

文章编号: 1009-1130(2006)04-0049-03

# 车载式甲烷报警断电检测仪设计

张金波<sup>1</sup>, 孙洁<sup>2</sup>, 曹爱华<sup>1</sup>, 王丽红<sup>1</sup>

(1. 河海大学 计算机及信息工程学院, 江苏 常州 213022; 2. 常州邦威电子科技有限公司, 江苏 常州 213022)

**摘要:** 为了实时检测煤矿井下空气中甲烷的体积分数, 利用 ATmega16L 单片机设计了一种低功耗车载式甲烷报警断电检测仪. 该检测仪主要用于煤矿井下的电机车. 当空气中甲烷的体积分数超出警戒值时检测仪发出声光报警信号, 同时切断电机车的供电电源. 测试结果表明, 该检测仪的测量精度达到国家标准.

**关键词:** 车载; 甲烷; 断电仪; 报警

中图分类号: TP277 文献标识码: B

矿井瓦斯(甲烷气体)是严重威胁煤矿井下安全生产的自然因素之一, 近几年我国煤矿瓦斯事故仍呈多发趋势, 煤矿安全生产形势依然十分严峻, 因此, 对矿井空气中甲烷的体积分数进行连续、准确、及时的监测是现代煤矿安全生产的重要保证.

现有的甲烷检测仪普遍存在着功耗较大、功能单一、精确度低等缺点, 系统采用的模拟电路技术, 抗干扰能力和智能化程度均很低. 因此, 研制开发高可靠性、低功耗、高精度的智能型甲烷检测仪不仅具有很高的应用价值, 而且对促进国内煤炭行业安全生产具有重要的现实意义. 本文作者根据用户要求设计了一种煤矿井下蓄电池电机车使用的车载式甲烷报警断电检测仪, 其主要功能是实时检测矿井空气中甲烷的体积分数, 将瓦斯爆炸的可能性降到最低程度, 为矿井安全生产提供保障.

## 1 检测仪主要技术指标

根据用户要求, 将车载式甲烷报警断电检测仪测量甲烷体积分数的范围定为 0~4%, 响应时间不大于 30 s. 要求当甲烷体积分数达到 0.5%~1.5% (也可任意设置) 时, 检测仪应以红色灯光闪烁、蜂鸣器振荡的方式自动报警; 当甲烷体积分数超过 0.5%~3.0% (也可任意设置) 时, 电机车应能强行断电, 断电输出方式采用继电器输出. 检测仪供电电压为 DC 9~18 V, 当供电电压为 DC 18 V 时, 供电电流为 70 mA.

## 2 系统的硬件电路设计

车载式甲烷报警断电检测仪主要由甲烷检测传感器、信号放大电路、ATmega16L 单片机、键盘模块、电源转换模块、声光报警模块、继电器输出控制模块和显示模块等组成, 系统结构框图如图 1 所示. 甲烷检测传感器检测矿井下甲烷的体积分数, 然后线性输出与甲烷体积分数成正比的电压信号; 该信号经放大器放大之后输入单片机; 单片机自带的模数转换器将电压信号转换成数字信号, 数字信号经单片机处理之后通过数码管显示相应的甲烷体积分数. 单片机选用功耗较低的 ATmega16L, 其工作电压范围较宽, 在硬件设计时采用专用的 DC-DC 转换芯片为其提供 3.3 V 的工作电压. 所有参数均可通过键盘设定, 当报警点和断电点

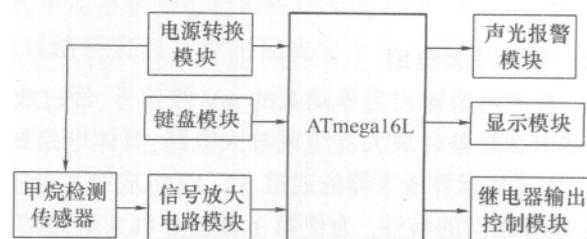


图 1 系统结构框图

Fig. 1 Structure diagram of the system

收稿日期: 2006-07-14

基金项目: 常州市青年科技人才培养资助项目(CQ200604)

作者简介: 张金波(1967-), 男, 黑龙江双城人, 副教授, 电力系统及其自动化专业.

的参数设定后,只要甲烷的体积分数超出设定值,检测仪就会发出声光报警信号以及断电请求。

### 2.1 甲烷传感器及甲烷体积分数的检测原理

甲烷传感器采用 L XK 系列催化元件。由于机车工作时振动厉害,因此在 L XK 系列中选用工作电源电压为 DC 2.4 V  $\pm$ 0.1 V,工作电流为 200 mA 的催化元件。该元件具有稳定性高、重复性好、精度高、响应速度快等特点,且其输出与甲烷的体积分数成正比。由于该元件的工作电流较大,因此仪器的抗振动能力得到提高,增强了仪器测量的可靠性。

催化元件主要由气室、黑、白元件等组成。其中,黑元件  $R_4$  是工作元件,一种对甲烷气体很敏感的载体催化元件,而白元件  $R_3$  是补偿元件,对甲烷不起反应。检测电桥由性能比较稳定的黑、白元件,桥臂电阻和电位器等构成,如图 2 所示<sup>[1]</sup>。

将黑、白元件置于同一气室中,然后施加工作电压。无甲烷时,电桥处于平衡状态,输出约为零;当甲烷气体进入气室,与黑元件接触时,就会在其表面无焰燃烧,元件的温度随之升高,阻值增大,而白元件不发生反应,阻值不变,此时检测电桥失去平衡,产生正比于甲烷体积分数的直流电压输出信号。图 2 中的电位器  $R_{T1}$  是用来调整电桥平衡的,当更换载体催化元件时,可用其进行调整。当无甲烷时,调节  $R_{T1}$  使电桥处于平衡状态, $R_3$ 、 $R_4$  中流过相同的恒定电流;当有甲烷时,甲烷与氧气在黑元件表面发生反应,放出的热量使黑元件温度升高,黑元件的电阻增加了  $R_4$ 。此时电桥失去平衡,产生一个与甲烷体积分数成正比的电压信号输出,只要测出此信号的大小就可知道甲烷的体积分数。

当电桥输出端接至高输入阻抗装置(如运算放大器或数字电压表等)时,电桥相当于工作在输出开路状态,其输出电压为:

$$U_0 = \frac{R_4 U_s}{R_3 + R_4} - \frac{R_2 U_s}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

式中, $U_s$  为加在桥臂两端的电压。当满足  $R_1 R_4 = R_2 R_3$  时,电桥处于平衡状态,其输出电压为零。

在测量过程中, $R_4$  为工作臂,当其阻值由  $R_4$  变化为  $R_4 + \Delta R_4$  时,电桥失去平衡,输出电压为:

$$U_0 = \frac{R_4 \Delta R_4 U_s}{(R_3 + R_4 + \Delta R_4)(R_1 + R_2)} \quad (2)$$

在上式中令  $\varepsilon = \Delta R_4 / R_4$ ,并将串连对称条件  $R_1 = R_2$ ,  $R_3 = R_4$  代入得:

$$U_0 = \frac{\varepsilon U_s}{2(2 + \varepsilon)} = \frac{\varepsilon U_s}{4 + 2\varepsilon} = \frac{\varepsilon U_s}{4} - \frac{\varepsilon^2 U_s}{8 + 4\varepsilon} \quad (3)$$

式(3)中  $\varepsilon$  一般小于 10%,因此可将含有  $\varepsilon^2$  的项忽略,则甲烷检测桥路的电压输出表达式为:

$$U_0 = \frac{\varepsilon U_s}{4} \quad (4)$$

### 2.2 差分放大电路

检测电桥输出为差动式的 mV 级信号,经过放大后送 A/D 变换器转换成数字信号供单片机读取。放大电路由 2 级差分放大器组成放大电路,具体电路如图 3 所示<sup>[2-3]</sup>。

4 通道运算放大器的通道 A1、A2 组成第 1 级差分式电路,通道 A3 组成第 2 级差分式放大电路。通道 A1、A2 具有相同的特性。为使第 1 级差分放大电路的共模输出电压和漂移电压都相等,选取  $R_{21} = R_{22} = R_6$ ,  $R_{31} = R_{32} = R_7$ ,  $R_{41} = R_{42} = R_8$ ,因此图 3 所示的差分式放大电路,具有很强的共模抑制能力和较小的输出漂移电压。这种设计既解决了干扰问题,同时又具有较高的差模电压增益。

在第 1 级电路中, $U_1$ 、 $U_2$  分别加到 A1 和 A2 的同相端, $U_3$ 、 $U_4$  分别为 A1 和 A2 的输出端,由于  $R_{12}$  和  $R_{21}$ 、 $R_{22}$  组成的反馈网络引入了深度的串联负反馈,所以放大电路的输入阻抗很高,两运放 A1 和 A2 的输入端形成虚短和虚断,因而有:

$$U_0 = U_1 - U_2, \quad \frac{U_0}{R_{12}} = \frac{U_3 - U_4}{2R_6 + R_{12}}$$

将上述两式合并得:

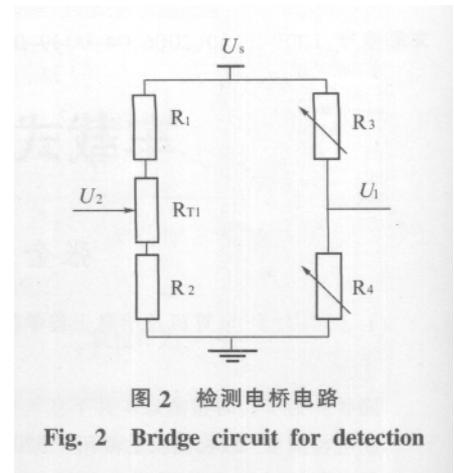


图 2 检测电桥电路  
Fig. 2 Bridge circuit for detection

$$U_3 - U_4 = \frac{(2R_6 + R_{T2}) U_0}{R_{T2}} = (1 + \frac{2R_6}{R_{T2}}) (U_1 - U_2) \quad (5)$$

因此输出电压:

$$U_0 = - (U_3 - U_4) \frac{R_8}{R_7} = - (1 + \frac{2R_6}{R_{T2}}) \frac{R_8}{R_7} U_0 \quad (6)$$

最终可得放大电路的增益为:

$$K_U = \frac{U_0}{U_0} = - (1 + \frac{2R_6}{R_{T2}}) \frac{R_8}{R_7} \quad (7)$$

若以  $R_6 = 3\text{ k}$ ,  $R_7 = 20\text{ k}$ ,  $R_8 = 100\text{ k}$  代入式(7)可得:

$$K_U = - 5 (1 + \frac{6}{R_{T2}}) \quad (8)$$

由式(8)可知, 通过调整  $R_{T2}$  就可以改变电路的电压增益; 当电压增益固定后, 输入电压与输出电压的比值就确定. 这样就可以结合式(4)和式(8)编写相应程序, 计算甲烷的体积分数.

### 3 软件设计

系统程序采用模块化设计, 主要包括初始化模块、键盘程序模块、数码管显示程序模块、甲烷体积分数采集模块和数据处理模块等. 系统工作时首先对单片机初始化, 包括设置堆栈指针、各个定时 / 计数器的工作方式、中断的禁止以及优先级确定等; 初始化工作结束之后, 单片机对甲烷体积分数采样并显示, 超过设定值则报警; 最后显示各设定值, 循环采样并实时显示. 显示模块用于显示当前甲烷的体积分数、报警点与断电点甲烷的体积分数设定值、输入信号电压和修正系数等, 其中报警点甲烷体积分数设定值和修正系数均可通过键盘修改.

### 4 结论

本设计遵循了高可靠性、低功耗、高精度、低成本等软硬件设计原则. 在硬件设计上将单片机供电与继电器、报警电路供电严格分开; 在 PCB 板设计时尽量不在贴片 mega16 下过孔; 在继电器输出与控制电路之间采用光电隔离以减少干扰. 在软件设计时, 采用软件陷阱、看门狗技术、数字滤波技术等措施, 提高了检测仪工作的可靠性, 获得了良好的工作性能. 为了验证车载式甲烷报警断电检测仪的采集精度, 在甲烷体积分数为 0.5%、1%、1.5%、2%、3%和 4%的情况下进行测定, 测试结果表明其检测精度完全满足国家标准要求, 其他各项性能指也均满足设计指标要求.

### 参考文献:

- [1] 董敏明. 催化传感器的研究与应用技术[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2002.
- [2] 康华光. 电子技术基础: 模拟部分[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [3] 施文康, 余晓芬. 检测技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.

(下转第58页)

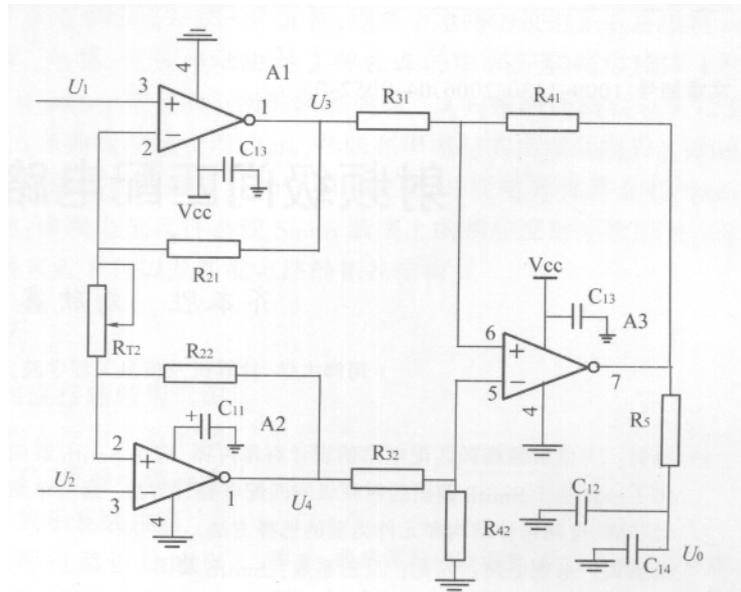


图 3 差分放大电路  
Fig. 3 Differential amplifier circuit

## 4 结束语

对按照国家标准要求研制的、以 32 位嵌入式处理器及 uLinux 嵌入式操作系统技术为基石<sup>[3]</sup>的新型汽车行驶记录仪的测试结果表明:记录仪的软件程序能较完整、精确地记录汽车行驶时的车速与工况,能有效约束驾驶人员不良的驾驶行为,起到了保障车辆安全行驶的作用;其完整的实时数据采集和数据存储功能,能为交通事故的分析鉴定提供可靠依据。

## 参考文献:

- [1] 王力争. 国内外汽车行驶记录仪应用概况[J]. 劳动保护, 2004(9): 66-67.
- [2] Labrosse J J. 嵌入式实时操作系统  $\mu\text{C}/\text{OS}$ - [M]. 2 版. 邵贝贝, 译. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- [3] 杜春雷. ARM 体系结构与编程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.

## System Design of Automobile Travel-record Instrument

JIANG Qin, ZHU Xiao-mei, YE Zi, HU Gang

(College of Computer & Information Engineering, Hohai Univ., Changzhou 213022, China)

Abstract: Based on the 32-bits embedded processor and  $\mu\text{C}/\text{OS}$ - embedded OS, a new vehicle travel-record instrument is designed by using S3C44B0X(16 / 32 bits RISC processor) and ARM7TDMI. The software system for the instrument is described in detail. Experiment shows that the system is more integrated, accurate and multiplex, compared with congener products. It is helpful for designing a recorder for commerce.

Key words: vehicle travel-recorder; processor; software design; data communication

.....  
(上接第 51 页)

## Design of Warning and Power-off Device for Vehicular Methane Detector

ZHANG Jin-bo<sup>1</sup>, SUN Jie<sup>2</sup>, CAO Ai-hua<sup>1</sup>, WANG Li-hong<sup>1</sup>

- (1. College of Computer & Information Engineering, Hohai Univ., Changzhou 213022, China;
- 2. Changzhou Bangwei Electronics & Technology Co Ltd, Changzhou 213022, China)

Abstract: In order to detect the density of methane in the mine, a low power vehicular methane detector for warning and power-off based on ATmega16L is designed. The detector is mainly installed on the locomotive in the mine. When the density of methane in the mine exceeds a specified value, the detector would send out the acoustic-optic warning signal and the power is cut off. Experiments show that the measuring precision of the detector is accord with the national standard.

Key words: vehicular; methane; power-off device; warning