

可编程控制器概述

第一节 三菱FX_{2N}系列可编程控制器

一、FX_{2N}系列可编程控制器的基本组成

20世纪90年代，三菱公司在FX系列PLC的基础上又推出了FX_{2N}系列产品，该机型在运算速度，指令数量及通讯能力方面有了较大的进步，是一种小型化、高速度、高性能、各方面都相当于FX系列中最高档次的超小型的PLC。

基本单元（Basic Unit）包括CPU、存储器、输入输出及电源，是PLC的主要部分。

扩展单元（Extension Unit）是用于增加I / O点数的装置，内部设有电源。

扩展模块（Extension Module）用于增加I / O点数及改变I / O比例，内部无电源，由基本单元或扩展单元供电。

因扩展单元及扩展模块无CPU，因此必须与基本单元一起使用。

特殊功能单元（Special Function Unit）是一些专门用途的装置，如位置控制模块、模拟量控制模块、计算机通讯模块等等。

二、FX_{2N}系列可编程控制器的型号名称体系及其种类

(一) FX_{2N}系列的基本单元名称体系及其种类

FX_{2N}系列的基本单元型号名称体系形式如图6-2所示。

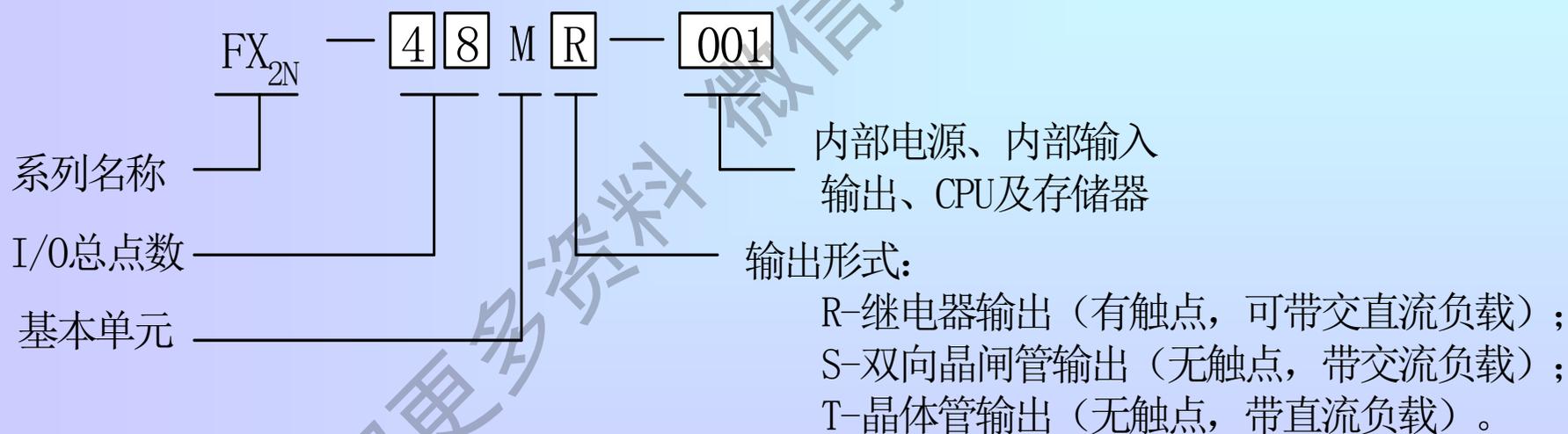


图6-2 FX_{2N}系列的基本单元型号名称体系形式

FX_{2N}系列的基本单元的种类共有16种如表6-1所示：

FX _{2N} 系列基本单元			输入 点数	输出 点数	输入/输出 总点数
AD电源 DC输入					
继电器输出	晶闸管输出	晶体管输出			
FX _{2N} -16MR-001		FX _{2N} -16MT-001	8	8	16
FX _{2N} -32MR-001	FX _{2N} -32MS-001	FX _{2N} -32MT-001	16	16	32
FX _{2N} -48MR-001	FX _{2N} -48MS-001	FX _{2N} -48MT-001	24	24	48
FX _{2N} -64MR-001	FX _{2N} -64MS-001	FX _{2N} -64MT-001	32	32	64
FX _{2N} -80MR-001	FX _{2N} -80MS-001	FX _{2N} -80MT-001	40	40	80
FX _{2N} -128MR-001		FX _{2N} -128MT-001	64	64	128

每个基本单元最多可以连接1个功能扩展板，8个特殊单元和特殊模块，连接方式如图6-3*。

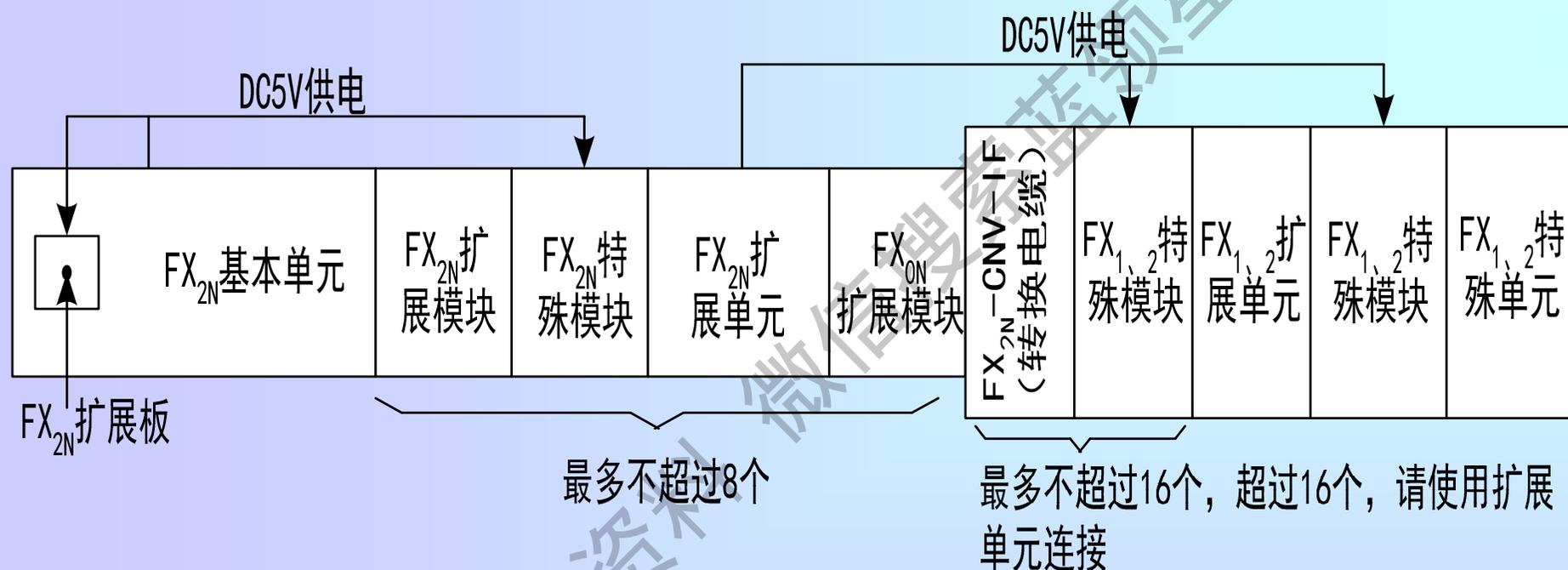


图6-3 FX_{2N}基本单元连接扩展模块、特殊模块、特殊功能单元个数及供电范围

FX_{2N}系列的基本单元可扩展连接的最大输入输出点为

输入点数：184点以内 } 合计点数：256点以内
 输出点数：184点以内 }

(二) $\text{FX}_{2\text{N}}$ 系列的扩展单元名称体系及其种类
 $\text{FX}_{2\text{N}}$ 系列的扩展单元型号名称体系形式如图6-4所示。

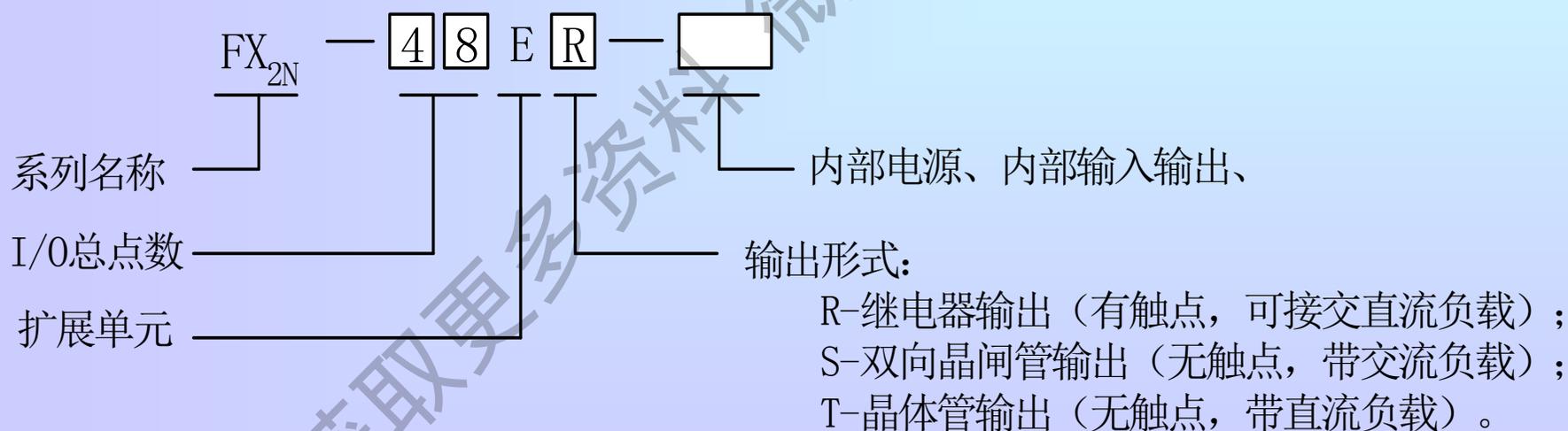


图6-4 $\text{FX}_{2\text{N}}$ 系列扩展单元型号名称体系形式

FX_{2N}系列的扩展单元种类共有4种，如表6-2所示

表6-2 FX_{2N}系列扩展单元型号种类

FX _{2N} 系列扩展单元			输入 点数	输出 点数	输入/输出 总点数
AD电源 DC输入					
继电器输出	晶闸管输出	晶体管输出			
FX _{2N} -32ER	-	FX _{2N} -32ET	16	16	32
FX _{2N} -48ER	-	FX _{2N} -48ET	24	24	48

(三) $\text{FX}_{2\text{N}}$ 系列的扩展模块名称体系及其种类
 $\text{FX}_{2\text{N}}$ 系列扩展模块型号名称体系形式如图
 6-5 所示。

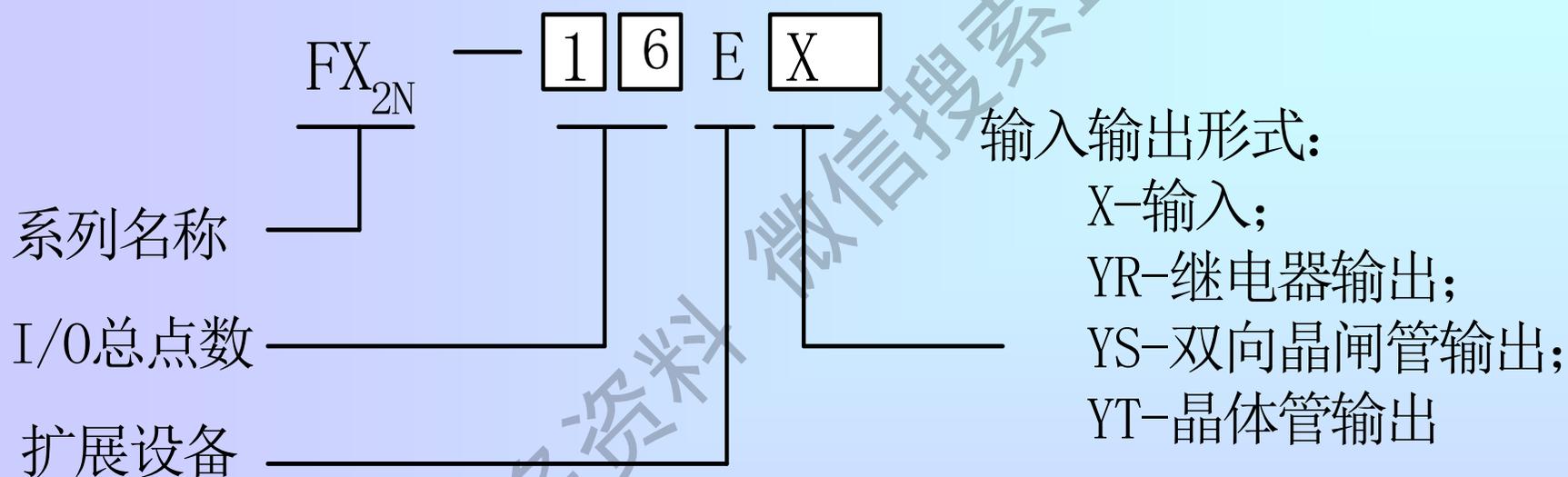
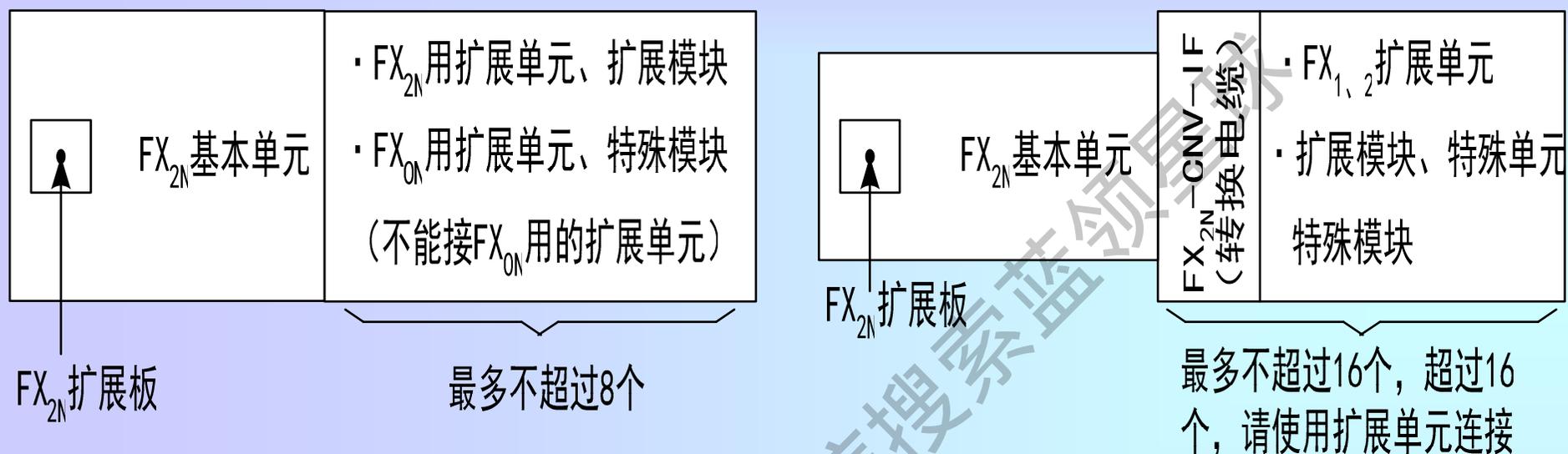


图6-5 $\text{FX}_{2\text{N}}$ 系列扩展模块型号名称体系形式

FX_{2N}系列基本单元不仅可以直接连接FX_{2N}系列的扩展单元和扩展模块，而且还可以直接连接FX_{0N}系列的多种扩展模块（但不能直接连接FX_{0N}用的扩展单元），它们必须接在FX_{2N}系列扩展单元和扩展模块之后，如图6-6（a），也可以通过FX_{2N}-CNV-IF转换电缆连接如图6-3所示的FX1、FX2用的扩展单元和其它扩展特殊、特殊单元、特殊模块连接，可多达16个外设。

基本单元也可以像图（b）所示的连接，但这种连接之后，就不能再直接连接FX_{2N}和FX_{0N}设备了。



(a) FX_{2N}基本单元可直接连接的8个设备

(b) FX_{2N}基本单元通过转换电缆可接连的16个设备

图6-6 FX_{2N}基本单元连接外部设备的两种方法

FX_{2N}系列4种扩展模块和FX_{0N}系列扩展模块的种类如表6-3所示。

表6-3 FX_{0N}、FX_{2N}系列扩展模块种类

继电器		晶闸管	晶体管	输入 点数	输出 点数	输入 输出 总点数	输入 电压
输出	输入	输出	输出				
FX _{0N} -8ER		-	-	4 (8)	4 (8)	8 (16)	DC24V
-	FX _{0N} -8EX	-	-	8	0	8	DC24V
FX _{0N} -8EYR	-	-	FX _{0N} -8EYT	0	8	8	DC24V
-	FX _{0N} -6EX	-	-	16	0	16	DC24V
FX _{0N} -6EYR	-	-	FX _{0N} -16EYT	0	16	16	DC24V
-	FX _{2N} -6EX	-	-	16	0	16	DC24V
FX _{2N} -6EYR	-	FX _{2N} -6EYS	FX _{2N} -16EYT	0	16	16	DC24V

注：表中括号内数字表示扩展模块占有的点数，括号外数字是有效点数。

（四）FX_{2N}系列使用的特殊功能模块

FX_{2N}系列备有各种特殊功能的模块，如表6-4。这些特殊功能模块均要用直流5V电源驱动。

三、FX_{2N}系列可编程控制器的技术指标

FX_{2N}系列可编程控制器的技术指标包括一般技术指标、电源技术指标、输入技术指标、输出技术指标和性能技术指标，分别如表6-5、表6-6、表6-7、表6-8和表6-9所示。

表6-4 FX_{2N}系列使用的特殊功能模块

分类	型号	名称	占有点数	耗电量/DC5V
模拟量控制模块	FX _{2N} -4AD	4CH模拟量输入（4路）	8	30mA
	FX _{2N} -4DA	4CH模拟量输出（4路）	8	30mA
	FX _{2N} -4AD-PT	4CH温度传感器输入	8	30mA
	FX _{2N} -4AD-TC	4CH热电偶温度传感器输	8	30mA
位置控制模块	FX _{2N} -1HC	50KHz2相高速计数器	8	90mA
	FX _{2N} -1PG	100Kpps高速脉冲输出	8	55mA
计算机通讯模块	FX _{2N} -232-IF	RS232通信接口	8	40mA
	FX _{2N} -232-BD	RS232通信接板	-	20mA
	FX _{2N} -422-BD	RS422通信接板	-	60mA
	FX _{2N} -485-BD	RS485通信接板	-	60mA
特殊功能板	FX _{2N} -CNV-BD	与FX _{0N} 用适配器接板	-	-
	FX _{2N} -8AV-BD	容量适配器接板	-	20mA
	FX _{2N} -CNV-IF	与FX _{0N} 用接口板	8	15mA

表6-5 FX_{2N}一般技术指标

环境温度	使用时：0~55°C、储存时：-20°C~+70°C	
环境湿度	35~89%RH（不结露）使用时	
抗 振	JIS C0911标准10~55Hz 0.5mm（最大2G）3轴方向各2小时（但用DIN导轨安装时0.5G）	
抗 冲 击	JIS C0912标准 10G 3轴方向各3次	
抗噪声 干 扰	用噪声仿真器产生电压为1000V _{p-p} ，噪声脉冲宽度为1 μs，周期为30~100Hz的噪声，在此噪声干扰下PLC工作正常。	
耐压	AC1500V 1分钟	所有端子与接地端之间
绝缘电阻	5MΩ以上（DC500V兆欧表）	
接地	第三种接地，不能接地时，亦可浮空	
使用环境	无腐蚀性气体，无尘埃	

表6-6 FX_{2N}电源技术指标

项 目		FX _{2N} — 16M	FX _{2N} —32M FX _{2N} —32E	FX _{2N} —48M FX _{2N} —48E	FX _{2N} —64M	FX _{2N} — 80M	FX _{2N} — 28M
电源电压		AC100~240V 50 / 60Hz					
允许瞬间 断电时间		对于10ms以下的瞬间断电，控制动作不受影响					
电源保险丝		250V 3.15A, Φ5×20mm			250V 5A, Φ5×20mm		
电力消耗/ (V·A)		35	40(32E 35)	50(48E 45)	60	70	100
传 感 器 电 源	无扩展 部 件	DC24V 250mA以下		DC24V 460mA以下			
	有扩展 部 件	DC5V 基本单元 290mA; 扩展单元 690mA					

表6-7 FX_{2N}输入技术指标

输入电压	输入电流		输入ON电流		输入OFF电流		输入阻抗		输入隔离	输入响应时间
	X000 ~7	X010 以内	X000 ~7	X010 以内	X00 0~7	X010 以内	X000 ~7	X010 以内		
DC24 V	7mA	5mA	4.5 mA	3.5mA	≤1.5 mA	≤1.5 mA	3.3 KΩ	4.3KΩ	光电 绝缘	0~60 ms 可变

获取更多资料

表6-8 FX_{2N}输出技术指标

项目		继电器输出	晶闸管输出	晶体管输出
外部电源		AC 250V , DC30V以下	AC 85~240V	DC 5~30V
最大负载	电阻负载	2A / 1点;8A/4点 共享;8A/8点共享	0.3A/1点 0.8A/4点	0.5A/1点 0.8A/4点
	感性负载	80VA	15VA / AC 100V 30VA / AC 200V	12W/DC24V
	灯负载	100W	30W	1.5W/DC24V
开路漏电流		—	1mA/AC 100V 2mA/AC 200V	0.1mA以下/DC30V
响应时间	OFF到ON	约10ms	1ms以下	0.2ms以下
	ON到OFF	约10ms	最大10ms	0.2ms以下*
电路隔离		机械隔离	光电晶闸管隔离	光电耦合器隔离
动作显示		继电器通电时 LED灯亮	光电晶闸管驱动时 LED灯亮	光电耦合器隔离驱 动时LED灯亮

第二节 FX_{2N}系列可编程控制器软组件及功能

可编程控制器的软组件从物理实质上来说就是电子电路及存储器。具有不同使用目的的软组件其电路也有所不同。考虑到工程技术人员的习惯，常用继电器电路中类似器件名称命名。为了明确它们的物理属性，称它们为“软继电器”。从编程的角度出发，我们可以不管这些器件的物理实现，只注重它们的功能，在编程中可以像在继电器电路中一样使用它们。

在可编程控制器中这种“软组件”的数量往往是巨大的。为了区分它们的功能，不重复地选用，通常给软组件编上号码。这些号码就是计算机存储单元的地址。

一、FX_{2N}系列PLC软组件的分类、编号和基本特征

FX_{2N}系列PLC软组件有输入继电器[X]、输出继电器[Y]、辅助继电器[M]、状态继电器[S]、定时器[T]、计数器[C]、数据寄存器[D]和指针[P、I、N]八大类。

FX_{2N}系列PLC软组件的编号分为二部分，第一部分用一个字母代表功能，如输入继电器用“X”表示，输出继电器用“Y”表示，第二部分用数字表示该类软组件的序号。输入、输出继电器的序号为八进制，其余软组件序号为十进制。从软组件的最大序号可以了解可编程控制器可能具有的某类器件的最大数量。例如表6-9中输入继电器的编号范围为X000~X267，为八进制编号，则可知道FX_{2N}系列PLC的输入接点数最多可达到184点。这是以CPU所能接入的最大输入信号数量来表示的，并不是一台具体的基本单元或扩展单元所具有的输入接点的数量。

软组件的使用主要体现在程序中，一般可认为软组件和继电器类似，具有线圈和常开常闭触点。触点的状态随线圈的状态而变化，当线圈通电时，常开触点闭合，常闭触点断开，当线圈断电时，常闭接通，常开断开。与继电器不同的是，一是软组件是计算机的存储单元，从本质上来说，某个组件被选中，只是这个组件的存储单元置1，未被选中的存储单元置0，且可以无限次地访问，可编程控制器的软组件可以有无数多个常开、常闭触点。二是作为计算机的存储单元，每个单元是一位，称为位组件，可编程控制器的位组件可以组合使用，表示数据的位组合组件及字符件，例如K2Y000，表示Y000~Y007组合为一个8位的字符件。

二、FX_{2N}系列PLC软组件的地址号及功能

(一) 输入输出继电器[X/Y]

输入与输出继电器的地址号是指基本单元的固有地址号和扩展单元分配的地址号，为八进制编号。其分配方法如表6-10所示。

型号	FX _{2N} -16M	FX _{2N} -32M	FX _{2N} -48M	FX _{2N} -64M	FX _{2N} -80M	FX _{2N} -128M	扩展时
输入继电器	X000~ X007 8点	X000~ X017 16点	X000~ X027 24点	X000~ X037 32点	X000~ X047 40点	X000~ X077 64点	X000~ X267 184点
输出继电器	Y000~ Y007 8点	Y000~ Y017 16点	Y000~ Y027 24点	Y000~ Y037 32点	Y000~ Y047 40点	Y000~ Y077 64点	Y000~ Y267 184点

输入端是PLC接收外部开关信号的端口,与内部输入继电器之间是采用光电绝缘电子继电器连接的,有无数个常开、常闭触点,可以无限次使用,但输入继电器不能用程序来驱动。

输出端是PLC向外部负载发送信号的端口,与内部输出继电器(如继电器、双向晶闸管、晶体管)连接,输出继电器也有无数个常开、常闭触点,可以无限次使用。可编程控制器内部输入输出继电器与外部端子的功能与作用见图6-7所示。

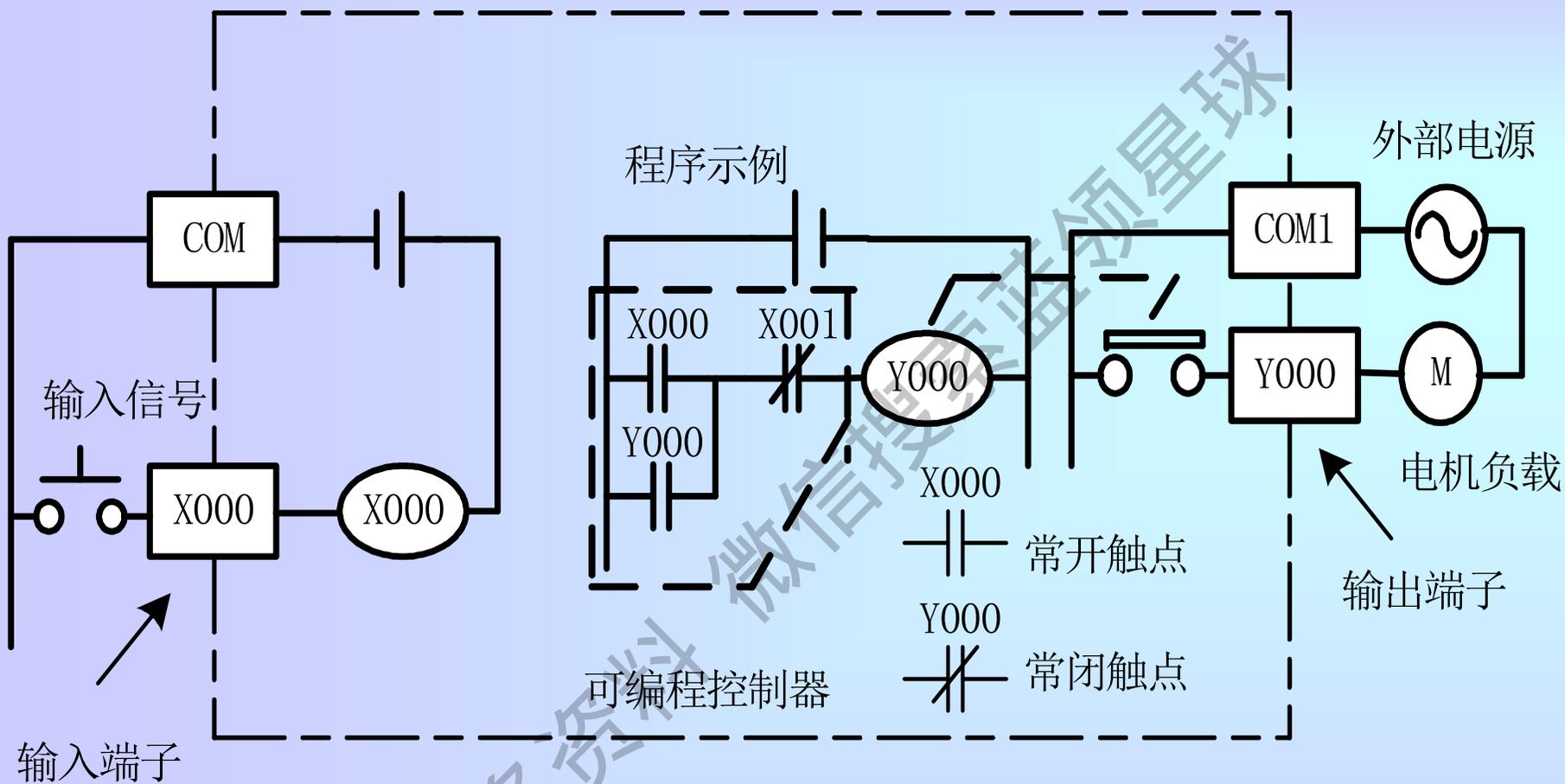


图6-7可编程控制器内部输入输出继电器与外部端子的功能与作用

可编程控制器在执行程序中，采用的是成批输入输出方式（也称刷新方式），其过程如图6-8所示。输入滤波器与输出元器件的驱动时间及运算时间会造成响应滞后，但可以调节输入滤波时间。

（1）输入处理 PLC在执行程序前，将可编程控制器的整个输入端子的ON / OFF状态读入到输入数据存储器中。

在执行程序中，即使输入变化，输入数据存储器的内容也不变，而要在下一个周期的输入处理时，才读入这种变化。

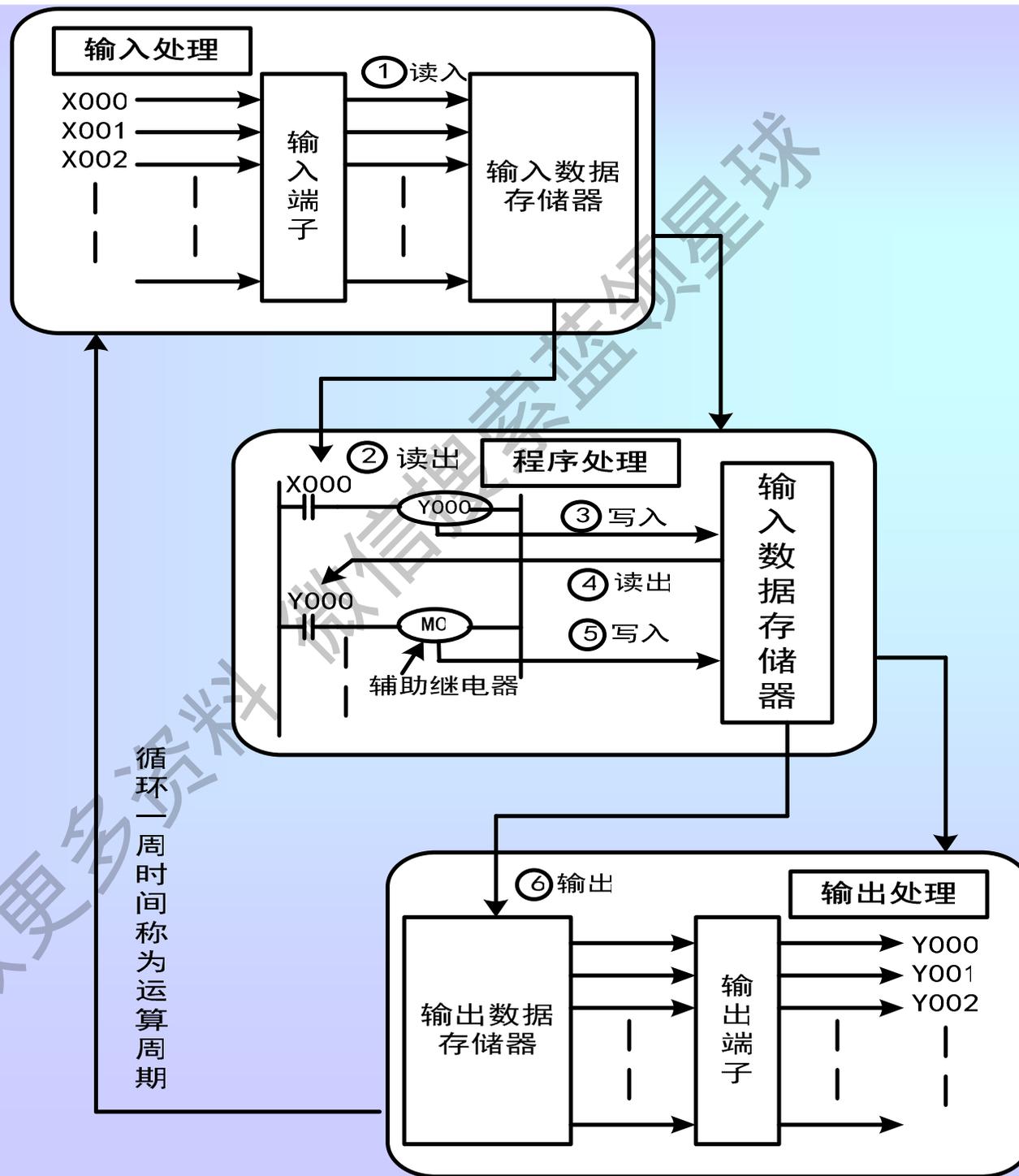


图6-8 可
编程控制
器循环执
行程序的
过程

循环一周时间称为运算周期

(2) 程序处理 PLC根据程序存储器中的指令，从输入数据存储器和其它软组件的数据存储器中读出ON / OFF状态，从0步起进行顺序运算，将结果写入数据存储器。

各软组件的数据存储器会随着程序的执行逐步改变其内容。输出继电器的内部触点根据输出数据存储器的内容执行动作。

(3) 输出处理 所有命令执行结束时，向输出锁存存储器传送输出数据存储器的ON / OFF状态，作为可编程控制器的实际输出。

。

（二）辅助继电器[M]

PLC内有很多辅助继电器,可分为普通用途、停电保持用途及特殊用途辅助继电器三大类,其地址号（按十进制）分配于表6-11所示。

需要说明的是,哪些辅助继电器具有停电保持功能可由用户在全局辅助继电器编号内自由设置,表6-11中有关编号范围的划分,只是PLC出厂时的一种设置。

表6-11 辅助继电器地址分配表

普通用途	停电保持用途		特殊用途
	停电保持用	停电保持专用	
M0~M499 ^[1] 500点	M500~M1023 ^[2] 524点 供链路用..... 总站→分站 :M800→M899 分站→总站 :M900→M999	M1024~M3071 ^[3] 2048点	M8000~M8255 256点

1. 普通用途辅助继电器

普通用途辅助继电器的作用与继电器电路中的中间继电器类似，可作为中间状态存储及信号变换。辅助继电器线圈只能被PLC内的各种软组件的触点驱动。辅助继电器有无数的电子常开与常闭触点，在程序中可以无限次地使用，但是不能直接驱动外部负载，外部负载应通过输出继电器进行驱动。

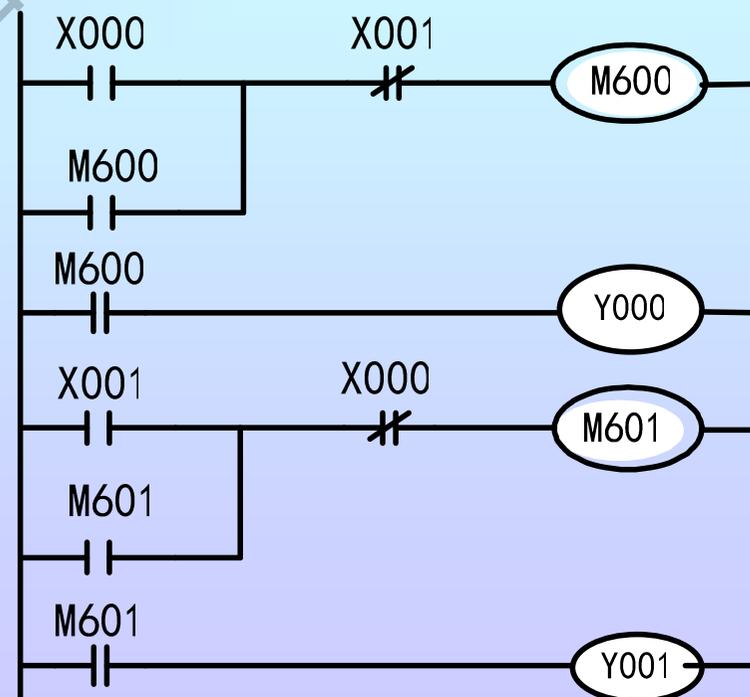
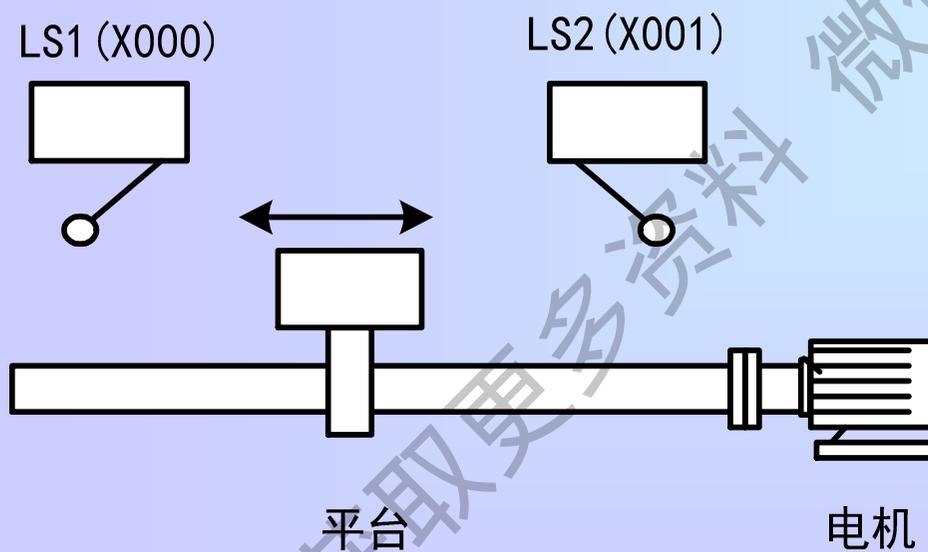
普通用途辅助继电器与停电保持用的辅助继电器的比例，可通过外围设备设定参数进行调整。

2.具有停电保持用途的辅助继电器

如果在PLC运行过程中停电，输出继电器与普通辅助继电器都断开。再运行时，除了输入条件为ON（接通）的以外，也都断开。但根据控制对象的不同，也可能需要记忆停电前的状态，再运行时将其再现的情况。停电保持用的辅助继电器就能满足这样的需要，利用PLC内的后备电池进行供电，可以保持停电前的状态。

图6-9是停电保持继电器应用于滑块左右往复运动机构的例子。

滑块碰撞左边限位开关LS1时， $X000=ON \rightarrow M600=ON \rightarrow$ 电机反转驱动滑块右行 \rightarrow 停电 \rightarrow 平台中途停止 \rightarrow 来电后再启动，因 $M600=ON$ 保持 \rightarrow 电机继续驱动滑块右行，直到滑块碰撞右限位开关LS2时， $X001=ON$ （右限位开关） $\rightarrow M600=OFF$ 、 $M601=ON \rightarrow$ 电机反转驱动滑块左行。



3. 特殊辅助继电器

PLC内有很多的**特殊辅助继电器**，按使用方式可分为二类。

(1) **触点利用型特殊辅助继电器** 其线圈由PLC自行驱动，用户只能用其触点。这类特殊辅助继电器常用作**时基、状态标志或专用控制组件**出现的程序中。

例如：M8000：运行监视器（在运行中接通）

M8002：初始脉冲（仅在PLC运行开始时的第一个扫描周期接通）

M8012：10ms时钟脉冲

(2) 线圈驱动型特殊辅助继电器 这类继电器由用户驱动线圈后（注意：又有驱动时有效和END指令实行后驱动有效两种情况），PLC作特定的运动。

例如：M8030：锂电池发光二极管熄灭指令

M8033：停止时保持输出

M8034：输出禁止

M8039：定时扫描

FX_{2N}系列PLC特殊辅助继电器见书后附录A。注意：用户不可使用尚未定义的特殊辅助继电器。

(三) 状态软元件[S]

FX_{2N} 共有1000个状态软元件（也称状态继电器，简称状态），其分类、地址（以十进制数）编号及用途如表6-12所示。

类别		组件编号	数量	用途及特点
普 ^[1] 通用 途	供初始状态用	S0~S9	10	用于状态转移图（SFC）的初始状态
	供退回原点用	S10~S19	10	在多运行模式控制中,用作返回原点的状态
	普通用途	S20~S499	480	用作状态转移图（SFC）中的中间状态
停电保持用 ^[2]		S500~ S899	400	用于来电后继续执行停电前状态的场合
信号报警用 ^[3]		S900~ S999	100	可作为报警组件使用

状态[S]是构成状态转移图（SFC）的基本要素,是对工序步进型控制进行简易编程的重要软元件，与步进阶梯图（STL）指令组合使用。

状态软元件与辅助继电器一样，有无数的常开触点与常闭触点，在PLC的程序内可随意使用，次数不限。如果不作步进状态程序中状态软组件，状态（S）可在一般的顺序控制程序中作辅助继电器（M）使用。

利用来自外围设备的参数设定，可改变普通用途与停电保持用状态的分配。

供信号报警器用的状态，也可用作外部故障诊断的输出。

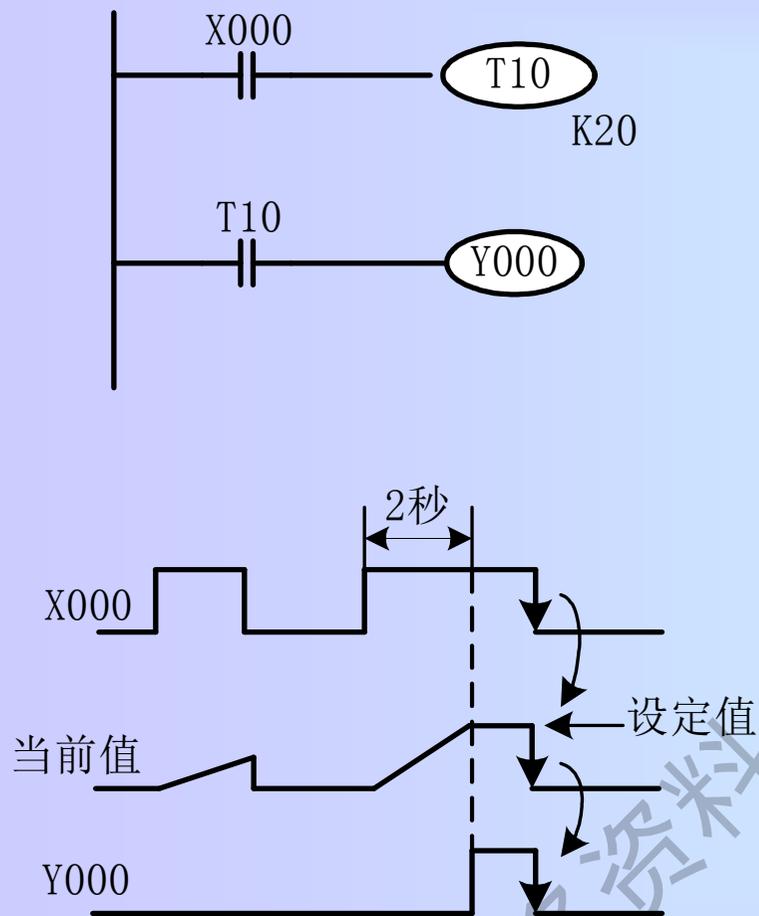
(四)定时器 [T]

定时器相当于继电器电路中的时间继电器，可在程序中用于延时控制。FX_{2N}系列可编程控制器中的**定时器[T]有四种类型，其地址编号按十进制数分配**，见表6-13所示。

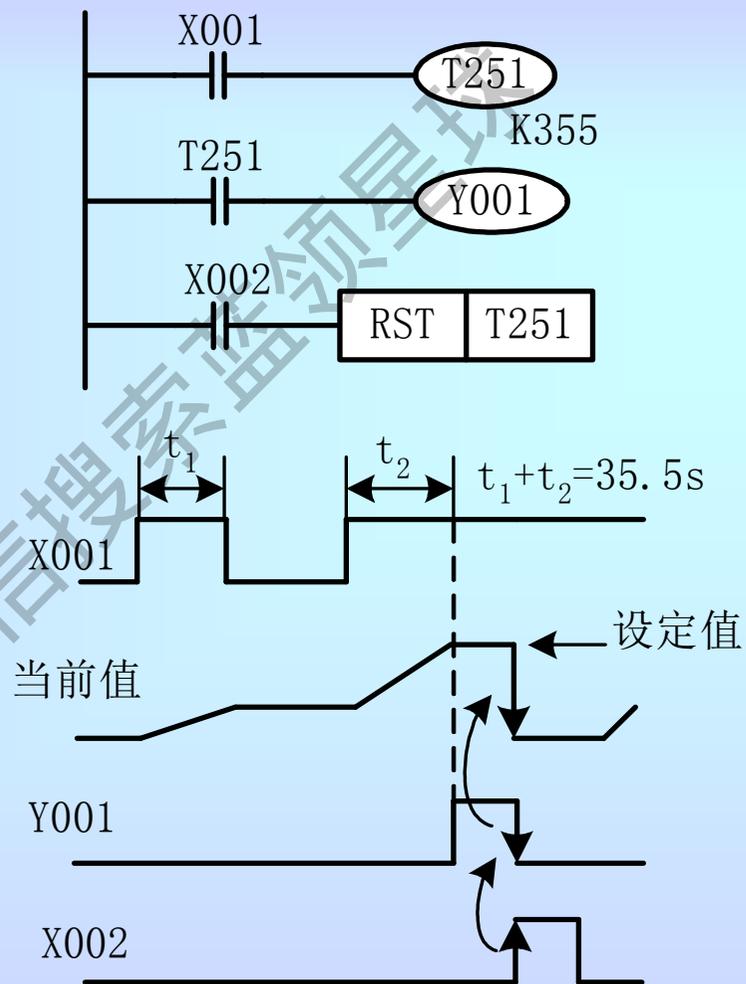
100ms型	10ms型	1ms型积算型	100ms积算型
0.1~3276.7秒	0.01~327.67秒	0.001~32.767秒	0.1~3276.7秒
T0~T199 200点 其中：T192~ T199 用于子程序	T200~T245 46点	T246~T249 4点 执行中断电池备用	T250~T255 6点 电池备用

PLC中的定时器是对机内1ms，10ms，100ms等不同规格时钟脉冲累加计时的。定时器除了占有自己编号的存储器外，还占有一个设定值寄存器和一个当前值寄存器。设定值寄存器存放程序赋予的定时设定值，当前值寄存器记录计时的当前值。这些寄存器均为16位二进制存储器，其最大值乘以定时器的计时单位值即是定时器的最大计时范围值。定时器满足计时条件时当前寄存器开始计时，当它的当前计数值与设定值寄存器中设定值相等时，定时器的输出触点动作。定时器可采用程序存储器内的十进制常数（K）作为定时设定值，也可在数据寄存器（D）的内容中进行间接指定。不用作定时的定时器，可作为数据寄存器使用。

图6-11是定时器在梯形图中使用。图（a）为非积算定时器的梯形图程序及工作波形，图（a）中X000为计时条件，当X000接通时定时器T10开始计时。K20为定时设定值。十进制数“20”定时时间为 $0.1 \times 20 = 2s$ 。图中Y000为定时器的被控对象。当计时时间到，定时器T10的常开触点接通，Y000置1。在计时中，若计时条件X000断开或PLC电源停电，计时过程中止且当前值寄存器复位（置0）。若X000断开或PLC电源停电发生在计时过程完成且定时器的触点已动作时，触点的动作也不能保持。



(a) 非积算定时器



(b) 积算定时器

图6-11 定时器的应用

图（b）为积算定时器的梯形图程序及工作波形。定时器T10已换成积算式定时器T251，情况就不一样了。积算式定时器T251在计时条件失去或PLC失电时，其当前值寄存器的内容及触点状态均可保持，当计时条件恢复或来电时可“累计”计时，故称为“积算”式定时。因积算式定时器的当前值寄存器及触点都有记忆功能，其复位时必须在程序中加入专门的复位指令RST才能消除记忆。

图（b）中X002即为复位条件。当X002接通，执行“RST T251”指令时，T251的当前值寄存器及触点同时置0。

如果定时器的设定值在数据寄存器D10中，D10中的内容为100，则定时器的设定值为100。用数据寄存器内容作为设定值时，一般使用具有掉电保持功能的数据寄存器。

(五) 计数器[C]

计数器在程序中用作计数控制。FX_{2N}系列PLC中计数器可分为内部信号计数器和外部信号计数器两类。内部计数器是对机内组件（X、Y、M、S、T和C）的时钟信号计数，由于机内组件信号的频率低于扫描频率，因而是低速计数器，也称普通计数器。对高于机器扫描频率的外部信号进行计数，需要用机内的高速计数器。

1. 内部计数器的分类及地址分配

内部计数器有16位增计数器和32位增 / 减双向计数器两类，它们又可分为普通用途和停电保持用的两种计数器，其地址（以十进制数）分配如表6-14所示。不用作计数的计数器也可作为数据寄存器使用。

16位增计数型计数器 (1~+32767)		32位增/减型双向计数器 (-2, 147, 483, 648~+2, 147, 483, 647)	
普通用途	停电保持型	普通用途	停电保持型
C0~C99 ^[1] 100点	C100~C199 ^[2] 100点	C200~C219 ^[1] 20点	C220~234 ^[2] 15点

2、16位增计数器

16位是指其设定值及当前值寄存器为二进制16位寄存器，其设定值在K1~K32, 767范围内有效。设定值K0与K1意义相同，均在第一次计数时，其触点动作。

图6-13所示为16位增计数器的工作过程。图中计数输入X011是计数器的计数条件，X011每次驱动计数器C0的线圈时，计数器的当前值加1。“K10”为计数器的设定值。当第10次驱动计数器线圈指令时，计数器的当前值和设定值相等，触点动作，Y000=ON。在C0的常开触点闭合后（置1），即使X011再动作，计数器的当前状态保持不变。

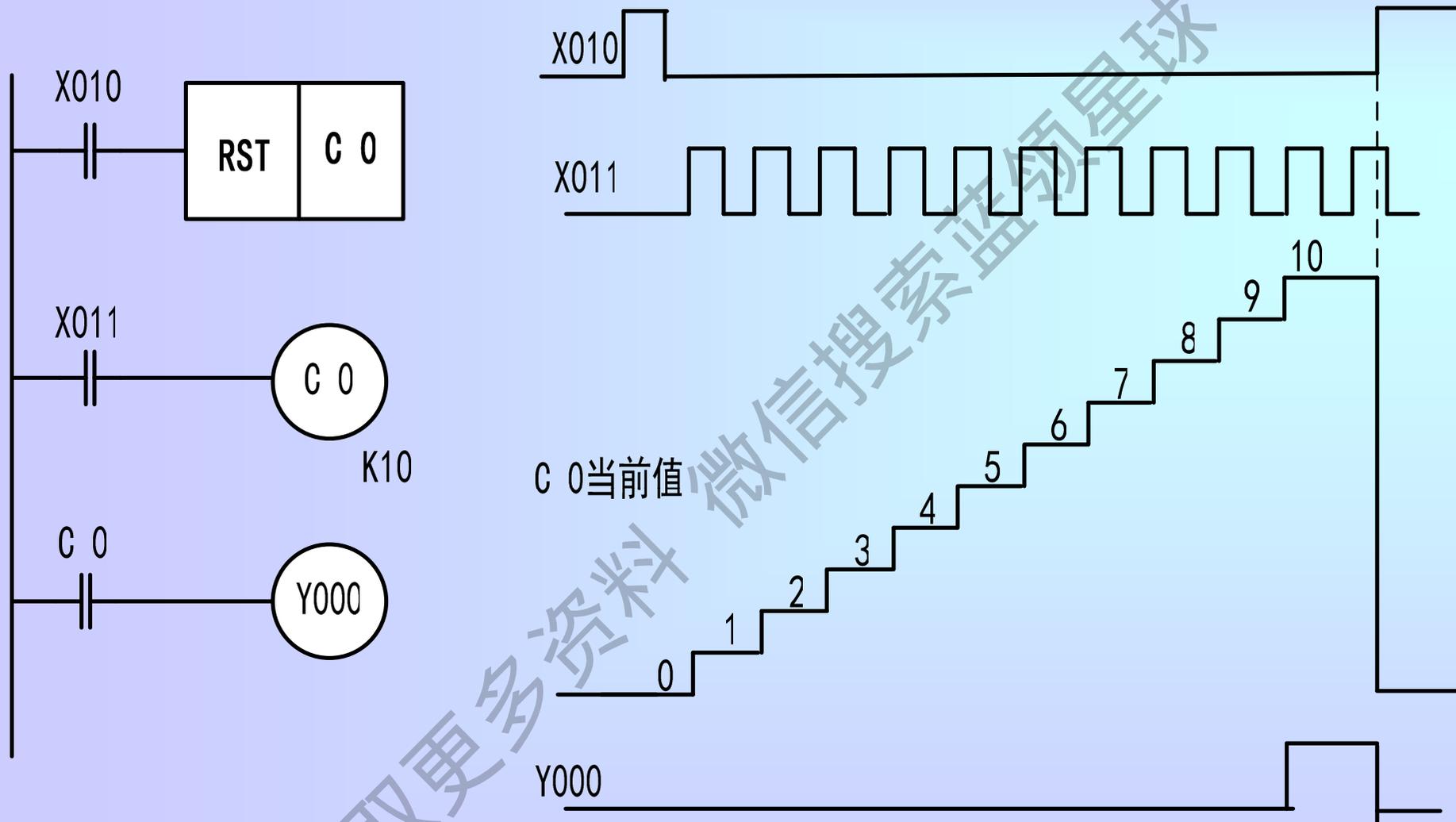


图6-13 16位增计数器的工作过程

电源正常情况下，即使是非掉电保持型计数器的**当前值寄存器也具有记忆功能，因而计数器重新开始计数前要用复位指令才能对当前值寄存器复位。**图6-13中，X010就是计数器C0复位的条件，当X010接通时，执行复位（RST）指令，计数器的当前值复位为0，输出触点也复位。

计数器的设定值，除了常数外，也可以间接通过数据寄存器设定。若使用计数器C100~C199，即使停电，当前值和输出触点状态，也能保持不变。

3. 32位增 / 减双向计数器

32位是指计数器的设定值寄存器为32位，其首位为符号位。设定值的最大绝对值是31位二进制数所表示的十进制数，即为 $-2147483648 \sim +2147483647$ 。设定值可直接用常数K或间接用数据寄存器D的内容设定。间接设定值时，要用两个连号组件的数据寄存器存放，例如，C200用数据寄存器设定初值的表示方法是D0（D1）。

增/减计数的方向由特殊辅助继电器M8200~M8234设定，例如当M8200接通（置1）时,C200为减计数计数器，M8200断开（置0）时,C200为增计数器。32位计数器增 / 减计数方向切换所用的对应特殊辅助继电器地址号见表6-15。

表6-15 32位计数器增 / 减计数切换所用的对应特殊辅助继电器地址号

计数器地址号	方向切换	计数器地址号	方向切换	计数器地址号	方向切换	计数器地址号	方向切换
C200	M8200	C209	M8209	C218	M8218	C226	M8226
C201	M8201	C210	M8210	C219	M8219	C227	M8227
C202	M8202	C211	M8211	—	—	C228	M8228
C203	M8203	C212	M8212	C220	M8220	C229	M8229
C204	M8204	C213	M8213	C221	M8221	C230	M8230
C205	M8205	C214	M8214	C222	M8222	C231	M8231
C206	M8206	C215	M8215	C223	M8223	C232	M8232
C207	M8207	C216	M8216	C224	M8224	C233	M8233
C208	M8208	C217	M8217	C225	M8225	C234	M8234

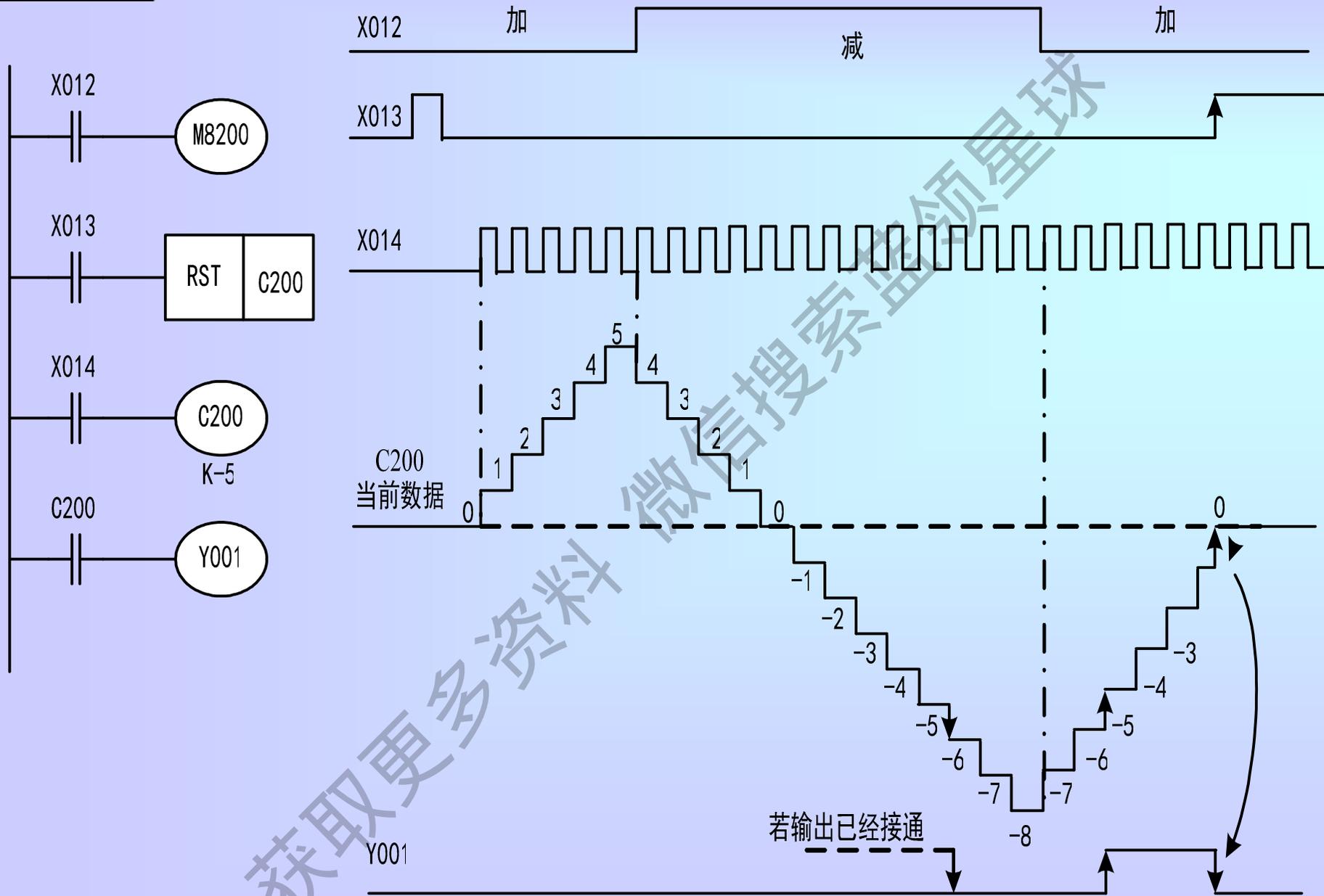


图6-14 32位加减计数器的动作过程*

4. 16位计数器与32位计数器的特点

16位计数器与32位计数器的特点如表6-16。32位计数器使用较为灵活，可满足计数方向与计数范围等使用条件。

如果PLC电源断电，普通用途计数器清除增计数值。而停电保持用计数器则可保存停电前的计数值，恢复供电后计数器仍可按停电前的计数值累积计算。

32位计数器不作计数器使用时也可以作为32位的数据寄存器使用，但要注意，32位计数器不能作为16位指令中的软组件

表6-16 16位计数器与32位计数器的特点

项目	16位计数器	32位计数器
计数方向	增计数	可采用增计数/减计数切换（见表6-15）
设定值	1~32, 767	-2, 147, 483, 648~+2, 147, 483, 647
设定值的指定	常数K或数据寄存器	同左栏，但是要用成对的数据寄存器指定
当前值的变化	计数器增计数后不变化	计数器增计数后也变化（环形计数器）
输出触点	计数器增计数后动作保持	增计数时动作保持，减计数时复位
复位动作	执行RST指令时，计数器的当前值为0，输出触点	
当前值寄存器	16位	32位

5. FX_{2N}可编程控制器中的高速计数器

高速计数器与普通计数器的主要差别在于以下几点。

(1) 对外部信号计数，工作中断工作方式

由于待计量的高频信号都是来自机外，PLC中高速计数器都设有专用的输入端子及控制端子。一般是在输入端设置一些带有特殊功能的端子，它们既可完成普通端子的功能，又能接收高频信号。为了满足控制准确性的需要，计数器的计数、启动、复位及数值控制功能都采取中断方式工作。

(2) 计数范围较大，计数频率较高

一般高速计数器均为32位加减计数器。最高计数频率一般可达到10KHZ。

(3) 工作设置较灵活

从计数器的工作要素来说，高速计数器的工作设置比较灵活。高速计数器除了具有普通计数器通过软件完成启动、复位、使用特殊辅助继电器改变计数方向等功能外，还可通过机外信号实现对其工作状态的控制，如启动、复位、改变计数方向等。

(4) 使用专用的工作指令

普通计数器工作时，一般是达到设定值，其触点动作，再通过程序安排其触点实现对其它器件的控制。高速计数器除了普通计数器的这一工作方式外，还具有专门的控制指令，可以不通过本身的触点，以中断工作方式直接完成对其它器件的控制。

FX_{2N}系列PLC中C235~C255为高速计数器。它们共享同一个PLC机型输入端上的6个高速计数器输入端（X000~X005）。使用某个高速计数器时可能要同时使用多个输入端，而这些输入端又不可被多个高速计数器重复使用，因此，实际应用中最多只能有六个高速计数器同时工作。

这样设置是为了使高速计数器具有多种工作方式，方便在各种控制工程选用。
FX_{2N}系列PLC的21个高速计数器按计数方式分类如下：

1相（无启动 / 复位端子）单输入	C235~C240	6点
1相（带启动 / 复位端子）单输入	C241~C245	5点
1相2计数输入型	C246~C250	5点
2相双计数输入型	C251~C255	5点

表6-17列出了它们和各输入端之间的对应关系。从表中可以看到，**X006及X007也可参与高速计数工作，但只能作为启动信号而不能用于计数脉冲的输入。**

下面介绍各分类高速计数器的使用方法：

(1) 1相无启动 / 复位端子高速计数器

由表6—17可知，1相无启动 / 复位端高速计数器的编号为C235～C240，有6点。它们的计数方式及触点动作与普通32位计数器相同。作增计数时，当计数值达到设定值时，触点动作并保持，做减计数时，到达计数值则复位。其计数方向取决于对应的计数方向标志继电器M8235～M8240。

图6—15为1相无启动 / 复位高速计数器工作的梯形图。这类计数器只有一个脉冲输入端。

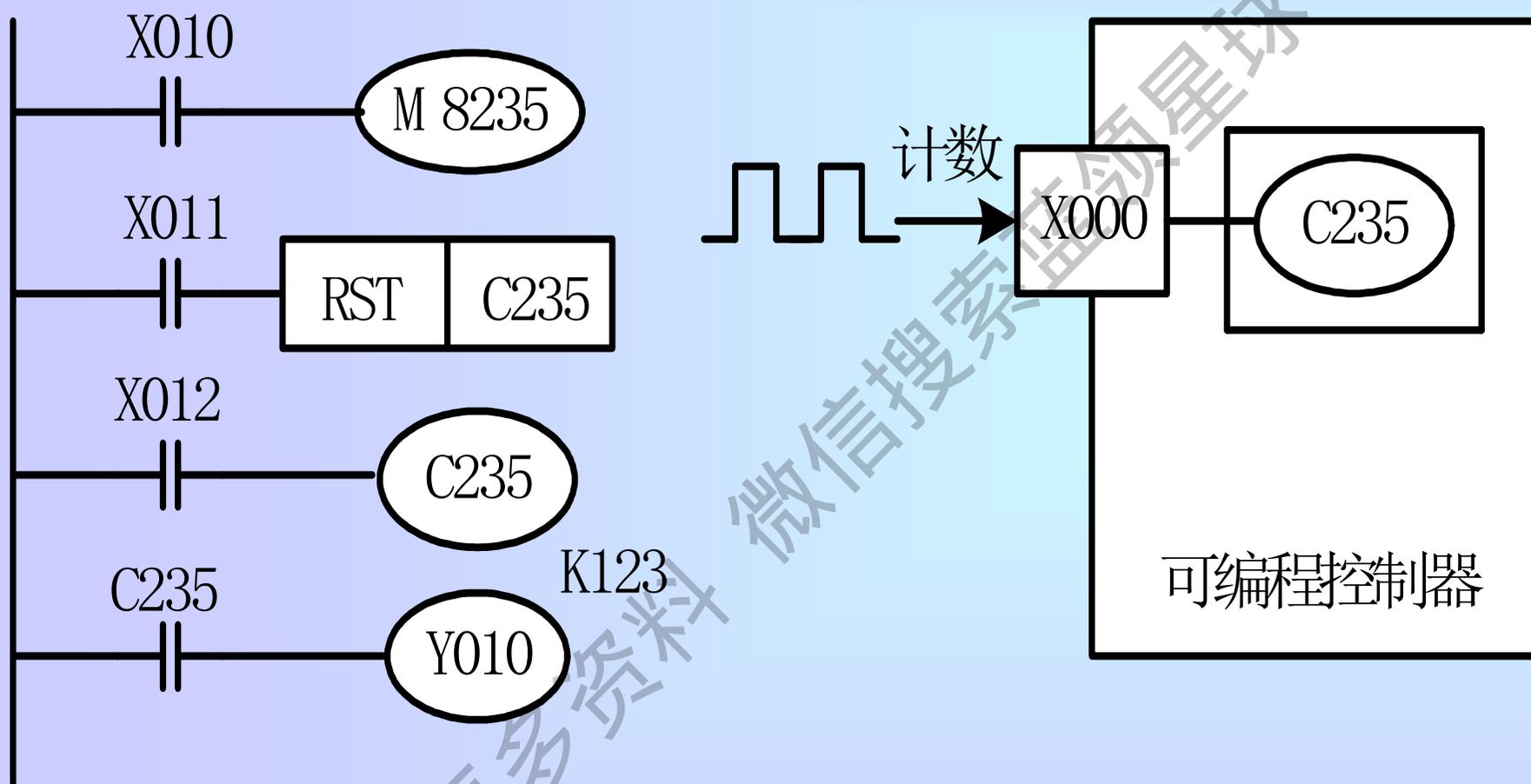


图6-15 1相无外启动 / 外复位的高速计数器 *

(2) 1相带启动 / 复位端子高速计数器

1相带启动 / 复位端的高速计数器编号为C241~C245，计5点，这些计数器较1相无启动 / 复位端的高速计数器增加了外部启动、复位控制端子。图6-16给出了这类计数器的使用情况。

(3) 1相2计数输入

1相2计数输入型高速计数器的编号为C246~C250，计5点。1相2计数输入高速计数器有二个外部计数输入端子，一个是输入增计数脉冲的端子，另一个是输入减计数脉冲的端子。图6-17是高速计数器C246的梯形图和信号连接情况。

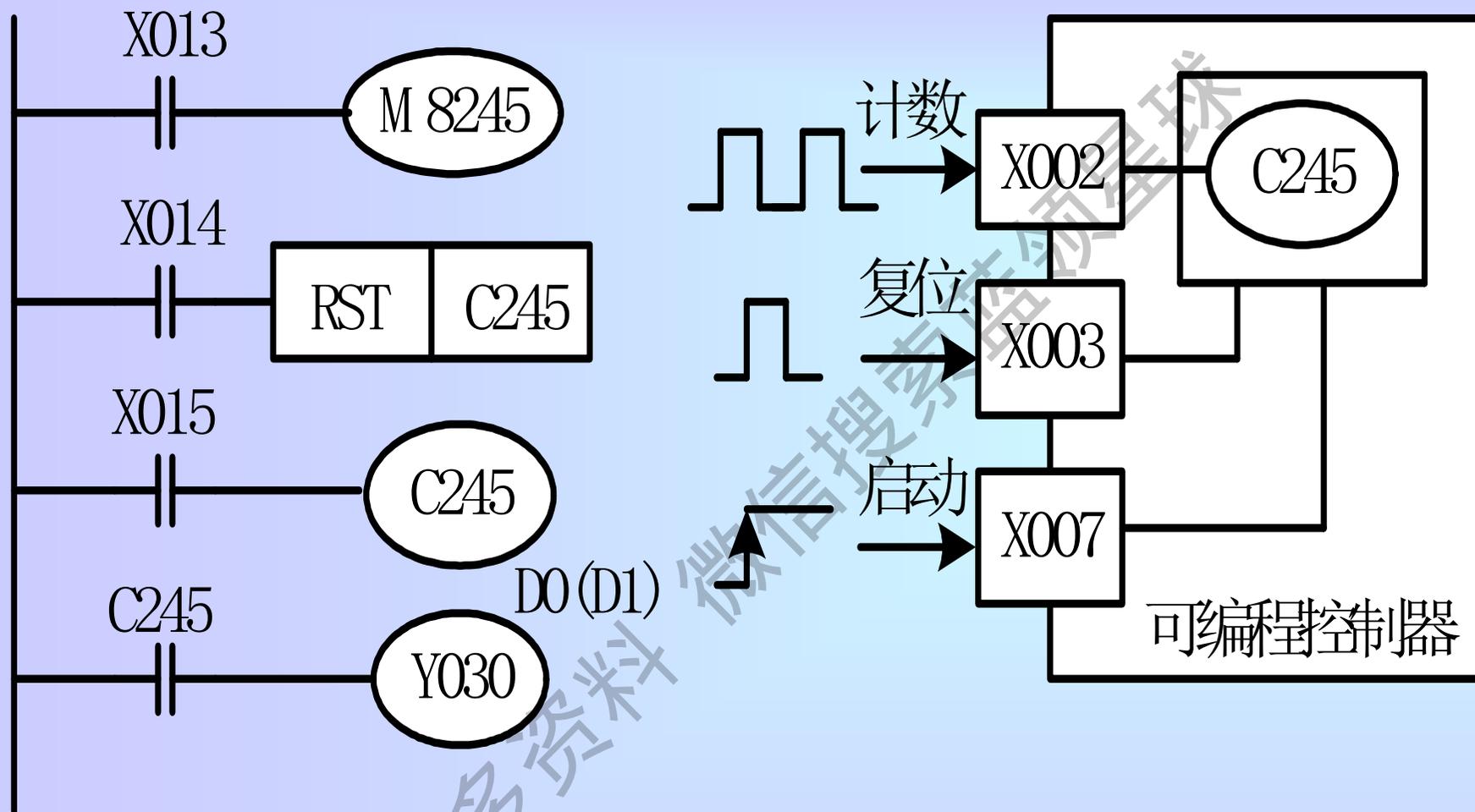
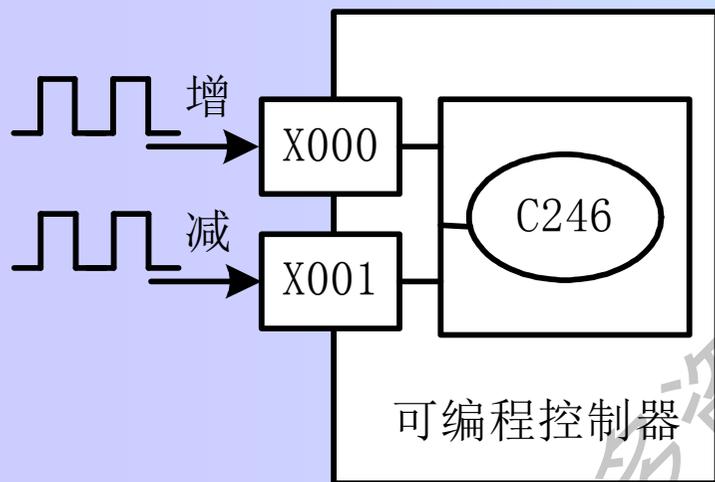
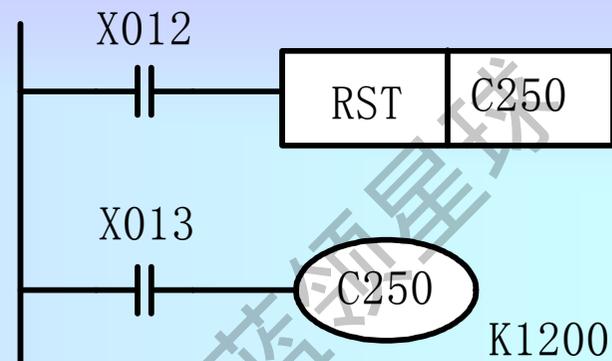
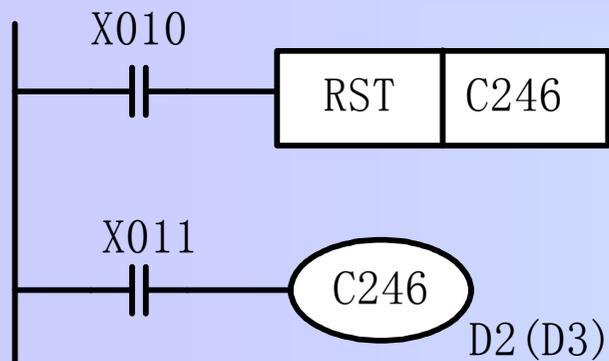
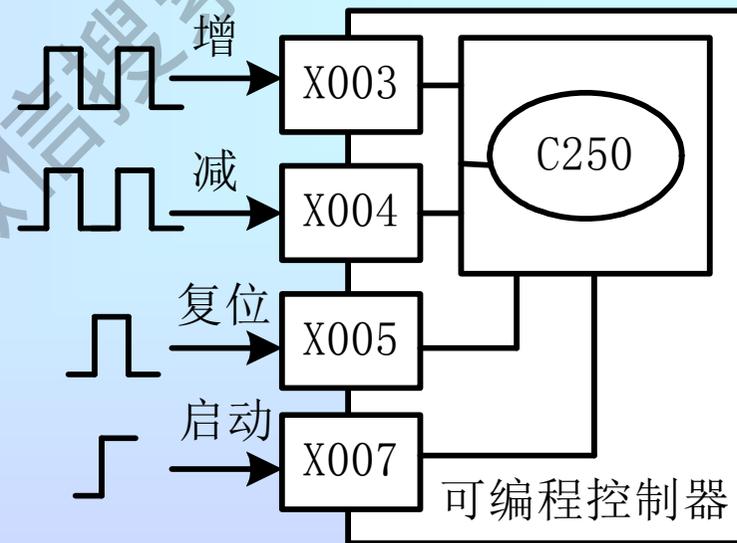


图6-16 1相带启动/复位端的高速计数器



(a) 1相双输入

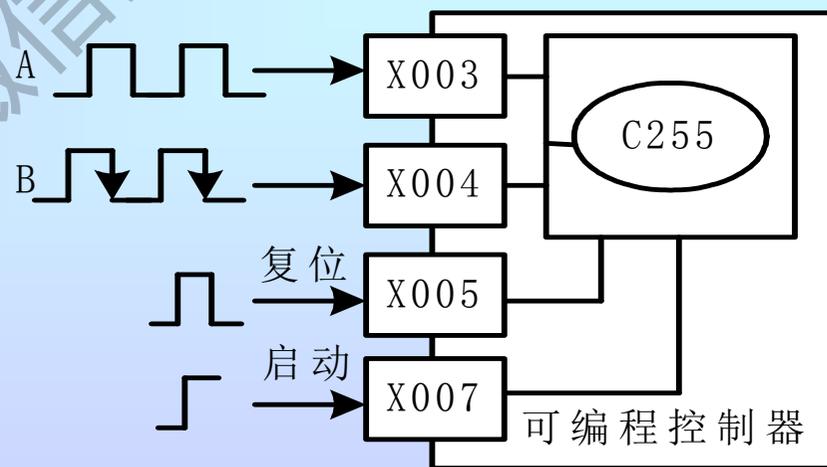
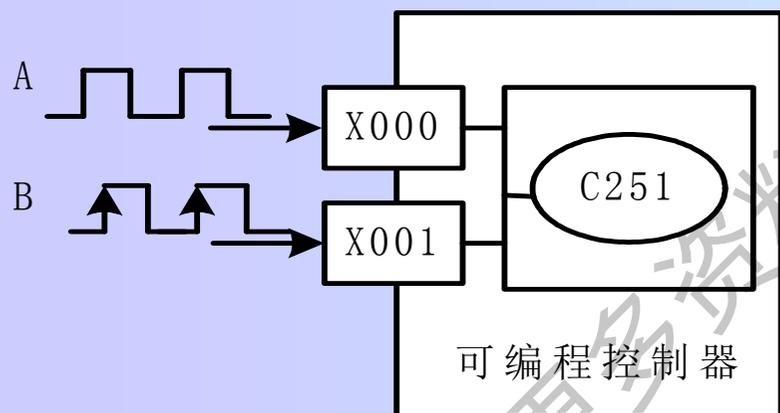
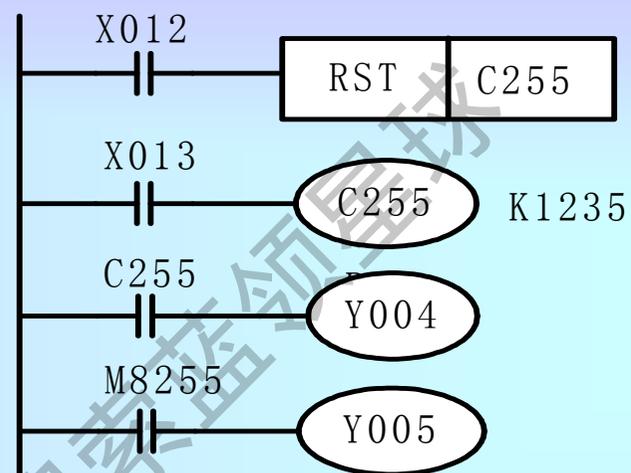
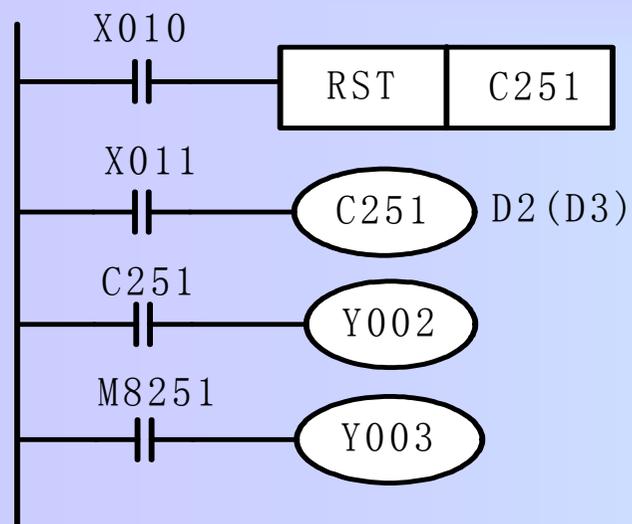


(b) 带外启动/复位的1相双输入

图6-17 1相双输入型高速计数器

(4) 2相双计数输入

2相双计数输入型高速计数器的编号为C251~C255，计5点。2相双计数输入型高速计数器的二个脉冲输入端子是同时工作的，外计数方向的控制方式由2相脉冲间的相位决定。如图6—18所示，当A相信号为“1”期间，B相信号在该期间为上升沿时为增计数，反之，B相信号在该期间为下降沿时是减计数。其余功能与1相2输入型相同。需要说明的是，带有外计数方向控制端的高速计数器也配有编号相对应的特殊辅助继电器，只是它们没有控制功能只有指示功能。相对应的特殊辅助继电器的状态会随着计数方向的变化而变化。



(a) 2相双输入增计数

(b) 带外启动/复位的2相双输入减计数

图6-18 2相双输入型高速计数器

6、高速计数器的频率总和

由于高速计数器是采用中断方式工作的，会受到机器中断处理能力的限制。使用高速计数器，特别是一次使用多个高速计数器时，应该注意高速计数器的频率总和。

频率总和是指同时在PLC输入端口上出现的所有信号的最大频率总和。因而，安排高速计数器的工作频率时需考虑以下几个问题。

(1) 各输入端的响应速度

表6-18给出了受硬件限制，各输入端的最高响应频率。由表6-17可知，FX_{2N}系列PLC除了允许C235，C236，C246输入1相最高60KHz脉冲；C251输入2相最高30KHz脉冲以外，其它高速计数器输入最大频率总和不得超过20kHz。

表6-18 输入点的频率性能

高速计数器 类型	1相输入		2相输入	
	特殊输入点	其余输入点	特殊输入点	其余输入点
输入点	X000、X001	X002~X005	X000、X001	X002~X005
最高频率	60KHz	10KHz	30KHz	5KHz

(2) 被选用的计数器及其工作方式

1相输入高速计数器只有一个输入端送入脉冲信号。1相双输入高速计数器在工作时，如已确定为增计数或为减计数，情况和1相型类似。如增计数脉冲和减计数脉冲同时存在时，该计数器所占用的工作频率应为2相信号频率之和。

2相双输入型高速计数器工作时不但要接收二路脉冲信号，还需同时完成对二路脉冲的解码工作，有关技术手册规定，在计算总的频率和时，要将它们的工作频率乘以2倍。

表6-19 高速计数器输入信号频率安排表

计数器	对应输入点	输入信号最高频率
1相型C237	X002	5kHz
1相双输入型C246	X000、X001	7 kHz
2相双输入型C255	X003、X004	3 kHz×2

例如：某系统选用的高速计数器输入信号频率情况如表6-19所示。则频率总和为

$$1\text{相}5\text{KHz} \times 1 + 1\text{相}7\text{KHz} \times 1 + 2\text{相}3\text{KHz} \times 1 \times 2 \\ = 18\text{KHz} \leq 20\text{ kHz}$$

上例说明，当使用多个高速计数器时，其频率总和必须低于20 kHz，且还须考虑不同的输入及不同的计数器的具体情况。

(六) 数据寄存器[D]

数据寄存器是存储数值数据的软组件，有**普通用途数据寄存器、特殊用途数据寄存器、变址用的数据寄存器、文件数据寄存器**四种，其地址号（以十进制数分配）如表6-20所示。

表6-18 输入点的频率性能

分类	普通用途（共8000点）		特殊用途	供变址用	文件数据寄存器
数据寄存器	D0~ D199 ^[1] 200点	D200~D511 ^[2] 312点（供链路用） D512~D7999 ^[3] 7488点（供滤波器用）	D8000~ D8195 ^[4] 106点	V0(V) ~V7 ^[5] Z0 (Z) ~Z7 ^[5] 16点	D1000以后的通用 停电保持寄存器 利用参数设置可 作为最多7000点 的文件寄存器使 用。

数据寄存器都是16位（最高位为正负符号位）的，也可将2个数据寄存器组合，可存储32位（最高位是正负符号位）的数值数据。

1. 普通用途数据寄存器

普通用途数据寄存器中一旦写入数据，只要不再写入其它数据，就不会变化。但是在运行中停止时或停电时，所有数据被清除为0

（如果驱动特殊的辅助继电器M8033，则可以保持）。而停电保持用的数据寄存器在运行中停止与停电时可保持其内容。

利用外围设备的参数设定，可改变普通用途与停电保持用数据寄存器的分配。而且在将停电保持用的数据寄存器用于普通用途时，在程序的起始步应采用复位（RST）或区间复位（ZRST）指令将其内容清除。

在并联通信中，D490~D509被作为通信占用。

在停电保持用的数据寄存器内，D1000以上的数据寄存器通过参数设定，能以500为单位用作文件数据寄存器。在不用作文件数据寄存器时，与通常的停电保持用的数据寄存器一样，可以利用程序与外围设备进行读出与写入。

2. 特殊用途数据寄存器

特殊用途的数据寄存器是指写入特定目的的数据，或事先写入特定的内容。其内容在电源接通时，置位于初始值。（一般清除为0，具有初始值的内容，利用系统只读存储器将其写入）。

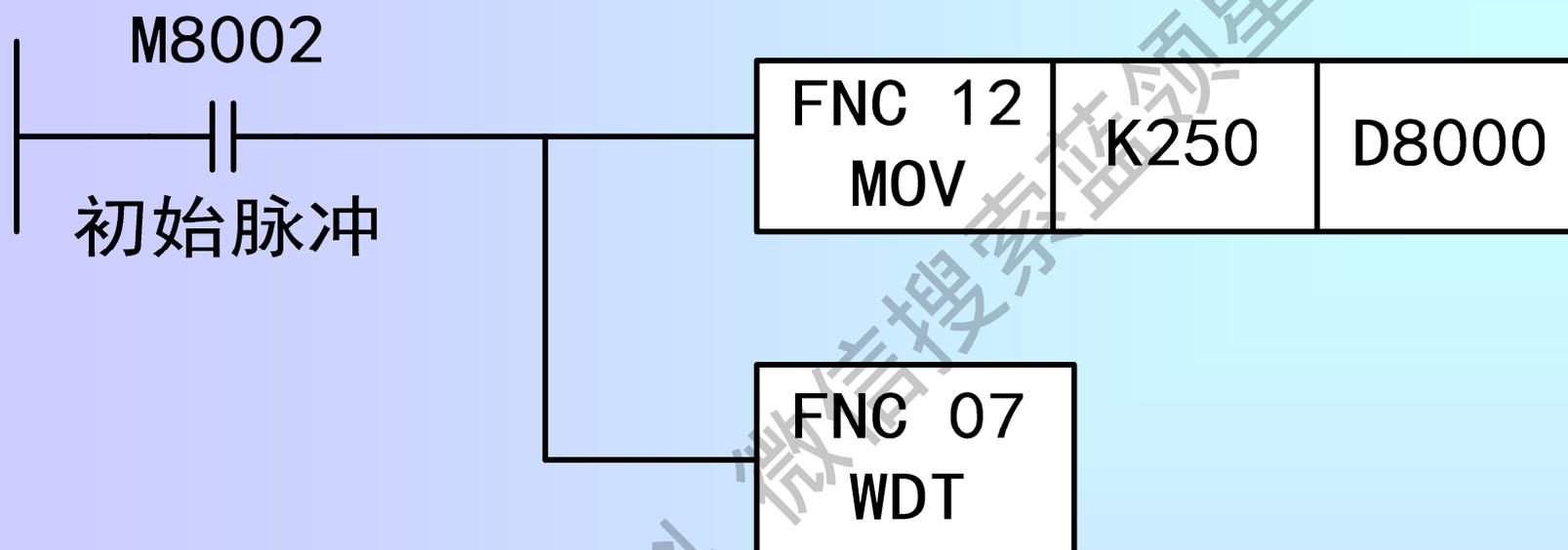


图6-20 特殊用途数据寄存器写入特定数据*

3. 变址寄存器[V、Z]

变址寄存器V、Z和通用数据寄存器一样，是进行数值数据读、写的16位数据寄存器。主要用于运算操作数地址的修改。

可以用变址寄存器进行变址的软组件是X、Y、M、S、P、T、C、D、K、H、KnX、KnY、KnM、KnS（Kn□为位组合组件，见本节三、3说明）。但是，变址寄存器不能修改V与Z本身或位数指定用的Kn本身。例如K4M0Z0有效，而K0Z0M0无效。

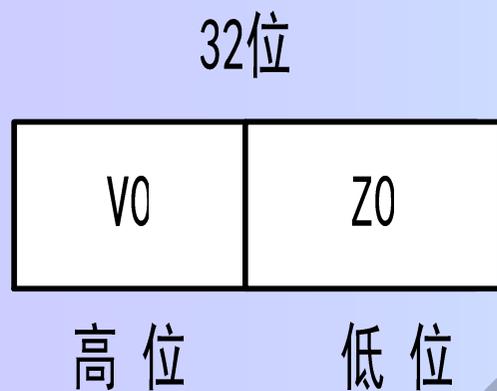
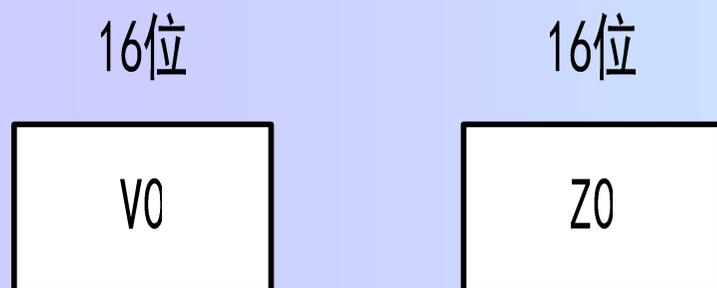
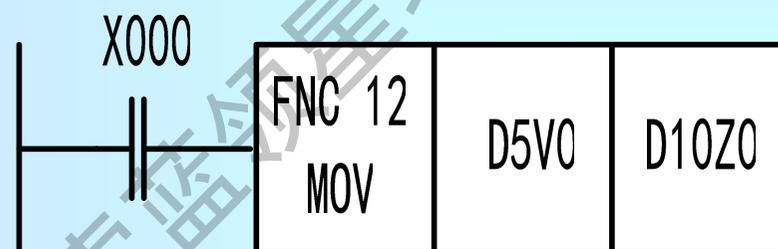


图6-21 变址寄存器V、Z的组合



若 $D5=5$ $V0=9$ $D10=10$ $Z0=15$ 时,
 则 $D(5+9=13)$ \rightarrow $D(10+15=25)$
 即 D13中内容传送到D25中去

图6-22 变址寄存器的使用说明

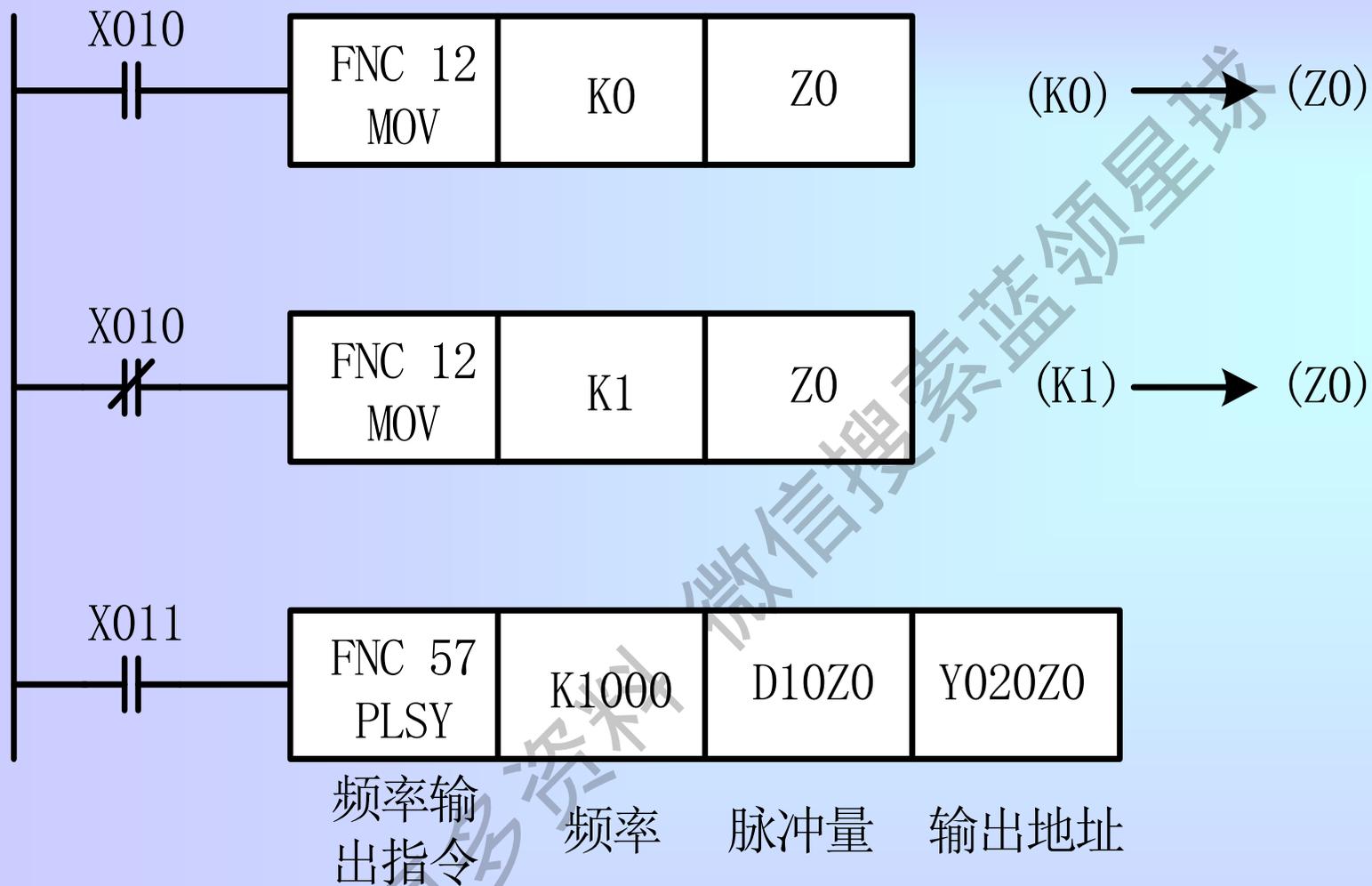


图6-23 使用变址寄存器改变输出软组件地址

4、文件寄存器

在FX_{2N}可编程控制器的数据寄存器区域内，D1000号（包括D1000）以上的数据寄存器称为通用停电保持寄存器，利用参数设置，可作为最多7000点的文件寄存器处理。文件寄存器实际上是一类专用数据寄存器，用于存储大量的数据，例如采集数据、统计计算数据、多组控制参数等。

文件寄存器占用机内RAM存储器中的一个存储区A，以500点为一个单位，最多可设置 $500 \times 14 = 7000$ 点。下面对设定文件寄存器时的处理加以说明。

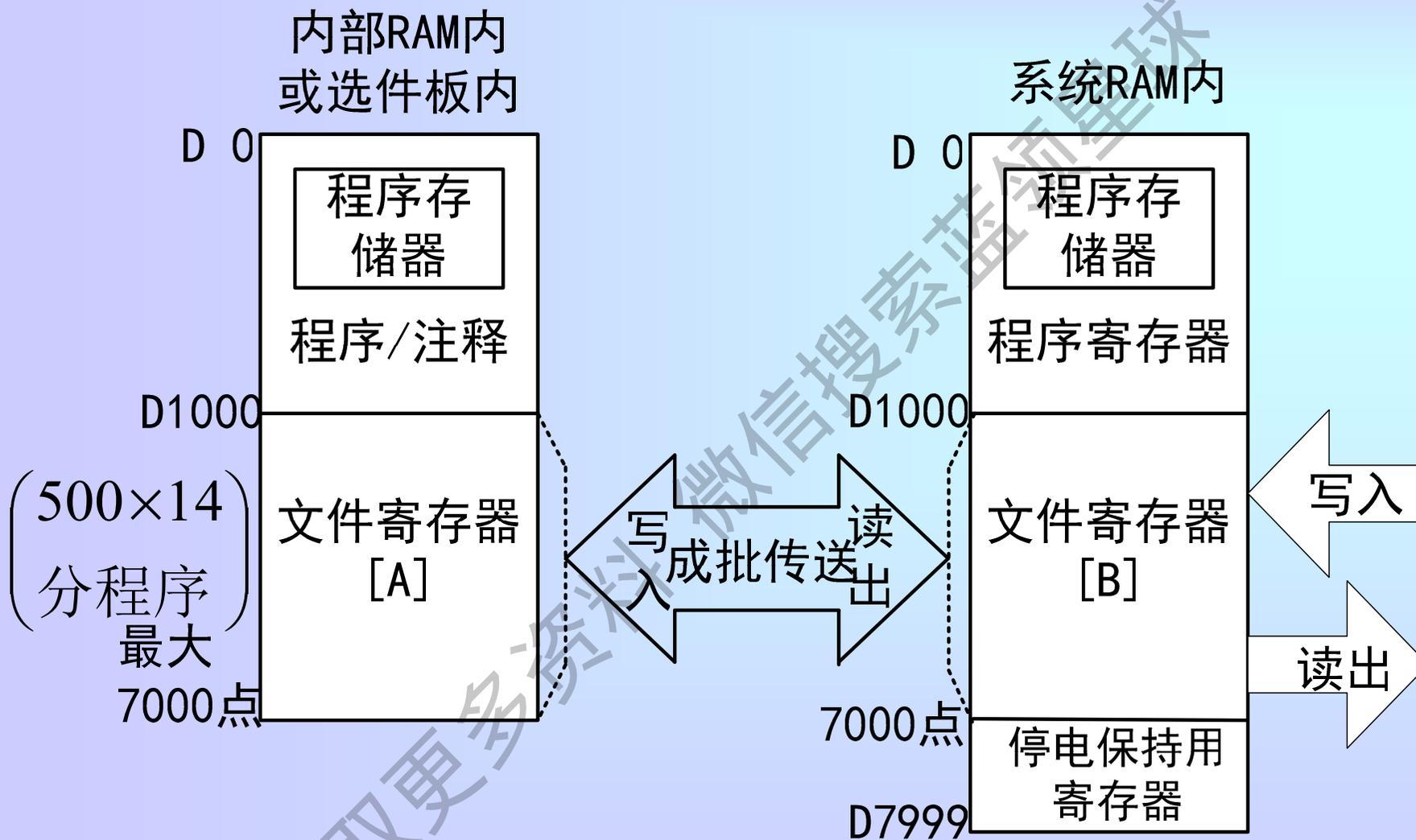


图6-24 文件寄存器动作示意图

应注意的是，系统RAM内的文件寄存器区[B]中的软组件虽然具有停电保持功能，但是系统在停电后恢复电源启动时，文件寄存器区[B]中保存的停电前的变化数据将会被文件寄存器区[A]中数据初始化。若要保持文件寄存器区[B]中变化的数据，必须同时要将文件寄存器区[A]中数据更新为变化的数据。另外，外围设备要对文件寄存器[B]中软组件的“当前值”强制复位或清除时，应将文件寄存器区[A]中对应软组件进行修改（需要内部RAM或选件板内文件寄存器区[A]复位或电可擦只读存储器（EEPROM）的存储卡的保护开关断开状态），然后向文件寄存器区[B]中自动传送。

(七) 指针 (P / I)

指针用作跳转、中断等程序的入口地址。与跳转、子程序、中断程序等指令一起应用。

。

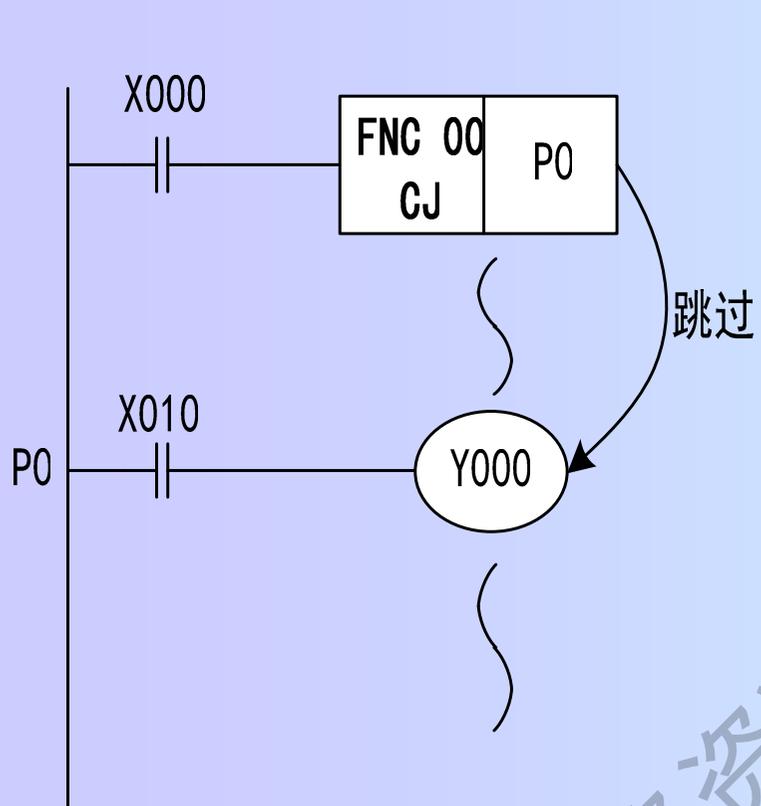
按用途可分为分支用指针P和中断用指针I两类，其中中断用指针I又可分为输入中断用、定时器中断用和计数器中断用三种。其地址号采用十进制数分配，如表6-21所示。

1. 分支用指针P

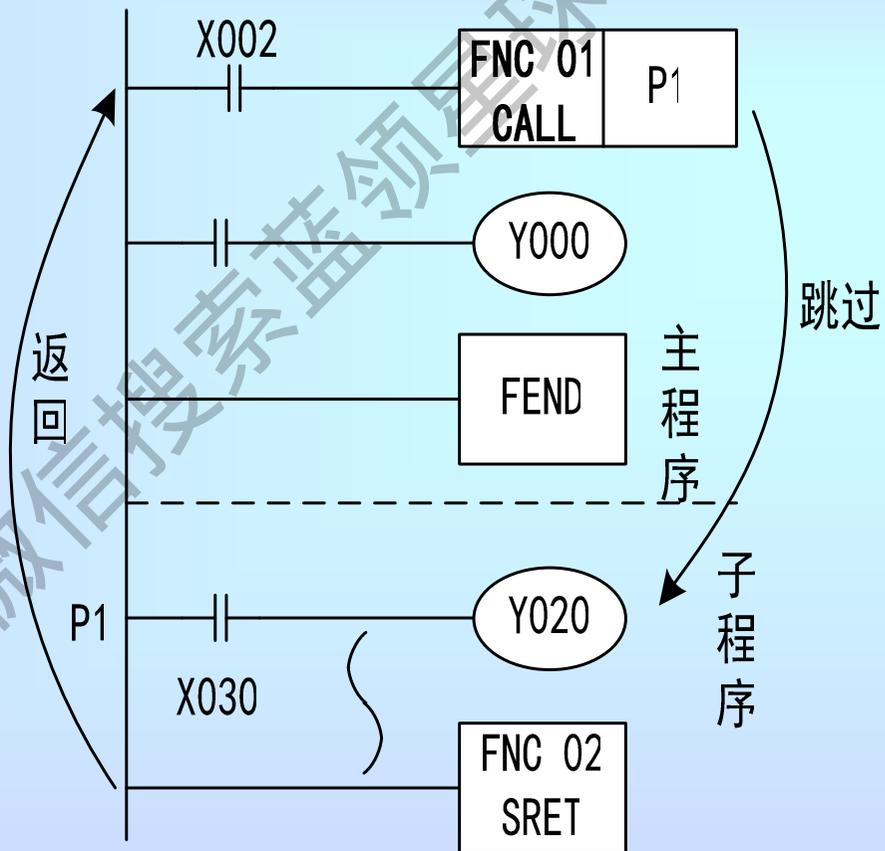
分支用指针P用于条件跳转，子程序调用指令中，应用举例如图6—25所示。

表6-21 FX_{2N}系列PLC指针种类及地址分配

分支用指针	中断用指针		
	输入中断用	定时器中断用	计数器中断用
P0~P127 128点	I00□(X000) I10□(X001) I20□(X002) I30□(X003) I40□(X004) I50□(X005) 6点	I6□□ I7□□ I8□□ 3点	I010 I020 I030 I040 I050 I060 6点



(a) 条件转移



(b) 子程序调用

图6-25 分支用指针的应用

2. 中断用指针I

中断用指针常与中断返回指令FNC 03 (IRET)，开中断指令FNC 04 (EI)，关中断指令FNC 05 (DI) 一起使用。

(1) 输入中断用指针

输入中断用指针表示的格式如图6-26。

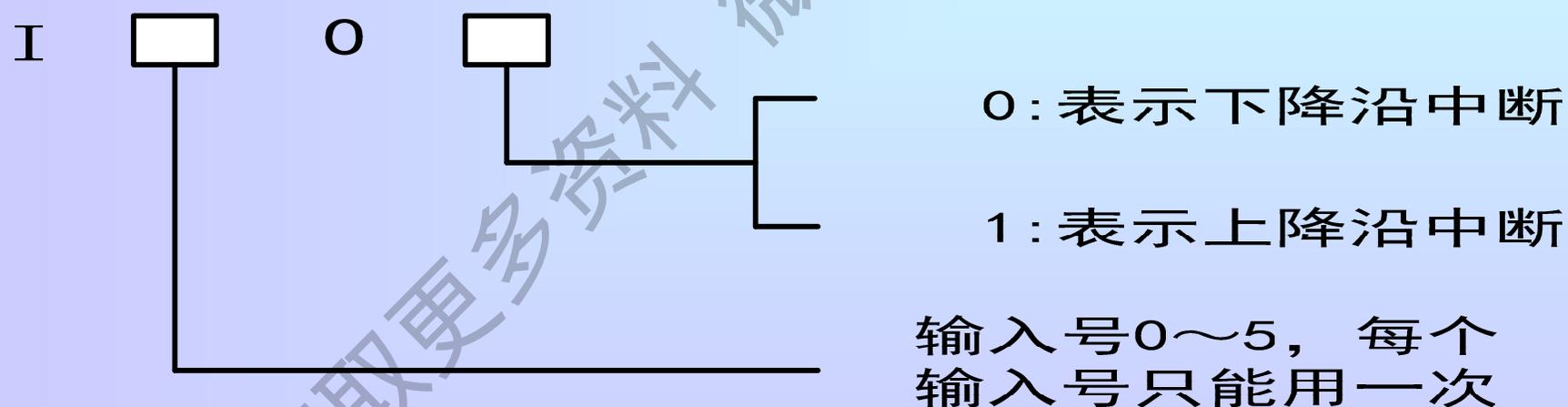


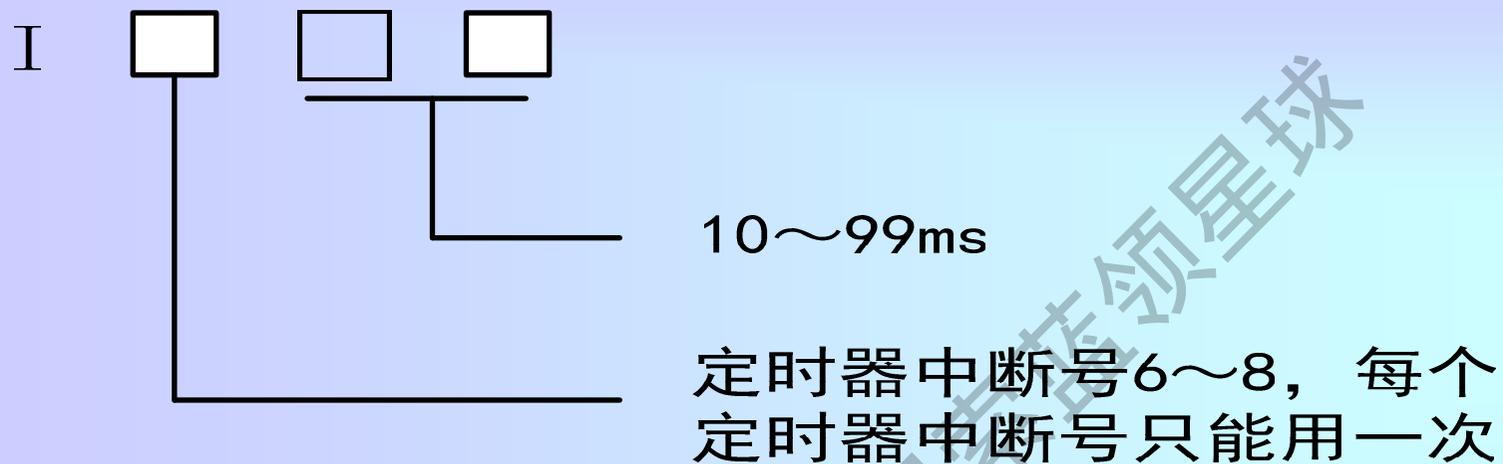
图6-26 输入中断用指针的格式表示意义

(2) 定时器中断用

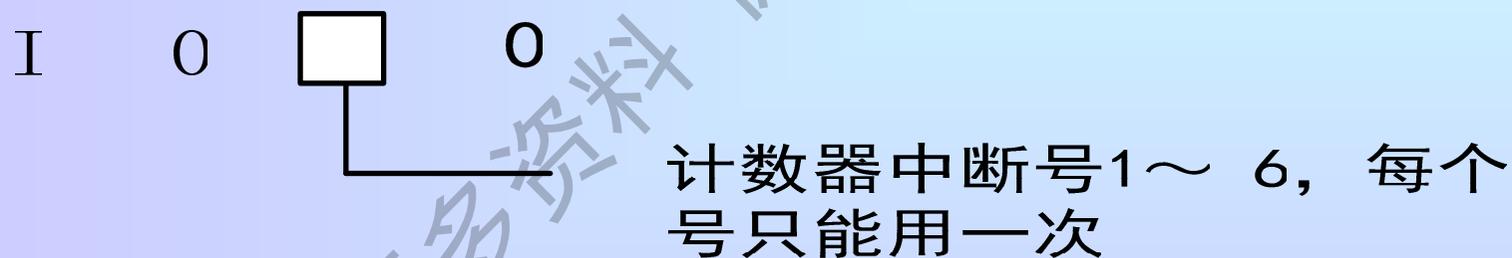
定时器中断用指针格式的表示如图6-27 (a)。用于需要指定中断时间执行中断子程序或需要不受PLC运算周期影响的循环中断处理控制程序。

定时器中断为机内信号中断。由指定编号为I6~I8的专用定时器控制。设定时间在10~99ms间选取。每隔设定时间中断一次。

例如I610为每隔10ms就执行标号为I610后面的中断程序一次，在中断返回指令IRET处返回。



(a) 定时器中断用指针的格式表示意义



(b) 计数器中断指针的格式表示意义

图6-27 定时器、计数器中断指针的格式表示意义

(3) 计数器中断用指针

计数器中断用指针的格式表示如图6-27 (b)。

根据PLC内部的高速计数器的比较结果，执行中断子程序。用于优先控制利用高速计数器的计数结果。该指针的中断动作要与高速计数比较置位指令FNC 53 (HSCS) 组合使用，如图6-28所示。

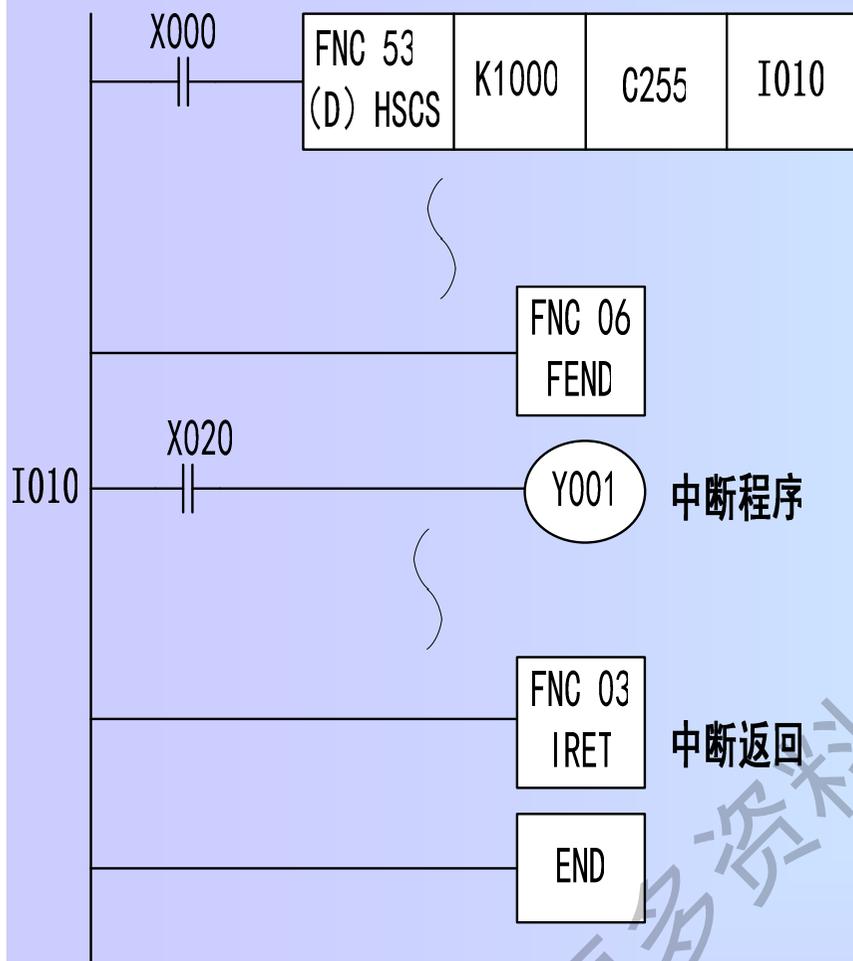


图6-28 高速计数器中断动作示意图

表6-22 特殊辅助继电器中断禁止控制

编号	名称	备注
M8050	I00□禁止	输入中断禁止
M8051	I10□禁止	
M8052	I20□禁止	
M8053	I30□禁止	
M8054	I40□禁止	
M8055	I50□禁止	定时器中断禁止
M8056	I60□禁止	
M8057	I70□禁止	
M8058	I80□禁止	
M8059	I010~I060禁止	

三、数据类软元件的结构形式

1. 字元件的基本形式

FX_{2N}系列PLC数据类字元件的基本结构为16位存储单元，最高位（第16位）为符号位，如图6-19（a）所示。机内的T、C、D、V、Z元件均为16位字元件。

2. 双字元件的结构形式

为了实现32位数据的运算、传送和存储，可以用二个字元件构成32位的“双字元件”，其中低位字元件存储32位数据的低16位部分，高位字元件存储32位数据的高16位部分。最高位（第32位）为符号位。在指令中表示双字元件时，一般只指出低位字元件的地址号，高位字元件被隐藏，但被指令所占用。虽然取奇数或偶数地址作为双字元件的低位是任意的，但为了减少元件安排上的错误，建议用偶数作为双字元件的低位字元件号。

3. 位组合元件的构成

在可编程控制器中，除了大量使用的是二进制数据以外，也常希望能用一种方法来反映十进制数据。FX_{2N}系列PLC中是采用4个位元件的状态来表示一位十进制数据的，称为BCD码（也称8421码）。由此而产生了位组合元件。位组合元件常用输入继电器X、输出继电器Y、辅助继电器M和状态继电器S这样的位元件组合而成，用KnX、KnY、KnM、KnS等形式表示，式中Kn指有n组4位的组合元件。例如K1X000表示由X000~X003四位位元件组合，若n=2，即K2M0，则由M0~M7八个连号的辅助继电器组成，同理，若是K4Y000，则由Y000~Y017十六个输出继电器组合，构成了字元件，而K8X000则构成了32位的双字输入元件。

四、FX_{2N}系列PLC中程序存储器结构和参数结构

(一) 可编程控制器中存储器的结构

上面介绍了FX_{2N}系列可编程控制器的全部软元件。我们还应该清楚各类软元件在机内存储器中的分布。了解这些软元件的类型、数量、编号区间及使用特性对正确编程具有十分重要的意义。FX_{2N}系列可编程控制器存储器结构如图6-29所示。图中，存储器内的各软元件根据其初始化内容，分为A、B、C三种类型，如表6-23所示。

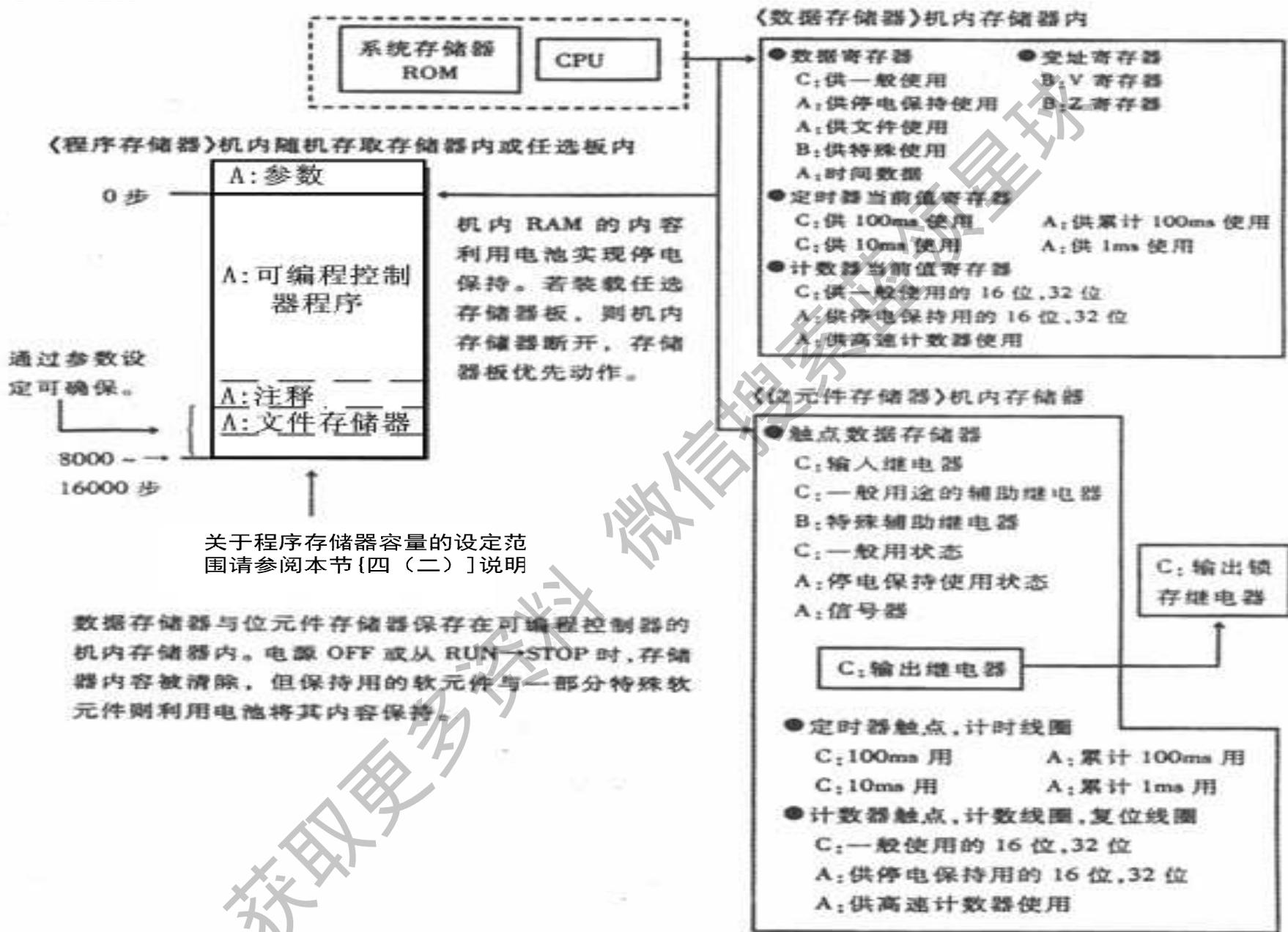


图6-29 FX_{2N}型PLC存储器分配图

表6-23 存储器种类及初始化状态

存储器类型	电源 OFF	电源 OFF→ON	STOP→ RUN	RUN→S TOP
A型：有电池后备的存储器	数值保持不变			
B型：特殊辅助继电器、特殊数据寄存器、变址寄存器	清0	置初始化 值	不变*	
C型：其它无电池后备的存储器	清0		不变	清0
			M8033接通时不变化	

(二) 可编程控制器中存储器容量的设定

表6-24 FX_{2N}机型程序存储器容量及扩展设定

设定内容	机内存储器	FX机型任选存储器板*		
		EEPROM-4	EEPROM-8	EEPROM-16 EEPROM-8 RAM-8
顺控程序	0~8K步	0~4K步	0~8K步	0~16K步
文件寄存器	0~7K步	0~4K步	0~7K步	0~7K步
注释	0~8K步	0~4K步	0~8K步	0~16K步
合计	最大8K, 也可采用2K/4K模式	最大4K 也可采用2K	最大8K, 也可采用2K/4K模式	最大16K, 也可采用2K/4K/8K模式

第三节 FX_{2N}系列PLC的基本指令及应用

FX_{2N}系列可PLC有基本（顺控）指令27种，步进指令2种，应用指令128种,298个。本节将介绍基本指令。

FX_{2N}系列可编程控制器的编程语言主要有梯形图及指令表。指令表由指令集合而成，且和梯形图有严格的对应关系。梯形图是用图形符号及图形符号间的相互关系来表达控制思想的一种图形程序，而指令表则是图形符号及它们之间关联的语句表述。

FX_{2N}系列可编程控制器的基本指令如表6-25所示。

助记符名称	功能	梯形图表示及可用元件	助记符名称	功能	梯形图表示及可用元件
[LD] 取	逻辑运算开始与左母线连接的常开触点		[OUT] 输出	线圈驱动指令	
[LDI] 取反	逻辑运算开始与左母线连接的常闭触点		[SET] 置位	线圈接通保持指令	
[LDP] 取脉冲	逻辑运算开始与左母线连接的上升沿检测		[RST] 复位	线圈接通清除指令	
[LDF] 取脉冲	逻辑运算开始与左母线连接的下降沿检测		[PLS] 上沿脉冲	上升沿微分输出指令	
[AND] 与	串联连接常开触点		[PLF] 下沿脉冲	下降沿微分输出指令	
[ANI] 与非	串联连接常闭触点		[MC] 主控	公共串联点的连接线圈	
[ANDP] 与脉冲	串联连接上升沿检测		[MCR] 主控复位	公共串联点的清除指令	
[ANDF] 与非脉冲	串联连接下降沿检测		[MPS] 进栈	连接点数据入栈	
[OR] 或	并联连接常开触点		[MRD] 读栈	从堆栈读出连接点数据	
[ORI] 或非	并联连接常闭触点		[MPP] 出栈	从堆栈读出数据并复位	
[ORP] 或脉冲	并联连接上升沿检测		[INV] 反转	运算结果取反	
[ORF] 或非脉冲	并联连接下降沿检测		[NOP] 空操作	无动作	变更程序中替代某些指令
[ANB] 电路块与	并联电路块的串联连接		[END] 结束	顺控程序结束	顺控程序结束返回到0步
[ORB] 电路块或	串联电路块的并联连接				

一、FX_{2N}系列可编程控制器基本指令

(一) 逻辑取及线圈驱动指令

1. 指令助记符及功能

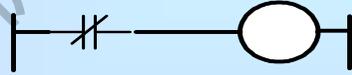
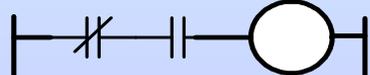
LD、LDI、OUT指令的功能、梯表图表示、操作组件、所占的程序步如表6—26所示。

2. 指令说明

(1) LD、LDI指令可用于将触点与左母线连接。也可以与后面介绍的ANB、ORB指令配合使用于分支起点处。

(2) OUT指令是对输出继电器Y、辅助继电器M、状态继电器S、定时器T、计数器C的线圈进行驱动指令，但不能用于输入继电器。OUT指令可多次并联使用。

表6-26 指令助记符及功能

符号、名称	功能	梯形图表示和可操作组件	程序步
LD 取	逻辑运算开始的常开触点	 X,Y,M,S,T,C	1
LDI取反	逻辑运算开始的常闭触点	 X,Y,M,S,T,C	1
OUT (输出)	线圈驱动指令	 Y,M,S,T,C	Y、M: 1; S, 特M: 2 T: 3; C: 3~5

3. 编程应用

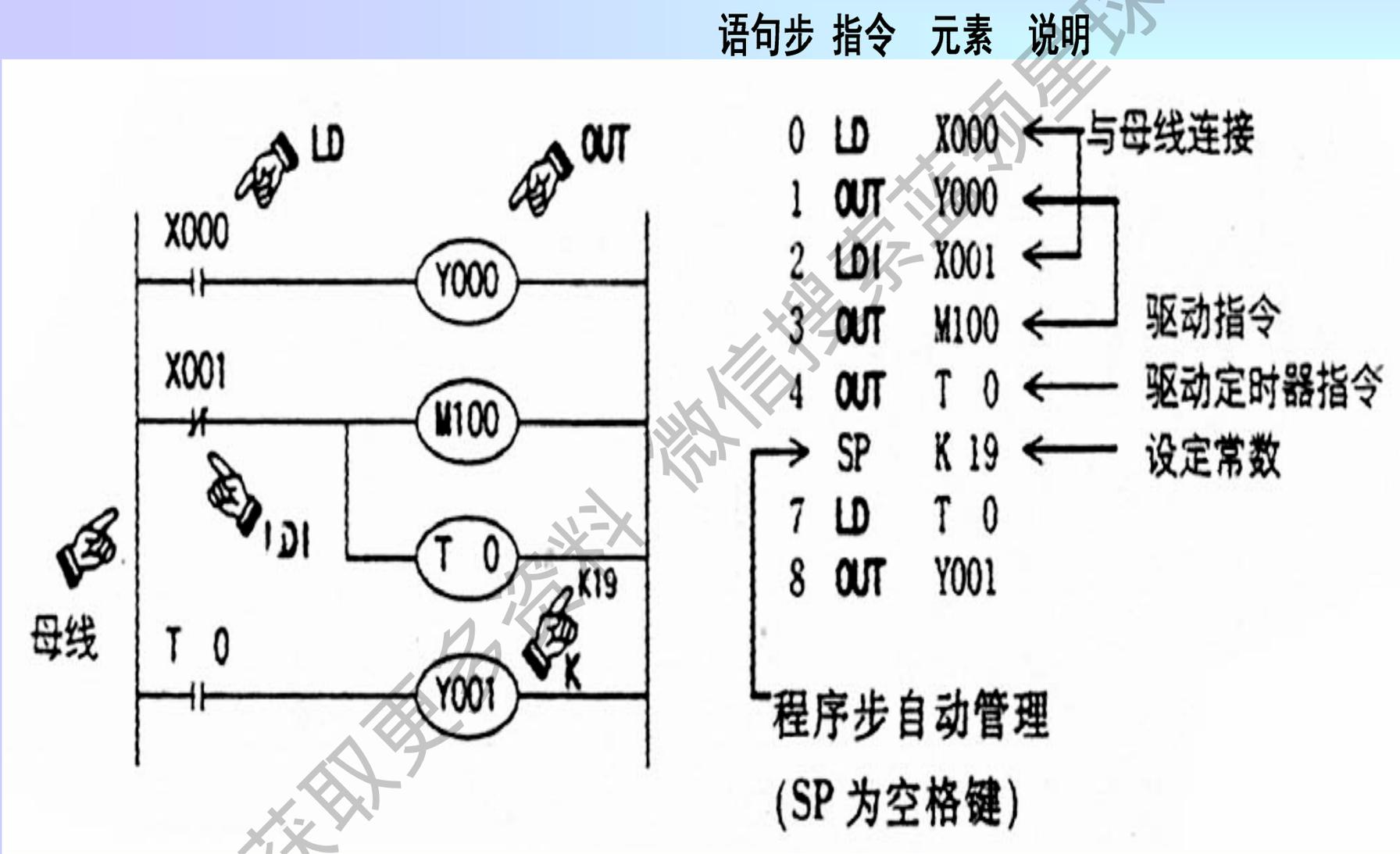


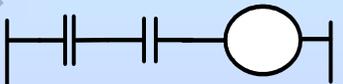
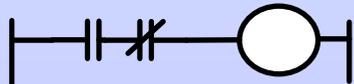
图6-30 LD、LDI、OUT指令的编程应用

(二) 触点串联 (AND、ANI) 指令

1. 指令助记符及功能

AND、ANI指令的功能、梯形图表示、操作组件、所占的程序步如表6-27所示

表6-27 触点串联指令助记符及功能

符号、名称	功能	梯形图表示和可操作组件	程序步
AND 与	常开触点串联连接	 X、Y、M、S、T、C	1
ANI 与非 (And Inverse)	常闭触点串联连接	 X、Y、M、S、T、C	1

2. 指令说明

(1) AND、ANI指令为单个触点的串联连接指令。AND用于常开触点。ANI用于常闭触点。串联触点的数量不受限制。

(2) OUT指令后，可以通过触点对其它线圈使用OUT指令，称之为纵接输出或连续输出。例如，图6-31中就是在OUT M101之后，通过触点T1，对Y004线圈使用OUT指令，这种纵接输出，只要顺序正确可多次重复。但限于图形编程器的限制。应尽量做到一行不超过10个接点及一个线圈，总共不要超过24行。

3. 编程应用

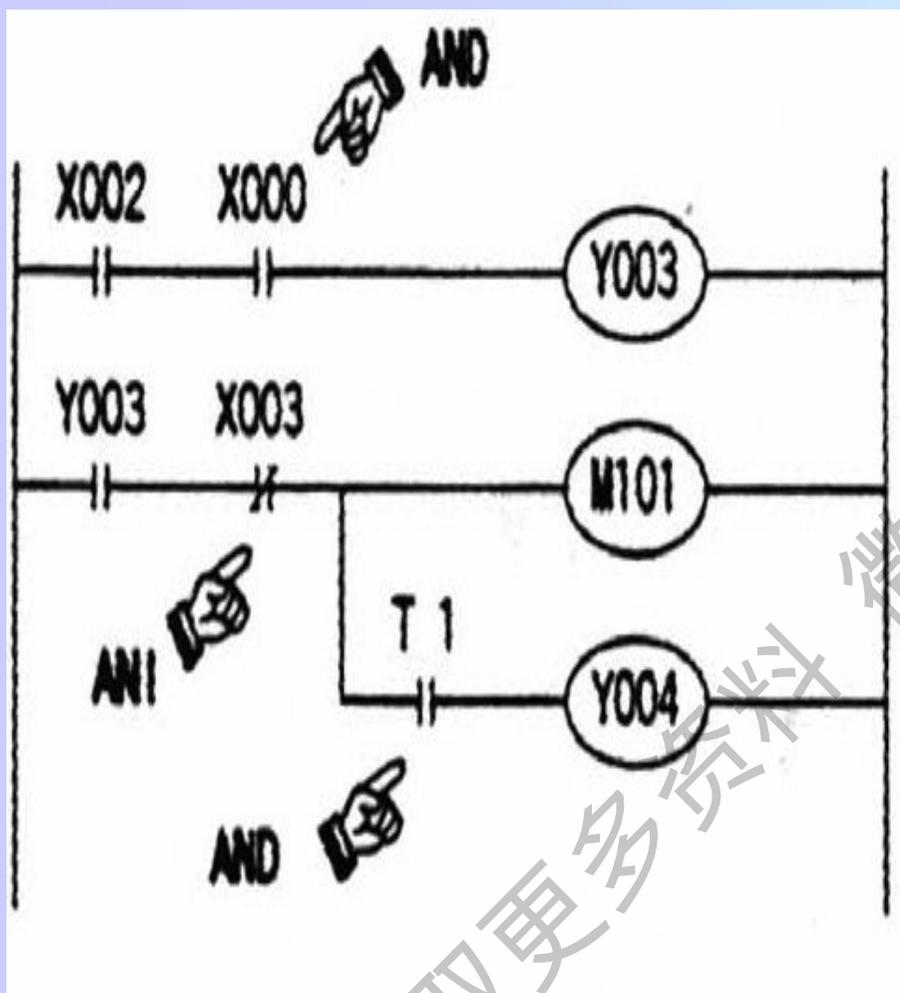


图6-31 AND、ANI指令的应用*

语句步	指令	元素	说明
0	LD	X002	
1	AND	X000	串联触点
2	OUT	Y003	
3	LD	Y003	
4	ANI	X003	串联触点
5	OUT	M101	
6	AND	T1	串联触点
7	OUT	Y004	纵接输出

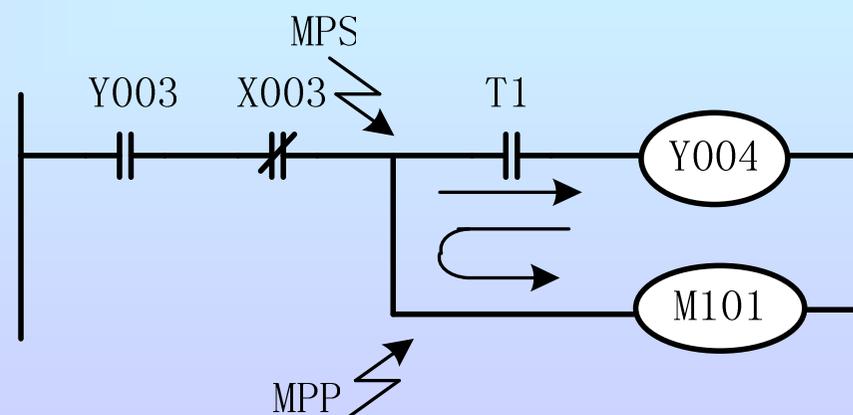


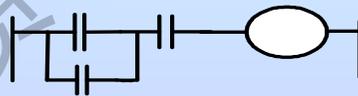
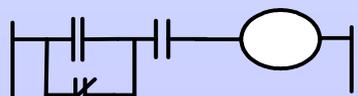
图6-32 MPS、MPP指令的关系*

（三）触点并联（OR、ORI）指令

1. 指令助记符及功能

OR、ORI指令的功能、梯形图表示、操作组件等如表6—28所示。

表6—28 触点并联指令助记符及功能

符号、名称	功能	梯形图表示和可操作组件	程序步
OR 或	常开触点并联连接	 X、Y、M、S、T、C	1
ORI 或非 Or Inverse	常闭触点并联连接	 X、Y、M、S、T、C	1

2. 指令说明

(1) OR、ORI指令是单个触点的并联连接指令。OR为常开触点的并联，ORI为常闭触点的并联。

(2) 与LD、LDI指令触点并联的触点要使用OR或ORI指令，并联触点的个数没有限制，但限于编程器和打印机的幅面限制，尽量做到24行以下。

(3) 若两个以上触点的串联支路与其它回路并联时，应采用后面介绍的电路块或（ORB）指令。

3. 编程

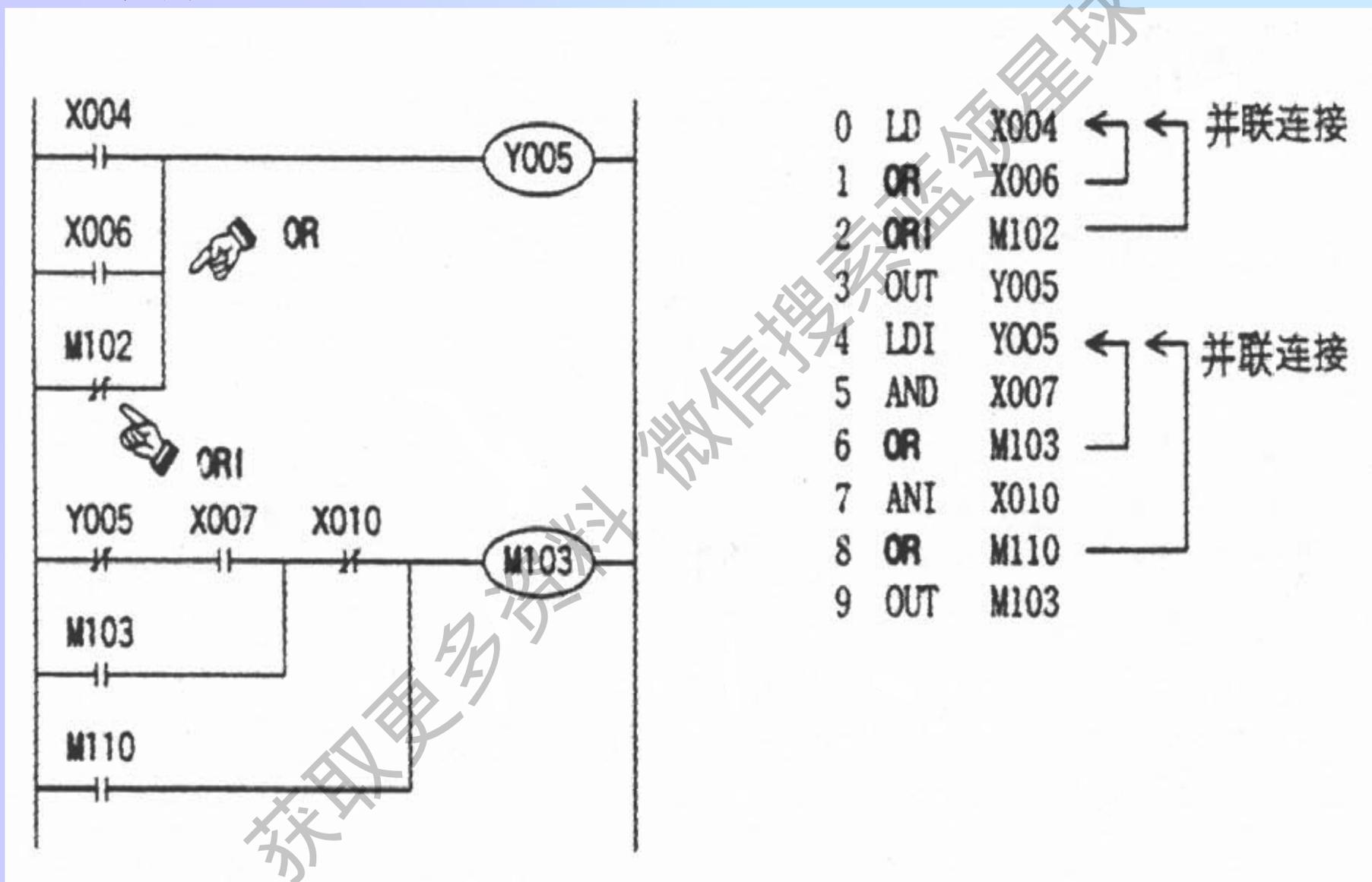


图6-33 OR、ORI指令的使用应用

（四）脉冲指令

1. 指令助记符及功能

脉冲指令的助记符及功能、梯形图表示和可操作组件等如表6-29所示。

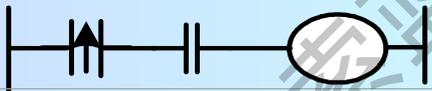
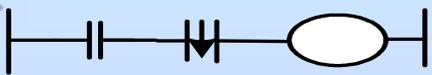
2. 指令说明

（1）LDP, ANDP, ORP指令是进行上升沿检测的触点指令，仅在指定位软组件由OFF→ON上升沿变化时，使驱动的线圈接通1个扫描周期。

（2）LDF, ANDF, ORF指令是进行下降沿检测的触点指令，仅在指定位软组件由ON→OFF下降沿变化时，使驱动的线圈接通1个扫描周期。

（3）利用取脉冲指令驱动线圈和用脉冲指令驱动线圈（后面介绍），具有同样的动作效果。

表6-29 脉冲指令助记符及功能

指令助记符、名称	功能	梯形图表示和可操作软组件	程序步
LDP 取脉冲	上升沿检测 运算开始	 X, Y, M, S, T, C	1
LDF 取脉冲	下降沿检测 运算开始	 X, Y, M, S, T, C	1
ANDP 与脉冲	上升沿检测 串联连接	 X, Y, M, S, T, C	1
ANDF 与脉冲	下降沿检测 串联连接	 X, Y, M, S, T, C	1
ORP 或脉冲	上升沿检测 并联连接	 X, Y, M, S, T, C	1
ORF 或脉冲	下降沿检测 并联连接	 X, Y, M, S, T, C	1

如图6-34所示，两种梯形图都在X010由OFF→ON变化时，使M 6接通一个扫描周期。

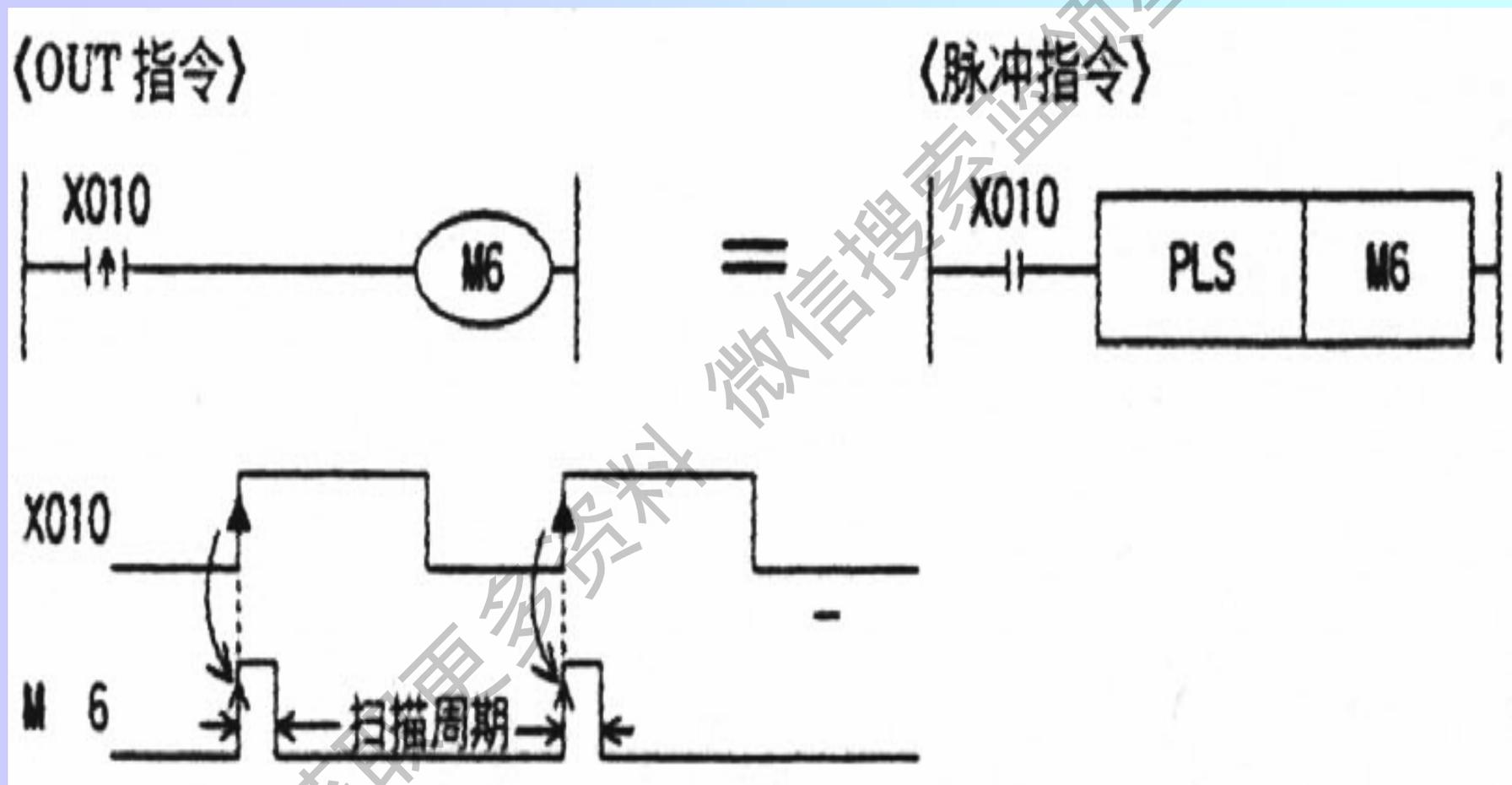


图6-34 两种梯形图具有同样的动作效果

同样，图6-35两个梯形图也具有同样的动作效果。两种梯形图都在X010由OFF→ON变化时，只执行一次传送指令MOV。

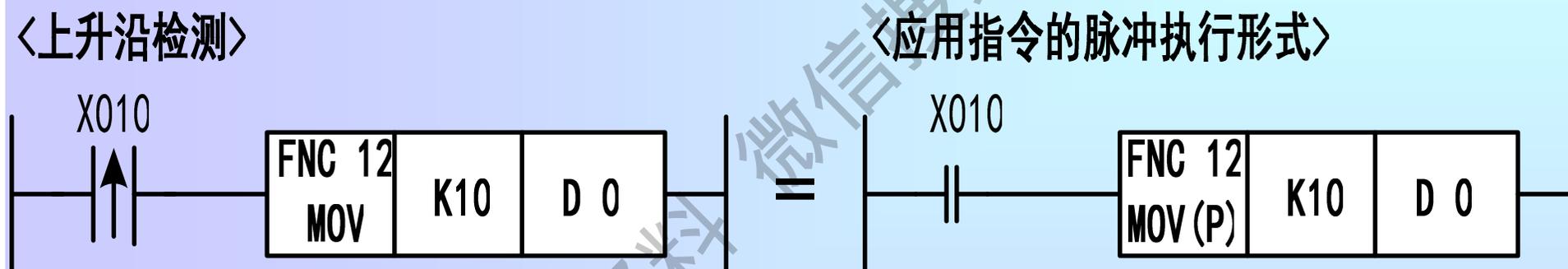


图6-35 两种取指令均在OFF→ON变化时，执行一次MOV指令

3. 编程应用

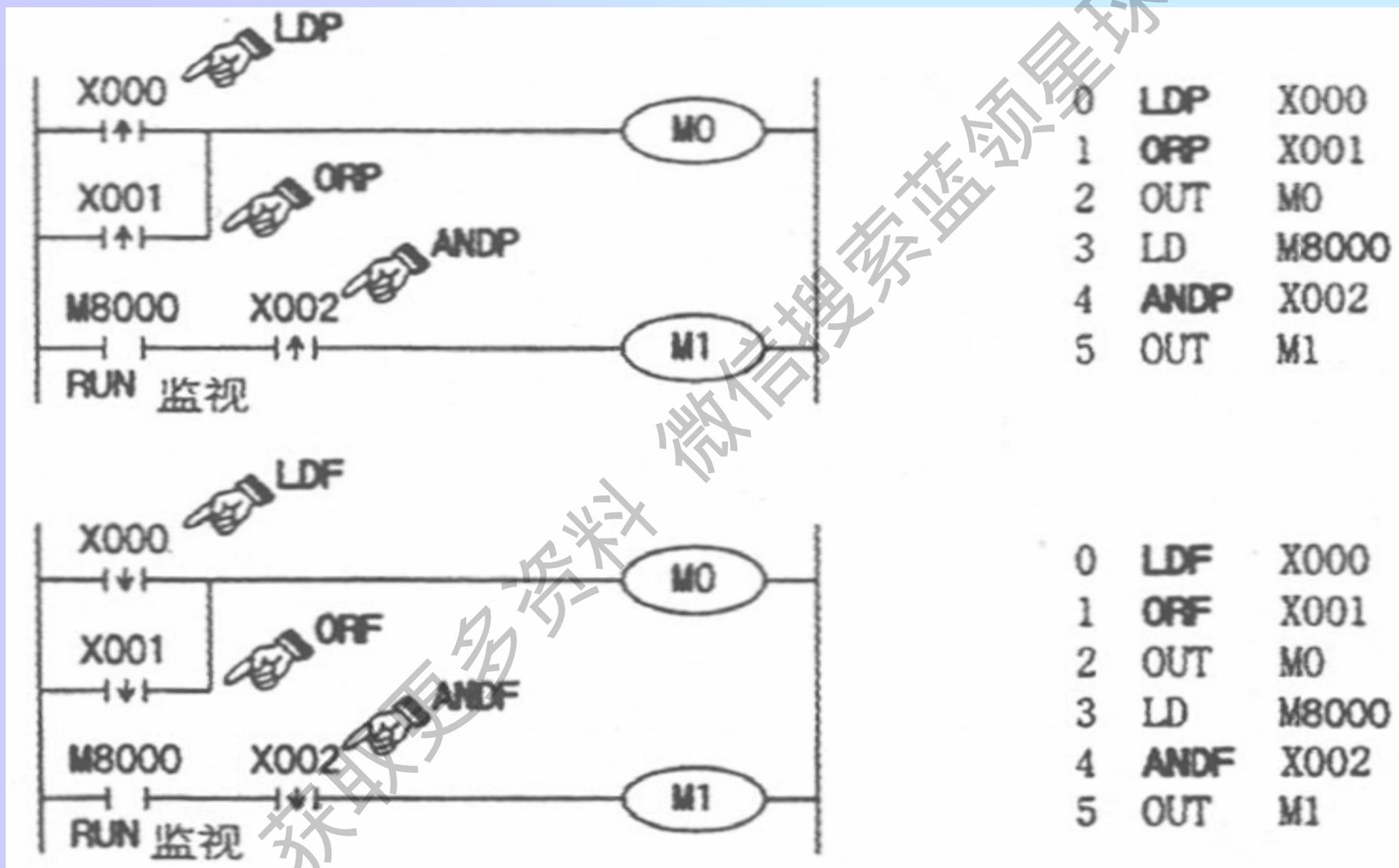
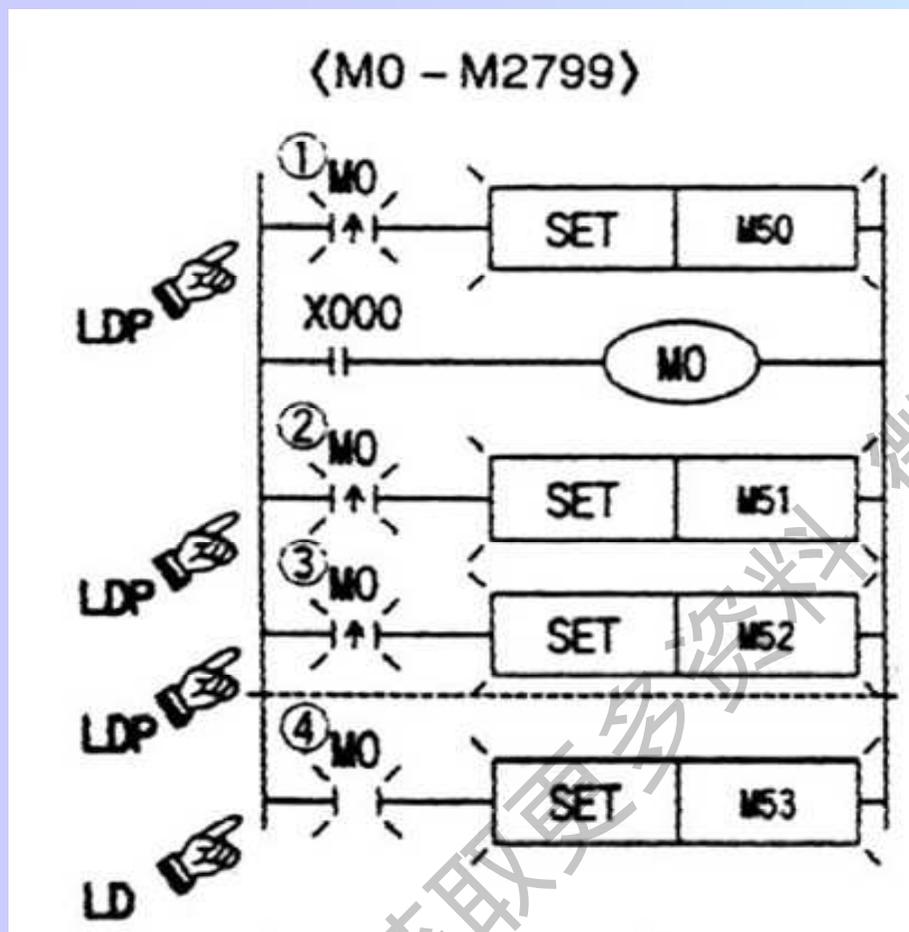
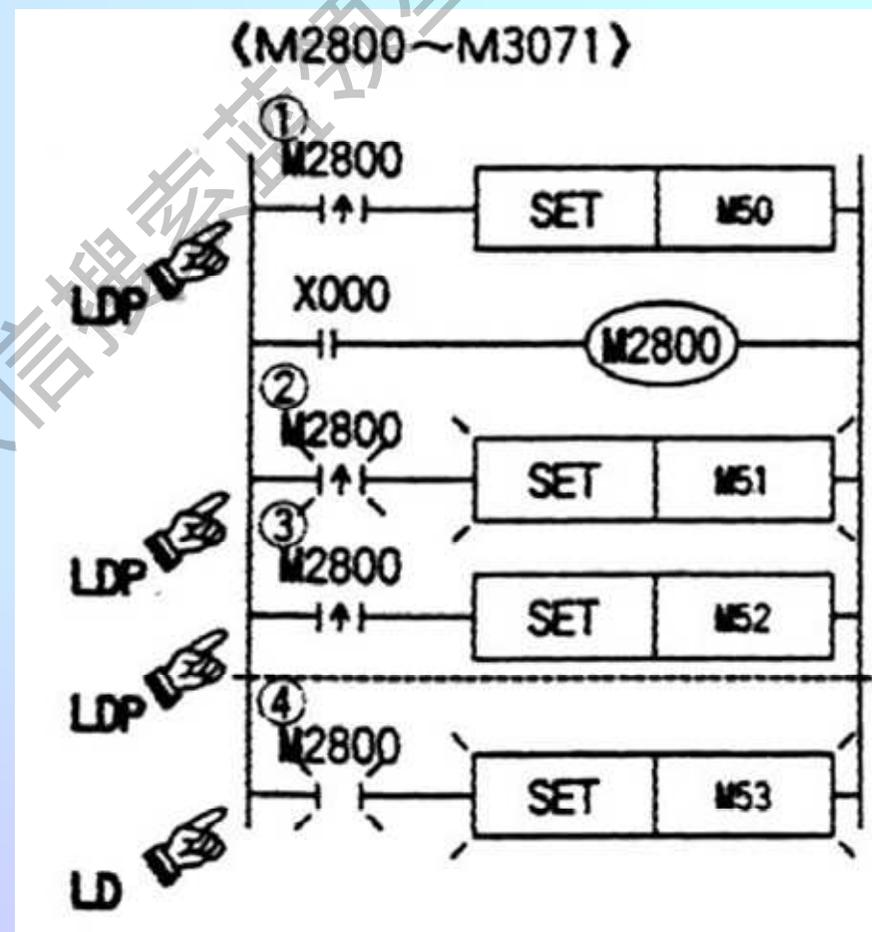


图6-36 脉冲检测指令的编程应用

4. 脉冲检测指令对辅助继电器地址号不同范围造成的动作差异



(a)



(b)

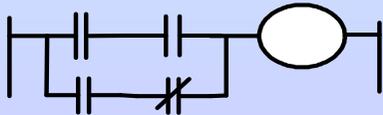
图6-37 脉冲沿检测指令驱动辅助继电器不同地址号范围所造成的动作差异*

（五）串联电路块的并联（ORB）指令

1. 指令助记符及功能

ORB指令的功能、梯形图表示、操作组件、程序步如表6—30所示。

表6—30 电路块或指令助记符与功能

符号、名称	功能	梯形图表示及操作组件	程序步
ORB（电路块或）	串联电路块的并联连接	 <p>操作组件：无</p>	1

2. 指令说明

- (1) **ORB**指令是不带软组件地址号的指令。两个以上触点串联连接的支路称为串联电路块，将串联电路块再并联连接时，分支开始用**LD**、**LDI**指令表示，分支结束用**ORB**指令表示。
- (2) 有多条串联电路块并联时，可对每个电路块使用**ORB**指令，对并联电路数没有限制。
- (3) 对多条串联电路块并联电路，也可成批使用**ORB**指令，但考虑到**LD**、**LDI**指令的重复使用限制在8次，因此**ORB**指令的连续使用次数也应限制在8次。

3.编程应用

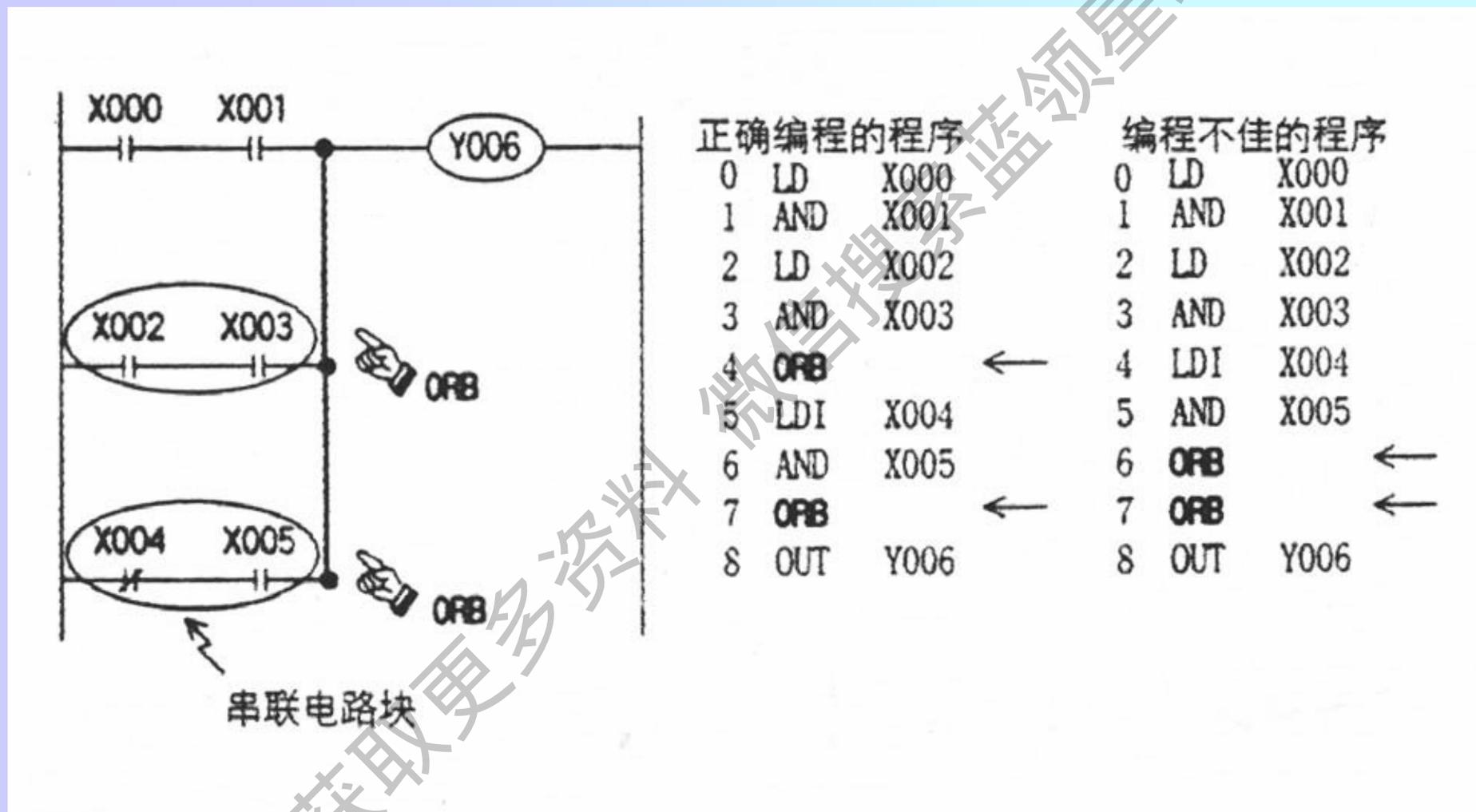


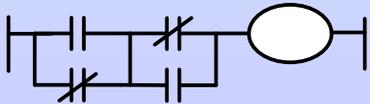
图6-38 串联电路块并联指令应用

（六）并联电路块的串联（ANB）指令

1. 指令助记符及功能

ANB指令的功能、梯形图表示、操作组件和程序如表6—31所示。

表6-31 并联电路块串联指令助记符及功能

符号、名称	功能	梯形图表示及操作组件	程序步
ANB（电路块与）	并联电路块的串联连接	 操作组件：元	1

2. 指令说明

- (1) ANB指令是不带操作组件编号的指令。两个或两个以上触点并联连接的电路称为并联电路块。当分支电路并联电路块与前面的电路串联连接时，使用ANB指令。分支起点用LD、LDI指令，并联电路块结束后使用ANB指令，表示与前面的电路串联。
- (2) 若多个并联电路块按顺序和前面的电路串联连接时，则ANB指令的使用次数没有限制。
- (3) 对多个并联电路块串联时，ANB指令可以集中成批地使用，但在这种场合，与ORB指令一样，LD、LDI指令的使用次数只能限制在8次以内，ANB指令成批使用次数也应限制在8次。

3. 编程应用

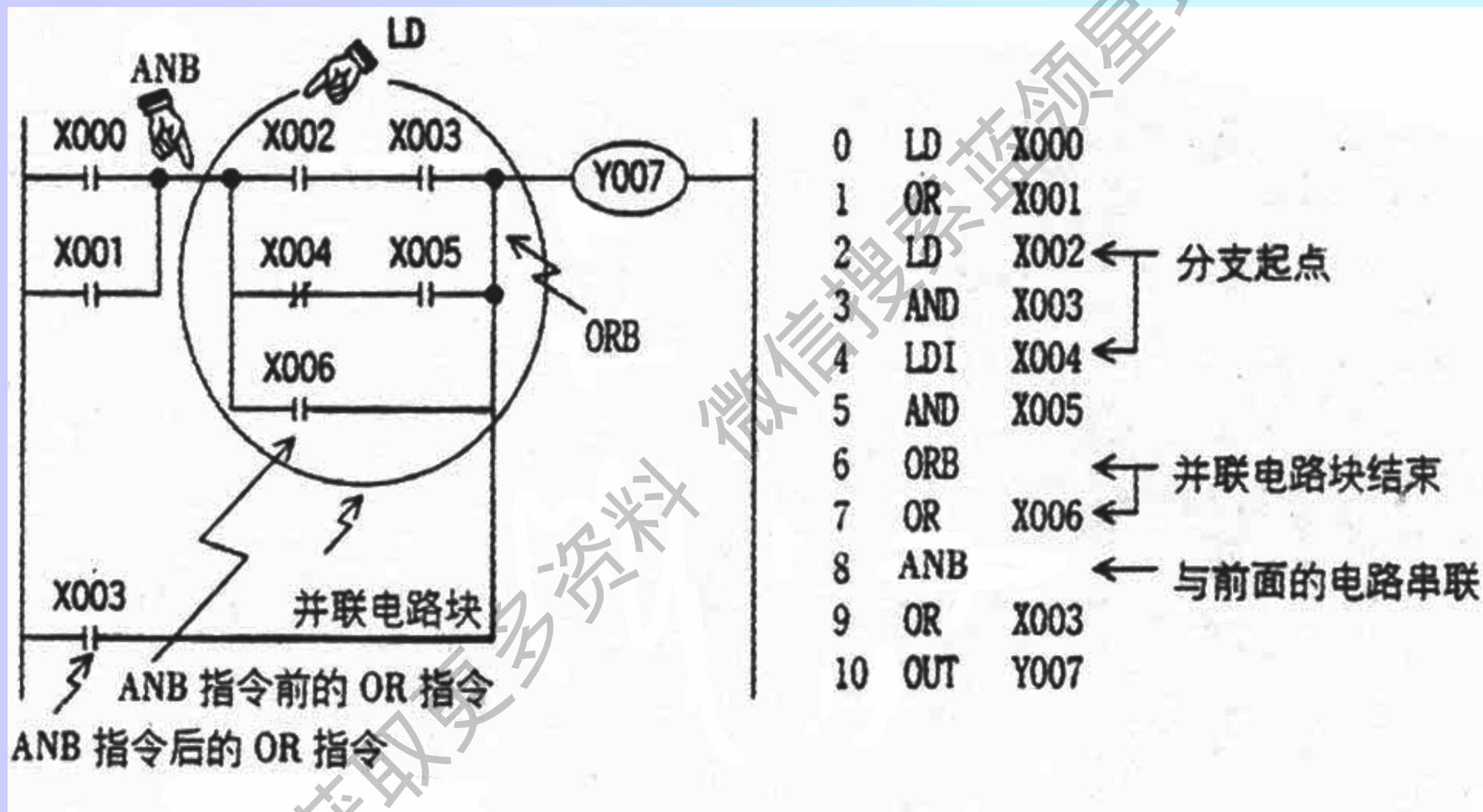


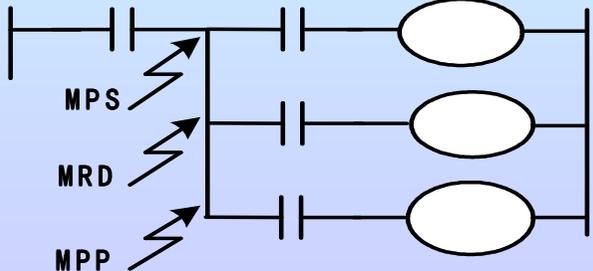
图6-39 并联电路块串联指令应用程序

(七) 栈操作 (MPS / MRD / MPP) 指令

1. 指令助记符及功能

MPS、MRD、MPP指令功能、梯形图表示、操作组件和程序步如表6—32所示

表6—32 栈指令助记符及功能

指令助记符、名称	功能	电路表示及操作组件	程序步
MPS (Push) 进栈	将连接点数据入栈		1
MRD (Read) 读栈	读栈存储器栈顶数据		1
MPP (Pop) 出栈	取出栈存储器栈顶数据		无操作组件

2. 指令说明

(1) 这组指令分别为进栈、读栈、出栈指令，用于分支多重输出电路中将连接点数据先存储，便于连接后面电路时读出或取出该数据。在FX_{2N}系列PLC中有11个用来存储运算中间结果的存储区域，称为栈存储器。栈指令操作如图6-40，由图可知，使用一次MPS指令，便将此刻的中间运算结果送入堆栈的第一层，而将原存在堆栈第一层的数据移往堆栈的下一层。

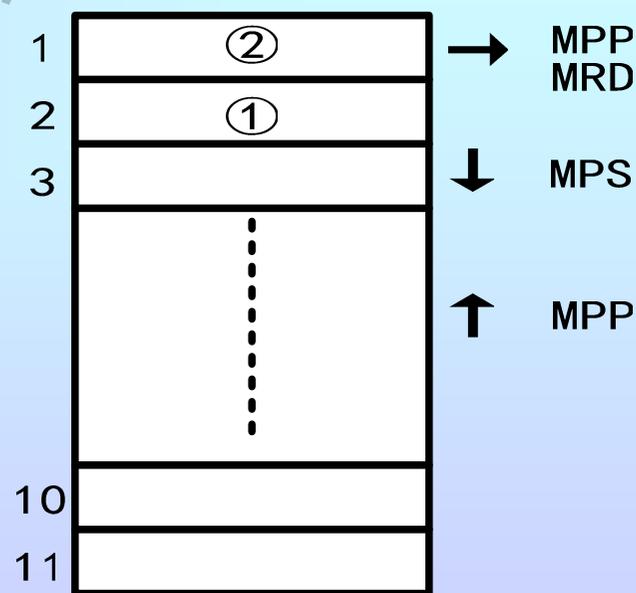


图6-40栈存储器

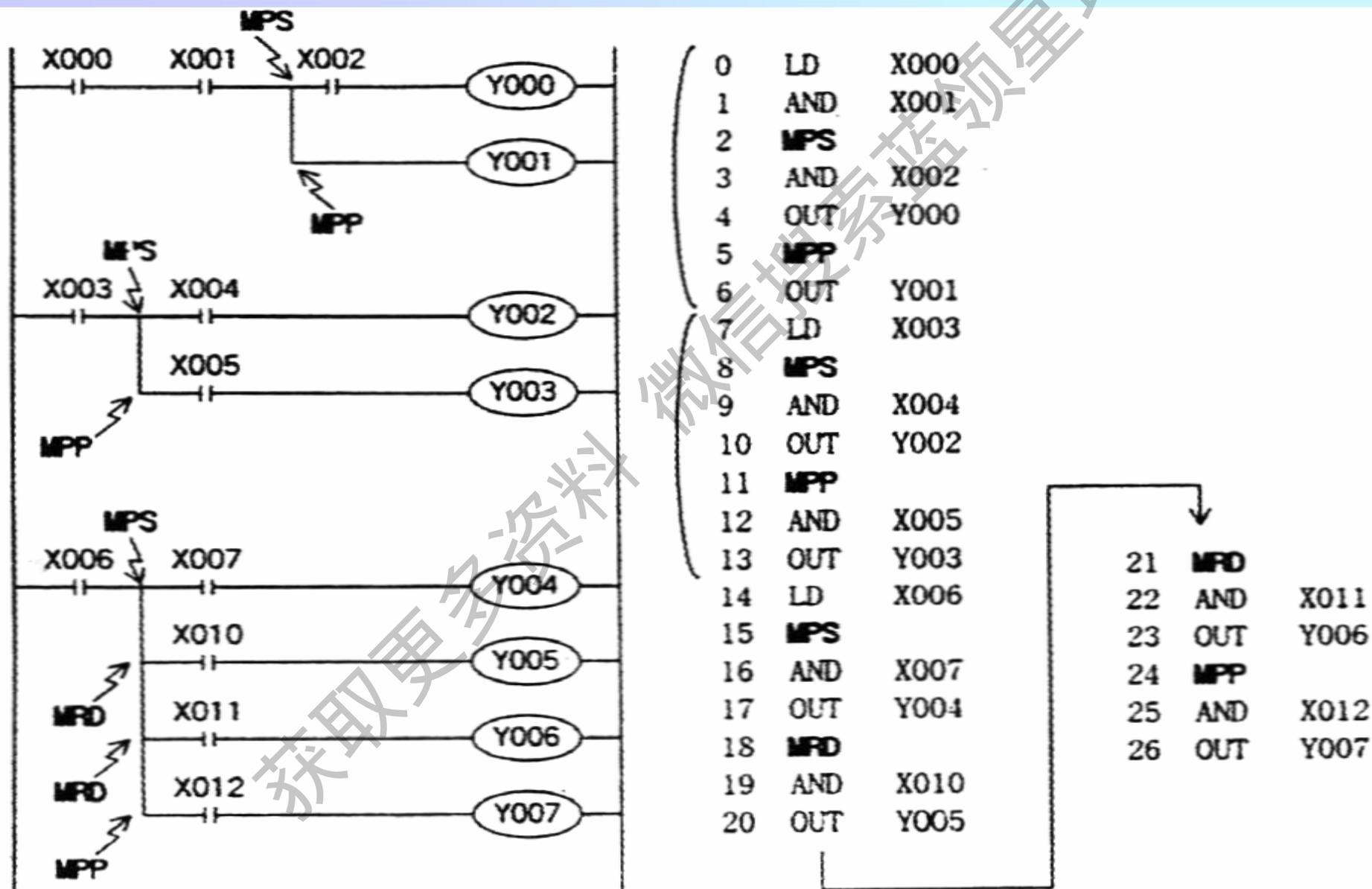
MRD指令是读出栈存储器最上层的最新数据，此时堆栈内的数据不移动。可对分支多重输出电路多次使用，但分支多重输出电路不能超过24行。

使用MPP指令，栈存储器最上层的数据被读出，各数据顺次向上一层移动。读出的数据从堆栈内消失。

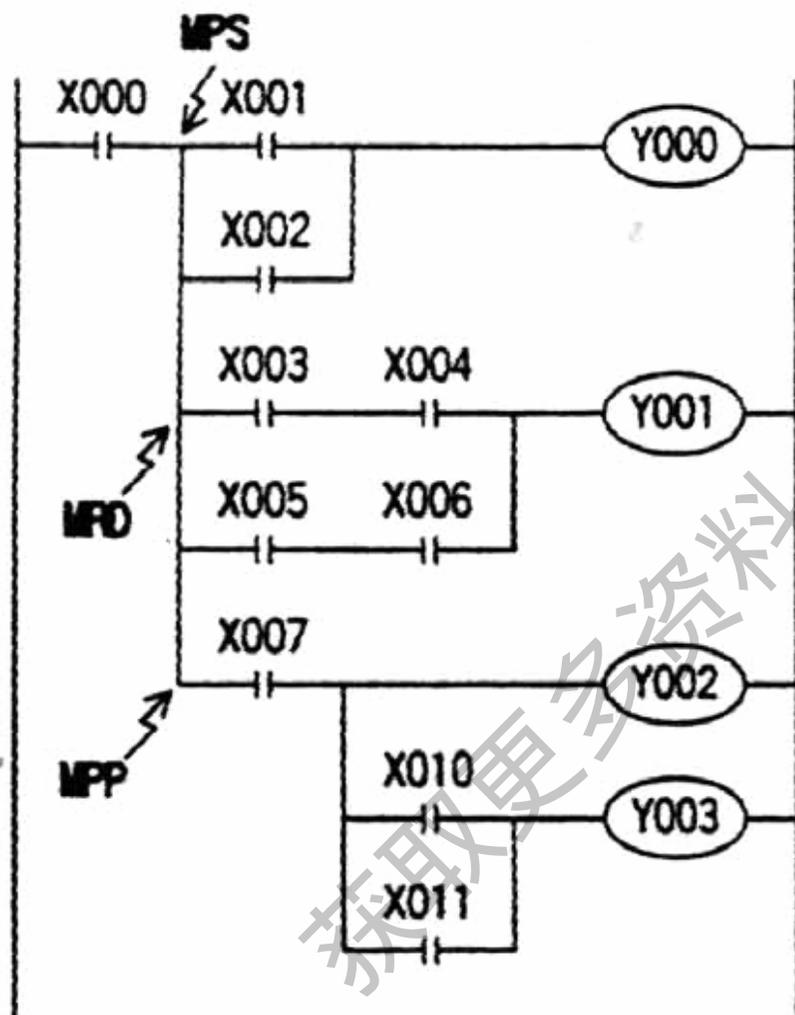
- (3) MPS、MRD、MPP指令都是不带软组件的指令。
- (4) MPS和MPP必须成对使用，而且连续使用应少于11次。

PLC WORLD 3. 编程应用

【例1】一层堆栈，如图6-41。



【例2】 一层堆栈，并用ANB、ORB指令，如图6—42。



```

0  LD  X000
1  MPS
2  LD  X001
3  OR  X002
4  ANB
5  OUT Y000
6  MPP
7  LD  X003
8  AND X004
9  LD  X005
10 AND X006
11 ORB

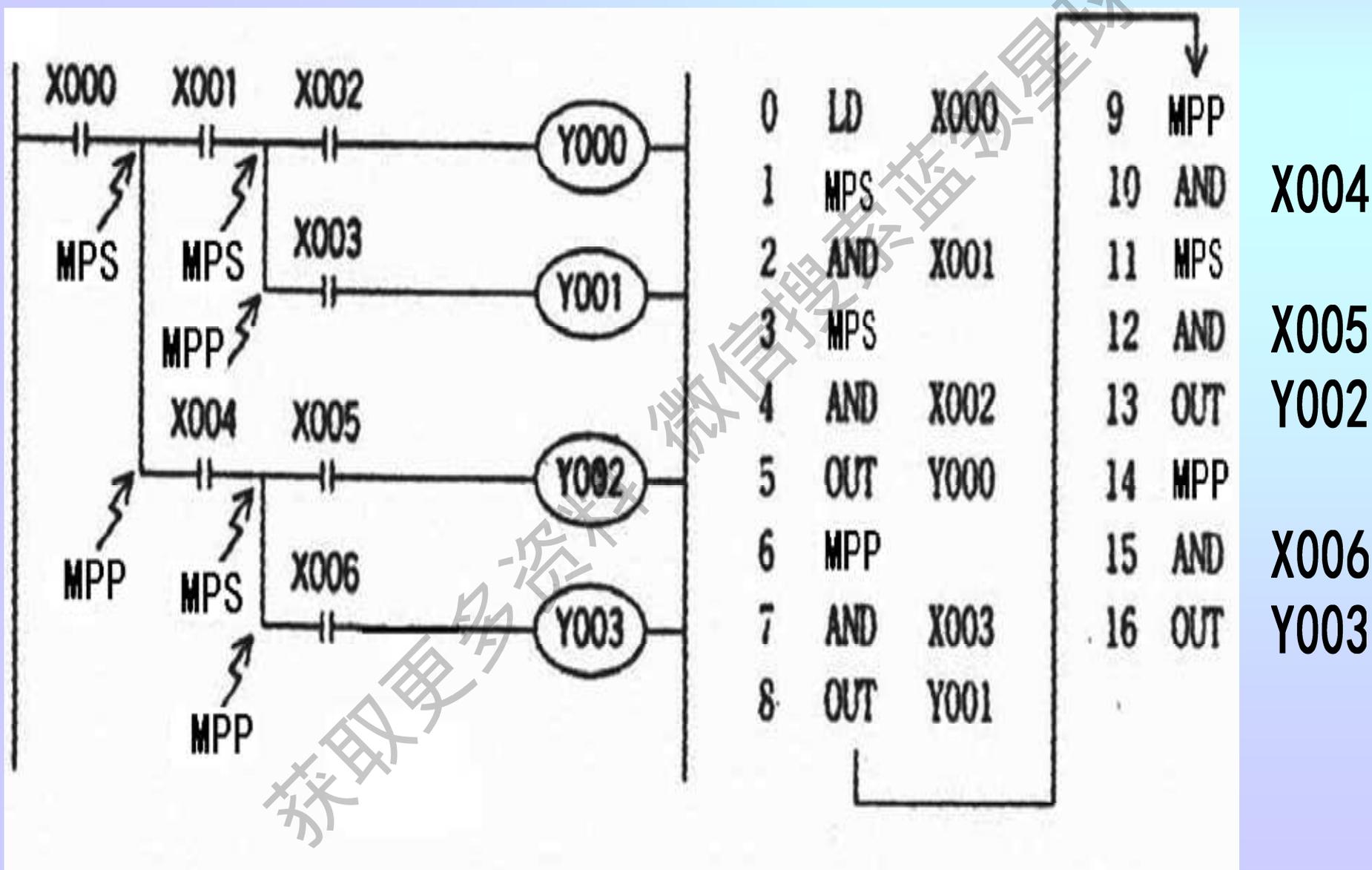
```

```

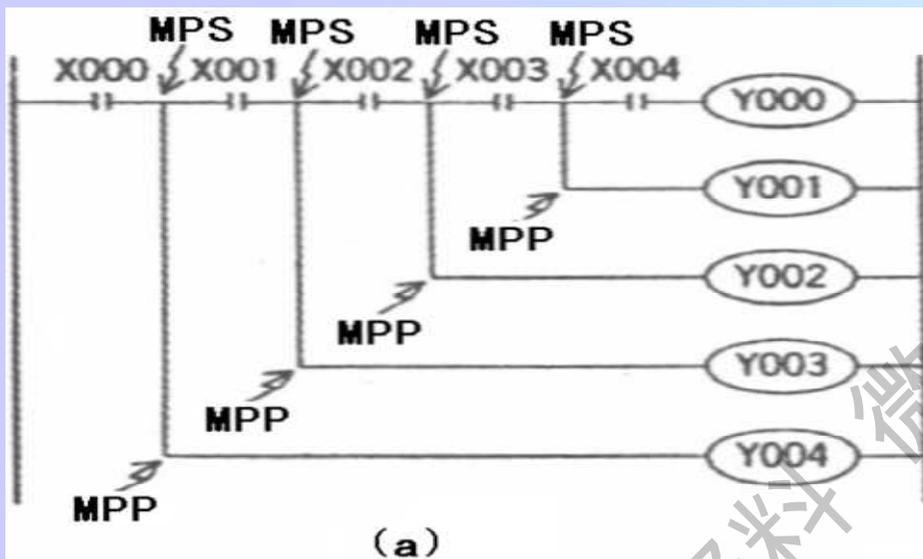
12 ANB
13 OUT Y001
14 MPP
15 AND X007
16 OUT Y002
17 LD  X010
18 OR  X011
19 ANB
20 OUT Y003

```

【例3】 二层堆栈程序，如图6-43所示。



【例4】图6-44 四层堆栈及程序的改进四层堆栈程序如图6-44 (a),也可以将梯形图 (a) 改变成图 (b) 所示,就可不必使用堆栈指令。



```

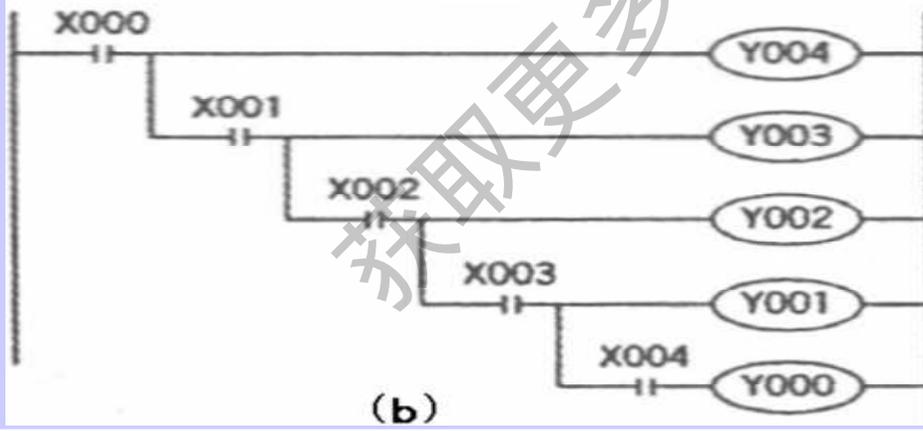
0 LD X000
1 MPS
2 AND X001
3 MPS
4 AND X002
5 MPS
6 AND X003
7 MPS
8 AND X004

```

```

9 OUT Y000
10 MPP
11 OUT Y001
12 MPP
13 OUT Y002
14 MPP
15 OUT Y003
16 MPP
17 OUT Y004

```



```

LD X000
OUT Y004
AND X001
OUT Y003
AND X002
OUT Y002
AND X003
OUT Y001
AND X004
OUT Y000

```

(八) 主控触点 (MC / MCR) 指令

1. 指令助记符及功能

MC、MCR指令功能、梯形图表示、操作组件、程序步如表6—33所示。

表6—33 主控指令助记符及功能

符号、名称	功能	梯形图表示及操作组件	程序步
MC (主控) (Master Control)	主控电路块起点	<p>除了特殊辅助继电器M</p>	3
MCR (主控复位)	主控电路块终点		2

2. 指令说明

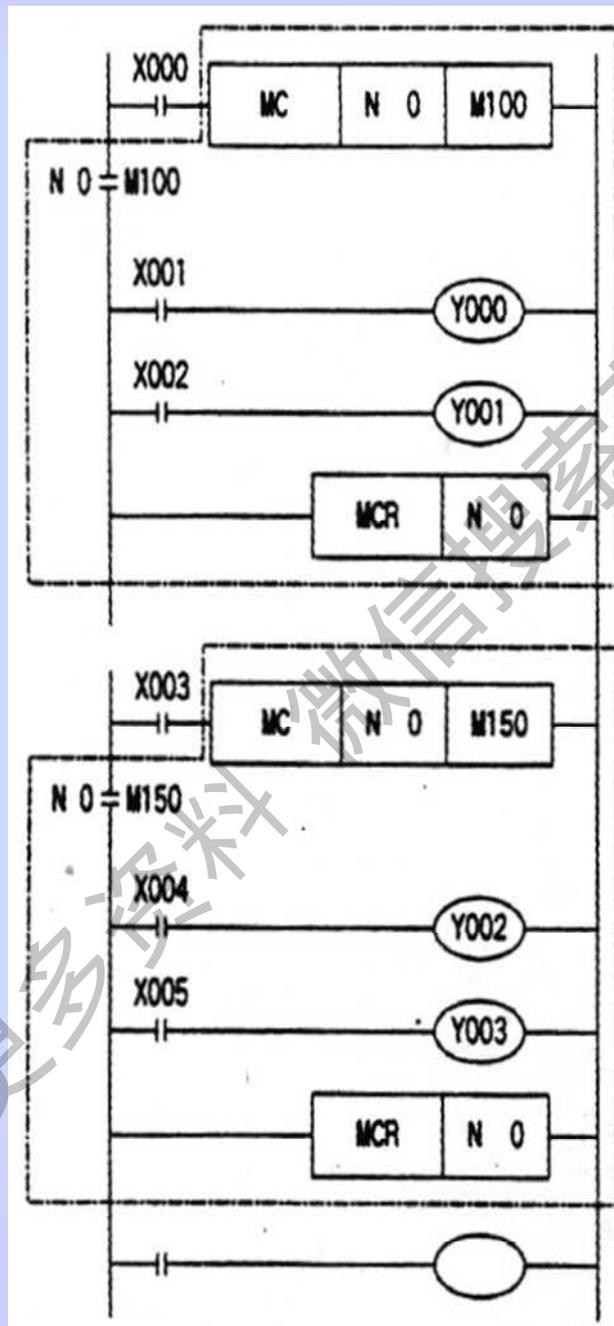
(1) MC为主控指令，用于公共串联触点的连接，MCR为主控复位指令，即MC的复位指令。

主控触点可以解决编程时，经常遇到多个线圈同时受一个或一组控制。若在每个线圈的控制电路中都串入同样的触点，将多占存储单元的问题。

主控指令控制的操作组件的常开触点要与主控指令后的母线垂直串联连接，是控制一组梯形图电路的总开关。当主控指令控制的操作组件的常开触点闭合时，激活所控制的一组梯形图电路。如图6-45所示。

【例1】无嵌套结构的主控指令MC/MCR编程应用，如图6-45

所示。图中上、下两个主控指令程序中，均采用相同的嵌套级N0。



```

0  LD    X000
1  MC    N0 M100
2  SP    M100
3  )     3步指令
4  LD    X001
5  OUT   Y000
6  LD    X002
7  OUT   Y001
8  MCR   N0 ← 2步指令
    
```

← 返回母线 (N0为嵌套级号)

← 在没有嵌套结构时，可以全部用N0编程，N0的使用次数没有限制。

(2) 在图6-45中，若输入X000接通，则执行MC至MCR之间的梯形图电路的指令。若输入X000断开，则跳过主控指令控制的梯形图电路，这时MC/MCR之间的梯形图电路根据软组件性质不同有以下两种状态：

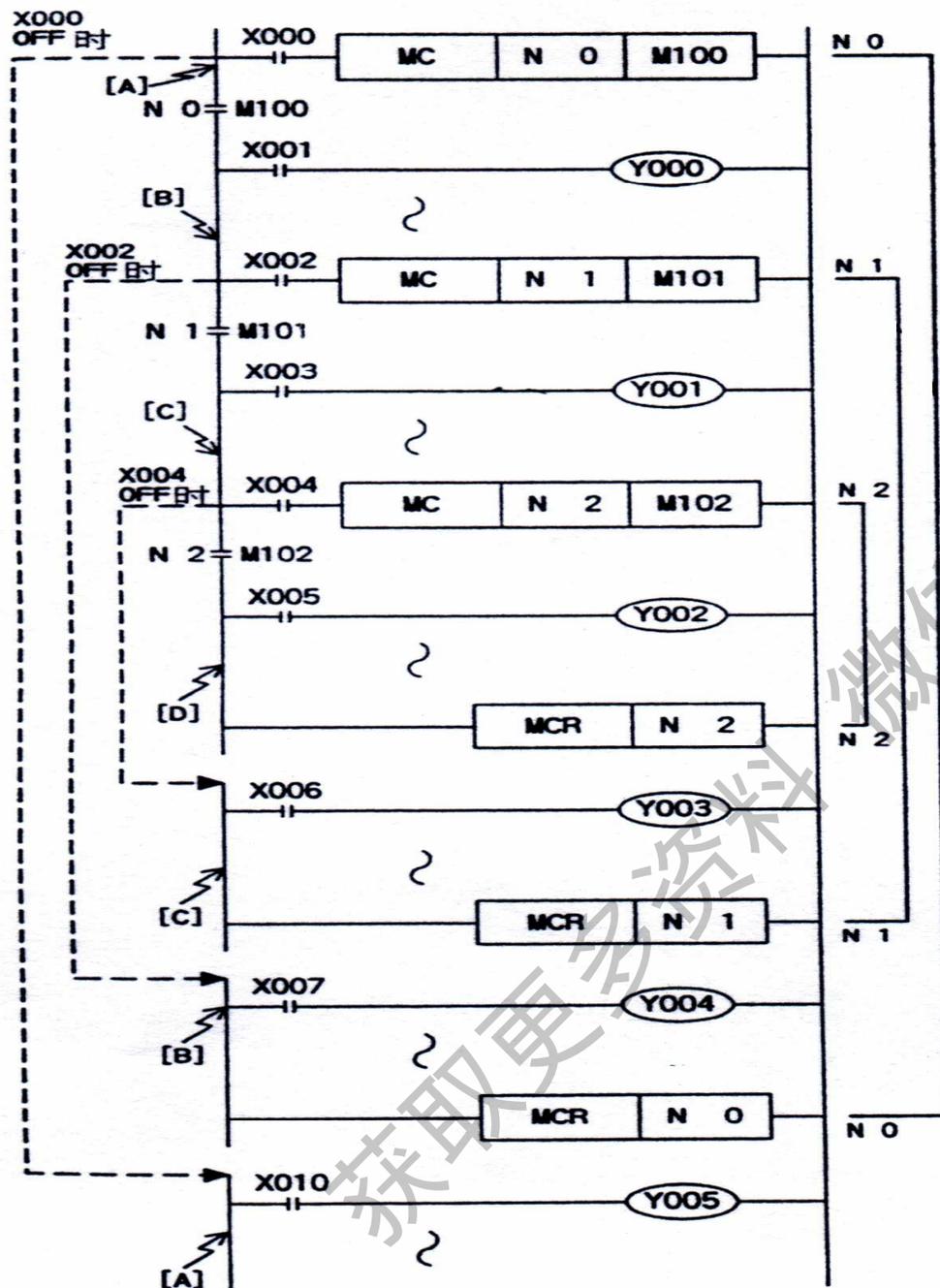
 积算定时器、计数器、置位/复位指令驱动的软组件保持断开前状态不变；

 非积算定时器、OUT指令驱动的软组件均变为OFF状态。

(3) 主控（MC）指令母线后接的所有起始触点均以LD/LDI指令开始，最后由MCR指令返回到主控（MC）指令后的母线，向下继续执行新的程序。

- (4) 在没有嵌套结构的多个主控指令程序中，可以都用嵌套级号N0来编程，N0的使用次数不受限制（见编程应用中的例1）。
- (5) 通过更改 M_i 的地址号，可以多次使用MC指令，形成多个嵌套级，嵌套级 N_i 的编号由小到大。返回时通过MCR指令，从大的嵌套级开始逐级返回（见编程应用中的例2）。

【例2】有嵌套结构的主控指令MC/ MCR编程应用，如图6-46所示。

**级 NO**

母线 B 在 X000 为 ON 时, 成为激活状态。

级 N1

母线 C 在 X000, X002 均为 ON 时成为激活状态。

级 N2

母线 D 在 X000, X002, X004 均为 ON 时成为激活状态。

级 N1

根据 MCR N2, 母线返回 C 的状态。

级 NO

根据 MCR N1, 母线返回 B 的状态。

初始状态

根据 MCR N0, 母线返回最初的 A 状态。

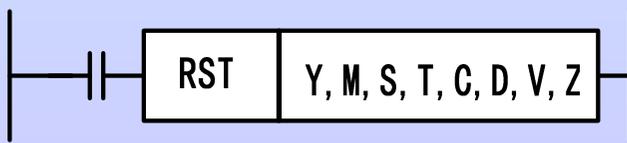
因此, Y005 的 NO/OFF 只取决于 X010 的 ON/OFF, 与 X000、X002、X004 无关。

(九) 置位/复位 (SET / RST) 指令

1. 指令助记符及功能

SET、RST指令的功能、梯形图表示、操作组件和程序步如表6—34所示。

表6—34 置位/复位指令助记符及功能

符号、名称	功能	梯形图表示及可操作的组件	程序步
SET (置位)	线圈接通保持指令		Y、M: 1 S、特M: 2 T、C: 2 D、V、Z、特 D: 3
RST (复位)	线圈接通清除指令		

2. 指令说明

- (1) SET为置位指令，使线圈接通保持（置1）。RST为复位指令，使线圈断开复位（置0）。
- (2) 对同一软组件，SET，RST可多次使用，不限制使用次数，但最后执行者有效。
- (3) 对数据寄存器D、变址寄存器V、Z的内容清零，既可以用RST指令，也可以用常数K0经传送指令清零，效果相同。RST指令也可以用于积算定时器T246~T255和计数器C的当前值的复位和触点复位。

3. 编程应用

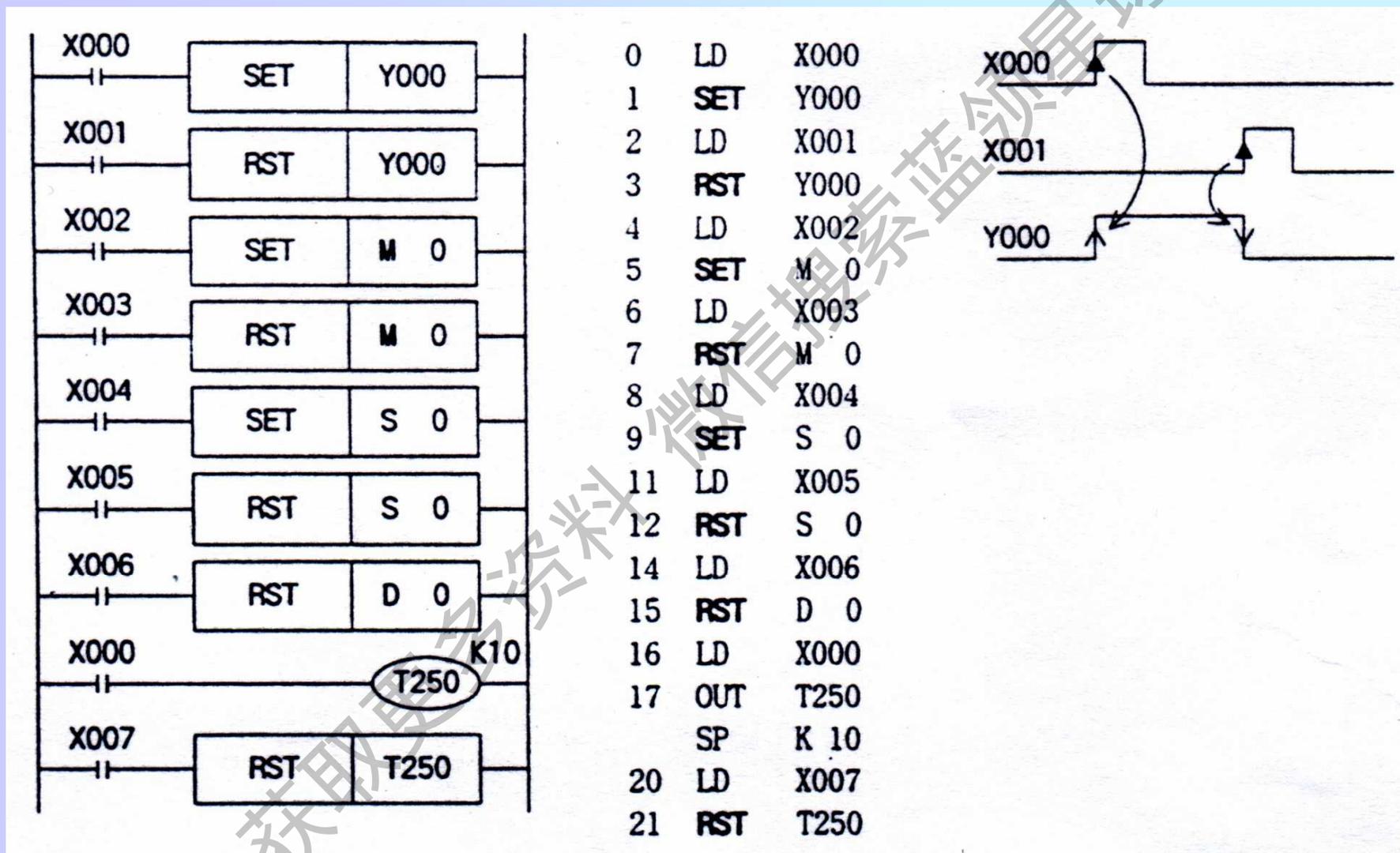


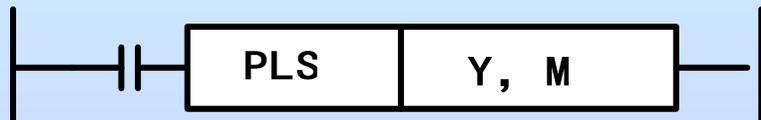
图6-47 SET/RST指令的编程应用

（十）微分脉冲输出（PLS / PLF）指令

1. 指令助记符及功能

PLS、PLF指令的功能、梯形图表示、操作组件程序步如表6—35所示。

表6—35 指令助记符及功能

符号、名称	功能	电路表示及可操作组件	程序步
PLS（上沿脉冲）	上升沿微分输出		2
PLF(下沿脉冲)	下降沿微分输出	 <p>特M除外</p>	2

2. 指令说明

- (1) PLS、PLF为微分脉冲输出指令。PLS指令使操作组件在输入信号上升沿时产生一个扫描周期的脉冲输出。PLF指令则使操作组件在输入信号下降沿产生一个扫描周期的脉冲输出。
- (2) 在图6-48程序的时序图中可以看出，PLS、PLF指令可以将输入组件的脉宽较宽的输入信号变成脉宽等于可编过程控制器的扫描周期的触发脉冲信号，相当于对输入信号进行了微分。

3. 编程应用

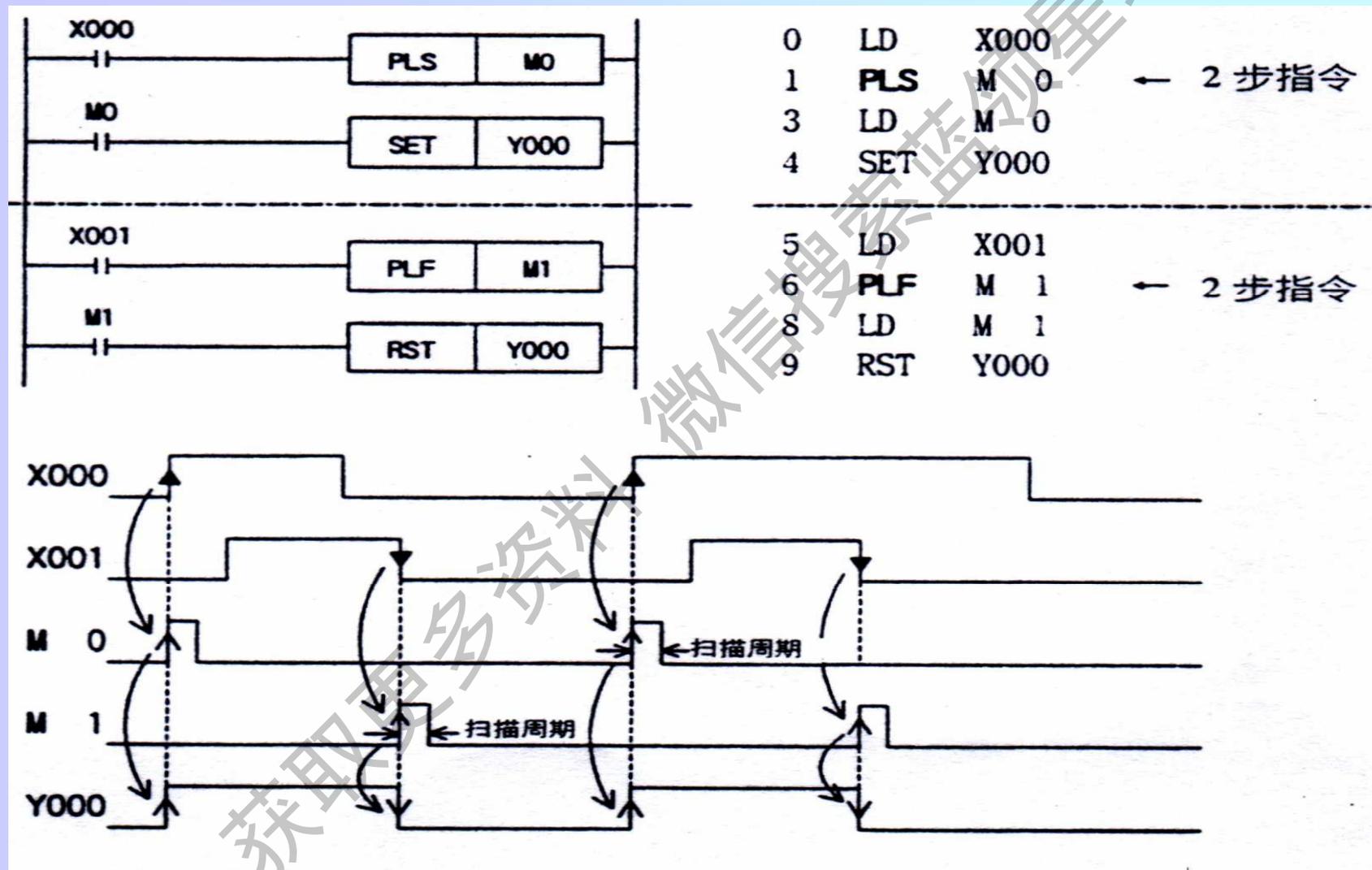


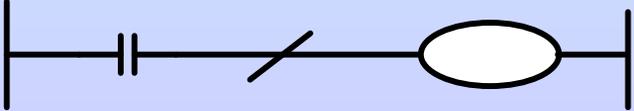
图6-48 PLS/PLF指令的编程应用

（十一）取反（INV）指令

1. 指令助记符及功能

INV指令的功能、梯形图表示、操作组件和程序步如表6—36所示。

表6-36 指令助记符及功能

符号、名称	功能	梯形图表示及可操作组件	程序步
INV（取反）	运算结果取反操作	 <p>无操作软元件</p>	1

2. 指令说明

(1) INV指令是将执行INV指令的运算结果取反后，如图6-49所示，不需要指定软组件的地址号。

执行INV前的运算结果	执行INV后的运算结果
OFF	ON
ON	OFF

图6-49 INV指令操作示意图

(2) 使用INV指令编程时，可以在AND或ANI，ANDP或ANDF指令的位置后编程，也可以在ORB、ANB指令回路中编程，但不能象OR，ORI，ORP，ORF指令那样单独并联使用，也不能象LD，LDI，LDF那样与母线单独连接。

(2) 使用INV指令编程时，可以在AND或ANI，ANDP或ANDF指令的位置后编程，也可以在ORB、ANB指令回路中编程，但不能象OR，ORI，ORP，ORF指令那样单独并联使用，也不能象LD，LDI，LDI，LDF那样与母线单独连接。

3. 编程应用

【例1】 取反操作指令编程应用如图6-50所示。

由图6-50可知，如果X000断开，则Y000接通；如果X000接通，则Y000断开。

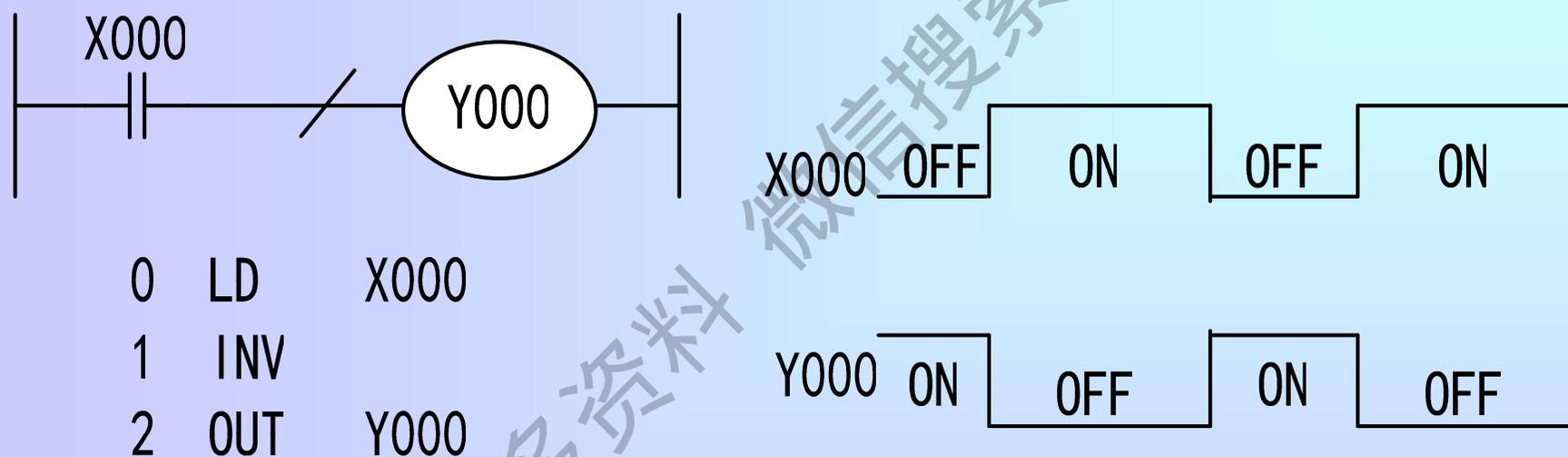


图6-50 取反INV指令的编程应用

【例2】图6-51是INV指令在包含ORB指令、ANB指令的复杂回路编程的例子。由图可见，各个INV指令是将它前面的逻辑运算结果取反。图6-51程序输出的逻辑表达式为：

$$Y000 = X000 \cdot (\overline{X001 \cdot X002 + X003 \cdot X004 + X005})$$

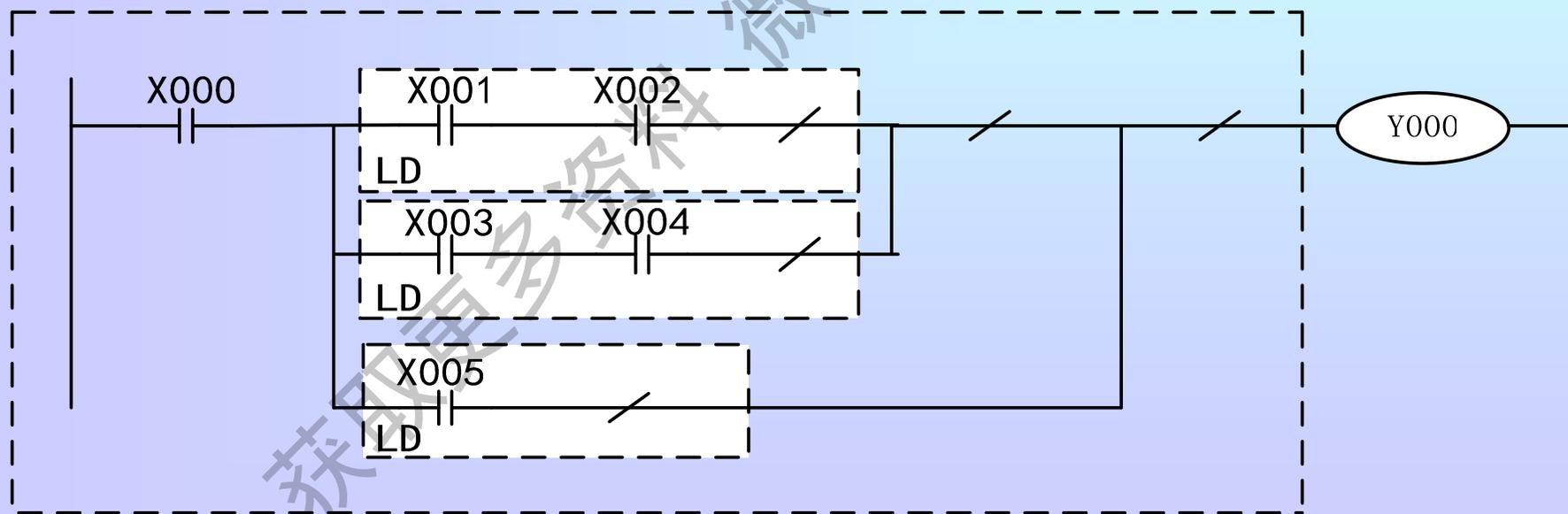


图6-51 INV指令在ORB、ANB指令的复杂回路中的编程

（十二）空操作（NOP）指令和程序结束（END）指令

1. 指令助记符及功能

NOP和END指令的功能、梯形图表示、操作组件和程序步如表6—37所示。

符号、名称	功能	电路表示和操作组件	程序步
NOP（空操作）	无动作	 无操作元件	1
END（结束）	输入输出处理返回到0步	 无操作元件	1

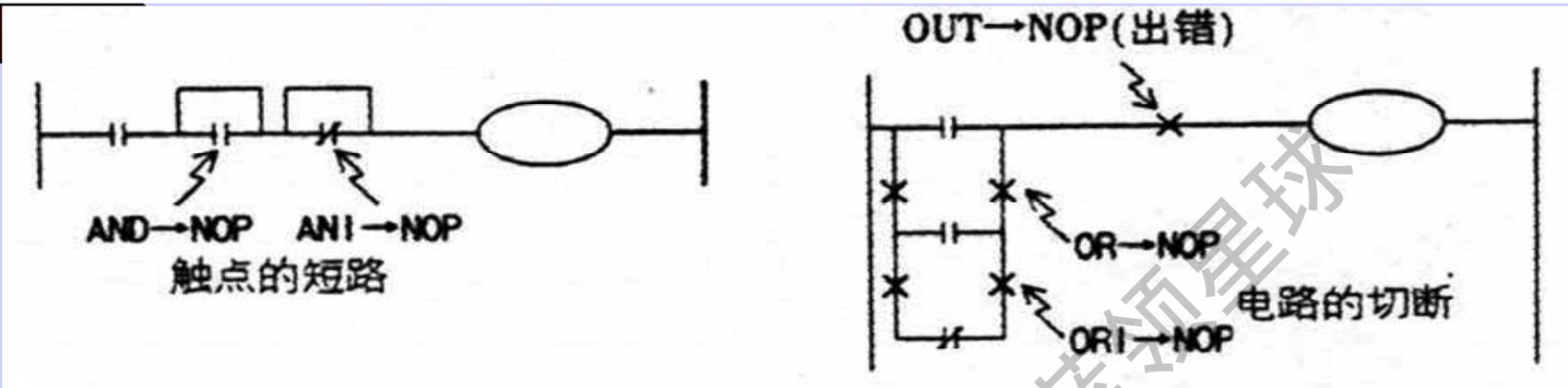
2. 指令说明

(1) 空操作指令就是使该步无操作。在程序中加入空操作指令，在变更程序或增加指令时可以使步序号不变化。用NOP指令也可以替换一些已写入的指令，修改梯形图或程序。但要注意，若将LD、LDI、ANB、ORB等指令换成NOP指令后，会引起梯形图电路的构成发生很大的变化，导致出错。

例如：

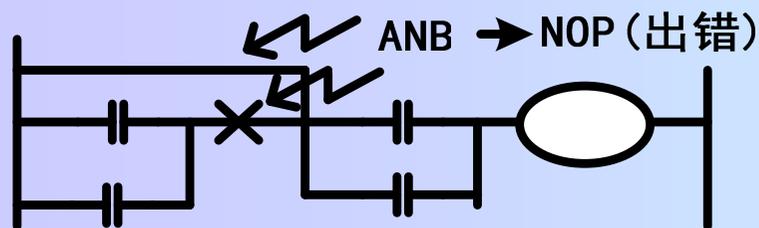
- ① AND、ANI指令改为NOP指令时会使相关触点短路,如图6—52 (a)。
- ② ANB指令改为NOP指令时，使前面的电路全部短路,如图6—52 (b)。

- ③ OR指令改为NOP时使相关电路切断,如图6-52(c)。
 - ④ ORB指令改为NOP时前面的电路全部切断,如图6-52(d)。
 - ⑤ 图6-52(e)中LD指令改为NOP时,则与上面的OUT电路纵接,电路如图6-52(f),若图6-52(f)中AND指令改为LD,电路就变成了图6-52(g)。
- (2) 当执行程序全部清零操作时,所有指令均变成NOP。

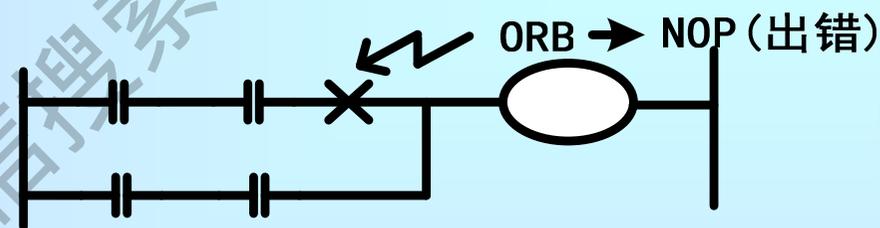


(a)

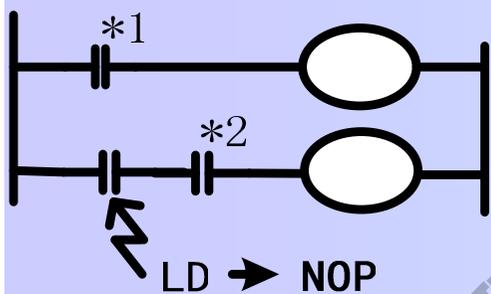
(c)



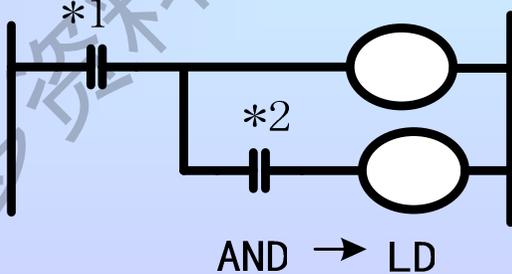
(b) 前面电路全部短路



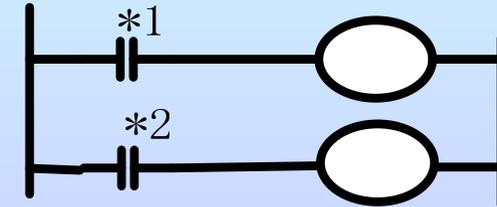
(d) 前面电路部分断开



(e)



(f)



(g)

图6-52 用NOP指令修改电路

(3) END为程序结束指令。
可编程序控器总是按照指令进行输入处理、执行程序到END指令结束，进入输出处理工作。若在程序中不写入END指令，则可编过程控制器从用户程序的第0步扫描到程序存储器的最后一步。若在程序中写入END指令，则END以后的程序步不再扫描执行，而是直接进行输出处理，如图6-53。也就是说，使用END指令可以缩短扫描周期。

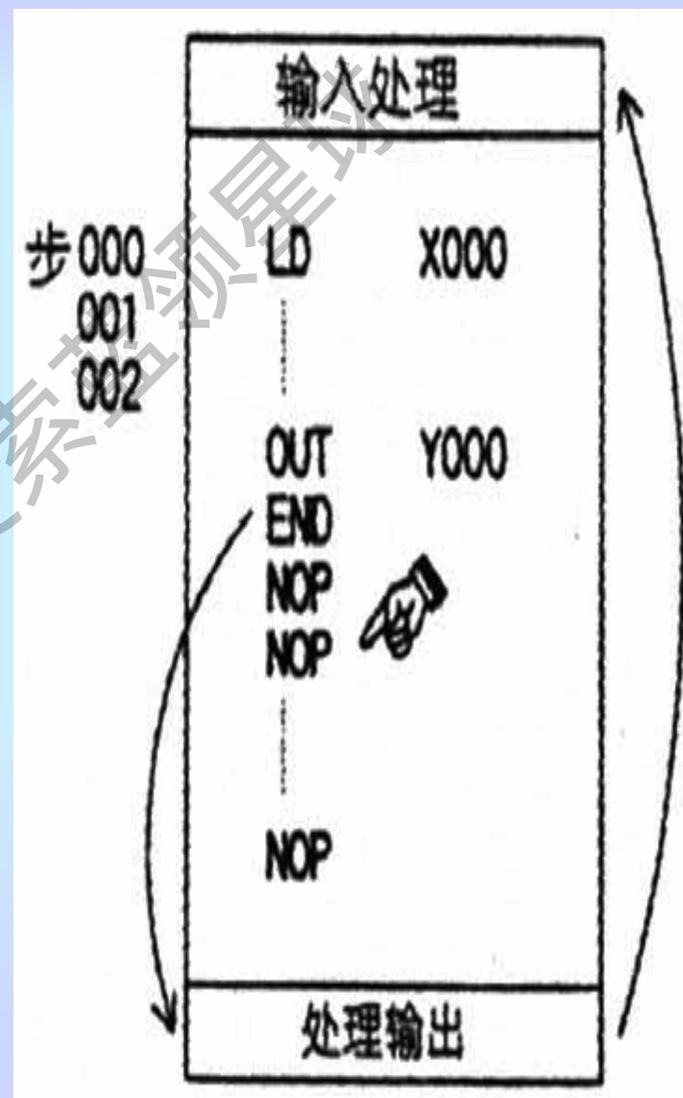


图6-53 END指令执行过程

(4) END指令还有一个用途是可以对较长的程序分段程序调试。调试时，可将程序分段后插入END指令，从而依次对各程序段的运算进行检查。然后在确认前面电路块动作正确无误之后依次删除END指令。

获取更多资料 微信搜索PLC WORLD

第四节 编程规则及注意事项

一、梯形图的结构规则

梯形图作为一种编程语言，绘制时有一定的规则。在编辑梯形图时，要注意以下几点。

(1) 梯形图的各种符号，要以左母线为起点，右母线为终点（可允许省略右母线）从左向右分行绘出。每一行起始的触点群构成该行梯形图的“执行条件”，与右母线连接的应是输出线圈、功能指令，不能是触点。一行写完，自上而下依次再写下一行。注意，触点不能接在线圈的右边，如图6-54（a）所示；线圈也不能直接与左母线连接，必须通过触点连接，如图6-54（b）所示。

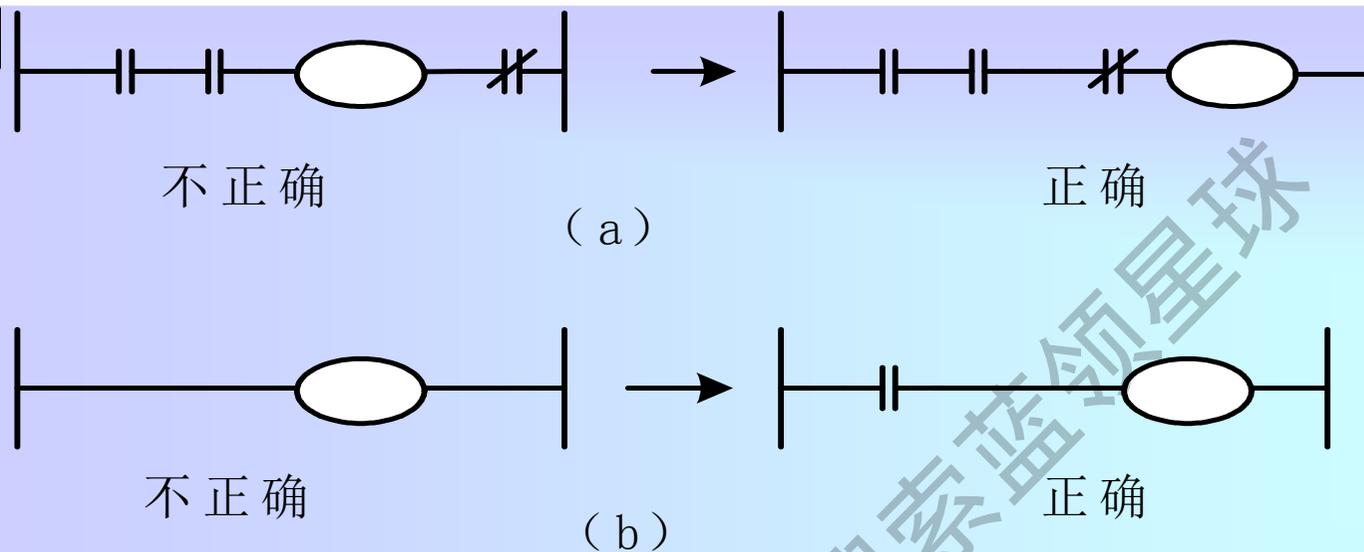


图6-54 规则 (1) 说明

(2) 触点应画在水平线上，不能画在垂直分支线上。例如，在图6—55 (a) 中触点E被画在垂直线上，便很难正确识别它与其它触点的关系，也难于判断通过触点E对输出线圈的控制方向。因此，应根据信号单向自左至右、自上而下流动的原则和对输出线圈F的几种可能控制路径画成如图6—55 (b) 所示的形式。

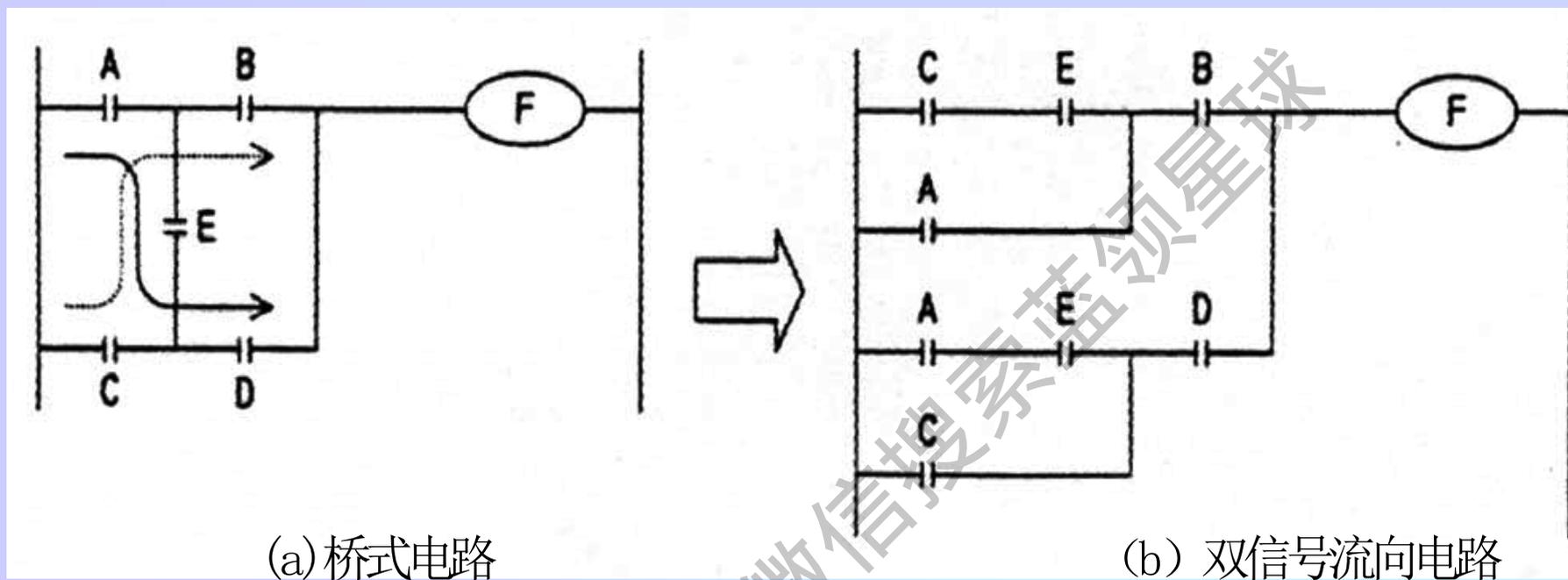


图6-55 规则（2）说明：桥式梯形图改成双信号流向的梯形图

（3）不包含触点的分支应放在垂直方向，不可水平方向设置，以便于识别触点的组合和对输出线圈的控制路径，如图6—56。

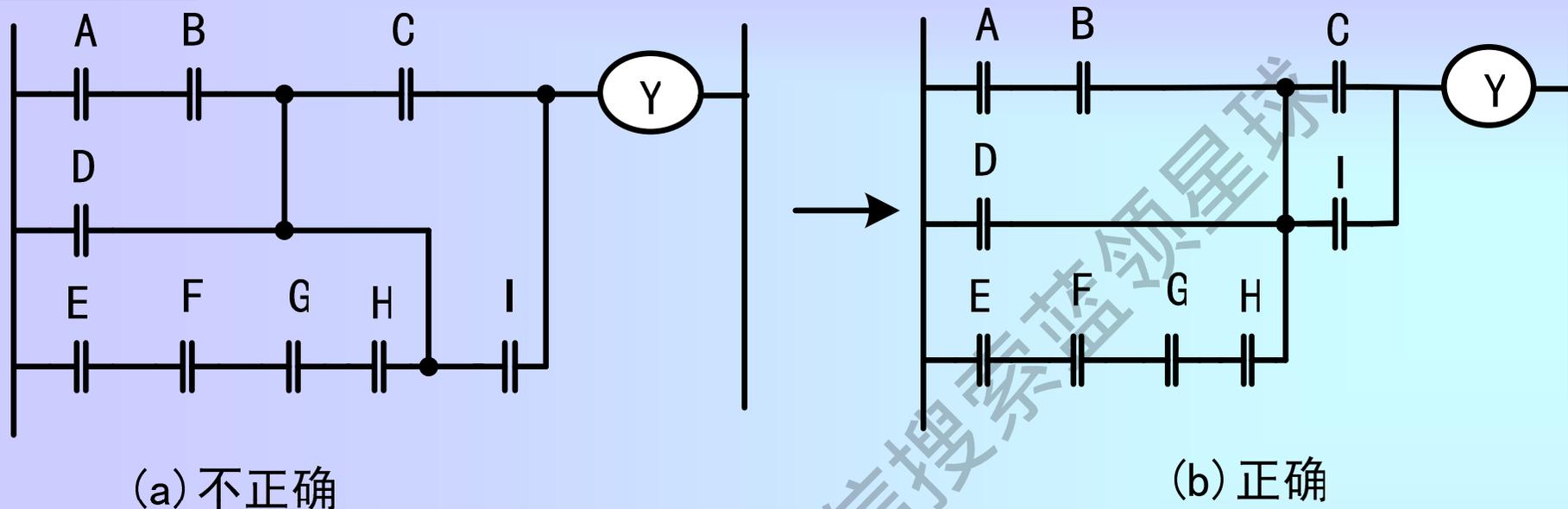
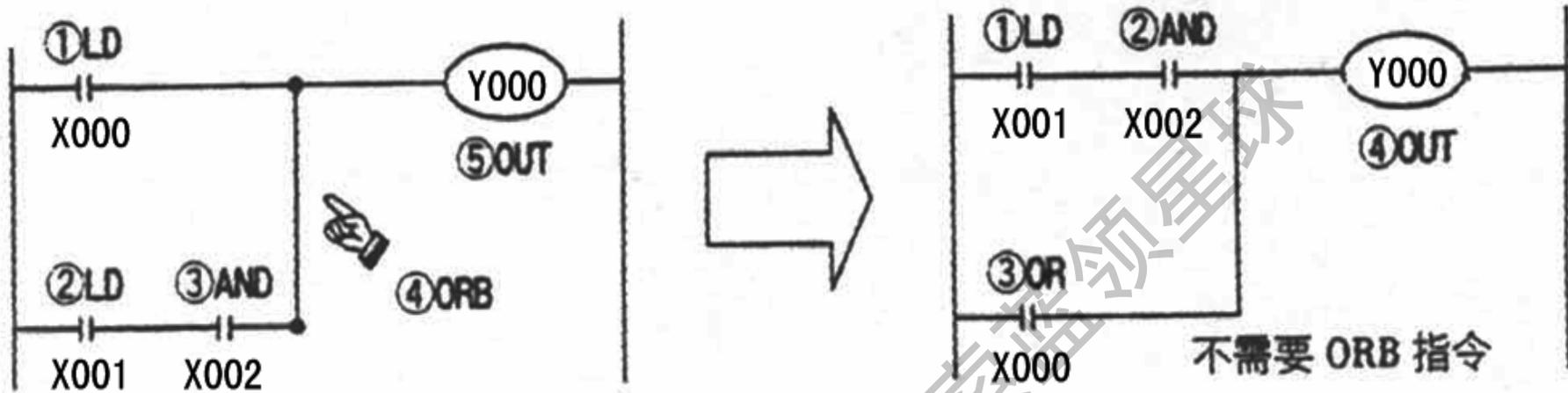
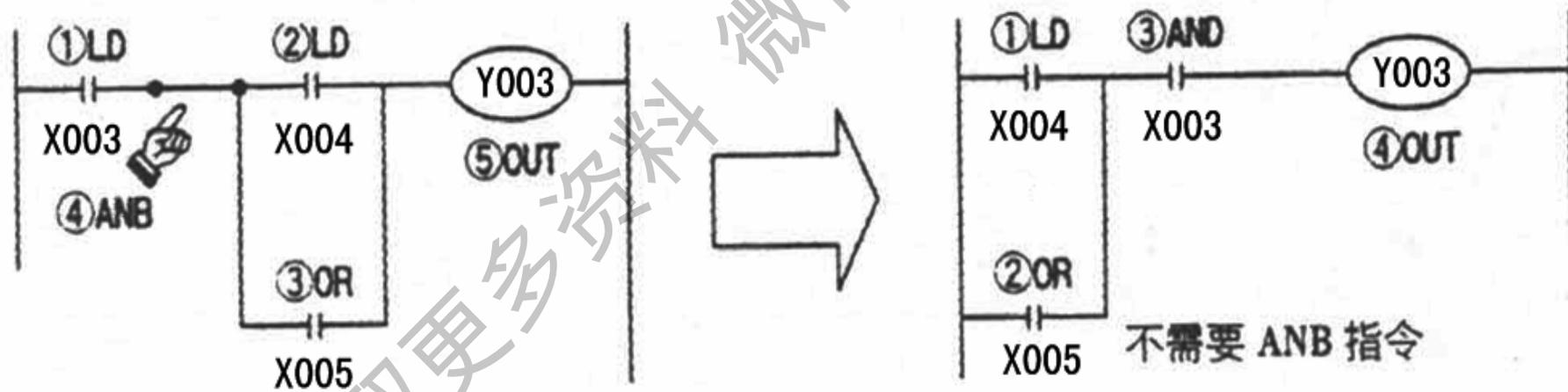


图6-56 规则（3）说明

（4）如果有几个电路块并联时，应将触点最多的支路块放在最上面。若有几个支路块串联时，应将并联支路多的尽量靠近左母线。这样可以使编制的程序简洁明，指令语句减少。如图6—57所示。



(a) 串联触点多的电路块写在上面



(b) 并联电路多的尽量靠近母线

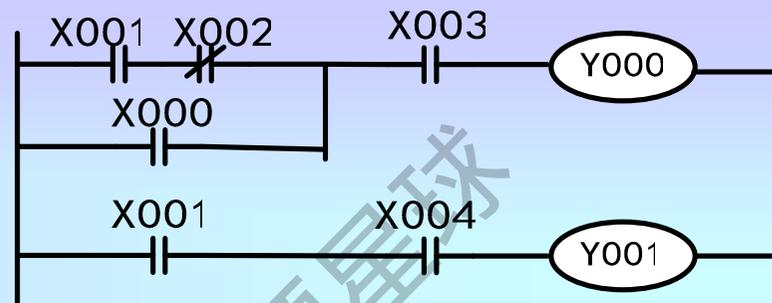
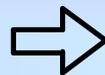
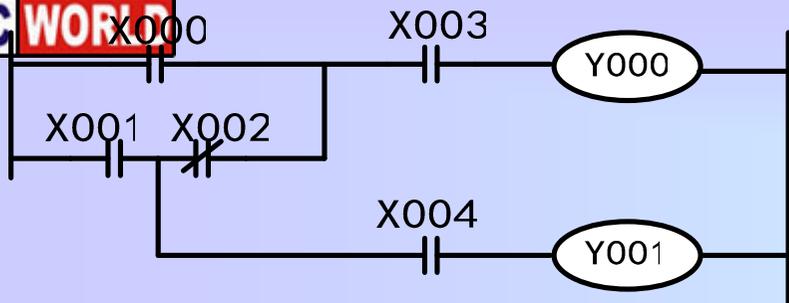
图6-57 规则 (4) 说明

(5) 遇到不可编程的梯形图时，可根据信号流向对原梯形图重新编排，以便于正确进行编程。图6—58中举了几个实例，将不可编程梯形图重新编排成了可编程的梯形图。

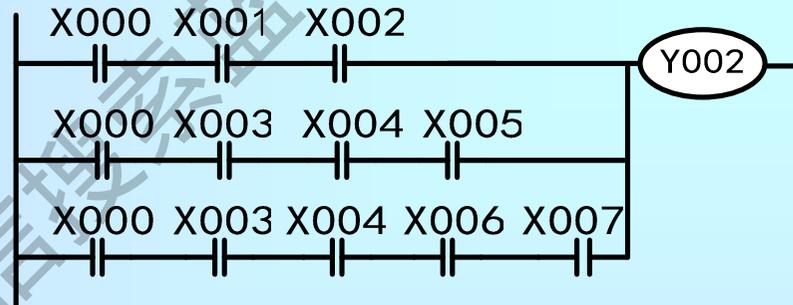
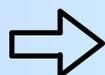
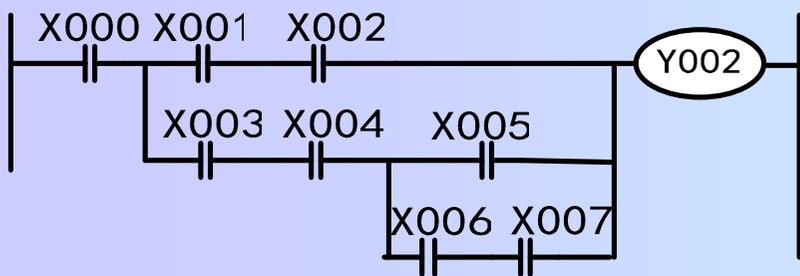
二、语句表程序的编辑规则

在许多场合需要将绘好的梯形图列写出指令语句表程序。根据梯形图上的符号及符号间的相互关系正确地选取指令及注意正确的表达顺序是很重要的。

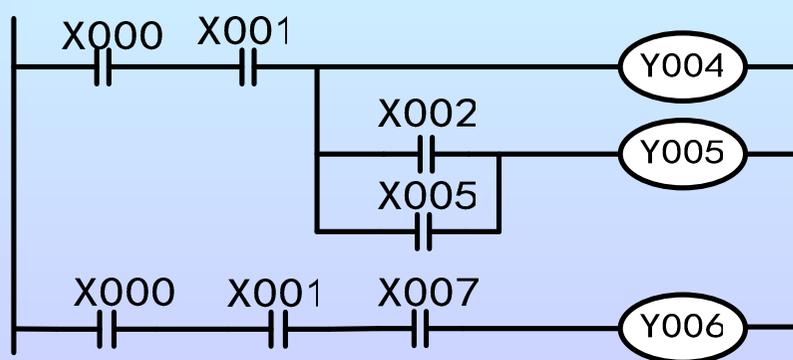
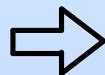
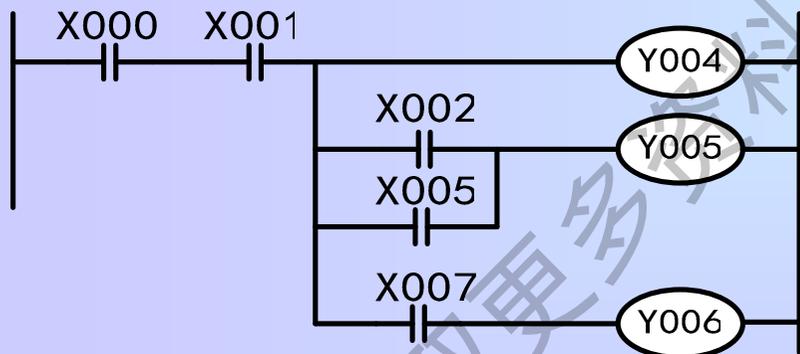
(1) 利用PLC基本指令对梯形图编程时，必须要按信号单方向从左到右、自上而下的流向原则进行编写。图6—59阐明了所示梯形图的编程顺序。



(a) 重排电路之一

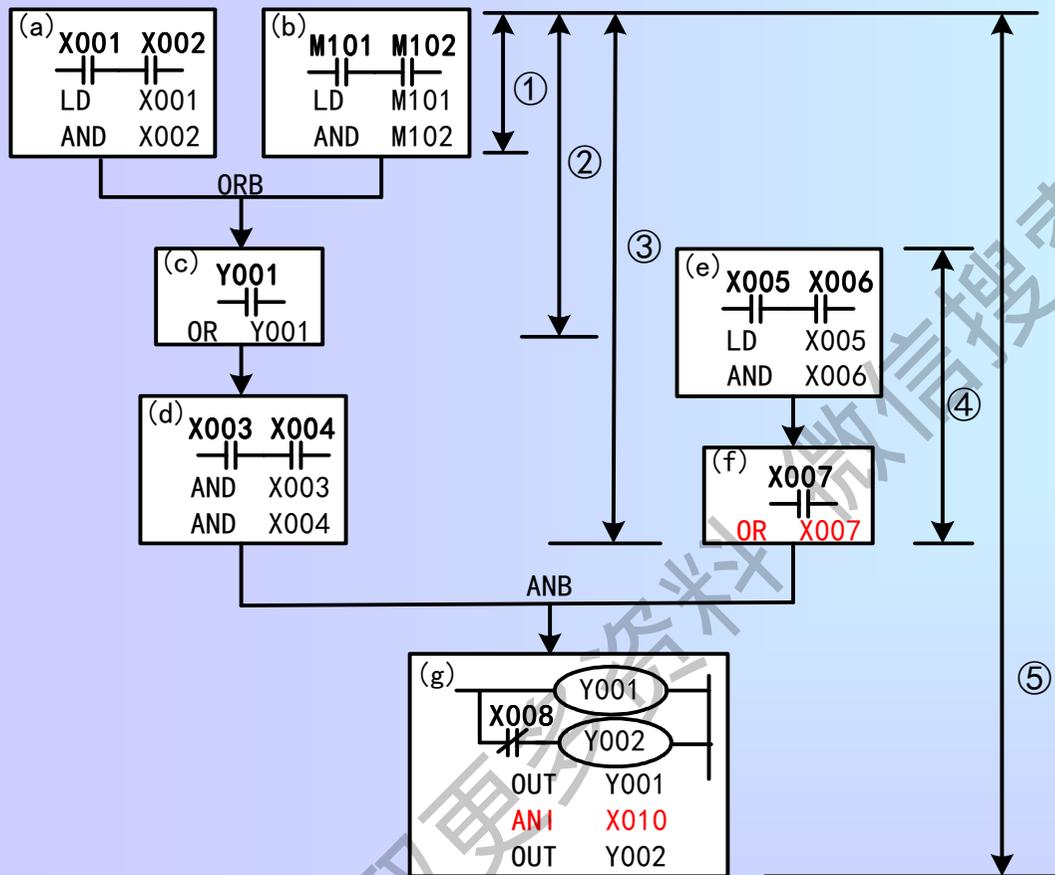
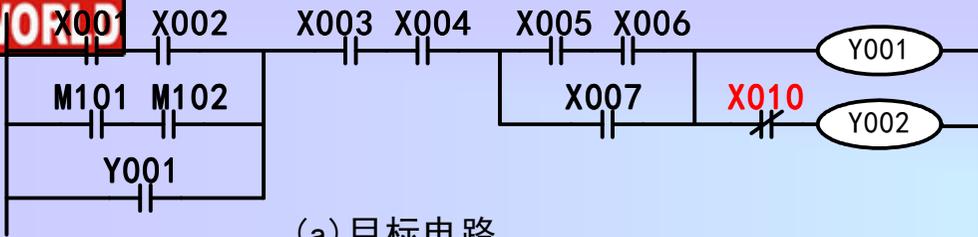


(b) 重排电路之二



(c) 重排电路之三

图6-58 重排电路举例



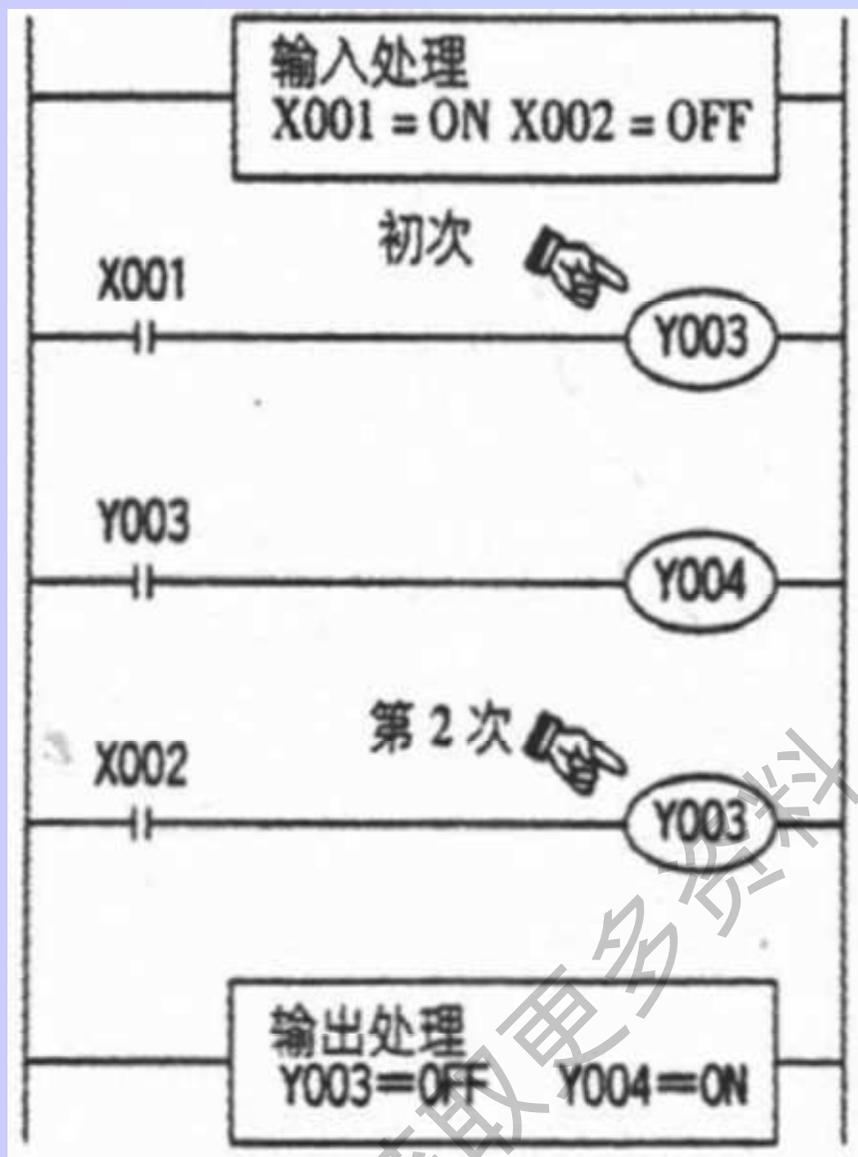
语句步	指令	元素	说明
0	LD	X001	①
1	AND	X002	
2	LD	M101	
3	AND	M102	②
4	ORB		
5	OR	Y001	③
6	AND	X003	
7	AND	X004	
8	LD	X005	
9	AND	X006	
10	OR	X007	④
11	ANB		
12	OUT	Y001	⑤
13	ANI	X010	
14	OUT	Y002	

(c) 语句表程序

图6-59 梯形图的编程顺序

三、双线圈输出问题

在梯形图中，线圈前边的触点代表线圈输出的条件，线圈代表输出。在同一程序中，某个线圈的输出条件可能非常复杂，但应是惟一且可集中表达的。由PLC的操作系统引出的梯形图编绘法则规定，一个线圈在梯形图中只能出现一次。如果在同一程序中同一组件的线圈使用两次或多次，称为双线圈输出。PLC程序对这种情况的出现，扫描执行的原则规定是：前面的输出无效，最后一次输出才是有效的。但是，作为这种事件的特例：同一程序的两个绝不会同时执行的程序段中可以有相同的输出线圈。如图6-60所示



在左图程序中，输出线圈Y003出现了两次输出的情况。

当X001=ON，X002=OFF时，第一次的Y003因X001接通，因此其输出数据存储器接通，输出Y004也接通。

但是第二次的Y003，因输入X002的断开，因此其输出数据存储器又断开。

因此，实际的外部输出成为Y003=OFF，Y004=ON。

图6-60 双线圈输出的程序分析

第五节 常用基本环节的编程

作为编程组件及基本指令的应用，本节将讨论一些基本环节的编程。这些环节常作为梯形图的基本单元出现在程序中。

一、三相异步电动机单向运转控制：启—保—停电路单元

三相异步电动机单向运转控制电路在电气控制部分已经介绍过。现将线路图转绘于图6-61中。图（a）为PLC的输入输出接线图，从图中可知，启动按钮SB1接于X000输入点，停车按钮SB2接于X001，交流接触器KM接于输出点Y000，这就是端子分配图，实质是为程序安排代表控制系统中事物的机内组件。

(b) 图是启—保—停单向控制梯形图。它是将机内组件进行逻辑组合的程序，也是实现控制系统内各事物间逻辑关系的体现。

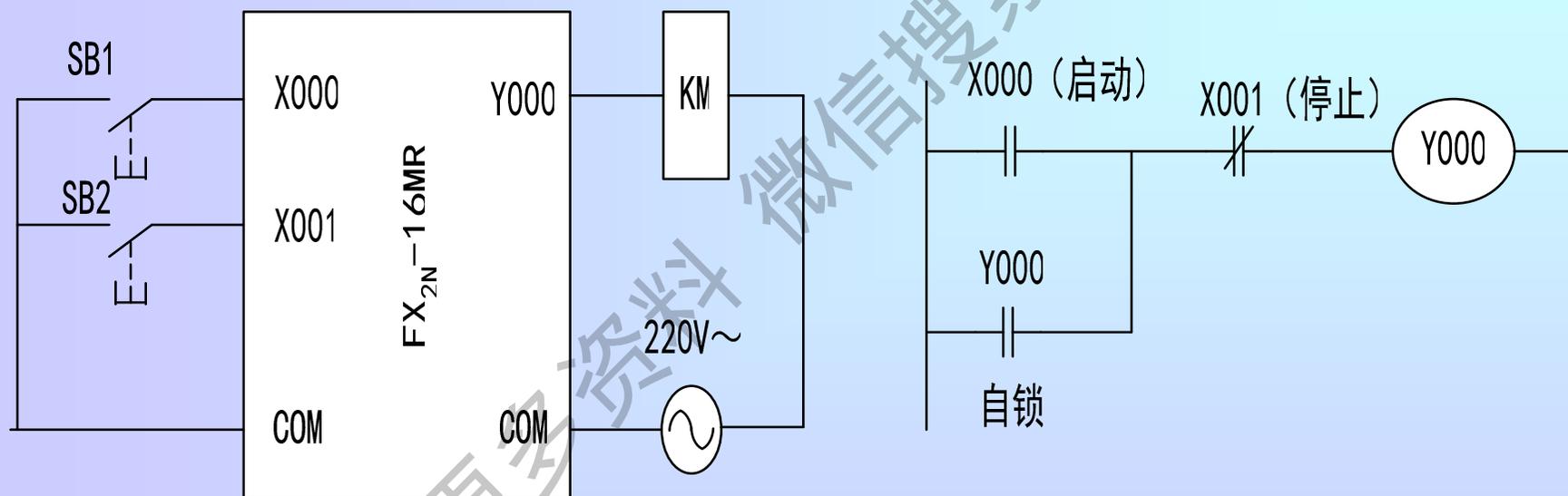


图6-61 异步电机单向运转控制

启—保—停单向控制电路是梯形图中最典型的单元，它包含了梯形图程序的全部要素。它们是：

(1) 事件 每一个梯形图支路都针对一个事件。事件用输出线圈（或功能框）表示，本例中为Y000。

(2) 事件发生的条件 梯形图支路中除了线圈外还有触点的组合，使线圈置1的条件即是事件发生的条件，本例中为启动按钮使X000置1。

(3) 事件得以延续的条件 触点组合中使线圈置1得以保持的条件是与X000并联的Y000自锁触点闭合。

(4) 使事件终止的条件 即触点组合中使线圈置1中断的条件。本例中为X001常闭触点断开。

二、三相异步电动机可逆运转控制：互锁环节

在上例的基础上，如希望实现三相异步电机可逆运转。只需增加一个反转控制按钮和一个反转接触器KM2即可。PLC的端子分配与及梯形图见图6—62。梯形图设计可以这样考虑，选二套启—保—停电路，一个用于正转，（通过Y000驱动正转接触器KM1），一个用于反转（通过Y001驱动反转接触器KM2）。考虑正反转二个接触器不能同时接通，在二个接触器的驱动支路中分别串入对方接触器的常闭触点（如Y000支路串入Y001常闭触点；Y001支路串入

Y000常闭触点），这样当正转方向的驱动组件Y000接通时，反转方向的驱动组件Y001就不能同时接通。这种二个线圈回路中互串对方常闭触点的结构形式叫做“互锁”或“联锁”。

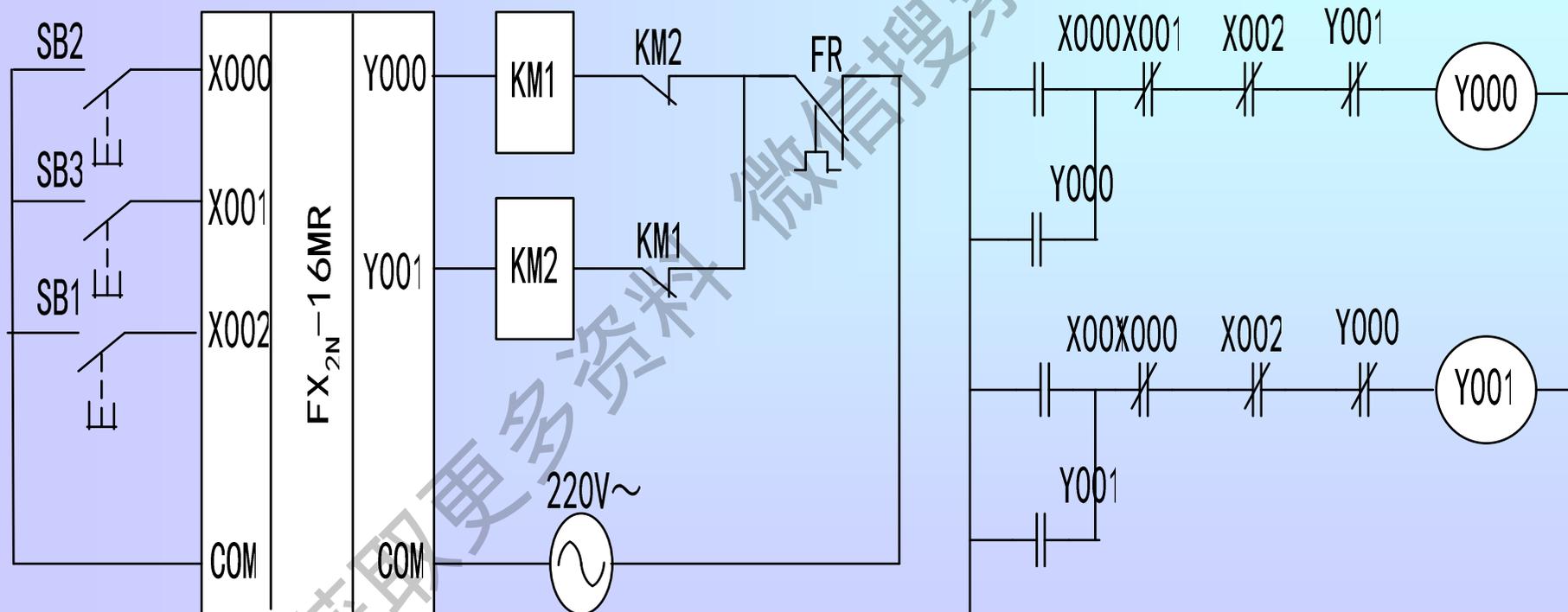


图6-62 三相异步电机可逆运转控制

三、二台电机延时启动的基本环节

二台异步电动机，一台启动10s后第二台启动，运行后能同时停止。欲实现这一功能，给二台电机供电的二个交流接触器要用PLC的二个输出口。由于是二台电机延时启动，同时停车，用一个启动按钮和一个停止按钮就够了，但延时需一个定时器。梯形图的设计可以依以下顺序进行：首先绘二台电机独立的启—保—停电路，第一台电机使用启动按钮启动，第二台电机使用定时器的常开触点延时启动，二台电机均使用同一停止按钮，然后再解决定时器的的工作问题。由于第一台电机启动10s后第二台电机启动，因此第一台电机启动是计时起点，因而要将定时器的线圈并接在第一台电机的输出线圈上。本例的PLC端子分配与接线情况与图6-62（a）相同，梯形图绘于图6—63中。

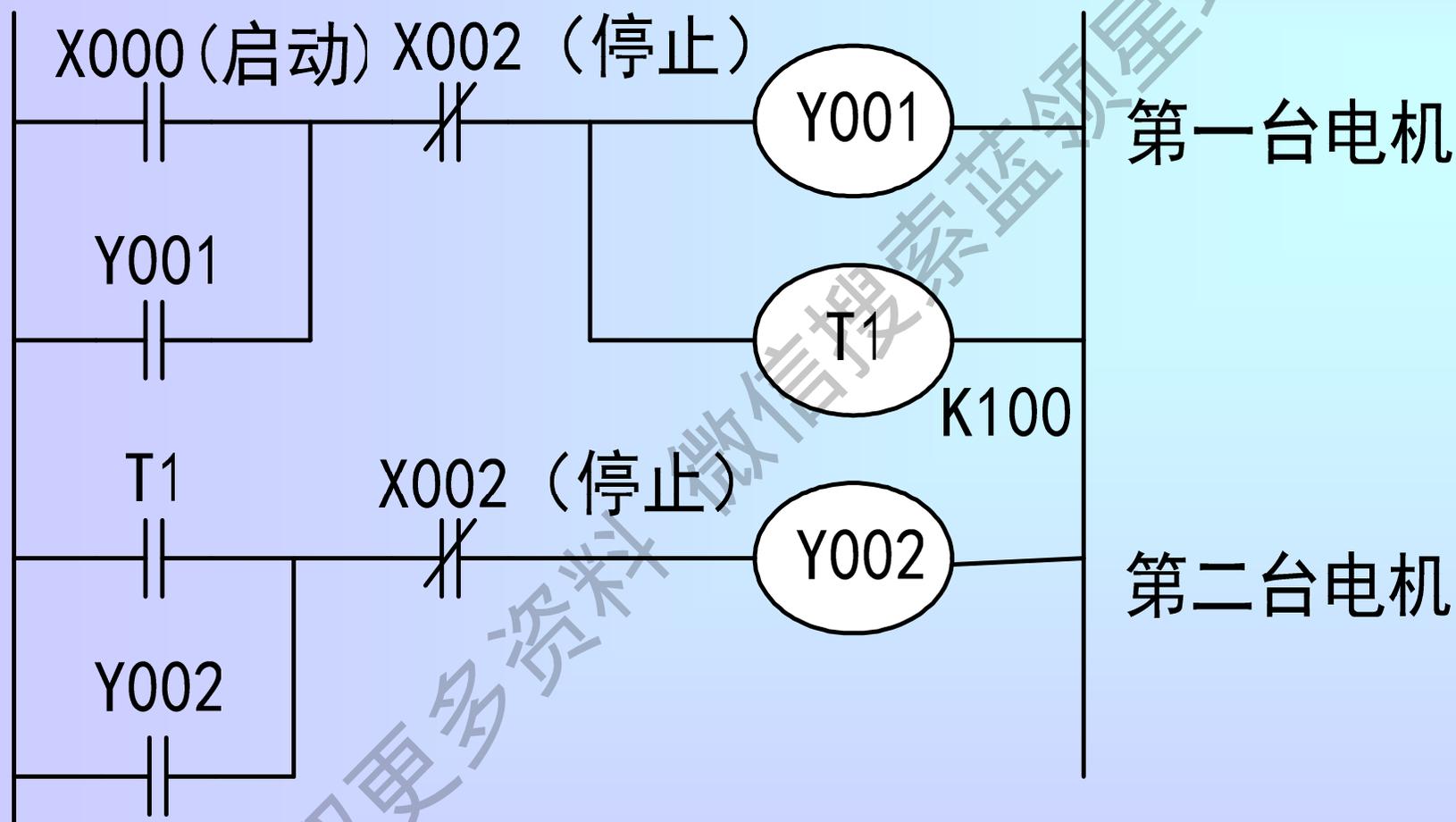


图6-63两台异步电机延时启动控制

四、定时器的延时扩展

定时器的计时时间都有一个最大值，如100ms的定时器最大计时时间为3276.7s。若工程中所需的延时时间大于选定的定时器最大定时数值时，最简单的延时扩展方法是采用定时器接力计时，即先启动一个定时器计时，计时时间到时，用第一个定时器的常开触点启动第二个定时器，再使用第二个定时器启动第三个……。记住，要应用最后一个定时器的触点去控制最终的控制对象。图6—64梯形图就是定时器接力延时的例子。

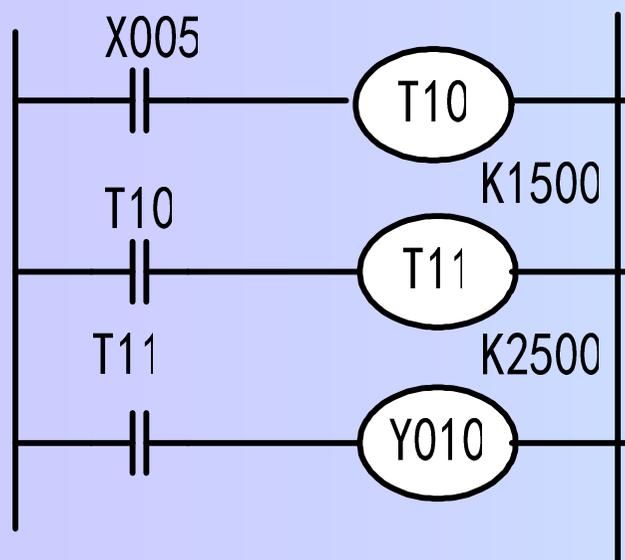


图6-64 用两个定时器延时400秒

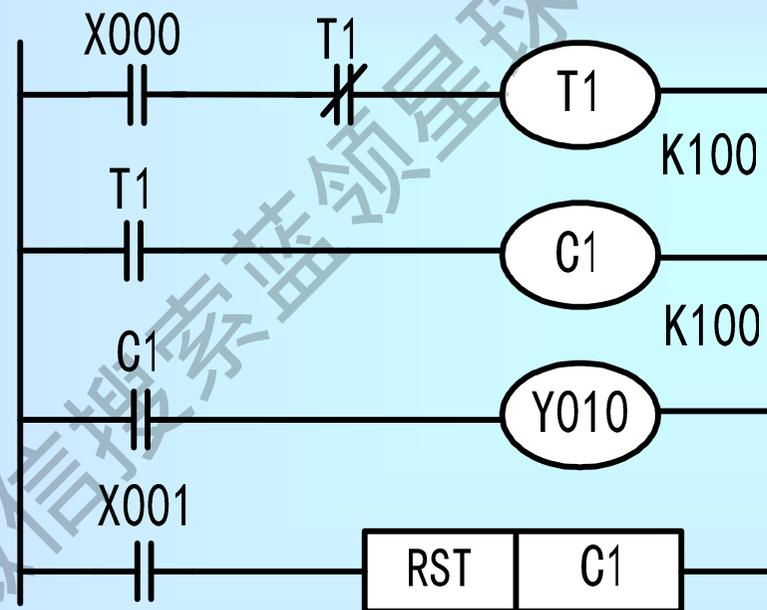


图6-65 定时器与计数器配合延时1000秒

获取更多资料
微信搜索 领球

另外也可以利用计数器配合定时器获得长延时，如图6—65。图中常开触点X000闭合是梯形图电路的执行条件，当X000保持接通时电路工作。在定时器T1的支路中接有定时器T1的常闭触点，它使定时器T1每隔10s复位一次。T1的常开触点每10秒接通一个扫描周期，使计数器C1计一个数，当C1计到设定值时，将控制对象Y010接通。从X000接通为始点的延时时间就是：定时器的时间设定值×计数器的设定值。X001是计数器C1的复位条件。

五、定时器构成的振荡电路

上面图6-65的梯形图实际上是一种振荡电路，产生的脉冲宽度为一个扫描周期，周期为10秒（即定时器T1的设定值）的方波脉冲。这个脉冲序列是作为计数器C1的计数脉冲的。当然，这种脉冲还可以用于移位寄存器的移位等其它场合。

六、分频电路

图6—66所示是一个2分频电路。待分频的脉冲信号加在X000端，设M101和Y010初始状态均为0。

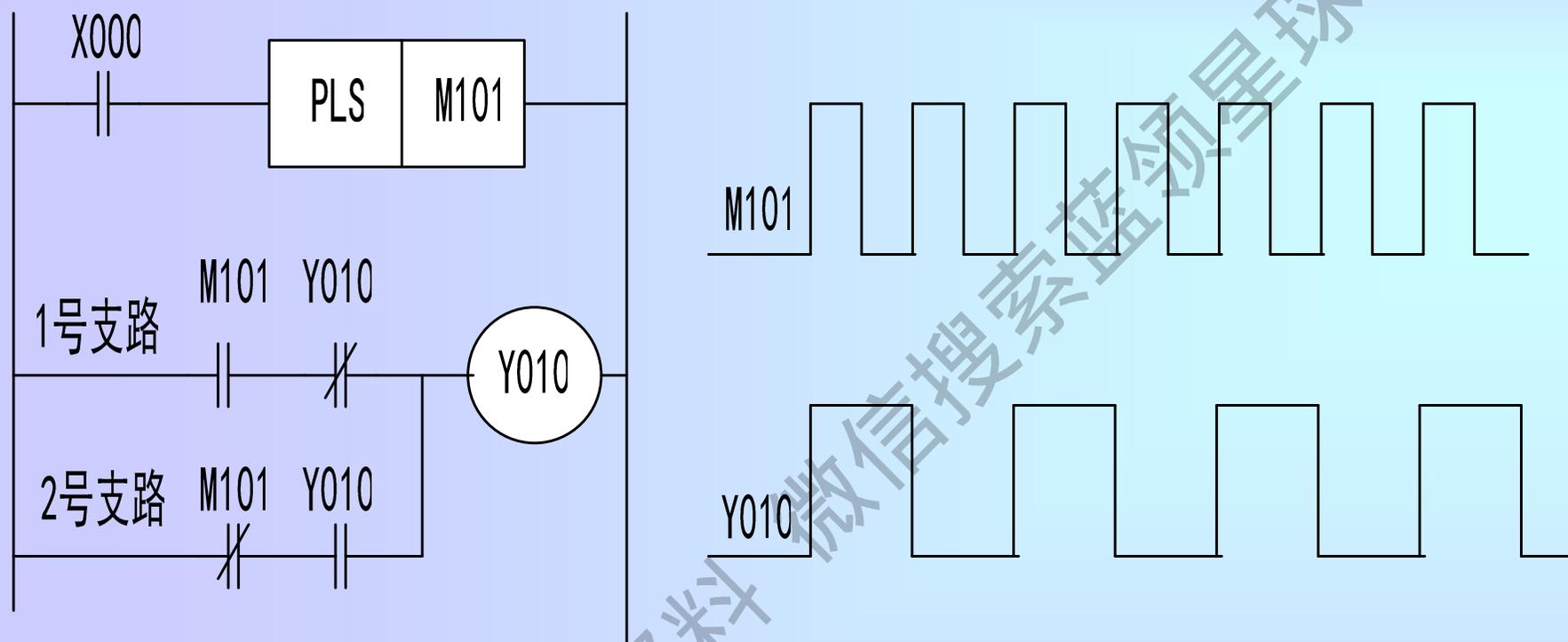


图6-66 2分频电路及波形

第五节 基本指令编程实例

【例1】用PLC实现对通风机的监视。

用PLC设计一个对三台通风机选择运转装置进行监视的系统。如果三台风机中有二台在工作，信号灯就持续发亮；如果只有一台风机工作，信号灯就以1Hz的频率闪光；如果三台风机都不工作，信号灯就以10Hz频率闪光；如果选择运转装置不运行，信号灯就熄灭。

对PLC机内器件安排如表6-38所示。

表6-38 器件安排表

输入器件	输出器件	其它机内器件
X000: 风机1 (接触器的常开触点)	Y400: 信号灯	M100: 至少2台风机运行, 其信号为1
X001: 风机2 (接触器的常开触点)		M101: 当无风机运行时, 其信号为1
X002: 风机3 (接触器的常开触点)		M8013: 1Hz脉冲发生器 (1s周期振荡)
X003: 运转选择开关		M8012: 10Hz脉冲发生器 (0.1s周期振荡)

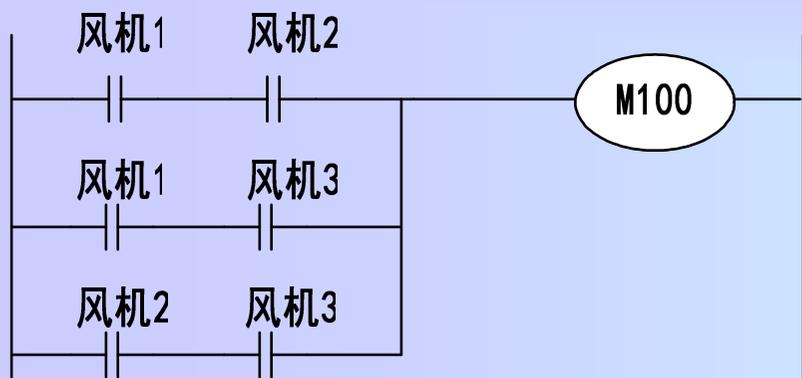
根据以上要求，条件信号有三个，即：

①三台风机中至少有二台在运行,这时有3种逻辑组合关系,如图6-67(a)所示;

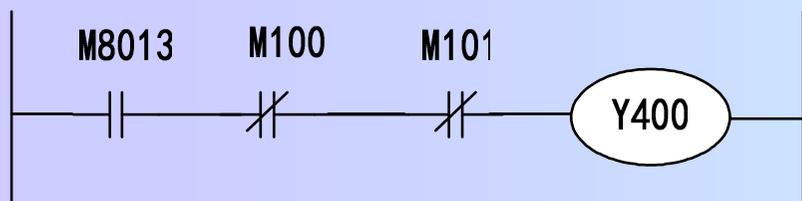
②只有一台风机在运行,逻辑关系如图6-67(b)所示;

③没有风机在运行,当这种逻辑至少有一种满足，信号灯发光,如图6-67(c)所示。

由以上三种逻辑关系可以绘出风机监视系统的梯形图如图6-68所示。



(a)



(b)



(c)

图6-67 风机运行控制逻辑

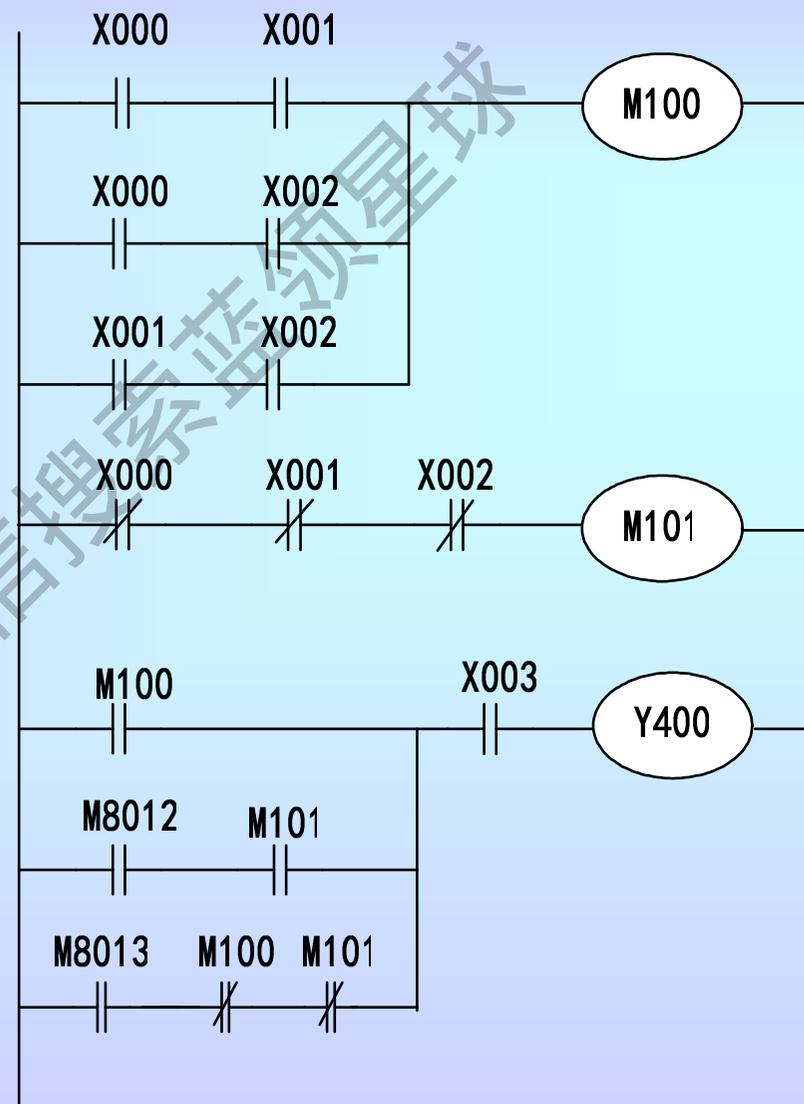


图6-68 风机监视梯形图

【例2】 五组抢答器控制设计

五个队参加抢答比赛。比赛规则及所使用的设备如下：

设有主持人总台及各个参赛队分台。总台设有总台灯及总台音响，总台开始及总台复位按钮。分台设有分台灯，分台抢答按钮。各队抢答必须在主持人给出题目，说了“开始”并同时按了开始控制钮后的10s内进行抢答，如提前，抢答器将报出“违例”信号。（违例扣分）。10s时间到，还无人抢答，抢答器将给出应答时间到信号，该题作废。在有人抢答情况下，抢得的队必须在30s内完成答题。如30s内还没有答完，则作答题超时处理。灯光及音响信号的意义安排如下：

音响及某台灯：正常抢答

音响及某台灯加总台灯：违例。

音响加总台灯：无人应答及答题超时。

在一个题目回答終了后，主持人按下复位按钮，抢答器恢复原始状态，为第二轮抢答作好准备。

首先决定输入输出端子及机内器件的安排。为了清晰地表达总台灯、各台灯、总台音响这些输出器件的工作条件，机内器件除了选用了应答时间及答题时间二个定时器外还选用一些辅助继电器，现将机内器件的意义列于表6—39。

表6-39 器件安排表

输入器件	输出器件	其它机内器件
X0: 总台复位按钮	Y0: 总台音响	M0: 公共控制触点继电器
X1~X5: 分台按钮	Y1~Y5: 各台灯	M1: 应答时间辅助继电器
X10: 总台开始按钮	Y14总台灯	M2: 抢答辅助继电器
		M3: 答题时间辅助继电器
		M4: 音响启动信号继电器
		T1: 应答时限10s
		T2: 答题时限30s
		T3: 音响时限1s

本例输出器件比较多，且需相互配合表示一定的意义。分析抢答器的控制要求，发现以下几项事件对编写输出器件的工作条件有重要的意义。

(1) 主持人是否按下开始按钮?这是正常抢答和违例的界限。

(2) 是否有人抢答?

(3) 应答时间是否到10S?

(4) 答题时间是否到30S?

程序设计时，要先用机内器件将以上事件表达出来，并在后续的设计中用这些器件的状态表达输出的条件。本例的梯形图见图6—69。

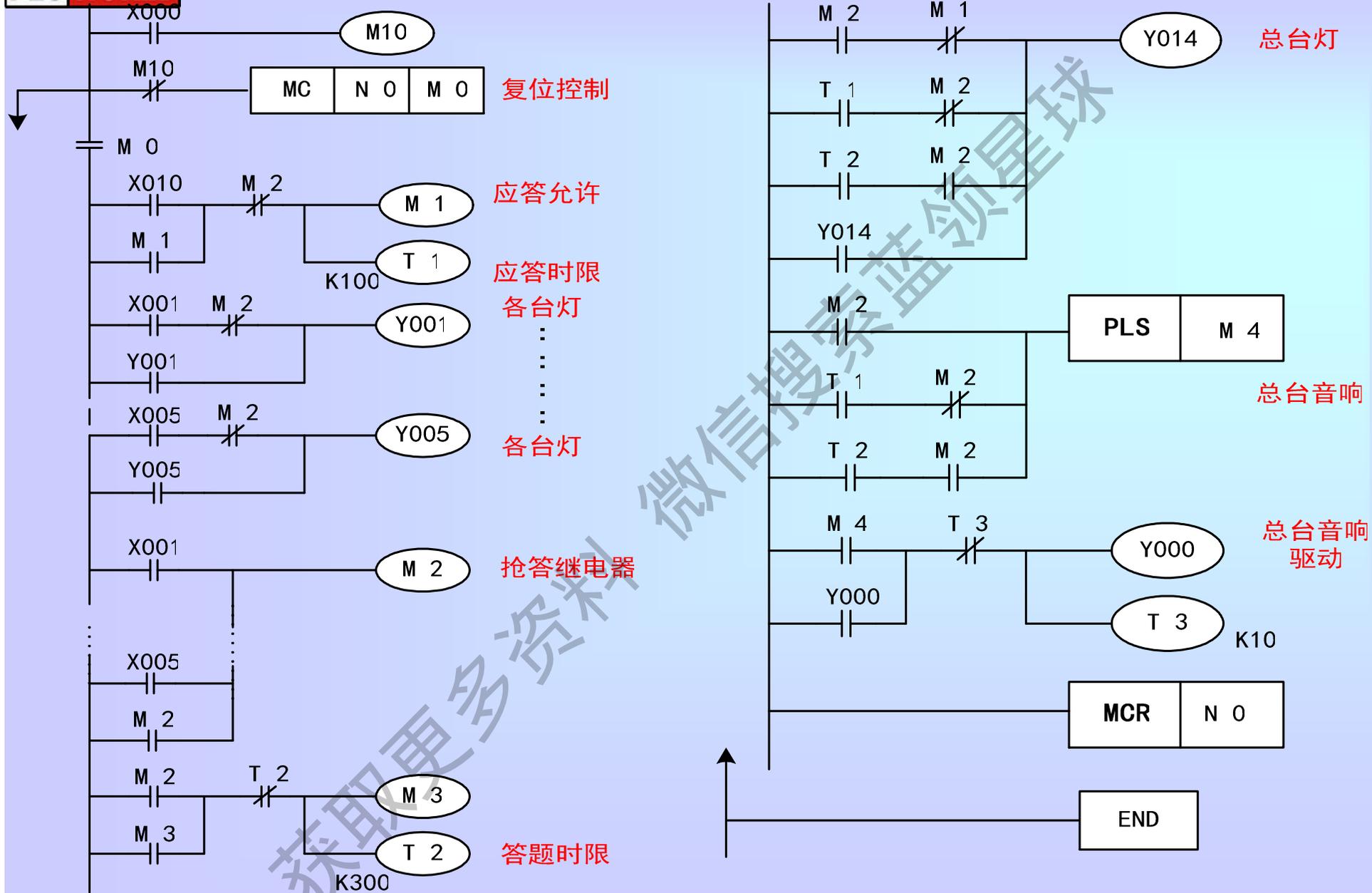


图6-69 抢答器梯形图

设计步骤可表述如下：

(1) 先绘出图中“**应答开始**”、“**应答时限**”、“**抢答继电器M2**”、“**答题时限**”等支路。这些支路中输出器件的状态是进一步设计的基础。

(2) **设计各台灯Y1梯形图**。各台灯启动条件串入M2的常闭触点体现了抢答器的一个基本原则：**竞时封锁，在已有人抢答之后按按钮是无效的**。

(3) **设计总台灯梯形图**。由图中可知，**总台灯的工作条件含有四个分支**。其意义可以解释如下：**（自上而下）**

- ① M2的常开和M1的常闭串联：主持人未按开始按钮即有人抢答，违例。
- ② T1的常开和M2的常闭串联：应答时间到无人抢答，本题作废。
- ③ T2的常开和M2的常开串联：答题超时。
- ④ Y14常开：自保触点。

(4) 设计总台音响梯形图。总台音响梯形图的结构本来可以和总台灯是一样的，为了缩短音响的时间（设定为1S），在音响输出Y000中加入了音响时限环节。有关的支路请读者自行分析。

(5) 最后解决复位功能。考虑到主控触点指令具有使主控触点后的所有启—保—停电路输出中止的作用，将主控触点M0及相关电路加在已设计好的梯形图前部。

【例3】 三台电机的循环启停运转控制

三台电机接于Y001、Y002、Y003。要求它们相隔5s启动，各运行10s停止。并循环。根据以上要求。绘出电机工作时序图如图6-70所示。

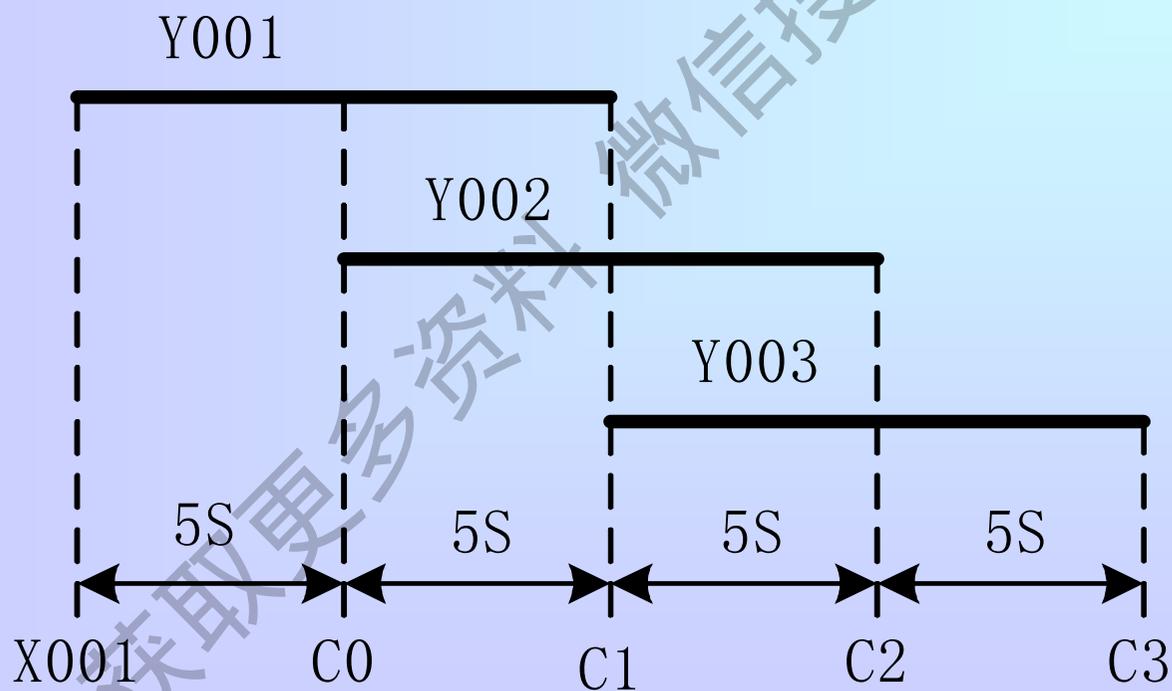


图6-70 三台电机控制时序图

分析时序图，不难发现输出Y001、Y002、Y003的控制逻辑和间隔5s一个的“时间点”有关，每个“时间点”都有电机启停。因而用程序建立这些“时间点”是程序设计的关键。因本例时间间隔相等，“时间点”的建立可借助振荡电路及计数器。设X001为电机运行开始的时刻。让定时器T1实现振荡。再用计数器C0、C1、C2、C3做为一个循环过程中的时间点。循环功能借助C3对全部计数器的复位实现。“时间点”建立之后，用这些点来表示输出的状态就十分容易了。

设计好的梯形图如图6-71所示。

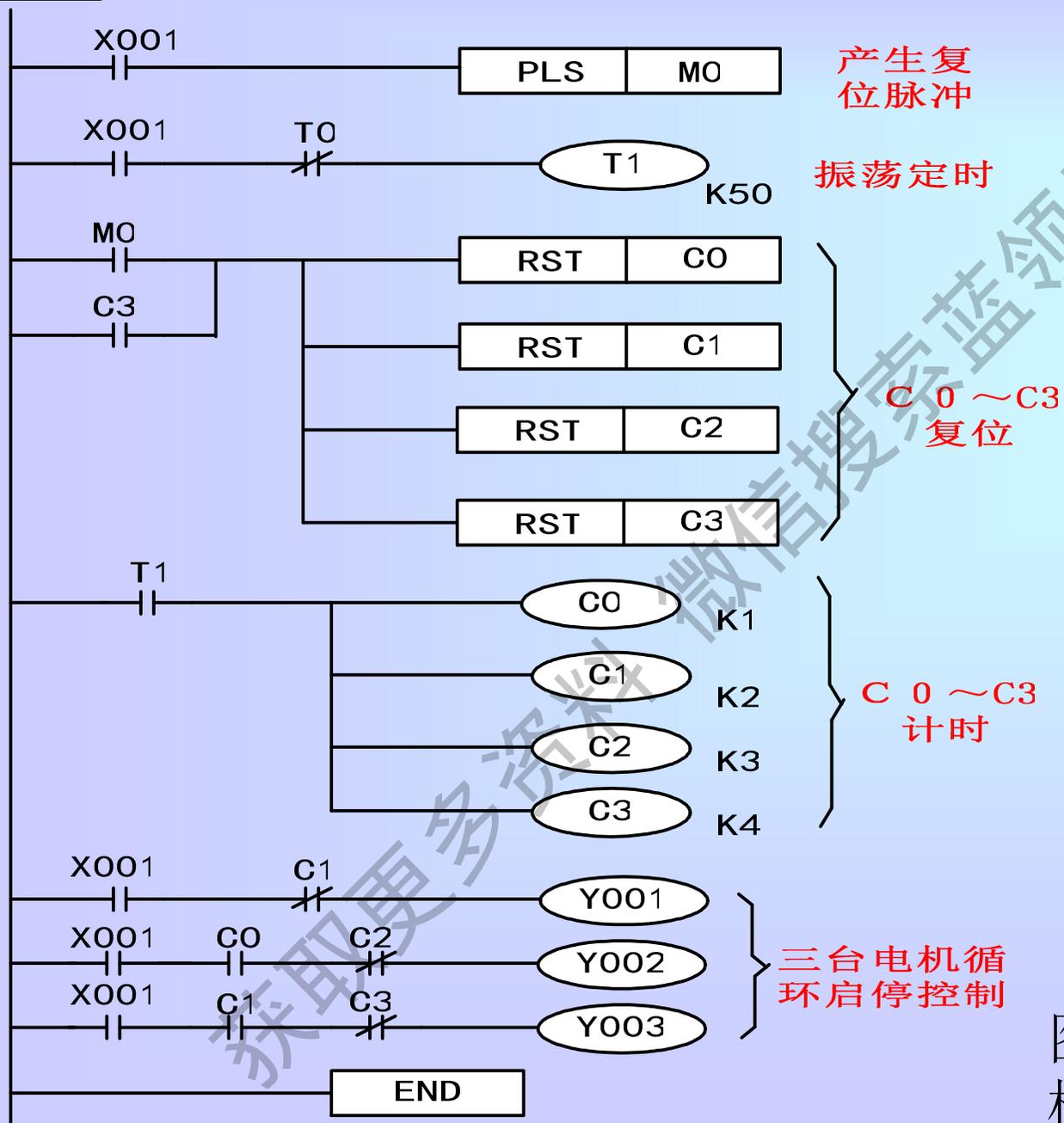


图6-71 三台电机控制梯形图

【例4】 十字路口交通灯控制设计。

这也是一个时序控制实例。十字路口南北向及东西向均设有红、黄、绿三个信号灯，六个灯依一定的时序循环往复工作。图6-72是交通灯的时序图。

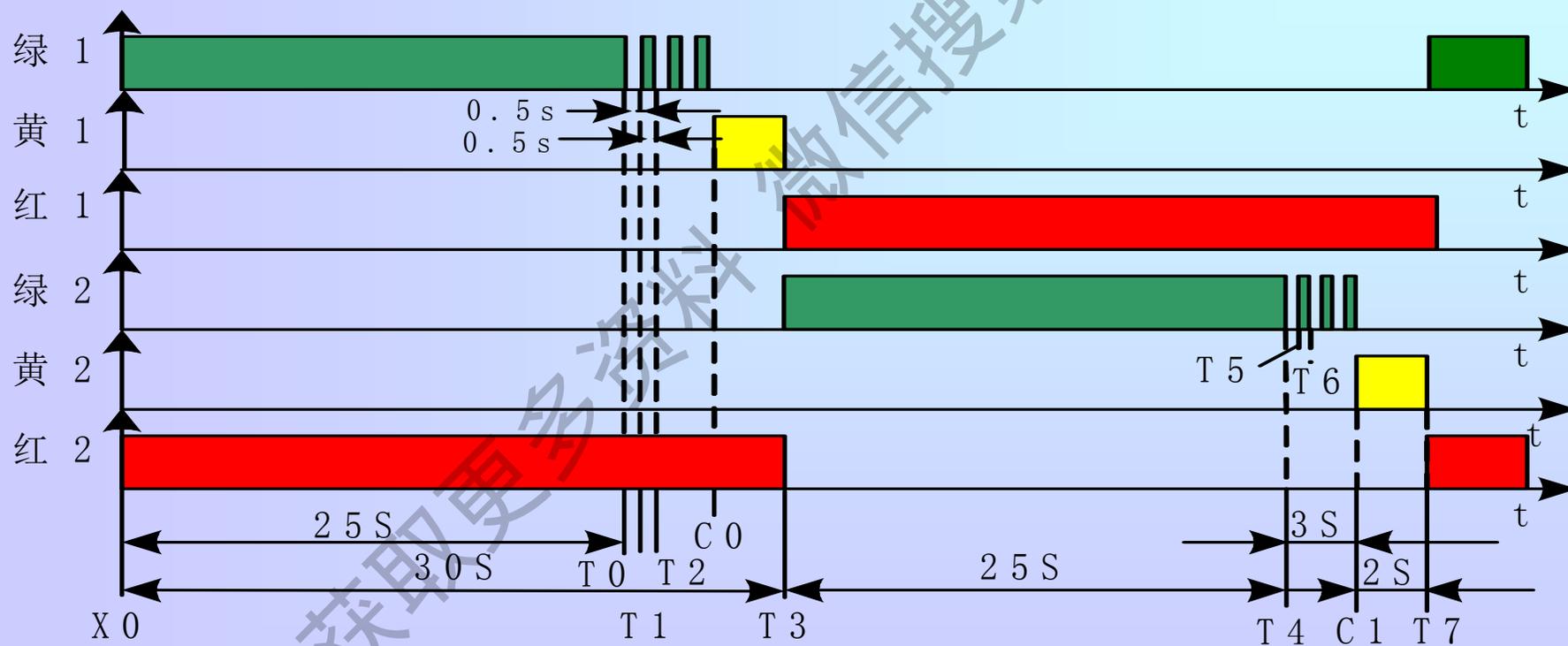


图6-72 交通灯时序图

表6-40 时间点及实现方法

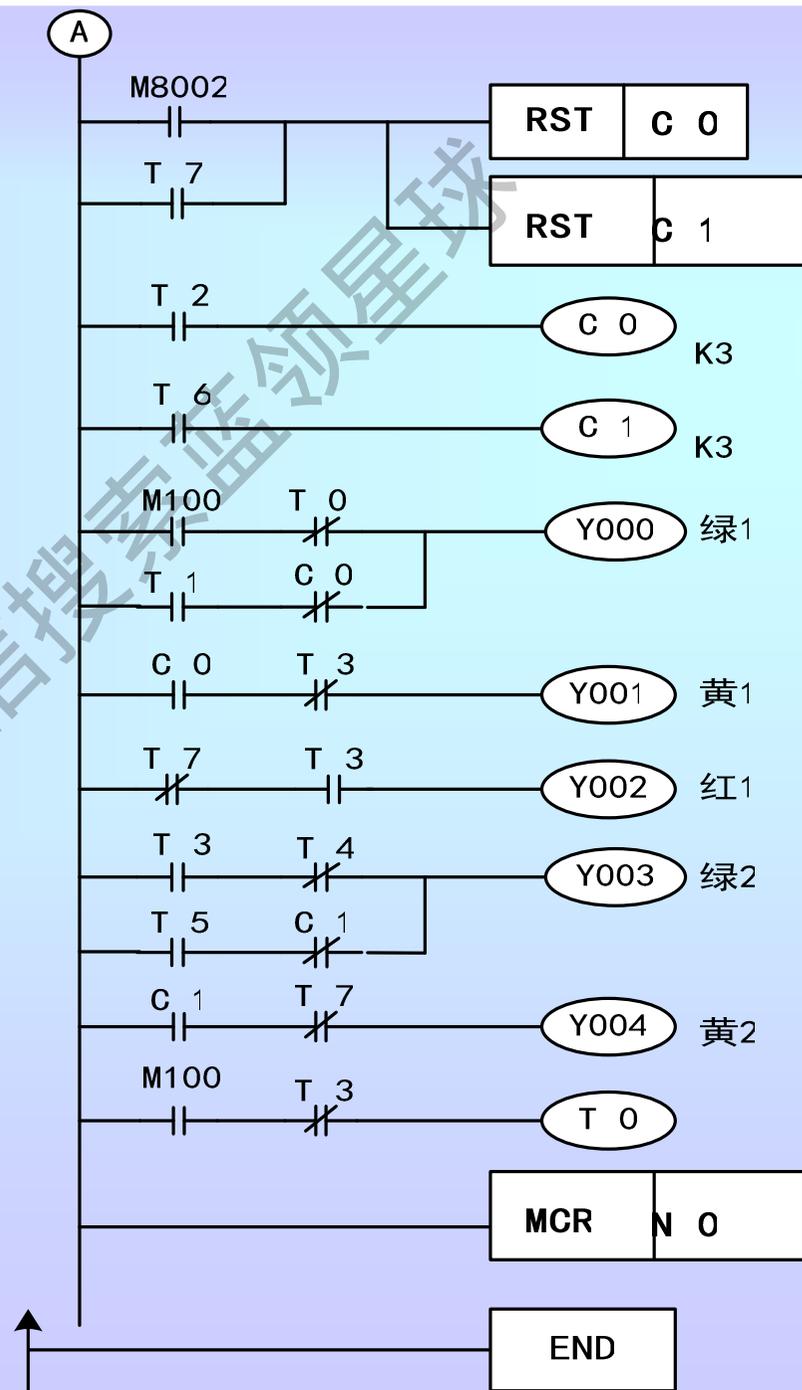
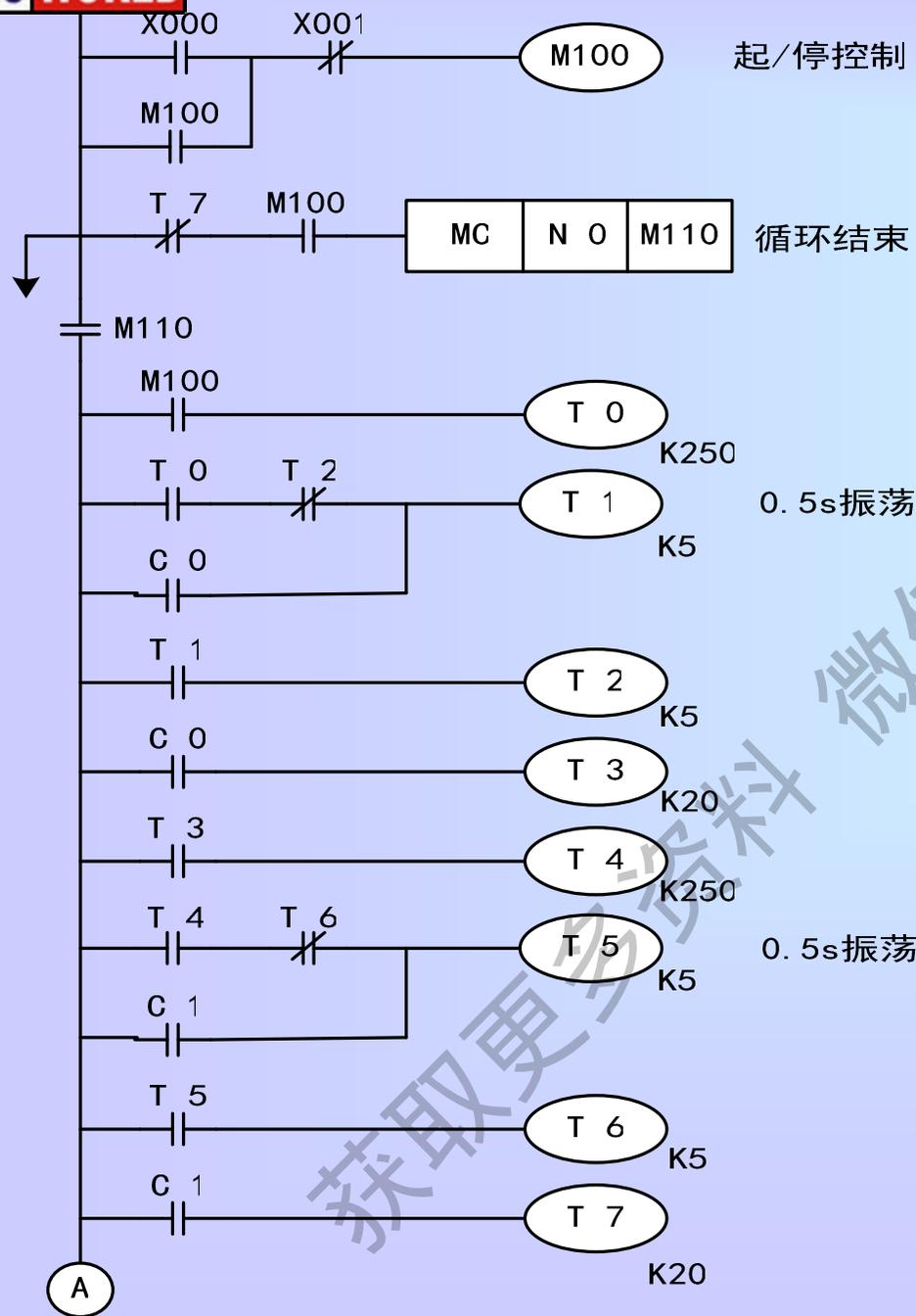
器 件	意 义	实 现
X000	启动及循环起点，绿1、绿2点亮	启动按钮
T0	绿1亮25s定时器	T0设定值K250，从X0接通起计时，计时时间到绿1断开，T1计时。
T1、T2	绿1闪动3次控制	T1、T2形成振荡，T1通时绿1点亮，C0计数
C0	黄1亮2s起点	T2为C0计数信号，C0接通时黄1点亮
T3	黄1亮2s定时器	T3设定值K20，T3接通时为红1、绿2点亮，红2熄灭
T4	绿2亮25s定时器	T4设定值K250，从T3接通时计时，计时时间到绿2断开，T6计时
T5、T6	绿2闪动3次控制	T5、T6形成振荡，T5通时绿2点亮，C1计数
C1	黄2亮2s起点	T6为C1计数信号，C1接通时黄2点亮
T7	黄2亮2s定时器	T7设定值K20，T7接通时黄2熄灭，一循环周期结束

本例梯形图设计步骤如下。

(1) 依表6—40所列器件及方式绘出各“时间点”对应的支路。这些支路是依“时间点”的先后顺序绘出的，且采用一点扣一点的方式进行的。

(2) 以“时间点”为工作条件绘出各灯的输出梯形图。

(3) 为了实现交通灯的启停控制，在已绘好的梯形图上增加主控环节。作为一个循环的结束，第二个循环开始控制的T7的常闭触点也作为条件串入主控指令中。本例梯形图绘于图6—73。



第六节 “经验”编程方法

以上四个实例编程应用的方法称为“经验设计法”。“经验设计法”顾名思义就是依据设计者的设计经验进行设计的方法。它主要基于以下几点。

(1) PLC的编程，从梯形图来看，其根本点是找出符合控制要求的系统各个输出的工作条件，这些条件又总是用机内各种器件按一定的逻辑关系组合来实现的。

(2) 梯形图的基本模式为启—保—停电路。每个启—保—停电路一般只针对一个输出，这个输出可以是系统的实际输出，也可以是中间变量。

(3) 梯形图编程中有一些约定俗成的基本环节，它们都有一定的功能，可以在许多地方借以应用。

在编绘以上各例程序的基础上，现将“经验设计法”编程步骤总结如下。

(1) 在准确了解控制要求后，合理地分配控制系统中的事件输入输出端。选择必要的机内器件，如定时器、计数器、辅助继电器。

(2) 对于一些控制要求较简单的输出，可直接写出它们的工作条件，依启—保—停电路模式完成相关的梯形图支路。工作条件稍复杂的可借助辅助继电器。

(3) 对于较复杂的控制要求，为了能用启—保—停电路模式绘出各输出端的梯形图，要正确分析控制要求，并确定组成总的控制要求的关键点。在空间类逻辑为主的控制中关键点为影响控制状态的点（如抢答器例中主持人是否宣布开始，答题是否到时等）。在时间类逻辑为主的控制中（如交通灯），关键点为控制状态转换的时间。

(4) 将关键点用梯形图表达出来。关键点总是用机内器件来代表的，应考虑并安排好。绘关键点梯形图时，可以使用常见的基本环节，如定时器计时环节、振荡环节、分频环节等。

(5) 在完成关键点梯形图的基础上，针对系统最终的输出进行梯形图的编绘。**使用关键点综合出最终输出的控制要求。**

(6) 审查以上草绘图纸，在此基础上，**补充遗漏的功能，更正错误，进行最后的完善。**

最后需要说明的是“经验设计法”并无一定的章法可循。在设计过程中如发现初步的设计构想不能实现控制要求时，可换个角度试一试。当您的设计经历多起来时，经验法就会得心应手了。