

[自控 · 检测]

DOI: 10.3969/j.issn.1005-2895.2011.02.024

变频冰箱测试控制系统

胡 巍, 沈 希, 黄跃进, 顾江萍, 王海炳

(浙江工业大学 机械工程学院, 浙江 杭州 310014)

摘 要: 文章设计了基于 MCS-51&CPLD 的变频冰箱测试控制系统。详细介绍主要硬件电路设计, 给出了模糊控制方法及软件流程图。控制系统可以根据已经确定的算法, 控制变频冰箱的运行。同时, 代替了工控机的数据采集系统, 采样数据经简单处理定时地传输给工控机作进一步分析, 大大地节约了成本。对冰箱的温度场进行了测试和分析, 并提出了冰箱结构的优化方案。图 6 参 10

关键词: 自动控制; 冰箱变频控制; 复杂可编程逻辑器件 (CPLD); 模糊控制; 温度场

中图分类号: TP278 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-2895(2011)02-0087-04

Test Control System for Frequency Conversion Refrigerator

HU Wei, SHEN Xi, HUANG Yue-jin, GU Jiang-ping, WANG Hai-bing

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

Abstract: The test control system of frequency conversion refrigerator is designed based on MCS51 & CPLD. This paper described the main hardware circuit design, the fuzzy control method and software flow chart. This system has control frequency conversion refrigerator running according to the setting algorithm. At the same time, the system instead of the IPC data acquisition system and sampled data by simply processing time to transfer to the industrial computer for further analysis, so the cost is greatly reduced. The temperature field of the refrigerator was tested and analyzed to optimize the refrigerator structure. [Ch 6 fig 10 ref]

Key words: automatic control; frequency conversion refrigerator control; complex programmable logic device (CPLD); fuzzy control; temperature field

0 引言

近年来,随着微电子技术、传感器技术以及计算机控制技术的发展,以及对冰箱节能保鲜的要求,变频冰箱得到了快速发展。变频冰箱使用了变频压缩机,变频压缩机的转速可调,以此来控制制冷量,温度波动小,制冷效率高,节能明显。变频压缩机采用直流无刷无传感器电动机,其工作转速可在 1 000 ~ 4 500 r/min 所以压缩机的制冷能力有很大的调节范围。当冰箱工作室的温度与设定温度相差较大时,压缩机以高转速运行,获得快速制冷的效果;当温差较小时,压缩机以低转速运行。变频冰箱控制系统的任务是根据测量得到的各室温度值及其变化,运用一定的算法给出变频压缩机的转速和风门,达到最佳的保鲜效果。文

中所述的测试控制系统是基于已存在的变频驱动板而设计。

1 电路设计

文章采用 MSC-51 + CPLD 的方法,对单片机进行扩展,使其寻址能力达到 1 M bytes。外部扩展 512 k 的 FlashROM 及 8 k 的 SRAM 可以存储大量实时采样的温度数据,传给上位机便于分析;同时可以存储算法和校正表格。CPLD 的设计方法有原理图输入法、硬件语言输入法和状态机输入法。本文采用原理图输入法。AD 采样使用 12 位 AD1674 键盘输入为硬件解码的 4×4 小键盘;液晶显示采用 MSC-G12864 驱动电路。IO 采用 74 1374 来带动固态继电器,使用 RS485 与驱动板通信,RS32 与上位机通信(见图 1)。驱动板

收稿日期: 2010-08-19 修回日期: 2010-09-14

作者简介: 胡巍(1984)男,浙江宁波人,硕士研究生,主要研究方向为机电一体化技术,变频冰箱技术。E-mail: zhuwei@homa.com

驱动变频电机, 有电压监控, 功率保护等功能^[1]。

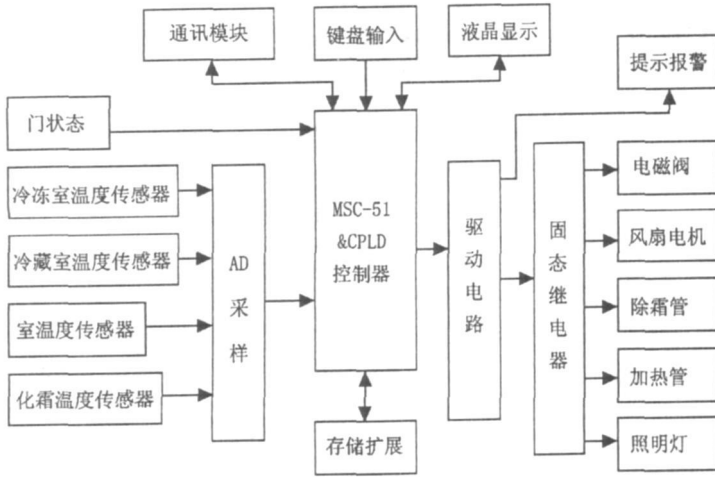


图 1 控制板主要的电路
Figure 1 Main circuit of control panel

1.1 地址资源分配

1) FlashROM(39 SF040 地址范围(共 64 k bytes × 8 Pages=512 k bytes); 共分为 8 页, 每页 64 k bytes, 地址范围: 0×000000~0×07FFFF(高 4 位配置字, 见图 2)。

2) RAM地址范围(共 8 k bytes); 0×090000~0×091FFF; I/O地址范围(8 k bytes); 包括对液晶显示器, AD转换器, 键盘, I/O扩展等寻址。

图 2 为 CPLD原理图截图, D[7..0] 分别与 P0 口相连, ALE为外部地址锁存信号, RST为复位信号, WR为写信号, P17为 P1.7 脚。CPLD的管脚可以自定义为输入或输出或者双向脚, 图 2 是一种双向管脚的设计。D[7..0] 由单片机输出到 CPLD, D[7..0] 为 CPLD输入到单片机。地址线低 8 位通过 74-273 锁存^[2]。当访问上面所列的 3 个地址空间时, 必须先对 AB[16..19] 进行配置。这样可以防止控制板上电

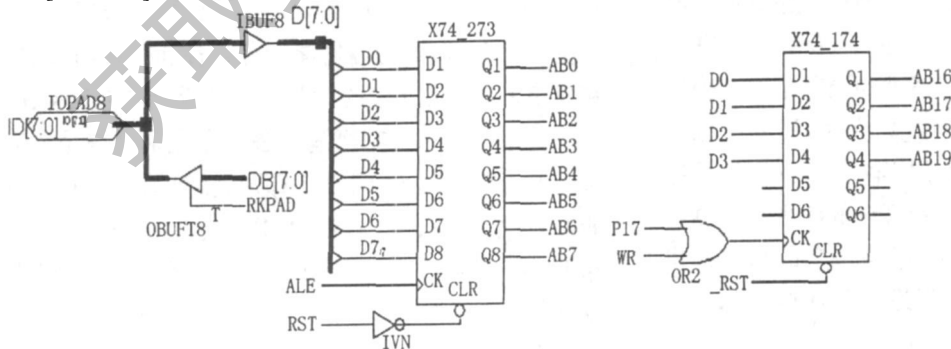


图 2 CPLD原理图
Figure 2 Schematic diagram of CPLD

时, 修改 RAM或外部 I/O的状态。

1.2 温度采用接口设计

各温度传感器采用热敏电阻, 模拟信号范围: 0~5 V 经过有源一阶低通滤波由 12 位 AD1674 进行转换成数字信号, 如图 3 所示。

DG508 为 8 通道模拟选择器, 内部带锁存功能。当 ENCHL=1 时, 通过 CHL[2..0] 可以选择 8 路通道中任一通道^[3]。

滤波电路采用一阶有源低通滤波, 放大增益为 2 倍。经过硬件滤波后, 可以有效滤除高频干扰信号。运算放大器选择 LM358AM 内置 2 对运放。第 1 个运放起到滤波放大作用, 第 2 个运放起到反向的作用。据传递函数

$$H(s) = -\frac{R_3}{R_2} \frac{1}{R_3 C_4 s + 1} \text{ 得截止频率 } \omega_0 = \frac{1}{R_3 C_4}$$

以此选合适的电阻和电容值。

本设计 $R_3=51 \text{ K}$, $C_4=1 \text{ nF}$

AD1674 是 12 位 AD 转换器, 转换时间大约 10 μs 。内置 10 V 电压基准源, 采样保持电路, 可实现单极性模拟式输入或双极性模拟量输入, 完全控制模式或独立工作模式, 8 位或 12 位转换, 12 位转换结果可以一次性读出或分 2 次读出。本设计采用单极性设计, 12 位转换模式, AD 启动转换地址为 0×A0010 转换结果由单片机分 2 次读取(注意一定要先读低 8 位), 读取地址分别为 0×A0010 0×A0011。D[7..0] 为转换结果, /AD_ST 连接到单片机的中断 1, 对转换结果可以采用查询或中断的方式; 其他逻辑控制信号由 CPLD 产生, 其中 AB0 为 0 地址线。见图 3 输入信号:

WR/RD 为单片机的读写信号, AB4, AB5, AB[19..16] 为地址信号; 输出信号: AD_CE, AD_RC, AD_CS

2 模糊控制器设计

2.1 模糊控制规则

对电冰箱的控制很难建立精确的数学模型, 而模糊控制模拟人的思维, 利用人的经验, 推理建立控制表, 对电冰箱进行控制^[4,5]。

本变频电冰箱一般分冷冻

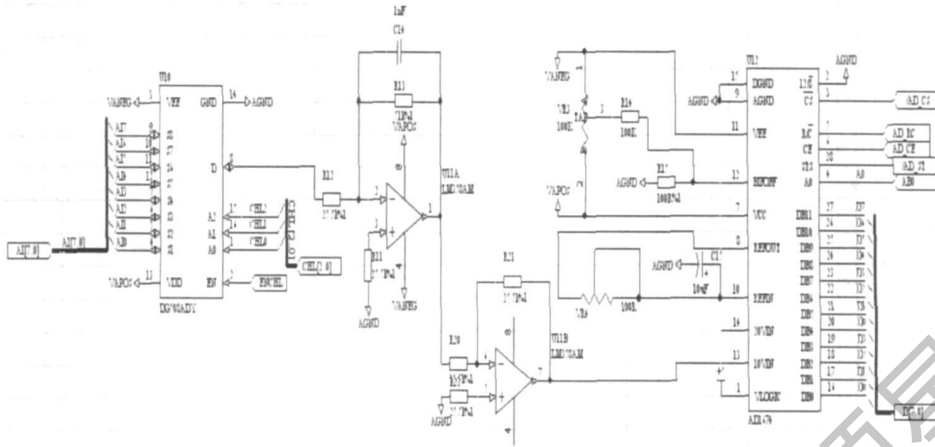


图 3 温度接口设计

Figure 3 Interface design of temperature

室和冷藏室。冷冻室采用直冷控制, 温度通常为 $-1^{\circ}\text{C} \sim -30^{\circ}\text{C}$, 对冷冻室的温度控制是通过对变频压缩机的转速控制实现的。冷藏室用于在较低的温度中存放食品, 但要求有一定的保鲜作用, 故不能冻伤食品, 温度通常为 $0^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$, 对冷藏室的控制是通过对风门电风扇的控制^[6]。对冰箱的控制还要考虑到环境温度, 门的状态等因数的影响。见图 4。

正。定义冷冻室温度 T_f 论域: $[-35^{\circ}\text{C}, -5^{\circ}\text{C}]$, 冷冻室温度变化量 ΔT_f 论域: $[-5^{\circ}\text{C}, 5^{\circ}\text{C}]$, 冷冻室目标温度初值 T_{f0} 论域: $[-15^{\circ}\text{C}, -25^{\circ}\text{C}]$ 。气温的模糊等级取 5 档: 负大 (NB), 负小 (NS), 零 (ZO), 正小 (PS), 正大 (PB)。根据模拟控制规则 I 得出 T_{f0} 控制表。定义外部环境温度 T_e 论域: $[-5^{\circ}\text{C}, 40^{\circ}\text{C}]$, 开门时间 t 论域: $[0 \text{ min}, 5 \text{ min}]$, 修正系数 X 论域: $[-4, +4]$; 模糊化等级取 5 档: 负大 (NB), 负小 (NS), 零 (ZO), 正小 (PS), 正大 (PB)。根据模拟控制规则 II 得出 X 修正表。通过乘法器得到冷冻室的目标温度 T_{f0} 。

2.2.2 压缩机转速

将目标温度 T_{f0} 与冷冻室温度 T_f 的差值 ΔT_f , 差值变化率 $D\Delta T_f$ 作模糊化处理^[7], 作为推理规则 III 的输入, 输出为压缩机转速, 控制冷冻室的温度达到最佳的目标温度^[8]。

3 软件设计

本控制系统有主程序, 中断服务程序及子程序组成, 见流程图 5。通过设置检测子程序, 可以选择手动模式、自动控制模式及调试模式。

4 温度场测试分析

为了使存放在冰箱内的水果蔬菜等食品保持鲜活、营养不流失, 箱体的温度应保持恒定和均匀, 从而要求电冰箱能根据不同食品的储藏温度要求, 精确提供所需求的温度, 并维持温度场的恒定性和均匀性^[9]。但冰箱箱体的结构和蒸发器的布置方式并不能满足这一要求, 普遍存在有些地方温度高于设定温度, 有些地方温度低于设定温度, 只有极少数地方能保持在设定温度。而我们总希望整个电冰箱箱体内的温度或是某一局部区域的温度能均匀保持在设定值。因

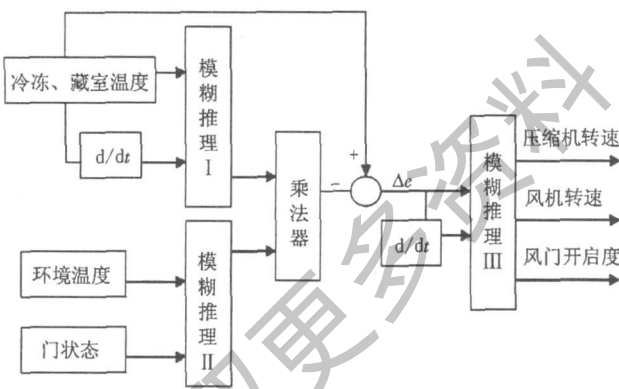


图 4 模糊控制框图

Figure 4 Block diagram of Fuzzy Control

2.2 冷冻室模糊规则构成

图 4 包括冷冻室、冷藏室的模糊控制, 2 者控制模式相类似, 只是控制对象不同。控制温度可以手动设置, 也可以自动控制。现以冷冻室的自动控制为例。

2.2.1 确定冷冻室的目标温度 T_{f0}

冷冻室目标温度 T_{f0} 受冷冻室温度 T_f , 冷冻室温度变化量 ΔT_f , 外部环境温度 T_e , 开门时间 t 的因数影响。为此先根据 T_f 和 ΔT_f 得出初值 T_{f0} , 再根据 T_e 和 t 作修

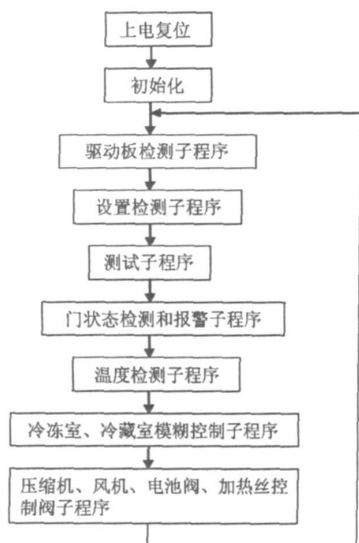


图 5 软件流程框图

Figure 5 Block diagram of software process

此,从设计的角度出发,有必要知道不同情况下冰箱冷藏室内温度场的分布,使设计者能通过对各种不同结构的冰箱形式和蒸发器布置方式,以期设计出更合理的冷藏室结构,从而提高食品的储存品质。以下是对冰箱箱体内箱体分 3 层同时进行温度测试。

由图 6 冰箱箱体内纵向的温度呈至上而下递减,为了减少纵向方向上的温差,可以对蒸发器的布置方式进行改进,如将蒸发器盘管集中向上布置。改进后的蒸发器盘管集中向上布置以后,蒸发器盘管的全部换热面积集中于低温冰箱的上部,从而使低温冰箱上部冷壁面附近的空气得到迅速和较强烈的冷却,低温冰箱内的自然对流得到显著增强^[10]。蒸发器盘管的布置形式对箱内空气流动结构的影响也很大。

同时为了减少温差,使箱内温度分布均匀性得到较好的改善,我们也应该考虑强化低温冰箱内壁的传热。理由是我们在计算过程中假定内壁的温度近似为蒸发器的温度,而实际上,此值应该高于蒸发器的温度,故为了使实际情况接近我们的分析过程,我们必须强化内壁的传热过程。

5 结语

该变频冰箱测试系统比单纯的控制系统功能更丰富,比如,键盘的设计,对数据的采样存储扩展。通过该系统,可以有效地测试变频冰箱的整体性能。对温度场的检测和分析,提出优化冰箱结构的方案,这样也可使冰箱内的温度尽量均匀。

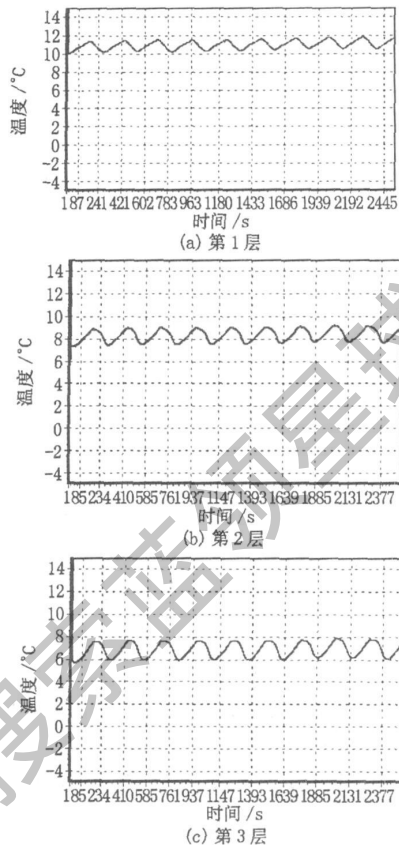


图 6 温度场测试图

Figure 6 Test chart of temperature field

参考文献 (References)

- [1] 王忠飞, 胥芳, 计时鸣, 等. MCS51 单片机原理及嵌入式系统应用 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2007
- [2] 孙航, 于联锋. Xilinx 可编程逻辑器件应用与系统设计 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2008
- [3] 马彧, 王丹利, 王丽英. CPLD/FPGA 可编程逻辑器件实用教程 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006
- [4] 孙增圻, 张再兴, 邓志东. 智能控制理论与技术 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1997
- [5] 高照, 罗志增. 基于模糊 BP 网络的自适应 PD 控制 [J]. 机电工程, 2008, 25(12): 53-55
- [6] 江明, 王龙明. 单片机在电冰箱智能模糊控制中的应用 [J]. 机电工程, 2003(4): 27-29
- [7] 黄跃进, 徐鸣, 沈希, 等. 基于直流变频技术的压缩机控制器设计 [J]. 压缩机技术, 2005(5): 20-23
- [8] 石日祥, 荣联春, 石晓波, 等. 变频冰箱压缩机的研制 [J]. 家电科技, 2003(7): 58-62
- [9] 叶斌. 低温冰箱内的有限元分析 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2004
- [10] 正荣, 赵巍, 张华, 等. 低温冷柜空气的传热与流动特性研究 [J]. 上海理工大学学报, 2003(1): 21-24