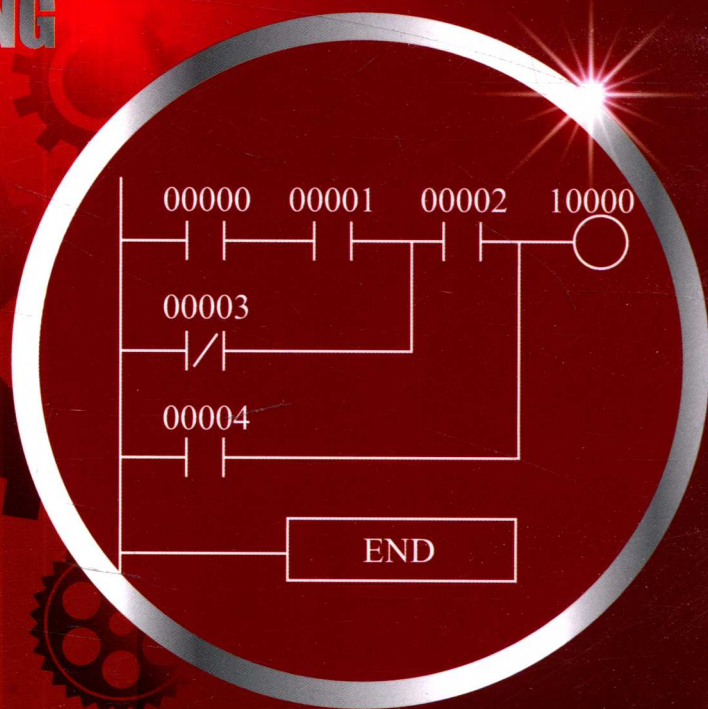


张应龙 主编

# PLC

## 编程入门及 工程实例

PLC BIANCHENG  
RUMEN JI  
GONGCHENG  
SHILI



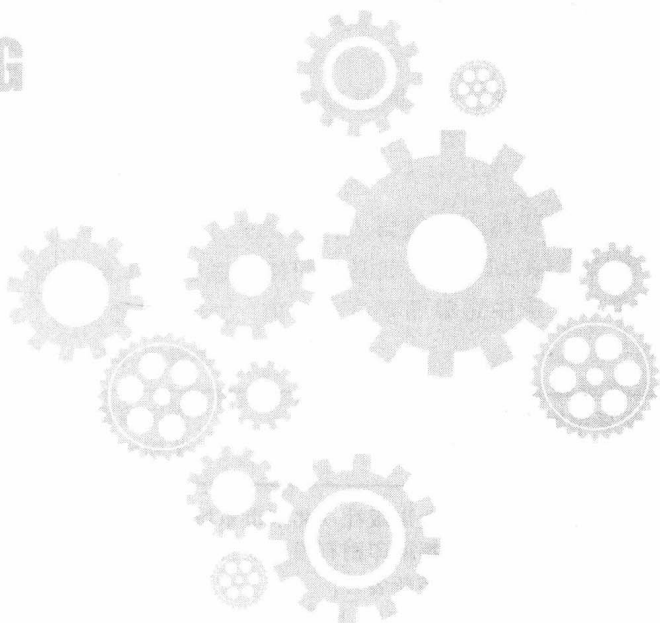
化学工业出版社

张应龙 主编

# PLC

## 编程入门及 工程实例

PLC BIANCHENG  
RUMEN JI  
GONGCHENG  
SHILI



化学工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

PLC 编程入门及工程实例/张应龙主编. —北京:

化学工业出版社, 2015. 11

ISBN 978-7-122-25181-7

I. ①P… II. ①张… III. ①PLC 技术-程序设计

IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 221418 号

---

责任编辑: 高墨荣  
责任校对: 边涛

文字编辑: 徐卿华  
装帧设计: 史利平

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷: 北京市振南印刷有限责任公司

装订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 16½ 字数 420 千字 2016 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

# 前言

FOREWORD

可编程控制器（PLC）由于具有可靠性高、逻辑功能强、体积小等一系列优点，在现代机械设备中得到了广泛应用，已成为现代工业控制的主要方式之一。社会上专门介绍 PLC 应用的书籍很多，但适合初学者自学的较少。为了培养电气工程技术人才，满足广大 PLC 初学者及从事电气工程技术工作各类人员的需要，我们组织编写了《PLC 编程入门及工程实例》一书。

本书共分 6 章，兼顾实际应用非常广泛的西门子和欧姆龙两种品牌，介绍了 PLC 的基本概念、分类、特点和应用，PLC 的基本结构，工作原理和编程语言等基本知识；PLC 的指令系统；PLC 的程序设计的常用方法和典型应用编程；PLC 控制系统设计的基本内容和步骤，PLC 机型的选择、系统的安装调试方法；并用大量实例介绍了 PLC 在控制系统中的应用；最后介绍了 PLC 通信与网络技术。

本书由张应龙担任主编和统稿工作，杨宁川、王胜、王萍、梁健、胡旭参加了有关章节的编写工作。在编写过程中，参阅了有关教材、资料和文献，在此对有关专家、学者和作者表示衷心感谢。

在本书的编写过程中，江苏大学李金伴教授、杨宁川高级技师给予了精心的指导和热情的帮助，提出了许多宝贵的意见，全书由江苏大学李金伴教授担任主审，在此谨向他们表示衷心感谢。

本书以企事业单位中的电工初学者、电气技术工人和电气工程技术为主要对象，根据初学者学习的基础与 PLC 的特点，能使读者在较短的时间内初步掌握 PLC 编程的基本知识与技能。本书内容丰富、由浅入深、密切联系实际，可作为企事业单位中电工初学者、电气技术工人和电气工程技术人员培训、自学和参考用书。

由于编者水平所限，编写时间比较仓促，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

# 目录

CONTENTS

## 第1章 概述

1

1.1 PLC的基本概念、分类、特点和应用 .....	1
1.1.1 PLC的基本概念 .....	1
1.1.2 PLC的分类 .....	1
1.1.3 PLC的特点 .....	3
1.1.4 PLC的应用 .....	4
1.2 PLC的基本结构 .....	5
1.2.1 中央处理器 .....	5
1.2.2 存储器 .....	6
1.2.3 输入、输出接口 .....	6
1.2.4 电源 .....	8
1.2.5 编程器 .....	8
1.3 PLC的工作原理 .....	8
1.3.1 PLC的等效电路 .....	8
1.3.2 PLC的工作方式 .....	10
1.3.3 PLC的工作过程 .....	10
1.4 PLC的编程语言 .....	11
1.4.1 PLC的软件组成 .....	11
1.4.2 梯形图(LAD)编程语言 .....	12
1.4.3 指令表(STL)编程语言 .....	12
1.4.4 顺序功能图(SFC)编程语言 .....	13
1.5 PLC主要产品品牌 .....	13
1.5.1 西门子 .....	13
1.5.2 欧姆龙 .....	15

## 第2章 PLC的指令系统

18

2.1 西门子的指令系统 .....	18
2.1.1 数据类型及寻址方式 .....	18

2.1.2	常用基本指令	22
2.1.3	常用功能指令	37
2.2	欧姆龙的指令系统	53
2.2.1	存储区分配	53
2.2.2	常用基本指令	55
2.2.3	常用功能指令	70

## 第3章

## PLC的程序设计

85

3.1	PLC编程的基本要求和规则	85
3.1.1	PLC程序设计的基本要求	85
3.1.2	梯形图编程的基本原则	86
3.2	PLC的程序设计的常用方法	90
3.2.1	经验设计法	90
3.2.2	顺序控制设计法	92
3.2.3	使用启保停电路的编程方法	99
3.3	PLC典型应用编程	100
3.3.1	系统启停控制	100
3.3.2	延时接通控制	102
3.3.3	延时断开控制	103
3.3.4	延时接通延时断开控制	104
3.3.5	脉冲发生器	104
3.3.6	闪烁信号(脉宽和周期可调的脉冲发生器)	104
3.3.7	定时器定时时间扩展	105
3.3.8	计数器计数值扩展	106
3.3.9	二分频	107

## 第4章

## PLC的系统设计

108

4.1	PLC控制系统设计的基本内容和步骤	108
4.1.1	PLC控制系统设计的基本原则	108
4.1.2	PLC控制系统设计的基本内容	109
4.1.3	PLC控制系统设计的一般步骤	109
4.2	PLC机型的选择	112
4.2.1	选型原则	112
4.2.2	PLC型号的选择	113
4.2.3	PLC容量的估算	114
4.2.4	I/O模块的选择	114
4.2.5	分配输入/输出点	115
4.3	系统的安装	115



4.3.1	安装注意事项	115
4.3.2	PLC的安装与接线	117
4.4	系统调试	120
4.4.1	调试的方法	120
4.4.2	系统调试过程	123
4.5	PLC的维护与检修	124
4.5.1	维护检查	124
4.5.2	故障排除	126

## 第5章

### PLC在控制系统中的应用实例

130

5.1	常用电动机启停电路的 PLC 控制	130
5.1.1	西门子 PLC 控制电路	130
5.1.2	欧姆龙 PLC 控制电路	138
5.2	常用灯光系统的 PLC 控制	156
5.2.1	西门子 PLC 控制电路	156
5.2.2	欧姆龙 PLC 控制电路	163
5.3	典型生产自动线的 PLC 控制	168
5.3.1	西门子 PLC 控制电路	168
5.3.2	欧姆龙 PLC 控制电路	172
5.4	其他常用系统的 PLC 控制	183
5.4.1	西门子 PLC 控制电路	183
5.4.2	欧姆龙 PLC 控制电路	187

## 第6章

### PLC通信与网络

194

6.1	PLC 通信基础知识	194
6.1.1	通信方式	194
6.1.2	通信介质	196
6.1.3	PLC 常用通信接口	198
6.1.4	计算机通信标准	201
6.2	PC 与 PLC 通信的实现	204
6.2.1	概述	204
6.2.2	PC 与 S7-200 系列 PLC 通信的实现	205
6.2.3	PC 与 CPM1A 系列 PLC 通信的实现	207
6.3	PLC 网络	210
6.3.1	生产金字塔结构与工厂计算机控制系统模型	210
6.3.2	PLC 网络的拓扑结构	210
6.3.3	PLC 网络各级子网通信协议配置的规律	213
6.3.4	PLC 网络中常用的通信方式	214

6.4	现场总线技术 .....	216
6.4.1	现场总线概述 .....	217
6.4.2	现场总线的特点与优点 .....	219
6.4.3	几种有影响的现场总线 .....	221
6.4.4	PROFIBUS-DP 现场总线 .....	223
6.4.5	CC-Link 现场总线 .....	228
6.5	PLC 通信应用 .....	230
6.5.1	西门子 PLC 通信应用 .....	230
6.5.2	欧姆龙 PLC 通信应用 .....	241



## 第①章 概述

### 1.1 PLC 的基本概念、分类、特点和应用

#### 1.1.1 PLC 的基本概念

可编程序控制器 (PLC, Programmable Logic Controller) 是在传统顺序控制器的基础上引入微电子技术、计算机技术、自动控制技术和通信技术等形成的新型工业控制装置。它具有控制能力强、可靠性高、配置灵活、编程简单等优点,是当代工业自动化技术领域中的应用场合最多的工业控制装置之一,也被公认为是现代工业自动化的三大支柱 (PLC、机器人、CAD/CAM) 之一。

根据国际电工委员会 1987 年颁布的可编程序控制器的定义: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。它采用可编程序的存储器,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的指令,并通过数字式和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有关外部设备,都应按易于与工业系统连成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。

PLC 直接应用于工业环境,必须具有很强的抗干扰能力、广泛的适应能力和广阔的应用范围,这是区别于一般微机控制系统的重要特征;同时,PLC 用软件方式实现“可编程”,区别于传统控制装置中通过硬件或硬接线的变更来改变程序。

近年来,可编程序控制器发展很快,几乎每年都推出新系列产品,其功能也远远超出了上述定义的范围。

#### 1.1.2 PLC 的分类

PLC 发展到今天,已经有了多种形式,而且功能也不尽相同。分类时,一般按以下原则来考虑。

##### (1) 按 I/O 点数容量分类

一般而言,处理 I/O 点数越多,控制关系就越复杂,用户要求的程序存储器容量越大,要求 PLC 指令及其他功能比较多,指令执行的过程也比较快。按 PLC 的输入、输出点数的多少可将 PLC 分为以下三类。

① 小型机 小型机 PLC 的功能一般以开关量控制为主,小型 PLC 输入、输出点数一

一般在 256 点以下, 用户程序存储器容量在 4K 左右。现在的高性能小型 PLC 还具有一定的通信能力和少量的模拟量处理能力。这类的 PLC 的特点是价格低廉, 体积小, 适合于控制单台设备和开发机电一体化产品。

典型的小型机有 SIEMENS 公司的 S7-200 系列、OMRON 公司的 CPM2A 系列、MITSUBISHI 公司的 FX 系列和 AB 公司的 SLC500 系列等整体式 PLC 产品。

② 中型机 中型 PLC 的输入、输出总点数在 256~2048 点之间, 用户程序存储器容量达到 8K 字左右。中型 PLC 不仅具有开关量和模拟量的控制功能, 还具有更强的数字计算能力, 它的通信功能和模拟量处理功能更强大, 中型机比小型机更丰富, 中型机适用于更复杂的逻辑控制系统以及连续生产线的过程控制系统场合。

典型的中型机有 SIEMENS 公司的 S7-300 系列、OMRON 公司的 C200H 系列、AB 公司的 SLC500 系列等模块式 PLC 产品。

③ 大型机 大型机总点数在 2048 点以上, 用户程序存储器容量达到 16K 以上。大型 PLC 的性能已经与大型 PLC 的输入、输出工业控制计算机相当, 它具有计算、控制和调节的能力, 还具有强大的网络结构和通信联网能力, 有些 PLC 还具有冗余能力。它的监视系统采用 CRT 显示, 能够表示过程的动态流程, 记录各种曲线, PID 调节参数等; 它配备多种智能板, 构成一台多功能系统。这种系统还可以和其他型号的控制器的互连, 和上位机相连, 组成一个集中分散的生产过程和产品质量控制系统。大型机适用于设备自动化控制、过程自动化控制和过程监控系统。

典型的大型 PLC 有 SIEMENS 公司的 S7-400、OMRON 公司的 CVM1 和 CS1 系列、AB 公司的 SLC5/05 等系列。

## (2) 按结构形式分类

根据 PLC 结构形式的不同, PLC 主要可分为整体式和模块式两类。

① 整体式结构 整体式结构的特点是将 PLC 的基本部件, 如 CPU 板、输入板、输出板、电源板等紧凑地安装在一个标准的机壳内, 构成一个整体, 组成 PLC 的一个基本单元(主机)或扩展单元。基本单元上设有扩展端口, 通过扩展电缆与扩展单元相连, 配有许多专用的特殊功能的模块, 如模拟量输入/输出模块、热电偶、热电阻模块、通信模块等, 以构成 PLC 不同的配置。整体式结构的 PLC 体积小, 成本低, 安装方便。

微型和小型 PLC 一般为整体式结构, 如西门子的 S7-200。

② 模块式结构 模块式结构的 PLC 是由一些模块单元构成, 这些标准模块如 CPU 模块、输入模块、输出模块、电源模块和各种功能模块等, 将这些模块插在框架上和基板上即可。各个模块功能是独立的, 外形尺寸是统一的, 可根据需要灵活配置。

目前大、中型 PLC 都采用这种方式, 如西门子的 S7-300 和 S7-400 系列。

整体式 PLC 每一个 I/O 点的平均价格比模块式的便宜, 在小型控制系统中一般采用整体式结构。但是模块式 PLC 的硬件组态方便灵活, I/O 点数的多少、输入点数与输出点数的比例、I/O 模块的使用等方面的选择余地都比整体式 PLC 大得多, 维修时更换模块、判断故障范围也很方便, 因此较复杂的、要求较高的系统一般选用模块式 PLC。

## (3) 按功能分类

根据 PLC 所具有的功能不同, 可将 PLC 分为低档、中档、高档三类。

低档 PLC 具有逻辑运算、定时、计数、移位以及自诊断、监控等基本功能, 还可有少

量模拟量输入/输出、算术运算、数据传送和比较、通信等功能。主要用于逻辑控制、顺序控制或少量模拟量控制的单机控制系统。

中档 PLC 除具有低档 PLC 的功能外, 还具有较强的模拟量输入/输出、算术运算、数据传送和比较、数制转换、远程 I/O、子程序、通信联网等功能。有些还可增设中断控制、PID 控制等功能, 适用于复杂控制系统。

高档 PLC 除具有中档机的功能外, 还增加了带符号算术运算、矩阵运算、位逻辑运算、平方根运算及其他特殊功能函数的运算、制表及表格传送功能等。高档 PLC 机具有更强的通信联网功能, 可用于大规模过程控制或构成分布式网络控制系统, 实现工厂自动化。

### 1.1.3 PLC 的特点

为适应工业环境使用, 与一般控制装置相比较, PLC 控制系统具有以下特点。

#### (1) 可靠性高, 抗干扰能力强

高可靠性是电气控制设备的关键性能。PLC 由于采用现代大规模集成电路技术, 采用严格的生产工艺制造, 内部电路采取了先进的抗干扰技术, 具有很高的可靠性。使用 PLC 构成的控制系统, 和同等规模的继电器接触器系统相比, 电气接线及开关接点已减少到数百甚至数千分之一, 故障也就大大降低。此外, PLC 带有硬件故障自我检测功能, 出现故障时可及时发出警报信息。在应用软件中, 应用者还可以编入外围器件的故障自诊断程序, 使系统中除 PLC 以外的电路及设备也获得故障自诊断保护。这样, 整个系统将有极高的可靠性。

PLC 的出厂试验项目中, 有一项就是抗干扰试验。它要求能承受幅值为 1000V, 上升时间 1ns, 脉冲宽度为 1 $\mu$ s 的干扰脉冲。一般, 平均故障间隔时间可达几十万至上千万小时; 制成系统亦可达 4 万~5 万小时甚至更长时间。

#### (2) 通用性强, 控制程序可变, 使用方便

PLC 品种齐全的各种硬件装置, 可以组成能满足各种要求的控制系统, 用户不必自己再设计和制作硬件装置。用户在硬件确定以后, 在生产工艺流程改变或生产设备更新的情况下, 不必改变 PLC 的硬设备, 只需改变程序就可以满足要求。因此, PLC 除应用于单机控制外, 在工厂自动化中也被大量采用。

#### (3) 功能强, 适应面广

现代 PLC 不仅有逻辑运算、计时、计数、顺序控制等功能, 还具有数字和模拟量的输入输出、功率驱动、通信、人机对话、自检、记录显示等功能。既可控制一台生产机械、一条生产线, 又可控制一个生产过程。

#### (4) 编程简单, 容易掌握

目前, 大多数 PLC 仍采用继电控制形式的“梯形图编程方式”。既继承了传统控制线路的清晰直观, 又考虑到大多数工厂企业电气技术人员的读图习惯及编程水平, 所以非常容易接受和掌握。梯形图语言的编程元件的符号和表达方式与继电器控制电路原理图相当接近。通过阅读 PLC 的用户手册或短期培训, 电气技术人员和技术工很快就能学会用梯形图编制控制程序。同时还提供了功能图、语句表等编程语言。

PLC 在执行梯形图程序时, 用解释程序将它翻译成汇编语言然后执行 (PLC 内部增加了解释程序)。与直接执行汇编语言编写的用户程序相比, 执行梯形图程序的时间要长一些, 但对于大多数机电控制设备来说, 是微不足道的, 完全可以满足控制要求。

### (5) 减少了控制系统的设计及施工的工作量

由于 PLC 采用了软件来取代继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件,控制柜的设计安装接线工作量大为减少。同时,PLC 的用户程序可以在实验室模拟调试,更减少了现场的调试工作量。并且,由于 PLC 的低故障率及很强的监视功能,模块化等,使维修也极为方便。

### (6) 体积小、重量轻、功耗低、维护方便

PLC 是将微电子技术应用于工业设备的产品,其结构紧凑,坚固,体积小,重量轻,功耗低。并且由于 PLC 的强抗干扰能力,易于装入设备内部,是实现机电一体化的理想控制设备。

## 1.1.4 PLC 的应用

目前,PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、石油、化工、电力、建材、机械制造、汽车、轻纺、交通运输、环保及文化娱乐等各个行业,使用情况大致可归纳为如下几类。

### (1) 开关量的逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域,它取代传统的继电器电路,实现逻辑控制、顺序控制,既可用于单台设备的控制,也可用于多机群控及自动化流水线。如注塑机、印刷机、订书机械、组合机床、磨床、包装生产线、电镀流水线等。

### (2) 模拟量控制

在工业生产过程当中,有许多连续变化的量,如温度、压力、流量、液位和速度等都是模拟量。为了使可编程控制器处理模拟量,必须实现模拟量 (Analog) 和数字量 (Digital) 之间的 A/D 转换及 D/A 转换。PLC 厂家都生产配套的 A/D 和 D/A 转换模块,使可编程控制器用于模拟量控制。

### (3) 运动控制

PLC 可以用于圆周运动或直线运动的控制。从控制机构配置来说,早期直接用于开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行机构,现在一般使用专用的运动控制模块,如可驱动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块。世界上各主要 PLC 厂家的产品几乎都有运动控制功能,广泛用于各种机械、机床、机器人、电梯等场合。

### (4) 过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等模拟量的闭环控制。作为工业控制计算机,PLC 能编制各种各样的控制算法程序,完成闭环控制。PID 调节是一般闭环控制系统中用得较多的调节方法。大中型 PLC 都有 PID 模块,目前许多小型 PLC 也具有此功能模块。PID 处理一般是运行专用的 PID 子程序。过程控制在冶金、化工、热处理、锅炉控制等场合有非常广泛的应用。

### (5) 数据处理

现代 PLC 具有数学运算 (含矩阵运算、函数运算、逻辑运算)、数据传送、数据转换、排序、查表、位操作等功能,可以完成数据的采集、分析及处理。这些数据可以与存储在存储器中的参考值比较,完成一定的控制操作,也可以利用通信功能传送到别的智能装置,或将它们打印制表。数据处理一般用于大型控制系统,如无人控制的柔性制造系统;也可用于过程控制系统,如造纸、冶金、食品工业中的一些大型控制系统。

## 1.2 PLC的基本结构

由 PLC 的定义已知，它实质上是一种为工业控制而设计的专用计算机，所以尽管可编程控制器的品种繁多，结构、功能多种多样，但系统组成和工作原理基本相同。概括起来，系统都是由硬件和软件两大部分组成，都是采用集中采样、集中输出的周期性循环扫描方式进行工作。

可编程控制器的硬件由微处理器、存储器、I/O 接口电路及编程器等组成。图 1-1 为可编程控制器的硬件简化框图。

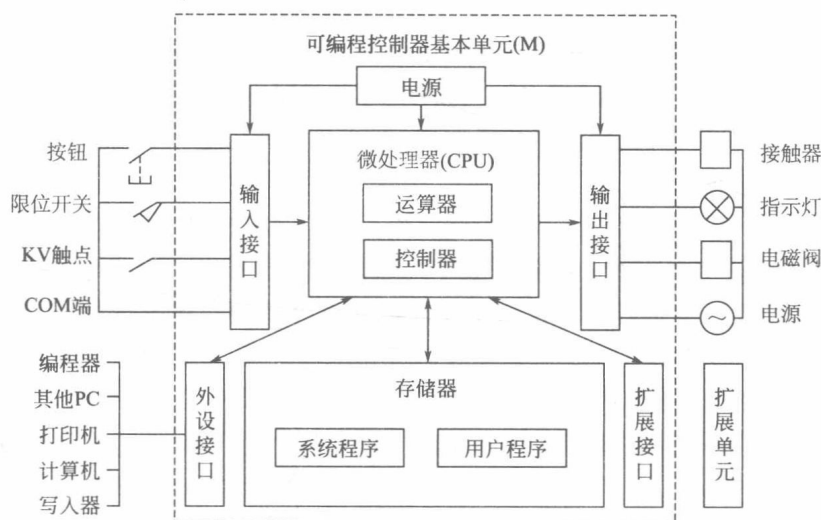


图 1-1 可编程控制器的硬件简化框图

### 1.2.1 中央处理器

PLC 中所用 CPU 随机型的不同而有所不同，一般有以下几类芯片。

① **通用微处理器** 常用 8 位机和 16 位机，如 Intel 公司的 8080、8086、8088、80186、80286、80386，Motorola 的 6800、68000 型等。低档 PLC 用 Z80A 型微处理器作 CPU 较为普遍。

② **单片机** 常用的有 Intel 公司的 MCS48/51//96 系列芯片。由单片机作 CPU 制成的 PLC 体积小，同时逻辑处理能力、数值运算能力都有很大提高，增加了通信功能，这为高档机的开发和应用及机电一体化创造了条件。

③ **位片式微处理器** 如美国 1975 年推出的 AMD2900/2901/2903 系列双极型位片式微处理器广泛应用于大型 PLC 设计。它具有速度快、灵活性强和效率高等优点。

在小型 PLC 中，大多采用 8 位通用微处理器和单片机芯片；在中型 PLC 中，大多采用 16 位通用微处理器或单片机芯片；在大型 PLC 中，大多采用双极型位片式微处理器。在高档 PLC 中，往往采用多 CPU 系统来简化软件的设计，进一步提高其工作速度。CPU 的结构形式决定了 PLC 的基本性能。

CPU 是 PLC 的核心组成部分，在 PLC 系统中它通过地址总线、数据总线和控制总线与存储器、I/O 接口等连接，在整个系统中起到类似人体神经中枢的作用，来协调控制整个系统。它根据系统程序赋予的功能完成以下任务。

- ① 接收并存储从个人计算机 (PC) 或专用编程器输入的用户程序和数据。
- ② 诊断电源、内部电路工作状态和编程过程中的语法错误。
- ③ 进入运行状态后, 用扫描方式接收现场输入设备的检测元件状态和数据。
- ④ 进入运行状态后, 从存储器中逐条读取用户程序, 经命令解释后, 按指令规定的功能产生有关的控制信号, 去启闭有关的控制门电路; 分时、分渠道地进行数据的存取、传送、组合、比较和变换等操作, 完成用户程序中规定的逻辑或算术运算。
- ⑤ 依据运算结果更新有关标志位的状态和输出映像寄存器的内容, 再由输出映像寄存器的位状态或数据寄存器的有关内容实现输出控制、制表、打印或数据通信等功能。

## 1.2.2 存储器

可编程控制器的存储器按用途可分为以下两种。

① 系统程序存储器 用来固化 PLC 生产厂家在研制系统时编写的各种系统工作程序。系统程序相当于个人计算机的操作系统, 决定了 PLC 具有的基本智能, 不同厂家、不同型号的系统程序也不相同, 但都在不断地加以改进, 以提高性能/价格比, 增强市场竞争力。可编程控制器厂家常用只读存储器或可擦除可编程的只读存储器 EPROM 来存放系统程序。

② 用户存储器 用来存放从编程器或个人计算机输入的用户程序和数据, 因而又包括用户程序存储器和数据存储器两种。用户存储器的内容由用户根据控制需要可读可写, 可任意修改、增删; 另一方面在一定时期内又具有相对稳定性, 所以适宜使用 EPROM、EEPROM、FLASH MEMORY 或带后备电池的 CMOS RAM 来储存用户程序。在 PLC 技术指标中的内存容量就是指用户存储器容量, 是 PLC 的一项重要指标, 内存容量一般以“步”为单位。

## 1.2.3 输入、输出接口

实际生产过程中, PLC 控制系统所需要采集的输入信号的电平、速率等是多种多样的, 系统所控制执行机构需要的电平、速率等更是千差万别, 而 PLC 的 CPU 所能处理的信号只能是标准电平, 所以必须设计输入输出电路来完成电平转换、速度匹配、驱动功率放大、电气隔离、A/D 或 D/A 变换等任务。它们相当于系统的眼、耳、手, 是 CPU 和外部现场联系的桥梁。总之, 输入输出电路是将外部输入信号转换成 CPU 能接受的信号, 将 CPU 的输出信号转换成需要的控制信号去驱动控制对象, 从而确保整个系统的正常工作。

### (1) 输入接口电路

内部电路按电源性质分三种类型; 直流输入电路、交流输入电路和交直流输入电路。为保证 PLC 能在恶劣的工业环境下可靠地工作, 三种电路都采用了光电隔离、滤波等措施。图 1-2 是某直流输入接口的内部电路和外部接线图。图中的光电耦合器能有效地避免输入端引线可能引入的电磁场干扰和辐射干扰; 光敏管输出端设置的 RC 滤波器能有效地消除开关类触点输入时抖动引起的误动作, 但 RC 滤波器也会使 PLC 内部产生约 10ms 的响应滞后 (有些 PLC 某几个输入点的滤波常数可以通过软件来设定)。可见, 可编程控制器是以牺牲响应速度来换取可靠性, 而这样所具有的响应速度在工业控制中是足够的。

外部电路主要是指输入器件和 PLC 的连接电路。输入器件大部分是无源器件, 如常开按钮、限位开关、主令控制器等。随着电子类电器的兴起, 输入器件越来越多地使用有源器件, 如接近开关、光电开关、霍尔开关等。有源器件本身所需的电源一般采用 PLC 输入



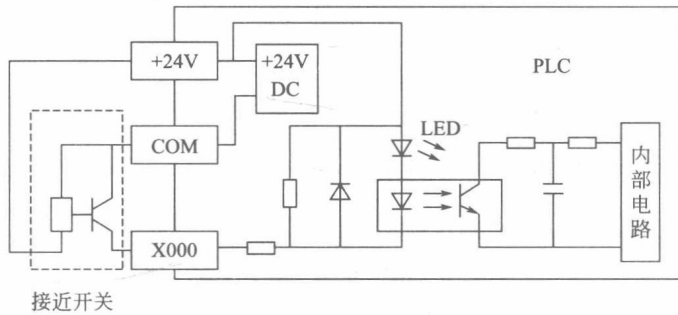


图 1-2 PLC 某直流输入接口的内部电路和外部接线图

端口内部所提供的直流 24V 电源（容量允许的情况下，否则需外设电源）。当某一端口的输入器件接通有信号输入时，PLC 面板上对应此输入端的发光二极管（LED）发光。有的 PLC 外部电路所需电源由 PLC 内部提供，但有的 PLC 外部电路需外界提供电源。

### (2) 输出接口电路

为了能够适应各种各样的负载需要，每种系列可编程控制器的输出接口电路按输出开关器件来分，有以下三种方式。

① 继电器输出方式 由于继电器的线圈与触点在电路上是完全隔离的，所以它们可以分别接在不同性质和不同电压等级的电路中。利用继电器的这一性质，可以使可编程控制器的继电器输出电路中内部电子电路与可编程控制器驱动的外部负载在电路完全分割开。由此可知，继电器输出接口电路中不再需要隔离，实际上，继电器输出接口电路常采用固态电子继电器。其电路如图 1-3 所示。图中与触点并联的 RC 电路用来消除触点断开时产生的电弧；由于继电器是触点输出，所以它既可以带交流负载，也可以带直流负载。继电器输出方式最常用，其优点是带载能力强，缺点是动作频率与响应速度慢（响应时间 10ms）。

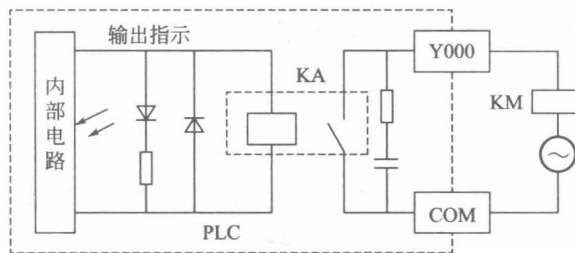


图 1-3 继电器输出接口电路

② 晶体管输出方式 其电路如图 1-4 所示，输出信号由内部电路中的输出锁存器给光电耦合器，经光电耦合器送给晶体管。晶体管的饱和导通状态和截止状态相当于触点的接通和断开。图中稳压管能够抑制关断过电压和外部浪涌电压，起到保护晶体管的作用。由于晶体管输出电流只能一个方向，所以晶体管输出方式只适用于直流负载。其优点是动作频率高，响应速度快（响应时间 0.2ms），缺点是带载能力小。

③ 晶闸管输出方式 其电路如图 1-5 所示，晶闸管通常采用双向晶闸管，双向晶闸管是一种交流大功率器件，受控于门极触发信号。可编程控制器的内部电路通过光电隔离后去控制双向晶闸管的门极。晶闸管在负载电流过小时不能导通，此时可以在负载两端并联一个电阻。图中，RC 电路用来抑制晶闸管的关断过电压和外部浪涌电压。由于双向晶闸管为关断不可控器件，电压过零时自行关断，因此晶闸管输出方式只适用于交流负载。其优



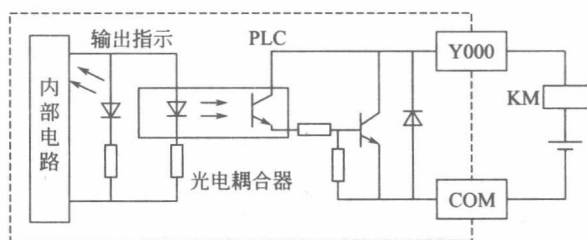


图 1-4 晶体管输出接口电路

优点是响应速度快（关断变为导通的延迟时间小于  $1\text{ms}$ ，导通变为关断的延迟时间小于  $10\text{ms}$ ），缺点是带载能力不大。

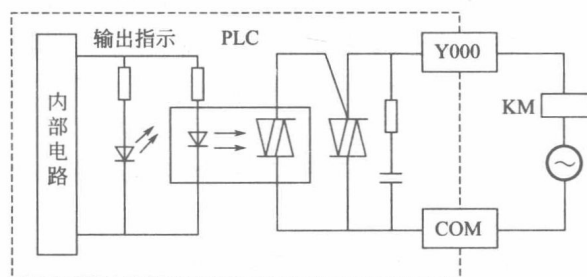


图 1-5 双向晶闸管输出接口电路

## 1.2.4 电源

PLC根据型号的不同，有的采用交流供电，有的采用直流供电。交流一般为单相  $220\text{V}$ ，直流一般为  $24\text{V}$ 。PLC对电源的稳定度要求不高，通常允许电源额定电压在  $-15\% \sim +10\%$  范围内波动。许多可编程控制器为输入电路和外部电子检测装置（如光电开关等）提供  $24\text{V}$  直流电源，而 PLC 所控制的现场执行机构的电源，则由用户根据 PLC 型号、负载情况自行选择。

## 1.2.5 编程器

编程器是由键盘、显示器、工作方式选择开关及外存插口等部件组成的 PLC 的重要外设，是人机对话的窗口。它的作用是用来编写、输入、编辑用户程序，也可以在线监视可编程控制器运行时各种元器件的工作状态，查找故障，显示出错信息。

编程器分为简易编程器和图形编程器。前者只能输入和编辑指令表程序，因此又叫指令编程器。它体积小，使用方便且价格便宜，缺点是不能输入和编辑梯形图程序，不够直观，所以一般用来给小型可编程控制器编程，或用于可编程控制器控制系统的现场调试和维修。后者实质上是独立的专用计算机系统，有多种功能和多个接口，可以脱机直接生成和编辑梯形图程序，能监视全部程序的运行。它使用起来更加直观、方便，但出于价格较高，一般只用于大型复杂控制系统。

# 1.3 PLC 的工作原理

## 1.3.1 PLC 的等效电路

从 PLC 控制系统与电器控制系统比较可知，PLC 的用户程序（软件）代替了继电器控

制电路（硬件）。因此，对于使用者来说，可以将 PLC 等效成是许许多多各种各样的“软继电器”和“软接线”的集合，而用户程序就是用“软接线”将“软继电器”及其“触点”按一定要求连接起来的“控制电路”。

图 1-6 所示为三相异步电动机单向启动运行的电器控制系统。其中，由输入设备 SB1、SB2、FR 的触点构成系统的输入部分，由输出设备 KM 构成系统的输出部分。

如果用 PLC 来控制这台三相异步电动机，组成一个 PLC 控制系统，根据上述分析可知，系统主电路不变，只要将输入设备 SB1、SB2、FR 的触点与 PLC 的输入端连接，输出设备 KM 线圈与 PLC 的输出端连接，就构成 PLC 控制系统的输入、输出硬件线路，而控制部分的功能则由 PLC 的用户程序来实现，其等效电路如图 1-7 所示。

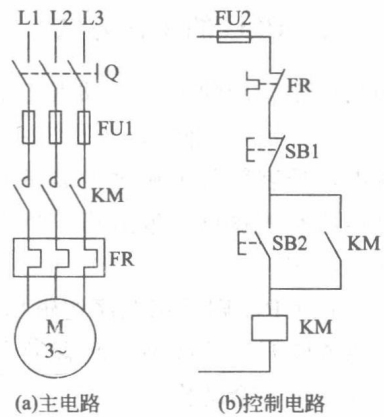


图 1-6 三相异步电动机单向运行电器控制系统

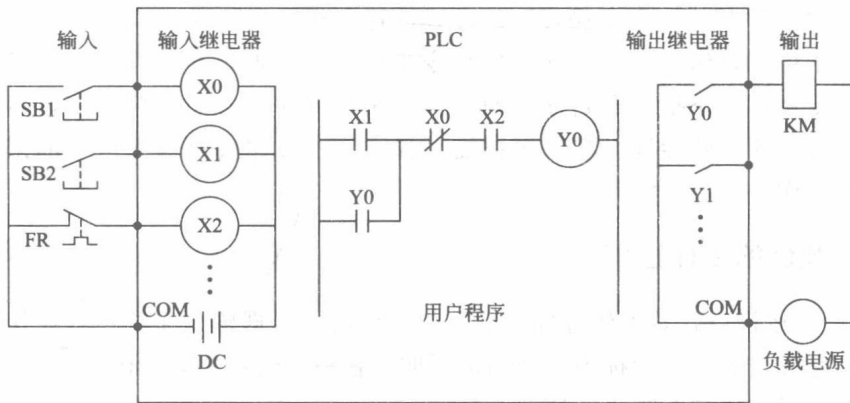


图 1-7 PLC 的等效电路

图 1-7 中，输入设备 SB1、SB2、FR 与 PLC 内部的“软继电器”X0、X1、X2 的“线圈”对应，由输入设备控制相对应的“软继电器”的状态，即通过这些“软继电器”将外部输入设备状态变成 PLC 内部的状态，这类“软继电器”称为输入继电器；同理，输出设备 KM 与 PLC 内部的“软继电器”Y0 对应，由“软继电器”Y0 状态控制对应的输出设备 KM 的状态，即通过这些“软继电器”将 PLC 内部状态输出，以控制外部输出设备，这类“软继电器”称为输出继电器。

因此，PLC 用户程序要实现的是：如何用输入继电器 X0、X1、X2 来控制输出继电器 Y0。当控制要求复杂时，程序中还要采用 PLC 内部的其他类型的“软继电器”，如辅助继电器、定时器、计数器等，以达到控制要求。

要注意的是，PLC 等效电路中的继电器并不是实际的物理继电器，它实质上是存储器单元的状态。单元状态为“1”，相当于继电器接通；单元状态为“0”，则相当于继电器断开。因此称这些继电器为“软继电器”。