

组合机床和自动化加工技术 2008.01

基于 PCI 和 DSP 构架的固化协议 SERCOS 通讯卡研究

马方魁 郇 极

(北京航空航天大学 机械工程及自动化学院, 北京 100083)

摘 要: SERCOS 是一种专用于数控单元与数字伺服装置及 PLC-IO 之间实现实时数据通讯的国际标准协议。本文介绍了一种基于 PCI 和 DSP 构架的固化协议 SERCOS 主站通信卡, 该卡集成了数控系统操作面板输入/输出接口, 作为外设接口卡使用, 大大简化了数控系统的硬件结构。

关键词: SERCOS; 固化协议卡; PCI; DSP

中图分类号: TP336 **文献标识码:** A

Research of Active SERCOS card based on PCI and DSP

MA Fang-kui HUAN Ji

(School of Mechanical Engineering & Automation, BeiHang University, BeiJing 100083, China)

Abstract: SERCOS is a international standard protocol, and it provided a realtime data exchange interface between NC unit and digital drives & PLC-IO. A active SERCOS master card based on PCI bus and Digital Signal Processor was introduced. The card supplied also the input and output interfaces of NC system. The hardware structure of NC system will be simple when it was used as the external interface card of NC equipment.

Keywords: SERCOS; Active Card; PCI; DSP

0 前言

SERCOS (Serial Real-time Communication Specification) 是一种专用于在工业机械电气设备的控制单元与数字伺服装置及 PLC-IO 之间实现串行实时数据通讯的协议标准^[1]。1995 年, 被批准为国际标准 IEC 61491。

SERCOS 接口采用主、从站结构, SERCOS 主站指控制单元加 SERCOS 主站卡, 从站指伺服装置加 SERCOS 从站卡。实际应用中, 从站由伺服制造商提供, 其通讯和控制程序按照 SERCOS 标准协议编写; 主站驱动及控制程序则需控制机开发商编写。SERCOS 接口的内部机理决定了在运行系统时首先必须进行复杂的初始化操作过程^[2]。目前仅少数国外大公司进行 SERCOS 接口的主站驱动程序开发。比较典型的是 Rexroth Indramat 公司的主动式主站卡 SERCANS 及其软件化产品 SoftSERCANS^[3]。SERCANS 由固化在卡上的微处

理器软件执行 SERCOS 环路的初始化过程和通讯管理, 通过双端口 RAM 与上位机进行数据共享。SoftSERCANS 是 SERCANS 的软件化版本, 以动态链接库的形式实现了 SERCANS 的功能, 并对 WINDOWS 平台进行必要的实时扩展保证实时性。在国内, 北京航空航天大学开发了一种基于 ISA 总线的 SERCOS 通讯卡^[4], 应用在 DOS 或 Win32 平台下, 需要 SERCOS 接口主站驱动程序, 使用比较复杂。

主站驱动程序开发的技术难度限制了国内对 SERCOS 接口这种先进技术的推广应用, 而国外公司由于技术上的保密, 很难了解其具体的技术细节。为此, 本文研究了一种基于 PCI 和 DSP 构架的固化协议 SERCOS 通讯卡(以下简称 PASC 卡), 通过 HPI (Host Port Interface) 接口与上位控制机进行数据交换, 电路结构简单, 通过简单的控制协议即可实现 SERCOS 主站操作, 大大降低了使用 SERCOS 接口技术的难度。

1 SERCOS 协议简介

如图 1 所示，SERCOS 接口采用环型拓扑结构实现数据的双向传输，由一个主站（控制单元）和若干个从站（伺服或 PLC-IO）组成。各站间采用光纤连接，最大伺服节点数为 254，站间最大距离为 40m（塑料光纤）或 800m（玻璃光纤），支持的数据传输率为 2、4、8、16Mb/s。

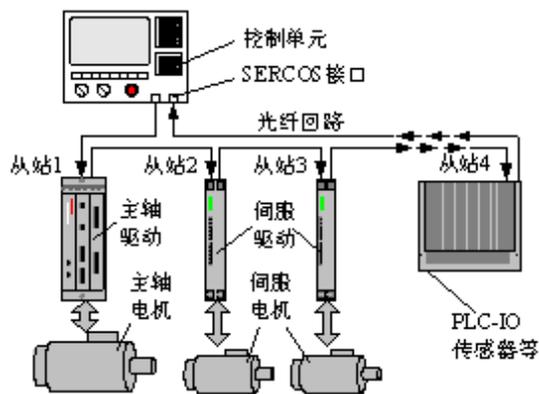


图 1 SERCOS 系统硬件结构

SERCOS 定义了三种数据类型：主站同步电报 MST、伺服电报 AT 和主站数据电报 MDT。MST 由主站以固定通讯周期发向所有从站，用于同步主、从站间的通讯时序；AT 由各从站发往主站，向主站反馈从站的实时信息；MDT 由主站发往各从站，向所有从站发出控制指令。通过 AT 和 MDT，SERCOS 主、从站之间可以传送如下信息^[5]：

- 1) 位置指令和实际位置
- 2) 速度指令和实际速度
- 3) 扭矩指令和实际扭矩
- 4) 伺服和电机参数
- 5) 伺服状态和报警
- 6) 控制方式命令

SERCOS 接口进入正常通讯状态需经过如下 5 个通讯阶段：

- 1) 通讯阶段 0 (CP0)：检查环路是否闭合；
- 2) 通讯阶段 1 (CP1)：识别从站；
- 3) 通讯阶段 2 (CP2)：配置通讯参数；
- 4) 通讯阶段 3 (CP3)：设置伺服参数；
- 5) 通讯阶段 4 (CP4)：正常运行阶段。

SERCOS 系统进入正常运行状态后，其工作时序如图 2 所示。系统通讯周期 T_{scyc} 、各 AT 的发送时刻 $T1.1$ 、 $T1.2$ 、...、 $T1.n$ 及 MDT 的发送时刻

T2 由主站在 CP2 阶段配置。

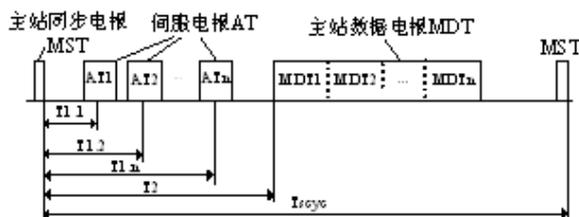


图 2 SERCOS 工作时序

2 系统构架

(1) 硬件总体结构

PASC 卡硬件总体结构如图 3 所示。系统以 TI 公司的 TMS320C6713 DSP、PLX 公司的 PCI9052 接口芯片及 ST 微电子公司的 SERCOS 接口控制芯片 SERCON816 为基础，采用 Altera 公司的 EPM3128 CPLD 实现 PCI 接口与 DSP 之间的电平及逻辑转换，并集成电子手轮和 32 位通用 I/O 接口。PASC 卡作为数控系统的外设接口卡使用，简化了数控系统的硬件结构。

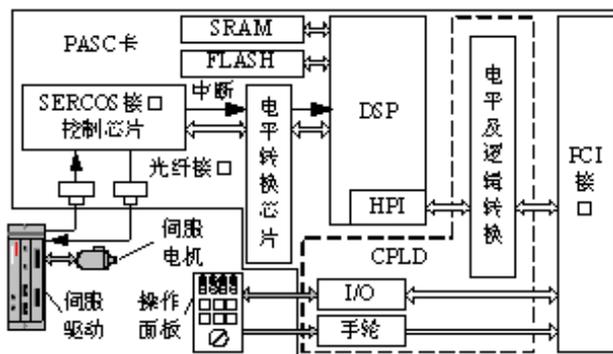


图 3 硬件总体结构

TMS320C6713 是 TI 公司推出的一款高性能浮点 DSP 芯片，具有增强型 HPI 接口，可实现 1800MIPS/1350MFLOPS 的定点和浮点运算，是目前性价比最高的浮点处理器之一。PCI9052 是 PLX 公司为扩展适配卡而推出的一种高性能 PCI 总线目标模式接口芯片，遵照 PCI2.1 规范，支持复用或非复用模式的 8、16 或 32 位局部总线，总线传输速率达 132Mb/s。SERCON816 是 ST 微电子公司的第二代 SERCOS 接口控制芯片，集成 SERCOS 接口的物理层和数据链路层协议，兼容 SERCON410B，支持的最高数据传输率为 16Mbit/s。

TMS320C6713 的工作电压为 3.3v，而 PCI9052 和 SERCON816 芯片的工作电压均为 5V，因此它

们之间的物理连接需要经过电平转换。TMS320C6713 与 SERCON816 间的电平转换芯片为 SN74ALVC164245; PCI9052 与 TMS320C6713 之间通过增强型 HPI 接口进行通讯, CPLD 芯片实现了该接口连接的电平和逻辑转换, 也集成了电子手轮和 I/O 接口电路。SRAM 提供上位机与 DSP 间的进行数据交换的存储空间, FLASH 用于存储系统软件和参数。

(2) HPI 接口

TMS320C6713 的 HPI 是一个 16 位宽的并行端口。上位机掌管着该端口的主控权, 可通过 HPI 直接访问 TMS320C6713 的存储空间和外围设备。TMS320C6713 的芯片结构决定了它与上位机间所有的数据交换都是 32 位宽度, 而 HPI 端口为 16 位, 所以每次数据访问需分两次进行存取。由 HPI 自动将两个连续的 16 位数据合成 32 位或是反向分解。因此, PASC 卡协议分区的最小单位为 32 位。

HPI 使用数据寄存器 (HPID)、地址寄存器 (HPIA) 和控制寄存器 (HPIC) 来完成和上位机的通讯。上位机可对这三个寄存器进行读写, 而 TMS320C6713 只能对 HPIC 进行访问。上位机对 HPI 的访问顺序为: 初始化 HPIC, 初始化 HPIA, 从 HPID 寄存器读取或写入数据。

HPI 接口的数据传输率可达 20Mbit/s, 完全可以满足 PASC 卡与上位机进行数据交换的需要。

3 SERCOS 固化协议卡工作原理

PASC 卡根据用户配置的要求, 由 DSP 自动完成 SERCOS 接口的初始化及系统管理进程。用户只需按照一定的时序向 SRAM 输入精简指令数据, 并读取返回状态数据即可。上位机通过 HPI 接口与 DSP 共享其外扩 SRAM。

(1) SRAM 分区

PASC 卡上, SRAM 作为与上位控制机进行数据交换的枢纽, 其分区如图 4 所示, 按照用途不同分为 SERCOS 协议区和固化协议区。

SERCOS 协议区为只读区, PASC 卡把 SERCON816 芯片的内部数据 (包括内部 RAM 和控制寄存器) 映射到该存储区, 可直接读取其中数据实现系统诊断。固化协议区按照不同的功能又可分为三个数据子分区: 系统管理通讯区、周期性数据交换区和系统配置区。

系统管理区长度固定为 1K 字 (1K×16 位), 用于通讯系统的管理和控制。用户通过非实时命令来启动用户进程或系统管理进程, 以对 SERCOS 通讯系统进行管理。通过系统控制字中的命令使能位和系统状态字中的命令状态位的握手保证命令的正确执行。系统控制字和命令参数用于上位机向 PASC 卡发出控制管理命令, 目前支持的命令有系统初始化命令、伺服参数读写命令、协议卡复位命令等; 系统状态字和命令返回值用于显示命令的执行状态, 如果命令执行错误, 则返回诊断信息。

周期性数据交换区用于实时数据 (MDT、AT) 的交换, 通常在周期性的中断服务程序中完成的。实时数据包括实时位置指令/反馈数据、实时速度指令/反馈数据等。为保证当上位机使用非硬实时操作系统时的正常工作, 系统设计了一定的数据缓冲区。

系统配置区用于存储用户提供给 PASC 卡的配置参数, 包括建立 SERCOS 通讯必须的通讯配置参数 IDX、伺服配置参数 IDN 以及电报配置参数 IDLS。这些配置数据由用户按照预定的格式写入, DSP 在通讯建立前读取, 指导 SERCOS 接口完成其初始化过程。配置参数的每个数据块都包含有数据编号、数据长度、对应从站号以及数据值。

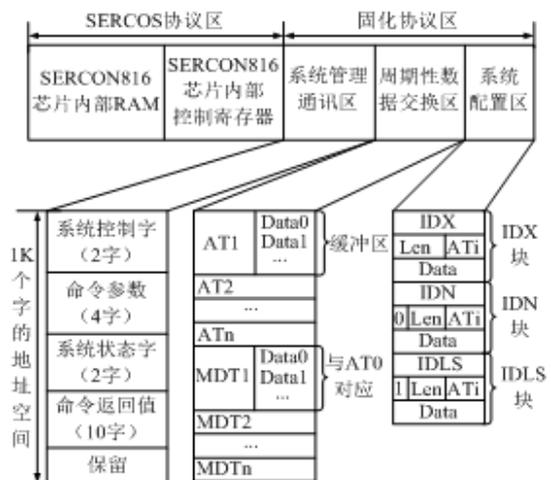


图 4 SERCOS 固化协议分区

(2) 周期性通讯时序

PASC 卡周期性通讯时序如图 5 所示。

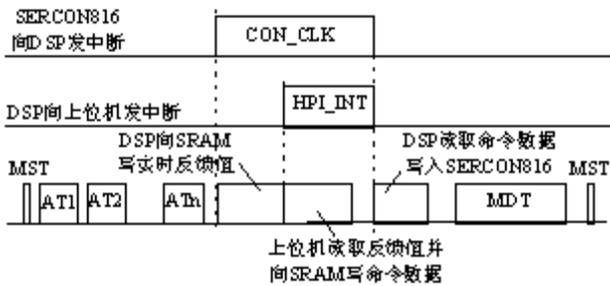


图 5 固化协议 SERCOS 通讯卡工作时序

SERCON816 发送主站同步电报 MST 标志着上一次通讯周期的结束，本次周期的开始。伺服从站依次发送伺服电报 AT_i (i=1, 2, ..., n)，SERCON816 接收到所有从站伺服电报后，向 DSP 发出中断信号 CON_CLK。DSP 响应中断，将伺服从站的实时反馈值写入周期性数据交换区后，向上位机发出中断信号 HPI_INT。上位机响应中断，读取反馈数据并向周期性数据交换区中写入新的命令值。DSP 等待 SERCON816 清除 CON_CLK 信号后，读取该命令数据并写入 SERCON816。由 SERCON816 发送主站数据电报 MDT 给伺服从站。最后发送 MST，结束本次通讯周期，并启动下一次通讯周期。

4 电子手轮采样原理

电子手轮是数控机床、测量中心等设备常用的手动操作元件，实际上是一个增量式手动编码器，其输出是相位相差 90° 的正交脉冲。

PASC 卡上的接口采用 CPLD 编程完成，采样频率为 16MHz，由鉴相电路、可逆计数器及数据缓冲区组成，如图 6 所示。鉴相电路将输入的 A、B 向正交脉冲变换成一路正向脉冲 (P) 和一路反相脉冲 (N)，鉴相电路原理参见文献[6]；可逆计数器用于记录鉴相电路输出脉冲个数的增量，当鉴相电路输出一个正向（反相）脉冲时，可逆计数器值加（减）一；数据缓冲区用于保存可逆计数器的值。

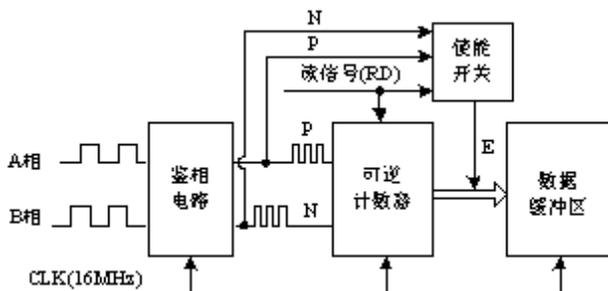


图 6 电子手轮采样原理

实际上，上位机在固定周期中读到的手轮增量值即是数据缓冲区中的数据。当上位机读数据缓冲区并清除可逆计数器中增量值时，可能可逆计数器正在计数或数据缓冲区正在接收新的数据，产生数据读写冲突。为保证数据的完整性，需要引入上位机读信号 (RD)，当鉴相电路没有输出且 RD 信号为低时才清除可逆计数器。并添加“使能开关”，其输出 E 与鉴相器输出 P 和 N 间的逻辑表达式如下：

$$E = !P \ \&\& \ !N \ \&\& \ RD$$

当 E 为高电平时，允许可逆计数器数据搬移到数据缓冲区。

5 结论

本文开发的基于 PCI 和 DSP 构架的固化协议 SERCOS 通讯卡，使用户不必了解 SERCOS 接口的协议细节，通过简单的控制协议即可实现 SERCOS 主站的操作，降低了使用 SERCOS 接口技术的难度。上位机通过 HPI 接口与该卡进行数据交换，简化了电路结构。该卡同时集成电子手轮接口和 I/O 接口，可作为一种带 SERCOS 接口的标准运动控制卡结构形式，并可在满足 PCI 总线协议的任何硬件平台和操作系统环境中使用，对 SERCOS 接口技术在国内推广应用具有重大的意义。

参考文献:

- [1] International Standard: IEC 61491, Electrical Equipment of Industrial Machines-Serial Data Link for Real-time Communication between Controls and Drives, 1995.11.
- [2] 陈卫福, 杨建武. 开放式数控系统及 SERCOS 接口应用技术[M]. 机械工业出版社, 2003
- [3] 李琰, 徐殿国, 戚佳金等. SERCOS 接口应用技术研究[J]. 伺服控制, 2006, 9: 20-22
- [4] 郇极, 尹旭峰. 数字伺服通讯协议 SERCOS 驱动程序设计及应用[M]. 北京航空航天大学出版社, 2005
- [5] 郇极. CNC 系统数字伺服接口协议 SERCOS[J]. 机械工业自动化, 1997, 6(10): 33-35
- [6] 贺中堂, 许苏晓. 数字鉴相倍频器的逻辑设计[J]. 实验室研究与探索, 2000(2): 94-96

