

普通高等院校“十一五”规划教材

可编程控制器

原理及应用 (第2版)

KEBIANCHENG KONGZHIGUI YUANLI JI YINGYONG

王庭有 等编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

TP332.3
125(2)
1=

普通高等院校“十一五”规划教材

可编程控制器原理及应用

第2版

王庭有 贺 玮 刘泓滨 编著
董为民 柯建宏 朱昆莉

国防工业出版社

(北京·中宣部出版)

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理及应用 / 王庭有等编著. —2版. —北
京:国防工业出版社, 2008.8
普通高等院校“十一五”规划教材
ISBN 978-7-118-05872-7

I. 可... II. 王... III. 可编程序控制器-高等学校-教
材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 108024 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

新艺印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 21¼ 字数 502 千字
2008 年 8 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 35.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

第 2 版前言

《可编程控制器原理及应用》一书出版后,被多所学校选用做教材,现将再版。第 2 版更正了目前发现的第 1 版中的一些错误,更新了一部分内容,增加了一些新内容。第 2 版能更好地满足针对各种层次学生的教学需要。

第 2 版第 5 章中增加了 5.15 节“高级程序指令应用示例”,介绍了一些高级程序指令的综合应用方法和一些相对复杂的控制电路,通过学习这些电路,读者可以进一步了解高级程序指令的应用方法、提高阅读程序和设计电路的能力。

第 1 版对编程软件的介绍较简单,编程软件的版本相对较低,第 2 版更新了可编程控制器用户程序的开发平台,介绍了编程与仿真软件 GX Developer7 的基本使用方法,重写了 7.2 节,新增了 7.3 节。7.2 节中,以方波振荡器为例,介绍了用户程序的录入、编辑方法,介绍了仿真调试用户程序的三种仿真方法:梯形图窗口仿真、时序图仿真和软元件数字仿真。7.3 节介绍了如何使用 GX Developer7 录入编辑步进梯形图的方法,介绍了使用 GX Developer7 直接录入编辑 SFC 的方法。

本书主编可以提供部分教学参考资料(如前 4 章的 PPT),若需要请与主编联系,Email: wtyhome@sina.com。

编者

2008 年 6 月

前 言

可编程控制器可以实现开关量逻辑控制、运动控制、闭环控制(PID 控制)和过程控制,可以进行数据处理,可以组成控制网络(具有通信功能),是具有完善控制功能和数据处理功能的工业控制计算机,是一种全能型的控制器。可编程控制器是一种好用、易用、应用广泛的控制装置,是自动控制的核心设备。利用可编程控制器可以快速、可靠、经济地构建控制系统。本书阐述可编程控制器的工作原理和应用技术。

本书在内容安排上,由浅入深、循序渐进、重点突出、结构层次清楚。

本书在内容叙述上,阐述清楚、通俗易懂、概念清晰,电路设计过程描述详细、步骤完整。

本书在内容结构上,图文并茂,插图细腻完备,电路设计给出了详细的 I/O 连接图、梯形图,电路分析给出了详细的梯形图、时序图。

本书在使用上,便于自学和教学,如使用书上的素材,学生基本上不用做课堂笔记,教师基本上不用在黑板上画图,可以专注于内容的教学。

本书既可作为教材使用,也可作为 FX_{2N} 系列可编程控制器的编程手册和硬件手册使用,具有较好的实用性,是学习及使用可编程控制器的一本好书。

本书由昆明理工大学王庭有等编著。王庭有任主编,贺玮、刘泓滨、董为民任副主编,柯建宏、朱昆莉参编。王庭有编写第 1 章、第 2 章、第 5 章、附录,王庭有和董为民共同编写第 3 章,王庭有和柯建宏共同编写第 4 章,刘泓滨编写第 6 章,贺玮和朱昆莉编写第 7 章。贺玮和朱昆莉录入了全书的文字并排版,刘泓滨绘制了全部插图。

本书主编王庭有具有实际使用可编程控制器的经验,曾经使用可编程控制器开发过一些控制系统(有单机系统、有分布范围 7km 的控制系统),但由于设备和资料的限制,不当和错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

内 容 摘 要

本书以 FX_{2N} 系列可编程控制器为样机(兼顾 FX_{0N}),介绍了可编程控制器的工作原理和基本使用方法。本书共 7 章。第 1 章是可编程控制器的快速入门知识,只要具备继电器—接触器控制系统的知识,学完第 1 章后,即可掌握可编程控制器的基本用法。第 2 章介绍了可编程控制器的软电器及指令系统,为阅读和设计可编程控制器的控制电路奠定基础。第 3 章介绍了可编程控制器的工作原理,分析了一些典型电路,介绍了可编程控制器控制电路的经验设计法。学完第 3 章后,可以深入理解可编程控制器的等效电路。第 4 章介绍了可编程控制器在顺序控制中的应用及顺序控制程序的设计方法。第 5 章详细介绍了可编程控制器的高级程序指令(应用指令),为可编程控制器的高级应用奠定基础。第 6 章介绍了可编程控制器主机功能的扩展及扩展方法,介绍了特殊功能模块,例如 A/D 模块、通信扩展板等。第 7 章介绍了可编程控制器的字符编程器的使用方法和图形编程软件的使用方法。本书附录列出了使用可编程控制器时必备的其他知识。本书的绝大部分内容同样适用于 FX 系列的其他可编程控制器。

本书概念清晰、结构层次清楚、由浅入深、循序渐进、重点突出、图文并茂、插图细腻完备、通俗易懂,便于自学和教学。本书既可作为教材,也可作为编程手册和硬件手册使用,具有较好的实用性,是学习及使用可编程控制器的一本好书。

目 录

第1章 初识可编程控制器	1
1.1 可编程控制器的物理结构及其系统的组成	1
1.2 可编程控制器控制系统与继电器—接触器控制系统	5
1.3 可编程控制器梯形图的绘制规则	9
1.4 可编程控制器的基本使用步骤	10
1.4.1 确定可编程控制器系统的硬件配置	10
1.4.2 设计绘制梯形图	12
1.4.3 调试梯形图	12
1.4.4 连接可编程控制器的外设	12
1.4.5 运行可编程控制器系统	13
1.5 可编程控制器的特点	13
1.5.1 以可编程控制器为核心构造控制系统所需周期短	13
1.5.2 可编程控制器易学易用	14
1.5.3 可编程控制器通用性和适应性强	14
1.5.4 可编程控制器的可靠性高、抗干扰能力强	15
1.5.5 可编程控制器的维护性好	16
1.5.6 可编程控制器的体积小、能耗低	16
1.5.7 可编程控制器与继电器—接触器控制系统的比较	16
1.5.8 可编程控制器与其他计算机的比较	17
1.5.9 可编程控制器与集散控制系统的比较	18
1.6 可编程控制器的发展	19
习题一	20
第2章 软电器与基本逻辑指令	23
2.1 编程资源	23
2.2 时序图与逻辑表达式	27
2.2.1 时序图	27
2.2.2 逻辑表达式	28
2.3 软电器的工作原理	29
2.3.1 输入继电器(X)与输出继电器(Y)	29
2.3.2 辅助继电器(M)	29
2.3.3 定时器(T)	31

2.3.4	计数器(C)	33
2.3.5	状态继电器(S)	39
2.3.6	数据寄存器	39
2.3.7	指针	40
2.3.8	软电器的字长	41
2.4	基本逻辑指令	42
2.4.1	电路支路开始标记指令和输出指令	44
2.4.2	触点的简单连接指令	44
2.4.3	电路块指令	46
2.4.4	置位和复位指令	47
2.4.5	微分脉冲输出指令	47
2.4.6	触点状态变化边沿检测指令	48
2.4.7	堆栈指令	50
2.4.8	主控指令	52
2.4.9	取反指令(INV 指令)	55
2.4.10	空操作指令(NOP 指令)	56
2.4.11	用户程序结束指令(END 指令)	56
	习题二	57
第3章	工作原理与电路分析和设计	60
3.1	可编程控制器的工作原理	60
3.2	可编程控制器电路分析	63
3.2.1	定时器电路	63
3.2.2	计数器电路	69
3.2.3	其他电路	71
3.3	控制电路的经验设计法	73
	习题三	80
第4章	可编程控制器与顺序控制	84
4.1	顺序控制及其描述	84
4.2	状态转移图与步进梯形图	87
4.3	单流程的顺序控制	94
4.4	复杂流程的顺序控制	100
4.4.1	选择结构	100
4.4.2	跳转与循环结构	103
4.4.3	并行结构	104
4.4.4	组合结构	107
4.4.5	复杂流程顺序控制电路的设计示例	110
	习题四	115

第 5 章 可编程控制器的高级程序指令	121
5.1 高级程序指令的基本知识	121
5.2 程序流程控制指令	124
5.2.1 跳转指令	125
5.2.2 子程序指令	129
5.2.3 中断指令	129
5.2.4 主程序结束(FEND)指令和监视定时器(WDT)指令	132
5.2.5 循环指令	134
5.3 比较指令与传送指令	134
5.3.1 比较指令	134
5.3.2 数据传送指令	135
5.4 算术运算指令与逻辑运算指令	140
5.4.1 算术运算指令	142
5.4.2 逻辑运算指令	143
5.5 循环移位指令	143
5.6 数据处理指令	149
5.7 高速处理指令	153
5.7.1 输入输出刷新指令、滤波时间调整指令、矩阵输入指令	154
5.7.2 高速计数器指令	156
5.7.3 脉冲指令	160
5.8 方便指令	164
5.8.1 状态初始化指令	165
5.8.2 数据查找与排序指令	170
5.8.3 示教定时器指令与特殊定时器指令	172
5.8.4 特殊波形指令	173
5.8.5 旋转工作台指令	176
5.9 外部设备 I/O 指令	178
5.10 外部设备 SER 指令	188
5.10.1 串行通信指令	189
5.10.2 八进制位传送指令、HEX 与 ASC II 码转换指令、校验码指令	193
5.10.3 电位器指令	198
5.10.4 PID 运算指令	198
5.11 浮点数处理指令和字节交换指令	203
5.11.1 二进制浮点数的比较指令	205
5.11.2 浮点数转换指令	206
5.11.3 二进制浮点数的运算指令	207
5.11.4 字节交换指令	208
5.12 时钟处理指令	209

5.13 格雷码指令	214
5.14 触点比较指令	216
5.15 高级程序指令应用示例	219
习题五	238
第6章 主机扩展	244
6.1 扩展设备	244
6.2 主机扩展方法	246
6.3 特殊功能模块应用示例	251
6.4 可编程控制器控制网络介绍	256
习题六	257
第7章 编程器和编程软件的基本使用方法	259
7.1 编程器的基本使用方法	259
7.1.1 操作面板	259
7.1.2 键位及显示屏说明	259
7.1.3 操作过程	261
7.1.4 用户程序初始化	263
7.1.5 编程操作	263
7.1.6 监控操作	268
7.2 编程软件与仿真软件的基本使用方法	271
7.2.1 离线编程与仿真	272
7.2.2 在线操作简介	292
7.3 顺序控制的编程	294
7.3.1 步进梯形图编程法	294
7.3.2 SFC 编程法	295
附录一 部分 FX _{2N} 型可编程控制器及其扩展设备端子布置	301
附录二 FX _{0N} 型可编程控制器端子布置	305
附录三 可编程控制器的接线技术	308
附录四 FX _{2N} 型可编程控制器电池安装	315
附录五 FX _{2N} 型可编程控制器的技术性能指标	316
附录六 FX _{2N} 可编程控制器特殊软元件一览表	318
附录七 FX _{2N} 型可编程控制器高级程序指令	325
附录八 FX _{0N} 型可编程控制器的技术性能指标	329
附录九 FX _{0N} 型可编程控制器特殊软元件一览表	331
附录十 FX _{0N} 型可编程控制器高级程序指令	334
参考文献	338

第 1 章 初识可编程控制器

可编程控制器是一种工业控制计算机,简称 PLC(Programmable Logic Controller)或 PC (Programmable Controller)。因为个人计算机也简称 PC(Personal Computer),为避免和个人计算机相混淆,一般称可编程控制器为 PLC。

可编程控制器现已成为一种广泛使用的工业控制器,在很多场合,可编程控制器是快速、可靠、经济地构建控制系统的重要设备。

在全世界,有上百个可编程控制器制造厂商,例如日本的三菱公司、德国的西门子 (Siemens)公司、美国 Rockwell 自动化公司所属的 A - B(Allen&Bradly)公司、GE - Fanuc 公司、法国的施耐德(Schneider)自动化公司、日本的欧姆龙(OMRON)公司。我国也有一些可编程控制器制造厂商,例如上海香岛机电制造公司、苏州机床电器厂。因此,可编程控制器的种类繁多、型号齐全,但各种可编程控制器的工作原理基本相同。本书以日本三菱公司的 FX_{2N}和 FX_{0N}系列可编程控制器为样机,介绍可编程控制器的工作原理和使用方法。

1.1 可编程控制器的物理结构及其系统的组成

可编程控制器的基本组成和普通的计算机相同,都包含 CPU、存储器、I/O 接口和系统总线四大部分,但它与普通计算机在外形上有很大的差别。图 1.1 是 FX 系列可编程控制器中的一种机型的外观图。

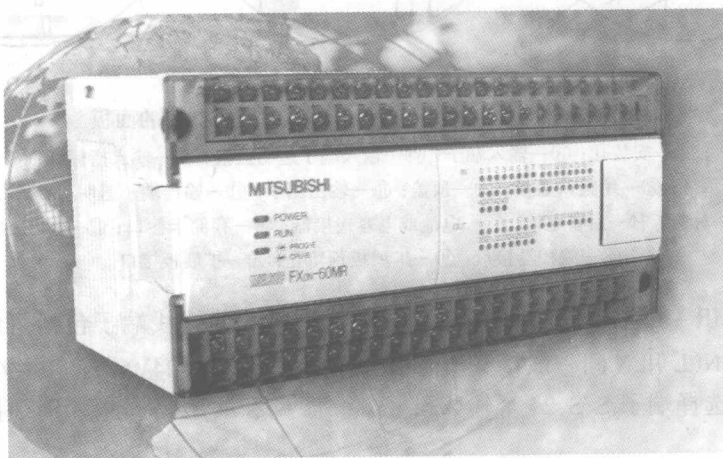


图 1.1 FX 系列可编程控制器的机型之一

I/O 接口电路是可编程控制器和外界交换信息的通道。I/O 接口电路中有一部分电路称为输入模块,有一部分电路称为输出模块。输入模块用来接收和采集输入信号,输出模块用来把可编程控制器产生的控制信号传送到其控制对象上。

使用可编程控制器是通过使用其 I/O 接口电路来实现的。可编程控制器的 I/O 接口电路对外体现为其输入模块和输出模块上的接线端子、编程器接口、存储器接口、扩展接口、特殊模块接口和通信接口。

图 1.2 所示为 FX_{2N}-48MR-ES/UL 型可编程控制器的面板图。

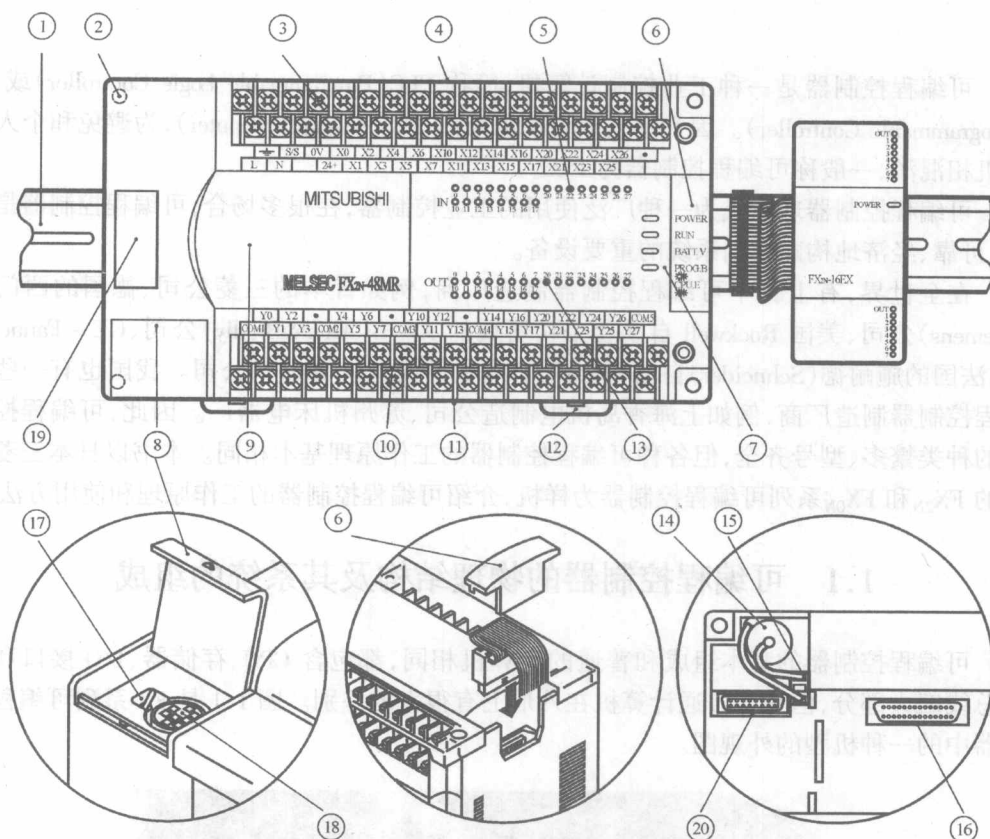


图 1.2 FX_{2N}-48MR-ES/UL 型可编程控制器的面板

- ①—DIN 标准导轨；②—安装孔；③—输入端子；④—输入端子透明盖板；⑤—输入指示灯；⑥—扩展总线盖板；
⑦—状态指示灯；⑧—编程口盖板；⑨—顶盖；⑩—输出端子；⑪—输出端子透明盖板；⑫—导轨卡；
⑬—输出指示灯；⑭—后备电池；⑮—电池或电容连接器；⑯—存储卡接口；⑰—RUN/STOP 开关；
⑱—编程器接口；⑲—扩展板预留孔；⑳—扩展板接口。

FX_{2N}-48MR-ES/UL 型可编程控制器输入模块上的接线端子包括可编程控制器的电源端子 L 和 N(L 和 N 间一般接交流 220V)、接地端子、DC 24V 端子(供传感器使用)、源型和漏型输入选择端子 S/S、24 个输入端子 X。源型和漏型输入的区别和接线方法参见附录三。

FX_{2N}-48MR-ES/UL 型可编程控制器输出模块上的接线端子包括 COM 端子和 24 个输出端子 Y。FX_{2N}-48MR-ES/UL 型可编程控制器输出模块上的接线端子分为 5 组,每组包括一个公共端子 COM,第一组至第四组有 4 个输出端子 Y,第五组有 8 个输出端子 Y。

图 1.3 所示为 FX_{0N}-40MR 型可编程控制器的面板图。

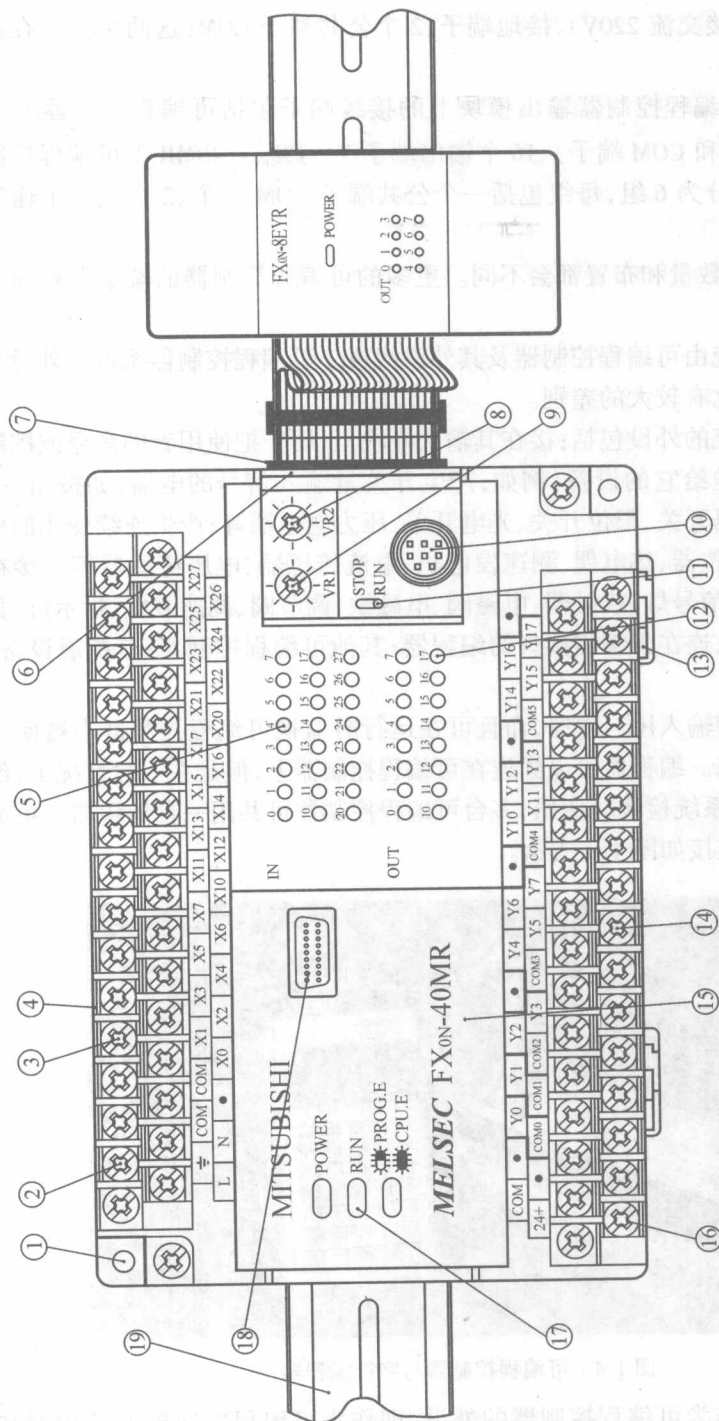


图 1.3 FX_{0N}-40MR 型可编程控制器的面板

- ①—安装孔；②—电源端子(L、N、接地)；③—输入端子(COM、X0、X1…)；④—透明端子盖板；⑤—输入指示灯(状态指示)；⑥—编程口盖板；
⑦—扩展用插座；⑧—2号模拟电位器；⑨—1号模拟电位器；⑩—编程器接口；⑪—RUN/STOP开关；⑫—输出LED指示灯(状态指示)；
⑬—导轨卡；⑭—输出端子(COM、Y0、Y1…)；⑮—顶盖；⑯—辅助电源(+24V、COM)；
⑰—控制器状态指示灯(POWER—电源状态；RUN—运行状态；ERROR—灯亮CPU出错、灯闪烁程序出错)；⑱—存储卡接口；⑲—DIN标准导轨。

FX_{ON}-40MR 型可编程控制器输入模块上的接线端子包括可编程控制器的电源端子 L 和 N(L 和 N 间一般接交流 220V)、接地端子、2 个公共端子 COM(这两个端子在内部短接)、24 个输入端子 X。

FX_{ON}-40MR 型可编程控制器输出模块上的接线端子包括可编程控制器的输入用直流电源(+24V 端子和 COM 端子)、16 个输出端子 Y。FX_{ON}-40MR 型可编程控制器输出模块上的接线端子分为 6 组,每组包括一个公共端子 COM,1 个、2 个或 4 个输出端子 Y。

机型不同,端子的数量和布置都会不同。更多的可编程控制器的端子布置图参见附录一和附录二。

可编程控制器系统由可编程控制器及其外设组成。可编程控制器系统的外设与普通计算机系统的外设相比有较大的差别。

可编程控制器系统的外设包括:接在其输入模块上,用于把使用者的命令或控制对象的反馈信息或数据传送给它的设备(例如,产生开关量输入信号的电器,如按钮、接近开关、选择开关、数字拨码开关、限位开关、光电开关、压力继电器等;产生连续变化的模拟量输入信号的电器,如电位器、热电偶、测速发电机、电流传感器、电压传感器等);接在其输出模块的控制对象(如信号灯、接触器、电磁阀、电磁铁、调节阀、调速装置、指示灯、数字显示装置和报警装置等);连在其编程接口的编程器;其他可编程控制器;其扩展设备;普通计算机。

编程器用来编辑和输入用户程序,而且可在运行时监视可编程控制器中被使用的各种等效电器的工作状态。编程器可以固连在可编程控制器上,但是在一般情况下,编程器只在程序输入、调试和系统检修时使用,多台可编程控制器可共用一台编程器。可编程控制器与字符编程器的连接如图 1.4 所示。

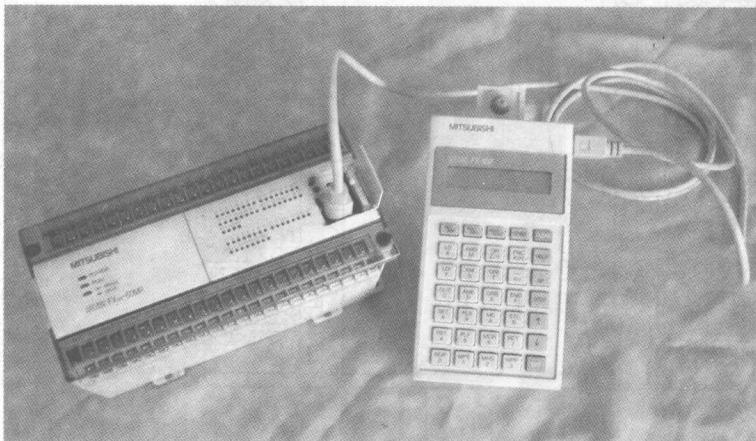


图 1.4 可编程控制器与字符编程器

普通计算机可以作为可编程控制器的外设,即作为可编程控制器的编程器和监控器使用。普通计算机也可以作为可编程控制器的上位机,二者组成一个控制网络,可编程控制器作为现场控制装置,普通计算机作为现场控制装置的管理者。如图 1.5 所示。

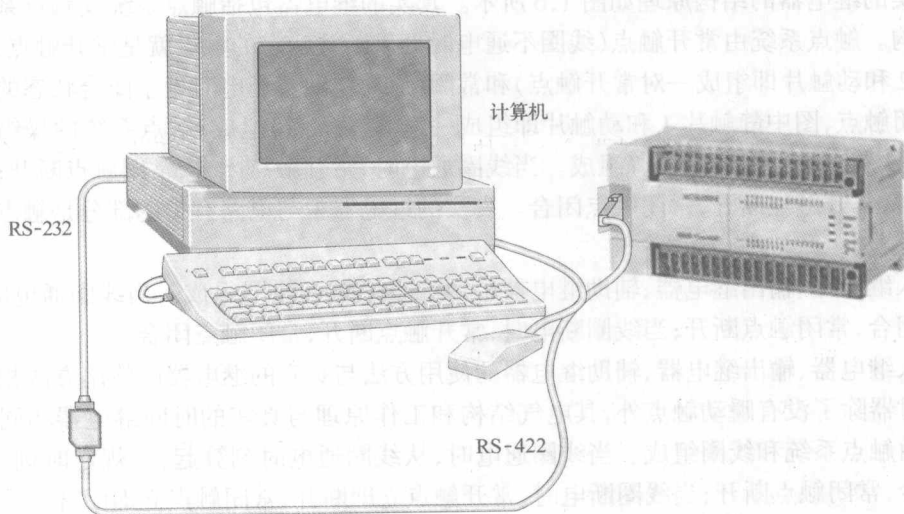


图 1.5 普通计算机作为可编程控制器的外设

1.2 可编程控制器控制系统与继电器—接触器控制系统

可编程控制器是一种工业控制计算机,但在使用可编程控制器时,不把它看成是一种计算机,而是把它看成一个包含很多开关电器的集合。可编程控制器中的开关电器有输入继电器(文字符号为“X+3 位数字”,如 X000、X001)、输出继电器(文字符号为“Y+3 位数字”,如 Y000、Y001)、辅助继电器(文字符号为“M+数字”,如 M0、M10、M120 等)、定时器(文字符号为“T+数字”,如 T0、T10、T120 等)等。

输入继电器和输入模块相对应,用来接收和采集输入信号。每个输入继电器对应一个输入接线端子,对于 FX 系列可编程控制器,这个接线端子用“X+1 位数字”或“X+2 位数字”表示。输入继电器和它对应的输入接线端子的数字编号相同,输入继电器的数字编号是在其对应的输入接线端子的数字编号前面加 0。例如,输入接线端子 X1 对应的输入继电器为 X001。

输出继电器和输出模块相对应,用来把可编程控制器产生的控制信号传送到其控制对象上。每个输出继电器对应一个输出接线端子,对于 FX 系列可编程控制器,这个接线端子用“Y+1 位数字”或“Y+2 位数字”表示。输出继电器和它对应的输出接线端子的数字编号相同,输出继电器的数字编号是在其对应的输出接线端子的数字编号前面加 0。例如,输出接线端子 Y1 对应的输出继电器为 Y001。

输入继电器与输出继电器的总数称为可编程控制器的 I/O 点数。

辅助继电器和定时器是可编程控制器的内部电器,与输入输出无直接关系。

可编程控制器中的输入继电器、输出继电器、辅助继电器、定时器等称为软继电器(软电器),它们只是用来描述可编程控制器的控制功能的一种等效电器,不是真正的继电器。

输入继电器、输出继电器、辅助继电器的电气结构和工作原理与真实的继电器(也称为物理继电器)相同。

真实的继电器的结构原理如图 1.6 所示。真实的继电器包括触点系统及触点系统的操纵机构。触点系统由常开触点(线圈不通电时处于断开状态的触点就是常开触点,图中静触片 2 和动触片即组成一对常开触点)和常闭触点(线圈不通电时处于闭合状态的触点就是常闭触点,图中静触片 1 和动触片即组成一对常闭触点)组成;触点系统的操纵机构由线圈、铁芯、衔铁、复位弹簧等组成。当线圈通电时,常开触点闭合,常闭触点断开;当线圈断电时,常开触点断开,常闭触点闭合。真实的继电器中与电路有关的部分是触点系统和线圈。

输入继电器、输出继电器、辅助继电器也由触点系统和线圈组成。当线圈通电时,常开触点闭合,常闭触点断开;当线圈断电时,常开触点断开,常闭触点闭合。

输入继电器、输出继电器、辅助继电器的使用方法与真实的继电器的使用方法相同。

定时器除了没有瞬动触点外,其电气结构和工作原理与真实的时间继电器相同。定时器也由触点系统和线圈组成。当线圈通电时,从线圈通电时刻算起,至规定时刻,常开触点闭合,常闭触点断开;当线圈断电时,常开触点立即断开,常闭触点立即闭合。

定时器的使用与真实的时间继电器的使用方法相同,但比真实的时间继电器简单。调节真实的时间继电器的延时时间时,通过调节螺钉实现,难以精确定时;而调节可编程控制器定时器的延时时间时,只要修改延时时间的数值即可,并且非常精确。

软继电器的图形符号及文字符号与真实的继电器的图形符号及文字符号不相同,两者图形符号的对照如表 1.1 所列。

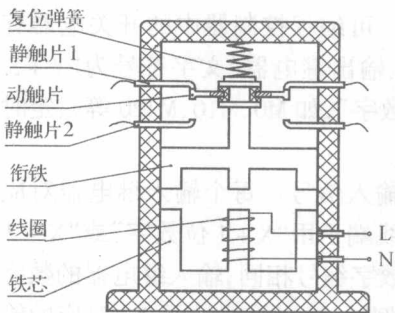


图 1.6 真实继电器的结构原理图

表 1.1 物理继电器与可编程控制器
软继电器的图形符号对比

电器名称	线圈	常开触点	常闭触点
物理继电器			
软继电器			

真实继电器的触点数量有限,而软继电器有无穷多对触点可供使用,这为电路设计提供了极大的方便。

使用可编程控制器时,先从这个开关电器的集合中选取需要的开关电器,然后把选出的开关电器按构造继电器—接触器控制系统的方法连接起来,即得到可编程控制器的等效控制电路图。可编程控制器的等效控制电路图的构造方法与继电器—接触器控制系统控制电路图的构造方法相同,读图方法也相同。

图 1.7 为用继电器—接触器控制系统实现的三相交流异步电动机的可逆运行控制电路图。

图 1.7 所示的三相异步电动机的可逆运行控制电路用可编程控制器实现后的外部接线图如图 1.8 所示。图 1.8 的等效电路如图 1.9 所示。

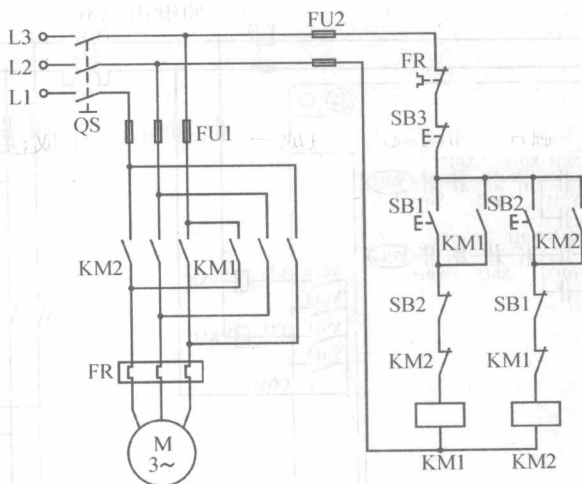


图 1.7 用继电器—接触器实现的异步电动机正反转控制电路图

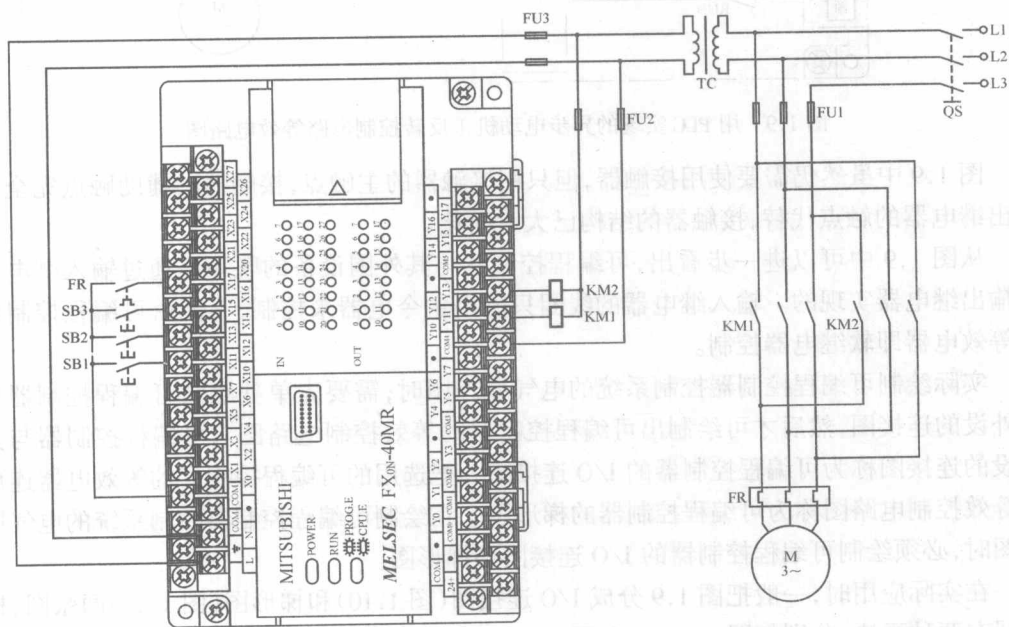


图 1.8 用 PLC 实现的异步电动机正反转控制电路接线图

图 1.9 的构造方法与图 1.7 的构造方法相同,图 1.9 的读图方法与图 1.7 的读图方法也相同。

图 1.7 和图 1.9 的主电路相同。

图 1.9 中需要保留图 1.7 中的主令电器、保护电器。另外,若继电器—接触器控制系统中使用了中间继电器,则中间继电器全部用可编程控制器的辅助继电器代替。

图 1.7 中,控制电路的控制对象是三相异步电动机;图 1.9 中,可编程控制器没有直接控制三相异步电动机(可编程控制器一般不能直接控制三相异步电动机),可编程控制器的直接控制对象是接触器,再通过接触器控制三相异步电动机。