

21世纪高职高专规划教材

电子信息
工学结合模式
系列教材

PLC技术及应用一体化教程 (西门子S7-200系列)

方凤玲 主编

清华大学出版社



PDG

电子信息
工学结合模式
系列教材

PLC技术及应用一体化教程 (西门子S7-200系列)

ISBN 978-7-302-24979-5



9 787302 249795 >

定价：27.00元

电子信息
工学结合模式
系列教材

21世纪高职高专规划教材

PLC技术及应用一体化教程 (西门子S7-200系列)

方凤玲 主编



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以楼梯灯控制、电动机控制、交通信号灯控制、液体混合装置控制、大小球分类传送控制、人行横道与车道灯控制、送料车控制、喷泉控制、天塔之光控制等典型 PLC 控制工作任务为依据,以西门子 S7-200 系列 PLC 为背景机,将教学内容分解在上述 9 个项目课程任务中,进行课程的开发与设计。本着先易后难、循序渐进的原则,本书重点突出实用性和适用性,做到在教学中实践、在实践中教学。每个项目之后附有“思考与练习”。

本书适合作为高职高专电气、机电一体化、自动化等专业的教材,也可作为从事 PLC 应用开发的工程技术人员培训教材或技术参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

PLC 技术及应用一体化教程(西门子 S7-200 系列)/方凤铃主编. —北京:清华大学出版社,2011.4

(21 世纪高职高专规划教材. 电子信息工学结合模式系列教材)

ISBN 978-7-302-24979-5

I. ①P… II. ①方… III. ①可编程序控制器—高等职业教育—教材 IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 040320 号

责任编辑:刘 青

责任校对:袁 芳

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:14.25 字 数:325 千字

版 次:2011 年 4 月第 1 版 印 次:2011 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:27.00 元

产品编号:038610-01

可编程序控制器(Programmable Controller, 通常称为 PLC)是一种以微处理器为基础,将传统的继电器—接触器控制技术、计算机技术、自动控制技术和通信技术融为一体而发展起来的新型自动控制装置。该装置具有性价比高、可靠性高、编程简单、使用方便、稳定性好和实时处理能力等优点。近年来随着计算机技术的发展,PLC 作为通用的工业控制计算机,其功能越来越完善,已经成为工业控制领域的主流控制设备,是现代工业自动化的三大支柱之一,是一种近乎完美的现代化自动控制装置。

随着 PLC 日益广泛的应用,其控制技术已经成为现代技术工人必须掌握的一门技术。目前各高职院校也相继开设了 PLC 的相关课程。该课程实践性很强,但现有的 PLC 教材在编写时一般按照基本原理、基本指令、基本应用、基本操作等分成各个独立的章节,显然难以适应职业工作的需要。这种传统的学科体系式教程与目前高职院校的培养目标和企业对高职学生的技能要求有很大差距。为此,编者以 S7-200 系列 PLC 为背景机,遵循学生的认知规律,打破传统的学科课程体系,坚持以就业为导向、以任务为引领、以生产实践为主线,采取项目化教学形式对 PLC 的知识与技能进行重新建构,围绕 9 个典型的项目来介绍 PLC 的基本知识与应用技能,突出技能的培养和职业习惯的养成,力求做到够用、实用、学做合一、理论与实践一体化,力争做到通俗、简明、易懂。

学生通过本书可以了解 PLC 的结构和工作原理,学习 PLC 的 I/O 接口、继电器和各种功能单元、扩展功能模块结构,掌握 PLC 基本指令和应用程序设计方法、施工规范及要求等课程知识,培养学生根据企业现场工艺要求,编制相应控制工艺流程图、设计元件地址表以及编写梯形图的能力,同时具备 PLC 电气安装及相关辅助设备的施工调试、故障检测及维修、维护能力。

本书以真实工作任务为依据,推行项目引导、任务驱动,整合序化教学内容。真实的工作任务来源于企业实际及日常生活。本书针对 PLC 技术应用实践,设计了以下工程实例项目:楼梯灯控制、电动机控制、交通信号灯控制、液体混合装置控制、大小球分类传送控制、人行横道与车道灯控制、送料车控制、喷泉控制、天塔之光控制等。本书将课程知

识点先易后难、循序渐进地贯穿起来,建立教、学、做结合的教学模式,体现在教学中实践、在实践中教学的组织原则,从而达到使学生拥有相应岗位工作能力、职业素养和创新意识等岗位职业能力培养的目的。每个项目后附有“思考与练习”。

本书由方凤玲主编,参加编写、调试工作的还有卓书芳、李飞灿、林章振、马孝荣、朱鹏等。本书的顺利出版要感谢福建信息职业技术学院机电工程系的领导以及 PLC 教学改革小组成员给予的大力支持和帮助,他们对本书提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,敬请读者提出宝贵意见。

作 者

2010 年 10 月

方凤玲
卓书芳
李飞灿
林章振
马孝荣
朱鹏

PDG

CONTENTS

目 录

项目一 楼梯灯控制	1
1.1 认识西门子 PLC	2
1.1.1 中央处理单元 CPU	3
1.1.2 存储系统及存储器卡	4
1.1.3 输入/输出单元、输入/输出扩展接口、 输入/输出端子	4
1.1.4 电源	8
1.1.5 工作模式选择开关及状态显示	10
1.1.6 模拟电位器	11
1.1.7 扩展 I/O 连接器	11
1.1.8 通信口	12
1.2 PLC 控制系统常见输入/输出设备	13
1.2.1 按钮	13
1.2.2 行程开关	14
1.2.3 热继电器	15
1.2.4 低压断路器	15
1.2.5 交流接触器	17
1.3 读系统线路图	18
1.3.1 确定输入/输出点(I/O 分配)	18
1.3.2 PLC 的接线图	18
1.4 控制系统的调试与运行	19
1.5 拓展与提高	19
1.5.1 PLC 的产生与发展	19
1.5.2 PLC 的特点和主要功能	20
思考与练习	22
项目二 电动机控制	23
2.1 三相异步电动机单向运转控制	23
2.1.1 PLC 的软件系统	24

2.1.2 PLC 的编程语言	24
2.1.3 PLC 的软元件	28
2.1.4 PLC 的工作过程	33
2.1.5 分析控制要求并确定输入/输出设备	36
2.1.6 I/O 点分配	36
2.1.7 系统接线图	36
2.1.8 基本逻辑指令的使用	37
2.1.9 编程软件的使用	40
2.1.10 控制系统的调试和运行	58
2.1.11 拓展与提高	59
思考与练习	67
2.2 三相异步电动机可逆运转控制	68
2.2.1 分析控制要求并确定输入/输出设备	69
2.2.2 I/O 点分配	69
2.2.3 系统接线图	69
2.2.4 系统梯形图设计	70
2.2.5 编程软件监控功能的使用	70
2.2.6 控制系统的调试和运行	78
2.2.7 拓展与提高	79
思考与练习	84
2.3 三相异步电动机星角减压启动控制	85
2.3.1 定时器指令	86
2.3.2 分析控制要求并确定输入/输出设备	94
2.3.3 I/O 点分配	94
2.3.4 系统接线图	95
2.3.5 系统梯形图设计	95
2.3.6 控制系统的调试运行	97
2.3.7 拓展与提高	97
思考与练习	99
项目三 交通信号灯控制	100
3.1 计数器指令	101
3.2 分析控制要求并确定输入/输出设备	105
3.3 I/O 点分配	106
3.4 系统接线图	106
3.5 系统梯形图设计	107
3.6 控制系统的调试运行	109
3.7 拓展与提高	110

思考与练习	114
项目四 液体混合装置控制	115
4.1 步进顺序控制指令	116
4.2 分析控制要求并确定输入/输出设备	119
4.3 I/O 点分配	120
4.4 系统接线图	120
4.5 系统梯形图设计	121
4.6 控制系统的调试和运行	124
4.7 拓展与提高	125
思考与练习	129
项目五 大小球分类传送控制	130
5.1 选择分支及编程方法	131
5.2 分析控制要求并确定输入/输出设备	134
5.3 I/O 点分配	135
5.4 系统接线图	136
5.5 系统梯形图设计	136
5.6 控制系统的调试和运行	141
5.7 拓展与提高	142
思考与练习	150
项目六 人行横道与车道灯控制	151
6.1 并行分支及编程方法	152
6.2 分析控制要求并确定输入/输出设备	156
6.3 I/O 点分配	157
6.4 系统接线图	157
6.5 系统梯形图设计	158
6.6 控制系统调试和运行	162
6.7 拓展与提高	163
思考与练习	166
项目七 送料车控制	168
7.1 程序控制类指令	169
7.1.1 循环、跳转指令	169
7.1.2 子程序调用及子程序返回指令	172
7.2 分析控制要求并确定输入/输出设备	176
7.3 I/O 点分配	177

7.4 系统接线图	177
7.5 系统梯形图设计	178
7.6 控制系统的调试和运行	181
7.7 拓展与提高	182
思考与练习	187
项目八 喷泉控制	188
8.1 中断指令	189
8.2 分析控制要求并确定输入/输出设备	194
8.3 I/O 点分配	194
8.4 系统接线图	195
8.5 系统梯形图设计	195
8.6 控制系统的调试和运行	195
8.7 拓展与提高	196
思考与练习	202
项目九 天塔之光控制	203
9.1 移位指令	204
9.1.1 左移和右移指令	204
9.1.2 循环左、右移位指令	205
9.1.3 寄存器移位	207
9.2 分析控制要求并确定输入/输出设备	209
9.3 I/O 点分配	209
9.4 系统接线图	209
9.5 系统梯形图设计	210
9.6 控制系统的调试和运行	210
9.7 拓展与提高	211
思考与练习	216
参考文献	217

楼梯灯控制

【学习目标】

- (1) 熟练掌握 PLC 的基本概念、基本组成,了解 PLC 的发展历程和应用情况。
- (2) 了解西门子不同系列 PLC 的基本特点、S7-200 系列 PLC 的型号、外围设备、外部端子的功能及连接方法。
- (3) 学会识读 PLC 控制系统线路图(即认识 I/O 分配表、控制系统接线图),能独立完成楼梯灯控制系统硬件电路的连接与检测,从而了解 PLC 技术应用的一般方法。

【设备和器件】

项目所需要实训设备和器件见表 1-1。

表 1-1 实训设备和器件明细表

名 称	型号或规格	数 量
XK-PLC2 型可编程序控制器实训装置	S7-226-CN	一台
计算机	带西门子编程软件、PLC 通信电缆	一台
跨接线		若干

【内容及要求】

本项目的任务是安装楼梯灯控制系统的硬件电路。楼梯灯控制系统示意图如图 1-1 所示。

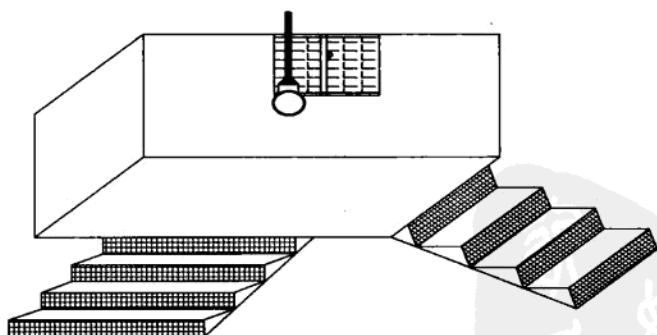


图 1-1 楼梯灯控制系统示意图

楼梯灯控制系统控制要求如下:按下“启动”按钮 SB_1 ,楼梯灯亮,松开按钮,灯继续亮;再按下“停止”按钮 SB_2 ,楼梯灯灭。

【学习过程】

本次任务的学习过程如图 1-2 所示。

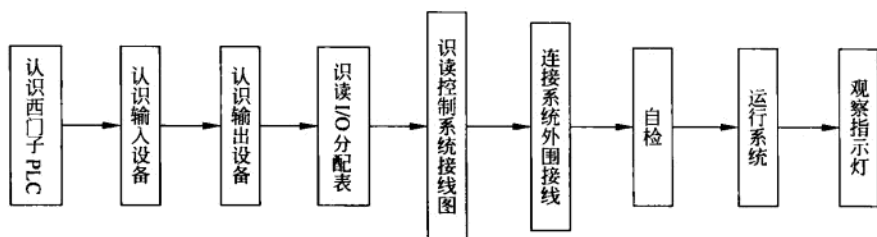


图 1-2 楼梯灯的控制学习过程

微型计算机的硬件系统主要由主机、输入设备和输出设备组成。与之相同,PLC 控制系统除了要有起运算控制作用的“大脑”——PLC 外,还需要向 PLC 提供输入信号的输入设备和接收、执行 PLC 输出信号的输出设备。认识这 3 部分硬件设备并将其正确连接起来是构建 PLC 控制系统的第一步。

1.1 认识西门子 PLC

可编程序控制器(PLC)专为工业场合设计,采用了典型的计算机结构,其构成框图和计算机是一样的,主要是由中央处理器 CPU、电源、存储器和专门设计的输入/输出接口电路等组成。因此,从硬件结构来说,可编程序控制器实际上就是计算机,图 1-3 是其硬件系统的简化框图。从图中可以看出 PLC 内部主要部件有中央处理单元(Central Process Unit,CPU)、存储器、I/O 单元及 I/O 扩展接口(即输入/输出组件)、编程器、外部设备与外设接口、电源。

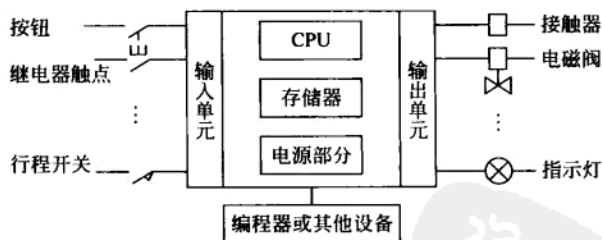


图 1-3 PLC 的硬件组成框图

S7 系列 PLC 是德国西门子公司生产的可编程序控制器,它分为 S7-400、S7-300、S7-200 共 3 个系列,分别为 S7 系列的大、中、小型可编程序控制器系统。S7-200 系列可编程序控制器有 CPU 21X 系列、CPU 22X 系列。其中,CPU 22X 型可编程序控制器提供了 4 个不同的基本型号,常见的有 CPU 221、CPU 222、CPU 224 和 CPU 226 四种基本型号。其中,CPU 226 是功能最强的单元,可完全满足一些中小型复杂控制系统的要求。

本书选用 CPU 226-CN 进行演示。

CPU 226-CN 型 PLC 系统基本构成如图 1-4 所示。

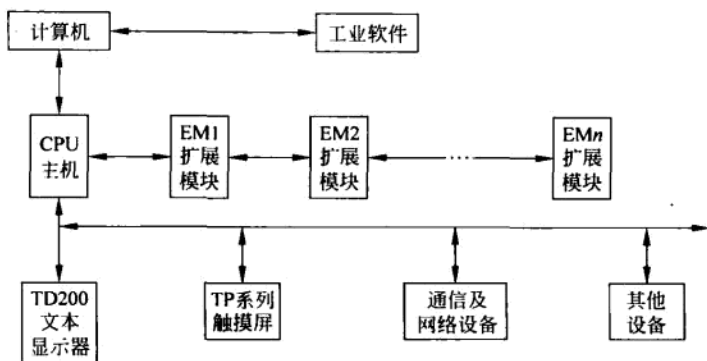


图 1-4 CPU 226-CN 型 PLC 系统组成

CPU 226-CN 型 PLC 主机(CPU 模块)的外形如图 1-5 所示。

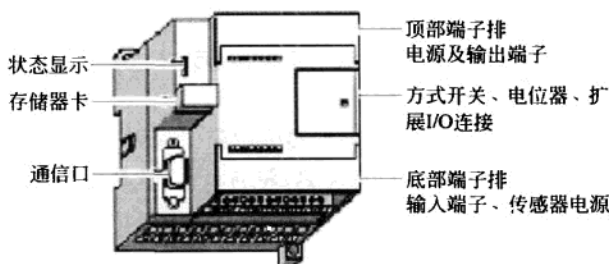


图 1-5 CPU 226-CN 型 PLC 主机外形

S7-200 系列 PLC 的 CPU、存储器、输入、输出、电源模块均装设在一个基本单元的机壳内,是典型的整体式结构。当系统需要扩展时,选用需要的扩展模块与基本单元连接。CPU 226 主机箱体的外部设有 RS-485 通信接口,用以连接编程器(手持式或 PC)、文本/图形显示器、PLC 网络等外部设备;还设有工作方式开关、模拟电位器、I/O 扩展接口、工作状态指示和用户程序存储卡、I/O 接线端子排及发光指示等。

1.1.1 中央处理单元 CPU

中央处理单元 CPU 是 PLC 的核心组成部分,与通用微机的 CPU 一样,一般由控制器、运算器和寄存器组成,这些电路都集成在一个芯片上。它在 PLC 系统中的作用类似于人体的神经中枢,故称为“电脑”。

① CPU 按 PLC 中系统程序赋予的功能,接收并存储从编程器输入的用户程序和数据(即从存储器中读取指令)。

② CPU 用扫描方式接收现场输入装置的状态式数据,并存入映像寄存器或数据寄存器中。

③ CPU 诊断电源、PLC 内部电路的工作状态和编程过程中的语法错误。

④ CPU 在 PLC 进入运行状态后,从存储器中逐条读取用户程序,经过命令解释后按指令规定的任务产生相应的信号,去启/闭有关控制门电路。分时分渠道地去执行数据的存取、传送、组合、比较和变换等操作,完成用户程序中规定的逻辑式算术运算等任务。根据运算结果,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式数据寄存器的有关内容,实现输出控制、制表、打印式数据通信等(即执行指令、顺序取指令、处理中断)。

1.1.2 存储系统及存储器卡

可编程序控制器的存储器由只读存储器 ROM、随机存储器 RAM 和可电擦写的存储器 EEPROM 三大部分构成,主要用于存放系统程序、用户程序及工作数据。

1. 存储系统

S7-200 CPU 的存储系统由 RAM 和 EEPROM 这两种存储器构成,用以存储用户程序、CPU 组态(配置)及程序数据等。

当执行程序下载操作时,用户程序、CPU 组态(配置)及程序数据等由编程器送入 RAM 存储区,并自动复制到 EEPROM,永久保存。

系统掉电时,会自动将 RAM 中 M 存储器的内容保存到 EEPROM 存储器。

通电恢复时,用户程序及 CPU 组态(配置)将自动从 EEPROM 的永久保存区装载到 RAM 中,如果 VM 存储区内容丢失,则 EEPROM 永久保存区的数据会复制到 RAM 中去。

执行 PLC 的上载操作时,RAM 区的用户程序、CPU 组态(配置)将上载到个人计算机(PC)中,RAM 和 EEPROM 中的数据块合并后也会上载到 PC 中。

2. 存储卡

该卡位可以选择安装扩展卡。扩展卡有 EEPROM 存储卡,电池和时钟卡等模块。如用户数据(如标志位状态、数据块、定时器、计数器)可通过内部的超级电容存储大约 5 天,但是如果选用电池模块,则能延长存储时间到 200 天(10 年寿命)。存储卡用于用户程序的复制。在 PLC 通电后插此卡,通过操作可将 PLC 中的程序装载到存储卡。当卡已经插在基本单元上,PLC 通电后不需任何操作,卡上的用户程序数据会自动复制到 PLC 中。利用这一功能,可对无数台实现同样控制功能的 CPU 22X 系列进行程序写入。

1.1.3 输入/输出单元、输入/输出扩展接口、输入/输出端子

I/O 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 能接受的信号,或将 CPU 的输出信号变成需要的控制信号去驱动控制对象(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。PLC 输出有 3 种形式: 继电器方式、晶体管方式和晶闸管方式。

1. I/O 单元

PLC 内部输入电路作用是将 PLC 外部电路(如行程开关、按钮、传感器等)提供的符合 PLC 输入电路要求的电压信号, 通过光电耦合电路送至 PLC 内部电路。输入电路通常以光电隔离和阻容滤波的方式提高抗干扰能力, 输入响应时间一般在 $0.1 \sim 15\text{ms}$ 之间。根据输入信号形式的不同, 可分为模拟量 I/O 单元和数字量 I/O 单元两大类。根据输入单元形式的不同, 可分为基本 I/O 单元和扩展 I/O 单元两大类。

2. I/O 扩展接口

可编程控制器利用 I/O 扩展接口使 I/O 扩展单元与 PLC 的基本单元实现连接, 当基本 I/O 单元的输入或输出点数不够使用时, 可以用 I/O 扩展单元来扩充开关量 I/O 点数和增加模拟量的 I/O 端子。

3. 输入/输出接口电路

输入/输出接口电路实际上是 PLC 与被控对象间传递输入/输出信号的接口部件。输入/输出接口电路要有良好的电隔离和滤波作用。

(1) 输入接口电路

由于生产过程中使用的各种开关、按钮、传感器等输入器件直接接到 PLC 输入电路上, 为防止由于触点抖动或干扰脉冲引起错误的输入信号, 输入接口电路必须有很强的抗干扰能力。

如图 1-6 所示, 输入接口电路提高抗干扰能力的方法主要有以下两种。

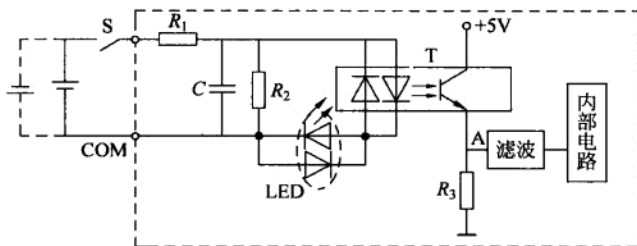


图 1-6 输入接口电路

利用光电耦合器提高抗干扰能力。光电耦合器工作原理: 发光二极管有驱动电流流过时, 导通发光, 光敏三极管接收到光线, 由截止变为导通, 将输入信号送入 PLC 内部。光电耦合器中的发光二极管是电流驱动元件, 要有足够的能量才能驱动。而干扰信号虽然有的电压值很高, 但能量较小, 不能使发光二极管导通发光, 所以不能进入 PLC 内, 实现了电隔离。

利用滤波电路提高抗干扰能力。最常用的滤波电路是电阻电容滤波, 如图 1-6 中的 R_1 和 C 组成的滤波电路。

图 1-6 中, S 为输入开关, 当 S 闭合时, LED 点亮, 显示输入开关 S 处于接通状态。光电耦合器导通, 将高电平经滤波器送到 PLC 内部电路中。当 CPU 在循环的输入阶段锁入该信号时, 将该输入点对应的映像寄存器状态置 1; 当 S 断开时, 则对应的映像寄存器状态置 0。

根据常用输入电路电压类型及电路形式不同, 可以分为干接点式、直流输入式和交流输入式。输入电路的电源可由外部提供, 有的也可由 PLC 内部提供。

(2) 输出接口电路

根据驱动负载元件不同可将输出接口电路分为以下 3 种。

① 小型继电器输出形式。如图 1-7 所示, 这种输出形式既可驱动交流负载, 又可驱动直流负载。它的优点是适用电压范围比较宽, 导通压降小, 承受瞬时过电压和过电流的能力强; 缺点是动作速度较慢, 动作次数(寿命)有一定的限制。建议在输出量变化不频繁时优先选用。

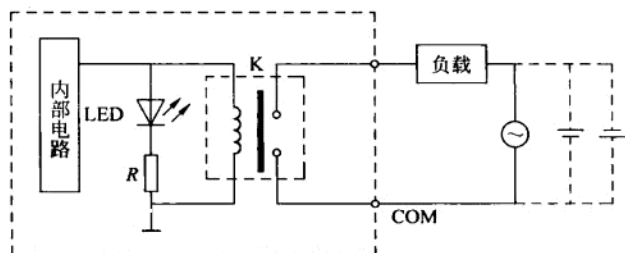


图 1-7 继电器输出接口电路

图 1-7 所示电路的工作原理: 当内部电路的状态为 1 时, 使继电器 K 的线圈得电, 产生电磁吸力, 触点闭合, 则负载得电, 同时点亮 LED, 表示该路输出点有输出。当内部电路的状态为 0 时, 使继电器 K 的线圈无电流, 触点断开, 则负载断电, 同时 LED 熄灭, 表示该路输出点无输出。

② 大功率晶体管或场效应管输出形式。如图 1-8 所示, 这种输出形式只可驱动直流负载。它的优点是可靠性强、执行速度快、寿命长; 缺点是过载能力差。适合在直流供电、输出量变化快的场合选用。

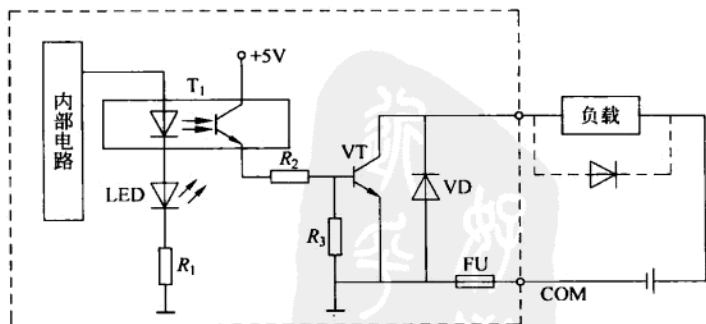


图 1-8 晶体管输出接口电路

图 1-8 所示电路工作原理：当内部电路的状态为 1 时，光电耦合器 T_1 导通，使大功率晶体管 VT 饱和导通，则负载得电，同时点亮 LED，表示该路输出点有输出。当内部电路的状态为 0 时，光电耦合器 T_1 断开，大功率晶体管 VT 截止，则负载失电，LED 熄灭，表示该路输出点无输出。当负载为电感性负载，VT 关断时会产生较高的反电势，VD 的作用是为其提供放电回路，避免 VT 承受过电压。

③ 双向晶闸管输出形式。如图 1-9 所示，这种输出形式适合驱动交流负载。由于双向晶闸管和大功率晶体管同属于半导体材料元件，所以优缺点与大功率晶体管或场效应管输出形式相似，适合在交流供电、输出量变化快的场合选用。

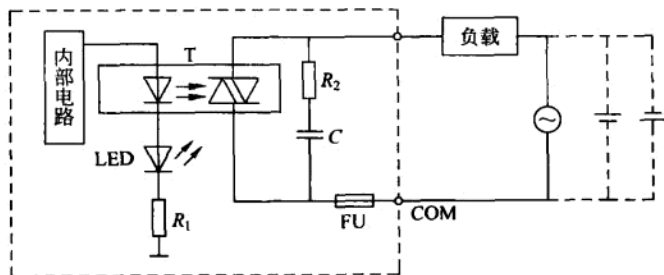


图 1-9 双向晶闸管输出接口电路

图 1-9 所示电路的工作原理：当内部电路的状态为 1 时，发光二极管导通发光，相当于双向晶闸管施加了触发信号，无论外接电源极性如何，双向晶闸管 T 均导通，负载得电，同时输出指示灯 LED 点亮，表示该输出点接通；当对应 T 的内部继电器的状态为 0 时，双向晶闸管施加了触发信号，双向晶闸管关断，此时 LED 不亮，负载失电。

4. 输入/输出端子

如图 1-10 所示，PLC 的上侧端子为输出端子，下侧端子为输入端子。

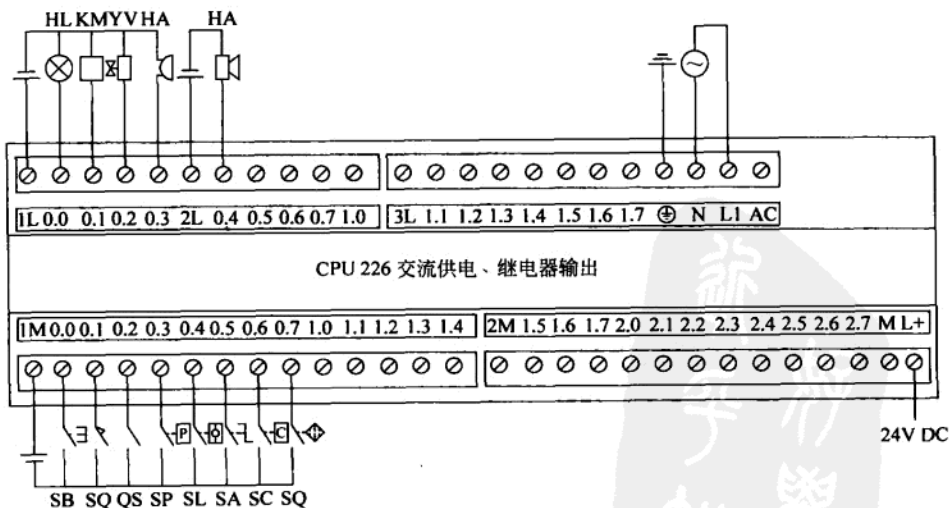


图 1-10 S7-226-CN 型 PLC 的面板示意图