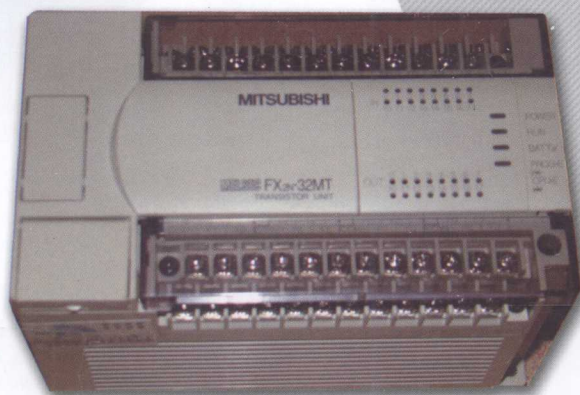


PLC程序设计 方法与技巧 (三菱系列)

郑凤翼 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

TM571.6
308

PLC 程序设计方法与技巧

(三菱系列)

郑凤翼 主编



机械工业出版社

本书主要内容有 PLC 简述、经验设计法和替换设计法、时序图设计法和逻辑设计法、顺序控制设计法和功能指令的应用程序设计法。

本书从设计 PLC 程序的角度出发,以常用的基本 PLC 程序为实例,详细地介绍了设计 PLC 程序的方法和技巧,以帮助广大电工人员提高设计 PLC 程序的能力。

本书文字精练、通俗易懂、内容丰富,分析详细、清晰,适合广大初、中级电工自学,也可供技术培训及在职人员使用,还可供高职院校相关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 程序设计方法与技巧:三菱系列/郑凤翼主编. —北京:机械工业出版社, 2014. 1

ISBN 978-7-111-45203-4

I. ①P… II. ①郑… III. ①PLC 技术 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 304434 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:徐明煜 责任编辑:徐明煜 朱 林

版式设计:常天培 责任校对:佟瑞鑫

封面设计:陈 沛 责任印制:李 洋

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2014 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 13.5 印张 · 329 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-45203-4

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

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

可编程序控制器简称为 PLC，它是以微处理器为基础，综合了现代计算机技术、自动控制技术和通信技术发展起来的一种新型的通用工业自动控制装置。它具有控制功能强、可靠性高、环境适应性好、配置灵活、编程简单、使用方便、易于扩展等优点。因此，近年来在工业自动控制、机电一体化、改造传统产业等方面得到了广泛的应用。学习、掌握和应用 PLC 技术对提高我国工业自动化水平和生产效率具有十分重要的意义。因此 PLC 技术是广大电气技术人员、电工人员必须掌握的一门专门技术。

本书以三菱 FX_{2N} 系列 PLC 为对象进行介绍，但只需略加变动，就可以移植到其他机型上，因此具有一定的通用性。

本书主要内容有 PLC 简述、经验设计法和替换设计法、时序图设计法和逻辑设计法、顺序控制设计法和功能指令的应用程序设计法。

本书从设计 PLC 程序的角度出发，以常用的基本 PLC 程序为实例，详细地介绍了设计 PLC 程序的方法和技巧，以帮助广大电工人员提高设计 PLC 程序的能力。

本书文字精练、通俗易懂、内容丰富，分析详细、清晰。在写法上，采用图文并茂的形式，对梯形图的每个梯级和语句表的每个语句都添加注解说明，解释和说明该梯级和语句的作用；并且用电气元件和编程元件动作顺序表来说明 PLC 的控制过程。使仅学过电工和有一定的电子技术基础的读者就能够设计、看懂 PLC 程序并加以应用。

为了叙述方便，采用了 3 个符号“◎”、“#”、“[]”。在文字符号前不加前缀符表示线圈，加“◎”前缀表示动合触点，加“#”前缀表示动断触点；在文字符号后加“[]”表示电气元件所在的图区或编程元件所在的梯级或段。例如◎KM₁ (1-3) [8] 表示动合触点在图区 8，#KM₂ (7-9) [10] 表示动断触点所在图区为 10；“X0 [2]”表示输入继电器线圈在梯级 2，“◎X0 [2]”表示输入继电器 X0 的动合触点在梯级 2，“#X0 [3]”表示输入继电器 X0 的动断触点在梯级 3。

本书由郑凤翼主编，参加编写的还有徐建国、郑丹丹、孟庆涛、齐宝霞、李艳、郑晞晖、耿立文、苏明政、温永库、王晓琳、苏阿莹、冯建辉、杨洪升、张萍、李红霞等。

本书适合广大初、中级电工自学，也可供技术培训及在职人员使用，还可供高职院校相关专业师生参考。

本书写作过程中，编者参考了一些书刊杂志，并引用了其中的一些资料，难以一一列举，在此一并向有关书刊杂志的作者表示衷心的感谢。

编 者

目 录

前言

第1章 PLC 简述	1
1.1 PLC 的编程语言	1
1.1.1 梯形图	1
1.1.2 指令语句表	1
1.1.3 顺序功能图	2
1.2 PLC 的内部资源配置及端子排列	2
1.2.1 内部资源配置	2
1.2.2 PLC 的端子排列	4
1.3 FX _{2N} 系列 PLC 的指令系统	5
1.4 编程方法指导	7
1.4.1 梯形图的特点与编程规则	7
1.4.2 语句表编程	10
1.4.3 梯形图与语句表编程的区别	10
1.5 常用基本单元电路的编程示例	10
1.5.1 起动、保持、停止电路的编程方法	10
1.5.2 互锁和联锁控制电路	12
1.5.3 定时器和计数器的应用	13
1.5.4 故障报警电路	20
第2章 经验设计法和替换设计法	22
2.1 经验设计法的一般步骤	22
2.2 经验设计法程序设计示例	23
【例 2.2-1】 两台电动机联锁运行的 PLC 控制	23
【例 2.2-2】 运料小车往返运行的 PLC 控制	24
【例 2.2-3】 单处卸料的运料小车运行的 PLC 控制	27
【例 2.2-4】 两处卸料的运料小车运行的 PLC 控制	30
【例 2.2-5】 小车自动往返运行的 PLC 控制	36
【例 2.2-6】 四队参赛抢答器的 PLC 控制	38
【例 2.2-7】 某液体混合装置的 PLC 控制	40
2.3 根据继电器电路图设计梯形图的方法	46
2.4 替换设计法的程序设计示例	49
【例 2.4-1】 三相异步电动机Y-Δ减压起动控制电路	49
【例 2.4-2】 三台电动机顺序起动、逆序停止的 PLC 控制	51
【例 2.4-3】 三速异步电动机起动和自动加速运行的 PLC 控制	54
第3章 时序图设计法和逻辑设计法	57
3.1 时序图设计法的一般步骤	57
3.2 时序图设计法的程序设计示例	57

【例 3.2-1】 彩灯控制电路	57
【例 3.2-2】 电动机循环运行的 PLC 控制	60
【例 3.2-3】 三组彩灯循环控制	62
【例 3.2-4】 霓虹灯的 PLC 控制	66
【例 3.2-5】 用相对时间编程的十字路口交通信号指挥灯的 PLC 控制	69
3.3 逻辑设计法的一般步骤	73
3.3.1 逻辑表达式	74
3.3.2 用逻辑设计法设计 PLC 应用程序的一般步骤	75
3.4 逻辑设计法的程序设计示例	76
【例 3.4-1】 三相电动机运行控制	76
【例 3.4-2】 通风机工作情况显示控制	76
第 4 章 顺序控制设计法	80
4.1 顺序功能图	80
4.1.1 顺序功能图的组成要素	80
4.1.2 顺序功能图中转换实现的基本规则	81
4.1.3 顺序功能图的基本结构	82
4.1.4 设计顺序功能图	84
4.2 使用起保停电路的编程方法	85
4.2.1 编程原则	85
4.2.2 单序列结构的编程	86
【例 4.2-1】 运料小车的 PLC 控制	86
【例 4.2-2】 冲床的 PLC 控制	88
4.2.3 选择序列结构的编程	91
【例 4.2-3】 运料小车运行的 PLC 控制	93
【例 4.2-4】 自动门控制系统	97
4.2.4 并行序列结构的编程	102
【例 4.2-5】 运料小车控制	103
4.3 用置位、复位指令模式的顺序控制设计法	108
4.3.1 基本电路模式及单序列结构的编程	108
【例 4.3-1】 小车运行的 PLC 控制系统	109
【例 4.3-2】 冲床的 PLC 控制	112
4.3.2 选择序列结构的编程	113
【例 4.3-3】 自动门控制梯形图	114
4.3.3 并行序列结构的编程	119
【例 4.3-4】 剪板机控制系统	120
4.4 步进顺控指令的编程方法	124
4.4.1 步进顺控指令及其编程原则	124
4.4.2 单序列结构的编程	126
【例 4.4-1】 某小车运行的 PLC 控制	126
4.4.3 选择序列结构的编程	130
【例 4.4-2】 四台电动机的 PLC 控制	131
【例 4.4-3】 自动门控制系统	137
【例 4.4-4】 传送带大、小球分拣的 PLC 控制	141

【例 4.4-5】全自动洗衣机的 PLC 控制	148
4.4.4 并行序列结构的编程	154
【例 4.4-6】剪板机的 PLC 控制	157
【例 4.4-7】人行横道与公路车道信号灯的 PLC 控制	163
【例 4.4-8】交通信号灯的 PLC 控制	168
4.4.5 跳转与循环结构的编程	175
第 5 章 功能指令的应用程序设计法	177
5.1 功能指令的表示形式及含义	177
5.2 跳转指令和子程序指令及其应用程序设计	179
5.2.1 跳转指令和子程序指令	179
5.2.2 跳转指令和子程序指令的应用程序设计	181
【例 5.2-1】具有手动/自动控制功能的三台电动机的 PLC 控制	181
【例 5.2-2】两台电动机的自动、手动控制	183
【例 5.2-3】三组抢答器	185
5.3 数据传送指令和比较指令及其应用程序设计	187
5.3.1 单一数据传送指令和比较指令	187
5.3.2 数据传送指令和比较指令的应用程序设计	188
【例 5.3-1】利用 MOV 指令实现电动机星—三角减压起动	188
【例 5.3-2】定时报时器控制	190
【例 5.3-3】密码锁控制	192
【例 5.3-4】用功能指令编程的台车的呼车控制	194
5.4 四则运算指令及其应用程序设计	198
5.4.1 四则运算指令	198
5.4.2 四则运算指令应用程序	199
【例 5.4-1】使用乘除法实现移位的彩灯的 PLC 控制	199
【例 5.4-2】流水灯的 PLC 控制	200
5.5 循环指令和移位指令及其应用程序设计	202
5.5.1 循环指令和移位指令	202
5.5.2 循环指令和移位指令的应用程序设计	205
【例 5.5-1】霓虹灯顺序控制	205

第 1 章 PLC 简述

1.1 PLC 的编程语言

PLC 常用的编程语言有梯形图编程语言、指令语句表编程语言、顺序功能图编程语言、高级编程功能语言等。

1.1.1 梯形图

梯形图编程语言习惯上叫梯形图，是目前用得最多的一种 PLC 编程语言。它是在继电器控制电路的基础上演绎出来的，具有形象、直观、实用的特点，电气技术人员容易接受。

梯形图通常由触点、线圈两个基本编程要素构成。为了解梯形图，需要清楚以下几个基本概念。

1) 能流：在梯形图中，为了分析各编程元件的输入/输出关系，而引入一种称为“能流”的假想电流。通常认为能流是按从左到右的方向流动，而不能倒流，这样的流向与用户程序的逻辑运算关系一致。如在图 1.1-1 中，在 X0 闭合的前提下，能流有两条流动路径，一条为动合触点 X0→动断触点 X1→线圈 Y0，另一条为动合触点 Y0→动断触点 X1→线圈 Y0。

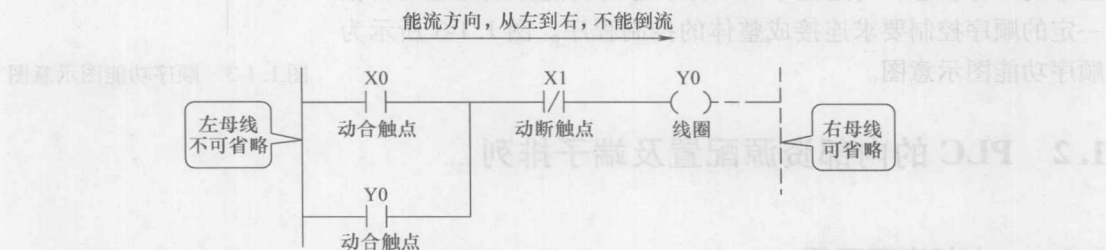


图 1.1-1 PLC 的梯形图

2) 母线：在梯形图中的两条垂直的公共线，称为左、右母线。左母线不可省略，右母线可省略，可以看成能流由左母线流向右母线，如图 1.1-1 所示。

3) 触点：触点表示逻辑输入条件。触点分为动合触点和动断触点，如图 1.1-1 所示。触点闭合表示可以有“能流”流过，触点断开表示“能流”不能流过。

4) 线圈：线圈表示逻辑输出结果。若有“能流”流过线圈，线圈吸合，否则断开。

1.1.2 指令语句表

这种编程语言是用一系列操作指令组成的语句表将控制流程描述出来，并通过编程器送到 PLC 中去。不同厂家的 PLC 指令语句表使用的助记符并不相同。图 1.1-2 所示的指令语

句表完成图 1.1-1 所示梯形图功能编写的程序。

指令语句表是由若干条语句组成的程序，语句是程序的最小独立单元。每个操作功能由一条或几条语句来执行。PLC 的语句表由操作码和操作数两部分组成。操作码用助记符表示（如 LD 表示“取”、OR 表示“或”等），用来说明要执行的功能，告诉 CPU 该进行什么操作。例如逻辑运算的与、或、非；算术运算的加、减、乘、除；时间或条件控制中的计时、计数、移位等功能。

LD	X0	接在左母线上的输入继电器X0的动合触点，逻辑行开始
OR	Q0	或运算，与X0的动合触点并联的Y0的动合触点，自锁
ANI	X1	与运算，与并联电路串联的X1的动断触点，停止控制
OUT	Y0	将运算结果送至Y0，驱动负载

图 1.1-2 对应图 1.1-1 所示梯形图的语句表程序

操作数一般由标识符和参数组成。标识符表示操作数的类别，例如表明是输入继电器、输出继电器、定时器、计数器、数据寄存器等。参数表明操作数的地址或一个预先设定值。

1.1.3 顺序功能图

用梯形图或指令语句表对于一个复杂的控制系统编程，尤其是顺序控制程序，由于内部的联锁、互动关系极其复杂，其梯形图往往长达数百行，如果在梯形图上不加注释，则会大大降低这种梯形图的可读性。

顺序功能图常用来编制复杂的顺序控制类程序，这种方法也为调试、试运行带来许多方便。它包含步、动作、转换这三个要素。顺序功能图编程法可将一个复杂的控制过程分解为一些小的工作状态，对这些小的工作状态的功能分别处理后再依一定的顺序控制要求连接成整体的控制程序。图 1.1-3 所示为顺序功能图示意图。

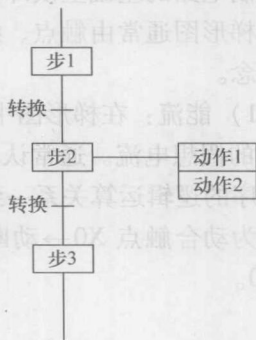


图 1.1-3 顺序功能图示意图

1.2 PLC 的内部资源配置及端子排列

1.2.1 内部资源配置

内部资源配置见表 1.2-1。

表 1.2-1 FX2N 系列 PLC 的编程元件

名 称	符号	范 围	功 能	与继电器控制系统对应	备 注
输入继电器	X	X000 ~ X177	接收外部信号	各种开关	八进制
输出继电器	Y	Y000 ~ Y177	驱动外部负载	KM 和其他负载	八进制
内部辅助继电器	M	M000 ~ M499	通用型	KA 等	
		M500 ~ M1023	断电保持型	—	
		M8000 ~ M8255	特殊型	—	

(续)

名称	符号	范围	功能	与继电器控制系统对应	备注
定时器	T	T000 ~ T199	100ms 定时器	通电延时型时间继电器	
		T200 ~ T245	10ms 定时器		
		T246 ~ T249	1ms 积算定时器		
		T250 ~ T255	100ms 积算定时器		
计数器	C	C0 ~ C99	通用型 16 位增计数器	—	
		C100 ~ C199	断电保持型 16 位增计数器		
		C200 ~ C219	通用型 32 位增/减计数器		
		C220 ~ C234	断电保持型 32 位增/减计数器		
状态继电器	S	S0 ~ S9	初始状态		
		S10 ~ S19	返回状态		
		S20 ~ S499	一般状态		
		S500 ~ S899	断电保持状态		
		S900 ~ S999	信号报警状态		
数据继电器	D	D0 ~ D199	通用型		
		D200 ~ D511	断电保持型		
		D8000 ~ D8255	特殊型		
		D1000 ~ D2999	文件寄存器		

特殊辅助继电器 M8000 ~ M8255 用来表示 PLC 的某些状态, 提供时钟脉冲和状态标志 (例如进位、借位标志), 设定 PLC 的运行方式, 或者用于步进顺控、禁止中断、设定计数器是加计数还是减计数等。

由 PLC 的系统程序来驱动它们的线圈, 在用户程序中直接使用其触点, 但是不能出现它们的线圈。一些常用的特殊辅助继电器介绍如下:

M8000 为运行监视继电器, 当 PLC 开机运行后, M8000 为 ON; 停止执行时, M8000 为 OFF。M8000 可作为“PLC 正常运行”标志上传给上位计算机。

M8001 为运行监视继电器。当 PLC 开机运行后, M8001 为 OFF; 停止执行时, M8000 为 ON。

M8002 为初始脉冲继电器。当 PLC 开机运行后, M8002 仅在 M8000 由 OFF 变为 ON 时自动接通一个扫描周期。可以用 M8002 的动合触点来使用断电保持功能的元件初始化复位, 或给某些元件置初始值。

M8003 为初始脉冲继电器。当 PLC 开机运行后, M8003 仅在 M8000 由 OFF 变为 ON 时自动断开一个扫描周期。

M8011 为内部 10ms 时钟。当 PLC 上电后 (不管运行与否), 自动产生周期为 10ms 的时钟脉冲。

M8012 为内部 100ms 时钟。当 PLC 上电后 (不管运行与否), 自动产生周期为 10ms 的时钟脉冲。

M8013 为内部 1s 时钟。当 PLC 上电后 (不管运行与否), 自动产生周期为 1s 的时钟

脉冲。

M8014 为内部 1min 时钟。当 PLC 上电后 (不管运行与否), 自动产生周期为 1min 的时钟脉冲。

1.2.2 PLC 的端子排列

FX 系列 PLC 包括 FX0、FX1、FX2 等类别, 其中 FX_{2N}-16MR 的面板构成如图 1.2-1 所示。面板由电源端、工作方式选择开关 (RUN/STOP, 即程序运行/停止)、通信接口 (RS-422)、输入/输出端口、输入/输出端口指示灯和工作状态指示灯等组成。

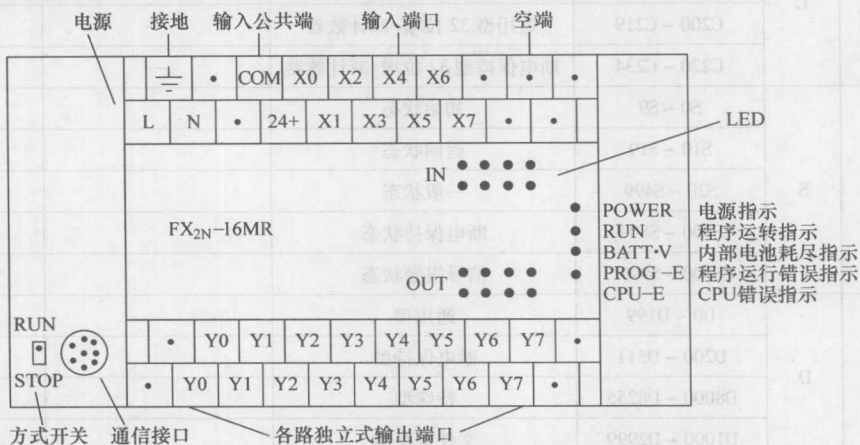


图 1.2-1 PLC 的面板示意图

FX_{2N} 系列基本单元排列如图 1.2-2 ~ 图 1.2-4 所示 (继电器输出、晶体管输出、晶闸管输出的端子排列相同)。

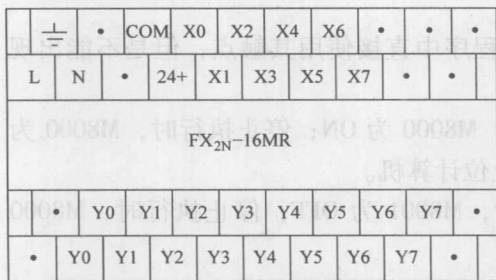


图 1.2-2 FX_{2N}-16MR 的端子排列

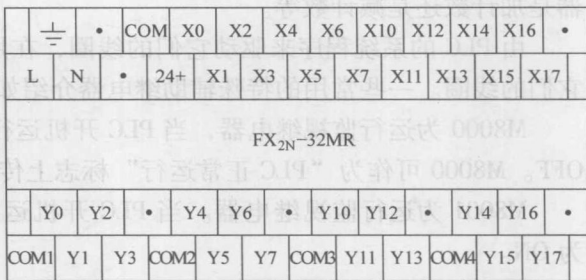


图 1.2-3 FX_{2N}-32MR 的端子排列

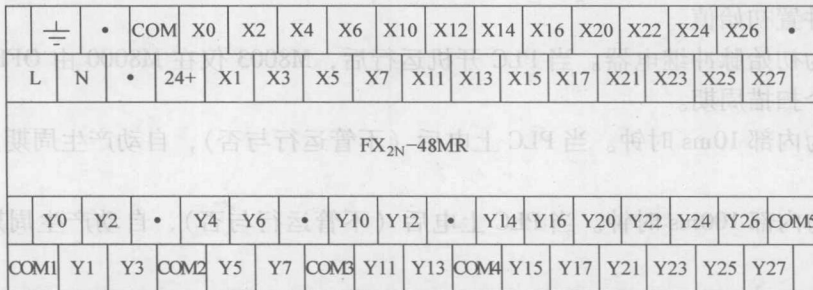


图 1.2-4 FX_{2N}-48MR 的端子排列

1. 电源端

1) L、N。分别接电源的相线、中线和地线。其额定电压为交流 100 ~ 240V。

2) 24+、COM。PLC 内部 24V 直流电源，可以为外部传感器、扩展模块和触摸屏供电。COM 既是输入公共端，也是内部 24V 直流电源负极。应当注意的是，外部其他 24V 直流电源不能与这两个端子连接，否则会损坏 PLC。

3) “·”。空端，带点的端子不要外接导线，以免损坏 PLC。

2. 输入端 X

输入端是 PLC 接收外部控制信号的窗口，按钮、行程开关、传感器等输入器件接在 X 端和 COM 端之间。在 PLC 内部，与输入端子相连的是输入接口电路，用来完成输入信号的引入、滤波及电平转换。输入接口电路的主要器件是光耦合器。

3. 输出端 Y

输出端是 PLC 向外部负载发送信号的窗口，由图 1.2-2 ~ 图 1.2-4 可看出。FX_{2N}-16MR 采用各路独立输出方式，FX_{2N}-32MR 和 FX_{2N}-48MR 采用分组输出方式。分组输出方式的各组公共端按 COM1、COM2、COM3…的顺序编号，各组之间相互隔离，以适应不同电压系列的负载。

1) 继电器输出。继电器输出的内部电路与物理继电器的线圈相连接，物理继电器的动合触点连接到 PLC 的输出端，因此内部电路与外部电路采用继电器隔离绝缘方式。继电器输出可以接交流、直流负载。

2) 晶体管输出。其内部电路与外部电路之间采用光电耦合隔离绝缘方式。晶体管只能接直流负载。

3) 晶闸管输出。其内部电路与外部电路之间采用光电耦合隔离绝缘方式。晶闸管只能接交流负载。

1.3 FX_{2N}系列 PLC 的指令系统

本节仅介绍基本指令和定时器计数器指令，顺序控制指令与功能指令分别在第 4、5 章中介绍。

1. FX_{2N}系列 PLC 基本指令的格式 (见表 1.3-1)

表 1.3-1 FX_{2N}系列 PLC 基本指令

指 令		梯形图符号	指令功能
标准触点	LD bit		装载，动合触点与左母线相连，由动合触点开始的逻辑行或梯级
	AND bit		与，动合触点与其他程序段相串联
	OR bit		或，动合触点与其他程序段相并联
	LDI bit		非装载，动断触点与左母线相连接

(续)

指令		梯形图符号		指令功能
标准触点	动断	ANI bit		非与动断触点与其他程序段相串联
		ORI bit		非或动断触点与其他程序段相并联
输出		OUT		将运算结果输出到某个继电器
置位 复位	置位	SET		将从指定地址开始的 N 个点置位
	复位	RST		将从指定地址开始的 N 个点复位
边沿检测	取脉冲上升沿	LDP		上升沿检测运算开始
	取脉冲下降沿	LDF		下降沿检测运算开始
	与脉冲上升沿	ANDP		上升沿检测串联连接
	与脉冲下降沿	AVDF		下降沿检测串联连接
	或脉冲上升沿	ORP		上升沿检测并联连接
	或脉冲下降沿	ORF		下降沿检测并联连接
电路块	电路块与指令	ANB		并联电路的串联连接
	电路块或指令	ORB		串联电路的并联连接
多重输出指令	入栈	MPS		存储该指令处的操作结果
	读栈	MRD		读出 MPS 指令存储的操作结果
	出栈	MPP		读出并清除由 MPS 指令存储的操作结果
主控触点	主控开始指令	MC N M		主控电路块起点
	主控复位指令	MCR N		主控电路块终点
脉冲输出指令	前沿脉冲指令	PLS		检测到触发信号上升沿, 使触点接通一个扫描周期
	前沿脉冲指令	PLF		检测到触发信号下降沿, 使触点接通一个扫描周期

(续)

指令	梯形图符号	指令功能
运算结果取反指令	INV	运算结果的反转
空操作指令	NOP	无动作
程序结束指令	END	程序结束

2. 定时器计数器指令

定时器指令的格式见图 1.3-1, 计数器指令的格式见图 1.3-2。

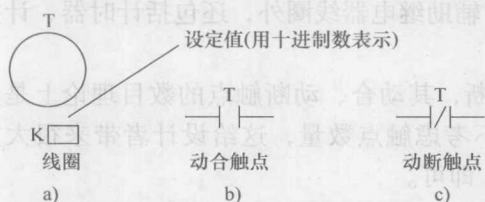


图 1.3-1 定时器指令的格式

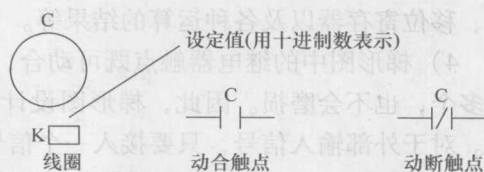


图 1.3-2 计数器指令的格式

1.4 编程方法指导

1.4.1 梯形图的特点与编程规则

梯形图直观易懂，与继电器控制电路图相近，很容易为电气技术人员所掌握，是应用最多的一种编程语言。尽管梯形图与继电器控制电路图在结构形式、元件符号及逻辑控制功能等方面是相类似的，但它们又有很多不同之处。梯形图具有自己的特点及设计规则。

PLC 梯形图中每个网络由多个梯级组成，每个梯级由一个或多个支路组成，并有一个输出元件，右边的元件必须是输出元件。例如，图 1.1-1 中的梯形图由一个梯级组成，梯形图有四个编程元件（X0、X1、X2、和 Y0），最右边的 Y0 是输出元件。

1. 梯形图的特点

图 1.1-1 所示的 PLC 梯形图具有以下一些特点。

1) PLC 的梯形图是按先后顺序（从上到下、从左到右）逐行绘制的，两侧的竖线类似电气控制图的电源线，通常称作母线（Bus Bar），大部分梯形图只保留左母线，而将右母线省略；梯形图的每一行是“从左到右”绘制，左侧总是输入触点，最右侧为输出元素，触点代表逻辑“输入”条件，如开关、按钮、内部条件等；线圈通常代表逻辑“输出”结果，如指示灯、接触器、中间继电器、电磁阀等。

2) 电气控制电路左右母线为电源线，中间各支路都加有电压，当支路接通时，有电流流过支路上的触点与线圈。而梯形图的左右母线是一种界限线，并非实际电源的两端，并未加电压，梯形图中的支路（逻辑行）接通时，并没有电流流动，有时称有“电流”流过，只是一种假想电流或称概念电流，是用户程序执行过程中满足输出条件的形象表示方式。

在梯形图中并没有真实的电流流动,为了便于分析 PLC 的周期扫描原理以及信息存储空间分布的规律,假想在梯形图中有“电流”流动,这就是“能流”。“能流”在梯形图中只能做单方向流动——从左向右流动,层次的变化(接通顺序)只能先上后下。

3) 梯形图中使用的各种 PLC 内部器件,如辅助继电器、定时器、计数器等,也不是真的电器器件,每个继电器均为存储器中的一位,因此称为“编程元件或软继电器”。梯形图中每个继电器和触点均为 PLC 存储器中的一位,相应位为“1”,表示继电器线圈通电、动合触点闭合或动断触点断开;相应位为“0”,表示继电器线圈失电、动合触点断开或动断触点闭合。

在梯形图中,除了输入继电器没有线圈,只有触点外,其他继电器既有线圈,又有触点。

梯形图中的线圈是广义的,除了输出继电器、辅助继电器线圈外,还包括计时器、计数器、移位寄存器以及各种运算的结果等。

4) 梯形图中的继电器触点既可动合,又可动断,其动合、动断触点的数目理论上是无穷多个,也不会磨损。因此,梯形图设计中,可不考虑触点数量,这给设计者带来很大方便。对于外部输入信号,只要接入一个信号到 PLC 即可。

5) 梯形图中,前面所有逻辑行的逻辑执行结果,将立即被后面逻辑行的逻辑操作所利用。

6) 电气控制电路中各支路是同时加上电压并行工作的,而 PLC 是采用循环扫描方式工作,梯形图中各元件是按扫描顺序依次执行的,是一种串行处理方式,不存在不同逻辑行同时开始执行的情况。由于扫描时间很短(一般不过几十毫秒),所以控制效果同电气控制电路是基本相同的。但在设计梯形图时,对这种并行处理与串行处理的差别有时应予以注意,特别是那些在程序执行阶段还要随时对输入、输出状态存储器进行刷新操作的 PLC,不要因为对串行处理这一特点考虑不够而引起偶然的误操作。

2. 梯形图编程的基本规则

梯形图的设计必须满足控制要求,这是设计梯形图的前提条件。此外,在绘制梯形图时,还要遵循以下几条基本规则。

1) 梯形图按“自上而下,从左到右”的顺序绘制。与每个输出线圈相连的全部支路形成一个逻辑行,即一层阶梯。它们形成一组逻辑关系,控制一个动作。如图 1.4-1 所示,每一个逻辑行起于左母线,然后是触点的连接,最后终止于输出线圈。绘制梯形图时应注意,输出线圈与右母线之间不能有任何触点,而输出线圈与左母线之间必须要有触点。

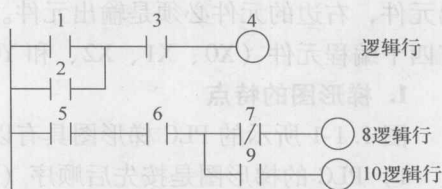


图 1.4-1 梯形图按“自上而下、
从左到右”的顺序绘制

2) 在每一逻辑行中,串联触点多的支路应放在上方。如果将串联触点多的支路放在下方,则语句增多、程序变长,如图 1.4-2 所示。

在每个逻辑行中,并联触点多的电路应放在左方。如果将并联触点多的电路放在右方,则语句增多、程序变长,如图 1.4-3 所示。

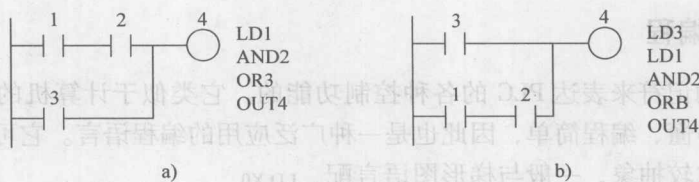


图 1.4-2 串联触点多的支路应放在上方

a) 合理 b) 不合理

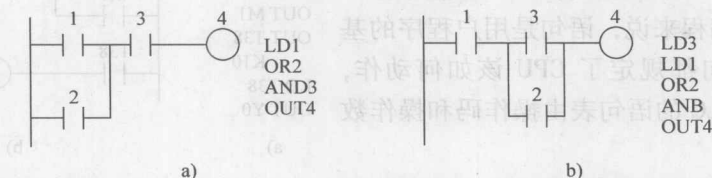


图 1.4-3 并联触点多的支路应放在左方

3) 梯形图中的触点应画在水平支路上, 不应画在垂直支路上。梯形图中, 不允许一个触点上双向“电流”通过。如图 1.4-4a 所示, 触点 5 上有双向“电流”通过, 该梯形图不可编程。对于这样的梯形图, 应根据其逻辑功能做适当的等效变换, 如图 1.4-4b 所示, 再将其简化成为图 1.4-4c。

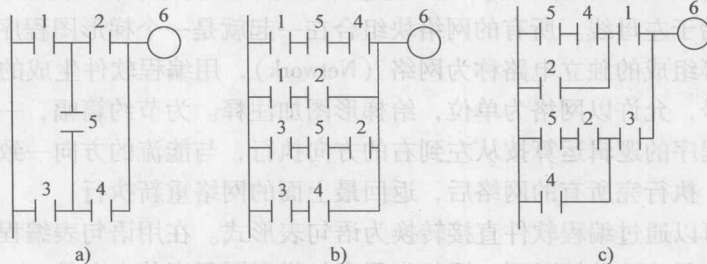


图 1.4-4 不允许一个触点上双向“电流”通过

a) 不允许 b) 等效变换 c) 合理

4) 在梯形图中, 如果两个逻辑行之间互有牵连, 逻辑关系又不清晰, 应将梯形图进行变换, 以便编程。如图 1.4-5a 所示。梯形图可变换为图 1.4-5b 所示梯形图。

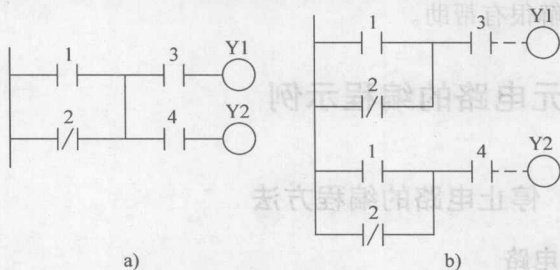


图 1.4-5 变换

a) 逻辑关系不清晰的梯形图 b) 变换后的梯形图

1.4.2 语句表编程

语句表是用助记符来表达 PLC 的各种控制功能的。它类似于计算机的汇编语言,但又比汇编语言直观易懂、编程简单,因此也是一种广泛应用的编程语言。它可以使用简易的编程器编程,但是比较抽象,一般与梯形图语言配合使用,互为补充。目前,大多数 PLC 都具有语句表编程功能,但是各个厂家生产的 PLC 所支持的语句表指令一般不相同,所以不能兼容。

对于语句表编程来说,语句是用户程序的基本单元,每条语句都规定了 CPU 该如何动作,实现什么功能。PLC 的语句表由操作码和操作数构成。

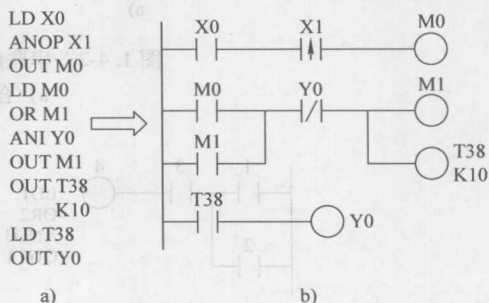


图 1.4-6 语句表编程示例

a) 语句表 b) 梯形图

操作码告诉 CPU 要执行的功能,操作数提供执行过程中所需的参数。应该注意的是,有的操作码是没有操作数的。图 1.4-6 是语句表编程的一个例子。

1.4.3 梯形图与语句表编程的区别

利用 PLC 指令对梯形图编程时,可以把整个梯形图程序看成由许多的网络块组成,而每个网络块都起始于左母线。所有的网络块组合在一起就是一个梯形图程序。

触点和线圈等组成的独立电路称为网络 (Network),用编程软件生成的梯形图和语句表程序中有网络编号,允许以网络为单位,给梯形图加注释。为节约篇幅,一般没有标注网络号。在网络中,程序的逻辑运算按从左到右的方向执行,与能流的方向一致。各网络按从上到下的顺序执行,执行完所有的网络后,返回最上面的网络重新执行。

梯形图程序可以通过编程软件直接转换为语句表形式。在用语句表编程时,也允许以网络块主单位进行编程。这种情况下,语句表程序与梯形图程序基本上是一一对应的,是通过软件互换的。

梯形图是使用最多的编程语言,这非常直观易懂。特别熟练的设计人员在某些情况下会直接用语句表编程,虽然编写的程序比较简短,但是不直观。

两种编程形式都很重要,一定都要掌握,特别是会手工把一个梯形图程序转换为语句表程序,这对于程序的理解很有帮助。

1.5 常用基本单元电路的编程示例

1.5.1 起动、保持、停止电路的编程方法

1. 关断优先式控制电路

在图 1.5-1a 中,当 X0 得电时,◎X0 闭合,使 Y0 得电并自锁。这时,即使◎X0 断开, Y0 仍然得电。当 X1 得电时, #X1 断开,使 Y0 失电。当 X0 和 X1 同时得电时,关断信号