光机电一体化丛书

常用可编程序控制器及其应用

谢少荣　罗　均　吴安德　编著

化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心
·北　京·

本书针对目前 PLC 产品生产厂家繁多、型号多种多样，众厂家又都各有自己的标准，如何找准学习、掌握 PLC 技术的切入点，尽快解决实际问题，完成多数编程设计任务，这一工程技术人员和初学者都很感兴趣的问题。以当前国内市场占主导地位的欧美派西门子、A-B 公司，日流派欧姆龙、三菱、松下电工等公司的主打产品 S7-200 系列、PLC-5 系列、CPM1A 系列、FX_{2N}系列、FP1 系列 PLC 产品为例，结合理论性和实用性，系统阐述了 5 种主流 PLC 的基本原理、软硬件结构、丰富的指令系统，以及 PLC 控制系统的设计和应用程序的编程方法，以大量的例程和时序图加以说明，使读者易于透彻理解。这 5 种产品覆盖了国内主要 PLC 市场，学习和掌握后，有助于读者形成一个较完整的概念。

本书可供从事工业自动化、电气工程及自动化、机电一体化、应用电子、过程控制等领域的工程技术人员阅读参考，也可作为大专院校相关专业的教材或参考资料。

图书在版编目（CIP）数据

常用可编程序控制器及其应用/谢少荣，罗均，吴安德编著.
—北京：化学工业出版社，2006.4
（光机电一体化丛书）
ISBN 7-5025-8566-4

Ⅰ.常… Ⅱ.①谢…②罗…③吴… Ⅲ.可编程序控制器
Ⅳ.TP322.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 037762 号

光机电一体化丛书
常用可编程序控制器及其应用
谢少荣 罗 均 吴安德 编著
责任编辑：任文斗
文字编辑：廉 静
责任校对：蒋 宇
封面设计：潘 峰
*
化 学 工 业 出 版 社
工业装备与信息工程出版中心 出版发行
（北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029）
购书咨询：（010）64982530
（010）64918013
购书传真：（010）64982630
http://www.cip.com.cn
*
新华书店北京发行所经销
北京市振南印刷有限责任公司印刷
三河市宇新装订厂装订
开本 787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 366 千字
2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-8566-4
定 价：32.00 元

版权所有 违者必究
该书如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责退换

序

光机电一体化是激光技术、微电子技术、计算机技术、信息技术与机械技术的相互交叉与融合，是诸多高新技术产业和高新技术装备的基础。它包括产品和技术两方面：光机电一体化产品是集光学、机械、微电子、自动控制和通信技术于一体的高科技产品，具有很高的功能和附加值；光机电一体化技术是指其技术原理和使光机电一体化产品得以实现、使用和发展的技术。

目前，国际上产业结构的调整使得各个行业不断融合和协调发展。作为光学、机械与电子相结合的复合产业，光机电一体化以其特有的技术带动性、融合性和普适性，受到了国内外科技界、企业界和政府部门的特别关注，在提升传统产业的过程中，它以其高度的创新性、渗透性和增值性，成为未来制造业的支柱，被誉为 21 世纪最具魅力的朝阳产业。我国已经将发展光机电一体化技术列为重点高新科技发展项目。

随着光机电一体化技术的不断发展，各个行业的技术人员对其兴趣和需求也与日俱增。《光机电一体化丛书》第一批（共 9 册）的出版，受到了广大读者的欢迎。为满足读者的进一步需求，我们联合北方工业大学、上海交通大学、东华大学、华中科技大学、海军工程大学、北京机械工程学院、中国船舶工业集团船舶系统工程部、上海大学、吉林大学、江汉大学、河南理工大学等高校的教师及科研部门的工程技术人员编写《光机电一体化丛书》第二批（共 21 册），拟在 2005 年初开始陆续出版发行，主要内容为光机电一体化技术在测试传感、驱动控制、激光加工、精密加工、机器人等方面的应用，以满足科研单位、企业和高等院校的科研及生产和教学的需求，为有关工程技术人员在开发光机电一体化产品时，提供有价值的参考素材。

本丛书的基本特点是：①内容新颖，力求及时地反映光机电一体化技术在国内外的最新进展和作者的有关研究成果；②系统全面，丛书分门别类地归纳总结了光机电一体化技术的基本理论和在国民经济各个领域的应用实例，重点介绍了光机电一体化技术的工程应用方法和实现方法；③深入浅出，每本书重点突出，注重理论联系实际，既有一定的理论深度，又具有很强的实用性，力求满足不同层次读者的需求，适合工程技术人员阅读和高校机械类专业教学的需要。

《光机电一体化丛书》编辑委员会

2004 年 10 月于北京

前　言

可编程序控制器（简称 PLC），由于具有可靠性高、功能强大、使用维护方便等显著特点，而获得了广泛应用。普及和推广 PLC 应用技术对提高工业自动化、提高生产效率等方面都具有十分重要的意义。但目前 PLC 产品生产厂家繁多、型号多种多样，众厂家又都各有自己的标准，如何找准学习、掌握 PLC 技术的切入点，尽快解决实际问题，完成多数编程设计任务，是很多工程技术人员和初学者都很感兴趣的问题。

本书以当前国内市场上占主导地位的欧美派西门子、A-B 公司，日流派欧姆龙、三菱、松下电工等公司的主打产品 S7-200 系列、PLC-5 系列、CPM1A 系列、FX_{2N}系列、FP1 系列 PLC 产品为例，结合理论性和实用性，系统阐述了 5 种主流 PLC 的基本原理、软硬件结构、丰富的指令系统，以及 PLC 控制系统的设计和应用程序的编程方法，以大量的例程和时序图加以说明，使读者易于透彻理解。这 5 种产品覆盖了国内主要 PLC 市场，学习和掌握后，使读者形成一个较完整的概念，不仅能快速切入 PLC 的使用，而且还能够触类旁通、举一反三，通过查阅相应的技术资料，较快掌握其他品牌和型号的 PLC 的使用方法。

全书共分 7 章，第 1 章概述了 PLC 的基本结构、工作原理、编程语言以及常用的产品；第 2 章介绍了西门子 S7-200 系列 PLC；第 3 章介绍了欧姆龙 CPM1A 系列 PLC；第 4 章介绍了三菱 FX_{2N}系列 PLC；第 5 章介绍了松下电工 FP1 系列 PLC；第 6 章介绍了 A-B 公司 PLC-5 系列 PLC；第 7 章从 PLC 控制系统设计的基本步骤、硬件配置和软件编程方法介绍了 PLC 的应用。

本书第 1～3 章、第 7 章由谢少荣博士编写；第 4 章和第 6 章由罗均博士编写；第 5 章由吴安德博士编写，全书由谢少荣博士统稿。博士生高同耀，硕士生石剑锋、王东红、周焱、胡崟峰、傅湘国等为本书做了大量的协助工作。

在本书的编写过程中，参阅了有关可编程控制器（PLC）方面的书籍和编程手册，编者在此谨向原书作者表示深深的感谢。

由于编者水平有限，加上时间仓促，书中难免有不妥之处，恳请读者批评、指正和讨论。

编　者

2006 年 2 月于上海

目　　录

第 1 章　可编程序控制器综述 …… 1
1.1　PLC 的定义 …… 1
1.2　PLC 的基本结构 …… 1
1.3　PLC 的工作原理 …… 3
1.3.1　PLC 的循环扫描工作方式 …… 3
1.3.2　I/O 映像区 …… 5
1.3.3　I/O 响应时间 …… 5
1.3.4　PLC 的中断输入处理 …… 6
1.4　PLC 的编程语言 …… 7
1.5　PLC 的特点 …… 10
1.6　PLC 与其他工业控制系统的比较 …… 11
1.6.1　PLC 与继电器控制系统的比较 …… 11
1.6.2　PLC 与计算机控制系统的比较 …… 11
1.6.3　PLC 与集散控制系统的比较 …… 12
1.7　PLC 的应用领域 …… 12
1.8　PLC 的发展 …… 13
1.8.1　PLC 的发展历史 …… 13
1.8.2　PLC 的发展趋势 …… 14
1.9　PLC 的分类 …… 15
1.10　常用 PLC …… 16
第 2 章　西门子 S7-200 系列 PLC …… 19
2.1　S7-200 系列 PLC 产品概述 …… 19
2.1.1　产品类型及构成 …… 19
2.1.2　S7-200 CPU …… 20
2.1.3　扩展模块 …… 21
2.1.4　电源计算 …… 23
2.1.5　最大 I/O 配置 …… 24
2.1.6　数据保持 …… 25
2.2　S7-200 内部存储器数据类型及寻址方式 …… 25
2.2.1　存储器数据类型及其存取方式 …… 25
2.2.2　不同存储器区 …… 27
2.2.3　绝对地址与符号地址 …… 31
2.2.4　直接寻址与间接寻址 …… 31

2.3 S7-200 系列 PLC 的指令系统 …… 32
2.3.1 位逻辑指令 …… 32
2.3.2 定时器与计数器指令 …… 37
2.3.3 程序控制指令 …… 41
2.3.4 常用功能指令 …… 52
2.4 S7-200 编程软件 STEP7-Micro/WIN32 …… 74
第 3 章 欧姆龙 CPM1A 系列 PLC …… 76
3.1 CPM1A 系列 PLC 概述 …… 76
3.1.1 产品类型及构成 …… 77
3.1.2 基本扩展单元 …… 78
3.1.3 特殊扩展单元 …… 79
3.2 CPM1A 系列的继电器区及数据区 …… 79
3.2.1 输入输出继电器区（I/O 地址） …… 80
3.2.2 内部辅助继电器区 …… 80
3.2.3 特殊辅助继电器区 …… 81
3.2.4 暂存继电器区 …… 82
3.2.5 保持继电器区 …… 82
3.2.6 辅助记忆继电器区 …… 82
3.2.7 链接继电器区 …… 83
3.2.8 定时器/计数器区（TC） …… 83
3.2.9 数据存储区 …… 84
3.3 CPM1A 系列 PLC 的指令系统 …… 84
3.3.1 指令系统概述 …… 84
3.3.2 基本顺序指令 …… 85
3.3.3 程序控制指令 …… 88
3.3.4 应用指令 …… 102
3.3.5 特殊指令 …… 109
3.4 CPM1A 系列 PLC 的特殊功能单元 …… 110
3.4.1 高速计数功能 …… 110
3.4.2 脉冲输出功能 …… 114
3.4.3 模拟量输入输出 …… 115
3.4.4 通信功能 …… 116
3.5 CPM1A 的编程工具 …… 116
3.5.1 编程器 …… 117
3.5.2 编程软件 …… 117
第 4 章 三菱 FX_{2N} 系列 PLC …… 119
4.1 FX_{2N} 系列 PLC 概述 …… 119
4.1.1 产品类型 …… 119
4.1.2 性能指标 …… 119
4.1.3 基本构成 …… 119

4.2 FX_{2N}系列 PLC 的内部继电器 …… 120
4.2.1 输入/输出继电器 …… 120
4.2.2 辅助继电器 …… 120
4.2.3 状态继电器 …… 121
4.2.4 定时器 …… 121
4.2.5 计数器 …… 122
4.2.6 数据寄存器 …… 124
4.2.7 变址寄存器 …… 124
4.2.8 指针 …… 124
4.3 FX_{2N}系列 PLC 的指令系统 …… 124
4.3.1 基本顺控指令 …… 124
4.3.2 定时器与计数器指令 …… 129
4.3.3 程序控制指令 …… 134
4.3.4 应用指令 …… 141
4.4 编程与仿真软件 …… 151
第 5 章 松下电工 FP1 系列 PLC …… 153
5.1 FP1 系列 PLC 产品概述 …… 153
5.1.1 产品类型及构成 …… 153
5.1.2 技术性能 …… 156
5.2 FP1 的内部寄存器及 I/O 配置 …… 156
5.2.1 FP1 的内部寄存器 …… 156
5.2.2 FP1 的内部寄存器寻址方式 …… 160
5.2.3 FP1 扩展单元和链接单元的地址分配 …… 160
5.3 FP1 的指令系统 …… 162
5.3.1 基本顺序指令 …… 162
5.3.2 基本功能指令 …… 166
5.3.3 程序控制指令 …… 171
5.3.4 比较指令 …… 175
5.3.5 高级指令 …… 176
5.4 FP1 的特殊功能及高级模块 …… 181
5.4.1 FP1 的特殊功能 …… 181
5.4.2 A/D 转换模块 …… 183
5.4.3 D/ A 转换模块 …… 184
5.4.4 FP1 的通信功能 …… 185
5.5 FP1 的编程工具 …… 186
第 6 章 A-B 公司 PLC-5 系列 PLC …… 188
6.1 PLC-5 系列 PLC 概述 …… 188
6.1.1 A-B PLC 特点 …… 188
6.1.2 PLC-5 系列 PLC …… 188
6.2 PLC-5 内存组织和寻址方式 …… 192

6.2.1 内存组织 …… 192
6.2.2 有关寻址的几个概念 …… 193
6.2.3 PLC-5 寻址方式 …… 194
6.2.4 机架号分配 …… 196
6.2.5 数据文件类型及直接寻址 …… 197
6.2.6 间接寻址、变址寻址及符号寻址 …… 201
6.3 PLC-5 系列的指令系统 …… 202
6.3.1 继电器指令 …… 202
6.3.2 定时器和计数器指令 …… 203
6.3.3 逻辑指令 …… 210
6.3.4 移位指令 …… 210
6.3.5 程序控制指令 …… 211
6.3.6 应用指令 …… 215
6.4 PLC-5 系列控制系统相关软件 …… 217
第 7 章 PLC 的应用 …… 219
7.1 PLC 控制系统设计的基本步骤 …… 219
7.2 PLC 应用系统硬件设计 …… 220
7.2.1 PLC 的选型与硬件配置 …… 220
7.2.2 PLC 运行方式及外部电路设计 …… 222
7.2.3 PLC 控制系统的可靠性设计 …… 223
7.3 PLC 应用程序设计 …… 224
7.3.1 经验设计法 …… 224
7.3.2 逻辑设计法 …… 225
7.3.3 时序设计法 …… 226
7.3.4 图解设计法 …… 228
参考文献 …… 229

第 1 章　可编程序控制器综述

1.1　PLC 的定义

可编程序控制器（Programmable Logic Controller）简称 PLC。随着 PLC 的发展，它不仅能完成逻辑运算控制，而且能实现模拟量、脉冲量的算术运算，故把原来的 logic 删去，正式命名为 PC（Programmable Controller），但是为了避免与个人计算机（Personal Computer）的简称 PC 混淆，通常还是将可编程序控制器简称为 PLC。本书中均简称为 PLC。

何谓可编程序控制器？由于 PLC 在不断发展，因此，对它下一个确切的定义是困难的。国际电工委员会（IEC，International Electrical Committee）先后颁布了 PLC 标准草案第一稿、第二稿，并在 1987 年 2 月通过了对它的定义：

“可编程序控制器是一种专为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子系统。它采用一类可编程序的存储器，用于其内部存储程序，执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与算术运算等操作的面向用户的指令，并通过数字式或模拟式输入/输出控制各种类型的机械设备或生产过程。可编程序控制器及其有关外部设备，都按易于与工业控制系统连成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

上述定义表明，PLC 是一种能直接应用于工业环境的数字电子装置，是工业控制计算机的一个重要分支，特别适合于逻辑、顺序控制。

1.2　PLC 的基本结构

PLC 是微机技术与继电器常规控制概念相结合的产物，是一种工业控制用的专用计算机。作为一种以微处理器为核心的用作数字控制的特殊计算机，它的硬件配置与一般微机装置类似，主要由中央处理单元（CPU 模块）、存储器（RAM/ROM）、输入/输出模块（I/O 单元）、电源和编程器几大部分组成，如图 1-1 所示。

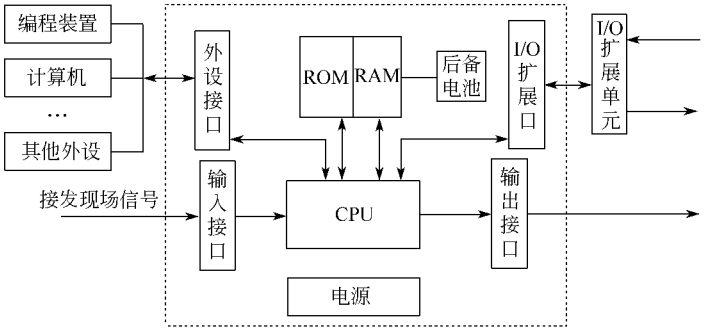


图 1-1　PLC 系统的基本结构

（1）中央处理器（CPU）

CPU 是 PLC 的控制核心，包括微处理器和控制接口电路。微处理器是 PLC 的运算控

制中心，由它实现逻辑运算，协调控制系统内部各部分的工作。它的运行是以循环扫描的方式采集现场各输入装置的状态信号，执行用户控制程序，并将运算结果传送到相应的输出装置，驱动外部负载工作。CPU 芯片性能关系到 PLC 处理控制信号的能力与速度，CPU 位数越高，运算速度越快，系统处理的信息量就越大，系统的性能越好。

控制接口电路是微处理器与主机内部其他单元进行联系的部件，主要有数据缓冲、单元选择、信号匹配、中断管理等功能。微处理器通过它来实现与各个单元之间的可靠的信息交换和最佳的时序配合。

（2）存储器

存储器是存放程序及数据的地方，通常存储器插装在 CPU 模块中。PLC 的存储器有两部分：系统程序存储器（ROM）和用户程序存储器（RAM）。系统程序存储器（ROM）是由生产 PLC 的厂家事先编写并固化好的，它关系到 PLC 的性能，不能由用户直接存取和修改，其内容主要为监控程序、模块化应用功能子程序，能进行命令解释和功能子程序的调用，管理程序和各种系统参数等。

用户程序存储器（RAM）包括用户程序存储区和数据存储区两部分。用户程序存储区存放用户针对具体控制任务，用规定的 PLC 编程语言编写的控制程序，可由用户任意修改或增删。用户数据存储区主要用来存放用户程序中使用的 ON/OFF 状态、计数计时值等数据，以及系统运行必要的初始值。它们是 PLC 的编程“软”元件（或内部寄存器/继电器）。

因此，从（1）和（2）两部分来看，CPU 的具体作用为：

① 接受并存储用户程序；

② 按扫描方式接受来自输入单元的数据和各状态信息，并存入相应的数据存储区；

③ 执行监控程序和用户程序，完成数据和信息的逻辑处理，产生相应的内部控制信号，完成用户指令规定的各种操作；

④ 响应外部设备的请求。

（3）输入/输出接口（I/O）

输入/输出接口是 PLC 的 CPU 模块与外部控制现场相联系的桥梁，通过输入模块单元，PLC 能够得到生产过程的各种参数；通过输出模块单元，PLC 能够把运算处理的结果送至工业过程现场的执行机构实现控制。实际生产中的信号电平多种多样，外部执行机构所需电流也是多种多样，而 PLC 的 CPU 所处理的只能是标准电平，由于输入输出模块单元与工业过程现场的各种信号直接相连，这就要求它有很好的信号适应能力和抗干扰性能。因此，在输入输出模块单元中，一般均配有电平变换、光耦合器和阻容滤波等电路，以实现外部现场的各种信号与系统内部统一信号的匹配和信号的正确传递，PLC 正是通过这种接口实现了信号电平的转换。

为适应工业过程现场不同输入输出信号的匹配要求，PLC 配置了各种类型的输入输出模块单元，常用的有：开关量输入单元、开关量输出单元、模拟量输入单元、模拟量输出单元和高速脉冲计数智能单元、PID 控制智能单元、温度传感器输入智能单元、中断控制智能单元等智能输入/输出模块。

（4）电源

PLC 通常使用交流 220V 或直流 24V 工作电源。它的电源模块为其他各功能模块提供 DC5V、DC12V、DC24V 等各种内部直流工作电源。

一般情况下，许多 PLC 可以为输入电路和外部的传感器提供直流 24V 的工作电源，但

是驱动 PLC 负载的直流电源或交流电源一般由用户提供。

（5）编程器及其他可选外部设备

编程器是编制、编辑、调试、监控 PLC 的用户程序的必备设备，它主要由键盘、显示器、工作方式选择开关和外存储器安插器等部件组成。它通过通信接口与 PLC 的 CPU 模块相联系，完成人机对话。

编程器分简易型和智能型两类。简易型的编程器，键盘采用命令语句助记符键，只能连接在 PLC 上使用；而智能型编程器一般采用微型计算机加上相应的应用软件构成，既可以联机编程，也可以脱机编程，不仅可用于编制调试用户程序，还可完成彩色图形显示、通信联网、打印输出控制和事务管理等多项功能。

小型 PLC 的程序编制可直接使用简易的手持式编程器来完成，较为复杂的编程一般使用专门的编程软件，安装在普通计算机上，程序编制好后通过通信电缆下载到 PLC 中。因此，小型 PLC 常用简易编程器，大中型 PLC 多用智能编程器。

编程器的作用是编制用户程序，将程序送入存储器，用来检查、修改用户程序和在线监视 PLC 的工作状况。很多 PLC 生产厂家在个人计算机上添加适当的硬件接口和软件包，即可使这些微机作为编程器使用。利用微机作为编程器，可以直接绘制梯形图，监控功能也比较强，并且对已经拥有微机的用户，可省去一台编程器，节省开支。编程器的功能随着 PLC 功能的不断增强而完善。

PLC 还可以选配其他外部设备，例如：彩色图形显示器、打印机、盒式磁带机、EPROM 写入器等，这些外部设备均可根据实际需要进行配置。彩色图形显示器可以用来显示模拟生产过程的流程图、实时过程参数、趋势参数及报警参数等过程信息，使得现场控制情况一目了然，大中型 PLC 通常配接彩色图形显示器。PLC 也可以配接打印机，用以打印记录过程参数、系统参数以及报警事故记录表等；还可以配置盒式磁带机，用于存储用户的应用程序和数据，配置 EPROM 写入器，将程序写入到 EPROM 中。

1.3 PLC 的工作原理

1.3.1 PLC 的循环扫描工作方式

PLC 要完成控制任务是在其硬件的支持下，通过执行反映控制要求的用户程序来完成的，这和计算机的工作原理是一致的。由于 PLC 是作为继电器控制的替代物，其核心为微处理器芯片，因而与继电器控制逻辑的工作原理有很大差别：继电器控制装置采用硬逻辑并行运行的方式，即如果一个继电器的线圈通电或断电，该继电器的所有触点（包括它的常开触点或常闭触点）不论在继电器线路的哪个位置上，都会立即同时动作；然而，当 PLC 运行时，用户程序中有众多的操作需要去执行，但 CPU 是不能同时去执行多个操作的，它只能按分时操作原理每一时刻执行一个操作，即 PLC 的 CPU 按存储地址号递增顺序逐条执行用户程序，如果一个输出线圈或逻辑线圈被接通或断开，该线圈的所有触点（包括它的常开触点或常闭触点）不会立即动作，必须等扫描到该触点时才会动作。

PLC 采用了一种不同于一般微型计算机的运行方式——循环扫描。扫描是一种形象化的术语，用作描述 CPU 是如何完成分配给它的各种任务的方式。PLC 的循环扫描是对整个程序循环执行，也就是说用户程序不是按固定顺序从头到尾只执行一次，而是执行一次后，又返回去执行第二次、第三次……直到停机。因此，PLC 开机后，一直在周而复始地循环扫描并执行由系统软件规定好的任务。整个过程扫描一次所需要的时间称为扫描周期。

顺序扫描的工作方式简单直观，它简化了程序设计，并为 PLC 的可靠运行提供了保障。一方面，扫描到的指令被执行后，其结果马上就可以被将要扫描到的指令所利用；另一方面，还可以通过 CPU 设置的定时器来监视每次扫描是否超过规定的时间，从而避免了由于 CPU 内部故障使程序执行进入死循环而造成故障的影响。

PLC 在一个扫描周期内基本上要执行以下 6 大任务。

（1）运行监控任务

为了保证系统可靠工作，PLC 内部设置了系统监视计时器 WDT（Watch Dog Timer），由它来监视系统扫描时间是否超过规定时间。正常时，PLC 在每个扫描周期内都对该系统监视计时器 WDT 进行复位操作，当程序由于某一任务进入死循环时，PLC 就不能在一个扫描周期内对该计时器进行复位操作，那么 WDT 的计时会超过设定值，也就是扫描周期超过了规定时间，这表明系统的硬件或用户软件发生了故障。当 WDT 超时后，它会自动发出故障报警信号，并停止 PLC 的运行。通常，系统监视计时器的设定值是扫描周期的 2～3 倍，约 100～200ms。该设定值可由用户根据实际应用情况通过硬件或软件设定。

（2）与编程器交换信息任务

编程器是 PLC 的外部设备，它与主机的外部设备接口相连。作为编制、调试用户程序的外部设备，编程器在 PLC 的外部设备中占有非常重要的地位，所以在主机的扫描周期中，把与编程器交换信息的任务单独列出，而不包括在与外部设备信息交换的任务中。编程器是人机交互的设备，用户把应用程序输入到 PLC 中，或对应用程序进行在线运行监视和修改都要用到它。这就要求 PLC 能与编程器进行信息交换。当 PLC 执行到与编程器交换信息任务时，就把系统的控制权交给编程器，并启动信息交换的定时器。在编程器取得控制权后，用户就可以利用它来修改内存中的应用程序，对系统的工作状态进行修改。如读微处理器的状态，读或写数字变量和逻辑变量，封锁或开放输入输出以及控制微处理器等。编程器在完成处理任务或达到信息交换的规定时间后，就把控制权交还给 PLC。在每个扫描周期内都要执行此项任务。

（3）与数字处理器（DPU）交换信息任务

一般大中型 PLC 多为双处理器系统。一个是字节处理器（CPU），另一个是数字处理器（DPU）。CPU 是系统的主处理器，由它处理字节操作指令，控制系统总线，统一管理各种接口和输入输出单元。DPU 是系统的从处理器，它的作用是处理位操作指令，协助主处理器加快整个系统的处理速度。当 PLC 为双处理器系统时，就会有与数字处理器交换信息的任务。该任务主要是数字处理器（DPU）的寄存器信息与主系统的寄存器信息和开关量信息的交换。这个任务占用的时间随信息交换量而变化。在一般小型 PLC 中是没有这个任务的。

（4）与外部设备接口交换信息任务

该任务主要是 PLC 与上位计算机、其他 PLC 或一些终端设备（如彩色图形显示器、打印机等设备）进行信息交换。这一任务的大小和占用时间的长短随主机外部设备的数量和数据通信量而变化。如果没有连接外部设备，则该任务跳过。

（5）执行用户程序任务

用户程序是由用户根据实际应用情况而编制的程序，存放在 RAM 或 EPROM 中。PLC 在每个扫描周期内都要把用户程序执行一遍，用户程序的执行是按用户程序的实际逻辑关系结构由前向后逐步扫描处理的，并把运行结果装入输出状态暂存区中，系统的全部控制功能

都在这一任务中实现。

（6）输入输出信息处理任务

PLC 内部开辟了两个暂存区，即输入信号状态暂存区和输出信号状态暂存区。用户程序从输入信号暂存区中读取输入信号状态，运算处理后将结果放入输出信号状态暂存器中。输入输出状态暂存区与实际输入输出单元的信息交换是通过输入输出任务实现的。输入输出任务还包括对输入输出扩展接口的操作，通过输入输出扩展接口实现主机的输入输出状态暂存区与简单输入输出扩展环节中的输入输出单元或与智能型输入输出扩展环节中的输入输出状态区之间的信息交换。PLC 在每个扫描周期中都执行该任务。

1.3.2 I/O 映像区

在 PLC 的一个扫描周期内，用户程序扫描和 I/O 操作是实现系统控制功能的两个重要过程，如图 1-2 所示。

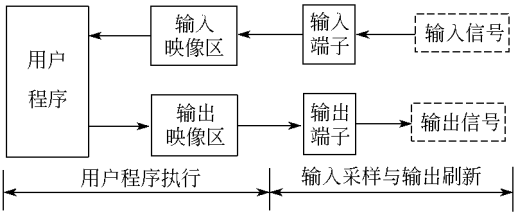


图 1-2 PLC 用户程序扫描和 I/O 操作的工作过程

PLC 对现场信息的采集一般是在一个循环扫描周期内的某一个时段（一般定在扫描周期的开始或结束时）将现场全部有关信息采到控制器内，存放在系统准备好的一个区域（即随机存储器的某一个地址区），称之为输入映像区。

执行用户程序所需现场信息都在输入映像区取用，而不直接到外设去取。这种方式是集中采集现场信息，虽然从理论上分析每个信息被采集的时间仍有先后差异，但它已很小，因此可以认为采集到的信息是同时的。

同样，对被控制对象的控制信息，也不采用形成一个就去输出改变一个的控制方法，而是先把它们存放在随机存储器的某个特定区域，称之为输出映像区。当用户程序扫描结束后，将所存被控对象的控制信息，集中输出，改变被控对象的状态。对于那些在一个扫描周期内没有变化的变量状态，就输出与前一周期同样的信息，因而也不引起外设工作的变化。

上述输入映像区、输出映像区集中在一起就是一般所称的 I/O 映像区，映像区的大小随系统输入、输出信息多少，即输入、输出点数而定。

I/O 映像区的设置，使计算机执行用户程序所需信息状态及执行结果都与 I/O 映像区发生联系，只有计算机扫描执行到输入输出服务过程时，CPU 才从实际的输入点读入有关信息状态，存放于输入映像区，并将暂时存放在输出映像区内的运算结果传送到实际输出点。

1.3.3 I/O 响应时间

在 PLC 控制系统中，当输入信号发生变化时，必将引起有关输出信号的变化，这之间是有一定的时间延迟的。

定义：从 PLC 系统的某一输入信号变化开始到系统有关输出端信号的改变所需的时间为 I/O 响应时间。

由 PLC 的循环扫描过程可知，外界信息必须在前一个扫描周期的 I/O 扫描阶段之前准

备好，并由 PLC 读入到输入映像区，在计算机内经历一扫描周期的时间，在本扫描周期的 I/O 扫描阶段输出给外设，这是系统必须有的扫描时间，如图 1-3 所示。

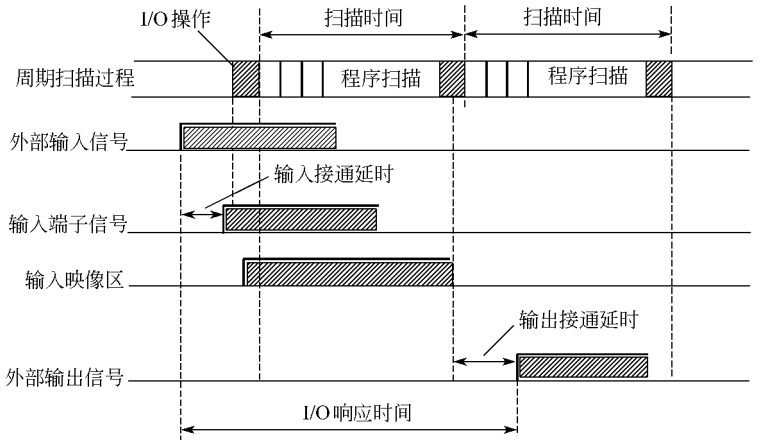


图 1-3　PLC 的 I/O 响应时间

从 PLC 的输入信号开始变化、信号稳定到 CPU 读入的时间称为输入延迟时间。输入信号的出现有一定的随机性，信号的稳定时间是随输入端硬件参数设定的，在计算机输入模板选定之后是一个常数，CPU 在 I/O 扫描阶段读入该信号的时间则是随机的，因此输入延迟时间有一定随机性。

同输入延迟时间类似，PLC 的输出数据由输出映像区送到外设到数据在外设稳定的时间称为输出延迟时间。输出延迟时间由 PLC 的外设接口参数而定，系统确定之后，它是一个常数。

可见，I/O 响应时间必须有：一个扫描周期、一个输出延迟时间和大约一个 I/O 扫描阶段的时间。最后一项主要受信号具体读入时机的影响，可能略小于或略大于 I/O 扫描阶段的时间。

输入信号的出现在哪种情况下将使 I/O 响应时间最大呢？这就是 PLC 的最大 I/O 响应时间问题。如图 1-4 所示，假设输入信号的出现是在前一个 I/O 扫描阶段，CPU 读取该信号时，它已出现，但尚未达到稳定阶段，因而未能读入。这样，这个输入信息就要在本扫描周期的 I/O 扫描阶段才能读入。因此，I/O 响应时间的最大值大约是两个扫描周期、一个输出延迟时间和大约一个 I/O 扫描阶段的时间。

由上面的分析还可以看出，PLC 工作时的扫描周期 T 必须小于输入信号的稳定驻留时间，否则就有丢失信息的可能。为了尽量减少输入延迟时间和输出延迟时间，在设计硬件参数时应予以足够的重视。

综上所述，I/O 映像区的建立，使 PLC 系统变成数字采样控制系统，虽然不像硬件逻辑系统那样随时反映工作状态变化对系统的控制作用，但在采样时刻则基本符合实际工作状态，只要采样周期 T 足够小，即采样频率足够高，就可以认为这样的采样控制系统有足够的精度，可以满足实时控制的要求。若系统要求响应时间小于扫描周期则不能满足，那么就要采用智能输入输出单元或专门的软件指令，通过与扫描周期脱离的方式解决。

1.3.4　PLC 的中断输入处理

PLC 的中断处理原理与计算机中断处理的原理基本相同。即当有中断请求信号输入时，

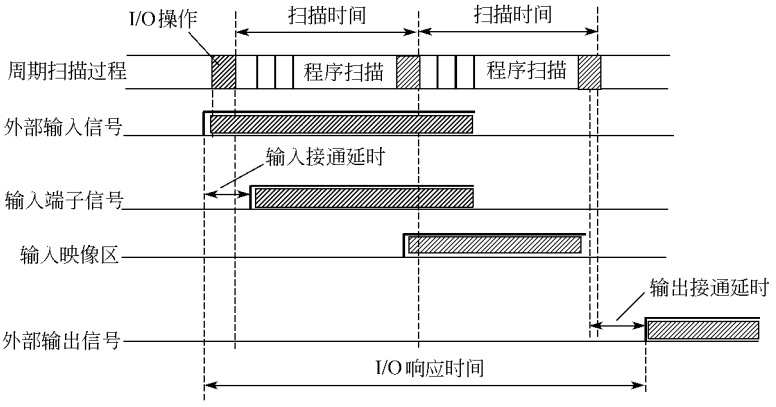


图 1-4　PLC 的最大 I/O 响应时间

系统要中断正在执行的相关程序而转向执行中断处理子程序；当有多个中断源申请时，它们将按中断的优先级进行排队后顺序处理；系统处理完中断子程序后回复到原程序中断点，继续执行原程序。系统可通过程序设置中断允许或中断禁止。

PLC 对中断的响应是在扫描周期的某一个任务完成后或根据用户程序的要求进行，见图 1-2。在 PLC 执行某一任务的过程中，它对中断是不响应的。

PLC 的中断源信息是通过输入单元进入系统的，由于 PLC 扫描输入点是按顺序进行的，因此中断源的先后顺序根据其占用的输入点位置而自动排序，当系统接到中断请求后顺序扫描中断源。它可能只有一个中断源请求中断，也可能同时有多个中断源请求中断。系统在扫描中断源的过程中，就在存储器的一个特定区里建立中断处理表，按顺序存放中断信息，然后系统按照该表的顺序先后转到相应的中断子程序去处理。

PLC 的中断源有优先级，但无嵌套关系，即在中断程序执行过程中如果有新的中断请求，无论它的优先级如何，都不能中断正在执行的中断子程序，只有该中断处理子程序执行完后，再根据中断顺序表进行新的中断处理。

不像用户程序的执行，在每个扫描周期用户程序都被执行一次。对中断子程序的执行只有在中断请求被接受后才执行一次。此外，中断处理子程序的执行使扫描周期发生变化。

PLC 以循环扫描方式工作。正常的输入输出处理是以扫描周期内某一阶段进行的。对于中断处理子程序中有关信息的输出必须采取特殊处理，即这部分的输出不通过周期扫描输出，而利用专门的硬件或软件立即执行。

小型 PLC 一般不设置中断输入处理。

1.4　PLC 的编程语言

PLC 是专为工业控制而开发的装置，PLC 产品的主要使用者是工厂广大电气技术人员，为了满足他们的传统习惯和掌握能力，通常采用梯形图、语句表、逻辑功能图等编程语言。但是 PLC 产品生产厂家繁多、型号多种多样，各种机型的 PLC 都有自己的编程语言。为此，IEC 于 1994 年 5 月公布了可编程序控制器标准（IEC 1131），其中的第三部分（IEC 1131-3）是可编程序控制器的编程语言标准。该标准使用户在使用新的可编程序控制器时，可以减少重新培训的时间；对于厂家，使用标准将减少产品开发的时间，可以投入更多的精力去满足用户的特殊要求。

IEC 1131-3 详细地说明了顺序功能图（Sequential Function Chart）、梯形图（Ladder Diagram）、功能块图（Function Block Diagram）、指令表（Instruction List）、结构文本（Structured Text）5 种编程语言。其中顺序功能图（SFC）是一种结构块控制程序流程图；梯形图（LD）和功能块图（FBD）是两种图形语言；指令表（IL）和结构文本（ST）是两种文字语言。

（1）顺序功能图（SFC）

顺序功能图（Sequential Function Chart，SFC）是描述控制系统的控制过程、功能和特性的一种图形，IEC 将顺序功能图确定为位于其他 PLC 编程语言之上的图形语言，是设计编制 PLC 顺序控制程序的有力工具。

顺序功能图主要由步、有向连线、转换、转换条件和动作（或命令）组成（见图 1-5），采用功能表图的描述，从功能入手，将控制系统分为若干个子系统，使系统的操作具有明确的含义，它并不涉及所描述的控制功能的具体技术，是一种通用的技术语言，便于进一步设计和不同专业的人员之间进行技术交流，有利于程序的分工设计和检查调试。

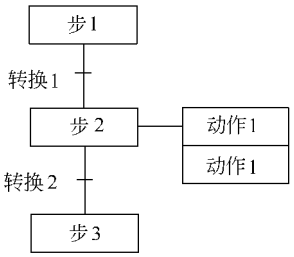


图 1-5　顺序功能图

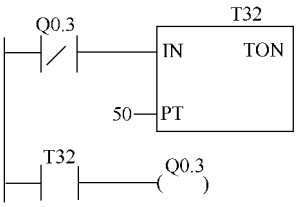


图 1-6　梯形图

从上述分析可以看出，SFC 编程语言具有以下显著特点：

① 编程以功能为主线，条理清楚；

② 对大型的程序开发，可以方便地进行分工设计，灵活的程序结构，节省程序设计和调试时间；

③ 程序执行时，只有在活动步的命令和操作被执行，对活动步后的转换进行扫描，因而，整个程序的扫描时间较其他程序编制的程序扫描时间要大大缩短。

因此，这种编程语言常用于系统规模较大、程序关系复杂的场合。

（2）梯形图（LD）

梯形图（Ladder Diagram，LD）表达式是在原电器控制系统中常用的接触器、继电器梯形图基础上演变而来的。它与电气操作原理图相呼应，形象、直观和实用，为广大电气技术人员所熟知，是用得最多的 PLC 编程语言，特别适用于开关量逻辑控制。

梯形图由触点、线圈和用方框表示的功能块组成（见图 1-6）。触点代表逻辑输入条件，如外部的开关、按钮和内部条件等。线圈通常代表逻辑输出结果，用来控制外部的指示灯、交流接触器和内部的输出条件等。功能块用来表示定时器、计数器或者数学运算等附加指令。这种编程语言采用因果关系来描述事件发生的条件和结果，每个梯级是一个因果关系，在梯级中，描述事件发生的条件表示在左面，事件发生的结果表示在右面。

PLC 梯形图编程有如下特点。

① 梯形图格式中的继电器不是物理继电器，每个继电器各输入触点均为存储器中的一

位。相应位为“1”状态，表示继电器线圈通电，常开触点闭合或常闭触点断开；相应位为“0”状态，表示继电器线圈失电，常开触点断开或常闭触点闭合。

② 梯形图中流过的电流不是物理电流，而是“概念”电流。是用户程序解算中满足输出执行条件的形象表示方式。“概念”电流只能从左向右流动。

③ 梯形图中的继电器触点可在编制用户程序时无限引用，既可常开又可常闭。

④ 梯形图中用户逻辑解算结果，马上可以为后面用户程序的解算所利用。

⑤ 梯形图中输入触点和输出线圈不是物理触点和线圈，用户程序的解算是根据 PLC 内 I/O 映像区每位的状态，而不是解算时现场开关的实际状态。

⑥ 输出线圈中对应输出映像区的相应位，不能用该编程元素直接驱动现场执行机构。

（3）功能块图（FBD）

功能块图（Function Block Diagram，FBD）是一种类似于数字逻辑门电路的编程语言（见图 1-7），有数字电路基础的人很容易掌握。该编程语言用类似与门、或门的方框来表示逻辑运算关系，方框的左侧为逻辑运算的输入变量，右侧为输出变量，输入、输出端的小圆圈表示“非”运算，方框被“导线”连接在一起，信号自左向右流动。功能块图编程语言的特点如下。

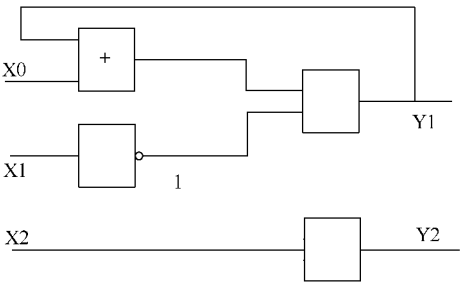


图 1-7　功能块图

① 以功能模块为单位，从控制功能入手，使程序段的功能划分更加明了，便于理解控制方案。

② 用图形化的方式描述控制功能，极大地方便了对工程的编程和组态，有较好的直观性和易操作性。

③ 各个控制功能的关系可以清楚地表达，对于规模较大、控制关系复杂的系统，其编程、组态时间以及调试时间都能有效地减少，但是尚需注意的是，每个功能模块都需要占用一定的程序内存空间和一定的执行时间。

因此，这种编程语言通常只是在大中型 PLC 和集散控制系统的编程和组态中才被采用。

（4）语句表（STL）

语句表（Statement List，STL）是一种与汇编语言类似的助记符编程表达式。语句是用户程序的基础单元，每个控制功能由一条或多条语句组成的用户程序来完成。许多小型 PLC 就用一系列 PLC 操作命令组成的语句表将梯形图控制逻辑描述出来，并通过编程器输入到机器中去。

PLC 的语句：操作码＋操作数。

操作码用来指定要执行的功能，告诉 CPU 该进行什么操作；操作数内包含为执行该操作所必需的信息，告诉 CPU 用什么地方的数据来执行此操作。

操作数应该给 CPU 指明为执行某一操作所需信息的所在地，所以操作数的分配原则是：

① 为了让 CPU 区别不同的编程元素，每个独立的元素应指定一个互不重复的地址；

② 所指定的地址必须在该型机器允许的范围之内，超出机器允许的操作参数，PLC 不予响应，并以出错处理。

命令语句编程有键入方便、编程灵活的优点。

（5）结构文本（ST）