

doi: 10.7690/bgzd.2013.06.021

某型装甲车辆舱室温控系统

韩兰懿¹, 王怀光¹, 米松林², 范红波¹

(1. 军械工程学院, 石家庄 050003; 2. 中国人民解放军 63612 部队, 甘肃 酒泉 736100)

摘要: 为解决装甲车乘员舱内温度控制问题, 设计了基于 CAN 总线的半导体温控系统。系统使用 AT89S51 单片机作为控制器, 多个 DS18B20 传感器构成分布式制冷节点, 利用车内已有的 CAN 总线资源实现控制器对车内各制冷节点的温度控制。采用增量式 PID 算法调整 PWM 波脉宽控制半导体制冷片工作状态。在给定目标温度的前提下, 进行了 80 min 的制冷实验。实验结果证明, 系统性能稳定可靠, 制冷效果达到预期要求。

关键词: CAN 总线; 半导体制冷; 温度控制

中图分类号: TJ81 **文献标志码:** A

A Certain Type of Armored Vehicle Cabin Temperature Control System

Han Lanyi¹, Wang Huaiguang¹, Mi Songlin², Fan Hongbo¹

(1. Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China;

2. No. 63612 Unit of PLA, Jiuquan 736100, China)

Abstract: To solve the problem of crew compartment temperature control of the armored vehicle, the thesis design a semiconductor temperature control system based on CAN bus. The system uses AT89S51 as a controller and multi DS18B20 sensor composing make up of distributed refrigerant node, the existent CAN bus of armored vehicle also be utilized to control the refrigeration node in vehicle. It also uses an increment PID algorithm to modulate width of pulse so as to control the work estate of the semiconductor cooling piece. Carry through refrigerant experiment for eighty minutes based on an assumed temperature. Experiments results show that the system is stable and reliable, the cooling effect reach to our expectations.

Key words: CAN bus; semiconductor freeze; temperature control

0 引言

由于空间限制, 我军装甲车辆乘员舱中普遍缺乏温控系统, 使得恶劣天气下舱室温度舒适度极差, 直接影响了武器系统的战斗力生成。同压缩机空调相比, 半导体制冷具有体积小、无噪声、无污染、稳定性好、可靠性高和运行寿命长等优点^[1]。为提高制冷质量, 以及解决普通空调系统体积大与装甲车辆空间有限的问题, 笔者利用半导体制冷设备尺寸小的特点在舱内狭窄空间进行分布式安装^[2], 设计了一种基于 CAN 总线的半导体制冷系统。各制冷节点通过车内 CAN 总线同主控计算机通信实现温度控制。

1 系统方案设计

系统主要由主控部分和制冷节点组成, 电路原理框图如图 1 所示, 图 1 中只表示了 1 个制冷节点, 但可以根据车内实际空间进行增减。

当主控机需要读取舱内温度时, 通过 CAN 总线控制器和总线向各节点发出测温命令, 由制冷控制单片机对温度传感器进行初始化设置, 读取测量

温度并发回主控机, 主控机接收各节点温度并取平均值送显示器显示。

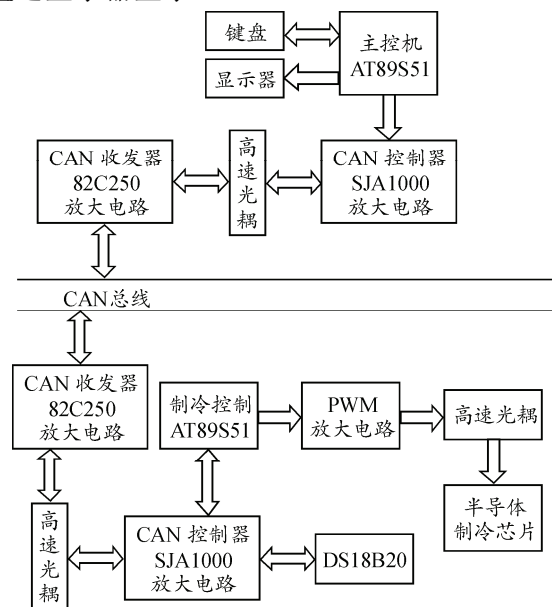


图 1 系统结构框图

乘员由键盘输入设定的目标温度, 目标温度通过总线送达各制冷节点, 制冷单片机启动温度传感

收稿日期: 2012-12-13; 修回日期: 2013-01-28

作者简介: 韩兰懿(1982-), 女, 河北人, 硕士, 讲师, 从事测试技术研究。

器获取节点温度, 采用 PID 控制算法计算得出输出占空比, 由单片机输出脉宽调制 (pulse-width modulation, PWM) 脉冲, 经过放大电路驱动制冷芯片工作。制冷过程是一个闭环控制系统, 通过对温度值的采样实时计算目标温度与当前温度之差, 调整 PWM 波的占空比, 直至实际温度达到目标温度时, 向主控机返回温度值。当各节点温度均收到后, 显示器显示温度平均值, 即目标温度值。

2 硬件设计

系统主要由 AT89S51 单片机、CAN 总线测温节点、半导体制冷单元、LED 数码管显示器、键盘、电源以及其他电路组成。

2.1 CAN 总线测温节点

基于 CAN 总线的测温节点如图 2 所示, 其硬件电路由单片机 AT89S51、DS18B20 数字温度传感器、SJA1000 控制器、CAN 收发器 82C250 及抗干扰电路组成。

DS18B20 是采用单总线协议数字化温度传感器, 与微机接口仅需占用 1 个 I/O 端口, 无需任何外部元件, 直接将温度转化成数字信号, 以 9 位或 12 位数字码方式串行输出, 简化了传感器与微处理器的接口。传感器测温范围为 $-55 \sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[3], 本系统中采用 12 位温度读数, 精度为 $0.0625\text{ }^{\circ}\text{C}$, A/D 变换时间为 200 ms, 满足本系统设计要

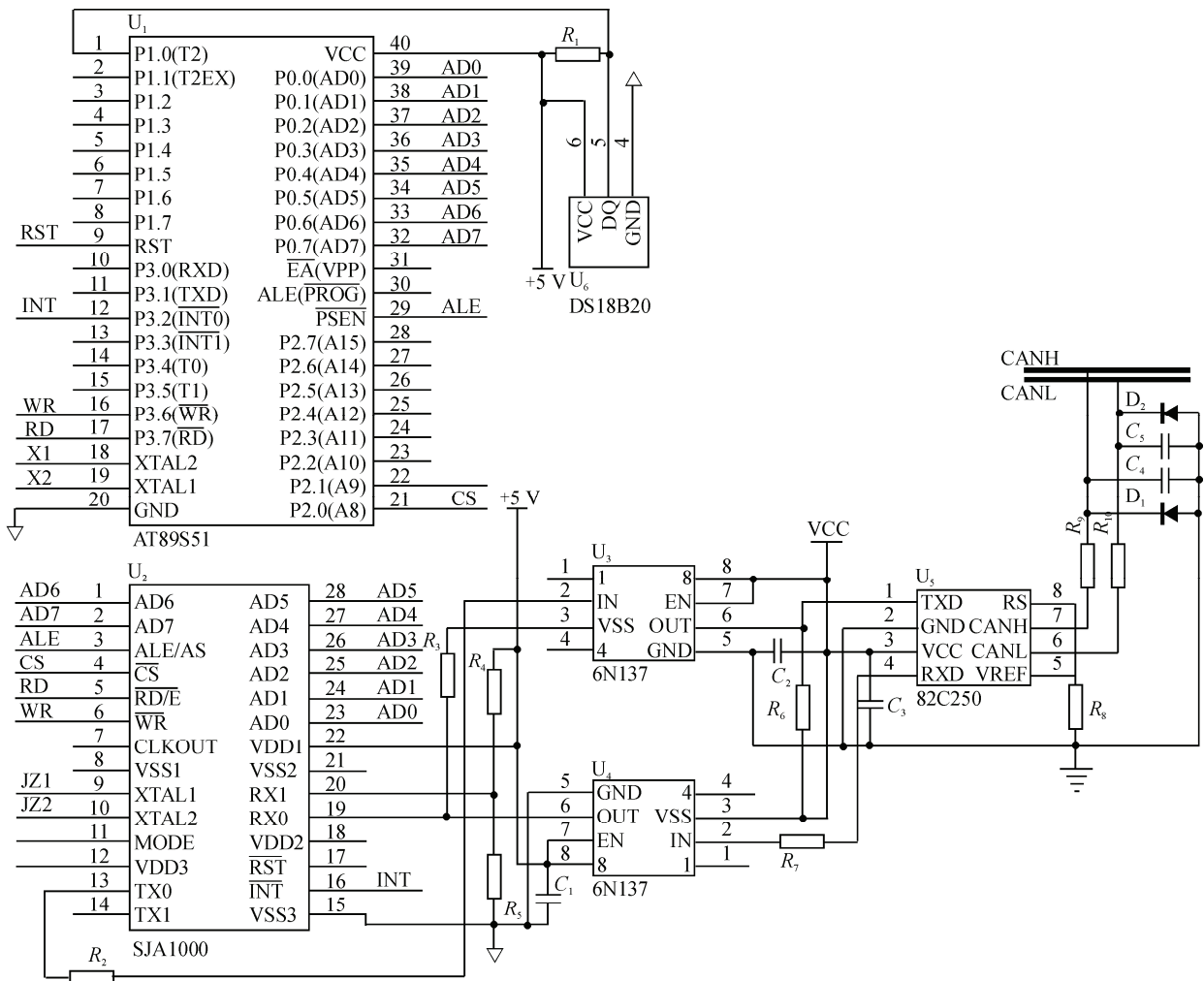


图 2 基于 CAN 总线的测温节点电路

各节点以单片机为核心, 对温度传感器进行初始化设置, 以 2 s 为一个采样周期进行测温读数。CAN 控制器用于同上位机通信, 能独立完成 CAN 总线数据的接收与发送。为提高系统可靠性, AT89S51 和 SJA1000 分别采用了独立的 16 M 晶振, 在 CAN 控制器 SJA1000 和 CAN 收发器 82C250 之

间, 接入了 6N137 高速光耦隔离芯片以提高系统抗干扰能力^[4]。

2.2 制冷控制电路

制冷控制电路是一种 PWM 脉冲放大电路, 其作用是将单片机输出的微弱 PWM 控制信号放大成

能使半导体冷热芯片工作的电能。本系统选用型号为 TEC1-12708 的半导体冷热芯片，其正常工作电压为 12 V，工作电流为 6 A。

如图 3，制冷片 1 脚接 12 V 电源，2 脚接三极管集电极端。为使制冷片正常工作，采用达林顿三极管对控制电流进行放大，电流能够达到 4~5 A。电容对制冷片的输入电压进行平滑，使得纹波系数小于 10%，以保证制冷工况。

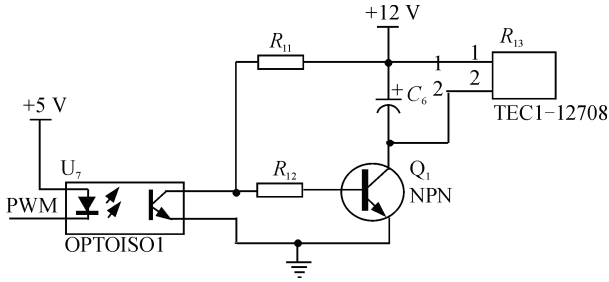


图 3 PWM 放大电路

另外，放大电路使用光耦将单片机的 5 V 电源部分和对半导体制冷芯片供电的 12 V 电源部分进行隔离，这样能够保护单片机部分的电路不会受半导体制冷芯片部分的大电流和大电压的冲击。

3 软件设计与算法

3.1 软件流程图

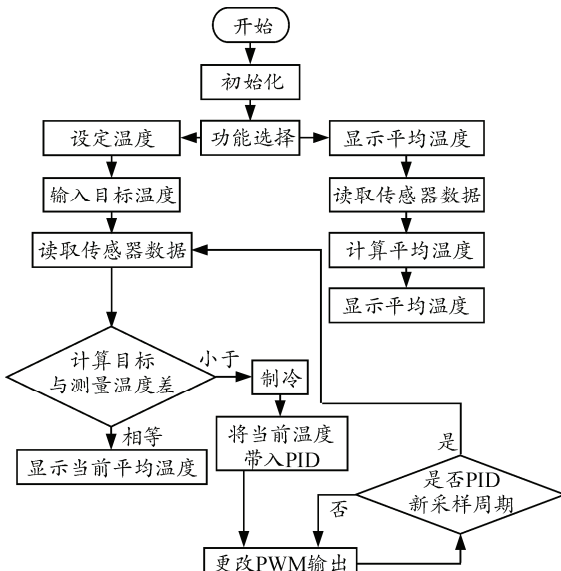


图 4 主程序流程

软件设计主要包括系统初始化、键盘管理、液晶显示、CAN 总线通信和温度控制 5 个模块。软件的主流程是由主控机通过 CAN 总线向制冷节点发命令，由各温度传感器测量当前温度并将数据返回主控机，主控机计算平均温度后由显示界面显示，

键盘输入目标温度通过 CAN 总线发送命令到制冷节点，传感器采集当前温度，制冷控制芯片 AT89S51 对目标温度与测量温度进行 PID 运算，输出相应大小的 PWM 波对半导体制冷片进行制冷控制。主程序流程图如图 4 所示。

3.2 控制算法

由于增量式算法只需要计算增量，算式不需要累加，控制增量的确定仅与最近几次偏差采样值有关，精度相对较高，故系统采用增量式 PID 算法^[5-6]，运算表达式如式 (1)：

$$\Delta u(k) = a_0 e(k) - a_1 e(k-1) + a_2 e(k-2) \quad (1)$$

其中， $\Delta u(k)$ 为输出增量； $e(k)$ 为当前偏差，即目标温度与测量温度之差； $e(k-1)$ 为上一次偏差；

$e(k-2)$ 为再上一次偏差； $a_0 = K_p \left(1 + \frac{T}{T_i} + \frac{T_D}{T} \right)$ ，

$a_1 = K_p \left(1 + \frac{2T_D}{T} \right)$ ， $a_2 = K_p \frac{T_D}{T}$ ， K_p 为比例系数； T_i 为

积分时间常数； T_D 为微分时间常数； T 为采样周期。

系统采用 PID 参数自整定方法得到合适的 PID 控制参数，然后用这组 PID 参数进行温度控制。在温度控制时，系统首先计算当前偏差 $e(k)$ ，接着通过算法公式 (1) 计算出控制增量 $\Delta u(k)$ ，这个增量值与前一次的控制量(以前所有增量的累积量)相加就成了这一次的控制量。控制量经过适当的缩放就能以 PWM 方式对系统进行控制。

4 实验分析

实验开始时乘员舱内的温度为 24 °C，设置温度为 10 °C，分别进行 4 次实验，稳定后舱内温度分别为 10.8, 10.5, 9.8, 9.5 °C，系统误差为 ± 0.15 °C。达到稳定温度平均用时 50 min，没有超调。实际测得温度变化曲线如图 5。

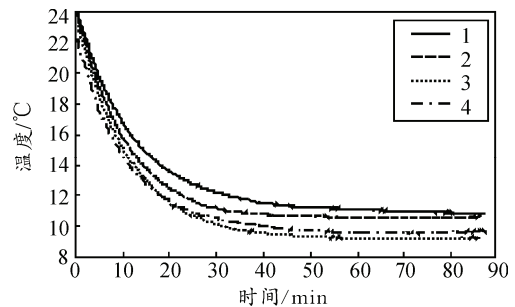


图 5 4 次实验获取的温度曲线

从图 5 中的温度曲线可以看出：当温控系统工作一段时间后，将乘员舱内的温度降到了设定值附

近,且保证温度在设定值附近不发生大的波动。虽然系统存在 $\pm 0.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的误差,考虑到受乘员舱密闭性的影响,误差可以接受。实验结果说明了系统的设计是可行的。增加半导体制冷节点,可缩短乘员舱内温度到达设定值的时间。

5 结论

实验曲线表明:CAN总线的半导体制冷系统可以实现对乘员舱的温度控制,且工作可靠。该系统具有如下优点:一是充分利用车内CAN总线资源实现节点间通信,节省系统成本;二是保证舱内室温稳定均匀,进一步提高了舱内环境的舒适度;三是半导体制冷块体积小的优点解决了装甲车辆乘员舱空间狭小导致无法安装空调的问题;四是通过使用DS18B20数字温度传感器提高了测温精度,且硬

(上接第77页)

参考文献:

- [1] 吴富梅,杨元喜. 基于小波阈值消噪自适应滤波的GPS/INS组合导航[J]. 测绘学报, 2007, 36(02): 124-128.
- [2] 李成钢,龚涛等,丁建伟. 基于区域划分的GPS/DR组合导航定位研究[J]. 西南交通大学学报, 2002, 37(4): 393-398.
- [3] Ahmed M. Hasan, Khairulmizam Samsudin, Abd Rahman Ramli, et al. A Review of Navigation Systems (Integration and Algorithms)[J]. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 2009, 3(2): 943-959.
- [4] Ding Weidong, Wang Jinling. Vehicle Dynamics Based De-Noising for GPS/INS Integration[D]. IGNSS, Sydney:the University of New South Wales, Australia, 2007: 4-6.
- [5] Nassar, S. Improving the Inertial Navigation System (INS)

件电路简单,提高了系统工作可靠性,能够满足复杂条件下的使用要求。

参考文献:

- [1] 陈晓航,陈旭阳,周颖慧. 新型热驱动半导体制冷器性能的优化分析[J]. 低温与超导, 2003, 31(1): 52-55.
- [2] 刘侃,林园,杨艾兵,等. 基于CAN总线的多点测温系统设计[J]. 火炮发射与控制学报, 2010(3): 74-77.
- [3] 马云峰. 数字温度传感器DS18B20的原理与应用[J]. 世界电子元器件, 2002, 4(1-2): 23-25.
- [4] 饶运涛. 现场总线CAN原理与应用技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2003: 39-155.
- [5] 成继勋,等. 微型计算机控制技术[M]. 徐州:中国矿业大学出版社, 2001: 104-121.
- [6] 严晓照,张兴国. 增量式PID控制在温控系统中的应用[J]. 南通大学学报, 2006, 5(4): 48-51.
- [7] Error Model for INS and INS/DGPS Application, Ph. D Thesis[D]. University of Calgary, Geomatic Engineering Dept. 2003. [6] 钟晓春,张海涛,姜向东,等. 基于SINS/GPS的高速列车组合导航系统[J]. 西南交通大学学报, 2010, 45(4): 580-584.
- [8] 张亚妮. 基于Matlab的数字滤波器设计[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2005, 24(5): 716-718.
- [9] Guo H, Yu M, Liuand J N, Ning J S. Butterworth Low-Pass filter for processing inertial navigation system raw data[J]. Journal of surveying engineering, 2004, 130(4): 175-178.
- [10] Bruton A M, Schwarz K P, Skaloud J. The use of wavelets for the analysis and de-noising of kinematic geodetic measurements[C]. Proceedings of the IAG symposia No.121, Geodesy Beyond 2000: The challenges of the First decade, Birmingham, UK, 2000.
- [10] 杨元喜,何海波,徐天河. 论动态自适应滤波[J]. 测绘学报, 2001, 30(4): 293-298.