

# EtherCAT 总线在伺服运动控制系统中的应用

李春木, 章明众, 郑新武, 李寅, 陈永明\*  
(厦门大学 机电工程系 福建 厦门 361005)

**摘要** :为实现 EtherCAT 现场总线在伺服运动控制系统中的具体应用,以五轴运动控制系统的研发为背景做了研究与测试。系统主站控制器采用爱迪纳控制技术(厦门)有限公司的 ADX CNC 纯软件开放式数控系统,从站设备由 EtherCAT 从站接口控制器 ET1100 和 DSP 芯片组成,并由此构建了一主一从的 EtherCAT 网络结构。研究表明,该技术可实现系统的实时信号传输和精确位置控制。

**关键词** :ADX CNC ;EtherCAT ;ET1100 ;数字信号处理 ;伺服系统

中图分类号 :TP29 ;TH39

文献标志码 :A

文章编号 :1001-4551(2011)11-1336-03

## Application of EtherCAT fieldbus in servo motion control system

LI Chun-mu, ZHANG Ming-zhong, ZHENG Xin-wu, LI Yin, CHEN Yong-ming  
(Department of Mechanical & Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract** :To achieve the application of EtherCAT fieldbus in servo motion control system, some research and tests were done based on the five-axis motion control system. ADX CNC system was used as the master controller, which is a pure software open CNC system designed by Amoy Dynamics (Xiamen) Co., Ltd.. The slave station was consisted by EtherCAT slave controller ET1100 and digital signal processing (DSP). Research results show that the real-time transmission of signal and accurate position control can be achieved using the one-master and one-slave EtherCAT network structure.

**Key words** :ADX CNC ; EtherCAT ; ET1100 ; digital signal processing(DSP) ; servo system

## 0 引言

在传统的数控加工设备中,信号传输大多数采用电缆或光纤作为传输载体,信号容易受干扰或者衰减,从而影响机械加工的精度。而且传统系统构成复杂,成本较高,维护困难。

随着计算机技术和网络通信技术的不断发展,现场总线技术在数控领域的应用日趋广泛。特别是近年来,随着具有显著开放式特征的 ADX CNC 纯软件数控系统与 EtherCAT 开放式工业以太网现场总线技术融合,伺服运动控制系统向可靠性更高、速度更快、精度更高、稳定性更好的方向发展<sup>[1-2]</sup>。

本研究采用此种 ADX CNC 数控系统与 EtherCAT 网络技术相结合的方法,可以解决以上提到的传统加工设备中出现的问题。

## 1 系统总体设计

该系统是基于 EtherCAT 网络的伺服运动控制系统,充分利用 ADX CNC 纯软件开放式数控系统和 EtherCAT 现场总线技术的优势,具有结构简单、性能优越、成本低廉的特点。系统的总体结构如图 1 所示。其中主站和 EL9800 开发板之间采用 EtherCAT 网络通信,EL9800 和 DSP 之间采用 SPI 通信方式,DSP 控制伺服电机的运动。

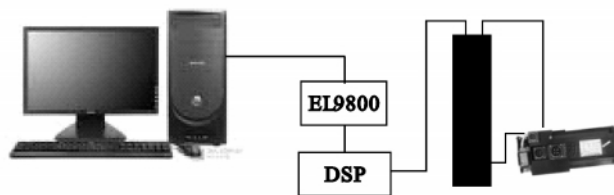


图 1 总体结构图

收稿日期 2011-04-22

作者简介 李春木(1988-)男,福建泉州人,主要从事数控技术方面的研究. E-mail: dx19871xc@126.com

通信联系人 陈永明,男,副教授,硕士生导师. E-mail: zhenym@xmu.edu.cn

### 1.1 系统硬件构成

该系统的主站设备选用具有普通 RJ45 网络接口的 PC 机。从站选用 Beckhoff (德国倍福) 公司的 EL9800 开发板和泰瑞公司的 TMS320F2812 DSP 芯片。EL9800 可用于开发 EtherCAT 网络从站设备提供的从站接口板,它以 ET1100 芯片作为从站控制器,通过 RJ45 接口连接 EtherCAT 网络,并通过 PDI selector 选择通过何种接口(8 位或 16 位并行接口、SPI 接口、SSI 接口)和应用程序控制器相连<sup>[3]</sup>,在该系统中本研究选用 SPI 接口方式与 DSP 控制器连接。TMS320F2812 DSP 芯片为 176 引脚 PGF 低剖面四芯线扁平 LQFP(Low-profile Quad)封装,芯片上的引脚通过 J1~J4 扩展插槽引出供用户使用<sup>[4]</sup>,该系统中使用 92、102 号引脚作为电机控制信号接口,使用 3 个引脚 103、107、109 作为电机的反馈信号接口。在下位机构选用安川(YASKAWA)SGDM-04ADA 交流伺服驱动器和安川交流电机。

### 1.2 系统控制器及通信平台

该系统的上位控制器采用爱迪纳控制技术(厦门)有限公司的 ADX CNC 数控软件。它源于美国麻省理工学院所开发的基于计算机平台的真正开放的纯软件运动控制系统 ServoWorks CNC,并经过爱迪纳公司进一步的设计、创新形成 ADX 数控产品。该控制器运行在 Ardence RTX 扩展的实时子系统中,完成伺服系统的实时控制,并且很好地利用计算机的强大处理能力,来保证系统的快速、精确的计算和控制功能<sup>[5]</sup>。

该系统采用 EtherCAT 作为通信平台,完成控制器与驱动装置的信号传输,EtherCAT 由德国 Beckhoff 公司提出的,因其开放性和优越的传输性能,近年来受到了运动控制系统开发商的广泛关注。EtherCAT 在数据链路层采用了实时调度的软件核,并采用过程数据传输的独立通道,提高了系统的实时性,该网络具有灵活的拓扑结构、简单的系统配置、较低的构建成本等特点,可以实现传统的以太网无法企及的控制理念<sup>[6]</sup>。

## 2 系统电路设计

该系统中伺服与电机之间的电气连接如图 2 所示。图中 L1 和 L2 两端为电源输入端,接 220 V 的交流电; 1 和 2 之间短接,U、V、W 为伺服输出给电机的三相 220 V 的交流电;CN1 为 DSP 信号输入口;CN2 为电机编码器信号接口;CN3 为 PC 调试接口。

从站控制器 ET1100 和 DSP 之间采用 SPI 通信方式,DSP 作为 SPI 接口的主设备,ET1100 作为从设备,它们之间的连接如图 3 所示。

由于 DSP 发出的是脉冲信号,而驱动器接收的是

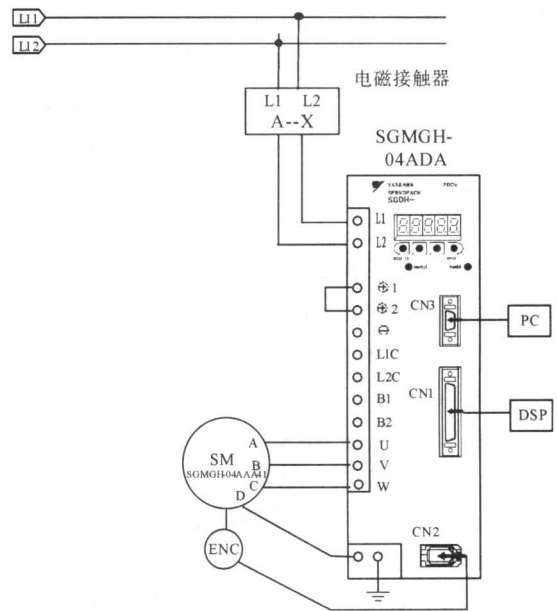


图 2 伺服电机连接图

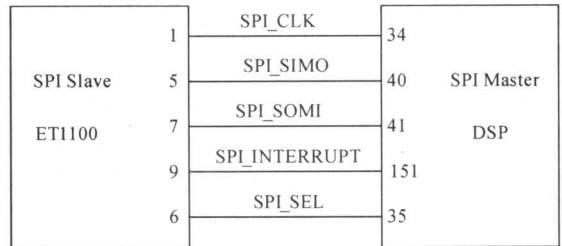


图 3 ET1100 和 DSP 连接图

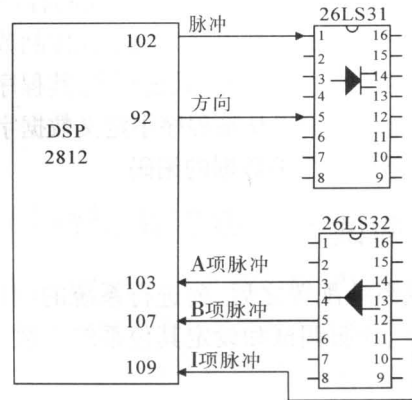


图 4 DSP 与 26LS31/32 的连接图

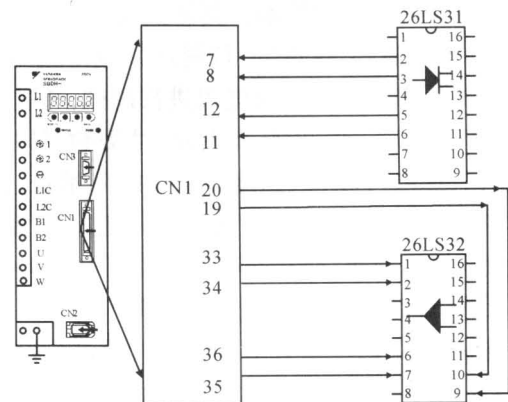


图 5 伺服单元与 26LS31/32 连接图

差分信号 需要把 DSP 输出的脉冲信号转换成差分信号，并把反馈的差分信号转换成 TTL 信号引入 QEP，在该系统中用 26LS31 和 26LS32 芯片完成转换。具体连接图如图 4、图 5 所示。

### 3 系统配置

在完成系统总体设计与硬件搭建后，需要进行系统软件的开发与相关参数的配置。包括：系统配置文件的编写、PLC 程序的编写、NC 参数的设置和 DSP 应用程序的编写。

(1) 本研究编写 ADX CNC 数控系统的 INIT 和 ServoWorks\_ETHERCAT 配置文件，使其支持 EtherCAT 网络通信协议并规定其相应的控制方式，以保证信号的正常传输以及系统的正确运转。

(2) ADX CNC 数控系统中有内置的 PLC 引擎，本研究通过编写 PLC 文件(LAD 文件)控制系统所需的辅助运动，使系统按正确的时序运行。主要包括急停、进给倍率、进给方向、循环启停等。

(3) 在系统运行前，应该对系统进行正确的参数设定，主要包括：保留 X 轴屏蔽其他轴、编码器每转距离和位置超差、电机额定转速和最高转速、编码器分辨率、加减速时间以及回零方式等参数。

(4) 本研究用 C 语言对 DSP 进行从站应用程序的编写，主要包括两个部分：位置控制程序和网络从站接口程序。位置控制程序为周期性控制数据和反馈数据的传输，采用中断的方式进行<sup>[7]</sup>。其程序中断流程如图 6 所示。在网络从站程序中定义数据字典进行控制数据的解码和反馈数据的编码。

### 4 系统调试

在完成系统配置之后，要进行系统的调试，包括电气的检查、伺服调试和设定其他系统参数，其中最主要的是伺服调试。

伺服系统性能的好坏对整个运动控制的精度、响应性、稳定性有很大的影响，其调试内容主要包括 3 个反馈环(即电流环、速度环、位置环)。系统上电后，首先要对安川伺服驱动器及电机进行调试，通过安川伺服调试软件 SigmaWin100 来完成。主要包括以下参数：惯量比、速度环增益、速度环积分时间常数、位置环增益、位置环积分时间常数等。可以通过模拟电压输出看响应图来检查伺服的响应性。由于电流环中已经确保了充分的响应性，不需要进行调节<sup>[8]</sup>。

除伺服调试外，本研究对系统电气要进行检查调试，还需要设定其他系统参数，以使系统能满足运动控制的要求。经调试后，系统在五轴运动平台上平稳、

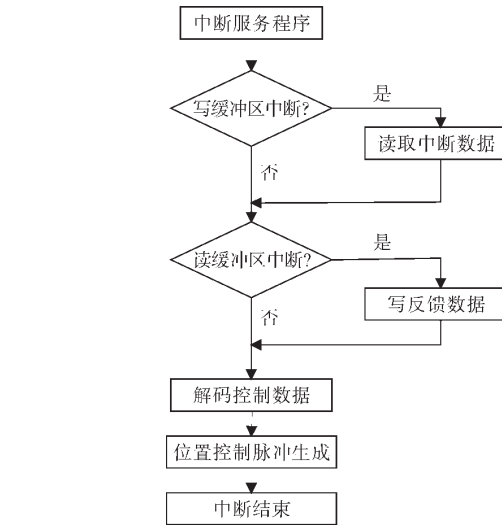


图 6 程序中中断流程图

准确地运行，无振动且误差很小，达到设计的目的。

### 5 结束语

EtherCAT 工业以太网和纯软件开放式数控系统是未来数控行业的发展趋势，该系统利用将 ADX CNC 数控技术与 EtherCAT 现场总线技术结合，设计出一套结构简单、响应快、开放性好且成本低的伺服运动控制系统，经过调试后，本研究在五轴运动控制平台上进行长时间的测试，该系统运动控制精度高、稳定性好，达到了很好的控制效果。该系统可以被运用到实际的机床上，以提高机床的各方面的性能，更真实地体现 EtherCAT 现场总线在工业应用中的优势。

#### 参考文献(References)：

- [1] Soft Servo System ,Inc. . ServoWorks CNC Setup and Integration Manual for the EtherCAT Interface System[M]. Soft Servo System ,Inc. 2010.
- [2] 陈 华.一种基于串口通信的数控手轮连接方案[D]. 厦门 :厦门大学物理与机电工程学院 2010.
- [3] BECKHOFF ,Inc.. EtherCAT EL9800 Basisplatine [M]. BECKHOFF ,Inc. , 2009.
- [4] 谢宝吕 ,任永德. 电机的 DSP 控制技术及其应用[M]. 北京 :北京航空航天大学出版社 2005.
- [5] Soft Servo System ,Inc.. Operator's Manual for ServoWorks S-100M S-120M and S-140M[M]. Soft Servo System ,Inc. , 2008.
- [6] EtherCAT Technology Group. EtherCAT Communication [M]. EtherCAT Technology Group 2008.
- [7] 谢香林. EtherCAT 网络及其伺服运动控制系统研究[D]. 大连 :大连理工大学电子信息工程学院 2008.
- [8] 李 寅. 纯软件开放式数控系统的研究及其在加工中心上的应用[D]. 厦门 :厦门大学物理与机电工程学院 2009.

[编辑 张 翔]