

可编程序控制器原理及应用系列丛书

# 可编程序控制器

# 通信与网络

■ 施光林 刘利 编著



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

可编程序控制器原理及应用系列丛书

# 可编程序控制器 通信与网络

施光林 刘 利 编著



机械工业出版社

本书是“可编程序控制器原理及应用系列丛书”的应用篇，以可编程序控制器（PLC）通信与网络技术为主要内容。全书分6章，主要介绍：PLC网络与通信技术的现状、特点与发展；设备层、控制层和管理层的三层网络的基本结构和作用；RS-232C和RS-422/RS-485串行通信接口；串行通信的工作原理和协议宏的组成、特点及实现方法；DeviceNet网络的结构、通信协议和实现方法；Controller Link网络的性能、硬件配置、通信机制及实际应用；Ethernet通信单元、FINS、FTP、Socket服务及具体应用；DeviceNet网络、Controller Link网络和Ethernet网络所形成的三层网络的互连、结构、编程和数据通信的实现与应用问题。

本书以突出工程应用为主要目的，力求将理论要点融入具体的阐述与所给的实例中。另外，在各章内容的安排上，本书力求介绍PLC网络与通信技术的最新成果，并使前后内容有机联系，浑然一体，便于自学者循序渐进地独立学习、领会与应用。本书可作为大专院校自动化、过程控制、计算机应用、机电一体化等相关专业教材，也可供工程技术人员自学和作为培训教材使用，对OMRON PLC的用户具有很大的参考价值。

## 图书在版编目（CIP）数据

可编程序控制器通信与网络 / 施光林，刘利编著. —北京：机械工业出版社，2006.1

（可编程序控制器原理及应用系列丛书）

ISBN 7-111-17756-8

I. 可... II. ①施...②刘... III. 可编程序控制器—应用—通信网 IV. ①TP332.3②TN915

中国版本图书馆CIP数据核字（2005）第126096号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）  
策划编辑：贡克勤 责任编辑：闫晓宇 版式设计：冉晓华  
责任校对：刘秀芝 封面设计：王伟光 责任印制：洪汉军  
北京瑞德印刷有限公司印刷

2006年1月第1版第1次印刷

850mm×1168mm 1/32·8.375印张·220千字

定价：16.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换  
本社购书热线电话（010）68326294  
封面无防伪标均为盗版

# 序

工业化任务尚未完成的中国，又面临信息化时代的即将到来。工业化与信息化的并行，决定了中国只能走新型工业化道路，以信息化提升工业化，以工业化促进信息化。信息化、工业化的共同任务是提高工业化的效率、效益，减少环境污染，降低资源消耗，从而加速工业化的进程；同时，工业化对信息化是一种巨大的需求拉动，促进了经济、社会各方面实现信息化。信息化和工业化的一个交汇点，即信息技术在工业领域，尤其是制造业的广泛应用，以信息技术提高制造业的自动化、智能化，促进制造业产业升级。计算机技术、自动控制技术和网络通信技术则是对制造业的提升具有十分重要作用的信息技术。

近些年来，我国制造业通过信息技术的应用，大力推进制造业信息化，使制造业的快速响应市场能力、研究开发能力、企业管理水平有了较大提高。为了取得制造业信息化的应有效果，从我国制造业企业的实际出发，要突出强调从信息化的底层做起，即把产品智能化、数字化，设计数字化，生产过程自动化、智能化放在重要位置来抓，并做好基础管理工作，在此基础上，进一步做好管理数字化和产业层次的信息化。

可编程序控制器（PLC）是 20 世纪 60 年代以来发展极为迅速的一种新型工业控制装置。现代 PLC 综合了计算机技术、自动控制技术和网络通信技术，其功能已十分强大，超出了原先概念的 PLC，应用越来越广泛、深入，已进入到系统的过程控制、运动控制、通信网络、人机交互等领域。系统了解 PLC 的技术原理、软件编程、应用示例、发展趋势，已是广大工程技术人员、院校师生、技术管理人员的迫切愿望。在 OMRON 公司的大力支持下，由多所高等学校教师和长期从事 PLC 应用研究人员共同编写的

“可编程序控制器原理及应用系列丛书”，将能满足这一愿望和要求。

相信这套系统原理完善、涵盖知识全面、应用内容丰富的丛书，将为关心、了解、应用 PLC 的人们所喜爱，也将为推广应用 PLC，推进制造业信息化做出应有的贡献。

中国机械工业联合会执行副会长  
中国机械工程学会副理事长      **朱森第**  
中国机电一体化技术协会理事长

**2005年5月11日于北京**

# 前 言

本书系“可编程序控制器原理及应用系列丛书”分册之一，全套丛书共五分册，读者可按实际需要选择不同分册进行阅读。

《可编程序控制器原理及逻辑控制》

《可编程序控制器过程控制技术》

《可编程序控制器运动控制技术》

《可编程序控制器通信与网络》

《触摸式可编程终端》

随着计算机网络及网络通信技术的成熟发展，以及工业控制实际的需要，可编程序控制器（PLC）网络通信技术得到了飞速的发展。现在，世界上生产 PLC 的各大公司都在积极开发 PLC 网络通信技术，包括具有网络通信功能的新型可编程序控制器，网络通信协议和新型网络。对于 PLC 网络及工业控制局域网而言，目前基本形成了包括设备层网络、控制层网络和管理层网络的三层网络体系结构。其中，尤以 DeviceNet、Controller Link 和 Ethernet 网络最具有代表性。而目前从应用的角度系统地阐述这三层网络应用的书籍还鲜为可见。

为了适应广大工程技术人员，以及在校高年级大学生和研究生对 PLC 网络通信技术在工业控制应用中的需要，本书旨在从基本原理出发，通过实例由浅入深地系统讲述 PLC 网络通信技术的实际应用方法，并向广大读者介绍 PLC 网络与通信的最新技术。通过本书的学习，读者不仅可以了解 PLC 网络及通信技术的一般概况、原理和功能，而且可以学到包括 DeviceNet、Controller Link 和 Ethernet 这三层网络的网络结构设置、连接、通信协议和具体的实现方法。

本书不仅可以作为从事工业控制技术应用的广大工程技术人员的培训教材和实用参考资料，而且可以作为相关专业在校高年级大学生和研究生的教材或教学参考书，另外也可以作为 PLC 网络及通信技术的广大自学者的自学教材。

全书共分 6 章。第 1 章概述了 PLC 网络与通信技术的现状、特点与发展，以及目前流行的设备层、控制层和管理层的三层网络的基本结构和作用。第 2 章介绍了 RS-232C 和 RS-422/RS-485 串行通信接口，重点讲解了串行通信的工作原理，协议宏的组成、特点和实现方法，并给出了应用实例。第 3 章介绍了 DeviceNet 网络的结构、通信协议和实现方法，并以污水处理监控系统为例，讲述了 DeviceNet 网络的实现与具体应用。第 4 章介绍了 Controller Link 网络的性能、硬件配置、通信机制，并以污水处理监控系统为例，具体介绍了 Controller Link 网络的实际应用。第 5 章介绍了 Ethernet 通信单元、FINS、FTP、Socket 服务，以及 Ethernet 网络在污水处理监控系统中的具体应用。第 6 章是在第 3、4、5 章的基础上，以 DeviceNet 网络、Controller Link 网络和 Ethernet 网络的互连所形成的三层网络为对象，重点阐述了三层网络的互连、结构、编程和数据通信的实现与应用问题。

本书由施光林、刘利撰写。书中第 1 章、第 2 章和第 3 章由施光林执笔；第 4 章、第 5 章和第 6 章由刘利执笔，全书由施光林统稿和定稿。

在本书编写过程中曾得到许多人士的大力帮助与支持。这里要特别感谢欧姆龙自动化（中国）集团社会基础设施统辖部的姜恺先生和中国市政工程华北设计研究院的宋颀先生，他们所提供的网络应用实例已被本书所采用。也要感谢欧姆龙自动化（中国）集团客户服务部工程师胡华亮和王文巍在网络实验方面所提供的具体帮助。

中国机械工业联合会执行副会长、中国机械工程学会副理事

长、机电一体化协会理事长朱森第教授精心为丛书撰写了序言，在此，谨致以衷心的感谢和诚挚的敬意！

本书还引用了其他一些作者的研究成果，这里就不一一列出，在此一并表示感谢。

由于时间仓促和水平有限，加上作者在可编程序控制器网络与通信最新技术的学习、理解与应用上所存在的局限性，书中难免存在不少的疏漏和错误，恳请广大读者批评与指正。

**作 者**

**2005年9月**

**E-mail: glshi@263.net**

**lili630@263.net**



# 目 录

## 序 前言

<b>第 1 章 概述</b> .....	1
1.1 可编程序控制器与网络通信.....	1
1.1.1 可编程序控制器简介.....	1
1.1.2 网络通信技术简介.....	3
1.1.3 网络通信技术的应用现状.....	7
1.2 设备层网络.....	9
1.2.1 网络的作用、种类与结构.....	9
1.2.2 DeviceNet 网络简介.....	11
1.3 控制层网络.....	13
1.3.1 网络的作用、种类与结构.....	13
1.3.2 Controller Link 网络简介.....	14
1.4 管理层网络.....	14
1.4.1 网络的作用、种类与结构.....	15
1.4.2 Ethernet 网络简介.....	15
思考题 1.....	17
<b>第 2 章 串行通信与协议宏</b> .....	18
2.1 通信接口.....	18
2.1.1 RS-232C 接口.....	19
2.1.2 RS-422/RS-485 接口.....	22
2.1.3 接口间的连接方法.....	23
2.2 串行通信.....	24

2.2.1 串行通信单元简介 .....	25
2.2.2 串行通信方式及设置 .....	28
2.2.3 串行通信指令 .....	36
2.3 协议宏 .....	42
2.3.1 协议宏指令 .....	43
2.3.2 协议宏通信过程 .....	44
2.3.3 系统参数设置 .....	45
2.3.4 协议宏支持软件特点 .....	45
2.4 应用实例 .....	46
2.4.1 串行通信实例 .....	46
2.4.2 协议宏通信实例 .....	47
思考题 2 .....	49
<b>第 3 章 DeviceNet 网络 .....</b>	<b>50</b>
3.1 DeviceNet 网络的结构 .....	50
3.1.1 对象模型与 I/O 连接 .....	50
3.1.2 系统拓扑结构 .....	54
3.1.3 CAN 与 DeviceNet 网络 .....	56
3.2 DeviceNet 网络通信协议 .....	59
3.2.1 物理层协议 .....	60
3.2.2 数据链路层协议 .....	60
3.2.3 应用层协议 .....	60
3.3 DeviceNet 网络实现 .....	61
3.3.1 DeviceNet 网络的连接和配置 .....	72
3.3.2 DeviceNet 网络的软件编程 .....	79
3.4 DeviceNet 网络在污水处理系统中的应用 .....	86
3.4.1 应用背景及要求 .....	86
3.4.2 网络拓扑结构与组网 .....	95
3.4.3 软件实现与数据传送 .....	99
思考题 3 .....	99

<b>第 4 章 Controller Link 网络</b> .....	100
4.1 Controller Link 网络的技术规格.....	100
4.1.1 Controller Link 网络的结构.....	100
4.1.2 Controller Link 网络的通信性能.....	101
4.1.3 Controller Link 网络通信单元.....	106
4.1.4 Controller Link 网络支持软件.....	109
4.2 Controller Link 网络的数据链接.....	111
4.2.1 数据链接概述.....	111
4.2.2 人工设置数据链接.....	114
4.2.3 自动设置数据链接.....	121
4.2.4 数据链接的启动和停止.....	130
4.2.5 检查数据链接状态.....	132
4.3 报文服务.....	136
4.3.1 报文服务概述.....	136
4.3.2 CS/CJ 系列 PLC 的通信服务.....	137
4.3.3 报文服务的应用.....	144
4.4 Controller Link 网络通信计时.....	148
4.4.1 通信机制.....	148
4.4.2 通信周期的计算.....	150
4.4.3 数据链接的 I/O 响应时间.....	151
4.4.4 报文延迟时间.....	155
4.5 Controller Link 网络的实现与应用.....	159
4.5.1 网络设计的基本内容和步骤.....	159
4.5.2 Controller Link 网络在污水处理监控系统中的应用.....	159
思考题 4.....	166
<b>第 5 章 Ethernet 网络</b> .....	167
5.1 Ethernet 网络的技术规格.....	167
5.1.1 Ethernet 网络的结构.....	167
5.1.2 Ethernet 网络协议.....	169

5.1.3 Ethernet 网络主要功能	172
5.2 Ethernet 网络通信单元及设置	174
5.2.1 Ethernet 网络通信单元的技术规格	174
5.2.2 Ethernet 网络通信单元的设置	175
5.2.3 内存工作区分配	178
5.2.4 IP 地址的转换	186
5.3 FINS 通信	189
5.3.1 FINS 协议概述	189
5.3.2 FINS 命令	190
5.3.3 使用 FINS 通信服务的步骤	198
5.4 FTP 服务器通信	200
5.4.1 FTP 概述	200
5.4.2 FTP 命令	201
5.4.3 FTP 状态与错误信息	201
5.5 Socket 服务	203
5.5.1 Socket 概述	203
5.5.2 TCP /UDP 通信流程	205
5.5.3 借助 CMND 命令执行 Socket 服务	207
5.6 Ethernet 网络的实现与应用	212
5.6.1 硬件接线和设置	212
5.6.2 Ethernet 网络在污水处理监控系统中的应用	215
思考题 5	219
<b>第 6 章 三层网络及其应用</b>	<b>220</b>
6.1 三层通信网络的结构与选型	220
6.1.1 三层通信网络的结构模式	220
6.1.2 三层通信网络的功能分配	222
6.1.3 网络选择时应考虑的因素	223
6.2 网络互连	225
6.2.1 网络互连的作用	225

6.2.2 网络互连的类型 .....	225
6.2.3 编程与监控 .....	226
6.2.4 路由表 .....	229
6.3 网络软件的选择 .....	240
6.3.1 网络操作系统软件的选择 .....	240
6.3.2 PLC 编程软件的选择 .....	241
6.4 三层通信网络在污水处理监控系统中的应用 .....	242
6.4.1 网络拓扑结构及功能配置 .....	242
6.4.2 PLC 的选择 .....	245
6.4.3 上位机监控软件 .....	246
思考题 6 .....	249
<b>参考文献</b> .....	<b>250</b>

# 第 1 章

## 概 述

随着微处理技术的迅速发展，可程序控制器作为一种新型的工业控制装置，以其不仅具有逻辑控制功能，而且还具有算术运算、模拟量处理和通信联网等功能的特有优势，现在已被广泛应用于工业生产的各个领域。特别是随着计算机网络与通信技术的发展，可程序控制器在日趋复杂和大型化的工业自动化领域发挥着越来越重要的作用，已成为实现工业生产过程自动化的一种强有力工具。本章首先简要回顾可程序控制器的特点及发展现状；其次，介绍可程序控制器网络通信技术的特点，现状以及应用趋势；最后，介绍当今盛行的以设备层网络、控制层网络和管理层网络所组成的三层网络的特点和作用、种类和结构，并对 DeviceNet 网络、Controller Link 网络和 Ethernet 网络进行简单介绍。



### 1.1 可程序控制器与网络通信

#### 1.1.1 可程序控制器简介

##### 1.1.1.1 可程序控制器的基本定义

可程序控制器 (Programmable Controller)，是在过去可程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller，简称 PLC) 的基础上发展与完善起来的，是以微处理器作为中央处理单元，不仅具有逻辑控制功能，而且还具有算术运算、模拟量处理和通信联网等功能的一种广受工业控制界人士所青睐的通用工业控制装置，现在已被广泛应用于工业生产的各个领域。为避免与个人计算机 (Personal Computer) 的简称 PC 相混淆，可程序控制器还是习惯被简称为 PLC，但它已不同于单纯作为逻辑控制的可编程

序逻辑控制器。在本书中，未特殊说明的话，PLC 即指可编程序控制器。

按国际电工委员会（IEC）的标准，可编程序控制器是“一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下应用而设计，采用可编程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作指令，并通过数字式、模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程”。按照这一基本定义的要求，在设计可编程序控制器及其相关的设备时，理应遵守易于与工业控制系统连成一体、易于扩充功能的原則。只有这样，综合了微电子技术、计算机技术、自动控制技术和网络通信技术发展起来的可编程序控制器才能在日趋复杂的大规模工业系统的综合自动控制中发挥巨大作用。

#### 1.1.1.2 可编程序控制器的基本特点

可编程序控制器之所以能在工业自动化系统中扮演着重要的角色，是与其自身所具有的特点密不可分的。可编程序控制器的特点概括起来主要有以下几点。

- 1) 功能强大、灵活与通用。
- 2) 编程简单、掌握快捷。
- 3) 可靠性高、抗干扰能力强。
- 4) 联网通信便捷、易于远程实时监控。
- 5) 系列化、轻型化和易于机电一体化。

#### 1.1.1.3 可编程序控制器的应用与发展

可编程序控制器自问世以来就在工业控制领域的各个方面得到大量应用，不仅可以用于石油化工等行业的过程控制，而且可以用于工程机械等单一机械的运动控制；不仅可以用于钢铁冶金等重工业行业，而且可以用于食品、医药和造纸等轻工业行业；不仅可以用于地面设备的控制，而且可以用于航空与航天设备的控制。尤其是近年来，随着可编程序控制器的功能越来越丰富和强大，它不仅可用于开关量的逻辑控制，而且还可用于模拟量的闭环控制及数字量的智能控制；它不仅可用于现场数据的采集与

监控，而且还可用于联网、通信及远程、集散控制。

今天在全球，有许多知名的跨国公司在生产和销售可编程控制器。PLC制造商中，具有代表性的公司有日本的OMRON（欧姆龙）公司、MITSUBISHI（三菱）公司，德国的SIEMENS（西门子）公司、SCHNEIDER（施耐德）公司等，这些公司的销售额就约占全球PLC总销售额的三分之二。

随着这些知名跨国公司在技术研发上的大力投入，可编程控制器正向着微型化、高速化、智能化和信息化方向发展。在不久的将来，可编程序控制器一定将会成为工业控制领域中最具有生命力的控制装置之一。

有关可编程序控制器基本原理、软硬件结构和常用指令与编程等基础内容，本书不再介绍，读者可参阅本套丛书中的《可编程序控制器原理及逻辑控制》一书。

### 1.1.2 网络通信技术简介

计算机网络及网络通信技术是 20 世纪科学技术对人类的又一重要贡献。今天，不管人们走到哪里，都可以借助国际互联网（Internet），利用一台计算机（台式机或笔记本电脑）与在异地的他人进行直接的联系和从异地快速地获得自己想要的信息。而在工业控制领域，借助于专用的计算机网络——工业控制局域网，人们就很容易控制分散在各处的工业设备，完成对这些设备的信息采集、信息通信和实时控制、远程监控与维护。可以毫不夸张地说，计算机网络及网络通信技术在不久的将来会无处不在。尤其是以可编程序控制器为核心所形成的 PLC 网络则是工业控制局域网中最具有应用潜力的一种网络。

本书主要讨论 PLC 网络及其通信技术的原理和在工业控制领域中的实际应用。

#### 1.1.2.1 数据通信基础

数据通信是指在计算机之间相互交换数据信息。其中，所交换的信息是由“0”和“1”表示的数字信号。通常称具有一定的编码、格式和位长要求的数字信号为数据信息。图 1-1 为数据通



信系统的基本结构。

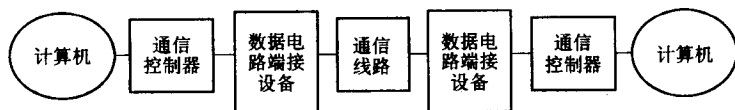


图 1-1 数据通信系统的基本结构

可见，该系统主要由计算机、通信控制器、数据电路端接设备和通信线路四部分组成。其中，计算机用来发出信号或接收信号；通信控制器用来控制信号的传输，即进行链路控制和同步、差错控制；数据电路端接设备完成数据与电信号之间的转换，保证通信线路的信道特性匹配，数据电路端接设备一般可以是调制解调器（MODEM）、信号变换器、自动呼叫与自动应答器或线路适配器等；通信线路是指通信介质和中间有关的通信设备，为数据传输的通道，又称为信道。

数据通信系统的主要任务概括起来就是要将分布在不同位置的计算机及其他数字设备连接起来，快速而高效地完成数据的传送、信息交换和通信过程控制三项任务。

数据通信主要有并行通信和串行通信两种方式。

1) 并行通信：即将待传送数据的各个位同时传送。其特点是通信速度快，但所需的通信线多，因而成本高，不适合用于远距离通信。

2) 串行通信：即将待传送数据的各个位按照顺序传送。其特点是所需的通信线少，成本低，通信距离长，但通信速度慢，比较适合用于长距离而速度又要求不高的情况。

目前，对于计算机或可编程序控制器而言，它们的内部总线就是以并行通信方式进行数据传送的。相比之下，在工业控制局域网中大多数还是采用串行通信方式进行数据传送的。

另外，按通信双方信息交换的方式不同，还可以将数据通信区分为单工通信、半双工通信和全双工通信三种形式。

1) 单工通信：即指只有一个方向的数据通信而没有反方向的