

可编程控制器 原理及应用

主 编 宋君烈



NEUPRESS
东北大学出版社

前 言

可编程控制器 (PLC) 是一种应用于工业生产过程控制, 具有实时数字化处理能力的硬件设备; 通过编制软件可改变控制过程, 是微电脑技术与常规的继电接触控制技术的有机结合, 为工业自动化提供高可靠性的自动控制装置, 已成为继电接触控制更新换代的主导产品。

PLC 的发展虽然包括了前期控制技术的继承和演变, 但不同于继电器、顺序控制器或微机装置, 它照顾到现场电气操作和维修人员的技能和习惯, 以计算机软件技术构成了人们惯用的继电器模型, 摒弃了微机常用的计算机编程语言的表达形式, 独具风格地形成一套以继电器梯形图为基础的形象编程语言和模块化的软件结构。使用者并不需要掌握计算机硬件及其编程语言知识, 可以按照继电器梯形图或逻辑代数式来直接编程, 简便易学。编程、调试和排障都很容易, 消除了人们使用“电脑”的神秘感, 有利于新技术的推广。目前 PLC 已广泛地应用到冶金、机械制造、石油化工、轻工、军事等各个领域, 推进了机电一体化的进程。

为了将这一先进的自动化控制技术尽快地应用到我国的现代化建设上来, 在高等院校普及 PLC 的应用知识具有深远意义。本书是根据编者 6 年的教学实践而编写的, 以美国 MODICON 公司 CPU311/00 产品为例, 全面介绍了 PLC 的基本工作原理和应用技术。全书共分 7 章, 第 1 章介绍可编程控制器的基本工作原理、输入输出接口技术, 并通过实例详细叙述了 PLC 的工作过程和各单元的功能。第 2 章讲述可编程控制器梯形图的功能, 并通过继电接触控制电路与梯形图的对照, 详细讲解了梯形图的编程方法和技巧。第 3 章简单介绍了算术逻辑指令、数据管理指令、简单通讯指令、子程序指令以及其他标准指令的使用方法。第 4 章介绍手持编程器的结构和操作方法。第 5 章为 MODSOFT 编程软件介绍, 通过 PC 机与 PLC 通讯, 用上位机直接进行梯形图的设计、编程, 以及对 PLC 运行的实时控制。第 6 章讲述了 PLC 的链接和联网操作。第 7 章为实际操作的实验指导书, 通过上机实践, 掌握 PLC 的具体使用, 巩固所学的基础知识。第 1 章到第 3 章由宋君烈编写, 第 5 章、第 6 章由张石编写, 第 4 章、第 7 章由孟令军编写。全书由潘清波教授仔细审阅。

本书主要供非电专业学生使用, 作为电工学的后续课, 主要学习 1, 2, 4 和 7 章, 其中讲授 8 学时, 上机操作 4 学时。若学习全部内容应安排 30 学时, 其中讲授 18 学时, 上机实验 12 学时。

由于编者水平所限, 加之时间仓促, 书中难免有错误和不妥之处, 欢迎读者批评指正。

编 者
2002 年 8 月

目 录

1 可编程控制器的组成及工作原理	1
1.1 概 述	1
1.1.1 可编程控制器的发展	1
1.1.2 可编程控制器的主要特点	2
1.2 可编程控制器的内部结构及功能	3
1.2.1 可编程控制器的系统组成	3
1.2.2 可编程控制器的内部结构及功能	4
1.3 可编程控制器的工作原理	6
1.3.1 可编程控制系统的硬件组成	6
1.3.2 可编程控制器的编程语言	7
1.3.3 可编程控制器的工作过程	10
1.4 CPU311/00 型可编程控制器	10
1.5 小 结	12
习 题	14
2 梯形图语言编程基础	15
2.1 梯形图逻辑结构	15
2.1.1 梯形图逻辑段	15
2.1.2 梯形图逻辑网络	15
2.1.3 逻辑网络扫描顺序	16
2.2 继电器类元素	17
2.3 定时器与计数器	19
2.3.1 定时器功能块	19
2.3.2 定时器应用举例	20
2.3.3 计数器功能块	22
2.4 梯形图编程规则和方法	23
2.4.1 梯形图设计规则	23
2.4.2 梯形图编程方法	24
2.5 编程举例	25
2.5.1 限位控制电路	25
2.5.2 自动往返行程控制电路	26
2.5.3 异步机 Y/Δ 启动控制	27
2.5.4 按时间顺序工作的控制电路	28
习 题	29

3 可编程控制器的其他功能	31
3.1 算术运算功能	31
3.1.1 加法运算功能块	31
3.1.2 减法运算功能块	32
3.1.3 乘法运算功能块	33
3.1.4 除法运算功能块	33
3.1.5 算术运算功能应用举例	34
3.2 数据传送功能	35
3.2.1 寄存器到数据表传送 R→T 指令	36
3.2.2 数据表到寄存器传送 T→R 指令	37
3.2.3 数据表到数据表传送 T→T 指令	37
3.2.4 数据块传送 BLKM 指令	38
3.2.5 数据压入堆栈 FIN 指令	38
3.2.6 数据弹出堆栈 FOUT 指令	39
3.2.7 数据检索 SRCH 指令	39
3.3 逻辑运算功能	40
3.3.1 “与”“或”“异或”“求反”逻辑操作指令	40
3.3.2 数据位比较 CMPR 指令	42
3.3.3 数据位修改 MBIT 指令	42
3.3.4 数据位测试 SENS 指令	43
3.3.5 数据位移位 BROT 指令	43
3.4 顺序控制功能	44
3.4.1 概 述	44
3.4.2 SCIF 指令格式	44
3.4.3 应用举例	45
3.5 子程序指令	46
3.5.1 子程序调用 JSR 指令	47
3.5.2 标号 LAB 指令	47
3.5.3 返回 RET 指令	47
3.5.4 子程序应用举例	47
3.6 跳步 SKP 指令	48
4 手持编程器的使用方法	50
4.1 手持编程器的外型结构和功能	50
4.2 HHP 的启动与 PLC 的系统配置	52
4.2.1 HHP 的启动	52
4.2.2 PLC 的系统配置	52
4.2.3 自动配置 PLC 系统参数	53

4.3 梯形图元素的输入和编辑	54
4.3.1 主菜单的功能	54
4.3.2 节点符号	55
4.3.3 继电器元素的输入	57
4.3.4 计数器和定时器的输入	59
4.3.5 其他功能块的输入	60
4.4 编辑逻辑网络	61
4.4.1 插入逻辑网络	61
4.4.2 浏览逻辑网络	62
4.4.3 删除逻辑网络	62
4.4.4 修改逻辑网络	62
4.5 PLC 的监控	63
4.5.1 控制 PLC 的运行与停止	63
4.5.2 I/O 点的强制通断控制	63
4.5.3 逻辑数据的编辑	64
4.5.4 HHP 与 PLC 的数据传送	65
4.6 HHP 的链接	67
4.6.1 主机使用子机全部 I/O 资源	67
4.6.2 主机使用子机部分 I/O 资源	69
4.7 HHP 的其他功能	70
5 MODSOFT 编程软件	71
5.1 MODSOFT 的主要功能	71
5.2 MODSOFT 的启动和退出	71
5.2.1 启动 MODSOFT	72
5.2.2 退出 MODSOFT	73
5.3 MODSOFT 的结构和人机交互界面	73
5.3.1 选择菜单功能项	73
5.3.2 显示帮助信息	74
5.4 MODSOFT 主菜单功能概述	74
5.4.1 Utility (公用程序)	74
5.4.2 Offline (离线方式)	74
5.4.3 Online (在线方式)	75
5.4.4 Combined (联合方式)	75
5.4.5 Transfer (传送)	75
5.4.6 Tools (工具)	76
5.5 MODSOFT 的使用方法	76
5.5.1 逻辑程序的建立和保存	76
5.5.2 从编程器传送程序到控制器	83

5.5.3 程序的运行监视	83
6 PLC 的 I/O 扩展链路	86
6.1 PLC 的工作方式和 I/O 扩展链路	86
6.2 I/O 扩展链路的组态	87
6.2.1 主机组态	87
6.2.2 子机组态	90
7 实验指导书	93
实验 1 手持编程器的使用	95
实验 2 交通灯控制电路	98
实验 3 运料车顺序控制	103
实验 4 圆盘定位控制的程序设计	106
实验 5 传输线控制的程序设计	109
实验 6 混料罐控制的程序设计	110
实验 7 小车自动选向、定位控制实验	111
实验 8 电梯控制实验	114
实验 9 算术逻辑指令的程序设计	118
实验 10 可编程控制器的链接	122
参考文献	124

1 可编程控制器的组成及工作原理

1.1 概 述

1.1.1 可编程控制器的发展

在现代化生产过程中,许多机械设备、冶金设备、自动生产线等,均需要配备电气控制装置。例如,电动机的可逆控制、液压系统电磁阀控制、大容量异步电机的 Y/ (启动控制、皮带运输机的连锁控制、组合机床的协调控制以及机器人的自动控制,等等。控制设备的输入信号,以按钮开关、主令开关、行程开关、时间继电器、压力继电器、温度继电器、过流过压继电器为主,输出信号以接触器、中间继电器或电磁阀为主。这些信号只有两种工作状态,即闭合与断开,称为开关量信号,也可以用数字 0 或 1 表示元件的工作状态,被称为数字信号或逻辑信号。

以往的电气控制装置主要采用继电器、接触器或分离的电子元件来实现,叫做继电器接触控制电路。这种电气装置体积大,生产周期长,费工费时,接线复杂,焊点多,故障率高,可靠性差。控制功能略加变动,就需重新进行硬件组合、改变接线或增加元件。由于生产的飞速发展,人们对这些自控装置提出了更通用、更灵活、更经济和更可靠的要求,采用固定接线完成固定控制功能的装置显然不能适应这种要求。

随着电子工业的发展,一些可编程序的控制设备相继问世,如可编程序顺序控制器 (Programmable Sequence Controller, 简称 PSC) 或可编程序矩阵控制器 (Programmable Matrix Controller, 简称 PMC)。它们均可以通过改变控制板接线或二极管的物理位置来修改系统的控制功能,同继电器接触控制电路相比,虽然进步较大,但由于编程繁琐,对操作人员技术水平要求较高以及控制功能比较弱等原因,应用场合受到限制。当时计算机控制技术已开始应用到工业控制领域,也由于计算机技术复杂、编程很不方便、价格较昂贵等原因,未得到广泛应用。

1968 年,美国通用汽车公司 (GM 公司),为了适应汽车型号不断翻新的要求,想寻找一种方法,尽可能地减少重新设计继电器接触控制系统和接线,降低成本,缩短生产周期,设想把计算机功能完善、灵活、通用等优点与继电器接触控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜的优点结合起来,制成一种通用控制装置,并把计算机的编程方法和程序输入方式加以简化,用面向控制过程、面向问题的“自然语言”进行编程,使得不熟悉计算机的人也能方便地使用,为此提出十点招标指标。

1969 年,美国 DEC 公司研制出第一台可编程序控制器,用在 GM 公司生产线上,并获得成功。该设备主要用于顺序控制,只能进行逻辑运算,故称为可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, 简称 PLC)。

从此,这项新技术就迅速发展起来。世界各国相继引进、研制、开发,使其功能更加

完善,应用更加广泛。我国从1974年开始试制,1977年投入工业运行。进入20世纪80年代,随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展,也使得可编程控制器逐步形成了具有特色的多种系列产品,其功能已远远超出逻辑控制、顺序控制的应用范围,故称为可编程控制器(Programmable Controller,简称PC)。但由于PC容易和个人计算机(Personal Computer)混淆,所以我们还沿用PLC作为可编程控制器的英文缩写字母。

可编程控制器出现后,名称很不一致,为此国际电工委员会(IEC)曾于1982年11月颁布了可编程控制器标准的草案第一稿,1985年1月又发布了第二稿,对可编程控制器作了如下的规定:“可编程控制器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。它采用可编程序的存贮器,用来在其内部存贮执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,并通过数字式、模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关设备,都应按易于与工业控制系统形成一个整体,易于扩充其功能的原则设计。”

同计算机的发展类似,目前PLC正朝着两个方向发展。

一个为简易、经济、超小型机型,以适应单机控制和“机电一体化”。

另一个是朝大型化、复杂化、高性能化、多层分布式工厂全自动网络化方向发展。这样的系统不仅具有逻辑运算、计时、计数等功能,还具备数值运算、模拟调节、实时监控、记录显示、计算机接口、数据传送等功能,而且还能进行中断控制、智能控制、生产过程控制、远程控制。通过网络低层的PLC可以与上位机通讯,上位机也能直接经PLC去控制执行机构,配备数据采集系统、数据分析系统、彩色图象系统的操纵台,可以管理、控制生产线、生产流程、生产车间或整个工厂,实现自动化工厂的全部要求。

总之,PLC控制将成为当前和今后工业控制的主要手段和重要的基础控制设备之一。在未来的工业生产中,PLC技术、机器人和CAD/CAM技术,将成为实现工业生产自动化的三大支柱。

1.1.2 可编程控制器的主要特点

可编程控制器是以微处理器作为控制核心,综合了计算机与自动化技术而开发的新型工业控制器,具备许多特点。这些特点和它独特的软、硬件设计密切相连,现加以简单介绍。

(1) 抗干扰能力强可靠性高

工业生产的特定环境要求控制设备具有极强的抗干扰能力,能在恶劣的电气环境中稳定工作,对可靠性要求很高。如核电站、化工生产、轧钢设备、高炉控制等,均要求自动控制系统具有很高的平均无故障率和很短的修复时间。

PLC在硬件上采用屏蔽技术减少空间电磁干扰;使用滤波方法滤除线路干扰,削弱各种模块之间的相互影响;选用光电耦合器件隔离输入输出间的电联系,避免了PLC的误动作;采用模块化结构,缩短平均修复时间。软件方面增加了很多自检、自诊断环节,实时监测输入输出接口的工作状态,确保数据的准确性。另外还配备了软件狗,当软件运行超过规定的扫描时间,终止工作。设计了数据保护和恢复环节,当PLC检测到故障时,立即把状态信息保存起来,并以软硬件配合对内存进行封锁,防止内容破坏。待外部故障消除后,再将状态信息恢复,转入正常的工作状态。

(2) 编程简单使用方便

PLC 采用继电器接触控制形式的梯形图进行编程, 这种方法既继承了传统控制线路清晰直观的优点, 又兼顾了大多数现场人员的读图习惯及计算机的应用水平, 容易被电气、自控人员所接受, 有利于在工矿企业中普及推广。

PLC 采用模块化结构, 可根据工艺要求进行组合, 系统构成十分灵活。由于内部不需要接线, 外部接线简单, 所以安装非常方便。PLC 的输入输出信号均由发光管提示, 工作状态一目了然, 出了故障很易判断, 维修方便。另外, 控制软件可以复制, 编制一套程序可供相同控制性能的系统采用。

(3) 功能齐全应用广泛

可编程控制器与继电器接触控制系统相比, 控制方式由硬件接线改为软件控制, 控制功能由简单的逻辑控制变为能完成复杂数学运算的直接数字控制系统, 可进行较复杂的生产过程控制。PLC 的联网、通讯能力很强, 可一对一通讯, 也可进行多台通讯。还可以组成局部环网, 并通过桥接, 将成千上万的 PLC、PC 机和各种外部设备组织在一个网内, 使工业控制从单台设备的点, 扩大到多台设备的线, 再发展到整个厂区的面。完全适应了当今计算机集成制造系统 (CIMS) 及智能化工厂发展的需求。

PLC 在国内外已广泛应用到钢铁、采矿、石油、水泥、化工、电力、机械制造、造纸、纺织、娱乐、军事等各行各业。按应用类型它可以分为以下几种。

① 用于开关逻辑控制。这是 PLC 最基本的应用场合, 取代继电器接触控制装置。如机床电器、电机控制中心。也可以取代顺序控制或程序控制, 如高炉上料; 仓库货物存取、运输、检测; 电梯控制; 皮带运输机控制等系统。主要用于单台设备控制、多机群控制以及生产线的自动化控制。

② 用于闭环过程控制。增加 A/D、D/A 模块, 配合适当的 PID 软件, PLC 可以执行比例控制、PID 控制和串联控制, 可用于锅炉、冷冻、反应堆、水处理, 炉窑控制等。还可以用于闭环的位置控制或速度控制, 如连轧机、自动电焊机的控制等。

③ 用于机械加工的数字化控制。PLC 能和机械加工中的数字控制 (NC) 及计算机数字控制装置 (CNC) 组成一体, 实现数值控制, 组成数控机床或加工中心。

④ 用于机器人控制。可用一台 PLC 实现 3-6 轴机器人的控制, 完成各种机械动作。

⑤ 用于组成多级控制。通过网络系统实现全厂生产自动化。

1.2 可编程控制器的内部结构及功能

1.2.1 可编程控制器的系统组成

PLC 分为小型机、中型机和大型机三种, 本书仅介绍应用较普遍的小型机。这种机型多为箱体式结构, 由主箱体、扩展箱体、特殊模块单元、手持编程器、外部设备组成。仅用主箱体和手持编程器即可以实现对外控制, 故主箱体也称主机或 CPU 箱体。采用可编程控制器组成的控制装置如图 1-1 所示。

从图中可以看出, 可编程控制装置的硬件由 4 部分组成。

① 可编程主机。它是控制核心, 完成数据采集、执行用户程序和启停现场设备。

② 输入设备。指现场的检测设备，如按钮、选择开关、接触器接点等开关元件；温度、流量、转速等模拟信号传感器；也可以是输入数字信号的设备，如数控机床、计算机等。

③ 输出设备。它包括现场所有需要控制的电气设备，如接触器、信号灯、电磁阀等。

④ 外部设备。可编程控制器在运行前，必须将用户编制的应用程序输入到内存，可以使用手持编程器或 PC 计算机完成程序的编制、调试、修改和输入工作。手持编程器适合现场使用，而 PC 计算机的编程功能完善，适合程序的初期编制。当程序正确无误时，PLC 可以独立运行。其他设备可以根据需要选择，外部设备都通过电缆与 PLC 通讯口相连接。

1.2.2 可编程控制器的内部结构及功能

从图 1-1 可以看出，PLC 的内部结构与计算机完全相同，它就是一台适合于工业现场使用的专用计算机。下面具体介绍各单元的作用。

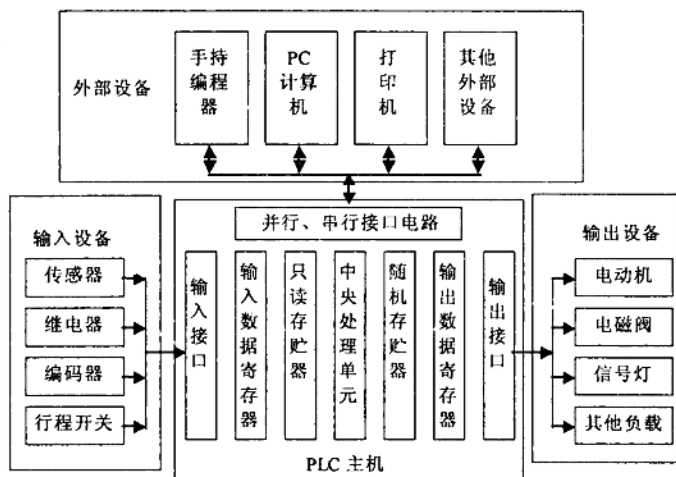


图 1-1 可编程控制装置的基本组成

(1) 中央处理单元 CPU

与普通计算机一样，CPU 是系统的核心部件，由大规模或超大规模的集成电路微处理芯片构成，主要完成运算和控制任务，可以接受并存贮从编程器输入的用户程序和数据。进入运行状态后，用扫描的方式接受输入装置的状态或数据，从内存逐条读取用户程序，经过命令解释后按指令规定产生相应的控制信号。分时、分渠道地执行数据的存取、传送、比较和变换等处理过程，完成用户程序所设计的逻辑或算术运算任务，并根据运算结果控制输出设备的启停或进行数据通讯。PLC 中所使用的 CPU 多为 8 位字长的单片机，为增加控制功能和提高实时处理速度，16 位或 32 位单片机也在高性能 PLC 设备中使用。

(2) 存储器

按照物理性能存储器可以分为两类，随机存储器（RAM）和只读存储器（ROM）。

随机存储器与数字电路中的触发器很相似，每位可以代表一个二进制数，在刚开始工作时，它的状态是随机的，只有经过置“1”或清“0”的操作后，它的状态才确定。若关

断电源, 状态又丢失。这种存储器可以进行读、写操作, 主要用来存储用户编制的梯形图, 输入输出状态, 计数、计时值以及系统组态参数。为防止断电后数据丢失, 可采用后备电池进行数据保护, 一般可以保存 1~5 年, 当电池电压降低时, 欠压指示灯发光, 提醒用户更换电池。

PLC 和计算机一样, 需要配备自身控制的监控程序、用户梯形图的解释程序以及功能子程序等, 这些程序必须固化, 即每次上电可以立即执行, 一般采用只读存储器。这种存储器中的数据能够长期保存, 但使用前要将数据装入, 运行时数据不能修改。只读存储器有多种型号, 使用方法也各不相同。

① 掩膜 ROM。这种 ROM 在工厂生产时, 用掩膜技术将程序写入, 成本低, 不能更改。

② 可编程 PROM。这种 ROM 可以由用户编程, 将数据一次性写入, 也不能再进行更改。

③ 可擦除可编程 EPROM。这种 ROM 用户可以编程使用, 若需要修改, 可用紫外线灯光对芯片进行照射, 程序被擦除, 然后再重新写入。由于使用方便, 得到广泛应用。

④ 电擦除可编程 EEPROM。这种 ROM 与 EPROM 一样, 用户可以编程及修改, 由于它不用紫外线光, 而采用电擦除, 所以可以在线编程, 使用更方便灵活。在 PLC 设备中, 常采用这种 ROM 固化系统程序或用户程序, 通过外部编程器修改系统程序可以改进 PLC 控制性能, 用它存储用户程序能避免后备电池失效时对系统运行的影响。

存储器容量用 K 表示, 1K 等于 1024 个内存单元。和一般微机不同, PLC 中每个用户存储单元包括 16 位二进制数。

(3) 输入接口电路

可编程控制器的控制对象是工业生产设备或工业生产过程, 它的工作环境是工业现场, 它与工业生产过程的联系是通过输入/输出 (I/O) 接口模板实现的。

通过输入接口可以检测被控对象或被控生产过程的各种参数, 它的主要作用有 2 个。

① 接受、转换输入信号。能够连接可编程控制器的输入设备很多, 输入信号也是各种各样的。有使用交流 220V 的强电设备, 如按钮开关、切换开关、接触器辅助触点。也有使用 12V 或 24V 直流电源的限位开关、传感器。还有计算机或测试设备输入的直流 5V 信号。输入接口可以将上述信号转换成标准的逻辑电平供 CPU 采集。

② 隔离、滤波。为消除输入设备对 PLC 的电磁干扰, 输入接口采用由光电耦合器构成的隔离电路。光电耦合器的原侧是一个发光二极管, 副侧为光电三极管, 当二极管通电发光时, 三极管基极受到光线照射而导通。由于两个器件之间有一定距离, 所以电气联系被完全切除, 提高了工作的可靠性。电路中加入了阻容滤波电路, 进一步增强了抗干扰性能。

常用的输入接口电路如图 1-2 所示。

(4) 输出接口电路

CPU 输出为标准的逻辑电压信号, 为适应工业现场各种执行设备的需要, 必须使用输出接口电路。输出也采用光电隔离并有 3 种方式, 即继电器、晶体管和双向可控硅。继电器输出适合低速、大功率负载。高速、大功率则采用双向可控硅。高速、小功率可用晶体管。

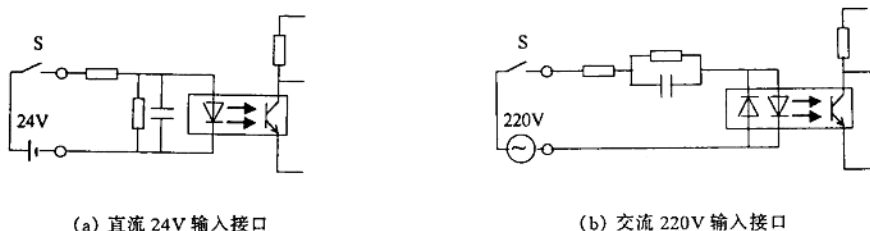


图 1-2 输入接口电路

常用的输出接口电路如图 1-3 所示。

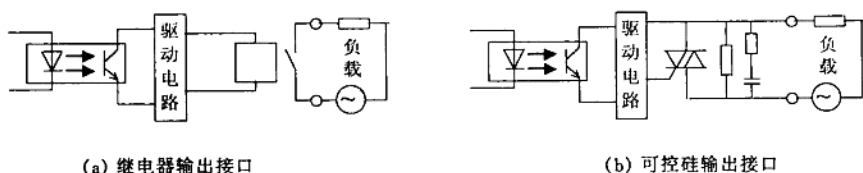


图 1-3 输出接口电路

(5) 输入/输出数据寄存器

输入输出寄存器是在内存 RAM 区开辟的单元, 用来存贮输入设备和输出信号的状态信息。可编程控制器是以扫描方式循环工作的, 首先采集输入设备状态, 然后逐条解算用户程序, 确定输出信号的控制状态, 最后进行输出。由于输入设备的变化是随机的, 在 PLC 解算用户程序过程中, 如果输入信号状态改变, 将发生逻辑混乱, 程序无法正确运行。为避免上述情况发生, 在采集输入设备状态后, 将信息放到输入寄存器保存, 以该状态作为输入参数解算用户程序, 即使输入设备发生变化, 输入寄存器的数据也不受影响。同样, 在解算用户程序过程中, 将输出设备的状态变化先保存到输出寄存器中, 解算结束后再一次性送到输出锁存器, 经输出接口电路驱动设备运行。

1.3 可编程控制器的工作原理

1.3.1 可编程控制系统的硬件组成

可编程控制器的核心是单片计算机, 具有微机的许多特点, 但它的使用和工作方式却与微机有很大不同。

图 1-4 是我们熟悉的异步电动机可逆控制电路。SB1 是常闭按钮, SBF 和 SBR 是常开按钮, KMF 和 KMR 是正反转控制接触器, KH 为热继电器。可以将继电器接触控制电路分为三部分, 按钮开关和热继电器为输入部分; 接触器为输出部分; 由连接导线确定的控制功能可称为逻辑部分。

用 PLC 取代继电器接触控制, 实现异步机可逆控制的硬件电路如图 1-5 所示。

可以看出, PLC 控制电路同样由输入、输出和逻辑 3 部分组成。与继电器接触控制电路相比, PLC 将输入输出完全隔离, 逻辑功能由 PLC 实现。在继电器接触控制电路中, 输入信号直接控制输出, 两者之间有密切的电气联系。PLC 控制电路中, 输入和输出相对独立, 输入信号的变化可以送到 PLC, 但输出电路的动作却由 PLC 执行反映控制要求的

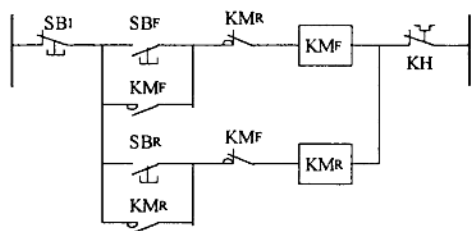


图 1-4 异步机可逆控制电路

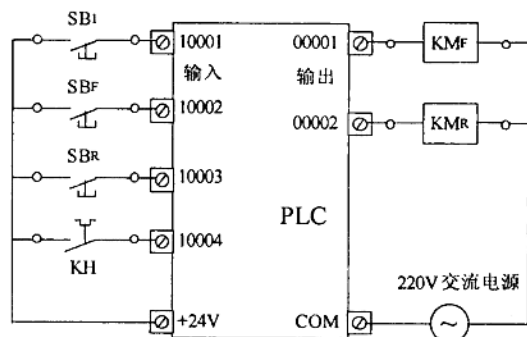


图 1-5 PLC 可逆控制硬件电路

用户程序来实现。因此，在硬件电路不变的情况下，向 PLC 送入不同的用户程序，可实现不同的控制功能。

由于输入电路的作用是向 PLC 送信息，故开关元件的选择不受原继电器接触控制电路的限制。例如，在图 1-4 中，停机按钮 SB₁ 必须采用常闭按钮，启动按钮 SB_F、SB_R 应选用常开按钮，否则不能正常工作。而在图 1-5 中，按钮只反映命令状态，可以选常开，也可以选常闭。再如，图 1-4 中，逻辑部分是用导线把主令开关、辅助接点、继电器和接触器等物理器件适当连接实现的，辅助接点的数量和常开常闭功能，由逻辑设计决定，当接触器的辅助接点不足时，须增加中间继电器。

在 PLC 中，逻辑功能由软件实现，为了保证在 CPU 解算用户程序时输入输出数据的稳定。在 PLC 的工作数据存贮区，开辟有输入输出数据映象区，用地址固定的内存单元表示同一编号输入输出设备，实质上是存贮器中的每一位触发器，也称为“软继电器”。解算用户程序运行时，CPU 仅读取“软继电器”的状态。因此，触点的状态和数量均不受限制，不仅编程灵活，而且避免了复杂接线。软继电器永不磨损，既减少了故障点，又提高了系统的可靠性。

1.3.2 可编程控制器的编程语言

PLC 的突出优点是硬件简单，使用灵活，由用户程序确定控制功能。运行前要用编程器将用户程序送入存贮器，编程语言有梯形图语言；指令表（助记符）语言；流程图语言和布尔代数语言，常用的是前两种。

(1) 梯形图语言

PLC 的设计宗旨是方便现场人员的应用，使微机控制技术能得到推广和普及。因此，大多数的 PLC 采用继电器接触控制形式的“梯形图”编程方式。这种面向生产过程的编程方式，既继承了传统控制电路的清晰直观感，又照顾到大多数人的读图习惯。

图 1-6 是异步机可逆控制电路使用的梯形图。可以看出，图形结构与图 1-4 完全一致，但梯形图的编制对于不同型号的 PLC 略有差异，本书使用的是 MODICON 公司 984 系列 PLC 的编程规则。

图 1-6 中使用了 3 种梯形图符号：

—|— 常开触点：可表示常开按钮；继电器、接触器的常开触点。

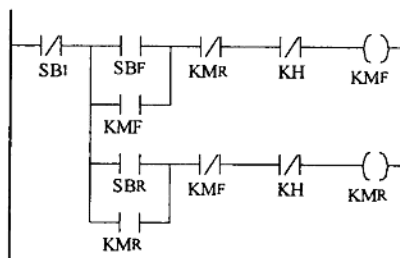


图 1-6 异步机可逆控制电路梯形图

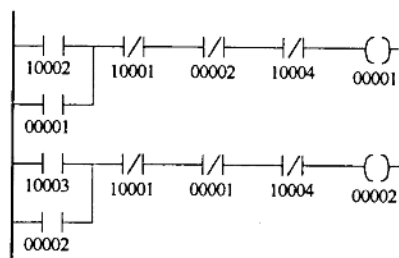


图 1-7 异步机可逆控制标准梯形图

—|/|— 常闭触点：可表示常闭按钮；继电器、接触器的常闭触点。

—()— 输出线圈：可表示继电器、接触器等输出元件。

运行前先将梯形图装入 PLC 的存储器，合电后，两个接触器均不工作，相应的常开触点断开、常闭触点闭合。CPU 先采集输入信号，将它们的状态存入输入寄存器，也就是输入设备映象区。然后执行梯形图，由于梯形图的解算是根据输入设备的映象进行的，所以在解算程序过程中，即使输入信号发生变化，也不会影响本次程序的运行，这就保证了系统的稳定性。若 SBF 按钮压合，则 KMF 线圈得电，CPU 将输出映象区与 KMF 对应的触发器置“1”，梯形图中与 KMF 对应的触点状态取反，KMF 常开触点自保，KMF 常闭触点将 KMR 的梯形图切断，KMR 线圈不通，KMR 的触发器保持“0”状态，实现了电气连锁。整个梯形图解算完成后，CPU 把输出映象区各触发器的状态同时送到锁存、驱动电路。此时，正转接触器 KMF，也就是“硬接触器”KMF 才真正闭合，电机开始正向运行。CPU 重新采集输入信号，重复上述过程。

图 1-6 是为了和继电器控制电路相比较而编写的非标准梯形图，图 1-7 才是实际使用的标准梯形图，区别在于输入输出图形的编号选择上。MODICON 公司 984 系列 CPU311/00 型 PLC 输入/输出点 (I/O 点) 的数量，可由用户自行确定，但物理接点只有 28 个，16 个开关量输入，编号是 10001~10016，12 个开关量输出，编号从 00001~00012，其余为软接点。编写梯形图时，实际的输入输出设备必须赋予惟一的物理接点编号，称 I/O 分配表，见表 1-1。

表 1-1

I/O 分配表

输入设备	编 号	输出设备	编 号
停止按钮 SB ₁	10001	正向线圈 KM _F	00001
正向按钮 SB _F	10002	反向线圈 KM _R	00002
反向按钮 SBR	10003		
热继电器 TH	10004		

只要严格遵循梯形图的编写规则，就可以设计所需的逻辑控制功能。

PLC 控制灵活方便的优点通过实例已有所体会，但没有人会购买价格较高的 PLC 来改造一套异步机可逆控制系统。当系统复杂，如点数很多，I/O 之间除逻辑关系外，又需要一些时间关系、时序关系、算术关系等。若用继电器的办法，就无法实现了。而 PLC 的梯形图中不仅有常规的按钮、继电器等开关元件，也有定时器、计数器，还包括算术逻

辑运算、数据传送、模拟量控制等功能。系统越复杂, PLC 的优势越突出。

(2) 助记符语言

用梯形图编程虽然直观、简便, 但需要上位机或较大的显示器方可输入图形符号。一些小型机则选用助记符语言, 它类似计算机中的汇编语言, 助记符的设计与梯形图密切相关, 可以很方便的将梯形图转换成助记符语言。PLC 中最基本的运算是逻辑运算, 故一般都有逻辑运算指令, 如“与”、“或”、“非”等, 这些指令再加上“输入”、“输出”、“结束”等指令就构成了 PLC 的基本指令。各厂家基本指令使用的助记符有所区别, 下面简单介绍日本 OMRON 公司 P 型机使用的助记符语言, 供大家参考。

助记符基本指令:

LD: 表示从起始处输入一个逻辑变量。

AND: 逻辑“与”, 表示逻辑变量串联。

OR: 逻辑“或”, 表示逻辑变量并联。

NOT: 逻辑“非”, 表示逻辑变量取反。

OUT: 表示输出一个逻辑变量。

END: 表示程序结束。

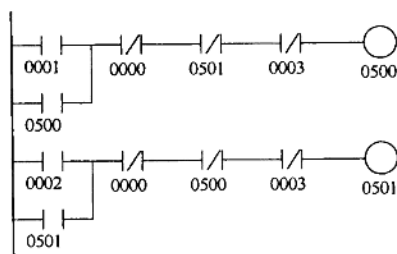


图 1-8 异步机可逆控制电路梯形图

助记符编程, 就是将梯形图转换成助记符指令序列。按 OMRON 规定可画出图 1-8 所示的梯形图, 与图 1-7 相比较, I/O 点的编号不同, 输出线圈的画法也略有区别, 但图形结构完全一致。该梯形图可用助记符表示如下。

助记符	编 号	简 要 说 明
LD	0001	; 从最左端起始处输入正向启动的常开按钮 0001。
OR	0500	; 正转接触器 0500 的自保常开接点同 0001 并联。
AND-NOT	0000	; 停止按钮 0000 状态取反, 即常闭点同 0001 串联。
AND-NOT	0501	; 反转接触器 0501 的连锁常闭接点同线路串联。
AND-NOT	0003	; 热继电器 0003 的常闭接点同线路串联。
OUT	0500	; 输出到正转接触器 0500。
LD	0002	; 从最左端起始处输入反向启动的常开按钮 0002。
OR	0501	; 正转接触器 0501 的自保常开接点同 0002 并联。
AND-NOT	0000	; 停止按钮 0000 状态取反, 即常闭点同 0002 串联。
AND-NOT	0500	; 正转接触器 0500 的连锁常闭接点同线路串联。
AND-NOT	0003	; 热继电器 0003 的常闭接点同线路串联。
OUT	0501	; 输出到反转接触器 0501。
END		; 程序结束。

将助记符和对应的设备编号送入可编程控制器, CPU 分析执行助记符语言程序, 就能实现梯形图的控制功能。可见, 熟悉梯形图使用、稍懂得一点计算机汇编语言的人员, 很容易掌握助记符语言的程序设计。

本书重点介绍梯形图语言, 要想进一步了解助记符语言的编程方法, 请参考其他书籍或厂家提供的使用说明书。

1.3.3 可编程控制器的工作过程

PLC 的结构与微机系统相同, 控制原理却有较大区别。微机一般采用等待用户命令的工作方式, 如常见的键盘扫描方式、I/O 扫描方式或 I/O 中断方式, 有键按下或 I/O 动作时, 则转入执行相应的子程序, 完成后继续扫描。PLC 则采用循环扫描工作方式, 简单工作原理用图 1-9 的运行流程加以说明。

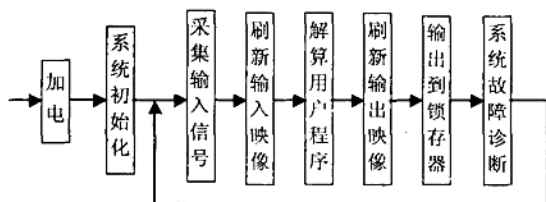


图 1-9 PLC 工作流程图

PLC 加电后, 马上进行性能测试, 查看系统配置内存区, 检查配置参数是否正确; 在用户程序区查找用户梯形图。若无正确配置或没有安装用户程序, PLC 停止运行, 等待用户的编程操作。如果 PLC 停机前为运行方式, 将立即进入逻辑扫描。

首先采集输入设备的状态, 并将输入信息存入映像区, 然后 CPU 开始解算用户的梯形图, 根据运算结果修改输出映像区。梯形图的解算全部完成后, 输出映像的数据送到输出锁存器, 经驱动电路控制输出设备运行。当然为了保证信号的可靠性, I/O 信号的采集和更新过程中均加入了数字滤波、采样次数限定、数据有效性检查等技术措施。最后, PLC 要进行自诊断和通讯端口的服务工作, 若诊断正常, 返回到输入设备状态采集模块, 循环运行。

从 CPU 采集输入信号开始, 到自诊断结束, 称为一个扫描周期。若输入变量在输入信号采集前发生改变, 则本次扫描期间输出端也会相应地发生变化, 或者说输出对输入产生了响应。反之, 若在采集之后输入变量才发生改变, 则本次扫描输出不变, 即没有响应, 而要等到下一次扫描期间输出才会响应。由于 PLC 采用循环扫描工作方式, 所以它的输出对输入的响应速度要受扫描周期的影响, 也就是存在输入/输出有响应滞后现象。扫描周期的长短主要取决于 CPU 执行指令的速度、每条指令占用的执行时间和程序的长短。

对于一般的工业设备来说, 响应速度不是主要的, 循环扫描的工作方式可以避开瞬间脉冲干扰, 增加了系统的抗干扰能力。但对于控制时间要求较严格、响应速度要求较快的系统, 响应滞后现象不应忽略, 要对响应时间做出精确的计算, 精心编制程序, 合理安排指令顺序, 以尽可能减少扫描周期造成响应延时的不良影响。

1.4 CPU311/00 型可编程控制器

美国 MODICON 公司 CPU311/00 型可编程控制器的外形如图 1-10 所示。

(1) 交流电源输入端子

可编程控制器可以接 220V 和 115V 两种交流电源, 见图 1-11。

① 将 1, 2 短接; 3, 4 短接, 1 和 3 可接 115V 交流电源。

② 将 2, 3 短接; 1 和 4 接入 220V 交流电源。

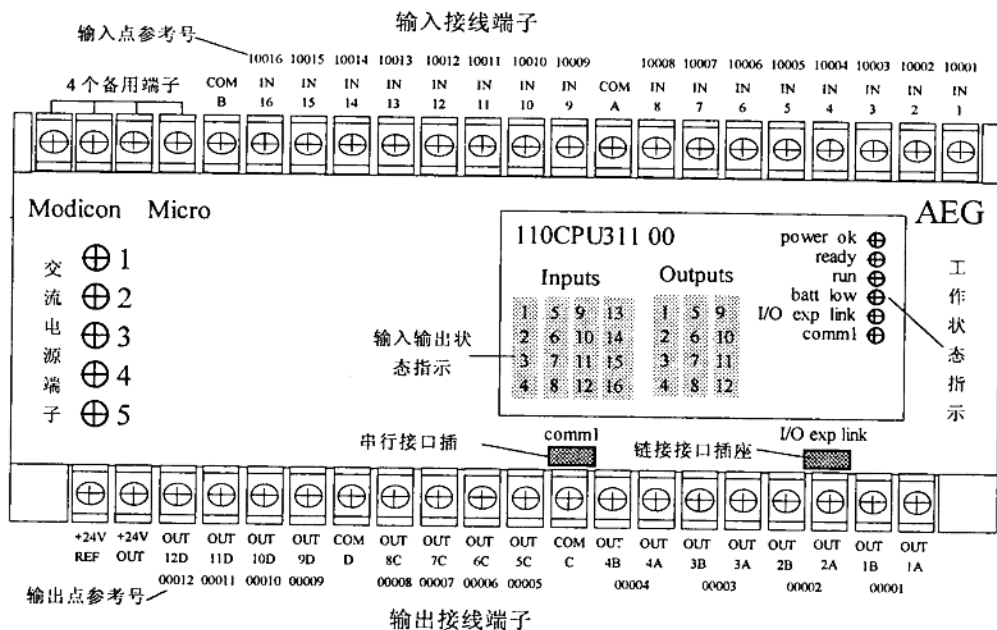


图 1-10 CPU311/00 型可编程控制器外形图

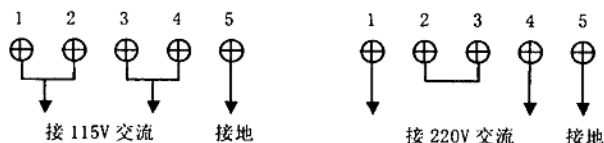


图 1-11 两种交流电源的接线方法

(2) 24V 直流输出电源

可编程控制器向用户提供了 +24V 直流电源，可供输入端子使用，+24V REF 端为负极，+24V OUT 端为正极。

(3) 输入接线端子

可编程控制器有 16 点输入，接线端子分成两组，1 到 8 为一组，COMA 为公共端，9 到 16 为第二组，COMB 为公共端。可以使用按钮开关、行程开关等元件将 24V 直流电与输入端接通，此时显示板的对应指示灯亮，表示接点闭合。24V 直流电源可外接，也可使用可编程控制器提供的 24V 电源，即将 COMA、COMB 与 +24V REF 连接，再经过开关元件把 +24V OUT 与输入端接通。

可编程控制器为了识别输入端子，将各端子赋予不同的编号，用户在编程时也应使用同一号码。每个输入端子用 5 位十进制数表示，如图 1-10 所示，第一个输入端子为 10001，第二个为 10002，第 16 个为 10016 号。每个编号都用 1 开头，表示输入信号。输入点数在系统组态时可以任意设定，但实际使用要受到不同型号主机的限制。例如