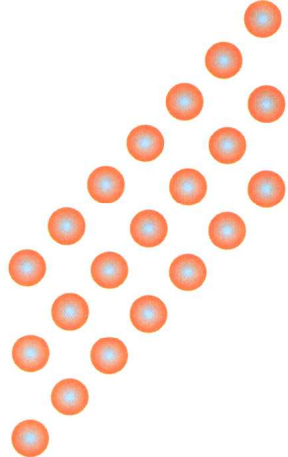


第 二 版



可编程序控制器

原理及应用技巧

何衍庆 戴自祥 俞金寿 编著

1.6



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

可编程序控制器原理及应用技巧

第二版

何衍庆 戴自祥 俞金寿 编著

化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器原理及应用技巧(第二版)/何衍庆,戴自祥,
俞金寿编著. —北京:化学工业出版社, 2003.4

ISBN 7-5025-4406-2

I. 可… II. ①何… ②戴… ③俞… III. 可编程序控制器
IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 030843 号

可编程序控制器原理及应用技巧
第二版

何衍庆 戴自祥 俞金寿 编著

责任编辑:刘哲

文字编辑:韩庆利

责任校对:顾淑云

封面设计:蒋艳君

*

化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话:(010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市管庄永胜印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 14 $\frac{3}{4}$ 字数 357 千字

2003 年 5 月第 2 版 2003 年 5 月北京第 6 次印刷

ISBN 7-5025-4406-2/TP·326

定价:30.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

本书自 1998 年出版发行以来,受到广大读者的关注,并提出了不少宝贵意见,作者在此表示衷心感谢。鉴于可编程序控制器的发展和工程应用的需要,这次再版进行了部分改动。

可编程序控制器系统的设计技术适用于任何形式的硬件系统。为了对设计技术有进一步认识,再版时将该章放在指令系统后介绍,并用相应的指令作为示例,便于读者能举一反三;为了掌握设计技术中过程作用二进制逻辑图图形符号和功能表图设计技术,再版时介绍了功能表图序列及详细命令和动作与二进制逻辑图图形符号的转换关系。这次再版对第 6 章也进行了较大更改,希望读者能通过应用示例,对编制程序的方法有深入理解。此外,这次再版增加了指令的应用示例、应用技巧的示例、编制程序的一些基本方法和习题等,改写了部分内容,并对书中不恰当或错误之处进行了更正和修改。

可编程序控制器不仅可作为单一的机电控制设备,而且,它作为通用的自动控制设备,也被大量地用于过程工业的自动控制。可编程序控制器与其他计算机控制装置,如集散控制系统、现场总线控制系统、计算机集成过程系统、信息管理系统等,一起已成为工业控制领域的主流控制装置。

本书共分 7 章。第 1 章介绍可编程序控制器的发展史、发展趋势和对策。第 2 章讨论可编程序控制器的结构、工作原理和它的性能评估。第 3 章介绍可编程序控制器的指令系统。第 4 章是设计技术,介绍过程作用二进制图形符号、功能表图、它们的转换及应用示例等。第 5 章讨论使用可编程序控制器的注意事项和应用技巧。第 6 章介绍可编程序控制器的应用。第 7 章介绍可编程序控制器的数据通信。本书可作为相关专业大学本、专科学生的教材和课外参考书,可作为工矿企业、科研单位工程技术人员的参考书或继续教育的教材,也可作为设计部门技术人员的设计资料。

本书由何衍庆、戴自祥、俞金寿编著。这次再版得到了蒋慰孙教授、吴勤勤教授、黄道教授、祝如松教授等同志的关心,缪玲梅、杨洁、张伟平、姜鹏运等同志提供了有关资料,本书的再版还得到了化学工业出版社有关领导和编辑的大力支持和帮助,谨在此一并表示衷心的感谢和诚挚的谢意。

由于时间和编著者的水平所限,错漏之处在所难免,恳请读者不吝指正。

编著者

2003 年元月于华东理工大学

内 容 提 要

可编程序控制器是以微处理器为基础的工业控制装置。被广泛应用于工业领域的各行各业。本书以立石公司 C200H 为主线，介绍了可编程序控制器的基本原理、指令系统、设计技术和通信系统，并以一些应用实例说明可编程序控制器的编程、使用和有关的应用方法。

从实用性和普及与提高相结合出发，本书针对过程工业的特点，有的放矢地结合过程工业的应用进行分析和讨论。本书每章后附有习题，可供读者学习和练习。

本书可作为工矿企业、科研单位工程技术人员的参考书或继续教育的教材，可作为设计部门技术人员的设计资料，也可作为相关专业大学本专科学生的教材或课外参考书。

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 顺序控制系统基础	1
1.1.1 顺序控制系统的组成	1
1.1.2 基本逻辑运算的实现	2
1.1.3 其他逻辑运算的实现	3
1.1.4 顺序控制系统的实现	4
1.1.5 顺序控制系统在工业生产过程控制中的应用	5
1.2 可编程序控制器的发展历史	5
1.2.1 可编程序控制器的 10 条招标指标	5
1.2.2 可编程序控制器的发展史	6
1.2.3 我国可编程序控制器的发展	7
1.2.4 可编程序控制器发展的特征	7
1.3 可编程序控制器的特点	8
1.3.1 可编程序控制器的定义	8
1.3.2 可编程序控制器的特点	8
1.3.3 可编程序控制器的主要功能和应用	10
1.4 可编程序控制器与其他顺序逻辑控制系统的比较	11
1.4.1 与继电器顺序逻辑控制系统的比较	11
1.4.2 与无触点顺序逻辑控制系统的比较	11
1.4.3 与计算机控制系统的比较	12
1.4.4 与分散控制系统的比较	13
1.5 可编程序控制器的展望	14
1.5.1 可编程序控制器的发展趋势	14
1.5.2 对策	16
习题	17
第 2 章 可编程序控制器的原理	18
2.1 可编程序控制器的结构	18
2.1.1 可编程序控制器的硬件系统	18
2.1.2 可编程序控制器的软件系统	24
2.2 可编程序控制器的工作原理	25
2.2.1 可编程序控制器的工作过程	25
2.2.2 可编程序控制器的输入输出过程	27
2.2.3 可编程序控制器的中断输入处理过程	27
2.2.4 可编程序控制器的工作原理	28
2.3 可编程序控制器的性能评估	28

2.3.1 可编程序控制器的分类	28
2.3.2 可编程序控制器的性能指标	29
习题	32
第3章 可编程序控制器的指令系统	33
3.1 指令系统的基本知识	33
3.1.1 指令系统的基本形式	33
3.1.2 指令系统中的操作码	33
3.1.3 指令系统中的操作数	34
3.1.4 指令系统中操作数的类型	35
3.1.5 指令系统中操作数的实际意义	35
3.1.6 指令系统中操作数的存放	36
3.2 基本逻辑类指令	42
3.2.1 逻辑存取、逻辑取反和输出指令	42
3.2.2 与、或、非逻辑指令	43
3.2.3 程序块的串联和程序块并联指令	44
3.2.4 示例	46
3.2.5 结束指令和空操作指令	48
3.2.6 上微分指令和下微分指令	49
3.2.7 存储继电器指令	50
3.3 计时计数类指令	51
3.3.1 计时器指令	51
3.3.2 计数器指令	54
3.3.3 高速计时器指令	56
3.3.4 可逆计数器指令	57
3.3.5 对系统标志位的影响	57
3.4 分支跳转类指令	58
3.4.1 跳转和跳转结束指令	58
3.4.2 分支和分支结束指令	59
3.4.3 暂存继电器	61
3.5 数据移位和传送类指令	62
3.5.1 数据移位类指令	62
3.5.2 数据传送类指令	68
3.6 数据比较和数制变换类指令	74
3.6.1 数据比较类指令	74
3.6.2 数制变换类指令	77
3.6.3 译码编码类指令	79
3.7 数据运算类指令	85
3.7.1 BCD 数据运算类指令	85
3.7.2 BIN 数据运算类指令	88
3.7.3 逻辑运算类指令	89

3.8 专用类指令	91
3.8.1 进位标志位 CY 置位和清零指令	91
3.8.2 子程序定义和调用指令	91
3.8.3 中断控制指令	92
3.8.4 步进和步进设置指令	93
3.8.5 故障诊断指令	94
3.8.6 信息显示指令	95
3.8.7 位计数指令	96
3.8.8 系统定时器刷新指令	97
3.8.9 I/O 刷新指令	97
3.8.10 网络数据发送和接收指令	97
习题	99
第 4 章 设计技术	102
4.1 基本图形符号	102
4.1.1 过程测量和控制用的可编程序控制器的图形符号	102
4.1.2 可编程序控制器编程用的二进制图形符号	102
4.2 过程作用二进制逻辑图的图形符号	105
4.2.1 目的	105
4.2.2 适用范围	105
4.2.3 图形符号	105
4.2.4 使用注意事项	107
4.3 功能表图的图形符号	108
4.3.1 基本概念	108
4.3.2 步	109
4.3.3 转换	111
4.3.4 有向连线	112
4.3.5 基本结构	112
4.3.6 详细命令或动作和详细转换条件	114
4.3.7 重复使用的同一序列	115
4.3.8 步的详细表示	115
4.4 功能表图、二进制逻辑图和程序的实现	115
4.4.1 功能表图的基本序列转换为二进制逻辑图的描述	115
4.4.2 功能表图的详细命令或动作转换为二进制逻辑图的描述	116
4.4.3 二进制逻辑图转换为实现该逻辑功能的程序	117
4.5 示例	117
4.5.1 过程作用二进制逻辑图图形符号的示例	117
4.5.2 功能表图图形符号的示例	118
4.5.3 逻辑图图形符号在过程操作流程图中的应用	120
4.5.4 功能表图图形符号在控制系统描述中的应用	121
4.6 工程设计选型和估算	122

4.6.1	输入输出点数的估算	122
4.6.2	存储器容量的估算	123
4.6.3	控制功能的选择	124
4.6.4	机型的选择	125
4.7	工程设计中其他注意事项	126
4.7.1	工作环境	126
4.7.2	接地	127
4.7.3	接线	127
4.7.4	操作站	128
4.7.5	可靠性设计	129
4.7.6	可编程序控制器系统的工程设计	131
4.7.7	降低可编程序控制器系统硬件费用的措施	132
	习题	134
第 5 章	可编程序控制器的使用	135
5.1	可编程序控制器的程序设计语言	135
5.1.1	程序设计语言	135
5.1.2	梯形图程序设计语言	135
5.1.3	语句表程序设计语言	136
5.1.4	功能表图程序设计语言	136
5.1.5	功能模块图程序设计语言	137
5.1.6	结构化文本程序设计语言	137
5.2	可编程序控制器的编程	138
5.2.1	编程前的准备工作	138
5.2.2	常用程序的结构形式	139
5.2.3	程序表达的方法	140
5.2.4	编程器的编程	142
5.3	可编程序控制器的程序传送	147
5.3.1	程序传送前的准备工作	147
5.3.2	程序传送	148
5.3.3	程序执行	148
5.4	可编程序控制器的程序调试	148
5.4.1	程序调试前的准备工作	148
5.4.2	程序调试	149
5.5	可编程序控制器的安装、维护和保养	150
5.5.1	可编程序控制器的安装	150
5.5.2	可编程序控制器系统的维护和保养	150
5.6	编程的基本环节和应用技巧	151
5.6.1	基本环节	151
5.6.2	应用技巧	160
	习题	162

第 6 章 可编程序控制器的应用	163
6.1 交通信号控制系统中的应用	163
6.1.1 控制要求	163
6.1.2 控制过程分析和信号地址分配	163
6.1.3 交通信号控制系统的编程	164
6.2 液位控制系统中的应用	166
6.2.1 液位控制的类型	166
6.2.2 液位控制的实施	169
6.3 物料混合控制系统中的应用	170
6.3.1 控制要求	170
6.3.2 控制过程分析和信号地址分配	170
6.3.3 物料混合过程的编程	171
6.3.4 物料混合过程实施时应注意的问题	172
6.4 信号报警控制系统中的应用	172
6.4.1 信号报警控制系统设计的基本要求	172
6.4.2 三取二联锁控制系统的设计	173
6.4.3 一般闪光信号报警系统的设计	174
6.4.4 能区别第一事故原因的闪光信号报警系统设计	177
6.5 采用功能表图描述的应用示例	178
6.5.1 用 STEP 和 SNXT 指令实现功能表图的操作	178
6.5.2 用 STL 和 RET 指令实现功能表图的操作	182
6.5.3 仿功能表图的编程方法	185
6.6 脱离子水处理过程中的应用	189
6.6.1 工艺过程简介	189
6.6.2 水处理过程的顺序控制系统	190
6.6.3 采用功能表图设计水处理过程的控制系统	192
6.7 模拟量控制中的应用	194
6.7.1 模拟量输入输出模块	194
6.7.2 输入输出接线端子的配置	194
6.7.3 参数设置和状态检测	195
6.7.4 PID 运算	199
习题	200
第 7 章 可编程序控制器的数据通信	201
7.1 数据通信简介	201
7.1.1 并行数据通信	201
7.1.2 串行数据通信	201
7.1.3 串行通信接口标准	204
7.1.4 数据通信的网络拓扑结构	207
7.2 可编程序控制器的数据通信	208
7.2.1 下位连接系统	208

7.2.2 同位连接系统.....	208
7.2.3 上位连接系统.....	209
7.3 数据通信系统的示例.....	210
7.3.1 下位通信连接系统的示例.....	210
7.3.2 同位通信连接系统的示例.....	211
7.3.3 上位通信连接系统的示例.....	213
习题.....	214
附录 A 国外可编程序控制器制造厂商部分产品性能一览.....	216
附录 B Petri 网的基本概念.....	220
参考文献.....	223

可编程序控制器是专门为工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。它使用可以编程的记忆单元来存储指令,执行数学的和逻辑的运算,并通过数字量输入输出实现对工业生产过程的控制。可编程序控制器是根据顺序逻辑控制的需要而逐步发展起来的,因此,研究顺序控制系统的基础、发展历史是必要的。为了对可编程序控制器的发展有进一步的认识,本章还展望了可编程序控制器的前景。

1.1 顺序控制系统基础

1.1.1 顺序控制系统的组成

自动控制系统按被控变量的时间特性可分为两大类型。一类是连续量的控制系统,这类控制系统在时间特性上表现为连续量,反馈控制是这类控制系统的主流,包括定值控制系统和随动控制系统等。另一类是断续量的控制系统,这类控制系统在时间上表现为离散量,它以顺序控制系统为主流,包括时间顺序控制系统、逻辑顺序控制系统和条件顺序控制系统等。连续量的控制系统在控制系统教材中都有讨论,在此不多述。

时间顺序控制系统是固定时间程序的控制系统。它以执行时间为依据,每个设备的运行或停止与时间有关。例如,在物料的输送过程中,为了防止各输送带电机同时启动造成负荷的突然增大,并且为了防止物料的堵塞,通常先启动后级的输送带电机,经一定时间的延时后,再启动前级的输送带电机。在停止输送时,先停止前级输送带电机,经延时后再停止后级输送带电机,使在输送带上的物料能输送完毕。又例如,在交通信号控制系统中,东西南北方向各色交通信号灯的点亮、闪烁和熄灭是在时间上已经确定的,所以它将按照一定的时间顺序来点亮或熄灭信号灯。这类顺序控制系统的特点是各设备运行时间是事先确定的,一旦顺序执行,将按预定的时间执行操作命令。

逻辑顺序控制系统按照逻辑的先后顺序执行操作命令,它与执行的时间无严格关系。例如,批量控制的反应釜中,反应初期,进料阀打开,基料加入,达到一定液位或一定流量后,按逻辑的先后顺序,先启动搅拌机,搅拌开始后,液位因进料而继续升高,当达到某一液位时,关闭反应基料进料阀,其他物料开始加入,当液位达到另一设定液位时,关闭其他物料的加入,同时打开蒸汽阀升温并开始反应。整个生产过程中,进料量的大小受进料储罐液位的影响,而进料速率的大小影响反应釜液位到达某一设定值的时间,但过程中搅拌机和物料的加入和停止与液位直接有关,启动和停止的条件与液位是否到达设定值的逻辑关系有关。由于这类顺序控制系统中,执行操作命令的逻辑顺序关系不变,因此,这类控制系统称为逻辑顺序控制系统,这类控制系统在工业生产过程控制中的应用较多。

条件顺序控制系统是以执行操作命令的条件是否满足为依据,当条件满足时,相应的操作被执行,不满足时,将执行另外的操作。典型的例子是电梯控制系统。当某一层有乘客按了向上的按钮,如果电梯空闲,则电梯自动向该层运行,当乘客进入电梯仓,并按下所需

到达的楼层按钮，经一定时间延时和关闭电梯门后，电梯将向上运行，直到电梯到达所需楼层后，自动打开仓门。这里电梯的运行根据条件确定，可以向上也可以向下运行，所停的楼层也根据乘客所需而定。这类顺序控制系统在工业生产过程中也有较多的应用。

顺序控制系统的组成见图 1-1。它由 5 部分组成。

- ① 控制器 接受控制输入信号，按一定的控制算法运算后，输出控制信号到执行机构，控制器具有记忆功能，能实现所需控制运算功能。
- ② 输入接口 实现输入信号的电平转换。
- ③ 输出接口 实现输出信号的功率转换。
- ④ 检出检测器 检出或检测被控对象的状态信息。
- ⑤ 显示报警装置 显示系统的输入、输出、状态、报警等信息，便于了解过程运行状态和对过程的操作、调试和事故处理等。

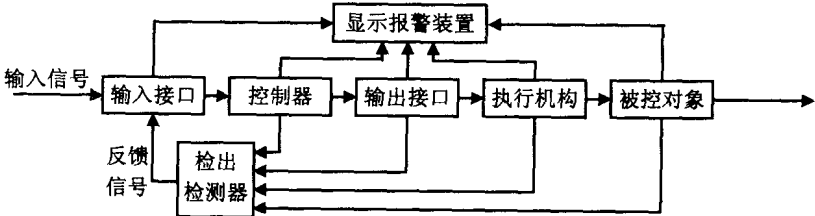


图 1-1 顺序控制系统组成

1.1.2 基本逻辑运算的实现

顺序控制系统中，大量的信号是数字量或开关量。对数字量或开关量，其基本的运算是逻辑运算。逻辑运算关系可用布尔代数、真值表或卡诺图表示。基本逻辑运算有“与”、“或”和“非”运算。

1.1.2.1 “与”逻辑运算的实现

“与”逻辑运算又称为逻辑乘。两个变量 A 和 B 的“与”逻辑运算用下列公式表示。

$$y = A \cdot B \text{ 或 } y = A \cap B \tag{1-1}$$

y 是“与”运算结果，“与”运算的真值表见表 1-1。

与运算可采用 A 和 B 两个常开接点的串联电路实现。图 1-2 是与运算的实现电路， y 是串联电路中的继电器线圈。

1.1.2.2 “或”逻辑运算的实现

“或”逻辑运算又称为逻辑加。两个变量 A 和 B 的“或”逻辑运算用下列公式表示。

$$y = A + B \text{ 或 } y = A \cup B \tag{1-2}$$

y 是“或”运算结果，“或”运算的真值表见表 1-2。

表 1-1 与运算真值表

A	B	y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

表 1-2 或运算真值表

A	B	y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

或运算可采用 A 和 B 两个常开接点的并联电路实现。图 1-3 是或运算的实现电路, y 是并联电路中的继电器线圈。

1.1.2.3 “非”逻辑运算的实现

“非”逻辑运算又称为反相运算。一个变量 A 的“非”逻辑运算用下列公式表示。

$$y = \bar{A} \quad (1-3)$$

y 是“非”运算结果, 非运算可采用常闭接点 A 和继电器线圈串联电路实现。图 1-4 是非运算的实现电路, y 是 A 的非运算结果。

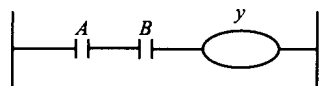


图 1-2 与运算的实现

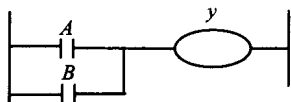


图 1-3 或运算的实现

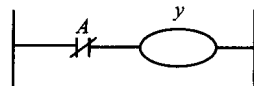


图 1-4 非运算的实现

1.1.2.4 逻辑运算的基本运算律

逻辑运算的基本运算律包括交换律、结合律和分配律。

交换律

$$A \cdot B = B \cdot A; \quad A + B = B + A \quad (1-4)$$

结合律

$$(A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C); \quad (A + B) + C = A + (B + C) \quad (1-5)$$

分配律

$$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C \quad (1-6)$$

常用恒等式

$$A \cdot 0 = 0; \quad A \cdot 1 = A; \quad A \cdot A = A \quad (1-7)$$

$$A + 0 = A; \quad A + 1 = 1; \quad A + A = A \quad (1-8)$$

$$A + \bar{A} = 1; \quad A \cdot \bar{A} = 0; \quad \bar{\bar{A}} = A \quad (1-9)$$

逻辑运算的转换可采用摩根定理

$$\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}; \quad \overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B} \quad (1-10)$$

1.1.3 其他逻辑运算的实现

通过基本逻辑运算, 可以实现一些复杂的运算, 例如门锁运算。在顺序控制系统中, 除了基本逻辑运算外, 有些数字信号或开关信号和接通与断开的的时间或次数有关, 所以需要有时间或数量的逻辑运算, 例如计时器逻辑运算、计数器逻辑运算等。

1.1.3.1 计时器逻辑运算

计时器用于实现计时功能。计时器应包含的基本信息如下。

① 计时器开始计时的条件 触发并控制计时器操作的开始。

② 计时器计时的长度 是计时器结束计时的条件, 控制计时器操作的终止, 因此也称为计时器的设定值。

③ 计时器的当前计时值 是计时器运行时, 已经计时的时间。在正向计时方式, 当该数值与计时器设定值相同时, 表示计时结束。顺序控制系统中, 通常采用反向计时方式, 也称为倒计时方式, 这时, 计时开始时, 当前计时值等于计时器设定值, 计时时间减小, 在当前计时值减到零时, 表示计时结束。

- ④ 计时继电器 是计时器的输出。在正向计时方式，当计时器当前计时时间值等于或大于计时器设定值时，计时继电器才被激励。

表 1-3 计时器逻辑运算关系

计时器 条件	计 时 器		计时器 线圈
	当前值	操作	
OFF	0	不操作	失励
ON	<设定值	计时	失励
	≥设定值	不操作	激励

表 1-3 描述了计时器逻辑的运算关系。表中逻辑运算关系采用正向计时方式。

1.1.3.2 计数器逻辑运算

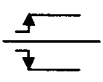
计数器用于实现计数功能。计数器应包含的基本信息与计时器相似，但增加计数器复位信号，此外，计数的信号是脉冲信号，有上升沿和下降沿触发之分。它的基本信息如下。

- ① 计数器开始计数的条件 是计数器开始运行的条件。
- ② 计数器计数的长度 是计数器结束计数的条件。因此，也称计数器的设定值。
- ③ 计数器的当前计数值 是计数器运行时，计数器当前的计数数值。
- ④ 计数器复位信号 用于计数器显示值的复位。当按动复位按钮后，能使计数器显示归零。

⑤ 计数继电器 是计数器的输出信号。

计数的方式分递增和递减计数两种。对于递增计数方式，当前计数值从零开始，递增计数，当前计数值与计数设定值相同时，计数器线圈激励。对于递减计数方式，当前计数值从计数设定值开始，递减计数，当前计数值等于零时，计数器线圈激励。表 1-4 描述了计数器逻辑的运算关系。表中逻辑运算关系采用递增计数方式。

表 1-4 计数器逻辑运算关系

复位 信号	计数器 条件	计 数 器		计数器 线圈
		当前值	操作	
ON		0	不计数	失励
OFF		<设定值	加 1	失励
		=设定值	不计数	激励
		不变	不计数	不变

注：计数器触发脉冲是上升沿触发。

1.1.4 顺序控制系统的实现

顺序控制系统在工业控制领域的应用很广。顺序控制系统实现的方案有采用继电器组成的逻辑控制系统、采用晶体管的无触点逻辑控制系统、采用可编程程序控制器的逻辑控制系统和采用计算机的逻辑控制系统等。

继电器组成的顺序逻辑控制系统是历史最悠久的一种实现方法。它的控制功能全部由硬件完成，即采用继电器的常开常闭接点、延时断开延时闭合接点等可动接点和普通继电器、时间继电器、接触器等执行装置完成所需顺序逻辑功能，例如电机的开停控制、正反转控制等。受继电器接点可靠性影响和使用寿命的限制，这类控制系统使用故障较多，使用寿命较短，由于采用硬件完成逻辑功能，因此更改不方便，维护困难。

晶体管组成的无触点顺序逻辑控制系统因减少了接点的可动部件，可靠性大大提高。晶体管、晶闸管等半导体元器件使用寿命比继电器接点的使用寿命长，因此在 20 世纪 70 年代得到较大发展。它采用硬件组成逻辑关系，因此更改也不方便，但由于采用功能模块结构，部件的更换和维护较继电器顺序逻辑控制系统方便。

可编程程序控制器是在计算机技术的促进下得以发展起来的新一代顺序逻辑控制装置。与上述组成方法不同，它用软件完成顺序逻辑功能，用计算机执行操作指令，实施操作和控制，因此顺序逻辑功能的更改十分方便，加上得益于计算机的高可靠性和高运算速度，使可编程程序控制器一出现就得到广泛应用。

计算机组成的顺序逻辑控制系统指在集散控制系统或工控机、微机中实现顺序逻辑控制功能的控制系统。大型顺序逻辑控制和连续控制相结合的工程应用中，这类控制系统大有用武之地。这类控制系统中，有连续量的控制和开关量的控制，采用计算机对它们进行操作、控制和管理，必要时把信息传送到上位机或下送现场控制器和执行机构。

随着计算机技术、半导体技术、通信和网络技术、控制技术、软件技术等高新科学技术的发展，工业生产过程的控制也得到了飞速发展，可编程序控制器正以年销售增长20%~30%的比例发展。它将与其它计算机控制装置，例如现场总线控制系统（FCS）、集散控制系统（DCS）、计算机集成过程系统（CIPS）、计算机集成制造系统（CIMS）及信息管理系统（MIS）等一起，成为工业控制领域的主流控制装置。

1.1.5 顺序控制系统在工业生产过程控制中的应用

根据顺序控制系统的分类，它们在工业生产过程控制中的主要应用场合如下。

① 流水线作业 在机械电子等制造业中，产品采用流水线的工作方式按先后次序进行，这类工业生产过程中，部分控制操作按时间的次序进行，大部分控制操作按逻辑顺序进行。例如，数控机床、柔性制造系统、物料输送系统、电视机生产流水线等。

② 信号报警联锁系统 在石油化工、核电、冶金等工业领域，由于工作环境具有高温、高压、易燃、易爆、核辐射等特点，因此，必须对操作的过程进行控制，一旦它们偏离规定的范围，就会发生事故，造成设备损坏或人员伤亡。这些工业生产过程中，要设置信号报警和联锁控制系统用于防止事故的发生，这是顺序控制系统另一个重要应用场合。

③ 批量控制系统 批量控制系统中，不同批号的产品有不同的生产顺序、不同的配方和控制条件，这类控制系统对程序更改有较多的要求，在继电器顺序控制时，这类控制系统的实现较困难，采用可编程序控制器可较方便地实现。因此将可编程序控制器用于这类批量控制的控制系统得到了较大的发展。

④ 逻辑控制系统 顺序逻辑控制系统中，根据逻辑的判别结果确定下一步操作是这类控制系统的特点，采用可编程序控制器可方便地实现这类控制系统。在生产过程控制中，这类逻辑顺序控制系统的应用也较多。

⑤ 民用工业 民用工业中，顺序控制系统也有较广泛的应用。洗衣机的顺序控制、微波炉和冰箱的温度控制、空调系统等顺序控制系统是较常见的应用例子。家用电器的一些模糊控制系统、自动烹调系统等也在国外得到应用。此外家用热水器、家庭安全报警系统等应用也在开发中。总之，在民用工业中，顺序控制系统还刚开始应用，有待开发。

1.2 可编程序控制器的发展历史

1.2.1 可编程序控制器的 10 条招标指标

1968 年美国通用汽车公司（GM）根据多品种、小批量、不断翻新汽车品牌战略思想，以降低生产成本，缩短新产品开发周期，提出了研制新型逻辑顺序控制装置的招标指标，这就是有名的 10 条招标指标，主要内容如下。

① 在使用者的工厂里，能以最短的中断服务时间，迅速方便地对其控制的硬件和设备进行编程及重新进行程序的设计。

② 所有系统组件必须能在工厂内无特殊支持的设备、硬件及环境条件下进行。

③ 系统的维修必须简单易行。在系统中应设计有状态指示器及插入式模块，以便在最短的停车时间内使维修和故障诊断变得简单易行。

- ④ 装置的体积应小于原有继电器控制柜的体积，它的能耗也应较小。
- ⑤ 必须能与中央数据采集处理系统进行通信，以便监视系统的运行状态和运行情况。
- ⑥ 输入开关量可以是已有的标准控制系统的按钮和限位开关的交流 115V 电压信号（注：因美国电网电压 110V）。

⑦ 输出的驱动信号必须能驱动以交流运行的电机启动器和电磁阀线圈，每个输出量将设计为可开停和连续操纵具有 115V，2A 以下容量的电磁阀等负载设备。

⑧ 具有灵活的扩展能力。在扩展时，必须能以系统最小的变动及最短的更换和停顿时间，使原有装置从系统的最小配置扩展到系统的最大配置。

⑨ 在购买和安装费用上应有与原有继电器控制和固态逻辑控制系统的竞争力，即有高的性能价格比。

⑩ 用户存储起容量至少在 4KB 以上（根据当时汽车装配工厂的要求提出）。

从这些指标可以看到，GM 公司希望研制出一种控制装置，它应尽可能地减少重新设计和接线工作量，缩短开发周期，减低成本。因此虽然当今可编程序控制器产品的标准已远远超过了当时提出的指标，但是这些指标至今仍然是可编程序控制器的基本指标。

美国数字设备公司（DEC）中标，在 1969 年研制出第一台可编程序控制器 PDP-14，应用于 GM 公司的一条汽车生产流水线，并取得成功。其后美国 Modicon 公司也推出了同名的 084 控制器。1971 年日本推出了 DSC-8 控制器，1973 年西欧国家的各种可编程序控制器也研制成功，我国 1974 年开始研制可编程序控制器。

1.2.2 可编程序控制器的发展史

可编程序控制器的发展与计算机技术、半导体集成技术、控制技术、数字技术、通信网络技术等高新技术的发展息息相关，这些高新技术的发展推动了可编程序控制器的发展，而可编程序控制器的发展又对这些高新技术提出更高更新的要求，促进了它们的发展。

从控制功能来分，可编程序控制器的发展经历了下列 4 个阶段。

① 初创阶段 从第一台可编程序控制器问世到 20 世纪 70 年代中期。这一阶段的产品主要用于逻辑运算和计时、计数运算。它的 CPU 由中小规模数字集成电路组成，控制功能较简单。典型产品有 Modicon 公司的 084，Allen-Bradley 公司的 PDQ-II，DEC 公司的 PDP-14，日立公司的 SCY-022 等。由于这些产品主要完成逻辑运算功能，因此被称为可编程序逻辑控制器（Programmable Logic Controller），缩写为 PLC。

② 扩展阶段 从 20 世纪 70 年代中期到 70 年代末期。这一阶段产品的主要控制功能得到较大扩展。扩展的功能包括数据的传送、数据的比较和运算、模拟量的运算等功能。它的发展来自两方面：由可编程序控制器发展而来的控制器，主要用于逻辑控制，同时扩展了其他运算功能；从模拟仪表发展而来的控制器，主要用于模拟量控制，同时扩展了逻辑运算功能。因此按习惯分类，前者被称为可编程序逻辑控制器，或 PLC，后者被称为单回路控制器或多回路控制器。可编程序控制器名称的缩写是 PC（Programmable Controller），但为了与个人计算机（Personal Computer）的缩写 PC 相区别，通常还是把可编程序控制器简写为 PLC。这一阶段的产品有 Modicon 公司的 184、284 和 384，西门子公司的 SIMATIC S3 系列，富士电机公司的 SC 系列等产品。

③ 通信阶段 20 世纪 70 年代末到 80 年代中期。这一阶段产品与计算机通信系统的发展有关，并形成了分布式通信网络体系。但是，由于制造厂商各自为政，通信系统也各自成为独立的系统，使各制造厂商产品较难实现互通。由于该阶段对可编程序控制器的需求大大