

西门子 S7-200 PLC 应用实验与工程实例

肖宝兴 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

西门子 S7-200 PLC 应用 实验与工程实例

肖宝兴 主编



机械工业出版社

本书从课程实验及工程应用的角度出发,以德国西门子公司的 S7-200 型 PLC 为样机,突出应用性和实践性,重点介绍了 CPU226 型机的指令系统、编程软件 STEP 7、课程实验、工程实例、程序编辑和程序调试等。通过大量的、有针对性的课程实验及工程实例,可了解在进行 PLC 控制系统设计时的设计思路、工作步骤、指令运用等。以具体实例为平台详尽地介绍了 PLC 与其他智能设备间的通信方式、与触摸屏或组态王等可视化软件间的组态配置,以及一些特殊功能指令的使用方法。本书语言通俗易懂、指令应用丰富、程序简捷全面,有利于读者尽快学习并掌握可编程程序控制器技术。

本书可作为刚刚走出校门、初涉电气工程及工业自动化领域的大专院校毕业生的自学用书,也可作为大专院校相关专业的教材。对于广大的电气工程技术人員,本书也是一本更新知识结构和实践新技术应用的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

西门子 S7-200 PLC 应用实验与工程实例/肖宝兴主编. —北京:机械工业出版社, 2018. 4

ISBN 978-7-111-59315-7

I. ①西… II. ①肖… III. ①PLC 技术 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 041498 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:张俊红 责任编辑:闫洪庆 责任校对:张 征

封面设计:路恩中 责任印制:张 博

三河市国英印务有限公司印刷

2018 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·17.5 印张·427 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-59315-7

定价: 59.90 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

服务咨询热线: 010-88361066

读者购书热线: 010-68326294

010-88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

金书网: www.golden-book.com

教育服务网: www.cmpedu.com

前言



可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 问世 50 年来发展日新月异。在今日, PLC 已集数据采集与监控功能、通信功能、高速度数字量信号智能控制功能、模拟量闭环控制功能等高端技术于一身, 使其不可动摇地成为控制系统的核心, 已成为衡量生产设备自动化控制水平的标志。从事自动化专业的工程技术人员应该掌握这门应用性广泛的专业知识, 可以通过各种形式的应用实例来感悟它, 强化工程意识, 提高应用能力。在高校电类专业中 PLC 已成为必修的专业课或专业基础课, 然而作为初学者的学生还是不知如何入手编写 PLC 程序, 毕业以后面对大型控制系统在掌控上也存在一定难度, 需要一定时间。

基于以上两方面因素, 本书侧重于 PLC 控制程序的编写, 实例丰富, 涉及面广。既有适合初学者参考使用的简单的控制实例, 又有来自于实际工程的较为复杂的应用实例。

西门子 S7-200 PLC 属于小型机, 其一些控制功能却可与中型机、大型机相媲美, 可以与其他智能设备实现串行通信、PLC 之间实现通信、可以作为现场总线中的一个单元参与整体控制、与可视化设备或软件组态共同完成控制任务。本书以此机型为样机。

全书共分四章及附录。第一章介绍一些常用的 PLC 基本指令和应用指令, 为掌握指令和熟练使用指令打下基础, 利用这些指令可以编写控制程序。第二章介绍西门子 S7-200 PLC 专用编程软件 STEP 7-Micro/WIN, 介绍编程环境及程序的运行、监控和调试方法。第三章中的实验可分两部分, 前面的实验来自于普通高校的课程实验, 由浅入深, 由易到难, 面向于初学者; 后面的实验难度大一些, 适合作为课程设计类实践性课程参考使用。第四章为大型复杂的工程实例, 适合刚走出校门步入实际工程的学生参考使用。比较有代表性的实例有 PLC 与变频器间串行通信、利用组态王软件与 PLC 配合实现可视化监控、西门子 TP177A 触摸屏及其专用软件 WinCC flexible 在书中都有较详尽的介绍, 触摸屏与 PLC 配合体现了当今最时尚的控制技术, 在本章中有 TP177A 触摸屏与 PLC 组态形成的控制系统实例。通过学习, 对于提高 PLC 的编程水平和充分利用 PLC 功能都会有很大的帮助。附录是电气控制线路中常用图形符号和文字符号新旧国标对照。

本书的编写原则是从课程实验出发, 循序渐进, 直到实际工程应用。在理解 PLC 的工作原理, 熟悉 PLC 的结构组成及掌握 PLC 的指令系统后, 开始接触课程实验实例, 有助于刚接触 PLC 的学生尽快入门了解编程指令的运用方法, 实现信号间的逻辑控制。工程应用实例部分选择一些具有现代控制手段的控制系统, 更多地体现 PLC 与其他智能设备或可视化人机界面间的通信与组态功能, 逻辑关系也更加复杂, 所运用的指令功能性更强。

本书由肖宝兴主编。参与本书编写的还有冯冬梅、肖亮、贾茜茜、王金伟、钱锦锋、平乐民, 全书由肖宝兴统稿。书中部分内容的编写参照了有关文献, 恕不一一列举, 在此谨对书后所有参考文献的作者表示感谢。

由于时间仓促, 加之作者水平有限, 书中错误和不妥之处恳请专家、同仁及广大读者批评指正。

目 录

前言	二、菜单栏	40
	三、工具栏	41
	四、项目及其组件	42
第一章 S7-200 PLC 的指令	第一节 定制 STEP 7-Micro/WIN	43
第一节 位操作指令	一、显示和隐藏各种窗口组件	43
一、基本逻辑指令	二、选择“窗口”显示方式	43
二、定时器指令	三、程序编辑的窗口选择	44
三、计数器指令	第四节 编程计算机与 CPU 通信	44
四、比较指令	一、设置通信	45
第二节 数据处理指令	二、PLC 信息	47
一、传送类指令	三、读取远程 PLC 类型	48
二、移位指令	四、设置实时时钟	48
第三节 运算指令	第五节 程序的编写与传送	48
一、算术运算指令	一、项目文件管理	48
二、增减指令	二、项目文件编辑	51
三、逻辑运算指令	第六节 程序的运行监控与调试	59
第四节 转换指令	一、工作模式选择	59
一、七段显示码指令 SEG	二、梯形图程序的状态监视	60
二、数据类型转换指令	三、语句表程序的状态监视	61
第五节 程序控制指令	四、用状态表监视与调试程序	61
一、跳转指令	五、在 RUN 模式下编辑用户程序	63
二、循环指令	六、使用系统块设置 PLC 的参数	63
三、子程序指令	七、梯形图程序状态的强制功能	64
第六节 特殊指令	八、程序的打印输出	64
一、中断指令	第七节 通信程序下载与向导编程	65
二、高速计数器指令	一、主从式通信程序的下载	65
三、通信指令	二、PLC 与变频器通信程序的下载	66
四、PID 回路控制指令	三、向导	67
第二章 STEP 7-Micro/WIN 编程	第三章 课程实验	69
软件	实验一 逻辑指令	69
第一节 软件安装和设置	一、实验目的	69
一、软件安装条件	二、实验内容	69
二、安装	三、实验报告中应回答的问题	71
第二节 STEP 7-Micro/WIN 简介	实验二 送料小车延时正、反转控制	71
一、STEP 7-Micro/WIN 窗口元素		



一、实验目的	71	二、实验内容	100
二、实验内容	71	三、实验报告中应回答的问题	102
三、实验报告中应回答的问题	72	实验十三 两台 PLC 主从式通信	102
实验三 电动机星形-三角形减压启动		一、实验目的	102
控制	73	二、实验内容	102
一、实验目的	73	三、实验报告中应回答的问题	108
二、实验内容	74	实验十四 自动车库门控制	108
三、实验报告中应回答的问题	75	一、实验目的	108
实验四 带式输送机可重复顺序启动、		二、实验内容	108
逆序停止控制	75	三、实验报告中应回答的问题	111
一、实验目的	75	实验十五 外部输入信号中断	112
二、实验内容	75	一、实验目的	112
三、实验报告中应回答的问题	78	二、实验内容	112
实验五 水塔水位自动控制	79	三、实验报告中应回答的问题	113
一、实验目的	79	实验十六 邮件分拣	113
二、实验内容	79	一、实验目的	113
三、实验报告要求	79	二、实验内容	113
实验六 四组抢答器	80	三、实验报告中应回答的问题	116
一、实验目的	80	实验十七 移位寄存器指令在波浪式喷泉	
二、实验内容	80	程序中的应用	116
三、实验报告中应回答的问题	83	一、实验目的	116
实验七 单按钮控制彩灯循环	83	二、实验内容	116
一、实验目的	83	三、实验报告中应回答的问题	119
二、实验内容	83	实验十八 用 TD200 文本显示器监控密码	
三、实验报告中应回答的问题	83	锁开启	119
实验八 洗衣机自动控制	84	一、实验目的	119
一、实验目的	84	二、实验内容	119
二、实验内容	84	三、实验报告中应回答的问题	131
三、实验报告中应回答的问题	90	实验十九 变频器控制电动机实现 15 段	
实验九 人行道交通信号灯控制	90	速运转控制	131
一、实验目的	90	一、实验目的	131
二、实验内容	91	二、实验内容	131
三、实验报告中应回答的问题	91	三、实验报告中应回答的问题	134
实验十 天塔之光	96	实验二十 30/5 型桥式起重机小车运行的	
一、实验目的	96	控制	134
二、实验内容	96	一、实验目的	134
三、实验报告中应回答的问题	98	二、实验内容	135
实验十一 使用定时中断的彩灯控制	98	三、实验报告中应回答的问题	137
一、实验目的	98	第四章 工程实例	138
二、实验内容	98	实例一 基于高速计数器功能的电梯控制	
三、实验报告中应回答的问题	98	程序	138
实验十二 高速计数器应用程序	100	实例二 圆形停车库汽车存取控制程序	144
一、实验目的	100		



实例三	基于模拟量控制功能的罐头食品 杀菌温度控制程序	148	实例十	用组态王监控食品高温杀菌 过程	223
实例四	用 TD200 监控邮包配送的程序 设计	152	实例十一	基于触摸屏控制技术的地铁 售票机控制程序	235
实例五	现代控制技术在 B2012A 型龙门 刨床上的应用	155	实例十二	S7-200 PLC 与 S7-300 PLC 实现 通信的控制程序	245
实例六	用 TP177A 触摸屏监控饮料自动 售货过程	169	实例十三	S7-200 PLC 与现场总线通信的 控制程序	255
实例七	基于组态王的变频器调速系统的 远程监控	183	附录	电气控制线路中常用图形符号和 文字符号新旧国标对照	267
实例八	基于 USS 通信协议的电梯门控制 程序	196	参考文献	272
实例九	基于通信功能的两台电梯并联 运行控制程序	206			

S7-200 PLC的指令

在 S7-200 PLC 的指令系统中，可分为基本指令与应用指令。最初把能够取代传统的继电器控制系统的那些指令称为基本指令，为了满足用户不断提出的一些特殊控制要求而开发出的那些指令称为应用指令，应用指令又称为功能指令。由于 PLC 的功能越来越强，涉及的指令也越来越多，对基本指令所包含的内容也在不断扩充，所以，基本指令与应用指令目前还没有严格的界限与区分。在本章中，将由简到繁介绍一些在工控系统中经常使用的指令。

第一节 位操作指令

位是 PLC 存储器中的起步单元，也可以说是存储量最小的量值。位操作指令主要实现逻辑控制和顺序控制，完全可以用 S7-200 的位操作指令替代传统的继电器-接触器控制系统。

★一、基本逻辑指令

1. 触点指令

触点及线圈指令是 PLC 中应用最多的指令。触点首先分为动合触点及动断触点，又以其在梯形图中的位置分为和母线相连的动合触点或动断触点、与前边触点串联的动合或动断触点、并联的动合或动断触点。一些型号 PLC 还有边沿脉冲触点指令及取反触点指令。边沿脉冲触点指令是在满足工作条件时，接通一个扫描周期；取反触点指令是将其前面的信号状态取反后送出。表 1-1 所示为西门子 S7-200 PLC 的触点指令。

2. 线圈指令

线圈指令用来表达一段程序的运算结果。线圈指令含普通线圈指令、置位及复位线圈指令、立即线圈指令等类型。普通线圈指令在工作条件满足时，将该线圈相关存储器置 1，在工作条件失去后复零。置位线圈指令在相关工作条件满足时将有关线圈置 1，工作条件失去后，这些线圈仍保持置 1，复位需用复位线圈指令。立即线圈指令采用中断方式工作，可以不受扫描周期的影响，将程序运算的结果立即送到输出口。表 1-2 所示为西门子可编程序控



制器的线圈指令。

表 1-1 S7-200 PLC 部分触点指令

指令		梯形图符号	数据类型	操作数	指令功能
标准触点	动合	LD	位	I、Q、V、M、SM、S、T、C	将动合触点接在母线上
		A			动合触点与其前面的信号相串联
		O			动合触点与其上面的信号相并联
	动断	LDN			将动断触点接在母线上
		AN			动断触点与其前面的信号相串联
		ON			动断触点与其上面的信号相并联
取反	NOT	—	—	改变处在其前面信号的状态	
正负跳变	正	EU	—	—	检测到一次正跳变, 可将此信号状态接通一个扫描周期
	负	ED	—	—	检测到一次负跳变, 可将此信号状态接通一个扫描周期

表 1-2 S7-200 PLC 线圈指令

指令与助记符	梯形图符号	数据类型	操作数	指令功能
输出	=	位	Q、V、M、SM、S、T、C	将运算结果输出到某个继电器
立即输出	=I	位	Q	立即将运算结果输出到某个继电器
置位与复位	S	位 N: BYTE 或常数	位: Q、V、M、SM、S、T、C N: IB、QB、VB、SMB、SB、LB、AC、MB、常数等	将从指定地址开始 N 个位置位, N 的常数范围为 1~255
	R	位 N: BYTE 或常数	位: Q、V、M、SM、S、T、C N: IB、QB、VB、SMB、SB、LB、AC、MB、常数等	将从指定地址开始 N 个位置位, N 的常数范围为 1~255
立即置位与立即复位	SI	位 N: BYTE 或常数	位: Q N: IB、QB、VB、SMB、SB、LB、AC、MB、常数等	立即将从指定地址开始 N 个位置位
	RI	位 N: BYTE 或常数	位: Q N: IB、QB、VB、SMB、SB、LB、AC、MB、常数等	立即将从指定地址开始 N 个位置位
SR 触发器	SR	位	Q、V、M、I、S	置位与复位同时为 1 时置位优先
RS 触发器	RS	位	Q、V、M、I、S、	置位与复位同时为 1 时复位优先



3. 触点及线圈指令梯形图实例

过去接触过的继电器/接触器控制系统中，控制电动机的起停往往需要两只按钮，在这里利用 PLC 逐行扫描的特点使用一只按钮控制电动机的起停，实现这个控制要求的方案很多，下面是其中 3 个方案。1 个例子用 3 个方案的目的是一方面再熟悉一下周期性扫描的特点，另一方面是说明程序编写的灵活性。

将起动/停止的输入信号接按钮的常开触点并连接到输入点 I0.0，通过输出点 Q1.0 连接接触器线圈来控制电动机。操作方法是，按一下该按钮，输入的是起动信号，再按一下该按钮，输入的则是停止信号，以此形成奇数次时为起动，偶数次时为停止。

方案 1 如图 1-1 所示。当第 1 次按下按钮时，在当前扫描周期内，I0.0 使辅助继电器 M0.0 及 M0.1 为 ON 状态，使 Q1.0 为 ON；到第 2 个扫描周期，辅助继电器 M0.1 的动断触点为 OFF，使 M0.0 为 OFF，辅助继电器 M0.2 仍为 OFF，M0.2 的动断触点仍为 ON，Q1.0 的自锁触点已起作用，Q1.0 仍为 ON，从此不管经过多少扫描周期，这种状态也不会改变。第 1 次松开按钮后至第 2 次按下按钮前，在输入采样阶段读入 I0.0 的状态为 OFF，辅助继电器 M0.0、M0.1、M0.2 均为 OFF 状态，Q1.0 也继续保持 ON 状态。当第 2 次按下按钮时，在当前扫描周期，辅助继电器 M0.0、M0.1、M0.2 均为 ON 状态，M0.2 的动断触点为 OFF，使 Q1.0 由 ON 变为 OFF；到下一个扫描周期（假定未松开按钮），M0.1 的动断触点使 M0.0 为 OFF，使 M0.2 为 OFF，Q1.0 不具备吸合条件仍然为 OFF。第 2 次松开按钮后至第 3 次按下按钮前，M0.0、M0.1、M0.2 及 Q1.0 均为 OFF 状态，控制程序恢复为原始状态。所以，当第 3 次按下按钮时，又开始了起动操作，由此进行起停电动机。

方案 2 如图 1-2 所示。相对于方案 1，方案 2 去掉了一个中间环节，增加了一个正跳变指令，这个指令的特点就是当处在其前面的触点信号从 OFF 变 ON 时，它只 ON 一个扫描周期。当按一下按钮时，I0.0 由 OFF 变 ON，这时上升沿（正跳变）触发 EU 指令使 M0.0 只 ON 一个扫描周期，在本周期内接下来的扫描行是定 M0.1 的状态，因 M0.0 是 ON，而 Q1.0 是 OFF，所以 M0.1 是 OFF。最后是定 Q1.0 的状态，因 M0.0 是 ON，而 M0.1 是 OFF，那 M0.1 的动断触点是 ON，

这样使得 Q1.0 “得电吸合”成为 ON 状态，接在这一点上的控制电动机的接触器线圈便得

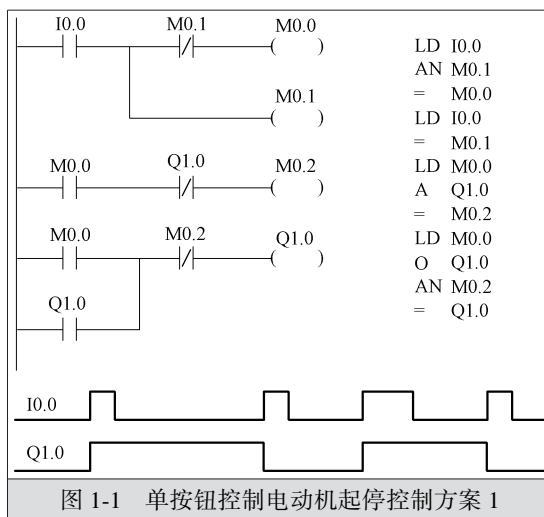


图 1-1 单按钮控制电动机起停控制方案 1

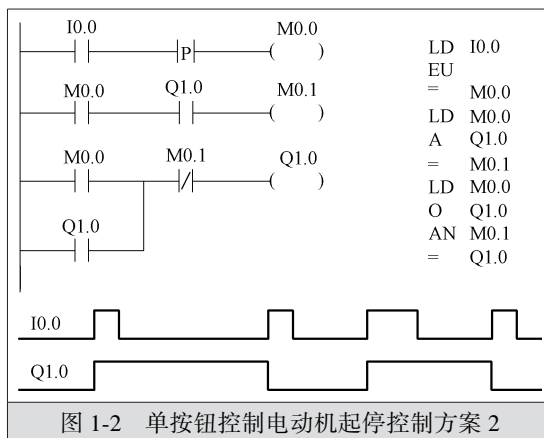


图 1-2 单按钮控制电动机起停控制方案 2



电吸合，电动机就可转动起来。在接下来的第 2 扫描周期，即使按钮还没有松开，I0.0 还处于 ON 状态，由于 P 指令的作用，M0.0 变成了 OFF，也就是说从第 2 周期开始 M0.0 总是 OFF 了，下面的 M0.1 也不具备“得电吸合”的条件，始终处于 OFF 状态，Q1.0 仍然是 ON 状态。接下来就是松开按钮，3 个线圈的状态仍然与第 2 扫描周期的相同，电动机也始终在转动着。当第 2 次按下按钮时，就会形成 M0.0 与 M0.1 都是 ON 状态，而 Q1.0 成为 OFF 状态，电动机便停止转动。从第 2 次按下按钮的第 2 扫描周期开始 3 个线圈的状态都变成 OFF，恢复为原始状态。在这以后，当第 3 次按下按钮时，又开始了起停操作，由此进行起停电动机。

方案 3 如图 1-3 所示。在这里使用了 RS 触发器及上升沿（正跳变）触发 EU (P) 指令，利用 P 指令只 ON 一个扫描周期的特点以及 RS 触发器在置位与复位同时为 1 时复位信号优先的特点，实现单按钮控制电动机起停的目的。当第 1 次按下按钮时，在当前扫描周期，I0.0 成为 ON 状态，RS 触

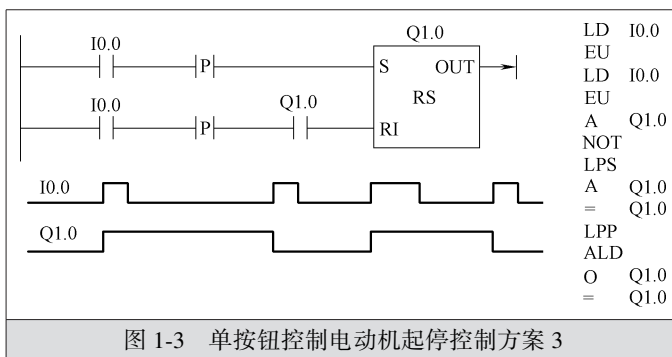


图 1-3 单按钮控制电动机起停控制方案 3

发器的置位端为 1，而复位端由于 Q1.0 此时处于 OFF 状态使得复位端为 0，所以在第 1 次按下按钮的第 1 个扫描周期，Q1.0 就会成为 ON 状态，电动机起动运行。从第 2 个扫描周期开始，由于 P 指令的作用，RS 触发器的置位与复位端都为 0，Q1.0 继续保持 ON 状态，无论继续按着或松开按钮，这样的状态也不会改变了。当第 2 次按下按钮时，由于 Q1.0 已经是 ON 状态，所以就会形成触发器的置位端与复位端都为 1 的时刻，这样由于 RS 触发器是复位优先，就会使得 Q1.0 复位，变成 OFF 状态，电动机就停止运行了。同样这种方案也能形成奇数次按下按钮时为起动，偶数次按下按钮时为停止。

★二、定时器指令

定时器是 PLC 中最常用器件之一，准确用好定时器对于 PLC 程序设计非常重要。S7-200 PLC 的 CPU22X 系列定时器有 3 种类型：接通延时型 TON、保持型（有记忆的）接通延时型 TONR、断开延时型 TOF。

定时器指令用来规定定时器的功能，表 1-3 所示为西门子 S7-200 系列 PLC 定时器指令，

表 1-3 定时器指令类别

定时器类别	接通延时定时器	保持型接通延时定时器	断开延时定时器
指令的表达形式	T×× 	T×× 	T××
操作数的范围及类型	T××: 字型; 常数 T0~T255, 指定定时器号 IN: 位型; I、Q、V、M、SM、S、T、C、L、能流, 启动定时器 PT: 整数型; IW、QW、VW、MW、SMW、T、C、LW、AC、AIW、*VD、*LD、*AC、常数, 设定值输入端		

注：带“*”的存储单元具有变址功能。



3 条指令规定了三种不同功能的定时器。

西门子 S7-200 系列定时器使用的基本要素如下。

1. 编号、类型及精度

S7-200 系列 PLC 配置了 256 个定时器, 编号为 T0~T255。定时器有 1ms、10ms、100ms 三种精度, 1ms 的定时器有 4 个, 10ms 的定时器有 16 个, 100ms 的定时器有 236 个。编号和类型与精度有关。例如, 编号是 T2 的精度是 10ms, 类型为有记忆的接通延时型。选用前应先查表 1-4 以确定合适的编号。从表 1-4 中可知, 有记忆的定时器均是接通延时型, 无记忆的定时器可根据需要选用接通延时或断开延时型, 使用时还需注意, 在一个程序中不能把一个定时器同时用作不同类型, 如既有 TON37 又有 TOF37。

表 1-4 定时器的精度及编号

定时器类型	定时精度/ms	最大当前值/s	定时器编号
TONR (有记忆)	1	32.767	T0, T64
	10	327.67	T1~T4, T65~T68
	100	3276.7	T5~T31, T69~T95
TON, TOF (无记忆)	1	32.767	T32, T96
	10	327.67	T33~T36, T97~T100
	100	3276.7	T37~T63, T101~T255

2. 预置值 (也叫设定值)

预置值即编程时设定的延时时间的长短, PLC 定时器采用时基计数及与预置值比较的方式确定延时时间是否达到, 时基计数值称为当前值, 存储在当前值寄存器中, 预置值在使用梯形图编程时, 标在定时器功能框的 PT 端。

3. 工作条件

工作条件也叫使能输入, 从梯形图的角度看, 定时器功能框中 IN 端连接的是定时器的工作条件。对于接通延时型定时器来说, 有能流流到 IN 端时开始计时; 对于断开延时型定时器来说, 能流从有变到无时开始计时; 对于无记忆的定时器来说, 工作条件失去, 如接通延时型定时器能流从有变到无时, 无论定时器计时是否达到预置值, 定时器均复位, 前边的计时值清零; 对于有记忆定时器来说, 可累加分段的计时时间, 这种定时器的复位就得靠复位指令。

4. 工作对象

工作对象是指定时器的延时时间已到, 利用定时器的触点控制的输出或工作过程。S7-200 系列 PLC 定时器的工作过程可以描述如下:

接通延时定时器和有记忆的接通延时定时器在 IN 端接通, 定时器的当前值大于等于 PT 端的预置值时, 该定时器位被置位。当达到预设时间后, 接通延时定时器和有记忆的接通延时定时器继续计时, 后者的当前值可以分段累加, 最大计时值都是 32767。

断开延时定时器在使能输入 IN 接通时, 定时器位立即接通, 并把当前值设为 0。当 IN 端断开时开始计时, 达到预设值 PT 时, 定时器位断开, 并且停止当前值计数。当 IN 端断开的时间短于预置值时, 定时器位保持接通。

5. S7-200 的定时器的刷新方式

S7-200 的定时器有 3 种不同的定时精度, 即每种定时精度对应不同的时基脉冲。定时器计时的过程就是数时基脉冲的过程。然而, 这 3 种不同定时精度的定时器的刷新方式是不同



的，要正确使用定时器，首先要知道定时器的刷新方式，保证定时器在每个扫描周期都能刷新1次，并能执行1次定时器指令。

(1) 1ms 定时器的刷新方式

1ms 定时器采用中断刷新的方式，系统每隔 1ms 刷新 1 次，与扫描周期即程序处理无关。当扫描周期较长时，1ms 的定时器在 1 个扫描周期内将多次被刷新，其当前值在每个扫描周期内可能不一致。

(2) 10ms 定时器的刷新方式

10ms 的定时器由系统在每个扫描周期开始时自动刷新，在每次程序处理阶段，定时器位和当前值在整个扫描过程中不变。在每个扫描周期开始时将一个扫描周期累计的时间加到定时器当前值上。例如，扫描周期是 30ms 的程序，这个定时器在 IN 端接通有效到本周期结束用时 18ms，下个周期整个扫描过程中的当前值都是 18ms，再下个周期就是 48ms，再下个周期就是 78ms，假设定时器的预置值是 70ms，在这个周期，定时器的位就可起作用了，实际计时超过 70ms。

(3) 100ms 定时器的刷新方式

100ms 的定时器是在该定时器指令执行时被刷新。为了使定时器正确地定时，要确保每个扫描周期都能执行一次 100ms 定时器指令，程序的长短会影响定时的准确性。

下面介绍如何正确使用定时器。

在 PLC 的应用中，经常使用具有自复位功能的定时器，即利用定时器自己的动断触点去控制自己的线圈。在 S7-200 PLC 中，要使用具有自复位功能的定时器，必须考虑定时器的刷新方式。

图 1-4a 中，T96 是 1ms 的定时器，只有正好在程序扫描到 T96 的动断触点到 T96 的动合触点之间当前值等于预置值时被刷新，进行状态位的转换，使 T96 的动合触点为 ON，从而使 M0.0 能 ON 一个扫描周期，否则 M0.0 将总是 OFF 状态。正确解决这个问题的方法是采用图 1-4b 所示的编程方式。

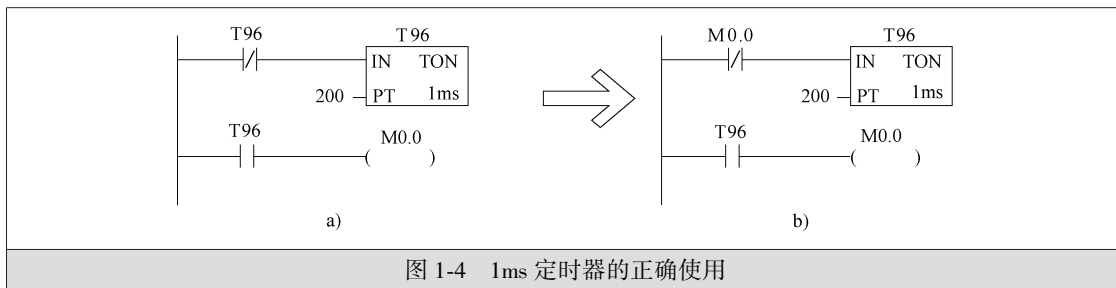


图 1-4 1ms 定时器的正确使用

图 1-5a 中，T33 是 10ms 的定时器，而 10ms 的定时器是在扫描周期开始时被刷新的，由于 T33 的动断触点和动合触点的相互矛盾状态，使得 M0.0 永远为 OFF 状态。正确解决这个问题的方法是采用图 1-5b 所示的编程方式。

对于 100ms 的定时器，推荐采用图 1-6b 所示的编程方式。

下面为定时器应用举例：用定时器设计输出脉冲的周期和占空比可调的振荡电路（即闪烁电路）。

图 1-7 中，在 I0.0 处于 OFF 状态时，T37 与 T38 也都处于 OFF 状态。当 I0.0 处于 ON

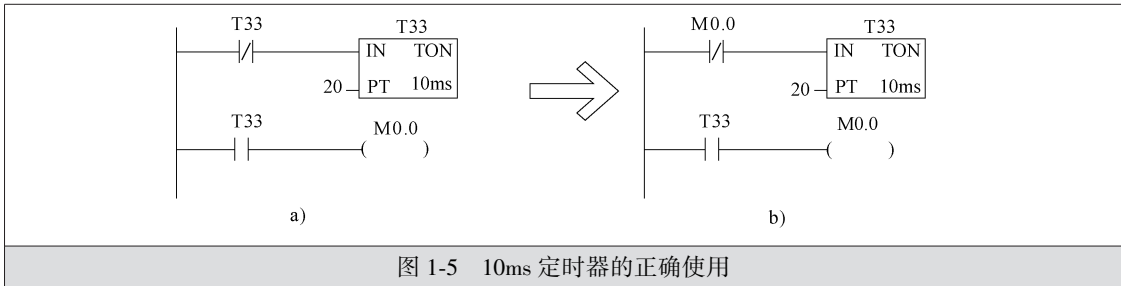


图 1-5 10ms 定时器的正确使用

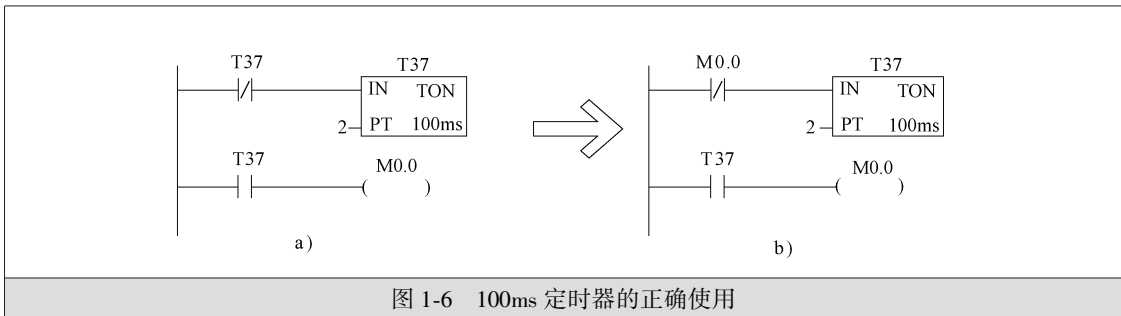


图 1-6 100ms 定时器的正确使用

状态后，T37 的 IN 输入端为 1 状态，T37 开始定时。3s 后定时时间到，T37 的动合触点接通，使 Q1.0 变为 ON，同时 T38 开始定时。5s 后定时时间到，它的动断触点断开，使 T37 的 IN 输入端变为 0 状态，T37 的动合触点断开，使 Q1.0 变为 OFF，同时 T38 因为 IN 输入端变为 0 状态，它被复位。复位后其动断触点又接通，T37 又开始计时，往后 Q1.0 的线圈就这样周期性地“通电”与“断电”，直到 I0.0 变为 OFF，Q1.0 线圈“通电”与“断电”的时间分别等于 T38 与 T37 的预置值。闪烁电路实际上是一个具有正反馈的振荡电路，T37 与 T38 的输出信号通过它们的触点分别控制对方的线圈，形成了正反馈。另外，特殊继电器 SM0.5 是以触点形式供我们使用的，它可提供周期为 1s，占空比为 0.5 的脉冲信号，此脉冲信号是不可调的，利用它也可以驱动需要闪烁的指示灯。

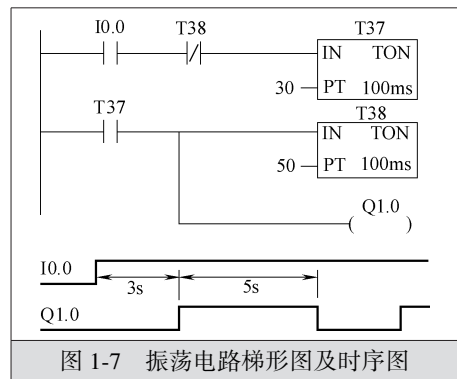


图 1-7 振荡电路梯形图及时序图

★三、计数器指令

S7-200 的普通计数器有 3 种类型：递增计数器 CTU、递减计数器 CTD 和增减计数器 CTUD，共计 256 个，编号为 C0~C255。可根据实际编程需要，对某个计数器的类型进行定义。不能重复使用同一个计数器的线圈编号，即每个计数器的线圈编号只能使用 1 次。每个计数器有一个 16 位的当前值寄存器和一个状态位，最大计数值为 32 767。计数器设定值 PV 的数据类型为整数型 INT，寻址范围为 VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、AIW、T、C、AC、*VD、*AC、*LD 及常数。

计数器用来累计输入脉冲的次数，在实际应用中用来对产品进行计数或完成复杂的逻辑控制任务。计数器的使用和定时器基本相似，编程时各输入端都应有位控制信号，计数器累



计它的脉冲输入端信号上升沿的个数。依据设定值及计数器类型决定动作时刻，以便完成计数控制任务。

计数器指令的 LAD 和 STL 格式见表 1-5。

表 1-5 计数器的指令格式

格式	名称		
	增计数	增减计数	减计数
LAD			
STL	CTU Cxxx,PV	CTUD Cxxx,PV	CTD Cxxx,PV

1. 增计数器 CTU (Count Up)

在梯形图中，增计数器以功能框的形式编程，指令名称为 CTU，它有 3 个输入端：CU、R 和 PV。当复位输入端 (R) 电路断开 (见图 1-8)，加计数脉冲输入端 (CU) 电路由断开变为接通 (即 CU 信号的上升沿)，计数器计数 1 次，当前值增加 1 个单位，PV 为设定值输入端，当前值达到设定值时，计数器动作，计数器位 ON，当前值可继续计数到 32767 后停止计数。当复位输入端 (R) 为 ON 或对计数器执行复位指令，计数器自动复位，即计数器位为 OFF，当前值为 0。

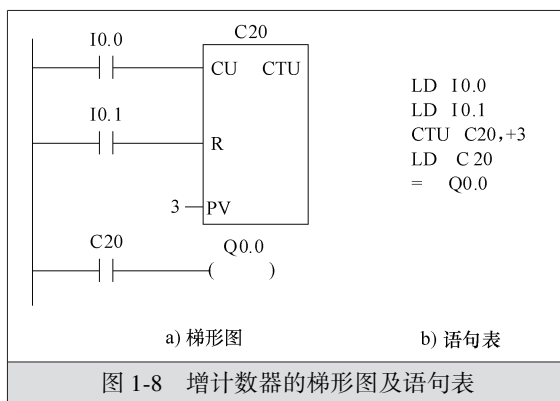


图 1-8 增计数器的梯形图及语句表

2. 增减计数器 CTUD (Count Up/Down)

在梯形图中，增减计数器以功能框的形式编程，指令名称为 CTUD，它有 4 个输入端：CU 输入端用于递增计数，CD 输入端用于递减计数，R 输入端用于复位，PV 为设定值输入端。CU 输入的每个上升沿，计数器当前值加 1；CD 输入的每个上升沿，都使计数器当前值减 1，当前值达到设定值时，计数器动作，其状态位为 ON。若复位输入端 R 为 ON，或使用复位指令 R，都可使计数器复位，状态位变为 OFF，并使当前值清 0。

增减计数器当前值计数到 32767 (最大值) 后，下一个 CU 输入的上升沿将使当前值跳变为最小值 (-32767)；当前值达到最小值 -32767 后，下一个 CD 输入的上升沿将使当前值跳变为最大值 32767。图 1-9 所示为递减计数器的用法。

3. 减计数器 CTD (Count Down)

在梯形图中，减计数器以功能框的形式编程，指令名称为 CTD，它有 3 个输入端：CD、LD 和 PV。当复位输入端 (LD) 电路断开 (见图 1-10)，减计数脉冲输入端 (CD) 电路由断开变为接通 (即 CD 信号的上升沿)，计数器计数 1 次，当前值减去 1 个单位，PV 为设定值输入端，当前值减到 0 时，计数器动作，计数器位 ON，计数器的当前值保持为 0。当复位输入端 (LD) 为 ON 或对计数器执行复位指令，计数器自动复位，即计数器位为 OFF，当前值为设定值。

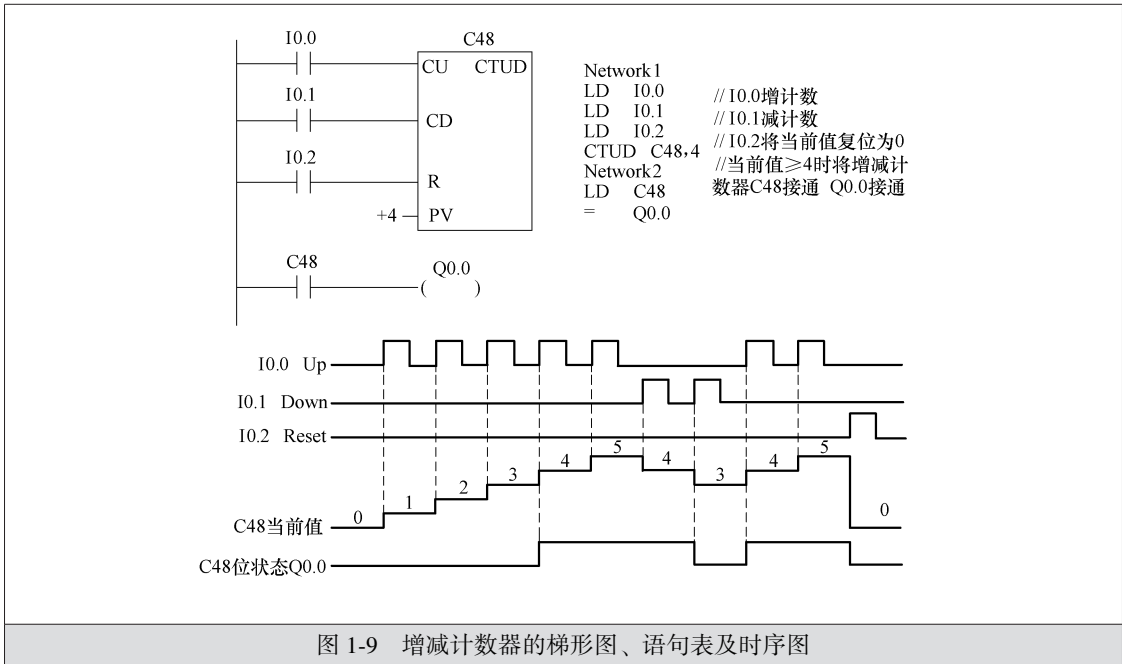


图 1-9 增减计数器的梯形图、语句表及时序图

4. 计数器计数次数的串级组合

PLC 的单个计数器的计数次数是一定的，或者说是有限的。在 S7-200 中，单个计数器的最大计数范围是 32767，当所需计数的次数超过这个最大值时，可通过计数器串级组合的方法来扩大计数器的计数范围。

例如，某产品的生产个数达到 50 万个时，将有一个输出动作，用 I0.0 作为计数开关，

I0.1 为清 0 开关，Q0.0 为 50 万个时的输出位，梯形图程序如图 1-11 所示，50 万个数用一个计数器是实现不了的，这里使用了两个，C1 的设定值是 25000，C2 的设定值是 20，当达到 C2 的设定值时，对 I0.0 的计数次数已达到 $25000 \times 20 = 500000$ 次。

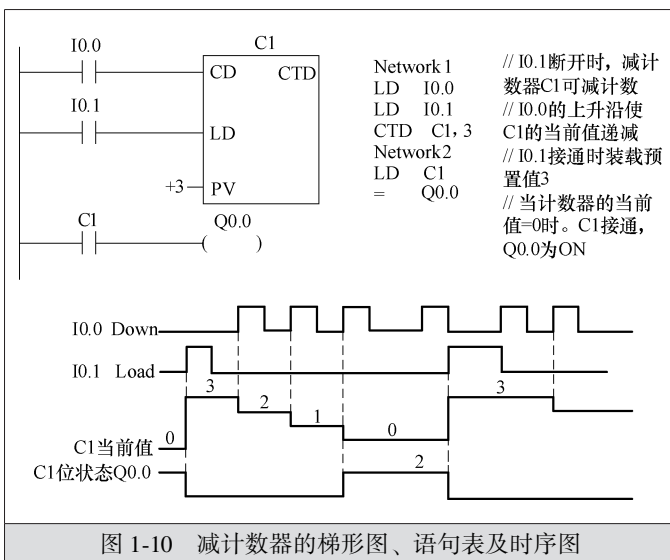


图 1-10 减计数器的梯形图、语句表及时序图

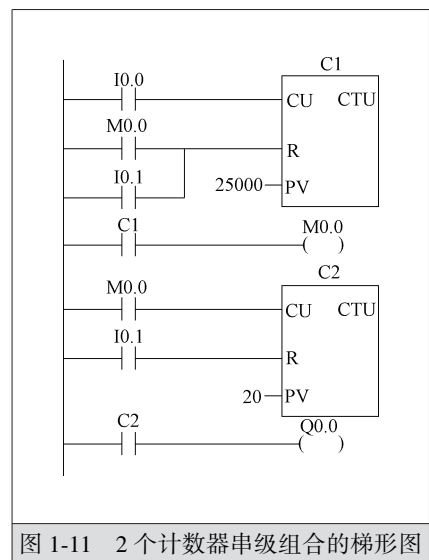


图 1-11 2 个计数器串级组合的梯形图



★四、比较指令

比较指令用于两个相同数据类型的有符号数或无符号数 IN1 和 IN2 的比较判断操作。

比较运算符有等于 (=)、大于等于 (>=)、小于等于 (<=)、大于 (>)、小于 (<)、不等于 (<>) 共 6 种比较形式。

在梯形图中，比较指令是以动合触点的形式编程的，在动合触点的中间注明比较参数和比较运算符。触点中间的参数 B、I、D、R 分别表示字节、整数、双字、实数，当比较的结果满足比较关系式给出的条件时，该动合触点闭合。

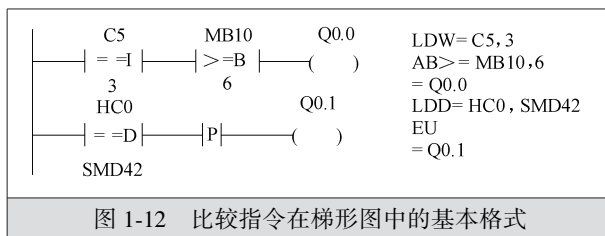


图 1-12 比较指令在梯形图中的基本格式

梯形图及语句表中比较指令的基本格式如图 1-12 所示，左为梯形图，右为语句表，图中第一段程序行中有两条比较指令，第一条是计数器 C5 与整数 3 比较，如 C5 中的计数值与 3 相等，该动合触点将闭合为 ON 状态。指令中的 C5 即是操作数 IN1，3 即是操作数 IN2，触点中间的参数 I 表示与整数比较，运算符是“=”号，说明 IN1 与 IN2 如相等，此触点就为 ON 状态。后面的第二条是 MB10 与 6 相比较，这条的比较参数是 B，也就是说这是一条字节比较指令，意思是当字节 MB10 中的数据大于等于 6 时条件满足，此触点为 ON 状态，那么当两条指令的条件都满足时线圈 Q0.0 也就为 ON 状态。第二段程序行中是一条双字比较指令，这里的操作数 IN1 是 0 号高速计数器 HC0，操作数 IN2 是 HC0 的设定值存放地址 SMD42，当两者相等时线圈 Q0.1 为 ON 状态。从这里可看出操作数 IN1、操作数 IN2 与比较参数都是统一对应的，不可错用。表 1-6 列出了操作数 IN1 与操作数 IN2 的寻址范围。

表 1-6 比较指令的操作数 IN1 和操作数 IN2 的寻址范围

操作数	类型	寻址范围
IN1	字节	VB、IB、QB、MB、SB、SMB、LB、AC、*VD、*AC、*LD 和常数
	整数	VW、IW、QW、MW、SW、SMW、LW、AIW、T、C、AC、*VD、*AC、*LD 和常数
IN2	双字	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、HC、AC、*VD、*AC、*LD 和常数
	实数	VD、ID、QD、MD、SD、SMD、LD、AC、*VD、*AC、*LD 和常数

字节比较指令用于两个无符号的整数字节 IN1 和 IN2 的比较；整数比较指令用于两个有符号的一个字长的整数 IN1 和 IN2 的比较，整数范围为十六进制的 8000~7FFF，在 S7-200 中，用 16#8000~16#7FFF 表示；双字节整数比较指令用于两个有符号的双字长整数 IN1 和 IN2 的比较。双字整数的范围为 16#80000000~16#7FFFFFFF；实数比较指令用于两个有符号的双字长实数 IN1 和 IN2 的比较，正实数的范围为 +1.175495E-38~+3.402823E+38，负实数的范围为 -1.175495E-38~-3.402823E+38。

图 1-13 所示是一个比较指令使用较多的程序段。从中可以看出，计数器 C10

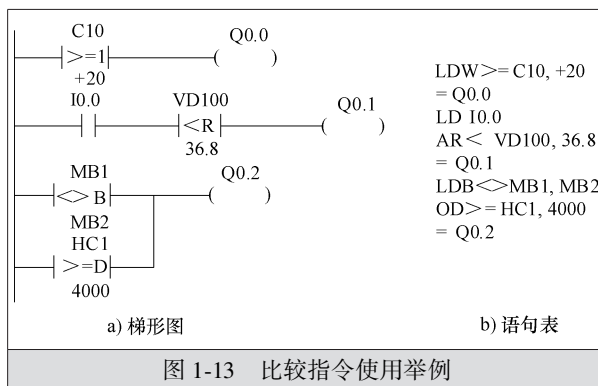


图 1-13 比较指令使用举例