

开放式微机数控系统实现技术研究^①

杨晓京, 张仲彦, 李浙昆, 任 伟

(昆明理工大学 机电工程学院, 云南 昆明 650093)

摘要 根据开放式微机数控系统的研究进展, 讨论了三种构建开放式微机数控系统的技术与方法. 论文指出数控专用模板嵌入通用 PC 机构成的数控系统具有了初步开放的特点; 基于开放式可编程运动控制器的结构是比较先进的技术, 实现了两个级别的开放; 全软件式数控系统是一种全新概念的开放式数控系统, 使系统高度开放性的实现成为可能.

关键词: 开放式数控系统; 数控模板; 可编程运动控制器; 全软件式数控系统

中图分类号: TG502.35 文献标识码: A 文章编号: 1007-855X(2002)01-050-05

0 引言

随着计算机技术的飞速发展, 采用通用 PC 机发展开放式数控系统, 已成为数控系统技术发展的最新潮流. 在国内外, 对开放式数控系统的研究都是一个热点. 当然, 开放式数控系统的开发研究还在不断发展变化, 还需进一步深入地研究. 本文讨论了三种构建开放式微机数控系统的技术与方法.

1 开放式数控系统的定义及其优点

1.1 开放式数控系统的概念及特点^[1]

从目前研究来看, 开放式数控系统体系结构还没有统一、明确的概念, 实现技术还处于百家争鸣的阶段. IEEE 定义开放式系统为“一个开放式系统应能使得各种应用系统可以有效地运行于不同供应商提供的不同平台之上; 可以与其它应用系统相互操作, 并具有风格一致的用户交互界面.

一般来说, 对于开放式数控系统都强调五个方面的性能特征:

即插即用 (plug & play): 数控功能采用模块化的结构且各模块具有即插即用的能力, 以满足具体控制功能要求.

可移植性 (portability): 功能模块可运行于不同的控制系统内.

可扩展性 (expandability): 功能相似、接口相同的模块之间可相互替换, 有随技术进步而更新硬件的可能.

可缩放性 (scalability): 控制系统的大小(模块的数量与实现)可根据具体的应用增减, 成为规模化系列产品.

互操作性 (interoperability): 模块之间能相互协作(交换数据), 容易实现和其他自动化设备互连.

因此, 一个完全开放的数控系统应该是: 以分布式控制原则, 采用系统、子系统和模块分级式的控制结构, 其构造应该是可移植的和透明的; 系统的拓补结构和性能应是可缩放的, 以便根据需要可方便实现重构、编辑, 实现一个系统多种用途. 即可实现 CNC、PLC、RC (Robot Control) 和 CC (Cell Control) 等控制功能; 系统中各模块相互独立, 在此平台上, 系统厂、机床厂及最终用户都可很容易地把一些专用功能和其它有个性的模块加入其中, 进行系统开发设计时, 允许各模块进行独立开发, 为此要有方便的支撑工具, 各模块接口协议应明确, 具有一种较好的通信和接口协议, 以便各相对独立的功能模块通过通信实现信息交换, 通过信息交换满足实时控制要求; 同时使来自不同供应商的模块之间具有互操作性. 只有这样才能

① 收稿日期: 2001-05-05;

基金项目: 云南省教育厅自然科学基金(项目编号: 0043010);

第一作者简介: 杨晓京, 男, 1971 年生, 副教授, ; 主要研究方向: 数控技术及应用.

保证机床厂、用户对系统作补充、扩展或者修改。

1.2 开放式数控系统的优点

正是开放式数控系统的特性, 使其具有传统数控系统无法比拟的优点, 成为数控技术发展的方向. 开放式数控系统的优点主要有:

(1) 向未来技术开放. 由于软、硬件接口都遵循公认的标准协议, 只需少量的重新设计和调整, 新一代的通用软硬件资源就可能被现有系统所采纳、吸收和兼容. 这将使系统的开发费用大大降低而系统性能与可靠性将不断改善, 并处于长生命周期.

(2) 标准化的人机界面, 标准化的编程语言, 方便用户使用.

(3) 向用户开放. 通过更新产品、扩充功能、提供可供选择的硬软件产品的各种组合以满足用户特殊应用要求, 给用户提供一个方法, 从低级控制器开始, 逐步提高, 直到达到所要求的性能为止. 另外, 用户自身的技术能方便地融入, 创造出自己的产品.

(4) 可减少产品品种, 便于批量生产、提高可靠性和降低成本, 增强了市场响应能力和竞争能力.

2 开放式微机数控系统实现技术

现阶段, 真正实现数控系统的完全开放还难以做到, 一些数控系统只是具备了开放式系统特点或者开放程度相对大一些而已. 目前, 利用现有 PC 机的软硬件规范设计开放式数控系统, 从研究进展及实现技术上看, 主要有以下三种:

2.1 数控专用模板嵌入通用 PC 机构成的数控系统

以国内具有开放式系统特点的华中 I 型数控系统为例, 该系统采用了以 PC 机为硬件平台, DOS、Windows 操作系统及其丰富支持软件为软件平台的开放式体系结构, 如图 1 所示. 与传统 CNC 系统相比, 这种系统具有软硬件资源的通用性、丰富性、透明性, 软件的可再生性; 便于引入新技术进行升级、换代的优点.

这种数控系统在 PC 机上嵌入的数控专用模板有: 内装式 PLC 单元, 由光电隔离开关量输入板、光电隔离开关量输出板及多功能板. 系统的位置单元接口可根据使用伺服单元的不同而有不同的具体实现方法: 当伺服单元为数字式交流伺服时, 位置单元接口采用串口通讯板; 当伺服单元为模拟式交流伺服时, 位置单元接口采用位置环板. 系统带 RS232C 接口, 可直接与 CAD/CAM 连接, 带网卡可连入工厂网络.

这种数控系统的软件结构如图 2 所示. 图中的底层软件为软件平台, 其中的 RTM 为实时多任务管理模块, 负责 CNC 系统的任务调度, NCBIOS 为基本输入/输出系统, 管理 CNC 系统所有的外部控制对象, 包括设备驱动程序的管理(对应不同的硬件模块, 应用不同的驱动程序, 故更换模块只需更换驱动程序, 配置很灵活)、位置的控制、PLC 的调度、插补计算和内部监控等.

上层软件(过程层软件)相当于前后台型软件结构中的背景程序, 负责零件程序的编辑、解释, 参数的设置, PLC 的状态显示, MDI 及故障显示等任务的完成. 通过 NCBIOS 把它与底层软件隔开, 使得过程层软件不依赖于硬件.

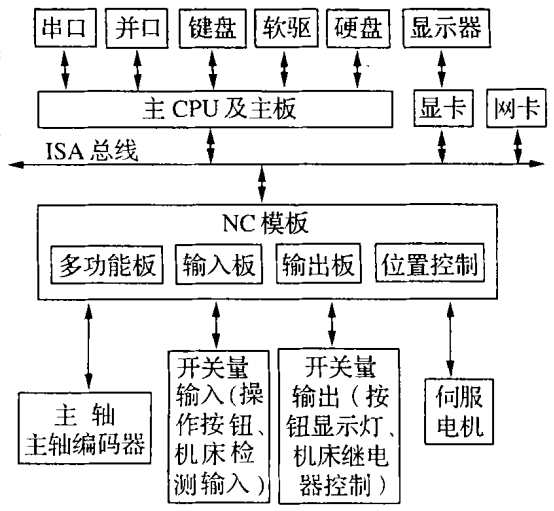


图 1 数控专用模板嵌入 PC 机结构

这种数控系统的控制软件，以 DOS 操作系统为软件支持环境，构造了一个具有实时多任务控制的数控软件平台，支持用户定制，用户可以在此平台上进行修改、增删，灵活配置派生出不同 CNC 控制装置，并提供了一种标准风格的软件界面。是一个初步开放的软件系统。

2.2 通用 PC 机与开放式可编程运动控制器构成的数控系统

机床运动控制、逻辑控制功能由独立的运动控制器完成，运动控制器通常由以 PC 硬件插件的形式构成系统。数控上层软件(数控程序编辑、人机界面等)以 PC 为平台，是 Windows 等主流操作系统上的标准应用，并支持用户定制。

以美国 DELTA TAU 公司九十年代推出的 PMAC (programmable multi- axes controller) 开放式多轴运动控制器为代表，DELTA TAU 公司利用 NGC 和 OMAC 等协议，采用 PC 机加 PMAC 控制卡构成的 PMAC 开放式数控系统，获得了良好的应用效果。

PMAC 运动控制器提供了运动控制、离散控制、内务处理、同主机的交互等数控的基本功能。它借助于 Motorola 的 DSP56001/56002 数字信号处理芯片，可同时控制 1~ 8 个轴，它的速度、分辨率、带宽等指标远优于一般的控制器。伺服控制包括 PID 加 Notch 和速度、加速度前馈控制。它甚至可连接 MACRO 现场总线的高速环网，直接进行生产线的联动控制。

PMAC 具有开放性的特点，给系统集成者和用户提供了更大的柔性，它允许同一控制软件在三种不同总线(PC-XT 和 AT, VME, STD) 上运行，由此提供了多平台的支持特性。并且每轴可以分别配置成不同的伺服类型和多种反馈类型。其具体体现为^[2]：

- (1) 可以与不同伺服系统的连接：伺服接口有模拟式和数字式两种，能连接模拟、数字伺服驱动器，交、直流、直流无刷伺服电机伺服驱动器及步进电机驱动器。
- (2) 可以与不同检测元件的连接：测速发电机、光电编码器、光栅、旋转变压器等。
- (3) PLC 功能的实现：内装式软件化的 PLC。
- (4) 界面功能的实现：按用户的需求定制。
- (5) 与 PC 机的通讯：PMAC 提供了三种通讯手段——串行方式、并行方式和双口 RAM 方式。采用双口 RAM 方式可使 PMAC 与 PC 机进行高速通信。
- (6) CNC 系统的配置：PMAC 以计算机标准插卡的形式与计算机系统共同构成 CNC 系统，它可以用 PC-XT&AT, VME, STD32 或者 PCI 总线形式与计算机相连。

图 3 为采用 PMAC 为运动控制卡，构成的开放式微机数控系统。该数控系统在通用 PC 机基础上，采用 PMAC 运动控制器和双端口 RAM。通用 PC 机主要实现系统的管理功能，PMAC 主要控制轴的运动及面板开关量^[3]。

这种数控系统在软件构成上可分为 PMAC 实时控制软件和数控上层软件两部分。实时控制软件的设计充分考虑了软件的开放性，用户可以根据某些具体要求增加软件的功能模块。PMAC 实时控制软件模

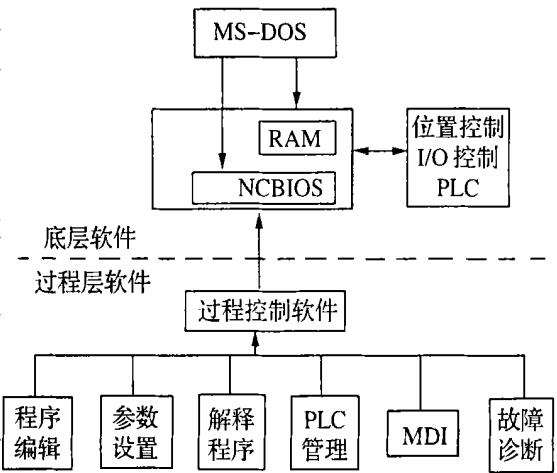


图 2 软件结构

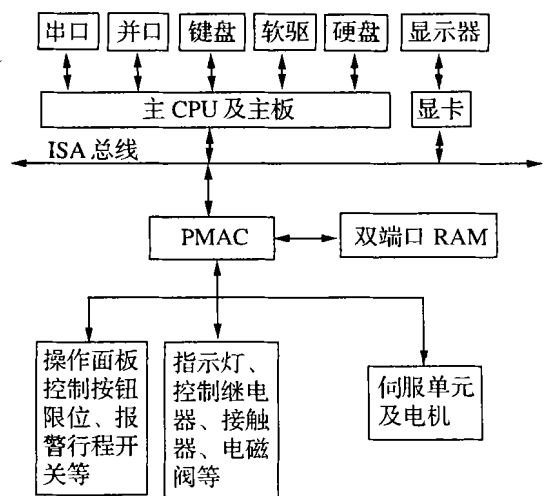


图 3 PMAC 加 PC 机数控系统结构

块图如图 4 所示。

插补模块包括直线插补、圆弧插补及样条插补等。PMAC 还提供了位置-速度-时间运动模式, 用户可以对以上几种模式加以选择和组合。伺服驱动模块可设置控制参数, 也可以定制自己的伺服算法, 实现个性化的伺服控制。PLC 监控模块中的主 PLC 用来完成对控制面板及机床输入、输出进行监控的任务, 它主要包括手动、自动功能的实现、主轴运动的控制等操作。加工程序解释模块由 G, M, T 代码解释程序组成, 在 PEWIN 执行程序下编辑和调试, 并下载到 PMAC 的固定内存中, 在实际加工时被 PMAC 自动调用。

上层软件主要实现系统配置、数控程序编辑、系统诊断和通信功能, 可 VC, VB 语言编制, 利用 WINDOWS 丰富的功能来实现友好的人机界面。

PMAC 的软件通讯功能由 PtalkDT 的通讯函数库完成。PtalkDT 则以 ActiveX 控件形式提供一套类库, 它包含一系列通讯函数, 提供上层与 PMAC 之间快速有效的通讯。利用 PtalkDT 开发应用程序, 实现了加工程序、PLC 程序及运动程序的下传、上层对 PMAC 的指令传输及 PMAC 对上层的反馈等通讯功能。

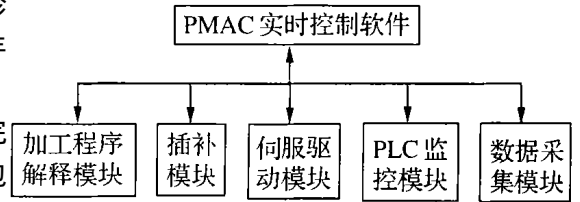


图 4 PMAC 实时控制软件模块

2.3 全软件式数控系统

全软件式数控系统虽然还没有形成产品, 还在理论研究中, 但它代表了数控系统的发展方向, 将对数控系统产生革命性的影响。

由于处理机性能的日新月异和操作系统技术的不断进步, 使得以硬件方式出现的运动控制器部件, 在可预见的时间内, 完全可以用应用软件的方式来实现。这种“硬件功能软件化”不仅不会导致任何系统性能损失, 而且软件实现的灵活性和硬件平台无关性将有利于系统实现更深入的开放性和系统性能的快速增长, 这正是“全软件式数控”的基本思想。

全软件式数控把运动控制(包括轴控制和机床逻辑控制)器通常以应用软件的形式实现。除了支持数控上层软件(数控程序编辑、人机界面等)的用户定制外, 其更深入的开放性还体现在支持运动控制策略(算法)的用户定制。外围连接主要采用计算机的相关总线标准, 这类系统已完全是通用计算机主流操作系统(实时扩展)上的标准应用。

全软件式数控的主要特征是^[5]:

(1) 系统的表现形式和目前常见的 CAD/CAM 等系统一样, 完全只是一种主流操作系统(实时扩展)上的应用软件(设备驱动软件)。

(2) 完整的机床控制器功能(MMC, PC, MC, AC, PLC)。

(3) 外围连接采用标准规范。伺服和离散 I/O 信号通过一种信号转换器连接到运行软件数控的计算机, 伺服、离散 I/O 和信号转换器的连接可以是光纤、屏蔽双绞线等, 信号转换器和计算机的连接可以是网络、IEEE1394, USB, RS485, SCSI 等。

(4) 核心开放体系结构, 持人机界面和运动控制算法的用户定制, 对采用智能控制策略有充分的考虑。

(5) 支持 COM 或 COBRA 等软件技术规范, 可与 CAD/CAM 软件无缝集成。

(6) 加工单元代理(Agent)功能, 支持 FMS、CIMS、虚拟制造等先进制造的上层应用。全软件式数控系统的一种结构模式示意图如图 5 所示。

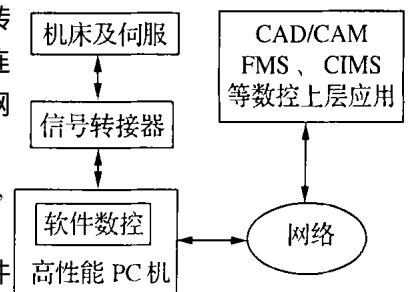


图 5 全软件式数控系统模式示意图

3 结 论

数控专用模板嵌入通用 PC 机构成的数控系统只是实现了有限的“开放”, 而且保留有不少专用系统

的痕迹,开放性还不够,开发环境和支持手段也不足,要作为用户方便地进行二次开发的开放程度还远未达到.但这种利用 PC 机设计数控系统的技术,使得数控系统的重点由硬件转向软件,消除了硬件生产上的“瓶颈”制约,从而可能加快生产出实用产品.而且这种 PC-NC 毕竟使数控系统向开放性体系结构迈出了一大步.

PC 机与开放式可编程运动控制器构成的数控系统,这种基于开放式可编程运动控制器的结构是比较先进的技术,这种系统以通用微机为计算平台,以 PC 机上的标准插件形式的开放式运动控制器为控制核心.伺服控制和机床逻辑控制均由运动控制器完成,运动控制器可编程,以运动子程序的方式解释执行数控程序(G 代码等,支持用户扩展),以 PLC 子程序的方式实现机床逻辑控制,运动控制器的开放性还体现在其层次分明的体系结构.实现了两个级别的开放:人机界面和非实时控制部件的定制和参数化,实时控制部件的参数化.

当然,类似 PMAC 这样的系统仍然存在不足.CNC 的核心部分运动控制和伺服控制仍是封闭的,这使得用户仍然要依赖于专用运动控制卡(虽然支持用户通过标准接口对系统控制核心的有限访问),还没有达到整个控制器产品的硬件通用化.在界面风格和通信协议上还没有形成统一的标准,使得软件的可重用性,跨平台性不强.因此,控制器的研究开发将致力于 OSACA 标准的开放式控制器,这是一种完全开放的数控系统.它为用户提供包括运动控制核心的开发平台,用户开发的功能模块也能运行于任何符合 OSACA 标准的控制器产品中.

全软件式数控系统将是开放式数控系统的一个里程碑.这种系统支持运动控制策略的用户定制,体现了一种核心级的开放思想,从这种系统开始,数控系统将进入“完全开放”时代.

全软件式数控是开放式数控的高级阶段,它不仅强调核心控制策略的用户开放性,对智能控制也有充分的考虑;而且更加注重标准化和集成性,兼容数控领域的主要标准的同时,更加向计算机技术靠拢,并力图使数控成为先进制造上层应用的标准的设备驱动代理.可以认为,在对设备的控制行为上,计算机对机床的控制和对打印机等标准外设的控制是非常相似的,只不过机床是一个稍微复杂的控制对象而已.数控系统的主要功能部件均表现为应用软件的形式,这种实现形式上的变革使得系统可以更方便、更广泛地应用计算机技术的先进成果,简化系统实现难度,缩短研发周期,有助于技术创新,软件化实现也大大增强了系统的伸缩性和可调节性,从而使其体系结构高度开放性的实现成为可能.

参考文献:

- [1] 周祖德等. 开放式控制系统的现状、趋势与对策[J]. 中国机械工程, 1999. (10): 1090~ 1093.
- [2] 王宇晗等. 开放式控制器对数控机床低成本改造的策略[J]. 机械设计与研究, 2000. (1): 63~ 65.
- [3] 王春等. 基于 PMAC 的并行双 CPU 开放式数控系统[J]. 制造技术与机床, 2001. (3): 15~ 17.
- [4] 雷为民等. 关于软件数控的一些基本构想[J]. 小型微型计算机系统, 1999. (2): 81~ 87.

Study on Technology of Building Open CNC Based on PC

YANG Xiao-jing, ZHANG Zhong-yan, LI Zhe-kun, REN Wei

(The Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract According to research progress of open CNC based on PC this paper discusses three kinds of technology and method by which open CNC are built. The paper illuminates that the CNC built by NC board in PC has some characters of open CNC, that the CNC based on programmable multi-axes controller is advanced technology and obtains two class open of CNC and that full software CNC is a new concept of open CNC, by which it is possible to get to high open system.

Key words: Open CNC; NC board; PMAC; Full software CNC