



全国机械行业职业教育优质规划教材（高职高专）  
经全国机械职业教育教学指导委员会审定

机电一体化技术专业

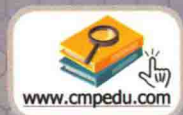
全国机械职业教育自动化类专业教学指导委员会（高职）组编

# 可编程控制器 应用技术项目式教程

王文红 李志梅 主编

.61

机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



赠 电子 课件



全国机械行业职业教育优质规划教材（高职高专）  
经全国机械职业教育教学指导委员会审定

# 可编程控制器应用技术 项目式教程

全国机械职业教育自动化类专业教学指导委员会（高职）组编

主 编 王文红 李志梅  
副主编 黄忠良 郭 琳  
参 编 唐秋红 徐 军 朱红萍  
主 审 温贻芳

机械工业出版社

本书主要以三菱 FX 系列可编程序控制器 (PLC) 为例, 采用“项目驱动, 任务引领”作为构建模式, 以“理实融合, 学做一体”作为学习路径, 以企业实际生产应用作为学习平台, 介绍可编程序控制器的基本理论知识、技术应用及工程设计。

本书以“可编程序控制器应用技术”为核心, 把 PLC 应用技术的基本知识和基本技能项目化和任务化, 精选了 6 个项目, 内化为 26 个任务, 所选实例 (项目) 涉及面广、代表性强。内容不仅包括了 PLC 的组成、工作原理、编程元件、指令系统和特殊功能模块, 还涵盖了与 PLC 相关的液压气动技术、传感器技术, PLC 与变频器、触摸屏综合应用, 以及 PLC 通信与网络等。

本书由浅入深, 通俗易懂、注重应用, 可作为高职高专院校机、电类专业理论与实践教材, 也可作为企业和行业从业人员的培训用书。

为方便教学, 本书配有免费电子课件、思考与练习答案、模拟试卷及答案等, 凡选用本书作为授课教材的教师, 均可来电免费索取。咨询电话: 010-88379375; Email: cmpgaozhi@sima.com。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

可编程序控制器应用技术项目式教程/王文红, 李志梅主编. —北京: 机械工业出版社, 2015. 6

全国机械行业职业教育优质规划教材. 高职高专

ISBN 978-7-111-50212-8

I. ①可… II. ①王… ②李… III. ①可编程序控制器—高等职业教育—教材 IV. ①TM571. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 098577 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: 于宁 责任编辑: 于宁 韩静

版式设计: 霍永明 责任校对: 潘蕊

封面设计: 鞠杨 责任印制: 刘岚

北京玥实印刷有限公司印刷

2015 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184 mm × 260 mm · 17.75 印张 · 438 千字

0001-2000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-50212-8

定价: 38.00 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

服务咨询热线: 010-88379833

机工官网: [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线: 010-88379649

机工官博: [weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

教育服务网: [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

封面防伪标均为盗版

金书网: [www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

# 前 言

可编程序控制器简称 PLC，是以微处理器为核心的工业自动控制通用装置。它具有控制功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于扩展、通用性强等一系列优点，自问世以来，获得了迅速推广普及。PLC 技术对产品质量的提高，对传统产业的转型升级，对新产品的开发等均具有重大的实际意义，也是机电一体化技术领域中的核心。为此，我们以“可编程序控制器应用技术”为核心，并结合液压气动、传感器、变频器、触摸屏等知识，编写了适合高职高专机、电类专业及相关专业使用的理论与实践一体化的《可编程序控制器应用技术项目式教程》一书。在本书编写过程中，做到了以下几点：

1) 在教材布局上，本书主要以三菱 FX 系列可编程序控制器（PLC）为例，采用“项目驱动，任务引领”作为构建模式，以“理实融合，学做一体”作为学习路径，以企业实际生产应用作为学习平台，介绍可编程序控制器的基本理论知识、技术应用及工程设计。

2) 在内容选择上，本书以“可编程序控制器应用技术”为核心，把 PLC 应用技术的基本知识和基本技能项目化和任务化，精选了 6 个项目，内化为 26 个任务，所选实例（项目）涉及面广、代表性强。内容不仅包括了 PLC 的组成、工作原理、编程元件、指令系统和特殊功能模块，还涵盖了与 PLC 相关的液压气动技术、传感器技术，PLC 与变频器的综合应用，PLC 与触摸屏的综合应用，以及 PLC 通信与网络等。

3) 在内容编排上，本书按照项目式编写方式，每个项目由若干任务组成，每个任务通过“任务分析、相关知识、任务实施、知识拓展、思考与练习”来介绍和巩固 PLC 应用技术的知识和相关技能，同时为学生提供解决实际问题的参考范例。

全书共分 6 个项目，分别为可编程序控制器应用基础，电动机 PLC 控制，数码显示及信号灯 PLC 控制，机电设备 PLC 控制，基于变频器、触摸屏的机电设备 PLC 控制，PLC 通信与网络控制。书后附有三菱 FX 系列 PLC 功能指令一览表、三菱 FR-E700 变频器命令代码一览表和 PLC 网站集锦。

本书的主要特色有：

(1) 实践性好 所有工作任务有实验、实训设备作硬件保障，重点培养学生的实际工程能力，以使理论来源于实践，并最大限度运用于实践。

(2) 实用性强 本书所选实例（项目）涉及面广、实用性强，对当前 PLC 常用的外围设备的具体应用进行介绍，如步进电动机、液压气动、传感器、变频器、触摸屏等，为学生提供解决实际问题的参考范例。

(3) 层次分明 本书的编写严格按由浅及深、循序渐进的原则，项目与工作任务由简单到复杂、由单一到综合进行序化。做到重点、难点突出，以提高学生的学习效率。

(4) 校企合作 编者队伍有企业人员加盟，共同确定本书内容，同时参照了“维修电

工国家职业标准（高级）”和“可编程序控制系统设计师（四级、三级）”的相关内容。如“基于触摸屏、变频器的塑料片材收卷机 PLC 控制”这一任务就是由张家港市新万达机械有限公司的徐军工程师选取企业中的实例编写的。

本书由王文红、李志梅主编。参加编写的有黄忠良（项目 1、3、附录 A、C）、郭琳（项目 2）、唐秋红（项目 4 中任务 1、2）、王文红（项目 4 中任务 3~8）、李志梅（项目 5 中任务 1~4、项目 6 中任务 1、2、附录 B）、徐军（项目 5 中任务 5）、朱红萍（项目 6 中任务 3）。全书由沙洲职业工学院王文红统稿，由苏州工业职业技术学院温贻芳博士主审。沙洲职业工学院机电工程系和机械动力系有关教师、张家港市新万达机械有限公司有关技术人员在本书编写过程中给予了很大帮助，编者在此表示衷心的感谢！

由于 PLC 技术发展非常迅速，应用非常广泛，加之编者所涉领域的限制，书中难免有不足和错误之处，恳请读者批评指正。

编者

# 目 录

前言	任务 8 电加热零件的恒温控制 .....	147
	习题 .....	156
<b>项目 1 可编程序控制器应用基础</b> .....	<b>项目 5 基于变频器、触摸屏的机电</b>	
任务 楼梯灯 PLC 控制 .....	<b>设备 PLC 控制</b> .....	158
习题 .....	任务 1 三相异步电动机的变频手动	
	控制 .....	158
<b>项目 2 电动机 PLC 控制</b> .....	任务 2 带输送机的 PLC 变频调速控制 .....	170
任务 1 三相电动机全压起停 PLC 控制 .....	任务 3 基于触摸屏的传输带生产线	
任务 2 三相电动机点动与连续运行	PLC 控制 .....	175
PLC 控制 .....	任务 4 基于触摸屏的物料分拣系统	
PLC 控制 .....	PLC 控制 .....	192
任务 3 三相电动机正反转 PLC 控制 .....	任务 5 基于触摸屏、变频器的塑料片材	
任务 4 三相电动机 Y- $\Delta$ 减压启动	收卷机 PLC 控制 .....	209
PLC 控制 .....	习题 .....	220
PLC 控制 .....		
任务 5 进库物品统计监控 PLC 控制 .....	<b>项目 6 PLC 通信与网络控制</b> .....	222
习题 .....	任务 1 YL-335B 自动化生产线 N : N	
	联网控制 .....	222
<b>项目 3 数码显示及信号灯 PLC</b>	任务 2 物料搅拌机的 PLC 变频通信	
<b>控制</b> .....	控制 .....	240
任务 1 LED 数码显示 PLC 控制 .....	任务 3 ME093399 型机电一体化柔性	
任务 2 抢答器 PLC 控制 .....	系统 CC-Link 网络控制 .....	256
任务 3 霓虹灯饰 PLC 控制 .....	习题 .....	267
任务 4 交通信号灯 PLC 控制 .....		
习题 .....	<b>附录</b> .....	269
	附录 A 三菱 FX 系列 PLC 功能指令	
<b>项目 4 机电设备 PLC 控制</b> .....	一览表 .....	269
任务 1 液体混合装置 PLC 控制 .....	附录 B 三菱 FR-E700 变频器命令代码	
任务 2 机械手 PLC 控制 .....	一览表 .....	275
任务 3 油压冲孔成型机 PLC 控制 .....	附录 C PLC 网站集锦 .....	277
任务 4 姿势判别机械手 PLC 控制 .....		
任务 5 颜色判别机械手 PLC 控制 .....	<b>参考文献</b> .....	278
任务 6 材质分拣与加工机 PLC 控制 .....		
任务 7 四自由度机械手 PLC 控制		
(松下) .....		
129		

# 可编程序控制器应用基础

本项目以楼梯灯 PLC 控制的工作任务为载体,介绍有关 PLC 的概念、组成、工作原理、编程软元件、编程语言、程序设计方法等方面的基础知识,通过任务的实施说明 PLC 控制系统的设计、调试与运行的方法和步骤。

## 任务 楼梯灯 PLC 控制

### 一、任务分析

居民住宅及办公楼中,经常会遇到采用楼梯灯照明的情况:在上楼时通过楼下的开关控制楼上的电灯,同样,在下楼时通过楼上的开关控制楼下的电灯。在现实生活中可以通过采用双联开关的供电线路来满足照明要求。在这里我们要设计一个 PLC 控制系统来满足楼梯灯的控制要求。

控制要求:

- 1) 能够用开关控制异层楼梯灯的亮和灭。
- 2) 每层楼的灯也要有各自的开和关控制。

现以二层楼为例。一楼安装有灯 L1 及开关 SW1、SW2,其中 SW1 控制本层灯的亮灭,SW2 控制二楼灯的亮灭。二楼上安装有灯 L2 及开关 SW3、SW4,其中 SW3 控制本层灯的亮灭,SW4 控制一楼灯的亮灭。要求采用 PLC 来实现控制要求。

### 二、相关知识

#### 1. 什么是 PLC

可编程序控制器简称为 PLC,国际电工委员会(International Electrical Committee)对 PLC 的定义:“PLC 是一种专门在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。它采用可以编制程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算等操作的指令,并能通过数字式或模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关的外围设备都应按照易于与工业控制系统形成一个整体,易于扩展其功能的原则而设计。”

#### 2. PLC 的硬件组成

可编程序控制器类型繁多,但其结构和工作原理则大同小异。可编程序控制器实质上是一种工业计算机,只不过它比一般的计算机具有更强的与工业过程相连接的接口和更直接的适应于控制要求的编程语言,故可编程序控制器与计算机的组成十分相似。

PLC 的硬件主要由中央处理器 (CPU)、存储器、输入单元 (模块)、输出单元 (模块)、通信接口、扩展接口和电源等部分组成, 如图 1-1 所示。其中, CPU 是 PLC 的核心, 输入单元与输出单元是连接现场输入/输出设备与 CPU 之间的接口电路, 通信接口用于与编程器、上位计算机等外设连接。

根据 PLC 的结构形式不同分为整体式 PLC 与模块式 PLC。图 1-1 所示为整体式 PLC 结构, 所有部件都装在同一机壳内, 而图 1-2 则为模块式 PLC 结构, 模块式 PLC 中各部件独立封装成模块, 各模块间通过总线连接, 安装在机架或导轨上。无论是哪种结构类型的 PLC, 都可根据用户需要进行配置与组合。尽管整体式 PLC 与模块式 PLC 的结构不太一样, 但各部分的功能作用是相同的, 下面对 PLC 各主要组成部分进行简单介绍:

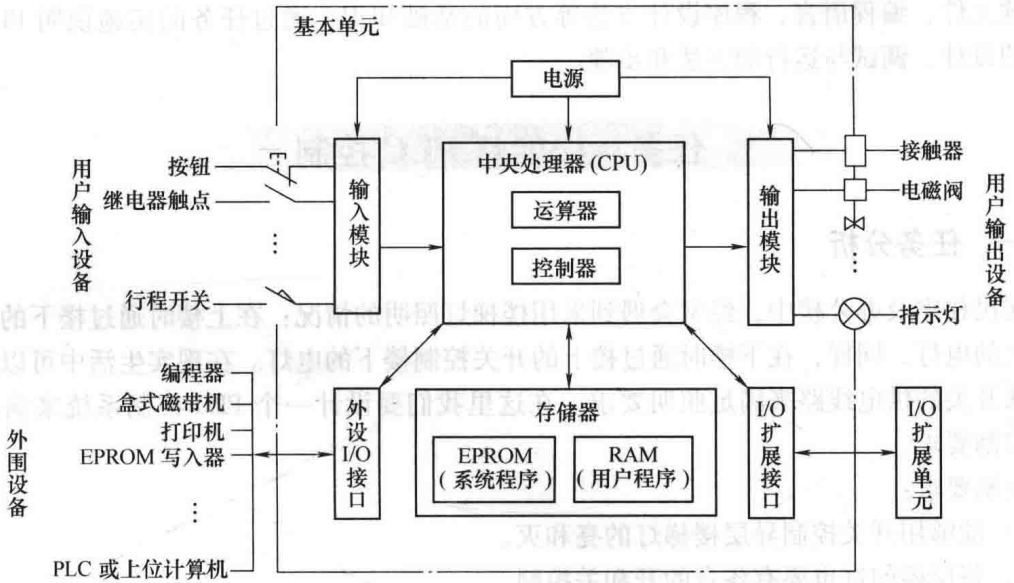


图 1-1 整体式 PLC 组成

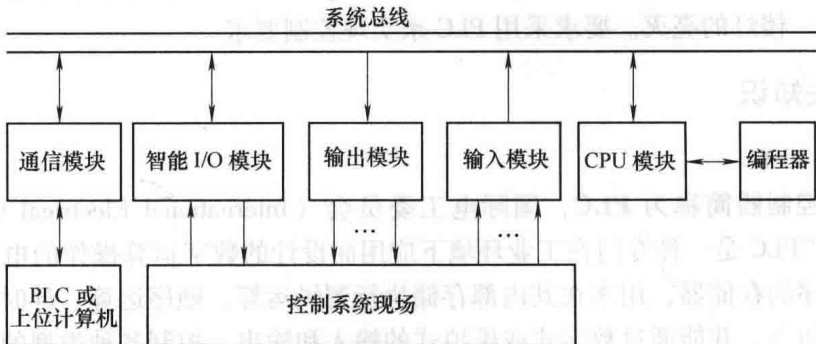


图 1-2 模块式 PLC 组成

(1) 中央处理器 (CPU) 不同型号可编程序控制器的 CPU 芯片是不同的, 有的采用通用 CPU 芯片, 如 8031、8051、8086、80826 等, 也有的采用厂家自行设计的专用 CPU 芯片 (如西门子公司的 S7-200 系列可编程序控制器均采用其自行研制的专用芯片), CPU 芯片的性能关系到可编程序控制器处理控制信号的能力与速度, CPU 位数越高, 系统处理的



信息量越大,运算速度也越快。随着 CPU 芯片技术的不断发展,可编程序控制器所用的 CPU 芯片也越来越高档。

在 PLC 中, CPU 按系统程序赋予的功能,指挥 PLC 有条不紊地进行工作,归纳起来主要有以下几个方面:

- 1) 接收从编程器输入的用户程序和数据。
- 2) 诊断电源、PLC 内部电路的工作故障和编程中的语法错误等。
- 3) 通过输入接口接收现场的状态或数据,并存入输入映像寄存器或数据寄存器中。
- 4) 从存储器逐条读取用户程序,经过解释后执行。
- 5) 根据执行的结果,更新有关标志位的状态和输出映像寄存器的内容,通过输出单元实现输出控制。
- 6) 有些 PLC 还具有制表打印或数据通信等功能。

(2) 存储器 可编程序控制器的存储器可以分为系统程序存储器、用户程序存储器及工作数据存储器三种。

1) 系统程序存储器。系统程序存储器用来存放由可编程序控制器生产厂家编写的系统程序,并固化在 ROM 内,用户不能直接更改。系统程序质量的好坏很大程度上决定了 PLC 的性能,其内容主要包括三部分:第一部分为系统管理程序,它主要控制可编程序控制器的运行,使整个可编程序控制器按部就班地工作;第二部分为用户指令解释程序,通过用户指令解释程序,将可编程序控制器的编程语言变为机器语言指令,再由 CPU 执行这些指令;第三部分为标准程序模块与系统调用程序,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,可编程序控制器的具体工作都是由这部分程序来完成的,这部分程序的多少决定了可编程序控制器性能的强弱。

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。用户程序存储器用来存放用户针对具体控制任务,用规定的可编程序控制器编程语言编写的各种用户程序。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 (用锂电池进行掉电数据保护)、EPROM 或 EEPROM 存储器,其内容可以由用户任意修改或增删。目前较先进的可编程序控制器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。工作数据存储器用来存储工作数据,即用户程序中使用的 ON/OFF 状态、数值数据等。

在工作数据区中开辟有元件映像寄存器和数据表。元件映像寄存器用来存储开关量/输出状态以及定时器、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。在可编程序控制器断电时能保持数据的存储器区称为数据保持区。

用户程序存储器和用户存储器容量的大小,关系到用户程序容量的大小和内部器件的多少,是反映 PLC 性能的重要指标之一。

(3) 输入/输出单元 输入/输出单元通常也称 I/O 单元或 I/O 模块,是 PLC 与工业生产现场之间的连接部件。PLC 通过输入接口可以检测被控对象的各种数据,以此作为 PLC 对被控对象进行控制的依据,同时 PLC 又通过输出接口将处理结果送给被控制对象,以实现控制目的。

由于外部输入设备和输出设备所需的信号电平是多种多样的，而 PLC 内部 CPU 的处理信息只能是标准电平，所以 I/O 接口要实现这种转换。I/O 接口一般都具有光电隔离和滤波功能，以提高 PLC 的抗干扰能力。另外，I/O 接口上通常还有状态指示，工作状况直观，便于维护。

PLC 提供了多种操作电平和驱动能力的 I/O 接口，有各种各样功能的 I/O 接口供用户选用。I/O 接口的主要类型有：数字量（开关量）输入、数字量（开关量）输出、模拟量输入和模拟量输出等。

常用的开关量输入接口按其使用的电源不同有三种类型：直流输入接口、交流输入接口和交/直流输入接口，其基本原理电路如图 1-3 所示。

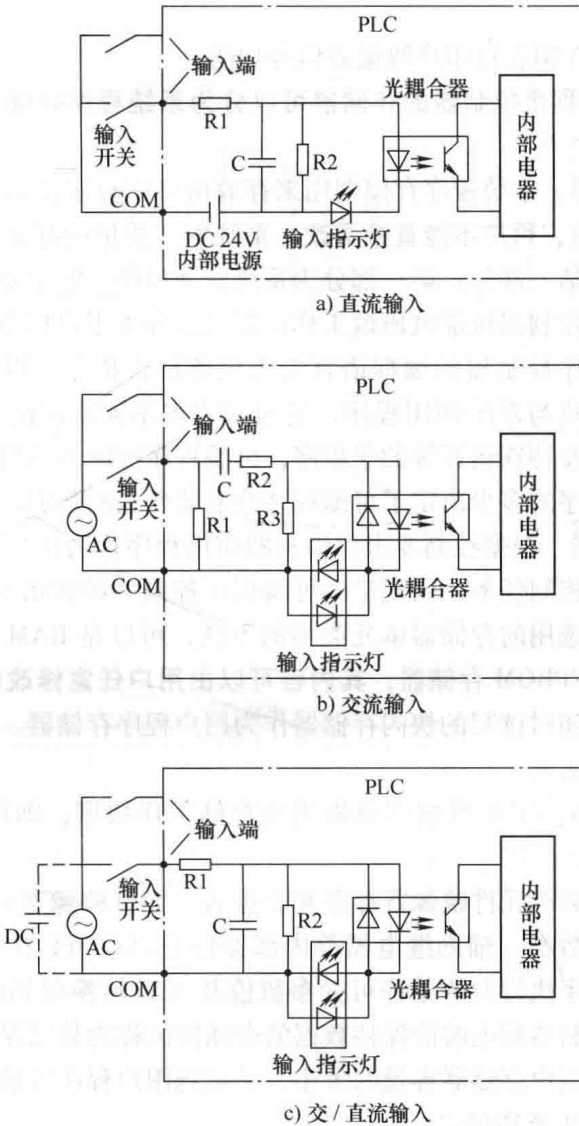


图 1-3 开关量输入接口

常用的开关量输出接口按输出开关器件的不同有三种类型：继电器输出、晶体管输出和双向晶闸管输出，其基本原理电路如图 1-4 所示。继电器输出接口可驱动交流或直流负载，

但其响应时间长，动作频率低；而晶体管输出和双向晶闸管输出接口的响应速度快，动作频率高，但前者只能用于驱动直流负载，后者只能用于驱动交流负载。

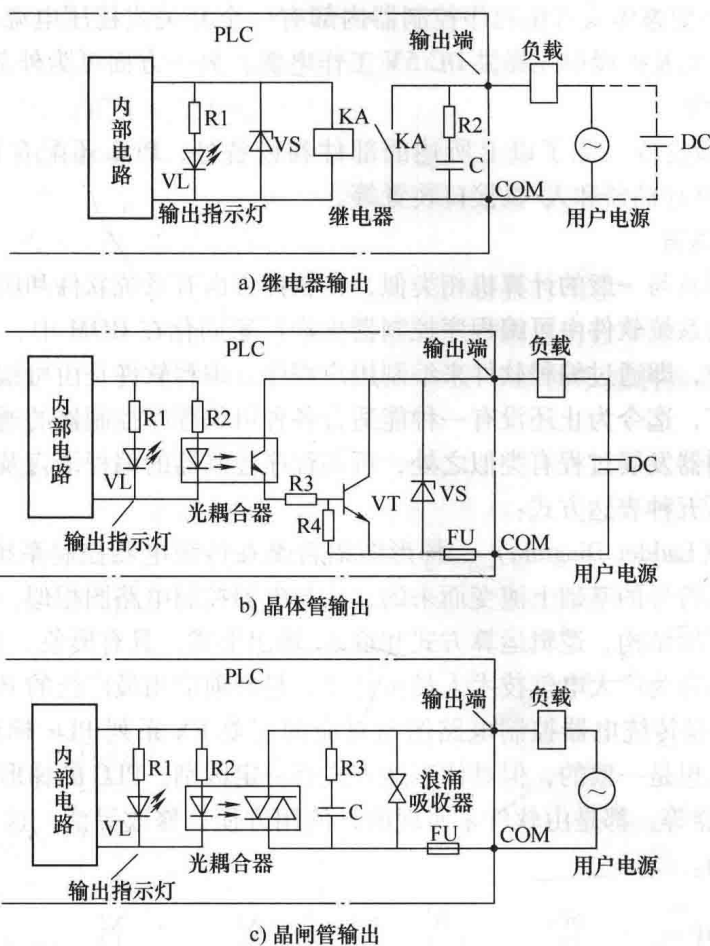


图 1-4 开关量输出接口

PLC 的 I/O 接口所能接收的输入信号个数和输出信号个数称为 PLC 输入/输出 (I/O) 点数，I/O 点数是选择 PLC 的重要依据之一。当系统的 I/O 点数不够时，可通过 PLC 的 I/O 扩展接口对系统进行扩展。

(4) 通信接口 PLC 配有各种通信接口，这些通信接口一般都带有通信处理器。PLC 通过这些通信接口可与监视器、打印机、其他 PLC、计算机等设备实现通信。

(5) 智能接口模块 智能接口模块是一个独立的计算机系统，它有自己的 CPU、系统程序、存储器以及与 PLC 系统总线相连的接口。PLC 的智能接口模块种类很多，如高速计数模块、闭环控制模块、运动控制模块和中断控制模块等。

(6) 编程装置 编程装置又称编程器，它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图形编程器，它可以联机，也可以脱机编程，具有 LCD 或 CRT 图形显示功能，可以直接输入梯形图和通过屏幕对话。目前最常用的是采用安装有

相应编程软件的普通微机作为智能型编程器，使用相应的通信电缆与可编程序控制器进行通信，这种方法使用方便灵活，目前得到了广泛应用。

(7) 电源 小型整体式可编程序控制器内部有一个开关式稳压电源。电源一方面可为 CPU 单元、I/O 单元及扩展单元提供 DC 5V 工作电源，另一方面可为外部输入元件提供 DC 24V (200mA) 电源。

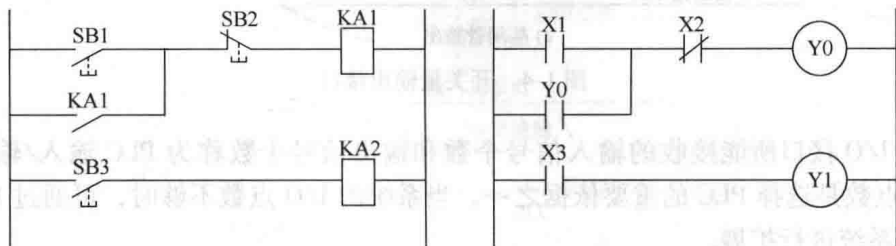
(8) 其他外部设备 除了以上所述的部件和设备外，PLC 还配有许多外围设备，如 EPROM 写入器、外存储器和人/机接口装置等。

### 3. PLC 编程语言

可编程序控制器与一般的计算机相类似，在软件方面有系统软件和应用软件之分，只是可编程序控制器的系统软件由可编程序控制器生产厂家固化在 ROM 中，一般用户只能在应用软件上进行操作，即通过编程软件来编制用户程序。编程软件是由可编程序控制器生产厂家提供的编程语言，迄今为止还没有一种能适合各种可编程序控制器的通用编程语言，但是各个可编程序控制器发展过程有类似之处，可编程序控制器的编程语言及编程工具都大体差不多，一般有如下五种表达方式：

(1) 梯形图 (Ladder Diagram) 梯形图语言是在传统电器控制系统中常用的接触器、继电器等图形表达符号的基础上演变而来的，它与电器控制电路图相似，继承了传统电器控制逻辑中使用的框架结构、逻辑运算方式和输入/输出形式，具有形象、直观、实用的特点。因此，这种编程语言为广大电气技术人员所熟知，是目前应用最广泛的 PLC 编程语言。

如图 1-5 所示是传统电器控制电路图与对应的三菱 FX 系列 PLC 梯形图。从图中可看出，两种图基本思想是一致的，但具体表达方式有一定区别。PLC 的梯形图使用的是内部继电器、定时/计数器等，都是由软件来实现的，使用方便，修改灵活，这是原电器控制电路硬接线无法比拟的。



a) 电器控制电路图

b) 三菱 FX 系列 PLC 梯形图

图 1-5 电器控制电路图与对应的三菱 FX 系列 PLC 梯形图

(2) 指令表 (Instruction List) 在 PLC 应用中，可用一系列 PLC 操作命令组成的语句表将梯形图描述出来，再通过键盘输入到 PLC 中。虽然各个 PLC 生产厂家的语句表形式不尽相同，但基本功能相差无几。表 1-1 是与图 1-5b 所示的梯形图对应的三菱 FX 系列 PLC 指令表程序。

表 1-1 指令表程序

步序号	指令	步序号	指令	步序号	指令
0	LD X1	2	ANI X2	4	LD X3
1	OR Y0	3	OUT Y0	5	OUT Y1

(3) 顺序功能图 (Sequential Function Chart)——顺序功能图又称 SFC 图、功能表图或状态转移图, 常用来编制顺序控制类程序。顺序功能图编程法可将一个复杂的控制过程按输出不同进行分解, 最终组合成一个完整的控制程序, 如图 1-6 所示, 它包含步、动作、转换三个要素。顺序功能图法体现了一种编程思想, 在程序的编制中具有很重要的意义, 在介绍步进梯形指令时将详细介绍顺序功能图编程法。

(4) 功能块图 (Function Block Diagram) 功能块图是一种类似于数字逻辑电路结构的编程语言, 由与门、或门、非门、定时器、计数器和触发器等逻辑符号组成, 有数字电路知识基础的电气技术人员较容易掌握这种方法。

(5) 结构文本 (Structure Text) 随着可编程序控制器的飞速发展, 如果许多高级功能还是用梯形图来表示, 会很不方便。为了增强可编程序控制器的数学运算、数据处理、图表显示、报表打印等功能, 方便用户的使用, 许多大中型可编程序控制器都配备了 PASCAL、BASIC、C 语言等高级编程语言。

#### 4. PLC 的工作原理

继电器控制系统是一种“硬件逻辑系统”, 如图 1-7 所示, 它的三条支路是并行工作的, 当按下按钮 SB2 后, 接触器 KM1 线圈得电, KM1 的一个常开 (又称动合) 触点闭合并自锁, 时间继电器 KT 线圈同时得电。所以继电器控制系统采用的是并行工作方式。

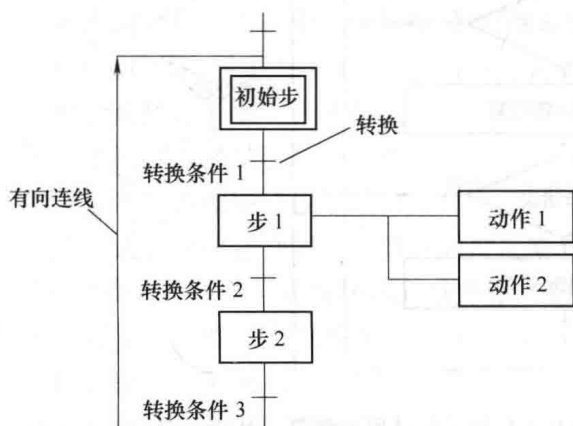


图 1-6 顺序功能图

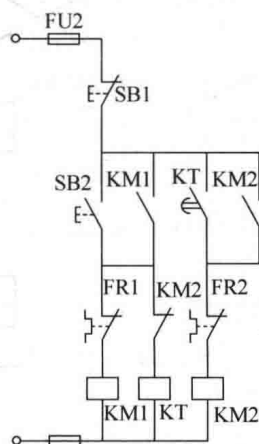


图 1-7 电器控制系统

可编程序控制器是一种工业控制计算机, 故它的工作原理是建立在计算机工作原理基础上的, 是以分时操作方式来处理各项任务的, 所以程序的执行是按程序顺序依次完成相应各电器的动作, 便成为时间上的串行。由于运算速度极高, 以三菱 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 为例, 基本指令执行时间为  $0.74\mu\text{s}/\text{步}$ , 各电器的动作似乎是同时完成的, 但实际输入/输出的响应是有滞后的。

(1) PLC 的扫描工作过程 PLC 的扫描工作过程除了执行用户程序外, 在每次扫描工作过程中还要完成内部处理、通信服务等工作。如图 1-8 所示, 整个扫描工作过程包括内部处理、输入处理、通信服务、执行程序 and 输出处理五个阶段。整个扫描过程执行一遍所需的时间称为扫描周期。

可编程序控制器的整个运行过程可分为三部分:

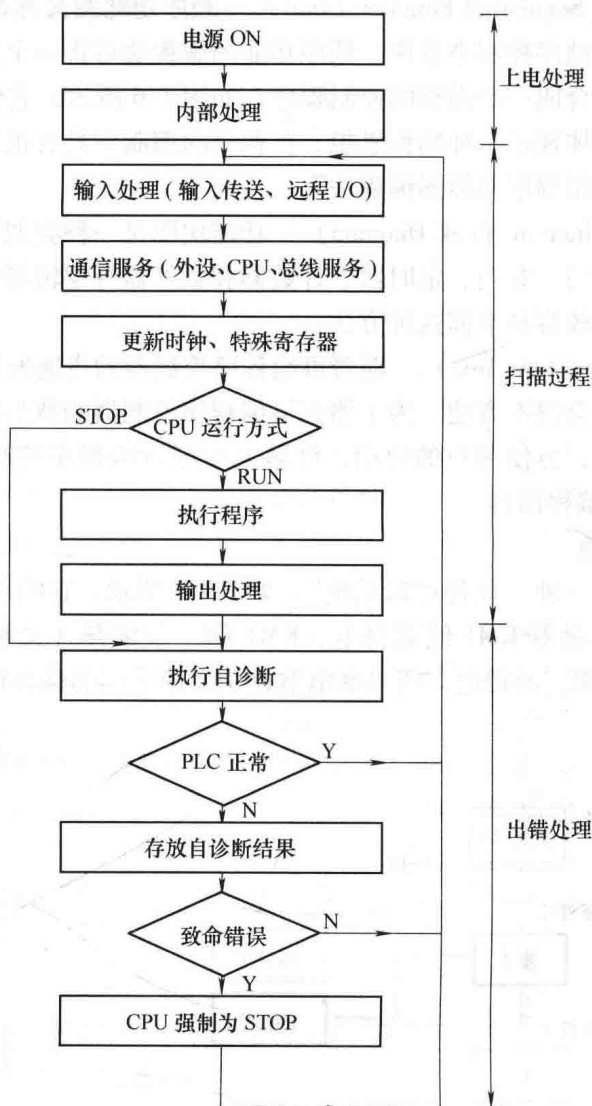


图 1-8 PLC 的扫描工作过程示意图

1) 第一部分是上电处理。可编程序控制器上电后对 PLC 系统进行一次初始化工作，包括硬件初始化、I/O 模块配置运行方式检查、停电保持范围设定及其他初始化处理等。

2) 第二部分是扫描过程。先完成输入处理，其次完成与其他外设的通信处理，再次进行时钟、特殊寄存器更新。当 CPU 处于 STOP 方式时，转入执行自诊断检查；当 CPU 处于 RUN 方式时，还要完成用户程序的执行和输出处理，再转入执行自诊断检查。

3) 第三部分是出错处理。PLC 每扫描一次，执行一次自诊断检查，确定 PLC 自身的动作是否正常，如 CPU、电池电压、程序存储器、I/O、通信等是否异常或出错，当检查出异常时，CPU 面板上的 LED 及异常继电器会接通，在特殊寄存器中会存入出错代码。当出现致命错误时，CPU 被强制为 STOP 方式，所有的扫描停止。

(2) PLC 执行程序的过程及特点 PLC 执行程序的过程分为三个阶段，即输入处理阶段、程序执行阶段和输出处理阶段，如图 1-9 所示。

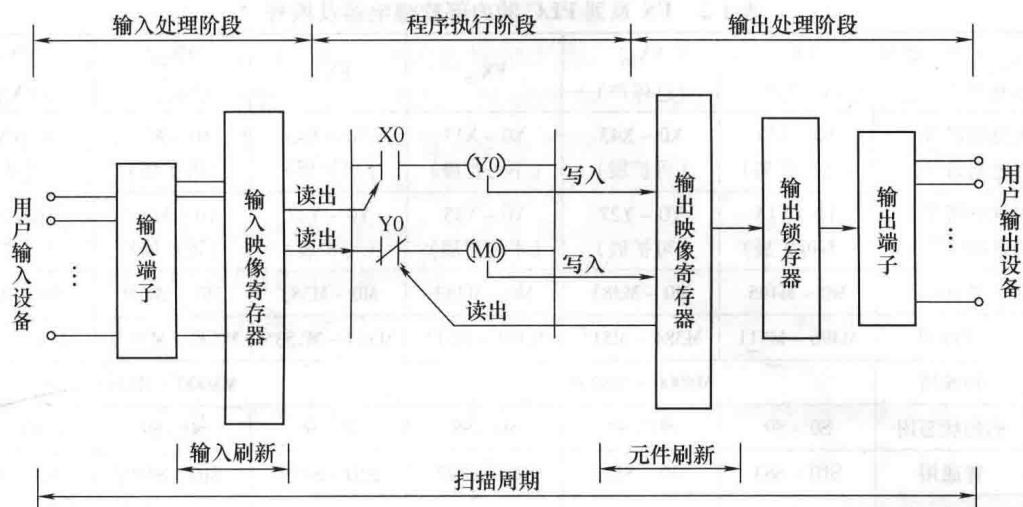


图 1-9 PLC 执行程序的过程示意图

1) 输入处理阶段。在输入处理阶段，PLC 以扫描工作方式按顺序对所有输入端的输入状态进行采样，并存入输入映像寄存器中，此时输入映像寄存器被刷新，接着进入程序执行阶段。在程序执行阶段或其他阶段，即使输入状态发生变化，输入映像寄存器的内容也不会改变，输入状态的变化只有在下一个扫描周期的输入处理阶段才能被采样到。

2) 程序执行阶段。在程序执行阶段，PLC 对程序按顺序进行扫描执行。若程序用梯形图来表示，则总是按先上后下、先左后右的顺序进行。当遇到程序跳转指令时，则根据跳转条件是否满足来决定程序是否跳转。当指令中涉及输入元件、输出元件状态时，PLC 从输入映像寄存器中读出，根据用户程序进行运算，运算的结果再存入输出映像寄存器中。对于输出映像寄存器来说，其内容会随程序执行而发生变化。

3) 输出处理阶段。当所有程序执行完毕后，进入输出处理阶段。在这一阶段里，PLC 将输出映像寄存器中与输出有关的状态（输出继电器状态）转存到输出锁存器中，并通过一定方式输出，驱动外部负载。

从上述分析可知，从 PLC 的输入端输入信号发生变化到 PLC 输出端对该输入变化作出反应，需要一段时间，这种现象称为 PLC 输入/输出响应滞后。对一般的工业控制，这种滞后是完全允许的。应该注意的是，这种响应滞后不仅是由于 PLC 扫描工作方式造成的，更主要是 PLC 输入接口的滤波环节带来的输入延迟，以及输出接口中驱动器件的动作时间带来的输出延迟，同时还与程序设计有关。滞后时间是设计 PLC 应用系统时应注意把握的一个参数。

## 5. PLC 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）的功能和编号也不相同，因此用户在编制程序时，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。

三菱 FX 系列中几种常用型号 PLC 的编程元件及编号见表 1-2。FX 系列 PLC 编程元件的编号由字母和数字组成，其中输入继电器和输出继电器用八进制数字编号，其他均采用十进制数字编号。为了能全面了解 FX 系列 PLC 的内部软继电器，本书以三菱 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 为背景进行介绍。

表 1-2 FX 系列 PLC 的内部软继电器及编号

PLC 型号 编程元件种类		FX <sub>0S</sub> (已停产)	FX <sub>0N</sub> (已停产)	FX <sub>1S</sub>	FX <sub>1N</sub>	FX <sub>2N</sub> (FX <sub>2NC</sub> )	FX <sub>3U</sub> (FX <sub>3UC</sub> )
输入继电器 X (按八进制编号)		X0 ~ X17 (不可扩展)	X0 ~ X43 (可扩展)	X0 ~ X17 (不可扩展)	X0 ~ X43 (可扩展)	X0 ~ X77 (可扩展)	X0 ~ X367 (可扩展)
输出继电器 Y (按八进制编号)		Y0 ~ Y15 (不可扩展)	Y0 ~ Y27 (可扩展)	Y0 ~ Y15 (不可扩展)	Y0 ~ Y27 (可扩展)	Y0 ~ Y267 (可扩展)	Y0 ~ Y367 (可扩展)
辅助 继电器 M	普通用	M0 ~ M495	M0 ~ M383	M0 ~ M383	M0 ~ M383	M0 ~ M499	M0 ~ M499
	保持用	M496 ~ M511	M384 ~ M511	M384 ~ M511	M384 ~ M1535	M500 ~ M3071	M500 ~ M7679
	特殊用	M8000 ~ M8255			M8000 ~ M8511		
状态 器 S	初始状态用	S0 ~ S9	S0 ~ S9	S0 ~ S9	S0 ~ S9	S0 ~ S9	S0 ~ S9
	普通用	S10 ~ S63	S10 ~ S127	S10 ~ S127	S10 ~ S999	S10 ~ S499	S10 ~ S499
	保持用	—	S0 ~ S127	S0 ~ S127	S0 ~ S999	S500 ~ S899	S500 ~ S899 S1000 ~ S4095
	信号报警用	—	—	—	—	S900 ~ S999	S900 ~ S999
定时 器 T	100ms	T0 ~ T49	T0 ~ T62	T0 ~ T62	T0 ~ T199	T0 ~ T199	T0 ~ T199
	10ms	T24 ~ T49	T32 ~ T62	T32 ~ T62	T200 ~ T245	T200 ~ T245	T200 ~ T245
	1ms	—	T63	—	—	—	T256 ~ T511
	1ms 累积	—	—	T63	T246 ~ T249	T246 ~ T249	T246 ~ T249
	100ms 累积	—	—	—	T250 ~ T255	T250 ~ T255	T250 ~ T255
计数 器 C	16 位增计数 (普通)	C0 ~ C13	C0 ~ C15	C0 ~ C15	C0 ~ C15	C0 ~ C99	C0 ~ C99
	16 位增计数 (保持)	C14、C15	C16 ~ C31	C16 ~ C31	C16 ~ C199	C100 ~ C199	C100 ~ C199
	32 位可逆 计数(普通)	—	—	—	C200 ~ C219	C200 ~ C219	C200 ~ C219
	32 位可逆 计数(保持)	—	—	—	C220 ~ C234	C220 ~ C234	C220 ~ C234
	高速计数器	C235 ~ C255					
数据 寄 存 器 D	16 位普通用	D0 ~ D29	D0 ~ D127	D0 ~ D127	D0 ~ D127	D0 ~ D199	D0 ~ D199
	16 位保持用	D30、D31	D128 ~ D255	D128 ~ D255	D128 ~ D7999	D200 ~ D7999	D200 ~ D7999
	16 位特殊用	D8000 ~ D8069	D8000 ~ D8255	D8000 ~ D8255	D8000 ~ D8255	D8000 ~ D8195	D8000 ~ D8511
	16 位变址用	V Z	V Z	V0 ~ V7 Z0 ~ Z7	V0 ~ V7 Z0 ~ Z7	V0 ~ V7 Z0 ~ Z7	V0 ~ V7 Z0 ~ Z7
指针 N、 P、 I	嵌套用	N0 ~ N7	N0 ~ N7	N0 ~ N7	N0 ~ N7	N0 ~ N7	N0 ~ N7
	跳转用	P0 ~ P63	P0 ~ P63	P0 ~ P63	P0 ~ P127	P0 ~ P127	P0 ~ P4095
	输入中断用	I00□ ~ I30□	I00□ ~ I30□	I000□ ~ I50□	I00□ ~ I50□	I00□ ~ I50□	I00□ ~ I50□
	定时器中断	—	—	—	—	I6□□ ~ I8□□	I6□□ ~ I8□□
	计数器中断	—	—	—	—	I010 ~ I060	I010 ~ I060
常数 K、H	16 位	K: -32 768 ~ 32 767 H: 0000 ~ FFFF					
	32 位	K: -2 147 483 648 ~ 2 147 483 647 H: 00000000 ~ FFFFFFFF					



(1) 输入继电器 (X) 输入继电器与输入端相连,它是专门用来接收 PLC 外部开关信号的元件。PLC 通过输入接口将外部输入信号状态 (接通时为“1”,断开时为“0”)读入并存储在输入映像寄存器中。如图 1-10 所示为输入继电器 X1 的等效电路。

输入继电器必须由外部信号驱动,不能用程序驱动,所以在程序中不可能出现其线圈。由于输入继电器 (X) 为输入映像寄存器中的状态,所以其触点的使用次数不限。

FX 系列 PLC 的输入继电器以八进制进行编号。FX<sub>2N</sub> 输入继电器的编号最大范围为 X000 ~ X267 (184 点)。

(2) 输出继电器 (Y) 输出继电器是用来将 PLC 内部信号输出传送给外部负载 (用户输出设备) 的元件。输出继电器线圈是由 PLC 内部程序的指令驱动的,其线圈状态传送给输出单元,再由输出单元对应的硬触点来驱动外部负载。如图 1-11 所示为输出继电器 Y0 的等效电路。

每个输出继电器在输出单元中都对应有唯一的一个常开硬触点,但在程序中供编程的输出继电器,不管是常开还是常闭触点,都可以无数次使用。

FX 系列 PLC 的输出继电器也是八进制编号,其中 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 的最大编号范围为 Y000 ~ Y267 (184 点)。

(3) 辅助继电器 (M) 辅助继电器是 PLC 中数量最多的一种继电器,一般的辅助继电器与继电器控制系统中的中间继电器相似。

辅助继电器不能直接驱动外部负载,负载只能由输出继电器的外部触点驱动。辅助继电器的常开与常闭触点在 PLC 内部编程时可无限次使用。

辅助继电器采用 M 与十进制数共同组成编号 (只有输入/输出继电器才用八进制数)。

1) 通用辅助继电器 (M0 ~ M499)。FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 共有 500 点通用辅助继电器。通用辅助继电器在 PLC 运行时,如果电源突然断电,则全部线圈均 OFF。当电源再次接通时,除了因外部输入信号而变为 ON 的以外,其余的仍将保持 OFF 状态,它们没有断电保护功能。通用辅助继电器常在逻辑运算中作为辅助运算、状态暂存、移位等。

根据需要可通过程序设定,将 M0 ~ M499 变为断电保持辅助继电器。

2) 断电保持辅助继电器 (M500 ~ M3071)。FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 有 M500 ~ M3071 共 2572 个断电保持辅助继电器。它与普通辅助继电器不同的是具有断电保护功能,即能记忆电源中断瞬时的状态,并在重新通电后再现其状态。

3) 特殊辅助继电器。PLC 内有大量的特殊辅助继电器,它们都有各自的特殊功能。FX<sub>2N</sub> 系列中有 256 个特殊辅助继电器,可分成触点型和线圈型两大类:

① 触点型:其线圈由 PLC 自动驱动,用户只可使用其触点。例如:

M8000——运行监视器,在 PLC 运行 (RUN) 时为 ON。

M8001——与 M8000 相反,在 PLC 运行 (RUN) 时为 OFF。

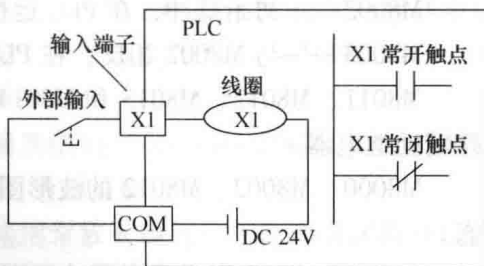


图 1-10 输入继电器的等效电路

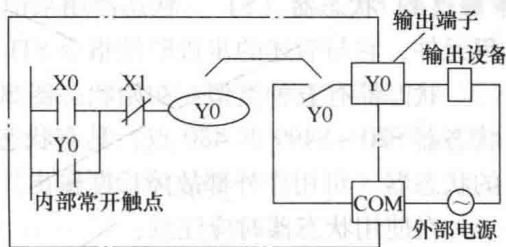


图 1-11 输出继电器的等效电路