

基于 MSP430 的可燃气体报警系统的设计

熊贤志, 吴汉华

(吉林大学物理学院, 吉林 长春 130023)

摘要:利用 NAP-55A 型催化燃烧式可燃气体传感器、MSP430F437 单片机和液晶显示器等组成智能式低功耗可燃气体报警系统,能显示探测区域可燃气体浓度,并能根据用户预先设定的报警值进行判断是否报警,报警方式为声光报警。实验表明:该系统能测量可燃气体的体积浓度,并具有结构简单、功耗低、智能调节等优点。

关键词:NAP-55A;MSP430F437;可燃气体;报警系统

中图分类号:TP273 **文献标识码:**B **文章编号:**1002-1841(2005)07-0059-02

1 传感器原理和结构

接触燃烧式气体传感器包括直接接触燃烧式和催化燃烧式两种。其工作原理是:气敏材料在通电状态下,可燃性气体氧化燃烧或在催化剂作用下氧化燃烧,产生的热量使电热丝升温,从而使其电阻值发生变化,测量电阻变化从而测量气体体积分数。这种传感器只能测量可燃性气体,对非可燃性气体不敏感。例如,在 Pt 丝上涂敷活性催化剂 Rh 和 Pd 等制成的传感器可以检测各种可燃性气体。接触燃烧式气体传感器在环境温度下非常稳定,并能对爆炸下限的绝大多数可燃性气体进行检测^[1]。

NAP-55A 传感器是日本根本特殊化学株式会社生产的催化燃烧式可燃性气体传感器,其结构如图 1、图 2 所示。敏感部分电阻值随周围可燃性气体体积分数变化,非敏感部分电阻值和可燃性气体体积分数无关。该传感器采用恒压供电,工作电压为 (2.5 ± 0.25) V,工作电流为 150~170 mA。该传感器输出线性度较好,为验证其输出特性是否满足系统设计的要求(精度 $< \pm 5\%$ LEL),利用北京均方理化科技研究所研制的 J-F2200 型多组份气体分析系统对该传感器进行了抽样测试。表 1 列出了一组典型的实验数据及分析结果。

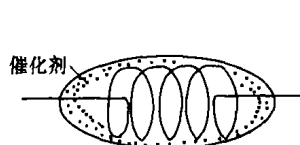


图 1 敏感元件部分结构图

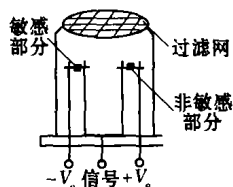


图 2 传感器结构图

该传感器输出线性度很好,在满足设计要求的前提下不需要作额外的传感器非线性补偿处理。

2 系统硬件结构和原理

系统采用传感器和数字电位器组成电桥电路,电桥差分输出的微弱电压信号(mV 级),经仪表放大器放大处理后输入微处理器进行 A/D 转换,处理器将

A/D 转换值转化为气体体积分数,通过液晶显示器显示并将转换值与用户预先设定的报警值进行比较,从而判断是否需要报警,报警方式有声光报警。系统响应时间 < 10 s,恢复时间 < 30 s。

表 1 测试数据 1

气体体积分数 /%LEL	实际输出 电压/V	标准输出 电压/V	精度/%
0.00	1.229 5	1.229 5	0.00
10.2	1.253 0	1.255 1	-0.89
19.4	1.276 5	1.278 2	-0.73
29.6	1.304 0	1.303 9	0.05
39.8	1.333 5	1.329 5	1.68
50.0	1.360 5	1.355 1	2.25
60.0	1.385 0	1.380 3	1.99
69.6	1.407 5	1.404 4	1.31
74.6	1.420 5	1.416 9	1.49
79.8	1.430 0	1.430 0	0.00
86.4	1.442 3	1.446 6	-1.79
89.6	1.447 0	1.454 6	-3.19
95.0	1.457	1.468	-4.56

注:1. 气体浓度以 %LEL 为单位。

2. 标准输出电压是指以气体体积分数为 0%LEL 和 79.8%LEL 下测得的传感器实际输出电压值作直线,各气体体积分数在该标准直线斜率和截距下的输出电压。

系统硬件结构如图 3 所示,信号采集与信号调理电路原理图见图 4。

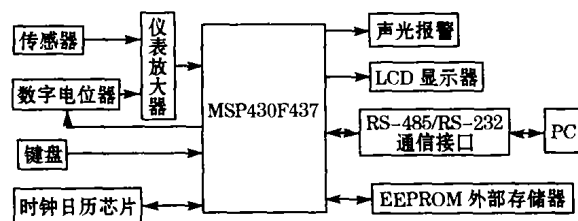


图 3 系统硬件结构图

微处理器采用 TI 公司的 MSP430F437。^[2]它有 6 种工作模式,分别是活动模式(AM)、低功耗模式 0(LPM0)、低功耗模式 1(LPM1)、低功耗模式 2(LPM2)、低功耗模式 3(LPM3)、低功耗模式 4(LPM4)。在 3 V 电源下各模式的电流消耗的典型值分别为(除了 LPM1): $340 \mu\text{A}$, $70 \mu\text{A}$, $17 \mu\text{A}$, $2 \mu\text{A}$, $0.1 \mu\text{A}$, 功耗都非常低。当工作在低功耗模式 LPM0~LPM4 时,因为禁止 CPU 及时钟工作,达到了降低电流消耗目的。如果禁止外围模块,

则可以进一步降低总电流消耗。外围模块的工作与否不受 CPU 影响,它们由各自的控制寄存器控制^[3]。

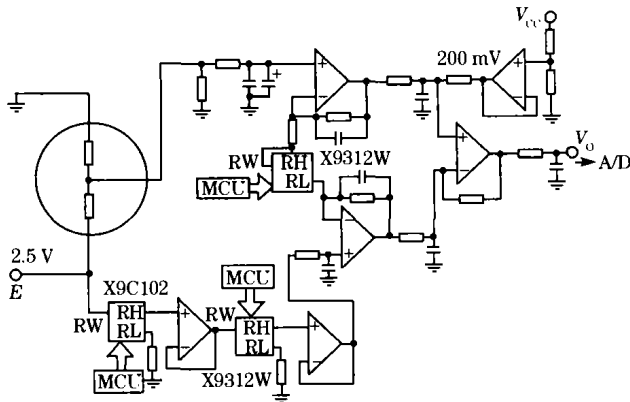


图4 信号采集与信号调理电路原理图

MSP430 可在 1.8 ~ 3.6 V 低电压下工作,系统采用 TI 公司推荐的 3.3 V 工作电压,由电池供电,经过 HT7533 得到 3.3 V 工作电压。MSP430 在 CPU 外使用 1 个 32 768 Hz 的钟表晶体振荡器生成辅助时钟 ACLK,能够保证一些低频率应用场合的要求。对于一些低频率工作的外设可直接作为信号源或时钟,同时在 CPU 内部使用结合数字控制振荡器 DCO 的 FLL 技术,将 ACLK 倍频升高,作为系统的主时钟 MCLK,它使得指令能够在较低晶振下获得高时钟的运行速度,能够满足高速实时的要求。高、低频率之间的切换只需 6 μ s。

数字系统的功耗主要由电源电压、系统负载电容、系统工作频率决定。系统负载电容一般不可控制,所以要降低系统功耗则应尽量降低系统工作频率和电源电压。对于系统的低功耗设计是为了省电和减少了电磁辐射、热噪声的干扰,随着系统温度的降低,系统器件寿命也相应延长(半导体器件的工作温度每提高 10 $^{\circ}$ C,寿命则缩短 1/2)。基于报警实时时间及保存报警记录的大量数据,系统采用 1 片 24LC16B 做外部数据存储,1 片 DS1302Z 做日历时钟芯片。

系统采取两段报警设计,即高段报警和低段报警,报警值可由用户预先设定。微处理器内部 A/D 转换选择内部 2.5 V 参考电压,输入信号到微处理器进行 A/D 转换,转换后的值与用户预先设定的报警值进行比较判断,从而控制声光报警电路的开闭。声音报警电路由轰鸣器组成,光报警电路由 2 个 LED 组成,黄色 LED 表示低段报警,红色 LED 表示高段报警。

信号采集电路由 NAP-55A 传感器和 Xicor 公司研制的 X9312 W, X9C102 两个数字控制电位器组成电桥电路。微处理器通过数字电位器可以实现自动精确调零, X9312W 的总电阻值为 10 k Ω ,用来进行粗调, X9C102 总电阻值为 1 k Ω ,用来实现细调。和传统的手调电位器相比,数字电位器具有自动、准确的优点。

信号调理电路由 3 个放大器和 1 个数字电位器组

成仪表放大器,数字电位器用来自动调节仪表放大器放大倍数,考虑到输入信号较弱(mV 级),为保证 A/D 转换的精度,系统中用 2 个精密电阻分压之后再 1 个放大器构成的电压跟随器将信号提高 200 mV。

键盘电路由 4 位拨码开关和 3 个弹跳式按钮组成,键盘电路实现系统时间调节,系统的调零、标定,报警点设置,报警和故障信息查阅,设置本机通讯地址等。

为构成多处探测区域集中监测的分布式数据采集系统(DCS)考虑,系统配置了通信电路。通信方式采用 RS-485 通信,通信芯片采用 TI 公司的 75LBC184,该芯片是目前较理想的 RS-485/RS232 通信芯片,它不但能抗雷电的冲击,还能承受高达 8 kV 的静电放电冲击。此外该芯片的驱动器被设计成限斜率方式,使输出信号边沿不至于过陡,从而确保传输信号在传输线上不会产生过多的高频分量。

3 实验结果

系统可燃性气体体积分数的测量范围为 0% LEL ~ 100% LEL,通过实验,测得可燃性气体(标准瓶装 99.9% 的 CH₄ 气体)体积分数与系统显示值关系参见表 2。

表 2 测试数据 2

		%LEL	
实际气体浓度	测量体积分数	实际气体浓度	测量体积分数
0.00	0	68.8	67.4
10.6	10.8	74.8	72.6
19.5	20.3	80.0	81.8
30.8	30.0	84.6	86.4
39.6	38.8	89.8	91.8
50.4	48.2	95.0	97
60	59.0		

实际数据表明:系统的最大偏差为 4.4% LEL,满足设计要求,可投入实际使用。发现系统准确度随可燃气体体积分数不同而变化,这是由传感器的微小非线性以及 J-F2200 多组份气体分析系统本身的显示漂移导致的。

4 结束语

可燃气体报警系统利用 NAP-55A 传感器和 MSP430F437 微处理器实现了对可燃气体体积分数的智能低功耗的监测。由传感器实验数据分析,用 80% LEL CH₄ 气体标定时误差最小。系统可用于燃气开采工业现场,城市燃气站及家庭。该系统具有体积小、准确度高、功耗低、寿命长和性价比高等优点,具有较高的推广价值。

参 考 文 献

- [1] 张福学. 传感器应用及其电路精选(下册). 北京: 电子工业出版社, 1992: 301.
- [2] 魏小龙. MSP430 单片机接口技术及系统设计实例. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002: 227 - 264.
- [3] 胡大可. MSP430 系列 FLASH 型超低功耗 16 位单片机. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001: 19 - 23.