A-PDF Split DEMO : Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

基于 WinCE 的热泵热水机控制器

吴宇明[1],姜周曙[1*],黄国辉[1],徐 平[2]
(1. 杭州电子科技大学 自动化研究所,浙江 杭州 310018;
2. 杭州电子科技大学 生命信息与仪器工程学院,浙江 杭州 310018)

摘要:针对目前市场上大型热泵热水机控制器价格高、硬件模块多及远程监控性能不足等问题,研制了一种基于 ARM9 和 WinCE 操作系统的热泵热水机控制器。以 S3C2410A 和 STM32F103VC 为硬件平台核心,设计了人机交互单元和数据采集控制单元;以嵌入式 Windows CE 5.0 为操作系统,利用 EVC 开发应用软件,并重点阐述了系统结构、各主要模块的硬件电路及工作原理和应用程序的设计方法及编程要点。实际应用结果表明,该控制系统操作简便、功能完善、性能稳定,控制精度达到了使用要求。

关键词:热泵控制器;Windows CE;ARM9;Cortex M3
中图分类号:TP23;TH39 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-4551(2011)11-1345-05

Controller of heat pump water heater based on WinCE

WU Yu-ming[1], JIANG Zhou-shu[1], HUANG Guo-hui[1], XV Ping[2]
(1. School of Automation, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China;
2. College of Life Information Science & Instrument Engineering, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at high cost, more hardware modules and the poor performance of remote monitoring of large heat pump water heater controller in the current market, a new heat pump water heater controller based on ARM9 and WinCE operating system was developed. Human-computer interaction, data acquisition and control unit were designed, taking S3C2410A and STM32F103VC as the cores of hardware platform. Application software was developed using EVC under Windows CE 5.0 embedded operating system. And the overall structure of the controller, the working principle of main modules and the method of applications design and programming essentials were elaborated. Practical application result indicates that the control system is easy for operation, has perfect function and stable in performance, and the control precision meets the requirements of needs.

Key words: heat pump controller; Windows CE; ARM9; Cortex M3

0 引 言

热泵热水机作为公共建筑和住宅供热采暖的新型设备,通过输入少量的高品位能源(如电能),实现低温位热能向高温位转移,不仅克服了传统的燃煤锅炉、电热水器能耗大、费用高、安全系数低等缺点,而且避免了太阳能热水器的使用受日照及季节影响大的弊端,具有高效节能、安全环保、全天候运行、使用方便等优点[1-2]。

热泵热水机系统本身是一个构造复杂、控制变量较多的控制对象,且存在着时滞性、非线性、时变性、外部干扰等因素[3],因此对热泵热水机控制器的性能提出了较高的要求。目前,市场上的热泵系统控制器分为两类:一类以单片机为核心,但是控制点数少、功能单一,只适合小型热泵系统;另一类由 PLC 和触摸式图形操作终端构成,但是存在价格高昂、硬件模块多等缺点,限制了热泵热水机的推广。

本研究将嵌入式操作系统及 ARM9 处理器引入

收稿日期:2011-04-26
作者简介:吴宇明(1986-),男,浙江嘉兴人,主要从事智能仪表与控制装置方面的研究. E-mail:wym0927@126.com
通信联系人:姜周曙,男,教授,硕士生导师. E-mail:jzs@hdu.edu.cn

热泵热水机控制系统,具有界面友好、功能完善、可靠稳定以及极高的性价比。

1　系统控制要求与总体结构

1.1　系统控制要求

为了实现系统安全稳定地自动控制,本研究在热泵热水机的关键部位安装了各类传感器。由于本研究的热泵热水机采用了两台螺杆压缩机,各类的检测点和控制点较多。检测点主要分为温度采集、压力采集和开关量输入三类，温度采集对象包括压缩机的排气、吸气温度,冷凝器的进水、出水温度,蒸发器的进水、出水温度,实时监测工质在系统中的运行状态;压力采集则是对压缩机的高压、低压压力进行检测,确保工作在正常范围;开关量输入往往是一些被控对象运行状态的反馈，主要有压缩机高压保护开关信号、冷却水、冷冻水水流开关信号、星三角形降压启动信号等,当信号异常时采取报警或保护措施。被控对象主要包括压缩机、水泵、电磁阀及状态指示灯等,通过对检测点的采集并采取适当的控制策略做出相应响应,实现自动控制的目的。

1.2　总体结构设计

热泵热水机控制器分为两个单元:数据采集控制单元和人机交互单元。数据采集控制单元由温度、压力采集模块及多路开关量输入/输出模块等组成,实现数据的采集及对热泵热水机各个控制点开关量状态的控制;人机交互单元由存储模块、LCD 模块、触摸屏模块、以太网模块及 USB 模块组成,实现机组运行信息的显示、机组参数的设置、故障处理与记录及远程监控等功能。热泵热水机控制器的具体组成结构框图如图 1 所示。

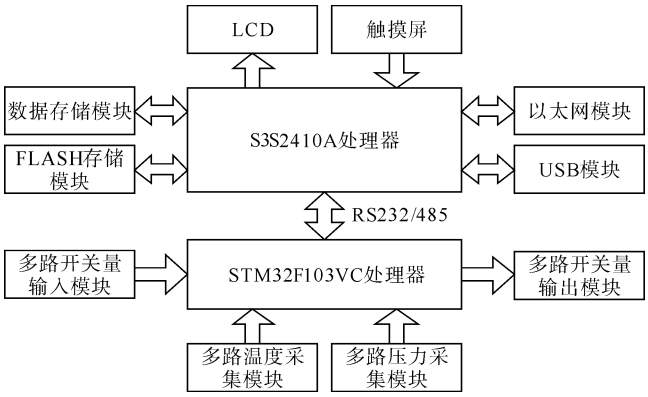

图 1　热泵热水机控制器组成结构框图

2　数据采集控制单元设计

2.1　微处理器简介

本研究采用意法半导体公司 Cortex-M3 系列的微处理器 STM32F103VC,将其应用于采集控制单元。它是一款基于 ARMv7-M 架构的高性能、低功耗处理器,具有门数少,中断延迟短,调试容易等特点[4],其核心在于内含一个高效的哈佛结构三级流水线，通过广泛采用时钟选通、Tail-Chaining 中断等技术改进每个时钟周期的性能，包括单周期 32 位乘法和硬件除法,获得了优异的能效比。它提供了丰富的片上资源:48 KB RAM、256 KB FLASH、USART、SPI、I^2C、CAN、USB、16 个 12 位的 A/D 转换器及大量的 I/O 端口,很好地满足了数据采集控制单元的检测控制要求。

2.2　模拟量采集模块

模拟量采集是获取热泵热水机运行状态的主要方式,分为温度和压力两类模拟信号。温度采集主要负责对压缩机的排气、吸气口温度,冷凝器的进水、出水温度和蒸发器的进水、出水温度进行实时检测;而压力采集则负责压缩机排气、吸气口压力的实时检测。出于成本的考虑,温度传感器选用 NTC(负温度系数)热敏电阻传感器,但温度的变化与热敏电阻值的改变呈现非线性关系,为避免微处理器繁琐的数学浮点运算,本研究采用了效率较高的二分法查表法以及分段线性插值法求得对应的温度。

压力采集采用的是电压型压力传感器，输出信号为 0 ~5 V 的工业标准信号。由于微处理器 STM32F103VC 的模/数转换引脚只能接受上限为 3.6 V 的电压[5],将压力信号经过由运放 LM324 构成的电压跟随器后通过分压电阻,使得输入信号落入模/数转换引脚的工作范围。压力模/数转换电路如图 2 所示。

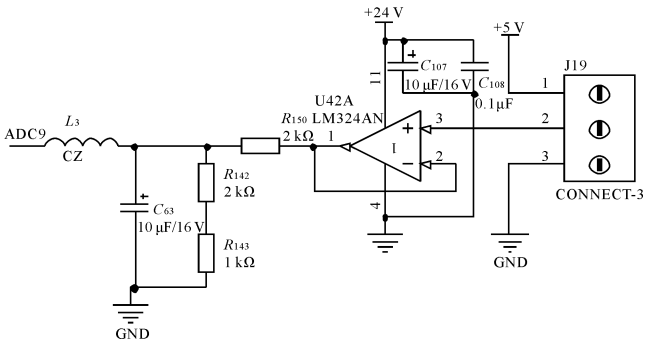

图 2　压力模 / 数转换电路

2.3　开关量输入/输出模块

开关量输入模块是对压缩机、水泵和电源交流接触器等被控对象运行状态的一个反馈,为了防止人为误接或外部干扰信号造成微处理器的误判,在开关输入通道上使用了二极管 IN4007、光电耦合器 TLP-521 及 ESD 器件。开关量输出模块通过交流接触器间接控制压缩机、水泵和风机等部件的运行,对交流接触器控制端的控制则一般直接使用继电器控制。由于单

片机 I/O 驱动能力有限，在单片机 I/O 端口与继电器之间除了必要的光耦隔离措施外,增加了一片由 8 个达林顿管组成的达林顿管阵列芯片 ULN2803,从而保证系统的带负载能力。此外,在继电器的控制端加入了反向续流作用的二极管,抑制继电器感性线圈的瞬态电流[6]。开关量输入/输出模块分别如图 3、图 4 所示。

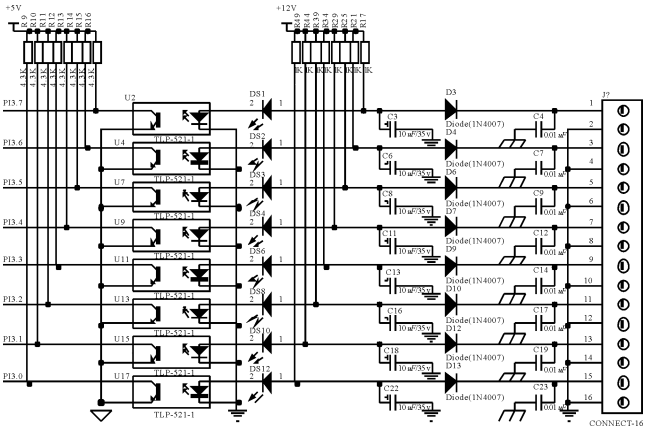

图 3　开关量输入模块

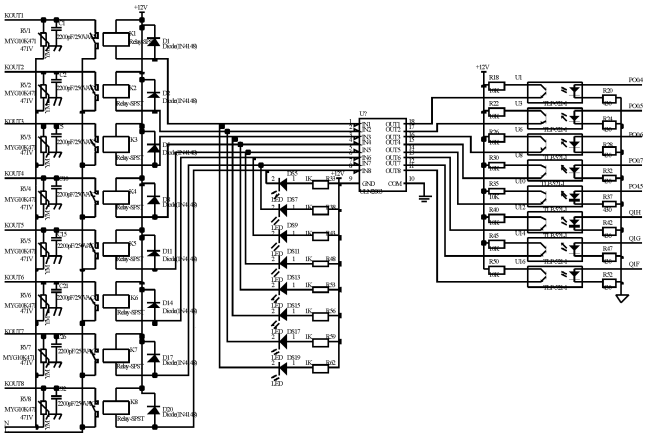

图 4　开关量输出模块

2.4　通信模块

虽然热泵热水机控制器的人机交互单元与数据采集单元传输距离不足 1 m，但考虑到热泵热水机运行环境恶劣,具有高电压、大电流、强磁场等特点,因此人机交互单元和采集控制单元的数据交互采用了四线制差分信号传输的 RS485 总线并采取了相应的抗干扰措施。在通信接口处采取了电源和传输信号全部的隔离，保证了隔离两边没有任何电气上的联系。电源的隔离使用了电源隔离芯片 B0505LS；传输信号的隔离分别使用了快速光耦隔离芯片 6N137 和普通光电耦合器 TLP-521。尽管不能不保证两组独立的电源之间的寄生电容与光耦两端的寄生电容相当,但是对于 RS485 的传输信号频率,在实际应用中取得了较好的隔离效果。RS485 电平转换芯片选用抗雷击和抗静电芯片 SN75LBC184，它不但能抗雷电的冲击而且能承受高达 8 kV 的静电放电冲击[7]。RS485 通信电路如图 5 所示。

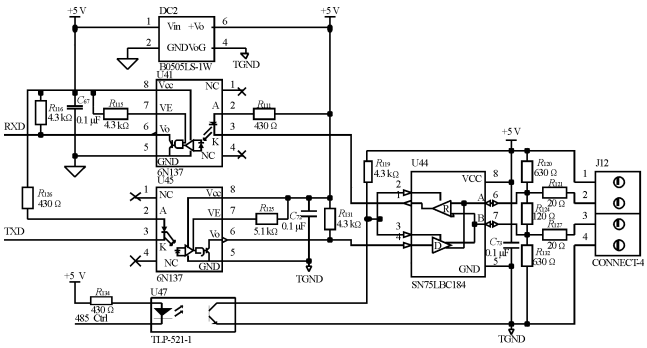

图 5　RS485 通信电路

2.5　数据采集控制单元软件设计

2.5.1　数据采集控制单元软件流程

数据采集与控制单元的程序设计采用了模块化的设计思想,主要包括:程序初始化模块、通信处理模块、温度与压力采集模块、故障信号采集模块及策略判断与控制信号输出模块。热泵热水机运行流程图如图 6 所示。当机组在运行状态时,温度压力采集子程序负责定时对温度、压力值进行采集,当前采集值与上一周期的采集值不等时将发送给人机交互单元;故障信号采集子程序则是对开关量输入信号进行实时检测,这些开关量信号都是故障信号,如冷却水水流开关异常信号、压缩机高压异常信号等;策略判断与控制信号输出子程序是整个程序的核心,通过对两台螺杆压缩机容量调节电磁阀的控制,相应地改变各自压缩机的排气量,以此达到调节水温的目的。

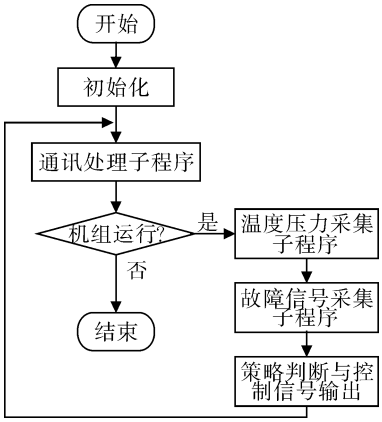

图 6　热泵热水机运行流程图

2.5.2　压缩机容量调节策略

本研究采用的螺杆压缩机内部装有四段式容调控制系统,因此两台螺杆压缩机可实现八级的容量调节,即八级的油路加卸载。具体的压缩机容量调节策略如表 1 所示。

表 1　压缩机容量调节策略

水温条件	策略动作
当前温度<设定温度	上载一级
设定温度≤当前温度≤设定温度+回差温度	保持
当前温度>设定温度+回差温度	下载一级

2.5.3　数据通讯协议

在热泵热水机恶劣的运行环境下,数据的稳定与可靠至关重要,本研究定义了一种在人机交互单元与数据采集控制单元间通讯的协议,如下所示:

起始符	帧长度	帧类型	数据	校验码	结束符

数据均采用 ASCII 码的形式通讯,以起始符“@”开始,以结束符“#”结束。帧长度则规定了本帧传输数据的长度,帧类型为本帧所属功能的代码,数据则是相应所属功能的具体值,为了增加数据传输的可靠性,使用了循环冗余码 CRC 校验。

3　人机交互单元设计

3.1　人机交互单元的硬件设计

触摸屏技术在热泵热水机控制系统中的应用大大增加了人机交互的信息量,其硬件由 Samsung 公司采用 ARM920T 内核的 RISC 处理器 S3C2410A 为核心,其内核实现了 MMU,AMBA BUS[8]和 Harvard 高速缓冲体系结构,具有独立的 16 KB 指令 Cache 和 16 KB 数据 Cache[9]。S3C2410A 提供了丰富的片上资源,大大减少了系统开发的成本,包括:MMU 虚拟内存管理器、LCD 控制器、外部存储控制器、3 通道 UART、4 通道 DMA、4 通道带 PWM 的定时器、I/0 口、RTC、触摸屏接口、2 端口 USB 主机/1 端口 USB 设备、SD 卡/MMC 卡主控制器等。由于人机交互单元搭载微软的嵌入式操作系统 WinCE 5.0,扩展了部分硬件资源保证系统的流畅运行。数据存储器的扩展选用两片 16 MB×16 位芯片 K4S561632D-TC75 构成 32 位数据总线;程序存储器的扩展选用 256 MB NAND FLASH 芯片 K9K2G08U0M-YCB0,从而给操作系统映像文件与应用程序预留了足够的存储空间。本研究选用的夏普 8 寸 LCD 触摸屏支持 640×480 的分辨率,满足了人机交互界面显示的要求。此外,本研究提供了由网口芯片 CS8900A 及其外围电路构成的以太网接口,可以通过互联网实现远程监控。

3.2　Windows CE 操作系统及开发工具

由于热泵热水机运行环境比较恶劣,这对运行在其上面的嵌入式操作系统提出了较高的要求,Windows CE(简称 WinCE)正是一个可靠性好、实时性高、可裁剪的、32 位微内核嵌入式窗口操作系统[10],其友好的交互界面、易用的开发环境成了平台的最佳选择。

Windows CE 系统的开发大致包括:硬件开发、操作系统开发和应用程序开发 3 个阶段[11]。Platform Builder(简称 PB)是 Windows CE 操作系统开发和定制的工具集,集成了设计、产生、构建、测试和调试操作系统的所有开发工具,通过交互的开发方式定制、配置、创建、调试操作系统映像。对于应用程序的开发则通常使用 Embedded Visual C++(简称 EVC),它是专为嵌入式开发而设计的开发工具,可以使用户快速开发 MFC、ATL、DLL 等多种 Windows CE 应用程序。

3.3　应用软件设计

3.3.1　应用软件框架及组成模块

热泵热水机控制系统人机交互单元的软件设计采用面向对象的模块化设计思想,主要包括:运行信息、运行记录、故障记忆、参数、密码、测试及起停模块。其整体框架及组成模块如图 7 所示:

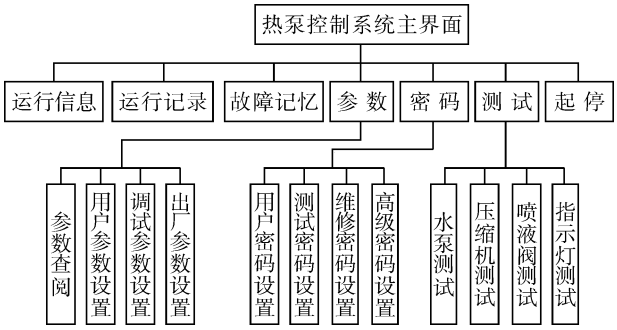

图 7　人机交互单元软件框架及组成模块

(1)运行信息模块显示了热泵机组当前运行时各关键部件的运行状态信息。主要有运行工况,冷凝器、蒸发器的进、出水温度,压缩机的排气、吸气温度及高、低压压力等。

(2)运行记录模块以一定的周期记录了热泵机组运行时各关键部件的运行状态信息。

(3)故障记忆模块记录了热泵机组发生故障的具体信息,包括故障原因及故障点发生时各关键部件的运行状态信息。

(4)参数模块根据该参数对机组正常运行的重要性分成了 4 个子模块。不同类型的参数设置只有相应权限密码的用户才能进入查看或设置。

(5)密码模块因区分权限的需要也相应地分成了 4 个子模块,在各个子模块可重设密码并且后一级密码拥有更高的权限。

(6)测试模块是对水泵、压缩机、喷液电磁阀和各种指示灯的强制开启与关闭。

3.3.2　编程要点

(1)动画显示:为了使热泵热水机的整个运行过程更加形象生动,笔者通过在 Picture 控件中连续调用多张 BMP 格式的图片来达到动画的效果。因此先将被切换显示的图片作为可调用的位图资源,通过调用封装在 CBitmap 类中的成员函数 LoadImage 载入位图资源并强制转换成 HBITMAP 类型的句柄,调用函数 SetBitmap 设置控件的背景图。使用 SetTimer 函数开启一个定时器,在 OnTimer 函数中不断的依次重复载入位图与设置控件背景图以达到动画显示的效果。

(2)多线程技术:因为 Windows CE 不支持重叠 I/O[12-13],如果在主线程进行大量读写串口操作时,有可能使整个程序陷入缓慢的串口等待,从而使得主界面的动画失去响应,因此一般都采用主线程处理消息循环,通过调用 CreateThread 函数专门开辟一个接收线程。对于多线程的协调则采用了事件对象的方法,使用了 CreateEvent 函数来创建事件。接收线程使用了 WaitCommEvent 函数来等待接收事件的发生,线程被该函数阻塞时,只消耗少量的 CPU 处理能力,使得主界面即时响应动画的同时又不影响串口正常的数据收发,从而达了使用多线程的目的。

人机交互单元的应用软件采用 Embedded Visual C++编写,经编译、调试后将可执行文件复制至非易失性储存介质 NAND FLASH 中,通过 Platform Builder 修改注册表的键值实现了开机自动运行程序。热泵热水机运行时的主界面如图 8 所示,由图可知在清晰地观察到运行动画示意图的同时还能及时了解系统的运行状态。

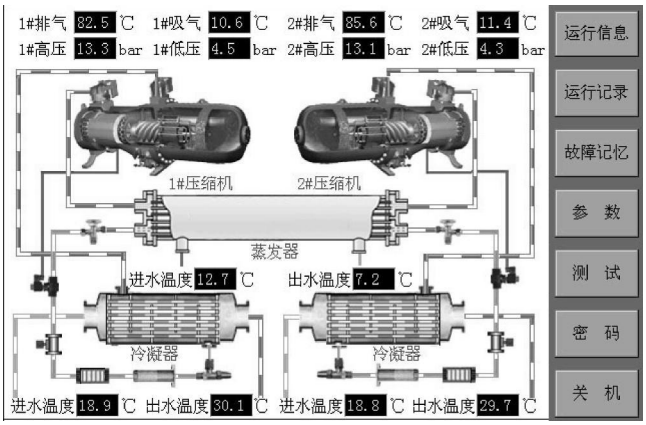

图 8　热泵热水机运行主界面

4　结束语

本研究将 ARM920T 内核 S3C2410A 和 STM32 F103VC 组成双核心硬件平台,并嵌入 Windows CE 5.0 操作系统构成热泵热水机控制系统,采用模块化的设计思想使系统具备很好的扩展性,尤其是嵌入式操作系统的引入大大提高了系统开发的效率,更具科学性。热泵热水机控制系统开发完成后,已成功应用于某企业的热泵热水机,使用结果表明该控制系统界面美观、操作简便、功能完善、运行稳定,控制精度达到了使用要求。

参考文献(References):

[1] 旷玉辉,王如竹. 太阳能热泵热水器[J].太阳能,2003(4):13-15.

[2] BI Yue-hong,GUO Ting-wei,ZHANG Liang,et al. Solar and ground source heat-pump system [J]. **Applied Energy**, 2004,78(2):231.

[3] 张金生. 水源热泵空调系统控制技术[J].天津科技,2008,35(5):19-20.

[4] 王永虹,徐　炜,郝立平. ARM Cortex-M3 微控制器[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008.

[5] TMicroelectronics. STM32F103VC Performance line[EB/OL]. [2010-10-01]. http://www.st.com/internet/mcu/product/164492.jsp.

[6] 颜诗敏,姜周曙,黄国辉. 基于 S3F9488 单片机的热泵热水器控制器[J]. 机电工程,2009,26(2):34-37.

[7] 白　霞. RS-485 接口技术中的有关问题 [J]. 基础自动化,2002,9(1):63-64.

[8] FLYNN D. AMBA:Enabling reuseable on-chip designs[J]. **IEEE Micro**,1997,17(4):20-27.

[9] ARM Co.,Ltd.. ARM920T Technical Reference Manual [M]. ARM Co. Ltd., 2001.

[10 张冬泉,谭南林,苏树强. Windows CE 实用开发技术[M]. 2 版. 北京:电子工业出版社,2009.

[11] 华清远见嵌入式培训中心. Windows CE 嵌入式开发标准教程[M]. 北京:人民邮电出版社,2010.

[12] 韩宝俊,卢建华,闵华松. WinCE 下串口通信模型设计与实现[J]. 计算机工程与设计,2008,29(8):1997-1999.

[13] 胡扬超. WinCE 系统在地铁自动检票机中的应用[J]. 机电工程技术,2011,40(3):44-45.

[编辑:张　翔]