

电力物联网中 ZigBee 通信节点设计

唐毓¹, 向阳², 范强²

(1. 电子科技大学, 成都 611731;

2. 四川省电力公司超(特)高压运行检修公司, 成都 610031)

摘要: 采用一种基于 CC2430 和 CC2591 相结合的设计思路, 达到增加节点的传输距离、减小网络规模、提高数据传输实时性的目的。对 ZigBee 技术及其在电力物联网中的应用做了简单介绍, 为了方便用户后期开发及增加模块通用性, 采用将芯片所有 I/O 口通过排针全部引出的设计思路, 并给出了系统的总体设计、硬件原理图以及通过此节点来采集温度以对该硬件通信距离进行测试。测试结果表明, 节点通信距离效果很好, 能广泛应用在电力物联网中。

关键词: 无线传感器网络; 物联网; ZigBee; CC2430; CC2591

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)16-0031-03

Design of communication node of ZigBee in power of things

Tang Yu¹, Xiang Yang², Fan Qiang²

(1. University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China;

2. Electric Power Company over (especially) high-pressure run maintenance company of Sichuan Province, Chengdu 610031, China)

Abstract: This paper, based on the CC2430 and CC2591 to a combination of design ideas, in order to achieve increased transmission range of nodes, reducing the network size and improve the real-time data transmission, In this paper, make a brief introduction for ZigBee technology and its application in the power of things, To achieve the purpose of the latter part of development and increased user-general of the module, All the chip I/O port pin leads through of all the the design ideas, And the system's overall design, hardware schematics and through this node communication range of temperature to test the hardware. The results show that the node communication range to good effect, To be widely used in the power of things.

Key words: WSN; the internet of things; ZigBee; CC2430; CC2591

ZigBee 是一组基于 IEEE802.15.4 无线标准研制开发的有关组网安全和应用软件方面的技术, 采用全球通用的 2.4 GHz 公共频率进行无线测量和系统监控, 是一种新兴的短距离、低速率、低功耗的无线个域网络技术, 主要用于近距离无线连接^[1]。但是现有一些节点的通信距离比较短, 用在电力系统会使网络规模大, 并且接受灵敏度不是很高。本文介绍一种基于 CC2430 芯片和 CC2591 芯片以增大通信距离和方便用户开发的无线传感器网络的节点设计方案。

1 ZigBee 技术及在电力物联网中应用

ZigBee 技术是一种短距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的双向无线通信技术或无线网络技术, 是一组基于 IEEE802.15.4 无线标准研制开发的有关组

网、安全和应用软件方面的通信技术。ZigBee 主要应用领域包括电力物联网、无线数据采集、无线工业控制、消费性电子设备、家庭和楼宇自动化以及远程网络控制等场所, ZigBee 使用的频段有 3 个, 分别是 2.4 GHz 的 ISM 频段、欧洲的 868 MHz 频段以及美国的 915 MHz 频段, 而不同的频段可以使用的信道分别是 16、1、10 个, 在中国采用 2.4 GHz 频段^[2]。ZigBee 网络支持 3 种类型拓扑结构, 包括星型、簇状和网状网络^[3]。

物联网的应用有 3 个层次: 传感网络、传输网络和应用网络。

2 节点硬件系统结构

节点硬件系统结构设计如图 1 所示, 硬件设计分为两大部分^[4]: 无线收发模块, 主要用于节点间的数据传

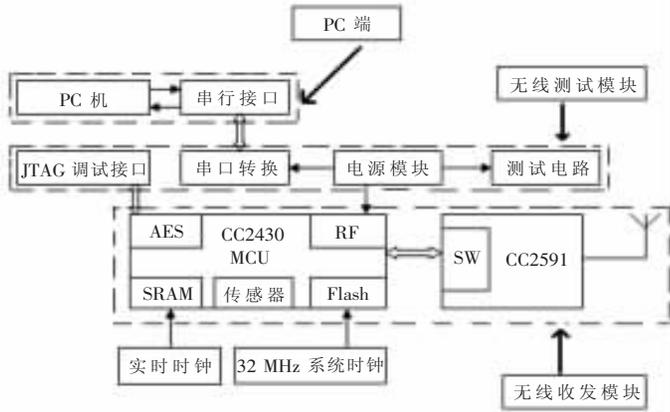


图1 硬件框架图

递;无线测试模块,用于RS232 串口转换电路实现 PC 机与协调器节点间的数据转换,包括串口转换、电源模块以及 JTAG 调试接口。

无线收发模块主要包括 CC2430 芯片及相关的外围电路,因为 CC2430 将 8051 内核与无线收发模块集成到了一个芯片中,所以大大简化了电路设计过程,但是此时节点的通信距离不是很远。为了增加节点的通信距离,在此基础上增加一个 CC2591 射频前端与 CC2430 的 RX、TX 端相连来提高节点发送功率和接受灵敏度。节点的硬件原理图如图 2 所示。节点硬件平台所具有的外围功能部件主要包括电源管理部分、接口电路、3.3 V 和 1.8 V 电源滤波电路、入网指示以及复位电路几个部分。为了方便用户在实际应用中对节点的开发和增加此节点的模块通用性,将 CC2430 的 21 个 IO 口以及电源引脚和复位引脚通过 1 个 24 脚的排阵将其引出。在天线的设计方面,很多节点采用印制板天线,虽然能使节点更加微型化,但是由于其对 PCB 的制作材质要求都比较严格,如果出现问题会影响节点的通信质量,因此采用比较简单的外接 SMA 接口单级天线,该接口天线虽然体积比较大,但是对 PCB 的制作要求不高并且性能优良。

设计思路:将芯片 21 个 IO 口以及电源引脚和复位引脚通过 1 个 24 脚的排阵引出,芯片 22、26 引脚的偏

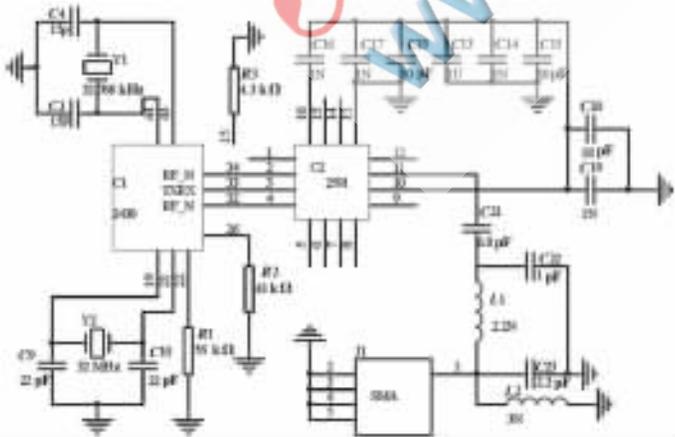


图2 节点原理图

置电阻 $R1$ 、 $R2$ 的精确度为 1%, $R1$ 用于为 32 MHz 晶体振荡器设置精确的偏置电流, 其阻值分别是 56 k Ω 和 43 k Ω 。芯片需要 2 个晶振, 其中 32 MHz 系统主时钟, 即图中 Y2, 采用 4 脚贴片无源晶体, 并连接两个 22 pF 的电容。32.768 kHz 是系统实时时钟, 由于要求比较低, 采用普通的两引脚晶体即可。为了获得最佳的性能, 必须对电源进行适当的去耦处理, $C16$ 、 $C17$ 、 $C18$ 都是作为射频工作的, 用来确保 CC2591 获得最佳的增益。为了获得最佳的性能, 这些电源的滤波电容、去耦电容、PCB 传输线的大小以及它们的放置位置都非常重要, CC2591 和天线之间的网络通过 $C21$ 、 $C22$ 、 $C23$ 以及电感 $L1$ 、 $L2$ 形成 50 Ω 负载匹配的要求, 其中 $C21$ 用到天线匹配和隔断直流的作用, 为了获得一个精确的偏置电流用于 CC2591 内部电路, 设置一个偏置电阻 $R3$ 。

电源管理部分如图 3 所示, 采用 NCP500 电平转换芯片, 电源采用 3.3 V 电池, 接芯片的 41 引脚, 向电压调节器核心提供 3.3 V 电压。片上稳压器提供全部 1.8 V 电源引脚和内部电源。电源接口只有电源和地两根接线柱, 为了防止电源信号的不稳定, 需要在电源输入端放置两个滤波电容, 以滤除电源的噪声。

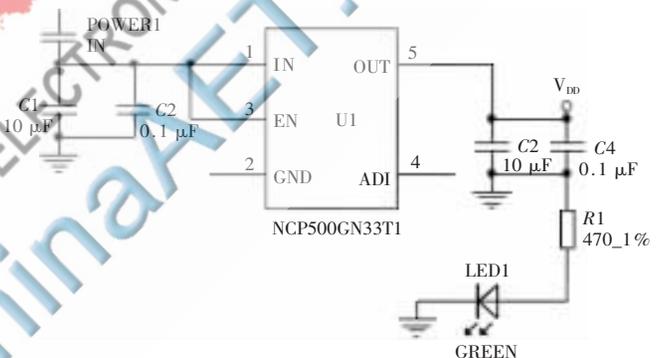


图3 电源模块

节点需要将收集的数据通过串口传递到计算机, 采用 MAX3223 芯片对 RS232 电平和 TTL 电平进行转换, MAX3223 可以提供两个串行接口的连接, 工作电压范围为 3 V~5.5 V, 该电路主要用于节点与 PC 机之间的接口。为了方便节点开发, 将串口单独制作成一个 PCB 板, 通过 24 脚排针实现与节点的无缝连接, 串口电路原理如图 4 所示。

在 JTAG 接口设计中, 仿真器下载程序过程中需要

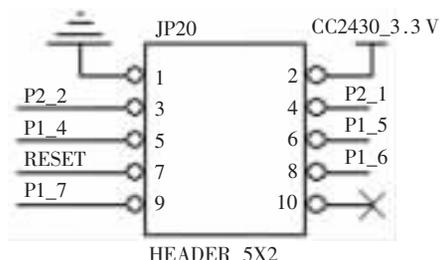


图4 JTAG 接口

用到的引脚只有 1、2、3、4、7,除了电源、地和复位线外只需要将 3、4 分别连接到 CC2430 的 P2.2 和 P2.1 引脚,即 DC、DD 两个调试线,其中 DC 是调试时钟信号线,DD 是调试数据线,如图 5 所示。

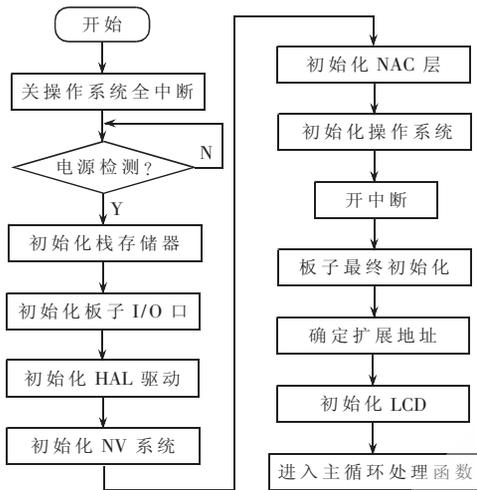


图 5 应用程序设计流程

对于射频电路,电子元器件间的相互干扰是非常敏感,因此在 PCB 制作过程中,建议采用双层电路与板进行电路设计,一面用于信号线布线,另一面用于电源线和地线布线。另外,在设计过程中要注意元器件的封装、布局的位置都有可能对整个电路产生很大的影响,外围元器件应尽可能小,因此建议选用 0402 的阻容器件^[5],并且根据原理图尽量放置在距离 CC2430 芯片各引脚比较近的位置上。CC2591 与天线之间的布局要注意信号的干扰,走线应尽可能直,以实现节点的最佳性能。

3 节点的软件设计

软件系统总体上可以分为主程序、数据采集程序、无线收发程序以及接口驱动程序。

节点应用程序设计流程如图 6 所示,应用程序底层运行的是 ZigBee 协议栈,应用程序首先进行系统初始化流程,调用函数 `osal_init_system()`,包括硬件初始化和协议栈初始化,硬件初始化包括串口初始化,板载 LED 初始化,I/O 口初始化;协议栈初始化主要是设置协议栈各层的初始状态。ZigBee 协议栈采用操作系统的思想来构建,采用事件轮循机制,当各层初始化后,系统进入低功耗模式,如果有事件发生,系统将被唤醒,开始进入中断处理事件,处理完后继续进入低功耗模式,假如有几个事件同时发生时,则系统将首先判断其优先级,逐次处理事件,这种系统的架构,可以大大降低系统的功耗。

4 网络节点测试

网络节点的软件包括传感器的数据采集和无线通信。当节点完成后,通过 IAR 集成开发环境编写测试程序,编译链接完成后即可通过 JTAG 接口将程序下载至节点。检查节点是否正常以及通信距离的远近,外加

CC2591 的目的就是为了增加通信距离从而扩大网络覆盖范围,因而对通信距离的测试非常重要,此时采用点对点的温度采集来测试通信距离以及实现节点对温度的采集,将收集到的数据通过网关串口传回到 PC 机上显示。温度传感器采用 DS18B20,为了表明外加 CC2591 的不同之处,采用两个有 CC2591 的节点,分别定义为一号、二号。一号节点作为网关接收数据并通过串口将数据显示在 PC 上。一个无 CC2591 的节点定义为三号,测试通信距离分为以下两种情况:一种是有障碍传输,网关在一楼,然后分别拿着二号、三号节点依次往楼上走,观察二、三号节点接收到的数据,实验结果如表 1 所示。结果表明,外加 CC2591 的节点穿透水泥墙接近 4 堵,而无 CC2591 的穿透能力至多 3 堵。

表 1 有障碍传输

节点	一楼	二楼	三楼	四楼	五楼
二号	有	有	有	有	丢包
三号	有	有	有	丢包	无

另外一种测试是无障碍传输,在空旷的场地进行,实验结果如表 2 所示。

表 2 无障碍传输

节点	150 m	200 m	300 m	350 m	400 m
二号	有	有	有	有	丢包
三号	有	有	有	丢包	无

通过以上两种方案的测试表明,外加 CC2591 的传输距离在有障碍的情况下比一般节点能多穿透一堵水泥墙(厚度 30 cm),而在无障碍传输距离下,传输距离比一般节点远 100 m 左右,效果相当理想。如果用于电力物联网系统,在减小网络的规模,降低网络成本的同时,数据的传递不会受到延迟的影响。

从测试结构来看,节点具有较高的通信灵敏度,具有较远的通信距离,并且通信延迟比较短,完全可以应用于电力物联网、工业控制、环境监测、家庭楼宇自动化等场合,具有很好的应用前景。

参考文献

- [1] <http://www.zigbee.org>, [EB/OL].
- [2] 郭渊博,杨奎武 赵俭,等.ZigBee 技术与应用——CC2430 设计、开发与实践[M].北京:国防工业出版社,2010.
- [3] ZigBee Alliance ZigBee Specification Version 1.0[M].ZigBee Standards Organization, 2004.
- [4] 崔文华. ZigBee 协议栈的研究与实现[D].上海:华东师范大学,2007.
- [5] 宁炳武,刘军民.基于 CC2430 的 ZigBee 网络节点设计 [D].大连:大连理工大学,2008.

(收稿日期:2011-06-26)

作者简介:

唐毓,男,1987 年生,硕士研究生,主要研究方向:无线传感器网络。

欢迎网上投稿 www.pcachina.com