

面向精准农业的感知节点传感器驱动与控制

杜鹏雷, 吴 晓, 杨丽平, 江 涌

(西北工业大学 计算机学院, 陕西 西安 710129)

摘 要:分析了面向精准农业应用的无线传感器网络感知节点的功能特性,针对现行节点不能满足精准农业中低能耗、长生命周期及数据准确性需求的问题,搭建了 Testmote 硬件平台,并基于 ATmega1281 微处理器实现了传感器模块外围逻辑电路设计,为不同类型通信协议的传感器模块提供即插即用的接入方式。进一步,在深入研究 TinyOS 2.x 硬件体系结构的基础上,抽象出了传感器模块的驱动体系。最后,根据传感器模块通信协议类型的不同,按照测试、验证、移植的思路,进行通信协议匹配,实现传感器模块的驱动和控制,并成功应用于精准农业大棚监测系统中。

关键词:无线传感器网络;ATmega1281;电路设计;传感器;驱动移植

中图分类号:TP393.05

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2010)06-0233-04

Drive and Control of Sensor Node Facing Precision Agriculture

DU Peng-lei, WU Xiao, YANG Li-ping, JIANG Yong

(School of Computer, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China)

Abstract:Analysed the functions of the sensor node which is used in the precision agriculture application. To point against the situation that the current node couldn't reach the necessary of the precision agriculture application such as low energy consumption, long life cycle and data accuracy, based on ATmega1281, a testbed called Testmote was constructed. And the peripheral circuit for the sensor modules was designed to access the modules which used different protocol with a plug and play way. Further, the sensor module driver architecture was abstracted upon the deep study of the TinyOS 2.x. Lastly, according to the differentness of communication protocols, implemented the matching between those protocols, as well as the driver and control of the sensor modules, with the idea of test, validation and transplantation. Now the whole system has been successfully applied in the precision agriculture monitoring application.

Key words:wireless sensor network; ATmega1281; circuit design; sensor; drive transplantation

0 引 言

无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)是由大量处理能力、存储能力、通信能力以及能源有限的节点通过无线通信的方式形成的一个多跳的自组织网络系统,其目的是协作感知、采集和处理网络覆盖区域中感知对象的信息,并发送给观察者^[1]。它通常由传感器节点(sensor node)、汇聚节点(sink node)和管理节点构成。

传感器节点由传感器模块、处理模块、无线通信模块和能量供应模块四部分组成。在西部精准农业的温室大棚环境监测中,传感器节点需要对 CO₂、光照、温

湿度等传感器进行采样,把采集的数据发送至上层专家系统,来完成对影响大棚里作物生长的关键因子的精确监控,及时发现问题进行调节并预警。相对于传统农业,实现了生产模式的转变,即从传统的以人力为中心依赖分散机械工具的生产模式转化为以数据、信息为中心依赖高科技技术的感知系统的生产模式,从而实现了人力劳动在时间和空间上的解放。

文中通过对感知节点的功能特性分析,设计了基于 ATmega1281 处理器,以 TinyOS 2.x 为嵌入式操作系统的 Testmote 平台,解决了不同通信协议的传感器接入问题,完成了传感器节点上接口电路的开发设计、驱动体系的设计、驱动的移植及实现。

1 Testmote 硬件平台搭建

搭建 Testmote 硬件平台主要是为了解决两个问题,一是现在市面上出售的 Mica 系列和 Telos 系列节点功耗过大, I/O 口不稳定,不能满足精准农业中对数据准确性和节点生命周期长度的要求;二是选择 AT-

收稿日期:2009-09-22;修回日期:2009-12-20

基金项目:国家科技支撑计划项目(2007BAD79B03);国家科技支撑计划项目(2007BAD79B02);陕西省自然科学基金(2007F29);陕西省科技攻关项目(2007K04-01)

作者简介:杜鹏雷(1982-),男,硕士研究生,研究方向为嵌入式与测控技术;吴 晓,副教授,研究方向为网络嵌入式。

mega1281 和 RF230 作为计算和通信模块主要是为了最大化利用开源的社区软件 Tinyos, 控制成本, 缩短开发周期。其结构框图如图 1 所示。

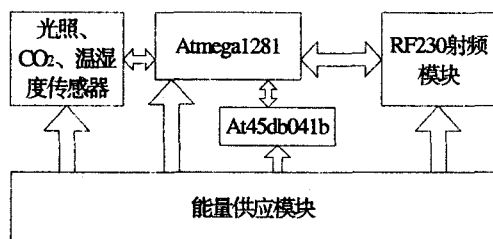


图 1 Testmote 硬件平台结构框图

Testmote 平台在微处理器的选择方面采用现在主流的 AVR 单片机——ATMEL 公司生产的 8 位高性能的单片机 ATmega1281^[2]。主要考虑到该处理器采用先进的 RISC 结构, 支持高级语言和成熟的嵌入式系统开发, 并且具有丰富的资源和接口。在射频选择方面采用 ATMEL 公司推出的 AT86RF230 芯片, 该芯片支持 IEEE802.15.4 协议, 功耗低。在存储选择方面, 同样采用 ATMEL 公司的 AT45db041b 芯片, 该芯片存储容量大、读写速度快、外围电路简单。

在传感器选型方面, 主要考虑两方面的因素, 一是通信协议是否在 TinyOS 2.x 中实现了; 二是硬件资源是否有冲突, 例如 SPI 已经被射频占用。

选择瑞士 Sesion 公司生产的 SHT75^[3] 的传感器来采集温湿度, 美国 Intersil 公司的数字传感器 ISL29001^[4] 采集光强数据, 美国 GE/Telaire 公司的 T6004^[5] 红外 CO₂ 模块进行 CO₂ 浓度监测。这几种传感器集成了像 IIC^[6]、UART 等标准通信模块, 并且性能稳定, 灵敏度精度高, 利于开发。

2 传感器接口电路设计

2.1 传感器接口引脚定义

ATmega1281 具有非常丰富的对外接口, 文中主要是使用 ATmega1281 的 GPIO、UART 模块来挂载所需要的传感器, 通过接口设计来匹配通信协议, 实现处理器与传感器之间的信息交互。传感器的接口定义如表 1 所示^[3,5,6]。

表 1 传感器的接口定义

传感器	引脚	说明	引脚	说明
SHT75	VDD	电源	SCK	时钟
	GND	地	DATA	数据
ISL29001	VDD	电源	PD	功耗设定
	GND	地	SCL	IIC 时钟
	REXT	光控	SDA	IIC 数据
T6400	+5V	电源	S-CLK	串行时钟
	GND	地	TXD	串行异步发送端
	SER-IN	串行输入	RXD	串行异步接收端

2.2 硬件接口电路设计

接口电路主要是实现 ATmega1281^[2] 的 GPIO 引脚以及异步串行通信模块与各传感器的接口进行连接, 原理图如图 2 所示。

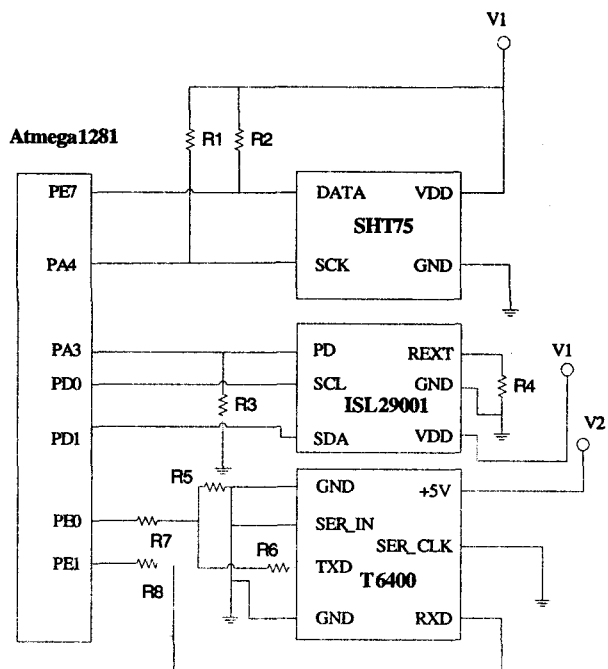


图 2 传感器接口电路图

该硬件原理图的设计主要考虑微处理器的兼容性、时序的模拟、功耗的控制以及通信时钟^[7]选择等方面。

(1) 微处理器的兼容性考虑。ATmega1281 的 GPIO 保持了对 ATmega103 的兼容性, ATmega103 的 I/O 位置在 ATmega1281 得到了保留。增加的 I/O 位于扩展的 I/O 空间 \$60 到 \$FF。这些地址可以通过指令 LD/LDS/LDD 和 ST/STS/STD 来访问, 而不用 IN/OUT 指令。

(2) IIC 协议的模拟实现。文中通过两线 (Data、Clock) 模拟 IIC 协议来实现与 ATmega1281 的通信, 分别连接到 PE7 和 PA4, 通过置位 DIOE、DIOV、DI 来使能 PE7 的第二功能, 即中断输入功能, 中断信号与数据信号由同一个引脚接入, 从而简化了布线和电磁的干扰。

(3) 功耗的控制。光照传感器 ISL29001 内部集成 ADC 和 IIC 模块, 文中通过 PD0、PD1 两个 GPIO 连接 ISL29001 的 IIC 模块, 内部通过数据总线连接到 ATmega1281 的 TWI 模块实现通信, 并通过 PA3 输出一个高电平来控制 ISL29001 的 POWER-DOWN 模式。

(4) 时钟选择, 模式限定。T6400 传感器通过 PE0、PE1 连接到 ATmega1281 的 USART0 模块上, USART0 时钟发生器包括同步 T6400 操作来与外部

输入时钟进行同步的逻辑,以及波特率发生器。设定 SER- IN、SER- CLK 接地,确保以 ATmega1281 时钟为准接收主发送异步通信模式。图 2 为传感器接口电路图。

3 传感器驱动控制

驱动的移植主要完成通信协议的匹配和传感器模块动作的控制,文中按照传感器模块的测试、验证、移植的思路进行。

3.1 TinyOS 2.x

TinyOS 2.x^[1]是加州大学伯克利分校设计的、开源的、面向传感器网络的专用网络化嵌入式操作系统。TinyOS 2.x 采用轻量级线程和两级调度的方式,基于事件驱动的主动消息机制,组件化的模型设计思想。有助于发挥硬件的特点,降低能耗,提高并行计算能力,简化应用开发。

3.2 传感器的驱动体系设计

通过对 TinyOS 2.x^[8]的硬件结构进行分析,设计了三层的传感器驱动体系结构,如图 3 所示。

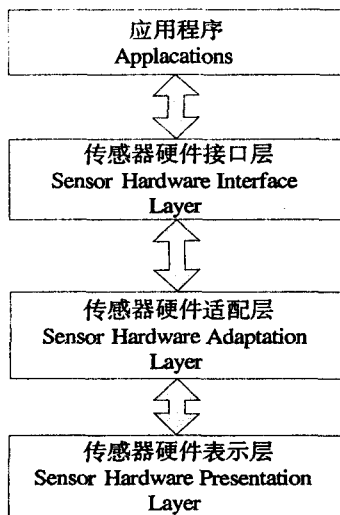


图 3 传感器驱动体系

驱动体系分三层的主要目的是为了隐藏传感器的硬件细节、配置参数差异,以及实现平台的虚拟化,减少平台的依赖性,增加通用性。

表示层对传感器硬件功能进行描述,可以通过访问内存或者端口映射对传感器进行控制,隐藏了具体传感器的处理细节,提供了对不同平台的支持,硬件的中断服务也是在这一层进行处理的。适配层是硬件抽象的核心,主要进行具体传感器的参数配置和通过状态反映传感器的工作状态,利用仲裁机制对其进行控制和调度,提高系统的性能。接口层主要提供了可供用户使用的统一的 API 接口,屏蔽了传感器的复杂性

与差异性,实现了硬件层次上的虚拟化。

3.3 传感器模块的测试验证

传感器模块的测试验证主要是验证在给出标准协议的时序信号的情况下,传感器模块是否能够正常启动并响应相应的命令得到正确的数据采集结果,以查看协议的匹配性与模块的正确性,文中采用 C 代码进行测试。

(1)模拟 IIC 协议和标准 IIC 协议通信的传感器模块(sht75、isl29001)测试验证。

```

void s_ transstart(void)//产生启动时序
void s_ connectionreset(void)//产生重启时序
char s_ write_ byte(unsigned char value)//捕捉总线上的 ACK
反馈,验证协议匹配的正确性
char s_ read_ statusreg(unsigned char * p_ value, unsigned
char * p_ checksum)//读状态寄存器
char s_ write_ statusreg(unsigned char p_ value)//写状态寄存
器
char read_ sample(unsigned char * p_ value, unsigned char *
p_ checksum)//采样数据,验证模块的正确性与连通性
  
```

(2)中断式通信验证 Uart 模块(CO₂ 模块)的正确性。

```

static UINT8 sendData[4] = {0x02,0x03}; //设定工作模式
UCSR0B = (1<<RXCIE)|(1<<TXCIE)|(1<<RXEN)|
(1<<TXEN); //初始化,使能收发端口,中断开启
void assemble_ packet(UINT8 * sendData, UINT8 wLen)//
组装数据包
SIGNAL(SIG_ USART0_ TRANS)//发送结束中断触发
SIGNAL(SIG_ UART0_ RECV)//接收结束中断触发
  
```

3.4 驱动移植

传感器驱动的移植主要完成文件的修改、接口的配置和驱动逻辑的设计等方面的工作,来实现硬件平台的支持和通信协议的匹配。大致可以分为三类: TinyOS 中集成的模块,使用标准接口进行通信的模块(如 IIC、SPI 等)和使用特殊接口的模块,要用 GPIO 进行模拟通信的。

(1)TinyOS 2.x 中集成的模块,例如 sht75。需要设定工作模式,配置连线。

```

Components HplAtm128GeneralIOC,
HplSensorionSht75P, HplAtm128InterruptC; //调用微处理器的
GPIO 模块,传感器的驱动接口模块,以及微处理器的中断模块
DATA = HplAtm128GeneralIOC. PortE7;
SCK = HplAtm128GeneralIOC. PortA4; //连线配置,利用
GPIO 端口模拟 IIC 的两线
PORTPE7 = 1; //设置 PE7 的功能引脚,使其作为外边中断
和数据输入的复用引脚,简化 PCB 布线
HplSensorionSht75P. DATA - > HplAtm128GeneralIOC.
  
```

PortE7;

HplSensorionSht75P. SCK -> HplAtm128GeneralIOC. PortA4; //设置主发送主接收工作模式

(2)使用标准接口进行通信的模块。

ISL29001 光照传感器模块驱动移植。

ISL29001Reader = ISL29001ReaderP. ISLReader;

//为上层提供访问接口

ISL29001ReaderP. I2CPacket -> Atm128I2CMasterC. I2CPacket; //调用标准的 IIC 模块

ISL29001ReaderP. I2CResource -> Atm128I2CMasterC. Resource; //总线使用权请求

ISL29001ReaderP. PD_ Enable -> HplAtm128GeneralIOC. PortA3; //设定传感器的低功耗模式

call I2CPacket. write((I2C_ START | I2C_ STOP), ISL_ ADDRESS, 1, I2CcmdBuffer); //获得总线使用权后,设定采集模式

call I2CPacket. read((I2C_ START | I2C_ STOP), ISL_ ADDRESS, 4, I2CDataBuffer); //获得总线上的数据

(3)GPIO 模拟 Uart 模块通信。

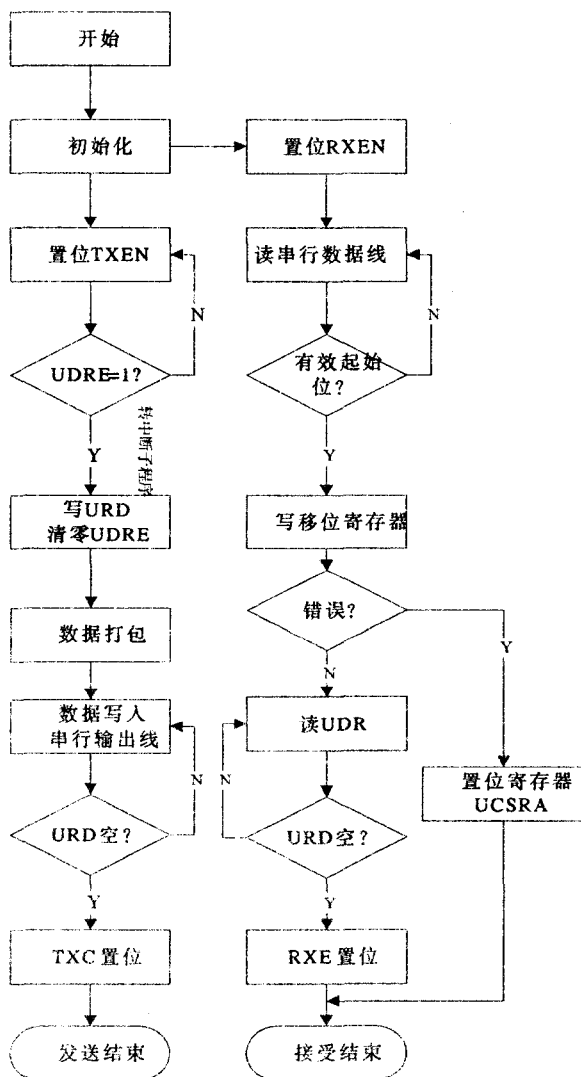


图 4 T6400 接收发送流程图

T6400 二氧化碳模块驱动移植。

T6400 模块的收发驱动逻辑如图 4 所示。

通过把寄存器 UCSRB 的 TXEN 与 RXEN 位置一,设定 MCU 的 GPIO 功能为 Uart 数据收发功能。

解决通信冲突,由于 Atmega1281 有两个异步通信模块,而 TinyOS 2.x 中没有加以区分哪个是跟 PC 通信,哪个是跟传感器模块通信。创建一个串行异步通信模块 CO₂Uart0,指定使用微处理器的 Uart0 模块与 CO₂ 通信。

components Atm128Uart0C as Uart0;

components new Atm128UartP(9600) as UartP;

//指定与二氧化碳模块通信的是 Uart0 模块

通过寄存器设置,设定通信模式

ATM128_UCSR0C = 0x95, //寄存器 UMSEL 位为 1

stts.bits = (struct Atm128_UCSRA_t) {u2x:1};

// u2x 位为 1,设定通信模式为倍速异步通信模式

T6004ReaderP. Uart0Control -> Uart0. StdContro;

T6004ReaderP. Uart0Stream -> Uart0. UartStream; //设定二氧化碳模块连接到 Uart0 模块上

uint8_t sendCmdBuff^[4] = {0x02, 0x03}; //设定采集模式

uint8_t assemble_packet(uint8_t * sendData, uint8_t sdLen, uint8_t * sendPacket, uint8_t spLen) //该函数对发送数据进行打包,采集命令下发

inline int16_t parse_packet(uint8_t * receivePacket, uint8_t rplLen, uint8_t * receiveData, uint8_t rdLen) //对接收到的数据进行解包,得到传感器模块采集的数据

4 实验测试

4.1 实验平台

利用 24 个感知节点与一个 Root 节点以自组织的方式构成网络,每个感知节点挂载一个或者几个上述的传感器,通过 Root 节点下发采集命令,感知节点接收命令后调用驱动程序,驱动传感器进行数据采集,并把采集到的数据上报至 Root 节点,Root 节点通过串口把数据发送到 PC 机上。

4.2 数据分析

通过串口调试工具采集的数据如图 5 所示。

图 5 的数据是在办公室内测试得到的,室温在 23℃至 24℃左右的范围内,空气湿度在 37%左右,光照与节点摆放的位置有关,符合正常情况下室内光强在 100lux 至 550lux 的范围内,与周围环境的光强吻合,CO₂ 浓度为 533ppm,属于正常的办公室的 CO₂ 浓度范围。上述数据与标定器件所得到的数据吻合,说明传感器可以正常采集周围环境的数据,进而验证了硬件电路设计与驱动移植的正确性与可靠性。

(下转第 241 页)

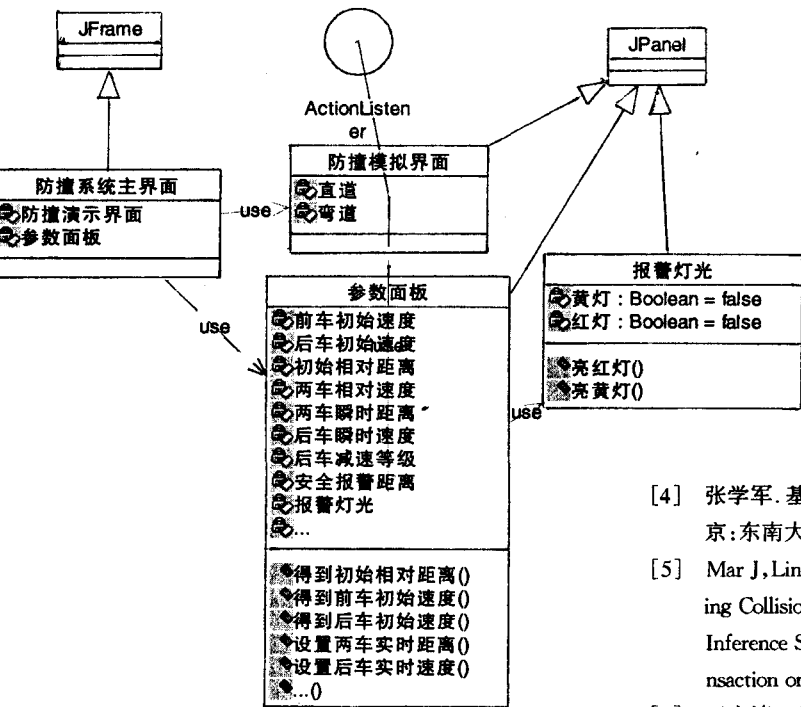


图 5 人机界面包内的类图

象方法,对汽车防撞模糊控制系统的软件实现进行了详细的分析,使用用例图来表达软件要实现的功能,使用包图来说明软件的层次,使用类图来说明各种类的属性和接口,使用协作图来说明各个对象之间的关系和时间顺序,在此基础上编码,使系统更加合理。

参考文献:

[1] 侯德藻,李克强. 汽车主动防撞系统中的报警方法及其关键技术[J]. 汽车工程,2002,24(5):438-441.

[2] Kageyama. On a new driver model with fuzzy control[C]//Proceedings of 12th IAVSD Symposium. Lyon, France: [s. n.],1991.

[3] Mar J, Lin Feng jie. An ANFIS Controller for the Car - Following Collision Prevent System[J]. IEEE Trans. on Vehicular Technology,2001,50(4):106-111.

[4] 张学军. 基于神经网络的汽车防撞模糊控制研究[D]:南京:东南大学,2008.

[5] Mar J,Lin Huang Ta. The Car - following and Lane - Changing Collision Prevention System Based on the Cascaded Fuzzy Inference System[J]. IEEE Transaction on vehicular technology,2005,54(3):910-914.

[6] 王文清,王武宏,钟永刚. 基于模糊推理的跟驰安全距离控制算法及实现[J]. 交通运输工程学报,2003,3(1):72-75.

[7] 范 遂. 基于面向对象方法的模糊控制器设计[J]. 计算机应用,2005,25:399-400.

[8] 薛胜军,成 敏. Java 内容仓库及其在 CMS 中的应用[J]. 计算机技术与发展,2009,19(1):204-207.

(上接第 236 页)

20090422	10:09:37	ID:0025	传感器数据
7E 45 00 00 16 00 25 14 00 36 00 01 00 15 00 25 2E 80 0A 00 01			
19 02 02 04 57 03 00 E8 00 42 7A 7E			
温度:24.02;湿度:37.44;光照:354.00			
20090422	10:09:39	ID:0021	传感器数据
7E 45 00 00 16 00 21 14 00 36 00 01 00 12 00 21 72 80 0A FE 01			
18 B8 02 04 00 03 00 62 00 21 92 7E			
温度:23.38;湿度:34.38;光照:149.54			
20090422	10:10:22	ID:003D	传感器数据
7E 45 00 00 16 00 3D 16 00 36 00 01 00 20 00 3D 18 80 0D 89 01			
19 06 02 04 2C 03 00 D0 04 02 15 20 12 7E			
温度:24.06;湿度:35.97;光照:317.38;二氧化碳:533.00			

图 5 传感器采集的数据

5 结束语

文中主要研究了感知节点的功能,以及 TinyOS 2.x 的硬件体系结构,搭建了新的硬件平台,设计了无线传感器网络感知节点的传感器外围逻辑电路和驱动体系,同时分类实现了传感器模块的驱动和控制。该

设计已经成功地应用在西部精准农业项目中,实践反馈表明,该设计方法简单、性能稳定,具有功耗低、数据采集灵活、可靠性高等特点。

参考文献:

[1] 孙利民,李建中,陈 渝,等. 无线传感器网络[M]. 北京:清华大学出版社,2005:4-5.

[2] Atmega1281datasheet[DB/OL]. 2007. http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2549.pdf.

[3] SH175 datasheet[DB/OL]. 2007. <http://www.chunchang.net/UpFile/2008-11/18/20081118131829587.pdf>.

[4] IIC protocol[DB/OL]. 2000. <http://www.zlgmcu.com/philips/iic/xuanxing/I2Cgiufan.pdf>.

[5] T6400 datasheet[M/CD]. 2007. <http://www.apollounion.com>.

[6] ISL29001 datasheet[DB/OL]. 2006. <http://www.intersil.com/data/fn/FN6166.pdf>.

[7] 霍宏伟,牛延超,黄吉莹,等. ATmega128/2560 系列单片机原理与高级应用[M]. 北京:北京希望电子出版社,2006.

[8] TinyOS 2.0.2 Documentation. TEP2[DB/OL]. 2007. <http://www.tinyos.net>.