

基于MSP430的气体浓度监测及无线传输系统

王晓雷, 吴必瑞, 蒋群, 毋炳鑫
(中原工学院电子信息学院, 河南郑州 450007)

摘要:针对环境的气体浓度监测要求,设计了一种以16位单片机MSP430F449为主控制系统的气体浓度监测及无线传输系统,详细叙述了系统设计原理与软硬件的实现方法。系统通过单片机控制半导体气敏元件检测出气体的浓度值,借助无线通信芯片nRF2401,实现对环境中的气体浓度实时采集、测量、无线传输和上位机通信功能。该系统的显著特点是体积小、携带和测量方便、稳定性强、测量精度高,具有良好的应用前景。

关键词:MSP430; 气体浓度; nRF2401; 无线传输

中图分类号: TP273 文献标识码: A 文章编号: 1002-1841(2009)04-0076-02

Design of Gas Density Monitor and Wireless Transmission System Based on MSP430

WANG Xiao-lei, WU Bi-rui, JIANG Qun, WU Bing-xin
(Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou 450007, China)

Abstract: According to monitor requirements about gas density in environment, this paper designed a wireless transmission system and gas density monitor based on 16 unit MSP430F449 that act as a key control system. It introduced the system structure and the designs of hardware and software in detail. This system measured the gas density through the SCM controlled semiconductor gas sensors. With the help of nRF2401, it realized the functions of real-time acquisition measurement, wireless transmission and communication on microcomputer. This system has the features of small volume, convenient to tote and measure, strong stability, high precision and favourable apply foreground.

Key words: MSP430; gas density; nRF2401; wireless transmission

0 引言

由半导体气敏元件组成的气敏传感器能检测环境中某种气体及其浓度,从而对环境进行检测、监控^[1]。将16位低功耗单片机MSP430F449作为核心控制器件,采用无线通信技术,实现远程监控,克服了电缆传输信号的一些缺点,使单片机连接的外围电路简单,整个系统体积小,在实际工作场合稳定可靠。

1 系统的结构及硬件设计

1.1 系统结构

气体浓度监测系统以MSP430F449单片机为主控制器件。根据已测量的反映实际浓度的电压值计算出气体浓度,利用无线收发模块nRF2401构建的无线收发系统,完成了信号的无线传输。采用MAX3485作为电平转换,实现单片机PC主机之间的串行通信,并用VB6.0开发了系统的人机交互界面。图1为系统结构框图。

1.2 MCU的选择

控制系统以MSP430F449为主控制器件。MSP430F449是16位MCU,具有功耗低、存储容量大、集成度高、在线支持性强等特点。MSP430F449运用非常灵活,具有2K字节的RAM,60K字节的Flash,48个I/O口,3个16位定时器,1个看门狗定时器,2个串行通讯口,1个集成LCD驱动模块,1个模数转换模块(ADC),1个16位的硬件乘法器。MSP430F449除了正常的

工作模式外,还具有5种低功耗模式^[2]。

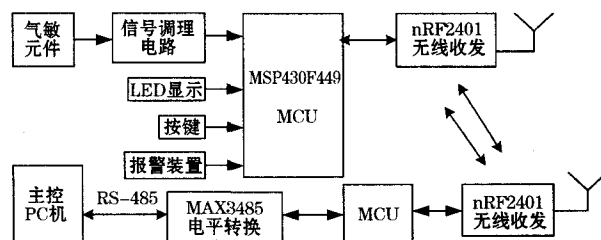


图1 系统结构框图

1.3 气体传感器的结构原理

气体传感器能把气体成分、浓度等各种物理特性变为电信号。气体浓度传感器的选择要满足对被测气体以外的共存气体或物质不敏感,具有较高的灵敏度和宽响应动态范围,同时,在被测气体浓度较高时,有较好的线性响应值,性能稳定,传感器能不随环境的变化而变化等要求。作为气体敏感材料的半导体氧化物应用最广泛的是二氧化锡和三氧化二铁。它们的敏感机制一般有两种,一种是以二氧化锡为代表的表面吸附控制型,另一种是以三氧化二铁为代表的体效应型^[3]。半导体气敏元件的测试电路图如图2所示。

图2中, R_L 为负载电阻,串联在传感器中,对串联回路加工作电压 V_c (5V),在加热丝两端加电压。在洁净空气中,传感器的电阻较大,在负载电阻上的输出电压较小,当在待测气体中时,传感器的电阻变得较小,则负载电阻上的输出电压较大。

R_L 与器件的电阻值 R_0 之间的关系如下:

$$R_0 = (V_C - V_{RL})R_L / V_{RL}$$

式中: V_C 为测量电压, 一般取值为 5 V; V_{RL} 为负载电压。

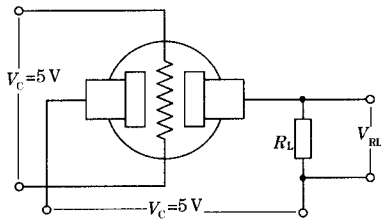


图 2 半导体气敏元件的测试原理图

1.4 信号调理模块

信号调理模块负责将气敏元件的输出信号调理成标准的电压或电流信号, 送入 MSP430F449 进行数据采集。对于气敏元件输出的信号, 取样电阻上的电压信号范围在 0 ~ 5 V 之间。选择 2.5 V 正参考电源 V_{REF+} , 在信号进入 MSP430F449 的 I/O 口之前, 为了保持波形不变, 需经过电阻分压, 同时经过二阶低通滤波器滤掉高次谐波, 为保护单片机不被烧坏, 需加入稳压管, 以确保电压不超过 2.5 V。

1.5 无线通信芯片 nRF2401 的接口电路

nRF2401 是单片射频收发芯片, 工作于 2.4 ~ 2.5 GHz ISM 频段, 芯片内置频率合成器、功率放大器、晶体振荡器和调制器等功能模块, 输出功率和通信频道可通过程序进行配置。芯片功耗非常低, 以 -5 dBm 的功率发射时, 工作电流只有 10.5 mA, 接收时, 工作电流只有 18 mA。具有多种低功耗工作模式, 节能设计更方便。其 DuoCeiver™ 技术使 nRF2401 可以使用同一根天线, 同时接收两个不同频道的数据。nRF2401 与 MSP430F449 之间的接口电路如图 3 所示, 其中 nRF2401 芯片的 CE、CS、DR1 和 PWR-UP 管脚分别与 MSP430F449 单片机的 P1.1、P1.2、P1.3 和 P1.0 管脚进行连接。P1.0、P1.1 和 P1.3 管脚只是用来控制 nRF2401 芯片的工作状态, 而 P1.2 管脚用来指示 nRF2401 是否接收到数据, 由于 P1 口的管脚有中断功能, 因此可以将 P1.2 管脚设置成中断方式。由于 nRF2401 的 SPI 口只有 1 个数据管脚 (Data), 因此将 Data 管脚分别与 MSP430 单片机 SPI 口的数据收发管脚连接^[4]。

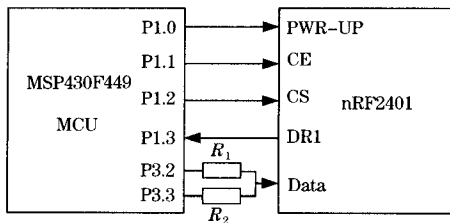


图 3 MSP430F449 与 nRF2401 的接口电路

1.6 RS-485 通信接口电路

RS-485 总线发送时使用两根线, 两根线上的电压相反, 当 A 线上的电压高于 B 线时, 为逻辑 1; 当 B 线上的高于 A 线时, 为逻辑 0。MAX3485 芯片把信号转变成 RS-485 标准需要的电平发送到计算机或终端, 从计算机或终端的接收的数据然后给 USART0。串口 USART0 经过 MAX3485, 其电路图如图 4

所示。其中, 芯片的 1 管脚与 MSP430F449 的 P2.4 相连, 作为通信电路的数据接收; 4 管脚与 MSP430F449 的 P2.5 相连, 作为通信电路的数据输出。RE 与 DE 短接并一同接入 P1.1, 由 P4.2 作为 MAX3485 芯片的使能端^[5]。

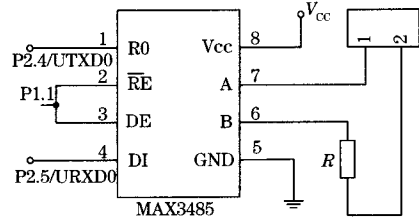


图 4 RS-485 通信接口电路图

2 系统的软件设计

系统的软件是在 IAR Embedded Workbench 开发环境下采用 C 语言编写的, 采用模块化程序设计。测量功能由中断完成, 可使单片机绝大部分时间处于低功耗状态, 充分发挥了 MSP430 系列单片机低功耗的特点^[6]。整个程序包括的子模块有: A/DC 测量浓度模块、键盘控制模块及 LCD 显示模块、无线收发模块等几部分。具体的软件流程图如图 5 所示。

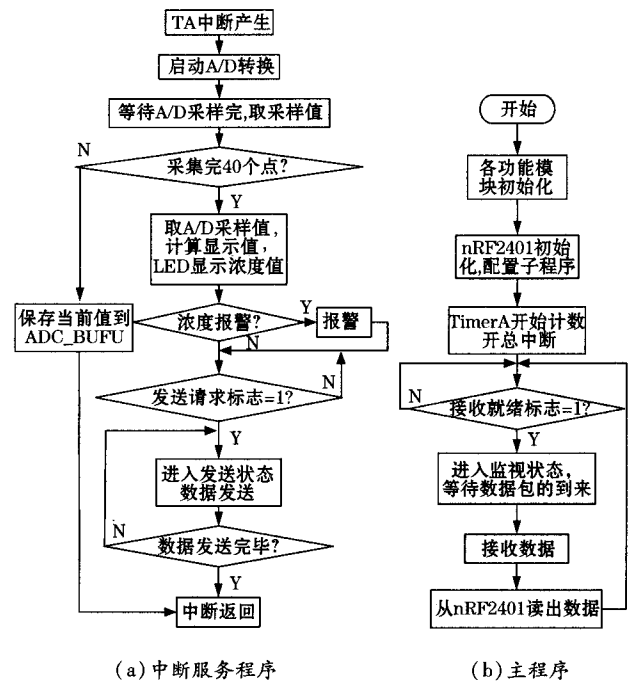


图 5 软件流程图

2.1 A/DC 测量浓度模块

A/DC 测量模块采集来自信号调理电路的气体浓度信号。MSP430F449 有 4 种转换模式, 如采集单点气体浓度的信号值, 则选用单通道单次转换模式, 如需要采集多点, 可选用序列通道单次转换。转换模式的选择主要通过设置相应的 A/D 转换的寄存器来实现。数据采集的时间间隔通过定时器 A 来完成, 就是在每次定时器 A 中断到来时, 读取 A/D 采集得到的数据, 在读数据之前先停止 A/D 转换, 在读取数据完毕后启动 A/D 转换, 如果得到数据, 则设置一个标志位通知主程序, 告诉主程序已经得到新的数据。 (下转第 80 页)

kHz 的参考信号 e_r 及测量信号 e_m , 并将参考信号 e_r 经由积分电路得到信号 e_d .

3.3 同步解调模块

采样模块对测量信号 e_m 与参考信号 e_r 及信号 e_d 进行采样, 取采样时间为 10^{-13} s. 数字混频模块中, 采样后的参考信号 e_r 分别与测量信号 e_m 与信号 e_d 相乘. 滤波模块滤掉高频分量, 得到 I 和 P .

3.4 数据处理模块

经过上述过程, 得到离散的 I 和 P 的值, 算出相位差 $\Delta\phi$ 的值, 与预设的相位差相比较, 输出测相误差图像. 计算出平均测相误差和方差.

经过建模仿真, 得出仿真图像如图 4 所示.

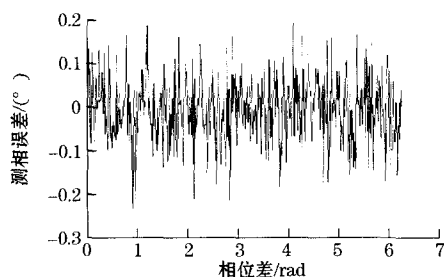


图 4 测相误差图

由仿真图像可知, 使用该方法最大的测相误差是 0.25° . 对 MATLAB 产生的误差数据取平均, 可得测相误差为 0.02° , 误

差标准方差为 0.09° . 在激光测距系统中, 按精尺 1 m 计算, 最大的测距误差为 0.69 mm, 平均测距误差为 0.056 mm.

4 结束语

由上述结果可以看出, 采用混频技术结合同步解调原理测量相位差, 取得了很高的测量精度, 并大大减小了数据运算量, 在需要高速高精度的测相场合有很好的应用前景.

参考文献:

- [1] 曹延伟, 程霖, 皇甫堪. 多频连续波雷达两种测距算法研究. 电子与信息学报, 2005, 27(5): 789-792.
- [2] 王秀霞. 基于 DSP 的高精度相位差测量系统. 仪器仪表与检测技术, 2004, 23(5): 58-61.
- [3] 刘灿涛, 赵伟, 袁俊. 基于数字相关原理的相位差测量新方法. 计量学报, 2002, 23(3): 219-223.
- [4] 宋长宝, 李志刚, 竺小松. 基于数字正交变换的相位差测量方法及误差分析. 电路与系统学报, 2006, 11(1): 143-146.
- [5] FUNAKI T, TANAKA S. Error Estimation and Correction of DFT in Synchronized Phasor Measurement. Transmission and Distribution Conference and Exhibition 2002; Asia Pacific IEEE/PES, 2002, 1: 448-453.
- [6] WEBB W T, HANZO L. MQAM Principles and Applications for Fixed and Wireless Communications. Pentech Press Publishers, London, 1994: 45-53.

作者简介: 贾方秀(1981—), 博士生, 主要研究方向为半导体激光测距.

E-mail: jiafangxiuxiu@163.com

(上接第 77 页)

2.2 键盘控制模块及 LCD 显示

键盘模块主要负责气体浓度报警值的设定, 同时将采集的浓度值送 LCD 显示. MSP430F449 内部自带一个 160 段的液晶(LCD)驱动器, 液晶显示缓存器各个位与液晶的段一一对应. 存储位置位则可以点亮对应的液晶段, 存储位复位液晶段变暗. 段、公共极输出控制能够自动从显示缓存器读取数据, 送出相应信号到液晶玻璃片上.

2.3 无线收发模块

无线收发模块的软件设计主要实现 MSP430F449 单片机与 nRF2401 芯片之间的通信, 从而实现数据的无线传输. 首先, 必须对芯片的 4 种工作模式既收发模式、配置模式、空闲模式和关机模式进行操作. 整个软件设计包括初始化程序、管脚模拟程序和数据收发程序.

2.4 上位机及通信模块

MSP430F449 与 PC 之间的串行通信完成人机交互控制. 物理层采用 RS-485 通信接口, 通信协议采用标准的 MODBUS-RTU 通信规范. 上位机软件利用 VB6.0 编程, VB6.0 的 MSComm 通信控件提供了标准的事件处理函数、事件和方法, 用户不必了解通信过程中的底层操作和 API 函数, 从而比较容易、高效地实现串口通信. 主要完成的功能包括: 与 MSP430F449 实时通信; 数据库建立(采用 ADO 技术); 显示环境中的气体浓度值; 历史数据的存储与查询; 打印气体浓度值报表等.

3 结束语

文中介绍了以半导体气敏元件为传感元件, MSP430F449 为主控制系统的气体浓度监测及无线传输系统. 经实践证明, 该系统能够很好地实现气体浓度的监测和传输等要求. MSP430F449 单片机可用 C 语言来完成程序设计, 大大提高了开发调试的工作效率. 系统具有成本低、功耗低、抗干扰能力强等特点. 无线传输系统与现有电缆传输信号相比, 避免了复杂的现场连线, 应用灵活, 提高了工作效率, 降低了工作成本.

参考文献:

- [1] 李广义, 张伟. 基于 MSP430 单片机和神经网络的气体浓度检测仪. 仪表技术与传感器, 2006(2): 19-20.
- [2] Texas Instruments Incorporated. Msp430x1xx Family User's Guide [EB/OL]. [2003]. <http://www.msp430.com>.
- [3] YAMAZOE N, MIURA N. Development of Gas Sensors for Environmental Protection. IEEE Trans. Compon. Packag. Manuf. Technol., Part A, 1995(18): 252-256.
- [4] 季行健, 郭晋. 基于 nRF2401 无线监控系统的应用与实现. 自动化仪表, 2007, 28(9): 38-40.
- [5] 沈建华, 杨艳琴. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机实践与系统设计. 北京: 清华大学出版社, 2005: 169-173.
- [6] 秦龙. MSP430 单片机 C 语言程序设计实例讲解. 北京: 电子工业出版社, 2006: 241-247.

作者简介: 王晓雷(1963—), 博士, 副教授, 主要研究方向为电机电器与电力电子. E-mail: www.218@126.com