

基于MSP430的CO报警器的设计

郭振华^{1,2}, 陈星¹, 刘锦淮¹

(1. 中国科学院合肥智能机械研究所, 安徽合肥 230031;

2. 中国科学技术大学自动化系, 安徽合肥 230026)

摘要:介绍了一种用单片机MSP430F149与电化学传感器相结合设计的一氧化碳报警器,利用了MSP430超低功耗和高集成度的优点,同时也利用了电化学传感器高度的选择性和准确性。该报警器非常适合于需电池供电和空间受限的工作环境使用。

关键词:一氧化碳报警器;MSP430单片机;电化学;超低功耗

中图分类号:TP277 **文献标识码:**B **文章编号:**1000-0682(2006)06-0071-03

CO alarm apparatus design based on MSP430 MCU

GUO Zhen-hua^{1,2}, CHEN Xing¹, LIU Jin-huai¹

(1. Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Sciences, Anhui Hefei 230031, China;

2. Department of Automatization, University of Science and Technology of China, Anhui Hefei 230026, China)

Abstract: Introduces a kind of carbon monoxide alarm apparatus that combines together the design with MSP430F149 MCU and the electrochemistry sensor. Take advantage of the MCU's ultra-low-power and high-integration, and also the electrochemistry sensor's high-selectivity and the high-accuracy. The alarm apparatus can be used to the condition of battery supply and limited space or portable application.

Key words: CO alarm apparatus; MSP430 MCU; electrochemistry; ultra-low-power

0 引言

近几年,经常发现有因为热水器使用不当或产品本身的质量问题,造成一氧化碳中毒的事故;还有因室内煤气浓度过高,引起煤气爆炸的事故。怎样防止煤气中毒与爆炸已成为人们的迫切需要。常见的CO报警器普遍具有寿命短,准确率差的缺点。针对目前状况,设计了超低功耗、高准确性的CO报警器。它的核心部分由性能优越的低功耗单片机MSP430F149和高选择性的电化学传感器构成。

1 主要器件介绍

1.1 电化学传感器CO/F1000简介

报警器选择了由瑞士进口的电化学传感器CO/F1000作为检测的探头,可以检测0~1000ppm的CO。其主要特性参数如下:

过滤器 过滤酸性气体;

可选氢气补偿分辨率 0.5 ppm;

响应时间(T90) < 40 s;

偏置电压 不需要;

线性度输出 线性;

最大负荷 20 000 ppm;

工作寿命 空气中3年。

利用该传感器的诸多优点,可做出灵敏度高、选择性好、工作寿命较长等优良特性的报警器。

1.2 MSP430单片机简介

MSP430是TI公司近几年推出的16位系列单片机,由于极好的应用效果和很大的市场潜力,TI很快将其发展为通用单片机。MSP430作为一种新型的单片机,采用了TI公司最新的低功耗技术,使其在众多的单片机中独树一帜^[2]。MSP430工作在1.8~3.6V电压下,有正常工作模式(AM)和4种低功耗工作模式(LPM1, LPM2, LPM3, LPM4)。在电源电压为3V时,各种模式的工作电流分别为AM: 340 μA; LPM1: 70 μA; LPM2: 17 μA; LPM3: 2 μA; LPM4: 0.1 μA。单片机可以方便的在各种工作模式之间切换。MSP430的超低功耗使其在电池供电、便携式设备的应用中表现出非常优良的特性。MSP430也具有非常高的集成度,单片集成了多通

收稿日期:2006-02-20

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60574094)。

作者简介:郭振华(1982-),男,内蒙古赤峰人,中国科学技术大学自动化系硕士生,研究方向为检测技术与自动化装置。

道 12bit 的 A/D 转换、片内精密比较器、多个具有 PWM 功能的定时器、斜边 A/D 转换、片内 USART、看门狗定时器、片内数控振荡器(DCO)、大量的 I/O 端口以及大容量的片内存储器,单片可以满足绝大多数的应用需要。MSP430 的这种高集成度使应用人员不必在接口、外接 I/O 及存储器上花太多的精力,而可以方便的设计真正意义上的单片系统。

鉴于 MSP430 单片机具有以上优点,系统选用了 MSP430F149 单片机作为报警器控制的核心。可以工作在低功耗模式,实现长时间的检测而不需要更换电池。

2 检测原理

系统的检测原理是由所选用的传感器决定的。所选的电化学传感器 CO/F1000 是根据电池原理而设计的,本身就是个电池,不需外加电压,可通过测量电解电流来测量一氧化碳的浓度。它外面有 3 个电极:工作电极(Working Electrode)、计数电极(Counter Electrode)和偏置电极(Reference Electrode)。在工作时,工作电极响应目标气体,无论是氧化的过程还是减少气体,都会产生与气体浓度成比例的相应大小的电流,电流都由传感器的计数电极产生^[3]。

传感器的工作过程为:被测气体由进气孔扩散到工作电极表面,在工作电极、电解液、对电极之间进行氧化还原反应,在工作电极输出与被测气体浓度对应的电流信号。工作电极是将具有催化活性金属的高纯度粉末铂,涂覆在透气增水膜上形成。传感器在氧化还原反应中,流出或流向工作电极的电流与被分析气体的浓度值成正比。

当电极的电势与催化活性足够高时,透过扩散介质进入电极的 CO 迅速反应,所产生的电流由气体的扩散决定,由菲克斯扩散定律可得出极限扩散电流与气体浓度的关系为:

$$i_L = [(ZFS)/\delta]C$$

其中: i_L 为极限扩散电流; Z 为电子转移数; F 为法拉第常数; S 为气体扩散面积; D 为气体扩散系数; δ 为气体扩散层厚度; C 为被测气体浓度。

在一定的工作条件下, Z, F, S, D, δ 均为常数,则可令 $K = (ZFS)/\delta$, 于是有 $i_L = KC$, 即极限扩散电流与被测气体浓度之间成正比。测量流经工作电极与对电极之间的电流,即可得到被测气体的浓度。

3 硬件电路设计

整个报警器是由检测信号的提取、放大电路和单片机的控制电路完成的。

3.1 信号检测、放大部分的电路设计

电路中传感器的连接和放大部分如图 1 所示。

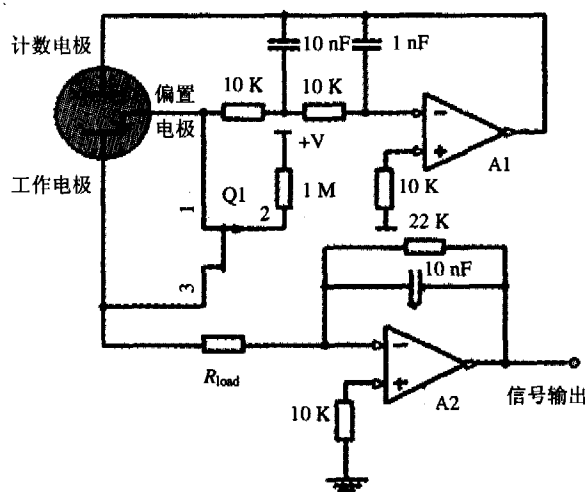


图1 电化学传感器连接及信号放大电路

该系统不需要偏置电极,所以在工作时需要工作电极和参考电极的电压必须保持相同。计数电极和工作电极形成回路,如果工作电极正在氧化,就会减少其他化学物质(通常是氧气);如果工作电极消耗掉目标气体的话,回路又可促进氧化。计数电极电压可以是变动的,有时会随着气体浓度的增加而变化。计数电极端的电压并不重要,不象工作电极端,它需要静态电路提供足够的电压和电流以保持和参考电极相同的电压。3个电极通过电路连接在一起,电路可以用一个电阻简单模拟出来,每一个电极可以被模拟成一个大的电容,每个电极自身都有比较小的阻抗,但是在电路电阻中已经都包含了。

线路接通时,运放 A1 只能有很小的失调电压,否则运放将会使工作电位严重偏置,致使其短路状态达到稳定需要相当长的时间。电解池的电流稳定很快,而对电极的极化却很慢。因此尽管传感器的讯号已经稳定,对电极极化的电位可能仍在继续漂移,这是很正常的。在实际测量中,最大的对电极极化时的电位相对参考电极而言可能达到 300 ~ 400 mV。这在实际中意味着电路接的电位比之高出很多(例如 1 V),所以 A1 输出为负值。在所有情况下,在图中的 R_{load} 两端产生的压降应该限制在 10 mV 以下,不然传感器的性能会受到伤害。保持 R_{load} 低值还能保证响应更加快速。虽然在这一线路中甚至可以将其降低为零,但是选择一个很小的阻值还是比较可取的。这样可以在线路噪声和响应时间达到很好的平衡,在某些情况下还能减少湿度的瞬时影响。在电路中,为了保持仪器在断路时随时处于准备状态,将参考电极用一场效应管短接到线路的公共端。

3.2 单片机电路设计

这一部分是整个报警器的核心部分,如图 2 所示。系统由检测放大部分和键盘电路、显示电路、报警电路构成。

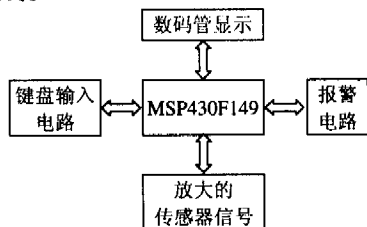


图2 报警系统单片机硬件连接框图

由前面的电化学传感器可以很准确地测定 CO 浓度,通过上述的检测和放大电路之后便可以将这个信号通入 MSP430F149 单片机。根据经验,预设在工作环境中 CO 的浓度达到 100 ppm 时就应该给出报警,所以在对单片机编程时可以对这个量进行控制,同时将当前测试得到的值进行显示,并且将转化值与设定值比较,如果达到就输出一个脉冲控制信号(通过端口 P3.2),启动蜂鸣器,给出报警。

对报警阈值可以在不同的要求下进行改变设定,这个工作是由键盘电路实现的。系统设计了 3 行 4 列的键盘, P1.0 ~ P1.2 为行输入, P1.3 ~ P1.6 为列输入,用中断的形式对行列扫描键盘进行控制输入。其中软件包括 3 个步骤:判断消抖动、键码识别、判断有无按键按下,具体连接和程序限于篇幅不再详细介绍。P1.7 为整个单片机工作的复位信号输入端。对于现实电路,由于系统简单,只用到一个 3 位数码管,用两片 SN74AHC373N 做成动态显示电路。选择数码管的原因是显示亮度高,在夜间也可以看清楚。在键盘上除了 0~9 个数字键之外,还有两个键,一个是设置键,一个是确认键。在需要设置阈值时,只需按设置键后,选择一个阈值数(0~9),如果错了,再用设置键去掉。在设置后延时 10 s 后,数码管自动显示检测输入的信号值(转化到 0~9 之间的值)与设定的进行比较。如果出现大于等于设定值,系统开始发出报警信号。报警电路原理见图 3。

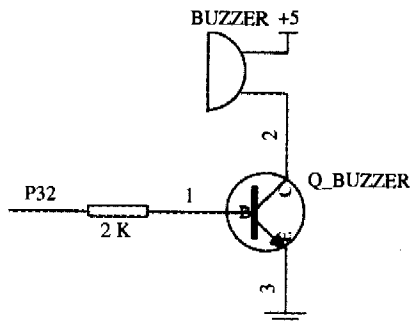


图3 报警电路原理图

气敏元件在断电状态下存放后,再通电时并不能立即投入正常工作,一般不通电存放时间长,初期恢复时间亦长,但一般都在数分钟以内,为此,在设计报警器电路时,可设置延时取样电路,消除这种误动作现象,该系统中用软件完成各种延时工作^[4]。

4 软件设计

MSP430 的内核 CPU 结构是按照精简指令集和高透明指令的宗旨来设计的,使用的指令有硬件执行的内核指令和基于现有硬件结构的高效率的仿真指令。MSP430F149 仅仅有 27 条内核指令,使用起来非常方便。

主程序主要完成 I/O 口、定时器的初始化及对中断输入口的设定等,然后延时 5 min,以使传感器进入稳定工作状态,等待定时器的中断。系统每 10 s 扫描一次键盘,其他时间始终处于省电的 LPM3 模式。程序流程如图 4 所示。在内部用到 MSP430 的比较器,很好的完成电平阈值判断。图 4 系统执

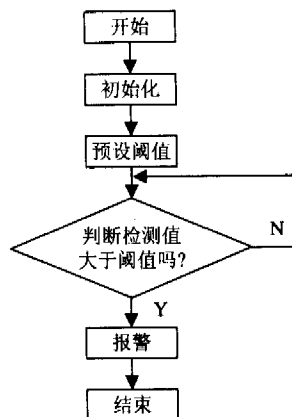


图4 系统执行流程图

行流程图最主要的特性是 MCU 处于超低功耗模式。在主程序中,需要的初始化设置完成后就使系统进入 MCU 休眠状态。但是低功耗下键盘程序就会受到限制,MCU 不会去主动扫描键盘,在主程序中查询键盘不可用,因此利用定时器中断的方式,定时刷新显示,可以很好的完成低功耗的工作。

5 结束语

系统选用超低功耗的 MSP430F149 单片机和性能稳定、选择性好的 CO/F1000 电化学传感器组成的一氧化碳报警系统,能有效的完成预期目标。

参考文献:

- [1] 电化学传感器开发方案[OL]. 深圳市富安达智能科技有限公司.
- [2] 胡大可. MSP430 系列单片机 C 语言程序设计与开发[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [3] 孙宇峰,黄行九,刘伟,等. 电化学 CO 气体传感器及其敏感特性[J]. 传感器技术,2004,33(7):14-17.
- [4] 唐少农,袁虎,毛导钦. 程控一氧化碳报警器的设计[J]. 南华大学学报(理工版),2003,17(4).
- [5] 魏小龙. MSP430 系列单片机接口技术系统设计实例[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.