维普资讯 http://www.cqvip.com

基于 CAN 总线嵌入式结构的运动控制器的研究*

王太勇，李　波，李宏伟，陈海鹏
（天津大学机械工程学院，天津 300072）

摘要：介绍了 CAN 总线和 DSP TMS320F2812，提出了一种基于串行总线的运动控制系统，并给出了系统的软硬件设计。

关键词：CAN 总线；TMS320F2812；运动控制
中图分类号：TP336；TP273　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1001 - 3881（2005）9 - 012 - 2

Research on the Embedded Motion Controller Based on the CAN Bus

WANG Tai-yong，LI Bo，LI Hong-wei，CHEN Hai-peng
（School of Mechanical Engineering，Tianjin University，Tianjin 300072，China）

Abstract：The CAN bus and the DSP - TMS320F2812 were introduced，and a system of motion controller based on the serial bus was brought forward. The designs of the hardware and the software of the system were presented.

Keywords：CAN bus；TMS320F2812；Motion control

0　引言

CAN（Controller Area Network）总线，属于现场总线技术范畴，是一种有效支持分布式控制或实时控制的串行通信局域网络，以半双工的方式工作，采用基于数据的传输方式，消息可以在任何时刻由任何节点发送到总线上，并被其它所有节点接受、判断后决定是否应用这个消息。由于其具有通信速率高、开放性好、实时性好、纠错能力强以及控制简单、传输可靠性高、扩展能力强、系统成本低等特点，已广泛应用于控制系统中的各检测和执行机构之间的数据通信，是当今自动化领域中公认为最具有应用前景的技术之一。

运动控制技术是推动新的技术革命和新的产业革命的关键技术。由于数字信号处理器具有高速运算能力使许多复杂的控制算法和功能得以实现和将实时处理能力和控制的外设功能集于一身等优点，所以它在运动控制技术中越来越被广泛应用。本文设计了一种基于 TI 公司数字信号处理器 TMS320F2812 的运动控制器，用其实现了数控系统的高速和高精度。它把计算机嵌入到运动控制器中，能够独立完成伺服电机的实时运动控制。此控制系统是应用于生产现场的分布式实时控制系统中最底层的现场节点系统。通过 PC 机、CAN 总线、TMS320F2812 和 CPLD 进行数据传输与控制，使伺服电机的工作更加稳定，能更好更灵活地应用于数控系统中。

1　运动控制系统的构成

在本系统中，CAN 总线上挂有两个节点：PC 机和运动控制器。PC 机通过 CAN 接口适配卡与 CAN 总线相连，而 PC 机和运动控制器通过 CAN 总线进行信息交换。

1.1　总线节点的 CAN 接口电路

CAN 总线系统的硬件电路主要由 TMS320F2812、CAN 总线收发器 PCA82C250 等芯片组成。TMS320F2812 是集成的混合信号片上系统 SOC，片内还集成了数据采集和控制系统中常用的模拟部件和其它数字外设及功能部件。功能部件包括 16 通道的 ADC、两个 SCI、SPI、增强型 CAN 控制器、7 个计数器/定时器、通用数字 I/O 端口、两个事件管理器模块（EVA 和 EVB）、看门狗定时器（WDT）等。该数字信号处理器有 128K 字的 FLASH 程序存储器和 18K 字的 RAM，执行速度可达 150MIPS。其 JTAG 仿真电路可提供全速、非侵入式的电路仿真，支持断点、单步观察点、运行和停止等调试命令，支持存储器和寄存器校验和修改等功能。

TMS320F2812 中的 CAN 有 32 个邮箱，占用 512 字节 RAM，并且所有邮箱都具有独立的接收屏蔽寄存器，都可以配置为发送或接收邮箱，且都有一个可编程的接收屏蔽寄存器。所有进行数据传输和接收滤波的协议功能都是由 CAN 控制器执行的，通过 DSP 内的特殊功能寄存器可配置 CAN 控制器访问接收到的数据以及传输数据。因此，TMS320F2812 可完成 CAN 总线协议的数据链路层和应用层的所有功能。

PCA82C250 作为 CAN 控制器和物理总线间的接口，可提供对总线的差动发送能力和对控制器的差动接收能力，它与 ISO 11898 标准完全兼容，具有高速、抗瞬间干扰和保护总线能力，并可通过管脚 8 的接地电阻控制脉冲斜率，降低射频干扰。CAN 总线收发器 PCA82C250 工作电压为 5V，而 TMS320F2812 的 I/O 口电压为 3.3V，故需由电阻 R_{11}、R_{12}、R_{13} 及二极管 D_1 组成简易的电平转换电路将 TMS320F2812 与 PCA82C250 连接。斜率电阻输入端 RS（引脚 8）允许选择三种不同的工作方式：待机方式（VRS >

* **基金项目**：国家自然科学基金资助项目（50175081）

维普资讯 http://www.cqvip.com

0.75VCC)，斜率控制方式（0.4VCC < VRS < 0.6VCC)，高速方式（VRS < 0.3VCC)。为降低射频干扰，应限制上升和下降斜率。上升和下降斜率可通过由引脚8与地间的电阻进行控制，其斜率正比于引脚8上的电流输出。

TMS320F2812与CAN驱动器的接口电路如图1所示。

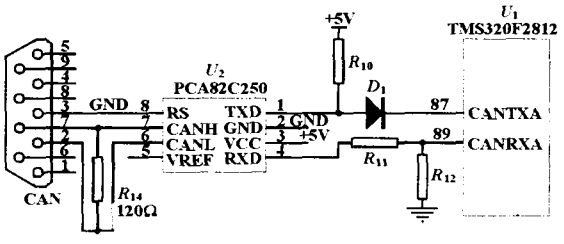

图1 DSP内嵌CAN模块与其驱动器的接口电路图

对于输入到TMS320F2812的信号可采用双非门串联电路以提高系统的抗干扰性。为进一步提高抗干扰能力，可在收发器82C250前增加由高速光耦6N137芯片或HCPL-2630芯片构成的隔离电路。

1.2 上位机通讯卡

由于CAN总线在工业控制上的应用越来越广泛，很多公司都推出了支持CAN总线的接口适配卡，用户可以通过这些接口适配卡，来运行复杂的通信任务，进行各CAN节点与上位主机之间的数字通信和监视管理。PC机与CAN总线的通讯过程，实质是对PC-CAN内存数据的读（数据接收）、写（数据发送），PC机不参与CAN总线的通讯过程，所有通讯过程由PC-CAN卡上的CAN总线控制器自动完成。

1.3 位置、速度反馈信号处理电路

准确可靠的位置和速度检测环节是多轴运动控制器的主要功能之一。为此，我们采用一片CPLD来实现4倍频计数电路，由于在CPLD内的门电路和触发器的特性完全一致，所以在相同转速下各电机轴倍频信号的脉冲周期可以保持一致。为抑制长距离传输中可能引入的干扰信号，输出至驱动器的脉冲和方向信号采用差分输出方式。基于同样的理由，编码器反馈信号经由差动输入进入CPLD。

该方案与采用其它分立芯片设计的电路相比，可改善整个电路的逻辑和电气特性，增强电路的抗干扰性能，从而提高整个数控系统的加工精度和工作的可靠性。

2 系统软件设计

2.1 主PC机

主PC机主要完成人机接口任务和对其它功能模块的调度与管理。其整个软件结构建立在Windows 98/2000平台上，用Visual C++等功能强大的编程语言来实现与之响应的功能，可以使系统的结构组织得比较清晰，便于功能的扩展与剪裁，以运行各种现有的软件。主PC机扩展槽中插有一块PC-CAN总线适配卡，通过该卡PC机即可与CAN总线相连，从而实现数控的各功能模块的通信。

通讯模块向下再细化为初始化模块、数据接收与发送模块、实时报警4个模块。对CAN通讯适配卡的初始化主要是初始化适配卡的各个寄存器，设置中断向量、通讯波特率和滤波接收码以及中断屏蔽字等必要的参数，为正常通信做准备。由于上位主机所接插的CAN通讯适配卡一般都提供CAN的驱动函数，所以在上位机软件的编制过程中，实现与CAN总线的通信部分可以直接调用相应的函数读取缓冲队列的数据或者通过适配卡对CAN总线发送信息。在数据接收与发送模块中，PC机通过CAN通讯适配卡接收、发送数据和控制信号。在PC机上可设置PID控制参数，传送给DSP，DSP再传送给CPLD。PC机接收并分析从DSP反馈来的当前各轴电机的信息（如位置、速度、加速度以及出错信息等）。根据事先给定情况，实时分析误差，实现PID在线参数的自调整。在实时报警模块中，对系统通讯过程中出现的一些错误发出警告并进入相应处理程序。其程序设计流程图如图2所示。

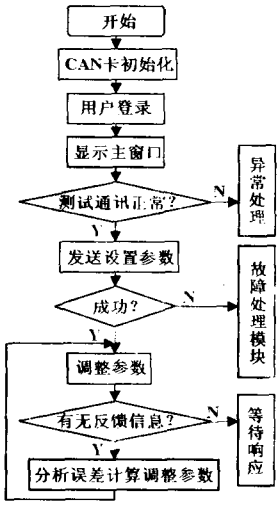

图2 程序设计流程

在本系统中，主窗口上实现通讯的接通与关闭，位置与控制参数的在线调整及发送等。上位主机通过对CAN驱动函数的不断调用，从而控制DSP发送控制命令或参数设定命令给伺服电机控制模块，驱动伺服电机的启停运转；同时通过DSP接收来自伺服控制芯片的伺服电机的速度、相位、转动方向等各种数据及状态信息，并进行分析处理，然后按照系统的实际控制需要再给伺服控制芯片发送相应的命令以驱动伺服电机，构成伺服电机系统的闭环控制。

2.2 DSP内嵌CAN模块的通讯程序设计

CAN节点对应的DSP运动控制系统执行全部的实时任务：图形绘制，插补运算，伺服控制等。利用DSP强大的运算功能，可采用高速的插补算法和位置控制算法，驱动伺服电机，完成高速高精度的运动控制。DSP运动控制器通过内嵌的CAN模块与CAN总线连接，实现与PC机的数据通讯。在通讯过程中，

（下转第26页）

维普资讯 http://www.cqvip.com

分析这两图，可以看出结合面角刚度的大小对系统的固有频率影响不大，当达到一定值时，几乎没有影响；当角刚度值小时，切削点的转角大，当角刚度值大时，切削点的转角小，但是当角刚度值大于某个值以后，切削点的转角几乎保持不变，趋于一定值，此时可以认为刀盘与主轴之间的结合是刚性结合。

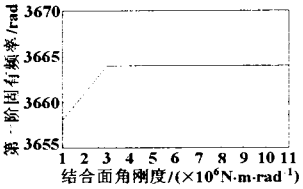

图 11　结合面角刚度对固有频率的影响

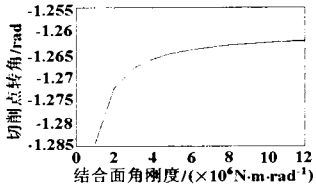

图 12　结合面角刚度对切削点转角的影响

5　结论

本文建立了 Q3803A 无心车床主轴系统的质量分布梁动力学模型，并利用 Riccati 传递矩阵法着重考察了主轴系统的设计参数对系统动态性能的影响，得出以下结论：

（1）主轴系统悬伸长度对系统动态性能的影响十分明显，在进行参数设计时首先应尽可能缩短悬伸长度；

（2）前支承的刚度对系统动态性能的影响也是比较明显的，在进行主轴系统的结构设计时，应充分加以重视；

（3）主轴的支承跨距在进行设计时，应在满足设计要求的情况下确定一个最佳跨距；

（4）刀盘与主轴的结合面角刚度选择不能过小，但如果其角刚度值大于一定值以后，可以认为其为刚性结合。

在进行主轴系统的参数设计时，应该综合考虑以上因素，得到能够满足主轴系统动态性能要求的合理配置的主轴参数，从而得到较优的主轴结构设计方案。

参考文献

【1】杨　萧，唐恒龄，廖伯瑜．机床动力学（第一、二册）．机械工业出版社，1983.

【2】钟一谔，何宗衍．转子动力学．清华大学出版社，1988.

【3】诸乃雄．机床动态设计原理与应用．同济大学出版社，1987.

【4】闻邦椿，顾家柳，夏松波，王　正．高等转子动力学．机械工业出版社，2000.

【5】王　正．Riccate 传递矩阵法的奇点及消除办法．振动与冲击，1987，22（2）：74～78.

作者简介：吴　晖（1970～），男，工学硕士，讲师，从事机械制造及设计研究工作。电话：013767030781，E-mail：wuhlz@sina.com。

收稿时间：2004-04-13

（上接第 13 页）

DSP 控制器采用中断方式接收 PC 机传送的控制信息与数据，并实时发回伺服电机的运行状态信息，以实现系统的实时控制与调整。TMS320F2812 内嵌 CAN 模块的通信流程图如图 3 所示。

3　结束语

从 CAN 总线的特点不难看出，它较传统的串行通信，在硬件上可减少走线、易于系统扩充或改型，在软件上通讯更加灵活、实时性更好、纠错能力更强。本文所述系统可以实现小到生产线、车间，大到工厂的信息化制造技术。这一切都表明 CAN 总线是高可靠性分布式实时控制系统的理想总线，实践证明亦是如此。基于 CAN 总线的运动控制系统有广阔的应用前景。采用 DSP TMS320F2812 和 CPLD 作为交流伺服系统控制器的核心，可使系统控制结构大为简化，提高系统的稳定性，调试方便，易于实现各种较复杂的运动轨迹控制。

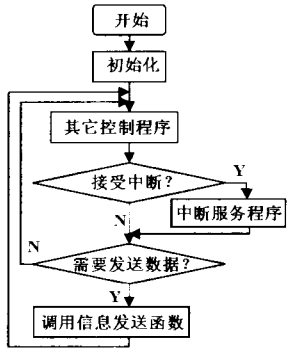

图 3　CAN 模块通信流程图

串行总线的数控系统具有很多优点：引线少、连接简单、成本较低，在大型、特大型机床/机械，或检测点和控制轴（或点）很多的情况下更加明显。系统与系统之间、单元与单元之间容易隔离，系统可靠性高。故我们可以预测串行总线数控系统将逐渐取代并行总线数控系统，成为数控系统的又一新的发展方向。

参考文献

【1】邬宽明．现场总线技术应用选编（上）．北京：北京航空航天大学出版社，2003.

【2】阳宪惠等．现场总线技术及其应用．北京：清华大学出版社，2001.

【3】饶运涛，邹继军，郑勇芸．现场总线 CAN 原理与应用技术．北京：北京航空航天大学出版社，2003. 6.

【4】徐俊艳，孙　轶，张培仁．基于 DSP 的 CAN 总线智能系统设计．电子测量与仪器学报，2002（增刊）．

【5】Texas Instruments. TMS320F2812 Digital Signal Processors Data Manual，December 2003.

作者简介：王太勇（1962～），男，汉族，籍贯山西，天津大学机械工程学院教授，博士生导师，从事数控技术、信号测控与分析、网络化制造方向的研究工作。E-mail：tywang@tdme.tju.edu.cn。

收稿时间：2004-04-29