

# 基于 MSP430 多功能无线监测系统的设计

高潮,周鹏,郭永彩

(重庆大学光电技术及系统教育部重点实验室,重庆 400050)

**摘要:**针对传统监测系统存在局限性,设计了基于无线数据收发芯片 nRF905、以 MSP430F149 为主处理芯片的多功能无线监测系统,给出了无线监测系统框图和部分软硬件设计,在供能、采集精度、抗干扰性、传输距离等方面做出了探索工作。实验表明本系统运行速度快、传输距离远、精度高、功耗低。无线监测系统相比有线监测系统应用灵活,可移动性强,将是未来监测系统发展的主要方向。

**关键词:**数据采集;无线传输;MSP430;nRF905

中图分类号:TP277

文献标识码:B

文章编号:0253-2743(2009)02-0066-02

## Design of multifunction wireless monitoring system based on MSP430

GAO Chao, ZHOU Peng, GUO Yong-cai

(Key Laboratory of Optoelectronic Technology and Systems of the Education Ministry of China, Chongqing University, Chongqing 400050, China)

**Abstract:** Aimed at the problem of traditional monitoring system, the multifunction wireless monitoring system is established using single-chip RF transceivers nRF905 and MSP430F149 as main processor. The system schematic diagram and hardware circuit are presented. The energy supply, precision of data acquisition, anti-jamming and propagation distance are explored in this paper. Experiments show that the system has the features of high speed, high precision and low consumed power. The wireless monitoring system, which will be the main developing direction, is more movable and flexible than traditional monitoring system.

**Key words:** data acquisition; wireless data transmission; MSP430; nRF905

现代监测系统需要采集传感器所获取的数据,并将采集的数据传送到主机进行数据分析和处理。但随着采集应用范围的不断拓展,在无法或不便实现明线连接的场合,采用传统的有线数据传输已不能满足系统的需要,这时采用无线监测系统就显示出巨大的优势。

无线监测系统综合了传感器技术、数据采集技术、现代无线通信技术等,能够通过各类传感器协作地实时监测、感知和采集各种监测对象的数据,数据通过无线通道发送至用户监控终端,从而实现人们监测各种对象的目的。

### 1 系统硬件设计

系统的硬件结构由两部分组成:主机为数据采集和无线数据发射电路;从机为无线数据接收和通用串行总线接口电路。系统的总体结构如图 1 所示:

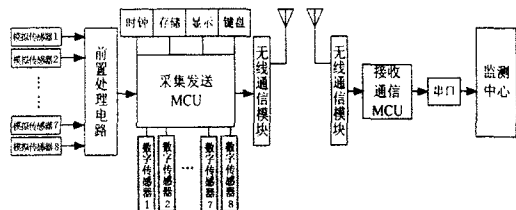


图 1 系统的总体结构图

#### 1.1 单片机系统

单片机系统是控制系统的核心,完成整个系统的信息处理和协调控制。系统设计要求单片机运行速度快、功耗低、集成高精度 A/D 转换器等。比较主流单片机性能后,选用 TI 超低功耗 16 位单片机 MSP430F149 为核心处理器。MSP430 系列微控制器将大量外围模块整合到片内,适合开发低功耗高性能的系统。

#### 1.2 电源模块

电源模块的设计直接影响系统的精度、可靠性和工作时间。电池选择高环保的太阳能电池,无需充电,适合室外监测;稳压电路采用低压差线性稳压器 MAX1818 来实现,其性能较好,可提供 500mA 连续负载电流,能够满足系统的电流驱动能力要求;升压变换电路选用 TPS60110 电荷泵,它专为低噪声和高效率的应用而设计;电压监控芯片 MAX6376 用于电池电压监控。如果电池电压低于限定电压,则启动节能策略,如降低工作频率,增加休眠时间等,以达到延长工作时间的目的。

的目的。

#### 1.3 EEPROM 数据存储

为防止无线监测系统通信中断,信息无法发送出去而造成数据丢失,系统需要可管理的数据存储器。本设计采用低功耗的 I<sup>2</sup>C 总线存储器 24LC512,容量 512Kbits。MSP430 系列单片机不具备 I<sup>2</sup>C 总线接口,需通过 I/O 口模拟。

#### 1.4 时钟模块

DALLAS 公司的实时时钟芯片 DS12CR887 是高性能、低功耗并且内部带有静态 RAM 的实时时钟芯片。芯片具有备用电池充电和切换管理功能,在无线监测系统断电后,时钟可继续运行五年以上。DS12CR887 有两种接口总线时序工作方式,本系统 DS12CR887 工作在 Intel 总线时序方式。

#### 1.5 无线传输模块

无线传输芯片选用 Nordic 公司的单片射频发射器芯片 nRF905。nRF905 采用抗干扰能力强的高频移键控 (GFSK) 调制方式;内置完整的通信协议和 CRC 校验电路,曼彻斯特编码/解码由片内硬件完成;使用 SPI 接口与微控制器通信,配置非常方便;其功耗非常低,内建空闲模式与关机模式,易于实现节能,适合系统长期工作的要求。

##### 1.5.1 接口设计

出于降低电路板噪声对无线射频通信的干扰考虑,无线模块部分被做成独立的电路板。在主电路板上留出插槽,无线电路板插在插槽上与主电路板微处理器通信。这样既减少了电路干扰对无线通信的影响,又方便在无线模块发生故障时更换无线模块。nRF905 与 MSP430 接口如图 2 所示,其中 MOSI、MISO、SCK 与 MSP430 的 SPI 口对应,CSN、TRX-CE、PWR、TX-EN 接通用 I/O 口,而 CD、AM、DR 接中断口,收到数据可以用中断及时通知 MSP430。

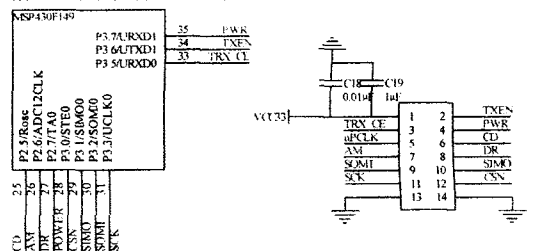


图 2 无线通信电路图

##### 1.5.2 天线的设计

良好的天线需要考虑频带,阻抗,增益等问题。本系统使用性能较佳且易于实现的 1/4 波长单极鞭状天线。该天

收稿日期:2009-01-05

作者简介:高潮(1959-),男,山西柳林人,教授,博士生导师,主要研究方向为信息处理技术、测控技术及仪器等。

线具有两连接点,即信号连接和地连接,鞭状天线和地线层结合形成一个完整的电路。理想的地线层应围着鞭状天线基扩展至少 1/4 波长,否则将影响鞭状天线的性能。

鞭状天线需要四分之一波长的天线垂直于 PCB 板上。天线长度计算公式为  $L = \lambda/4 = c/4f$ ,其中  $c = 3 \times 10^8$ 。系统工作于 433MHz,鞭状天线长度  $L = 17.2\text{cm}$ 。

## 2 系统软件设计

### 2.1 数据存储软件设计

串行数据传输总线时序如图 3 所示。数据写入过程: SCL 为低电平期间,允许 SDA 线上的数据改变,将需写入的位数据置于 SDA 线上; SCL 为高电平期间,SDA 线上的数据不可改变,24LC512 完成数据位的存储。

数据读取过程: SCL 为低电平期间,允许 SDA 线上的数据改变, MSP430 设置连接 SDA 引脚的端口方向为输入,准备读取数据; SCL 为高电平期间,24LC512 把读出的位数据放在 SDA 线上, MSP430 通过读指令读取位数据。

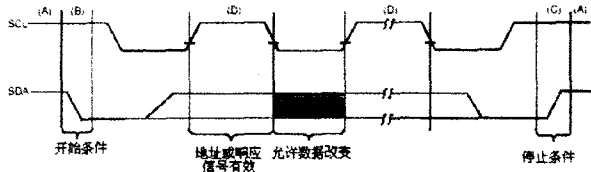


图 3 串行数据传输总线时序图

### 2.2 时钟模块软件设计

DS12CR887 在一次读或写操作中,地址/数据复用总线上先出现地址,后出现数据。写命令时序如图 4 所示。写操作时,当片选信号 CS 有效时,地址锁存信号 AS 的下降沿将 ADO 至 AD7 上的数据锁存作为地址,然后读写信号 R/W 为低电平,在 R/W 的上升沿将 ADO 至 AD7 上的数据写入 DS12CR887。读操作类似于写操作,同样先将数据线(ADO 至 AD7)上的信号锁存为 DS12CR887 需要的地址,然后 DS12CR887 在 ADO ~ AD7 上输出有效数据。

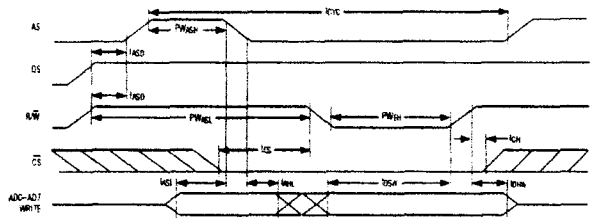


图 4 DS12CR887 写命令时序图(Intel)

### 2.3 nRF905 的程序设计

首先需对 nRF905 进行初始化配置。nRF905 的配置通过 SPI 接口进行, SPI 接口在掉电模式和 standby 模式是激活的, SPI 口的速度由 MSP430 设置。当 CSN 为低时, SPI 接口开始等待指令,新指令由 CSN 从高到低的转换开始。主要配置发射功率、使用频段、灵敏度、地址和数据信息等。配置完成后即可进入发射或接收模式。

nRF905 发送模式步骤如下:

(1)MSP430 置高 PWR-UP, nRF905 进入工作模式,再置高 TX-EN, 进入发送数据模式。

(2)MSP430 通过 SPI 口将发送地址写入发送地址寄存器 TX-ADDRESS, 然后将数据写入发送数据寄存器 TX-PAYLOAD。

(3)MSP430 置高 TRX-CE, nRF905 自动将数据帧格式补齐,加入包头 preamble,并根据寄存器设置计算 CRC 校验码并添至包尾,然后 nRF905 将数据包以 100K/s 的速度,采用曼彻斯特编码,以 GFSK 形式发送出去。发送完毕,DR 置高,通知 MSP430 可以进行下次发送。

(4)如果配置成自动重发模式, nRF905 会自动重发,直到

TRX-CE 置低。

(5)发送完毕将 TRX-CE 置低,进入 standby 模式。

nRF905 接收模式步骤如下:

(1)MSP430 置低 TX-EN、置高 TRX-CE,延时 650 $\mu\text{s}$  进入接受模式。

(2)nRF905 监控频道使用状况,如果发现频道被占用,则将 CD 置高。为避免数据冲突,需随机延迟一段时间再发送数据。

(3)当接收到的地址匹配时,AM 置高,准备接收数据。

(4)校验数据 CRC 是否正确,如正确则去除包头和 CRC 段,将数据保存在接收数据寄存器 RX-PAYLOAD,同时 DR 信号置高,通知 MSP430 读取数据。

(5)MSP430 置低 TRX-CE,进入 standby(省电)模式然后通过 SPI 口读取数据,读取完毕, nRF905 将 AM 和 DR 置低,准备继续接受数据。

### 2.4 USB 接口开发

固件编程是 USB 接口开发过程里的主要工作。首先初始化单片机和外设,发送 USB 请求,响应主机的标准设备请求。根据设备的功能分类完成各种数据交换请求。初始化后, USB 设备可随时插入主机中,主机将遵循 USB 协议对设备进行识别和初始化。主机识别到设备开始对设备进行配置,调用相应的驱动程序,配合上位机软件进行数据的接收和发送。

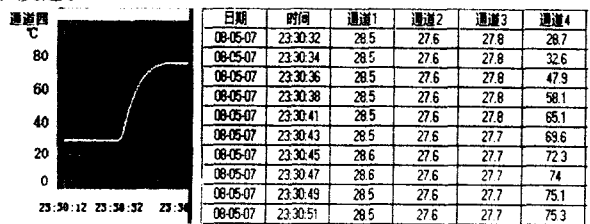


图 5 无线监测系统界面

### 2.5 上位机软件设计

上位机监控界面的开发采用 VB6.0 软件完成。通过用户界面,用户可以快速浏览与查找监测数据及其波形,得到计算机分析的结果,从而掌握各监测点的情况。主要包括界面设计模块、串行通讯模块、无线收发模块、数据表格显示界面、曲线显示界面、数据运算处理模块、数据存储模块等。系统部分界面如图 5 所示(通道 4 测水温)。

## 3 结束语

本文针对传统的监测系统数据传输上存在的受布线限制的问题,提出了一种基于无线数据通信的解决方案。在广泛调研相关无线监测、无线通信及数据采集等文献,分析现有的无线监测系统的基础上,研制出适合工业环境使用的多功能低功耗高性能无线监测系统,在能耗、采集精度、抗干扰性、传输距离、软硬件选择与设计等方面做出了探索工作。使用各类传感器进行多种功能测试,对比无线监测同类产品性能指标,本系统各项性能处于较高水平。伴随无线监测系统技术的逐步发展,将在军事侦察、环境信息检测、农业生产、医疗健康监护、建筑与家居、工业生产控制以及商业等诸多领域有着广阔的应用前景。

### 参考文献

- [1] 沈建华,杨艳琴. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与应用 [M]. 清华大学出版社, 2004, 11: 115 - 285.
- [2] 杨博,李宛洲. 基于单片机的新型多路数据采集系统 [J]. 仪表技术与传感器, 2006, 11: 45 - 46.
- [3] Nordic. Single chip 433/868/915 MHz. Transceiver nRF905 datasheet [S]. Nordic, 2006. 6: 1 - 42.
- [4] 黄剑,凌睿. 基于嵌入式系统的 X 射线探测与数据采集系统 [J]. 激光杂志, 2007, 28(5): 83 - 84.
- [5] 匡胜元,杨浩,卞玉萍. USB 2.0 在高速数据采集系统中的应用 [J]. 电子器件, 2007, 2: 543 - 544.