

# 基于 WSN 的精细农业传感节点硬件设计

周 锋<sup>1,2</sup>, 卞金洪<sup>1</sup>

(1. 盐城工学院 信息工程学院, 江苏 盐城 224051; 2. 东南大学 信息科学与工程学院, 江苏 南京 210096)

**摘要:**结合精细农业实际情况,提出了基于无线传感网络的智能监控系统方案设计,采用基于 ZigBee 协议的 CC2430 芯片作为传感器节点和网关汇聚节点,进行监控参数传输、汇聚和融合,实现了农业生产自动化和精细农业。

**关键词:**精细农业;无线传感网;ZigBee;CC2430

**中图分类号:**TP393.17

**文献标识码:**A

**文章编号:**1671-5322(2011)04-0034-05

我国是一个农业大国,农作物的优质高产对国家的经济发展意义重大。在目前农业自然资源不断减少,生态环境恶化趋势没有扭转的情况下,农业想要进一步发展,就必须要求农业转变增长方式,推动农业发展的现代化、信息化。无线传感器网络 WSN (Wireless Sensor Network) 的出现为农业各领域的信息采集与处理提供了新的思路和有力手段。这种技术手段,能够实时提供温度、湿度、光照强度、二氧化碳浓度、动植物病虫害信息、作物生长信息、作物灌溉情况等相关信息。这些信息帮助人们及时发现农业生产中的问题,是农业有可能渐渐地从以人为中心,转向以信息和软件为中心的生产模式<sup>[1]</sup>。

本文以精细农业作物生长环境温度和土壤墒情传感节点为例,设计了基于无线单片机 CC2430 为核心的无线传感器网络节点。只要把温度、湿度传感器换成其它参数测量传感器就可以监测二氧化碳浓度、光照强度等农作物生长敏感参数变化情况。

## 1 精细农业传感网络结构

ZigBee 是一种短距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的无线通信新技术,主要适合于自动控制和远程控制领域,可以嵌入在各种设备中,同时支持地理定位功能<sup>[2]</sup>。它依据 IEEE

802.15.4 标准,可协调几千个节点之间的相互通信。这些节点只需要很少的能量,以接力的方式通过无线通信把数据从一个节点传到另一个节点,通信效率高。由于农业监测中需要大量的传感器节点采集相关的信息,并且传感器节点可能部署在若干不相邻的监控区域内,遵循 ZigBee 协议形成多个无线传感网络,同时对采集到的大量信息进行处理,所以层次型的传感器网络体系结构适用于农业监测,其体系结构如图 1 所示。在一定的区域中部署大量的无线传感器节点,在不同的监控区域范围内形成一个传感器网络,将感应到的数据通过网关节点经传输网络发送到数据处理中心,数据处理中心人员可以通过网络终端对数据进行访问或者对基站发出指令,对传感网

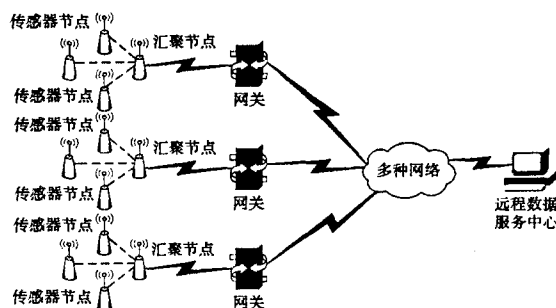


图1 精细农业中的 WSN 网络体系结构

Fig. 1 Precision agriculture in WSN network architecture

收稿日期:2011-10-16

基金项目:盐城工学院校级科研项目(XKY2011034)

作者简介:周锋(1981-),男,江苏盐城人,讲师,硕士研究生,主要研究方向为嵌入式系统应用、无线传感网络、信号与信息处理等。

进行重新部署。

## 2 ZigBee 节点硬件设计方案

由于 ZigBee 技术采用的是 2.4 GHz 高频信号,而在节点电路中除 CC2430 的高频部分外还有大量的低速数字电路,为了消除低速数字电路对高频信号的影响,本系统采用了模块化的 PCB 设计方法<sup>[3,4]</sup>,把射频电路与低速数字电路分别设计在两块不同的 PCB 上,二者通过排针相互连接。在本系统中,所有类型的传感节点均采用模块化设计,它们的射频部分完全相同,由 CC2430 及其正常工作必备的晶振、天线、复位等电路构成。每种类型的节点根据实际监测信参数需要设计自己的底板,这样在确保高频电路少受数字信号影响的同时也降低了设计的复杂程度,增强了硬件系统的可移植性。

汇聚节点担负着建立和管理网络、与上位机通信、收集和处理器数据、向其它节点发送控制指令以及显示网络状态和监测数据的任务。协调器采用持续供电的方式,其硬件系统中必须包含电源电路。除无线核心模块外,其他电路均设计在底板 PCB 之上。

路由器节点既有数据中继转发功能和路由表及邻居表的维护功能,又能够进行现场数据采集。因此它的节点硬件结构与终端节点基本相同,两者仅在传感器的数量或类型、控制算法及软件设计上存差异。因此,本文对路由器节点的硬件设计便不加以详细阐述。

终端节点是网络系统中数据采集和运行控制的一线执行者,它负责采集现场数据和执行协调器的控制。在本文所设计的 ZigBee 网络系统中,终端节点使用无线核心模块与协调器节点或路由节点进行通信,由传感器执行数据采集,利用 LED 指示灯显示其本身的网络状态和工作状态。终端节点采用电池供电,硬件系统中包含专用的供电电路。终端节点的各部分电路除无线核心模块外均设计在底板 PCB 之上,终端节点的硬件结构框图如图 2 所示。

## 3 ZigBee 节点硬件设计

### 3.1 无线核心模块设计

不论是传感器节点、汇聚节点,还是网关节点,无线核心模块都是整个硬件系统的核心。它主要由 CC2430 芯片、时钟电路、滤波电路、微带

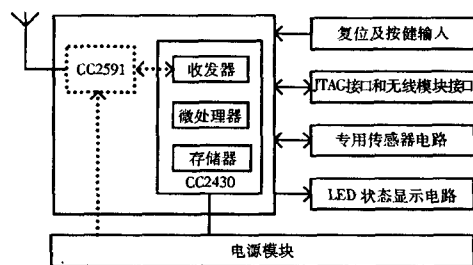


图2 终端节点硬件电路框图

Fig.2 Hardware Circuit Diagram of End Node

+ 外接天线(或 PCB 天线)构成。为保证无线模块的通信距离和可靠性,本系统所设计的电路严格参照 TI 公司提供的参考电路。根据实际应用的需要,本系统设计了两种无线核心模块,带功放 CC2591 的远距离无线核心模块和不带 CC2591 的普通无线核心模块。其中远距离无线模块带有功率放大器 CC2591,用于远离其它传感节点或者汇聚节点的传感节点,提高传输距离。普通无线核心模块用于近距离的无线传感节点。

在普通无线模块中,射频部分需使用微带天线或 PCB 天线。射频芯片(CC2430)的 RFP 和 RFN 是一对差分 RF 输入/输出引脚。在接收模式下,RFN 作为低噪声放大器(LNA)正 RF 输入信号,RFP 是到 LNA 的负 RF 输入信号;在发送模式下,RFP 是来自功率放大器(PA)的正 RF 输出信号,RFN 是来自 PA 的负 RF 输出信号。RF 差分输入/输出正端 RFP 和负端 RFN 连接平衡—不平衡变换电路和二型阻抗匹配电路以消除耦合噪声的影响。不带功放的普通模块的电路原理图如图 3 所示(本系统采用微带+外接 SMA 天线)。

在带有 CC2591 的远距离无线模块中,则可以省去微带天线,将 CC2591 的输出端经电容和电感匹配后直接与外接 SMA 天线相连。CC2591 是一款高性能低成本的前端,适用于 ZigBee 网络、传感器、工业、消费类电子以及音频设备等所有 2.4 GHz 无线系统。CC2591 集成了可将输出功率提高 22 dBm 的功率放大器以及可将接收灵敏度提高 6 dB 的低噪声放大器,从而能够显著增加无线系统的覆盖范围<sup>[5]</sup> CC2430 与 CC2591 相连接的电路原理图如图 4 所示。

在设计射频 PCB 时,除了满足普通 PCB 的布局布线原则外,还应该满足以下几点:(1)布局时,要首先固定位于 RF 路径上的零组件,并调整其方位,使 RF 路径的长度减到最小;(2)使 RF 输

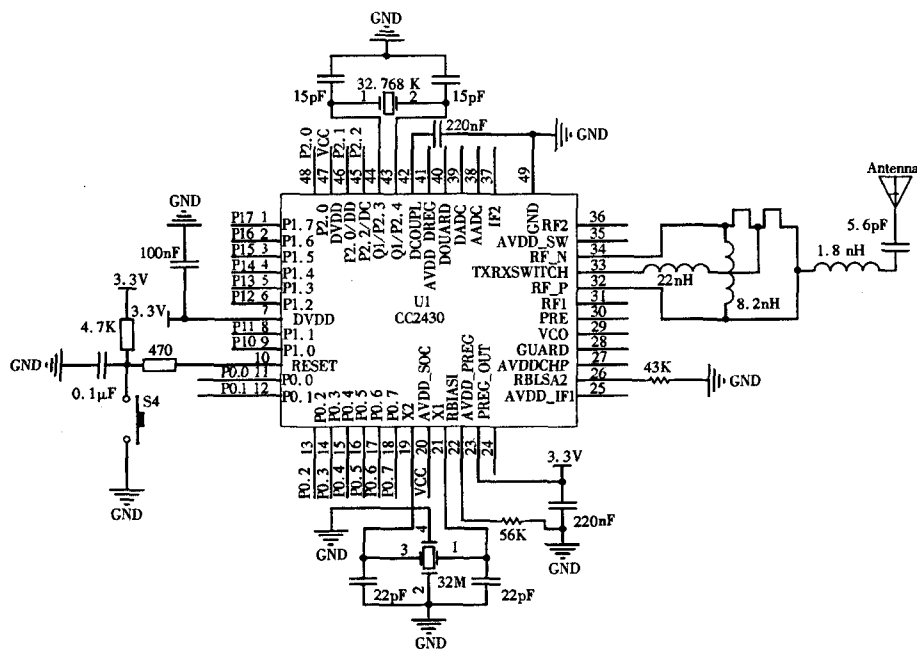


图 3 普通无线模块电路原理图

Fig. 3 Circuit of General RF Wireless Module

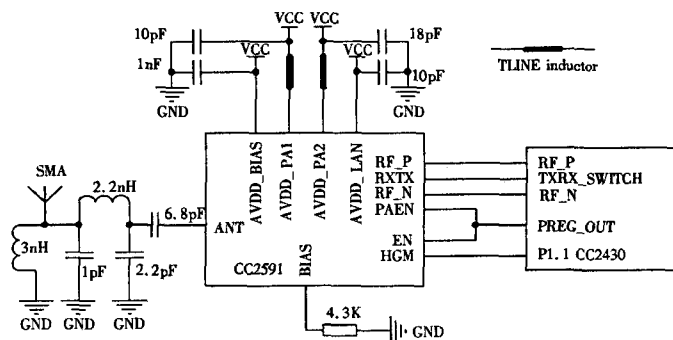


图 4 远距离无线模块电路原理图

Fig. 4 Circuit Diagram of Long-range Wireless Module

入远离 RF 输出,并尽可能远离高功率电路;(3)布线时 RF 与 IF 走线应尽可能走十字交叉,并尽可能在它们之间隔一块接地面积;(4)除天线外,导线转折时应避免形成锐角,以减少 EMI 的产生;(5)由于数字线在周期信号与时钟进行转换时容易产生噪声,所以布线时应使射频信号线远离任何数字线<sup>[6,7]</sup>。

### 3.2 ZigBee 节点底板电路设计

ZigBee 节点底板电路包括传感器节点底板电路、汇聚节点底板电路、路由节点底板电路。这 3 个底板电路绝大部分都是一样的,主要包括电源电路、复位电路、RS232/485 接口电路、LED 及 LCD 显示电路,按键电路和 JTAG 下载口等。这

些电路比较简单,这里就不做赘述,仅介绍一下常用的传感器电路与传感节点电源电路。

#### 3.2.1 传感器电路

本文设计了两种终端节点传感器电路:分别是基于 MLX90614 的非接触式红外测温电路和基于 DHT11 的温湿度传感器电路。它们分别被用来测量精细农业中的作物生长环境温度和土壤的墒情。我们还可以根据实际需求,精确测量其他作物生长所需环境参数,如增加 S-100 传感器去测量 CO<sub>2</sub> 的浓度、增加光合有效辐射传感器 SQ110 去测量光照强度。总之在精细农业中作物生长的敏感信息只要应用相应的传感器都可精确测量与控制。我们仅以以下对两种传感器的特性

和检测电路作介绍。

(1) MLX90614 是一款非接触式红外线温度感应芯片。它在同一个封装内整合了红外热电堆感应器与一款定制的信号调节芯片。MLX90614 在信号调节芯片中使用了先进的低噪声放大器,一枚 17 位 ADC 以及功能强大的 DSP 元件,从而实现高精度温度测量。它有 SMBus 和 PWM 两种数字输出方式。在默认设定在 SMBus 输出方式下,温度测量范围为  $-40 \sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,解析度为  $0.02\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。MLX90614 是一种低功耗传感器,且拥有节能关断工作模式,符合 ZigBee 网络的低功耗要求。

MLX90614 的电气连接非常简单,只需将相应的引脚分别与 CC2430 的两个通用 I/O 口、3.3 V 和地连接即可,不需要任何的辅助元器件。基于 MLX90614 的精细农业非接触式红外测温电路原理图见图 5 所示。

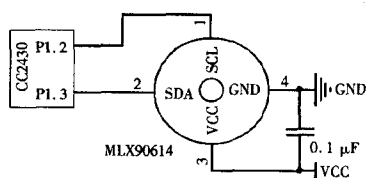


图5 基于 MLX90614BAA 的非接触式红外测温电路

Fig. 5 Non-contact Infrared Temperature measuring Circuit Based on MLX90614

(2) DHT11 数字温湿度传感器是一款含有已校准数字信号输出的温湿度复合传感器。它应用专用的数字模块采集技术和温湿度传感技术,确保产品具有较高的可靠性与卓越的长期稳定性。传感器包括一个电阻式感湿元件和一个 NTC 测温元件,并与一个高性能 8 位单片机相连接。每个 DHT11 传感器都在精确的湿度校验室中进行校准。校准系数以程序的形式储存在 OTP 内存中,传感器内部在检测信号的处理过程中要调用这些校准系数。和 DS18B20 一样,DHT11 也采用单线制串行接口,读取温度和湿度时均通过一条数据线按先后顺序读出。DHT11 的测量范围为  $10\% \sim 90\% \text{ RH}$ ,  $0 \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,测量精度为  $\pm 5\% \text{ RH}$  和  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,同时具有体积小、功耗低、信号传输距离远(可达 20 m 以上)的特点,非常适合用于精细农业的温湿度监测。本文把该电路用于土壤墒情系统检测。

DHT11 采用 4 针单排引脚封装,其中第 3 引脚未定义,供电电压为  $3 \sim 5.5\text{ V}$ 。其检测电路与

DS18B20 基本相同,基于 DHT11 的温湿度传感器检测电路如图 6 所示。

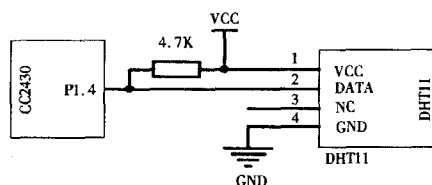


图6 DHT11 温湿度传感器检测电路

Fig. 6 Detection Circuit of DHT11 Temperature and Humidity

### 3.2.2 电源电路

实际应用中,ZigBee 节点数量众多,一般分散安装在监测现场的各个部位,且许多现场环境十分危险,生产设备运行时操作人员无法靠近,经常为终端节点更换电池较为困难。因此在设计终端节点的供电模块时,一方面要选取大容量电池,本系统选取  $4.2\text{ V}$ 、 $4\text{ }200\text{ mAh}$  的电池为终端节点供电;另一方面要选取功耗小、输出电流较小的低压差 DC-DC 芯片,本系统选取 XC6206P332MP-3.3 作为终端节点的电压转换芯片。XC6206P332MP-3.3 是一种小内阻、低功耗、高精度的稳压芯片,适用于电池供电的应用设备,且价格便宜,符合 ZigBee 协议的要求。终端节点的供电电路如图 7 所示。

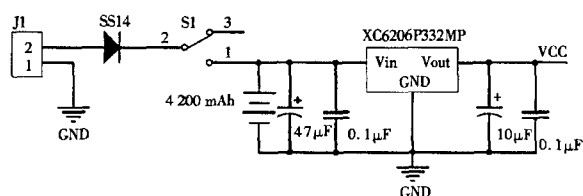


图7 终端节点供电电路

Fig. 7 Power Supplying Circuit of End Node

图 7 中,直流电源插口和二极管用于电池充电。为电池充电时,只需与  $5\text{ V}$  直流电源连接即可。电源电压经二极管分压后降至  $4.3\text{ V}$  左右正好符合电池的充电电压。

## 4 总结

本文阐述了基于 WSN 的精细农业传感节点硬件设计的方案,并分别给出传感器节点、汇聚节点和路由节点的模块化设计。详细介绍了无线核心模块、传感器节点外围电路的设计。无线传感器网络作为当今信息领域新的研究热点,涉及多

学科交叉。随着传感器成本的降低以及相关问题解决方案的不断优化,如能耗更加小和数据融合算法、节点定位算法的不断完善,以及更加优秀的

无线射频模块,无线传感器网络将会在农业领域有更广泛的应用<sup>[8]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 王汝传,孙力娟. 无线传感器网络技术及其应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2011.
- [2] 赵景宏,李英凡,许纯信. ZigBee 技术简介[J]. 电力系统通信,2006,27(165):54-56.
- [3] Kim D H, Song J Y, Lee S H, et al. Cha. Development and evaluation of ZigBee node for USN[J]. International Journal of precision engineering and manufacturing, 2009(10):53-57.
- [4] 陈凯,张丕状,韩众. 无线传感器网络节点的模块化设计[J]. 传感器与微系统,2008,27(6):94-96.
- [5] 任秀丽,于海斌. ZigBee 无线通信协议实现技术的研究[J]. 计算机工程与应用,2007,43(6):143-145.
- [6] 黄智伟. 印制电路板(PCB)设计技术与实践[M]. 北京:电子工业出版社,2009:301-375.
- [7] 丁冲,戴宇杰,张小兴,等. 基于 ZigBee 接收机的 2.4GHz CMOS LNA 的设计[J]. 南开大学学报:自然科学版,2008,41(3):105-110.
- [8] 任丰原,黄海宁,林闯. 无线传感器网络[J]. 软件学报,2003,14(7):1 283-1 284.

## Precision Agricultural Sensor Node Hardware Design Based on the WSN

ZHOU Feng<sup>1,2</sup>, BIAN Jin-hong<sup>1</sup>

(1. College of Information Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu 224051, China;  
2. College of Information Science and Engineering, Southeast University, Nanjing Jiangsu 210096, China)

**Abstract:** Combined with the actuality of Precision agriculture, a design scheme of intelligent monitoring system based on WSN was proposed. CC2430 chip in ZigBee protocol was taken as the sensor node and sink node to transmit, aggregate and fuse data, the agricultural production automation and precision agriculture were realized.

**Keywords:** Precision Agriculture; Wireless Sensor Network; ZigBee; CC2430

(责任编辑:沈建新)