项目三

基本功能指令及应用

教学目标

终极目标：

能熟练使用定时、记数和移位指令来完成一些典型控制系统的改造和设计。

促成目标：

1. 能独立进行电动机 Y/△降压启动的 PLC 控制系统的设计与接线；进行系统调试运行。
2. 能独立进行砂处理生产线系统的 PLC 控制系统的设计与接线；进行系统调试运行。
3. 能独立进行桥式起重机检测的 PLC 控制系统的设计与接线；进行系统调试运行。

模块 1　电动机 Y/△降压启动控制

一、教学目标

终极目标：

能正确使用定时器指令编程，实现用 PLC 构成电动机 Y/△降压启动控制系统。

促成目标：

1. 掌握定时器指令的功能和应用；
2. 能正确使用定时器指令编程；
3. 能按 PLC 应用的设计步骤设计电动机 Y/△降压启动控制系统。

二、工作任务

电动机 Y/△降压启动控制系统设计。

三、实践操作

控制线路如图 3-1 所示。该线路结构简单，缺点是启动转矩也相应下降为三角形联结的 1/3，转矩特性差，因而本线路适用于电网电压为 380V，额定电压为 660V/380V，Y/△联结的电动机轻载启动场合。

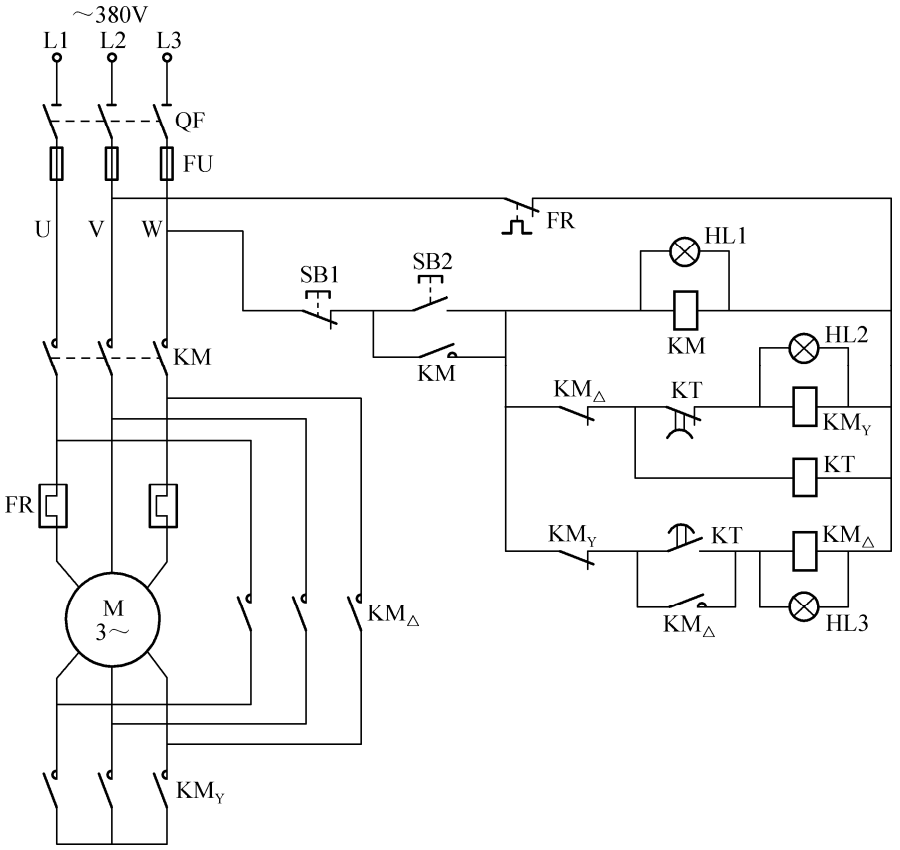
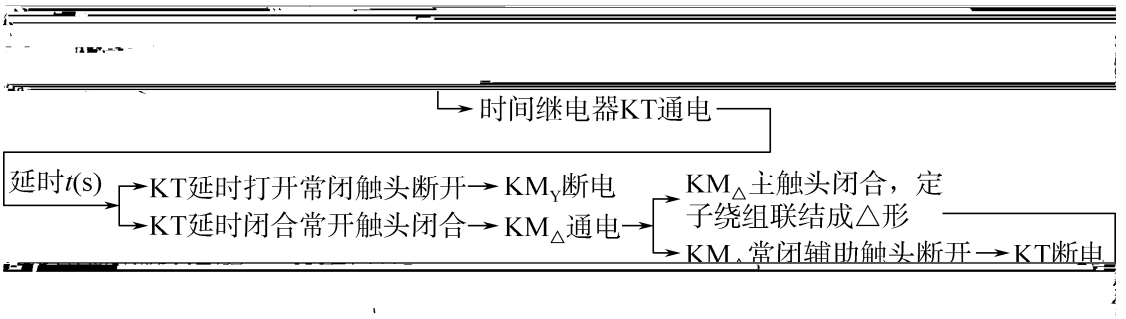


图 3-1　Y/△降压启动工作线路图

Y/△启动过程：



控制要求：按下启动按钮 SB2，KM_Y 接通，电动机做星形运转。2s 后 $KM_\triangle$ 断开，$KM_\triangle$ 接通，即完成 Y/△启动。按下停止按钮 SB1，电动机停止运行。

1．分析系统功能进行 I/O 分配，画 PLC 接线图

（1）I/O 分配：

输　　入		输　　出	
SB2	X0	KM_Y	Y0
SB1	X1	$KM_\triangle$	Y1
		KM	Y2

（2）PLC 接线图，如图 2-6 所示。

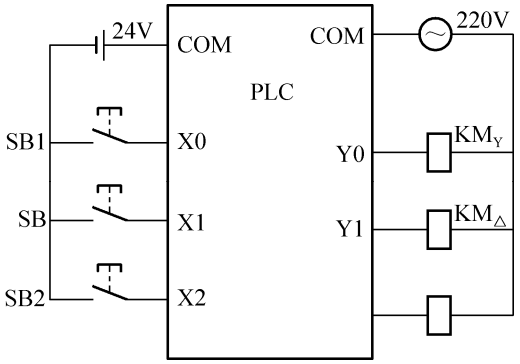


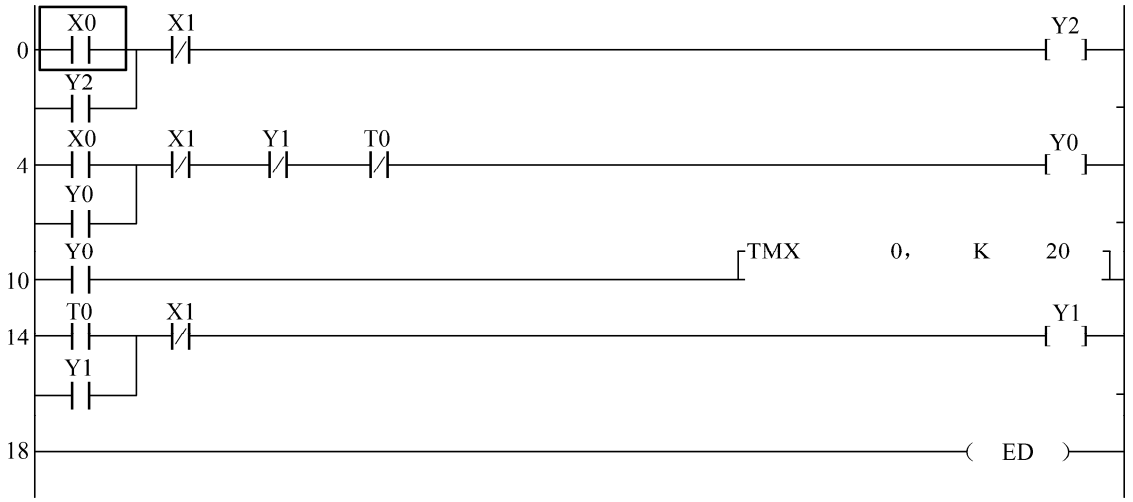
图 3-2　PLC 接线图

2．主回路接线

按继电器控制线路图的主回路接线。

3．按 PLC 接线图进行控制回路接线

4．根据 Y/△降压启动控制功能设计 PLC 控制梯形图



5．使用编程软件编程、程序转换、下载到 PLC、运行调试

6．将梯形图转换为指令表

0	ST	X	0
1	OR	Y	2
2	AN/	X	1
3	OT	Y	2
4	ST	X	0
5	OR	Y	0
6	AN/	X	1
7	AN/	Y	1
8	AN/	T	0
9	OT	Y	0
10	ST	Y	0
11	TMX		0
	K		20
14	ST	T	0
15	OR	Y	1
16	AN/	X	1
17	OT	Y	1
18	ED		

四、问题探究

定时器指令的主要功能是什么？使用时要注意哪些事项？

1）定时器指令

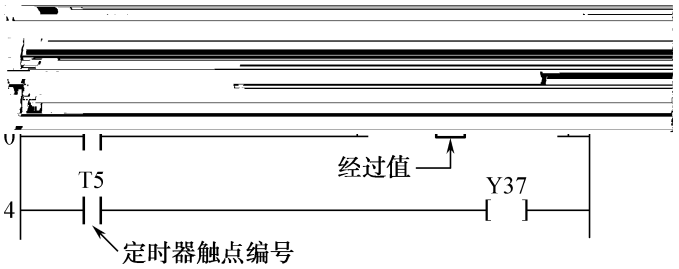
TML：设置以 0.001s 为定时单位的延时定时器。

TMR：设置以 0.01s 为定时单位的延时定时器。

TMX：设置以 0.1s 为定时单位的延时定时器。

TMY：设置以 1s 为定时单位的延时定时器。

（1）程序示例

梯形图程序	布尔形式			
	地址	指令		
	0	ST	X	0
	1	TM	X	5
		K		30
	4	ST	T	5
	5	OT	Y	37

（2）操作数

指令	继电器			定时器/计数器		数据寄存器	常数		索引变址
	WX	WY	WR	SV	EV	DT	K	H	
设定值	N/A	N/A	N/A	A	N/A	N/A	A	N/A	N/A

（3）描述

计数器的点数可以用系统寄存器 5 改变。FP0 的总数可达 144。增加定时器的点数会相应减少计数器的点数。

定时器为非保持型，因此若切断电源或 PLC 模式方式由运行（RUN）变为编程（PROG）时，定时器会复位清零。若需要保持运行状态，则应设定系统寄存器 6。

当触发器闭合时，设定时间[n]递减，当经过值达到零时，定时器触点 Tn（n 为定时器触点编号）闭合。若在运行过程中触发器断开，则运行停止且经过值复位（清零）。在定时器线圈之后可以直接连接 OT 指令。

对于 FP0 设定值区号（SV）可直接指定为设定值。定时器设定时间的计算公式为[时间单位]×[设定值]。定时器设置值[n]必须为 K1 至 K32767 的十进制常数。

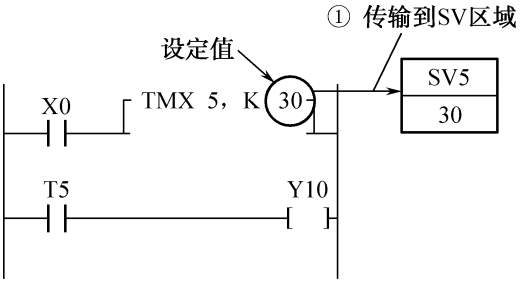
（4）示例

当 TMX 设置为 K43 时，设定时间为 0.1×43=4.3s。当 TMR 设置为 K500 时，设定时间为 0.01×500=5s。

2）定时器动作

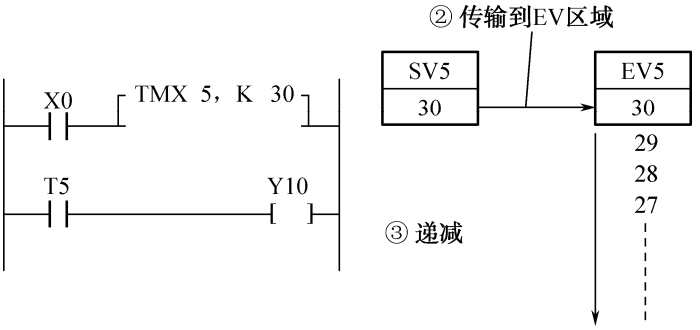
下面是用 K 常数来设置设定值的示例。

（1）当 PLC 模式切换到运行（RUN）或在运行模式下接通电源时，定时设定值被传输至相同编号的设定值区（SV）。

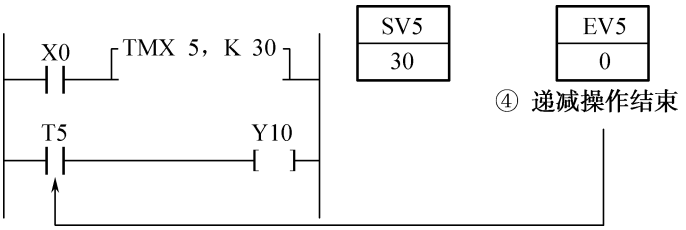


（2）当计时触发器由 OFF 变为 ON 时，设置值被由设定值区（SV）传输至相同编号的经过值区（EV）。（若在触发器闭合的情况下 PLC 模式变为运行，则会进行同样的动作。）

（3）若触发器保持闭合状态，则经过值区（EV）的值递减。

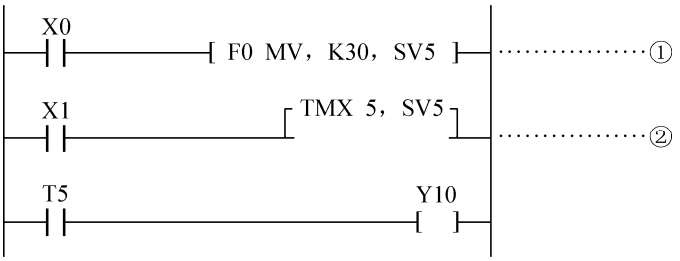


（4）当经过值区（EV）的值达到零时，同号的定时器触点（T）变为 ON。



3）定时器指令应用示例

直接指定设定值区编号作为定时器设定值，设定值区编号（SV）可直接指定为设定值n。

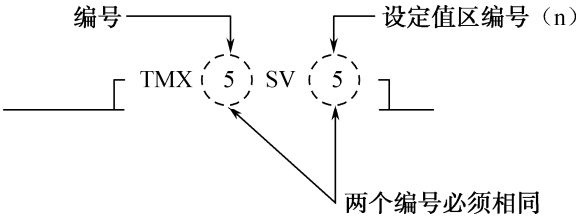


上述程序具体操作如下：

（1）当触发器 X0 为 ON 时，执行高级指令 F0（MV），将 K30 设置到 SV5。

（2）触发器 X1 变为 ON 后，由设定的数值 30 开始进行递减操作。指定 n（设定值 SV 的编号）为与定时器相同的编号。

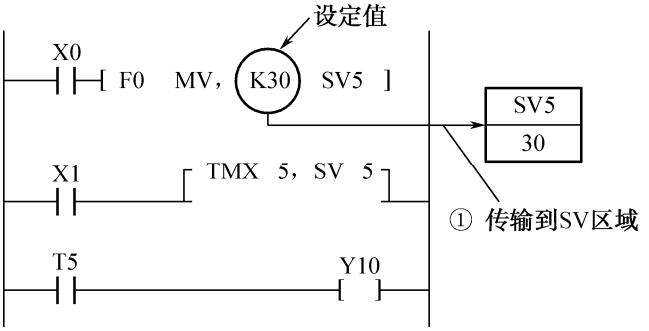
梯形图程序：



即使设定值（SV）中的数值在进行递减操作的过程中被修改，递减操作也仍然按照原有的数值继续进行。只有递减操作结束或被中断后，触发器随后由 OFF 变为 ON 时，定时器的动作才能从新设定的数值开始。设定值区（SV）通常是非保持型数据，当切断 PLC 电源或由运行（RUN）模式切换到编程（PROG）时，这些数据将被复位（清零）。如果 SV 的数值在 RUN 模式下被修改，该数值作为设定值使用，并且需要在下次接通电源或由 RUN 运行模式切换到 PROG 编程模式时不被复位，则应该利用系统寄存器 6 将其指定为保持型数据。

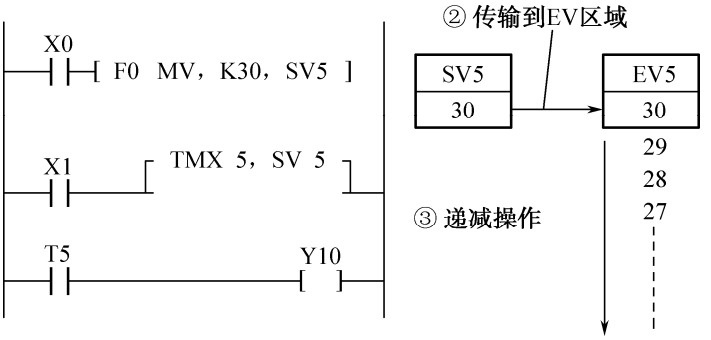
4）直接指定设定值区编号时的定时器动作

（1）当高级指令的触发器为 ON 时，数值被设置到设定值区（SV）中。以下程序以高级指令 F0（MV）为例进行说明。

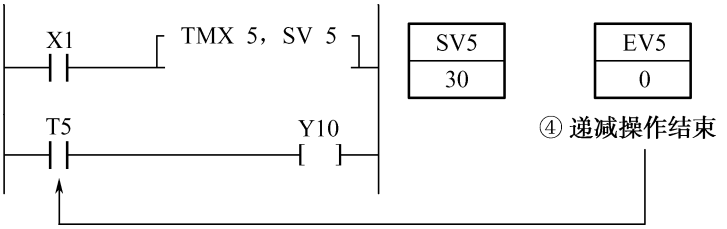


（2）当定时器的触发器由 OFF 变为 ON 时，设置值从设定值区（SV）放入具有相同编号的经过值区（EV）。（当触发器为闭合时，如果 PLC 切换到运行模式，也会产生同样的动作。）

（3）如果触发器保持闭合，则经过值中的数值在每个扫描周期都递减。



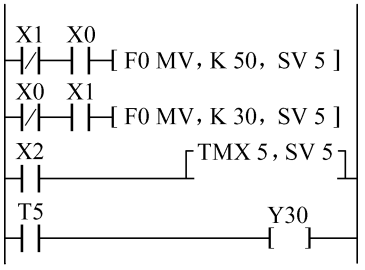
（4）当经过值（EV）到达 0 时，具有相同编号的定时器的触点（T）变为 ON。



5）直接指定设定值区编号的示例

根据指定条件改变设定值：X0 为 ON 时设定值为 K50，X1 为 ON 时设定值为 K30。

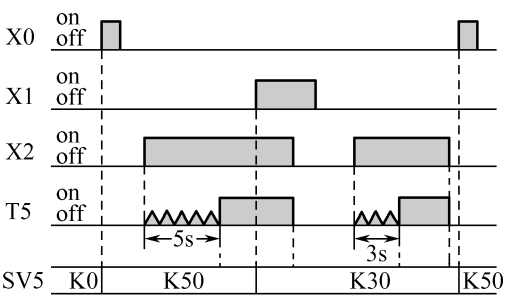
梯形图程序



布尔形式

ST/	X	1
AN	X	0
F0		(MV)
	K	50
	SV	5
ST/	X	0
AN	X	1
F0		(MV)
	K	30
	SV	5
ST	X	2
TMX		5
	SV	5
ST	T	5
OT	Y	30

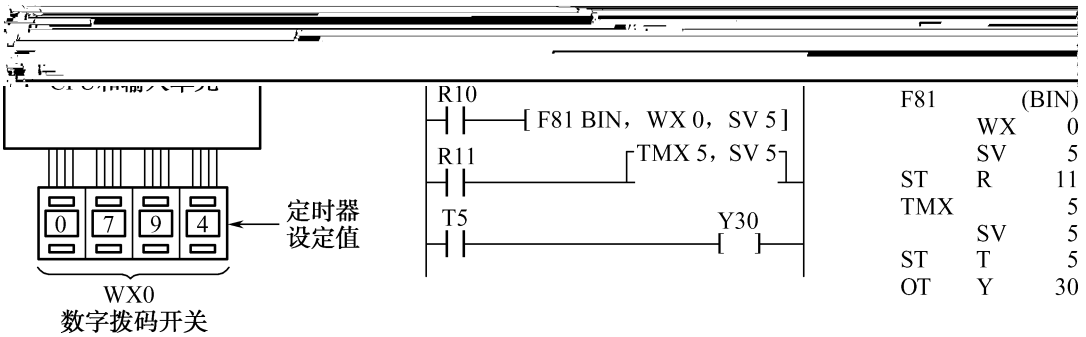
时序图



6）由外部数字拨码开关设置设定值的示例

与 X0 到 XF 输入点相连的数字拨码开关的 BCD 码形式的数据转换并成为设定值。

连接示例：



五、知识拓展

电动机 Y/△降压启动原理：三相异步电动机直接启动控制线路简单、经济、操作方便，但对于容量较大的电动机来说，由于启动电流大，会引起较大的电网压降，所以必须采用降压启动的方法，以限制启动电流。

降压启动虽然可以减少启动电流，但是也降低了启动转矩，因此仅适用于空载或轻载启动。降压启动有多种方法，下面讨论 Y/△降压启动控制线路。

控制线路是按照时间原则来实现控制的。启动时将电动定子绕组联结成星形，加在电动机每相绕组上的电压为额定电压的 1/3，从而减小了启动电流。待启动后按预先整定的时间把电动机换成三角形联结，使电动机在额定电压下运行。

六、操作练习

控制要求：按下启动按钮 SB1，KM_Y 接通，电动机做星形运转。5s 后 KM_Y 断开，$KM_\triangle$ 接通，即完成 Y/△启动。按下停止按钮 SB2，电动机停止运行。

七、教学评价

根据相对应的教学大纲要求，实施操作练习考核。考核项目要按照教学大纲要求的评分标准进行。

模块 2　砂处理生产线系统

一、教学目标

终极目标：

能正确使用定时器指令和移位指令编程，实现用 PLC 构成砂处理生产线系统。

促成目标：

1. 掌握移位指令、定时器指令串联使用的功能和应用；
2. 能正确使用移位指令和定时器指令编程；
3. 能按 PLC 应用的设计步骤设计砂处理生产线系统。

二、工作任务

设计砂处理生产线系统。

三、实践操作

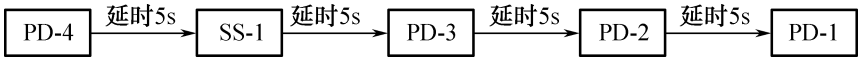
砂处理生产线由混砂机、带式输送机及其配套设备、生产及除尘等用电设备组成，主要完成型砂、新砂、粘土及煤粉的输送任务。砂处理生产线的主要用电设备是连续工作制，采用传统的继电器控制系统，需要采用大量中间继电器和时间继电器，可靠性差，难以保证系统长时间连续工作。虽然用继电器构成一个控制系统的直接投资比 PLC 少，但从系统的寿命及其维修费用来考虑，用 PLC 取代继电器控制系统是合适的。

本模块论述采用 PLC 实现砂处理生产线的控制问题。对于 PLC 控制系统的构成问题，从 I/O 点数上考虑，在砂处理系统中，一台中型 PLC 就够了，使用小型 PLC 则需要几台。但是，考虑到砂处理系统可分为几个相对独立的子系统（如旧砂输送、新砂输送、混砂、型砂输送等），各系统之间只有很少几个信号联锁，采用多台小型 PLC 可以将事故分散，更利于提高设备的运行率及系统调试，因此本系统采用多台 FP0 型 PLC 的控制方案。这里只对型砂控制系统进行设计。型砂输送系统中，输送带的工艺流程如下图所示。

1．分析系统功能，进行 I/O 分配，画 PLC 接线图

砂输送系统的基本控制要求是：

（1）启动时应逆工艺顺序延时启动，其启动顺序如下图。

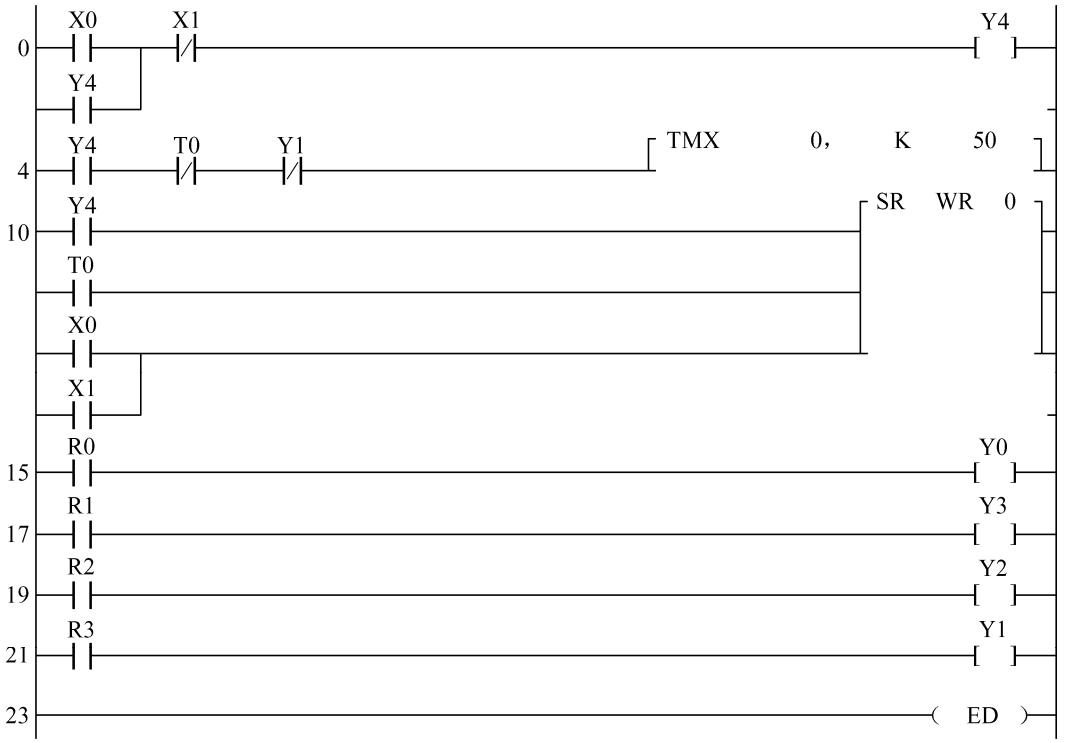


（2）停止时，全部设备同时停机。根据基本控制要求进行 I/O 分配：

输　入		输　出	
启动	X0	PD-1	Y1
停止	X1	PD-2	Y2
		PD-3	Y3
		PD-4	Y4
		SS-1	Y0

2．按 PLC 接线图进行控制回路接线

3．梯形图设计



4．使用编程软件编程、程序转换、下载到 PLC、运行调试

5．将梯形图转换为指令表

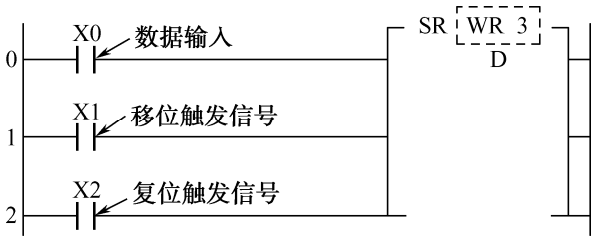
0	ST	X	0
1	OR	Y	4
2	AN/	X	1
3	OT	Y	4
4	ST	Y	4
5	AN/	T	0
6	AN/	Y	1
7	TMX		0
	K		50
10	ST	Y	4
11	ST	T	0
12	ST	X	0
13	OR	X	1
14	SR	WR	0
15	ST	R	0
16	OT	Y	0
17	ST	R	1
18	OT	Y	3
19	ST	R	2
20	OT	Y	2
21	ST	R	3
22	OT	Y	1
23	ED		

四、问题探究

1．如何使用移位指令

SR：16 位[字数据内部继电器（WR）]数据左移一位。

1）程序示例

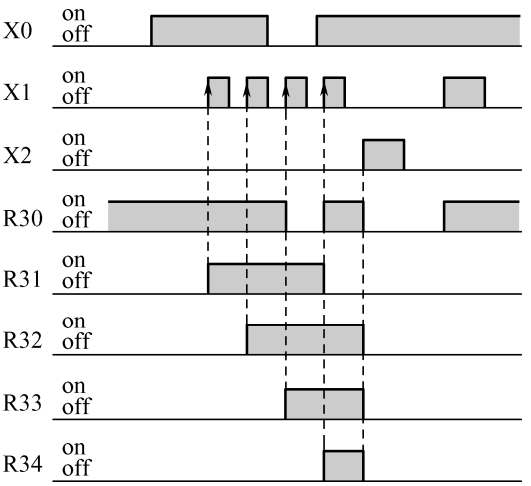
梯形图程序	布尔形式			
	地　址	指　令		
	0	ST	X	0
	1	ST	X	1
	2	ST	X	2
	3	SR	WR	3

2）示例说明

（1）若在 X2 为 OFF 状态时 X1 闭合，则内部继电器的寄存器 WR3（对应内部继电器 R30 至 R3F）的内容左移一位。

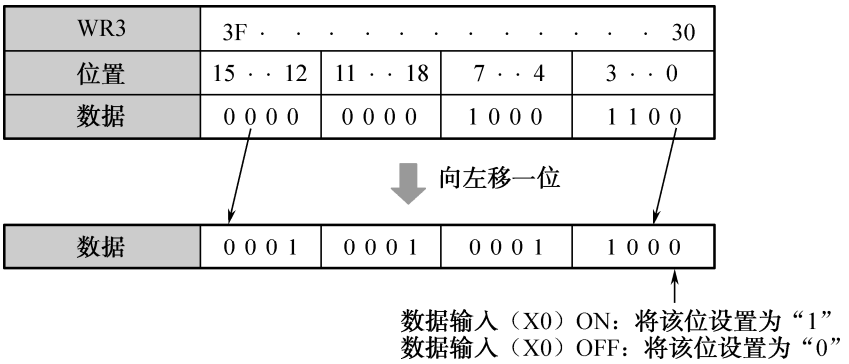
（2）若 X0 为 ON，则将“1”移入 R30；若 X0 为 OFF，则将“0”移入 R30。

（3）若 X2 接通，则 WR3 的内容复位为 0。



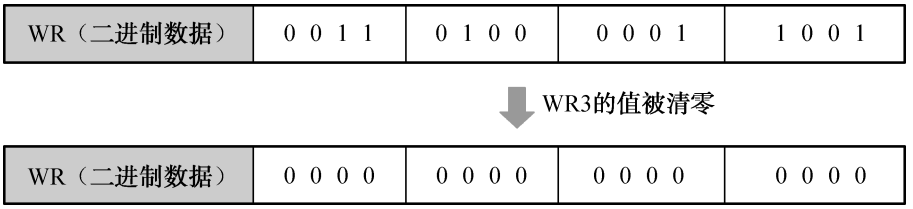
3）描述

将指定的数据区（WR）左移一位。当移位输入信号变为 ON（上升沿）时，寄存器 WR 的内容左移一位。在移位过程中，如果数据输入信号为 ON，则将空位（最低位）置 1；如果数据输入信号为 OFF，则将该位置为 0。



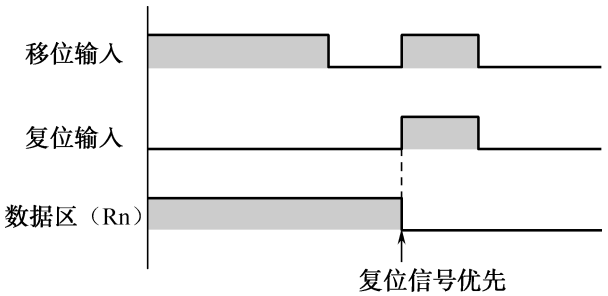
当复位输入信号为 ON 时，WR 的内容被清除。

当复位输入信号为 ON 时：



4）编程时的注意事项

SR 指令需要数据输入、移位输入和复位输入。当同时检测到复位输入和移位输入时，复位输入信号优先。

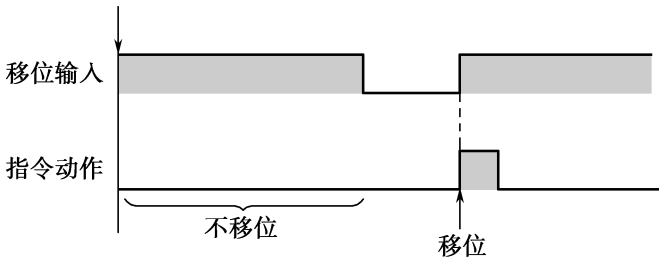


若内部继电器区被指定为保持型，则应注意：当电源接通时，该区的数据并不复位为“0”。

当将移位寄存器指令与“堆栈与 ANS”指令或“弹出堆栈 POPS”指令结合使用时，应注意语法是否正确。

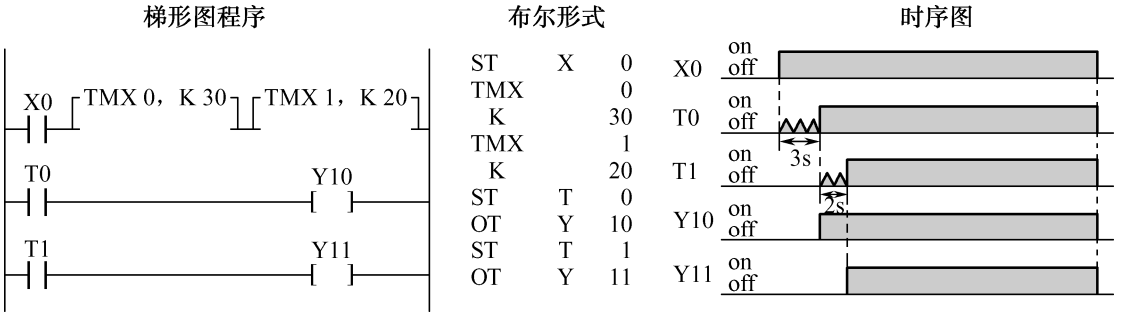
5）有关移位输入检测的注意事项

对于 SR 指令，仅在检测到移位输入信号（OFF→ON）的上升沿时，进行移位操作。若移位输入信号继续保持 ON，则只能在上升沿的时刻进行移位，不会进一步移位。因此，如果 PLC 切换到运行模式或运行模式下接通电源时，移位输入信号初始已经为 ON，则在第一次扫描周期内不会进行移位操作。

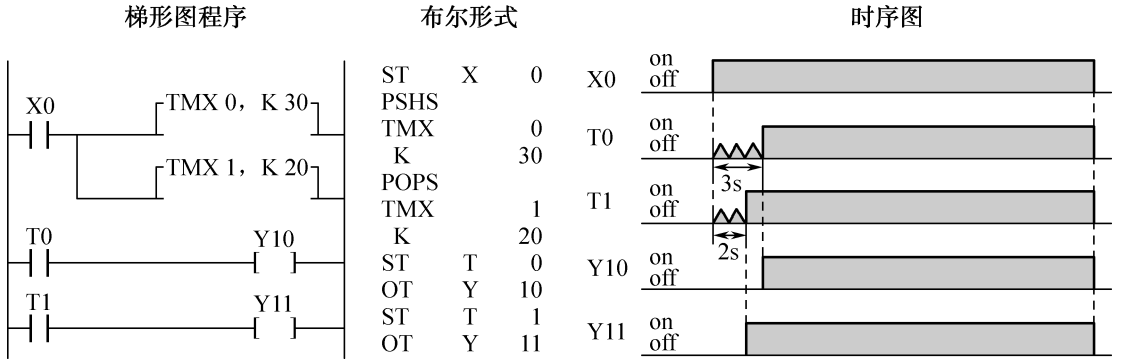


2．定时指令的串、并联使用的功能是什么

（1）定时器的串联



（2）定时器的并联



五、知识拓展

辅助定时器指令、左/右移位寄存器指令

1．F137 STMR

以 0.01s 为单位设置 16 位数据 ON 延迟定时器（0.01 ~ 327.67s）。

1）程序示例

梯形图程序	布尔形式	
	地　　址	指　　令
触发器 R0 10 ─┤├─[F137 STMR， DT10，DT20]─[R5] S　D	10 11 16	ST　R　0 F137　（STMR） DT　10 DT　20 OT　R　5
S	用于定时器设定值的 16 位区或 16 位常数	
D	存放定时器经过值的 16 位数据区	

2）操作数

操作数	继电器			定时器/计数器		数据寄存器	常数		索引变址
	WX	WY	WR	SV	EV	DT	K	H	
S	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A
D	N/A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	N/A

3）示例说明

当执行条件（触发器）满足 N 时， 辅助定时器被启动。 当经过数据寄存器 DT10 的数值×0.01s 时间之后，R5 变为 ON。

4）描述

本功能为 0.01s 单位的延迟定时器。

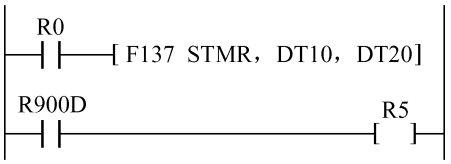
（1）当执行条件（触发器）为 ON 时，对设定时间进行减计数。

（2）当经过值 D 达到 0 时，特殊内部继电器 R900D 变为 ON。（当执行条件（触发器）为 OFF 或减计数过程中，特殊内部继电器 R900D 为 OFF。）

（3）当执行条件（触发器）为 OFF 时， 经过值被清 0，同时 OT 指令输出的继电器为 OFF。

（4）当定时达到设定值时，特殊内部继电器 R900D 也变为 ON。

R900D 也可以作为定时器触点使用。（当执行条件（触发器）为 OFF 或减计数过程中，R900D 为 OFF。）



上例的动作与示例程序的相同。

5）定时器设定值

（1）输入的定时器的设定为 0.01s×（定时器设定值）。

（2）定时器的设定值以 K1～K32767 范围内的 K 常数指定。

（3）STMR 的设定范围为 0.01 ~ 327.67s，单位为 0.01s。

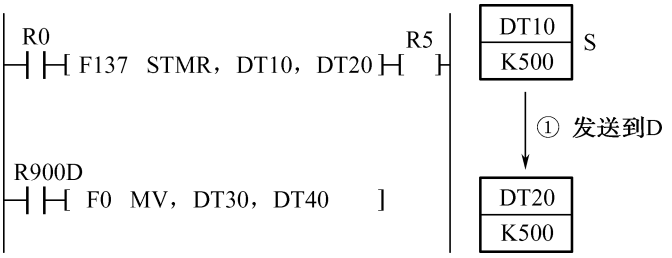
（4）如果设定值等于 K500，则设定值为 0.01 × 500 = 5s。

6）编程时的注意事项

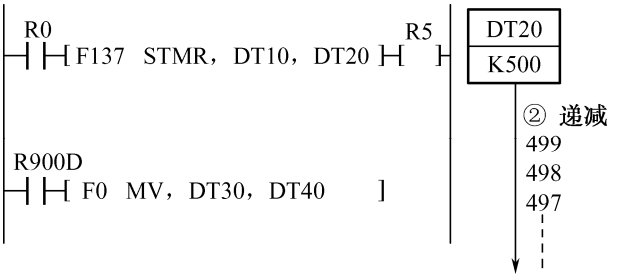
存放设定值的区域和指定经过值的区域，不能与其他定时/计数器指令或高级指令的运算区重叠。因为减计数是在运算时进行的，所以编程时应该使 1 个扫描周期中只运算一次。（因为中断程序、跳转/循环指令等在一个扫描中可以执行多次或一次也不执行，所以不能得到正确的结果。）

7）辅助定时器的动作过程

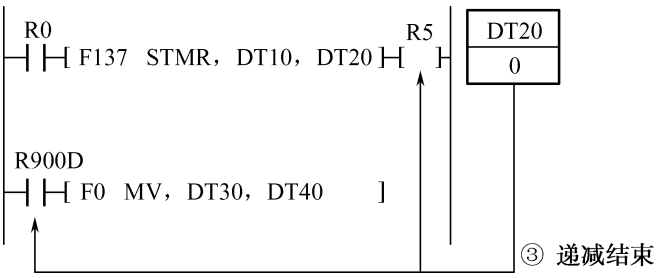
（1）当执行条件（触发器）R0 从 OFF 变为 ON 时，由 S 指定的设定值被传送到经过值区 D。



（2）当执行条件（触发器）保持 ON 时，每个扫描中将经过值 D 的数据递减。

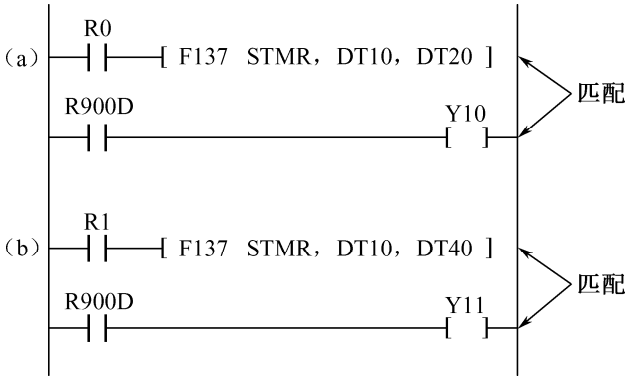


（3）当经过值 D 达到 0 时，OT 指令之后的继电器变为 ON，特殊内部继电器 R900D 也同时变为 ON。



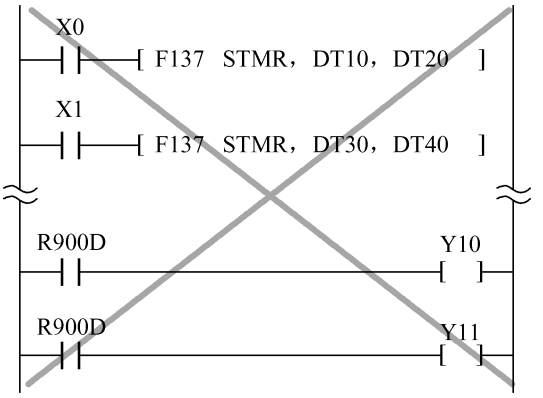
8）使用 R900D 时的注意事项

如果在程序中多次使用辅助定时器，应该始终在定时器指令之后立即使用 R900D。



当由 R0 启动的定时器 a 变为 ON 时，Y10 变为 ON。当由 R1 启动的定时器 a 变为 ON 时，Y11 变为 ON。

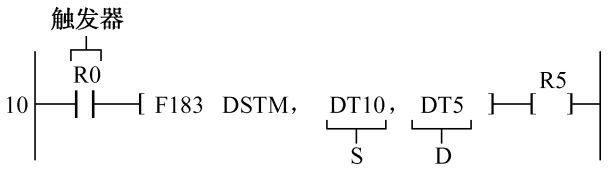
以下的程序不能产生正确的结果：



2．F183 DSTM：32 位辅助定时器

以 0.01s 为单位设置 32 位数据 ON 延迟定时器（0.01 ~ 21474836.47s）。

1）程序示例

梯形图程序	布尔形式		
	地址	指令	
	10	ST	R 0
	11	F183	（DSTM）
		DT	10
		DT	5
	16	OT	R 5

S	用于定时器设定值的 16 位区或 16 位常数
D	存放定时器经过值的 16 位数据区

2）操作数

操作数	继电器			定时器/计数器		数据寄存器	常数		索引变址
	WX	WY	WR	SV	EV	DT	K	H	
S	A	A	A	A	A	A	A	A	N/A
D	N/A	A	A	A	A	A	N/A	N/A	N/A

3）示例说明

当执行条件（触发器）满足 N 时， 辅助定时器被启动。当经过数据寄存器 DT10 和 DT11 的数值×0.01s 的时间之后，R5 变为 ON。

4）描述

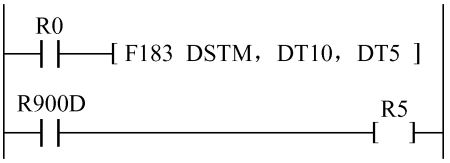
本功能为 0.01s 单位的 32 位加计数型延迟定时器。

（1）当执行条件（触发器）为 ON 时，对经过时间进行加计数。当经过值（D+1，D）（32bit）超出设定值时，在程序中紧随其后的 OT 指令控制的继电器变为 ON。

（2）当执行条件（触发器）为 OFF 时，经过值区被清零， 同时 OT 指令使用的继电器变为 OFF。

（3）当经过值达到设定值时，特殊内部继电器 R900D 也变为 ON。

R900D 可以作为定时器的触点使用。（当执行条件（触发器）为 OFF 以及指令执行时，R900D 为 OFF。）



左图所示的程序与上述的示范程序作用相同。

5）定时器设定值

（1）输入的定时器的设定为 0.01s×（定时器设定值）。

（2）定时器的设定值以 K1～K2147483647 范围内的 K 常数指定。

（3）DSTM 的设定范围为 0.01s～21474836.47s，单位为 0.01s。

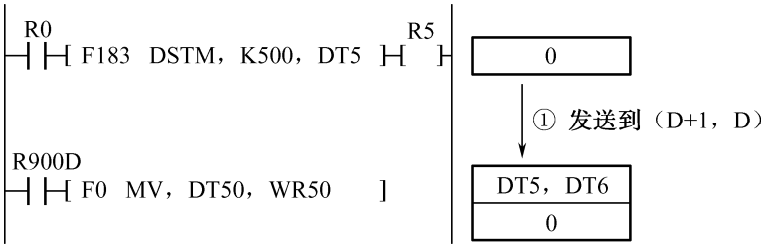
（4）如果设定值等于 K500，则设定值为 0.01×500＝5s。

6）编程时的注意事项

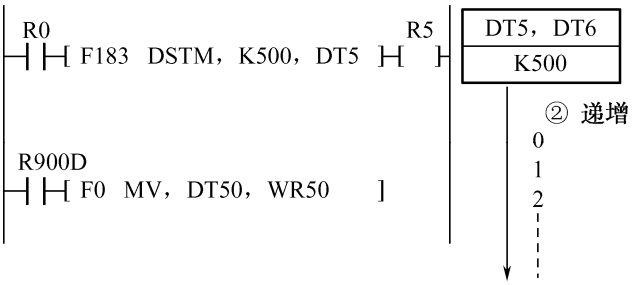
存放设定值的区域和指定经过值的区域，不能与其他定时/计数器指令或高级指令的运算区重叠。因为加计数是在运算时进行的，所以编程时应该使 1 个扫描周期中只运算一次。（因为中断程序、跳转/循环指令等在一个扫描中可以执行多次或一次也不执行，所以不能得到正确的结果。）

7）辅助定时器的动作过程

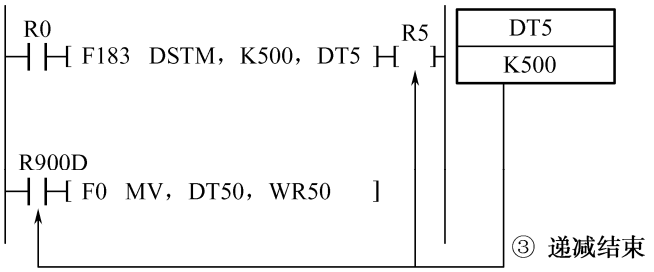
（1）当执行条件（触发器）R0 从 OFF 变为 ON 时，数值 0 被传送到经过值区（D+1，D）。

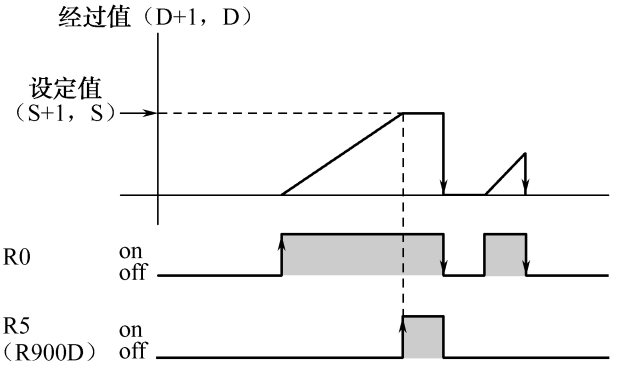


（2）当执行条件（触发器）保持 ON 时，经过值（D+1，D）的数据递增。



（3）当经过值（D+1，D）达到设定值（S+1，S）时， OT 指令之后的继电器变为 ON。特殊内部继电器 R900D 也同时变为 ON。





8）使用 R900D 时的注意事项

如果在程序中多次使用辅助定时器，应该始终在定时器指令之后立即使用 R900D。