



设备控制编程与实现

(第2版)

SHEBEI KONGZHI BIANCHENG YU SHIXIAN

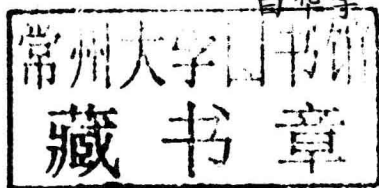
◎主 编 钟新平 麦艳红

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

设备控制编程与实现

(第2版)

主 编 钟新平 麦艳红
副主编 姚水清 罗艳丽
白华宇 陈 博



内 容 简 介

本书从职业岗位需求分析入手,体现以技能为主线,相关知识为支撑的编写思路,较处理好理论教学与技能训练关系。本书共分照明控制系统编程与实现、三相异步电机控制、万能铣床 PLC 控制系统的编程与实现、组合机床动力头运动控制、机械手 PLC 控制系统的编程与实现等六个学习情景。通过一些典型例子把 PLC 控制和实际有机结合起来;每个情境后都附有学生拓展题,使学生学以致用,有利于培养他们的基本技能和实际动手能力。

本书遵循“理论够用为度,重在实训”的原则,尽量选用先进的、典型的线路和实例,内容全面、翔实,使读者获得更实用、详细的内容。

本书可作为工业电气自动化、电气技术、机电一体化、数控技术及与之相近专业的教材,也可供从事电气控制方面工作的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

设备控制编程与实现/钟新平,麦艳红主编.—2版.—北京:北京理工大学出版社,2012.11

ISBN 978-7-5640-6959-9

I. ①设… II. ①钟… ②麦… III. ①机械设备—控制系统—程序设计
IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 256716 号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(总编室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京兆成印刷有限责任公司

开 本/710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张/15.75

字 数/292 千字

版 次/2012 年 11 月第 2 版 2012 年 11 月第 1 次印刷 责任校对/陈玉梅

定 价/41.00 元 责任印制/吴皓云

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

本书从职业岗位需求分析入手，体现以技能为主线，相关知识为支撑的编写思路，较处理好理论教学与技能训练关系。本书共分照明控制系统编程与实现、三相异步电机控制、万能铣床 PLC 控制系统的编程与实现、组合机床动力头运动控制、机械手 PL 控制系统的编程与实现等六个学习情境。通过一些典型例子把 PLC 控制和实际有机结合起来；每个情境后都附有学生拓展题，使学生学以致用，有利于培养他们的基本技能和实际动手能力。

本书遵循“理论够用为度，重在实训”的原则，尽量选用先进的、典型的线路和实例，内容全面、翔实，使读者获得更实用、详细的内容。

本书由钟新平老师、麦艳红老师任主编，由姚水清、罗艳丽、白华宇、陈博任副主编。

本书可作为工业电气自动化、电气技术、机电一体化、数控技术及与之相近专业的高职、高专教材，也可供从事电气控制方面工作的工程技术人员参考。

由于编者水平有限，时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 著

目 录

学习情景一：照明控制系统编程与实现	1
子情景一：PLC 认识.....	1
子情景二：楼道照明灯控制与实现	16
子情景三：仓库夜间照明灯的持续接通控制	33
子情景四：走廊照明灯的延时熄灭控制	42
子情景五：仓库货物的数量统计	58
学习情境二：电机控制的编程与实现	73
子情景一：三相异步电机连续运转控制电路	73
子情景二：三相交流异步机正/反转连锁控制.....	80
子情景三：三相交流异步电动机的星三角降压启动控制	92
学习情景三：机床控制线路的编程与实现	101
子情境一：万能铣床 PLC 控制系统的编程与实现	101
子情境二：组合机床动力头运动控制.....	110
学习情境四：机械手 PLC 控制系统的编程与实现	120
学习情境五：信号灯单片机控制系统的编程与实现	135
子情境一 单片机信号灯并行输入/输出控制的编程与实现	135
学习单元内容 1. 89C51 单片机的基本结构及工作原理	137
学习单元内容 2. 并行接口 P0、P1、P2、P3	149
子情境二 单片机信号灯程序控制.....	154
学习单元内容 1. 89C51 单片机的指令系统	156
学习单元内容 2. 89C51 单片机汇编语言程序的设计	170
子情境三 单片机信号灯中断与定时控制.....	181
学习单元内容 1. 89C51 单片机的中断系统	185
学习单元内容 2. 89C51 单片机定时器	194
子情景四：交通灯的单片机控制.....	205
学习情境六：步进电机的单片机控制	226

学习情景一：照明控制系统编程与实现

子情景一：PLC 认识

◆ 知识点

- ☆ PLC 的硬件结构
- ☆ PLC 的内部寄存器及 I/O 配置
- ☆ PLC 的工作模式和工作过程

◆ 技能点

- ☆ PLC 的安装和输入、输出的外部接线方法
- ☆ 梯形图的编辑和输入方法
- ☆ PLC 的基本操作流程

任务导入

可编程序控制器（简称 PLC）于 20 世纪 60 年代末在继电器控制系统的基础上发展起来，它将程序化的手段应用于电气控制，用软件代替大量的中间继电器和时间继电器，仅剩下与输入和输出有关的少量硬件，如图 1-1 所示省去了接线和拆线的麻烦，大大降低了故障率，维护工作量小，并且具有在线修改功能，性价比非常高。本情景研究用 PLC 来实现灯光控制电路，达到掌握松下 FPI 系列 PLC 的基本特性和操作方法的目的。

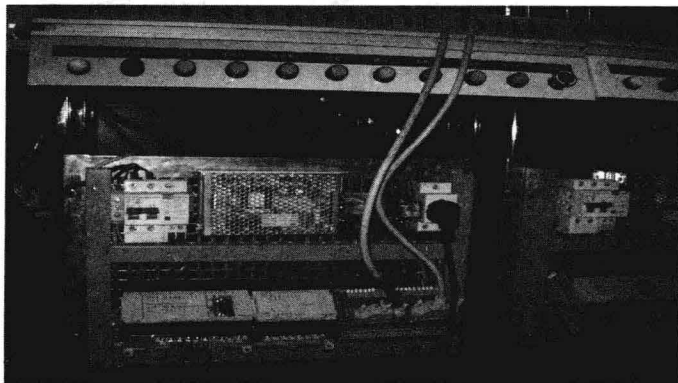


图 1-1 使用 PLC 的控制柜

相关知识点析

一、松下 FPI 可编程序控制器的硬件结构和内部寄存器

1. 硬件结构

FPI 是一种功能非常强的小型机系列，某些功能上甚至可与大型机媲美。它具有体积小、功能强、性价比高特点，适用于单机、小规模控制，在机床、纺织机、电梯控制等领域得到了广泛的应用，适合我国国情，特别适合在中小企业中推广应用。该系列产品有紧凑小巧的 C14 与 C16 型，还有具有较高级处理功能的 C24、C40、C56、C72 型多种规格，C 后的数字代表该型号 PLC 主机的 I/O 点数之和。

FPI 由主机（控制单元）、扩展单元、智能和连接单元 3 大部分组成，扩展单元为 I/O 点的扩展模块，由 E8 ~ E40（8 点 ~ 40 点 I/O）系列组成。智能单元包括远程 I/O 单元、C - NET 网络单元、A/D 单元、D/A 单元。利用这些模块最多可将 I/O 点扩展到 152 点，同时还可以控制 4 路 A/D、4 路 D/A。

FPI 系列 PLC 有 C14、C16、C24、C40、C56、C72 等型号，它们的硬件结构、指令系统、性能指标、编程方式基本相同，本教材以 C24 控制单元为例进行讲解。如图 1-2 所示是 FPI—C24 控制单元面板。

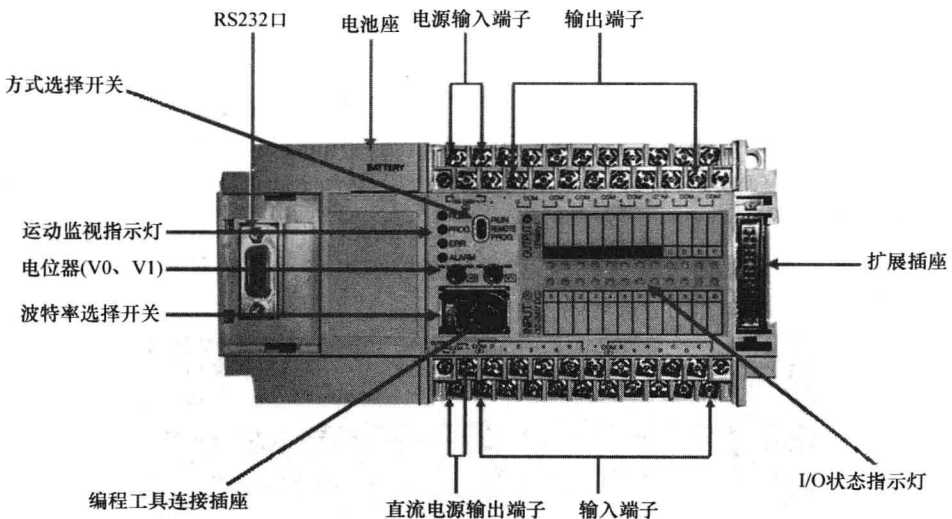


图 1-2 FPI—C24 控制单元面板

(1) RS232 口。只有 C24、C40、C56、C72 的 C 型机才配有（C 型机带 RS232 口及日历/时钟），利用该口能与 PC 机通信编程，也可连接其他有关外设（如 I. O. P 智能操作板、条形码判读器和串行打印机）。

(2) 存储器（EPROM）和主存储器（EEPROM）插座 该插座用来连接

EPROM 和 EEPROM。

(3) 备份电池座。当控制单元断电时，由蓄电池供电保持住有效信息，电池寿命一般为 3~6 年。

(4) 运行指示灯。“RUN”亮。程序正运行，当强制输入、输出（在“RUN”方式）时，该灯闪烁。

“PROG”亮。控制单元中止执行程序，可用手持编程器编程序。

“ERR”亮。发生自诊断错误。

“ALARM”亮。检测到异常情况或出现“Watchdog”定时故障。

(5) 工作方式选择开关。“RUN”方式，控制单元运行程序。

“ROMOTE”方式，可使用编程工具（FP 编程器 II 或 NPST—GR 软件）改变 PLC 的工作方式，为“RUN”或“PROG”。

“PROG”方式，可以进行编程序。若在“RUN”工作方式下编辑程序，则按出错对待，提示编程者将方式选择到“PROG”。

(6) 电源端子。FPI 型主机有交、直流两种电源形式，交流型接 100V~240V AC，直流型接 24VDC。

(7) 输出端子。C24 型主机有 8 个输出端，编号为 Y0—Y7。带“·”标记的端子不能作为输出端子使用。

(8) 可调输入电位器。调节电位器可以从外部向可编程序控制器的某些固定数据寄存器输入数值在 0~225 之间变化的模拟量，C24 以下型号为 2 个可调输入电位器（V0，V1），C40 以上型号为 4 个可调输入电位器（V0~V3）。

V0 DT9040

V1 DT9041

V2 DT9042

V3 DT9043

(9) 编程工具插座（RS422 口）。用此插座外接电缆连接编程工具（如 FP 编程器 II 或安装 NPST 软件的 PC 机）。

(10) 波特率选择开关。波特率即数据传送速率，也就是每秒传送多少位二进制数，用 b/s 表示。当 PLC 外接编程工具时；应根据不同的外设选定波特率，FP 编程器 II 型（AFPI114）选择 19200b/s 或 9600b/s。带 NPST—GR 软件的 PC 机选择 9600b/s。

(11) 输入端子。C24 型主机有 16 个输入端，输入电压范围为 12V~24V（DC）。

(12) I/O 状态指示灯。指示输入/输出的通断状态，当某个输入触点闭合时，对应于这个触点编号的输入指示发光二极管亮；当某个输出继电器接通时，对应这个输出继电器编号的输出指示发光二极管亮。

(13) 扩展插座。连接 FPI 扩展单元或智能单元（FPI 的 A/D、D/A 转换单

元) 及 FPI 的 I/O LINK 单元。

2. 内部寄存器及 I/O 配置

从工业控制器的角度来看 PLC 可把其内部存储器看成不同功能的继电器 (即软继电器), 由这些软继电器执行指令, 从而实现各种控制功能。

在 PLC 的 RAM 中除了存放用户编制的控制程序外, 其余部分可按功能分成 I/O 区, 内部辅助寄存器区和特殊寄存器及数据区, 每个区配置一定数量的寄存器单元并进行编号, 表 1-1 是 C24 PLC 的内部寄存器及 I/O 配置一览表, 其他见附录。

表 1-1 FPI PLC 的内部寄存器及 I/O 配置一览表

名称	功能说明	符号	编号 C24 C40
输入继电器	该继电器将外部开关信号送到 PLC	X (位)	208 点: X0 ~ X12F
		WX (字)	13 字: WX0 ~ WX12
输出继电器	该继电器将 PLC 执行程序的结果向外输出, 驱动外设电器动作	Y (位)	208 点: Y0 ~ Y12F
		WY (字)	13 字: WY0 ~ WY12
内部继电器	该继电器不能提供外部输出, 只能在 PLC 内部使用	R (位)	1008 点: R0 ~ R62F
		WR (字)	63 字: WR0 ~ WR62
特殊内部继电器	该继电器是有特殊用途的专用内部继电器, 用户不能占用, 也不能用于输出, 但可作为接点使用	R (位)	64 点: R9000 ~ R903F
		WR (字)	4 字: WR9000 ~ WR9003
定时器	该接点是定时器指令的输出	T (位)	100 点: T0 ~ T99
计数器	该接点是计数器指令的输出	C (位)	44 点: C100 ~ C143
定时器/计数器 设定值寄存器	该寄存器用来存储定时/计数器指令的预置值	SV (字)	144 字: SV0 ~ SV143
定时器/计数器 经过值寄存器	该寄存器用来存储定时/计数器指令的经过值	EV (字)	144 字: EV0 ~ EV143
数据寄存器	该寄存器用来存储 PLC 内处理的数据	DT (字)	1660 字: DT0 ~ DT1659
特殊数据 寄存器	该寄存器是有特殊用途的存储区	DT (字)	70 字: DT9000 ~ DT9069
索引寄存器	该寄存器用于存放地址和常数的修正值	IX (字)	一个字/每个单元, 无编号
		IY (字)	

(续表)

名称	功能说明	符号	编号 C24 C40
十进制常数寄存器	用于十进制常数	K	16 位常数 (字): K - 32768 ~ K32767
			32 位常数 (双字): K - 2147483648 ~ K2147483647
十六进制常数寄存器	用于十六进制常数	H	16 位常数 (字): H0 ~ HFFFF
			32 位常数 (双字): H0 ~ HFFFFFFF

3. 数据存储地址

PLC 将信息存储于不同的存储器单元，每个单元都有唯一的地址，允许用户程序直接存取信息。若要存取存储区的某一位，则必须指定地址，包括存储器标识符、字地址和位地址，如图 1-3 所示。松下 FPI—C24 提供了多种存储器数据类型。表 1-1 中 X、WX 和 Y、WY 均为输入/输出 (I/O) 区继电器，可直接与 I/O 端传递信息。X、Y 是按位寻址的，而 WX、WY 是按“字”（即 16 位）寻址，在编程时一定要注意有的指令只能对位寻址，有的指令只能对“字”寻址。

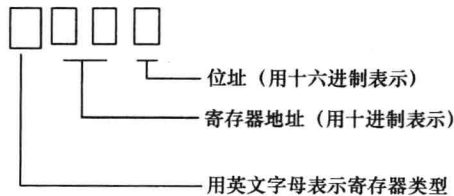


图 1-3 存储器单元地址

[例 1-1] X10F 即寄存器 WX10 字中的第 F 号位，如图 1-4 所示。X100 即寄存器 WX10 字中的第 0 号位地址（即第 10 号输入寄存器的第 0 号位）。

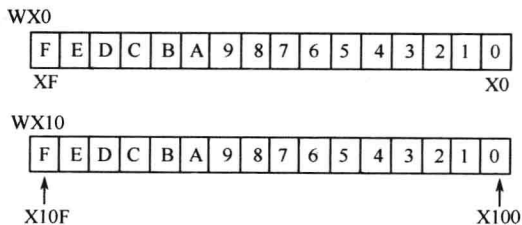


图 1-4 内部寄存器编号

注意：紧靠英文字母的数字可以是两位也可以是一位，甚至可以没有（字地址为 0 时可省略字地址数字，只给位地址），而最后的位地址数一定要有，且

一定是地址。如 X0、Y0。

二、可编程控制器的工作过程

1. 输入、输出的控制

PLC 的输入端直接接收来自操作台上的操作命令或来自被控对象的各种状态信息，产生输入控制信号送入可编程序控制器。常用的输入设备包括控制开关和传感器。控制开关可以是按钮开关、限位开关、行程开关、光电开关、继电器和接触器的触点等。传感器包括各种数字式和模拟式传感器，如光栅位移式传感器、磁尺、热电阻、热电偶等。

电磁接触器、发光二极管、指示灯、蜂鸣器和电磁阀等元器件作为输出设备与 PLC 的输出端相连。它们接收 PLC 的输出驱动信号，将 PLC 的输出控制信号转换为驱动被控对象工作的信号，这样就将程序和物理输入、输出点联系起来。

PLC 内部控制电路采用大规模集成电路制作的微处理器和存储器，执行按照被控对象的实际要求编制并存入程序存储器中的程序，完成控制任务。

2. PLC 的等效电路

PLC 的等效电路如图 1-5 所示。输入部分采集输入信号，输出部分就是系统的执行部分，这两部分与接触器 - 继电器控制系统相同。PLC 内部控制电路是由编程实现的逻辑电路，用软件编程代替继电器的功能。对于使用者来说，在编制应用程序时，可以不考虑微处理器和存储器的复杂构成及使用的计算机语言，而把 PLC 看成是内部由许多“软继电器”组成的控制器，用近似继电器控制线路图的编程语言进行编程。这样从功能上讲就可以把 PLC 的控制部分看作是由许多“软继电器”组成的等效电路，这些“软继电器”的线圈、常开接点、常闭接点一般用图 1-6 中的符号表示。

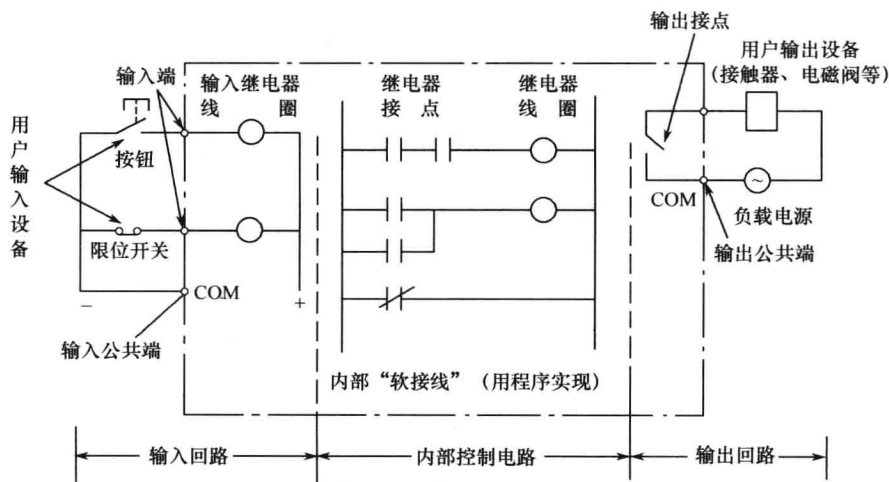


图 1-5 PLC 的等效电路



图 1-6 “软继电器”的线圈和接点

3. 工作模式

松下 FPI 系列 PLC 有两种工作模式：RUN（运行）和 PROG（编辑），可由主机面板 LED 显示。

这两种工作模式的切换，既能通过拨动 LED 旁边的工作方式选择开关来实现，也能通过单击与 PLC 通信连接的编程软件 FRWIN GR 界面上的按钮来完成。主机上的工作方式选择开关拨到“ROMOTE”方式，方可使用编程工具（FP 编程器 II 或 NPST—GR 软件）改变 PLC 的工作方式，为“RUN”或“PROG”。

编辑用户程序、设置 PLC 硬件功能和下载信息到 PLC 应在“PROG”模式下完成，而执行用户程序应在“RUN”模式下完成。若在“RUN”工作方式下编辑程序，则按出错对待，提示编程者将方式选择到“PROG”。

4. 扫描工作过程

PLC 采用循环扫描方式工作。CPU 扫描从第 0 号存储地址所存放的第一条用户程序开始，在无中断或跳转控制的情况下，按存储地址号递增的方向顺序逐条扫描用户程序，也就是顺序执行程序，直到程序结束，即完成一个扫描周期，然后再从头开始执行用户程序，并周而复始地重复。由于 CPU 的运算处理速度很高，使得从外观上看，用户程序似乎是同时执行的。

PLC 的工作过程如图 1-7 所示。当送电后 PLC 首先作内部处理、清除输入、输出状态寄存器中的内容，然后作自诊断，检测 CPU 及 I/O 组件状态，确认正常后，进行通信操作，完成各外接设备（编程器、打印机、扩展单元等）的通信连接，检查是否有中断请求，若有则做相应处理。当 PLC 处于 RUN 时，依次作循环扫描的 3 个阶段，即输入采样、程序执行和输出刷新。当 PLC 处于 STOP 时只作内部处理和通信操作。

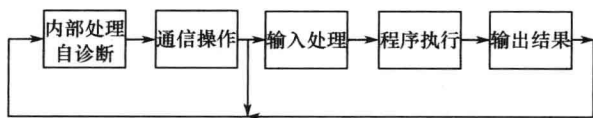


图 1-7 PLC 的工作过程

(1) 输入采样阶段。此时 CPU 扫描全部输入端口，顺序读取所有输入端口状态，并将其写入输入映像寄存器。此时输入映像寄存器被刷新，为程序执行阶段做好准备。当进入程序执行阶段后，若输入端发生变化，但变化后的状态信息不会进入输入映像寄存器，映像寄存器与输入端口隔离，只有在下一个扫描周期

的输入采样阶段端口信息才被读入。

(2) 程序执行阶段。按用户程序的先后 CPU 从第 1 条指令开始, 按先左后右, 先上后下的顺序逐条执行程序, 并从输入映像寄存器中获取有关数据, 并根据用户程序进行逻辑运算, 把运算结果存入对应的内部辅助寄存器和输出映像寄存器中, 当最后一条控制程序执行完毕后, 即转入输出刷新阶段。

(3) 输出刷新阶段。当所有指令都扫描处理完后, 将输出映像寄存器中所有输出继电器的状态信息转存到输出锁存器中, 刷新其内容, 然后通过隔离电路改变输出端子上的状态以驱动被控设备。

三、松下 FPI 系列可编程序控制器的安装与接线

1. 安装方法

在 PLC 各类单元底部均装有一对导轨安装杆, 使用底板上的 DIN 导轨安装杆, 可将 PLC 的控制单元、扩展单元、A/D 转换单元、D/A 转换单元和 I/O 链接单元安装在宽 35mm 的 DIN 导轨上。用 DIN 导轨安装如图 1-8 所示, 在安装时, 只需与导轨的槽对齐并向下推入, 在拆下时, 只需用一字型旋具向下轻撬安装杆即可。另外也可直接用机壳四角的安装孔, 用螺钉直接安装。

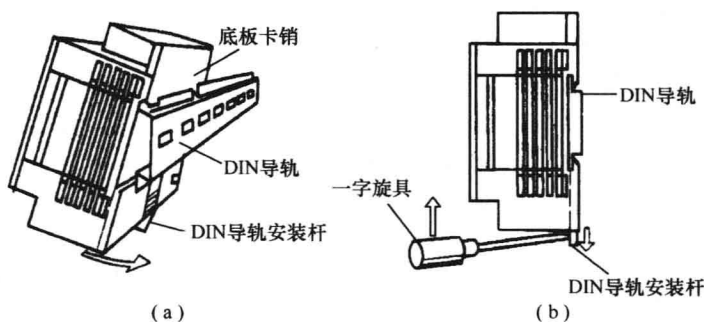


图 1-8 DIN 导轨装拆示意图

(a) 装上导轨; (b) 拆下导轨

2. 安装环境

虽然 PLC 适用于大多数工业现场, 但它对使用场合与环境也有一定的要求, 因此在安装时应注意以下事项:

(1) 环境温度在 $0 \sim 55^{\circ}\text{C}$ 范围内, 相对湿度小于 85%, 机体周围应具有较好的通风和散热条件;

(2) 周围没有易燃或腐蚀气体也不应有过多的粉尘和金属屑;

(3) 避免水的溅射, 避免阳光直射;

(4) 避免强烈的震动或冲击, 如不能避免则应采取减震措施;

(5) 应远离强干扰源, 尽量减小外界干扰。

3. PLC 的接线

(1) 输入端接线。输入装置可以是各种有触点的机械开关，也可以是无触点的电子开关。许多型号的 PLC 主机上配有供输入端使用的直流 24V 电源（如松下 FPI 系列），注意切勿将外接电源接到直流电源的端子上。如果该电源的输出功率不够，还可以在输入端使用外接电源。松下 FPI 系列 PLC 的输入端接线如图 1-9 所示。在接线中，输入线应尽可能远离输出线、高压线及用电设备。

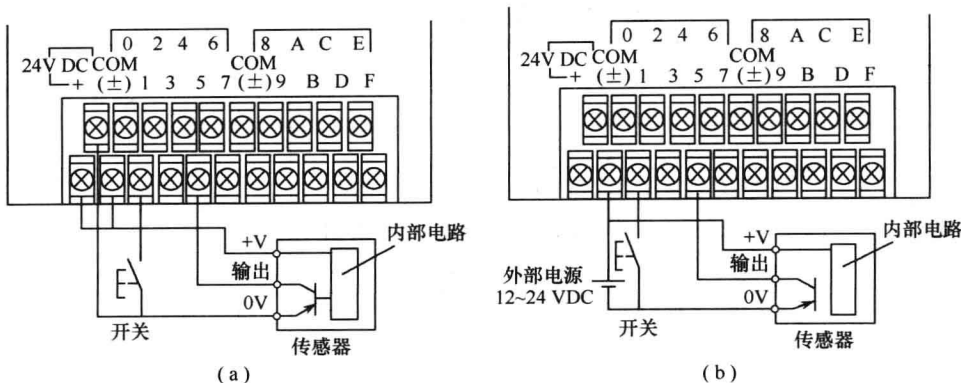


图 1-9 松下 FPI 系列 PLC 的输入端接线

(a) 使用机内提供的电源；(b) 使用外接直流电源

(2) 输出端接线。PLC 的输出端接线分为独立输出和公共输出两种，例如 FPI 系列的 C24、E24 及以上机型输出端的各接地（COM）端均是独立的，所以当负载使用不同的电源时，可采用独立的输出方式，如图 1-10 (a) 所示；而 C14、C16 型和 E8、E16 型扩展单元的输出端均没有独立的接地，各负载必须使用相同的电源，此时应将各“COM”端短接如图 1-10 (b) 所示。

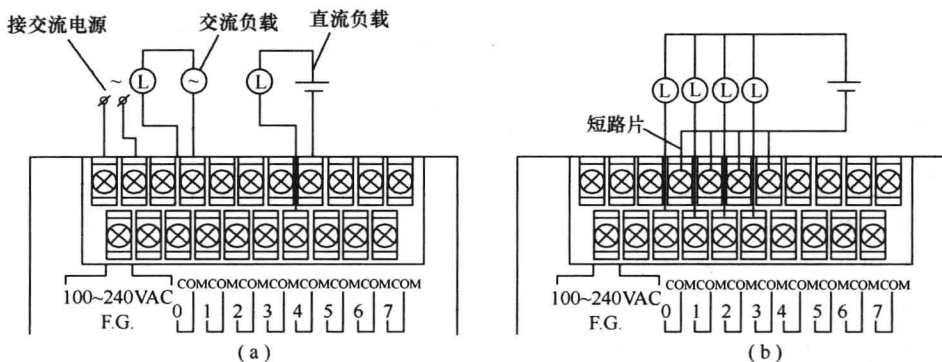


图 1-10 松下 FPI 系列 PLC 的输出端接线

(a) 独立输出；(b) 公共输出

4. 松下 FPI 系列编程软件的使用

编程软件是 PLC 控制系统不可缺少的重要工具，它用来给 PLC 编程、发命令和监视 PLC 的工作状态。要掌握 PLC 的应用和开发，必须学会编程软件的使用。松下 FPI 系列编程软件的使用方法具体请参考附录 1。

任务实施

一、设备、工具和材料准备（见表 1-2）

表 1-2 设备、工具和材料准备

序号	分类	名称	型号规格	数量	单位	备注	
1	工具	电工工具		1	套		
2	器材	数字万用表	V890 + 型	1	块		
3		可编程序控制器	FPI—C24 或 FPI—C72	1	台		
4		计算机	安装 FPI 编程软件 FPWIN GR	1	台		
5		直流稳压电源	24V	1	套		
6		安装绝缘板	600mm × 900mm	1	块		
7		导轨	C45	0.3	m		
8		组合开关	HZ10—25P/3 或自选	1	个		
9		熔断器	RL5—15	2	个		
10		按钮	LA4—3H	2	个		
11		彩色灯泡（带灯座）	220V、2W	3	个	黄、绿、红色	
12		端子	D—20	1	排		
13	消耗材料	多股软铜线	BVR1/1.13mm ²	15	m		
14		软线	BVR1/0.75mm ²	10	m		
15		紧固件	M4 × 20 螺钉		若干	只	
16			M4 × 12 螺钉		若干	只	
17			φ4 平垫圈		若干	只	
18			φ4 弹簧垫圈及 φ4 螺母		若干	只	
19		异型管		2	m		

二、操作步骤

1. PLC 控制系统的接线

根据图 1-11 所示的 PLC 控制灯光电路接线图进行外部接线，完成外部输入、输出信号的接线和供电部分的接线。

首先将按钮板上的按钮 SB1 和 SB2 分别连到 PLC 主机板模块上的输入端子 X0 和 X1，然后将模拟实验板上的红色、黄色和绿色照明灯连到主机输出点 Y0、

Y1 和 Y2。最后进行电源部分连接，将 PLC 主机上数字量输入公共端 COM 和直流 +24V 端相连；数字量输出公共端 COM 短接后连接到电源端。

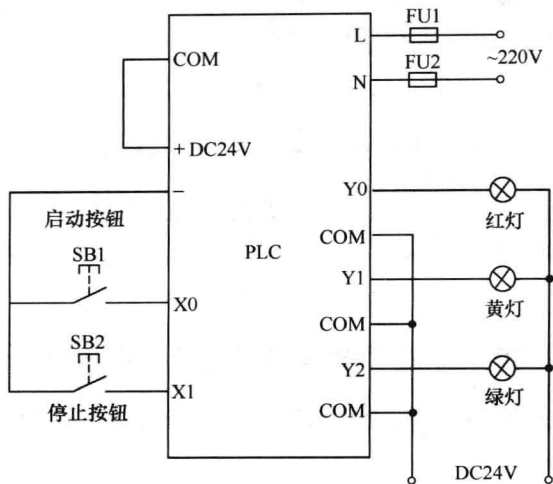


图 1-11 PLC 控制灯光电路接线图

2. 输入梯形图程序

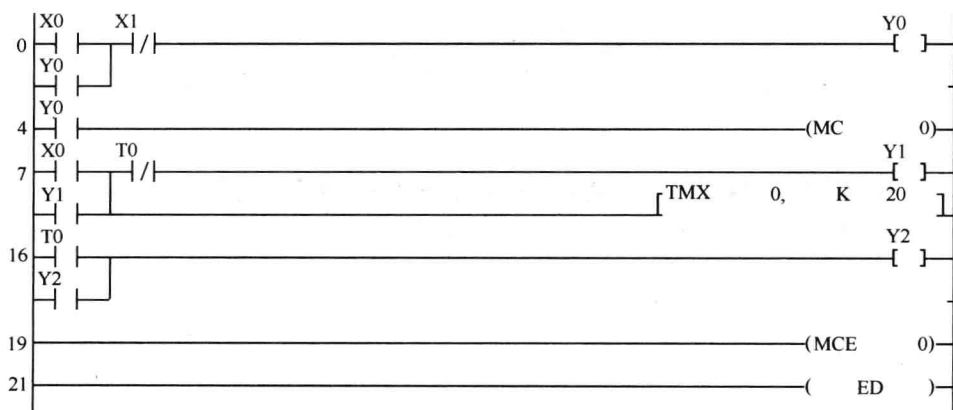


图 1-12 PLC 控制灯光电路梯形图

(1) 打开 FOWIN GR 编程软件，画面中将会出现启动菜单，如图 1-13 所示。

(2) 选择 [创建新文件]，画面中将会显示关于机型选择的对话框，请从中选择所使用的 PLC 机型 (FPI C24 或 C72)，并单击 OK 按钮，如图 1-14 所示。

(3) 显示 FPWIN GR 的初始画面：在 FPWIN GR 正常启动以后，将会出现如图 1-15 所示的初始画面。

(4) 使用功能键栏、输入栏、数字键栏和输入区段栏等操作，在程序窗口

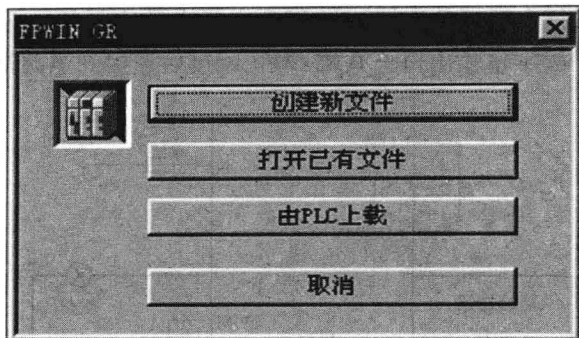


图 1-13 选择启动菜单

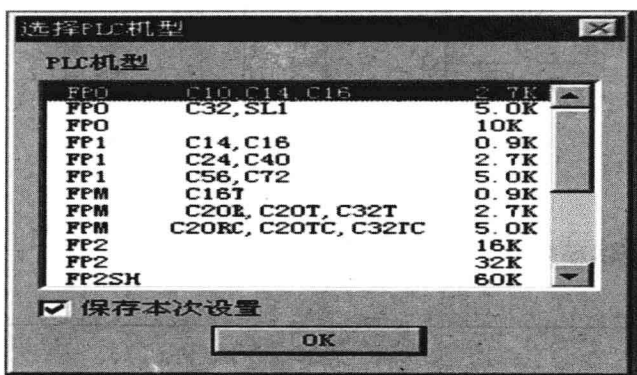


图 1-14 选择 PLC 机型

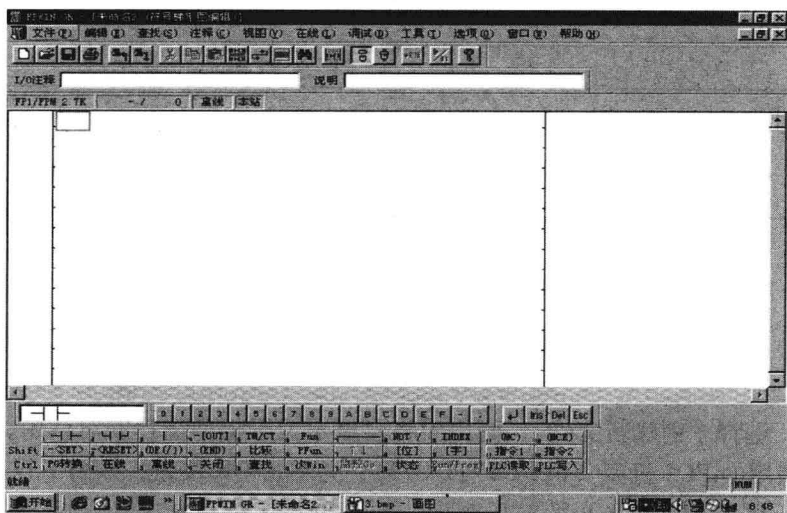


图 1-15 初始画面