

21世纪闽台高职院校合编教材

可编程序控制器原理与应用

**Programmable Logic Controllers:
Principles and Applications**

张炳荣 邱海强 主编



厦门大学出版社 国家一级出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS 全国百佳图书出版单位

21 世纪闽台高职院校合编教材

可编程序控制器 原理与应用

张炳荣 邱海强 主编

厦门大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理与应用/张炳荣,邱海强主编. —厦门:厦门大学出版社,2010.7
ISBN 978-7-5615-3623-0

参考文献

I. ①可… II. ①张…②邱… III. ①可编程序控制器 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 146352 号

2008, 机械工业出版社, 北京. 网络应用安全(09 及 10 级)教材. 清华大学出版社, 北京. [2]
2008, 机械工业出版社, 北京. 网络应用安全(09 及 10 级)教材. 清华大学出版社, 北京. [2]
2008, 机械工业出版社, 北京. 网络应用安全(09 及 10 级)教材. 清华大学出版社, 北京. [2]
2008, 机械工业出版社, 北京. 网络应用安全(09 及 10 级)教材. 清华大学出版社, 北京. [2]
2008, 机械工业出版社, 北京. 网络应用安全(09 及 10 级)教材. 清华大学出版社, 北京. [2]
2008, 机械工业出版社, 北京. 网络应用安全(09 及 10 级)教材. 清华大学出版社, 北京. [2]
2008, 机械工业出版社, 北京. 网络应用安全(09 及 10 级)教材. 清华大学出版社, 北京. [2]

厦门大学出版社出版发行

(地址:厦门市软件园二期望海路 39 号 邮编:361008)

<http://www.xmupress.com>

xmup@public.xm.fj.cn

三明日报社印刷厂印刷

2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:11.5 字数:270 千字

定价:20.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换

编者的话

为进一步加强闽台校一校一企合作,厦门兴才职业技术学院在派遣学生赴台湾大华技术学院学习交流的同时,积极促进和协调两岸的专业教师学术交流。为了能在今后的专业教学上与台湾大华技术学院的专业教学紧密衔接,优势互补,两岸教师达成共识共同编写系列专业教材,以推动两岸职业教育的快速发展。本书借鉴台湾职业技术教育及大华学院的先进经验,结合厦门兴才学院的教学特色,经过两校专业教师充分商讨研究,共同编写而成。本书注重实践,实用性强,可以作为高职高专的相关专业教材,同时可作为相关专业的培训教材和参考书。

本书共八章,由可编程控制器的概论开始讲解,到机体结构,然后是基本指令、功能指令介绍,再讲解控制实例和程序设计的方法,详细介绍了编程软件的使用。附录有机电整合的实例,每一章均有分析、范例让读者掌握重点并灵活运用,以便发挥可编程控制器的最大功效。

本书由厦门兴才职业技术学院机电系邱海强老师编写第一章、第三章、第四章、第五章、第八章及附录一、二、三、五,由台湾大华技术学院自动化工程系张炳荣老师编写第二章、第六章、第七章及附录四。

感谢兴才学院林亚姜董事长、曾讲来院长、王诗武副院长、许永辉副院长、陈益健教务长,大华学院石庆得校长、刘玉山教务长、李永晃主任、曾庆祺主任、何世伟主任等,在他们大力协助和推动下,本书得以顺利完成。

本书仓促付梓,疏漏之处在所难免,尚祈读者不吝赐教与指正。

编者

2010年6月

目 录

第一章 可程序控制器概论	1
1.1 发展过程	1
1.2 基本原理	2
1.2.1 输入采样	2
1.2.2 程序执行	2
1.2.3 输出刷新	2
1.3 PLC 编程语言	3
1.3.1 梯形图	3
1.3.2 指令表	4
1.3.3 顺序功能块图	4
1.4 PLC 内部软继电器及编号	5
1.4.1 输入继电器(X)	5
1.4.2 输出继电器(Y)	5
1.4.3 辅助继电器(M)	5
1.4.4 状态继电器(S)	6
1.4.5 定时器	7
1.4.6 计数器(C)	7
1.4.7 数据寄存器	8
1.4.8 常数(K/H)	9
1.5 产业应用	9
1.5.1 开关量逻辑控制	9
1.5.2 运动控制	9
1.5.3 闭环过程控制	10
1.5.4 数据处理	10
1.5.5 通信联网	10
思考与练习	10

第二章 可编程序控制器的结构	11
2.1 硬件构成	11
2.1.1 中央处理单元	11
2.1.2 内存单元	11
2.1.3 输入输出单元	12
2.2 内存单元	12
2.3 输入/输出单元	12
2.3.1 输入单元	12
2.3.2 输出单元	13
2.3.3 继电器输出回路的主要规格	14
2.3.4 晶体管输出回路的主要规格	14
2.4 PLC 处理程序	14
2.4.1 输入处理	15
2.4.2 程序处理	15
2.4.3 输出处理	15
思考与练习	17
第三章 基本指令与应用	18
3.1 基本 I/O 指令的用法(LD, LDI, LDP, LDF, OUT)	18
3.1.1 LD、LDI	18
3.1.2 LDP	18
3.1.3 LDF	18
3.1.4 OUT	19
3.2 单个触点及电路块串并联指令的用法(AND, ANI, ANB, ORB)	19
3.2.1 单个触点的串联指令(AND, ANI, ANDP, ANDF)	19
3.2.2 单个触点并联指令(OR, ORI, ORP, ORF)	20
3.2.3 电路块的串并联指令(ANB, ORB)	21
3.3 栈指令的用法(MPS, MRD, MPP)	22
3.3.1 堆栈指令(MPS)	22
3.3.2 读栈指令(MRD)	23
3.3.3 堆栈结束指令(MPP)	23
3.4 主控指令的用法	24
3.5 置位复位指令的用法	25
3.5.1 置位指令(SET)	25
3.5.2 复位指令(RST)	25

3.6	微分指令的用法(PLS,PLF)	25
3.6.1	PLS	25
3.6.2	PLF	26
3.7	空操作、取反、结束指令的用法	26
3.7.1	运算结果取反(INV)	26
3.7.2	空操作指令(NOP)	26
3.7.3	程序结束指令(END)	27
	思考与练习	27
第四章	功能指令与应用	29
4.1	指令格式(功能指令的表示)	29
4.2	程序流程指令	30
4.2.1	条件跳转指令 CJ(FNC00)	31
4.2.2	子程序调用指令 CALL(FNC01)、子程序返回指令 SRET(FNC02)、主程序结束指令 FEND(FNC06)	32
4.2.3	中断指令 IRET(FNC03)、EI(FNC04)、DI(FNC05)	32
4.2.4	看门狗计时器再生指令 WDT(FNC07)	33
4.2.5	循环开始指令 FOR(FNC08)、循环结束指令 NEXT(FNC09)	33
4.3	传送、比较功能指令(FNC10~FNC19)	34
4.3.1	资料比较指令 CMP(FNC10)	35
4.3.2	资料区间比较指令 ZCP(FNC11)	35
4.3.3	资料传送指令 MOV(FNC12)	36
4.3.4	资料移位传送指令 SMOV(FNC13)	36
4.3.5	资料反向传送指令 CML(FNC14)	37
4.3.6	资料区块传送指令 BMOV(FNC15)	38
4.3.7	单一数值传送指令 FMOV(FNC16)	39
4.3.8	资料交换指令 XCH(FNC17)	39
4.3.9	BCD 码指令(FNC18)	40
4.3.10	BIN 指令(FNC19)	41
4.4	算术四则运算及逻辑运算	42
4.4.1	加法指令 ADD(FNC20)	43
4.4.2	减法指令 SUB(FNC21)	43
4.4.3	乘法指令 MUL(FNC22)	44
4.4.4	除法指令 DIV(FNC23)	44
4.4.5	加一指令 INC(FNC24)	45

4.4.6	减一指令 DEC(FNC24)	45
4.4.7	逻辑字元 AND 运算指令(FNC26)	45
4.4.8	逻辑或运算 OR(FNC27)	46
4.4.9	异或运算指令 XOR(FNC28)	46
4.4.10	求补数指令 NEG(FNC29)	47
4.5	旋转及移位指令	47
4.5.1	右旋转指令 ROR(FNC30)	48
4.5.2	左旋转指令 ROL(FNC31)	49
4.5.3	带进位位的右旋转指令 RCR(FNC32)	50
4.5.4	带进位位的左旋转指令 RCL(FNC33)	51
4.5.5	位元右移指令 SFTR(FNC34)	52
4.5.6	位元左移指令 SFTL(FNC35)	53
4.5.7	字元右移指令 WSFR(FNC36)	54
4.5.8	字元左移指令 WSFL(FNC37)	55
4.5.9	位移暂存器写入 SFWR(FNC38)	55
4.5.10	位移暂存器读出 SFRD(FNC39)	57
4.6	资料处理指令	58
4.6.1	区间复位指令 ZRST(FNC40)	58
4.6.2	解码指令 DECO(FNC41)	59
4.6.3	编码指令 ENCO(FNC42)	60
4.6.4	求 ON 位元位数的和指令 SUM(FNC43)	61
4.6.5	指定位元状态检查指令 BON(FNC44)	61
4.6.6	求平均值指令 MEAN(FNC45)	62
4.6.7	警报点设定 ANS(FNC46)	62
	思考与练习	63
第五章	PLC 程序编辑	65
5.1	手持式编辑器的组成	65
5.2	手持程序编程器的使用	66
5.2.1	编程器的操作准备	66
5.2.2	在线编程方式	67
5.2.3	对用户程序初始化	67
5.2.4	编程操作	67
5.3	程序编辑软件的应用(PC 机上)	74
5.3.1	系统配置	74
5.3.2	编程软件的使用	75

思考与练习	81
第六章 PLC 程序设计	82
6.1 直觉设计法(经验设计法).....	82
6.2 机器状态导向设计法.....	87
6.2.1 系统的机器状态转换.....	87
6.2.2 建立系统机器状态流程图.....	88
6.2.3 状态流程图转绘成梯形图.....	89
6.2.4 初始状态的建立.....	92
6.2.5 设计范例.....	93
6.3 步进阶图设计法.....	98
6.3.1 步进阶图.....	98
6.3.2 步进状态的基本流程形态	100
6.3.3 设计范例	102
思考与练习.....	103
第七章 应用实例.....	106
7.1 三相感应电动机顺序控制	106
7.1.1 系统介绍	106
7.1.2 逻辑关系	107
7.1.3 转换成 PLC 梯形图.....	107
7.1.4 输入/输出接线.....	108
7.1.5 实习步骤	108
7.2 床台往复运动控制	108
7.2.1 系统介绍	108
7.2.2 逻辑关系	109
7.2.3 转换成 PLC 梯形图.....	110
7.2.4 输入/输出接线.....	110
7.2.5 实习步骤	111
7.3 电动机星—三角启动控制	111
7.3.1 系统介绍	111
7.3.2 逻辑关系	112
7.3.3 转换成 PLC 梯形图.....	113
7.3.4 输入/输出接线.....	114
7.3.5 实习步骤	114
7.4 红绿灯控制	114

118	7.4.1	系统介绍	114
	7.4.2	逻辑关系	115
118	7.4.3	转换成 PLC 梯形图	116
118	7.4.4	输入/输出接线	116
118	7.4.5	实习步骤	118
118	7.5	机械手臂控制	118
118	7.5.1	系统介绍	118
119	7.5.2	逻辑关系	119
120	7.5.3	转换成 PLC 梯形图	120
122	7.5.4	输入/输出接线	122
122	7.5.5	实习步骤	122
122	7.6	跑马灯控制	122
122	7.6.1	系统介绍	122
123	7.6.2	逻辑关系	123
123	7.6.3	转换成 PLC 梯形图	123
124	7.6.4	输入/输出接线	124
124	7.6.5	实习步骤	124
125		思考与练习	125
130	第八章 可编程序控制器的通信及组网		130
130	8.1	数据通信基础知识	130
130	8.1.1	并行通信与串行通信	130
131	8.1.2	单工通信与双工通信	131
131	8.1.3	数据通信的主要技术指标	131
132	8.1.4	通信网络传输介质	132
133	8.2	PLC 常用通信接口	133
133	8.2.1	RS-232 接口	133
134	8.2.2	RS-422 接口	134
134	8.2.3	RS-485 接口	134
135	8.3	计算机系统的通信标准	135
136	8.4	PLC 的网络构成	136
136	8.4.1	星形结构	136
136	8.4.2	环形结构	136
137	8.4.3	总线形结构	137
137	8.5	PLC 的通信方式	137
137	8.5.1	下位通信系统	137

8.5.2 同位通信系统	138
8.5.3 上位通信系统	139
思考与练习	140
附录一 三菱 FX 系列 PLC 要素号码一览表	141
附录二 FX 系列特殊辅助继电器和数据寄存器表	142
附录三 FX1N 的指令一览表	154
附录四 机电整合技能测试题	157
附录五 利用 PLC 机演奏歌曲	167
参考文献	169

第一章 可编程序控制器概论

1.1 发展过程

可编程序控制器出现以前,生产线上的控制多采用继电器控制系统。所谓继电器控制系统,是指由各种自动控制电器组成的电器控制线路。它经历比较长的历史,其特点是结构简单,价格低,抗干扰能力强,可以在一定的范围内满足单机和自动生产线上的需要。但它有明显的缺点,主要在于它的触点系统,触点多,组合复杂,易磨损,因而可靠性差。此外它采用的是固定接线,灵活性不好,移植性差,不能适应程序经常改变,控制要求比较复杂的场合,制约工业控制的发展。

20世纪60年代初期,美国通用汽车公司为了适应汽车型号的不断更新,生产工艺不断变化,实现小批量、多品种生产,希望能有一种新型工业控制器,做到尽可能减少重新设计和更换电器控制系统及接线,以降低成本,缩短周期。最终美国数字设备公司(DEC)根据美国通用汽车公司(GM)的要求研制成功。它经历了以下几个时期:

20世纪70年代初期:仅有逻辑运算、定时、计数等顺序控制功能,只是用来取代传统的继电器控制,通常称为可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller),即PLC。

70年代中期:微处理器技术应用到PLC中,使PLC不仅具有逻辑控制功能,还增加了算术运算、数据传送和数据处理等功能。

80年代以后:随着大规模、超大规模集成电路等微电子技术的迅速发展,16位和32位微处理器应用于PLC中,使PLC得到迅速发展。PLC不仅控制功能增强,同时可靠性提高,功耗、体积减小,成本降低,编程和故障检测更加灵活方便,而且具有通信和联网、数据处理、图像显示等功能。

近年来PLC发展迅速,PLC集三电(电气控制、电子仪表、电气传动)为一体,性能价格比高,可靠性高,已成为自动化控制的核心设备。PLC已成为具备计算机功能的一种通用工业控制装置,使用量高居首位。PLC现已成为现代工业自动化的三大技术支柱(PLC、机器人、CAD/CAM)之一。就全世界自动化市场的过去、现在和未来而言,PLC仍然处于核心地位。

可编程序控制器是在继电器接触器控制技术和计算机技术的基础上开发出来的工业自动

控制装置,特别是进入 20 世纪 80 年代以来,随着计算机技术和微电子技术的迅猛发展,其功能日益增强,并逐渐发展成为以微处理器为核心,将自动化技术、计算机技术、通信技术融为一体的新型工业控制装置,为工业自动化提供了有力的工具。

1982 年国际电工委员会(IEC)颁布了可编程控制器标准草案第一稿,1985 年提交第二稿。在 1987 年第三稿中对可编程控制器定义如下:“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、计数和算术运算等操作的指令,并通过数字式和模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外围设备都应按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。”

1.2 基本原理

PLC 的工作方式为循环扫描方式,其工作过程大致分为 3 个阶段,即输入采样、程序执行和输出刷新。PLC 重复地执行上述 3 个阶段,周而复始,每重复一次所需要的时间称为一个扫描周期。

1.2.1 输入采样

PLC 在系统程序的控制下以扫描的方式顺序读入输入口的状态,并写入输入状态寄存器中,此时输入状态寄存器被刷新。在一个扫描周期中,对输入状态的采样只在输入处理阶段进行。当 PLC 进入程序处理阶段后输入端将被封锁,直到下一个扫描周期的输入处理阶段才对输入状态进行重新采样。

1.2.2 程序执行

PLC 按照梯形图先左后右、先上后下的顺序扫描每一条用户程序,执行程序时所用的输入变量和输出变量在相应的输入状态寄存器和输出状态寄存器中取用,运算的结果写入输出状态寄存器中。

1.2.3 输出刷新

将输出状态寄存器的内容传送给输出端口,以驱动输出设备,成为 PLC 的实际输出。在用户程序中如果对输出结果多次赋值,则最后一次有效。在一个扫描周期内,只在输出处理阶段才将输出状态从输出映像寄存器中输出,对输出接口进行刷新。在其他阶段里输出状态一直保存在输出映像寄存器中。PLC 工作过程如图 1.1 所示。

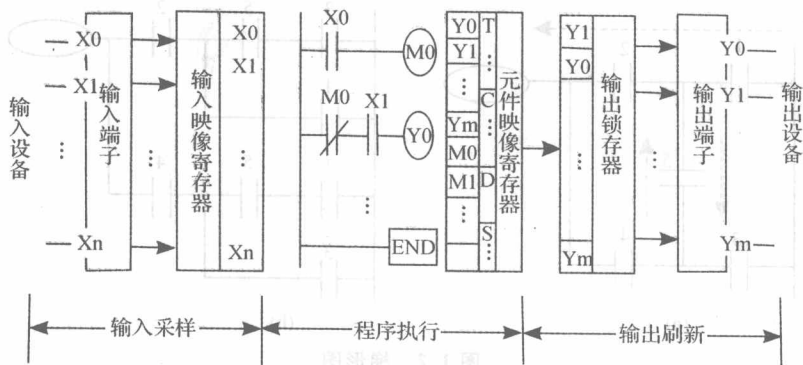


图 1.1 PLC 工作过程

PLC 的工作原理与计算机的工作原理基本一致,都是通过执行用户程序实现过程控制,但是在工作方式上两者有很大的差别。计算机在工作过程中,如果输入条件没有满足,则程序不执行而在等待,直到条件满足时才继续执行,而 PLC 在输入条件不满足时,程序照样顺序往下执行,它依靠不断地循环扫描,一次次通过输入采样捕捉输入变量。

由此引发的问题是,如果当扫描到来时输入变量在此期间发生相应变化,则本次扫描时间输出就会有变化,如果在本次扫描之后输入量才发生变化,则本次扫描周期输出不变,只有等待下一次扫描输出才会发生变化,这就造成了输入与输出响应的滞后,有的甚至可滞后 2~3 个周期。尽管这种响应滞后对工业设备来说是完全允许的,但也同时表明只有当输入变量满足条件的的时间大于扫描时间,这个条件才能被 PLC 接收并按程序执行,但另一方面也表明 PLC 对一些短时的干扰,会有因响应滞后而避开,有利于提高其抗干扰能力。

如果有某些设备需要输出对输入作出快速反应,可采取快速响应的模块、高速计数器以及采用中断处理等措施以尽量减小滞后时间。

1.3 PLC 编程语言

PLC 是专为工业控制开发的电子产品,主要使用对象是广大的电气技术人员。考虑到他们习惯和能力,并有利于推广和普及,PLC 不采用计算机编程语言,而采用梯形图语言、指令表语言、功能图语言等。

1.3.1 梯形图

以图形方式表达触点和线圈以及特殊指令块的梯级,如图 1.2 所示。

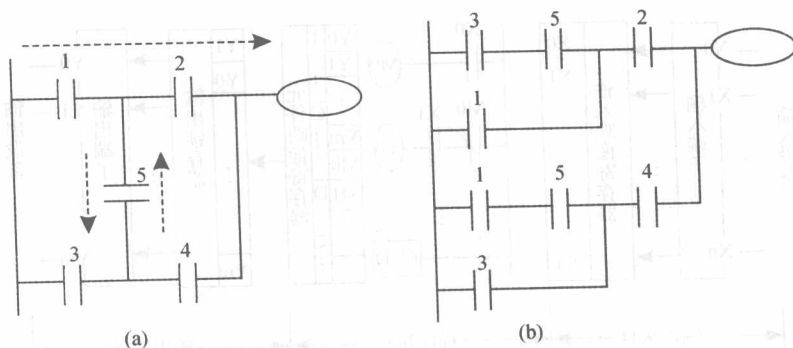


图 1.2 梯形图

1.3.2 指令表

类似汇编程序的基于文本的语言,如下所示:

```
LD X000
AND X001
OR Y000
OUT Y000
END
```

1.3.3 顺序功能块图

这是位于其他编程语言之上的图形语言,用来编制顺序控制程序。其中步、转换、动作是顺序功能图中的 3 种主要元件,是一种对应于线路图的图形语言。

顺序功能如图 1.3 所示。

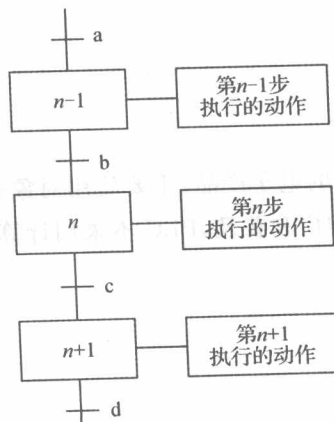


图 1.3 顺序功能图

1.4 PLC 内部软继电器及编号

PLC 作为一种新型工业控制电器,使用者不必考虑内部元件的接线,只要会利用编程语言对这些元件线圈、触点进行编程以达到控制要求即可,为此使用者必须熟悉这些元件的功能、编号、特点及使用方法。

每种元件都有特定的字母表示,不同厂家、不同系列的 PLC,其内部软继电器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 的软继电器功能和编号。FX 系列 PLC 软继电器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。

1.4.1 输入继电器(X)

输入继电器是 PLC 用来接收用户输入设备发来的输入信号的,如开关信号、模拟信号。输入继电器线圈由外部输入信号驱动,只有当外部信号接通时,对应的输入继电器才得电,不能用指令来驱动。

FX 系列 PLC 的输入继电器以八进制进行编号,FX0N 输入继电器的编号范围为: X000~X007, X010~X017, X020~X027, X030~X037, X040~X047, X050~X057,...

注:基本单元输入继电器的编号是固定的,扩展单元和扩展模块从与基本单元最靠近开始。

1.4.2 输出继电器(Y)

输出继电器用来将 PLC 内部信号、输出传送给外部负载。输出继电器线圈由 PLC 内部程序驱动,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。每一个输出继电器有一个外部输出常开触点,而内部的软触点有无限多个,可以无数次地使用。FX 系列 PLC 的输出继电器也是八进制编号,与输入继电器一样,基本单元的输出继电器编号是固定的,扩展单元和扩展模块的编号也是从与基本单元最靠近开始顺序进行编号。

FX0N 编号范围为 Y000~Y007、Y010~Y017 等。

1.4.3 辅助继电器(M)

辅助继电器是 PLC 中数量最多的一种继电器,其作用相当于继电器控制系统中的中间继电器。和输出继电器一样,其线圈由程序指令驱动。每个辅助继电器都有无限多对

常开常闭触点,供编程使用。按十进制编号,但是其触点不能直接驱动外部负载,要通过输出继电器才能实现对外部负载的驱动。

辅助继电器可分为通用型辅助继电器、断电保持型辅助继电器、特殊型辅助继电器。

1. 通用型辅助继电器:没有断电保持功能,如在运行中 PLC 断电,则为 OFF。有 M0~M499 共 500 点。

2. 断电保持型辅助继电器:PLC 运行时,如遇停电则由机内后备电池来保存编程元件的内部信息,具有记忆功能。有 M500~M1023 共 524 点。

3. 特殊型辅助继电器:特殊辅助继电器共有 256 点,它们用来表示 PLC 的某些状态,如提供时钟脉冲和标志,设定 PLC 的运行状态。

通常可分为两类:触点型和线圈型。触点型特殊辅助继电器的线圈由 PLC 自动驱动,用户只可以利用其触点。线圈型特殊辅助继电器的线圈由用户控制,其线圈得电后,PLC 作出特定动作。

如:

(1)M8000(M8001):运行监视用特殊辅助继电器。

PLC 运行时 M8000 得电(M8001 断电),PLC 停止时 M8000 失电(M8001 得电)。

(2)M8002(M8003):初始脉冲特殊辅助继电器。

M8002(M8003)只在 PLC 开始运行的第一个扫描周期内得电(断电),其余时间均断电(得电)。

(3)M8011、M8012、M8013、M8014 分别为产生周期为 10 ms、100 ms、1 s、1 min 的脉冲。

(4)M8061:硬件出错特殊继电器→D8061(出错代码)。

(5)M8064:参数出错特殊继电器→D8064(出错代码)。

(6)M8065:语法出错特殊继电器→D8065(出错代码)。

(7)M8066:电路出错特殊继电器→D8066(出错代码)。

(8)M8067:操作出错特殊继电器→D8067(出错代码)。

在 M8000~M8255 的 256 个特殊辅助继电器中,PLC 未定义的不可在用户程序中使用,具体可参见使用手册。

1.4.4 状态继电器(S)

状态器状态器是构成状态转移图的重要器件,在步进顺序控制的过程中起着重要的作用,它与后述的步进指令 STL 组合使用。

● 初始用状态器 S0~S9;

● 返回原点用状态器(FX2N)S10~S19;

● 普通状态器 S20~S499;

● 保持状态器 S500~S899;