



就是要轻松

看图学PLC和变频器



■ 杨清德 王举强 言翠文 主编

图解示例，一看就懂

双色印刷，强调重点

步步引导，就是轻松



就是要轻松：看图学 PLC 和变频器

(双色版)

杨清德
王举强 主编
言翠文



机械工业出版社

本书共6章,从认识PLC和变频器入手,主要介绍了PLC、变频器的基础知识,基本使用方法及技巧,日常维护及常见故障排除方法,以及PLC与变频器的应用实例,可帮助初学者快速掌握PLC和变频器技术。

图书在版编目(CIP)数据

就是要轻松. 看图学PLC和变频器: 双色版/杨清德, 王举强, 言翠文
主编. —北京: 机械工业出版社, 2015. 11

ISBN 978-7-111-51994-2

I. ①就… II. ①杨… ②王… ③言… III. ①plc 技术 - 图解 ②变频器 - 图解 IV. ①TM-64 ②TN773-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第258804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: 付承桂 责任编辑: 付承桂 任鑫

责任校对: 陈越 封面设计: 路恩中

责任印制: 乔宇

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2016年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·14.75印张·338千字

0001—3000册

标准书号: ISBN 978-7-111-51994-2

定价: 49.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: 010-88361066

读者购书热线: 010-68326294

010-88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

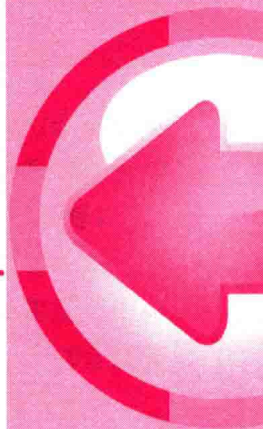
机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

金书网: www.golden-book.com

教育服务网: www.cmpedu.com

前言 Preface



随着社会的不断发展进步，越来越多的职场人已经意识到，社会对人才的评定标准和企业的用人观念正在发生颠覆性改变，从近年来技工类人才薪资不断攀高的现象就不难看出，“崇尚一技之长、不唯学历凭能力”的社会氛围正在逐步形成。许多人都想要成功，却不知道成功的道路永远只有一条，那就是不断地学习。无论是正在准备求职的你，还是已经找到了工作的你，多挤出些时间看书学习，不断地“充电”，事实证明，这是助你快速提升技术水平及工作能力最有效的途径之一。基于让初学者轻轻松松学电工技术的构想，我们编写了这套丛书，首次与读者见面的有《就是要轻松：看图学电工技术（双色版）》、《就是要轻松：看图学电工识图（双色版）》和《就是要轻松：看图学家装电工技能（双色版）》3本书，第二批与读者见面的有《就是要轻松：看图学万用表使用（双色版）》、《就是要轻松：看图学电子元器件（双色版）》、《就是要轻松：看图学电工布线（双色版）》、《就是要轻松：看图学PLC和变频器（双色版）》和《就是要轻松：看图学电工技能（口诀篇）（双色版）》5本书。

《就是要轻松：看图学电工技术（双色版）》——以初学者学习电工技术掌握的技能为线索，主要介绍常用电工工具及材料、常用电工仪表的使用、常用电工电子技术元器件的应用、电工基本操作技能、常用电气安装、电动机应用技术、PLC及变频器的应用等内容，让读者的综合技能水平得到快速提高。

《就是要轻松：看图学电工识图（双色版）》——以初学者学习电工技术必须掌握的识图技能为线索，主要介绍电工识图及绘图基础知识、电气照明施工识图、工厂供配电电气识图、电动机控制电气图识读、常用机床控制电气图识读，以及小区安防监控电气图识读等内容，让读者看得懂，会应用。

《就是要轻松：看图学家装电工技能（双色版）》——以初学者学习家装电工必须掌握的知识及技能为线索，主要介绍家装电气基础、常用电工工具和仪表、住宅电气规划与设计、家装电气布线施工、配电与照明装置安装、家庭网络系统构建、家庭常用电器的安装等内容，带领读者亲临正规家装公司的施工现场去见习，快速掌握实际操作技能。

《就是要轻松：看图学万用表使用（双色版）》——以初学者如何巧学巧用万用表为线索，主要介绍电子测量技术及常用万用表的基础知识、指针式万用表和数字式万用表的一般使用方法、万用表检测常用元器件的方

法及技巧、万用表在实际检修工作中的应用实例，同时，还介绍了万用表常见故障的检修步骤及方法。

《就是要轻松：看图学电子元器件（双色版）》——初学者学习电子技术离不开元器件，该书详细介绍了 10 余种常用元器件的作用、种类、型号与特性参数、选用及检测、应用注意事项等知识，是一本将元器件基础理论、参数查询、识别、检测与应用等知识完美融合的入门类工具书。

《就是要轻松：看图学电工布线（双色版）》——以国家有关电气布线的相关规定及要求为依据，介绍了电力架空线路、电缆线路、照明线路及其配电器材的安装，同时介绍了建筑弱电系统布线的基本要求及方法。

《就是要轻松：看图学 PLC 和变频器（双色版）》——主要介绍了 PLC 与变频器应用的基础知识、基本使用方法及技巧、日常维护及常见故障排除方法，以及 PLC 与变频器在电气工程中的应用实例等。

IV 《就是要轻松：看图学电工技能（口诀篇）（双色版）》——以通俗易懂的语言，介绍了常用电工工具及仪表的使用、导线连接方法等电工操作基本技能，电气线路与照明的规划、设计与施工，常用高、低压电器的应用，电动机及其控制电路，配电变压器的应用，电工识图的基本步骤及方法等内容。

本书由杨清德、王举强、言翠文主编。另外，陈东、余明飞、冉洪俊、沈文琴、杨松、李建芬、任成明、先力、周万平、胡萍、乐发明、胡世胜、崔永文、赵顺洪等同志也参加了本书的部分编写工作。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。主编的电子邮箱：yqd611@163.com，来信必复。

编 者

目录 Contents



前言

第 1 章 PLC 应用基础 1

1.1 认识 PLC	1
1.1.1 PLC 的作用及类型	1
1.1.2 PLC 的应用领域及优缺点	4
1.2 PLC 的结构	5
1.2.1 PLC 的硬件系统	5
1.2.2 PLC 的软件系统	10
1.3 PLC 的基本工作原理	11
1.3.1 PLC 的工作方式	11
1.3.2 PLC 的工作模式	14
1.4 PLC 的基本性能指标	15
1.4.1 描述 PLC 性能指标的常用术语	15
1.4.2 PLC 的技术性能指标	15
1.5 PLC 的通信	16
1.5.1 PLC 通信的任务及方式	16
1.5.2 PLC 的通信接口	20
1.5.3 PLC 的网络平台	21
1.5.4 PC 与 PLC 通信	23

第 2 章 PLC 编程基础 25

2.1 PLC 的编程语言	25
2.1.1 PLC 的五种编程语言比较	25
2.1.2 常用编程语言介绍	27
2.2 PLC 的编程指令	33
2.2.1 三菱 FX _{2N} 系列 PLC 的基本编程指令	33
2.2.2 常用编程指令介绍	35

2.3	PLC 编程步骤及方法	45
2.3.1	PLC 编程的基本要求	45
2.3.2	PLC 程序设计的步骤	45
2.3.3	经验设计法编程	46
2.3.4	逻辑设计法编程	49
2.3.5	状态转移图编程	54
2.4	FX-20P 编程器编程	58
2.4.1	操作面板的结构及按键作用	58
2.4.2	基本操作方法	59
2.4.3	编程操作方法	61

第 3 章 PLC 使用与维护 67

3.1	合理选用 PLC	67
3.1.1	选用 PLC 的参考条件和原则	67
3.1.2	PLC 硬件的选择	67
3.1.3	PLC 软件的选择	74
3.2	PLC 的安装与接线	75
3.2.1	PLC 的安装	75
3.2.2	PLC 配线与布线的要求	79
3.2.3	PLC 电源配线	80
3.2.4	输入设备的配线	83
3.2.5	输出设备的配线	85
3.2.6	通信线和接地线的配线	88
3.3	PLC 系统调试	90
3.3.1	功能检查	90
3.3.2	软件调试	91
3.3.3	硬件调试	92
3.4	PLC 维护及故障处理	92
3.4.1	PLC 的维护	92
3.4.2	PLC 故障诊断与处理	94

第 4 章 变频器应用基础 101

4.1	认识变频器	101
4.1.1	变频器简介	101
4.1.2	变频器的结构及原理	104

4.1.3 变频器应用简介	109
4.2 变频器的额定参数	111
4.2.1 变频器的额定值	111
4.2.2 变频器的频率指标	111
4.3 变频器的操作面板	113
4.3.1 操作面板的组成	113
4.3.2 常用变频器的操作面板	114
4.3.3 操作面板的操作	123
4.4 变频器的外部接口及接线端子	127
4.4.1 变频器的外部接口	127
4.4.2 变频器的接线端子	129

第 5 章 变频器的使用与维护 132

5.1 变频器及配件的选用	132
5.1.1 变频器的选用原则及容量选定方法	132
5.1.2 变频器配件的选用	136
5.2 变频器的安装	141
5.2.1 变频器的安装环境及散热要求	141
5.2.2 变频器的拆装	143
5.2.3 变频器安装方式	146
5.2.4 变频器的接线	150
5.3 变频器控制电动机	155
5.3.1 电动机起/停控制	155
5.3.2 电动机正反转控制	156
5.3.3 电动机制动控制	158
5.4 变频器的维护与保养	159
5.4.1 变频器的维护	159
5.4.2 变频器的保养	162
5.5 变频器典型故障的处理	164
5.5.1 变频器主回路故障的处理	164
5.5.2 变频器控制回路故障的处理	168
5.5.3 变频器故障诊断流程	169

第 6 章 PLC 和变频器的应用 186

6.1 PLC 编程应用	186
--------------------	-----

6.1.1 PLC 控制运料小车 186

6.1.2 PLC 控制剪板机 190

6.2 变频器的应用 197

6.2.1 变频器在起重机中的应用 197

6.2.2 变频器在倒丝机上的应用 204

6.3 变频器与 PLC 的综合应用 207

6.3.1 变频器与 PLC 的连接方式 207

6.3.2 变频器与 PLC 的布线 210

6.3.3 变频器外接 PLC 控制电动机正反转 213

6.3.4 PLC 控制的变频与工频切换电路 216

6.3.5 变频器和 PLC 控制的恒压供水系统 219

6.3.6 PLC 控制变频器多段速运行 224

参考文献 228

第1章

PLC 应用基础

1.1 认识 PLC

1.1.1 PLC 的作用及类型

1. PLC 的主要作用

(1) 用于顺序控制

顺序控制是根据有关输入开关量的当前与历史的状况，产生所要求的开关量输出，以使系统能按一定顺序工作。这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域，它取代了传统的继电器电路，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。常用的顺序控制方式见表 1-1。

表 1-1 常用顺序控制方式

序 号	控制方式	说 明
1	随机控制	根据随机出现的条件实施控制
2	动作控制	根据动作完成的情况实施控制
3	时间控制	根据时间推进的进程实施控制
4	计数控制	根据累计计数的情况实施控制
5	混合控制	包含有以上几种控制的组合

使用 PLC 实现顺序控制是 PLC 的初衷，也是它的强项。在顺序控制领域，至今还没有别的控制器能够取代它。

（2）用于过程控制

过程控制的目的是根据有关模拟量（如电流、电压、温度、压力等）的当前与历史的输入状况，产生所要求的开关量或模拟量输出，以使系统工作参数能按一定要求工作。它是连续生产过程最常用的控制。

由于各种过程控制模块的开发与应用，以及相关软件的推出及使用，用 PLC 进行各种过程控制已变得很容易，其编程也很简便。

过程控制在冶金、化工、热炉控制等场合有着非常广泛的应用。

（3）用于运动控制

运动控制主要指对工作对象的位置、速度及加速度所做的控制。可以是单坐标，即控制对象做直线运动；也可是多坐标的，控制对象的平面、立体，以至于角度变换等运动。有时，还可控制多个对象，而这些对象间的运动可能还要协调。

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）用于信息控制

信息控制也称数据处理，是指数据采集、存储、检索、变换、传输及数表处理等。随着技术的发展，PLC 不仅可用作系统的工作控制，还可用作系统的信息控制。

PLC 用于信息控制有两种：**专用**（用作采集、处理、存贮及传送数据）、**兼用**（在 PLC 实施控制的同时，也可实施信息控制）。

随着计算机控制技术的发展，工厂自动化网络发展得很快，各 PLC 厂商都十分重视 PLC 的通信功能，纷纷推出了各自的网络系统。新近生产的 PLC 都具有通信接口，通信非常方便。

（5）用于远程控制

远程控制是指对系统远程部分的行为及其效果实施检测与控制。PLC 有多种通信接口，有很强的联网、通信能力，并不断有新的联网的模块与结构推出。所以，PLC 远程控制是很方便的。例如，PLC 与 PLC 可组成控制网；PLC 与智能传感器、智能执行装置（如变频器）可组成设备网；PLC 与可编程终端也可联网、通信；PLC 可与计算机通信，加入信息网；利用 PLC 的以太网模块，可用其使 PLC 加入互联网，也可设置自己的网址与网页。

以上介绍的五大控制，前三个是为了使不同的系统都能实现自动化。信息控制是为了实现信息化，其目的是使自动化能建立在信息化的基础上，实现管理与控制结合，进而做到供、产、销无缝连接，确保自动化效益。远程控制则是使在信息化基础上的自动化能远程化。

2. PLC 的类型

（1）按结构分类

PLC 按结构分为**整体型**和**模块型**两类。

整体型 PLC 的 I/O 点数固定，因此用户选择的余地较小，用于小型控制系统，如图 1-1a 所示。

模块型 PLC 提供多种 I/O 卡件或插卡，因此用户可较合理地选择和配置控制系统的 I/O 点数，功能扩展方便灵活，一般用于大中型控制系统，如图 1-1b 所示。



图 1-1 整体型和模块型 PLC

由模块连接成系统有以下三种方法：

1) 无底板，靠模块间接口直接相连，然后再固定到相应导轨上。OMRON 公司的 CQM1 机型就是这种结构，比较紧凑。

2) 有底板，所有模块都固定在底板上。OMRON 公司的 C200Ha、CV2000 等中、大型机是这种结构。它比较牢固，但底板的槽数是固定的，如 3、5、8、10 槽等。**槽数与实际的模块数不一定相等，配置时难免有空槽。**这既浪费，又多占空间，还得占空单元把多余的槽作填补。

3) 用机架代替底板，所有模块都固定在机架上。这种结构比底板式的复杂，但更牢靠。一些特大型的 PLC 用的多为这种结构。

(2) 按应用环境分类

按应用环境分为**现场安装**和**控制室安装**两类。

(3) 按 CPU 字长分类

按 CPU 字长分为**1 位、4 位、8 位、16 位、32 位、64 位**等。

从应用角度出发，通常可按控制功能或输入输出点数选型。

(4) 按控制规模分

控制规模主要指控制开关量的输入、输出点数及控制模拟量的模入、模出，或两者兼而有之（闭路系统）的路数。但主要以开关量计。模拟量的路数可折算成开关量的点，一路相当于 8~16 点。依这个点数，PLC 可分为**微型机、小型机、中型机及大型机和超大型机**。

微型机控制点在 32 点以下；小型机控制点可达 100 多点；中型机控制点数可达近 500 点，以至于千点；大型机的控制点数一般在 500 点以上；超大型机的控制点数可达万点，以至于几万点，如图 1-2 所示。以上这种划分是不严格的，只是大致的，目的是便于系统的配置及使用。

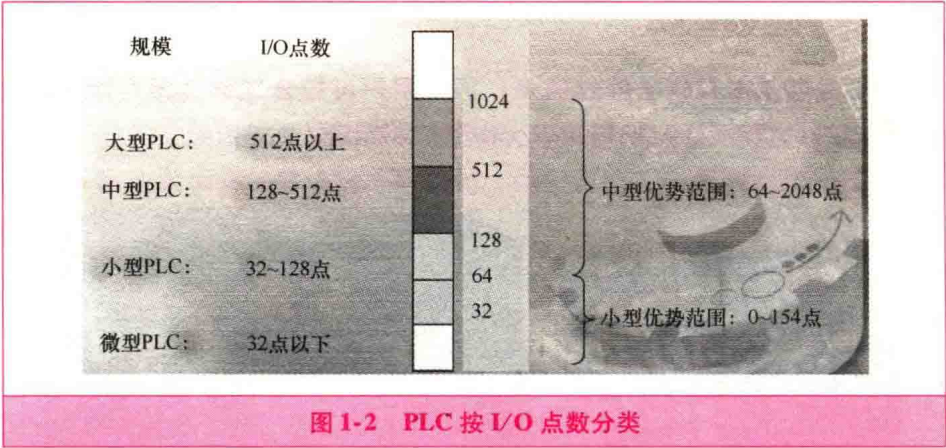


图 1-2 PLC 按 I/O 点数分类

4

1.1.2 PLC 的应用领域及优缺点

1. PLC 的应用领域

目前，只要是涉及工业控制的任何地方，都可以采用 PLC 来控制。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、交通运及文化娱乐等各个行业。

PLC 的应用领域仍在扩展，已从传统的产业设备和机械的自动控制，扩展到以下应用领域：中小型过程控制系统、远程维护服务系统、节能监视控制系统，以及与生活关联的机器、与环境关联的机器，而且均有急速上升趋势。

2. PLC 的优点

PLC 技术之所以高速发展，除了工业自动化的客观需要外，主要是因为它具有许多独特的优点，如图 1-3 所示。它较好地解决了工业领域中普遍关心的可靠性、安全性、灵活性、方便性、经济性问题。

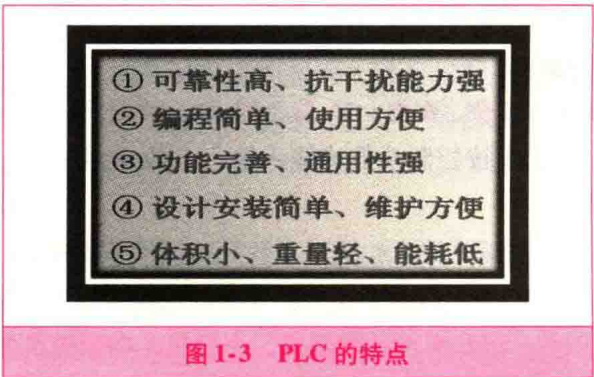


图 1-3 PLC 的特点

3. PLC 的缺点

PLC 的体系结构是封闭的，各 PLC 厂商的硬件体系互不兼容，编程语言及指令系统也各异，当用户选择了一种 PLC 后，必须选择与其相应的控制规程，并且学习特定的编程语言。

1.2 PLC 的结构

PLC 实质上是一种工业专用的计算机，它比一般的计算机具有更强的与工业过程相连的接口，更能适应于工业控制要求的编程语言。PLC 系统的实际组成与计算机控制系统的组成基本相同，即由**硬件系统和软件系统两大部分组成**。但是，其结构又与一般微型计算机有所区别。

1.2.1 PLC 的硬件系统

PLC 专为工业场合设计，采用了典型的计算机结构，主要由**中央处理模块、电源模块、存储模块、输入输出模块和外部设备**（编程器和专门设计的输入输出接口电路等）组成，如图 1-4 所示为典型的 PLC 硬件组成图。

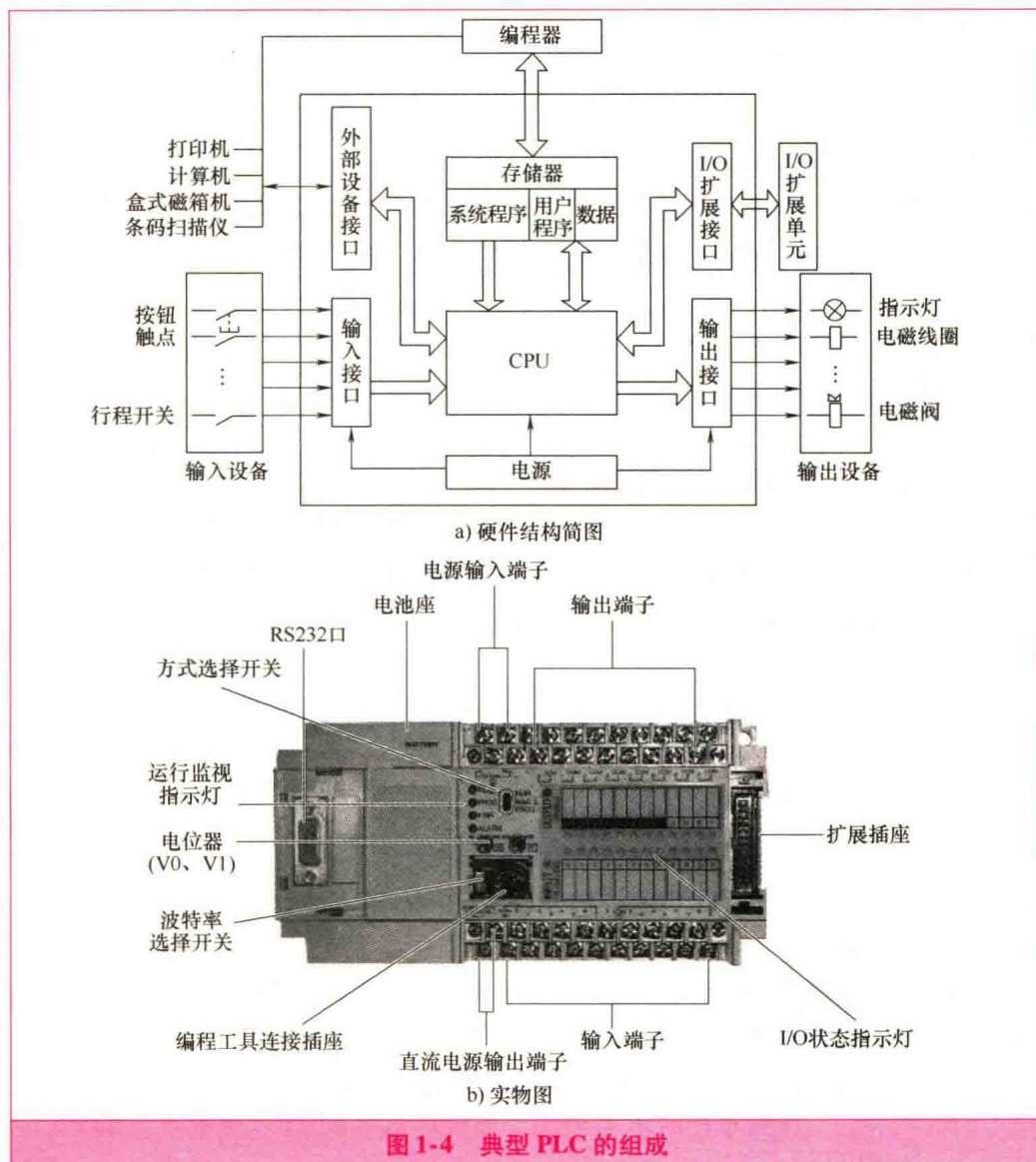


图 1-4 典型 PLC 的组成

主机内的各个部分通过**电源总线、控制总线、地址总线**连接。根据实际控制对象的需要，配置不同的外部设备，可构成不同档次的 PLC 控制系统。

1. 中央处理模块（CPU）

（1）CPU 的功能

中央处理模块（CPU）是 PLC 的核心，负责指挥与协调 PLC 的工作。CPU 模块一般由**控制器、运算器和寄存器**组成，这些电路集成在一个芯片上。其主要功能如下：

- 1) 接收并存储从编程器输入的用户程序和数据。
- 2) 用扫描的方式接收现场输入设备的状态或数据，并存入输入映像寄存器或数据寄存器中。
- 3) 检查电源、PLC 内部电路工作状态和编程过程中的语法错误等。
- 4) PLC 进入运行状态后，从存储器中读取用户程序并进行编译，执行并完成用户程序中规定的逻辑或算术运算等任务。
- 5) 根据运算的结果，完成指令规定的各种操作，再经输出部件实现输出控制、制表打印或数据通信等功能。

（2）CPU 的种类

PLC 常用的 CPU 主要采用**通用微处理器、单片微处理器芯片、双极型位片式微处理器**三种。

- 1) 通用微处理器常用的是 8 位机和 16 位机，如 Z80A、8085、8086、6502、M6800、M6809、M68000 等。
- 2) 单片微处理器常用的有 8039、8049、8031、8051 等。
- 3) 双极型位片式微处理器常用的有 AMD2900、AMD2903 等。

2. 存储模块

存储模块是具有记忆功能的半导体电路。PLC 的存储器是用来存储系统程序及用户程序的器件。主要有两大类：一种是可进行读/写操作的随机存取的存储器 **RAM**；另一种为只能读出不能写入的只读存储器 **ROM**，包括 **PROM、EPROM、EEPROM**。

PLC 配置有**系统存储器（EPROM 或 EEPROM）**和**用户存储器（RAM）**。

（1）系统存储器

系统存储器用于存储系统和监控程序，存储器固化在只读存储器 ROM 内部，芯片由生产厂家提供，**用户只能读出信息而不能更改（写入）信息**。其中：

监控程序——用于管理 PLC 的运行。

编译程序——用于将用户程序翻译成机器语言。

诊断程序——用于确定 PLC 的故障内容。

（2）用户存储器

用户存储器包括**用户程序存储区和数据存储区**，用来存放编程器（PRG）或磁带输入的程序，即用户编制的程序。

1) 用户程序存储区的**内容可以由用户任意修改或增删**。用户程序存储器的容量一般代表 PLC 的标称容量，**通常小型机小于 8KB，中型机小于 64KB，大型机在 64KB 以上**。

2) 用户数据存储区用于存放 PLC 在运行过程中用到的和生成的各种工作数据。用户

数据存储区包括输入数据映像区、输出数据映像区、定时器、计算器的预置值和当前值的数据区以及存放中间结果的缓冲区等。这些数据是不断变化的，但不需要长久保存，因此采用随机读写存储器 RAM。由于随机读写存储器 RAM 是一种挥发性的器件，即当供电电源关掉后，其存储的内容会丢失，因此在实际使用中要为其配备掉电保护电路。当正常电源关断后，由备用电池为它供电，保护其存储的内容不丢失。

PLC 中提供了一定容量的存储器供用户使用。若不够用，大多数 PLC 还提供了存储器扩展功能。

【重要提醒】

当用户程序确定不变后，可将其固化在只读存储器中。**写入时加高电平，擦除时用紫外线照射。**EEPROM 存储器除可用紫外线照射擦除外，还可用电擦除。

3. 输入输出模块 (I/O 模块)

输入输出模块是 CPU 与现场 I/O 装置或其他外部设备之间的连接部件。PLC 提供了各种操作电平与驱动能力的 I/O 模块和各种用途的 I/O 组件供用户选用。如输入/输出电平转换、电气隔离、串/并行转换数据、误码校验、A-D 或 D-A 转换以及其他功能模块等。

I/O 模块将外界输入信号变成 CPU 能接收的信号，或将 CPU 的输出信号变成需要的控制信号驱动控制对象（包括开关量和模拟量），以确保整个系统正常工作。

输入的开关量信号接在 IN 端和 0V 端之间，PLC 内部提供 24V 电源，输入信号通过光电隔离，通过 R/C 滤波进入 CPU 控制板，CPU 发出输出信号至输出端。

(1) 输入接口电路

PLC 的输入接口有**直流输入接口**、**交流输入接口**、**交流/直流输入接口**三种，如图 1-5 所示。

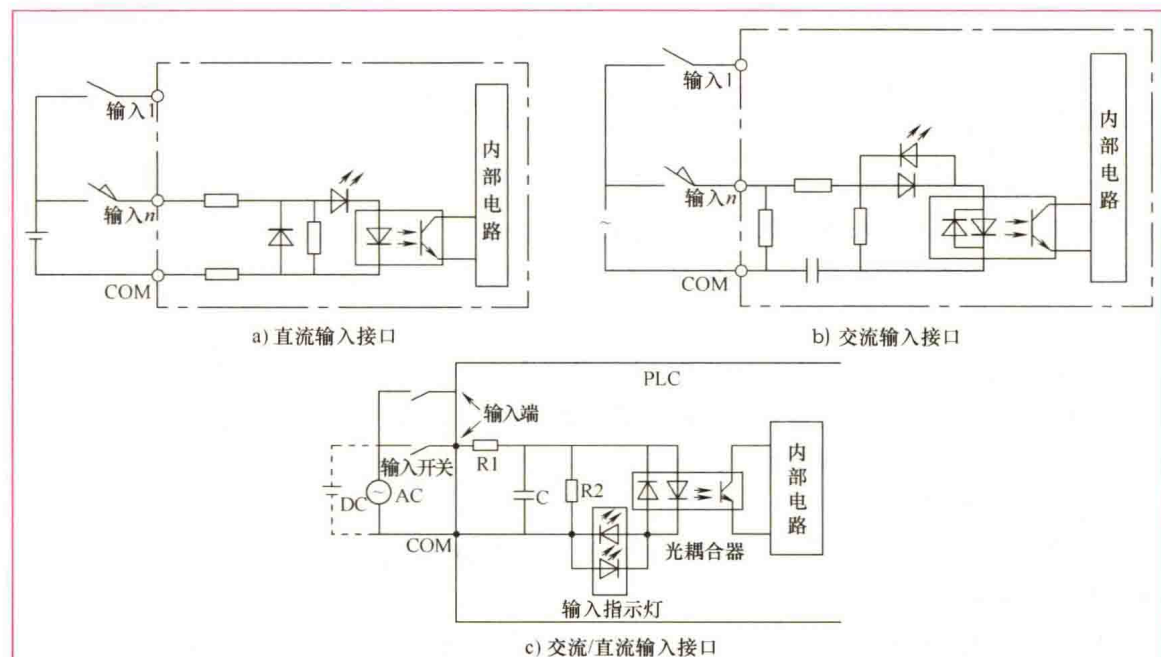


图 1-5 PLC 的输入接口电路

(2) PLC 输出接口

PLC 输出接口的作用是将 PLC 的输入信号（即用户程序的逻辑运算结果）传给外部负载（即用户输出设备），并将 PLC 内部的低电平信号转换为外部所需要电平的输出信号，并具有隔离 PLC 内部电路与外部执行元件的作用。

PLC 输出接口电路有三种方式：**晶体管输出方式、晶闸管输出方式和继电器输出方式**，如图 1-6 所示。

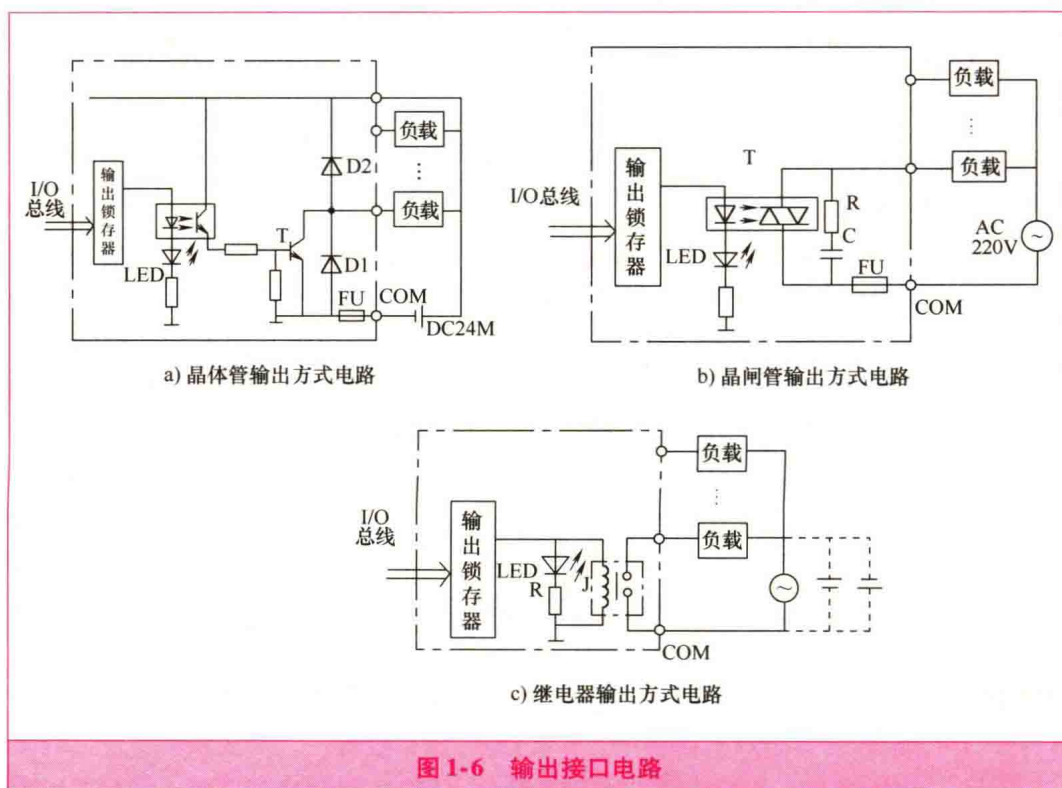


图 1-6 输出接口电路

1) 晶体管输出方式（直流输出接口）。当需要某一输出端产生输出时，由 CPU 控制，将用户程序数据区域相应的运算结果调至该路输出电路，输出信号经光耦合器输出，使晶体管导通，并使相应的负载接通，同时输出指示灯亮，指示该路输出端有输出。负载所需的直流电源由用户提供。

2) 晶闸管输出方式（交流输出接口）。当需要某一输出端产生输出时，由 CPU 控制，将用户程序数据区域相应的运算结果调至该路输出电路，输出信号经光耦合器输出，使晶闸管导通，并使相应的负载接通，同时输出指示灯亮，指示该路输出端有输出。负载所需的交流电源由用户提供。

3) 继电器输出方式（交/直流输出接口）。采用继电器作为开关器件，既可带直流负载，也可带交流负载。

为了满足工业自动化生产更加复杂的控制需要，PLC 还配有很多 I/O 扩展模块接口，如图 1-7 所示为三菱 FX_{2N} 系列 PLC 的 I/O 扩展模块接口。