

第二篇

三菱小型可编程序控制器FX_{2N}



三菱小型可编程序控制器FX_{2N}

- 可编程序控制器的组成及原理
- 三菱小型可编程序控制器
- **FX_{2N}**的基本指令、步进指令及编程
- **FX_{2N}**的功能指令
- **FX_{2N}**的编程器件和编程软件
- **FX_{2N}**的特殊功能模块和通信网络
- **FX_{2N}**的控制系统的应用设计



学习目标

- 掌握PLC的组成与工作原理
- 掌握基本指令，步进指令，功能指令
- 掌握PLC在实际生产生活中的应用

我们一起开动脑筋 认真钻研



第四章 $\text{FX}_{2\text{N}}$ 的基本指令、步进指令及编程

4.1 基本指令

4.2 基本指令的编程应用

4.3 步进指令及状态编程法



4.1 基本指令

- LD、LDI、OUT
- AND、ANI
- OR、ORI
- ORB
- ANB
- LDP、LDF、ANDP
- ANDF、ORP、ORF
- MPS、MRD、MPP
- MC、MCR
- SET、RST
- PLS、PLF
- NOP
- END
- INV

4.1基本指令

一、LD、LDI、OUT

LD:取指令。表示一个与输入母线相连的常开接点指令。

LDI: 取反指令。表示一个与输入母线相连的常闭接点指令。

LD,LDI的目标元件是X,Y,M,S,T,C。

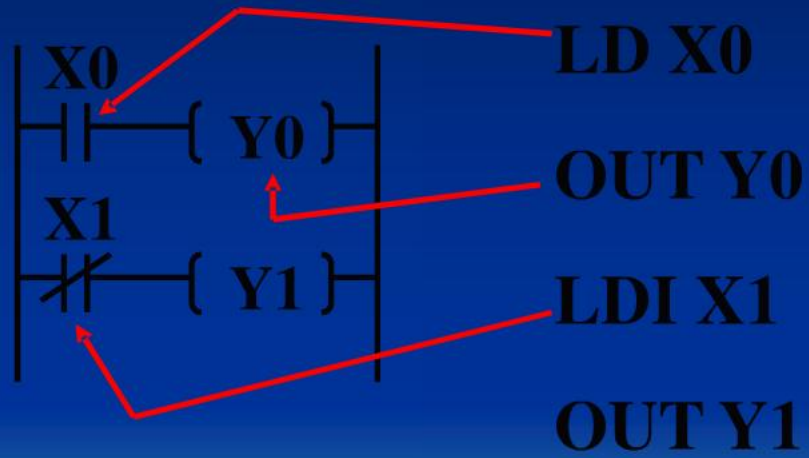
OUT:输出指令。

OUT指令的目标元件是Y,M,S,T,C。



4.1 基本指令

一、LD、LDI、OUT



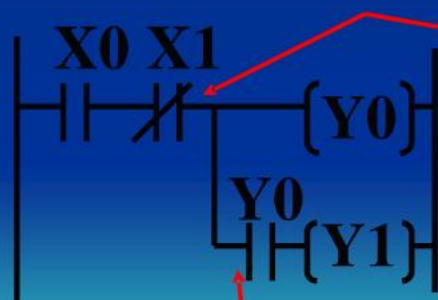
4.1基本指令

二、AND、ANI

AND:与指令。用于单个常开接点的串联。

ANI: 与非指令。用于单个常闭接点的串联。

这两条指令的目标元件为X,Y,M,S,T,C。



LD X0

ANI X1

OUT Y0

AND Y0

OUT Y1

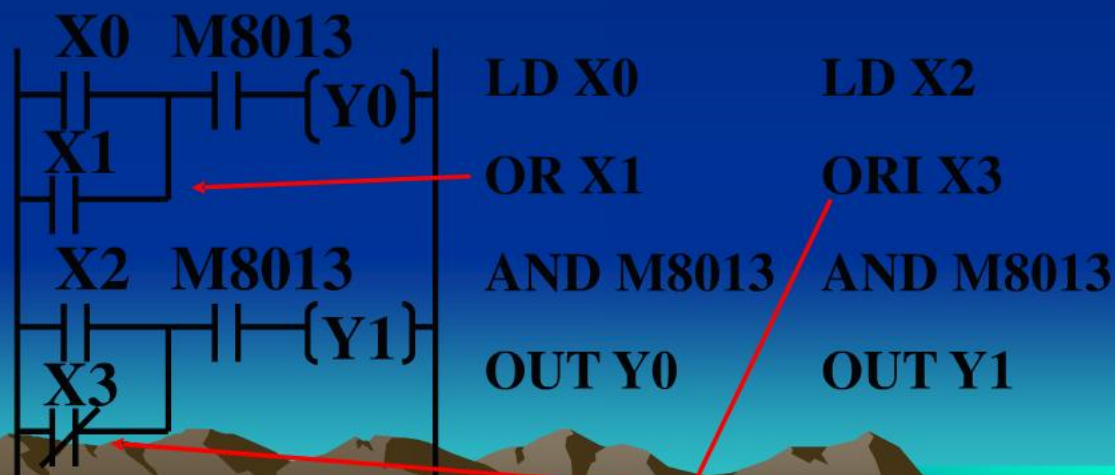
4.1 基本指令

三、OR、ORI

OR:或指令。用于单个常开接点的并联。

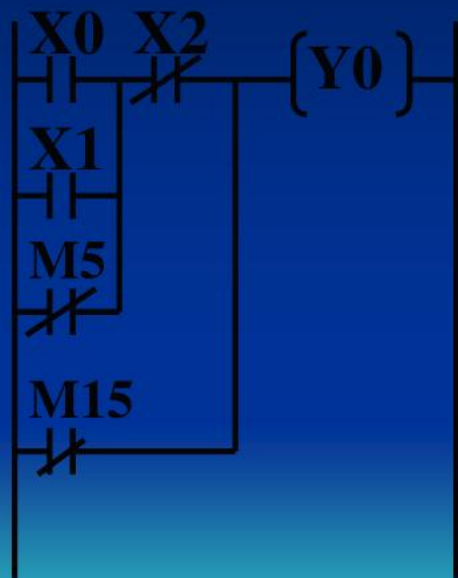
ORI:或非指令。用于单个常闭接点的并联。

其目标元件是X,Y,M,S,T,C。



4.1 基本指令

三、OR、ORI



LD X0

OR X1

ORI M5

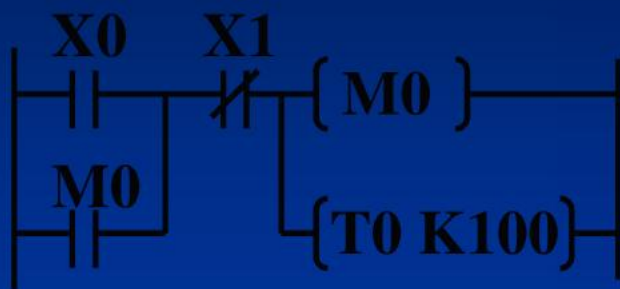
ANI X2

ORI M15

OUT Y0

4.1 基本指令

三、OR、ORI



LD X0

OR M0

ANI X1

OUT M0

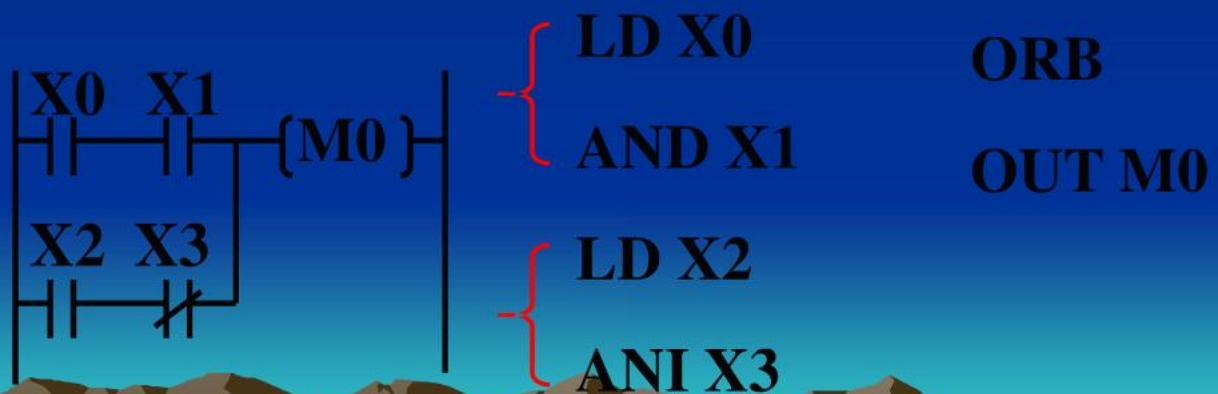
OUT T0

K100

4.1 基本指令

四、ORB

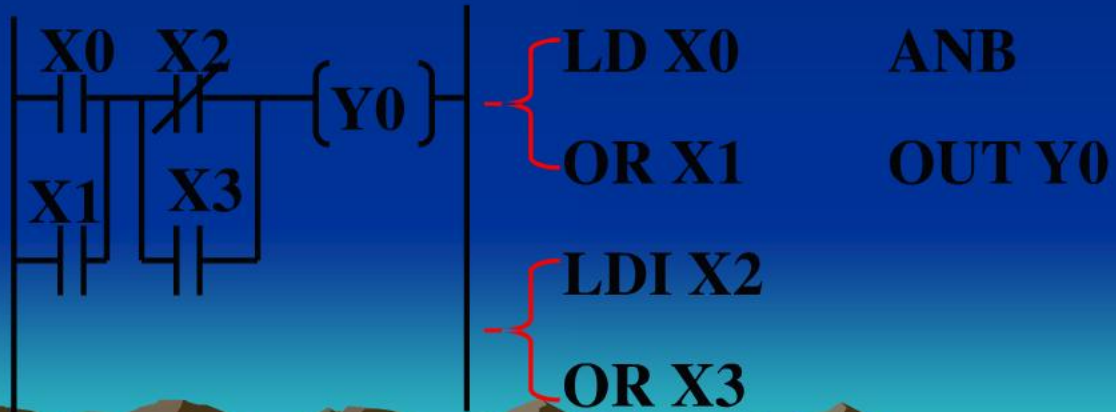
ORB: 两个或两个以上的接点串联电路叫串联电路块。串联电路块并联连接时，分支开始用LD,LDI，分支结果用ORB，其为无目标元件指令。



4.1 基本指令

五、ANB

ANB:两个或两个以上接点并联的电路称为并联电路块，分支电路并联电路块与前面电路串联连接时，使用此指令。其无操作目标元件。



4.1 基本指令

六、MPS、MRD、MPP

MPS，进栈指令

MRD，读栈指令

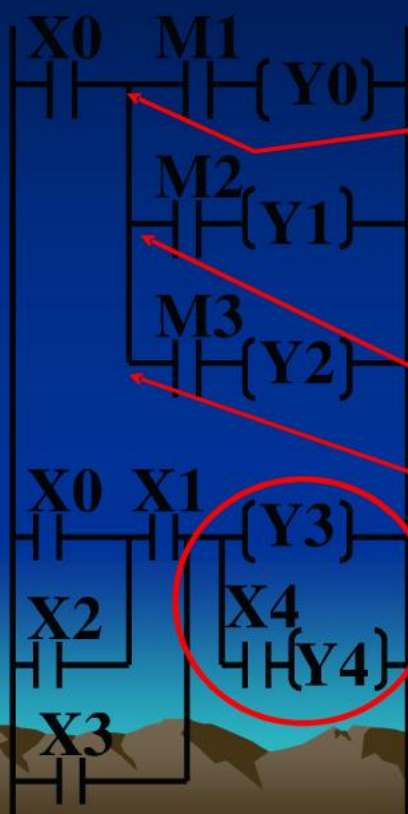
MPP，出栈指令

这三条指令是无操作器件指令。用于多输出电路。可将连接点先存储，用于连接后面的电路。**MPS**和**MPP**指令必须成对使用，且连续使用少于11次。



4.1 基本指令

六、MPS、MRD、MPP



LD X0

MPS

AND M1

OUT Y0

MRD

AND M2

OUT Y1

MPP

AND M3

OUT Y2

LD X0

OR X2

AND X1

OR X3

OUT Y3

AND X4

OUT Y4

4.1 基本指令

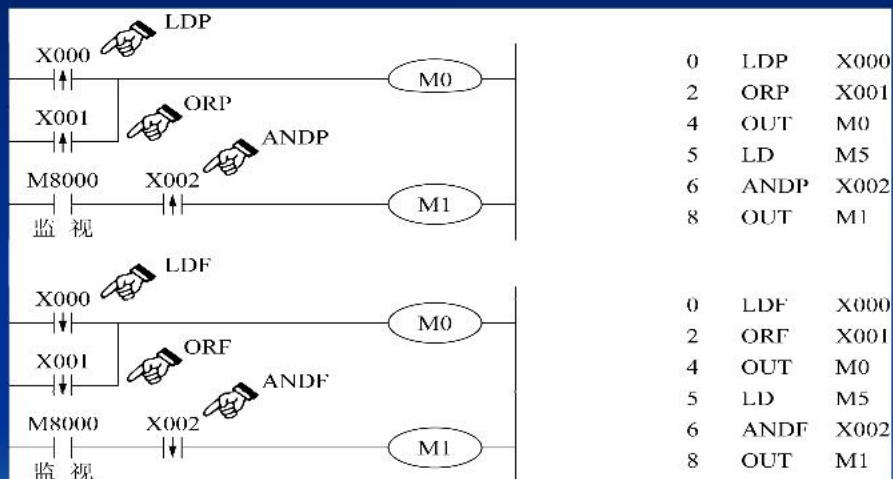
七、LDP、LDF、ANDP、ANDF、ORP、ORF

LDP、ANDP、ORP指令是进行上升沿检出的触点指令，仅在指定位元件的上升沿时(**OFF**→**ON**变化时)接通一个扫描周期；**LDF、ANDF、ORF**指令是进行下降沿检出的触点指令，仅在指定位元件的下降沿时(**ON**→**OFF**变化时)接通一个扫描周期。



4.1基本指令

七、LDP、LDF、ANDP、ANDF、ORP、ORF



4.1基本指令

八、MC、MCR

在编程时经常遇到多个线圈同时受一个或一组接点控制，若每个线圈的控制电路中都串入同样的接点则会多占有存储单元，应用主控指令即可解决这个问题。

MC:主控指令

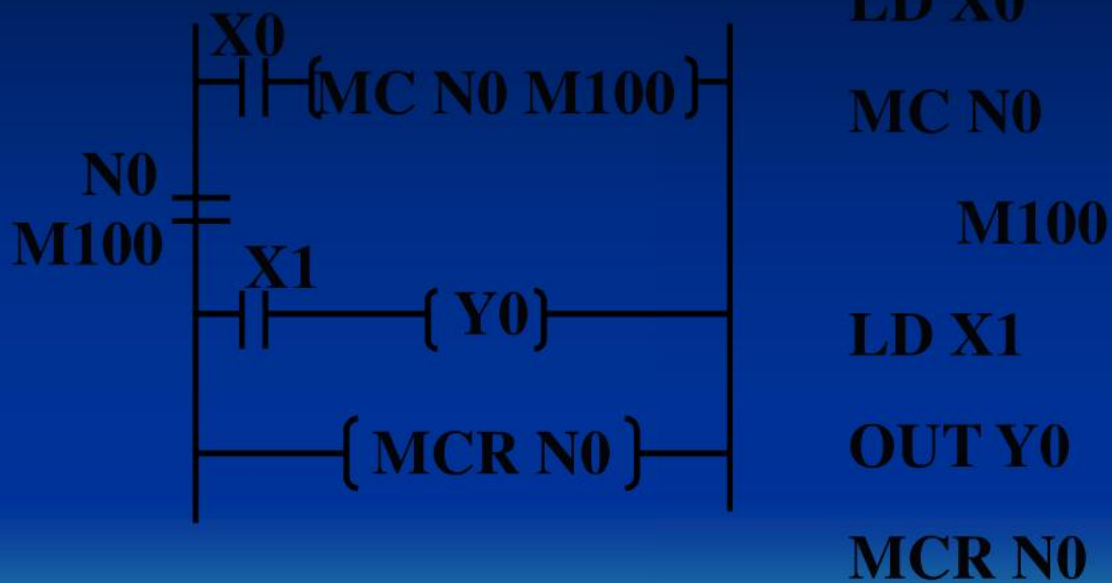
MCR:主控复位指令

其操作目标元件是Y,M，不允许用特殊辅助继电器M，与主控接点相连的接点必须用LD或LDI指令，N的编号（0~7）顺次增大。



4.1 基本指令

八、MC、MCR



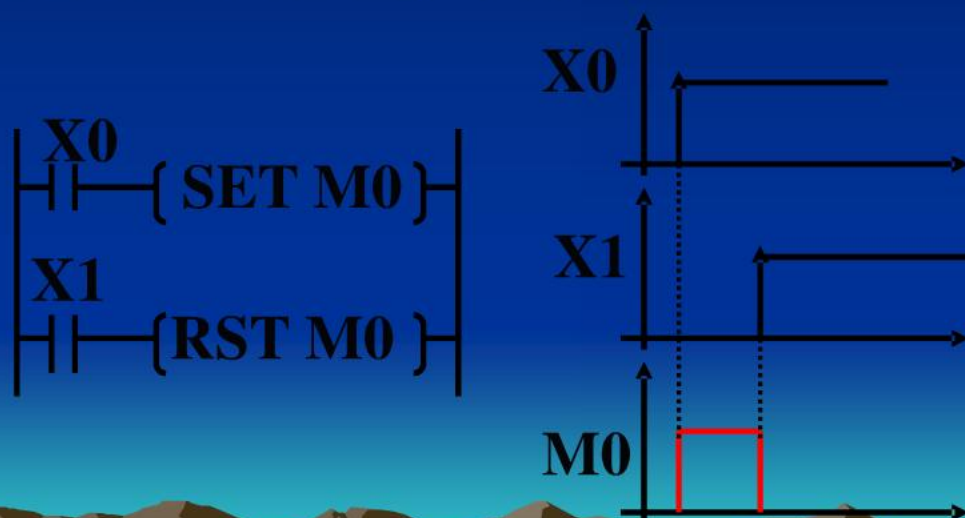
若**X0**断开，则跳过主控指令控制的梯形图，这时**Y0**又变为**0**状态。

4.1 基本指令

九、SET、RST

SET:置位指令，使动作保持

RST:复位指令，使操作保持复位



4.1 基本指令

十、PLS、PLF

PLS: 输入信号上升沿产生脉冲输出

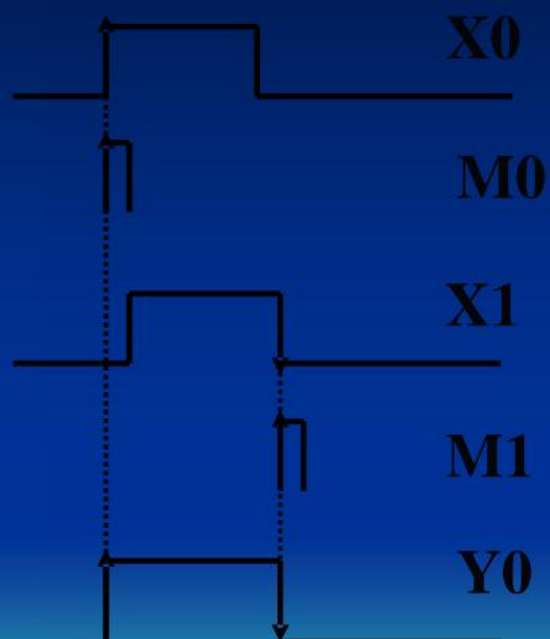
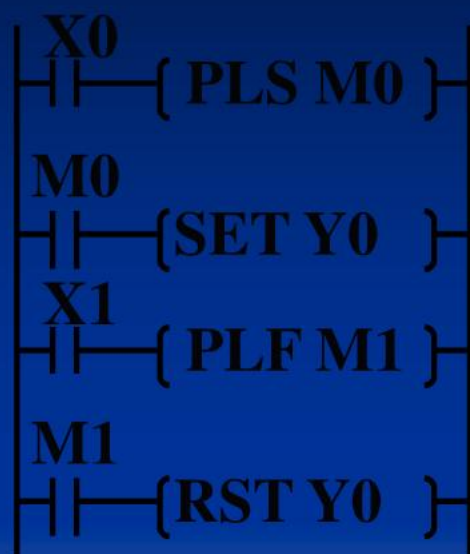
PLF: 输入信号下降沿产生脉冲输出

其目标元件为Y,M，但特殊辅助继电器不能作为目标元件。



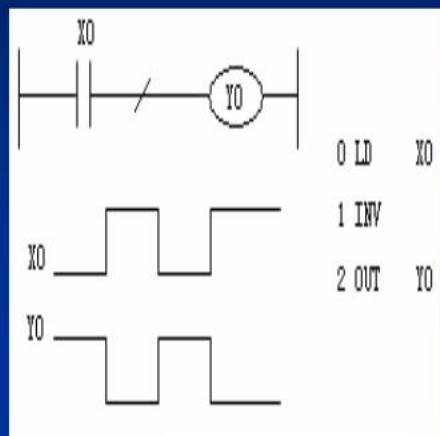
4.1 基本指令

十、PLS、PLF



4.1 基本指令

十一、INV



该指令用于运算结果的取反。当执行该指令时，将INV指令之前存在的如LD、LDI等指令的运算结果反转

4.1基本指令

十二、NOP

NOP为空操作指令，该指令是一条无动作、无目标元件占一个程序步的指令。空操作指令使该步序作空操作。用**NOP**指令替代已写入指令，可以改变电路。在程序中加入**NOP**指令，在改动或追加程序时可以减少步序号的改变。执行完清除用户存储器的操作后，用户存储器的内容全部变为空操作指令。



4.1基本指令

十三、END

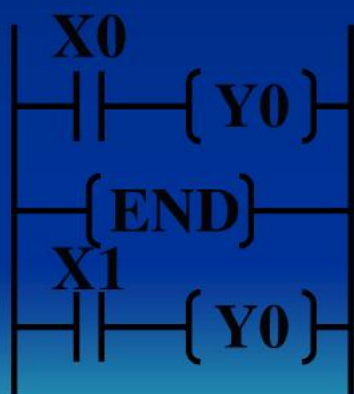
END是一条无目标元件占一个程序步的指令。**PLC**反复进行输入处理、程序运算、输出处理，若在程序最后写入**END**指令，则**END**以后的程序步就不再执行，直接进行输出处理。在程序调试过程中，按段插入**END**指令，可以顺序扩大对各程序段动作的检查。采用**END**指令将程序划分为若干段，在确认处于前面电路块的动作正确无误之后，依次删去**END**指令。要注意的是在执行**END**指令时，也刷新监视时钟。



4.1 基本指令

十三、END

END: 程序结束指令。END之后的程序步不再执行。



思考：若
 $X0=1, X1=0$, $Y0$ 最终
输出多少？

4.1 基本指令

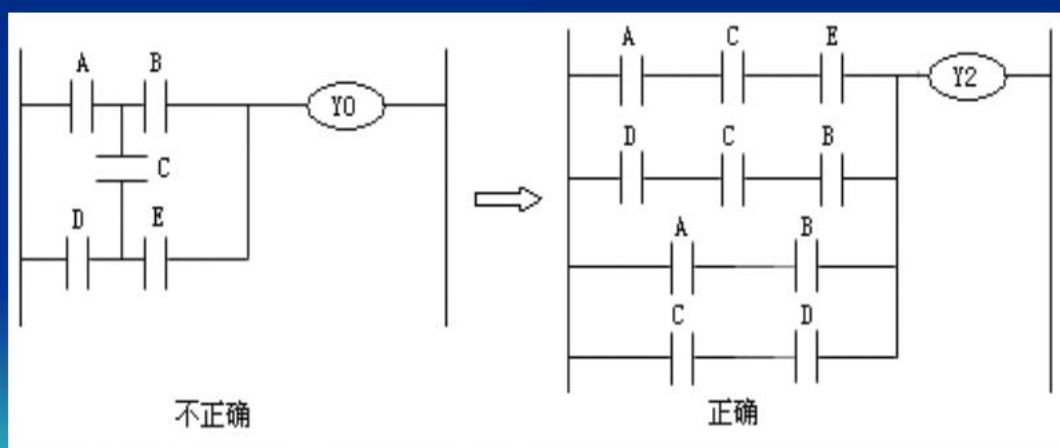
编程的基本原则

- 水平不垂直
- 线圈右边无接点
- 左大右小，上大下小
- 双线圈输出不可用
- 输入信号的最高频率问题

4.1 基本指令

水平不垂直

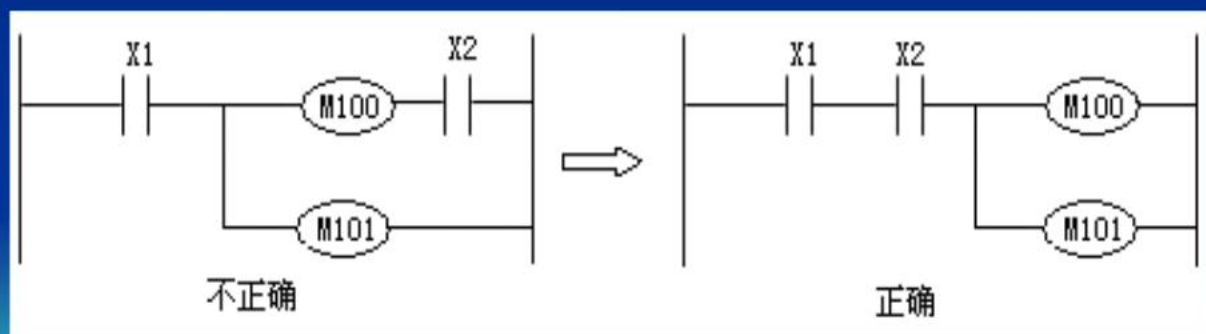
梯形图的接点应画在水平线上，不能画在垂直分支上



4.1 基本指令

线圈右边无接点

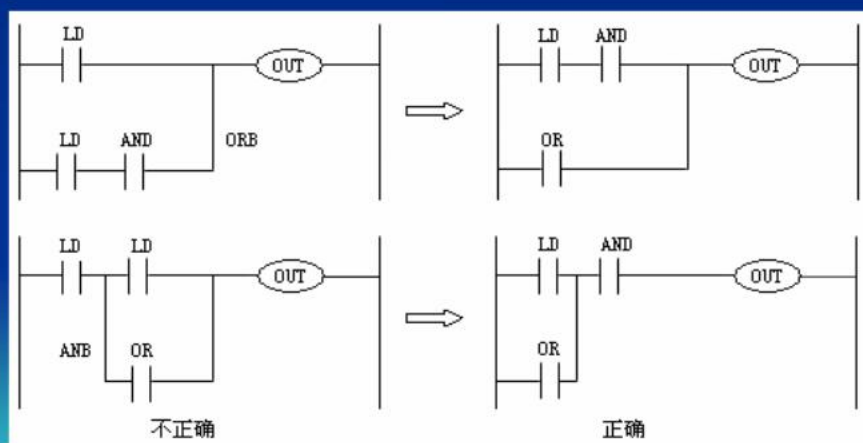
不能将接点画在线圈右边，只能在接点的右边接线圈



4.1 基本指令

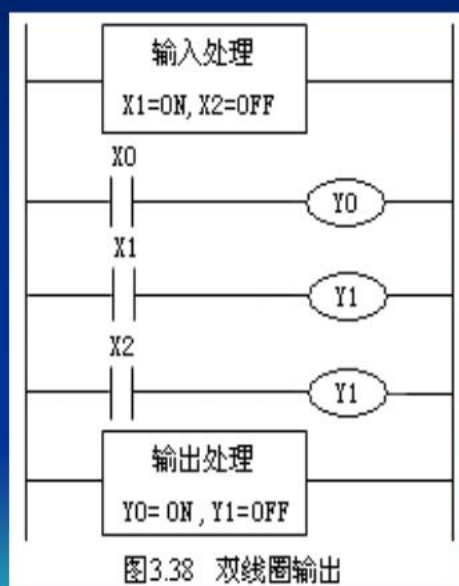
上大下小, 左大右小

有串联电路并联时, 应将接点最多的那个串联回路放在梯形图最上面。有并联电路相串联时, 应将接点最多的并联回路放在梯形图的最左边。



4.1 基本指令

双线圈输出不可用



如果在同一程序中同一元件的线圈使用两次或多次，则称为双线圈输出。这时前面的输出无效，只有最后一次才有效，一般不应出现双线圈输出。

4.1 基本指令

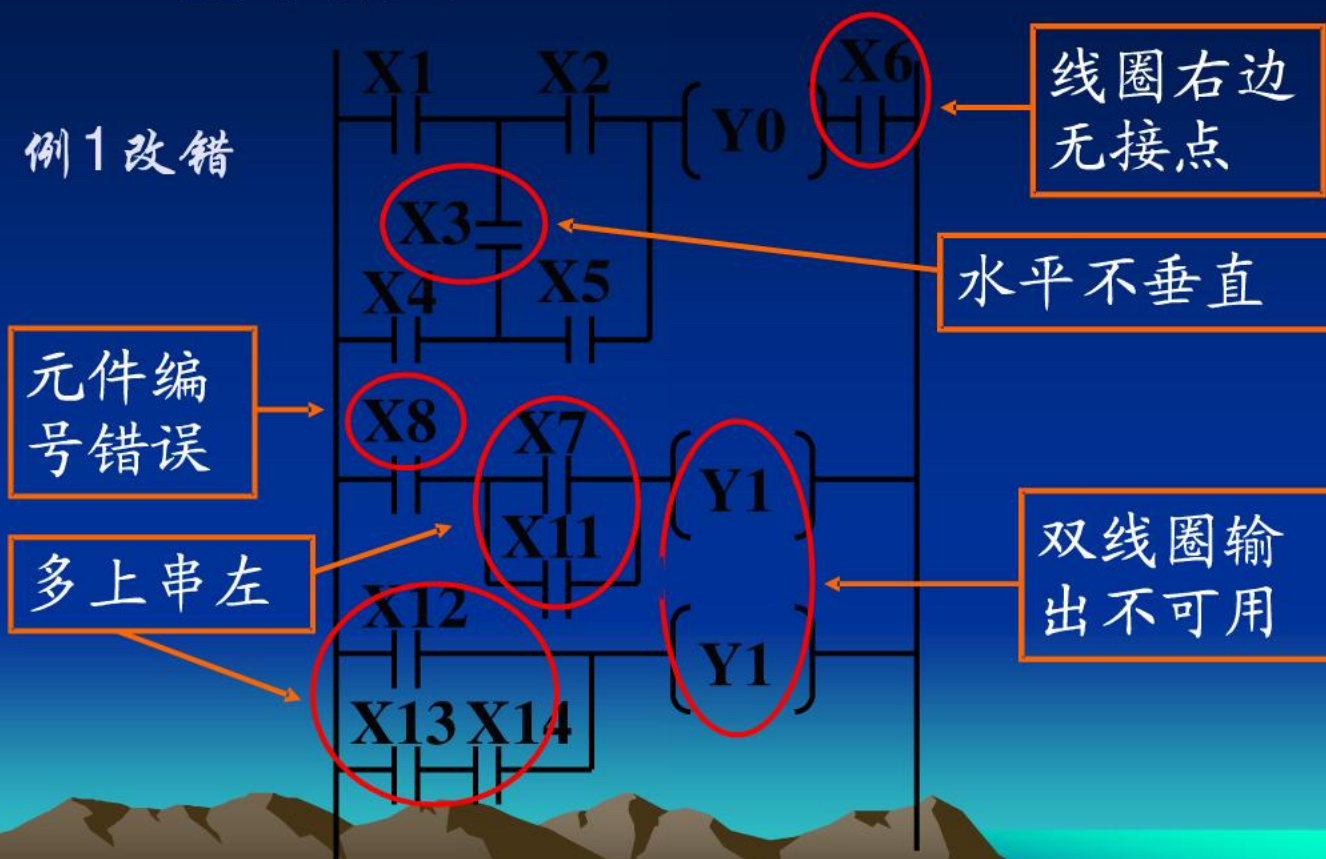
输入信号的最高频率问题

输入信号的状态是在PLC输入处理时间内被检测的。如果输入信号的ON时间或OFF时间过窄，有可能检测不到。也就是说，PLC输入信号的ON时间或OFF时间，必须比PLC的扫描周期长。若考虑输入滤波器的响应延迟为10ms，扫描周期为10ms，则输入的ON时间或OFF时间至少为20ms。因此，要求输入脉冲的频率低于 $1000\text{Hz} / (20 + 20) = 25\text{Hz}$ 。

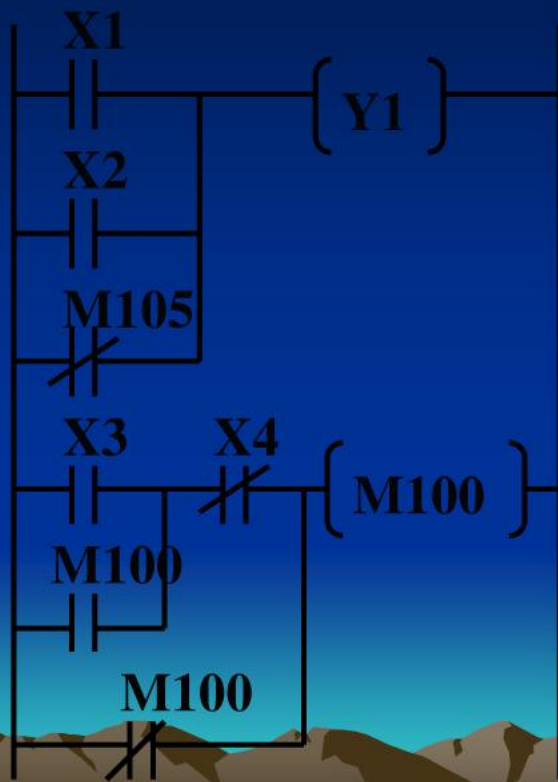


4.1 基本指令

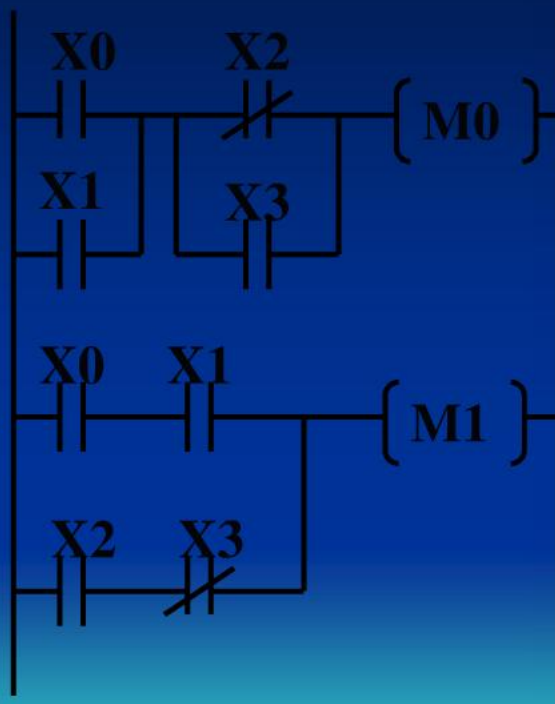
例1 改错



例2 写出语句表

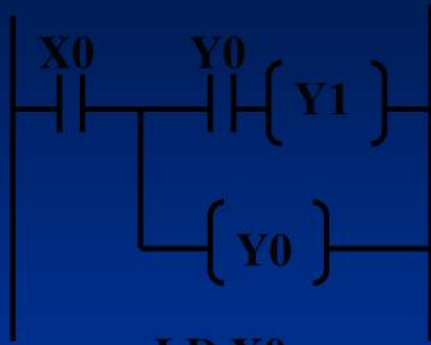


```
LD X1
OR X2
ORI M105
OUT Y1
LD X3
OR M100
ANI X4
ORI M100
OUT M100
```



```
LD X0      ORB
OR X1      OUT M1
LDI X2
OR X3
ANB
OUT M0
LD X0
AND X1
LD X2
ANI X3
```


例3 写出语句表并比较



LD X0

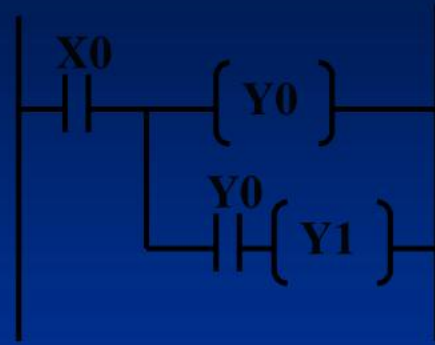
MPS

AND Y0

OUT Y1

MPP

OUT Y0



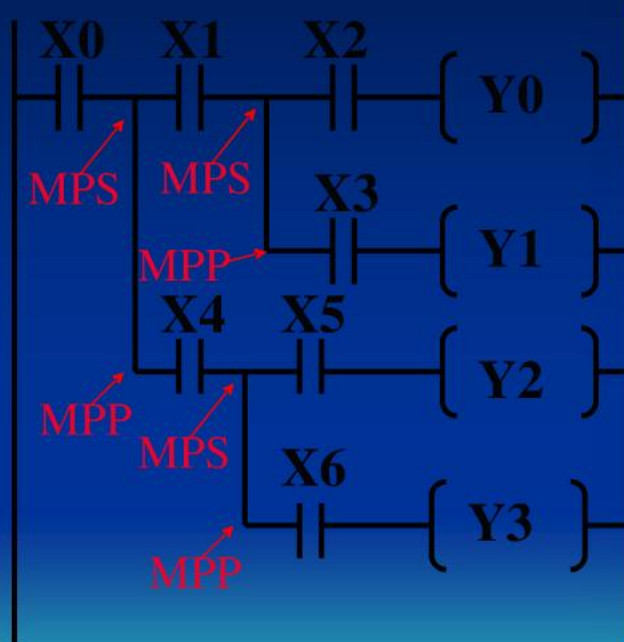
LD X0

OUT Y0

AND Y0

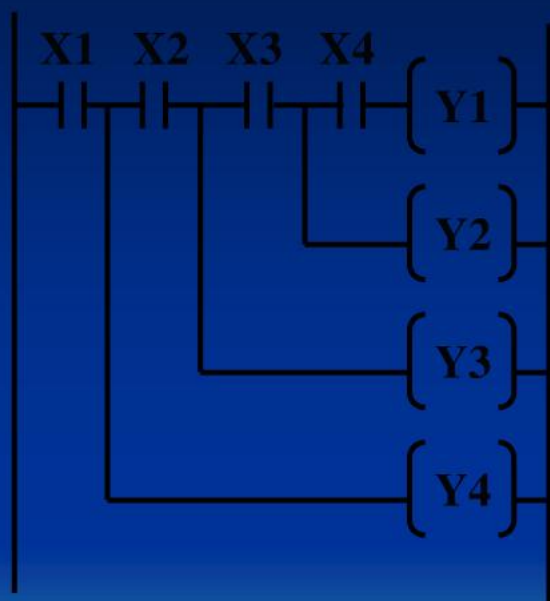
OUT Y1

例 4



LD X0	MPP
MPS	AND X4
AND X1	MPS
MPS	AND X5
AND X2	OUT Y2
OUT Y0	MPP
MPP	AND X6
AND X3	OUT Y3
OUT Y1	

例 5



LD X1

MPP

MPS

OUT Y3

AND X2

MPP

MPS

OUT Y4

AND X3

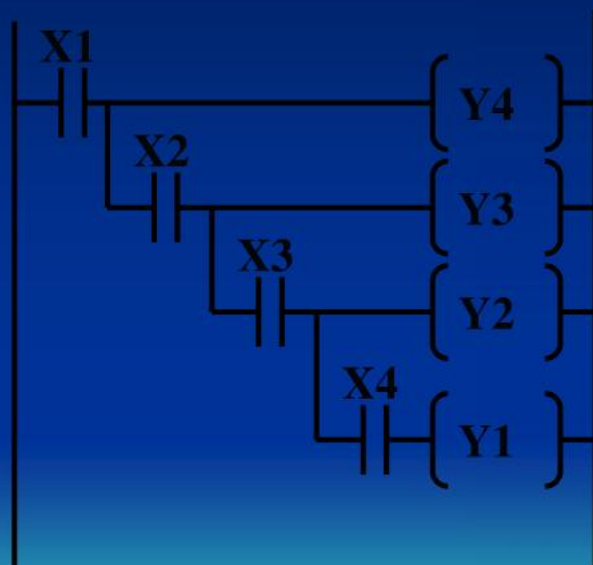
MPS

AND X4

OUT Y1

MPP

OUT Y2



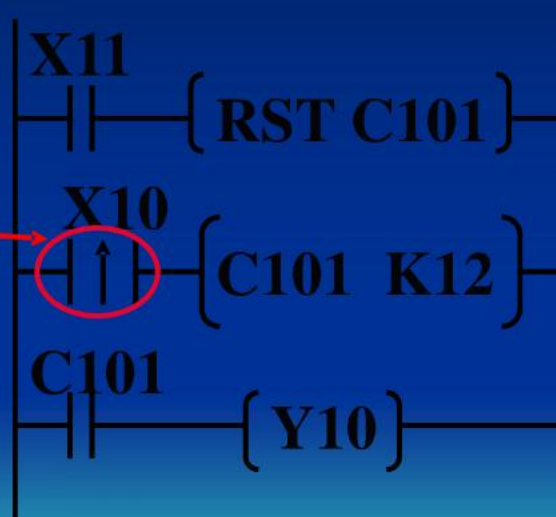
LD X1
OUT Y4
AND X2
OUT Y3
AND X3
OUT Y2
AND X4
OUT Y1

例6

啤酒生产线中有一个环节是对成品进行装箱，
假设每12瓶装为一箱，思考如何实现。

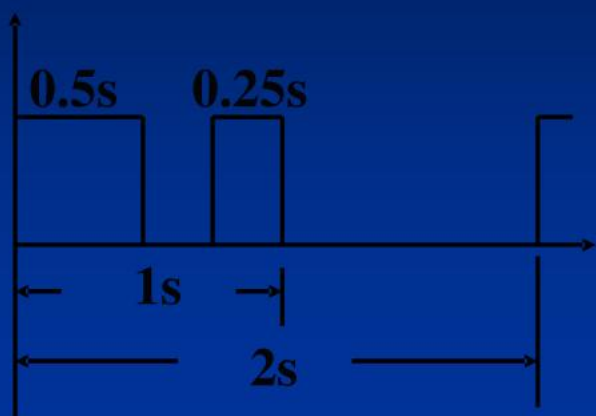
取输入信号
上升沿

LDP X10

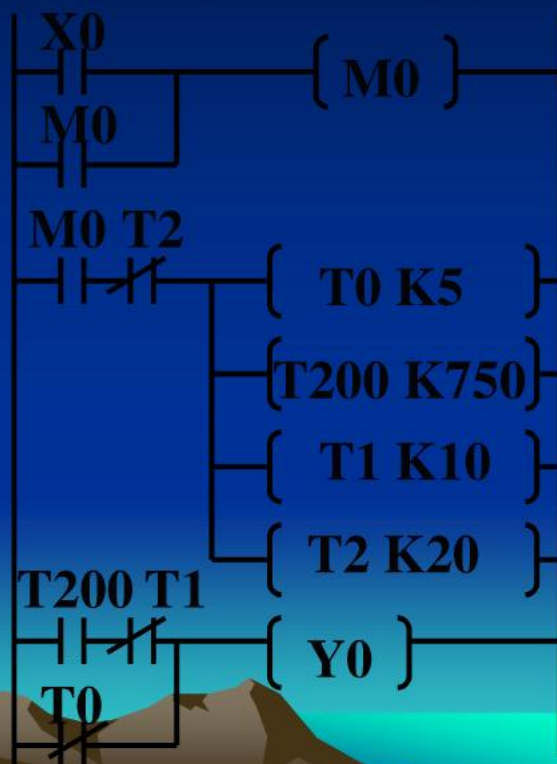


例7

编程实现按钮X0按一下，Y0输出如下图脉冲波形



思考：用SET,RST指令如何实现？



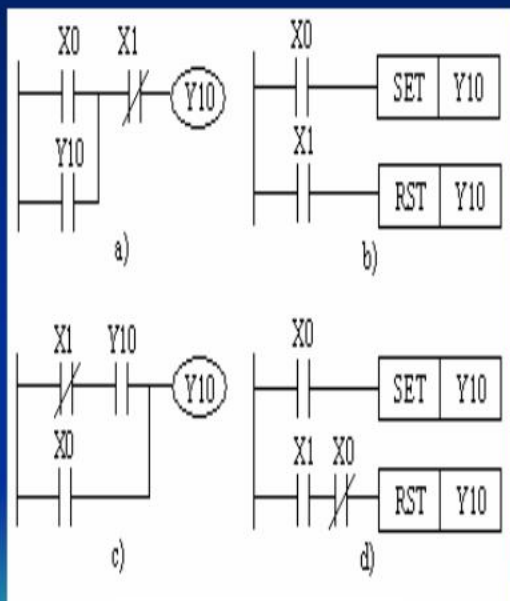
4.2基本指令的编程应用

- 1. 起动、保持和停止电路
- 2. 三相异步电动机正反转控制电路
- 3. 常闭触点输入信号的处理
- 4. 多继电器线圈控制电路
- 5. 多地控制电路
- 6. 互锁控制电路
- 7. 顺序起动控制电路
- 8. 集中与分散控制电路
- 9. 自动与手动控制电路
- 10. 闪烁电路
- 11. 延合延分电路
- 12. 定时范围扩展电路
- 13. 分频电路



4.2基本指令的编程应用

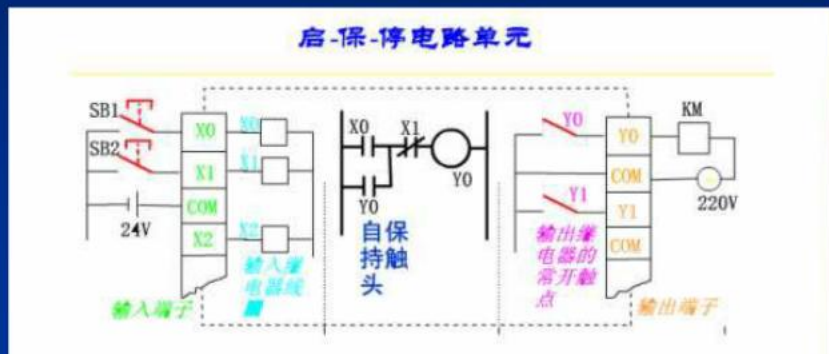
一、启动、保持和停止电路



实现Y10的启动、保持和停止的四种梯形图如图所示。这些梯形图均能实现启动、保持和停止的功能。X0为启动信号，X1为停止信号。图a、c是利用Y10常开触点实现自锁保持，而图b、d是利用SET、RST指令实现自锁保持。

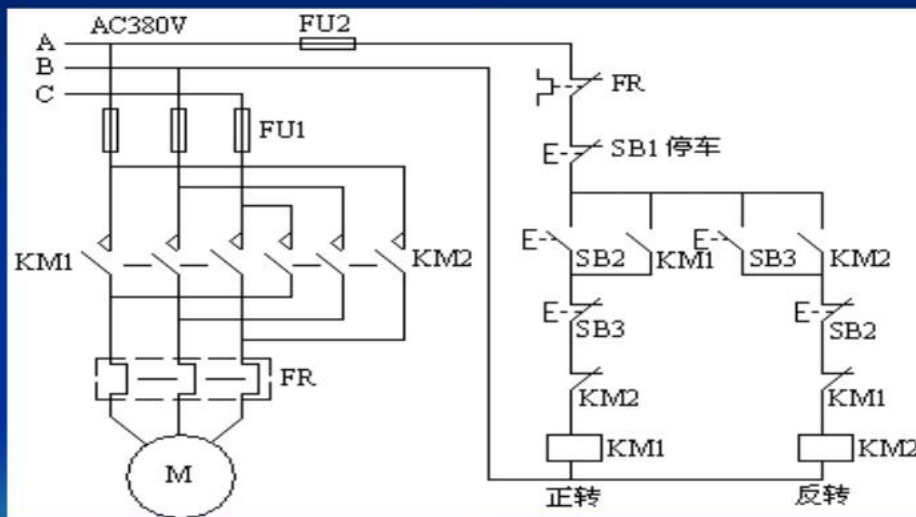
4.2基本指令的编程应用

一、启动、保持和停止电路



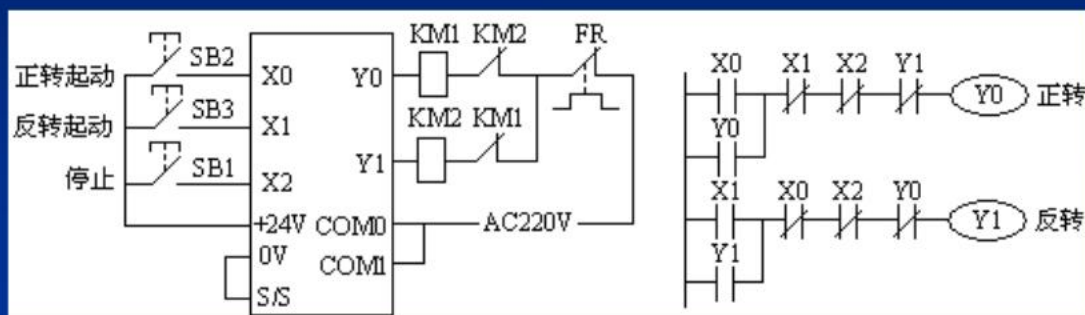
4.2基本指令的编程应用

二、三相异步电动机正反转控制电路



4.2基本指令的编程应用

二、电动机正反转控制（PLC）

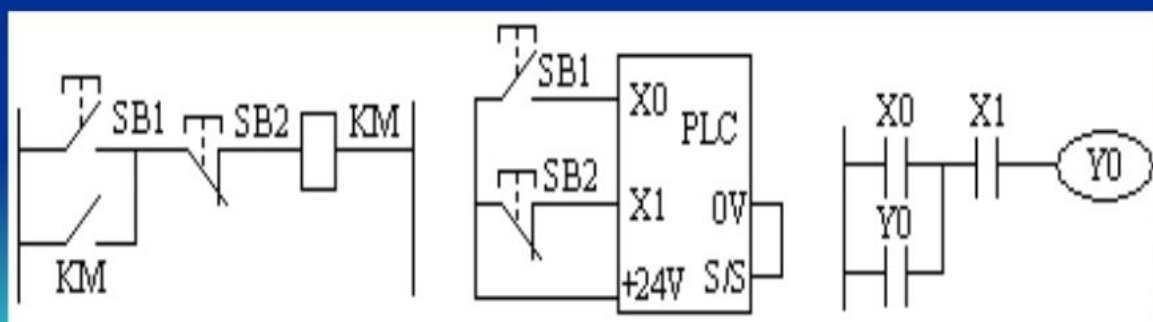


4.2基本指令的编程应用

二、电动机正反转控制（PLC）

如果输入信号只能由常开触点提供，梯形图中的触点类型与继电器电路的触点类型完全一致。

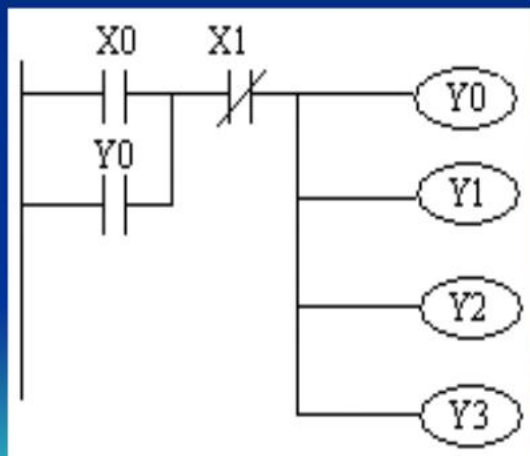
如果接入PLC的是输入信号的常闭触点，这时在梯形图中所用的X1的触点的类型与PLC外接SB2的常开触点时刚好相反，与继电器电路图中的习惯也是相反的。建议尽可能采用常开触点作为PLC的输入信号。



4.2基本指令的编程应用

三、多继电器线圈控制电路

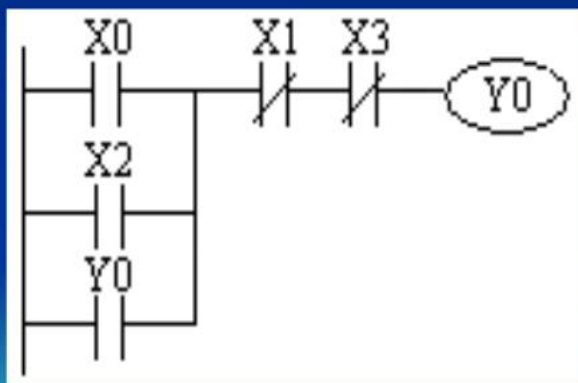
下图是可以自锁的同时控制4个继电器线圈的电路图。其中X0是起动按钮，X1是停止按钮。



4.2基本指令的编程应用

四、多地控制电路

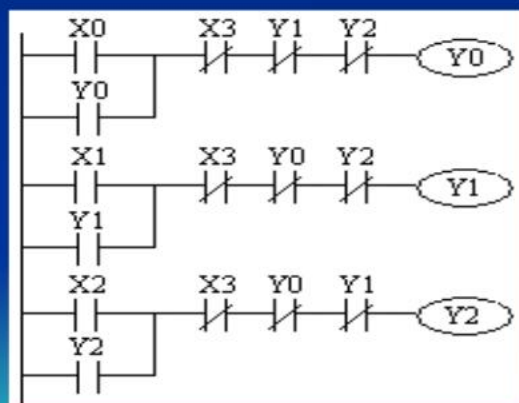
下图是两个地方控制一个继电器线圈的程序。其中X0和X1是一个地方的起动和停止控制按钮，X2和X3是另一个地方的起动和停止控制按钮。



4.2基本指令的编程应用

五、互锁控制电路

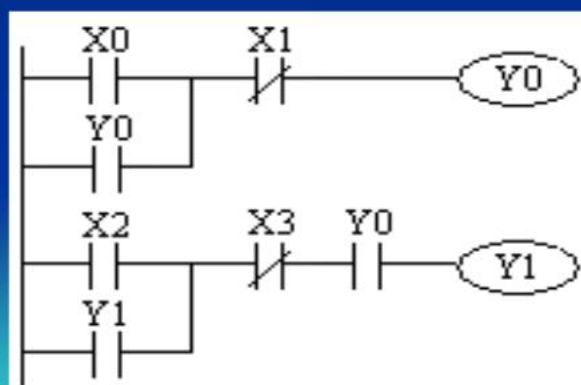
下图是3个输出线圈的互锁电路。其中X0、X1和X2是起动按钮，X3是停止按钮。由于Y0、Y1、Y2每次只能有一个接通，所以将Y0、Y1、Y2的常闭触点分别串联到其它两个线圈的控制电路中。



4.2基本指令的编程应用

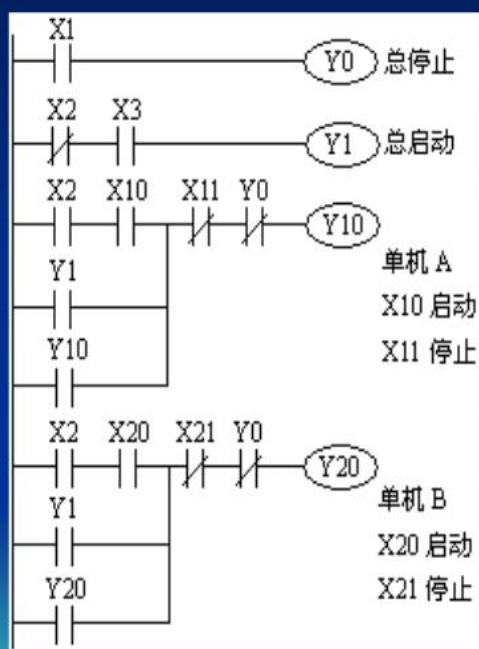
六、顺序起动控制电路

如图所示。Y0的常开触点串在Y1的控制回路中，Y1的接通是以Y0的接通为条件。这样，只有Y0接通才允许Y1接通。Y0关断后Y1也被关断停止，而且Y0接通条件下，Y1可以自行接通和停止。X0、X2为起动按钮，X1、X3为停止按钮。



4.2基本指令的编程应用

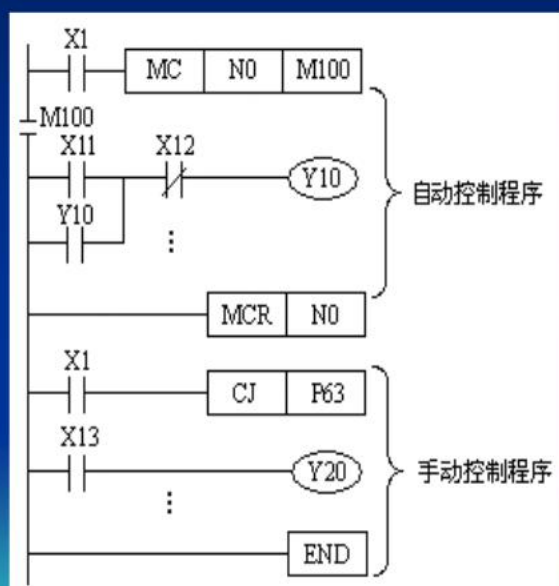
七、集中与分散控制电路



在多台单机组成的自动线上，有在总操作台上的集中控制和在单机操作台上分散控制的联锁。集中与分散控制的梯形图如图所示。**X2**为选择开关，以其触点为集中控制与分散控制的联锁触点。当**X2**为**ON**时，为单机分散起动控制；当**X2**为**OFF**时，为集中总起动控制。在两种情况下，单机和总操作台都可以发出停止命令。

4.2基本指令的编程应用

八、自动与手动控制电路

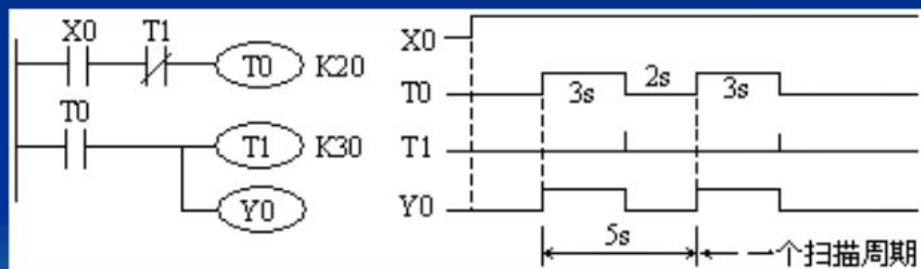


在自动与半自动工作设备中，有自动控制与手动控制的联锁，如图所示。输入信号**X1**是选择开关，选其触点为联锁型号。当**X1**为**ON**时，执行主控指令，系统运行自动控制程序，自动控制有效，同时系统执行功能指令**CJ P63**，直接跳过手动控制程序，手动调整控制无效。当**X1**为**OFF**时，主控指令不执行，自动控制无效，跳转指令也不执行，手动控制有效。

4.2基本指令的编程应用

九、闪烁电路

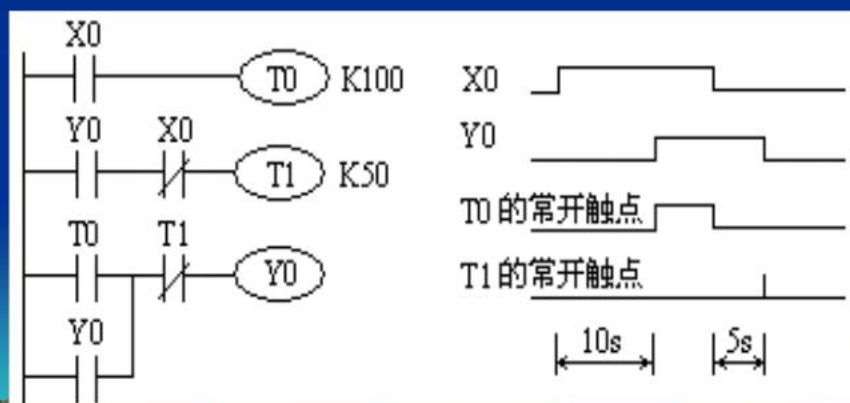
当拨动开关将X0接通，启动脉冲发生器。延时2s后Y0接通，再延时3s后Y0断开。这一过程周期性地重复。Y0输出一系列脉冲信号，其周期为5s，脉宽为3s。



4.2基本指令的编程应用

十、延合延分电路

如图所示用X0控制Y0，当X0的常开触点接通后，T0开始定时，10s后T0的常开触点接通，使Y0变为ON。X0为ON时其常闭触点断开，使T1复位，X0变为OFF后T1开始定时，5s后T1的常闭触点断开，使Y0变为OFF，T1也被复位。Y0用起动、保持、停止电路来控制。



4.2基本指令的编程应用

十一、定时范围扩展电路

FX_{2N}系列PLC定时器的最长定时时间为**3276.7s**，如果需要更长的定时时间，可以采用以下方法以获得较长延时时间。

多个定时器组合电路

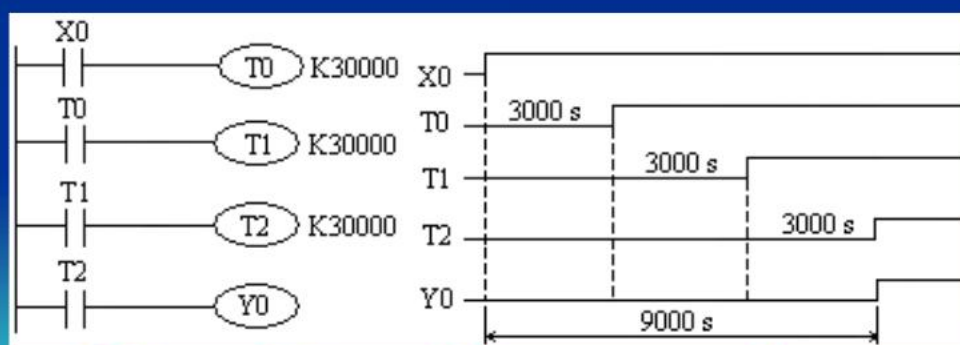
定时器和计数器组合



4.2基本指令的编程应用

十二、多个定时器组合电路

如图所示。当X0接通，T0线圈得电并开始延时，延时到T0常开触点闭合，又使T1线圈得电，并开始延时，当定时器T1延时到，其常开触点闭合，再使T2线圈得电，并开始延时，当定时器T2延时到，其常开触点闭合，才使Y0接通。因此，从X0为ON开始到Y0接通共延时9000s。

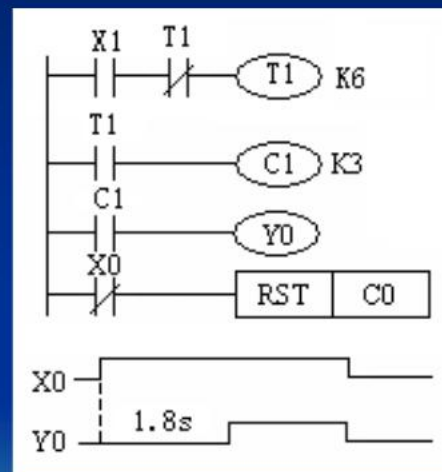


4.2基本指令的编程应用

十三、定时器和计数器组合

当X1为ON时，T1开始定时，0.6s后T1定时时间到，其常闭触点断开，使它自己复位，复位后T1的当前值变为0，同时它的常闭触点接通，使它自己的线圈重新通电，又开始定时。T1将这样周而复始地工作，直至X1变为OFF。从分析中可看出，1最上面一行电路是一个脉冲信号发生器，脉冲周期等于T1的设定值。

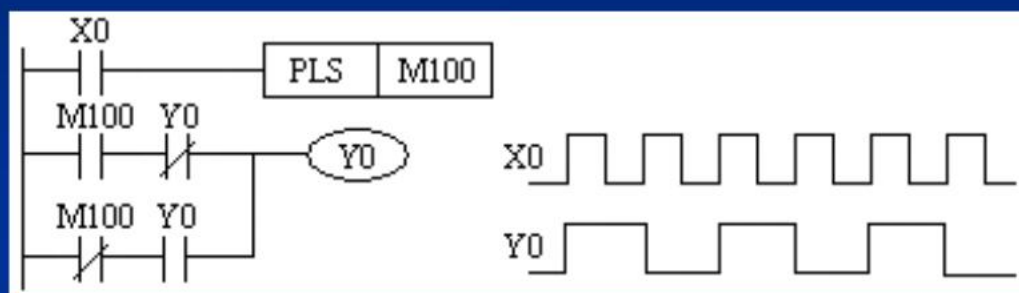
产生的脉冲列送给C0计数，计满3个数后，C0的当前值等于设定值，它的常开触点闭合，Y0开始输出。



4.2基本指令的编程应用

十四、分频电路

用PLC可以实现对输入信号的任意分频，如图所示是一个二分频电路。



4.3 步进指令及状态编程法

一、状态转移图

状态转移图称功能图。

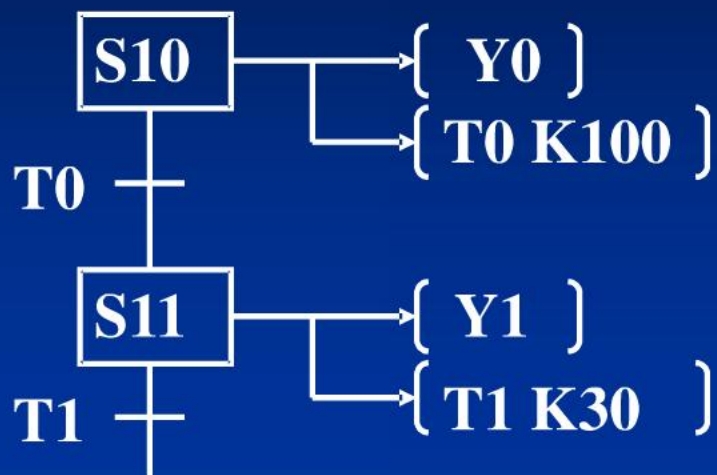
一个控制过程可以分为若干个阶段，这些阶段称为状态。

状态器是构成状态转移图的基本元件。其中S0~S9叫初始状态器。



4.3 步进指令及状态编程法

一、状态转移图



4.3 步进指令及状态编程法

一、状态转移图

顺序功能图主要由步、有向连线、转换、转换条件和动作（或命令）等要素组成。

步与步之间实现转换应同时具备两个条件：

- (1) 前级步必须是活动步。
- (2) 对应的转换条件成立。



4.3 步进指令及状态编程法

二、步进指令

许多PLC都有专门用于编制顺序控制程序的步进梯形指令及编程元件。

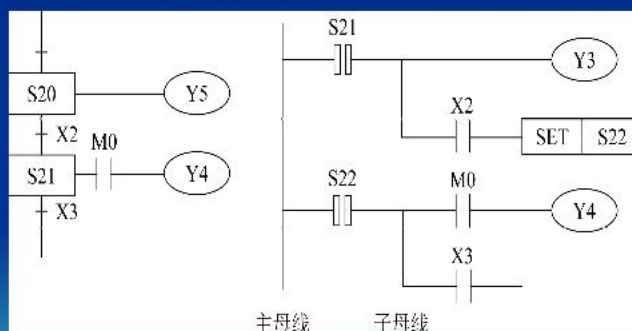
步进梯形指令简称为STL指令，FX系列PLC还有一条使STL指令复位的RET指令。利用这两条指令，可以很方便地编制顺序控制梯形图程序。

步进梯形指令STL只有与状态继电器S配合才具有步进功能。S0~S9用于初始步，S10~S19用于自动返回原点。使用STL指令的状态继电器的常开触点称为STL触点，用符号表示，没有常闭的STL触点。



1. 步进开始指令[STL]

STL指令的含义是提供一个步进触点，其对应状态的三个要素均在步进触点之后的子母线上实现。若对应的状态是开启的(即“激活”)，则状态的负载驱动和转移才有可能。若对应状态是关闭的，则负载驱动和状态转移就不可能发生。因此，除初始状态外，其他所有状态只有在其前一个状态处于激活且转移条件成立的情况下，才能被激活



2. 步进结束指令[RET]

RET指令用于返回主母线。使步进顺控程序执行完毕时，非状态程序的操作在主母线上完成，防止出现逻辑错误。状态转移程序的结尾必须使用**RET**指令。



3. 步进指令的使用说明

(1) 对状态处理，编程时必须使用步进接点指令STL。STL触点是与左侧母线相连的常开触点，STL触点接通，则对应的状态为活动步，与STL触点相连的触点用LD或LDI指令。

(2) 程序的最后必须使用步进结束指令RET，返回主母线。

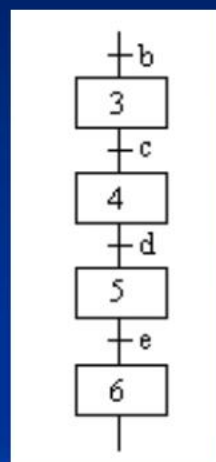
(3) STL触点可直接驱动或通过别的触点驱动Y、M、S、T、C等元件的线圈。



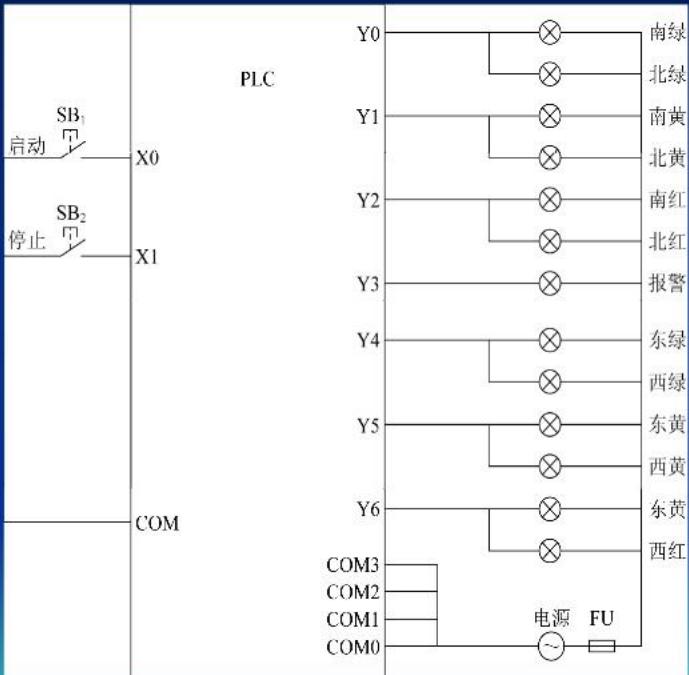
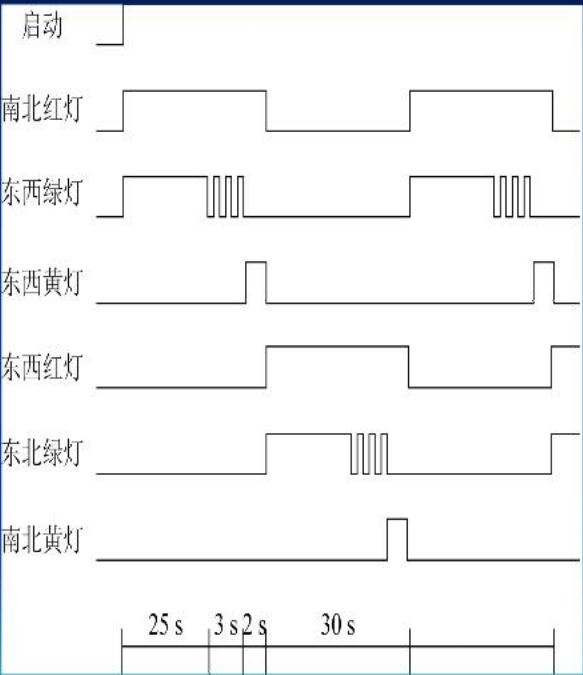
4.3 步进指令及状态编程法

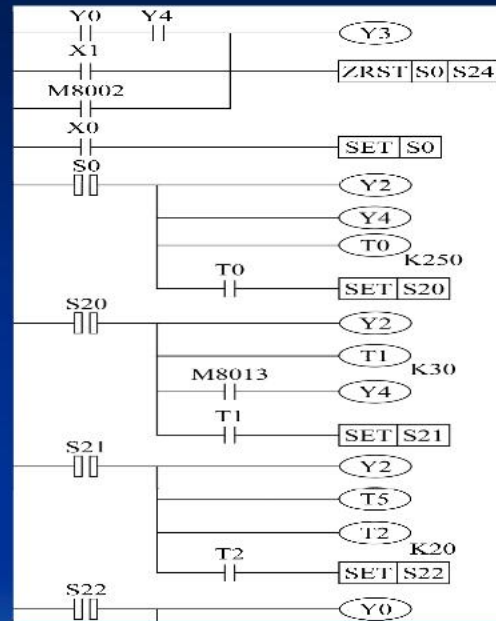
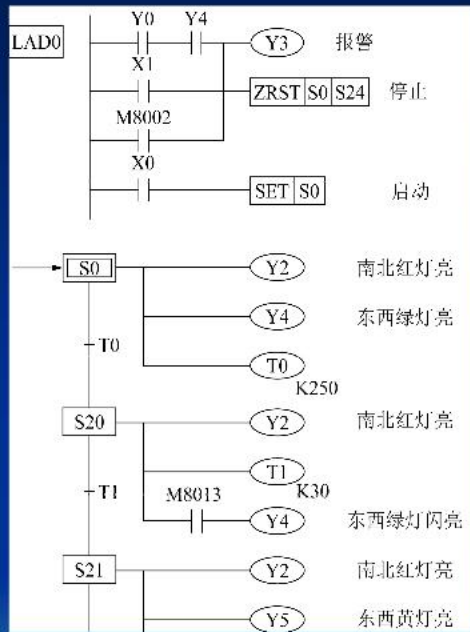
三、单流程状态转移图的编程

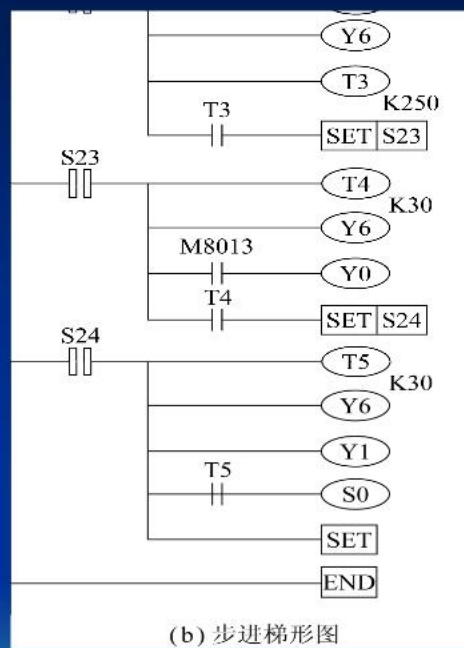
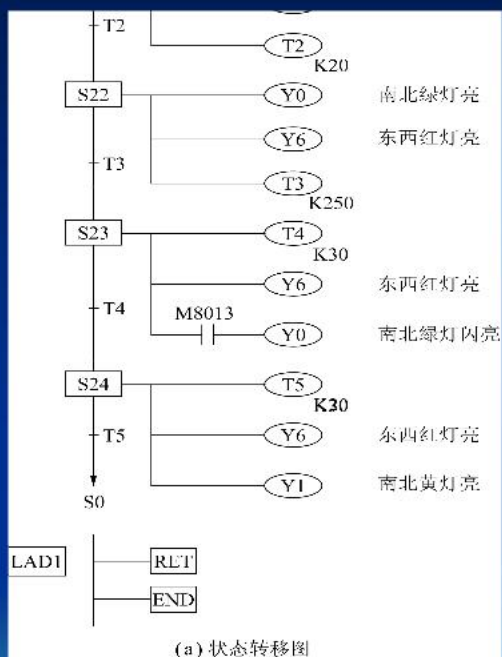
顺序功能图的单序列结构形式最为简单，它由一系列按顺序排列、相继激活的步组成。每一步的后面只有一个转换，每一个转换后面只有一步



根据十字路口交通信号灯的控制要求，可作出信号灯的
控制时序图如图所示。

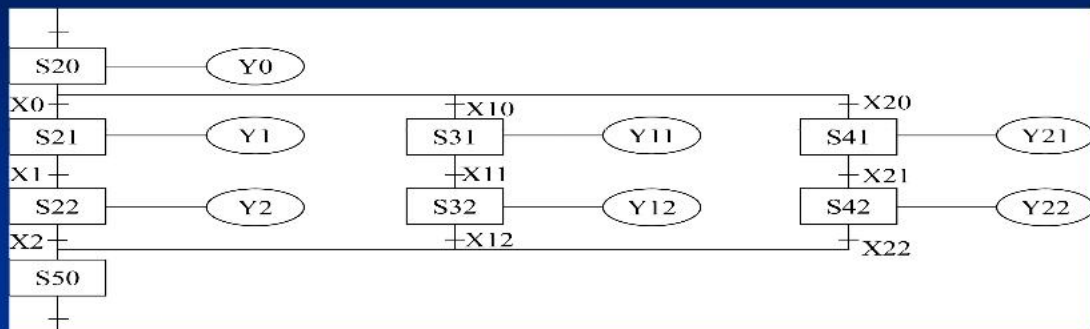






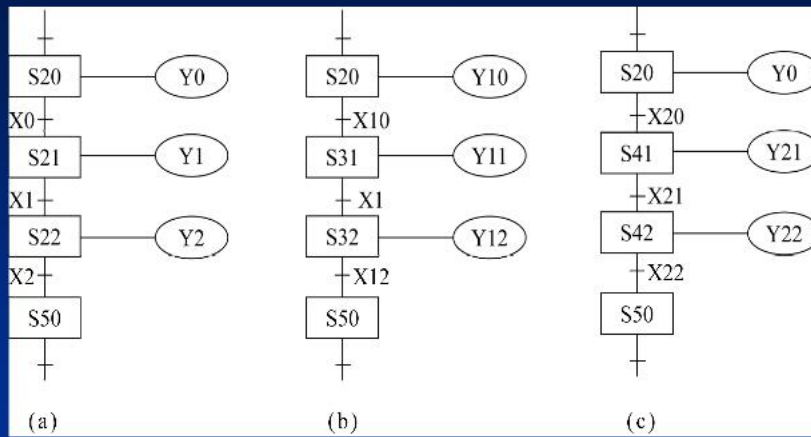
五 多分支状态转移图的处理

1 选择性分支与汇合



该状态转移图有三个流程图，见图 (a)、(b)、(c)所示。

S20为分支状态。根据不同的条件(X0, X1, X2)，选择执行其中的一个流程。



X0为ON时执行图 (a)，X10为ON时执行图 (b)，X20为ON时执行图 (c)。
X0，X10，X20不能同时为ON。

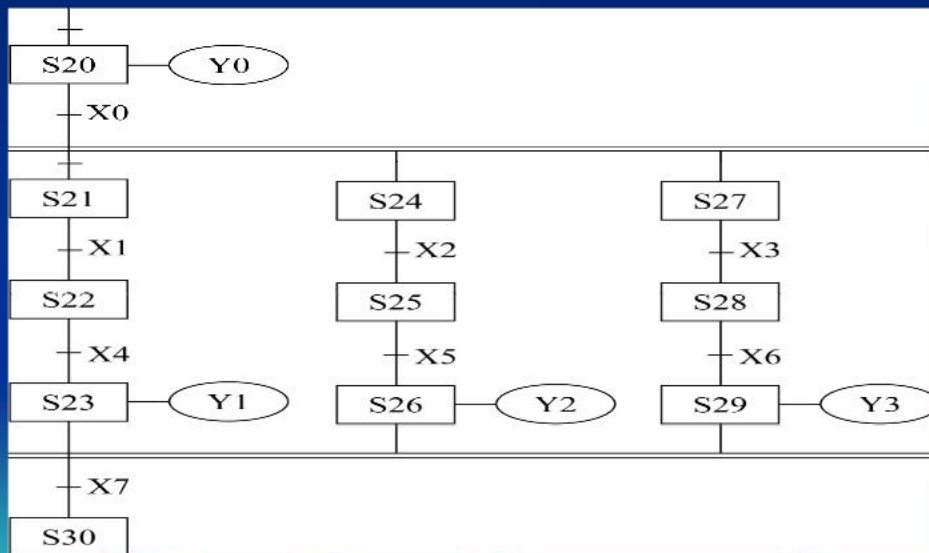
S50为汇合状态，可由S22、S32、S42任一状态驱动。

2 并行分支与汇合流程的编程应用

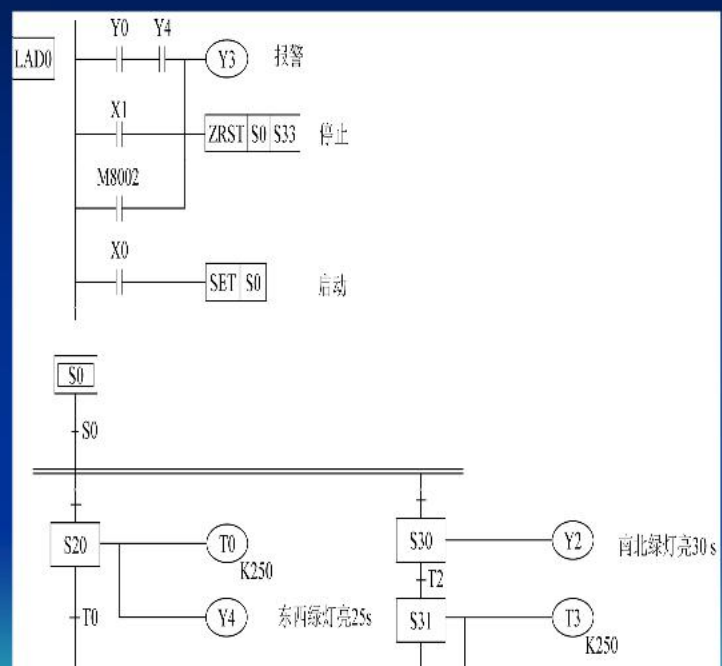
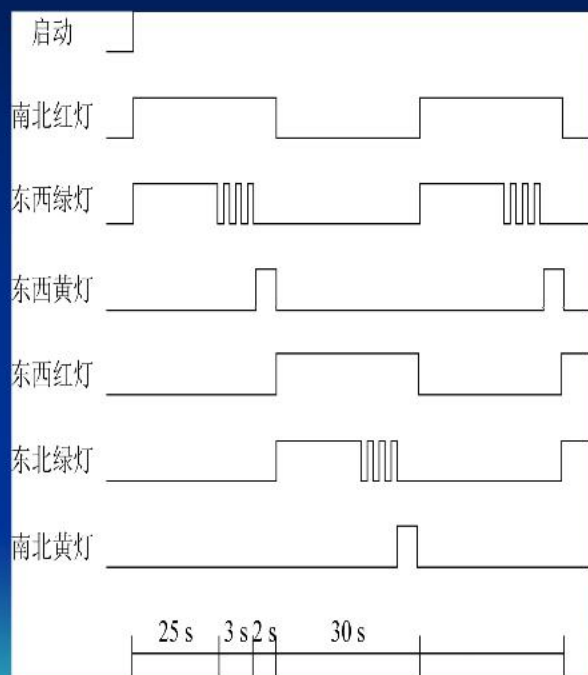
1) 并行性分支状态转移图的特点

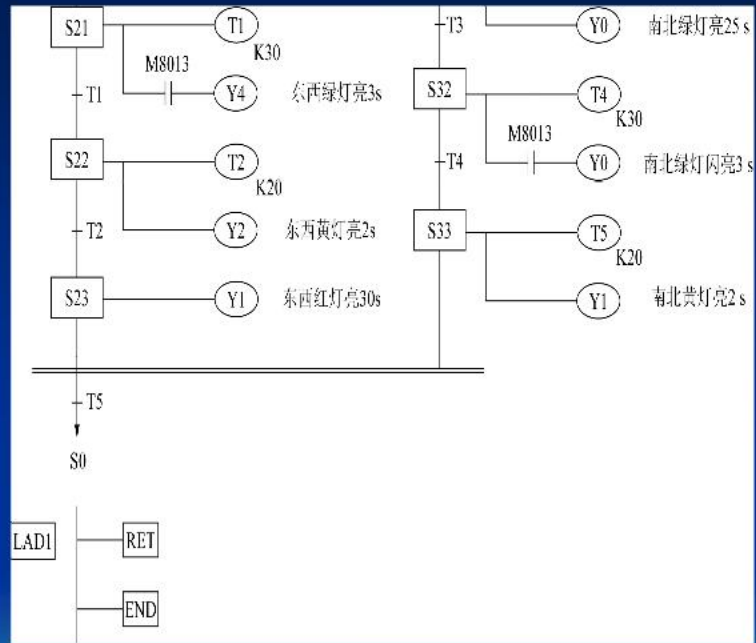
若有多条路径且必须同时执行，这种分支方式称为并行性分支。图示一个并行性分支的状态转移图。

2) 编程原则是先集中处理分支状态，然后再集中处理汇合状态



并行分支与汇合流程的编程应用



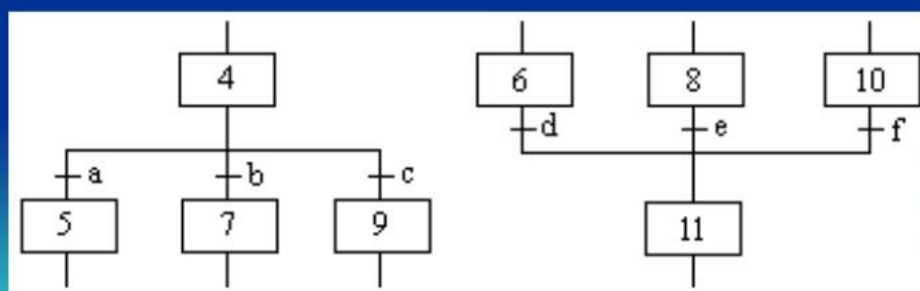


4.3 步进指令及状态编程法

五、选择序列结构

选择序列有开始和结束之分。选择序列的开始称为分支，选择序列的结束称为合并。

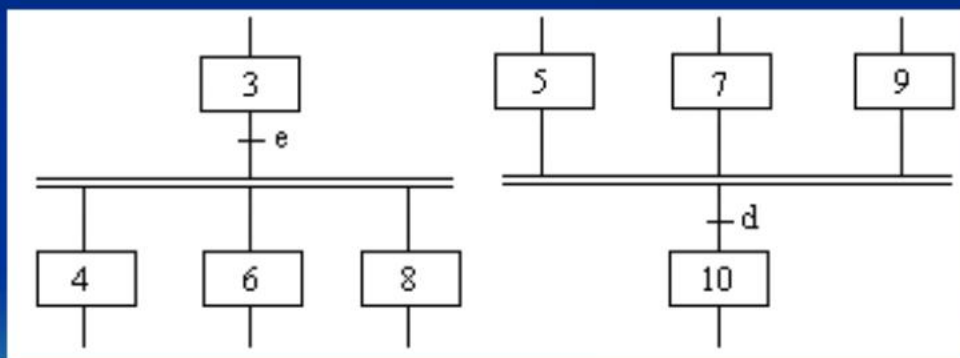
选择序列的分支是指一个前级步后面紧接着有若干个后续步可供选择，各分支都有各自的转换条件。分支中表示转换的短划线只能标在水平线之下。



4.3 步进指令及状态编程法

六、并行序列结构

并行序列也有开始和结束之分。并行序列的开始也称为分支，并行序列的结束也称为合并。

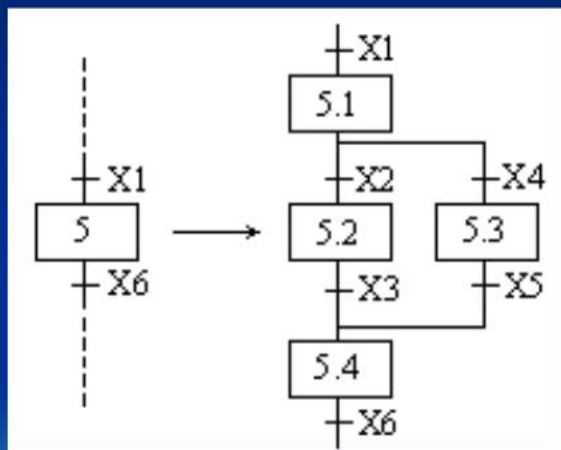


4.3 步进指令及状态编程法

七、子步结构

在绘制复杂控制系统顺序功能图时，为了使总体设计时容易抓住系统的主要矛盾，能更简洁地表示系统的整体功能和全貌，通常采用子步的结构形式，可避免一开始就陷入某些细节中。

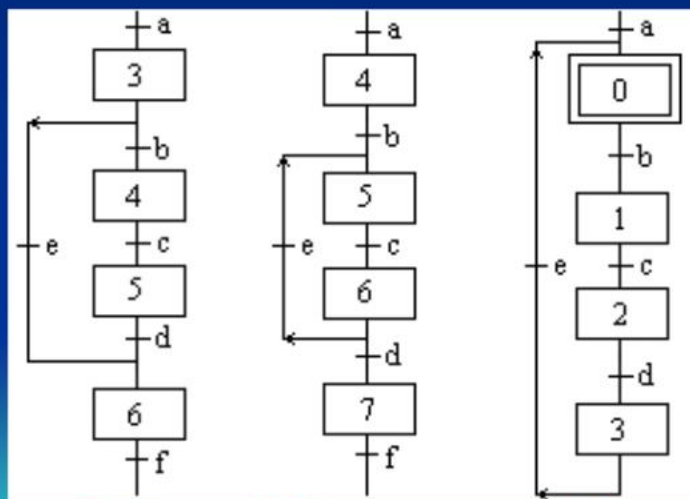
所谓子步的结构是指在顺序功能图中，某一步包含着的一系列子步和转换。



4.3 步进指令及状态编程法

八、跳步、重复和循环序列结构

跳步、重复和循环序列结构实际上都是选择序列结构的特殊形式。



4.3 步进指令及状态编程法

绘制顺序功能图的注意事项

- (1) 两个步绝对不能直接相连，必须用一个转换将它们隔开。
- (2) 两个转换也不能直接相连，必须用一个步将它们隔开。
- (3) 顺序功能图中的初始步一般对应于系统等待起动的初始状态，初始步可能没有输出处于ON状态，但初始步是必不可少的。
- (4) 自动控制系统应能多次重复执行同一工艺过程，因此在顺序功能图中一般应有由步和有向连线组成的闭环。
- (5) 在顺序功能图中，只有当某一步的前级步是活动步时，该步才有可能变成活动步。因此在进入RUN工作方式时，必须用初始化脉冲M8002的常开触点作为转换条件，将初始步预置为活动步，否则因顺序功能图中没有活动步，系统将无法工作。



