

# 基于 ARM9 的恒压恒速双缸泵控制系统

高冰<sup>1</sup>, 杨名利<sup>1</sup>, 沈毅<sup>2</sup>, 解非<sup>1</sup>

(1. 哈尔滨工业大学(威海)信息科学与工程学院, 威海 264209; 2. 哈尔滨工业大学航天学院, 哈尔滨 150001)

**摘要:** 介绍基于 ARM9 的嵌入式恒压恒速双缸泵控制系统。以 S3C2410 嵌入式处理器为核心, 扩展其外部硬件设备包括高精度 AD、DA 转换器和 LCD 等, 以 Windows CE 为操作系统, 应用 PB 和 EVC++4.0 开发应用软件。该控制系统成本低, 界面友好, 可实现对恒压恒速双缸泵的高精度高稳定性控制。

**关键词:** 恒压恒速双缸泵; ARM9 嵌入式系统; Windows CE 操作系统; 控制系统

## Control System of Constant Pressure and Speed Duplex Pump Based on ARM9

GAO Bing<sup>1</sup>, YANG Ming-li<sup>1</sup>, SHEN Yi<sup>2</sup>, XIE Fei<sup>1</sup>

(1. Department of Information Science and Engineering, Harbin Institute of Technology at Weihai, Weihai 264209;

2. Department of Spaceflight, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

**【Abstract】** An embedded control system of constant pressure and speed duplex pump based on ARM9 is introduced. The system takes the embedded processor S3C2410 as the core, meanwhile adopting the expanding hardware equipments as AD, DA converter and LCD, Windows CE as operating system, using PB and EVC++4.0 to develop application software. It has many advantages such as low-cost, friendly interface and so on. It can realize to control the duplex pump accurately and steadily.

**【Key words】** constant pressure and speed duplex pump; ARM9 embedded system; Windows CE operating system; control system

### 1 概述

本文研究的高压恒压恒速双缸泵是一种高压柱塞泵, 主要用于计量、石油和化工领域中的流体驱替、计量控制是计量、岩芯分析实验及相关研究工作的重要实验装备<sup>[1]</sup>。目前, 国内大部分石油化工领域工作现场和试验机构采用的国外设备价格一般都比较昂贵, 而国内相关高压泵控制系统大多只能实现恒速或恒压的单一控制操作, 且多数国产高压泵整体性能难以满足实际生产与研究的高精度要求。因此, 本文研究高精度智能的恒压恒速双缸泵控制系统, 以 ARM9 嵌入式处理器为核心, Microsoft 公司的 WindowsCE.net 操作系统为应用程序的开发平台, 通过开发应用程序, 实现对双缸泵的两个缸体的高精度、高稳定性的控制。

### 2 控制系统需求与结构

恒压恒速双缸泵由高压柱塞泵泵体、丝杠传动机构、齿轮传动机构、气动阀、储液罐、直流伺服电机和驱动器等部分组成。恒压恒速双缸泵有单缸运行、双缸并联和双缸串联 3 种工作方式, 每一种工作方式又分为恒流和恒压 2 种控制操作, 根据具体应用选择不同的工作方式与控制操作。

(1)单缸运行。启动一个液压缸, 对负载按需实现恒流(或恒速)、恒压控制操作。须注意的是, 当液压缸运行至距上(下)限位 10 mm 时要逐渐减速, 到达限位后出液阀门不能马上关闭, 进液阀门不能马上开启, 应等到液压缸中的压力为 0 后方可关闭和开启相应的阀门。

(2)双缸并联。启动 2 个液压缸, 对负载按需实现恒流(即恒速)、恒压控制操作。与(1)不同之处在于可实现比一个液压缸大的流量。

(3)双缸串联。2 个缸都参与工作但不同时工作。通过对 2 个缸进行切换控制来实现对负载连续、平稳的供液。供液的方式也是恒压和恒流。

本文采用三星公司的 S3C2410 嵌入式处理器为核心, 外部扩展硬件设备包括高精度 AD 转换器、DA 转换器和 LCD 显示液晶屏等。通过接口扩展实现 ARM 板与除控制核心单元外的硬件设备包括压力传感器、伺服直流电机驱动器、光电码盘、限位开关和电磁阀等的有效连接, 从而为软件系统提供良好的硬件平台。

### 3 硬件设计

控制系统的硬件结构如图 1 所示。

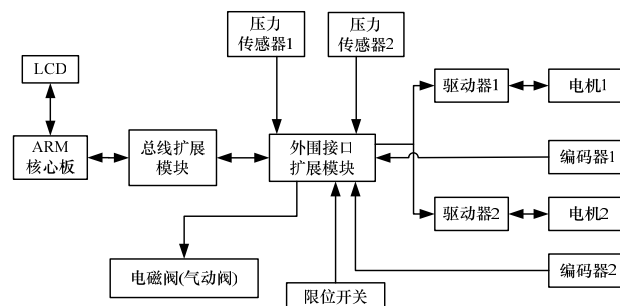


图 1 控制系统硬件结构

**基金项目:** 哈尔滨工业大学科研基金资助项目(HIT(WH)200703)

**作者简介:** 高冰(1984-), 男, 硕士研究生, 主研方向: 嵌入式系统; 杨名利、沈毅, 教授; 解非, 本科生

**收稿日期:** 2008-10-08 **E-mail:** gaobing1984@163.com

系统的硬件由 ARM9 开发核心板、总线接口模块和外围接口扩展模块 3 个部分组成。核心板主要包括 S3C2410、FLASH、SDRAM 等。外围接口扩展模块包括 AD 转换电路、DA 转换电路、多路选择开关电路和光电耦合电路。为提高总线的驱动能力，还设计了总线接口模块。

### 3.1 核心板

核心板是整个系统的核心，集成了系统的处理器、SDRAM 单元、NAND FLASH 单元及其所需的辅助部件，如晶体振荡器、电源模块等。系统采用 2 片 HY57V561620 16 MB×16 bit SDRAM 芯片共同组成 32 bit 数据宽度和 64 MB 内存。SDRAM 通过 S3C2410 片内的 SDRAM 控制器来管理，SDRAM 挂载在 BANK6 上。在嵌入式系统领域，主流 FLASH 分为 NAND FLASH 和 NOR FLASH，已取代其他半导体存储元件，成为嵌入式系统中主要数据和程序载体<sup>[2]</sup>。本文采用一款单片 64 MB×8 bit 的 NAND FLASH 接口芯片 K9F1208 方案。

### 3.2 外围接口扩展模块

外围接口扩展模块包括 AD 转换电路、DA 转换电路和数字量通道。AD 转换电路由一个 8 选 1 的多路模拟开关和一个 AD 转换器构成。多路模拟开关采用 AD7541 芯片，通过通道选择来完成外部 8 路输入模拟信号的切换。AD 转换器采用 AD574，精度为 12 bit，内置双极性电路构成的混合集成转换芯片并具有自动校零和自动极性转换功能，可满足本文控制系统的精度要求。根据 S3C2410 外部存储空间分布图，将 AD 模块配置在 nGCS1 片选的地址空间，即 0x08100000 开始的区域。

本文的控制系统根据光电编码器反馈回来的数据来控制电机，ARM9 通过 DA 转换电路将控制信号转换成模拟量通过电机的驱动器控制电机转速。DA 转换电路包含 2 路独立的 DA 转换通道，每通道由一个 12 bit 的 DA 转换器用于增益调节的运算放大器构成。DA 转换器采用 AD7541，并在其前端接有锁存器 74LS373，用于锁存来自于 ARM9 的 12 bit 数字量，分别用 nDAC\_CS1 和 nDAC\_CS2 来控制 2 路 DA 通道。nDAC\_CS1 对应 0x08200000；nDAC\_CS2 对应 0x08400000。只须将一个 12 bit 的二进制数写入地址 0x08200000 或 0x08400000，即可完成该二进制的 DA 转换。

本文中的数字量输入输出通道的基本功能就是接受这些外部装置或生产工程的状态信号和输出开关量，因此，输入输出通道的设计主要考虑信号隔离问题，对普通开关量信号采用了普通光电耦合器 TLP521-4，对脉冲信号采用高速光电耦合器 6N137。外围接口扩展模块原理如图 2 所示。

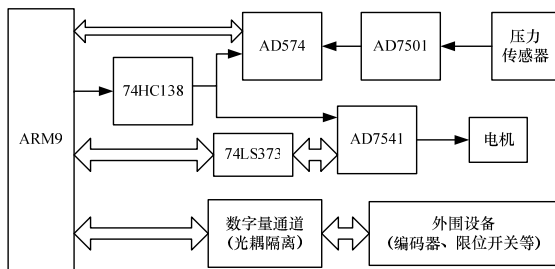


图 2 外围接口扩展模块原理

### 3.3 总线扩展模块

S3C2410 有丰富的 GPIO 接口，但由于核心板本身已经用去了很多的资源，为方便开发，本文采用将数据总线和地

址总线驱动后复用的方式实现总线的扩展。将双电源供电的电平转换驱动芯片 74ALVCC3245 用于 ARM9 核心板上 3.3 V 到外围扩展模块上 5 V 电平之间的转换，当较低电平电压输出与较高电压输入进行通信时，该器件不仅能实现输入输出的兼容性，而且还能监控总体系统功耗，同时还能在输入端消除提供高电压容限的麻烦。此外，74ALVCC3245 还提高了总线的驱动能力，在后端添加锁存器之后，即可实现总线的复用。

本文将 AD 转换电路，DA 转换电路所转换的数字量和开关控制量都存储在 S3C2410 中 nGCS1 所对应的地址空间内。采用将 S3C2410 的读写信号 new，nWR 和片选信号 nGCS1 通过与非门实现的各种组合来作为后端电路的片选信号，可有效实现系统所需的地址映射。总线扩展模块原理见图 3。

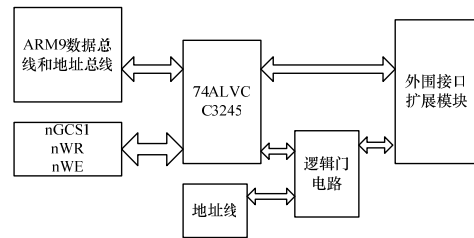


图 3 总线扩展模块原理

## 4 软件设计

### 4.1 WindowsCE.net 操作系统的定制与移植

WindowsCE.net 是一个全新开发的操作系统，具有模块化的特点，OEM 厂家可以加入或除去任何模块。本文硬件系统调试完成后则开始进行 WindowsCE.net 操作系统的移植。

嵌入式系统通常是一个资源受限的系统，直接在嵌入式系统的硬件平台上编写软件很困难，目前一般采用宿主主机/目标机模式，即首先在通用计算机上编写程序，然后通过交叉编译生成目标平台上可运行的二进制文件，最后下载到目标平台上运行。本文中定制 WindowsCE.net 操作系统的工具采用 Platform Builder，应用程序开发使用 Embedded Visual C++4.0。当完成 WindowsCE Bootloader，操作系统的特性配置和移植，硬件平台上驱动程序和应用程序开发等工作后，则可将 WindowsCE Bootloader 下载到 ARM9 核心板中，然后再把剩下 3 部分的内容压缩到一个镜像 nk.nb0，并下载到 ARM9 核心板中，从而完成整个系统的开发工作<sup>[3]</sup>。

本文根据具体的嵌入式系统利用 Platform Builder 进行 WindowsCE.net 系统平台的定制，由于对于常用的 CPU 和外围设备，Platform Builder 都提供了 OEM 层的源代码，因此只要对 Platform Builder 提供的标准 BSP 进行裁剪或稍作修改，就能驱动本文所需的标准硬件设备。

### 4.2 软硬件交互设计

基于 WindowsCE 的控制程序与底层硬件交互，根据实际情况可分为 2 个具体问题：(1) 板级支持包 Board Support Package(BSP)的配置问题；(2) Windows CE 接口地址映射问题。

BSP 是介于底层硬件和上层软件之间的底层软件开发包，其主要功能为屏蔽硬件，提供操作系统的驱动及硬件驱动，主要目的是为了支持操作系统，使之能更好地运行于硬件主板。在 BSP 配置中，须添加对相应脉冲输入接口的中断处理服务程序 ISR(Interrupt Service Routine)。ISR 是处理 IRQ(Interrupt Request)的程序<sup>[4]</sup>。Windows CE 用一个 ISR 来

处理所有的 IRQ 请求。当一个中断发生时，内核的异常处理程序先调用内核 ISR(中断服务例程)，内核 ISR 禁用所有具有相同优先级和较低优先级的中断，并返回该中断号对应的逻辑中断号，尽可能快地返回，然后调用已经注册的 OAL ISR 程序，由 WinCE 设置该逻辑中断号对应的 Event 对象，以唤醒在该 Event 等待的 IST(中断服务线程)。之后中断服务的大部分工作都由 IST 来完成。要添加本文自定义的中断，首先须在 BSP 中的 oalintr.h 文件(ARM920 (S3C2410) interrupt definitions)中添加自己的中断宏定义，即定义一个供程序等待的 Event 事件号。

相应的，在软件方面须完成中断处理程序的功能。InterruptInitialize(SYSINTR\_MYINTRA, hEvent, NULL, 0)对所须监听的中断进行初始化，其中，SYSINTR\_MYINTRA 为 BSP 中定义的中断号；hEvent 为所等待的中断事件的句柄。然后须通过函数 WaitForSingleObject(hEvent, INFINITE)对 Event 事件的等待(此处 Event 的事件号就是在 oalintr.h 文件中定义的 Event 事件号；INFINITE 表示无限等待)。每当出现 Event 事件时，进入用户定义的中断处理：相应的脉冲计数变量执行加 1 操作。这样就完成了单位时间内中断数的获取工作。其交互过程如图 4 所示。

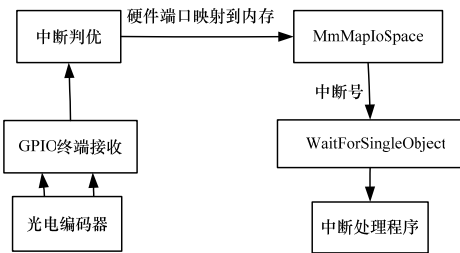


图 4 软硬件交互过程

采用上述结构，可做到实时响应。在程序对设备控制的过程中不会影响程序的对光电编码器所产生脉冲的监听。控制系统可以从容地向总线或者 IO 端口发出控制信号，从而使各个部件协调工作。

此外，控制系统要通过 Embedded Visual C++(EVC)程序操作对 ARM9 的总线和 IO 接口进行操作，就自然会涉及到 WinCE 中的接口地址映射问题。而如果要在驱动程序中访问设备寄存器，必须建立动态虚拟地址映射，可以调用 MmMapIoSpace 函数来实现，或通过 VirtualAlloc 和 VirtualCopy 函数来实现。其实 MmMapIoSpace 内部就调用了后者。其工作原理是将物理地址经过 OEM 适应层，硬件抽象层映射到内存，将程序对物理地址，对硬件接口的操作简化为对一个映射指针的操作。例如，执行 busData=(int\*)MmMapIoSpace(pyaddr, 256, FALS)，并通过对\*busData 进行赋值或取值，即可实现向总线上发出信号。其中 pyaddr 是 PHYSICAL\_ADDRESS 类型的数据，pyaddr.LowPart 保存地址总线的值。

### 4.3 应用软件设计

本文控制系统的应用软件基于 Windows CE 操作系统，采用 EVC++4.0 开发工具在计算机上进行编译，并下载到 ARM9 控制平台中执行。

根据本文研究的恒压恒速双缸泵的需求及工艺流程，控制系统的软件设计可分为参数设置模块、阀门开关模块、运行设置模块、折线运行模块、运行记录模块。底层的运行的控制程序是系统的控制核心，负责整个控制系统的运行。底层的控制程序需要完成数据采集、实时数据显示和参数修改等任务。控制程序也是模块化设计，主要由主程序模块、AD 转换子程序、DA 转换子程序、计数脉冲子程序、GPIO 应用子程序、初值校正子程序和 PID 算法子程序组成。应用软件流程如图 5 所示。

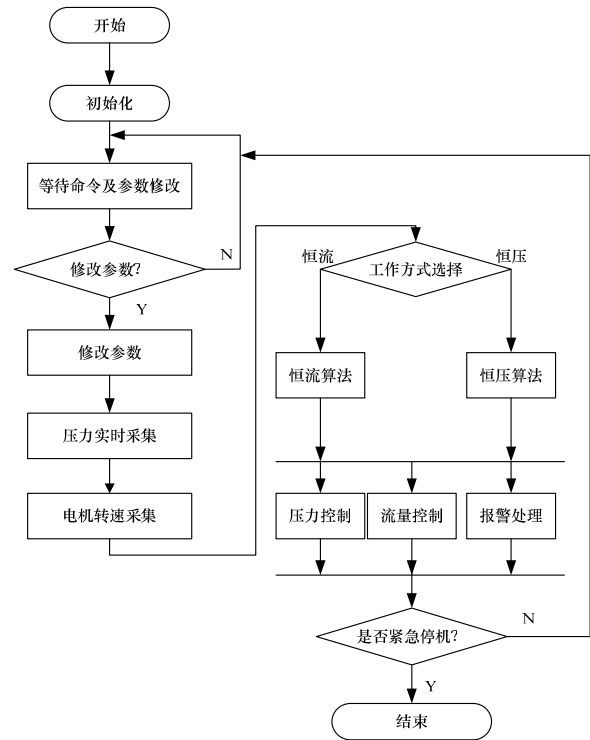


图 5 应用软件流程

## 5 结束语

本文根据恒压恒速双缸泵的工作原理和需求针对 ARM9 嵌入式系统开发了外围硬件，定制移植了需要的 WindowsCE 操作系统并在其上开发了应用程序，经过多次调试及对实验数据进行的监测，恒压恒速双缸泵可以实现稳定的恒压和恒速工作，达到了预期的结果。下一步将继续深入本控制系统的算法研究，进而提高本系统的稳定性和精度。

### 参考文献

- [1] 罗兴正, 邓森林, 何明健. 高精度智能恒压泵控制系统的设计[J]. 江汉石油职工大学学报, 2005, 18(6): 91-93.
- [2] 周立功. ARM 嵌入式系统基础教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.
- [3] 张冬泉, 谭南林. Windows CE 开发技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [4] 罗家兵, 滕少华, 张巍. WinCE.net 下流接口驱动研究与实现[J]. 微计算机信息, 2007, 23(27): 229-230.

编辑 金胡考