，并等待终端节点的人网请求。组网后，各个现场终端节点的传感器开始独立采集现场的环境信息，将采集到的数据发送给协调器节点<sup>[9]</sup>。

#### 3.1 协调器节点的软件设计

协调器节点是整个系统的核心，上电后，首先利用 void SampleApp\_Init (uint8 task\_id) 函数初始化硬件和协议栈，然后协调器扫描并选择一个合适的信道建立网络，当有终端节点申请加入网络时，协调器给它分配一个 16 位短地址并允许其加入网络<sup>[10-11]</sup>。组网后，协调器节点开始接收从终端节点发送过来的传感器数据，利用函数 void SampleApp\_MessageMSGCB (afIncomingMSGPacket\_t \*pkt)，对接收数据进行处理并显示，同时通过串口将这些数据发送给上位机，其软件流程图如图 5 所示。

#### 3.2 现场终端节点的软件设计

现场终端节点负责与协调器节点进行通讯，将传感器采集的数据进行显示并通过无线传输方式将数据发送给协调器。节点完成对 CC2530、传感器和协议栈的初始化后，开始扫描信道，寻找合适的网络，发送网络请求，得到确认后，从协调器处接收到一个网络短地址，然后等待定时器中断，有中断时，即开始采集传感器数据，然后对数据进行处理并显示，同时将数据发送给协调器<sup>[12]</sup>，其软件流程图如图 6 所示。其中，现场终端节点通过 events & SAMPLEAPP\_SEND\_PERIODIC\_MSG\_EVT 进行定时回传传感器数据，现场终端节点通过 SampleApp\_SendPointToPointMessage (void) 函数进行传感器数据的检测和分析，并通过无线方式发给协调器，当该函数中 Data[0] = '3'，表示 3 号终端节点。

#### 3.3 上位机监控的软件设计

上位机监测平台的功能是对多个现场终端节点的环境信息数据进行实时的数据及图形显示。协调器节点将从现场终端节点接收到的现场环境信息数据通过串口的方式发送给上位机。

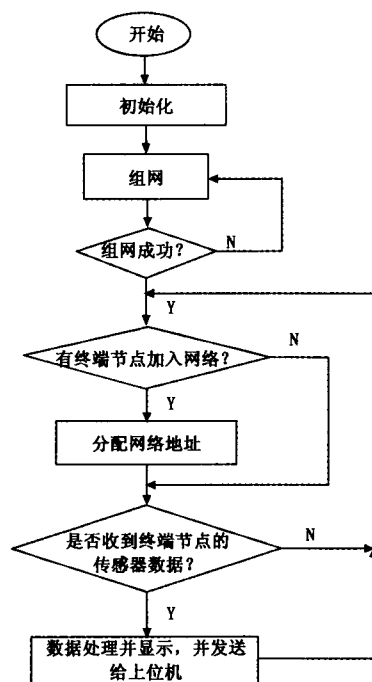


图 5 协调器节点软件流程图

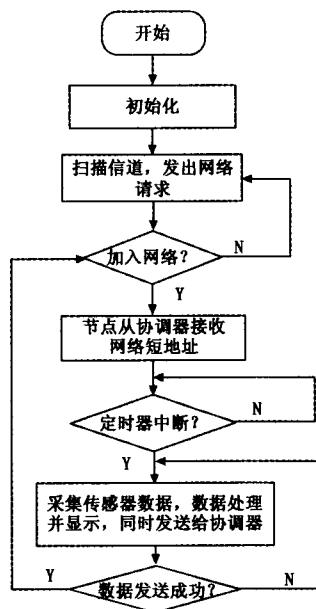


图 6 现场终端节点软件流程图

上位机的监控界面采用 Microsoft Visual Studio 2010 软件进行开发，其程序流程图如图 7 所示。当程序运行后，打开串口，设置相应的波特率为 115 200 bit/s，调用 HalUARTWrite () 函数便可对选中的现场终端节点进行温湿度数据的实时数值显示和图形曲线显示。

### 4 系统性能测试

系统主要从 3 个方面对系统性能进行测试：功能及稳定性测试，采集数据精度及实时性测试，功耗性能测试。

#### 4.1 功能及稳定性测试

系统的功能测试主要看系统组网是否成功，数据是否能正

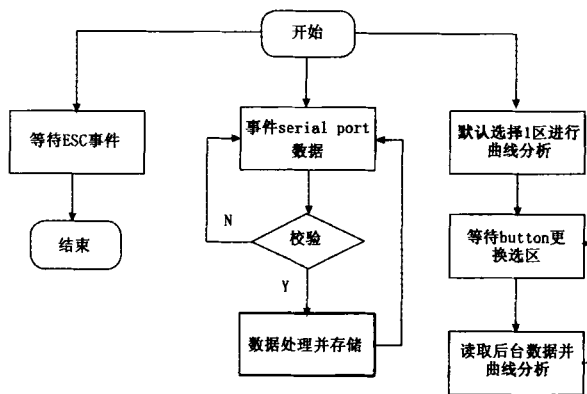


图7 上位机监控界面的软件流程图

常收发,显示系统是否能正常实时显示。首先让协调器节点复位,然后分别给3个现场终端节点复位,复位后系统能正常工作。经系统测试,所有终端节点都能加入网络,并能进行正常的数据收发,显示系统能实时显示所有数据<sup>[13]</sup>。

稳定性测试主要是看现场终端节点、协调器节点和上位机之间通信传输的可靠性测试。对系统进行2个小时的稳定性测试,传感器的数据每1秒采集1次,3个现场终端节点分别向协调器节点发送的数据包共计7200次,协调器接收到每个终端节点的数据包次数也为7200次,可以看出在无线传输过程中数据没有出现丢包现象,系统的稳定性比较好<sup>[14]</sup>。

#### 4.2 采集数据精度及实时性测试

本系统中温湿度传感器选用的是DHT11,其湿度测量范围为20~90%RH,分辨率为1%RH,温度测量范围为0~50℃,分辨率为1℃。相比于其他数字温湿度传感器精度不是很高,在精度要求不是非常高的场合可以使用。经实验测试,DHT11采集的环境温度湿度相比其他温度计、湿度计测量的值还是比较准确的。

经实验测试,协调器节点显示的环境数据变化能和终端节点显示的环境数据变化同步,说明系统无线数据传输的实时性非常好。

#### 4.3 功耗性能测试

系统中的1个协调器节点、3个现场终端节点均可另外用电池供电,电池供电电压为3V,经测量,发送模式时,工作电流为29.6mA,接收模式时,工作电流为25.4mA,低功耗模式下,电流为0.4μA。根据测量数据可以计算出,每个模

块若用两节5号电池供电,则可以正常工作达5个多月,满足了系统的低功耗需求<sup>[14]</sup>。

## 5 结束语

本文是以CC2530芯片为核心设计并实现了一个ZigBee无线网络的环境监测系统,该系统能很好地解决传统有线环境监测系统存在的布线复杂、功耗高、可维护性和可扩展性差等问题。该系统具有可靠性高、功耗低、组网快、抗干扰能力强等优点,可广泛应用于小区、温室大棚等场合下的环境数据监测,具有较高的实际推广价值。

#### 参考文献:

- [1] 王 钦. 基于 ZigBee 技术的无线传感网络研究与实现 [J]. 重庆理工大学学报 (自然科学), 2011, 25 (8): 46-51.
- [2] 邓翔宇. 基于 GPRS 和无线传感网络的环境监测系统 [J]. 自动化与仪器仪表, 2011, (3): 62-63.
- [3] 张 立, 刘奕君, 等. 基于 CC2530 的重症监护病房环境实时监测系统 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (8): 2422-2424.
- [4] 杨 松, 胡国荣, 等. 基于 CC2530 的 ZigBee 协议 MAC 层设计与实现 [J]. 计算机工程与设计, 2013, 34 (11): 3840-3844.
- [5] 陈克涛, 张海辉, 等. 基于 CC2530 的无线传感器网络网关节点的设计 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2014, 42 (5): 183-188.
- [6] 许 东, 操文元, 等. 基于 CC2530 的环境监测无线传感器网络节点设计 [J]. 计算机应用, 2013, 33 (S2): 17-20.
- [7] 曹昌勇, 贾伟建. 基于 AT89C52 和 DHT11 数字式粮库温湿度监控系统设计 [J]. 齐齐哈尔大学学报, 2014, 30 (1): 31-33.
- [8] 胡家华, 徐 鹏, 等. PL2303 单片机串口转 USB 口实现串行通信 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2013, (4): 76-77.
- [9] 王 鑫, 潘 贺, 等. 基于 CC2530 的 ZigBee 无线温湿度监测系统 [J]. 中国农机化学报, 2014, 35 (3): 217-220.
- [10] 周建民, 尹洪妍, 等. 基于 ZigBee 技术的温室环境监测系统 [J]. 仪表技术与传感器, 2011, (9): 50-52.
- [11] 庄立运, 鲁 庆, 等. 基于 CC2530 的大棚温湿度无线采集节点设计与实现 [J]. 湖北农业科学, 2014, 53 (3): 582-585.
- [12] 雷 纯, 何小阳, 等. 基于 ZigBee 的多点温度采集系统设计与实现 [J]. 自动化技术与应用, 2010, 29 (2): 43-46.
- [13] 刘毅力, 焦尚彬. 基于 CC2530 无线传感网络系统的设计 [J]. 现代电子技术, 2013, 36 (3): 43-46.
- [14] 李正民, 张兴伟, 等. 基于 CC2530 的温湿度监测系统的设计与实现 [J]. 测控技术, 2013, 32 (5): 25-28.

(上接第2649页)

- [3] 任 阳, 吴宝元, 罗健飞, 等. 一种面向仿人机器人的传感器标准化接口模块 [J]. 华中科技大学学报 (自然科学版), 2011, 39 (s刊II): 161-164.
- [4] 罗秋凤, 肖前贵, 杨柳庆. 无人机自动检测系统的设计与实现 [J]. 仪器仪表学报, 2011, 3 (1): 126-131.
- [5] 张 娟, 黄开臣. 综合自动测试系统研究 [J]. 测控技术, 2011, 30 (10): 30-35.
- [6] 张礼学. 基于 TEDS 传感器的智能测试系统关键技术研究 [D]. 石家庄: 军械工程学院, 2009.
- [7] 杜树旺, 曹 祁. 支持 TEDS 的智能数据采集节点设计 [J]. 仪器

仪表学报, 2006, 27 (6): 148-150.

- [8] 陈向群, 郭以述. IEEE1451 智能传感器接口标准研究 [J]. 仪器仪表学报, 2002, 23 (5): 9-11.
- [9] 姜 伟, 刘新妹, 殷俊龄, 等. 用于自动测试系统继电器矩阵开关的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (12): 3368-3373.
- [10] Seyed R S, Wan M N W K, Suhaimi I, Siti Z M H, An automated framework for software test oracle [J]. Information and Software Technology, 2011, 53: 774-788.
- [11] 刘福军, 孟 晨, 孙香冰, 等. 面向服务的军用 ATS 软件体系结构设计 [J]. 计算机测量与控制, 2011, 19 (7): 1774-1777.