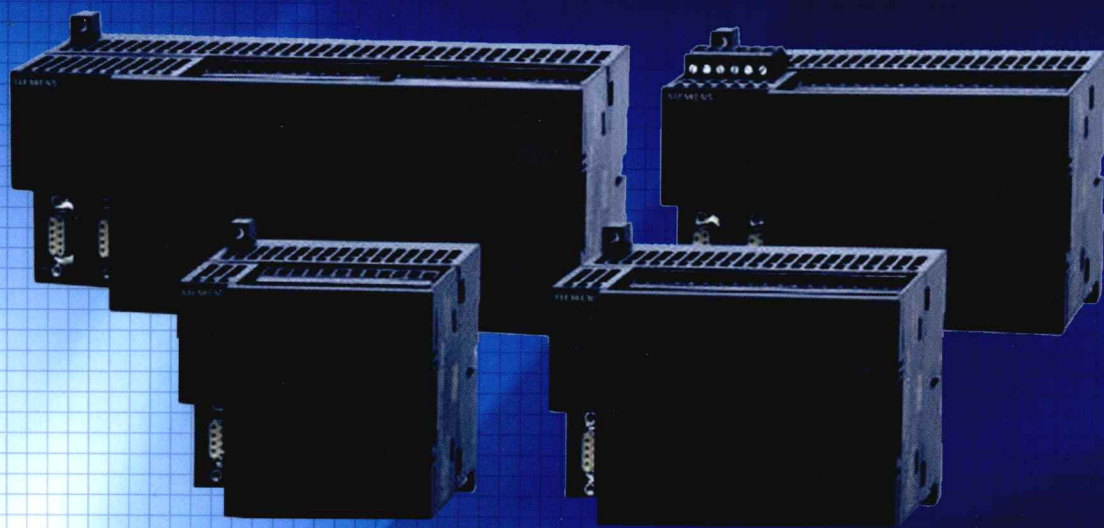


机电专业新技术普及丛书

PLC实用技术

PLC SHIYONG JISHU
(SIEMENS) (西门子)

王建 时永贵 李利军 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机电专业新技术普及丛书

PLC 实用技术 (西门子)

主 编	王 建	时永贵	李利军
副主编	李 伟	张 宏	娄志勇
	杨秀双	徐 铁	
参 编	张 凯	宋 双	宋永昌
	刘继先	肖海梅	王春晖
主 审	施利春		
参 审	徐洪亮		



机械工业出版社

本书根据企业实际生产需要,结合典型项目的 PLC 及变频器程序,详细介绍了西门子 S7-300 系列 PLC 的实用技术,且实例设计紧贴生产一线。本书主要内容包括:PLC 基础知识、PLC 基本指令、顺序控制指令和功能指令、PLC 的综合应用等。

本书内容取材于生产一线,实用性强,可作为从事 PLC 应用及开发的工程技术人员的参考书,也可作为企业培训部门、职业技能鉴定培训机构的教材,还可作为有关人员自学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 实用技术: 西门子/王建, 时永贵, 李利军主编. —北京: 机械工业出版社, 2012. 3

(机电专业新技术普及丛书)

ISBN 978-7-111-37407-7

I. ①P… II. ①王…②时…③李… III. ①plc 技术 IV. ①TM571. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 021573 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: 朱 华 责任编辑: 林运鑫 版式设计: 霍永明

责任校对: 张 媛 封面设计: 路恩中 责任印制: 乔 宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2012 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 10.25 印张 · 248 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-37407-7

定价: 25.00 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

网络服务

社服务中心: (010)88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010)88379649

读者服务部: (010)88379203

封面无防伪标均为盗版

丛书编委会

主 任：王 建

副主任：楼一光 雷云涛 李 伟 王小涓

委 员：张 宏 王智广 李 明 王 灿 伊洪彬 徐洪亮
施利春 杜艳丽 李华雄 焦立卓 吴长有 李红波
何宏伟 张 桦

前言

FOREWORD

随着经济全球化进程的不断深入,发达国家的制造能力加速向发展中国家转移,我国已成为全球的加工制造基地,这就凸显了我国高技能型人才严重短缺的现实问题,特别是对掌握数控加工技术以及自动化新技术的人员的需求变得越来越多,而很多工人碍于条件,无法到学校接受系统的数控加工技术以及自动化新技术的职业教育。此外,对于离开校园数年虽有一定工作经验的人员,但还需要进行充电,以适应新技术的发展需要。

为解决上述矛盾,丛书编委会组织一批学术水平高、经验丰富、实践能力强的企业、行业一线专家在充分调研的基础上,结合企业实际需要,共同研究培训目标,编写了这套机电专业新技术普及丛书。

本套丛书的编写特色有:

1. 坚持“以技能为核心,面向青年工人的继续充电、继续提高”为培养方针,普及企业和技术工人急需的高新技术,加快高技能人才的培养,更好地满足企业的用人需求。
2. 更注重实际工作能力和动手技能的培养,内容贴近生产岗位,注重实用,力图实现培训的“短、平、快”,使学员经过培训后即能胜任本岗位的工作。
3. 编写内容充分体现一个“新”字,即充分反映新知识、新技术、新工艺和新设备,紧跟科技发展的潮流,具有先进性和前瞻性。
4. 编写内容以实际问题为切入点,尽量采用以图代文、以表代文的编写形式,最大限度降低学员的学习难度,提高读者的学习兴趣。

本套丛书涉及数控技术和电气技术两大领域,是面向有志于学习数控加工、机电一体化以及自动控制实用技术的,并从事过相关工作的技术工人的培训用书,也适合有一定经验的工人进行自学或转岗培训之用。

我们希望这套丛书能成为读者的良师益友,能为读者提供有益的帮助!

由于时间和水平有限,书中难免存在不足之处,敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

CONTENT

	前言
1	第一章 PLC 基础知识
1	第一节 PLC 基础概述
11	第二节 西门子 S7-300 系列 STEP 7 软件的使用
22	第二章 PLC 基本指令
22	第一节 PLC 基本指令概述
40	第二节 PLC 基本指令的典型应用
48	第三节 PLC 基本指令的综合应用
62	第三章 顺序控制指令
62	第一节 顺序控制基础
69	第二节 顺序控制指令的应用
85	第三节 S7 GRAPH 软件的使用
101	第四章 功能指令
101	第一节 功能指令基础
119	第二节 功能指令的典型应用
129	第五章 PLC 的综合应用
129	第一节 用 PLC 改造机床电气电路
144	第二节 啤酒生产线传送控制
148	第三节 恒压供水控制系统
155	参考文献

第一章

PLC 基础知识

第一节 PLC 基础概述

可编程序控制器（简称 PLC）是在电气控制技术和计算机技术的基础上开发出来的，并逐渐发展成为以微处理器为核心，把自动化技术、计算机技术、通信技术融为一体的新型工业控制装置。目前，PLC 已被广泛应用于各种生产机械和生产过程的自动控制中，成为一种最重要、最普及、应用场合最多的工业控制装置，被公认为现代工业自动化的三大支柱（PLC、机器人、CAD/CAM）之一。

一、PLC 的定义

国际电工委员会（IEC）对 PLC 的定义如下：“PLC 是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下应用而设计。它采用了可程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等面向用户的指令，并通过数字式或模拟式的输入和输出接口，控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及有关外围设备，都应按照易于与工业系统连成一个整体，易于扩充其功能的原则设计。”

该定义强调了 PLC 是“数字运算操作的电子系统”，即计算机，不过它是“专为在工业环境下应用而设计”的工业计算机，具有很强的抗干扰能力、适应能力和广泛的应用范围，还具有“数字量、模拟量输入和输出”的能力，并且非常容易与“工业控制系统连成一个整体”，易于“扩充”。这也是其区别于一般计算机控制系统的一个重要特征。这种工业计算机采用“面向用户的指令”，因此编程方便。

二、PLC 的分类

PLC 发展至今已经有多种形式，其功能也不尽相同。分类时，一般按以下原则进行考虑。

1. 按输入/输出（I/O）点数分类

按 PLC 的输入/输出点数可将 PLC 分为以下 3 类：

（1）小型机 小型 PLC 输入/输出总点数一般在 256 点以下，其功能以开关量控制为主，用户程序存储器容量在 4KB 以下。其特点是体积小、价格低，适合于控制单台设备、开发机电一体化产品。

典型的小型机有 SIEMENS 公司的 S7-200 系列，OMRON 公司的 CPM1A 系列，三菱公司的 F40、MODICONPC-085 等整体式 PLC 产品。

（2）中型机 中型 PLC 的输入/输出总点数一般为 256 ~ 2048 点，用户程序存储器容量

达到 2~8KB。中型 PLC 不仅具有开关量和模拟量的控制功能,还具有更强的数字计算能力,它的通信功能和模拟量处理能力更强大,适用于复杂的逻辑控制系统以及连续生产过程控制场合。

典型的中型机有 SIEMENS 公司的 S7-300 系列、OMRON 公司的 C200H 系列、AB 公司的 SLC500 系列等模块式 PLC 产品。

(3) 大型机 大型 PLC 的输入/输出总点数在 2048 点以上,用户程序存储容量达 8~16KB,它具有计算、控制和调节的功能,还具有强大的网络结构和通信联网能力。它的监视系统采用 CRT 显示,能够表示过程的动态流程。大型机适用于设备自动化控制、过程自动化控制和过程监控系统等。

典型的大型 PLC 有 SIEMENS 公司的 S7-400 系列、OMRON 公司的 CVML 和 CSL 系列、AB 公司的 SLC5/05 系列等产品。

2. 按结构分类

根据 PLC 结构的不同,PLC 主要可分为整体式和模块式两类。

(1) 整体式结构 整体式又叫做单元式或箱体式,它的体积小、价格低,小型 PLC 一般采用整体式结构。

整体式 PLC 的结构特点是将 PLC 的基本部件,如 CPU 模块、I/O 模块和电源等紧凑地安装在一个标准机壳内,组成 PLC 的一个基本单元或扩展单元。基本单元上没有扩展端口,通过扩展电缆与扩展单元相连,以构成 PLC 不同的配置。

整体式 PLC 还配备有许多专用的特殊功能模块,使 PLC 的功能得到扩展。

(2) 模块式结构 模块式结构的 PLC 是由一些模块单元构成的,将这些模块插在框架上或基板上即可。各模块功能是独立的,外形尺寸统一,可根据需要灵活配置插入的模块。目前,大、中型 PLC 多采用这种结构型式。

三、PLC 的主要特点

PLC 产生的短短几十年,目前市场销售额已超过 150 亿美元,占全球工业控制器(PLC、工业 PC、DCS、PID)的市场份额超过 55%,主要是由于 PLC 具有继电器控制、计算机控制及其他控制不具备的显著特点。

1. 运行稳定、可靠性高、抗干扰能力强

PLC 是专为在工业环境下应用而设计的工业计算机,内部采用集成电路,各种控制功能由软件编程实现,外部接线大大减少;另外,软件与硬件采取了一系列提高可靠性和抗干扰的措施,如系统硬件模块冗余、采用光电隔离、掉电保护、对干扰的屏蔽和滤波、在运行过程中允许模块热插拔、设置故障检测与自诊断程序以及其他措施等。因此,PLC 运行稳定、可靠性高、抗干扰能力强。

2. 设计、使用和维护方便

用户可以根据工程控制的要求,选择 PLC 主机单元和各种扩展单元进行灵活配置,以提高系统的性能价格比;若生产过程对控制功能要求提高,则 PLC 可以方便地对系统进行扩充,如通过 I/O 扩展单元来增加输入/输出点数,通过多台 PLC 之间或 PLC 与上位机的通信,来扩展系统的功能;利用 CRT 屏幕显示进行编程和监控,便于修改和调试程序,易于诊断故障,节省了维修时间。

3. 编程语言直观易学

PLC 的设计是面向工业企业中的一般电气工程技术人员的,它采用容易理解和容易掌握的梯形图 (Ladder Diagram) LAD 语言,以及面向生产过程的简单指令。梯形图语言既继承了继电器控制电路的表达形式 (如线圈、触点、动合、动断),又考虑到一般电气工程技术人员的看图习惯和计算机应用水平。因此,梯形图语言对于熟悉继电器控制电路的电气工程技术人员的非常亲切、形象直观和简单易学,工程设计和操作使用人员经过简单培训很快即可掌握。PLC 编程时通过计算机进行,梯形图、语句表 (Statement List, STL) 和功能块图 (Function Block Diagram, FBD) 等编程语言,还可以利用编程软件相互转换,以满足不同层次工程技术人员的需求。

4. 与网络技术相结合

随着计算机网络技术的迅速发展,几乎所有的 PLC 生产商都将网络技术和大容量、高速度信息交换技术应用于 PLC 产品,为产品配置了通信和联网功能,研制开发 PLC 网络系统。它将网络上大型计算机极强的数据处理能力和管理功能与现场网络中 PLC 的高可靠性结合起来,形成一种新型全分布式的计算机控制系统,实现了远程控制和集散系统控制。

5. 易于实现机电一体化

PLC 的体积小、重量轻、能耗低、可靠性高,使之易于安装在机器设备内部,构成机电一体化产品。如 SIEMENS 公司的 S7-200 系列 CPU221 型主机单元的外形尺寸只有 90mm × 80mm × 62mm,质量为 270g,功耗仅为 4W。

四、PLC 的结构

PLC 是微机技术和控制技术相结合的产物,是一种以微处理器为核心的用于控制的特殊计算机。因此,PLC 的结构与一般的微机系统的结构类似。

1. PLC 的硬件结构

PLC 种类繁多,但其结构和工作原理基本相同。用可编程序控制器实施控制,其实质是按一定的算法进行输入/输出变换,并将这个变换予以物理实现,应用于工业现场。PLC 专为工业现场应用而设计,采用了典型的计算机结构,主要由中央处理器 (CPU)、存储器 (RAM、ROM)、输入/输出单元 (I/O 接口)、电源、扩展接口、通信接口、编程器及其他部件组成。PLC 硬件的结构框图如图 1-1 所示。

(1) 中央处理器 (CPU) 中央处理器 (CPU) 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内。CPU 通过数据总线、地址总线和控制总线与存储单元、输入/输出接口电路相连接。

与一般计算机一样,CPU 是 PLC 的核心,它依据 PLC 中系统程序赋予的功能指挥 PLC 有条不紊地进行工作。用户程序和数据事先存入存储器中,当 PLC 处于运行方式时,CPU 按循环扫描方式执行用户程序。

(2) 存储器 PLC 的存储器包括系统存储器和用户存储器两部分。

系统存储器用来存放由 PLC 生产厂家编写的系统程序,并固化在 ROM (只读存储器) 内,用户不能直接更改。它使 PLC 具有基本的功能,能够完成 PLC 设计者规定的各项工作。系统程序质量的好坏,在很大程度上决定了 PLC 的性能,其内容主要包括三部分:

- 1) 系统管理程序。它主要控制 PLC 的运行,使整个 PLC 按部就班地工作。
- 2) 用户指令解释程序。通过用户指令解释程序,将 PLC 的编程语言变为机器语言指

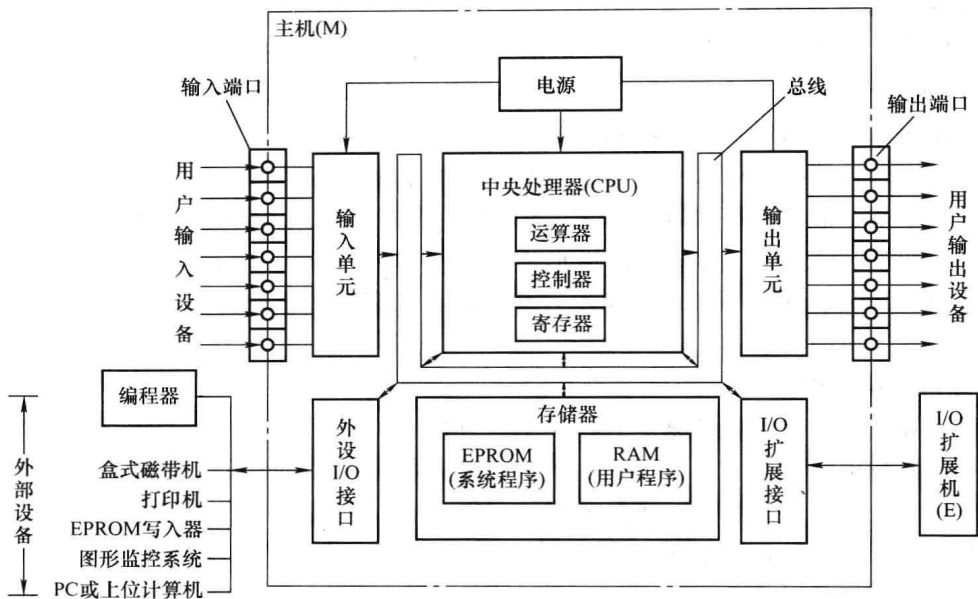


图 1-1 PLC 硬件的结构框图

令，再由 CPU 执行这些指令。

3) 标准程序模块与系统调用。它包括许多不同功能的子程序及其调用管理程序，如完成输入/输出及特殊运算等的子程序，PLC 的具体工作都是由这部分程序来完成的，这部分程序的多少也决定了 PLC 性能的高低。

用户存储器包括用户程序存储器（程序区）和功能存储器（数据区）两部分。用户程序存储器用来存放用户根据控制任务编写的程序。用户程序存储器根据所选用的存储器单元类型的不同，可以是 RAM（随机存储器）、EPROM（紫外线可擦除 ROM）或 EEPROM，其内容可以由用户任意修改或增删。用户功能存储器是用来存放（记忆）用户程序中使用器件的状态（ON/OFF）/数值数据等。在数据区中，各类数据存放的位置都有严格的划分，每个存储单元有不同的地址编号。用户存储器容量的大小，关系到用户程序容量的大小，是反映 PLC 性能的重要指标之一。

(3) 输入/输出单元 输入/输出单元从广义上分包含两部分：一部分是与被控设备相连接的接口电路，另一部分是输入和输出的映像寄存器。

输入单元接收来自用户设备的各种控制信号，如限位开关、操作按钮、选择开关、行程开关以及其他一些传感器的信号。通过接口电路将这些信号转换成 CPU 能够识别和处理的信号，并存入输入映像寄存器。运行时，CPU 从输入映像寄存器读取输入信息并进行处理，将处理结果放到输出映像寄存器中。输入/输出映像寄存器由输出点相对应的触发器组成，输出接口电路将其由弱电控制信号转换成现场需要的强电信号输出，以驱动电磁阀、接触器、指示灯等被控设备的执行元件。

PLC 为不同的接口需求设计了不同的接口单元，主要有以下几种。

1) 开关量输入接口。它的作用是把现场的开关量信号变成 PLC 内部处理的标准信号。为防止各种干扰信号和高电压信号进入 PLC，影响其可靠性或造成设备损坏，现场输入接口电路一般都有滤波电路及耦合隔离电路。滤波有抗干扰的作用，耦合隔离有抗干扰及产生标

准信号的作用。耦合隔离电路的关键器件是光耦合器，一般由发光二极管和光敏晶体管组成。

开关量输入接口按可接纳的外信号电源的类型不同分为直流输入单元、交流/直流输入单元和交流输入单元，如图 1-2 所示。输入电路的电源可由外部供给，有的也可由 PLC 内部提供。

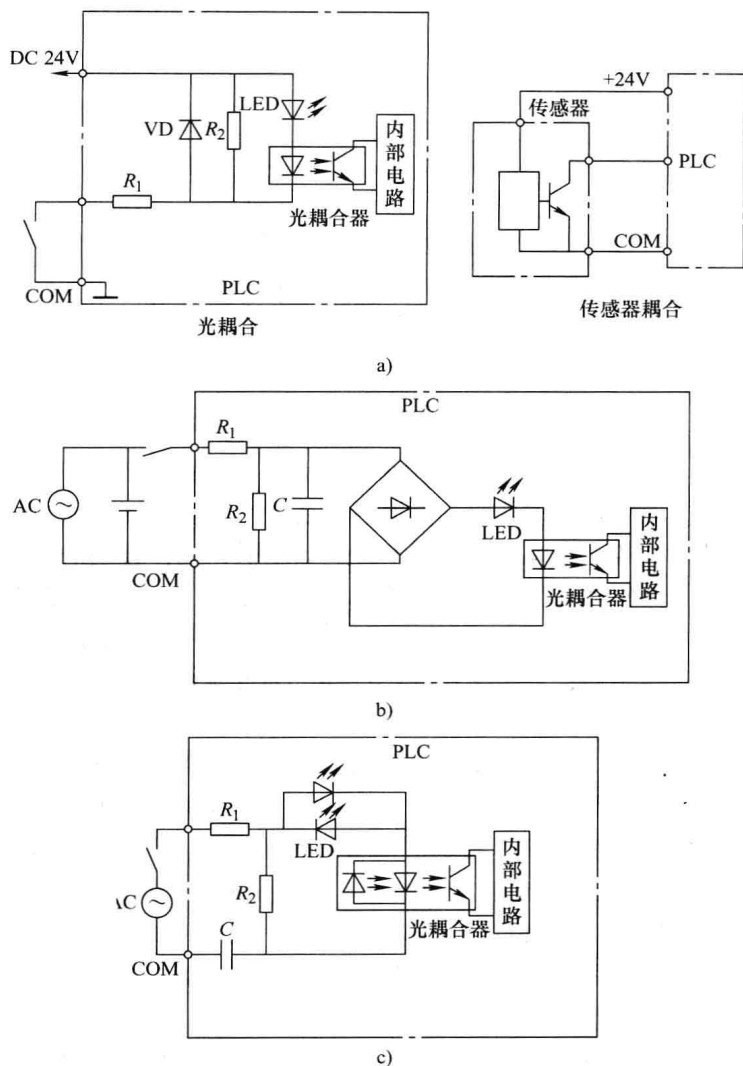


图 1-2 开关量输入接口电路

a) 直流输入电路 b) 交流/直流输入电路 c) 交流输入电路

2) 开关量输出接口。它的作用是把 PLC 内部的标准信号转换成现场执行机构所需的开关量信号。开关量输出接口按 PLC 内使用的器件，可分为继电器输出型、晶体管输出型和晶闸管输出型。每种输出电路都采用电气隔离技术，输出接口本身都不带电源，电源由外部提供，而且在考虑外接电源时，还需考虑输出器件的类型。开关量输出接口电路如图 1-3 所示。

从图 1-3 中可以看出，各类输出接口中也都具有隔离耦合电路。特别要指出的是，输出

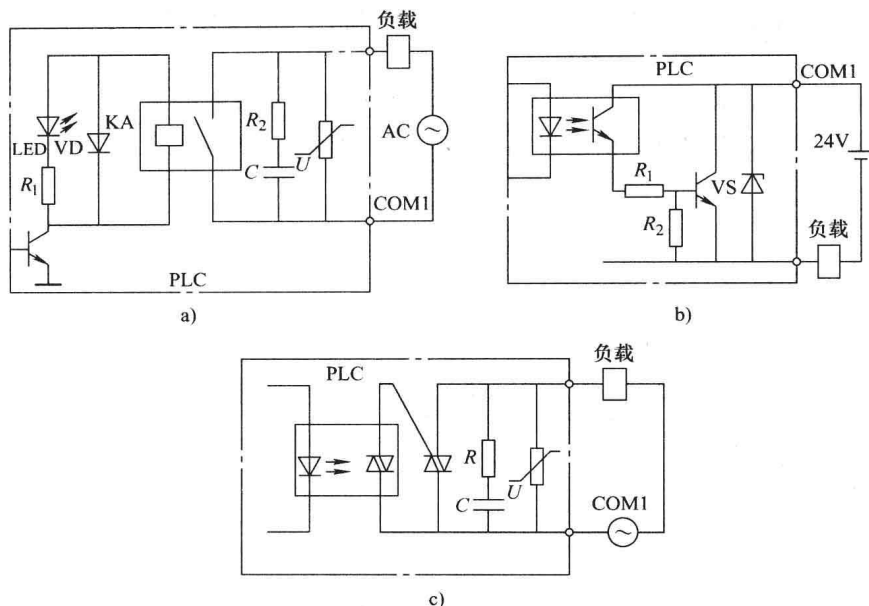


图 1-3 开关量输出接口电路

a) 继电器输出型 b) 晶体管输出型 c) 晶闸管输出型

接口本身都不带电源, 而且在考虑外驱动电源时, 还需考虑输出器件的类型。继电器型的输出接口可用于交流及直流两种电源, 但接通断开的频率低; 晶体管的输出接口有较高的通断频率, 但只适用于直流驱动的场所; 晶闸管型的输出接口仅适用于交流驱动场合。

为使 PLC 避免因受瞬间大电流的作用而损坏, 输出端外部接线必须采用保护措施: 一是输入和输出公共端接熔断器; 二是采用保护电路, 对交流感性负载一般用阻容吸收电路; 对直流感性负载用续流二极管。

由于输入/输出端是靠光耦合的, 在电气上完全隔离, 所以输出端的信号不会反馈到输入端, 也不会产生地线干扰或其他串扰。因此, PLC 具有很高的可靠性和极强的抗干扰能力。

3) 模拟量输入接口。模拟量输入接口的作用是把现场连续变化的模拟量标准信号转换成适合 PLC 内部处理的由若干位二进制数字表示的信号。模拟量输入接口接受标准模拟电压信号和电流信号。由于在工业现场中模拟量信号的变化范围一般是不标准的, 所以在送入模拟量接口时一般都需经转换器处理后才能使用。模拟量输入接口的内部电路框图如图 1-4 所示。

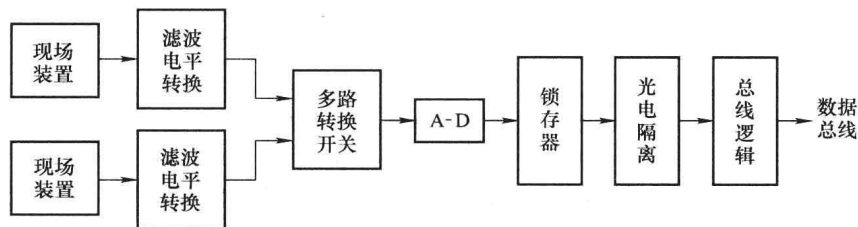


图 1-4 模拟量输入接口的内部电路框图

模拟量信号输入后一般经运算放大器放大后进行 A-D 转换, 再经光耦合后为 PLC 提供一定位数的数字量信号。

4) 模拟量输出接口。模拟量输出接口的作用是将 PLC 运算处理后的若干位数字量信号

转换为相应的模拟量信号输出,以满足生产过程现场连续控制信号的需求。模拟量输出接口一般由光电隔离、D-A 转换、转换开关等环节组成,其内部电路框图如图 1-5 所示。

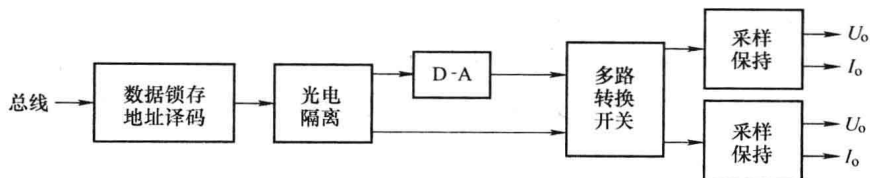


图 1-5 模拟量输出接口的内部电路框图

5) 智能输入输出接口。智能输入输出接口是为了适应较复杂的控制工作而设计的,如高速计数器工作单元、温度控制单元等。

(4) 电源部分 PLC 一般使用 220V 的交流电源,电源部件将交流电转换成供 PLC 的中央处理器、存储器等电路工作所需的直流电,使 PLC 能正常工作。

由于 PLC 主要用于工业现场的自动控制,直接处于工业干扰的影响之中,所以为了保证 PLC 中主机能可靠地工作,电源部件对供电电源采用了较多的滤波环节,还用集成电压调整器进行调整以适应交流电网的电压波动,对过电压和欠电压都有一定的保护作用。另外,还采用了较多的屏蔽措施来防止工业环境中的空间电磁干扰。常用的电源电路有串联稳压电路、开关式稳压电路和设有变压器的逆变式电路。

(5) 扩展接口 扩展接口用于将扩展单元以及功能模块与基本单元相连,使 PLC 的配置更加灵活以满足不同控制系统的需要。

(6) 通信接口 为了实现“人-机”或“机-机”之间的对话,PLC 配有多种通信接口。PLC 通过这些通信接口可以与监视器、打印机及其他的 PLC 或计算机相连。

当 PLC 与打印机相连时,可将过程信息、系统参数等输出打印;当与监视器(CRT)相连时,可将过程图像显示出来;当与其他 PLC 相连时,可以组成多机系统或联成网络,实现更大规模的控制;当与计算机相连时,可以组成多级控制系统,实现控制与管理相结合的综合控制。

(7) 编程器 编程器的作用是供用户进行程序的编制、编辑、调试和监视。

编程器有简易型和智能型两类。简易型的编程器只能联机编程,且往往需要将梯形图转化为机器语言助记符(指令表)后,才能输入。它一般由简易键盘和发光二极管或其他显示器件组成。智能型的编程器又称为图形编程器,可以联机编程,也可以脱机编程;具有 LCD 或 CRT 图形显示功能,也可以直接输入梯形图并通过屏幕对话。

当利用计算机作为编程器时,PLC 生产厂家配有相应的软件包,使用计算机编程是 PLC 的发展趋势。现在大多数 PLC 已不再提供编程器,而只提供计算机编程软件,并且配有相应的通信连接电缆。

(8) 其他部件 有些 PLC 还可配设其他一些外部设备,如 EPROM 写入器、存储器卡、打印机、高分辨率大屏幕彩色图形监控系统和工业计算机等。

由以上几部分组成的整体称为 PLC,是一种可根据生产需要人为灵活变更控制规律的控制装置。它与多种生产机械配套可组成多种工业控制设备,实现对生产过程或某些工艺参数的自动控制。由于 PLC 主机实质上是一台工业专用计算机,并具有普通计算机所不具备的特点,使它成为开环、闭环控制系统的首选方案之一。

2. PLC 的软件系统

PLC 的软件系统由系统程序和用户程序组成。

(1) 系统程序 PLC 的系统程序有三种类型。

1) 系统管理程序。由它决定系统的工作节拍, 包括 PLC 运行管理 (各种操作时间的分配安排)、存储空间管理 (生成用户数据区) 和系统自诊断管理 (如电源、系统出错, 程序语法、句法检验等)。

2) 用户编辑程序和指令解释程序。用户编辑程序能将用户程序变为内码形式以便于程序的修改、调试。指令解释程序能将编程语言变为机器语言以便 CPU 操作运行。

3) 标准子程序与调用管理程序。为提高运行速度, 在程序执行中某些信息处理 (如 I/O 处理) 或特殊运算等是通过调用标准子程序来完成的。

(2) 用户程序 根据系统配置和控制要求编辑用户程序, 是 PLC 应用于工业控制的一个重要环节。PLC 的编程语言多种多样, 不同的 PLC 厂家、不同系列 PLC 采用的编程语言不尽相同。常用的编程语言有以下几种:

1) 梯形图。这是目前 PLC 应用最广、最受电气技术人员欢迎的一种编程语言。梯形图与继电器控制原理图相似, 具有形象、直观、实用的特点。与继电器控制原理图的设计思路基本一致, 很容易由继电器控制电路转化而来, 如图 1-6b 所示。

2) 语句表。这是一种与汇编语言类似的编程语言, 它采用助记符指令, 并以程序执行顺序逐句编写成语句表。梯形图和指令表完成同样控制功能, 两者之间存在一定对应关系, 如图 1-6c 所示。因为不同的 PLC 厂家使用的助记符不尽相同, 所以同一梯形图写成对应的语句表也不尽相同。

3) 逻辑符号图。逻辑符号图包括与 (AND)、或 (OR)、非 (NOT) 以及定时器、计数器、触发器等, 如图 1-6d 所示。

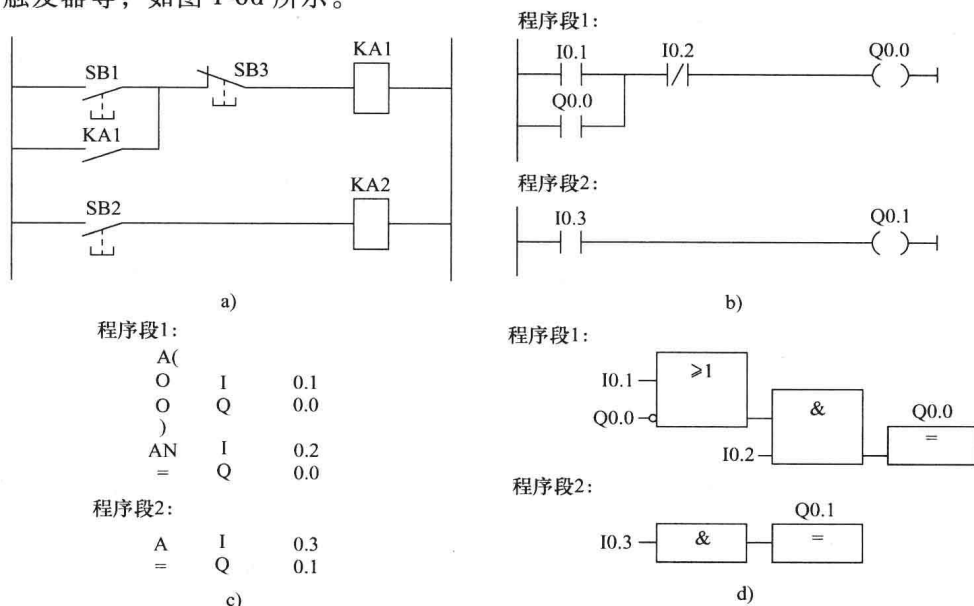


图 1-6 继电器-接触器控制电路与 PLC 编程语言

a) 继电器控制电路 b) PLC 梯形图 c) 语句表 d) 逻辑符号

4) 功能表图。又称为状态转换图, 简称 SFC 编程语言。它将一个完整的控制过程分成若干个状态, 各状态具有不同动作, 状态间有一定的转换条件, 条件满足则状态转换, 上一状态结束则下一状态开始。它的作用是表达一个完整的顺序控制过程。

上述几种编程语言中, 最常用的是梯形图和语句表。

五、PLC 的工作原理

1. PLC 的扫描工作方式

PLC 的工作原理是通过执行反映控制要求的用户程序来实现的。PLC 程序的执行是按程序设定的顺序依次完成相应电器的动作, PLC 采用的是一个不断循环的顺序扫描工作方式。每一次扫描所用的时间称为扫描周期或工作周期。CPU 从第一条指令执行开始, 按顺序逐条地执行用户程序直到用户程序结束; 然后返回第一条指令, 开始新一轮扫描。PLC 就是这样周而复始地重复上述循环扫描。

PLC 工作的全过程可用图 1-7 所示的运行框图来表示。从第一条程序开始, 在无中断或跳转控制的情况下, 按程序存储的地址号递增的顺序逐条执行程序, 即按顺序逐条执行程序, 直到程序结束; 然后再从头开始扫描, 并周而复始地重复进行。

PLC 工作时的扫描过程如图 1-7 所示。它包括 5 个阶段: 内部处理、通信处理、输入扫描、程序执行和输出处理。PLC 完成一次扫描过程所需的时间称为扫描周期。扫描周期的长短与用户程序的长度和扫描速度有关。

内部处理阶段, CPU 检查内部各硬件是否正常, 在 RUN 模式下, 还要检查用户程序存储器是否正常, 如果发现异常, 则停机并显示报警信息。

通信处理阶段, CPU 自动检测各通信接口的状态, 处理通信请求, 如与编程器交换信息, 与计算机通信等。在 PLC 中配置了网络通信模块时, PLC 与网络进行数据交换。

当 PLC 处于 STOP 状态时, 只完成内部处理和通信服务工作; 当 PLC 处于 RUN 状态时, 除完成内部处理和通信服务的操作外, 还要完成输入扫描、程序执行和输出处理。

2. PLC 的工作过程

PLC 按图 1-7 所示的扫描过程进行工作, 当 PLC 运行正常时, 它将不断重复图中的扫描过程, 不断循环扫描地工作下去。分析上述扫描过程, 如果对其他通信服务暂不考虑, 这样扫描过程就只剩下“输入采样”、“程序执行”和“输出刷新”三个阶段。这三个阶段是 PLC 工作过程的中心内容, 深入理解 PLC 工作过程的这三个阶段是学习好 PLC 的基础, 下面就对其进行详细的分析。PLC 典型的扫描工作过程如图 1-8 所示 (不考虑立即输入、立即输出情况)。

(1) 输入采样阶段 PLC 在输入采样阶段, 首先扫描所有输入端子, 并将各输入状态存入相对应的输入映像寄存器中。此时, 输入映像寄存器被刷新。接着, 进入程序执行阶段, 在此阶段和输出刷新阶段, 输入映像寄存器与外界隔离, 无论输入信号如何变化, 其内

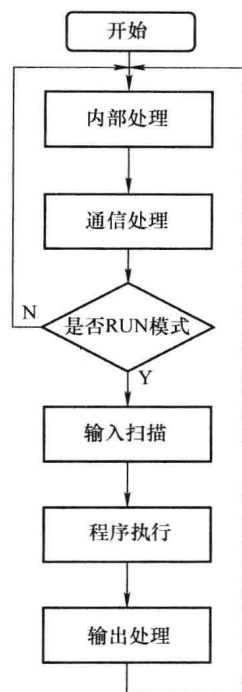


图 1-7 PLC 扫描过程

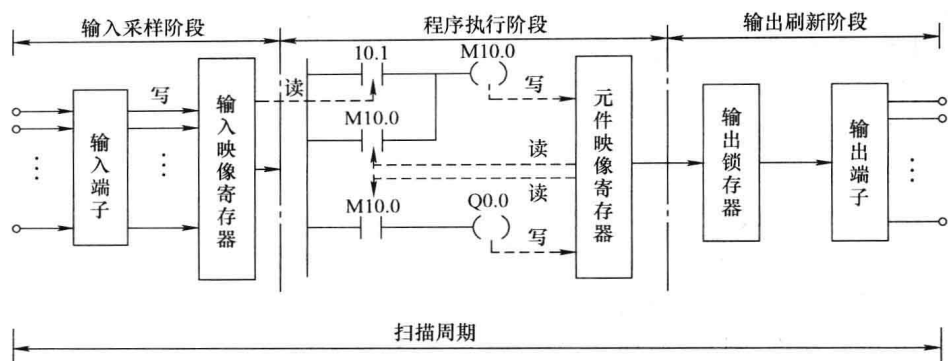


图 1-8 PLC 的扫描工作过程

容保持不变，直到下一个扫描周期的输入采样阶段，才重新写入输入端的新内容。通常，输入信号的宽度要大于一个扫描周期，否则很可能造成信号的丢失。

(2) 程序执行阶段 根据 PLC 梯形图程序的扫描原则，PLC 通常按从左到右、从上到下的步骤顺序执行程序。当指令中涉及输入、输出状态时，PLC 就从输入映像寄存器中“读入”采集到的对应输入端子状态，从元件映像寄存器“读入”对应元件（“软继电器”）的当前状态。然后，进行相应的运算，运算结果再存入元件映像寄存器中。对元件映像寄存器来说，每一个元件（“软继电器”）的状态会随着程序执行过程而变化。

(3) 输出刷新阶段 在所有指令执行完毕后，元件映像寄存器中所有输出继电器的状态（接通/断开）在输出刷新阶段转存到输出锁存器中，通过一定方式输出，驱动外部负载。

3. PLC 对输入/输出的处理原则

根据上述的工作特点，可以归纳出 PLC 在输入/输出处理方面必须遵守的一般原则：

- 1) 输入映像寄存器的数据取决于输入端子板上各输入点在上一刷新期间的接通和断开状态。
- 2) 程序执行结果取决于用户所编程序和输入/输出映像寄存器的内容及其他各元件映像寄存器的内容。
- 3) 输出映像寄存器的数据取决于输出指令的执行结果。
- 4) 输出锁存器中的数据，由上一次输出刷新期间输出映像寄存器中的数据决定。
- 5) 输出端子的接通和断开状态，由输出锁存器决定。

六、编程元件

不同厂家、不同系列的 PLC，其内部软继电器（编程元件）的功能和编号各不相同，因此，在编制程序时，必须熟悉所选用 PLC 的每条指令涉及编程元件的功能和编号。

S7-300 系列 PLC 用户存储区的分类及功能见表 1-1。S7-300 系列 PLC 编程元件的编号由字母和数字组成。

表 1-1 S7-300 系列 PLC 用户存储区的分类及功能

存储区域	功能	运算单位	寻址范围	标识符
输入继电器 (I)	在扫描循环的开始, 操作系统从现场 (又称为过程) 读取控制按钮、行程开关及各种传感器送来的输入信号, 并存储在输入过程映像寄存器中。其每一位对应数字量输入模块的一个输入端子	输入位	0.0 ~ 65535.7	I
		输入字节	0 ~ 65535	IB
		输入字	0 ~ 65534	IW
		输入双字	0 ~ 65532	ID
输出继电器 (Q)	在扫描循环期间, 逻辑运算的结果存储在输出过程映像寄存器中。在循环扫描结束前, 操作系统从输出过程映像寄存器读出最终结果, 并将其传送到数字量输出模块, 直接控制 PLC 外部的指示灯、接触器、执行器等控制对象	输出位	0.0 ~ 65535.7	Q
		输出字节	0 ~ 65535	QB
		输出字	0 ~ 65534	QW
		输出双字	0 ~ 65532	QD
辅助继电器 (M)	位存储器与 PLC 外部对象没有任何关系, 其功能类似于继电器控制电路中的中间继电器, 主要用来存储程序运算过程中的临时结果, 可为编程提供无数量限制的触点, 可以被驱动但不能直接驱动任何负载	存储位	0.0 ~ 255.7	M
		存储字节	0 ~ 255	MB
		存储字	0 ~ 254	MW
		存储双字	0 ~ 252	MQ
外部输入寄存器 (PI)	用户可以通过外部输入寄存器直接访问模拟量输入模块, 以便接收来自现场的模拟量输入信号	外部输入字节	0 ~ 65535	PIB
		外部输入字	0 ~ 65534	PIW
		外部输入双字	0 ~ 65532	PID
外部输出寄存器 (PQ)	用户可以通过外部输出寄存器直接访问模拟量输出模块, 以便将模拟量输出信号送给现场的控制执行器	外部输出字节	0 ~ 65535	PQB
		外部输出字	0 ~ 65534	PQW
		外部输出双字	0 ~ 65532	PQD
定时器 (T)	作为定时器指令使用, 访问该存储区可获得定时器的剩余时间	定时器	0 ~ 255	T
计数器 (C)	作为计数器指令使用, 访问该存储区可获得计数器的当前值	计数器	0 ~ 255	C
数据块寄存器 (DB)	数据块寄存器用于存储所有数据块的数据, 最多可同时打开一个共享数据块 DB 和一个背景数据块 DI	数据位	0.0 ~ 65535.7	DBX 或 DIX
		数据字节	0 ~ 65535	DBB 或 DIB
		数据字	0 ~ 65534	DBW 或 DIW
		数据双字	0 ~ 65532	DBD 或 DID
本地数据寄存器 (L)	本地数据寄存器用来存储逻辑块 (OB、FB 或 FC) 中所使用的临时数据, 一般用作中间暂存器	本地数据位	0.0 ~ 65535.7	L
		本地数据字节	0 ~ 65535	LB
		本地数据字	0 ~ 65534	LW
		本地数据双字	0 ~ 65532	LD

第二节 西门子 S7-300 系列 STEP 7 软件的使用

一、STEP 7 软件的介绍

STEP 7 是用于 SIMATIC 可编程序控制器组态和编程的标准软件包, 它是 SIMATIC 工业