

· 电路与控制 ·

基于STM32和uC/OS-II的数控X-Y工作台控制系统设计

马锐军¹, 吴锐欢², 刘柏芳¹

(1. 广东工业大学信息工程学院, 广东 广州 510006; 2. 华南师范大学信息光电子科技学院, 广东 广州 510006)

摘要:设计了一种基于STM32和uC/OS-II的二维数控X-Y工作台控制系统。为使该数控系统具有良好的实时性和稳定性,以嵌入式STM32F103VET6为控制核心,采用实时操作系统uC/OS-II,设计任务间的通信方式,集中管理软硬件资源,提高系统的整体性能。本设计支持简单G代码输入并对G代码编程,实现数控X-Y工作台步进电机直线插补和圆弧插补,完成平面轮廓加工,使数控工作台加工实时性和稳定性进一步提高。

关键词:STM32; uC/OS-II; 数控; 实时性; 插补

中图分类号: TP241; TP273

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2013)-04-0079-04

Design of Control System of Numerical Control X-Y Table Based on STM32 and uC/OS-II

MA Rui-jun¹, WU Rui-huan², LIU Bai-fang¹

(1. College of Information Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China; 2. School of Information and Photoelectric Science and Engineering, South China Normal University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: A two-dimensional numerical control (NC) X-Y table control system is designed based on STM32 and uC/OS-II. For good real-time capability and stability of the system, embedded STM32F103VET6 is used as a control center. Real-time operating system uC/OS-II is used. Communication modes among tasks are designed. Resources of software and hardware are managed centrally. So the performances of the system are improved. Simple G code input is supported by the design, and the G code is programmed to realize linear and circular interpolation of stepping motors on NC X-Y table. So plane contour processing is finished and real-time capability and stability of NC table processing are further improved.

Key words: STM32; uC/OS-II; numerical control (NC); real-time; interpolation

以计算机(PC机)作为基础的数字控制机床(CNC),解决了大量硬件制约问题,同时使很多应用软件得到兼收,为我国CNC开发和应用带来了新的机遇。然而,发展迅速的基于PC的数控系统也有着不足之处:由于PC的体积限制,这种数控系统不能够装入对体积有严格要求的微型或小型数控系统,且价格昂贵;另外,基于PC的CNC功能强大,对于一些功能要求单一的简单系统,就难以发挥其所有功能,造成资本浪费等问题。而嵌入式系统的涌现,正好弥补了基于PC的数控的不足,为数控技术提供了一种灵活

方便、廉价的控制系統。目前,嵌入式数控系统的研究开发与应用,已经成为一个新的发展方向^[1-3]。

文中设计了一种基于STM32和uC/OS-II的数控X-Y工作台控制系统。当系统上电或复位后,用户可在TFT触摸屏上输入G代码。系统会根据用户输入的G代码,将其编译并转换为中间代码。系统会按中间代码的运动命令和运动参数,控制步进电机运动,实现直线插补和圆弧插补,完成平面轮廓加工。实验结果表明,基于STM32和uC/OS-II所构建的嵌入式数控系统的实时性和稳定性好,且具有成本低、

收稿日期: 2013-05-08

作者简介: 马锐军(1991-),男,学士,主要从事电子信息自动化和嵌入式系统应用等方面的研究;吴锐欢(1992-),男,学士,主要从事光电技术方面的研究。

高性能的特点,具有广泛的应用前景。

1 系统构架

该嵌入式数控系统的构架如图1所示。由硬件层、操作系统层及软件层三个层次构成。硬件层由STM32F103VET6处理器硬件构架和运动控制芯片组成,STM32用来管理任务间的调度,而运动控制芯片用于完成复杂的运动控制,减少了开发的工作量,并且能得到更优秀的性能。嵌入式数控系统的OS层采用了源代码的嵌入式实时操作系统uC/OS-II,其可剥夺性实时内核,使得嵌入式操作系统的控制软件变得简单起来,并且使系统具有多任务处理能力及良好的实时性。操作系统层包括了内存管理、任务管理、设备管理等。在最上层是数控系统匹配软件,主要包括各种运动控制函数^[4]。



图1 嵌入式数控系统构架

2 硬件设计

2.1 进给系统机械部分

X-Y数控工作台是实现平面X、Y坐标运动的典型关键部件,能够分别沿X向和Y向移动。模块化的X-Y数控工作台,通常由导轨座、移动滑块、工作台、滚珠丝杠螺母副,以及伺服电动机等部件构成。其中伺服电动机做执行元件用来驱动滚珠丝杠,滚珠丝杠螺母带动滑块和工作平台在导轨上运动,完成工作台在X、Y方向的直线移动^[5]。导轨副、滚珠丝杠螺母副和伺服电动机等均以标准化,由专门厂家生产。设计采用的步进电机是57HS09(安装法兰是57MM,力矩是0.9NM),电机驱动器是两相混合式的SH-2H042Ma。随着电子技术的高速发展,其产品工艺和性能也随着不断更新和升级,由于采用超大规模的硬件集成电路,具有高度的抗干扰性及快速的响应性,不会像单片机控制那样易产生死机及丢

步现象^[6],满足系统开发的要求。

2.2 嵌入式处理核心

嵌入式系统以STM32F103VET6芯片作为控制核心,最小系统如图2所示,其内核为ARM 32位的Cortex™-M3 CPU,拥有72MHz工作频率,内置高速存储器(512K的ROM和64K的SRAM),存储器的0等待周期访问时可达1.25DMips/MHz(Dhrystone 2.1),单周期乘法和硬件除法,并行LCD接口,兼容8080/6800模式拥有12通道DMA控制器,多达13个通信接口^[7],可以满足系统需求。

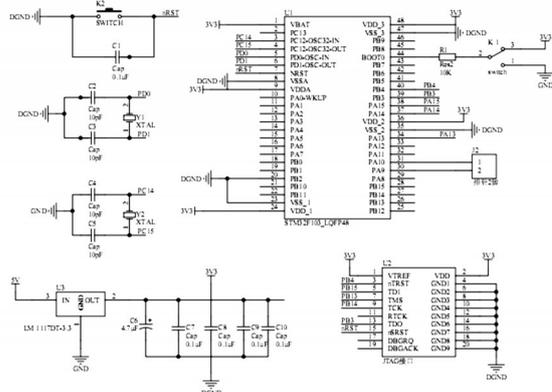


图2 STM32F103VET6最小系统原理图

2.3 人机界面模块

主控台触控界面使用ILI9331为驱动IC的TFT,格式为RGB565,分辨率为240X320。由于其控制时序等能兼容于FSMC(flexihie static memory controller)。STM32F103VET6的FSMC可配置与LCD控制无缝连接,通过对特殊功能寄存器的设置,可以进行高效地控制LCD,为CPU节省更多的时间^[8]。此外,TFT屏表面覆盖有电阻触摸,使用TSC2046触摸屏控制器进行控制,可以实现很好的单点触控,大大减少了物理按键的使用,具有较好的人机交互界面。

2.4 通信接口设计

由于X-Y数控工作台内部已经集成驱动电路,故只需要单片机提供脉冲即可驱动该数控工作台,完成平面轮廓加工。配置STM32的GPIO口为推挽输出模式,单片机输出的信号经过光电隔离电路后,接X向步进电机和Y向步进电机。其中光电隔离电

路如图3所示,使得控制系统与受控现场直接相连的开关量接口线路实现了隔离,去掉了彼此间的公共地线和一切电器联系,从而免除了因公共地线所带来的各种干扰^[9],实现了受控现场产生的各种具有破坏性的暂态过程和控制主机系统的完全隔离,保证了主控系统能在既平稳又安静的环境之中可靠工作。

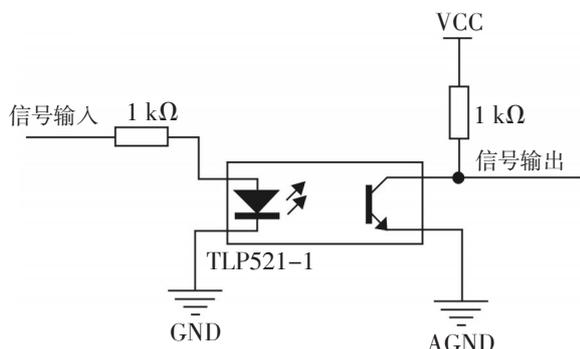


图3 光电隔离电路

3 软件设计

3.1 操作系统平台

由系统需求可知,系统的关键部分是运动控制部分,为提高系统的性能,选用高性能的嵌入式ARM Cortex M3微处理器。uC/OS-II是一款非常优秀的实时多任务操作系统,移植相对容易,可裁剪、可配置,实时性非常好,且具有抢占式的多任务操作系统的特点,最多支持64个任务,任务间的通讯机制非常完善^[10]。可以看出,uC/OS-II都是与实时性密切相关的,进行数控系统设计的最核心的原则就是最大限度地保护实时响应的的时间。而uCOSII在医疗设备、飞行器、工业控制等领域已经通过了非常严格的测试,而且得到了美国航空管理局(Federal Administration)的认可,所以uC/OS-II完全可以满足实时性和稳定性方面的要求。

3.2 嵌入式数控系统的软件设计

带有操作系统的软件设计不同于以往的软件设计,系统的功能被划分为多个独立的任务来完成,任务之间的通信以及切换由操作系统完成。

当系统上电或复位后,系统将从程序代码空间的首地址0x00000000开始执行。当程序执行到main()

函数,先对操作系统、系统时钟、硬件中断、定时器和接口等进行初始化。初始化完成,main()函数先后创建如下任务:

OS_TaskStart:系统运行后创建的第一个任务。完成一些初始化工作以及创建其他任务。所有工作完成后,此任务被删除。

TaskMainMenu:系统的界面参数显示。

Touch_Pen_irqTCB:笔中断处理函数,负责界面参数设计及G代码程序的接收等都在此任务中完成。

G_Data_Handle:负责对代码的处理与转换。

StepMotor_Control:运行控制任务,负责步进电机的控制。

TaskErrorControl:异常处理任务。

系统由OS_TaskStart开始初始化,并创建完5个任务,该任务被删除,系统处于就绪等待状态,任务优先级较低的TaskMainMenu任务等到运行,完成界面参数显示等,并循环等待。

软件流程如图4所示,当键入代码时,系统调用Touch_Pen_irqTCB任务接收G代码,并存储在一内存块中。当G代码传输完毕,调用OSSemPost函数,发出信号量SemOn。这时正在等待这个信号量的任务G_Data_Handle接收到信号量,它将在中断服务程序退出之后恢复运行。G_Data_Handle任务对内存块存储的数据检测,对G代码进行编译并转换为中间代码。然后StepMotor_Control任务按中间代码的运动命令、运动参数,控制步进电机的运动,包括直线插补和圆弧插补。当工作台工作接触不良时,TaskErrorControl显示报警信息。

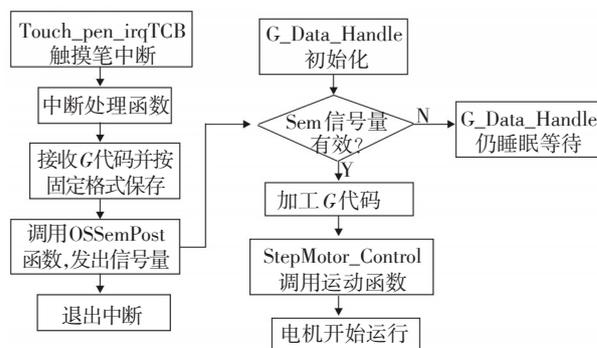


图4 软件流程图

3.3 数控系统插补分析

数控机床在加工曲线时,常用的脉冲增量插补方法是逐点比较法。逐点比较法是以阶梯折线来逼

近直线或圆弧等曲线的,逐点比较法运算直观,插补误差小于一个脉冲当量,输出脉冲均匀,而且输出脉冲的速度变化小,调节方便,在两坐标数控机床中应用较为普遍^[11]。

4 系统测试

实验结果如图5所示。结果表明,uC/OS-II方案实现的嵌入式数控系统工作稳定,系统上电或复位后,设备开始运行。主控平台不会受到数控工作台的启动和制动的电磁干扰而影响曲线加工的轮廓,达到数控系统的基本要求。表明uC/OS-II的任务调度机制和该系统硬件设计的稳定可靠,具有可行性。

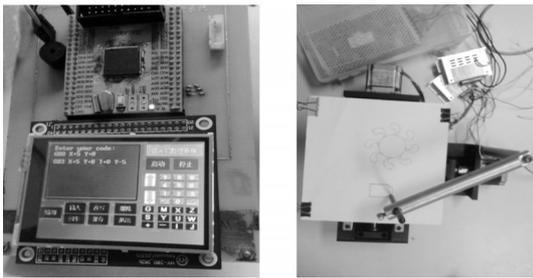


图5 实验效果图

5 结束语

设计完成了基于STM32的uC/OS-II的二维数控X-Y工作台控制系统,取得了预期效果。随着SOC技术的发展,嵌入式微处理器的运行速度越来越快,片上的外设资源越来越丰富,采用高性能的嵌入式微处理器和实时操作系统构建嵌入式工业控制系统平台已经成为一种发展趋势。数控系统是一门综合技术,需要多项先进技术的支持。32位微处理器的

出现为发展嵌入式数控系统提供了有利的条件。uC/OS-II是一个实时性很强的多任务操作系统,它的任务调度算法简单稳定,也很容易评估出系统调度的最长相应时间。由uC/OS-II实时操作系统和ARM微处理器组成的嵌入式数控系统平台,完全可以满足数控加工过程中对系统的实时性和中断的稳定性等要求。此外,由于该系统具有低成本、高性能的特点,因此具有广泛的应用发展前景。

参考文献

- [1] 朱建富,戴国洪,施卫.基于ARM9的嵌入式数控系统的设计[J].机械设计与制造,2012,(3):34-35.
- [2] 吴黎明.数字控制技术[M].北京:科学出版社,2009.
- [3] 毕龙.基于嵌入式平台的数控系统设计研究[J].制造业自动化,2011,33(2):43-44.
- [4] 赖晓丰,刘敬猛,李善锋.基于ARM和运动控制器的嵌入式数控系统设计[J].机床与液压,2011,39(6):86-88.
- [5] 刘晨敏,杜木伟,张旭.数控激光切割机XY工作台传动系统设计[J].新乡学院学报,2012,29(3):264-266.
- [6] 王书岩.利用Cortex-M3实现同步电动机失步保护的装置[J].河北工业科技,2012,29(6):426-428.
- [7] 王永虹,徐炜,郝立平.STM32系列ARM Cortex-M3微处理器原理与实践[M].北京:北京航空航天大学出版社,2008.
- [8] 李钢,王飞.STM32直接驱动RGB接口的TFT数字彩屏设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2011(8):28-30.
- [9] 杨兴.数控机床电气控制[M].北京:机械工业出版社,2008.
- [10] 邵贝贝.嵌入式实时操作系统及应用开发[M].北京:北京航空航天大学出版社,2005.
- [11] 于海生.计算机控制技术[M].北京:机械工业出版社,2007.

本刊声明

《光电技术应用》期刊投稿邮箱已变更为nlce@vip.163.com,原投稿邮箱neiet@jzptt.ln.cn已停止使用,请作者按新的电子邮箱投稿。凡向期刊投稿的作者,请按照刊登论文的格式要求写稿,详见期刊网站www.gdjsyy.com,本刊拒绝一稿多投,敬请作者自觉遵守。