

基于 S3C44BOX 的嵌入式磨削数控系统

The embedded numerical control system of grinder based on S3C44BOX

(湖南工业大学电气与信息工程学院) 谭会生 Tan Hui-sheng

[注:本文章拟投微计算机信息嵌入式与 SOC 片上系统专题, 2007.2.11 初稿, 2007.2.13 修订稿, 稿件 ID 编号: 200702112229542937]

摘要: 阐述了一个嵌入式磨削数控系统, 包括系统硬件设计和软件设计。该系统以 S3C44BOX 为控制器, 以 uC/OS-II 为操作系统, 以 U 盘进行加工信息的离线传输, 以 PWM 方式进行电机控制, 以 LCD 显示器进行显示, 具有控制精度高, 成本低, 体积小, 易于扩展和升级等特点, 是传统机床的数控化改造和经济型数控机床开发的发展趋势。

关键词: 数控磨床, 嵌入式系统, S3C44BOX 微处理器, uC/OS-II 操作系统, PWM 控制

[中图分类号] TP273 [文献标识码] A

Abstract: This paper presents an embedded numerical control system of grinder, including its design of hardware and software. The controller is S3C44BOX, the operating system is uC/OS-II, the machining-information is transferred by USB flash disk, the motor is controlled by PWM mode, the system information is displayed by LCD displayer in the proposed system. It has many advantages such as higher control accuracy, lower cost, smaller volume etc., and meanwhile it is extended and upgraded easily. It befits the reconstruction for traditional machine tool, and also befits the development for economical numerical control system.

Keyword: numerical control system of grinder, embedded system, S3C44BOX Micro Processor Unit, uC/OS-II operating system, controlled by PWM mode

1 前言

嵌入式系统是以应用为中心, 计算机技术为基础, 软、硬件可剪裁, 适用于应用系统对功能、可靠性、成本、体积, 功耗要求严格的专用计算机系统。由于嵌入式系统具有微内核、系统精简、强实时性、专用性强等特点, 因此特别适合具有实时性能要求的机电控制系统。

传统的基于单片机的简易数控系统, 虽然造价低, 但功能不足, 而基于工业 PC 的嵌入式数控系统、基于高端 PLC 的专用数控系统等性能较好, 但造价太高。而基于高性能嵌入式微处理器和实时操作系统的嵌入式数控系统, 将克服上述二类数控系统的不足, 具有性能好, 成本低, 体积小, 结构灵活等优点, 具有高的性价比, 是未来数控系统的发展方向。本文以基于 M250 磨床的数控系统改造为研究背景, 探讨基于 S3C44BOX 实现的、具有一定通用性的嵌入式磨削数控系统的设计与实现问题。

2 嵌入式磨削数控系统的硬件设计

嵌入式磨削数控系统以 SAMSUNG 公司基于 ARM7TDMI 的 S3C44BOX 微处理器为核心进行构建, 该嵌入式磨削数控系统硬件组成如图 1 所示。

2.1 S3C44BOX 微处理器简介

S3C44BOX 是三星公司专为手持设备和一般应用提供的高性价比、高性能的 16/32 位 RISC 型嵌入式微处理器。它集成了 ARM7TDMI 核, 采用 0.25 μm CMOS 工艺制造, 并在 ARM7TDMI 核基本功能的基础上集成了 8KB Cache (数据或指令), 内部 SRAM、外部存储器控制器、LCD 控制器、4 个 DMA 通道、带自动握手的 2 通道 UART、1 个多主 I²C 总线控制器、1 个 I²S 总线控制器、5 通道 PWM 定时器、一个看门狗定时器、71 个通用 I/O 口、8 个外部中断源、具有日历功能的实时 RTC、8 通道 10 位 A/D 转换器、1 个 SIO 接口以及 PLL (锁相环) 时钟发生器等丰富的外围功能模块, 非常适合于成本和功耗要求较高的嵌入式应用系统。

2.2 存储器的扩展

为了满足需要，本系统扩展了 FLASH 程序存储器和 SDRAM 数据存储器。

FLASH 程序存储器在系统中用于存放程序代码。本系统采用一片 SST39VF160 构建 16 位的 FLASH 存储器系统，并将其配置到存储器的 BANK0，即将 S3C44BOX 的 nGCS0 接至 SST39VF160 的片选信号 nCE 端，S3C44BOX 的 A20~A1 接至 SST39VF160 的 A19~A0 端，其地址范围是 0x00000000~0x001FFFFF。

SDRAM 数据存储器在系统中主要用作程序的运行空间，数据及堆栈区。本系统使用 HY57V651620B 构建 16 位 SDRAM 存储器系统，并通过 nCS6 将其配置到存储器的 BANK6，其存储容量为 4 组*16M 位（8MB），其地址范围是 0x0C000000~0x0C7FFFFFFF。

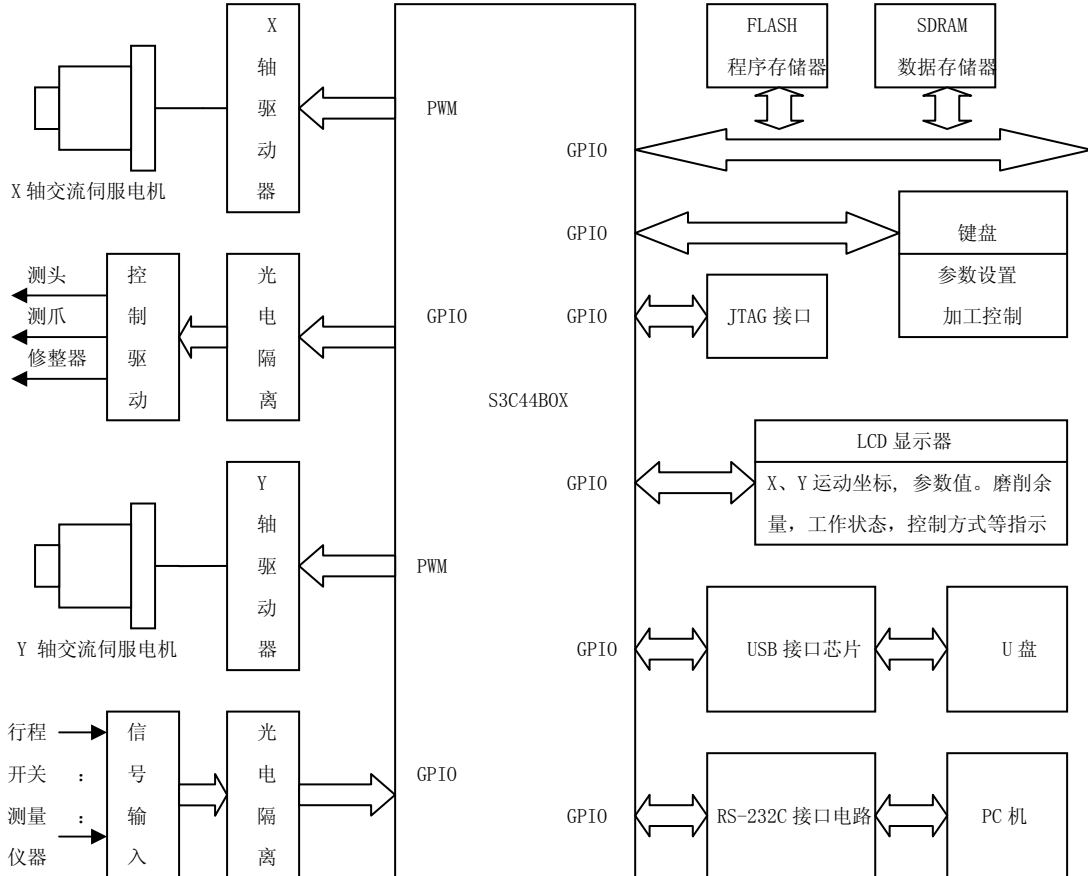


图 1 嵌入式磨削数控系统硬件组成框图

2.3 通信和调试接口

为了满足系统各种可能的通信和调试需要，系统配备了 RS-232C 接口，USB 接口以及 JTAG 接口。其中 RS-232C 接口用于直接从 PC 机接受有关加工信息数据，USB 接口用于接受 U 盘等 USB 移动设备存储的有关加工信息数据，而 JTAG 接口则供系统交叉调试使用。

由于 S3C44BOX 只有 UART0/1 并没有集成 RS-232C 接口，这里选用 MAX3232 作为 UART 到 RS-232C 电平转换芯片，以便其与 PC 机等其它设备进行串行通信。因 S3C44BOX 内部没有 USB 接口，这里选用 USB1.1 版本的 USBN9603 作为 S3C44BOX 扩展 USB 控制器的接口芯片，二者采用并行总线方式进行连接，S3C44BOX 通过总线操作(nGCS4 作为片选信号)对 USBN9603 进行控制，完成 USB 的读写操作。由于 S3C44BOX 中集成了 JTAG 信号，因此只需引出这些信号线在板上扩出 JTAG 口，即可与 JTAG 调试器进行通信。有关接口电路的具体连接略。

2.4 电机驱动控制模块

系统选用两个交流伺服电机，交流伺服电机的控制采用位置控制。系统中采用 S3C44BOX 所具有的脉冲宽度调制 PWM 方式的输出进行控制。

2.5 人机交互模块

系统需要显示的基本信息包括 X 轴、Y 轴坐标值（含 X 轴、Y 轴运行方向指示）、参数值（磨削：粗、精、光；速度：进给、粗磨、精磨；修整：补偿量、补偿间隔；进给量、工件统计）、磨削余量（光柱）、工作状态指示（快进、粗磨、精磨、光磨、快退、等待、修整）和控制方式指示（自动、半自动、调校）等。同时为了操作和控制的方便，我们还可显示其他的有关操作信息和控制界面。因此本系统选用 LCD 液晶显示器进行显示。由于 S3C44B0X 处理器本身自带 LCD 控制系统，而且可以驱动所选用的液晶显示屏，所以只要选用合适的 LCD 显示器并把相应的控制信号进行连接即可。

系统用于参数设置和加工控制的键盘采用矩阵式键盘，并选用中断扫描工作方式。

3 嵌入式磨削数控系统的软件设计

为了保证系统的实时性，简化控制系统软件的设计，并考虑到实际开发的难易程度，系统选择了 uC/OS-II 实时操作系统。uC/OS-II 是一个可裁减，源码开放、结构小巧、抢先式的实时多任务内核，主要面向中小型嵌入式系统，具有执行效率高、占用空间小、实时性优良和可扩展性强的特点，并且结构简单、容易移植、适合学习的优点。

3.1 uC/OS-II 操作系统的移植

所谓 uC/OS-II 的移植，实际上就是对 uC/OS-II 中与处理器有关的代码进行重写或修改。其移植应满足以下要求：ARM 处理器的 C 编译器可以产生可重入代码；可以使用 C 调用进入和退出临界区代码；处理器必须支持硬件中断，并且需要一个定时中断源；处理器需要能够容纳一定数据的硬件堆栈；处理器需要有能够在 CPU 寄存器与内核和堆栈交换数据的指令。移植 uC/OS-II 内核主要包括：用 #define 设置一个常量的值、用 #define 声明 3 个宏、声明 10 个与编译器相关的数据类型（在 OS_CPU.H 中）；用 C 语言编写 6 个与操作系统相关的函数（在 OS_CPU_C.C 中）；用汇编语言编写 4 个与处理器相关的函数（在 OS_CPU_A.ASM 中）。

3.2 硬件驱动层扩展

在硬件之上，必须有驱动程序来实现对硬件的基本操作。事实上，uC/OS-II 并没有给驱动程序提供统一的标准接口，任何在系统中实现硬件管理的都可以称之为驱动程序。底层驱动程序通常采用汇编或 C 语言编写，主要实现初始化硬件和释放硬件，把数据从内核传到硬件和从硬件读取数据，检测和处理设备出现的错误和故障。同时，还必须将对某个硬件进行的某项操作的代码封装成函数，供上层的程序调用。在本系统中，主要完成通讯接口、电机驱动控制、LCD 显示等外设驱动函数的编写。限于篇幅，下面仅介绍系统中一个重要的驱动程序——USB 驱动程序的编写。

USB 驱动程序的主要任务是初始化 USB 接口、控制 USB 的读写操作、USB 中断操作及处理 USB 中断服务程序。USB 主机的软件流程如图 2 所示。

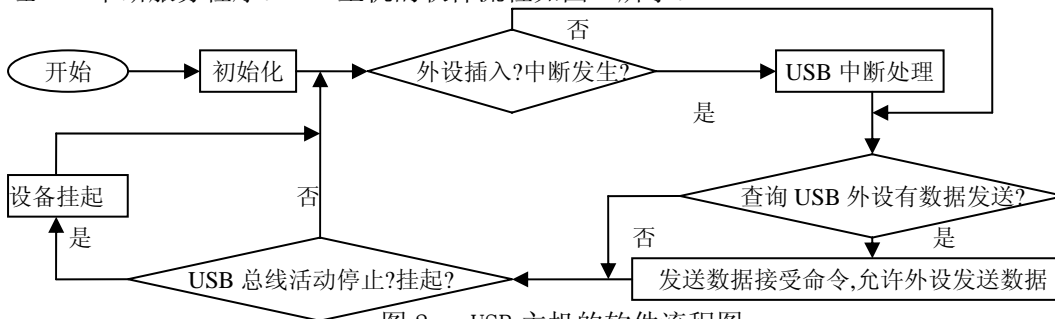


图 2 USB 主机的软件流程图

3.3 应用程序代码的编写

在编写应用代码之前，需根据自己的应用系统对内核进行一些配置（OS_CFG.H），并在 INCLUDES.H 系统头文件中包含用户头文件。

3.3.1 main 主函数的编写

多任务的启动是通过在主函数 main 中调用 OSStart() 来实现的。调用 OSStart() 后, 从任务就绪表中找到优先级最高的任务控制块, 启动高优先级任务启动函数 OSStartHighRdy(), 然后再启动多任务内核。在主程序 main() 中我们需要做的是: 调用 OSInit(), 对有关变量初始化; 创建任务; 调用 OSStart(), 进入实时多任务环境, 同时启动时间节拍定时器, 调度任务就绪表中优先级最高的任务转入运行, 获得 CPU, 运行开始。

3.3.2 中断函数的编写

中断函数的编写和没有嵌入式操作系统时基本相同, 只是在原来的基础之上在固定的两个位置增加两个函数 OSIntEnter() 和 OSIntExit(), 并在系统初始化时挂接在中断向量表中。在中断服务程序编写的过程中要注意中断的时间。在 uC/OS-II 中, 应把数据处理任务的优先级设得高一些, 并在中断服务程序中使它进入就绪态, 这样可保证系统在调用 OSIntExit() 时判断是否进行任务切换, 并在中断结束后立即调度并执行相应的数据处理任务, 以使中断响应的时间限制在一定范围之内。

3.3.3 用户任务的编写

基于 uC/OS-II 操作系统内核的应用代码编程, 主要就是对各个任务的编程。在本系统中 OSTaskCreate() 创建了 10 个用户任务: 作业控制; U 盘读写; 键盘输入; 代码翻译; 插补运算; 电机控制; 液晶显示; 检测报警; 电源管理; 时钟任务。同时还包括空闲任务和统计任务等 2 个系统任务。其中时钟任务优先级最高, 它是一个超级任务用来对其他任务进行超时监控, 以避免程序跑飞或陷入死循环。若数控系统功能需要增减, 只要在相应的任务中进行模块的添加和删除。为了使系统更加快速、灵活、准确, 根据任务的优先级把用户任务划分为四层: 数据采集层, 数据处理层, 控制执行层, 辅助管理层, 并从优先级 5 开始定义。优先级最高的是数据采集层, 包括 U 盘读写, 键盘输入等任务, 主要是准确无误读取加工信息并传递给数据处理层; 数据处理层是核心层, 包括代码翻译、插补运算等任务, 它根据数据采集层提供的加工信息, 选择相应的控制策略, 进行有关数据处理, 发出相应的控制指令; 控制执行层, 包括电机控制, 液晶显示等任务, 根据数据处理层的期望值作为控制量, 驱动相应的电机工作控制磨削加工, 显示有关加工信息; 辅助管理层, 包括电源管理, 检测报警等任务, 优先级最低, 主要完成一些电源管理和系统诊断等辅助功能。各层内的任务优先级不是特别重要, 可以根据具体应用进行合理的设定。任务间的通信可以通过邮箱, 消息队列等 IPC 机制来实现。限于篇幅, 下面仅介绍电机控制任务的程序设计, 而其余的则略。

磨削机系统中主轴电机只需要实现简单的通断控制即可, 而要求两台交流伺服电机能够实现联动, 既可以实现同方向同时旋转, 又可以实现反方向同时旋转。该系统通过 S3C44B0X 的 PWM 输出通道产生连续的脉冲, 为实现交流伺服电机较精确的位置控制和实时响应, 采用软件定时中断的方式实现电机控制脉冲的发送。PWM 控制流程如图 3 所示, 其中系统中所采用的插补算法为直接函数计算插补法, 可达到较高的进给速度。

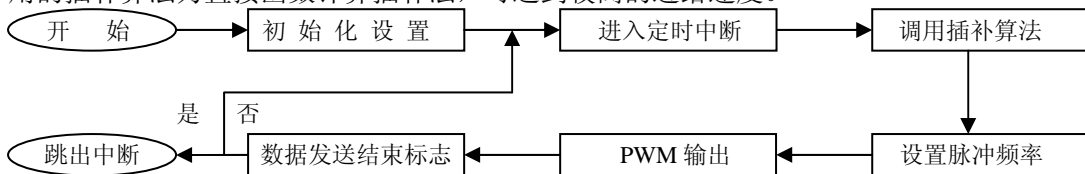


图 3 PWM 控制流程图

4 结论

本嵌入式磨削数控系统以 S3C44B0X 为控制器, 以 uC/OS-II 为操作系统, 以 U 盘进行加工信息的离线传输, 以 PWM 方式进行电机控制, 以 LCD 显示器进行显示, 并配有输入键盘、

程序存储器、数据存储器以及多种数据通讯接口,具有控制精度高,成本低,体积小,界面友好,易于扩展和升级等特点,是传统机床的数控化改造和经济型数控机床的升级开发的发展趋势。本文章的创新之处就是设计了一个基于 S3C44BOX 的嵌入式磨削数控系统,为传统机床的数控化改造和经济型数控机床升级开发提供了一种可行而实用的设计思路。

参考文献

- [1] 卢胜利,王睿鹏,祝玲. 现代数控系统——原理、构成与实例[M]. 北京:机械工业出版社,2006
- [2] 田泽. 嵌入式系统开发与应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005
- [3] 马维华. 嵌入式系统原理及应用 [M]. 北京:北京邮电大学出版社,2006
- [4] 李渊,言勇华. 嵌入式实时系统在移动机器人中的应用研究[J]. 微计算机信息, 2006, 5-2: 220-223。
- [5] 胥静. 嵌入式系统设计与开发实例详解——基于 ARM 的应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005

作者简介:谭会生(1966-),男,汉族,湖南茶陵人,计算机硕士,湖南工业大学副教授,主要研究方向为 EDA 技术、VLSI 数字信号和数字图像处理、嵌入式系统。

Brief introduction of author: Tan Hui-sheng(1966-), Male, Han, Chaling Hunan, Computer Master, Working at Hunan University of Technology, associate Professor. Major Research in EDA Technology, VLSI Digital Signal and Digital Image Processing, Embedded System.

作者通讯地址:湖南省株洲市 湖南工业大学电气与信息工程学院, 邮编: 412008