

全国高职高专规划教材

可编程控制器 教程

Programmable
Logic Controllers

黄云龙 主 编
吴国强 郁 炜 副主编



科学出版社
www.sciencep.com



全国高职高专规划教材

可编程控制器教程

黄云龙 主编

吴国强 郁 炜 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书从实际工程应用和高职高专教学需要出发,介绍了 FX2 和 SIEMENS S7-200 系列可编程控制器的工作原理、设计方法和实际应用。全书共 9 章,主要内容包括:可编程控制器概论、三菱 FX2 系列 PLC 的基本指令、三菱 FX2 系列 PLC 的步进指令、三菱 FX2 系列 PLC 的功能指令、S7-200 系列 PLC 的基本指令和 S7-200 系列 PLC 的顺序控制指令、S7-200 系列 PLC 的功能指令、PLC 的通信与网络和 S7-200 系列 PLC 的应用设计。每章的末尾附有小结和一定量的习题。

本书语言通畅、叙述清楚,内容阐述简明扼要、通俗易懂,理论上以够用为度,以实际应用能力培养为目的,以满足实际应用和高职高专教学的需要。

本书可作为高职高专计算机类、电子类、机电类及相近专业的《可编程控制器》课程的选用教材,也可供有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器教程/黄云龙主编. —北京:科学出版社, 2003

(全国高职高专规划教材)

ISBN 7-03-012129-5

I.可... II.黄... III.可编程序控制器—高等学校;技术学校—教材
IV.TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 076629 号

策划编辑:李振格/责任编辑:朱凤成

责任印制:吕春珉/封面设计:东方人华平面设计部

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2003 年 8 月第一次印刷 印张: 20 1/2

印数: 1—5 000 字数: 465 000

定价: 28.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

全国高职高专规划教材编委会名单

主 任 俞瑞钊

副主任 陈庆章 蒋联海 周必水 刘加海

委 员 （以姓氏笔画为序）

王 雷 王筱慧 方 程 方锦明 卢菊洪 代绍庆

吕何新 朱 炜 刘向荣 江爱民 江锦祥 孙光弟

李天真 李永平 李良财 李明钧 李益明 余根墀

汪志达 沈凤池 沈安衢 张 元 张学辉 张锦祥

张德发 陈月波 陈晓燕 邵应珍 范剑波 欧阳江林

周国民 周建阳 赵小明 胡海影 秦学礼 徐文杰

凌 彦 曹哲新 戚海燕 龚祥国 章剑林 蒋黎红

董方武 鲁俊生 谢 川 谢晓飞 楼 丰 楼程伟

鞠洪尧

秘书长 熊盛新

本书编写人员名单

主 编 黄云龙

副主编 吴国强 郁 炜

前 言

本书是计算机类专业高职高专系列教材之一。结合高职高专学生培养的特点和要求,理论上以够用为度,以实际应用能力培养为目的,力求在教材编写过程中做到语言通畅、叙述清楚,内容阐述简明扼要、通俗易懂,以满足实际应用和高职高专教学的需要。结合当今可编程控制器的发展和高职高专教学的实际情况,选择最流行的、有较高性能价格比的三菱 FX2 系列和 SIEMENS S7-200 系列两种机型可编程控制器为对象进行介绍,教学过程中,可结合实验条件选择相应内容进行教学。

本书在内容编排上注意循序渐进,由浅入深,且引入了大量可编程控制器应用实例,便于学生理解,也为学生今后从事可编程控制器及相关工作打下基础。

全书共分九章。第 1 章可编程控制器概论,主要介绍可编程控制器的基本知识,基本结构和工作原理,主要性能指标。第 2 章介绍 FX2 系列可编程控制器的基本指令。第 3 章介绍 FX2 系列可编程控制器的步进指令。第 4 章介绍 FX2 系列可编程控制器的功能指令。第 5 章结合例子详细介绍 S7-200 系列可编程控制器的基本指令。第 6 章主要介绍 S7-200 系列可编程控制器的顺序控制指令。第 7 章介绍 S7-200 系列可编程控制器的功能指令。第 8 章介绍可编程控制器的通信与网络。第 9 章讲解了可编程控制器应用设计的设计步骤。每章的末尾附有小结和一定量的习题。

本书可作为高职高专计算机类、电类、机电类及相近专业的《可编程控制器》课程的选用教材,也可供有关技术人员参考。

本书的前言、绪论、第 1 章、第 5~7 章、第 8 章的 8.1.3 由浙江工业大学浙西分校黄云龙编写;第 2~4 章、第 8 章由湖州职业技术学院吴国强编写;第 9 章由浙江工业大学浙西分校郁炜编写。本书由黄云龙任主编,负责全书的组织、统稿。本书部分章节的编写参照了有关资料(见参考文献),在此我们对这些同志和参考文献的作者表示衷心的感谢!

在本书的编写过程中,郁炜、祝永华、卢晓慧、林繁昌等同志为本书绘制了大量的图形,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2003 年 6 月

目 录

绪论	1
第 1 章 可编程控制器概论	3
1.1 可编程控制器的产生、特点和发展	3
1.1.1 可编程控制器的产生	3
1.1.2 PLC 的特点	4
1.1.3 PLC 的发展	5
1.2 PLC 的基本结构和工作原理	7
1.2.1 PLC 的基本结构	7
1.2.2 PLC 的工作原理	9
1.3 PLC 的主要性能指标	11
1.3.1 PLC 的主要性能指标	11
1.3.2 常用 PLC 简介	11
1.4 PLC 的编程语言	31
1.4.1 梯形图语言	31
1.4.2 布尔助记符语言	32
1.4.3 其他语言	32
1.5 PLC 的编程组件	33
1.5.1 三菱 FX2 系列 PLC 的编程组件	34
1.5.2 西门子 S7-200 系列 PLC 的编程组件	36
小结	41
习题	41
第 2 章 三菱 FX2 系列 PLC 的基本指令	42
2.1 梯形图编程规则	42
2.1.1 梯形图编程的基本规则	42
2.1.2 输入信号的最高频率	44
2.2 FX ₂ 系列 PLC 的基本指令	44
2.2.1 基本指令一览表	44
2.2.2 逻辑取及线圈驱动指令 (LD、LDI、OUT)	45
2.2.3 接点串联指令 (AND、ANI)	47
2.2.4 接点并联指令 (OR 与 ORI)	48
2.2.5 串联电路块的并联连接指令	49
2.2.6 并联电路块的串联连接指令 (ANB)	49

2.2.7 多重输出指令 (MPS、MRD、MPP)	50
2.2.8 主控及主控复位指令 (MC、MCR)	52
2.2.9 置位与复位指令 (SET、RST)	54
2.2.10 脉冲输出指令 (PLS、PLF)	54
2.2.11 空操作指令 (NOP)	55
2.2.12 程序结束指令 (END)	56
2.3 基本指令应用举例	56
小结	62
习题	62
第3章 三菱FX ₂ 系列PLC的步进指令	65
3.1 状态转移图	65
3.2 步进指令	68
3.2.1 步进指令 (STL、RET)	68
3.2.2 步进梯形图	70
3.2.3 多分支状态转移图的处理与梯形图的转换	72
3.3 步进指令应用举例	77
小结	83
习题	84
第4章 三菱FX ₂ 系列PLC的功能指令	87
4.1 功能指令的基本格式	88
4.2 程序流向控制指令	92
4.2.1 条件跳转指令	93
4.2.2 子程序调用与返回指令	95
4.2.3 中断指令	97
4.2.4 主程序结束指令	99
4.2.5 警戒时钟指令	99
4.2.6 循环指令	100
4.3 传送和比较指令	101
4.3.1 比较指令	102
4.3.2 区间比较指令	102
4.3.3 传送指令	103
4.3.4 移位传送指令	104
4.3.5 取反传送指令	105
4.3.6 块传送指令	105
4.3.7 多点传送指令	106
4.3.8 数据交换指令	107
4.3.9 求BCD码指令	107
4.3.10 求BIN码指令	108
4.4 四则运算和逻辑运算指令	108

4.4.1	加法指令.....	109
4.4.2	减法指令.....	110
4.4.3	乘法指令.....	110
4.4.4	除法指令.....	111
4.4.5	加 1 指令.....	112
4.4.6	减 1 指令.....	112
4.4.7	与指令.....	113
4.4.8	或指令.....	113
4.4.9	异或指令.....	113
4.4.10	求补指令.....	114
4.5	循环移位与移位指令.....	114
4.5.1	循环右移指令.....	115
4.5.2	循环左移指令.....	115
4.5.3	带进位循环右移指令.....	116
4.5.4	带进位循环左移指令.....	117
4.5.5	位右移指令.....	118
4.5.6	位左移指令.....	119
4.5.7	字右移指令.....	119
4.5.8	字左移指令.....	120
4.5.9	FIFO 写入指令.....	121
4.5.10	FIFO 读出指令.....	122
4.6	数据处理指令.....	122
4.6.1	成批复位指令.....	122
4.6.2	译码指令.....	123
4.6.3	编码指令.....	125
4.6.4	置 1 位数总和指令.....	126
4.6.5	置 1 位判别指令.....	127
4.6.6	平均值指令.....	127
4.6.7	标志置位指令.....	128
4.6.8	标志复位指令.....	128
4.6.9	平方根指令.....	129
4.6.10	浮点数转换指令.....	129
4.7	高速处理指令.....	130
4.7.1	刷新指令.....	130
4.7.2	滤波和刷新时间调整.....	132
4.7.3	矩阵输入指令.....	132
4.7.4	比较置位指令.....	134
4.7.5	比较复位指令.....	135
4.7.6	区间比较指令.....	135

4.7.7 脉冲密度指令.....	136
4.7.8 脉冲输出指令.....	136
4.7.9 脉宽调制指令.....	137
4.7.10 可调速脉冲输出指令.....	138
4.8 外部 I/O 设备指令.....	139
4.8.1 十键输入指令.....	139
4.8.2 十六键输入指令.....	140
4.8.3 数字开关指令.....	141
4.8.4 七段码译码指令.....	142
4.8.5 带锁存七段码显示指令.....	143
4.8.6 方向开关指令.....	144
4.8.7 ASCII 码转换指令.....	145
4.8.8 ASCII 码打印指令.....	145
4.8.9 读特殊功能模块指令.....	146
4.8.10 写特殊功能模块指令.....	147
4.9 外部设备 (SER) 指令.....	147
4.9.1 串行通讯指令.....	147
4.9.2 八进制位传送指令.....	148
4.9.3 十六进制转换指令.....	149
4.9.4 ASCII 码转换指令.....	150
4.9.5 校验码指令.....	151
4.9.6 模拟量输入指令.....	152
4.9.7 模拟量开关设定指令.....	152
4.9.8 PID 回路运算指令.....	153
4.10 外部 F2 设备指令.....	154
4.10.1 NET/MINI 网指令.....	154
4.10.2 模拟量读取指令.....	155
4.10.3 模拟量写入指令.....	155
4.10.4 F ₂ -32RM 启动指令.....	156
4.10.5 F ₂ -32 RM 单元写指令.....	156
4.10.6 F ₂ -32RM 单元读指令.....	157
4.10.7 F ₂ -32RM 单元监控指令.....	158
4.10.8 F ₂ -30GM 程序块指定指令.....	158
4.10.9 F ₂ -30GM 机器码读出指令.....	159
小结.....	159
习题.....	160
第 5 章 S7-200 系列 PLC 的基本指令.....	163
5.1 逻辑指令.....	163
5.1.1 逻辑取及线圈驱动指令.....	163

5.1.2 触点串联指令	164
5.1.3 触点并联指令	165
5.1.4 串联电路块的并联指令	166
5.1.5 并联电路块的串联指令	166
5.1.6 置位与复位指令	167
5.1.7 立即指令	168
5.1.8 边沿脉冲指令	170
5.1.9 逻辑堆栈操作指令	170
5.1.10 定时器指令	172
5.1.11 计数器	175
5.1.12 比较指令	176
5.1.13 NOT 及 NOP 指令	177
5.2 程序控制指令	178
5.2.1 跳转及标号指令	178
5.2.2 结束及暂停指令	178
5.2.3 看门狗指令	180
5.2.4 循环指令	181
5.2.5 子程序	181
5.2.6 与 ENO 指令	183
5.3 基本指令应用举例	183
5.3.1 延时电路	183
5.3.2 二分频电路	187
5.3.3 报警电路	188
小结	189
习题	189
第 6 章 S7-200 系列 PLC 的顺序控制指令	191
6.1 顺序控制指令	191
6.1.1 功能图及其基本概念	191
6.1.2 顺序控制指令	193
6.2 功能图主要类型	195
6.2.1 单流程	195
6.2.2 选择分支和联接	195
6.2.3 并行分支和联接	195
6.2.4 跳转和循环	198
6.3 顺序控制指令应用举例	200
6.3.1 运动控制	200
6.3.2 电动机顺序启动和停止控制	203
6.3.3 交通灯控制	204
小结	209

习题.....	209
第 7 章 S7-200 系列 PLC 的功能指令	213
7.1 数据处理指令.....	213
7.1.1 传送指令.....	214
7.1.2 移位与循环移位指令.....	216
7.1.3 填充指令.....	220
7.1.4 字节交换指令.....	220
7.2 运算和数学指令.....	221
7.2.1 四则运算和加 1/减 1 指令.....	221
7.2.2 数学函数指令.....	224
7.2.3 逻辑运算指令.....	226
7.3 表功能指令.....	229
7.3.1 表存数指令.....	229
7.3.2 表取数指令.....	230
7.3.3 表查找指令.....	232
7.4 转换指令.....	233
7.4.1 数据类型转换指令.....	233
7.5 特殊指令.....	238
7.5.1 时钟指令.....	238
7.5.2 中断指令.....	239
7.5.3 通信指令.....	246
7.5.4 高速计数输入指令.....	253
7.5.5 高速脉冲输出指令.....	261
7.5.6 PID 回路指令.....	266
7.6 应用举例.....	269
7.6.1 电动机转速测量.....	269
7.6.2 水位控制.....	271
小结.....	272
习题.....	273
第 8 章 PLC 的通信与网络	274
8.1 通信与网络概述.....	274
8.1.1 通信方式.....	274
8.1.2 网络概述.....	276
8.1.3 S7-200 系列 PLC 的通信与网络.....	277
8.2 PLC 与计算机的通信.....	288
8.2.1 采用 FX—232ADP 的连接通讯.....	288
8.2.2 采用 FX—232AW 连接的通讯.....	290
8.3 PLC 间的通信.....	293
8.3.1 通讯系统的连接.....	293

8.3.2 通讯操作.....	294
小结.....	295
习题.....	295
第9章 PLC 应用设计.....	296
9.1 PLC 的系统设计.....	296
9.1.1 PLC 系统设计的基本原则.....	296
9.1.2 PLC 系统设计的步骤.....	296
9.1.3 控制对象和范围的确定.....	298
9.2 PLC 的选型.....	298
9.2.1 机型选择.....	298
9.2.2 内存估计.....	299
9.2.3 输入/输出模块选择.....	300
9.2.4 PLC 的响应时间.....	302
9.2.5 PLC 的硬件与程序设计.....	302
9.3 PLC 的安装和维护时应注意的问题.....	303
9.4 应用实例.....	305
小结.....	312
习题.....	312
参考文献.....	313

绪 论

1. PLC 的发展

近年来,随着大规模集成电路的发展,以微处理机为核心组成的可编程控制器得到了迅速的发展,在电动机的运行控制、电磁阀的开闭、产品的计数、温度压力等的设定和控制等方面,可编程控制器正发挥着越来越大的作用。

可编程控制器(Programmable Logical Controller)简称为 PC 或 PLC,是 60 年代末发明的工业控制器件。国际电工委员会(IEC)对 PLC 的定义是:“PLC 是一种数字运算操作的电子系统,专为工业环境而设计。它采用了可编程序的存储器,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或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,都按易于与工业系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

PLC 是基于计算机技术和自动控制理论发展而来的,它既不同于普通的计算机,又不同于一般的计算机控制系统,作为一种特殊形式的计算机控制装置,它在系统结构、硬件组成、软件结构、I/O 通道以及用户界面等诸多方面都有其特殊性。

从原理上说,可编程控制器和计算机是一致的,为了和工业控制相适应,PLC 采用扫描原理来工作,也就是对整个程序进行一遍又一遍的扫描,直到停机为止。之所以采用这样的工作方式,是因为 PLC 是由继电器控制发展而来的,而 CPU 扫描用户程序的时间远远短于继电器的动作时间,只要采用循环扫描的办法就可以解决其中的矛盾。循环扫描的工作方式是 PLC 区别于普通的计算机控制系统的一个重要方面。

虽然各种 PLC 的组成各不相同,但是在结构上是基本相同的,一般由 CPU、存储器、输入输出设备(I/O)和其他可选部件组成。其他的可选部件包括编程器、外存储器、模拟 I/O 盘、通信接口以及扩展接口等。CPU 是 PLC 的核心,它用于输入各种指令以完成预定的任务,起到了大脑的作用,自整定、预测控制和模糊控制等先进的控制算法也已经在 CPU 中得到了应用;存储器包括随机存储器 RAM 和只读存储器 ROM,通常将程序以及所有的固定参数固化在 ROM 中,RAM 则为程序运行提供了存储实时数据与计算中间变量的空间;输入输出系统(I/O)使过程状态和参数输入到 PLC 的通道以及实时控制信号输出的通道,这些通道可以有模拟量输入、模拟量输出、开关量输入、开关量输出和脉冲量输入等,使 PLC 的应用领域越来越广泛。

早期的 PLC 主要用于顺序控制。所谓顺序控制就是按照工艺流程的顺序、在控制信号的作用下,使得生产过程的各个执行机构自动地按照顺序动作。PLC 的应用大大促进了流水线技术的发展。

今天的 PLC 已经开始用于闭环控制。不仅如此,随着其扩展能力和通信能力的发展,它也越来越多地应用到了复杂的分布式控制系统中。PLC 自 1969 年问世以来,它按照

成熟而又有效的继电器控制概念和设计思想,不断利用新科技、新器件,尤其和现在飞速发展的计算机技术相联系,逐步形成一门较为独立的新兴技术和具有特色的各种系列产品,同时也逐步发展成为一类解决自动化问题的有效而且便捷的方式。PLC 自身具有的完善的功能,模块化的结构,以及开发容易、操作方便、性能稳定、可靠性高的特点和较高的性价比,使其在工业生产中的应用前景越发看好,而且随着集成电路的发展和网络时代的到来,PLC 必将能够有更大的用武之地。

2. 本课程的性质和任务

本课程是一门实用性很强的专业课。该课程的主要内容是以电动机或其他执行电器为控制对象,介绍可编程控制系统的工作原理、基本指令、设计方法和实际应用。现在,由于可编程控制器的飞速发展和其强大的功能,使它的应用领域十分广泛,PLC、CAD/CAM 和 Robot 已成为工业自动化技术的三大技术支柱。

本课程的任务是通过学习使学生掌握一门非常实用的工业控制技术,以达到培养实际应用和动手能力的目标。具体要求是:

- ① 熟悉可编程控制器的基本概况、工作原理和特点。
- ② 熟练掌握可编程控制器的指令系统和编程方法,掌握可编程控制器的程序设计方法。熟练掌握功能图的编程方法,掌握可编程控制器功能指令的使用方法。能根据工艺过程和控制要求进行系统设计和编写应用程序。
- ③ 掌握和了解可编程控制器的网络和通信原理,能够编写简单的通信程序。
- ④ 了解可编程控制器系统应用设计和程序设计的步骤和方法。

第 1 章 可编程控制器概论

本章重点

本章主要介绍可编程控制器的基本知识、基本结构、工作原理、主要性能指标、编程语言和编程元件。在学习过程中要求理解可编程控制器的基本结构,掌握可编程控制器的工作原理、FX₂和S7-200系列PLC的编程元件。了解FX₂和S7-200系列PLC的主要技术性能指标、扫描工作方式和PLC的响应时间。

本章难点

- 可编程控制器基本结构的理解
- 各种编程语言的理解
- 扫描工作方式和响应时间的理解

1.1 可编程控制器的产生、特点和发展

目前工业控制领域中应用的可编程控制器种类繁多,不同厂家的产品各有所长,但作为工业标准设备,可编程控制器具有一定的共性。

本章主要介绍可编程控制器的一般特性,重点介绍可编程控制器的基本结构和工作原理、主要性能指标、常用编程语言和主要编程组件。

1.1.1 可编程控制器的产生

在可编程控制器出现前,继电器控制在工业控制领域占据主导地位。但是继电器控制系统具有明显的缺点:设备体积大、可靠性低、故障查找困难以及维护不方便。由于接线复杂,当生产工艺和流程改变时必须改变接线,因此,其通用性和灵活性较差。

20世纪60年代,计算机技术开始应用于工业控制领域,但由于价格高、输入输出电路不匹配、编程难度大以及难以适应恶劣工业环境等原因,未能在工业控制领域获得推广。

20世纪60年代末,美国汽车制造工业竞争激烈,为适应生产工艺不断更新的需要,1968年美国通用汽车公司(GM)提出了研制新型逻辑顺序控制装置的十项招标指标。主要内容是:

- ① 编程方便,可现场修改程序。
- ② 维修方便,采用插件式结构。

- ③ 可靠性高于继电器控制装置。
- ④ 体积小于继电器控制盘。
- ⑤ 数据可直接送入管理计算机。
- ⑥ 成本可与继电器控制盘竞争。
- ⑦ 输入可为市电。
- ⑧ 输出可为市电, 容量要求在 2A 以上, 可直接驱动接触器等。
- ⑨ 扩展时原系统改变最小。
- ⑩ 用户存储器大于 4KB。

这些要求实际上提出了将继电器控制的简单易懂、使用方便、价格低的优点与计算机的功能完善、灵活性、通用性好的优点结合起来, 将继电接触器控制的硬连线逻辑转变为计算机的软件逻辑编程的设想。美国数字设备公司 (DEC) 中标, 并于 1969 年研制出了第一台可编程控制器 PDP-14, 在美国通用汽车公司的生产线上试用成功, 并取得了满意的效果, 可编程控制器自此诞生。

可编程控制器 (Programmable Controller) 简称 PC。为了避免与个人计算机 (Personal Computer) 的简称 PC 混淆, 所以人们仍将可编程控制器简称为 PLC (Programmable Logic Controller)。

1.1.2 PLC 的特点

PLC 自问世 30 多年来不断发展, 因此, 对它下一个确切的定义是困难的。国际电工委员会 (IEC) 曾于 1982 年 11 月颁布了 PLC 标准草案第一稿, 1985 年 1 月颁布了第二稿, 1987 年 2 月颁布了第三稿。草案中对 PLC 的定义是:

“PLC 是一种数字运算操作的电子系统, 专为工业环境而设计。它采用了可编程序的存储器, 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或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, 都按易于与工业系统联成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

上述定义表明, PLC 是一种能直接应用于工业环境的数字电子装置。它的主要特点是:

(1) 可靠性高, 抗干扰能力强

PLC 是专为工业环境设计的, 其可靠性高、抗干扰能力强, 主要体现在:

- ① 对元器件进行严格筛选和老化, I/O 接口电路采用光电隔离。
- ② 结构上考虑耐热、防潮、防尘和抗震的要求。
- ③ 硬件上采用隔离、屏蔽、滤波和接地等措施。
- ④ 软件上采用数字滤波等抗干扰和故障诊断措施。
- ⑤ 工作方式采用循环扫描方式。

(2) 功能完善

PLC 除基本逻辑处理功能外, 配合特殊的功能模块可用于数字控制领域, 并可实现与上位机的通讯。在各种工业控制领域, 都可应用 PLC 实现控制的要求。

(3) 易操作性