

# 零起点学会 欧姆龙PLC编程

霍 罡 李志娟 编著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

# 零起点学会 欧姆龙PLC编程

霍 罡 李志娟 编著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书以欧姆龙公司 CP1H 型可编程序控制器 (PLC) 为对象, 充分考虑初学者零起点的特点, 详细介绍了 PLC 的基本概念, CP1H PLC 的硬件结构、扩展方式以及指令系统, 并对常用典型指令给出经典程序段, 帮助读者掌握常用指令应用, 并以具体实例介绍了编程软件 CX-Programmer 的使用方法, 最后介绍了转换法、经验法、时序图法、顺控图法等常用编程方法。书中还附有思考题, 以供读者学习参考。

本书内容由浅入深, 循序渐进, 重点介绍分析问题、解决问题的思路和方法。本书可作为零起点工程技术人员自学使用, 也可作为大专院校自动化相关专业教材, 此外, 本书对欧姆龙 CP1 系列 PLC 的用户也有很大的参考价值。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

零起点学会欧姆龙 PLC 编程 / 霍罡, 李志娟编著. —北京:  
中国电力出版社, 2013.10  
ISBN 978-7-5123-4849-3

I. ①零… II. ①霍… ②李… III. ①plc 技术—程序设计 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 195937 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2013 年 10 月第一版 2013 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.75 印张 335 千字

印数 0001—3000 册 定价 30.00 元

## 敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

## 前 言

可编程序控制器（PLC）是综合了计算机技术、自动化控制技术和通信技术的一种新型的、通用的自动控制装置，具有功能强、可靠性高、操作灵活、编程简便以及适合于工业环境等一系列优点。近年来，随着 PLC 应用领域的日益广泛和市场需求的不断扩大，越来越多的工程技术人员希望能够快速掌握 PLC 技术，本书为了适应零起点读者的学习需要，本着深入浅出、易学易用的原则，以欧姆龙 CP1 系列 PLC 为参照机型，将基本理论贯穿于典型案例中，力求做到理论与实践相结合，所选案例的针对性和实用性强，从简至繁，循序渐进。

全书包括基础篇和实例篇，共分 7 章。第 1 章主要介绍 PLC 的基本概念及工作原理。第 2 章介绍 CP1H 的硬件系统及其扩展。第 3 章介绍 CP1 的指令系统，对常用指令给出了经典程序段，方便零起点读者编写程序时参考。第 4 章介绍了 CX-One 软件的安装方法和各组件的主要功能，结合具体实例介绍了编程软件 CX-Programmer 的使用方法，以及如何应用转换法编写应用程序及其适用范围、自锁电路的典型应用。第 5 章介绍了定时器的典型应用和时序图法的使用方法。第 6 章介绍了如何使用顺控图法编写应用程序及其适用范围。第 7 章介绍了逻辑运算指令的典型应用，体现了经验法分析问题、解决问题、循序渐进的思路和方法。

本书第 2、3、6 章由霍罡编写，第 1、4、5、7 章由李志娟编写；霍罡负责全书的统稿工作。本书在编写过程中，得到了欧姆龙自动化（中国）有限公司的支持，同时，书中参考和引用了参考文献中有关编者的部分资料，在此一并表示衷心感谢！

书中所需操作手册、编程手册等技术资料可以登录欧姆龙工业自动化网站 <http://www.fa.omron.com.cn> 获取。如还有其他问题，请发邮件至 [cobnhuo@126.com](mailto:cobnhuo@126.com)。

由于编者水平有限，书中错漏之处难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2013 年 7 月

# 目 录

## 前言

## 基 础 篇

<b>1 什么是 PLC</b> .....	3
1.1 PLC 的基本概念 .....	3
1.2 PLC 的基本结构与类型 .....	6
1.3 PLC 的基本工作原理 .....	8
思考题 .....	12
<b>2 CPlH PLC 的硬件系统</b> .....	14
2.1 CPlH PLC 的基本结构与特点 .....	14
2.2 CPlH PLC 的存储区分配 .....	32
2.3 CPlH PLC I/O 扩展单元 .....	44
思考题 .....	47
<b>3 CP1 系列 PLC 指令系统</b> .....	49
3.1 PLC 编程语言及规则 .....	49
3.2 基本逻辑控制指令 .....	51
3.3 定时计数类指令 .....	58
3.4 数据比较类指令 .....	65
3.5 数据传送类指令 .....	68
3.6 数据移位类指令 .....	73
3.7 数据转换类指令 .....	82
3.8 逻辑运算类指令 .....	88
3.9 四则运算类指令 .....	90

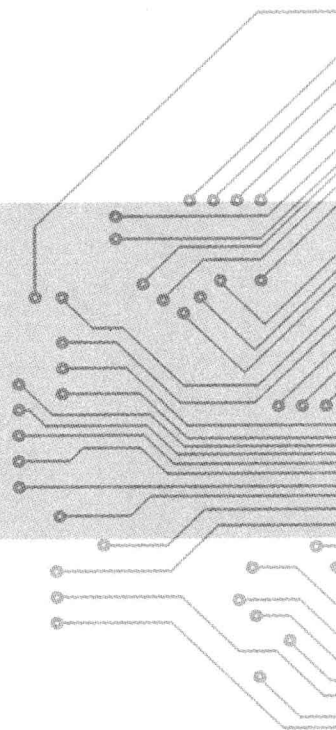
## 实 例 篇

<b>4 基本逻辑指令编程实例</b> .....	103
4.1 CX-One 软件简介 .....	103
4.2 电动机双向运转手动控制 .....	110
4.3 实例拓展 .....	139
思考题 .....	143

5	定时、计数类指令编程实例	145
5.1	星形—三角形启动控制	145
5.2	电动机双向运转自动控制	147
5.3	实例拓展	150
	思考题	155
6	顺序控制编程实例	157
6.1	顺序功能图使用方法	157
6.2	顺控图编程实例	165
6.3	实例拓展	175
	思考题	181
7	逻辑运算控制编程实例	184
7.1	密码锁控制实例	184
7.2	会场人数统计实例	199
	思考题	200
	附录 密码锁控制参考程序	202
	参考文献	214

零起点学会欧姆龙PLC编程

# 基础篇







# 什么是 PLC

## 1.1 PLC 的基本概念

### 1.1.1 PLC 的定义

可编程序控制器（Programmable Controller, PLC）是将计算机技术与继电器逻辑控制概念相结合，以微处理器为基础，综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术而发展起来的一种通用的工业自动控制装置，它广泛应用于机械、冶金、化工、交通、电力等领域。PLC 已经成为现代工业自动化的三大支柱之一。

国际电工委员会（IEC）在 1993 年颁布《可编程序控制器标准》的第三版中对 PLC 作出如下定义：可编程序控制器是一类专门为在工业环境下应用而设计的数字式电子系统。它采用了可编程的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等功能的面向用户的指令，并通过数字式或模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其相关外部设备，都应按照易于与工业控制系统联成一个整体，易于扩展其功能的原则而设计。

### 1.1.2 PLC 的产生与发展

从 20 世纪 20 年代起，人们用导线把各种继电器、定时器、接触器及其触点按一定的逻辑关系连接起来组成控制系统，控制各种生产机械，这就是传统的继电器—接触器控制。由于它结构简单易懂，使用方便，价格低廉，在一定的范围内能满足控制要求，因而在工业控制领域中得到了广泛应用，并一度占据主导地位。但是，这种继电器—接触器控制系统具有明显的缺点，即设备体积大，动作速度慢，功能单一，仅能进行简单的控制，特别是采用硬连线逻辑，接线复杂，一旦生产工艺或对象变动时，原有接线和控制盘（柜）就需要更换，所以这种系统的通用性和灵活性较差，不利于产品的更新换代。

20 世纪 60 年代，由于小型计算机的出现和大规模生产以及多机群控技术的发展，人们曾试图用小型计算机实现工业控制的要求，但由于价格高，输入/输出电路不匹配，编程技术复杂以及对工业环境的适应能力较差等因素导致未能得到推广。

20 世纪 60 年代末期，美国汽车制造业竞争激烈。在汽车生产流水线上，如果每次汽车改型或改变工艺流程时不改动原有继电器柜内的接线，就可以降低成本，缩短新产品的开发周期。1968 年，美国通用汽车公司提出了开发新型逻辑顺序控制装置以取代继电控制盘的设想，为此发布了 10 点招标指标，其主要内容如下：

- (1) 编程简单，可以在现场修改程序。

- (2) 系统维护简便, 最好有状态指示灯和插件式模块。
- (3) 可靠性高于继电器控制柜。
- (4) 装置体积小于继电器控制柜, 能耗较低。
- (5) 可将数据直接上传到中央数据采集与处理系统, 便于监视系统运行状态。
- (6) 在成本上可与继电器控制系统相竞争, 即有较高的性能价格比。
- (7) 输入开关量可以是交流 115V 电压信号 (美国电网电压 110V)。
- (8) 输出的驱动信号为交流 115V、2A 以上容量, 能直接驱动电磁阀线圈。
- (9) 具有灵活的扩展能力。在扩展时, 只需在原系统上做很小变更即可达到最大配置。
- (10) 用户程序存储器容量至少在 4KB 以上 (适应当时汽车装配过程的要求)。

以上 10 项招标指标的核心要求是采用软布线(编程)方式取代继电器控制的硬接线方式, 实现大规模生产线的流程控制。

1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 研制出世界上第一台 PLC——PDP-14, 在美国通用汽车装配线上试用, 这是工业控制装置中少数几种完全按照用户要求而开发的产品, 它一问世即获得了巨大成功。此后, 这项新技术得到迅速推广, 美国的 MODICON 公司推出了同名的 084 控制器; 1971 年, 日本从美国引进了这项新技术, 很快研制出了其第一台 PLC——DSC-8。1973 年, 西欧国家的第一台 PLC 也研制成功。我国从 1974 年开始仿制美国的第二代 PLC, 1977 年研制出第一台具有实用价值的 PLC。

从第一台 PLC 诞生至今, PLC 的发展经历了四个阶段。随着社会科技进步, 为了满足控制对象的日益多样性和复杂性, 第四代 PLC 不仅可以作为单机来实现基本的控制功能, 而且可以给 PLC 配备 A/D、D/A 单元, 触摸屏, 高速计数单元, 温控单元, 位控单元, 通信单元, 主机链接单元等不同功能的特殊模块构成功能强大的 PLC 系统, PLC 系统之间可以实现联网控制, 并且可以与用户上位机监控程序之间实现数据交换。不仅如此, 为了适应自动化系统的开放性趋势和要求, PLC 系统在通信方面实现了开放, 使不同制造商的 PLC 之间能够通信, 从而使 PLC 的控制功能更加强大和完善。在软件方面, PLC 采用标准的软件系统, 增加了高级编程语言的功能。

PLC 的发展趋势: 一是大型化方向, CPU 从 8 位、16 位向 32 位、64 位发展, 从单 CPU 向多 CPU 发展, 处理能力、响应速度提高, 内存容量增大; 二是小型化方向, 产品体积越来越小, 功能越来越强, 可根据控制要求灵活实现系统扩展, 满足控制功能。

### 1.1.3 PLC 的特点

PLC 与传统的继电器—接触器控制相比, 具有以下优点。

(1) 应用简便。PLC 的安装和现场接线简便, 无须自行设计和制造专用接口电路, 可按积木方式扩充和删减其系统规模, 组合成灵活的控制系统。由于 PLC 具有完善的监视和诊断功能, 对其内部工作状态、通信状态、I/O 点状态和异常状态等均有明显提示, 帮助维修人员及时、准确地判断故障点, 迅速替换故障模块或插件。

PLC 用于编程的梯形图与传统的继电器—接触器控制电路非常相似, 只要具有一定电工知识和文化水平的人, 都可以在较短时间内入门。PLC 程序的编写、调试方便, 直观易懂, 可读性和可维护性好。

(2) 设计、施工和调试周期短。PLC 以软件编程来代替硬件接线, 由它构成的控制系统结构简单, 功能灵活, 安装、使用方便。硬件接线和软件编程可以并行进行, 大大缩短了 PLC

控制系统的开发、投产周期。

(3) 可靠性高。PLC 是按直接应用于工业环境而设计的, 在设计和制造时选用了优质的器件和优良的工艺, 产品可以在相当宽的环境温度 ( $0\sim 55^{\circ}\text{C}$  或  $0\sim 60^{\circ}\text{C}$ )、湿度 (相对湿度小于 90%), 以及规定的机械振动、冲击下, 在额定的电源电压与频率变化、电源瞬时中断、电源电压降低等因素作用下, 均能正常工作。系统电路中采用诸如光电隔离, 滤波等有效的抗干扰措施, 具有很强的抗干扰能力。因此, PLC 系统可靠性高, 抗干扰能力强, 可直接安装在工业现场, 不必采取额外的特殊措施。

(4) 功能强, 功耗低, 易于实现机电一体化。PLC 的基本功能包括逻辑运算、定时、计数、数制换算、数值计算, 步进控制等。其扩展功能还有 A/D、D/A 转换和 PID 闭环回路控制、高速计数、通信联网、中断控制及特殊功能函数运算等, 可以通过上位计算机进行显示、报警、记录和人机对话, 大幅提高了 PLC 系统控制水平。

由于 PLC 采用半导体集成电路, 因此体积小、质量轻、功耗低, 使之易于装入机械设备内部实现机电一体化。

(5) 成熟的工控网络体系, 便捷的通信。PLC 网络通信技术随着计算机网络的成熟得到了飞速发展, 国际各知名 PLC 厂家都开发了包括具有网络通信功能的新型 PLC、网络通信协议和新型工控网络。PLC 控制系统可以构成 Rockwell 公司提出的著名的三层工控网络体系。

#### 1.1.4 PLC 的应用

PLC 在国内外已广泛应用于机械、冶金、石油、化工、轻工、纺织、电力、电子、食品、交通等行业。统计数据显示, 80% 以上的工业控制可以使用 PLC 来完成。具体应用类型可以分为以下几个方面。

(1) 数字量逻辑控制。PLC 用“与”、“或”、“非”等逻辑指令来实现触点和电路的串、并联, 代替继电器进行组合逻辑控制、定时控制与顺序逻辑控制等。

(2) 运动控制。PLC 使用专用的运动控制模块, 对直线运动或圆周运动的位置、速度和加速度进行控制, 可以实现单轴、双轴和多轴位置控制, 使运动控制与顺序控制功能有机地结合在一起。PLC 的运动控制功能广泛应用于各种机械, 如传送带移栽机、机器人和电梯等。

(3) 闭环过程控制。过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环控制。PLC 通过模拟量 I/O 模块实现模/数 (A/D) 或数/模 (D/A) 转换, 并对模拟量实行比例—积分—微分 (简称 PID) 控制。现代大中型 PLC 一般都具有 PID 闭环控制功能, 可由 PID 指令或专用 PID 模块来实现。

(4) 数据处理。现代 PLC 具有数学运算 (包括四则运算、函数运算、逻辑运算、矩阵运算及浮点数运算等)、数据传送、数制转换、数据比较、文件处理等功能, 可以完成数据的采集、分析和处理。

不仅如此, PLC 主机与远程 I/O 之间、多台 PLC 之间、PLC 与其他智能控制设备 (如计算机、变频器、仪表) 之间还可以进行通信。PLC 与其他智能控制设备一起, 可以组成分布式控制系统。

由于 PLC 应用向智能化和网络化发展, 且逐渐成为主流趋势, 因此, PLC 应用人员的需求尤为突出。在 2006 年 9 月, 国家劳动和社会保障部公布的第七批新职业中, 可编程序控制系统设计师名列首位。

## 1.2 PLC 的基本结构与类型

### 1.2.1 PLC 的基本结构

PLC 是用微处理器实现的许多电子式继电器、定时器和计数器的组合体，其内部结构框图如图 1-1 所示。

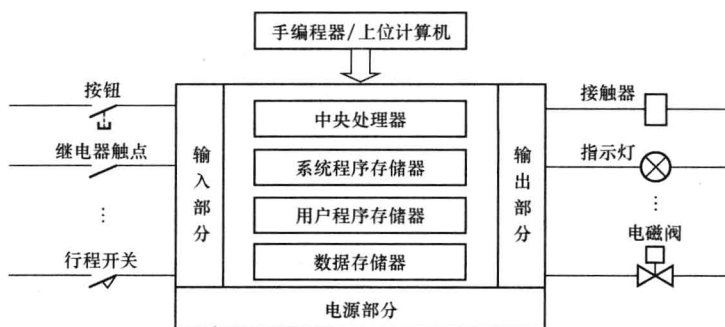


图 1-1 PLC 内部结构框图

(1) 中央处理机。在图 1-1 中，中央处理器和存储器（包括系统程序存储器、用户程序存储器、数据存储器）构成了 PLC 的中央处理机，是 PLC 的“大脑”。中央处理器（简称 CPU）一般是由控制电路、运算器和寄存器组成，这些电路集成在一块芯片上。CPU 通过地址总线、数据总线和控制总线与存储器单元、I/O 接口电路连接。CPU 的主要功能有以下几点：

1) 从存储器中读取指令。CPU 从地址总线上给出存储地址，从控制总线上给出读命令，从数据总线上得到读出的指令，并存入 CPU 内的指令寄存器中。

2) 执行指令。对存放在指令寄存器中的指令操作码进行译码，执行指令规定的操作，如读取输入信号、取操作数、进行逻辑运算或算术运算，将结果输出给有关部分。

3) 准备取下一条指令。CPU 执行完一条指令后，根据条件可产生下一条指令的地址，以便取出和执行下一条指令。在 CPU 的控制下，程序的指令既可以顺序执行，也可以分支或跳转。

存储器是具有记忆功能的半导体电路，PLC 的存储器通常包括系统程序存储器、用户程序存储器和数据存储器。

系统程序存储器存放管理程序、标准子程序、调用程序、监控程序、检查程序以及用户指令解释程序，一般存储在只读存储器（简称 ROM）或可擦可编程只读存储器（简称 EPROM）中。系统程序由 PLC 生产厂家编写并固化到 ROM 中。

用户程序是指用户使用编程器输入的程序语句或用户使用编程软件从上位计算机下载的梯形图程序。用户存储器是指存放用户程序的随机存储器（简称 RAM）、EPROM 及电可擦可编程只读存储器（简称 EEPROM）。用户存储器容量的大小决定了 PLC 可以容纳用户程序的长短和控制系统的水平。该存储器容量通常以字为单位，每个字由 16 位二进制数组成。但是欧姆龙公司的 CJ/CS 系列 PLC 的用户存储器容量以步为单位，程序是按“步”存放的，每条指令长度一般为 1~7 步。一“步”占用一个地址单元，一个地址单元占 2 个字节。例如，

LD 和 OUT 等逻辑指令每个仅需要 1 步, 但 MOV 等高级指令则需要 3 步。程序容量表示程序中全部指令的总步数。

数据存储器是存放除用户程序外的控制参数等数据的存储器, 也可以采用 RAM、EPROM 及 EEPROM。为了防止 RAM 中的信息在掉电时丢失, 通常用后备锂电池做保护, 保存用户程序和数据。有些 PLC 采用了高性能闪存作为内置存储器和外置扩展存储器。

(2) 电源部件。电源部件将交流电源转换成供 PLC 的中央处理器、存储器等电子电路工作所需要的直流电源, 使 PLC 能正常工作, 电源的好坏直接影响 PLC 的功能和可靠性, 因此, 目前大部分 PLC 采用开关式稳压电源供电, 用锂电池作后备电源。

(3) 输入/输出部分。这是 PLC 与被控设备相连接的接口电路。现场设备输入给 PLC 的各种控制信号, 如限位开关、操作按钮、选择开关、行程开关以及其他一些传感器输出的开关量或模拟量(要通过模—数转换进入 PLC 内)等, 通过输入接口电路将这些信号转换成 CPU 能够接收和处理的信号。输出接口电路将 CPU 送出的弱电控制信号转换成现场需要的强电信号输出, 以驱动电磁阀、接触器等被控设备的执行元件。

(4) 编程方式。PLC 的编程方式有两种: 一种是手编程器, 它是由键盘、显示器和工作方式选择开关等组成, 主要用于调试简单程序、现场修改参数及监视 PLC 自身的工作情况; 另一种是利用上位计算机中的专用编程软件, 使用它可以编写程序, 能灵活地修改、下装及在线调试程序, 应用更为广泛。

### 1.2.2 PLC 的类型

(1) 按 I/O 点数、存储容量和功能分类。早期 PLC 用于顺序控制和逻辑控制, 其控制规模用开关量的 I/O (输入/输出) 点数来表示。通常所说的 I/O 点数是指开关量输入点数和输出点数之和, 按照点数的多少, 可将 PLC 划分为超小(微)型、小型、中型、大型和超大型五类。

1) 超小型。I/O 点数一般小于 64 点, 以开关量 I/O 信号为主, 功能以逻辑运算为主, 并有定时和计数功能。超小型 PLC 结构紧凑, 为整体结构。用户程序容量一般在 256~1000 字。

2) 小型。I/O 点数一般为 65~128 点, 以开关量 I/O 信号为主, 控制功能简单, 用户程序存储器容量一般为 1000~4000 字, 结构形式多为整体式。

3) 中型。I/O 点数一般为 129~512 点, 兼有开关量和模拟量的 I/O 信号, 控制功能比较丰富, 用户程序存储器容量一般小于 3.6~13K 字。中型 PLC 多数采用模块式结构。

4) 大型。I/O 点数一般为 513~896 点, 控制功能完善, 用户程序存储器容量一般在 13K 字以上。采用模块式结构。

5) 超大型。I/O 点数一般为 896 点以上, 用户程序存储器容量一般在 13K 字以上。超大型 PLC 采用模块式结构。

(2) 按结构形式分类。

1) 整体式结构。整体式结构的 PLC 是把中央处理器、存储器、输入/输出单元、输入/输出扩展接口、外部设备接口和电源等集中配置在一个机箱内, 具有 I/O 点少、体积小、质量轻和价格低等优点, 适用于单体设备的开关量自动控制和机电一体化产品的开发应用等场合。

2) 模块式结构。模块式结构的 PLC 是把中央处理器(内置存储器单元)和 I/O 模块等做成各自相对独立的模块, 然后组装在一个带有电源单元的母板上; 或者是采用无母板的相

互插接方式连接。该结构的 PLC 具有 I/O 点数多、模块组合灵活、便于扩展的特点，并可配备特殊 I/O 单元和智能 I/O 单元，适用于复杂过程控制系统的应用场合。

在全世界上百家 PLC 的生产厂家中，知名品牌包括：德国的西门子（Siemens）公司，其代表产品是 S7 系列 PLC 等；美国的 GE-Fanuc 公司和 A-B（Allen & Bradly）公司，其代表产品是 PLC-5；法国的施耐德（Schneider）公司，代表产品如 Modicon TSX Micro 等；日本的三菱（Mitsubishi）公司，其代表产品是 FX2 系列 PLC；日本的欧姆龙（OMRON）公司，其代表产品是 CS 系列、CJ 系列与 CP1 系列 PLC；日本的松下（Panasonic）公司，其代表产品是 FP 系列 PLC 等。

## 1.3 PLC 的基本工作原理

### 1.3.1 PLC 的工作原理

PLC 可视为一个执行逻辑功能的工业控制装置。其中，CPU 完成逻辑运算功能，存储器用来保持逻辑功能。因此，可将图 1-1 转变成类似于继电器—接触器控制的等效电路图，如图 1-2 所示。

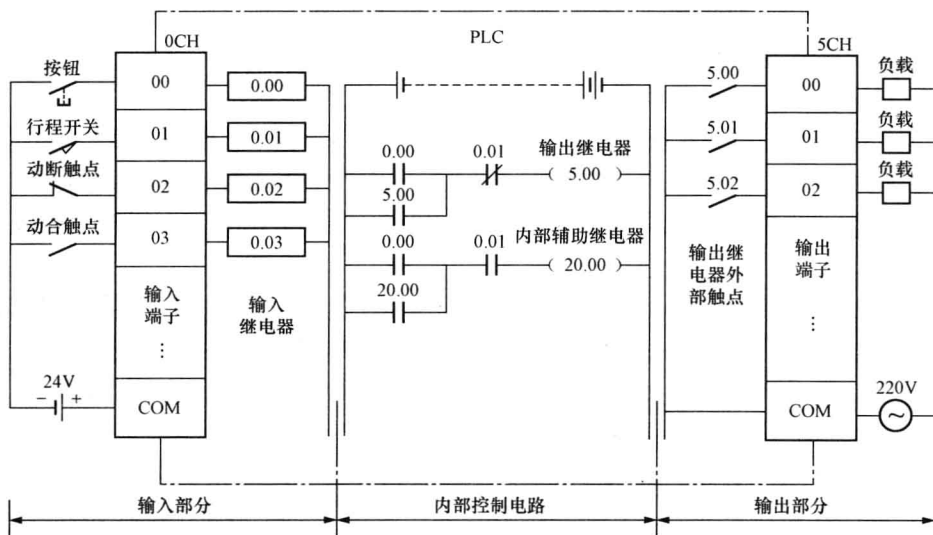


图 1-2 PLC 等效电路示意图

PLC 的等效电路可分为三部分，即输入部分、内部控制电路和输出部分。

(1) 输入部分。这部分的作用是收集被控设备的信息或操作命令。输入端子是 PLC 与外部开关（行程开关、转换开关、按钮开关等）、传感元件等交换信号的端口。输入继电器（图 1-2 中 0.00、0.01 等）由接到输入端的外部信号来驱动，其驱动电源可由 PLC 的电源组件提供（DC 24V），也可以由独立电源供给。等效电路中的一个输入继电器，实际对应于 PLC 输入端的一个输入点及其对应的输入电路。例如，一个 PLC 有 16 个输入点，那么它相当于有 16 个微型输入继电器置于 PLC 内部，并与输入端子相连，可作为 PLC 编程时使用的动合触点和动断触点。

(2) 内部控制电路。这部分控制电路是由用户根据控制要求编制的程序所组成，其作用

是按用户程序的控制要求对输入信息进行运算处理，判断哪些信号需要输出，并将得到的结果输出给负载。

PLC 内部有许多诸如定时器 (TIM)、计数器 (CNT)、辅助继电器等软器件，它们在 PLC 内部都有各自成对的、用软件实现的常开触点 (高电平状态) 和常闭触点 (低电平状态)。编写的梯形图是将这些软器件进行内部连线，完成被控对象的控制要求。梯形图是从继电器控制的电气原理图演变而来的，继电器控制电路的元件图示例如图 1-3 (a) 所示，对应的 PLC 梯形图器件如图 1-3 (b) 所示。

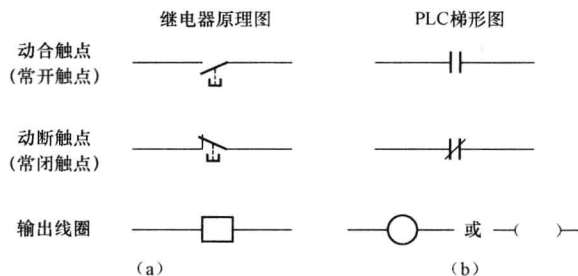


图 1-3 梯形图元件与继电器原理图元件的对应关系

(a) 继电器元件符号；(b) 梯形图元件符号

(3) 输出部分。这部分的作用是驱动外部负载。输出端子是 PLC 向外部负载输出信号的端子。如果一个 PLC 的输出点为 8 点，那么 PLC 就有 8 个输出继电器。PLC 输出继电器 (图 1-2 中的 5.00 等) 的触点与输出端子相连，通过输出端子驱动外部负载，如接触器的驱动线圈、信号灯、电磁阀等。

输出继电器除提供一个供实际使用的动合触点外，还提供 PLC 内部使用的许多对动合和动断软触点，数量不限，便于编程。而且可以根据用户的负载要求选用不同类型的负载电源。此外，PLC 还有晶体管输出和晶闸管输出，前者一般用于直流输出，后者一般用于交流输出，但两者采用的都是无触点输出，运行速度快。

综上所述，通过对 PLC 等效电路的理解来理解 PLC 的工作原理。

### 1.3.2 PLC 的工作方式

PLC 与继电器—接触器控制的重要区别之一就是工作方式不同。继电器—接触器控制是按并行方式工作的，即同时执行方式，只要形成电流通路，就可能有几个电器同时动作。而 PLC 采用循环串行扫描的工作方式，所谓串行扫描，就是 CPU 从第一条指令开始按照先后顺序执行用户程序，直到最后一条指令结束；所谓循环，就是 CPU 完成一次程序扫描后返回第一条指令开始新一轮扫描，而且此过程将周而复始地运行。

(1) 执行用户程序时，需要各种现场信息，这些信息可以从 PLC 的输入端获取。PLC 采集现场信息 (即采集输入信号) 有以下两种方式。

1) 采样输入方式。一般在扫描程序的开始或结束时将所有输入信号 (输入元件的通/断状态) 采集并存放到输入映像寄存器区中，所以执行用户程序所需的输入状态均在该寄存器中读取，无需直接到输入端或输入单元读取。需要注意的是，采样输入一旦结束，如果输入状态或数据发生变化，PLC 将暂不响应，输入映像寄存器区中存放的状态或数据保持不变，要等到本次扫描过程结束才能读入。

2) 立即输入方式。随着程序的执行,需要哪个输入信号就直接从输入端或输入单元提取该位的输入状态,此时输入映像寄存器的内容不变,到下一次输入采样时才变化。

(2) PLC 对外部的输出控制也有集中输出和立即输出两种方式。

1) 集中输出方式。在执行用户程序时,不是得到一个输出结果就向外输出一个,而是把所有结果先全部存放在输出映像寄存器中,执行完用户程序后再将所有输出结果一次性地向输出端或输出单元输出,驱动继电器、电磁阀等各种执行器动作。

2) 立即输出方式。在执行用户程序时,将该输出结果立即向输出端或输出单元输出,此时输出映像寄存器中的内容也相应更新。

现以欧姆龙小型机 CPH PLC 为例,介绍其 CPU 工作过程,如图 1-4 所示。

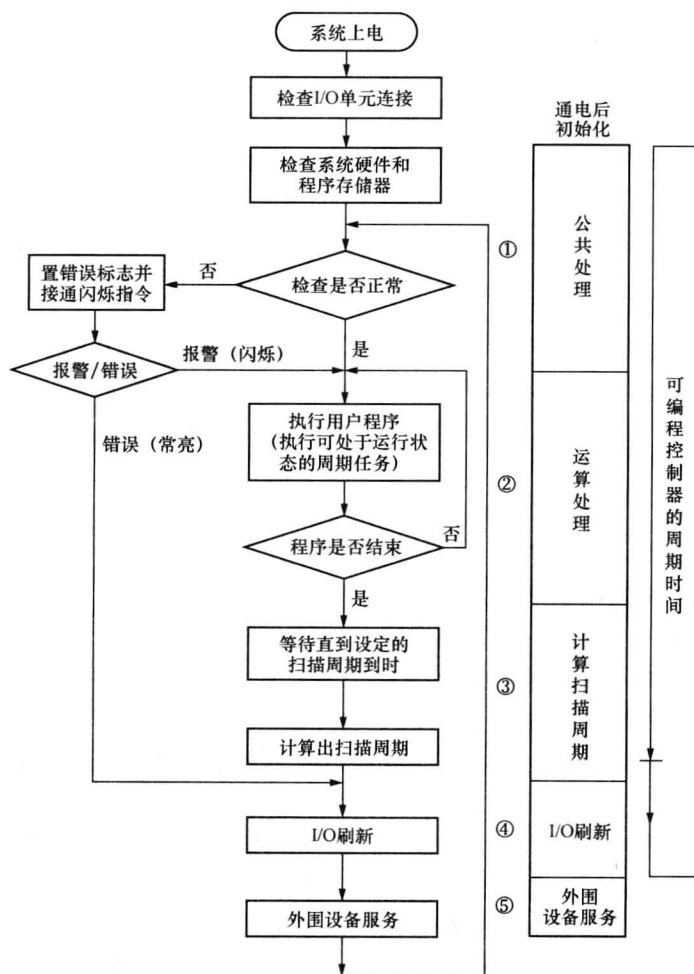


图 1-4 CPH PLC 的 CPU 工作过程框图

系统上电以后, CPU 首先进行初始化工作,即检查系统中的 I/O 单元是否连接正确,然后检查系统硬件与程序存储器单元是否正常,如果正常则表示自检通过,可执行后续功能。若自检中有一项不通过,则要发出报警信号。

CPH PLC 有两种报警情况:一种是 CPU 只发出报警信号,但不中止运行, CPU 面板上



的 ALARM 指示灯闪烁；另一种情况是导致 CPU 中止运行的严重错误，此时 CPU 面板上的 ERROR 指示灯常亮，直至用户排除故障为止。

CPU 完成自检以后执行用户程序，从梯形图左母线开始由上至下、由左向右逐个扫描每个梯级的每个元素，进行运算，此时 CPU 与映像区进行数据交换，读取输入数据，送出输出信号。当 CPU 执行到 END 指令时，表示程序段结束，则此次扫描用户程序结束。

CPU 计算扫描一次用户程序的时间是否超过预置的最小扫描周期，如果超限系统将报警。接着 CPU 执行 I/O 操作，这时才与外部 I/O 设备交换数据，从输入单元的端子上读取输入信号状态并刷新映像区的输入部分，把映像区中输出寄存器的输出信号输出到输出单元的端子上，控制外部设备。

最后，CPU 还要执行外围设备服务，包括 RS-232C 串行端口数据交换，进行上位链接服务，读取外设命令并执行，以及通信单元的链接服务等工作。

### 1.3.3 扫描周期

PLC 周而复始地扫描执行图 1-4 中①~⑤项内容，每执行一次的时间称为扫描周期，完成一个周期后又重新执行上述过程。扫描周期的长短取决于系统配置、I/O 点数、所用的编程指令以及是否接有外设。当用户程序较长时，指令执行时间在扫描周期中将占相当大的比例。

扫描周期是 PLC 的重要指标之一，可以利用梯形图编辑软件的在线监视功能或使用手编程器的监视操作读出扫描周期的最大值或当前值。在 PLC 内部，监视定时器（Watch Dog Timer，俗称“看门狗”）用来检测扫描周期并和设定值进行比较，若扫描周期超出了监视定时器的设定值，CPU 单元停止运行。此时，特殊辅助继电器的周期时间超时标志置为“1”（ON）。监视定时器一般是在系统上电时由系统程序设定的，但是用户可以根据需要利用高级指令修改设定值，以适应较多 I/O 点数的系统。

扫描周期会因为中断处理、诊断和故障处理、测试和调试功能，以及通信等事件而延长。扫描周期短（或扫描速度快）表示 PLC 系统运行速度快，允许扩大控制规模和提升控制系统功能。通常用执行 1KB 程序或 1000 步程序所用的时间来表示扫描速度快慢，例如，欧姆龙 C200H $\alpha$  系列 PLC 的扫描速度是 1.1ms/1000 步（条件：基本指令占 50%，MOV 指令占 30%，算术指令占 20%），而 CJ1 系列 PLC 仅为 0.04ms/1000 步，扫描速度提高了 30 倍。

在循环扫描过程中，有时会遇到必须对某个信息进行立即处理的情况，以加快响应速度，因此需引入中断功能，在循环扫描的各个阶段都可以响应中断信号。

### 1.3.4 I/O 响应时间

I/O 响应时间是指 PLC 接收到一个输入信号以后，到输出控制信号所需的时间。当 CPU 接受对应于输入刷新周期的输入信号时，用于响应的的时间取决于扫描周期。

(1) 单个 PLC 的最小 I/O 响应时间。当 PLC 恰巧在更新输入的扫描阶段优先接收到一个输入信号时，则响应最快。此时响应时间等于 PLC 的扫描时间加上输入 ON 延迟时间和输出 ON 延迟时间，如图 1-5 所示。

(2) 单个 PLC 的最大 I/O 响应时间。当 PLC 恰好在更新输入的扫描阶段之后收到输入信号时，则响应时间最长。这是因为 CPU 要到下一次扫描的末尾才能读取输入信号，所以最大响应时间是输入 ON 延迟时间与输出 ON 延迟时间加两次扫描时间之和，如图 1-6 所示。