

文章编号: 1000-5013(2011)02-0156-05

# 一种经济型运动控制芯片数控系统的设计

石学雷, 郑力新

(华侨大学 信息科学与工程学院, 福建 泉州 362021)

**摘要:** 设计一款人机界面-ARM 微处理器的运动控制芯片数控系统. 它包括监控、运动控制和驱动 3 个部分, 能够实现直线插补、圆弧插补、位模式插补和连续插补等功能, 结合各种类型插补可以加工对精度要求较高的产品. 系统采用触摸屏和 ARM 芯片取代传统的 PC 机, 实现人机交流和控制信息传送, MCX314AS 相当于取代 PC\_BASED 数控系统的运动控制卡, 从而简化系统结构, 降低成本. 此外, 运行结果表明, 系统具有较高的稳定性和可靠性.

**关键词:** 数控机床; 运动控制; 人机界面; ARM 微处理器; Modbus 协议

**中图分类号:** TG 659; TP 273

**文献标志码:** A

由于数控机床造价较高, 将普通机床改造为经济型数控机床, 具有广泛而积极的现实意义<sup>[1]</sup>. PC-BASED 数控机床具有较高的通用性和高精度定位、高分辨率位置检测等能力, 适合应用于加工各种形状较为复杂、精度高的零器件. 但对于一些产品订单比较单一, 加工形状简单, 工艺不太复杂的产品生产商来说, 用 PC-BASED 形式来实现数控机床的更新和改造, 性价比并不是很好. 基于此, 本文设计了一款经济型的数控机床控制系统, 实现了普通机床的经济型数控改造.

## 1 数控系统结构与与设计

数控系统结构主要包括监控、运动控制和驱动 3 个部分, 如图 1 所示.

### 1.1 监控部分

以触摸屏为上位机, ARM 微处理器为下位机, 两者通过 Modbus 协议进行通讯, 实现对系统的实时监控. 其中, 人机界面(HMI)采用 MT6056 触摸屏(江苏苏州威纶通公司)<sup>[2]</sup>; ARM 微处理器采用 LPC2294(广东广州周立功公司); LPC2294 采用基于 16/32 位 ARM 7TDMI-S, 支持实时仿真和跟踪的 CPU, 带有 256 kB 嵌入的高速 Flash 存储器<sup>[3]</sup>.

1.1.1 Modbus 协议下 MT6056 的通信设置<sup>[4]</sup> 控制器之间的通信使用的是主从技术, 主站只有 1 个, 从站以站号区别, 主从之间有一对多的广播和一对一的查询应答两种通讯方式. 通讯时, 各控制器必须选择相同的通信模式和串口参数.

由于 HMI 处于主动控制地位, 故设置为主站, 而将下位机 LPC2294 设置为从站. 考虑到可靠性与效率, 选择查询方式下的 RTU 模式.

打开编辑软件 EasyBuilder 8000, 进入系统参数设置, 在设备列表中添加类型为 Modbus RTU 的 PLC, 选择接口类型为 COM1(RS232), 设置相应的波特率及从站站号. Modbus RTU 消息收发格式, 如

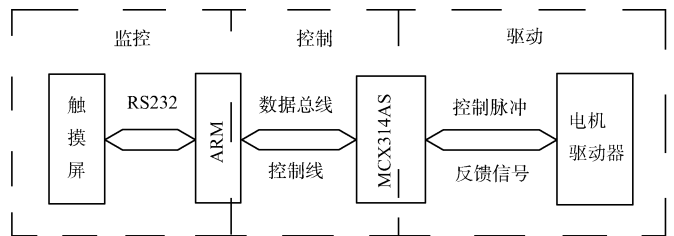


图 1 数控系统的结构框图

Fig. 1 Structure diagram of numeric control system

收稿日期: 2009-11-03

通信作者: 郑力新(1967-), 男, 教授, 主要从事智能控制与自动化装置的研究. E-mail: zlxzkt@yahoo.com.cn.

基金项目: 福建省高等学校新世纪优秀人才支持项目(07FJRC01); 福建省厦门市科技计划项目(3502Z20083040)

表 1 所示. 表 1 中:起始位必须大于 3.5 个字符的传输时间,设备地址为所设置的从站站号,功能码定义的是相关的读写操作. HMI 中常用的功能码,如表 2 所示.

表 1 Modbus RTU 消息格式  
Tab. 1 Message format of Modbus RTU

起始位	设备地址	功能码	数据	CRC 校验	结束符
T1-T2-T3-T4	8 bit	8 bit	$n$ 个 8 bit	16 bit	T1-T2-T3-T4

表 2 功能码与操作对应表  
Tab. 2 Correspondence of function code and operation

设备类型	0X	1X	4X	3X	0X	4X
功能码	01	02	03	04	05	10

EasyBuilder 8000 中提供了两类发送一帧 Modbus 格式数据的方法:一是利用软件提供的控件读写,二是利用宏指令读写. 两种方式各有优势,第一类方式读写控制不便,但在读写失败时系统有明显提示,较适合定时式传输且不需要运算处理的情况;第二类方式是在宏指令中完成的,灵活方便,编辑软件提供了 5 个与读写相关的函数,但要实现错误提示须与其他指令配合.

1.1.2 下位机 LPC2294 接收程序 LPC2294 对 HMI 的数据帧采用中断接收的方式,接收完成之后判断该帧所要求的动作. 对于执行时间较短的控制命令,可放在中断中完成,而其他动作只在中断中完成数据转存与置标志位,处理是在主程序中完成的. 主程序流程如图 2 所示.

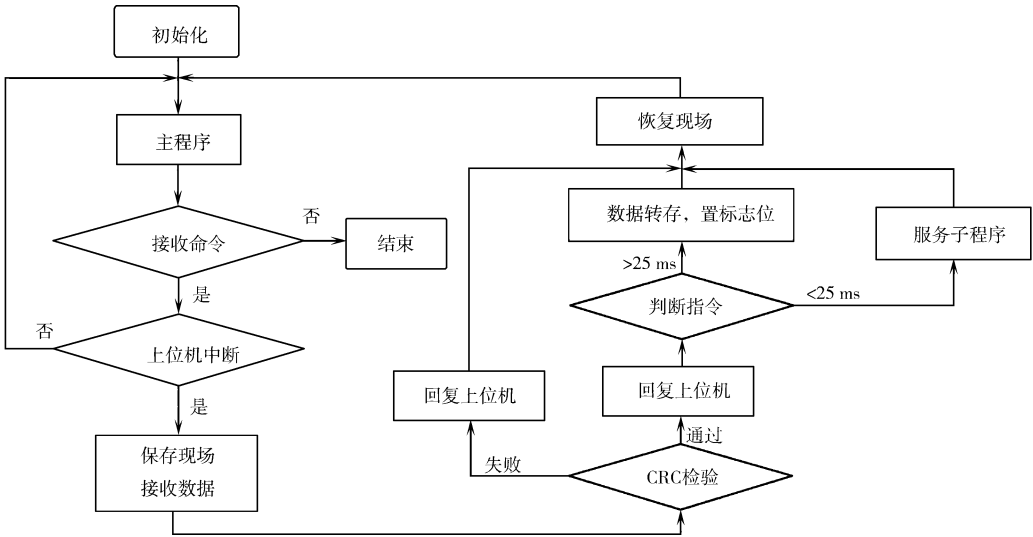


图 2 主程序流程图  
Fig. 2 Flow chart of main program

按照 Modbus 协议,消息帧完成前的停顿时间不能超过 1.5 个字符,实际应用中一般默认为 2 个字符. 因此,在接收上位机数据程序中便以此作为判断帧是否完成的依据,进入串口中断后即以查询方式接收数据. 如果两个字符的间隔时间超过最大时间,则认为一帧消息结束,进行 CRC 校验. 接收子程序流程如图 3 所示. 在 115.2 kbit · s<sup>-1</sup> 的波特率下,计算得到该间隔时间约为 0.17 ms.

此外,下位机 LPC2294 的通讯程序编程时,还需要注意以下 4 个问题.

(1) MT6056 触摸屏存储数据单元

为字(16 bit),发送数据时首先送出高字节,接收时也默认高字节先接收.

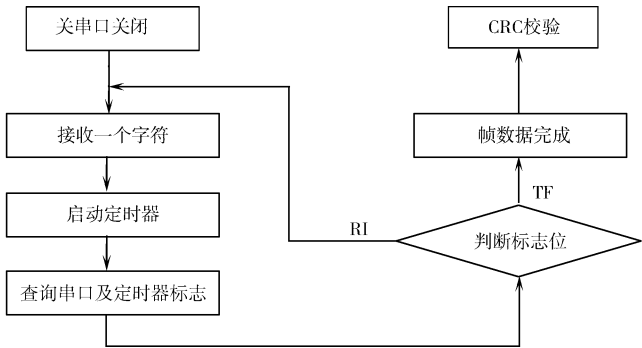


图 3 单帧数据接收流程图  
Fig. 3 Flow chart of the receipt of single frame data

- (2) 在 Modbus 协议下,该屏最大读写数据长度为 120 字.
- (3) 宏指令中设定的地址在往下发送时会自动减 1.
- (4) 该屏同一串口两条读写指令的时间间隔可通过通讯延迟设定,最小间隔时间和波特率有关.经测试,在 25 ms 内并无第 2 次读写动作(可做为中断的时间上限).

1.1.3 通讯过程 以电机转速调节为例,介绍一次完整的上下位机通讯过程.按下 MT6056 的转速设定按钮,输入设定值 3 000,点击确认.这将触发宏指令:SetData(MotorSP,“MODBUS RTU”,4X,20,1).该指令的功能是对名为 MODBUS RTU 的设备写入值 MotorSP(键入值为 3 000),数据长度为 1 字(16 位),地址为 19H(比设定值少 1).

按照 Modbus 协议格式,实际数据串:

01(站号) 10(功能码) 00 13 (写入地址)00 01(写入字长) 02(写入字节长) 0B B8(转速 MotorSP) A3 B1(CRC 校验码).

按照下位机的程序流程,先接收完整数据帧(通过两字节的间隔判断是否终止),在接然后进行 CRC 校验,校验通过则回复:

01(站号) 10(功能码) 00 13 (写入地址)00 01(写入字长) 02(写入字节长)34 A2(CRC 校验码).

由于该控制命令是调节电机转速,时间可能大于 25 ms. 因此,将数据(3 000)保存,置相应标志位后即跳出中断,在主程序中调用电机调节程序.如果 CRC 校验异议,则回复(功能码加 #80H):

01(站号) 90(功能码) 00 13 (写入地址)00 01(写入字长) 02(写入字节长)85 30(CRC 校验码).

再跳出中断,上位机接受到异议回复时,其典型处理是重发数据.

1.2 运动控制部分

运动控制部分是以 LPC2294 芯片作为主 CPU,提供从 CPU 所需的大量参数,对接收到的反馈信息进行快速精确的处理,实现各种运动控制功能.CPU 采用高集成度运动控制专用芯片 MCX314AS (日本 NOVA 公司),为系统提供了驱动速度、运动轨迹,从而实现了直线插补、圆弧插补、位模式插补和实时监控等功能.结合各种插补模式,数控机床能够加工任意形状的零件<sup>[5]</sup>.LPC2294 和 MCX314AS 硬件连接,如图 4 所示.

考虑到数据总线宽度决定了设备之间一次数据传输的信息量,数据总线的位数越多,一次传输的信息量越大,系统的响应时间越短、实时性越好<sup>[6]</sup>. 因此,系统中 MCX314AS 选择了 16 位数据总线宽度,即 H16L8 直接接高电平.

LPC2294 的结构是 8 位字节地址空间,即一个地址空间对应一个字节的数据;而 16 位存储器的结构是 16 位半字节地址空间,一个地址空间对应两个字节的数

据.当 LPC2294 与 16 位的 MCX314AS 相连时,需要将 LPC2294 的地址线 A1 连接到 MCX314AS 的地址 A0 处,而 LPC2294 的地址线 A0 不需要连接.由于 LPC2294 的信号输入输出电平为+3.3 V,MCX314AS 的输入端信号是+5 V 的 TTL(晶体管-晶体管逻辑)电平,LPC2294 和 MCX314AS 需要通过电平转换芯片 74VC4245A 进行通信.

1.3 驱动部分

驱动部分由 MCX314AS 通过线性驱动器 AM26LS31 输出了驱动脉冲,而电机驱动器得到驱动输出脉冲后,按控制要求驱动电机.其中,步进电机驱动器的高细分能够提高步进电机的精确率<sup>[7]</sup>,故采用具有 250 细分的 MD5-HD14 驱动器,实现了机床各轴的速度、位置、插补等零件加工动作.驱动部分

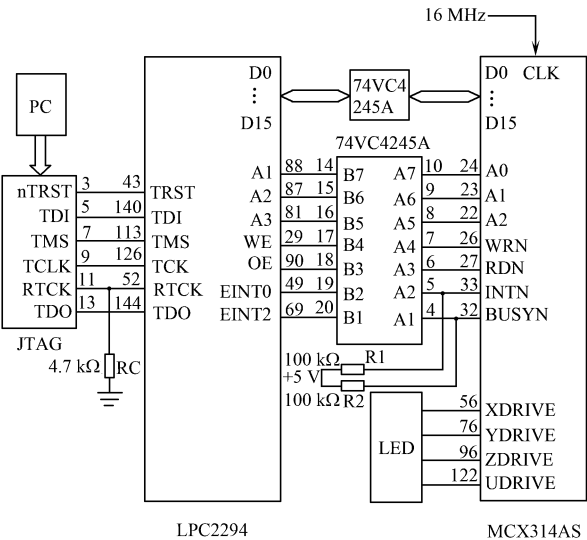


图 4 LPC2294 和 MCX314AS 的硬件连接  
Fig. 4 Hardware connection of  
LPC2294 and MCX314AS

The diagram illustrates the hardware connections for a motor control system. At the top, a motor (电机) is connected to an encoder (编码器) via an EC (Encoder Connector) and an M (Motor) terminal. The motor driver (电机驱动器) is connected to the motor. The encoder provides feedback signals: -Limit, Home, Close to home, and +Limit. These signals are connected to the MCX314AS and the photo-coupler and RC filter. The MCX314AS is connected to the AM26LS31 and the photo-coupler and RC filter. The AM26LS31 provides CW pulse and CCW pulse signals to the motor driver. The photo-coupler and RC filter provides signals: nPP/PLS, nPM/DIR, nINPOS, nALARM, nECA/B, and nIN0 to the MCX314AS. The MCX314AS provides signals: nLMTM, nLMTTP, nIN1, nIN2/nIN3, nEXPP, nEXPM, and EMG to the photo-coupler and RC filter. The photo-coupler and RC filter provides signals: nOUT4~ and nOUT7 to the 74LS06. The motor driver provides signals: EC-A/B/Z to the encoder and the photo-coupler and RC filter.

Fig. 5 Connection graph of MCX314AS and motor driver

为提高系统的稳定性和可靠性,设计中采用了如下 4 个措施.

- (1) CPU 运行时钟 SCLK 设置为 8 MHz,设计时需将速度驱动设在 SCLK 周期(125 ns)的整数倍数上;否则,驱动脉冲将不会十分稳定,从而导致系统不可靠.
- (2) 电源供电采用多级电感、电容滤波和稳压块多级降压回路,最终给出+3.3 V 和+1.8 V,从而使关键芯片在稳定的电源环境下可靠工作.
- (3) 系统脉冲信号采用光耦元件 TLP121 输出,而编码器信号通过高速光耦器 TLP2630 反馈输入系统,大大降低了电磁干扰,提高了系统的稳定性.
- (4) PCB 设计采用了数字地与模拟地分开及单点接地原则,降低了数字电路和模拟电路之间的相互干扰,提高了产品的信噪比.

3 结 束 语

提出以 MT6056 触摸屏为监控,LPC2294 为处理器,MCX314AS 为运动控制芯片的数控系统,实现普通机床经济型的数控改造方案.采用系统开发的三轴联动微钻磨床,在企业合作项目的运行结果中,表明系统具有较高的稳定性和可靠性.

参考文献:

[1] 王传海.经济型数控机床的改造及应用[J].煤矿机械,2003(4):2.

[2] 田明,薛文轩,张曾科. 触摸式可编程终端[M]. 北京:机械工业出版社,2005.

[3] 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,2009.

[4] 宋健,瞿金平. 基于 Modbus 协议的 PCC 与触摸屏串口通信的实现[J]. 机电一体化,2007,13(2):68-69.

[5] 何丽,周利华. 基于 MCX314 控制器的数控机床运动控制系统[J]. 计算机测量与控制,2003,11(5):351-353.

[6] 廖义奎. ARM 与 DSP 综合设计及应用[M]. 北京:中国电力出版社,2009.

[7] 许淑辉. 步进电动机恒流斩波驱动器的设计[J]. 华侨大学学报:自然科学版,2002,23(4): 350-353.

Design of Economical Numeric Control System  
Based on Motion Control Chip

SHI Xue-lei, ZHENG Li-xin

(College of Information Science and Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

**Abstract:** This paper presents a numeric control system based on human machine interface (HMI), ARM and motion control chip. The system consists of three parts, such as monitoring, motion controlling and driving. And with those function parts, it can accomplish linear interpolation, circular interpolation, bit pattern interpolation and continuous interpolation, etc.. It also can process high-precision products by combining all types of interpolation. Moreover, by using touch screen and ARM instead of traditional PC, in other words, using MCX314AS instead of PC\_BASED motion control chip, its structure and cost are improved, it can also implement human-machine communication and control information transfer. The operating results show a higher stability and reliability.

**Keywords:** numeric control machine tool; motion control; human-machine interface; ARM microprocessor; Modbus protocol

(责任编辑:黄晓楠      英文审校:吴逢铁)