

数字伺服通讯协议**SERCOS** 驱动程序设计及应用

郇 极 尹旭峰 编著

数字伺服通讯协议 SERCOS

驱动程序设计及应用

郇 极 尹旭峰 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

SERCOS(国际标准 IEC 61491, 国家标准 GB/T 18473—2001)是一种专门用于在工业机械电气设备的控制单元与数字伺服装置及可编程控制器之间实现串行实时数据通讯的协议标准。本书首先简要介绍其发展历程、现状和系统组成原理;然后详细介绍其协议内容和用于实现其物理层和数据链路层协议的集成电路芯片 SERCON410B 和 SERCON816,并给出了一个 ISA 总线 SERCOS 接口卡设计实例;接着介绍 DOS 和 Windows 98 操作系统下 SERCOS 主站和从站驱动程序设计,给出了关键的程序流程图和主要程序源代码;最后介绍 ISA 总线 SERCOS 主站固化协议卡设计实例。

本书不但注重对原理和标准的介绍,而且提供了大量设计和开发示例。硬件设计实例都已用于实际数控系统,驱动程序示例全部通过严格测试。本书可作为工业自动化和计算机控制专业类研究生教材或教学参考书,亦可作为 SERCOS 接口开发技术人员的工具书。

图书在版编目(CIP)数据

数字伺服通讯协议 SERCOS 驱动程序设计及应用/郇极
等编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2005.9
ISBN 7-81077-669-X

I. 数… II. 郇… III. 伺服系统—通信协议—程
序设计 IV. TP275

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 062248 号

数字伺服通讯协议 SERCOS

驱动程序设计及应用

郇 极 尹旭峰 编著

责任编辑 蔡 喆

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhp@263.net

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:18.75 字数:480 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷 印数:2 000 册

ISBN 7-81077-669-X 定价:35.00 元

前 言

SERCOS(Serial Real-time Communication Specification, 串行实时通讯协议)是一种专门用于在工业机械电气设备的控制单元与数字伺服装置及可编程控制器之间实现串行实时数据通讯的协议标准。

1990年,德国一些著名的数控系统和伺服系统制造商,如SIEMENS、INDRAMAT、BOSCH、AMK,以及一些重要的科研机构共同发起成立了SERCOS协会,目的是要在德国建立一个统一的CNC(Computer Numerical Control, 计算机数字控制)单元与数字伺服装置之间的接口标准,从而保证遵循此标准开发出的相关设备具有良好的互换性。1992年,该标准被提议为德国和国际标准DIN/IEC 44。1995年,该标准被批准为国际标准IEC 61491。从此,SERCOS协议被欧洲多个国家及美国和日本数控系统和伺服系统制造商广泛接受,并开始开发和生产符合该协议的产品。该协议的应用成为自20世纪90年代末以来伺服技术的一个重要发展方向,其应用领域也从最初的数控机床扩大到各类数控机床。

数字伺服装置的出现是数控技术发展史上一个重要的里程碑。采用数字伺服装置,使所有指令值和实际值都能在一个微控制器内完成处理,不但能实现传统的扭矩环和速度环控制,而且能在极短的时间内完成精插补,实现位置环控制。与使用模拟伺服装置相比,采用数字伺服装置能获得更高的加工精度和加工速度,且控制硬件简单,系统的复杂性和成本都大大降低。

伴随着数字伺服装置的发展,如何实现控制单元与数字伺服装置之间的数据通讯成为一个关键问题,即必须为控制单元和数字伺服装置配备合适的数字接口。实践证明,采用SERCOS接口连接控制单元和数字伺服装置,实现串行实时数据通讯,具有以下优点:简化控制单元和伺服装置之间的接线;简化控制硬件,使调试更方便;可以传输参数、指令和状态等数据;数据传输没有漂移,可以实现远距离控制。

作为一种专门用于控制单元和数字伺服装置之间的串行实时数据通讯接口,SERCOS以其优良性能被世界众多占主导地位的数控系统制造商和机床生产厂所选用。更为重要的是,国际电工委员会(International Electro-technical Commission)于1995年批准其为国际标准IEC 61491,英文全称为:Electrical equipment to industrial machines-Serial data link for real-time communication between controls and drives,为其在世界范围的推广与应用打下了坚实基础。

日前,全国工业机械电气系统标准化技术委员会制定了与SERCOS国际标准IEC 61491相对应的国家标准:《GB/T 18473-2001 工业机械电气设备控制与驱动装置间实时串行通讯数据链路》,由国家质量监督检验检疫总局于2001年10月24日发布,2002年4月1日开始执行。

虽然国际标准和国家标准的颁布都已有一段时间,但我国对SERCOS应用技术的研究尚处于起步阶段,特别是在SERCOS驱动程序设计方面,相关介绍和技术资料非常少。而国外的SERCOS软硬件产品技术附加值高,价格昂贵,不利于在国内工业自动化领域中推广使用。为了推动SERCOS技术在国内的应用与发展,有必要对其系统原理、协议内容,特别是软硬件

设计方法,进行系统全面的介绍。

本书的章节安排如下:

第1章为 SERCOS 概述,简要介绍 SERCOS 的发展历程、现状和系统组成原理。

第2章介绍 SERCOS 协议,主要内容包括:物理层、数据链路层、报文结构、工作时序、非周期数据的结构和传输、周期数据的配置和传输、伺服运行模式设置、SERCOS 接口初始化以及故障诊断信息等。

第3章介绍用于实现 SERCOS 物理层和数据链路层协议的集成电路芯片——SERCON410B 和 SERCON816 及相关收发器,给出一个 ISA 总线 SERCOS 接口卡的设计实例。

第4章介绍 DOS 和 Windows 3.2 操作系统下 SERCOS 主站和从站驱动程序设计,着重介绍周期性数据传输、非周期性数据传输和接口初始化的 C++ 程序实现,给出关键程序流程图和主要程序源代码。

第5章介绍 Windows 98 操作系统下基于 WDM 的 SERCOS 主站驱动程序设计,除给出基本程序框架以外,着重介绍访问 SERCOS 数据接口和挂接中断服务程序的程序实现方法。

第6章介绍 ISA 总线 SERCOS 主站固化协议卡设计。使用 SERCOS 主站固化协议卡,控制系统开发人员可以不必了解 SERCOS 协议的具体细节,而将 SERCOS 接口作为硬件来使用,用精简的协议指令实现 SERCOS 数据通讯。

本书第2章的内容是对国际标准 IEC 61491(英文版)和国家标准 GB/T 18473—2001 的整理与汇编。第3章的部分内容参考了文献资料 1~5。本书介绍的硬件设计实例全部由作者完成,已应用于作者开发的实际数控系统。驱动程序示例以作者开发的数控系统为基础,为便于读者理解,基于作者的理论知识和多年的开发经验,对部分程序源代码做了必要的组织和整理,希望能够引导读者学习和掌握 SERCOS 接口技术。

在本书的撰写过程中,力求体系合理,概念准确,文理清楚,用词规范。但由于作者水平所限,对于书中疏漏及不妥之处,欢迎广大读者予以批评指正。

作 者

2004 年 10 月于北京

目 录

第 1 章 概 述	1
1.1 发展历程与现状	1
1.2 基本特性	2
第 2 章 SERCOS 协议	5
2.1 物理层	5
2.1.1 拓扑结构	5
2.1.2 数据传输线的组成	6
2.1.3 信号编码格式	7
2.2 报文基本结构	7
2.2.1 电报定界符	8
2.2.2 地址域	8
2.2.3 数据域	9
2.2.4 帧校验序列域	10
2.3 MST 报文结构	10
2.4 MDT 报文结构	11
2.5 AT 报文结构	13
2.6 工作时序	15
2.6.1 CP ₀ 阶段的工作时序	15
2.6.2 CP ₁ 和 CP ₂ 阶段的工作时序	16
2.6.3 CP ₃ 和 CP ₄ 阶段的工作时序	17
2.7 非周期性数据传输	19
2.7.1 概 述	19
2.7.2 数据块结构	19
2.7.3 服务通道数据传输机制	19
2.7.3.1 握手位	21
2.7.3.2 繁忙位	22
2.7.3.3 服务通道错误消息	23
2.7.4 服务通道初始化	25
2.7.5 过程命令功能	25
2.7.5.1 过程命令控制和过程命令应答	25
2.7.5.2 过程命令变化位	25
2.7.5.3 过程命令的执行	27
2.8 SERCOS 接口初始化	29

2.8.1	通讯阶段 0(CP ₀)	29
2.8.2	通讯阶段 1(CP ₁)	30
2.8.3	通讯阶段 2(CP ₂)	31
2.8.4	通讯阶段 3(CP ₃)	32
2.8.5	通讯阶段 4(CP ₄) —— 初始化结束	33
2.9	周期数据的配置	33
2.9.1	标准电报 0	34
2.9.2	标准电报 1	34
2.9.3	标准电报 2	34
2.9.4	标准电报 3	35
2.9.5	标准电报 4	35
2.9.6	标准电报 5	35
2.9.7	标准电报 6	36
2.9.8	用户自定义电报类型 7	36
2.10	伺服装置运行模式设置	37
2.11	故障诊断信息	38
第 3 章	SERCOS 协议器件	41
3.1	SERCON410B	41
3.1.1	概 述	41
3.1.2	引脚定义	43
3.1.3	连接微处理器的总线接口	45
3.1.3.1	地址/数据总线复用	46
3.1.3.2	片选控制	46
3.1.3.3	总线控制信号	47
3.1.3.4	数据总线宽度选择	47
3.1.3.5	双端口 RAM 的访问仲裁	48
3.1.3.6	控制寄存器	48
3.1.3.7	中 断	54
3.1.3.8	复位和低能耗	57
3.1.3.9	时 钟	58
3.1.4	连接外部设备的串行接口	59
3.1.4.1	时钟和数据再生	59
3.1.4.2	中继器	60
3.1.4.3	串行发送	60
3.1.4.4	串行接收	61
3.1.4.5	检测信号发生器和信号监视	62
3.1.5	电报处理	62
3.1.5.1	存储在双端口 RAM 中的数据	64

3.1.5.2	定时控制	70
3.1.5.3	数据电报的发送与接收	75
3.1.5.4	服务通道数据传输	79
3.1.5.5	DMA 模式	82
3.2	SERCON816	82
3.2.1	概 述	82
3.2.2	引脚定义	82
3.2.3	串行接口	83
3.2.3.1	串行时钟	83
3.2.3.2	SERCON410B 兼容模式	84
3.2.3.3	中继器	84
3.2.4	电报处理	84
3.2.4.1	时钟信号 MCLK	84
3.2.4.2	控制寄存器	85
3.2.4.3	双端口 RAM	87
3.2.4.4	看门狗 Watchdog	87
3.2.4.5	输出信号 DIV_CLK	88
3.3	收发器	89
3.3.1	发送器规范	89
3.3.2	接收器规范	90
3.3.3	常用收发器产品介绍	90
3.4	ISA 总线 SERCOS 接口卡设计实例	91
3.4.1	SRC-EASY 卡的组成	91
3.4.2	SERCON410B 的接线	92
3.4.2.1	数据总线	94
3.4.2.2	地址总线	94
3.4.2.3	控制线和状态线	95
3.4.2.4	电源线	97
3.4.3	译码电路	97
3.4.4	总线驱动电路	99
3.4.5	收发器的接线	100
3.4.6	ISA 总线的接线	101
第 4 章	SERCOS 驱动程序设计	102
4.1	重要的驱动程序头文件	103
4.1.1	主站和从站驱动程序共用的头文件 scm_scs.h	103
4.1.2	主站驱动程序专用的头文件 scm_drv.h	118
4.1.3	从站驱动程序专用的头文件 scs_drv.h	125
4.2	组成驱动程序的最基本操作	130

4.2.1	控制寄存器的读/写操作	130
4.2.2	双端口 RAM 的读/写操作	133
4.3	主站非周期性数据传输	135
4.3.1	四种基本操作	136
4.3.1.1	定长元素的写操作	136
4.3.1.2	定长元素的读操作	145
4.3.1.3	列表元素的写操作	149
4.3.1.4	列表元素的读操作	153
4.3.2	打开服务通道	156
4.3.3	关闭服务通道	161
4.3.4	写定长数据	163
4.3.5	读定长数据	166
4.3.6	写列表数据	170
4.3.7	读列表数据	175
4.3.8	过程命令传输	181
4.4	从站非周期性数据传输	188
4.5	主站初始化程序示例	209
4.5.1	参数加载与校验	209
4.5.2	控制寄存器初始化	211
4.5.3	双端口 RAM 区初始化	213
4.5.4	通讯初始化	216
4.5.5	伺服装置使能与启动	217
4.6	从站初始化程序示例	218
4.6.1	参数加载与校验	219
4.6.2	控制寄存器初始化	220
4.6.3	双端口 RAM 区初始化	222
4.6.4	通讯初始化	223
4.7	周期性数据传输	228
4.7.1	主站周期性数据传输	228
4.7.2	从站周期性数据传输	228
第 5 章	基于 WDM 的 SERCOS 主站驱动程序设计	229
5.1	WDM 驱动程序概述	229
5.1.1	运行机制	230
5.1.2	基本框架函数	232
5.1.2.1	驱动程序初始化例程 DriverEntry	233
5.1.2.2	设备对象初始化例程 AddDevice	234
5.1.2.3	即插即用 PnP 消息分发例程 DispatchPnp	237
5.1.2.4	电源管理消息分发例程 DispatchPower	239

5.1.2.5 驱动程序卸载例程 Unload	240
5.1.3 与外界的通讯方式	240
5.1.3.1 与应用程序的通讯方式	241
5.1.3.2 与其他驱动程序的通讯方式	244
5.1.4 安装与卸载	244
5.2 重要的数据结构和变量定义	245
5.2.1 设备扩展域	245
5.2.2 服务请求包	246
5.2.3 全局变量	247
5.3 核心态 SERCOS 主站驱动程序设计	247
5.3.1 申请 SERCOS 设备内存和中断请求号 IRQ	248
5.3.2 映射 SERCOS 设备内存和挂接中断服务程序	251
5.3.3 解除 SERCOS 设备内存映射和断开中断服务程序	259
5.4 用户态初始化程序设计	260
5.4.1 映射 SERCOS 设备内存	260
5.4.2 解除 SERCOS 设备内存映射	264
第 6 章 ISA 总线 SERCOS 主站固化协议卡设计	266
6.1 硬件设计	266
6.1.1 SRC-HARD 卡的组成	266
6.1.2 资源配置	267
6.1.3 性能指标	268
6.2 精简协议指令与固化程序设计	269
6.2.1 DPRAM 的分区	269
6.2.2 工作时序	275
6.2.3 固化程序设计	276
6.2.4 上位 PC 计算机控制程序设计	277
附 录 SERCOS 协议参数表	278
参考文献	290

第 1 章

概 述

本章首先介绍 SERCOS 接口的发展历程与现状,然后介绍 SERCOS 接口的基本特性,包括:采用 SERCOS 接口的控制系统的硬件结构、SERCOS 接口的拓扑结构、所支持的伺服装置运行模式、周期性和非周期性数据传输方式以及 SERCOS 接口的性能指标等。

1.1 发展历程与现状

SERCOS(Serial Real-time Communication Specification, 串行实时通讯协议)于 1995 年被国际电工委员会(International Electro-technical Commission)批准为国际标准《IEC 61491 Electrical equipment to industrial machines-Serial data link for real-time communication between controls and drives》。我国全国工业机械电气系统标准化技术委员会制定了与 SERCOS 国际标准 IEC 61491 相对应的国家标准《GB/T 18473—2001 工业机械电气设备控制与驱动装置间实时串行通讯数据链路》,由国家质量监督检验检疫总局于 2001 年 10 月 24 日发布,2002 年 4 月 1 日开始执行。

SERCOS 协议是一种专门用于在工业机械电气设备的控制单元与数字伺服装置之间实现串行实时数据通讯的协议标准。它全面而严格地定义了物理层、数据链路层以及数据交换的报文结构等内容,并给出了大量数据结构和过程命令,可用于操作控制单元、伺服装置及相关机械设备。

1990 年,德国一些著名的数控系统和伺服系统制造商,如 SIEMENS、INDRAMAT、BOSCH、AMK,以及一些重要的科研机构共同发起成立了 SERCOS 协会,目的是要在德国建立一个统一的 CNC(Computer Numerical Control, 计算机数字控制)单元与数字伺服装置之间的接口标准,从而保证遵循此标准开发出的相关设备具有良好的互换性。1992 年,该标准被提议为德国和国际标准 DIN/IEC 44,并于 1995 年被批准为国际标准 IEC 61491。从此, SERCOS 协议被欧洲各国及美国和日本数控系统和伺服系统制造商广泛接受,开发和生产符合该协议的产品。该协议的应用成为自 20 世纪 90 年代末以来伺服技术的一个重要发展方向,其应用领域也从最初的数控机床扩大到各类数控机械。

1.2 基本特性

采用 SERCOS 接口的控制系统,控制单元与伺服装置及 PLC(Programmable Logic Controller,可编程控制器)通过“一进一出”两根光纤依次串联起来,形成一个光纤环路,实现双向数据通讯,如图 1.1 所示。该接口不但可以传输电机控制指令、状态反馈等周期数据,还可传输系统参数、I/O 信号等非周期数据。

采用 SERCOS 接口,可以大大减少连接电缆,简化接线,简化控制硬件,使调试更方便。其数字信号传输方式相对于模拟信号传输可以获得更高的数据分辨率,并且没有漂移,大大提高控制性能。光纤连接可以彻底消除传输过程中的电磁干扰,实现远距离控制。例如,采用塑料光纤,相邻站点间的最大距离可达 40 m;采用玻璃光纤,相邻站点间的最大距离可达 800 m。

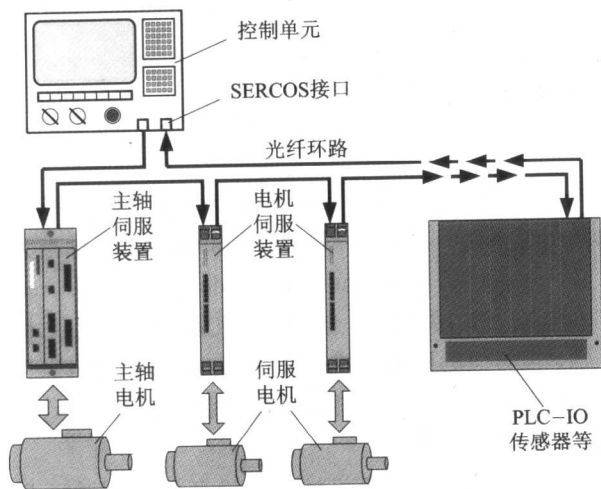


图 1.1 采用 SERCOS 接口的控制系统硬件结构

SERCOS 接口采用环型拓扑结构,一个控制单元可以带一个或多个 SERCOS 环路。图 1.2 所示为一个控制单元带两个 SERCOS 环路的应用示例。每个环路由一个主站和多个从站组成,主站负责将控制单元连接到环路上,从站负责将伺服装置连接到环路上。每个从站又可以连接一个或多个伺服装置。从理论上说,一个主站最多可以控制 254 个伺服装置,但在实际应用中,每个主站控制的伺服装置总数受诸多因数的影响,例如:SERCOS 通讯周期时间、运行模式以及数据传输率等。除了采用更快的协议芯片获得更高的数据传输率,使每个环路可以连接更多的伺服装置以外,还可以通过增加环路数量,来增加每个控制单元所控制的伺服装置总数,如图 1.2 所示。

SERCOS 接口支持图 1.3 所示的所有运行模式,主要包括以下三种:

- (1) 扭矩控制——指令扭矩值 T_c ,反馈实际扭矩值 T_f ;
- (2) 速度控制——指令速度值 V_c ,反馈实际扭矩值 T_f 和实际速度值 V_f ;
- (3) 位置控制——指令位置值 X_c ,反馈实际扭矩值 T_f 、实际速度值 V_f 和实际位置值 X_f 。

图 1.3 只表示了一个伺服轴的控制情况。根据实际控制需要,可以对不同的伺服轴采用不同的运行模式。另外,每个轴可以有一个主运行模式和三个辅助运行模式,控制单元可以在

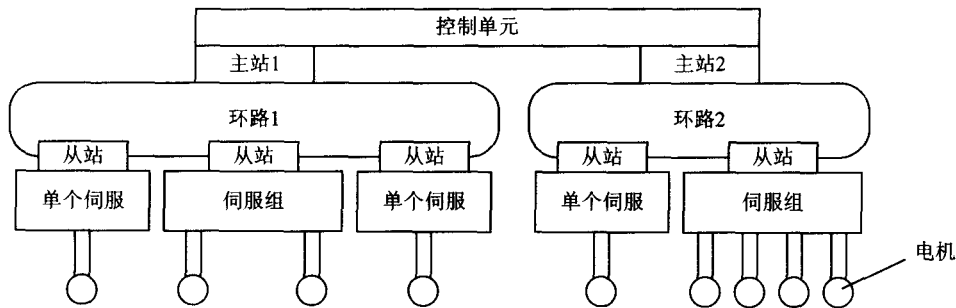


图 1.2 SERCOS 接口的拓扑结构

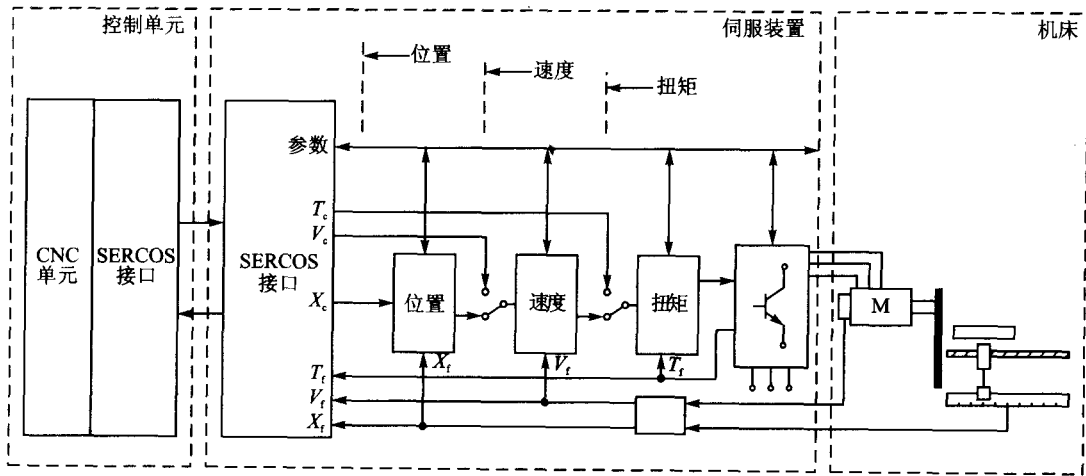


图 1.3 SERCOS 接口支持的运行模式

运行过程中切换运行模式。在各个模式下，伺服装置反馈的实际值 T_f 、 V_f 、 X_f ，都可以通过SERCOS接口读取。

采用SERCOS接口的控制系统，控制单元与伺服装置之间存在两种数据传输方式：周期性数据传输和非周期性数据传输。表1.1和表1.2分别列出了周期性传输和非周期性传输的典型数据。

表 1.1 周期性传输的典型数据

传输方向	扭矩数据	速度数据	位置数据
控制单元到伺服装置	控制字		
	扭矩指令值	速度指令值	位置指令值
	附加扭矩指令值	附加速度指令值	附加位置指令值
伺服装置到控制单元	状态字		
	扭矩实际值	速度实际值	位置实际值1 位置实际值2

表 1.2 非周期性传输的典型数据

SERCOS 接口中与运行模式相关的数据		
扭矩数据	速度数据	位置数据
正向极限值 负向极限值 双向极限值 极性	正向极限值 负向极限值 双向极限值 极性 回原点速度	正向极限值 负向极限值 极性 参考偏移量 1 参考偏移量 2 反向间隙 行程开关点 1 到 16 测量值 1 或 2 的正边沿 测量值 1 或 2 的负边沿

周期性数据传输除了用于传输周期数据以外,另一个重要作用是,SERCOS 接口利用它来同步控制单元的处理周期、SERCOS 接口通讯周期以及伺服装置的运行周期。这样,不但可以防止单个周期发生时间波动,还可以使控制环的失效时间减至最小。SERCOS 接口利用该同步机制可以使新的指令值在所有伺服装置中同时被执行,所有伺服装置也可以在同一时刻开始采样实际值。

非周期性数据传输基于周期性传输来实现,即非周期数据被拆分成若干数据片,利用数据电报的某些固定字段进行传输,所以,完成一次非周期性数据传输往往需要多个通讯周期。非周期性数据传输没有严格的实时性要求,数据传输的正确性通过握手、应答和重发等机制来保证。

应用举例:

当采用 SERCON410B 协议芯片,数据传输率为 2 Mbit/s,通讯周期为 2 ms 时,一个控制单元可以正常控制 8 个伺服装置,每个伺服装置的周期数据如下。

- 从控制单元到每个伺服装置:

1 个 32 位的指令值(如速度指令值或位置指令值)+1 个 16 位的极限值(如扭矩极限值)

- 从每个伺服装置到控制单元:

1 个 32 位的实际值(如速度实际值或位置实际值)+1 个 16 位的实际值(如扭矩实际值)

第 2 章

SERCOS 协议

国际标准 IEC 61491 定义了 SERCOS 的物理层和数据链路层协议,主要包括:拓扑结构、数据传输线的组成、信号编码格式、报文结构、工作时序、非周期性数据传输、SERCOS 接口初始化、周期数据的配置和传输、伺服装置运行模式的设置以及故障信息等。

2.1 物理层

物理层位于通讯系统的最底层,是整个通讯系统的基础,为设备之间的数据通讯提供传输媒介(电缆、光纤等)及互联设备(各种插头、插座等),为数据传输提供通路,负责数据传输及相关的管理工作。SERCOS 物理层协议主要定义了拓扑结构、数据传输线的组成和信号编码格式等。

2.1.1 拓扑结构

SERCOS 环路由节点和传输线构成。主站和从站均为 SERCOS 环路上的节点,节点与节点之间(包括主站与从站之间、从站与从站之间)由一根没有分支的光纤构成传输线,数据在传输线上只能单向传输。

图 2.1 给出了控制单元与伺服装置的连接形式。主站用于将控制单元连接到 SERCOS 环路上。一个控制单元可以带一个或多个主站,每个主站只能处理一个环路的物理层及以上各协议层。从站用于将伺服装置连接到 SERCOS 环路上。从物理上讲,一个从站可以代表一个或多个伺服装置到光纤环路的连接;但从逻辑上讲,一个带多个伺服装置的从站与分别只带一个伺服装置的多个从站,它们的作用是一样的。

需要指出的是,虽然从站之间通过光纤相互连接,但数据传输只在主站和伺服装置之间进行,各伺服装置之间不能直接进行数据通讯。另外,伺服装置在环路上的排列顺序、伺服电报的发送时间顺序以及各伺服装置的伺服地址,三者之间相互无关。

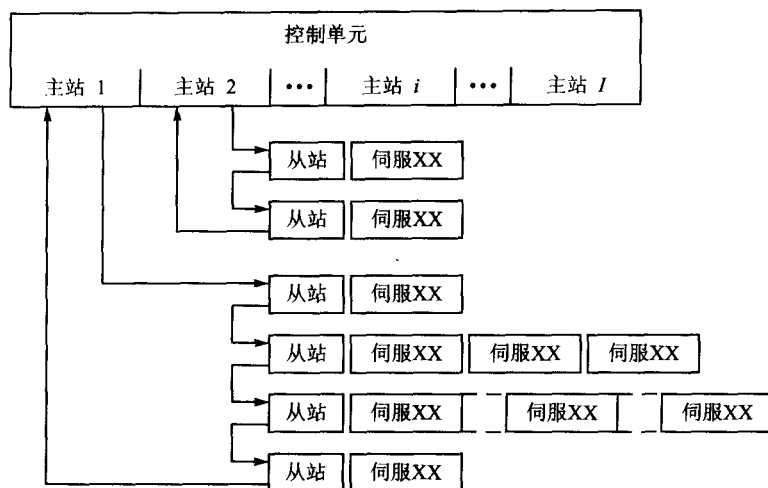


图 2.1 SERCOS 接口的环型拓扑结构

2.1.2 数据传输线的组成

如图 2.2 所示，一条数据传输线由三部分组成：发送器、接收器和光纤。发送器和接收器均封装在屏蔽套中，该屏蔽套具有符合国际标准 IEC 874—2 的螺纹接头 F—SMA。

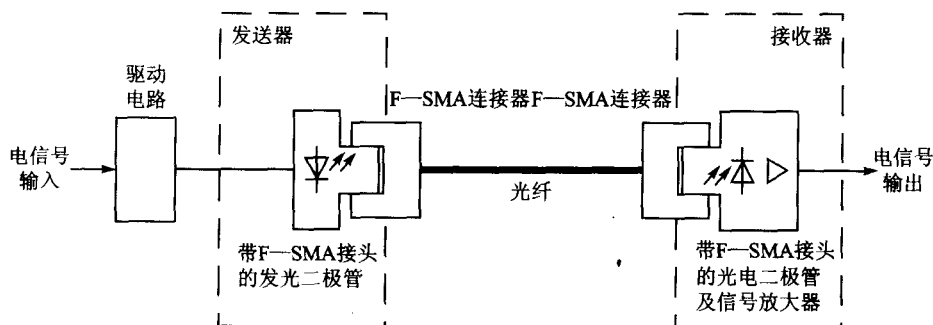


图 2.2 数据传输线的组成

发送端的驱动电路接收电信号输入，驱动发送器中的高性能发光二极管 LED 发出波长为 640~675 nm(温度为 0℃~55℃时的峰值波长)的红光。发送器封装在带 F—SMA 螺纹接头的屏蔽套中。

接收器由一个光电二极管和一个集成放大电路组成，将接收到的光信号转换成电信号并放大后输出。接收器也封装在带 F—SMA 螺纹接头的屏蔽套中。

光纤由塑料或玻璃制成，横截面具有分层结构，如图 2.3 所示。表 2.1 列出了塑料光纤的规格参数。

传输线上的信号衰减主要由光纤和 F—SMA 螺纹接头引起。塑料的衰减率约为 220 dB/km，玻璃的衰减率约为 6 dB/km。采用塑料光纤，节点与节点之间的最大传输距离可达 40 m，SERCOS 环路的最大长度可达 10 000 m；采用玻璃光纤，节点与节点之间的最大传输距离可达 800 m，SERCOS 环路的最大长度可达 200 000 m。

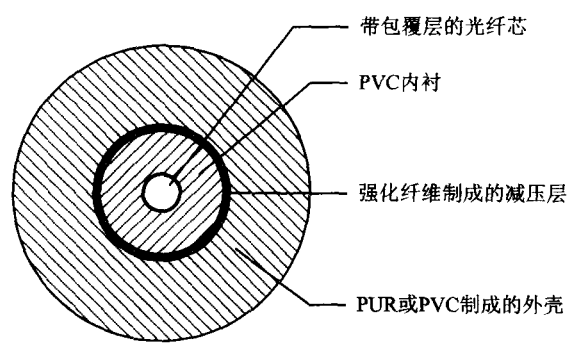


图 2.3 单芯光纤的横截面图

表 2.1 塑料光纤的规格参数

名 称	数 值
光纤芯直径/ μm	980 ± 60
包覆层直径/ μm	$1\,000 \pm 60$
数值孔径(N. A.)	0.47 ± 0.03
带宽	$\geq 5\text{ MHz}, 1\text{ km 时}$
PVC 内衬直径/mm	2.2 ± 0.1
光纤直径/mm	6.0 ± 0.2

2.1.3 信号编码格式

SERCOS 环路上传输的数据信号采用 NRZI(No Return to Zero Inverted, 不归零反相)编码格式。其编码原理是:信号只允许在与发送时钟同步时发生变化,当发送“0”时,信号在与发送时钟同步时发生翻转;当发送“1”时,信号保持不变。

采用“位填充(bit-stuffing)”法,发送器保证在送出的位流中有足够多的“0”位。根据 NRZI 编码原理,这将引起额外的信号变化。因此,接收器可以从接收到的信号中提取接收时钟。提取到的接收时钟相对于发送时钟有一个固定的相位差,该相位差是由于信号在传输线上的传输延时引起的。图 2.4 是一段 NRZI 编码信号示例。

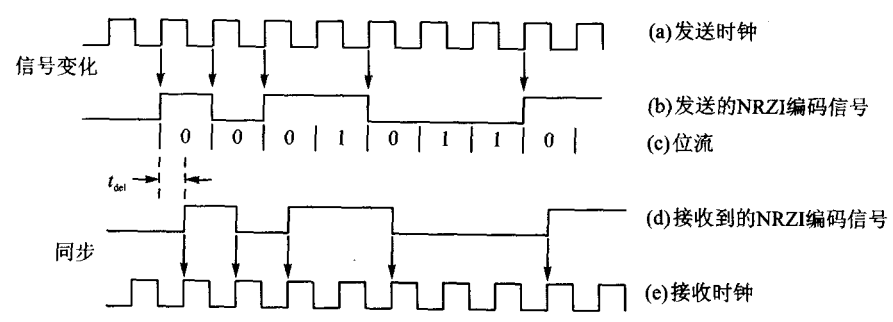


图 2.4 一段 NRZI 编码信号示例

由此可见,采用 NRZI 编码格式,从接收信号中提取接收时钟,可以保证 SERCOS 环路上所有从站的内部定时器都与同一主站的发送时钟同步。

2.2 报文基本结构

在 SERCOS 接口中,所有数据都以数据电报的形式进行传输。本节详细介绍 SERCOS 数据电报的报文结构,也称帧结构。

SERCOS 协议定义了三种电报类型。

- 主站同步电报(Master Sync Telegram, 简称 MST): 在每个通讯周期开始时,主站以