

文章编号: 1001 - 2265 (2006) 09 - 0037 - 03

可重构数控系统设计与实现^{*}

潘再生¹, 赵海军²

(1. 浙江大学先进控制研究所, 杭州 310027; 2. 浙江中控电气技术有限公司, 杭州 310053)

摘要: 文章提出了一种可重构数控系统设计方案。该方案采用了将数控系统控制单元、驱动单元等分别设计为独立的标准卡件式结构, 通过总线联结, 根据不同的应用需求, 灵活地改变自身体系结构的设计方法。采用该技术方案设计的数控系统具有硬件普适性, 通过更换处理器控制平台或配置不同的软件代码, 即可实现不同设备的控制功能, 从而减少硬件开发上的投入、缩短产品开发周期。

关键词: 可重构; 运动控制芯片; 数控系统

中图分类号: TG659 **文献标识码:** A

A Design and Realization Method of the Reconfigurable CNC System

PAN Zai-sheng¹, ZHAO Hai-jun²

(1. Institute of Modern Control Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China; 2. Zhejiang Supcon Electric CO. LTD., Hangzhou 310053, China)

Abstract: In this paper, a design Method of the reconfigurable CNC system is proposed. This method adopts a structure of dividing control units and driving units into standardized stand-alone cards. Different cards are connected by bus. System structure can be changed flexibly according to the specific needs. The hardware of the CNC system designed with this method can be applied for multi-purposes: by changing CPU platform or configuring different software codes, control functionalities for different devices can be achieved, cutting-down hardware investment and shorten the design cycle of CNC products.

Key words: reconfigurable; motion control chip; CNC system

0 引言

数控系统的可重构设计方法是数控技术发展方向之一。可重构设计是指利用可重用的软硬件资源, 根据不同的应用需求, 灵活地改变自身体系结构的设计方法。对于数控系统而言, 可重构可以分为软件可重构和硬件可重构。采用硬件可重构技术设计的数控系统具有硬件普适性, 通过更换处理器控制平台或配置不同的软件代码, 即可实现不同设备的控制功能, 从而减少硬件开发上的投入、缩短产品开发周期。

本文根据以上设计理念, 提出了一种可重构数控系统设计方案。其中, 数控系统的控制单元、驱动单元分别设计为标准卡件式结构, 构成独立的数控系统功能组件。通过控制总线, 可将数控系统功能组件合理地组合在一起。根据不同的应用需求, 我们可以合理调配数控系统功能组件的数量和性能。

1 数控系统功能组件设计

数控系统功能组件包括控制单元、驱动单元、扩展 I/O 单元、总线底板。

1.1 控制单元组件设计

控制单元采用 ARM 内核嵌入式微处理器及其外围电路构成。ARM 内核微处理器是典型的 32 位 RISC 芯片, 特点是运算速度快, 片内集成度高。根据数控系统设计需要, 控制单元配置了大容量程序存储单元、大容量数据存储单元、彩色液晶显示驱动单元、网络通讯端口、I/O 端口、片选信号、中断端口、数据总线等外围接口。

数控系统的主控制程序在该控制平台上实现, 完成人机交互处理、文件编辑管理、参数分区管理、通讯协议、其它功能组件的控制协调等任务。

当然, 还可以采用其它种类的微处理器来设计控

收稿日期: 2006 - 03 - 01

*基金项目: 国家 863 计划资助项目 (2004AA4424312)

作者简介: 潘再生 (1971—), 男, 浙江德清人, 浙江大学工学硕士, 研究领域为数控系统、交流伺服驱动、工业流程控制等, (E-mail) zhaohj@supcon.com。

制单元,这主要取决于数控系统的应用环境。比如在程序规模和数据存储规模不大、无网络通讯需求、单色小液晶控制的环境下,采用 51 系列 8 位单片机及其可编程外围接口芯片、显示驱动芯片构为数控系统控制单元。

1.2 驱动单元组件设计

驱动单元组件以运动控制芯片为核心器件,它主要实现了高速高精度运动插补控制、伺服驱动及其状态反馈、部分 I/O 通道、实时位置和驱动状态监控、位置计数、驱动模式设置、驱动速度和加速度控制等功能。以目前我们配置的运动控制芯片为例,数控系统控制单元通过数据总线对该芯片的寄存器进行参数设置,实现 4 轴控制、任意 3 轴直线插补、任意 2 轴圆弧插补、任意 3 轴位模式插补;以 CW/CCW 或 DR/Pulse 模式对步进电机驱动器或脉冲型交流伺服电机驱动器进行位置、速度和加速度的控制;通过 32 位逻辑位置、实时位置计数器和比较寄存器实现位置反馈和控制;通过中断端口向控制单元发出中断请求;提供了 32 个输出端口和 48 个输入端口。

主轴编码器倍频控制模块是对运动控制芯片的功能补充,是为实现高速、大导程螺纹车削而设计的。它采用 CPLD 实现,作用是对主轴编码器反馈信号 A、B 信号进行 4 倍频,再根据加工零件螺纹导程和主轴编码器线数,进行合理的倍频处理。最终的方波信号通过运动控制芯片的单步插补信号使能端口,触发螺纹插补。运动控制芯片对单步插补使能信号的最高响应频率为 1.6MHz,由此产生的进给轴最高驱动频率为 1.6MHz。在此条件下,螺纹导程加工范围不再受到主轴码盘线数的限制。

电子齿轮变比模块也是对运动控制芯片的功能补充。它的作用是判别驱动脉冲模式,按照设定的变比关系,对运动控制芯片发出的驱动脉冲信号进行实时随动控制,以设定的驱动模式,经过差分驱动,输出到伺服驱动端口。采用电子齿轮变比,可以简化传动结构,适应各种传动比的传动机构,提高机床工作精度和灵活性。

位置反馈模块的作用是接收外部驱动轴的实际位置信号(旋转编码器或光栅尺),进行差分接收处理后,传送到运动控制芯片或数控系统控制单元,进行闭环位置速度控制或手轮驱动控制。通过位置反馈单元,借助运动控制芯片具有的“固定脉冲驱动过程中脉冲数可改变”这一特性,可以实现“手轮脉冲驱动均匀化控制”。同传统的软件实现手轮驱动控制方法相比,它的优点是软件处理过程简短高效,刷新速度快,在手轮大倍率快速旋转时驱动脉冲序列保持均匀高速输出,随动性好,脉冲不会丢失,实现加减速控制和驱动速度

控制,克服步进电机失步问题等。

1.3 扩展 I/O 单元组件设计

扩展 I/O 单元组件采用 CPU 单独管理,定时中断处理方式(20ms 接口状态传送请求),通过双端口 RAM 与控制单元相互传送信息。扩展 I/O 单元组件包括数字量 I/O 控制和模拟量 I/O 控制。

数字量 I/O 控制主要由状态锁存器、光耦隔离芯片、信号放大器等构成,为数控系统实现外部设备开关量控制和状态信号采集提供通道和处理机制。

模拟量 I/O 控制主要由 D/A 转换芯片、A/D 转换芯片及其外围电路构成,为数控系统提供模拟量控制通道,实现对主轴电机转速等的控制功能以及对外部设备模拟量反馈信号接收处理。

1.4 总线底板

本文提出的数控系统可重构设计,是通过总线将各个功能组件有效联结在一起,总线对于构建可重构数控系统的意义不言而喻。PC104 总线是专门为嵌入式控制而定义的工业控制总线,其信号定义和 ISA 总线一致,但电气规范和机械规范却完全不同,是一种优化的小型、堆栈式结构的嵌入式总线标准。参照 PC104 总线标准,我们设计了 EBUS 总线规范。

EBUS 总线既可以按照堆叠方式以“针”和“孔”形式层叠连接,也可以通过总线底板以插槽形式将功能组件(标准的外壳结构和固定方式),相比较而言,总线底板更适合数控系统可重构设计。在实际使用过程中,我们根据需求选择合适的配置,将组件一一插到总线底板的插槽上即可。EBUS 总线还包括了常用的通讯总线信号线的定义。采用 EBUS 总线有利于数控系统的开放式设计和模块化设计,非常适合可重构数控系统的设计、实现与维护。

2 数控系统软件设计

2.1 控制单元软件设计

控制单元软件设计是整个数控系统的核心。根据机床数控系统的特点和操作习惯,数控系统功能设计主要划分为五大块,即文件编辑模块、加工模块、参数管理模块、系统诊断模块、辅助设置模块。

编辑模块包括零件加工代码的输入、删除、复制、查找和装载功能以及加工代码内容的修改、插入、删除和部分代码格式检查功能。

加工模块包括回机械参考点、手动控制、手动数据输入(MDI)、自动运行、显示方式切换功能;通过回机械参考点确定一个固定的机床坐标系;在手动控制状态下可以实现微量连续驱动、手轮脉冲驱动、自动对刀、设定机械参考点等手动控制功能;在手动数据输入(MDI)方式下实现 S(主轴速度控制)、M(机床辅助控制)、T(刀具控制)功能及部分 G(准备功能)指令;在自动方式下系统以单段执行、任意段执行、空运行、自动运行等模式执行零件加工代码;显示方式切换功能可以根据操作者的习惯和需要,以图形方式或坐标方式显示刀尖运动轨迹。

参数模块下包括了用户参数设置、出厂参数设置、驱动参数设置、刀补参数设置。通过参数设置,数控系统可以配置不同标准和制式的机床、驱动单元、附件,为用户提供便利;同时,系统还设计了不同等级的密码管理,确保机床的分级管理和安全管理。

诊断模块包括键盘输入诊断、机床操作面板输入诊断、刀具信号诊断等,能够对数控系统进行快速便捷的状态检查和故障检查。

辅助设置模块包括 PLC 编辑功能、测试代码调取、加工代码存储区清理、通讯(用户加工代码的输入和输出)、版本号等。其中,PLC 编辑模块采用格式化编程方式,并具有 PLC 动态诊断机能(检查双端口 RAM 的 PLC 接口状态区)。

2.2 驱动单元软件设计

数控系统控制单元通过数据总线对运动控制芯片的控制寄存器进行读写,以实现驱动控制,运动控制芯片内部软件已固化,无须进行软件设计。

主轴编码器倍频控制模块的 CPLD 要进行软件设计,采用 VHDL 硬件设计语言编写,主要作用是对主轴编码器反馈信号 A、B 信号进行 4 倍频,再读取控制单元传送来的倍频状态信息,根据加工零件螺纹导程和主轴编码器线数,进行合理的倍频处理。

电子齿轮变比模块采用 ARM 内核嵌入式微处理器作为控制核心,它的作用是判别驱动脉冲模式,按照设定的变比关系,对运动控制芯片发出的驱动脉冲信号进行实时随动控制,以设定的驱动模式,经过差分驱动,输出到伺服驱动端口。该模块通过 I²C 总线与数控系统控制单元进行数据传递。

2.3 扩展 I/O 单元软件设计

扩展 I/O 单元采用 CPU 单独管理,定时中断处理方式(20ms 接口状态传送请求),通过双端口 RAM 与控制单元相互传送信息。

PLC 编辑功能及动态诊断机能由控制单元软件完成,扩展 I/O 单元的 CPU,只处理 PLC 控制程序(将 PLC 控制程序由双端口 RAM 传送到 I/O 单元的 RAM 区,扩展 I/O 单元 CPU 仅反复执行控制程序,每 20ms 中断执行将 PLC 接口的状态输入到扩展 I/O 单元 CPU 的 RAM 区,同时传送到双端口 RAM)。这样做,能够提高 PLC 的处理速度,减少控制单元的负担,减少控制单元软件的修改,特别是扩展 I/O 单元 CPU 的 PLC 控制软件和硬件不影响数控系统升级。

3 结论

本文提出的可重构数控系统设计方案,充分利用了运动控制芯片和微处理器集成度高的特点,简化系统外围接口器件,有效降低了系统成本;根据实际需求配置不同的嵌入式微处理器控制单元,最短周期内便可衍生出各种类型的数控系统。

开放式、智能化、可重构技术是数控技术未来的发展方向。我国数控技术还相对落后,数控产品停留在总线封闭阶段,基本上不能为用户提供二次开发环境,如何通过自主创新来赶超数控先进技术,为用户提供更好的数控产品,是数控产品生产企业面临的难题和困惑之一。本文提出的方案,正是为适应数控技术发展和用户日益增长的需求而做出的探索和尝试。

[参考文献]

- [1] 叶佩青,汪劲松. MCX314 运动控制芯片与数控系统设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002
- [2] 赵海军. 高性能经济型数控系统研究与开发[D]. 北京:清华大学,2002
- [3] 赵海军,叶佩青. 手轮脉冲驱动均匀化控制[J]. 机床与液压,2003(1): 117 - 118. (编辑 李秀敏)

(上接第 36 页)镜与机械零件的联接形式常见的固定方法有轱边法、压圈法、弹性元件固定法以及胶粘法等。可根据镜片或棱镜的尺寸、仪器工作条件(活动的或固定的)以及镜片或棱镜在仪器中的位置来选择固定方式。因为本设计的光轴的尺寸是确定的,故选择外螺纹压圈的安装方式。图 3 为滤光片的固定方法。

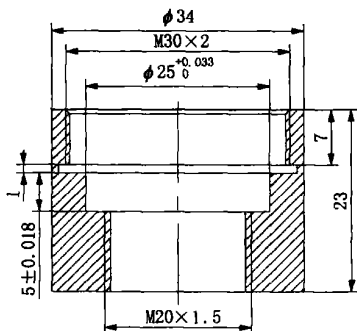


图 3 滤光片的固定

5 结束语

近年来,线阵 CCD 已在工业各个方面得到了广泛的应用,由它所构成的 CCD 光电测量仪器之优越性是一般机械式、光学、电磁式常规传感器所构成的测试装置所无法比拟的。采用线阵 CCD 传感器测量,不仅检测精度高而且稳定性好,可以实现非接触、在线测量。可以预计这种测试装置在各种非接触、在线测量方面具有广阔的应用前景。

[参考文献]

- [1] 王庆有,孙学珠. CCD 应用技术[M]. 天津:天津大学出版社,1993
- [2] 萧泽新. 工程光学设计[M]. 北京:电子工业出版社,2003
- [3] 孙方金. 精密测角转台[J]. 计量学报,1986,17(4): 291 - 295.

(编辑 李秀敏)