



高等职业教育系列教材  
自动化类专业  
——新形态——

AUTOMATION SPECIALTY

# S7-1200 PLC 应用教程 第2版

廖常初◎主编



微课视频二维码  
扫一扫直接观看



随书附赠 电子课件 习题答案 视频教程  
例程 软件 中文手册



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

高等职业教育系列教材

# S7-1200 PLC 应用教程

第2版

廖常初 主编

李运树 副主编



机械工业出版社



程序结构、PID 闭环控制、编程软件和仿真软件的使用方法。介绍了一整套易学易用的开关量控制系统的编程方法、多种通信网络和通信服务的组态和编程的方法、网络控制系统的故障诊断方法、精简系列面板的组态与仿真的方法、用仿真软件在计算机上模拟运行和监控 PLC 用户程序的方法,以及通过仿真来学习 PID 参数整定的方法。本书根据 TIA 博途 V15 SP1 和 S7-1200 最新版的硬件对第 1 版进行了全面的改写。

本书注重实际,强调应用,各章有适量的习题,附录有 20 多个实验的指导书。本书可作为高职高专院校机电类相关专业的教材,也可供工程技术人员使用。

读者扫描本书封底有“IT”字样的二维码,输入本书书号中的 5 位数字(65753)就可以获取本书配套资源的下载链接,包括 46 个视频教程、36 个例程、TIA 博途 V15 SP1、仿真软件和 20 多本中文用户手册。也可以扫描正文中的二维码,观看指定的视频教程。

本书配有电子课件和习题答案,需要的教师可登录 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 免费注册、审核通过后下载,或联系编辑索取(微信:15910938545,电话:010-88379739)。

### 图书在版编目(CIP)数据

S7-1200 PLC 应用教程 / 廖常初主编. —2 版. —北京:机械工业出版社, 2020.6 (2022.2 重印)

高等职业教育系列教材

ISBN 978-7-111-65753-8

I. ①S… II. ①廖… III. ①PLC 技术—高等职业教育—教材

IV. ①TM571.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2020)第 096661 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:李文轶 责任编辑:李文轶

责任校对:张艳霞 责任印制:常天培

天津嘉恒印务有限公司印刷

2022 年 2 月第 2 版·第 8 次印刷

184mm×260mm·14.5 印张·356 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-65753-8

定价:55.00 元

#### 电话服务

客服电话:010-88361066

010-88379833

010-68326294

封底无防伪标均为盗版

#### 网络服务

机工官网: [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

机工官博: [weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

金书网: [www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

机工教育服务网: [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)



# 目 录

## 前言

第 1 章 S7-1200 的硬件与硬件组态 .....	1
1.1 S7-1200 的硬件 .....	1
1.1.1 S7-1200 的硬件结构 .....	1
1.1.2 CPU 模块 .....	2
1.1.3 信号板与信号模块 .....	5
1.1.4 集成的通信接口与通信模块 .....	6
1.2 TIA 博途与仿真软件的安装 .....	8
1.3 TIA 博途使用入门与硬件组态 .....	10
1.3.1 项目视图的结构 .....	10
1.3.2 创建项目与硬件组态 .....	13
1.3.3 信号模块与信号板的参数设置 .....	15
1.3.4 CPU 模块的参数设置 .....	19
1.4 习题 .....	22
第 2 章 S7-1200 程序设计基础 .....	23
2.1 S7-1200 的编程语言 .....	23
2.2 PLC 的工作原理与用户程序结构简介 .....	24
2.2.1 逻辑运算 .....	24
2.2.2 用户程序结构简介 .....	26
2.2.3 PLC 的工作过程 .....	27
2.3 数据类型与系统存储区 .....	30
2.3.1 物理存储器 .....	30
2.3.2 数制与编码 .....	31
2.3.3 数据类型 .....	33
2.3.4 全局数据块与其他数据类型 .....	35
2.3.5 系统存储区 .....	39
2.4 编写用户程序与使用变量表 .....	41
2.4.1 编写用户程序 .....	41
2.4.2 使用变量表与帮助功能 .....	45
2.5 用户程序的下载与仿真 .....	48
2.5.1 下载与上传用户程序 .....	48
2.5.2 用户程序的仿真调试 .....	52



1	2.6 用 STEP 7 调试程序	55
1	2.6.1 用程序状态功能调试程序	55
1	2.6.2 用监控表监控与强制变量	56
2	2.7 习题	60
5	第 3 章 S7-1200 的指令	62
6	3.1 位逻辑指令	62
8	3.2 定时器指令与计数器指令	66
10	3.2.1 定时器指令	67
10	3.2.2 计数器指令	71
13	3.3 数据处理指令	73
15	3.3.1 比较操作指令	73
19	3.3.2 使能输入与使能输出	74
22	3.3.3 转换操作指令	75
23	3.3.4 移动操作指令	77
23	3.3.5 移位指令与循环移位指令	78
24	3.4 数学运算指令	80
24	3.4.1 数学函数指令	80
26	3.4.2 字逻辑运算指令	83
27	3.5 其他指令	85
30	3.5.1 程序控制操作指令	85
30	3.5.2 日期和时间指令	86
31	3.5.3 字符串与字符指令	87
33	3.6 高速计数器与高速脉冲输出	89
35	3.6.1 高速计数器	89
39	3.6.2 高速脉冲输出	91
41	3.7 习题	93
41	第 4 章 S7-1200 的用户程序结构	95
45	4.1 函数与函数块	95
48	4.1.1 生成与调用函数	95
48	4.1.2 生成与调用函数块	98
52	4.1.3 多重背景	102
	4.2 数据类型转换与间接寻址	103
	4.2.1 数据类型转换	103
	4.2.2 间接寻址	104
	4.3 中断事件与中断指令	107
	4.3.1 事件与组织块	107
	4.3.2 初始化组织块与循环中断组织块	108



22	4.3.3 时间中断组织块	105
22	4.3.4 硬件中断组织块	105
22	4.3.5 中断连接指令与中断分离指令	105
20	4.3.6 延时中断组织块	105
50	4.4 交叉引用表与程序信息	105
50	4.4.1 交叉引用表	105
60	4.4.2 分配列表	105
50	4.4.3 调用结构、从属性结构与资源	106
15	4.5 习题	120
	<b>第5章 数字量控制系统梯形图程序设计方法</b>	122
55	5.1 梯形图的经验设计法	123
65	5.2 顺序控制设计法与顺序功能图	123
25	5.2.1 顺序功能图的基本元件	126
55	5.2.2 顺序功能图的基本结构	127
25	5.2.3 顺序功能图中转换实现的基本规则	130
08	5.3 使用置位/复位指令的顺序控制梯形图设计方法	132
08	5.3.1 单序列的编程方法	133
18	5.3.2 选择序列与并行序列的编程方法	133
28	5.3.3 应用举例	136
28	5.3.4 专用钻床的顺序控制程序设计	138
68	5.4 习题	143
	<b>第6章 S7-1200 的通信与故障诊断</b>	145
08	6.1 网络通信基础	148
08	6.1.1 串行通信的基本概念	148
10	6.1.2 SIMATIC 通信网络	149
60	6.2 PROFINET IO 系统组态	150
20	6.2.1 S7-1200 作 IO 控制器	150
20	6.2.2 S7-1200 作智能 IO 设备	153
20	6.3 基于以太网的开放式用户通信	155
80	6.4 S7 协议通信	160
50	6.5 Modbus RTU 协议通信	162
50	6.5.1 Modbus RTU 主站的编程	162
60	6.5.2 Modbus RTU 从站的编程与通信实验	165
60	6.5.3 S7-1200 其他通信简介	166
50	6.6 故障诊断	167
50	6.6.1 与故障诊断有关的中断组织块和诊断指令	167
80	6.6.2 S7-1200 的故障诊断	168



1	6.6.3 网络控制系统的故障诊断	171
2	6.7 习题	176
3		178
5	第7章 精简系列面板的组态与应用	178
7	7.1 精简系列面板	180
7	7.2 精简系列面板的画面组态	180
8	7.2.1 画面组态的准备工作	182
0	7.2.2 组态指示灯与按钮	185
2	7.2.3 组态文本域与 I/O 域	187
3	7.3 精简系列面板的仿真与运行	187
3	7.3.1 PLC 与 HMI 的集成仿真	190
6	7.3.2 HMI 与 PLC 通信的组态与操作	191
27	7.4 习题	193
30	第8章 S7-1200 在模拟量闭环控制系统中的应用	193
32	8.1 模拟量闭环控制系统与 PID_Compact 指令	193
33	8.1.1 模拟量闭环控制系统	195
33	8.1.2 PID_Compact 指令的算法与参数	197
36	8.1.3 PID_Compact 指令的组态与调试	199
38	8.2 PID 参数的手动整定方法	199
43	8.2.1 PID 参数的整定方法	201
45	8.2.2 PID 参数的手动整定实验	204
48	8.3 PID 参数自整定	206
148	8.4 习题	207
148	附录	207
148	附录 A 实验指导书	207
149	A.1 TIA 博途应用实验	207
150	A.2 硬件组态实验	208
150	A.3 位逻辑指令应用实验	208
153	A.4 定时器计数器应用实验	209
155	A.5 数据处理指令应用实验	210
160	A.6 数学运算指令应用实验	210
162	A.7 程序控制指令应用实验	210
162	A.8 实时时钟指令应用实验	211
165	A.9 高速计数器与高速输出应用实验	211
166	A.10 函数与函数块应用实验	212
167	A.11 多重背景应用实验	212
167	A.12 间接寻址应用实验	213
168	A.13 循环中断实验	213



A.14	时间中断实验	213
A.15	硬件中断实验	213
A.16	延时中断实验	214
A.17	顺序控制程序的编程与调试实验	214
A.18	运输带与人行横道交通灯顺序控制程序的调试实验	215
A.19	专用钻床顺序控制程序调试实验	215
A.20	PROFINET 通信组态实验	216
A.21	开放式用户通信的仿真实验	216
A.22	S7 通信的仿真实验	217
A.23	S7-1200 故障诊断实验	217
A.24	网络控制系统故障诊断实验	218
A.25	PLC 与触摸屏仿真实验	218
A.26	PID 控制器参数手动整定的仿真实验	219
A.27	PID 控制器参数自动整定的仿真实验	219
附录 B	配套资源简介	220
参考文献		222



### 3.2.1 定时器指令

#### 1. 脉冲定时器

IEC 定时器和 IEC 计数器属于函数块，调用时需要指定配套的背景数据块，定时器和计数器指令的数据保存在背景数据块中。打开程序编辑器右边的指令列表窗口，将“定时器操作”文件夹中的定时器指令拖放到梯形图中适当的位置。在出现的“调用选项”对话框中（见图 2-23），可以修改默认的背景数据块的名称。IEC 定时器没有编号，可以用背景数据块的名称（例如“T1”，或“1 号电机启动延时”），来做定时器的标示符。单击“确定”按钮，自动生成的背景数据块见图 3-13。

定时器的输入 IN（见图 3-14）为启动输入端，在输入 IN 的上升沿（从 0 状态变为 1 状态），启动脉冲定时器 TP、接通延时定时器 TON 和时间累加器 TONR 开始定时。在输入 IN 的下降沿，启动关断延时定时器 TOF 开始定时。

	名称	数据类型	起始值	保持
1	Static			<input type="checkbox"/>
2	PT	Time	T#0ms	<input type="checkbox"/>
3	ET	Time	T#0ms	<input type="checkbox"/>
4	IN	Bool	false	<input type="checkbox"/>
5	Q	Bool	false	<input type="checkbox"/>

图 3-13 定时器的背景数据块

各定时器的输入参数 PT（Preset Time）为预设时间值，输出参数 ET（Elapsed Time）为定时开始后经过的时间，称为当前时间值，它们的数据类型为 32 位的 Time，单位为 ms，最大定时时间为 T#24D\_20H\_31M\_23S\_647MS，D、H、M、S、MS 分别为日、小时、分、秒和毫秒。Q 为定时器的位输出，可以不给出 Q 和 ET 指定地址。各参数均可以使用 I（仅用于输入参数）、Q、M、D、L 存储区，IN 和 PT 可以使用常量。定时器指令可以放在程序段的中间或结束处。

脉冲定时器 TP 的指令名称为“生成脉冲”，用于将输出 Q 置位为 PT 预设的一段时间。用程序状态功能可以观察当前时间值的变化情况（见图 3-14）。在 IN 输入信号的上升沿启动该定时器，Q 输出变为 1 状态，开始输出脉冲。定时开始后，当前时间 ET 从 0ms 开始不断增大，达到 PT 预设的时间时，Q 输出变为 0 状态。如果 IN 输入信号为 1 状态，则当前时间值保持不变（见图 3-15 的波形 A）。如果达到 PT 预设的时间时，IN 输入信号为 0 状态（见波形 B），则当前时间变为 0s。

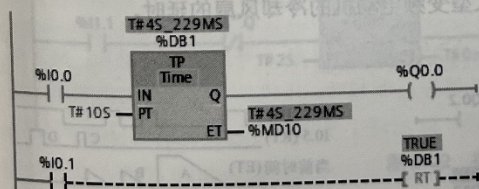


图 3-14 脉冲定时器的程序状态

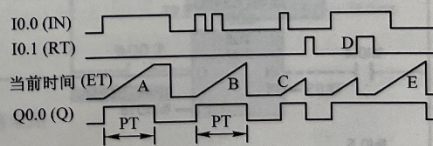


图 3-15 脉冲定时器的波形图

IN 输入的脉冲宽度可以小于预设值，在脉冲输出期间，即使 IN 输入出现下降沿和上升沿（见波形 B），也不会影响脉冲的输出。

图 3-14 中的 I0.1 为 1 时，定时器复位线圈（RT）通电，定时器被复位。用定时器的背景数据块的编号或符号名来指定需要复位的定时器。如果此时正在定时，且 IN 输入信号为 0



状态, 将使当前时间值 ET 清零, Q 输出也变为 0 状态 (见波形 C)。如果此时正在定时, 且 IN 输入信号为 1 状态, 将使当前时间清零, 但是 Q 输出保持为 1 状态 (见波形 D)。复位信号 I0.1 变为 0 状态时, 如果 IN 输入信号为 1 状态, 将重新开始定时 (见波形 E)。只是在需要时才对定时器使用 RT 指令。

## 2. 接通延时定时器

接通延时定时器 (TON, 见图 3-16) 用于将 Q 输出的置位操作延时参数 PT 指定的一段时间。IN 输入端的输入电路由断开变为接通时开始定时。定时时间大于等于预设时间 PT 指定的设定值时, 输出 Q 变为 1 状态, 当前时间值 ET 保持不变 (见图 3-17 中的波形 A)。

IN 输入端的电路断开时, 定时器被复位, 当前时间被清零, 输出 Q 变为 0 状态。CPU 第一次扫描时, 定时器输出 Q 被清零。如果 IN 输入信号在未达到 PT 设定的时间时变为 0 状态 (见波形 B), 输出 Q 保持 0 状态不变。

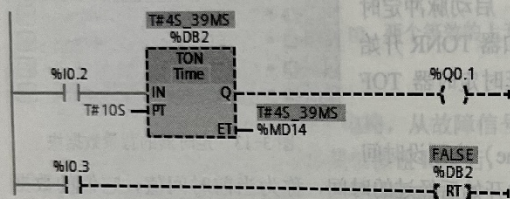


图 3-16 接通延时定时器

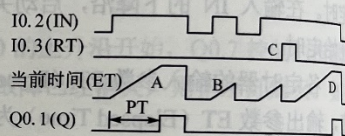


图 3-17 接通延时定时器的波形图

图 3-16 中的 I0.3 为 1 状态时, 定时器复位线圈 RT 通电 (见波形 C), 定时器被复位, 当前时间被清零, Q 输出变为 0 状态。复位输入 I0.3 为 0 状态时, 如果 IN 输入信号为 1 状态, 将开始重新定时 (见波形 D)。

## 3. 关断延时定时器

关断延时定时器 (TOF, 见图 3-18) 用于将 Q 输出的复位操作延时参数 PT 指定的一段时间。其 IN 输入电路接通时, 输出 Q 为 1 状态, 当前时间被清零。IN 输入电路由接通变为断开时 (IN 输入的下沿) 开始定时, 当前时间从 0 逐渐增大。当前时间等于预设值时, 输出 Q 变为 0 状态, 当前时间保持不变, 直到 IN 输入电路接通 (见图 3-19 的波形 A)。关断延时定时器可以用于设备停机后的延时, 例如大型变频电动机的冷却风扇的延时。

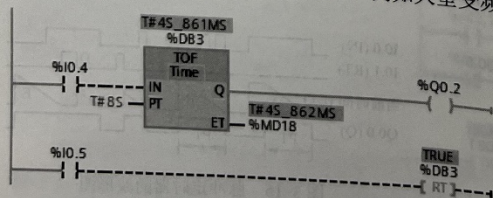


图 3-18 关断延时定时器

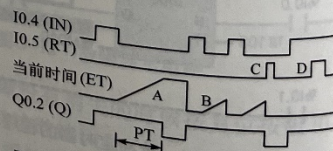


图 3-19 关断延时定时器的波形图

如果当前时间 ET 未达到 PT 预设的值, IN 输入信号就变为 1 状态, 当前时间被清 0, 输出 Q 将保持 1 状态不变 (见波形 B)。图 3-18 中的 I0.5 为 1 状态时, 定时器复位线圈 RT 通电。如果此时 IN 输入信号为 0 状态, 则定时器被复位, 当前时间被清零, 输出 Q 变为 0 状态。



态(见波形 C)。如果复位时 IN 输入信号为 1 状态,则复位信号不起作用(见波形 D)。

视频“定时器的基本功能”可通过扫描二维码 3-3 播放。



二维码 3-3

#### 4. 时间累加器

时间累加器(TONR, 见图 3-20)的 IN 输入电路接通时开始定时(见图 3-21 中的波形 A 和 B)。输入电路断开时,累计的当前时间值保持不变。可以用 TONR 来累计输入电路接通的若干个时间段。图 3-21 中的累计时间  $t_1 + t_2$  等于预设值 PT 时, Q 输出变为 1 状态(见波形 D)。

复位输入 R 为 1 状态时(见波形 C), TONR 被复位, 它的当前时间值变为 0, 同时输出 Q 变为 0 状态。

图 3-20 中的 PT 线圈为“加载持续时间”指令, 该线圈通电时, 将 PT 线圈下面指定的时间预设值(即持续时间), 写入图 3-20 中的 TONR 定时器名为“T4”的背景数据块 DB4 中的静态变量 PT (“T4”.PT), 将“T4”.PT 作为 TONR 的输入参数 PT 的实参, 定时器才能定时。用 I0.7 复位 TONR 时, “T4”.PT 也被清 0。

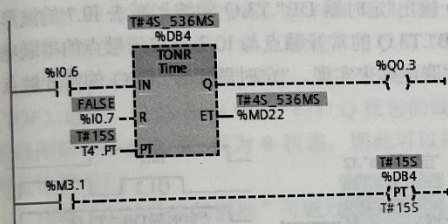


图 3-20 时间累加器

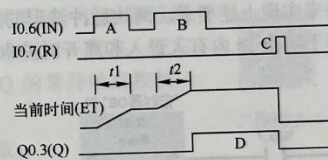


图 3-21 时间累加器的波形图

【例 3-2】用接通延时定时器设计周期和占空比可调的振荡电路。

图 3-22 中的串联电路接通后, 左边的定时器的 IN 输入信号为 1 状态, 开始定时。2s 后定时时间到, 它的 Q 输出端的能流入右边的定时器的 IN 输入端, 使右边的定时器开始定时, 同时 Q0.7 的线圈通电。

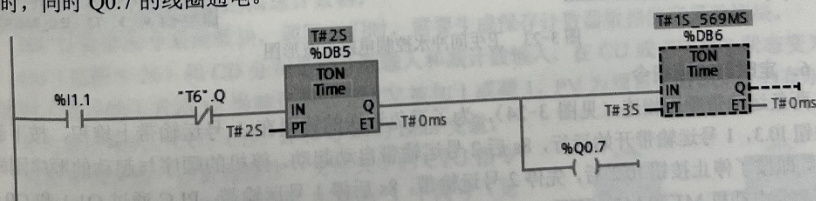


图 3-22 振荡电路

3s 后右边的定时器的定时时间到, 它的输出 Q 变为 1 状态, 使“T6”.Q (T6 是 DB6 的符号地址) 的常闭触点断开, 左边的定时器的 IN 输入电路断开, 其 Q 输出变为 0 状态, 使 Q0.7 和右边的定时器的 Q 输出也变为 0 状态。下一个扫描周期因为“T6”.Q 的常闭触点接通, 左边的定时器又开始定时, 以后 Q0.7 的线圈将这样周期性地通电和断电, 直到串联电路断开。Q0.7 线圈通电和断电的时间分别等于右边和左边的定时器的预设值。



### 5. 用数据类型为 IEC\_TIMER 的变量提供背景数据

图 3-23 是卫生间冲水控制电路与波形图。I0.7 是光电开关检测到的有使用者的信号，用 Q1.2 控制冲水电磁阀。在配套资源的项目“定时器和计数器例程”中，生成符号地址为“定时器 DB”的全局数据块 DB15。在 DB15 中生成数据类型为 IEC\_TIMER 的变量 T1、T2、T3（见图 3-23 右下角的图），用它们提供定时器的背景数据。

将 TON 方框指令拖放到程序区后，单击方框上面的“ $\langle??\rangle$ ”，再单击出现的小方框右边的按钮，单击出现的地址列表中的“定时器 DB”，地址域出现“定时器 DB.”。单击地址列表中的“T1”，地址域出现“定时器 DB”.T1。单击地址列表中的“无”，指令列表消失，地址域出现“定时器 DB”.T1。用同样的方法为 TP 和 TOF 提供背景数据，并生成触点上各定时器的 Q 输出的地址。

从 I0.7 的上升沿（有人使用信号）开始，接通延时定时器 TON 延时 3s，3s 后 TON 的 Q 输出变为 1 状态，使脉冲定时器 TP 的 IN 输入信号变为 1 状态，TP 输出脉冲。

由波形图可知，控制冲水电磁阀的 Q1.2 的高电平脉冲波形由两块组成，4s 的脉冲波形由 TP 的触点“定时器 DB”.T2.Q 提供。TOF 的 Q 输出“定时器 DB”.T3.Q 的波形减去 I0.7 的波形得到宽度为 5s 的脉冲波形，可以用“定时器 DB”.T3.Q 的常开触点与 I0.7 的常闭触点的串联电路来实现上述要求。两块脉冲波形的叠加用并联电路来实现。“定时器 DB”.T1.Q 的常开触点用于防止 3s 内有人进入和离开时冲水。

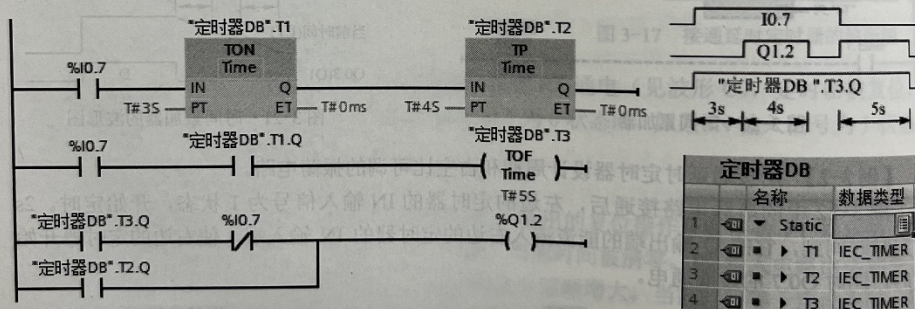


图 3-23 卫生间冲水控制电路与波形图

### 6. 定时器线圈指令

两条运输带顺序相连（见图 3-24），为了避免运送的物料在 1 号运输带上堆积，按下启动按钮 I0.3，1 号运输带开始运行，8s 后 2 号运输带自动启动。停机的顺序与启动的顺序刚好相反，即按了停止按钮 I0.2 后，先停 2 号运输带，8s 后停 1 号运输带。PLC 通过 Q1.1 和 Q0.6 控制两台电动机 M1 和 M2。

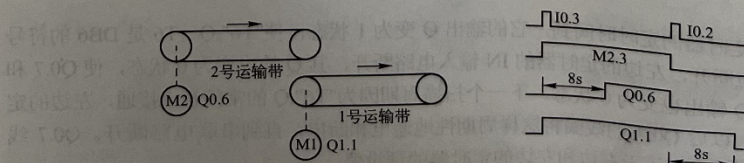


图 3-24 运输带示意图与波形图



运输带控制的梯形图程序如图 3-25 所示，程序中设置了一个用起动按钮和停止按钮控制的辅助元件 M2.3，用它来控制接通延时定时器 (TON) 的 IN 输入端，以及关断延时定时器 (TOF) 线圈。

中间标有 TP、TON、TOF 和 TONR 的线圈是定时器线圈指令。将指令列表的“基本指令”窗格的“定时器操作”文件夹中的“TOF”线圈指令拖放到程序区。它的上面可以是自动生成的类型为 IEC\_TIMER 的背景数据块 (见图中的 DB11)，也可以是数据块中数据类型为 IEC\_TIMER 的变量，它的下面是时间预设值 T#8s。TOF 线圈断电时定时器被启动定时，它的功能与对应的 TOF 方框定时器指令相同。

TON 的 Q 输出端控制的 Q0.6 在 I0.3 的上升沿之后 8s 变为 1 状态，在停止按钮 I0.2 的上升沿时变为 0 状态。综上所述，可以用 TON 的 Q 输出端直接控制 2 号运输带 Q0.6。

T11 是 DB11 的符号地址。按下起动按钮 I0.3，关断延时定时器线圈 (TOF) 通电。它的 Bool 输出“T11”.Q 在它的线圈通电时变为 1 状态，在它的线圈断电后延时 8s 变为 0 状态，因此可以用“T11”.Q 的常开触点控制 1 号运输带 Q1.1。

视频“定时器应用例程”可通过扫描二维码 3-4 播放。

二维码 3-4

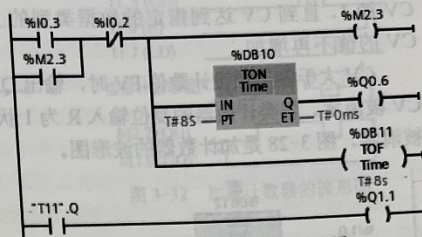


图 3-25 运输带控制的梯形图

### 3.2.2 计数器指令

#### 1. 计数器的数据类型

S7-1200 有 3 种 IEC 计数器：加计数器 (CTU)、减计数器 (CTD) 和加减计数器 (CTUD)。它们属于软件计数器，其最大计数频率受到 OB1 的扫描周期的限制。如果需要频率更高的计数器，可以使用 CPU 内置的高速计数器。

IEC 计数器指令是函数块，调用它们时，需要生成保存计数器数据的背景数据块。CU (见图 3-26) 和 CD 分别是加计数输入和减计数输入，在 CU 或 CD 由 0 状态变为 1 状态时 (信号的上升沿)，当前计数器值 CV 被加 1 或减 1。PV 为预设计数值，Q 为布尔输出，R 为复位输入。CU、CD、R 和 Q 均为 Bool 变量。

将指令列表的“计数器操作”文件夹中的 CTU 指令拖放到工作区，单击方框中 CTU 下面的 3 个问号 (见图 3-26 的左图)，再单击问号右边出现的按钮，用下拉式列表设置 PV 和 CV 的数据类型为 Int。

PV 和 CV 可以使用的数据类型见图 3-26 的右图。各变量均可以使用 I (仅用于输入变量)、Q、M、D 和 L 存储区，PV 还可以使用常数。

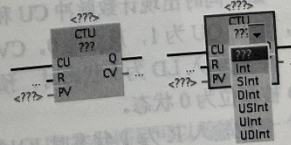


图 3-26 设置计数器的数据类型

#### 2. 加计数器

当接在 R 输入端的复位输入 I1.1 为 FALSE (即 0 状态，见图 3-27)，接在 CU 输入