



21世纪高等学校规划教材

Kebiancheng Kongzhiqu
Shixun Jiaocheng

可编程控制器 实训教程

主 编 秦 健 孙艳波



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



21 世纪高等学校规划教材

可编程控制器实训教程

主编 秦 健 孙艳波

参编 魏春光 王 玮 乔玉新

北京邮电大学出版社

• 北京 •

内容简介

本书以实验实训设备为依托,介绍了西门子 S7-200 和 DMRON CPM1A 系列 PLC 的基本知识和编程软件的使用方法;介绍了编制梯形图的一整套先进完整的设计方法,在内容上努力做到“授人以渔”,重在传授方法,侧重实践操作。理论知识以够用为度,编写程序以基础指令为主,方便日后在不同流派的机型中进行移植。技能实践方面以培养掌握复杂操作、新技术操作的技能和增强分析、判断、排除各种实际故障的能力为重点。

本书可作为高等院校的电类和机电一体化专业的教材,也可作为参考书供工程技术人员自学使用。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器实训教程/秦健,孙艳波主编. -- 北京:邮电大学出版社,2011.8

ISBN 978-7-5635-2661-1

I. ①可… II. ①秦… ②孙… III. ①可编程序控制器—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 126086 号

书 名	可编程控制器实训教程
主 编	秦 健 孙艳波
责任编辑	韩 霞
出版发行	北京邮电大学出版社
社 址	北京市海淀区西土城路 10 号(100876)
电话传真	010-82333010 62282185(发行部) 010-82333009 62283578(传真)
电子信箱	ctrd@buptopress.com
经 销	各地新华书店
印 刷	北京市梦宇印务有限公司
开 本	787 mm×960 mm 1/16
印 张	11
字 数	187 千字
版 次	2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2661-1

定价: 22.00 元

如有质量问题请与发行部联系

版权所有 侵权必究

总 序

为适应教学改革的需要,切实加强内涵建设,增强应用型人才培养的针对性,确保使用的教材符合学生实际的需要,学校决定启动“名书”工程,由具有高级职称、从事教学工作多年、有丰富教学经验、教学效果好的教师担任主编,出版一批自编教材,从而带动学校的教材建设,进一步提高教育教学质量。

该教材具有如下特点:一是教材定位创新。教材定位的目标为“新颖、实用、全面、精确”,主要以学习知识为基础,创新人才培养模式为前提,培养能力为目的,提高综合素质为保证。二是教材内容创新。教材内容注重紧密结合社会实际需求,重点突出技能、技巧和方法的练习,突出内容的创新性及实践指导性。三是教材体系创新。打破传统教材的老模式,建立理论与实践相结合的新体系:“一条主线”(基本素质和应用能力培养)、“两个重点”(理论体系和实践体系)、“三大结构”(知识、能力和素质)。

该教材符合学校教学改革的总体精神,反映和体现了学校在教学改革中取得的最新成果,具有较强的教学实用性,按照培养应用型人才的要求合理取材,简明易懂,深入浅出,有启发性,学生能够比较轻松地掌握较深的专业理论知识。在夯实学生理论基础的同时,注重培养学生的创新思维,有意识地培养学生分析问题和解决问题的能力。

敬请广大读者提出宝贵意见!

烟台南山学院
2011 年 5 月

前 言

“可编程控制器应用技术”是一门实践性很强的学科,实践环节至关重要,只有通过实际训练项目,进行实际操作,才能学通学透可编程控制器技术。因此,必须重视和加强实践环节,使理论教学密切联系实践,在实践中培养学生的实际操作能力。为了满足实践教学的需要,提高实践教学质量,给学生创造一个理想的实践条件,我们编写了这本《可编程控制器实训教程》。

本书的编写思想主要从四个方面出发:一是力求所有实训项目能满足企业生产的实际需要;二是力求所有实训项目能反映新技术的应用;三是力求所有实训项目能体现自动化类、机电类的实际工作经验和技能水平,且具有一定的广度和深度;四是力求所有实训项目具有很强的可操作性,都能在实训(或实验)室里完成,便于进行培训与考核。

本书的所有项目均以我院的实验实训设备为依托,根据不同的专业需要,设置了技能训练项目与工程训练项目,可以选取不同的项目作为实训内容。

本书在内容上努力做到“授人以渔”,重在传授方法,侧重实践操作。理论知识以够用为度,编写程序以基础指令为主,方便日后在不同流派的机型中进行移植。技能实践方面以培养掌握复杂操作和新技术操作的技能和增强分析、判断、排除各种实际故障的能力为重点。本书文字叙述尽量做到深入浅出,通俗易懂,且图文并茂,可以帮助读者自学。

本书由秦健、孙艳波主编。项目一由孙艳波编写,项目二由乔玉新编写,项目三到项目五由秦健、王玮编写,项目六由魏春光编写,全书由秦健统稿,乔玉新排版、制图。本书可与其他有关“可编程控制器”内容的书籍配套使用,也可独立使用。

海军航空学院的刘陵顺教授审阅了本书,提出了很多宝贵意见,谨在此表示衷心的感谢。

因水平有限,不足之处在所难免,欢迎各位读者提出宝贵意见和建议,编者会根据教学的需要和反馈意见及时对本书进行修订或重编。

编 者

目 录

项目一 PLC 硬件认识	1
1.1 基本知识	2
1.1.1 PLC 的定义	2
1.1.2 PLC 的发展趋势	2
1.1.3 PLC 的主要特点	2
1.1.4 PLC 的基本组成	2
1.1.5 PLC 硬件电路设计	8
1.1.6 PLC 控制系统的安装、调试及维护	11
1.2 技能训练	13
1.2.1 技能训练要求	13
1.2.2 技能训练内容	13
1.2.3 技能训练使用的设备、工具、材料	13
1.2.4 技能训练步骤	13
1.2.5 技能评分标准	14
项目二 PLC 编程软件介绍	15
2.1 OMRON CPM1A 的继电器区及数据区	15
2.1.1 内部继电器区	15
2.1.2 常用的特殊辅助继电器	16
2.1.3 暂存继电器 TR	16
2.1.4 保持继电器 HR	16
2.1.5 辅助记忆继电器 AR	16
2.1.6 链接继电器 LR	17
2.1.7 定时器 T 和计数器 C	17

2.1.8	数据存储器 DM	17
2.2	基本指令	17
2.3	基本编程规则和编程方法	18
2.3.1	梯形图编程语言	18
2.3.2	语句表编程语言	20
2.3.3	基本编程规则	20
2.3.4	基本编程方法	21
2.3.5	基本电路	23
2.3.6	技能训练	24
2.4	编程软件	26
2.4.1	CX-P 简介	26
2.4.2	CX-P 的使用	28
2.4.3	CX-P 视图	38
2.4.4	在 CX-P 中使用 Microsoft Windows 的特性	44
2.4.5	其他常用的操作	45
2.5	CX-P 编程	49
2.5.1	生成符号和地址	50
2.5.2	程序编辑	52
2.5.3	程序的编译	57
2.5.4	在线工作	58
2.6	西门子 S7-200 基本知识	61
2.6.1	软元件介绍	61
2.6.2	数据类型	63
2.6.3	直接寻址与间接寻址	63
2.6.4	S7-200 系列 PLC 的基本指令	64
2.7	STEP7-Micro/WIN32 编程软件介绍	67
2.7.1	软件安装	68
2.7.2	STEP7-Micro/WIN32 的主要功能	69
2.7.3	STEP7-Micro/WIN32 编程软件的使用	73
2.7.4	程序的调试及监控	80
2.7.5	S7-200 常见的出错代码	82



项目三 设计方法	86
3.1 逻辑设计法	86
3.2 时序图设计法	91
3.3 顺序控制设计法	95
3.3.1 顺序控制的几个基本概念	95
3.3.2 顺序功能图的组成	95
3.3.3 顺序功能图的基本结构及编程方法	96
项目四 模拟量编程训练	118
项目五 脉冲量编程训练	126
项目六 PLC、变频器综合设计应用	135
附录 A	145
附录 B	157
参考文献	166

项目一 PLC 硬件认识

【教学目的】

- (1) 了解 PLC 的硬件组成。
- (2) 认识 PLC 外部接线端子的功能及连接方法。
- (3) 认识 PLC 控制系统的组成。
- (4) 掌握 PLC 技术应用的一般步骤。

【任务分析】

可编程控制器控制系统包括硬件和软件两大部分。硬件部分由输入接口、电源、CPU、存储器、输出接口、外设接口组成。外部输入设备与 PLC 输入点相连,外部输出设备与 PLC 输出点相连,构成了 PLC 控制系统的硬件系统,如图 1-1 所示。软件部分通过 PLC 指令系统构成 PLC 可接受的程序。

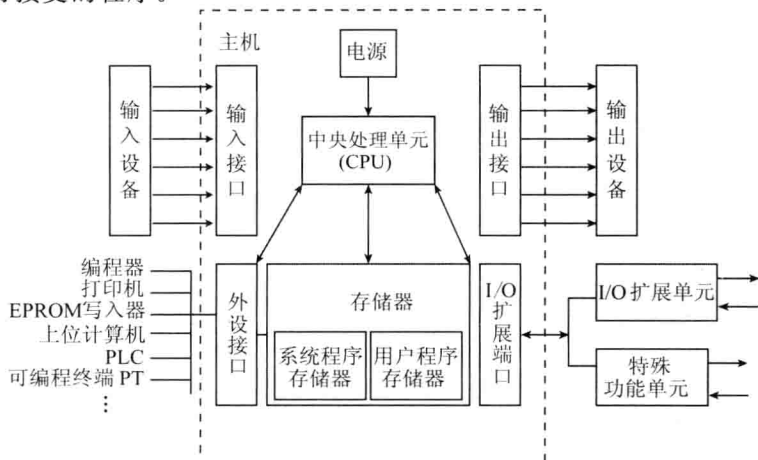


图 1-1 可编程控制器的基本组成

1.1 基本知识

1.1.1 PLC 的定义

PLC(Programmable Logic Controller,可编程逻辑控制器)简单的说就是一种控制用工业计算机。

1.1.2 PLC 的发展趋势

1. 大型机

大型机向着网络化、大型化、高可靠性、多功能方向发展。

2. 小型机

小型机向着小型化、低成本、简单易用方向发展。

1.1.3 PLC 的主要特点

- (1)灵活性和通用性强。
- (2)抗干扰能力强、可靠性高。
- (3)编程语言简单易学。
- (4)与外部设备的连接简单、使用方便。
- (5)功能强、功能的扩展能力强。
- (6)设计、施工和调试周期短。
- (7)体积小、重量轻。

1.1.4 PLC 的基本组成

1. 中央处理器(CPU)

CPU 是 PLC 的核心部件,它类似人的大脑,能指挥 PLC 按照预先编好的系统程序完成各种任务。其作用有以下几点。

- (1)接收、存储由编程工具输入的用户程序和数据,并可通过显示器显示出程序的内容和存储地址。

(2)检查、校验用户程序。对正在输入的用户程序进行检查,发现语法错误立即报警,并停止输入;在程序运行过程中若发现错误,则立即报警或中断程序的执行。

(3)接收、调用现场信息。将接收到的、现场输入的数据保存起来,在需要该数据的时候将其调出,并送到需要该数据的地方。

(4)执行用户程序。当 PLC 进入运行状态后,CPU 根据用户程序存放的先后顺序,逐条读取、解释和执行程序,完成用户程序中规定的各种操作,并将程序执行的结果送至输出端,以驱动 PLC 外部的负载。

(5)故障诊断。诊断电源、PLC 内部电路的故障,根据故障或错误的类型,通过显示器显示出相应的信息,以提示用户及时排除故障或纠正错误。

2. 存储器

存储器可以分为以下三种。

1)系统程序存储器

系统程序是厂家根据其选用的 CPU 的指令系统编写的,它决定了 PLC 的功能。系统程序存储器是只读存储器,用户不能更改其内容。

2)用户程序存储器

根据控制要求而编制的应用程序称为用户程序。不同机型的 PLC,其用户程序存储器的容量可能差异较大。根据生产过程或工艺的要求,用户程序经常需要改动,所以用户程序存储器必须可读写。一般要用后备电池(锂电池)进行掉电保护,以防掉电时丢失程序。目前较先进的 PLC(如 CPM1A 等)采用可随时读写的快闪存储器作为用户程序存储器。快闪存储器不需后备电池,掉电时数据也不会丢失。

3)工作数据存储器

用来存储工作数据的区域叫工作数据区。工作数据是经常变化、经常存取的,所以这种存储器必须可读写。在工作数据区中分配有元件映像寄存器和数据表。其中元件映像寄存器用来存储开关量的输入/输出状态及定时器、计数器、辅助继电器等内部器件的 ON/OFF 状态。数据表用来存放各种数据,它存储用户程序执行时的某些可变参数值及 A/D 转换得到的数字量和数学运算的结果等。在 PLC 断电时能保持数据的存储器区称数据保持区。

3. 输入/输出单元

输入/输出单元是 PLC 与外部设备相互联系的窗口。

输入单元接收现场设备向 PLC 提供的信号,如由按钮、操作开关、限位开关、继电器触点、接近开关、拨码器等提供的开关量信号。这些信号经过输入电路的滤波、光电隔离、电平转换等处理,变成 CPU 能够接收和处理的信号。

输出单元将经过 CPU 处理的微弱电信号通过光电隔离、功率放大等处理,转换成外部设备所需要的强电信号,以驱动各种执行元件,如接触器、电磁阀、电磁铁、调节阀、调速装置等。

1) 开关量输入单元

按照输入端电源类型的不同,开关量输入单元可分为直流输入单元和交流输入单元。

(1) 直流输入单元。

直流输入单元的电路如图 1-2 所示,外接的直流电源极性可任意。虚线框内是 PLC 内部的输入电路,框外左侧为外部用户接线。图中只画出对应于一个输入点的输入电路,各个输入点所对应的输入电路均相同。

图 1-2 中,T 为一个光电耦合器,发光二极管与光电三极管封装在一个管壳中,当二极管中有电流时发光,此时光电三极管导通。R1 为限流电阻,R2 和 C 构成滤波电路,可滤除输入信号中的高频干扰。LED 显示该输入点的状态。

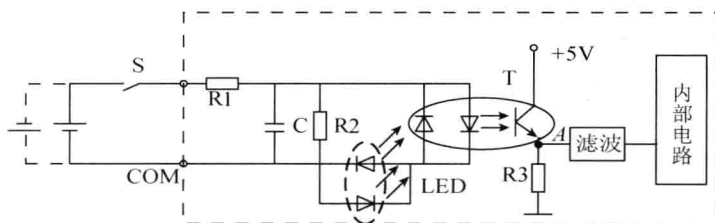


图 1-2 直流输入单元电路

图 1-2 所示电路的工作原理是:当 S 闭合时光电耦合器导通,LED 点亮,表示输入开关 S 处于接通状态。此时 A 点为高电平,该电平经滤波器送到内部电路中。当 CPU 访问该路信号时,将该输入点对应的输入映像寄存器状态置 1;当 S 断时光电耦合器不导通,LED 不亮,表示输入开关 S 处于断开状态。此时 A 点为低电平,该电平经滤波器送到内部电路中。当 CPU 访问该路信号时,将该输入点对应的输入映像寄存器状态置 0。

有的 PLC 内部提供 24 V 的直流电源,这时直流输入单元无需外接电源,用户只需将开关接在输入端子和公共端子之间即可,这就是所谓无源式直流输入单元。无源式直流输入单元简化了输入端的接线,方便了用户。

(2) 交流输入单元。

交流输入单元的电路如图 1-3 所示。虚线框内是 PLC 内部的输入电路,框外左侧为外部用户接线。图中只画出对应于一个输入点的输入电路,各个输入点所对应的输入电路均相同。

图 1-3 中,电容 C 为隔直电容,对交流相当于短路。R1 和 R2 构成分压电路。光电耦合器中是两个反向并联的发光二极管,任意一个二极管发光都可以使光电三极管导通。显示

用的两个发光二极管 LED 也是反向并联的。所以这个电路可以接收外部的交流输入电压，其工作原理与直流输入电路基本相同。

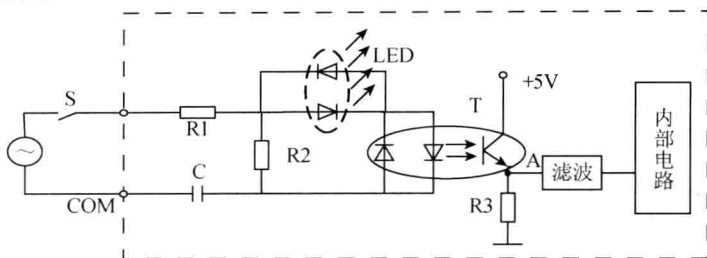


图 1-3 交流输入单元电路

PLC 的输入电路有共点式、分组式、隔离式之别。输入单元只有一个公共端子 (COM) 的称为共点式，外部各输入元件都有一个端子与 COM 相接；分组式输入单元是将输入端子分为若干组，每组各共用一个公共端子；隔离式输入单元是具有公共端子的各组输入点之间相互隔离，可各自使用独立的电源。

2) 开关量输出单元

按输出电路所用开关器件的不同，PLC 的开关量输出单元可分为晶体管输出单元、晶闸管输出单元和继电器输出单元。

(1) 晶体管输出单元。

晶体管输出单元的电路如图 1-4 所示。虚线框内是 PLC 内部的输出电路，框外右侧为外部用户接线。图中只画出对应于一个输出点的输出电路，各个输出点所对应的输出电路均相同。

图 1-4 中，T1 是光电耦合器，LED 指示输出点的状态，T2 为输出晶体管，VD 为保护二极管，FU 为熔断器，防止负载短路时损坏 PLC。

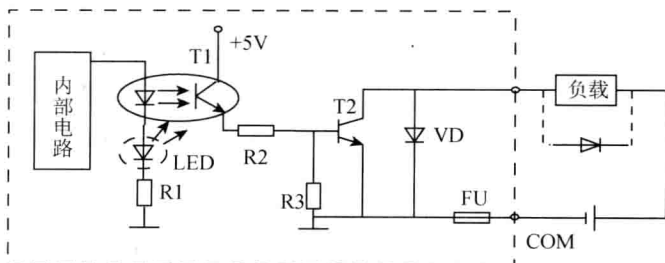


图 1-4 晶体管输出单元电路

图 1-4 所示电路的工作原理为:当对应于晶体管 T2 的内部继电器的状态为 1 时,通过内部电路使光电耦合器 T1 导通,从而使晶体管 T2 饱和导通,因此负载得电。CPU 使与该点对应的输出锁存器为高电平,使 LED 点亮,表示该输出点状态为 1;当对应于 T2 的内部继电器的状态为 0 时,光电耦合器 T1 不导通,晶体管 T2 截止,负载失电。如果负载是感性的,则必须与负载并接续流二极管,负载通过续流二极管释放能量。此时 LED 不亮,表示该输出点的状态为 0。

晶体管为无触点开关,所以晶体管输出单元使用寿命长,响应速度快。

(2) 双向晶闸管输出单元。

在双向晶闸管输出单元中,输出电路采用的开关器件是光控双向晶闸管,其电路如图 1-5 所示。虚线框内是 PLC 内部的输出电路,框外右侧为外部用户接线。图中只画出对应于一个输出点的输出电路,各个输出点所对应的输出电路均相同。

图 1-5 中,T 为光控双向晶闸管(两个晶闸管反向并联),LED 为输出点状态显示器,R2、C 构成阻容吸收保护电路,FU 为熔断器。

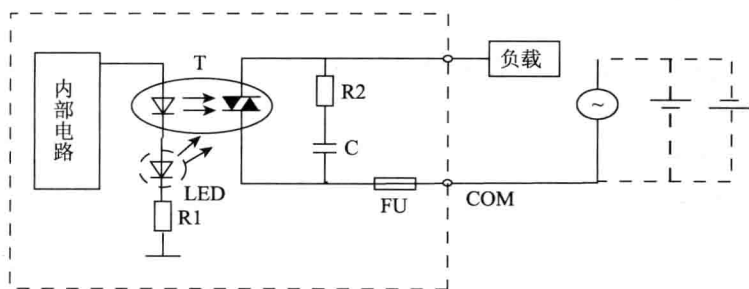


图 1-5 双向晶闸管输出单元电路

图 1-5 所示电路的工作原理为:当对应 T 的内部继电器的状态为 1 时,发光二极管导通发光,不论外接电源极性如何都能使双向晶闸管 T 导通,负载得电。同时输出指示灯 LED 点亮。表示该输出点接通;当对应于 T 的内部继电器的状态为 0 时 T 关断,负载失电,指示灯 LED 灭。双向晶闸管输出型 PLC 的负载电源,可以根据负载的需要选用直流或交流。

(3) 继电器输出单元。

继电器输出单元的电路如图 1-6 所示。图中虚线框内是 PLC 内部的输出电路,框外右侧为外部用户接线。图中只画出对应于一个输出点的输出电路,各输出点所对应的输出电路均相同。

图 1-6 中,LED 是输出点状态显示器,J 为一小型直流继电器。其电路工作原理为:当对

应于 J 的内部继电器状态为 1 时, J 得电吸合, 其常开触点闭合, 负载得电。LED 点亮, 表示该输出点接通。当对应于 J 的内部继电器状态为 0 时, J 失电, 其常开触点断开, 负载失电, 指示灯 LED 灭, 表示该输出点断开。

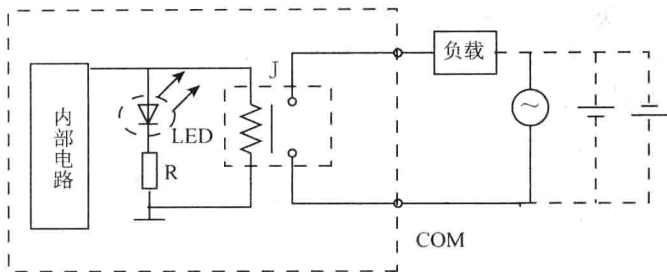


图 1-6 继电器输出单元电路

继电器输出型 PLC 的负载电源可以根据需要选用直流或交流。继电器触点电气寿命一般为 10 万~30 万次, 因此在需要输出点频繁通断的场合(如高频脉冲输出), 应选用晶体管或晶闸管输出型的 PLC。另外, 继电器从线圈得电到触点动作存在延迟时间, 是造成输出滞后于输入的原因之一。PLC 输出电路也有共点式、分组式、隔离式之别。输出只有一个公共端子的称为共点式; 分组式是将输出端子分为若干组, 每组共用一个公共端子; 隔离式是具有公共端子的各组输出点之间互相隔离, 可各自使用独立的电源。

4. 电源部分

PLC 中一般配有开关式稳压电源为内部电路供电。开关电源的输入电压范围宽、体积小、重量轻、效率高、抗干扰性能好。有的 PLC 能向外部提供 24 V 的直流电源, 可给输入单元所连接的外部开关或传感器供电。

当主机上 I/O 扩展端口的 I/O 点数或类型不能满足用户需要时, 主机可以通过 I/O 扩展端口连接 I/O 扩展单元来增加 I/O 点。没有 I/O 扩展端口的 PLC 是不能进行 I/O 点扩展的。另外, 通过 I/O 扩展端口还可以连接各种智能单元, 扩展 PLC 的功能。

5. 外设端口

每台 PLC 都有外设接口。通过外设接口, PLC 可与外部设备相连接。例如, 连接编程器以输入、修改用户程序或监控程序的运行; 有的 PLC 可以通过外设接口与其他 PLC、计算机或终端设备 PT 等连接进行通信, 或连成各种网络等; 连接打印机以打印用户程序, 打印 PLC 运行过程中的状态, 打印故障报警的种类和时间等; 连接 EPROM 写入器, 将调试好的用户程序写入 EPROM, 以免被误改动等; 连接外存储器存储用户程序等。

1.1.5 PLC 硬件电路设计

1. PLC 输入电路的设计

- (1) 根据输入信号类型合理选择输入模块。
- (2) 选择输入元件的接线方式(见图 1-7 和图 1-8)。
- (3) 减少输入点,其方法如下。

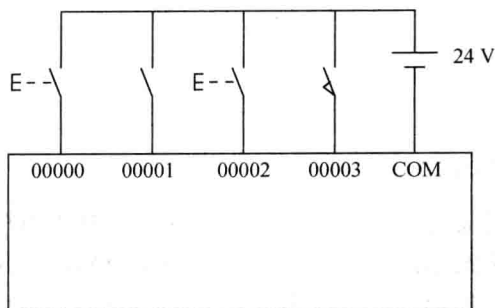


图 1-7 PLC 输入电路数字量接线

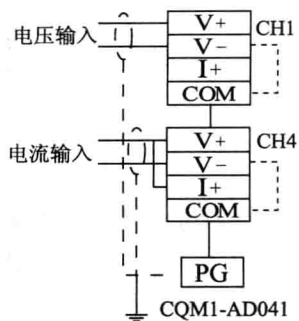


图 1-8 PLC 输入电路模拟量接线

- ① 某些具有相同性能和功能的输入触点可串联或并联后再输入 PLC。
- ② 某些功能比较简单,与系统控制部分关系不大的输入信号可放在 PLC 之外,如热继电器的辅助触点。
- ③ 利用系统不同的工作方式。
- ④ 利用软件。

2. PLC 输出电路的设计

1) 根据负载类型确定输出方法

(1) 开关量信号。

- ① 继电器输出。交流负载或直流负载,开通与关断延迟时间约为 10 ms。
- ② 晶体管输出。直流负载,开通与关断时间均小于 1 ms。
- ③ 双向晶闸管输出。交流负载,开通与关断时间约为 1 ms 和 10 ms。

(2) 模拟量信号。

选择合适的 D/A 模块。

2) 输出负载的接线方式

输出负载的接线方式如图 1-9、图 1-10 所示。

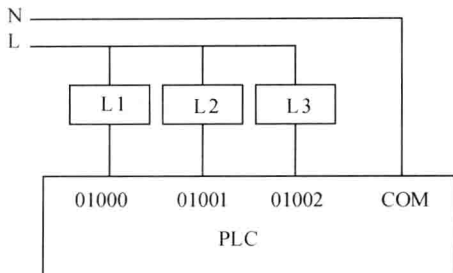


图 1-9 交流负载接线方式

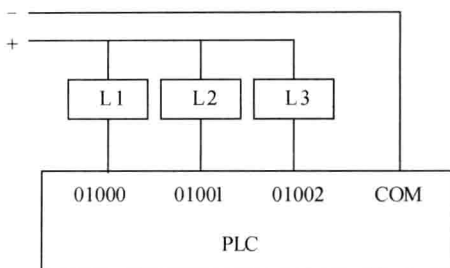


图 1-10 直流负载接线方式

3) 选择输出电流电压

输出模块的额定输出电流、电压必须大于负载所需求的电流和电压。如果负载实际电流较大,输出模块无法直接驱动,可以加中间驱动环节。

在同一公共端所有输出点的数量,必须确保同时接通输出负载的电流之和,小于公共端所允许通过的电流值。

4) 输出电路的保护

(1)在输出负载回路中加装熔断器,进行短路保护。

(2)直流电感性负载,应在电感性负载两端并联续流二极管。

(3)交流电感性负载,应在其两端并联阻容吸收回路。

(4)实际使用中常将所有的开关量输出都通过中间继电器驱动负载,以保证 PLC 输出模块的安全。

5) 减少输出点

减少输出点的方法如下。

(1)分组输出(见图 1-11)。

(2)并联输出。

(3)矩阵输出。

(4)某些相对独立的受控设备也可用普通继电器直接控制。

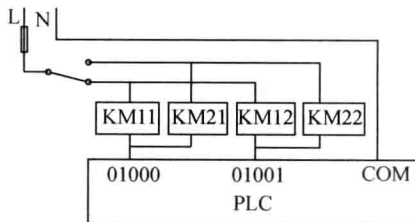


图 1-11 分组输出