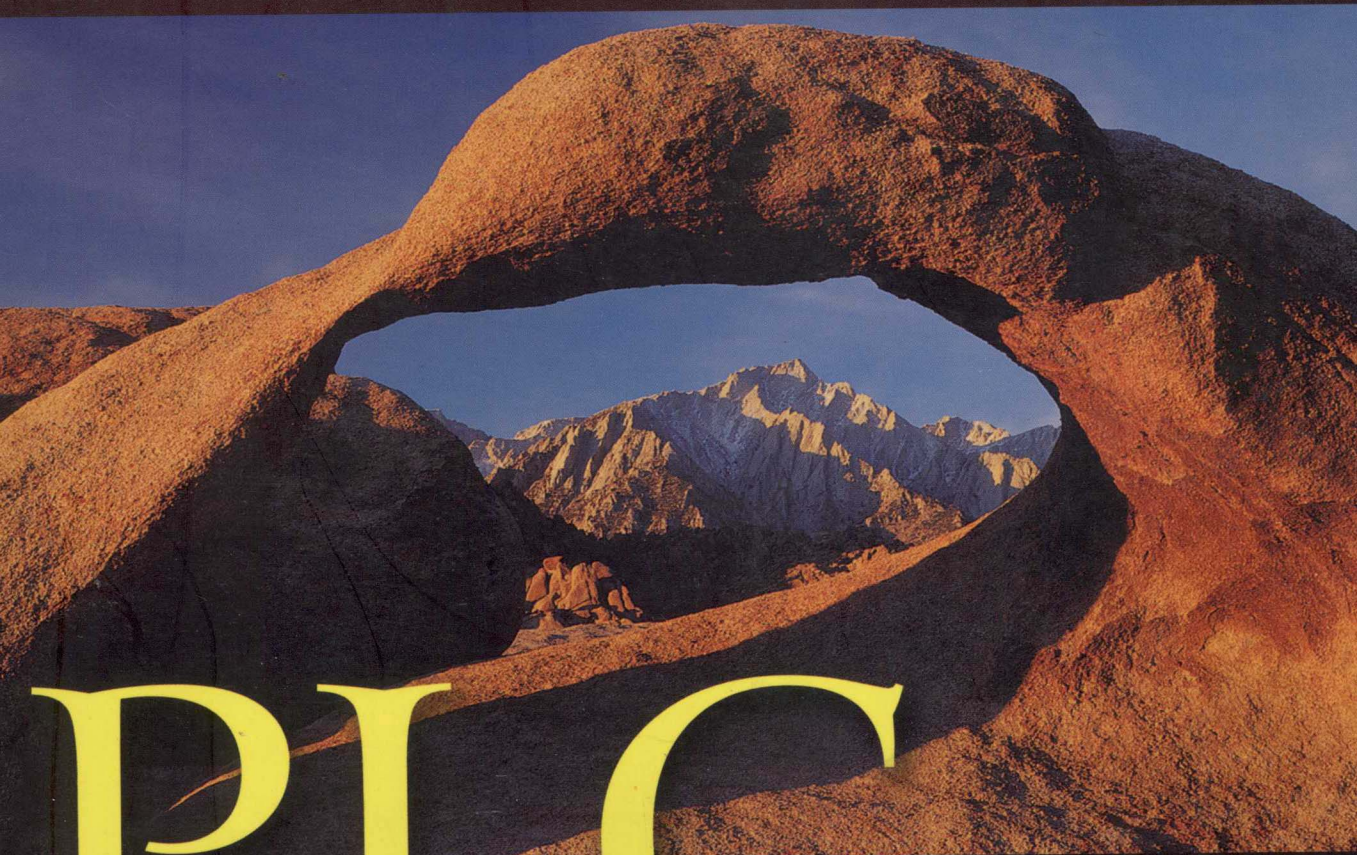


主 编 赵 清 杨 龙



PLC

控制电路解读

- PLC的基础知识
- PLC的编程方法和接线特点
- PLC在生产实践中的开发案例
- PLC新一代超小型控制器 (LOGO!)的应用



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

PLC 控制电路解读

主 编 赵 清 杨 龙

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是专门介绍 PLC（可编程控制器）产品在电动机控制电路中的应用，全书分为 6 章。前 5 章主要讲解松下 PLC 产品的基本原理和在电机控制电路中的应用，主要包括 PLC 的基础知识；PLC 的编程语言和编程工具，以及基本指令；PLC 的编程；PLC 控制电路及 PLC 在生产实践中的应用；第 6 章讲解 PLC 的新一代超小型控制器（LOGO!）产品的基本原理和在电机控制电路中的应用。

本书从基础知识入手，采用继电器控制电路与 PLC 控制电路对比的方法，由浅入深、循序渐进地讲解 PLC 的接线特点和编程方法。

本书通俗易懂，实用性强，可作为职业院校电气自动化和机械类专业的实训辅导教材，也可作为 PLC 专业技术培训教材，还可作为教师的教学参考书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

PLC 控制电路解读 / 赵清，杨龙主编. —北京：电子工业出版社，2011.4
ISBN 978-7-121-13084-7

I. ①P… II. ①赵… ②杨… III. ①可编程序控制器—基本知识 IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 038802 号

策划编辑：谭佩香

责任编辑：鄂卫华

印 刷：三河市鑫金马印装有限公司

装 订：三河市鑫金马印装有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：13.5 字数：329 千字

印 次：2011 年 4 月第 1 次印刷

定 价：28.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

前言

F O R E W O R D

随着科学技术的飞速发展, PLC(可编程控制器)已经进入日常生活和生产领域的各个方面, 可编程控制器已广泛应用于各行各业。如何以最快的速度, 在最短的时间内熟悉和掌握 PLC 的系统开发方法是广大技术开发人员最关心的问题。

可编程控制器作为传统继电器接触控制系统的替代产品已广泛应用于工业控制的各个领域。可编程控制器具有体积小、组装灵活、编程简单、抗干扰能力强及可靠性高等特点, 非常适合于在恶劣的工业环境下使用。特别是可编程控制器的新一代超小型控制器(LOGO!) 作为传统继电器控制系统的替代产品的问世以来, 已很快被应用到机械制造、冶金、矿业、轻工等各个领域, 大大推进了机电一体化的进程。

为了适应可编程控制器日益广泛应用的形势, 全国各职业院校已经逐步将 PLC 引入教学, 并陆续在选修课及电工学课程中讲授了这方面的知识。本书以松下 FP—C24 型可编程器为对象, 以系统开发为目标, 从基础和实践两个方面进行讲解, 并根据实际教学和生产实践需要而编写的。本书第 1 章主要介绍可编程控制器的类型、结构以及各主要部分的作用; 第 2 章主要讲解可编程控制器的编程语言和编程工具, 以及基本指令; 第 3 章主要讲解可编程控制器的程序说明, 包括组成电路说明、基本控制环节的编程说明, 以及编程的基本方法和应遵循原则; 第 4 章讲解可编程序控制器控制电路; 第 5 章讲解可编程控制器在生产实践中的应用; 第 6 章讲解 PLC 的新一代超小型控制器(LOGO!) 的基础知识、指令、编程, 以及编程软件和在电机控制电路中的应用。

本书通俗易懂，实用性强，可作为职业院校电气自动化和机械类专业教材，也可作为 PLC 专业技术培训教材，还可作为教师的教学参考书。

本书由赵清、杨龙担任主编，参加本书编写的还有赵明、孙振宝、邱泽国、赵玉龙、赵玉玉、张华、马丽、姜海涛等。

由于我们的水平和实践经验有限，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

我们的联系方式：tan_peixiang@phei.com.cn

编 者

2011 年 2 月

目 录

C O N T E N T S

第 1 章 PLC 基础知识	1
1.1 PLC 简介	1
1.1.1 PLC 的类型	1
1.1.2 PLC 基本硬件结构和逻辑结构	3
1.2 PLC 各主要部分的作用	4
习题	8
第 2 章 PLC 的编程语言和编程工具	9
2.1 PLC 的编程语言	9
2.1.1 梯形图语言	9
2.1.2 助记符语言	12
2.2 PLC 的编程工具	13
2.3 PLC 基本逻辑指令	20
2.4 FP 系列可编程控制器常用基本指令	25
习题	58
第 3 章 PLC 编制程序	59
3.1 PLC 组成电路	59
3.1.1 继电器组成的辅助电路与 PLC 组成辅助电路的比较	59
3.1.2 用继电器组成的辅助电路与用 PLC 组成的辅助电路逻辑功能比较	60
3.2 PLC 程序中的基本控制环节	61
3.2.1 自锁环节	61

3.2.2	有电气互锁环节的辅助电路	62
3.2.3	有定时单元的电路	65
3.2.4	计数单元电路	71
3.3	PLC 编程的基本方法和原则	73
3.3.1	“头重脚轻”原则	73
3.3.2	上重下轻原则	73
3.3.3	最简原则	74
3.3.4	ANS “组与” 和 ORS “组或” 混合逻辑编程法则	75
3.3.5	PLC 继电器线圈只能出现一次, 但其触点可多次使用原则	78
3.3.6	正确使用步进 (NSTP、SSTP、CSTP、STPE) 指令编制程序	78
3.4	调出、清除、检查、修改、插入及删除程序键盘操作方法	83
	习题	84

第 4 章 PLC 控制电路 85

4.1	PLC 控制电路分析	85
4.1.1	PLC 控制电路中的自锁、互锁	85
4.1.2	PLC 控制电路中常用单元电路	86
4.2	用 PLC 组成的半自动控制电阻炉加热装置的电路	87
4.3	用 PLC 组成的手动和自动控制电阻炉加热装置的电路	88
4.4	用 PLC 控制电动机能耗制动电路	90
4.4.1	速度原则控制电路	90
4.4.2	主电路工作原理	90
4.4.3	辅助电路工作原理	90
4.5	用 PLC 控制电动机星一角启动电路	92
4.6	位置控制电路	94
4.6.1	用继电器组成的高位水箱供水电路	94
4.6.2	用 PLC 组成的高位水箱供水电路	96
4.7	用电压表和 PLC 组成液位控制电路	98
4.7.1	用电压表和继电器组成的液位控制电路	98
4.7.2	用电压表和 PLC 组成的液位控制电路	100
4.8	双速电动机控制电路原理图	102
4.8.1	用继电器组成的双速电动机电路	102
4.8.2	用 PLC 组成的双速电动机电路	104
4.9	按顺序原则控制的电路	107

4.9.1 皮带机输送系统概述	107
4.9.2 用继电器组成的传送带输送系统电路	107
4.9.3 用 PLC 组成的传送带输送系统的电路	108
4.9.4 用 PLC 组成的皮带输送系统的手动和自动控制电路	111
4.10 有短路保护、过载保护、缺相保护的三相异步电动机控制电路	116
4.11 位置原则组成的电路	119
习题	123
第 5 章 PLC 综合案例	125
5.1 用 PLC 组成的机械手的控制电路	125
5.2 十字路口交通灯控制电路	134
5.2.1 十字路口交通灯 PLC 接线原理	134
5.2.2 交通灯时序解读	135
5.2.3 交通灯控制电路 PLC 程序解读	136
5.3 混凝土搅拌站电路	138
5.3.1 混凝土搅拌站电路	139
5.3.2 电动机 M ₁ 、M ₂ 、M ₃ 、M ₄ 、M ₉ 工作过程分析	143
5.3.3 电动机 M ₅ 、M ₆ 、M ₇ 、M ₈ 工作状态分析	146
5.3.4 电磁阀工作状态分析	151
5.3.5 指示灯控制电路	155
5.3.6 计量环节	156
5.3.7 解读 PLC 程序中内部软继电器作用	156
5.3.8 本系统编程特点	165
5.3.9 混凝土搅拌站用 PLC 组成控制电路	165
习题	167
第 6 章 PLC 新一代超小型控制器 LOGO!	169
6.1 LOGO! 基础知识	169
6.1.1 LOGO! 基本结构	169
6.1.2 LOGO! 基本型和加长型技术参数	170
6.2 LOGO! 指令	172
6.2.1 LOGO! 的 CF—基本指令	172
6.2.2 LOGO! 的 SF—特殊功能指令	173

6.3 LOGO! 编程	176
6.3.1 LOGO! 程序中常用到的基本控制环节的编程方法	176
6.3.2 LOGO! 程序输入方法	183
6.3.3 修改程序	186
6.3.4 删除程序	186
6.3.5 屏幕显示中有“?”处理方法	187
6.4 LOGO! 编程软件及其用法	187
6.4.1 LOGO! 编程软件运行环境	187
6.4.2 LOGO! 编程软件安装	187
6.4.3 使用 LOGO! 编程软件进行编程的方法	187
6.5 LOGO! 用户程序举例	188
习题	197
附录 A 日本松下产品 (PLC) FP1 的 I/O 地址分配表 (按十六进制编号)	199
附录 B 日本松下 PLC 产品 FP1 系列基本指令表	200
附录 C 日本三菱公司 PLC 产品 FX0S、FX0N、FX2N 系列的 I/O 分配表	204
附录 D 日本三菱公司生产的 FX 系列可编程控制器 常用指令表	207
参考文献	208

第1章 PLC 基础知识

目前 PLC（可编程控制器）和变频器在电控设备中应用越来越广泛。实际可编程控制器主要是用内部软继电器、定时器、计数器以及寄存器代替传统的控制电路的继电器、定时器和计数仪表等器件。由于 PLC 用内部软继电器、定时器、计数器等元件进行内部编程替代传统电路的实际接线，从而使得线路更简单，而且程序改动更方便，PLC 还具有与计算机直接通信功能。实际 PLC 编程与传统电路的编程逻辑有非常相似之处，只要稍作一点努力就能很快掌握 PLC 的编程技术。

1.1 PLC 简介

1.1.1 PLC 的类型

PLC 目前主要有三种类型，一种类型是小型的整体式，PLC 另外两种类型是中、大型的模块式 PLC 和叠装式 PLC，详见图 1-1、图 1-2 和图 1-3 所示。

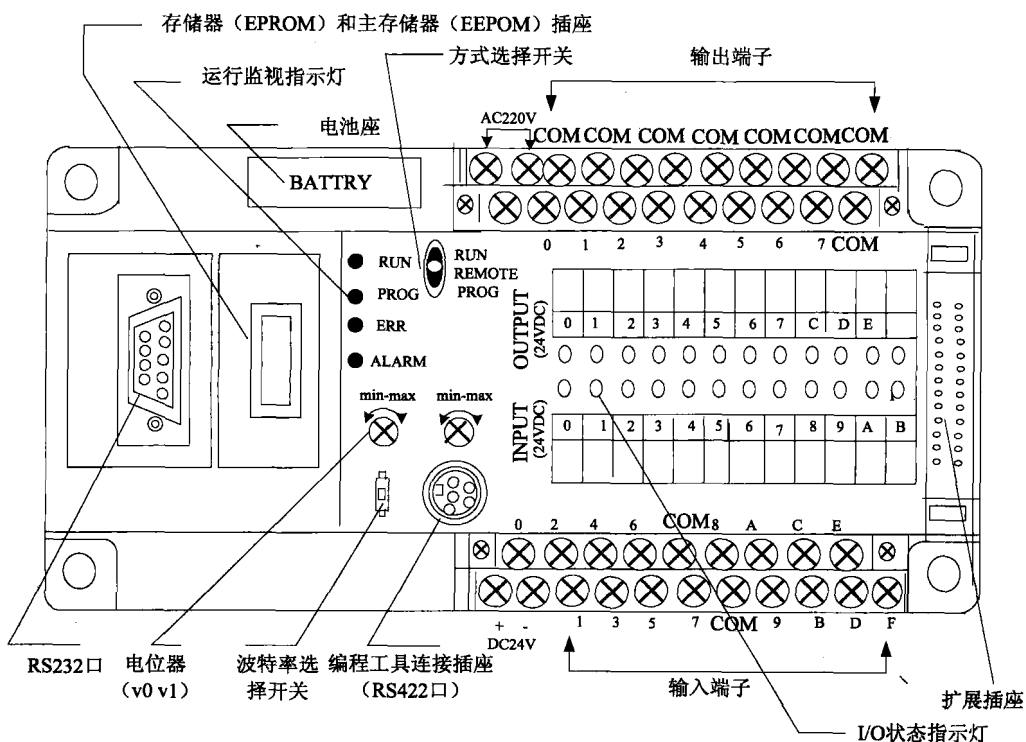


图 1-1 FP-C24 型可编程控制器控制单元外形图（面板图）

1. 整体式 PLC

整体式 PLC 是把各组成部分（I/O 接口电路、CPU、存储器等）安装在同一机壳内形成单一的整体。输入、输出接线端子及电源进线分别设在机箱面板上、下两侧，各种功能指示灯（发光极二极管）、RS232 接口、扩展单元的接口插座等都设在前面板上。

整体式 PLC 体积小、重量轻、价格较低，适用于单机控制的设备。

2. 模块式 PLC

模块式可编程控制器由框架和模块组成。框架的总线连接板上焊有模块插座，各种功能模块插在模块插座上，从而形成整机。模块式可编程控制器常用模块有电源模块、输入和输出模块、CPU 模块、存储模块、功能扩展模块（如 A/D、D/A、数据转换模块等）、通信模块等。模块式 PLC 最大特点，就是扩展输入和输出点容易，扩展功能方便，系统的规模和功能可根据实际的需要自行组合，将需要的模块尽量组装于一个机架内，如果一个框架容纳不下选用的模块，可以增设扩展框架，各框架之间用 I/O 扩展电缆相连。模块式 PLC 既可用于单机控制，更适用于多机联控系统，便于与计算机联网组成生产自动线。

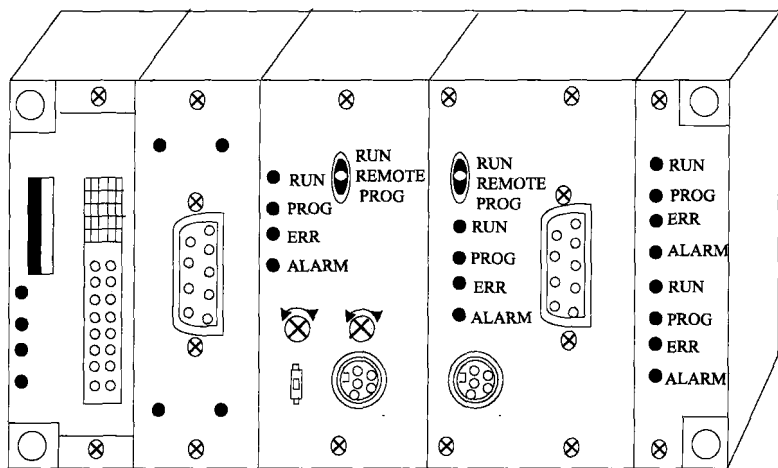


图 1-2 模块式 PLC 结构示意图

3. 叠装式 PLC

图 1-3 所示的叠装式可编程控制器图形，是日本三菱公司的 FX_{2N} 系列 PLC 产品。此系列可编程控制器吸收了整体式可编程控制器和模块式可编程控制器的优点，它是由基本控制单元（相当于小型整体式 PLC）、特殊模块、扩展模块等组成，模块和基本单元之间不用基板连接，而是用扁平电缆连接，紧密拼装而成，其输入和输出点数配制也相当灵活。目前大型生产自动线用叠装式 PLC 产品较多。

PLC 种类繁多，没有统一的产品标准和统一的编程语言，但基本组成部分大致相类同，编程语言相类同，只要掌握一种产品使用技术，则其他产品应用也就很容易。

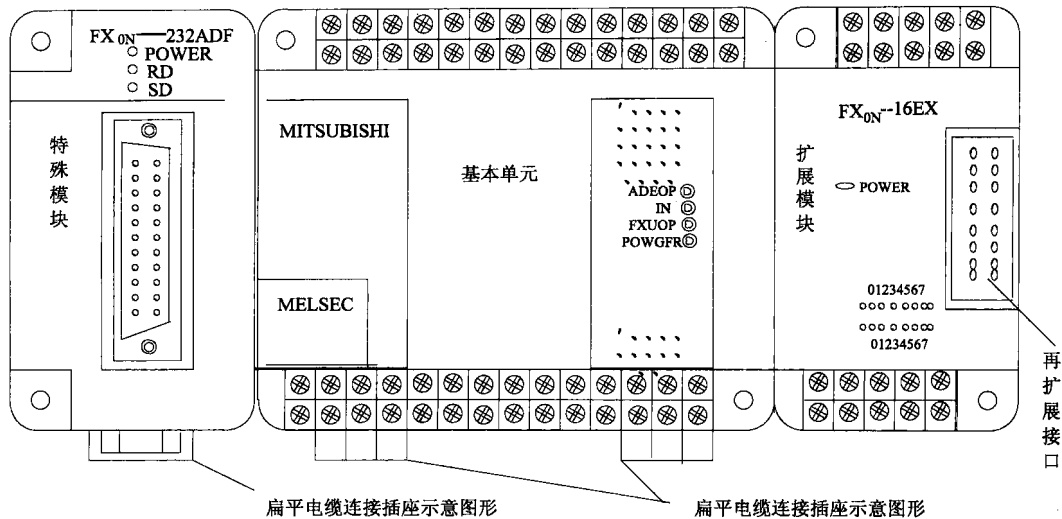


图 1-3 叠装式 PLC 结构示意图

1.1.2 PLC 基本硬件结构和逻辑结构

1. PLC 基本硬件结构

PLC 基本硬件结构如图 1-4 所示，PLC 逻辑结构如图 1-5 所示。

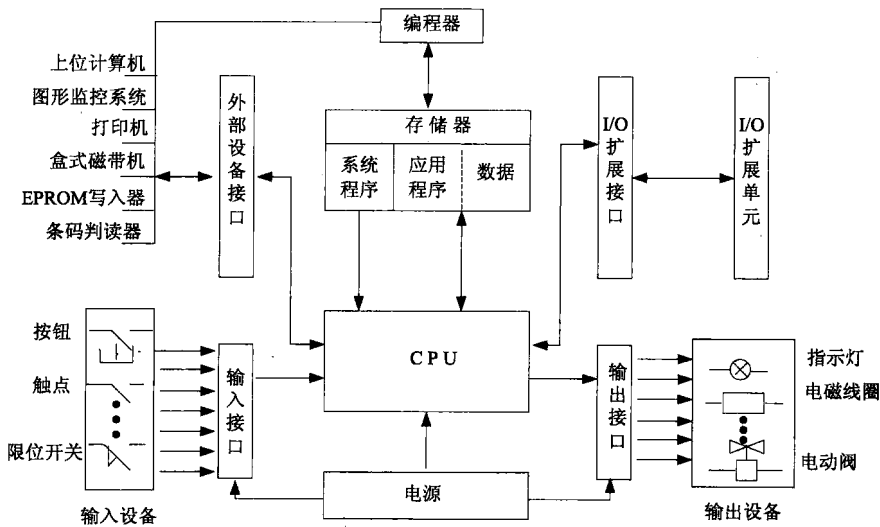


图 1-4 PLC 硬件结构示意图

可编程控制器（PLC）硬件结构是指其基本组成单元。由图 1-4 可见主要有输入接口单元和输出接口单元、存储单元、CPU 中央处理单元、外部设备接口单元以及扩展接口单元、电源单元等。根据需要 PLC 还可增加 A/D、D/A 转换单元，有些还需增加 I/O 单元，

这点在实际工程中应注意。

2. PLC 的逻辑结构

PLC 逻辑结构是指信号之间传输关系。由图 1-5 可见中央处理器 CPU 是系统的指挥中心，它要接收输入信号，并且按照一定程序进行处理，然后将处理结果中需要输出的信号从输出单元送出。CPU 要与存储器进行信号交换，要接收各单元接口输入的信号，并进行处理，还要进行自检和运行状态的显示等。

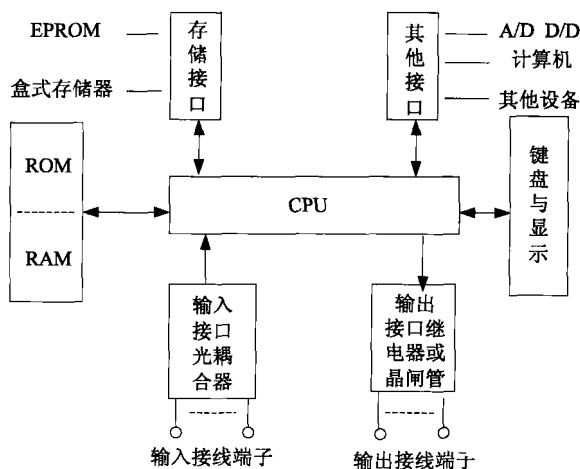


图 1-5 PLC 逻辑结构示意图

1.2 PLC 各主要部分的作用

1. CPU

CPU 作为整个 PLC 的核心起着总指挥的作用，是 PLC 的运算和控制中心。它的主要任务如下。

- (1) 诊断 PLC 电源、内部电路工作状态及编制程序中的语法错误。
- (2) 用扫描方式采集由现场输入单元送来的信号和数据，并存入输入映象寄存器和数据寄存器中。
- (3) 在运行状态时，按照用户程序存储器中存放的先后顺序逐条读取指令，经编译后按照指令规定的任务完成各种运算和操作，根据运算结果存储相应数据，并更新有关标志位的状态和输出映象寄存器的内容。
- (4) 将存于数据寄存器中的数据处理结果和输出映象寄存器的内容送至输出单元。
- (5) 按照 PLC 中系统程序所赋予的功能接收并存储从编程器或者计算机输入的用户程序数据，响应各外部设备的工作请求和输入信号。

2. 存储器

PLC 内部有两类存储器，一类是只读存储器 ROM，它是由生产商在产品出厂前将程序指令固化在只读存储器中，这部分程序指令只能读，用户不能改动；另一类是用户存储器，这类存储器具有读写功能，又称为读写存储器 RAM。这种类型的存储器用户可以编制程序、输入相关数据（如定时器的定时时间、计数器所记的数值等）。这类存储器一般由低功耗的 CMOSRAM 构成，其中的存储内容可读出并可修改。

3. 输入输出接口电路

PLC 通过输入/输出（I/O）接口电路实现与外围设备的连接。输入接口通过输入端子接受现场输入设备（如开关、编码器、数字开关、温度开关等）的控制信号，并将这些信号转换成 CPU 所能接收和处理的数字信号。PLC 输入接口单元电路，如图 1-6 所示。

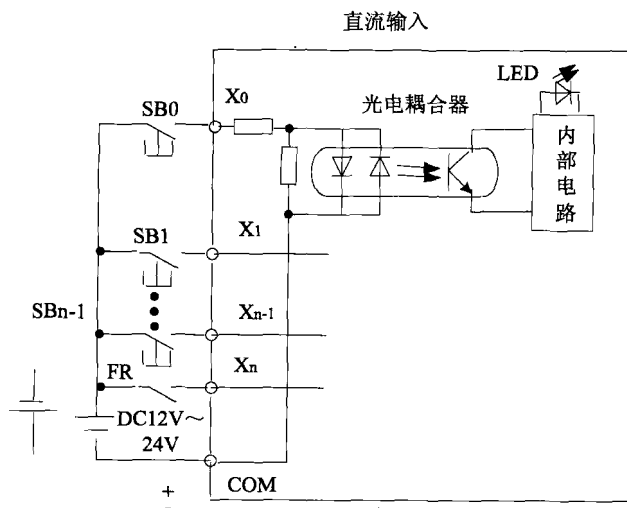


图 1-6 PLC 输入接口电路示意图

在 PLC 输入接口电路图 1-6 中的 X_0 、 X_1 、 X_{n-1} 、 X_n 是输入接线端子，LED 是对应输入回路的指示灯（发光二极管）。SB0、SB1、SB $n-1$ 、SB n 等是外接的按钮开关（常开），FR 是热继电器常开触点。外部设备输入信号通过 PLC 内部的光电耦合器传送给内部电路，输入信号与内部电路之间没有电的联系，通过这种光电隔离措施可以防止外部干扰信号串入 PLC，提高了 PLC 的抗干扰能力。

PLC 输入接线端子采用十六进制数排列顺序，即 X_0 、 X_1 …… X_F ， X_{10} 、 X_{11} …… X_{1F} 等，每个顺序循环有十六个数（日本松下公司生产的 PLC 产品输入端子排列顺序）。

PLC 输入接口电路的电源公共端 COM 与输出接口的电源公共端 COM 之间相互隔离，输入接口端的 COM 是外接直流电源的公共端，而输出接口端的 COM 是外接负载电源的公共端，负载所用电源有交流和直流电压源之分。

PLC 输出接口电路如图 1-7 所示。在图 1-7 所示中 Y_0 、 Y_1 、 Y_{n-1} 、 Y_n 是 PLC 输出接口的接线端子编号。输出接口端子编号采用 16 进制数表示，即 Y_0 、 Y_1 …… Y_E 、 Y_F ， Y_{10} 、

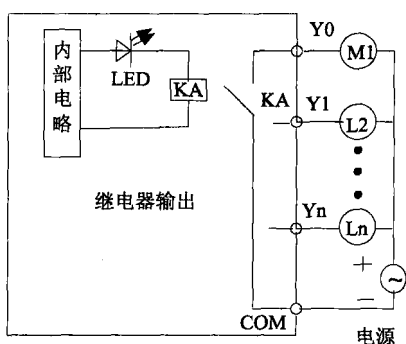
Y11……Y1E、Y1F 等。由图 1-7 所示 PLC 有三类四种输出方式。

第一类是常用的继电器输出方式（图 1-7 a）。继电器 KA 线圈通电与断电受内部电路控制，它对外只有触点输出方式，可用接通或断开开关频率较低的直流负载或者交流负载。

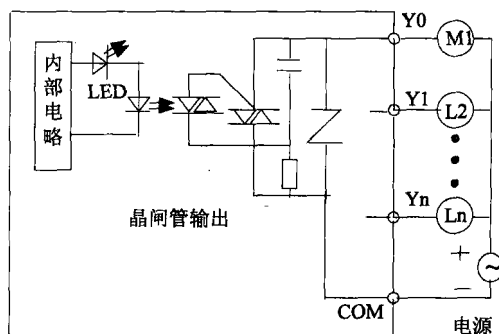
第二类是晶闸管输出方式（图 1-7 b）。晶闸管输出是无触点输出方式，开关动作快、寿命长，可以接通或断开开关频率较高的交流负载回路。

第三类是晶体管输出方式。晶体管输出分为两种形式，第一种是 NPN 型晶体管输出形式，第二种是 PNP 型晶体管输出形式（图 1-7 c、d）。这两种晶体管输出形式工作原理相同，带负载能力相同，都用于带直流负载，所不同的是外接直流电源极性相反，在使用时稍加注意即可。

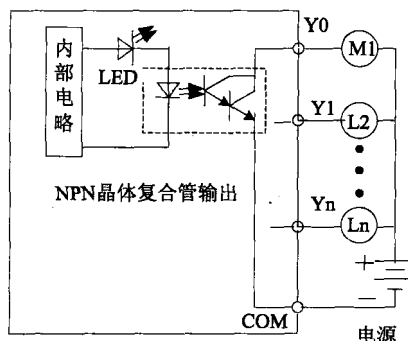
通过图 1-7 所示可以看出，无论是继电器输出，还是晶闸管输出，以及晶体管输出，作为输出端的开关元件都是受 PLC 的输出指令控制，完成接通或断开与相应输出端连接的负载回路的任务，它们不向负载提供电源，也就是说负载回路需外接电源。负载回路外接电源的类型（交流或直流）、电压大小、电源极性应该依据负载要求以及 PLC 输出接口电路方式确定。



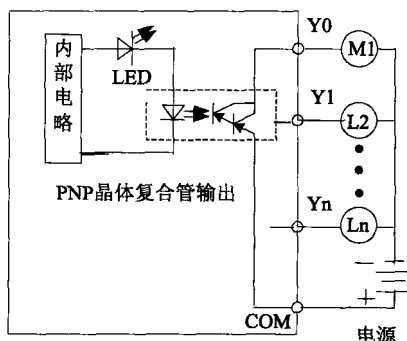
(a)



(b)



(c)



(d)

图 1-7 PLC 输出接口电路示意图

目前 PLC 的种类繁多，I/O 模块的接线方式有所不同，归纳起来可分为汇点式、分组

式、分隔式等三种,如图 1-8 所示。

由图 1-8 所示可编程控制器 (PLC) 的输入/输出模块 I/O 三种接线方式的区别,就在于端子 COM 是单个还是多个 COM (公用)。如图 1-8 (a) 所示有一个公用端 COM 的是汇点式接线方式,在输入端或者在输出端有两个及两个以上公用端,如图 1-8 (b) 所示接线方式为分组式,而在输出端每路输出都有各自的 COM 端,如图 1-8 (c) 所示接线方式为分隔式。

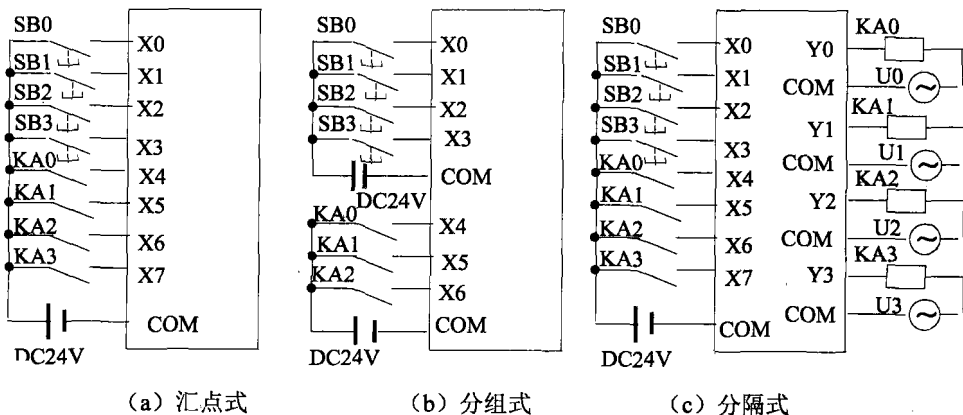


图 1-8 PLC 输入输出 (I/O) 模块接线方式示意图

实际上 PLC 的输入和输出模块除以上介绍的常用模块外,还有 A/D、D/A、(模/数、数/模)转换模块,根据需要还可以扩展 I/O 模块 (主要有高速计数模块、中断输入模块、闭环控制模块、BCD 码输入输出模块、温度模块、数据通信模块等)。

有关模块选用,要查阅相关资料,因各品牌 PLC 都有各自不同模块,基本没有通用模块。

4. PLC 所需电源

PLC 需要的电源是指将外部交流电经过整流、滤波、稳压等环节处理后转换为 PLC 的中央处理器 CPU、存储器、输入/输出接口等内部电路工作所需要的直流电源或电源模块。直流电源模块可以放在基本 PLC 装置的下层,二者组装成一体机,目前整体式 PLC 多是采用此种装配形式。

现在许多 PLC 的直流电源采用直流开关电源,这种直流电源稳压性能好、抗干扰能力强,可以提供多路相对独立的电压,分别供给 PLC 内部的 CPU 及内部电路使用,外部输入设备以及输出负载回路使用,这样做可以减少系统的供电电源种类,使系统工作更稳定可靠。

应该特别注意 PLC 输入接口外接输入设备使用 12 V 或 24 V 直流电压源,而输出端外接负载电源应根据实际需要采用交流或者采用直流电压源。

5. 手持编程器

手持编程器是人与 PLC 联系和对话的工具,是 PLC 最重要的外围设备。用户利用编程器输入、读出、检查、修改、调试用户程序,也可以监视 PLC 的工作状态,显示错误代

码或修改系统寄存器设置的参数等。手持编程器外形多为扁平长方体，上方端头有连线插座，需采用专用的传输线与 PLC 本机相连，完成上述功能。

PLC 除采用手持编程器编程和监控程序外，还可以通过其设置的 RS232 外设通信接口（或者 RS422 外设接口）与计算机连接，利用 PLC 生产厂家提供的专用工具软件，对 PLC 进行编程和监控，更有利于群控系统实现。相比较而言，利用计算机进行编程和监控比用手持编程器编程和监控更直观、更方便。

手持编程器优点就是可以做到一机多用，而且携带方便，便于现场使用。

6. I/O 扩展接口和外部设备接口

I/O 扩展接口是在 PLC 主机的 I/O 点数不能满足输入/输出设备点数要求时，可通过 I/O 扩展接口用扁平电缆与 I/O 扩展单元相连接，用以增加 I/O 点数。

外部设备接口可将手持编程器、上位计算机、打印机、图形监控系统、条码判读器等外部设备与主机 CPU 相连接，用以完成相应操作功能。

习 题

1. PLC 按结构分几类？
2. 说明 PLC 中 CPU 的作用。
3. 为了提高 PLC 的抗干扰能力，在输入和输出单元采取什么措施？
4. PLC 的常用存储器有几种？各有什么特点？用户程序应存入何种存储器中？
5. 请举例说明日本松下 PLC 输入单元地址编号特点。
6. 请根据松下 FP1 系列 PLC 输入和输出端口地址，选择对应产品：
 - (1) 输入 4 点，输出 4 点。
 - (2) 输入 8 点，输出 6 点。
 - (3) 输入 22 点，输出 16 点。
 - (4) 输入 80 点，输出 21 点。
7. PLC 有几种输出方式？并陈述每种输出所适用的负载类型。
8. FP1-24 主机有三种工作选择方式，它们分别为（ ），（ ），（ ）。