

基于 DeviceNet 的智能执行器设计

张世荣, 李昌禧

(华中科技大学 控制科学与工程系, 湖北 武汉 430074)

摘要: 设计了基于 DeviceNet 现场总线的智能执行器, 具体介绍了执行器的控制器、驱动器及 DeviceNet 接口。在 PC 机上插入一块控制局域网(CAN)适配卡并与 OMRON 的 DeviceNet 主站连接组成 DeviceNet 的调试环境。首先在 PC 机上用 C++ Builder 实现了 DeviceNet 应用层协议, 再将协议的实现代码移植到执行器的控制器。针对智能执行器的特点, 设计并实现了一种简单有效的执行器控制方案。设计完成的 2 个节点与 OMRON DeviceNet 主站节点连接进行了一致性测试, 节点间能可靠通信, 结果表明智能执行器的控制方案效果较好。

关键词: 智能执行器; DeviceNet 协议; 控制; 现场总线

中图分类号: TP 216; TN 820.3+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-6047(2005)07-0072-03

20 世纪 80 年代起, 国外相继推出了符合各种现场总线标准的智能执行器^[1], 在工业现场取得了较好的应用效果。我国也在这方面进行了研究, 并开发了一些带现场总线接口的智能执行器^[2,3]。本文设计一种带 DeviceNet 现场总线接口的智能执行器, 该执行器具有软伺放、符合 DeviceNet 现场总线通信标准、零点调整、行程调整、超限保护、超时保护等功能。设计完成的智能执行器与 OMRON 公司的 DeviceNet 主站(C200Hα 系列 PLC 的 DRM21 单元)进行了连接。

1 智能执行器设计与实现

1.1 DeviceNet 现场总线技术

本文设计的智能执行器符合 DeviceNet 总线标

准。DeviceNet 现场总线采用先进的通信概念和技术, 具有低成本、高效率、高性能、高可靠性等优点。DeviceNet 的物理层和数据链路层继承自控制局域网 CAN(Controller Area Network), 而在应用层上使用对象模型描述, DeviceNet 使用抽象对象模型描绘设备间的通信关系, 使用对象模拟设备功能, 则对象的集合就刻画了设备的整体功能。DeviceNet 还可以通过设备描述实现不同制造商生产的同类设备的互换性、互操作性和功能一致性。

1.2 智能执行器硬件设计

智能执行器的硬件结构如图 1 所示。

智能执行器以单片机为核心, 通过 DeviceNet 总线从分布式控制系统(DCS)或可编程控制器(PLC)等接收位置给定值, 同时通过 A/D 转换获得位置反

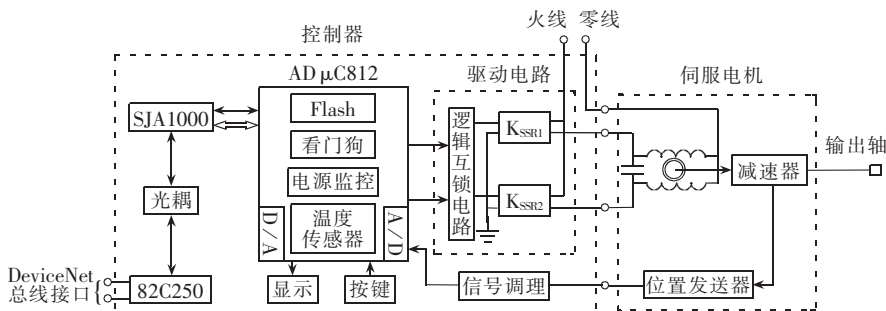


图 1 智能执行器硬件结构图

Fig.1 The hardware structure of intelligent actuator

馈值, 并使用一定的控制算法控制伺服电机的旋转方向及旋转角度以实现反馈值与给定值相等。设计时 CPU 采用 ADμC812, 它具有与 51 兼容的内核, 其片内集成了模数转换器(ADC)和数模转换器(DAC), 具有 8kByte Flash 程序存储器、640 Byte 的 Flash 数据存储器器和 256 Byte 的 RAM。ADμC 812

片内还集成了看门狗和电源监控电路, 只需扩展较少的外围器件就可以构成系统。

DeviceNet 采用 CAN 的物理层和数据链路层协议, 故 DeviceNet 现场总线在硬件设计上与 CAN 类似。在智能执行器设计中, CAN 控制器采用 Philips 公司的 SJA1000, 收发器采用 PCA82C250 芯片。为提高可靠性, 在 PCA 82C250 的 TXD, RXD 引

脚与 SJA1000 的 TX0,RX0 引脚之间光电隔离^[4-7]。
执行器的驱动电路如图 2 所示。

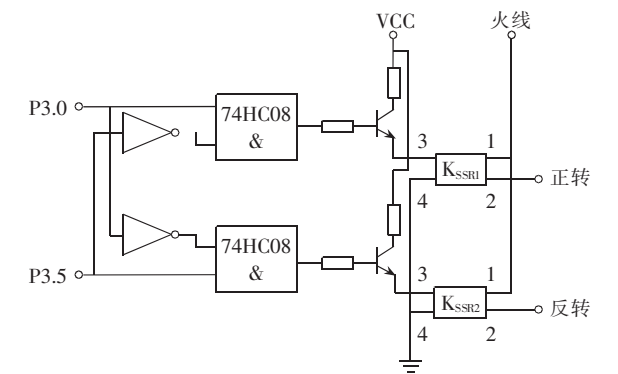


图 2 逻辑互锁电路
Fig.2 The logic blocking circuitry

控制器的输出 (P3.0,P3.5) 控制伺服电机的正转、反转以及停止,进而控制执行器位置与给定值相等。AD μ C812 的控制输出首先通过逻辑互锁电路,再控制 2 个固态继电器 (K_{SSR1},K_{SSR2}) 接通或断开以控制伺服电机 2 个线圈通电或断电 (电机正转或反转),其中,逻辑互锁电路用于确保 2 个固态继电器不同时接通,防止电机烧毁。图 2 表示了互锁电路的实现;其真值表如表 1 所示,从表 1 可以看出,通过逻辑互锁电路后,电机的 2 个线圈不会同时通电,电机出现正转、反转和停止 3 种状态。

表 1 逻辑互锁电路真值表
Tab.1 True table of the logic blocking circuitry

P3.0	P3.5	K _{SSR1}	K _{SSR2}	电机状态
0	0	不导通	不导通	停止
0	1	不导通	导通	反转
1	0	导通	不导通	正转
1	1	不导通	不导通	停止

1.3 DeviceNet 接口软件设计

智能执行器的软件主要包括初始化,DeviceNet 应用层协议实现,电机控制,按键、显示处理,A/D 转换及保护处理等部分。其中 DeviceNet 应用层协议实现及电机控制 2 部分是程序的核心。根据智能执行器的功能、需要传输的数据量以及在控制系统中的地位,本文将智能执行器设计为仅限组 2 从站,不具有 UCMM(UnConnected Message Manager)能力,使用预定义主/从连接组 (predefined master/slave connection set) 与主站通信。预定义主/从连接组有多种报文,在智能执行器中,由于输入、输出点数不多,故选用轮询命令/响应报文通信。在实现 DeviceNet 应用层协议时,本文没有采用 DeviceNet 开发工具,而是选择自己编程实现的方式。为了便于协议的开发和完善,先在 PC 机上实现 DeviceNet 协议,再将 PC 机上实现的程序代码移植到单片机中。采用这种开发顺序,在实现协议时可借用 PC 机丰富的软件工具及完善的调试手段,比直接在单片机上实现协议可行且效率更高。为了在 PC 机上搭建一个 DeviceNet

协议的调试环境,在 PC 机上使用了一块 CAN 适配卡,与 OMRON 公司的 DeviceNet 主站连接,便于协议的开发与测试。在 PC 机上使用 C++ Builder 实现 DeviceNet 应用层协议,物理层和数据链路层由 CAN 适配卡及其驱动程序实现。在 PC 机上实现了 Device Net 协议后再将程序代码移植到单片机,单片机程序用 C51 设计,故程序移植的工作不是太大^[4-7]。

2 执行器控制方案设计

智能执行器的位置是由单片机通过一定的控制算法控制的,执行器运行过程中,单片机采集位置反馈信号,并与设定值比较。在进行控制算法设计时,必须依据被控对象的特点进行。执行器伺服电机运转过程中存在惯量,而且电机在启、停过程中存在一个最小移动间距,这些问题都会影响执行器的灵敏度和精度。故智能执行器控制算法设计的中心问题是如何克服此 2 个问题对控制性能带来的负面影响。本文针对执行器伺服电机的特点,将设定值与反馈值之间的差值定义为偏差 (error),同时,在控制算法中定义了 2 个偏差限值:即第一偏差带 E_1 ,第二偏差带 E_2 ,且 $|E_1| > |E_2|$ 。 E_2 就是控制死区,当偏差值落入偏差带 E_2 ,表示控制偏差已经进入允许范围内,电机停止。偏差带 E_1 的作用是当偏差绝对值 $> |E_1|$ 时,电机连续旋转;当偏差绝对值落入 E_1 时,控制输出呈方波型式,使得电机一步一步转动,执行器输出位置逐渐逼近给定值,电机的旋转方向由偏差的正负符号决定。图 3 表示了位置设定值阶跃输入时,位置反馈值、偏差值及控制输出的变化过程。这种控制方案既可减小电机停止时的惯量,从而减小超调量,又不会增加执行器的行程时间。

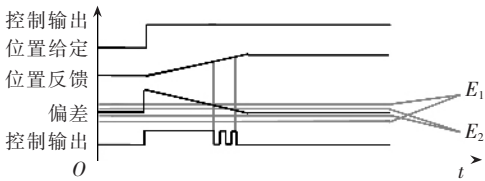


图 3 执行器控制过程
Fig.3 The control process of actuator

3 实验系统与结果

为了测试基于 DeviceNet 现场总线智能执行器的性能,搭建的实验平台配置如图 4 所示。

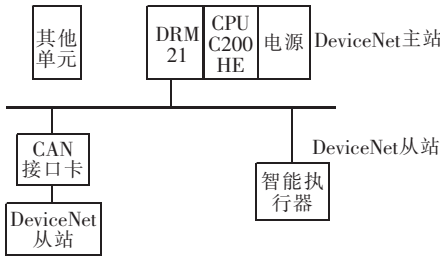


图 4 实验系统
Fig.4 The experimental system

在 OMRON C200H α 系列 PLC 上配置 1 个 DeviceNet 主站-DRM21 单元,将智能执行器连接到 DeviceNet 总线,同时用 PC 实现的 DeviceNet 节点也接入系统,这样就搭建了有 1 个 DeviceNet 主站和 2 个 DeviceNet 从站的控制系统,执行器位置给定值由控制器 PLC 设置,基于 PC 的从站节点用于监控执行器的运行状况以便于分析。经过测试,2 个 DeviceNet 从站节点都成功实现了 DeviceNet 应用层协议,可以与主站可靠地通信。智能执行器的控制方案也经过了测试,将第一偏差带 E_1 、第二偏差带 E_2 取不同的值分别进行了试验。图 5 表示当 $E_1=\pm 10\%$, $E_2=\pm 1\%$ 时,执行器的阶跃响应曲线。可以看出,控制超调量很小而且几乎不增加执行器的行程时间。

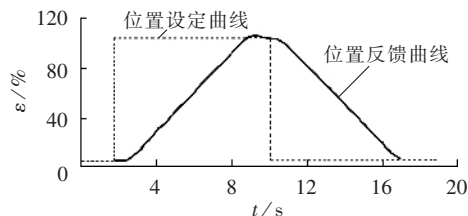


图 5 智能执行器阶跃响应曲线

Fig.5 The step response of intelligent actuator

4 结论

本文设计的智能执行器支持 DeviceNet 现场总线,具有较好的应用前景。在进行 DeviceNet 应用层协议实现时,先在 PC 机上搭建一个 DeviceNet 协议的开发、调试环境,在 PC 机上实现应用层协议,然后再将协议实现的程序代码移植到单片机中,这种开发步骤比直接在单片机上实现应用层协议合理,取得了较好效果。针对执行器伺服电机的特点,设计了一种简单有效控制方案。与 OMRON PLC 连接测试的结果表明,本文设计的基于 DeviceNet 的智能执行器在通信及控制上都取得了较好的性能。

参考文献:

- [1] 蔡立虹,陶煜,庞彦斌.符合现场总线的智能执行机构[J].工业仪表与自动化装置,2000,(3):61-63.

CAI Li-hong,TAO Yu,PANG Yan-bin. Smart actuators in accordance with fieldbus standards[J]. **Industrial Instrumentation & Automation**,2000,(3):61-63.

- [2] 刘建娟,王福忠,苏波,等. HART 现场总线型智能电动执行机构的硬件设计[J]. 电工技术杂志,2003,(9):85-87.
- LIU Jian-juan,WANG Fu-zhong,SU Bo,*et al.* Hardware design of fieldbus electric actuator based on HART protocol[J]. **Electro Technical Journal**,2003,(9):85-87.
- [3] 黄友锐,胡以华.带 PROFIBUS-DP 接口的智能变频器开发[J]. 仪器仪表学报,2003,24(4):429-432.
- HUANG You-rui,HU Yi-hua. The development of intelligent frequency converter with PROFIBUS-DP interface[J]. **Chinese Journal of Scientific Instrument**,2003,24(4):429-432.
- [4] 吕平宝,谢剑英.基于 SJA1000 的 DeviceNet 通信节点控制器的设计[J]. 仪器仪表学报,2002,23(3):279-280.
- LÜ Ping-bao,XIE Jian-ying. Design of SJA1000 based DeviceNet communication node controller[J]. **Chinese Journal of Scientific Instrument**,2002,23(3):279-280.
- [5] 贾青. DeviceNet 技术其产品开发[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2001,(1):26-31.
- JIA Qing. DeviceNet technology and DeviceNet product Development[J]. **Microcontrollers & Embedded System**,2001,(1):26-31.
- [6] 黄恒,李叶松.基于 DeviceNet 技术的仅限组 2 从设备设计[J]. 电工技术杂志,2004,(6):50-53.
- HUANG Heng,LI Ye-song. The design of a group 2 only slave device based on DeviceNet[J]. **Electro Technical Journal**,2004,(6):50-53.
- [7] FANG Xiao-ke,HUANG Min,WANG Jian-hui. Development of deviceNet fieldbus intelligent node[A]. **Proceeding of the 5th World Congress on Intelligent Control and Automation**[C]. Hangzhou, China: [s. n.],2004. 1396-1440.

(责任编辑:汪仪珍)



作者简介:

张世荣(1975-),男,四川犍为人,博士研究生,研究方向为检测、控制与管理一体化技术(E-mail:zh_sh_r@sohu.com)。

Design of intelligent actuator based on DeviceNet

ZHANG Shi-rong,LI Chang-xi

(Dept. of Control Sci. & Eng.,Huazhong Univ. of Sci. & Tech.,Wuhan 430074,China)

Abstract: An intelligent actuator based on DeviceNet fieldbus is designed. Its controller,drive circuit and DeviceNet interface are introduced. A PC with CAN interface card is connected to an OMRON's DeviceNet master to form a design and debugging environment. The DeviceNet application protocol is programmed and coded in PC using C++ Builder and then downloaded to the controller of the intelligent actuator. A simple and effective control scheme is designed for the intelligent actuator. An intelligent actuator and a PC-based DeviceNet node are connected to an OMRON's DeviceNet master to test their consistency performance. The result shows its reliable communication and perfect control effect.

Key words: intelligent actuator; DeviceNet protocol; control; fieldbus