

# 冰箱制冷能力快速评价系统硬件设计\*

董 明, 顾江萍, 沈 希\*, 黄跃进, 金华强  
(浙江工业大学 机械工程学院, 浙江 杭州 310014)

**摘要:** 为了能够缩短对冰箱制冷能力测试的时间, 设计了一套快速评价系统。针对该系统, 给出了该制冷能力快速评价系统的硬件框架及相关硬件电路。该系统采用铂热电阻温度传感器作为测温元件, 利用芯片 XTR105 将电阻值随温度的变化量转变成电流并对铂热电阻温度进行线性补偿, 采用低功耗、高性能的 MSP430 单片机对所采集的温度进行模/数转换, 通过 CAN 总线实现工控机与各工位之间的数据可靠、实时地传输。测试结果表明, 该系统能对冰箱制冷能力既快速又准确地做出评价。

**关键词:** 制冷能力; 快速评价; 铂热电阻; 控制器局域网总线

中图分类号: TH81; TP278

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2010)11-0082-04

## Hardware design of rapid assessment system for refrigeration ability in refrigerator

DONG Ming, GU Jiang-ping, SHEN Xi, HUANG Yue-jin, JIN Hua-qiang

(College of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

**Abstract:** In order to reduce the time of testing the refrigeration ability in refrigerator, the rapid assessment system was developed. Aiming at this system, the hardware configuration of the system and the relevant hardware circuits were introduced. PT thermal-resistance temperature sensor was used. The chip XTR105 was applied to convert temperature to current and make linearity compensation to thermal-resistance temperature. The MCU MSP430 with low-power and high performance was adopted to convert A to D for temperature and data transmission was finished rapidly and accurately between industrial computer and each working position through the CAN bus. The testing results indicate that the system can judge of the refrigeration ability in refrigerator rapidly and accurately.

**Key words:** refrigeration ability; rapid assessment; PT thermal-resistance; controller area network(CAN) bus

## 0 引 言

冰箱生产厂家在冰箱出厂前, 都要对其进行检测, 以判别质量的好坏, 其中的一个检测内容就是制冷能力<sup>[1]</sup>。早期的 GB8059.1~4 对冰箱制冷能力的要求是: 冰箱插电运行不超过两小时, 冰箱冷藏室的内部温度能由 32℃ 降到 10℃, 冷冻室的内部温度能由 32℃ 降到 -5℃。目前, 很多国内厂家都是采取在线制冷能力评价方式: 冰箱插电约 90 min 后, 在冰箱各间室内放水银温度计, 按实验线传动速度, 在线上相应位置

设一读取温度的岗位。该方式存在以下不足: ①在实验期间就要消耗大量的电能来冷却冰箱; ②实验期间要有大量的空间来放置冰箱; ③测试点过少, 不能全面考核受试产品的制冷能力; ④易受测试人员主观因素影响, 造成不可预见的测量误差<sup>[2]</sup>。因此许多厂家都在寻求效率、精度都比较高的测试方法, 但是到目前为止还没有找到更好的测试方法可以代替正在广泛使用的测试方法<sup>[3]</sup>。

为解决目前冰箱制冷能力在线测试方法中的不足, 本课题组设计了一套冰箱制冷能力快速评价系统,

收稿日期: 2010-04-12

基金项目: 浙江省重大科技专项资助项目(2006C11002)

作者简介: 董 明(1986-), 男, 浙江湖州人, 硕士研究生, 主要从事机电一体化技术方面的研究。E-mail: 93057680@qq.com

通信联系人: 沈 希, 男, 博士, 硕士生导师。E-mail: sx@zjut.edu.cn

能够在相当短时间(大约 20 min)内完成对冰箱的制冷能力的评价。

## 1 系统整体组成

应厂家一次检测数百台冰箱的要求,课题组设计了一次检测 240 台冰箱的系统,需要 240 路信号通道,远远超过了一般 A/D 采样卡的通道范围,因此本系统选择集散控制系统来实现数据的采集。集散控制系统将若干台微机分散应用于过程控制,全部信息通过网络由计算机监控。

整个系统由温度传感器、数据采集终端、基于 PCI 总线 CAN 接口卡和工业控制计算机组成,如图 1 所示。

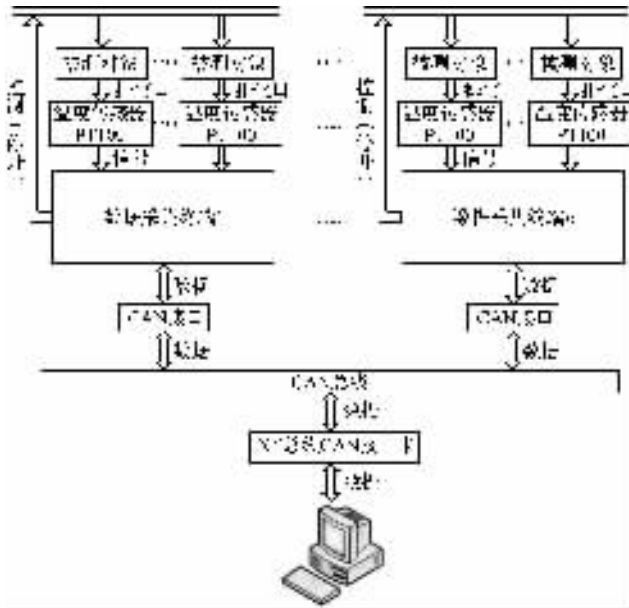


图 1 系统组成框图

该系统通过温度传感器对冰箱压缩机排气管壁进行检测,检测到的模拟信号经过数据采集终端转变为数字信号,转换后的信号通过 CAN 总线传输到工控机上从而进行数据处理和评价结果显示。

当开始测试的同时,为了保证系统测试和冰箱运行的同步,工控机会通过 CAN 总线发送指令给相对应的数据采集终端,让其控制被测冰箱的启动。

## 2 系统硬件设计

为了能够检测 240 台冰箱,本系统设计了 80 个数据采集终端,每个数据采集终端接 3 个温度传感器。

数据采集终端的硬件框图如图 2 所示。其 CPU 选用了美国 TI 公司生产的 16 位单片机 MSP430F139。MSP430 系列单片机是一款 16 位低功耗、高性能产品,它具有处理能力强、运行速度快、资源丰富、开发方便

等优点,有很高的性价比,在世界各国已经得到了广泛的应用,在国内已进入了飞速发展的阶段<sup>[4]</sup>。

为了操作方便,硬件上还附有键盘、液晶显示以及时钟等功能。用户可以使用键盘设置通讯速率等有关参数,并通过液晶查看到设置的结果。

### 2.1 信号采集

本系统根据温度的变化规律来评判冰箱制冷能力是否合格,对温度精度要求比较高,因此传感器性能的优劣在系统中起着重要的作用。本评价系统采用的是铂电阻温度传感器。在温度传感器中铂测温度时,电阻最稳定,测温范围也宽。根据接线方式的不同又可以分为:二线制,三线制和四线制方式<sup>[5]</sup>。由于三线制会大大减小导线电阻带来的误差,本测试系统使用的是简单实用的三线制接线方式的铂电阻温度传感器 PT100。同时又因为检测的是压缩机铜管壁的温度,接触面积比较小,一般的传感器很难与其接触完全,该系统选用了贴片式的传感器。

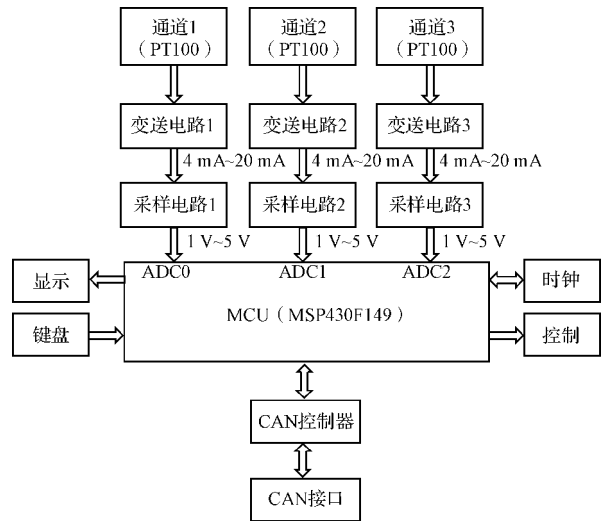


图 2 数据采集终端硬件框图

### 2.2 数据处理

温度传感器 Pt100 型铂热电阻工作在 0 °C ~ 850 °C 范围内,其阻值为:

$$R_t = 100(1 + at + bt^2) \quad (1)$$

式中  $a = 3.908\ 02 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ,  $b = -5.801\ 95 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$ 。

从 Pt100 的阻值与温度的关系式中可以看到,电阻值随温度的变化并非线性关系,式中的二次方项影响着温度测量的精度。芯片 XTR105 可以很好地解决这个问题。它是一款将 PT100 电阻值随温度的变化量转换成电流信号的芯片。该芯片可以解决电阻值随温度非线性变化的问题。另外,XTR105 还具有良好

的线性补偿功能,从而提高测量精度<sup>[6]</sup>。

Pt100 传感器的变送电路图如图 3 所示。XTR105 输出的是 4 mA ~ 20 mA 的电流信号,  $R_{W_2}$  是调零电阻,调节它可以使其在温度为量程下限时输出电流为 4 mA。  $R_{205}$  向 XTR105 提供一个共模电压,它的两端并上一个 0.01  $\mu\text{F}$  的电容可以减小噪声。  $R_{W_1}$  是用来设定放大器的放大倍数,可以根据测温范围来设定。  $R_{201}$ 、 $R_{202}$  是提供正反馈,可以对 Pt100 电阻中的二次项进行补偿,大大改善 Pt100 的非线性。三极管  $Q_2$  是 4 mA ~ 20 mA 电流回路的主要电流传导器件,该器件将外部电源电流与 XTR105 的内部消耗严格地区分。

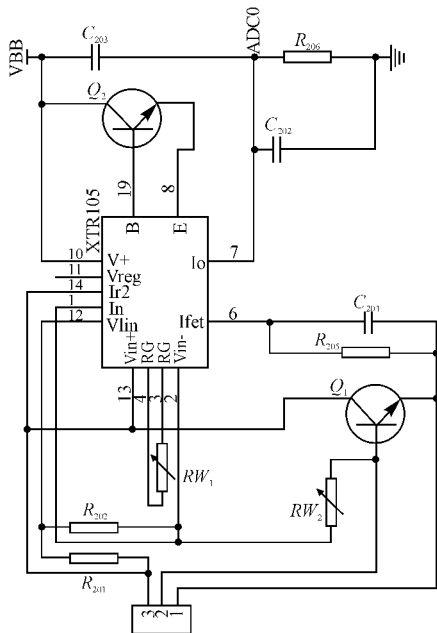


图 3 温度 - 电压转换电路

测量温度的量程与电流环芯片输出电流 4 mA ~ 20 mA 的对应关系可以由  $R_{201}$ 、 $R_{202}$ 、 $R_{W_2}$ 、 $R_{W_1}$  决定,它们的具体值可以由以下公式进行计算<sup>[7]</sup>:

$R_{W_2}$  为温度为最小温度时的 Pt100 的电阻值:

$$R_{W_1} = \frac{2(R_2 - R_{W_2})(R_1 - R_{W_2})}{(R_2 - R_1)} \quad (2)$$

$$R_{201} = \frac{R_{LIN}(R_2 - R_1)}{2(2R_1 - R_2 - R_{W_2})} \quad (3)$$

$$R_{202} = \frac{(R_{LIN} + R_{W_1})(R_2 - R_1)}{2(2R_1 - R_2 - R_{W_2})} \quad (4)$$

式中  $R_1$ —Pt100 在温度为  $\frac{T_{MIN} + T_{MAX}}{2}$  时的电阻值;  $R_2$ —Pt100 在温度为  $T_{MAX}$  时的电阻值;  $R_{LIN} = 1 \text{ k}\Omega$ 。

电流流经高精度取样  $R_{206}$  后,就变为 1 V ~ 5 V 的电压信号,继而传输到自带 12 位 A/D 的 430 单片机中,完成温度到数字电信号的转换。

### 2.3 数据通信

为了实现工控机与 80 台数据采集终端的通信,需要选择比较好的总线方式。目前使用较多的总线方式有 485 总线和 CAN 总线。较之目前 RS-485 构建的分布式控制系统而言,基于 CAN 总线的分布式控制系统可以工作于多主方式,节点信息按系统实时性分成不同的优先级<sup>[8]</sup>。两者的特性比较<sup>[9]</sup>如表 1 所示。据此,本研究选择 CAN 总线。

本系统上位机使用一块基于 PCI 总线的 CAN 总线接口卡,型号是 PCI-1680。PCI-1680 是一款专用于 CAN 网络与 PC 之间连接的通信卡,其传输速率达 1 Mbps。由于带有内置的 CAN 控制器,PCI-1680 能够提供总线仲裁及查错功能,可以在检查到错误时自动重发数据,从而有效确保了系统的可靠性<sup>[10]</sup>。因此这款接口卡不仅满足传输数据速率要求而且也保证了系统传输数据的可靠性。

表 1 RS-485 和 CAN 的差异

总线方式	特性					
	数据 传输率	系统 成本	总线 利用率	通讯 失败率	网络 调试	后期维 护成本
485 总线	低	高	高	高	困难	高
CAN-bus	高	较低	低	极低	容易	低

为实现数据采集终端与 CAN 总线接口卡通信,数据采集终端上必须有 CAN 接口,其电路原理图如图 4 所示。该接口电路由 430 单片机、MCP2515 独立 CAN 控制器、CAN 总线收发器 MCP2551,高速光耦 6N137 等组成,其中高速光耦实现了控制器和收发器的电气隔离。MCP2515 是一种独立的 CAN 控制器,可通过 SPI 方式与单片机接口实现通信,最高通信速率可达 1 Mbps<sup>[11]</sup>。MCP2551 能接收和发送标准数据帧和扩展数据帧以及远程帧,通过 2 个接收屏蔽寄存器和 6 个接收过滤寄存器滤除无关报文。因此该接口电路不仅可以减少单片机的 I/O 口使用,而且可以减少单片机负担。

### 3 结束语

本研究设计了一种冰箱制冷能力快速评价系统,分析了系统的组成结构,论述了系统的硬件设计。该系统经过现场的调试运行后能够快速地对冰箱制冷能力进行评判,且准确率较高。但是,由于测量误差或其他一些因素的存在使得测试结果有微弱的差异,给评价带来了一定的影响,因此该系统还有很多要完善的地方。

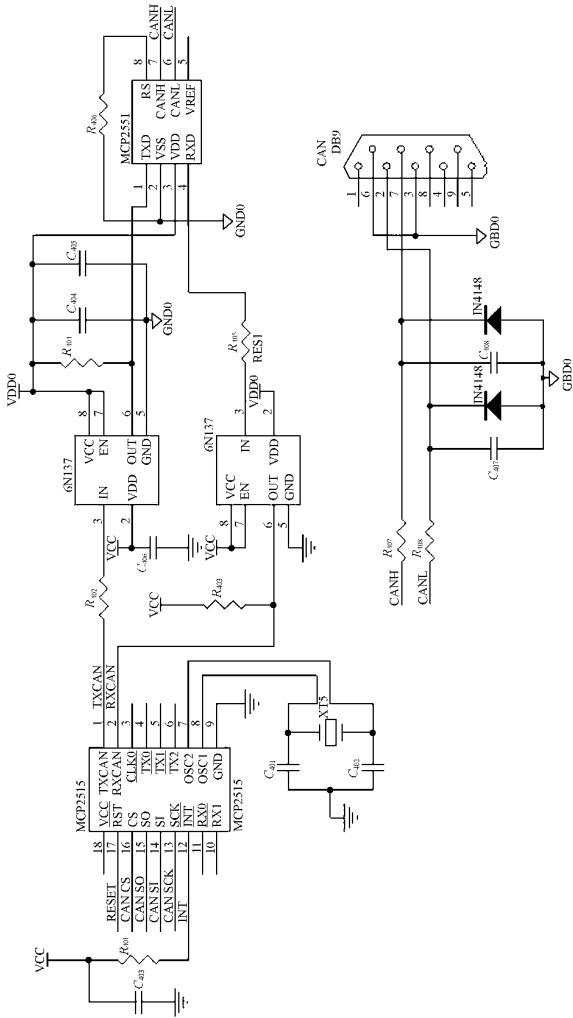


图4 CAN接口电路原理图

参考文献 (References):

[1] 包晓明,包晓华. 冰箱、冷柜检测系统的设计[J]. 电子计算机与外部设备,1999,24(3):46-48.

[2] 童蕾,陈超敏,黄秋武. 冰箱制冷性能测试技术的研究[J]. 制冷,2005,24(1):26-28.

[3] BANSAL P K. Harmonisation issues and future R&D needs-a review [J]. **International Journal of Refrigeration**, 2003,26(7):773-748.

[4] NAGY C. Embedded System Design using the TI MSP430 Series[M]. USA: Elsevier Science,2003.

[5] 金伟正. 实用四线制 PT100 测温电路研究[J]. 电子测量技术,2002,16(2):27-28.

[6] 张赤军. 温度检测系统中的新器件 XTR105[J]. 长春理工大学学报,2005,28(2):40-41.

[7] Burr-Brown Corporation. 4~20 mA CURRENT TRANSMITTER with Sensor Excitation and Linearization [EB/OL]. [2004-01-01]. <http://focus.ti.com/lit/ds/sbos061b/sbos061b.pdf>.

[8] LEEN G, HEFFERNAN D. A new time-triggered controller area network [J]. **Microprocessors and Microsystems**, 2002,26(2):77-94.

[9] 饶运涛,邹继军,郑勇芸. 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,2004.

[10] ADVANTECH. PCI-1680U [EB/OL]. [2006-01-01]. <http://www.PCI-1680U.pdf>.

[11] 李貌,秦霆镐,闫世晓. MCP2515 在 CAN 总线系统智能节点的应用[J]. 微计算机信息,2005,21(7):37-39.

[编辑:李辉]

# 计算机时代

《计算机时代》月刊,1983年创刊,是《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》和《中国核心期刊(遴选)数据库》收录期刊,主要栏目有:技术广角、网络天地、信息安全、应用实践、经验技巧、考试园地、计算机教育、信息化建设等,丰富的内容使您能够自由地遨游在信息的海洋里,了解新技术,掌握最先进技术,享受精彩纷呈的数字生活。

2011年征订
零售价: 6元

全年价: 60元

刊号: CN 33-1094/TP ISSN 1006-8228

地址: 杭州市拱墅西路33号雷计算机大厦A座105

电话: (0571)87054111

传真: (0571)85216590

邮编: computer\_era@21cn.com

网址: www.computerera.org

邮编: 310006

邮发代号: 32-81