

冷链物流车厢微环境感知与调控系统设计

主保玉, 江朝晖*, 杨春合, 李想, 陆元洲 (安徽农业大学信息与计算机学院, 安徽合肥 230036)

摘要 研制了一种应用于冷链物流的车厢微环境感知与调控系统。系统由手持终端模块和车载测控模块两部分组成, 手持终端模块通过 RFID 和按键设置理想环境参数和手机号码等, 并与车载控制模块无线通信, 车载测控模块实时检测车厢内温度、湿度、CO₂ 含量、震动等参数, 并进行短信报警和 PID 调控。测试结果表明, 系统工作正常, 性能良好。

关键词 冷链物流; 车厢微环境; 检测; 控制; RFID

中图分类号 S24 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2015)03-374-03

The Information Perception and Control System of Micro-Environment Compartment in Cold Chain Logistics

ZHU Bao-yu, JIANG Zhao-hui*, YANG Chun-he et al (School of Information & Computer, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036)

Abstract The system of perception and intelligent control was designed, which was applied to the micro-environment compartment in cold chain logistics. The system was composed of handheld terminal module and on-board measurement and control module. The handheld terminal module can set the comfortable environment parameters, the cell phone number and so on with dash control. It also communicated with the on-board measurement and control module by radio. The vehicle control module detected the compartment parameters, such as temperature, humidity, the density of carbon dioxide, vibration, in real-time automatically. And it can alarm with SMS and PID control, if the environment parameters were beyond the range. The test results show that the system works properly with good performance.

Key words Cold chain logistics; Micro-environment compartment; Detection; Control; Radio frequency identification devices

冷链物流是以冷冻工艺学为基础、以制冷技术为手段的低温物流, 是保证食品质量、减少食品消耗的一项系统工程。近年来随着生活水平的提高, 人们对冷链物品的消费要求也在逐年增高。冷链物流一般遵循“3T”原则, 即产品质量最终取决于在冷链物流中贮藏和流通时间(Time)、温度(Temperature)和产品耐藏性(Tolerance)^[1]。在运输过程中, 车厢微环境对于冷链物品的质量、损耗等具有重要影响, 因此车厢微环境的监测、调控始终是冷链物流的重要课题。笔者采用 RFID、无线通信、测控等技术, 设计了一种车厢微环境感知与调控系统, 能根据不同种类货物的需求, 方便、快捷地设定和更改所需的环境参数, 并通过多种类型传感器实时采集车厢内主要微环境参数, 当车厢参数超过设定阈值时, 自动向司机和管理人员报警, 并提供相关控制信号及控制接口。

1 总体功能和设计方案

该系统对冷链物流运输环节中车厢内信息的感知与智能调控, 确保货品在运输途中始终处于最佳的环境状态, 保证货品质量, 减少因不当运输带来的损耗。

系统整体架构如图 1 所示。手持设备通过按键输入和读取货品无线射频(RFID, Radio Frequency Identification Devices)标签内相关信息, 设置车厢内适合货品运输的最佳环境参数^[3], 并通过无线数据传输的方式把设置的环境参数数据传输到车载测控设备, 车载控制设备将各种环境信息感知传感器发回的数据与预先设定的环境参数阈值进行比较, 当环境参数超标时, 车载测控设备进行 PID 调控, 通过控制输出端口可外接执行元器件, 从而实现对接车厢内环境参数实施

调控的功能, 与此同时系统通过 GSM/GPRS 单元, 把相关信息以短信的形式发送给司机和管理人员, 使得相关人员能实时了解情况。

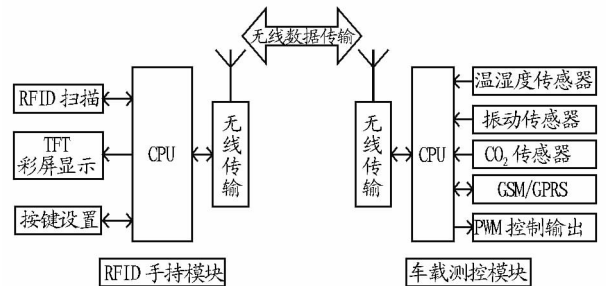


图1 系统整体框架

2 硬件设计

该系统的硬件分为两部分: 一是手持设备模块, 主要用于对车厢货物数据的获取以及对车厢多种微环境参数进行有效设置; 二是车载测控模块, 主要用于对车厢微环境进行实时监测, 并进行报警和调控。两模块之间通过无线方式通信, 包括设定参数传输和警报信息回馈等。

2.1 RFID手持模块 RFID手持模块以STC12C5A60S2单片机为CPU, 通过串口连接无线收发单元, 用于接收和发送来自车载控制设备模块采集的车厢微环境信息数据, 通过SPI总线方式与RFID读卡器连接, 用于读取存储货品参数信息的RFID卡片。按键矩阵单元和液晶显示屏主要用于对接车厢微环境的参数信息进行阈值设置和信息显示。

RFID电路部分则采用MFRC522无线射频芯片作为本单元的控制单元。MFRC522是高度集成的非接触式读写芯片, RFID芯片通过SPI接口的SCL、MOSI和MISO与CPU相连。无线通信单元采用APC240型UART接口模块, 通信频率可在400~480MHz之间随意设定, 具有超低功耗、自休眠、中断唤醒等特点, 在没有数据传输时系统能自动进入休眠模

基金项目 国家大学生创新训练项目(201310364017); 十二五科技支撑计划项目(2012BAK17B12)。

作者简介 主保玉(1989-), 男, 安徽亳州人, 工程师, 从事电子系统设计工作。*通讯作者, 博士, 副教授, 从事农业信息检测与处理研究。

收稿日期 2014-11-29

式,当接收到传输中断之后会自动唤醒,无需外部软件和硬件参与,使得在设计硬件电路时无需过多考虑其与主系统之间的硬件和软件设置,只需要分配一个串口与模块相连和基本的软件设置即可。这种设计大大减低了系统的设计难度和程序的编写量,使得系统设计更简单灵活。

2.2 车载测控模块 车载测控模块主要由主控单元、电源管理单元、环境参数检测单元、无线传输单元和控制单元组成。其中,主控 MCU 是 STC12C5A60S2 单片机;电源管理单元对各个不同的模块单元提供不同的电压;环境参数检测单元主要包括温度、湿度、二氧化碳含量及车厢振动剧烈程度的检测;无线传输单元主要是用来和 RFID 手持模块进行通信,获取设定的环境参数信息,以及相应的报警信息的发送;控制单元包括 PID 算法和控制输出接口。

车载测控模块中各单元对电源的要求不同,因此电源管理单元较复杂,在设计时采用多种芯片用于产生系统所需的不同电压要求,如图 2 所示。针对主控制器和其他 5 V 电平模块,采用 LM1117-5 V 芯片作为稳压芯片,针对 3.3 V 供电单元采用 LM1117-3.3 V 作为电源稳压芯片,针对部分单元模块需要 6V 电源电压,采用 LM7806 作为此部分的电源管理芯片。

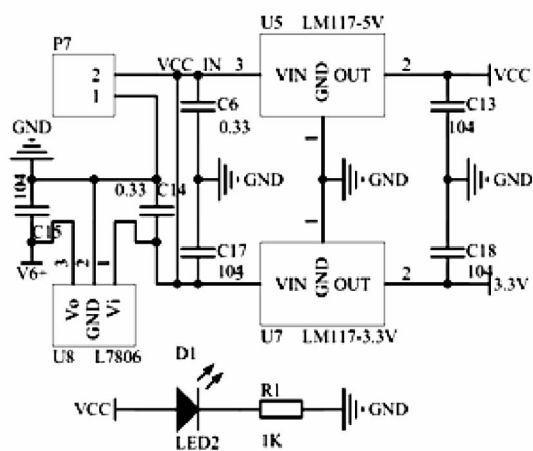


图 2 电源管理电路

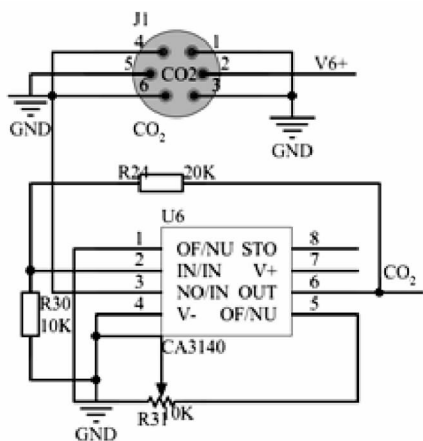


图 3 二氧化碳检测电路

环境参数检测单元主要包括 DHT22 数字式温湿度传感器、MG811 二氧化碳传感器、SV805 振动传感器及相关外围

电路。

DHT22 数字式温湿度传感器具有体积小、接口方便、性能良好等特点,应用非常广泛。SV805 振动传感器适用于振动源的检测,具有良好的抗干扰特性,通常与 TC8022 震动信号处理器组合,使振动传感器的性能更加稳定、可靠。

MG811 型二氧化碳传感器采用固体电解质电池原理,在外部提供电源的情况下,内部电热丝发热,电热丝外表温度足够高以后相当于一个电池,电热丝两端会产生电压差,并且测量电极与参考电极间的电势差符合能斯特方程,如式 (1) 所示:

$$EMF = EC - (R \times T) / (2F) \ln [P(\text{CO}_2)] \quad (1)$$

由于二氧化碳传感器是以模拟信号量为输出方式,且输出电压比较低,为了减小误差,让处理器能够对电压信号进行合理的 A/D 转化,所以在二氧化碳传感器与单片机之间需加一个运放电路。运放电路由电阻 R24、R30、R31 和 CA3140 运放芯片组成,电压放大倍数由 R24、R30、R31 决定。二氧化碳检测电路如图 3 所示。

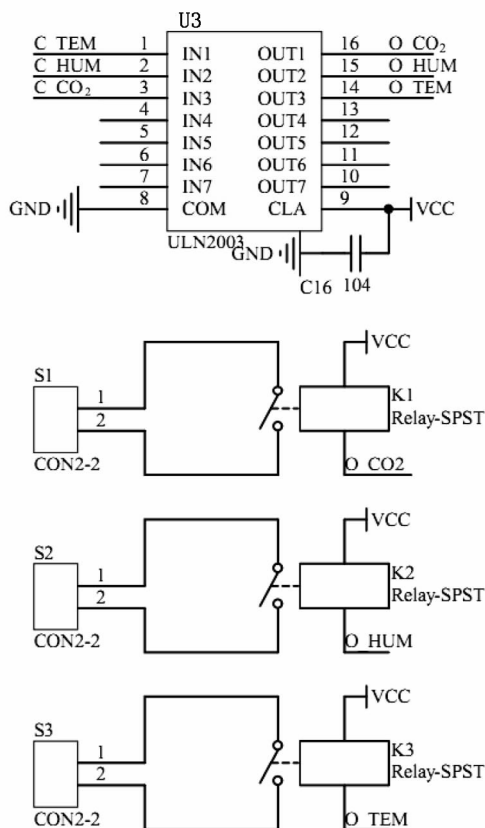


图 4 控制单元电路

无线传输单元采用 Simcom 公司推出的内嵌 TCP/IP 协议的 GPRS 模块 SIM100。SIM100 提供标准的 RS-232 串行接口,用户可以通过串口使用 AT 命令完成对模块的操作。在应用中,当 MCU 需要通过串口与模块进行通信时,可以只用 TXD、RXD 和 GND 3 个引脚;但当需要通过模块上网时,应该尽量使用全部的串口信号引脚。SIM100 模块支持外部 SIM 卡,可以直接与 3.0 V SIM 卡或者 1.8 V SIM 任意连接,并自动监测和适应 SIM 卡类型^[4]。

控制单元的硬件部分是控制输出接口。为达到强电与

弱电分离、驱动外接控制器件,用继电器组作为开关控制器件。综合考虑芯片的驱动能力、设计难易以及电路板的设计布局问题,确定以 ULN2003 为继电器驱动芯片。ULN2003 是由高耐压、大电流的达林顿阵列组合而成,输出可以高负载电流并行运行。控制单元电路如图 4 所示。

3 软件和算法设计

3.1 软件流程图 软件用 C 语言开发,主要包括控制器与各模块之间的协议设定、PID 算法实现、无线通信单元程序设计、RFID 单元程序设计和 GSM/GPRS 单元程序设计。其中手持设备模块软件流程和车载测控模块软件流程如图 5 所示。

3.2 PID 控制算法 车厢内温度、湿度和二氧化碳含量需要调控。PID 以其完善的理论基础、高可靠性、设计简单而广泛应用于工业自动控制中^[5]。PID 算法中的比例环节的作用是对偏差瞬间做出反应,偏差一旦产生控制器立即产生控制作用,使控制量向减少偏差的方向变化。比例系数选择必须恰当,才能过渡时间少,实现静态偏差小而又稳定的效果。积分环节的调节作用虽然会消除静态误差,但也会降低系统的响应速度,增加系统的超调量。微分环节的作用使阻

止偏差的变化,它是根据偏差的变化趋势进行控制,微分作用的引入将有助于减小超调量,克服振荡,使系统趋于稳定,特别对高阶系统非常有利,它加快了系统的跟踪速度。

相应传感器通过对现场信息的采集将数据传至单片机,然后单片机经过分析处理各参数量是否偏离设置的阈值,如果有偏差,则调用 PID 算法,将现场参数与用户设定目标参数的差值带入增量式 PID 算法公式,由公式输出量决定 PWM 方波的占空比,后续控制电路根据此 PWM 方波的占空比决定各调节量的强弱。现场实时数据与目标参数的偏差大则占空比大,控制电路的功率大,使实测值与设定值的偏差迅速减少;反之,二者的偏差小则占空比减小,控制电路输出功率减少,直至目标值与实测值相等或者在允许误差范围内,以达到自动控制的目的。

4 系统实现及测试

按照上述硬件、软件思路设计系统,最终实现的系统实物如图 6 所示。

经测试,系统工作正常,性能和指标满足实际需求。其中温度调控的测试结果见表 1。

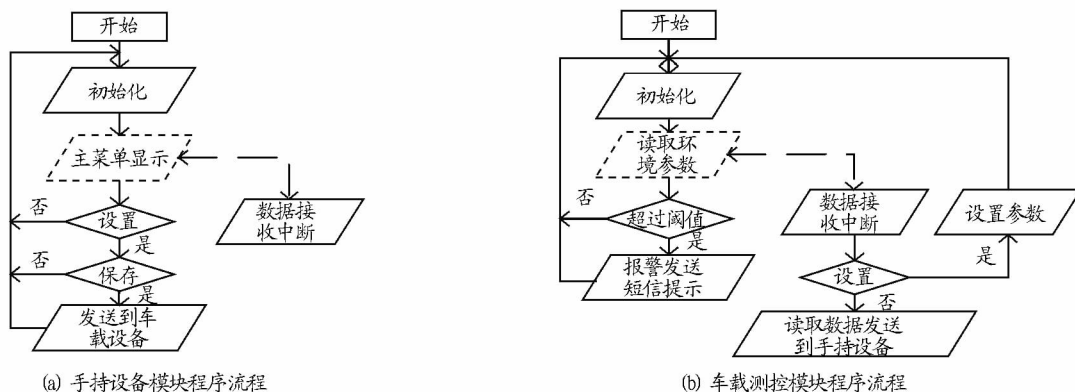


图 5 软件流程

微环境对于冷链物品的质量、损耗等具有重要影响,车厢微环境的实时监测和自动调控是冷链物流中的重要课题。该研究根据实际需求,综合运用 RFID、无线通信、测控等技术,设计了一种车厢微环境感知与调控系统,具有通用性、模块化的特点,有效解决了现有冷链物流运输中车厢环境监测和控制存在的一些问题,有利于提高货品质量,降低环境损耗,具有一定的参考和应用价值。

参考文献

- [1] 郭志安. 陕西果品冷藏库项目商业计划书[D]. 广州:华南理工大学, 2011.
- [2] 李晓娜, 朱耀庭. 基于 RFID 和传感技术的冷链物流环境监测系统设计[J]. 物联网技术, 2013, 3(2): 19-20.
- [3] FRANK S, CHRISTIAN F. International in Pervasive computing settings using Bluetooth enabled active Tags and Passive RFID technology together with mobile Phones Prove[J]. Pervasive Computing and Communications, 2003(3): 378-387.
- [4] 袁春艳, 林楷彬. 基于无线传感监控系统的嵌入式软件设计[J]. 计算机技术与发展, 2013(4): 57.
- [5] PILTAN F, SULAIMAN N, GAVAHIAN A, et al. Design mathematical tunable gain PID-like sliding mode fuzzy controller with minimum rule base[J]. International Journal of Robotic and Automation, 2011, 2(3): 146-156.



图 6 系统模块实物

表 1 温度 PID 控制测试结果(设定为 32 °C)

检测时间//min	实测温度//°C	检测时间//min	实测温度//°C
0.5	27.3	7	32.0
1	29.5	8	32.1
2	31.2	9	32.0
3	32.0	10	31.9
4	32.1	11	32.0
5	31.8	12	32.0
6	32.0	13	32.3

5 结论

冷链物流是近年兴起的物流新模式,运输过程中的车厢