

可编程控制器

原理与应用



第一章 可编程控制器的基本知识

第一节 可编程控制器的产生和发展

一、可编程控制器的产生

可编程序控制器问世于1969年。是美国汽车制造业激烈竞争的结果。更新汽车型号必然要求加工生产线改变。正是从汽车制造业开始了对传统继电器控制的挑战。1968年美国General Motors公司，要求制造商为其装配线提供一种新型的通用程序控制器，并提出10项招标指标。这就是著名的GM 10条。



Programmable Logic Controller

GM10条是可编程序控制器出现的直接原因:

1. 编程简单，可在现场修改程序；
2. 可靠性高于继电器控制柜；
3. 体积小于继电器控制柜；
4. 维护方便，最好是插件式；
5. 可将数据直接送入管理计算机；
6. 在成本上可与继电器控制柜竞争；
7. 输入可以是交流115V；
8. 输出为交流115V、2A以上，能直接驱动电磁阀等；
9. 在扩展时，原系统只需很小变更；
10. 用户程序存贮器容量至少能扩展到4K。



Programmable Logic Controller

二. 可编程控制器的发展及定义

1969年, 美国数据设备公司(DEC)研制出世界上第一台可编程控制器, 并成功地应用在GM公司的生产线上。这一时期它主要用于顺序控制, 只能进行逻辑运算, 故称为可编程逻辑控制器, 简称 PLC(Programmable Logic Controller)。

70年代后期, 随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展, 使PLC从开关量的逻辑控制扩展到数字控制及生产过程控制领域, 真正成为一种电子计算机工业控制装置, 故称为可编程控制器, 简称PC(Programmable Controller)。但由于PC容易和个人计算机(Personal Computer)相混淆, 故人们仍习惯地用PLC作为可编程控制器的缩写。



1985年1月国际电工委员会的定义：

“可编程序控制器是一种数字运算的电子系统，**专为工业环境下应用而设计**。它采用可编程序的存储器，用来在内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令，并通过数字式、模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关设备，都应按**易于与工业控制系统联成一个整体，易于扩充的原则设计**”。



三. PLC与传统的继电器逻辑相比

1. 可靠性高、逻辑功能强、体积小。
2. 在需要大量中间继电器、时间继电器及计数继电器的场合，PLC 无需增加硬设备。
3. 随着要求的变更PLC对程序修改方便。继电器线路要想改变控制功能，必须变更硬接线，灵活性差。
4. 具有网络通讯功能，可附加高性能模块对模拟量进行处理，实现各种复杂控制功能。



四. PLC与工业控制计算机相比

1. PLC继承了继电器系统的基本格式和习惯，对于有继电器系统方面知识和经验的人来说，尤其是现场的技术人员，学习起来十分方便。
2. PLC一般是由电气控制器的制造厂家研制生产，各厂家的产品不通用。工业控制机是由通用计算机推广应用发展起来的，一般由微机厂、芯片及板卡制造厂开发生产。它在硬件结构方面的突出优点是总线标准化程度高，产品兼容性强。



3. PLC的运行方式与工业控制机不同，微机的许多软件不能直接使用。工业控制机可使用通用微机的各种编程语言，对要求快速、实时性强、模型复杂的工业对象的控制占有优势。但它要求使用者具有一定的计算机专业知识。
- PLC和工业控制机都是专为工业现场应用环境而设计的。 **都具有很高的可靠性。**
 - PLC一般具有模块结构， **可以针对不同的对象进行组合和扩展。**



PLC未来的发展不仅依赖于对新产品的开发，还在于PLC与其他工业控制设备和工厂管理技术的综合。无疑，PLC将在今后的工业自动化中扮演重要角色。在未来的工业生产中，**PLC技术和机器人、CAD/CAM**将成为实现工业生产自动化的三大支柱。



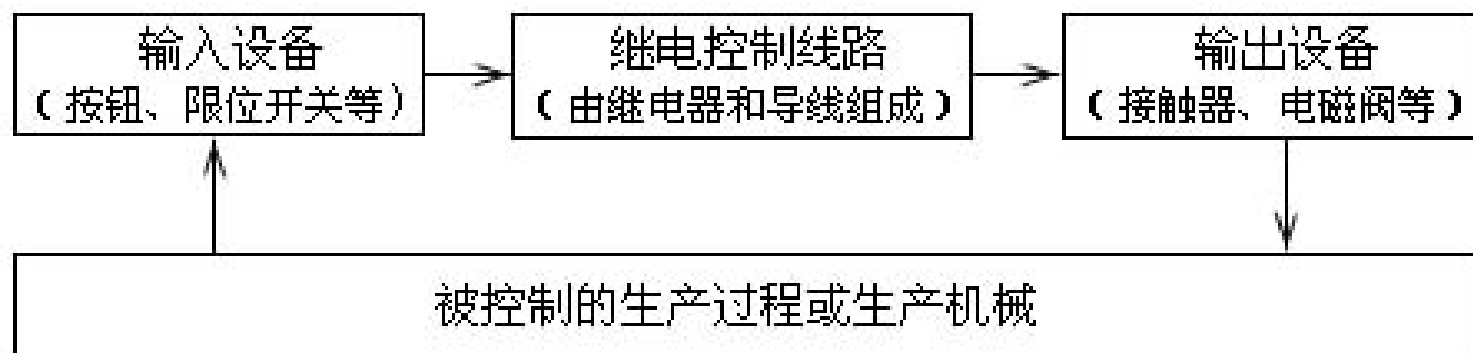
第二节 可编程控制器的基本结构

1. PLC的基本结构

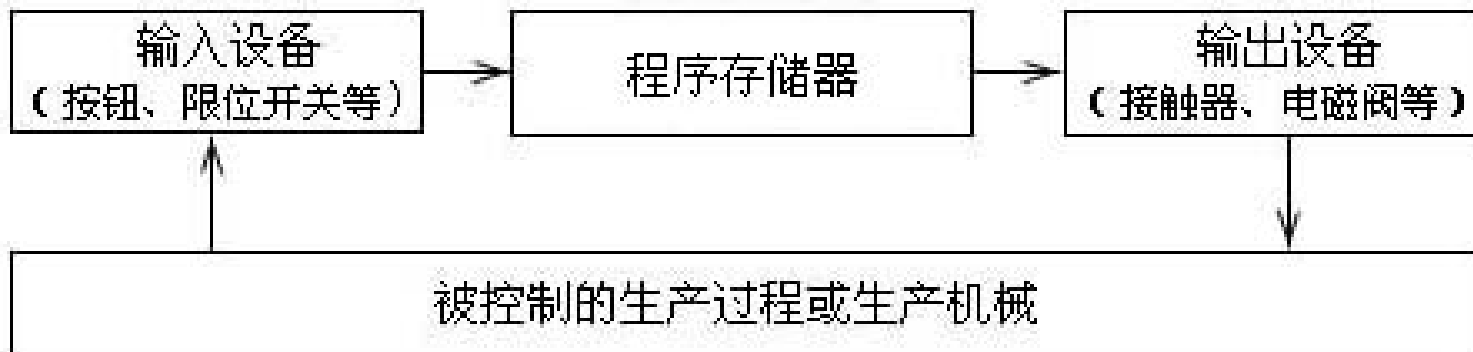
传统的继电接触控制系统通常由输入设备、控制线路和输出设备三大部分组成，如图1-1所示。显然这是一种由许多“硬”的元器件连接起来组成的控制系统。控制程序的修改必须通过改变接线来实现。



Programmable Logic Controller



(a) 继电器控制系统



(b) PLC控制系统

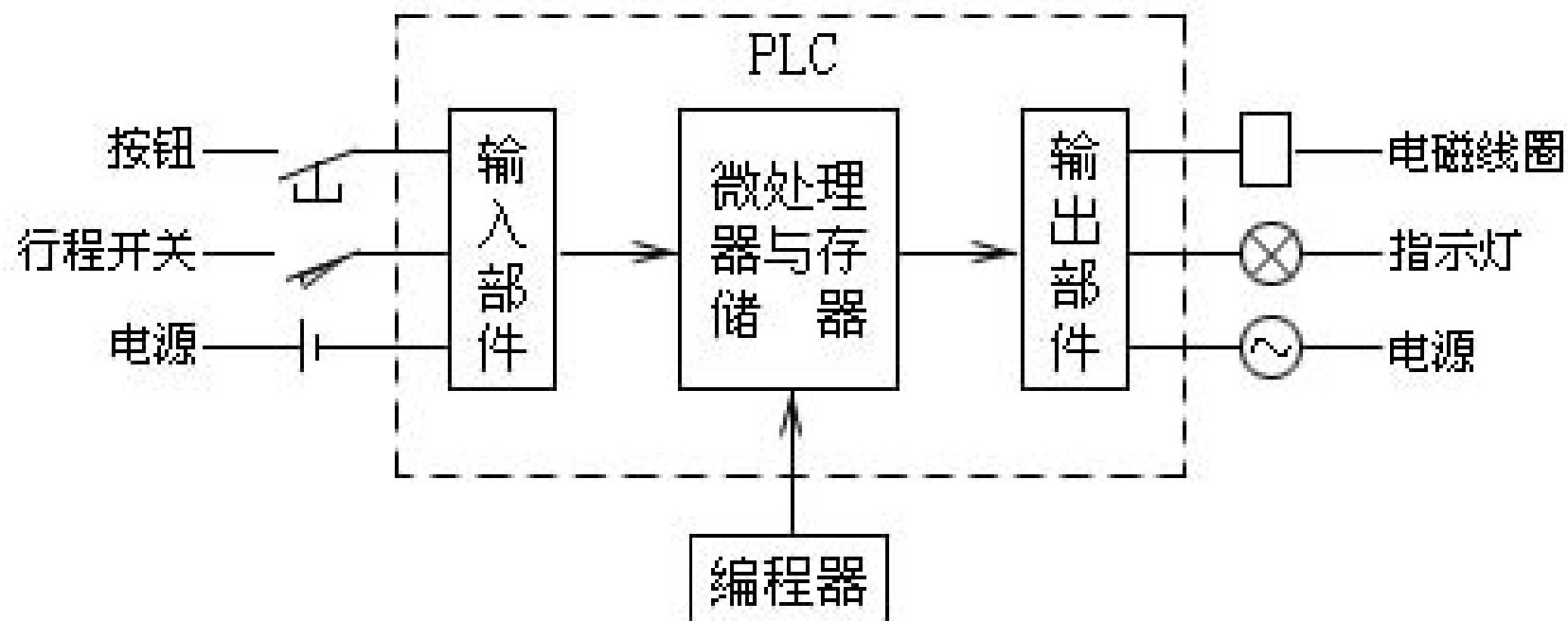
图1-1 继电器控制系统与PLC控制系统的比较



PLC及其控制系统是从继电接触系统和计算机控制系统发展而来的，因此，PLC与这两种控制系统有许多相同或相似之处，PLC的输入输出部分与继电接触控制系统的大致相同，PLC的控制部分用微处理器和存储器取代继电器控制线路，其控制作用是通过用户软件来实现的，其组成见图1-1（b）所示，基本结构见图1-2所示。



Programmable Logic Controller

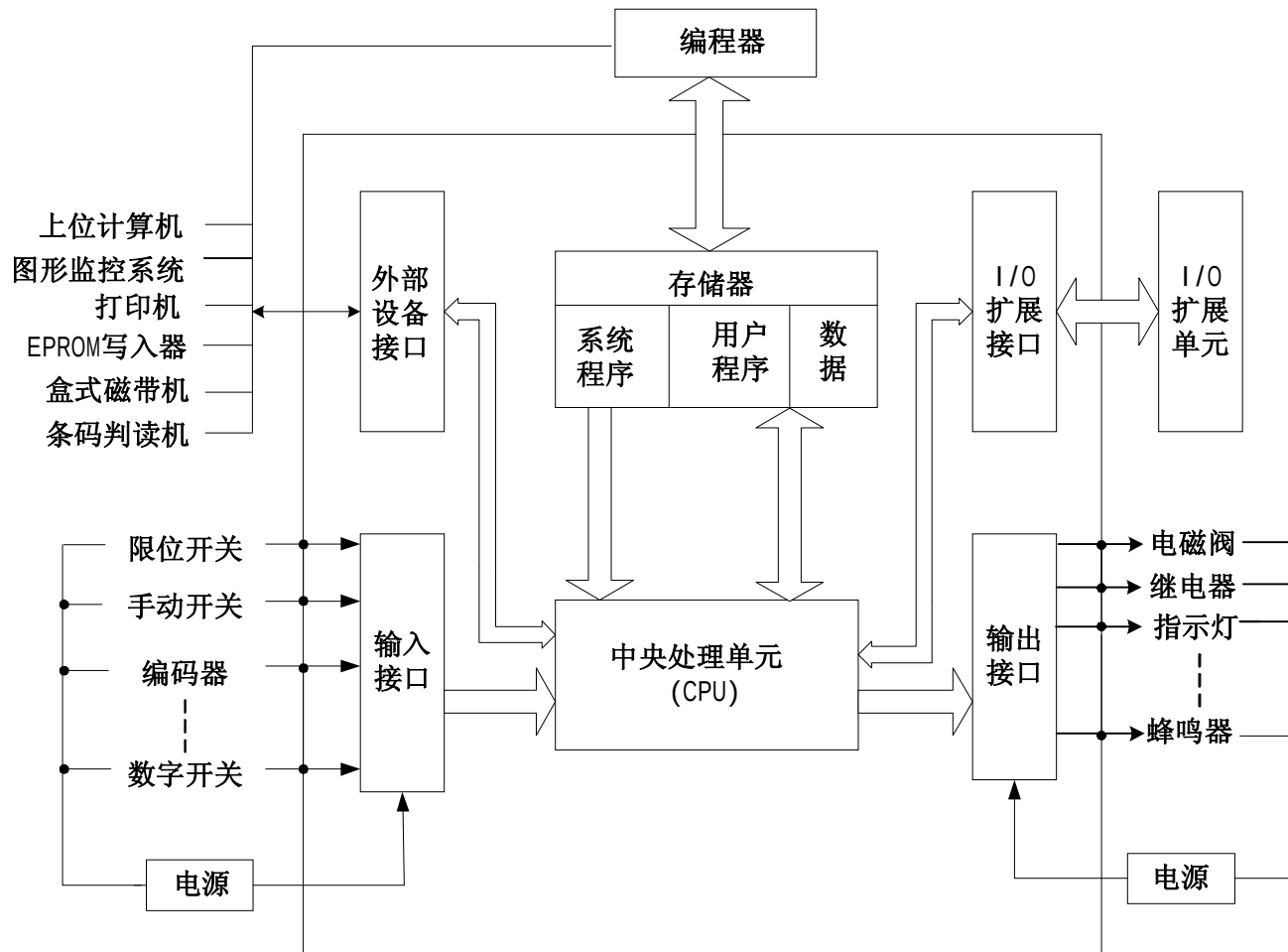


(a)

图1-2 PLC基本结构



Programmable Logic Controller



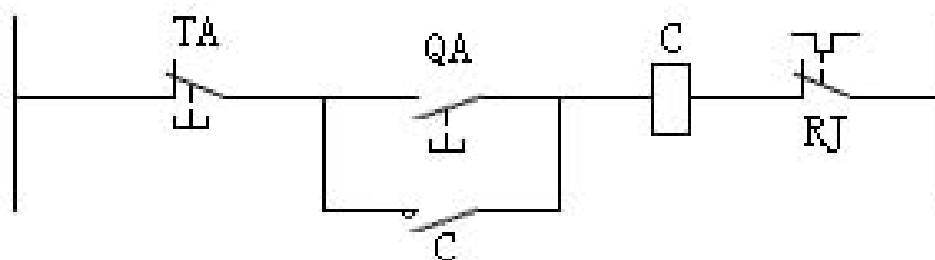
(b)

图1-2 PLC基本结构

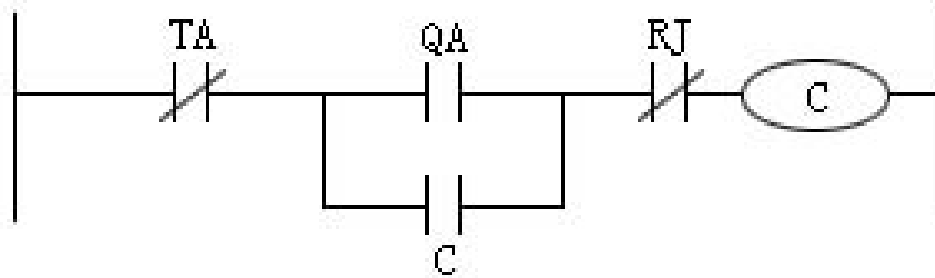


Programmable Logic Controller

例如图1-3表示了三相异步电动机单向运行的继电接触控制线路和PLC梯形图。



(a)



(b)

图1-3 继电器控制线路与PLC梯形图



2. PLC各部分的作用

(1) CPU

- ①诊断PLC电源、内部电路的工作状态及编制程序中的语法错误。
- ②采集现场的状态或数据，并送入PLC的寄存器中。
- ③逐条读取指令，完成各种运算和操作。
- ④将处理结果送至输出端。
- ⑤响应各种外部设备的工作请求。



2. PLC各部分的作用

(2) 存储器

① **系统程序存储器**：用以存放系统管理程序、监控程序及系统内部数据。**PLC**出厂前已将其固化在只读存储器**ROM**或**PROM**中，用户不能更改。

② **用户存储器**：包括用户程序存储区及工作数据存储区。这类存储器一般由低功耗的**CMOS-RAM** 构成，其中的存储内容可读并更改。

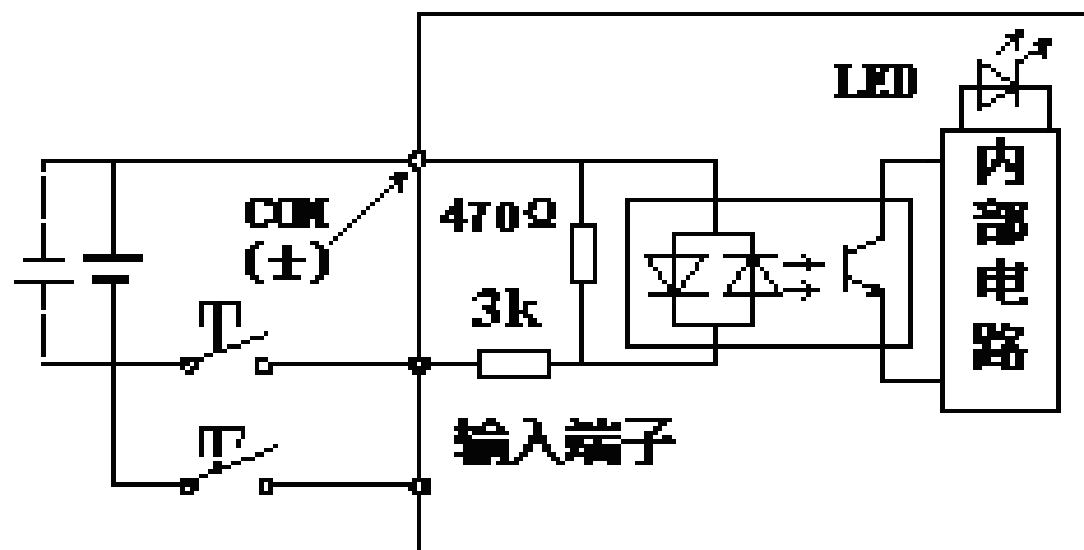
注意： PLC产品手册中给出的“存储器类型”和“程序容量”是针对用户程序存储器而言的。



二. PLC各部分的作用

(3) 输入输出接口电路

输入接口电路：采用光电耦合电路，将限位开关、手动开关、编码器等现场输入设备的**控制信号**转换成CPU所能接受和处理的**数字信号**。



PLC的输入接口电路（直流输入

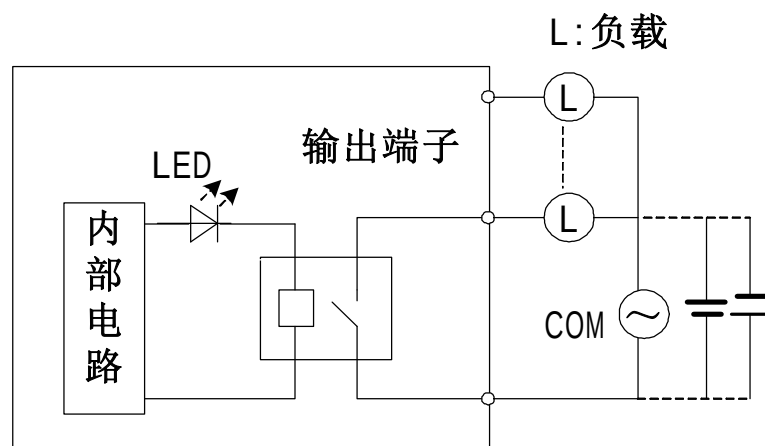
型）



二. PLC各部分的作用

输出接口电路：采用光电耦合电路，将CPU处理过的信号转换成现场需要的强电信号输出，以驱动接触器、电磁阀等外部设备的通断电。**有三种类型：**

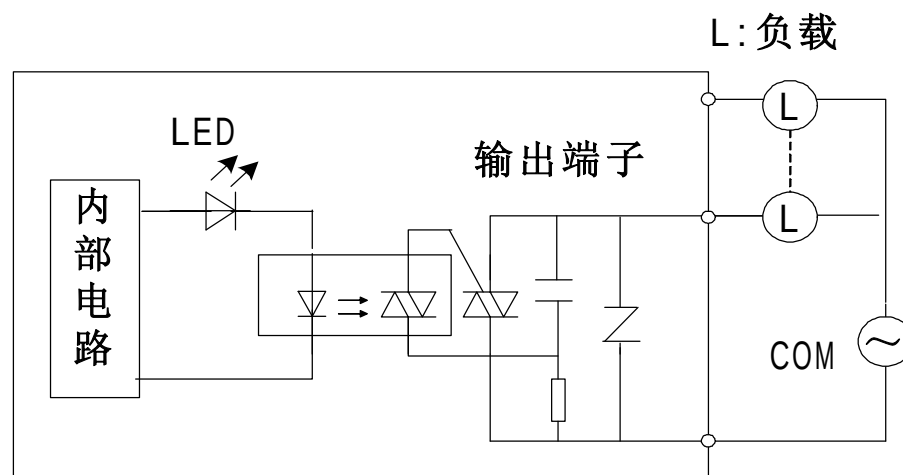
- ① **继电器输出型：**为有触点输出方式，用于接通或断开开关频率较低的交流负载或直流负载。



继电器输出型



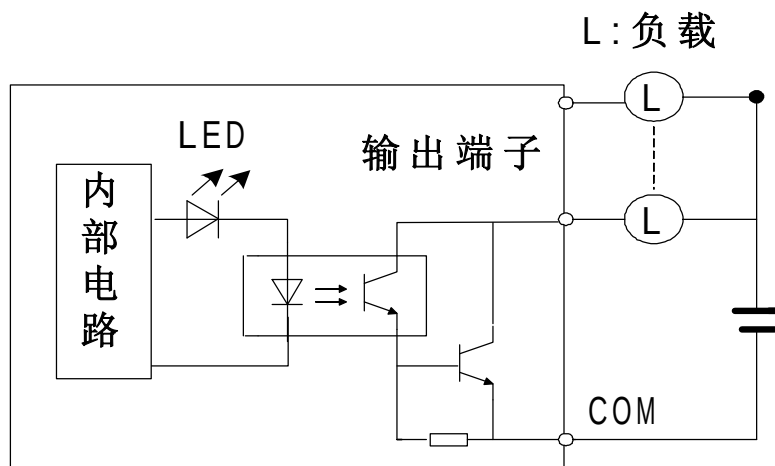
②**晶闸管输出型**：为无触点输出方式，用于接通或断开开关频率较高的交流电源负载。



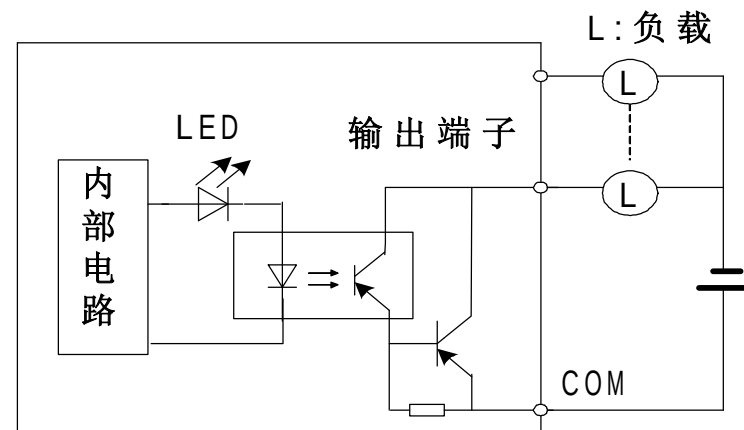
晶闸管输出型



Programmable Logic Controller



晶体管输出型
(NPN集电极开路)



晶体管输出型
(PNP集电极开路)

③晶体管输出型：为无触点输出方式，用于接通或断开开关频率较高的直流电源负载。



4. 电源

PLC的**电源**是指将外部输入的交流电处理后转换成满足**PLC**的**CPU**、存储器、输入输出接口等内部电路工作需要的**直流电源电路或电源模块**。许多**PLC**的直流电源采用直流开关稳压电源，不仅可提供多路独立的电压**供内部电路使用**，而且**还可为输入设备提供标准电源**。



5. 手持编程器

手持编程器采用助记符语言编程，具有编辑、检索、修改程序、进行系统设置、内存监控等功能。可一机多用，具有使用方便、价格低廉的特点。

缺点：不够直观

可通过PLC的RS232外设通讯口(或RS422口配以适配器)与计算机联机，**利用专用工具软件**（NPST-GR、FPSOFT、FPWIN-GR）**对PLC进行编程和监控**。利用计算机进行编程和监控比手持编程工具更加直观和方便。



6. 输入输出I / O扩展接口

若主机单元的I / O点数不能满足需要时，可通过此接口用扁平电缆线将I / O扩展单元与主机相连，以增加I / O点数。PLC的最大扩展能力主要受CPU寻址能力和主机驱动能力的限制。



7. PLC的输入输出方式

(1) 输入方式

① PLC输入方式按输入回路电流来分，有直流输入和交流输入两种。不过有的PLC也有交直流输入方式。直流输入电路如图1-4所示，当外接触点接通时，光电耦合器中的发光二极管LED发光（显示用的LED也发光），光敏三极管饱和导通，信号经内部电路传送给CPU模块。



Programmable Logic Controller

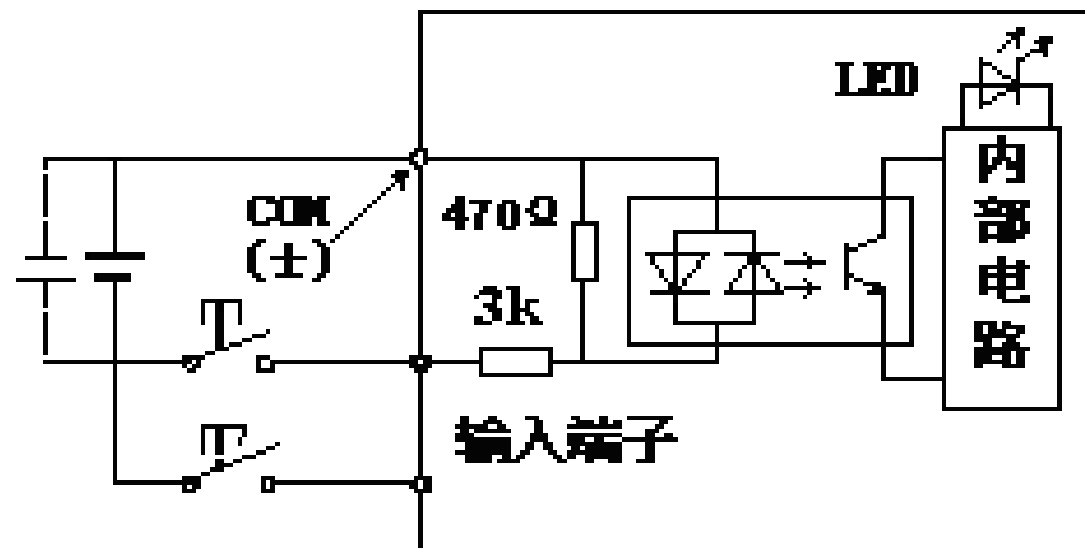


图1-4 直流输入电路



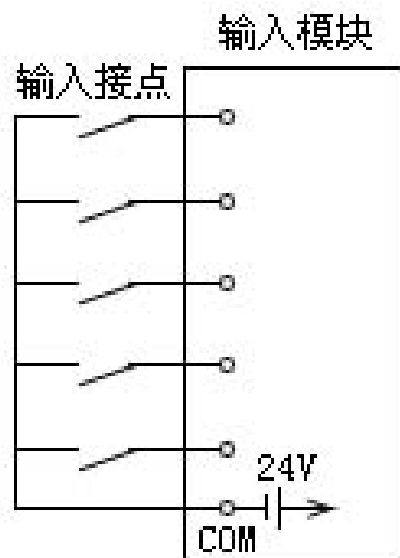
交流输入电路如教材P18图2.5所示，由PLC外部提供交流电源。光电耦合器中有两个反并联的发光二极管，显示用的两个发光二极管也是反并联的，所以这个电路可以接收外部的交流输入电压。

从上面的两个电路图中可见，由于输入信号经过光电耦合器的隔离，这提高了PLC的抗干扰能力。

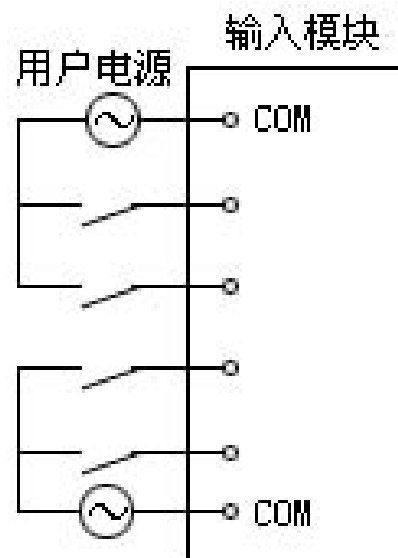


Programmable Logic Controller

② 按PLC的输入模块与外部用户设备的接线形式来分，有汇点式输入和分隔式输入接线两种形式。如图1-5和1-6所示。



(a)



(b)

图1-6 汇点式输入接线
(其中 (b) 为分组汇点式)

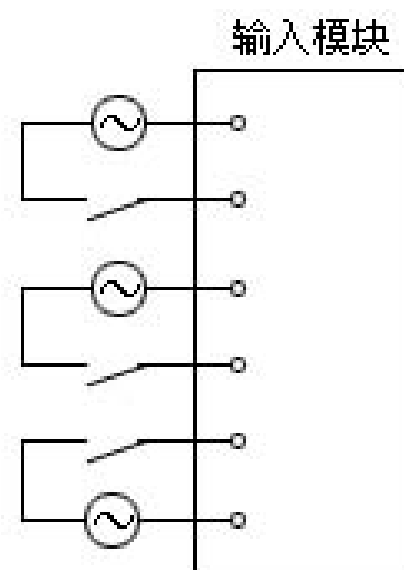


图1-7 分隔式输入接线



(2) 输出方式

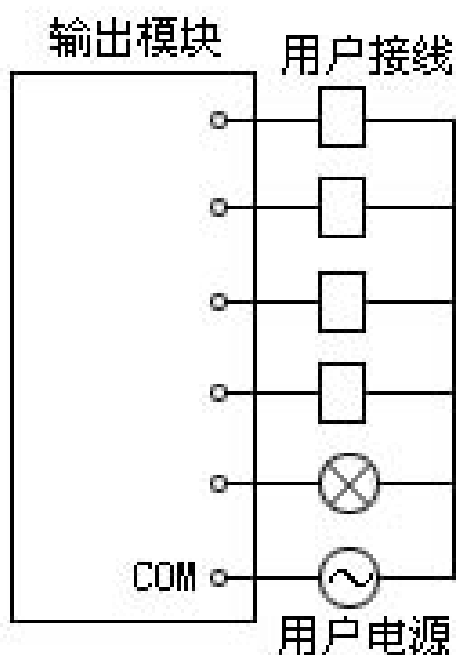
PLC输出方式按负载使用的电源（用户电源）来分，有直流输出、交流输出和交直流输出三种方式。

按输出开关器件的种类来分，有晶体管、晶闸管和继电器三种输出方式，见课本P22图2.6所示。

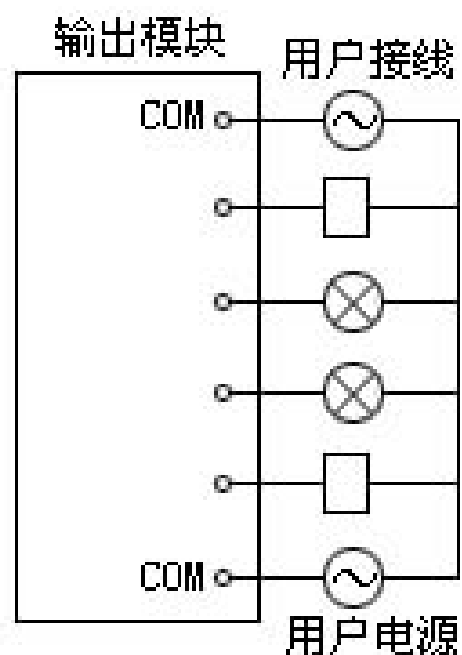
按输出模块与外部用户输出设备的接线形式分，有汇点式输出和分隔式输出接线两种，如图1-7所示。



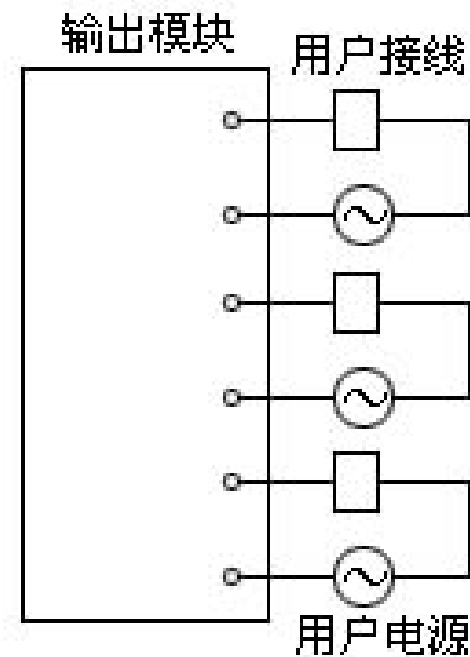
Programmable Logic Controller



(a) 汇点式



(b) 汇点（分组）式



(c) 分隔式

图1-7 输出模块接线方式



第三节 可编程控制器的原理及技术性能

1. PLC的基本工作原理

(1) PLC的等效电路

PLC的等效电路可用图1-8来表示，它主要由输入部分、输出部分和内部控制电路组成。

输入部分的作用是收集被控设备的信息或操作指令。输出部分的作用是驱动外部负载。内部控制电路的作用是对从输入部分得到的信息进行运算、处理，并判断哪些功能应输出。

PLC内部有许多“软”继电器或继电器“软触点和”软“接线，这些都是用编程软件来实现的。



Programmable Logic Controller

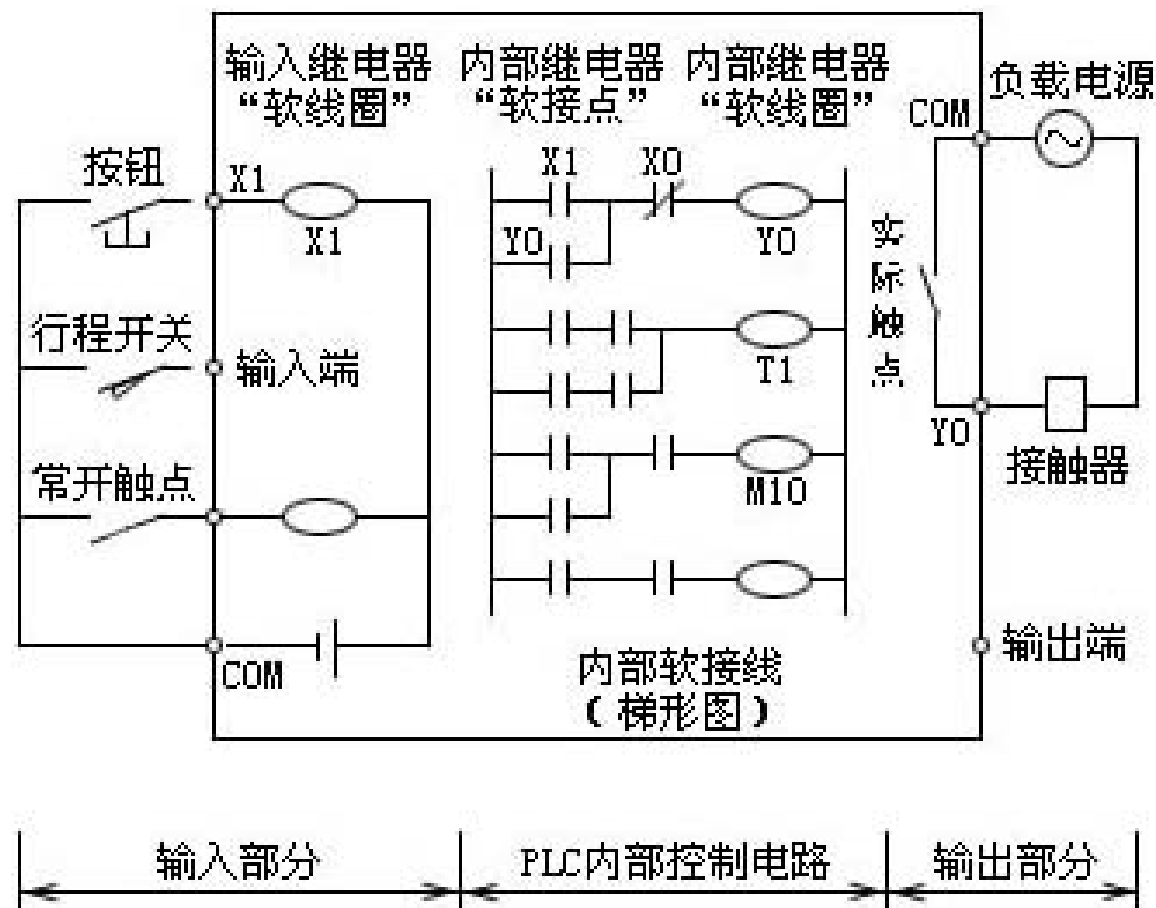


图1-8 PLC的等效电路



(2) PLC的工作过程

微机：等待命令的工作方式

PLC：循环扫描的工作方式

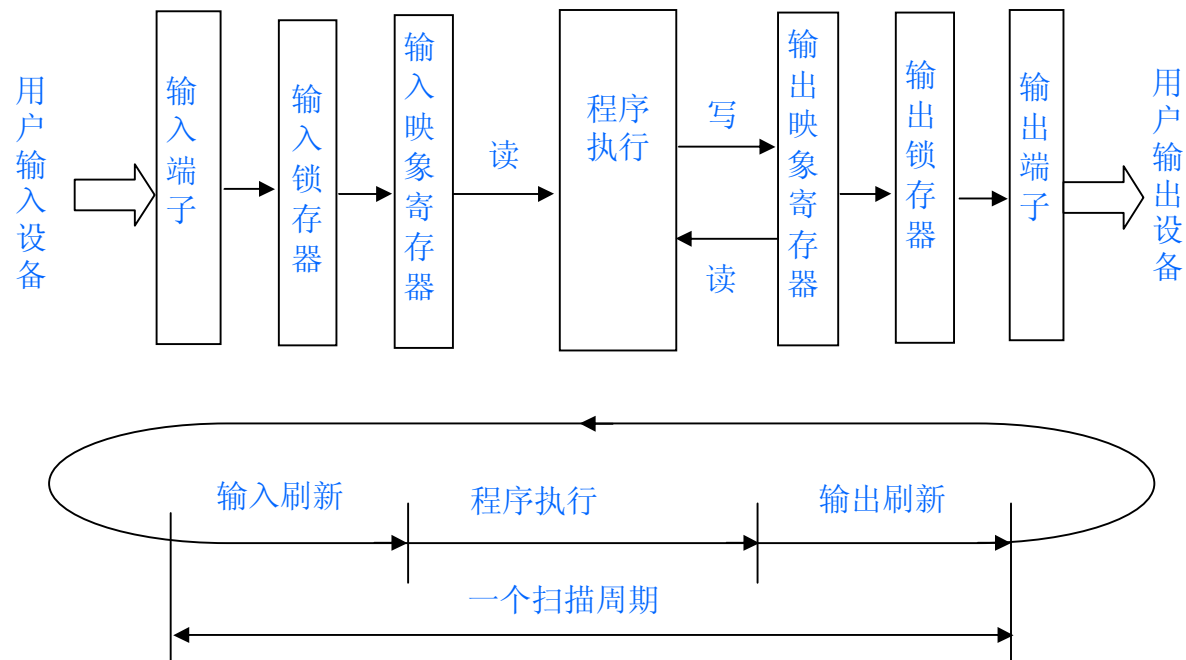
CPU从第一条指令开始按指令步序号作周期性的循环扫描，如果无跳转指令，则从第一条指令开始逐条顺序执行用户程序，直至遇到结束符后又返回第一条指令，周而复始不断循环，每一个循环称为一个扫描周期。



Programmable Logic Controller

一个扫描周期主要分为三个阶段：

1. 输入刷新阶段
2. 程序执行阶段
3. 输出刷新阶段



PLC的扫描工作过程



由于输入刷新阶段是紧接输出刷新阶段后马上进行的，所以亦将这两个阶段统称为I / O刷新阶段。实际上，除了执行程序 and I / O刷新外，PLC还要进行各种错误检测(自诊断功能)并与编程工具通讯，这些操作统称为“监视服务”。一般在程序执行后进行。

扫描周期的长短主要取决于程序的长短。



由于每一个扫描周期只进行一次I / O刷新，故使系统存在输入、输出滞后现象。这对于一般的开关量控制系统不但不会造成影响，反而可以增强系统的抗干扰能力。但对于控制时间要求较严格、响应速度要求较快的系统，就需要精心编制程序，必要时采用一些特殊功能，以减少因扫描周期造成的响应滞后。



从上述PLC工作过程中可以看出：

PLC采用循环扫描工作方式，PLC工作的主要特点是输入信号集中批处理，执行过程集中批处理，输出控制集中批处理。PLC的这种“串行”工作方式，可以避免继电接触控制中触点竞争和时序失配的问题，这是PLC可靠性高的原因之一，但是又导致输出对输入在时间上的滞后，这是PLC的缺点之一。



还需指出的一点是：在PLC中常采用一种称之为“看门狗”（watchdog）的定时器监视器来监测PLC的实际工作时间周期是否超出预定的时间，以避免PLC在执行程序过程中进入死循环，或PLC执行非预定的程序而造成系统故障瘫痪。



2. PLC的主要技术指标

① 输入 / 输出点数 (I/O点数)

② 内存容量

注意: “内存容量”实际是指用户程序容量, 不包括系统程序存储器的容量。

③ 扫描速度 (单位: ms / k或 μ s/步。)

④ 指令条数

⑤ 内部继电器和寄存器数目

⑥ 编程语言及编程手段

⑦ 高级模块

主控模块可实现基本控制功能, 高级模块可实现一些特殊的专门功能。如A / D和D / A转换模块等。



3. PLC的内存分配及I / O点数

- ① I / O继电器区： I / O区的寄存器可直接与PLC外部的输入、输出端子传递信息，具有“继电器”的功能，有自己的“线圈”和“触点”。故常称为“I / O继电器区”。
- ② 内部通用继电器区： 只能在PLC内部使用，其作用与中间继电器相似，在程序控制中可存放中间变量。
- ③ 数据寄存器区： 只能按字使用，不能按位使用。一般只用来存放各种数据。
- ④ 特殊继电器、寄存器区： 被系统内部占用，专门用于某些特殊目的，一般不能由用户任意占用。
- ⑤ 系统寄存器区： 用来存放各种重要信息和参数。通过用户程序，不能读取和修改系统寄存器的内容。



第四节 PLC的分类及功能

1. PLC的分类

(1) 按结构形式分类

① 整体式

② 模块式

(2) 按功能分类

① 低档机

② 中档机

③ 高档机

分 类	I / O点数	程序容量
超小型机	64点以内	256~1000字节
小型机	64~256	1~3.6K字节
中型机	256~2048	3.6~13K字节
大型机	2048以上	13K字节以上

(3) 按I / O点数和程序容量分类（见上表）



2. PLC的主要功能

- (1) 条件控制功能
- (2) 定时 / 计数控制功能
- (3) 数据处理功能
- (4) 步进控制功能
- (5) A / D与D / A转换功能
- (6) 运动控制功能
- (7) 过程控制功能
- (8) 扩展功能
- (9) 远程I / O功能
- (10) 通信联网功能
- (11) 监控功能



1. PLC的主要特点

(1) 可靠性高、抗干扰能力强。主要有以下几个方面：

- ① 隔离(采用光电耦合器)
- ② 滤波
- ③ 对PLC的内部电源采取了屏蔽、稳压、保护等措施。
- ④ 设置了连锁、环境检测与诊断、Watchdog等电路。
- ⑤ 利用系统软件定期进行系统状态、用户程序、工作环境和故障检测。



- ⑥ 对用户程序及动态工作数据进行电池备份。
- ⑦ 采用密封、防尘、抗振的外壳封装结构。
- ⑧ 以集成电路为基本元件，内部处理过程不依赖于机械触点。采用循环扫描的工作方式，也提高了抗干扰能力。



(2) 可实现三电一体化

将电控(逻辑控制)、电仪(过程控制)

和电结(运动控制)集于一体，可以方便、灵活地组合成各种不同规模 and 要求的控制系统。

(3) 编程简单、使用方便、柔性好

(4) 体积小、重量轻、功耗低



2. PLC的应用场合

- (1) 逻辑控制：可取代传统继电器系统和顺序控制器。如各种机床、自动电梯、装配生产线、电镀流水线、运输和检测等的控制。
- (2) 运动控制：可用于精密金属切削机床、机械手、机器人等设备的控制。
- (3) 数据处理



(4) 过程控制：通过配用A / D、D / A转换模块及智能PID模块实现对生产过程中的温度、压力、流量、速度等连续变化的模拟量进行闭环调节控制。

(5) 多级控制：利用PLC的网络通信功能模块及远程I / O控制模块实现多台PLC之间、PLC与上位计算机的链接，以完成较大规模的复杂控制。



3. 可编程控制器的发展趋势

- (1) 在系统构成规模上向大、小两个方向发展；
- (2) 功能不断增强，各种应用模块不断推出；
- (3) 产品更加规范化、标准化。



第六节 PLC的几种编程语言

不采用微机的编程语言，采用梯形图语言、指令助记符语言、控制系统流程图语言、布尔代数语言等。其中梯形图、指令助记符语言最为常用。

PLC的设计和生​​产至今尚无国际统一标准，不同厂家所用语言和符号也不尽相同。但它们的梯形图语言的基本结构和功能是大同小异的。



1. 梯形图语言

梯形图是在原继电器—接触器控制系统的继电器梯形图基础上演变而来的一种图形语言。它是目前用得最多的PLC编程语言。

注意：梯形图表示的并不是一个实际电路而只是一个控制程序，其间的连线表示的是它们之间的逻辑关系，即所谓“软接线”。

常开触点：—|—|—

常闭触点：—|/|—

线圈：—[]— 或 —()—



注意：它们并非是物理实体，而是“软继电器”。每个“软继电器”仅对应PLC存储单元中的一位。该位状态为“1”时，对应的继电器线圈接通，其常开触点闭合、常闭触点断开；状态为“0”时，对应的继电器线圈不通，其常开、常闭触点保持原态。



2. 指令助记符语言

助记符语言类似于计算机汇编语言，用一些简洁易记的文字符号表达PLC的各种指令。同一厂家的PLC产品，其助记符语言与梯形图语言是相互对应的，可互相转换。

助记符语言常用于手持编程器中，梯形图语言则多用于计算机编程环境中。



第二章 可编程控制器的指令系统

§ 2-1 PLC的常用编程语言

PLC是以程序的形式进行工作的，所以必须把控制要求变换成PLC能接受并执行的程序，编制程序应用编程语言。PLC常用的编程语言有以下几种：梯形图语言、助记符语言、逻辑功能图语言和某些高级语言。但目前使用最多最普遍的是梯形图语言及助记符语言。



1.梯形图编程语言

梯形图是一种图形语言，是使用最多的PLC图形编程语言，它沿用继电器的触点、线圈、串并联等术语和图形符号，并增加了一些继电接触控制中没有的符号，因此梯形图与继电接触控制图的形式及符号有许多相同或相仿的地方。梯形图按自上而下，从左到右的顺序排列，最左边的竖线称为起始母线，也叫左母线，然后按一定的控制要求和规则连接各个触点，最后以继电器线圈结束，称为一逻辑行或叫一“梯级”，一般最右边还加上一竖线（也有不加的），这一竖线称为右母线。



Programmable Logic Controller

通常一个梯形图中有若干逻辑行（梯级），形似梯子，如图2-1所示，梯形图由此而得名。梯形图比较形象直观，容易掌握，用得很多，**堪称用户第一编程语言。**

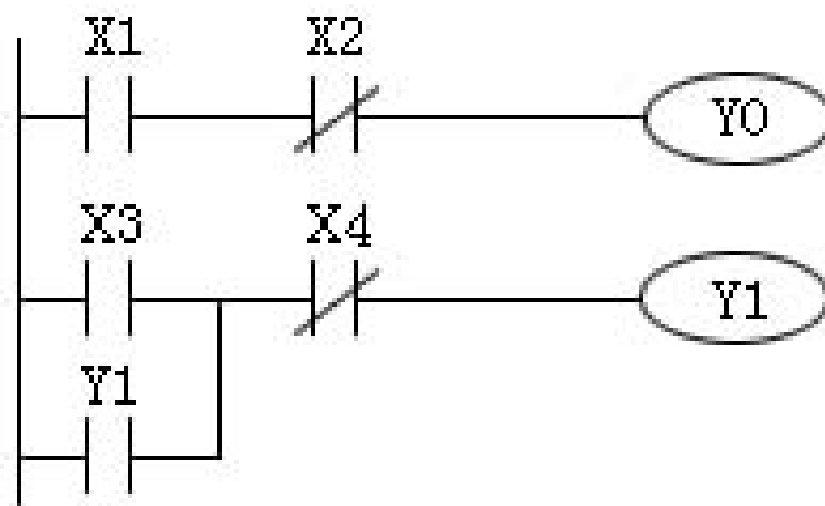


图2-1 梯形图



2. 逻辑功能图

PLC也可采用逻辑功能图来编写程序。这种编程方式基本上沿用了半导体逻辑电路的逻辑框图来表达。一般用一个运算框图表示一种功能，框图内的符号表达了该框内的运算功能。控制逻辑常用“与”、“或”、“非”三种逻辑功能来表达。框的左边画输入，右边画输出。如图2-2所示。



Programmable Logic Controller

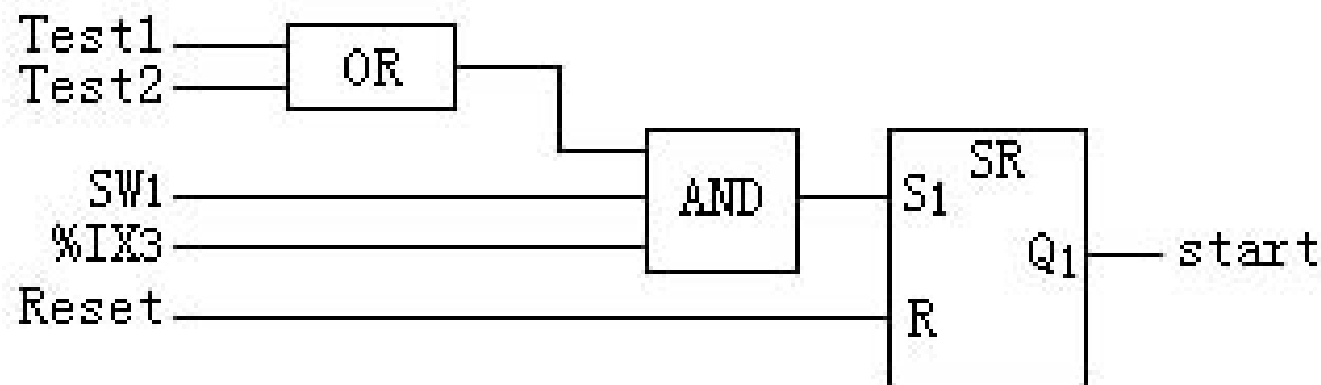


图2-2 逻辑功能图

3. 顺序功能图（SFC）

这是一种位于其他编程语言之上的图形语言，用来编制顺序控制（步进控制）程序。在后面的顺序控制设计法中将做详细介绍。



4. 指令表

(IL)

由若干条指令组成的程序叫做指令表程序。

可编程序控制器的指令是一种与微机的汇编语言中的指令相似的助记符表达式，不过PLC的指令系统比汇编语言简单得多，有的PLC的指令系统仅有20来条指令。

指令表程序较难阅读，其中的逻辑关系很难一眼看出，所以在设计时一般使用梯形图语言。例如：

LD Test1

OR Test2

... ..



5. 结构文本 (ST)

结构文本是一种为了增强可编程控制器的数学运算、数据处理、图形显示、报表打印等功能的高级编程语言。它有两个优点：其一是能实现复杂的数学运算；其二是非常简洁和紧凑，用ST编制极其复杂的数学运算程序可能只占一页纸。



6. 高级语言

在大型PLC中为了完成比较复杂的控制，有的也采用Basic、Pascal、C语言等高级编程语言，这样PLC的功能就更强。

目前各种类型的PLC，一般都同时具备两种或两种以上的编程语言，而且大多数都同时使用梯形图语言和助记符语言。不同厂家和类型的PLC的梯形图、指令系统和使用符号有些差异，但编程的基本原理和方法是相同或相仿的。



§ 2-2 PLC梯形图中编程元件的编号及功能

编号是PLC编程中的一个重要内容，编中可以明确表示出程序中用了哪些软件继电器及I/O点，执行什么功能。

一、输入继电器编号与功能

输入继电器用X表示，它是PLC接收来自外部输入设备开关信号的接口。输入继电器X的线圈与PLC的输入端相连，并带有许多常开接点和常闭触点供编程时使用。输入继电器由外部信号驱动，即由外



Programmable Logic Controller

外接开关控制。输入继电器编号采用八进制编制。例如X0、X1、...、X7。输入继电器电路如图2-3所示。

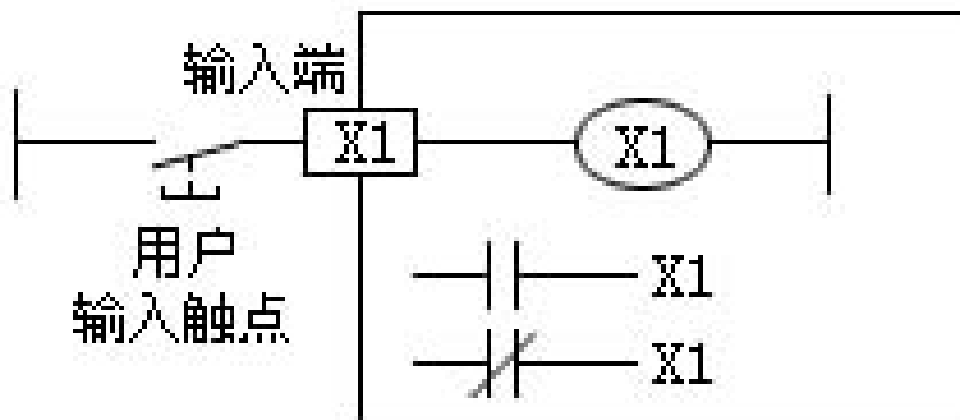


图2-3 输入继电器电路



二、输出继电器编号与功能

输出继电器用Y表示。是PLC向外部负载传送信号的器件，其输出触点连接到PLC的输出端子上。输出继电器触点的通和断是由程序执行结果来决定的，每一个输出继电器有一对外部输出的常开触点，且有许多常开和常闭“软”触点可供在编程中使用。其编号也采用八进制编写，如Y0、Y1、...、Y7等，如图2-4所示。



Programmable Logic Controller

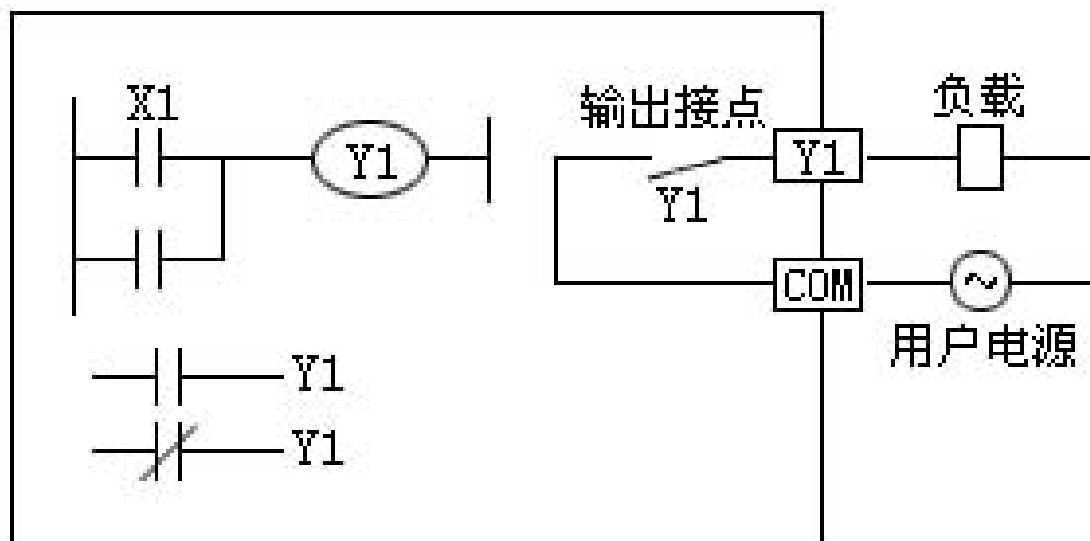


图2-4 输出继电器电路

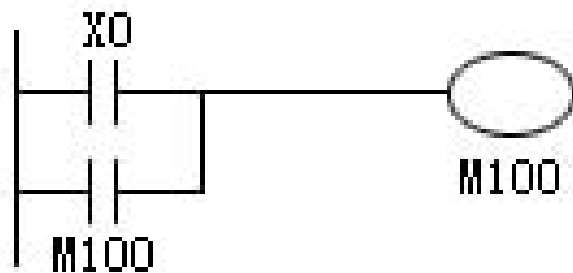


三、辅助继电器的编号与功能

PLC中设有许多辅助继电器M，它有若干对常开触点和常闭触点，它必须由PLC中其它器件的触点接通驱动M的线圈之后，其触点才能动作，相当于继电接触控制中的中间继电器。辅助继电器是用软件实现的，不能接收外部的输入信号，也不直接驱动外部负载，要驱动负载必须通过输出继电器才行。它可以分为通用辅助继电器和保持辅助继电器，均用十进制编号，电路如图2-5所示。



Programmable Logic Controller



(a)



(b)

图2-5 辅助继电器电路

(1) 通用辅助继电器

FX2N系列PLC的通用辅助继电器元件编号范围为M0~M499，共500点。



Programmable Logic Controller

如果在PLC运行时电源突然中断，输出继电器和M0~M499将全部变为OFF。若电源再次接通，除了因外部输入信号而变为ON的以外，其余的仍将保持OFF状态。M0~M499可用软件设定为断电保持辅助继电器。

(2) 断电保持辅助继电器（电池后备/锁存辅助继电器）
FX_{2N}系列PLC的断电保持辅助继电器的编号范围为M500~M3071。其中M500~M1023可用软件设定变为非断电保持辅助继电器。断电保持功能是指记忆电源中断瞬时的状态，重新通电后再现其状态。



在电源中断时用锂电池保持RAM中的映像寄存器中的内容，或将它们保存在EEPROM中。它们只是在PLC重新通电后的第一扫描周期保持断电瞬时的状态，如图2-6（a）、（b）所示。为了利用它们的断电记忆功能，可以采用有记忆功能的电路，如图2-6（c）。设X0和X1分别是起动和停止按钮，M500通过Y0控制外部的电动机，如果电源中断时M500为1状态，因为电路的记忆作用，重新通电后M500将保持为1状态，使Y0继续为ON，电动机重新开始运行。



Programmable Logic Controller

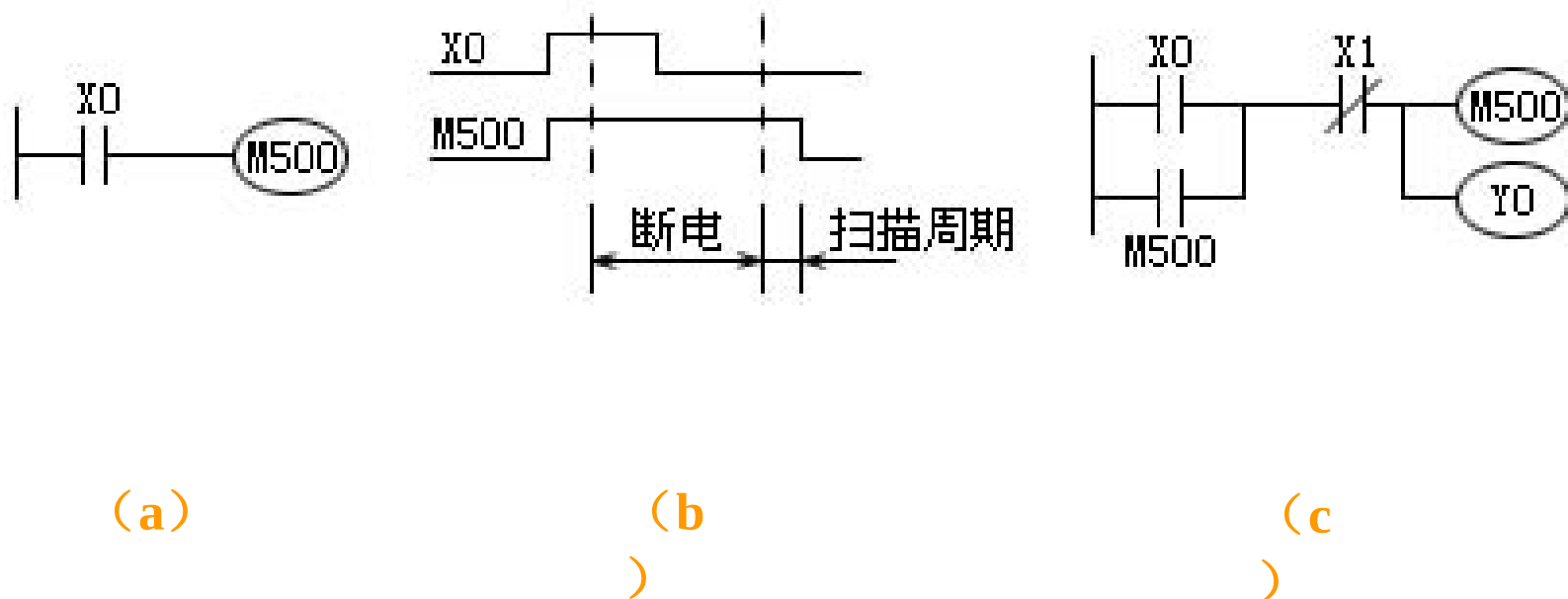


图2-6 断电保持功能



(3) 特殊辅助继电器

特殊辅助继电器共256点，它们用来表示PLC的某些状态，提供时钟脉冲和标志（如进位、借位标志），设定PLC的运行方式，或者用于步进控制、禁止中断、设定计数器是加计数还是减计数等。特殊辅助继电器分为两类：

① 触点利用型特殊辅助继电器

由PLC的系统程序来驱动它们的线圈，在用户程序中直接使用其触点，**但是不能出现它们的线圈**。下面是几个特殊的辅助继电器：



M8000（运行监视）：当PLC执行用户程序时，M8000为ON；停止时，M8000为OFF（如图2-7所示）。M8000可以用作“PLC正常运行”的标志上传给上位计算机。

M8002（初始化脉冲）：M8002仅在M8000由OFF变为ON状态时的一个扫描周期内为ON（如图2-7所示），可以用M8002的常开触点来使有断电保持功能的元件初始化复位和清零，或给某些元件置初始值。



Programmable Logic Controller

M8011~M8014: 分别是10ms、100ms、1s和1min时钟脉冲。

M8005（锂电池电压降低）: 电池电压下降至规定值时变为ON，可以用它的触点驱动输出继电器和外部指示灯，提醒工作人员更换电池。

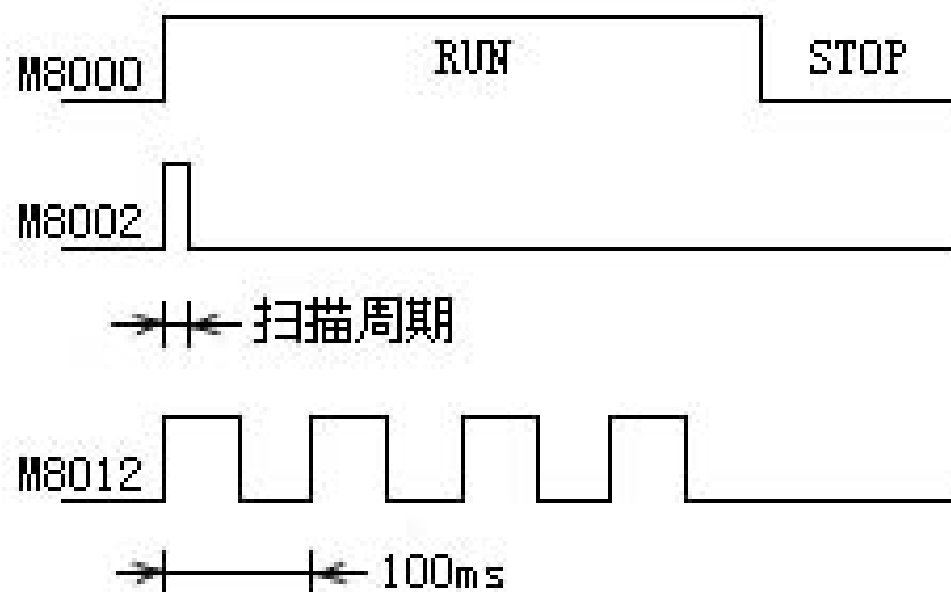


图2-7 特殊辅助继电器功能波形图



② 线圈驱动型特殊辅助继电器

由用户程序驱动其线圈，使PLC执行特定的操作，用户并不使用它们的触点。例如：

M8030的线圈“通电”后，“电池电压降低”发光二极管熄灭；

M8033的线圈“通电”时，PLC由RUN进入STOP状态后，映像寄存器与数据寄存器中的内容保持不变；

M8034的线圈“通电”时，禁止所有的输出，但是程序仍然正常执行。



四、状态继电器

状态继电器（S）是用于编制顺序控制程序的一种编程元件（状态标志），它与后面介绍的STL指令（步进梯形指令）一起使用。

通用状态（S0~S499）没有断电保持功能，但是用程序可以将它们设定为有断电保持功能的状态，其中包括供初始状态用的S0~S9和供返回原点用的S10~S19。S500~S899有断电保持功能，S900~S999供报警器用。



Programmable Logic Controller

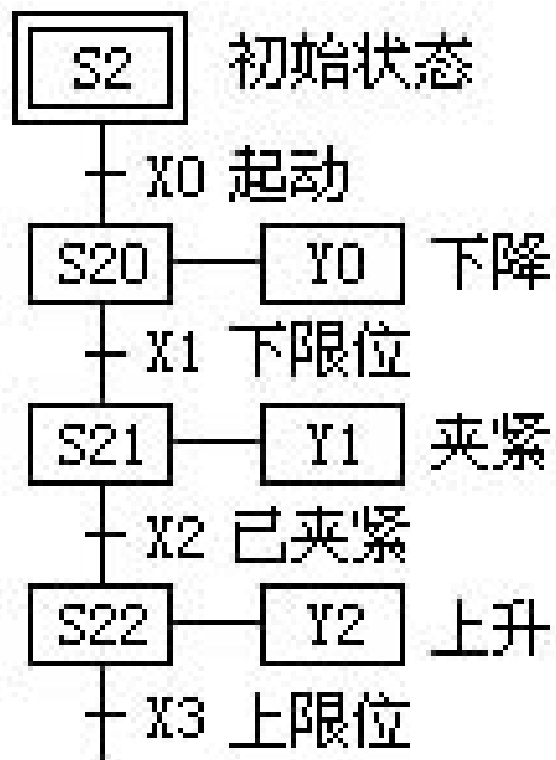


图2-8 状态的使用

注意，不对状态使用步进梯形指令时，可以把它们当作普通辅助继电器（M）使用。供报警用的状态，可用于外部故障诊断的输出。



五、定时器

(T) PLC中的定时器 (T) 相当于继电器系统中的时间继电器。它有一个设定值寄存器、一个当前值寄存器和一个用来储存其输出触点状态的映像寄存器。这三个单元使用同一个元件号。FX系列PLC的定时器分为通用定时器和积算定时器。

常数K可以作为定时器的设定值，也可以用数据寄存器 (D) 的内容来设定。例如，外部数字开关输入的数据可以存入数据寄存器，作为定时器的设定值。



1. 通用定时器

FX_{2N}系列PLC通用定时器的元件编号范围为**T0~T249**。

T0~T199为100ms定时器，定时范围为0.1~3276.7s。

T192~T199是子程序和中断服务程序专用定时器。

T200~T245为10ms定时器（共46点），定时范围为0.01~327.67s



Programmable Logic Controller

定时举

例：如图2-9所示中X0的常开触点接通时，T200的当前值计数器从零开始，对10ms时钟脉冲进行累加计数。当前值等于设定值123时，定时器的常开触点接通，常闭触点断开，即T200的输出触点在其线圈被驱动1.23s后动作。

注意，X0的常开触点断开后，定时器被复位，它的常开触点断开，常闭触点接通，当前值恢复为零。也即通用定时器没有保持功能，在输入电路断开或停电时复位。



Programmable Logic Controller

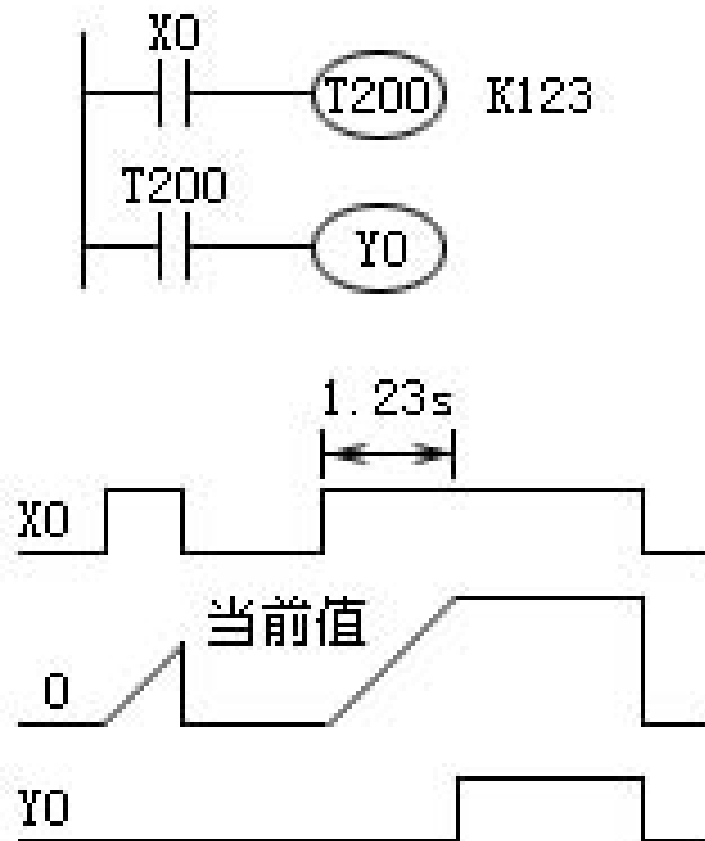


图2-9 定时器的应用



Programmable Logic Controller

定时器一般没有瞬时动作的触点，如果需要
在定时器的线圈“通电”时就动作的瞬动触点，可
以在定时器线圈两端并联一个辅助继电器的线
圈，并使用它的触点，如图2-10所示。

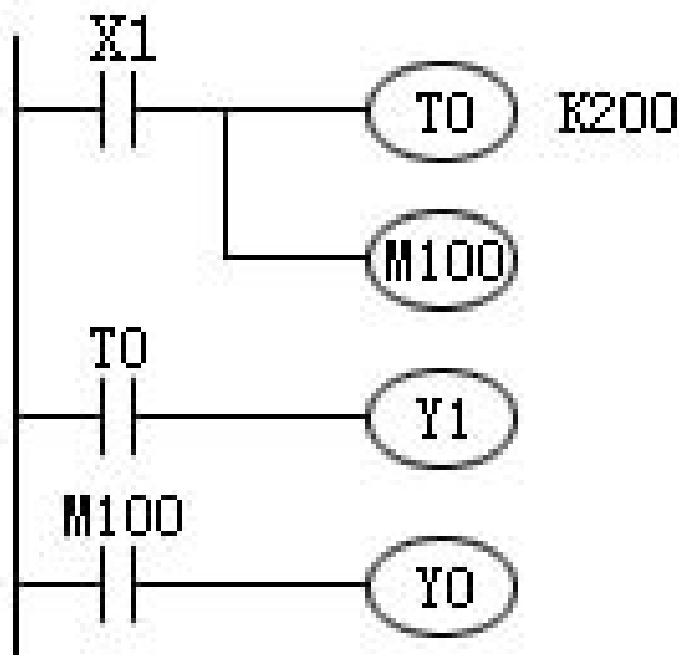


图2-10 定时器通电瞬动触点



Programmable Logic Controller

FX系列PLC定时器只能提供其线圈“通电”后延迟动作的触点，如果需要在它的线圈断电后的延迟动作，可以使用如图2-11所示梯形图。

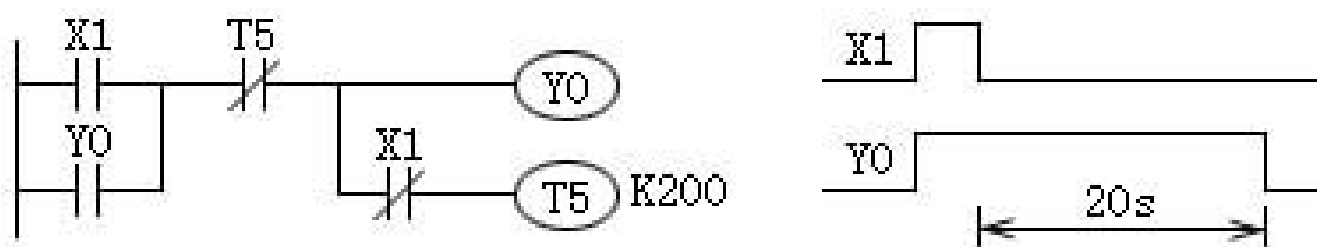


图2-11 延时停止输出定时器



2. 积算定时器

积算定时器的元件编号范围为**T246~T255**。其中
T246~T249为1ms积算定时器，定时范围为
0.001~32.767s。

T250~T255为100ms积算定时器，定时范围为
0.1~3276.7s。

例如，如图2-12所示，X1的常开触点接通时，T250的当前值计数器对100ms时钟脉冲进行累加计数。当前值等于设定值345时，定时器的常开触点接通，常闭触点断开。



Programmable Logic Controller

X1的常开触点断开或停电时停止定时，当前值保持不变。X1的常开触点再次接通或复电时继续定时，累计时间（ t_1+t_2 ）为34.5s时，T250的触点动作，Y1的常开触点接通时T250复位。

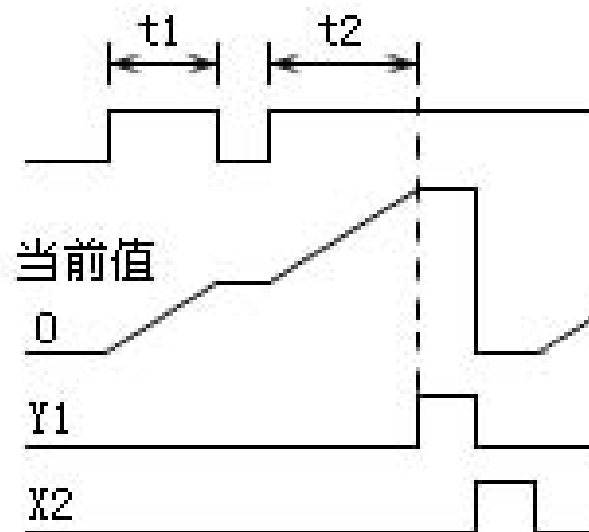
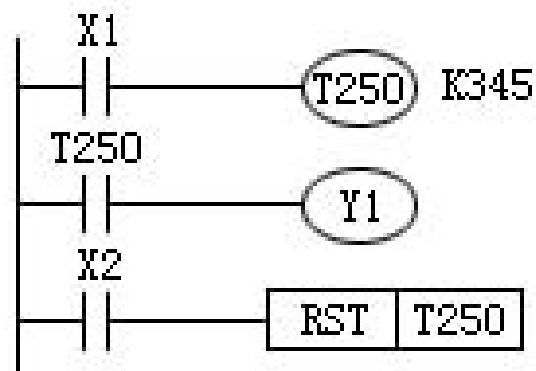


图2-12 积算定时器功能图



3. 使用定时器的注意事项

如果在子程序或中断程序中，应使用T192~T199和T246~T249，在执行END指令时修改定时器的当前值。当定时器的当前值等于设定值时，其输出触点在执行定时器线圈指令或END指令时动作。如果不是使用上述的定时器，在特殊情况下，定时器的工作可能不正常。



4. 定时器的定时精度

定时器的精度与程序的安排有关，如果定时器的触点在线圈之前，精度将会降低。平均误差约为1.5倍扫描周期。最小定时误差为输入滤波器时间与定时器分辨率之差，1ms、10ms、100ms定时器的分辨率分别为1ms、10ms、100ms。

如果定时器的触点在线圈之后，最大定时误差为2倍扫描周期加上输入滤波器时间。

如果定时器的触点在线圈之前，最大定时误差为3倍扫描周期加上输入滤波器时间。



六、计数器

计数器包括内部计数器和高速计数器。

1. 内部计数器

内部计数器用来对PLC的内部映像寄存器（X、Y、M、S）提供信号的计数，计数脉冲为ON或OFF的持续时间，应大于PLC的扫描周期，其响应速度通常小于数十Hz。

（1）16位加计数器

16位加计数器的设定值为1~32767，其中C0~C99为通用型，C100~C199为断电保持型。



计数过程分析:

如图2-13所示，X10的常开触点接通后，C0被复位，它对应的位存储单元被置0，它的常开触点断开，常闭触点接通，同时其计数当前值被置为0。X11用来提供计数输入信号，当计数器的复位输入电路断开，计数输入电路由断开变为接通（即计数脉冲的上升沿）时，计数器的当前值加1。在9个计数脉冲之后，C0的当前值等于设定值9，它对应的位存储单元的内容被置1，其常开触点接通，常闭触点断开。再来计数脉冲时当值不变，直到



Programmable Logic Controller

复位输入电路接通，计数器的当前值被置为0。

除了由常数K来设定计数器的设定值外，还可以通过指定数据寄存器来设定，这时设定值等于指定的数据寄存器中的数。

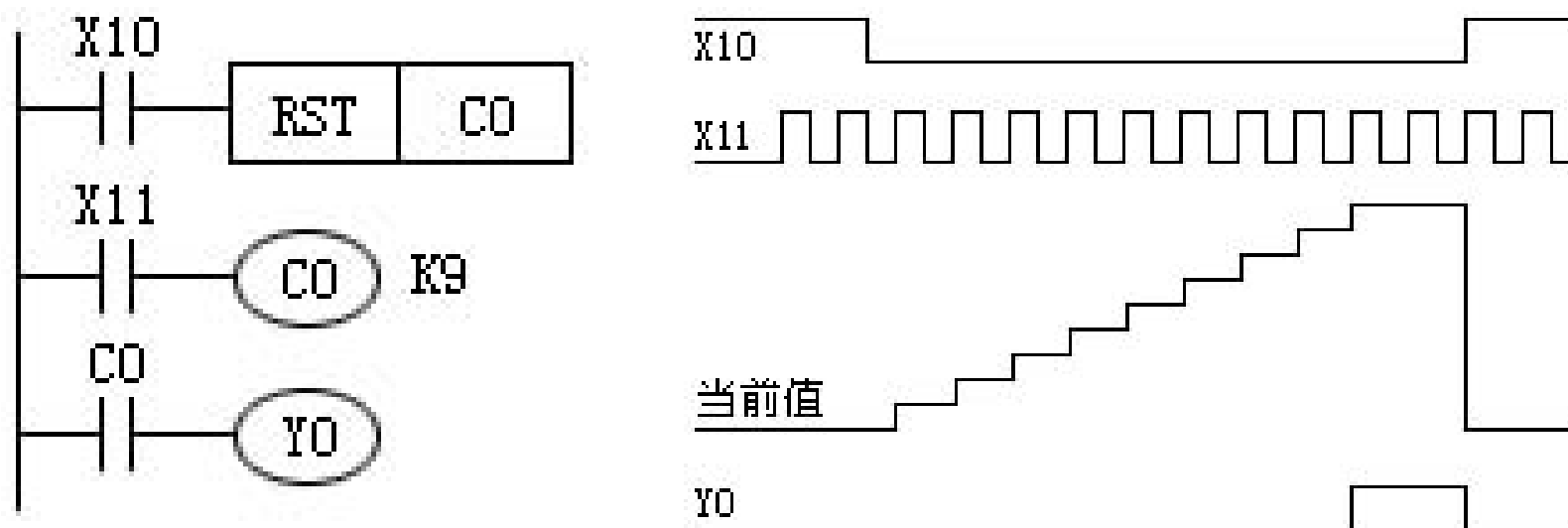


图2-13 计数器



(2) 32位双向计数器

32位双向计数器C200~C234的设定值为-2147483648~+2147483647，其加/减计数方式由特殊辅助继电器M8200~M8234设定，对应的特殊辅助继电器为ON（置1）时，为减计数；反之为加计数。



计数器的设定值除了可由常数K设定外，还可以通过指定数据寄存器来设定，32位设定值存放在元件号相连的两个数据寄存器中。如果指定的是D0，则设定值存放在D1和D0中。32位加/减计数器的设定值可正可负。



Programmable Logic Controller

图2.14中C200的设定值为5，在加计数时，若计数器的当前值由4变为5，计数器的输出触点为ON，当前值大于5时，输出触点仍为ON。当前值由5变为4时，输出触点为OFF，当前值小于等于4时，输出触点仍为OFF。

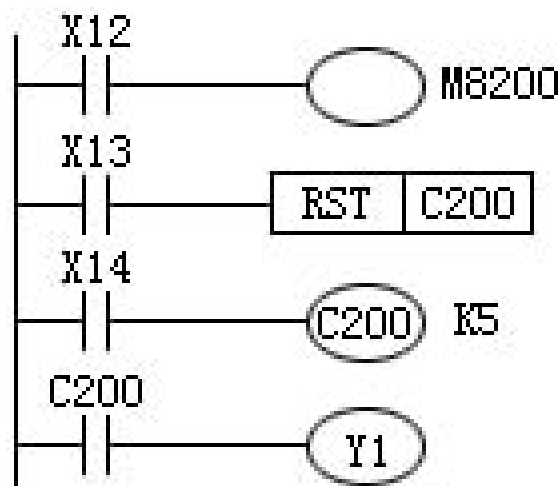


图2-14 加/减计数器



复位输入X13的常开触点接通时，C200被复位，其常开触点断开，常闭触点接通，当前值被置为0。

如果使用断电保持计数器，在电源中断时，计数器停止计数，并保持计数当前值不变，电源再次接通后在当值的基础上继续计数，因此断电保持计数器可累计计数。



2. 高速计数器

高速计数器共21点，地址编号为C235~C255。但适用高速计数器输入的PLC输入端只有8点（X0~X7）。如果这8个输入端中的一个已被某个高速计数器占用，它就不能再用于其它高速计数器（或其它用途）。也就是说，由于只有8个高速计数输入端，最多只能用8个高速计数器同时工作。



高速计数器的选择并不是任意的，它取决于所需计数器的类型及高速输入端子。高速计数器的类型如下：

- ① 1相无启动/复位端子高速计数器C235~C240;
- ② 1相带启动/复位端子高速计数器C241~C245;
- ③ 1相2输入（双向）高速计数器C246~C250;
- ④ 2相输入（A-B相型）高速计数器C251~C255。



Programmable Logic Controller

高速计数器是按中断原则运行的，如右图所示，表明了高速计数的输入。当X20接通时，选中高速计数器C235，而由表3.4中可查出，C235对应的计数器输入端为X0，计数输入脉冲应为X0而不是X20。

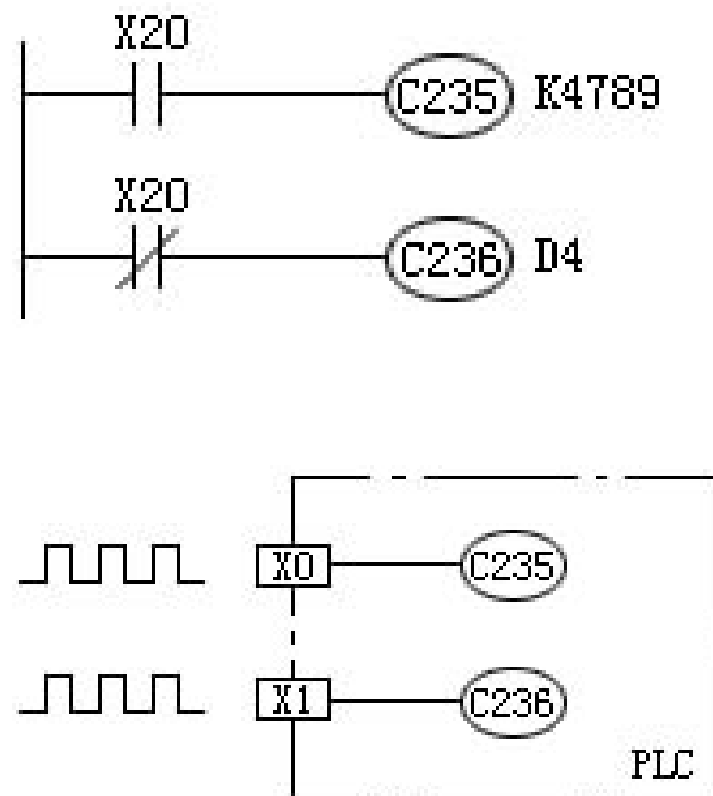


图2-15 高速计数器输入



当X20断开时，线圈C235断开，同时C236接通，选中计数器C236，其计数脉冲输入端为X1。特别注意的是，不要用计数输入端接点作计数器线圈的驱动接点。



§ 2-3 PLC的基本顺序指令

基本指令用于接点的逻辑运算、输入输出操作、定时和计数等。这些指令可以从编程器上与它的助记符相对应的键输入。按用途分类说明如下：

一、触点取用与线圈输出指令 (LD、LDI、OUT)

LD (Load) 指令是从左母线开始，取用常开触点。



Programmable Logic Controller

LDI (Load Inverse) 指令是从左母线开始，取用常闭触点。

OUT 指令是用于继电器线圈、定时器、计数器的输出。

上述三条指令的用法如图2-14所示。

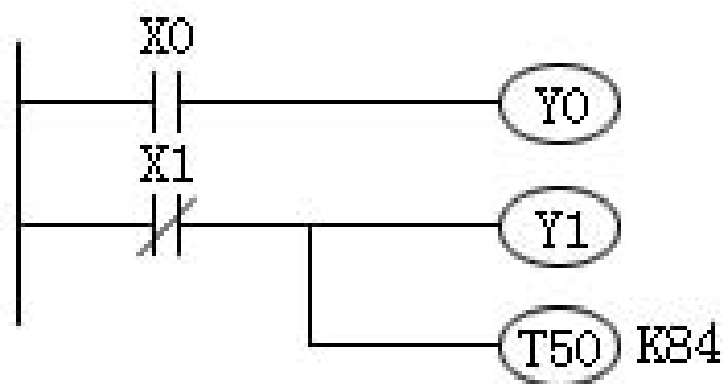


图2-14 梯形图

0	LD	X0
1	OUT	Y0
2	LDI	X1
3	OUT	Y1
4	OUT	T50
5	K	84



Programmable Logic Controller

这三条指令的使用说明：

- (1) **LD**、**LDI**指令使用于与左母线相连的触点，也可以与**ANB**、**ORB**指令配合使用于分支回路的开头。
- (2) **OUT**指令适用于输出继电器、辅助继电器、定时器及计数器，但不能用于输入继电器。
- (3) 并联的**OUT**指令可以连续使用任意次。
- (4) 在对定时器、计数器使用**OUT**指令之后，必须设常数**K**。



Programmable Logic Controller

二、单个触点串联指令（AND、ANI）

AND指令是用于单个常开触点的串联。

ANI指令是用于单个常闭触点的串联。如图2-15所示。

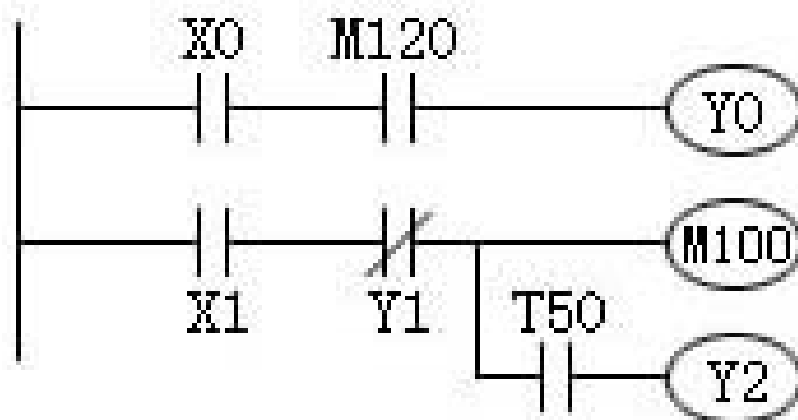


图2-15 梯形图

```
LD      X0
AND     M120
OUT     Y0
LD      X1
ANI     Y1
OUT     M100
AND     T50
OUT     Y2
```



AND、ANI指令的使用说明:

- (1) AND、ANI是单个触点串联连接指令，可以连续使用。
- (2) 若按正确次序编程，可以反复使用连续输出，例如要求M100动作的同时，Y2经触点T50也动作，应按图2-15所示次序编程，而不允许使用图2-16所示次序的编程方法。如要使用图2-16，必须使用多重输出指令。



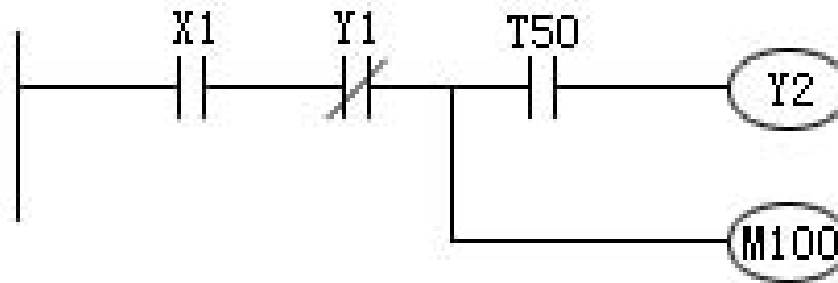


图2-16 梯形图

三、单个触点并联指令（OR、ORI）

OR指令用于单个常开触点的并联连接。

ORI指令用于单个常闭触点的并联连接。如图2-17所示。



Programmable Logic Controller

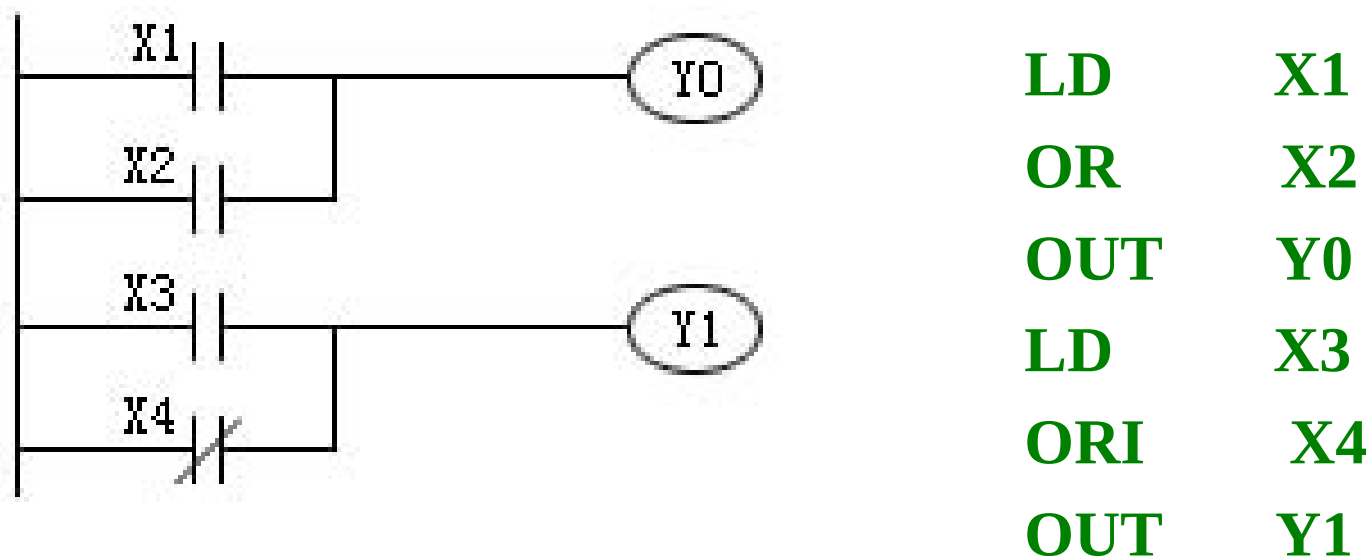


图2-17 梯形图

四、串联电路块并联指令（ORB）

串联电路块：两个以上的触点串联连接而成的电路块。



Programmable Logic Controller

ORB指令是用于回路并联连接。在由两个以上触点组成的串接回路终了，使用**ORB**指令。如图2-18所示。

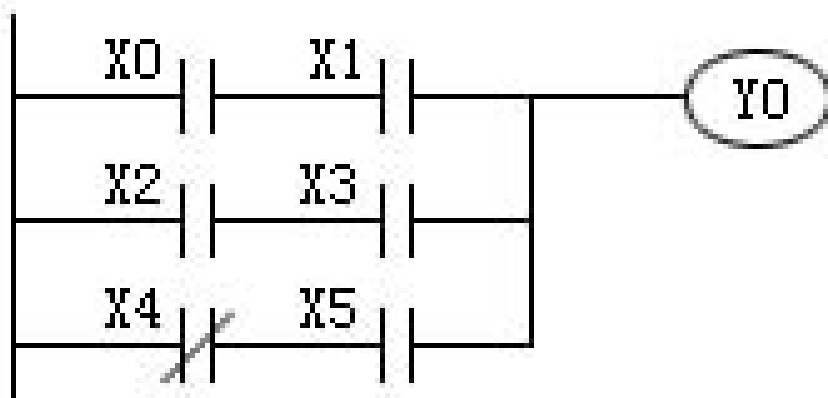


图2-18 梯形图

```
LD      X0
AND     X1
LD      X2
AND     X3
ORB
LDI     X4
AND     X5
ORB
OUT     Y0
```



注意，几个串联电路块并联连接时，其支路的起点以LD、LDI开始，支路终了点用ORB指令。ORB指令不带元件号。

五、并联电路块串联指令（ANB）

并联电路块：两个或两个以上接点并联的电路。

ANB指令用于并联电路块与前面的电路串联，在使用ANB指令之前，应先完成并联电路块的内部连接。并联电路块中各支路的起始触点使用LD或LDI指令。如图2-19所示。



Programmable Logic Controller

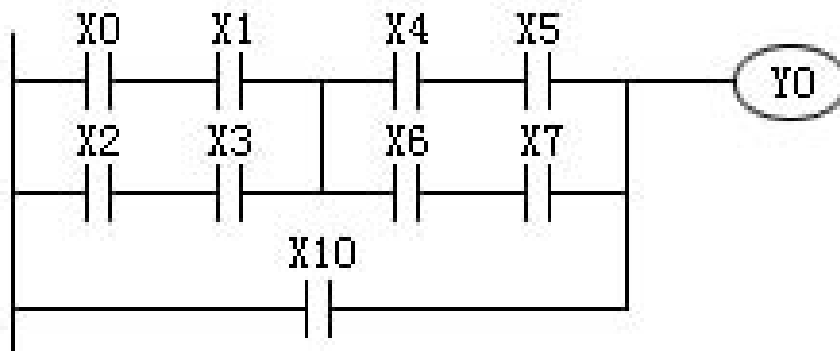


图2-19 梯形图

LD	X0
AND	X1
LD	X2
AND	X3
ORB	
LD	X4
AND	X5
LD	X6
AND	X7
ORB	
ANB	
OR	X10
OUT	Y0



六、多重输出指令（MPS、MRD、

MPP）
MPS（Push）： 进栈指令；

MRD（Read）： 读栈指令；

MPP（Pop）： 出栈指令；

这三条指令是无操作器件指令，都为一个程序步长，这组指令用于多输出电路。可将连接点先存储，用于后面的电路。

FX系列PLC有11个栈存储器。MPS和MPP指令必须成对使用，而且连续使用应少于11次。



Programmable Logic Controller

(1) 栈存储器与多重输出指令

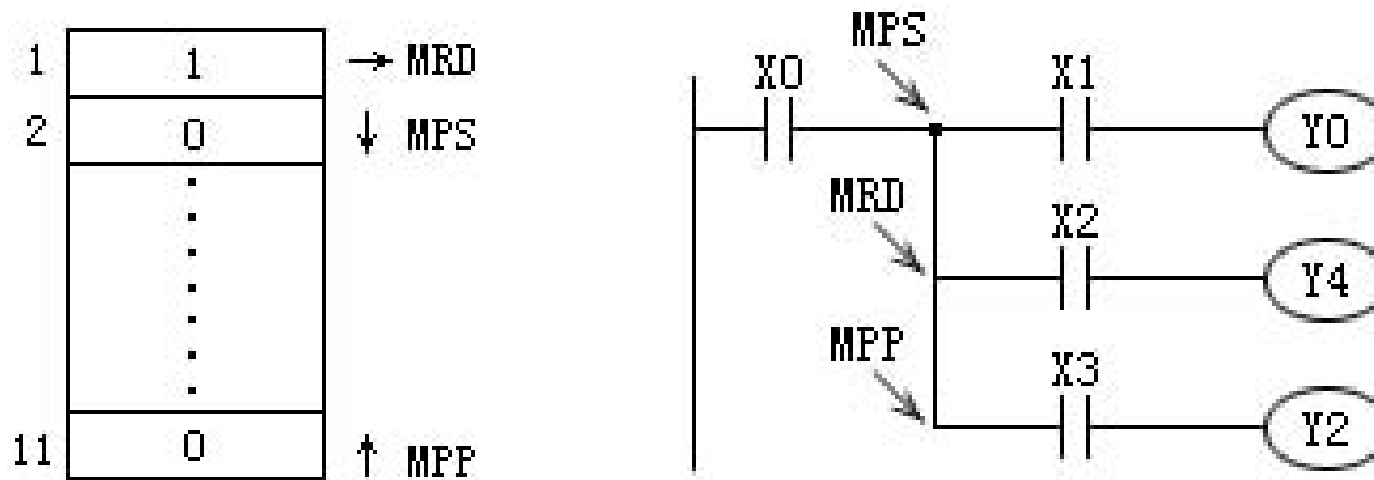


图2-20 多重输出

LD **X0**
MPS
AND **X1**
OUT **Y0**
MRD

AND **X2**
OUT **Y4**
MPP
AND **X3**
OUT **Y2**



Programmable Logic Controller

(2) 二层栈

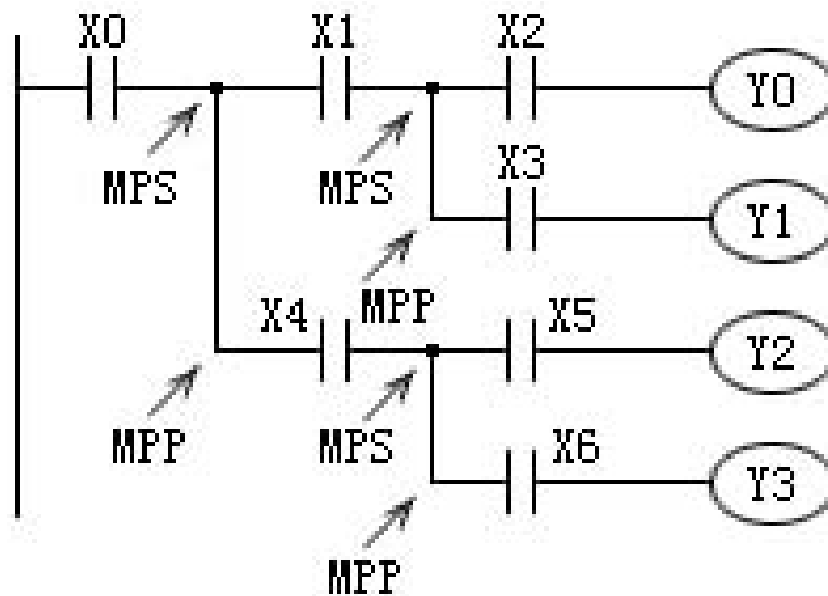


图2-21 二层栈

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		



Programmable Logic Controller

(3) 一层栈与ANB、ORB指令配合

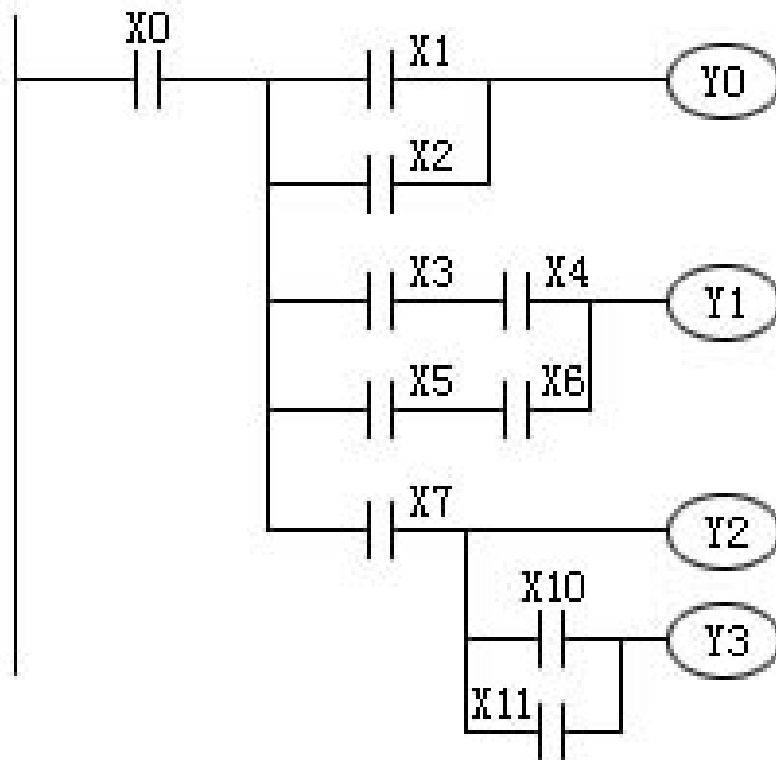


图2-23 梯形图

LD	X0	ORB	
MPS		ANB	
LD	X1	OUT	Y1
OR	X2	MPP	
ANB		AND	X7
OUT	Y0	OUT	Y2
MRD		LD	X10
LD	X3	OR	X11
AND	X4	ANB	
LD	X5	OUT	Y3
AND	X6		



Programmable Logic Controller

(4) 四层栈电路

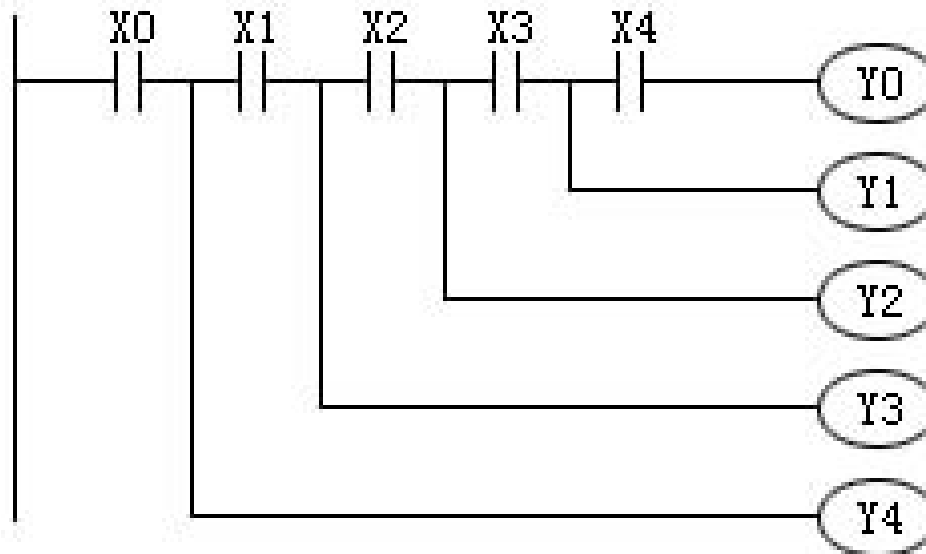


图2-24 梯形图

LD	X0	OUT	Y0
MPS		MPP	
AND	X1	OUT	Y1
MPS		MPP	
AND	X2	OUT	Y2
MPS		MPP	
AND	X3	OUT	Y3
MPS		MPP	
AND	X4	OUT	Y4



七、主控与主控复位指令（MC、MCR）

MC指令用于在相同控制条件下多路输出。

MCR指令用于MC指令的复位指令，即主控结束时返回母线。

如图2-25（a）所示，有多个输出继电器（Y0、Y1、Y2）同时受一个触点或一组触点（图中X0、X1）控制，这种控制称为主控。可以把多个继电器分别编在独立的逻辑行中，而每个继电器都由相同的条件控制，如图2-25（b）所示。

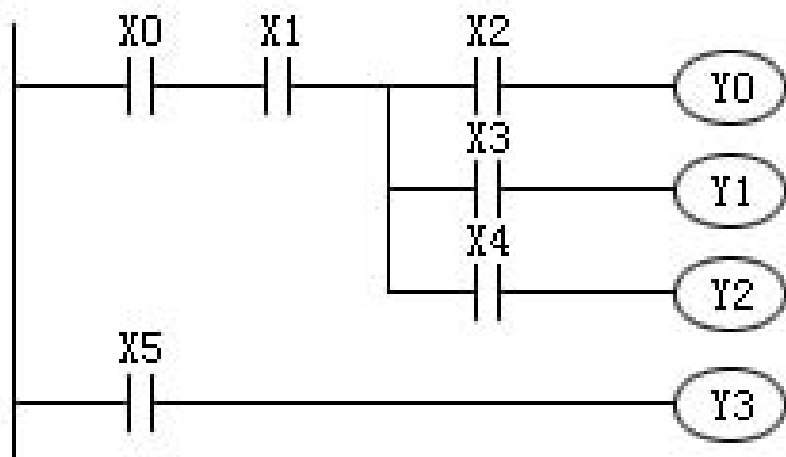


但是这种编程较长和占用了较多的用户存储区，不理想。如果用主控指令来解决图2-25（a）的编程问题，则简洁明了，如图2-25（c）所示。这样MC指令与原来的母线相连，将原来的母线移到新的母线上，再用MCR指令使各支路起点回到原来的母线上。使用主控指令的触点称为主控触点，它在梯形图中与一般的触点垂直，主控触点是控制一组电路和总开关。

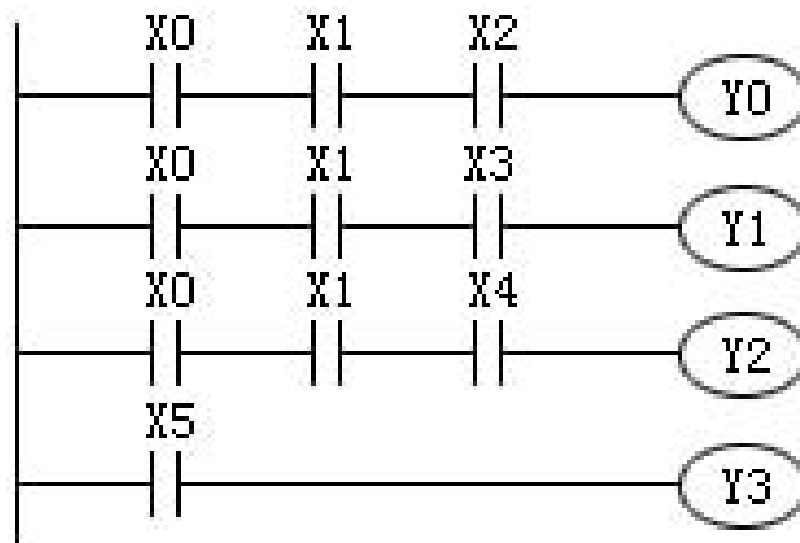
注意，MC和MCR是一对指令，必须成对使用。在主控指令MC后面均由LD或LDI指令开始。



Programmable Logic Controller



(a)

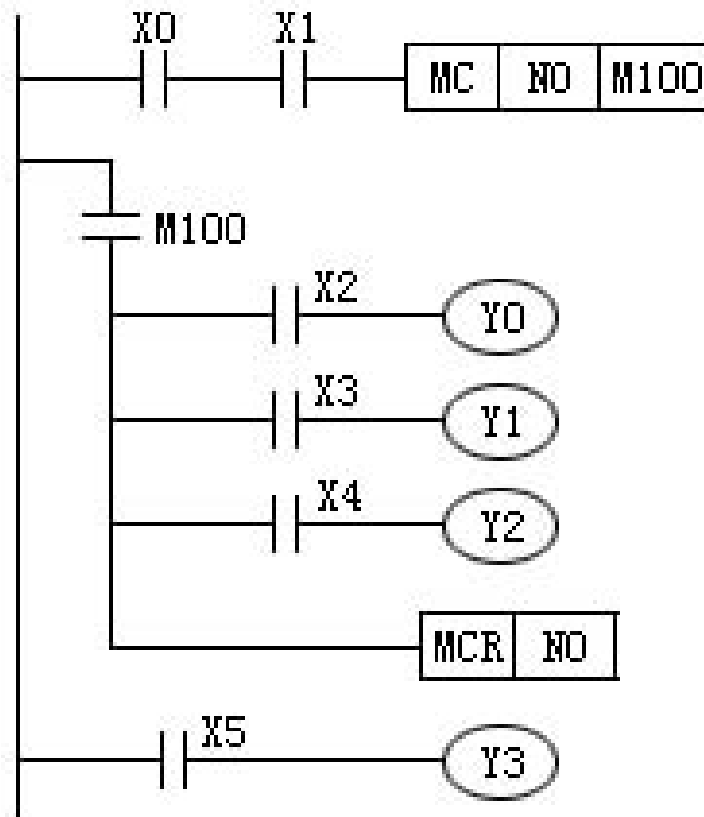


(b)

图2-25 梯形图



Programmable Logic Controller



(c)

LD X0

AND X1

MC N0 M100

LD X2

OUT Y0

LD X3

OUT Y1

LD X4

OUT Y2

MCR N0

LD X5

OUT Y3

(d)

图2-25 梯形图



八、取反指令（INV）

INV指令是将执行该指令之前的运算结果取反，运算结果如为0，则将它变为1；运算结果如为1则变为0。如图2-26所示，如果X0为ON，则Y0为OFF；如果X0为OFF，则Y0为ON。

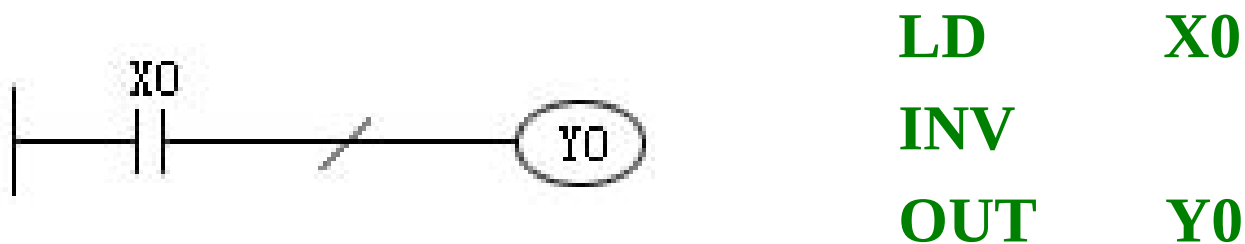


图2-26 取反指令 INV



九、PLS与PLF指令

PLS: 上升沿微分输出指令。

PLF: 下降沿微分输出指令。

PLS和PLF指令只能用于输出继电器和辅助继电器。图2-27中的M100仅在X0的常开触点由断开变为接通（即X0的上升沿）时的一个扫描周期内为ON；M120仅在X1的常开触点由接通变为断开（即X1的下降沿）时的一个扫描周期内为ON。



Programmable Logic Controller

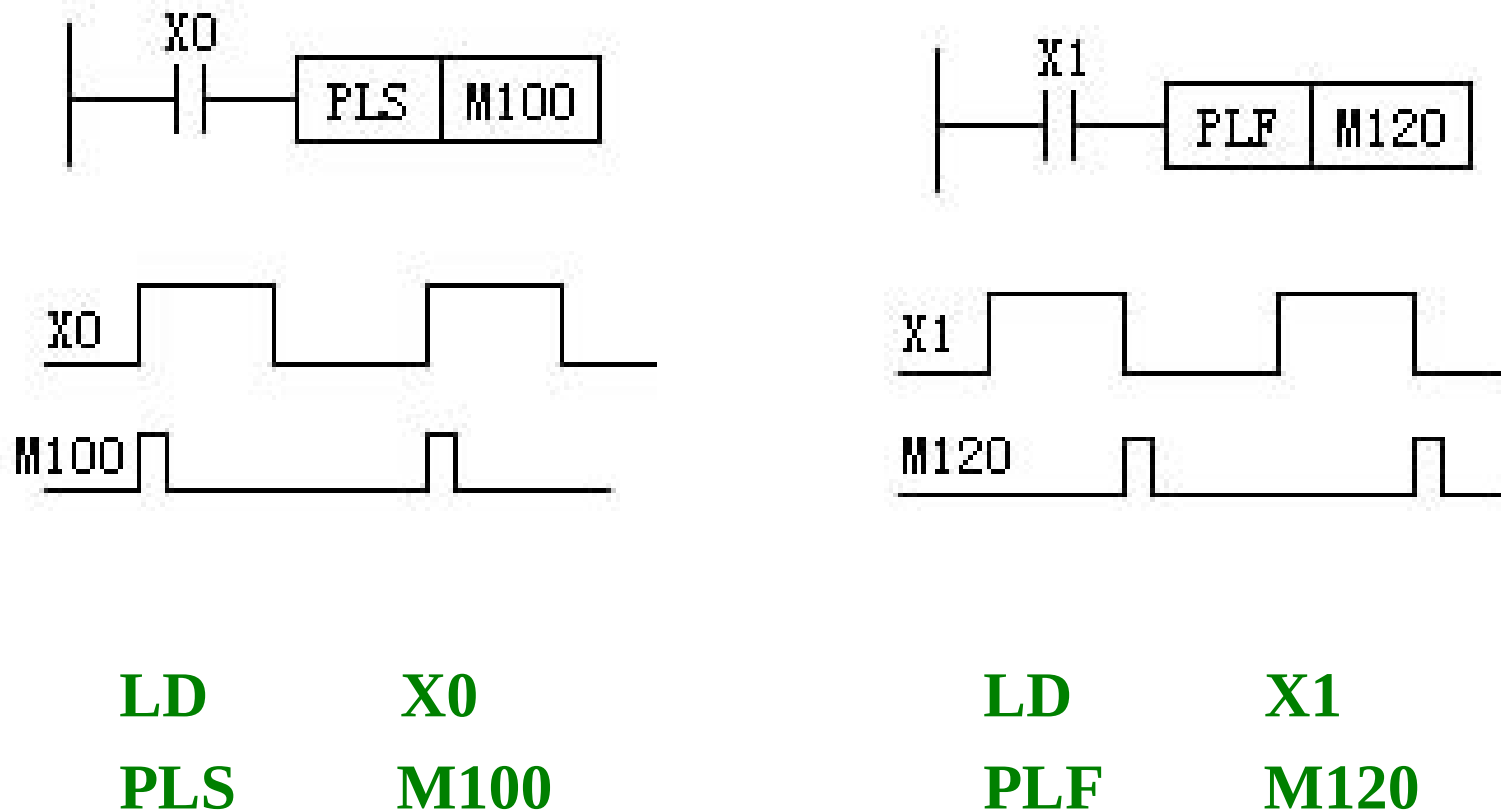


图2-27 脉冲输出指令



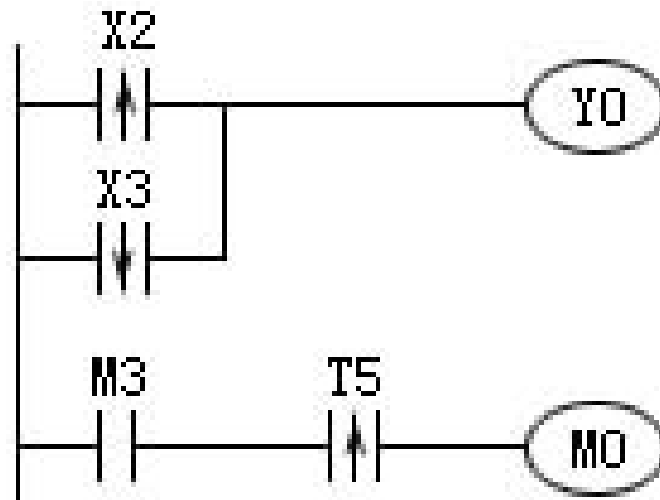
十、边沿检测指令

LDP、ANDP和ORP是用来作上升沿检测的触点指令，仅在指定位元件的上升沿（由OFF变ON）时接通一个扫描周期。

LDF、ANDP和ORF是用来作下降沿检测的触点指令，仅在指定位元件的下降沿（由ON变OFF）时接通一个扫描周期。如图2-28所示。



Programmable Logic Controller



LDP	X2
ORF	X3
OUT	Y0
LD	M3
ANDP	T5
OUT	M0

图2-28 边沿检测触点指令

边沿检测触点指令可以用于X、Y、M、T、C和S。上图中在X2的上升沿或X3的下降沿，Y0仅在一个扫描周期内为ON。



十一、SET与RST指令

SET：置位指令，使操作保持的指令。

RST：复位指令，使操作保持复位的指令。

SET指令可用于Y、M和S，RST指令可用于Y、M、S、T、C、D、V和Z。

在任何情况下，RST指令都优先执行。



Programmable Logic Controller

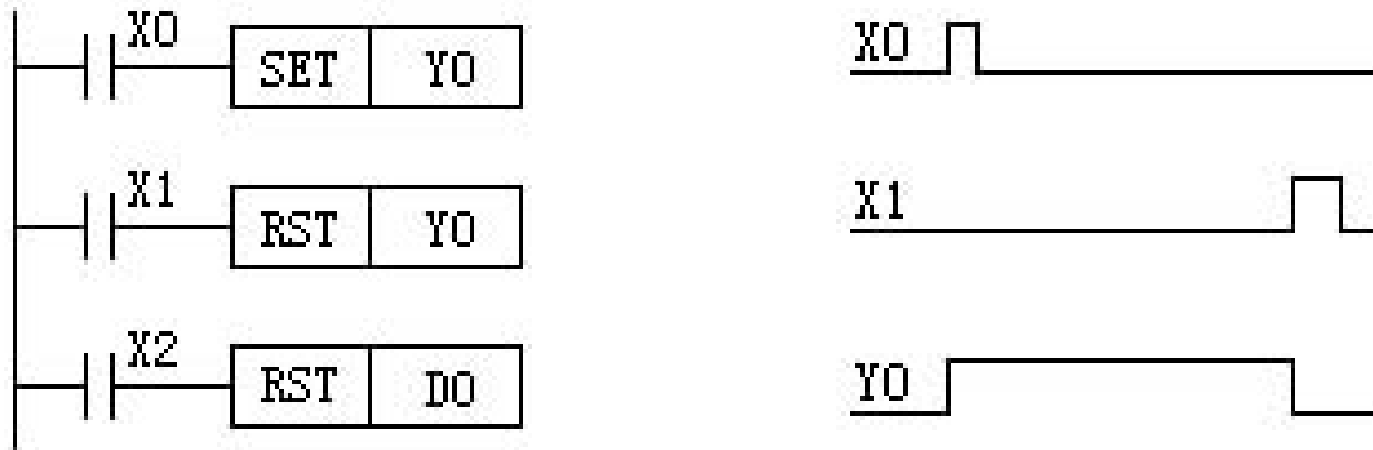


图2-29 置位复位指令

LD **X0**

SET **Y0**

LD **X1**

RST **Y0**

LD **X2**

RST **D0**



十二、NOP与END指令

NOP：空操作指令。空操作指令使该步作空操作。

END：结束指令，表示程序结束。



第三章 梯形图程序的设计方法

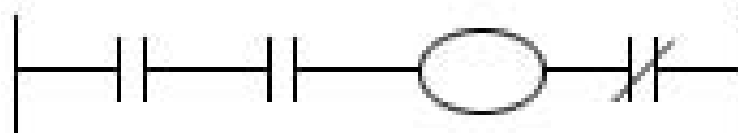
3.1 梯形图编辑的一般原则

PLC的特点之一是编程方便、易学易懂。它采用梯形图来描述控制系统，给人以一目了然的清晰感，对原来从事继电器控制技术的人员来说，很快就能掌握。PLC的梯形图设计类似于继电器逻辑设计，但又有着它本身的规则和技巧，在梯形图设计和程序编制中应注意以下几个方面。

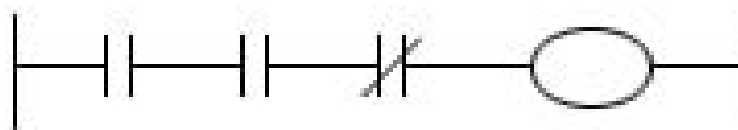


Programmable Logic Controller

1. 梯形图每一行都是从左边的母线开始，线圈接在右边的母线上，线圈右边不允许再有接点，如图3-1所示。



(a) 错误



(b) 正确

图3-1 梯形图接点的连接



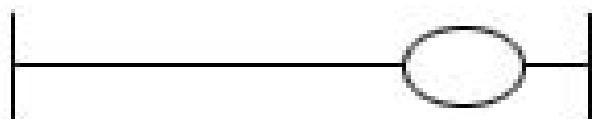
Programmable Logic Controller

FX系列的输出类指令包括OUT（线圈输出）、SET（置位）、RST（复位）、PLS（上升沿检测）、PLF（下降沿检测）、MC（主控）和CJ（条件跳转）等。继电器电路中的触点可以放在线圈的左边，也可以放在线圈的右边。

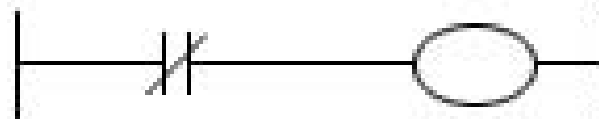
在梯形图中，触点提供输入信号，线圈和输出类指令接收逻辑运算的结果。因为逻辑运算是从左往右进行的，所以输出类指令应放在电路的最右边。触点如果放在线圈的右边，程序将会出错。



2. 线圈不能直接接在左边母线上，如果需要的话，可通过不动作的动断触点连接在线圈的右边，如图3-2所示。



(a) 错误



(b) 正确

图3-2 梯形图

3. 同一梯形图中，同一编号的线圈一般情况下只能出现一次。因为双线图输出容易引起操作错误。



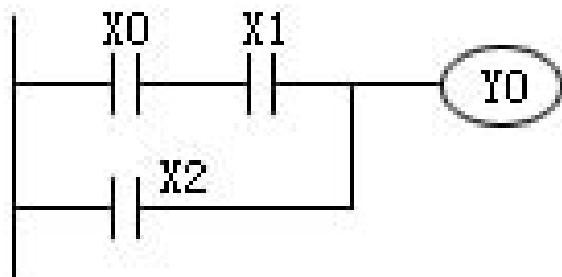
4. 输入继电器、输出继电器、辅助继电器、定时器、计数器的触点可以多次使用，不受限制。

因为梯形图中的一个触点对应指令表中的一条指令，执行触点对应的指令时，只是读出编程元件对应的映像寄存器中的值，再进行逻辑运算，而读映像寄存器的操作次数是没有限制的。所以在梯形图中，使用同一元件的触点的次数是没有限制的。



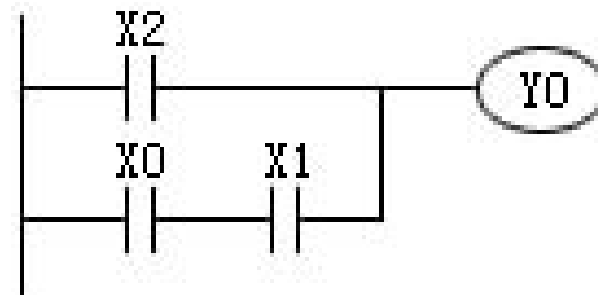
Programmable Logic Controller

5. 对于并联电路，串联触点多的支路应排在上面，如图3-3所示。



(a) 正确

```
LD    X0
AND   X1
OR     X2
OUT   Y0
```



(b) 错误

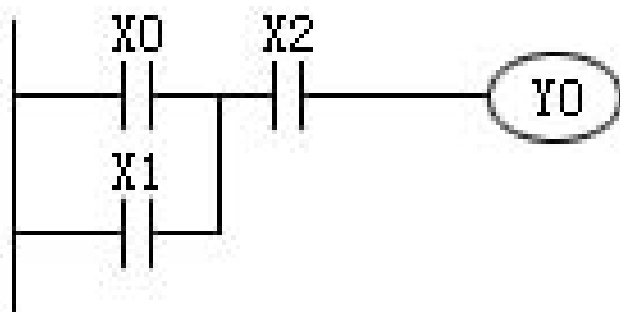
```
LD    X2    ORB
LD    X0    OUT Y0
AND   X1
```

图3-3 梯形图

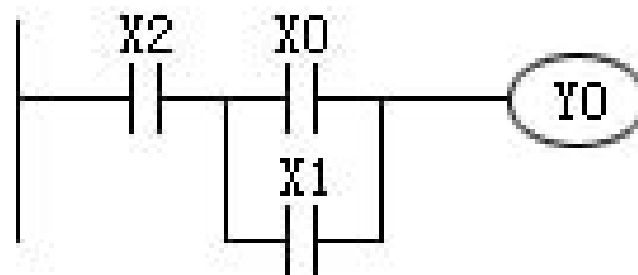


Programmable Logic Controller

6. 对于并联电路块串联时，并联触点多的电路应排在左边，如图3-4所示。



(a) 正确



(b) 错误

```
LD    X0
OR     X1
AND    X2
OUT    Y0
```

```
LD    X2      ANB
LD    X0      OUT  Y0
OR     X1
```

图3-4 梯形图



Programmable Logic Controller

7. 对桥式电路的编程处理

桥式电路如图3-5所示，图中触点5有双向“电流”通过，这是不可编程的电路，因此必须根据逻辑功能，对该电路进行等效变换成可编程的电路。

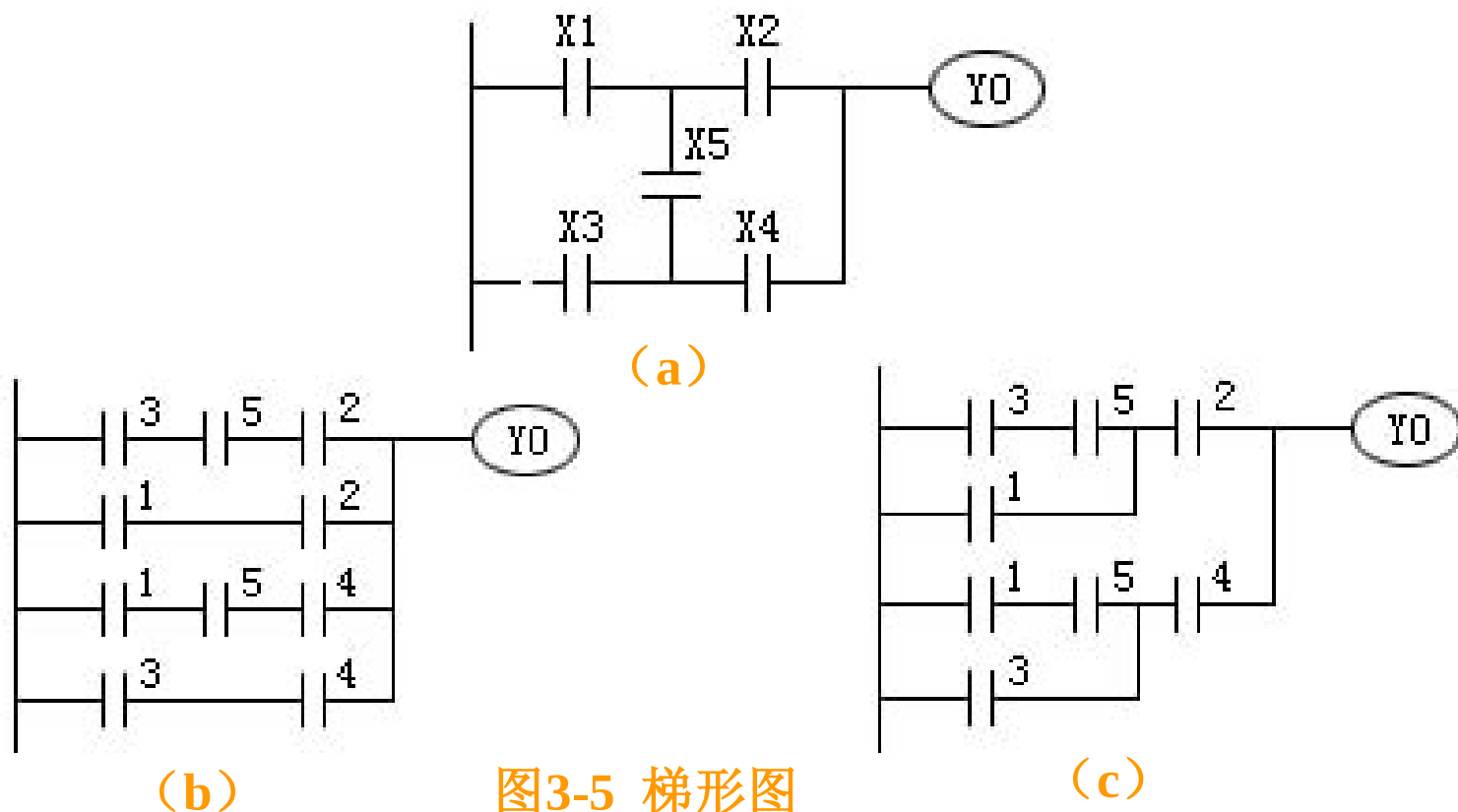
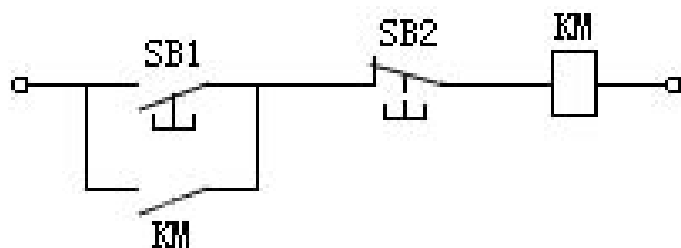


图3-5 梯形图

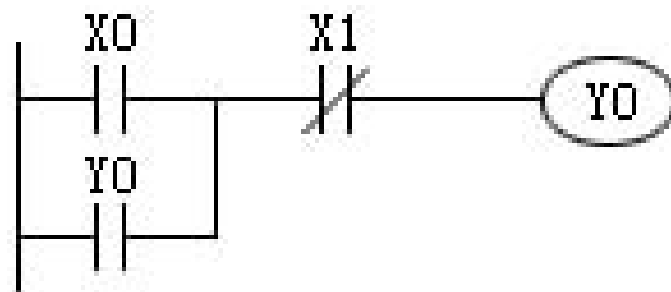


3.2 梯形图的基本电路

一、起保停电路



(a) 控制电路

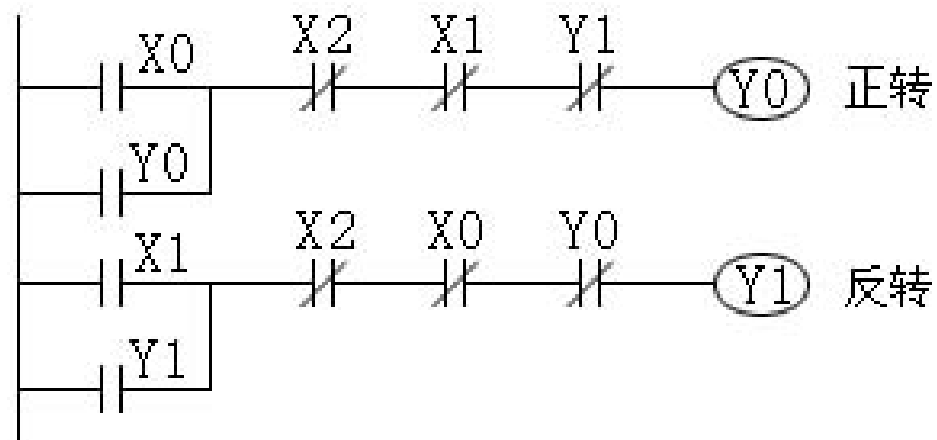


(b) 梯形图

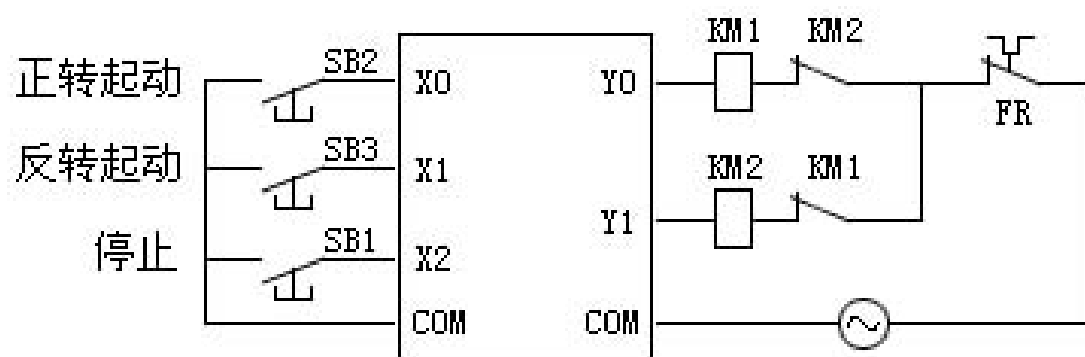
图3-6.1 起动、停止、保持电路



二、具有电气联锁的电动机正反转控制



(a) 梯形图

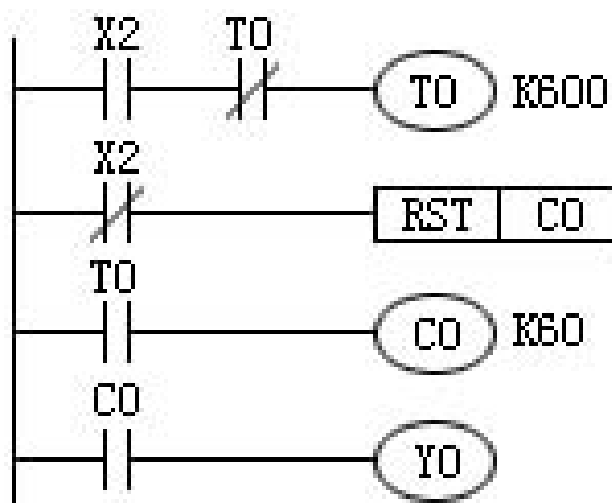


(b) I/O接线图

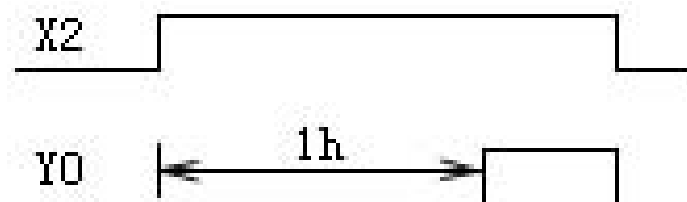
图3-6.2 异步电机正反转控制电路



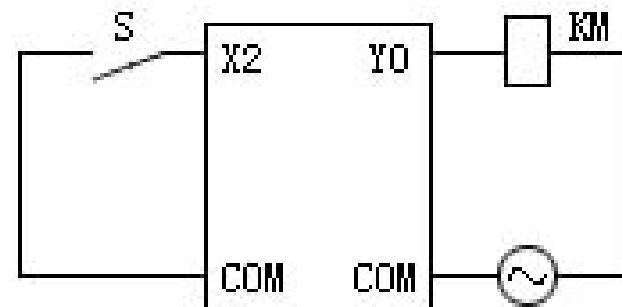
三、定时器范围的扩展



(a) 梯形图



(b) 波形图



(c) I/O接线图

图3-7 定时范围的扩展



Programmable Logic Controller

四、闪烁电路（振荡电路）

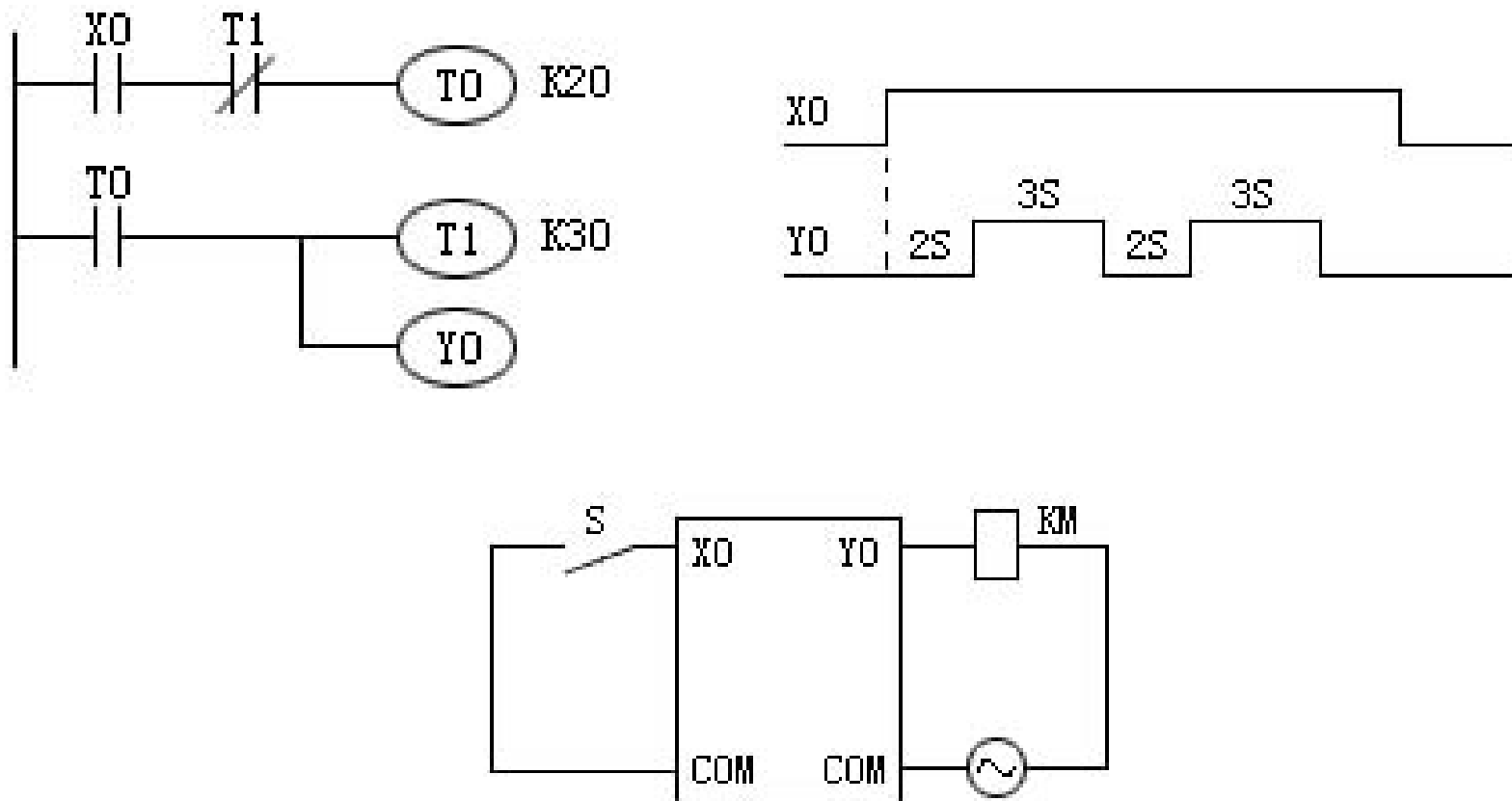


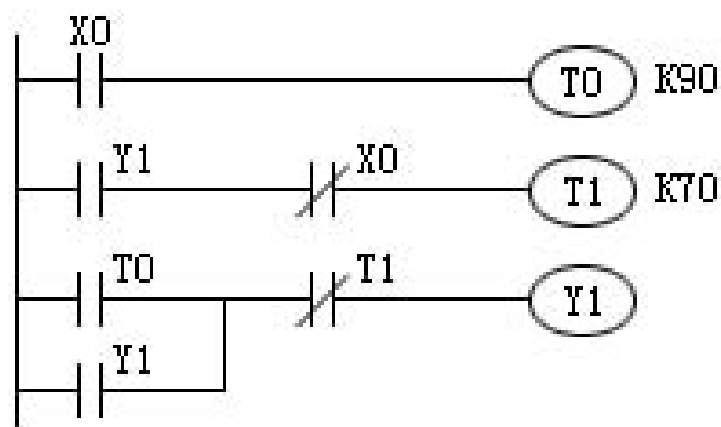
图3-8 闪烁电路



Programmable Logic Controller

五、延时接通/断开电路

如图3-10所示中的电路用X0控制Y1，X0的常开触点接通后，T0开始定时，9s后T0的常开触点接通，使Y1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，7s后T1的常闭触点断开，使Y1变为OFF，T1亦被复位。



(a)

图3-10 延时接通/断开电路



(b)



六、分频电路

在许多控制场合，需要对控制信号进行分频。如图3-10（c）所示为二分频电路。输入X1引入信号脉冲，输出Y0引出的脉冲是前者的二分频。

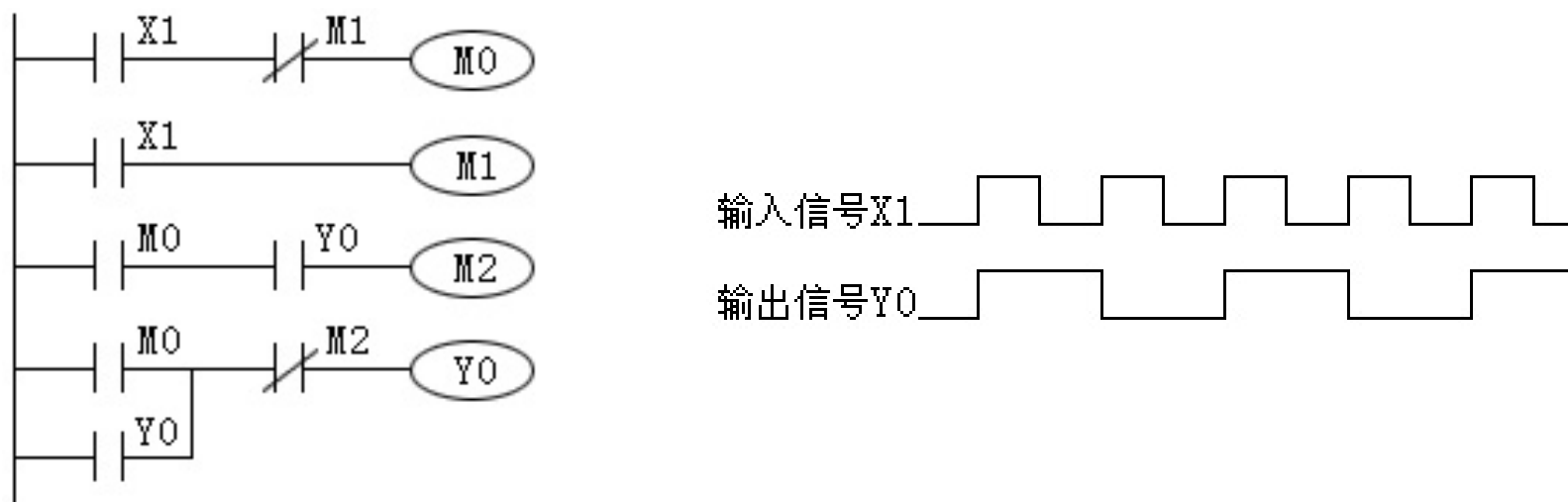


图3-10（c） 二分频电路



七、报警电路

如图3-10（d）所示为报警电路。输入点X0为报警输入条件，即X0=ON要求报警。输出Y0为报警灯，Y1为报警蜂鸣器。

输入条件X1为报警响应，X1接通后Y0报警灯从闪烁变为常亮，同时Y1报警蜂鸣器关闭。

输入条件X2为报警灯的测试信号，X2接通则Y0接通。定时器T0和T1构成振荡电路，实现每0.5s的OFF，0.5s的ON，并重复。



Programmable Logic Controller

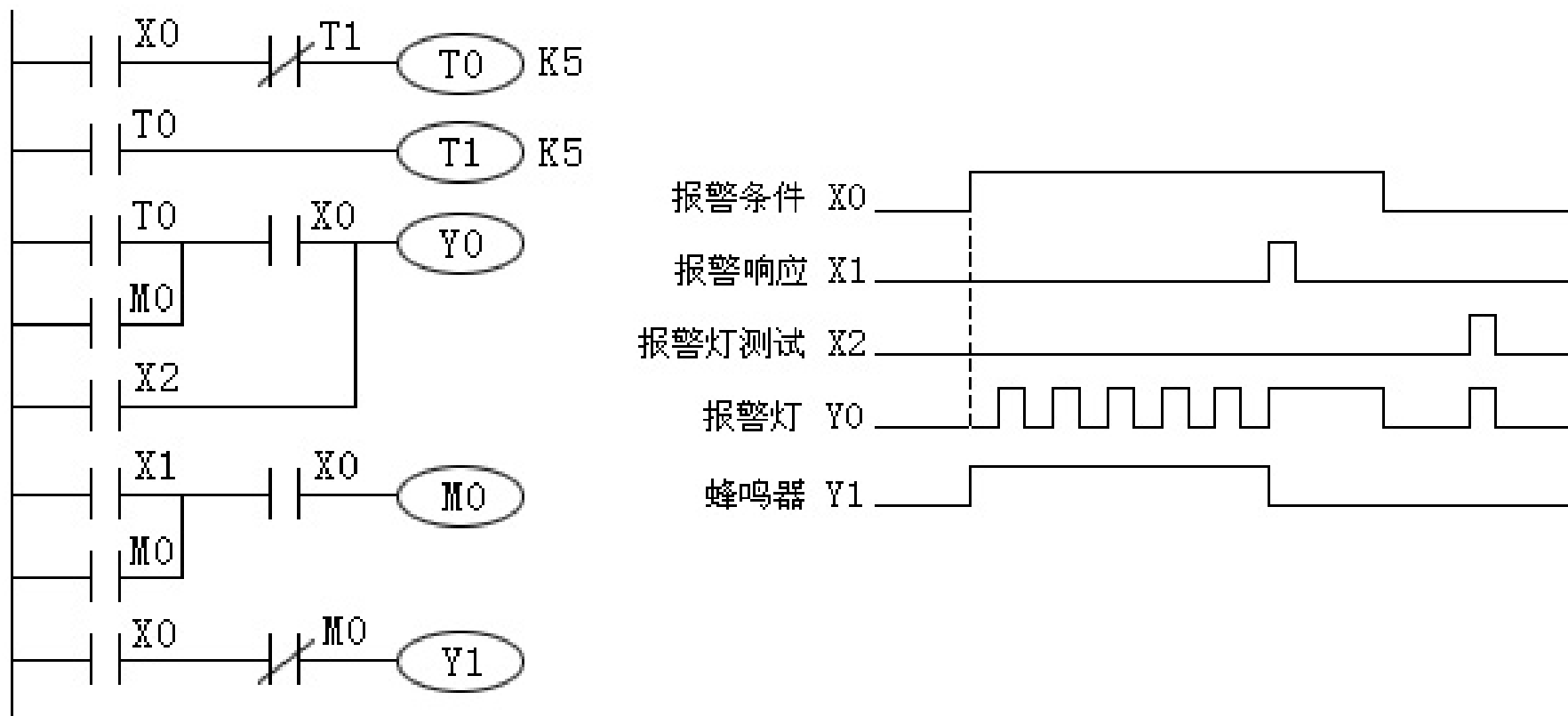


图3-10 (d) 报警电路



八、智力抢答装置

控制要求：

主持人一个开关控制三个抢答桌。主持人说出题目后，谁先按按钮，谁的桌子上的灯即亮。这时主持人按按钮后灯才熄灭，否则一直亮着。三个抢答桌的按钮是这样安排的，一个抢答桌上是儿童组，桌上有两只按钮，是并联形式，无论按哪一只，桌上的灯都亮；大人组的桌子上也有两只按钮，是串联形式，只有两只按钮都按下，桌上的灯才亮；中学生组桌子上只有一个按钮，且只有一个



Programmable Logic Controller

人，一按灯即亮。当主持人将转换开关处于闭合状态时，10s之内若有人抢答按按钮，电铃响。

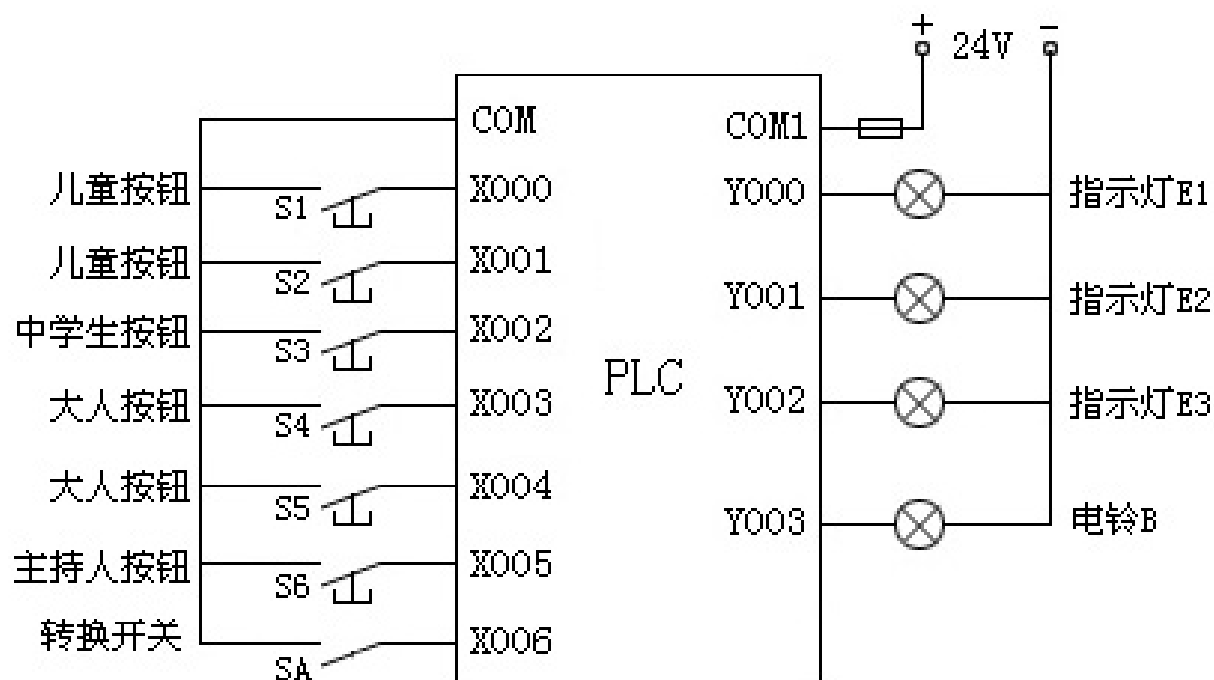


图3-10 (e) 输入/输出接线图





图3-10 (f) 抢答装置梯形图

九、常闭触点输入信号的处理

在梯形图的设计中，常闭触点输入信号的处理方法有两种。如图3-11所示的起保停电路，在PLC的I/O接线中，一般的做法是用常开触点输入信号代替常闭触点输入信号。

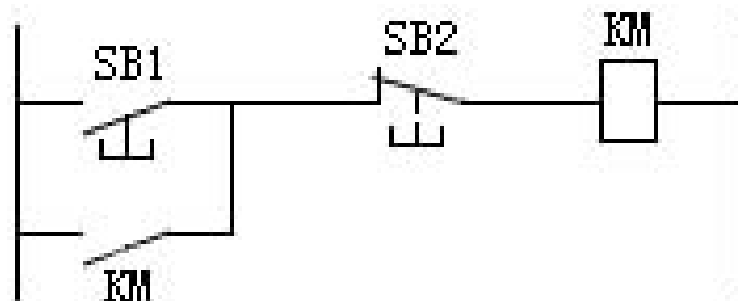


图3-11(a) 起保停电路



Programmable Logic Controller

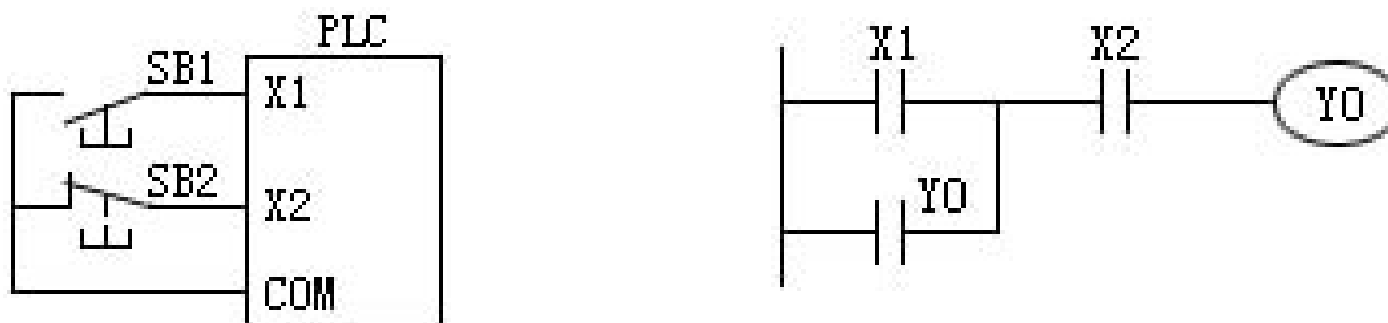


图3-11 (b) 非常规做法

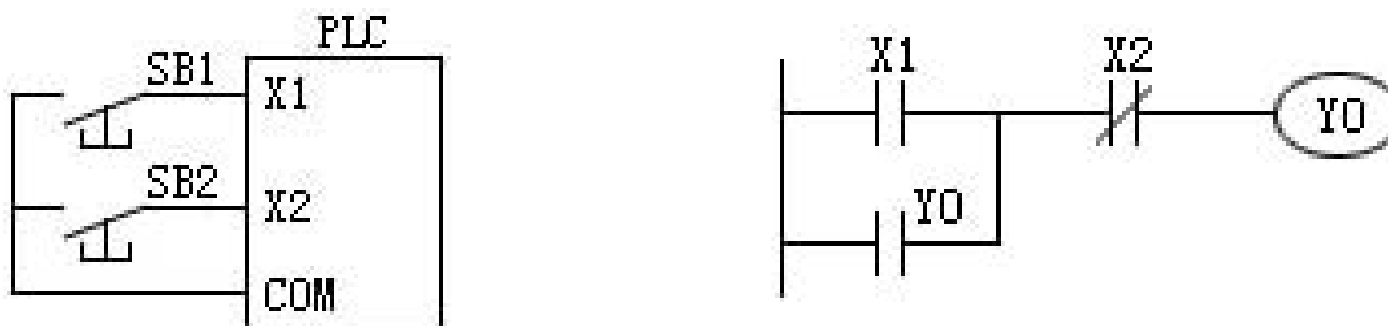


图3-11 (c) 一般做法



3.3 梯形图的经验设计法

1. 经验设计法

设计者在一些典型电路的基础上，根据被控对象对控制系统的具体要求，不断地修改和完善梯形图，这种设计方法称为经验设计法。

该设计方法要求设计者必须掌握一些典型电路的梯形图。同时该方法只适用于一些较简单的梯形图的设计。



2. 送料小车自动控制系统的梯形图设计

要求：如图3-12（a）送料小车在限位开关X4处装料，10s后装料结束，开始右行，碰到X3后停下来卸料，15s后左行，碰到X4后又停下来装料，这样不停地循环工作，直到按下停止按钮X2。

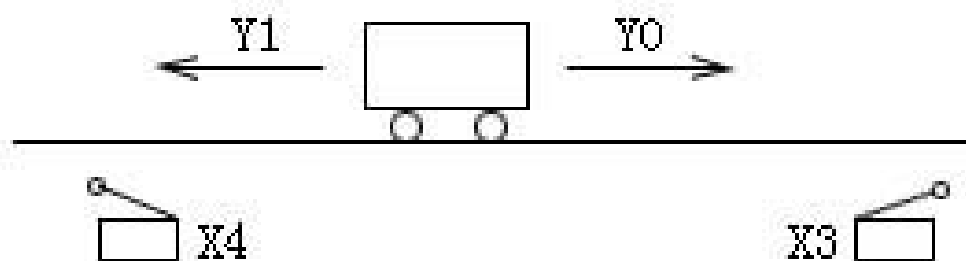


图3-12（a）送料小车自动控制系统

说明：X0 — 起动小车右行按钮； X1 — 起动小车左行按钮；

X2 — 停止按钮。



Programmable Logic Controller

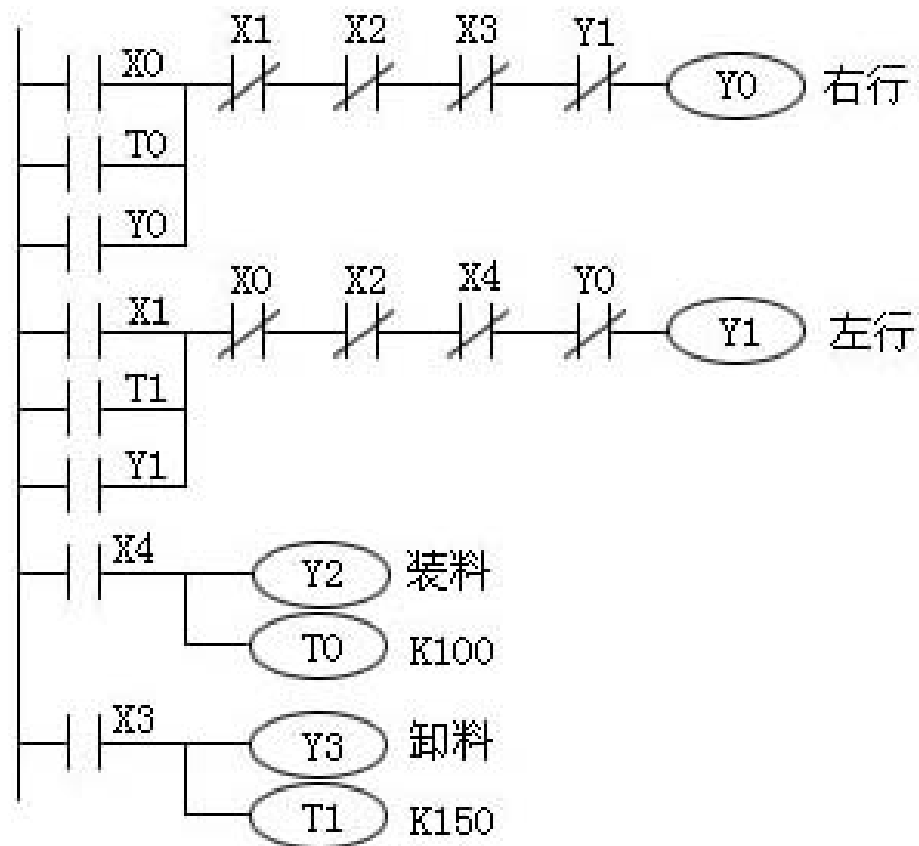
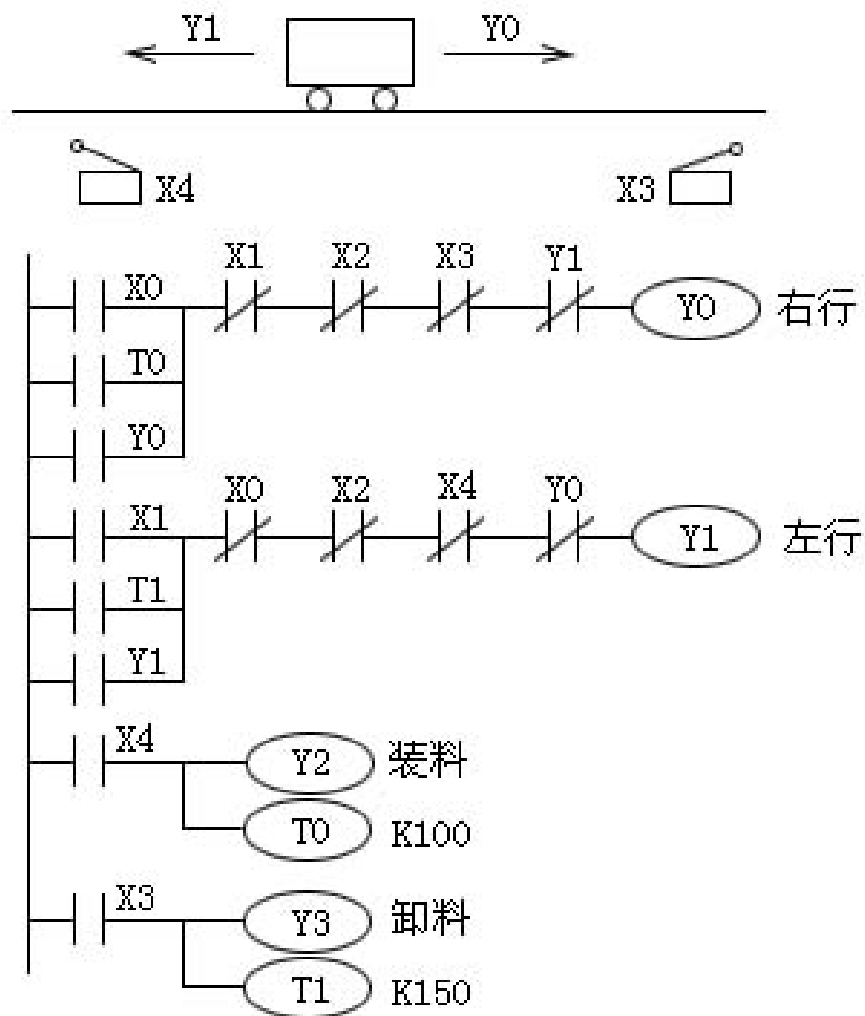


图3-12 (b) 梯形图



Programmable Logic Controller



Programmable Logic Controller

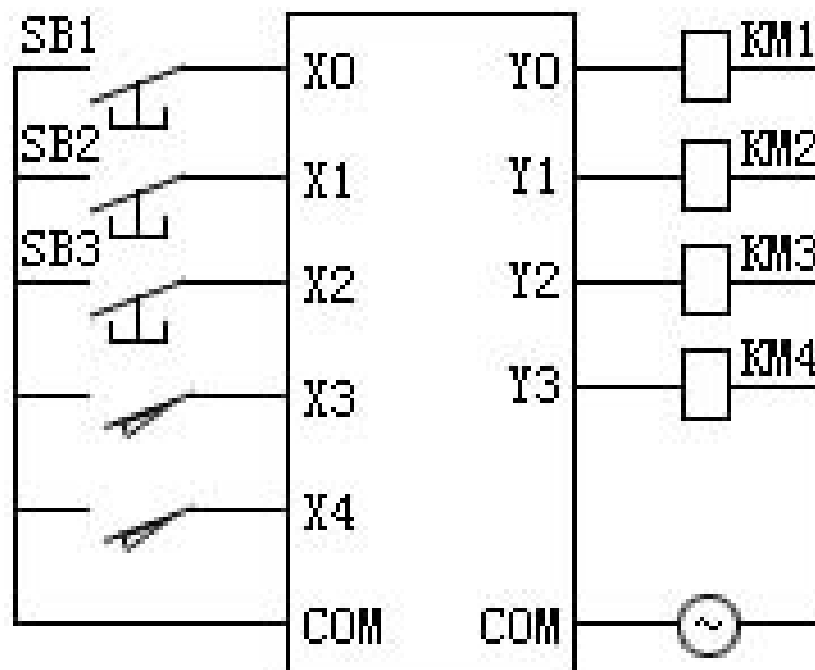


图3-12 (c) I/O接线图



3. 两处卸料的小车自动控制的梯形图设计

要求：如图3-13（a）小车仍然在限位开关X4处装料，并在X3和X5处轮流卸料。小车在一次工作循环中的两次右行都要碰到X5，第一次碰到它时停下来卸料，第二次碰到它时继续前进。

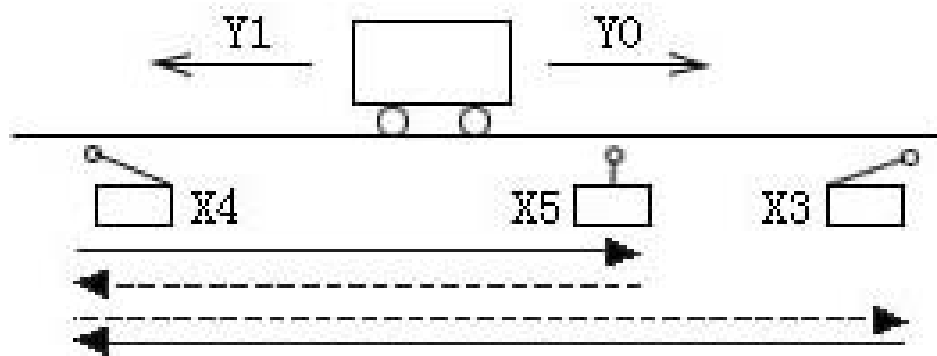
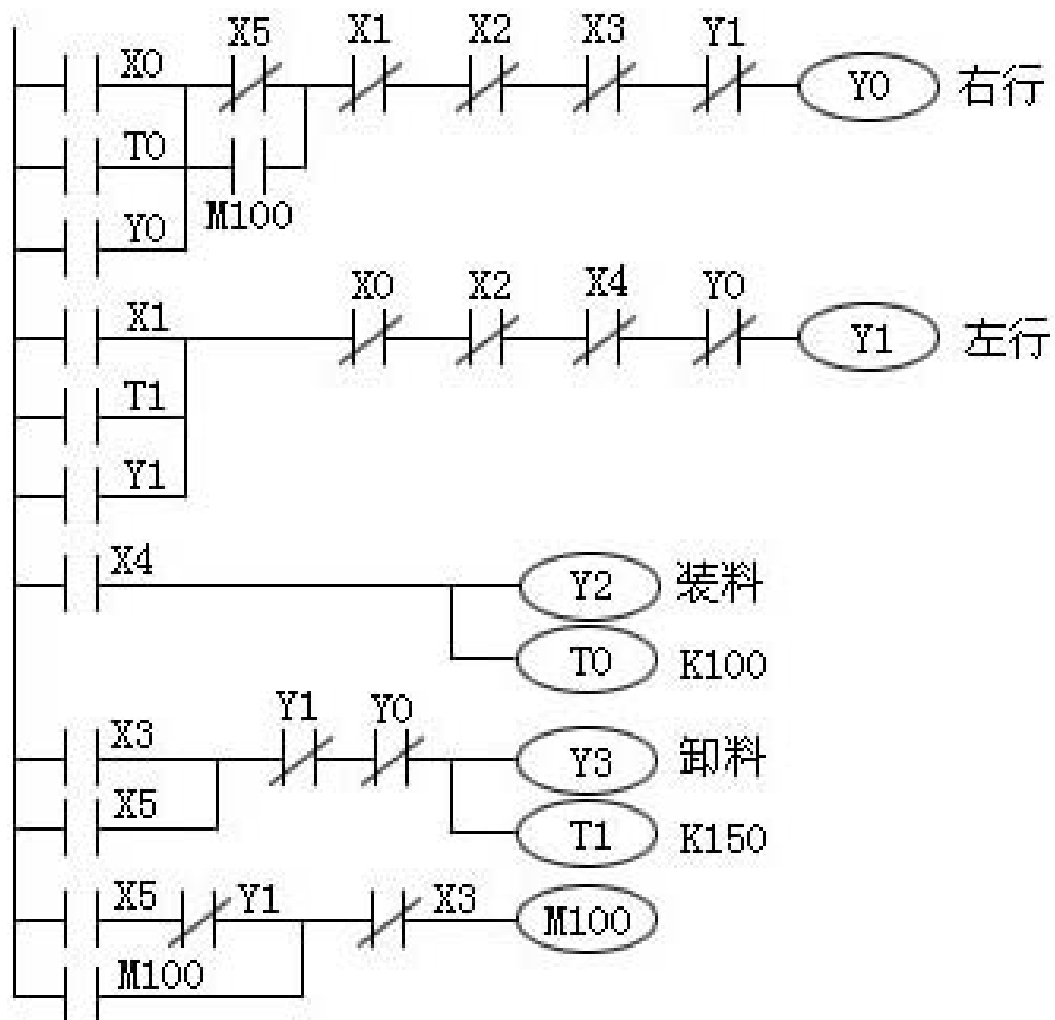


图3-13（a）送料小车自动控制系统



Programmable Logic Controller

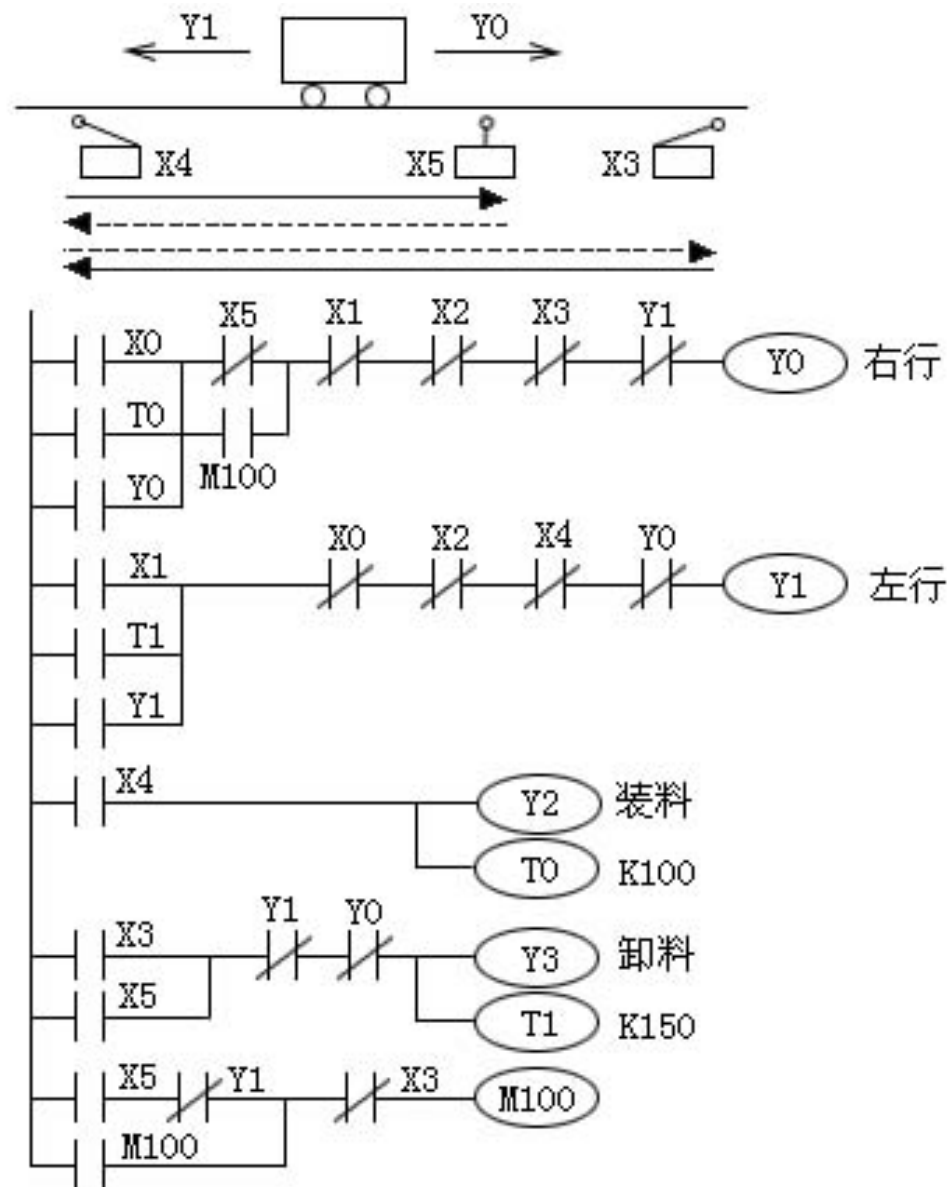


**M100的起
动条件和停止条
件分别是小车碰
到限位开关X5
和X3。M100的
作用是记忆X5
第几次被碰到，
它只在小车第二
次右行经过X5
时起作用。**

图3-13 (b) 梯形图

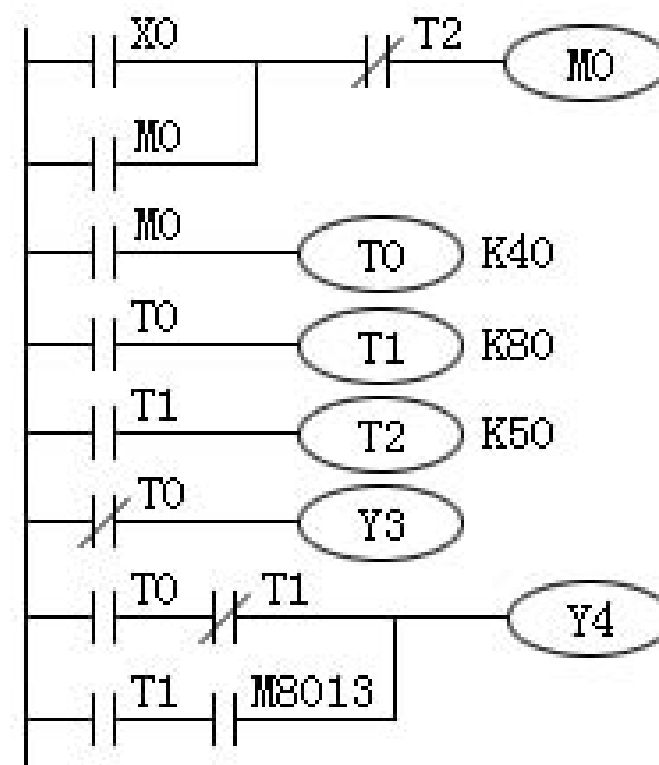
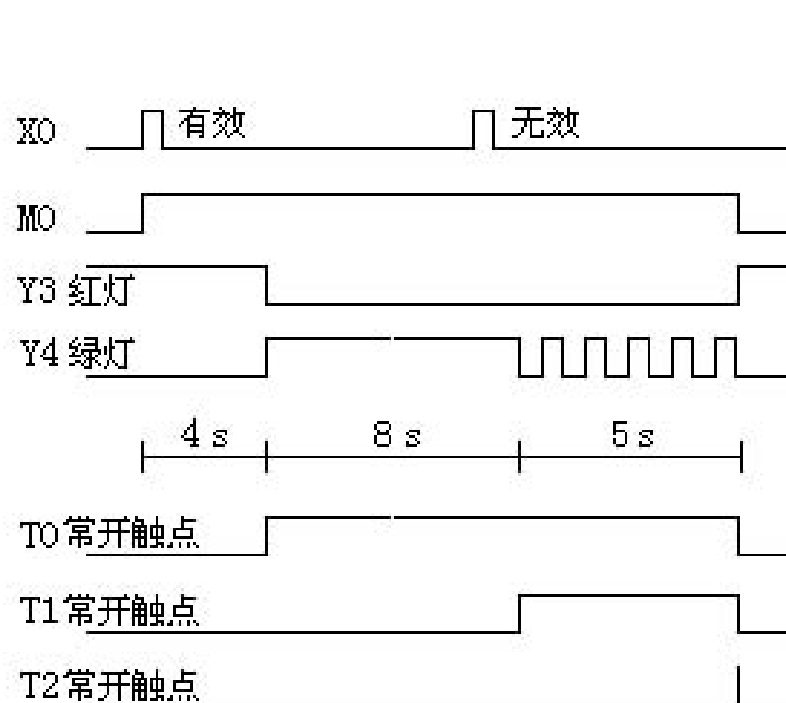


Programmable Logic Controller



Programmable Logic Controller

4. 人行横道交通灯控制电路设计



3.4 根据继电器电路图设计梯形图的方法

下面以两处起动与停止电动机的控制电路来体现把继电器接触电路转换成梯形图的情况。

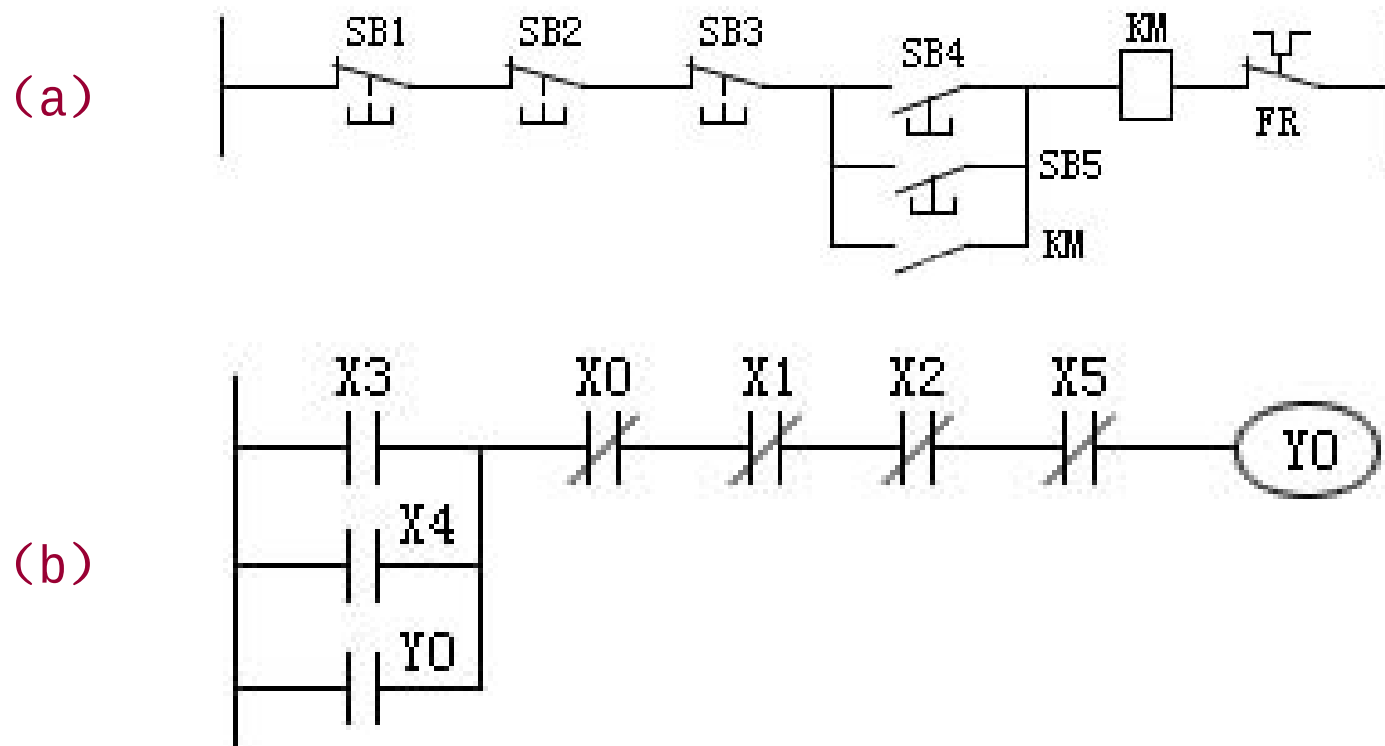


图3-14 多处起动/停止电动机电路



Programmable Logic Controller

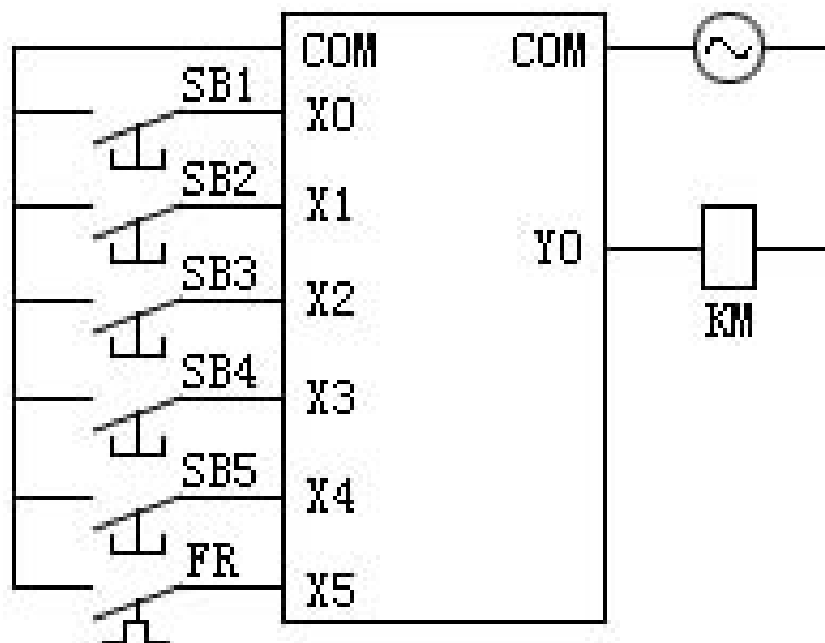


图3-14 (c) I/O接线图



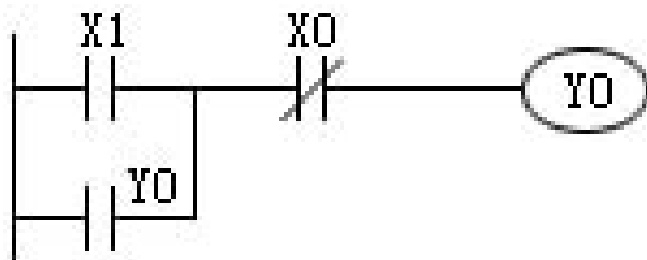
由上可见，继电接触电路图与梯形图有很多相似之处，梯形图基本上可以认为是由继电接触电路图直接“翻译”过来的。不过这样直接转换过来的梯形图接出的I/O接线所采用的输入点数较多，当PLC的输入点数较紧张时，梯形图在转换时可以做适当的处理。为此，根据继电接触电路设计梯形图时应注意以下几点：

(1) 尽量减少PLC的I/O点数

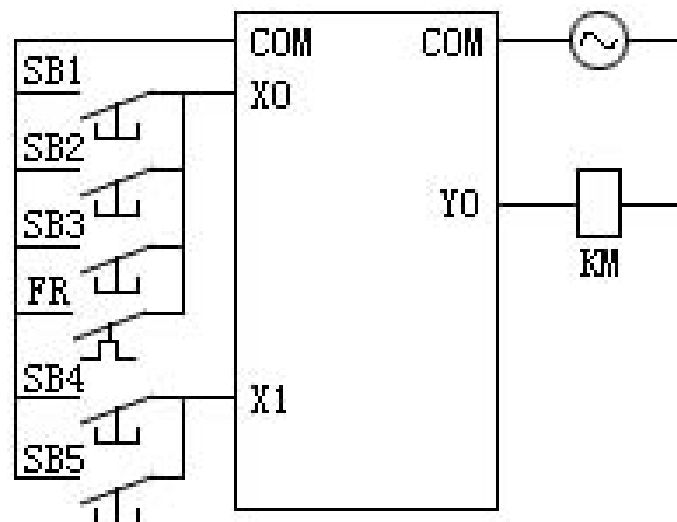
梯形图尽量简化，如上述梯形图可简化成图3-15的形式，以减少I/O点数。



Programmable Logic Controller



(a)



(b)

图3-15 简化梯形图



Programmable Logic Controller

另外，为了减少输入输出点数，对某些输入器件的触点如果在继电器电路图中只出现一次，并且与PLC输出端的负载串联（如图中的FR），不必将它们作为PLC的输入信号，可以将它们放在PLC外部的输出回路，仍与相应的PLC负载串联。例如上面的例子可改为图3-16所示的形式。

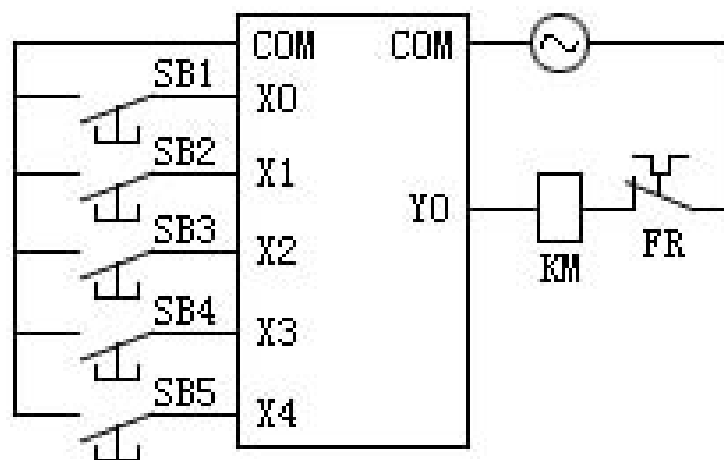


图3-16 简化I/O接线图



Programmable Logic Controller

(2) 应尽量优化梯形图

为了减少PLC程序指令的条数，下图中的（a）应改为（b）。

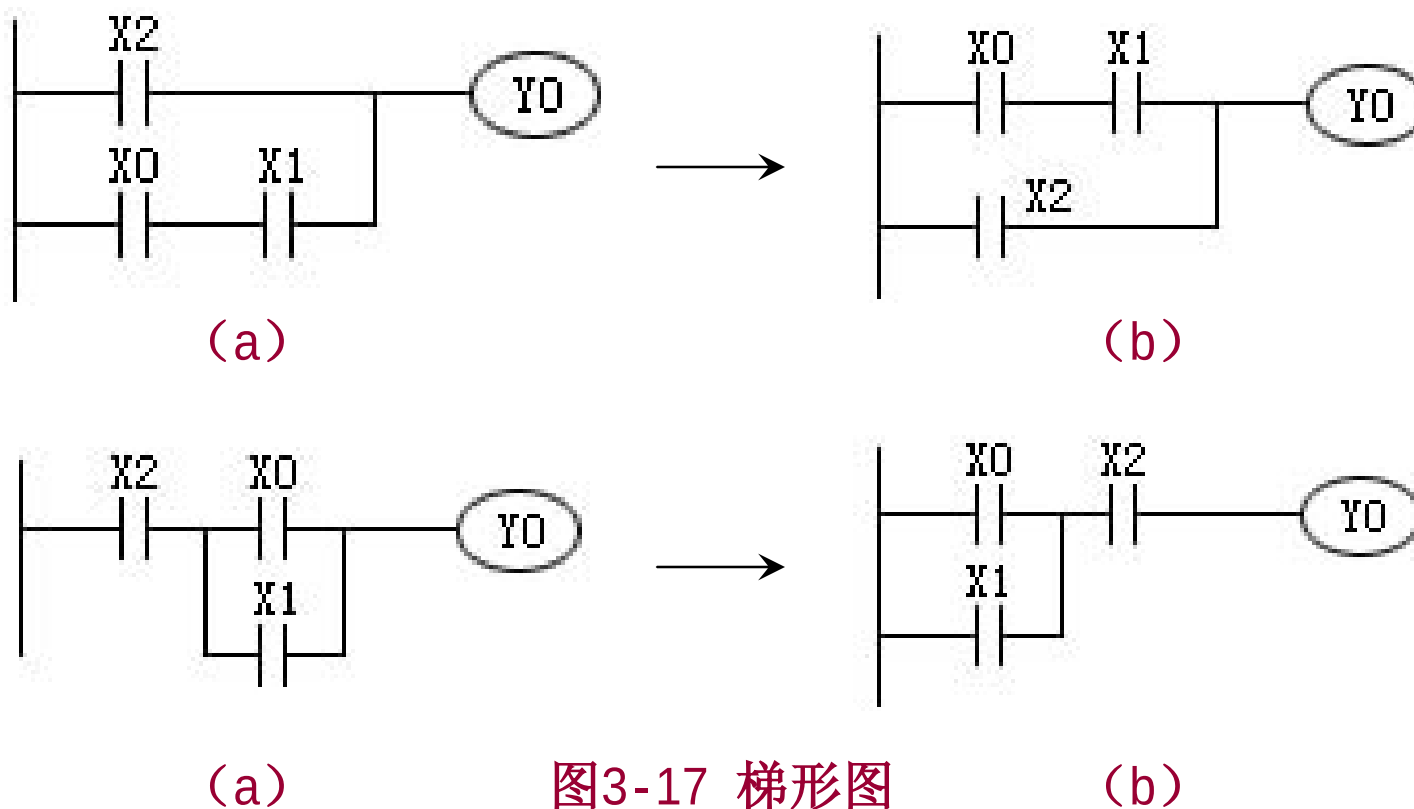


图3-17 梯形图



(3) 异步电动机正反转的外部联锁电路

为了防止控制正反转的两个接触器同时动作造成三相电源短路，不仅需要在梯形图中设置相应的联锁电路，还应在PLC外部设置硬件联锁电路。

(4) 外部负载的额定电压

PLC的继电器输出模块和双向可控硅输出模块一般最高只能驱动额定电压AC220V的负载，如果系统原来的交流接触器的线圈380V，应将线圈换成220V。



附：速度继电器原理结构

速度继电器主要有定子、转子和触头三部分组成。定子与笼型异步电动机相似，是一个笼型空心园环，由硅钢片冲压而成，并装有笼型绕组。转子是一块永久磁铁。

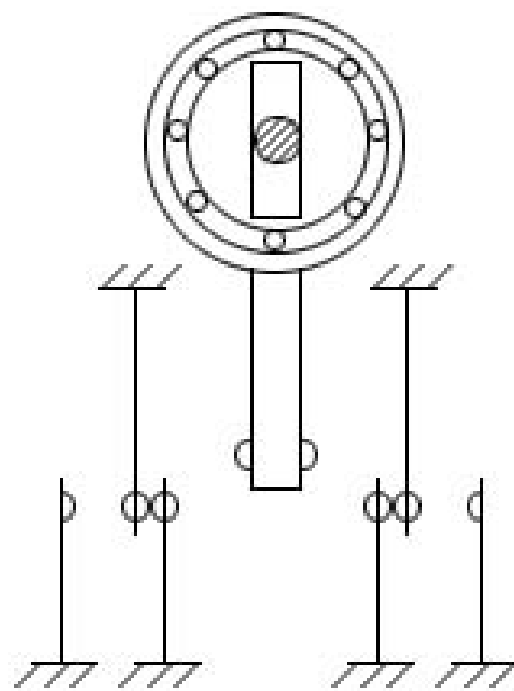


图3-18 速度继电器



速度继电器的轴与电动机的轴相连，转子固定在轴上，定子与轴同心。当电动机转动时，速度继电器的转子随之转动，绕组切割磁场产生感应电动势和电流，此电流和永久磁铁的磁场作用产生转矩，使定子向轴的转动方向偏摆，通过定子柄拨动触头，使常闭触头断开、常开触头闭合。当轴上速度低于 100r/min 时，恢复原位。

速度继电器主要用于笼型异步电机的反接制动控制，也称为反接制动继电器。



Programmable Logic Controller

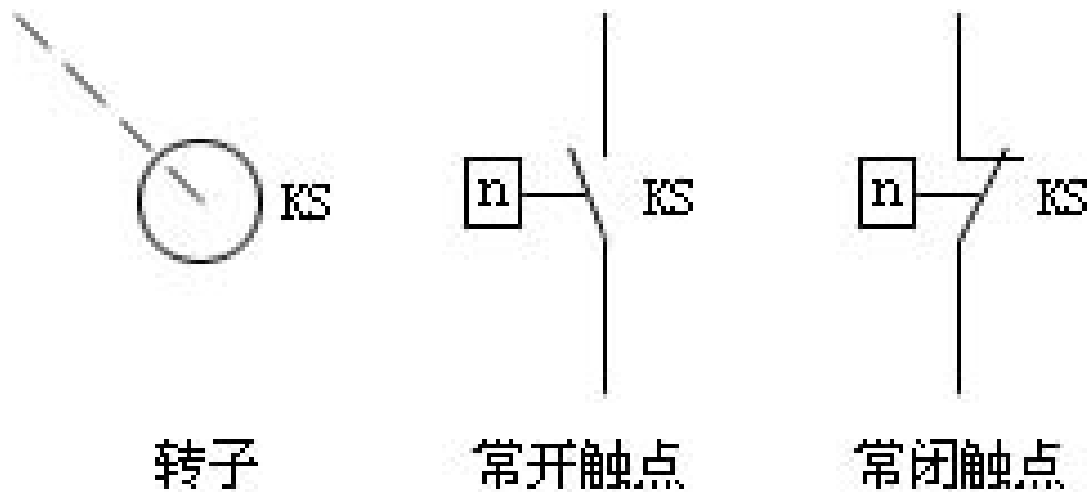


图3-19 速度继电器图形符号



Programmable Logic Controller

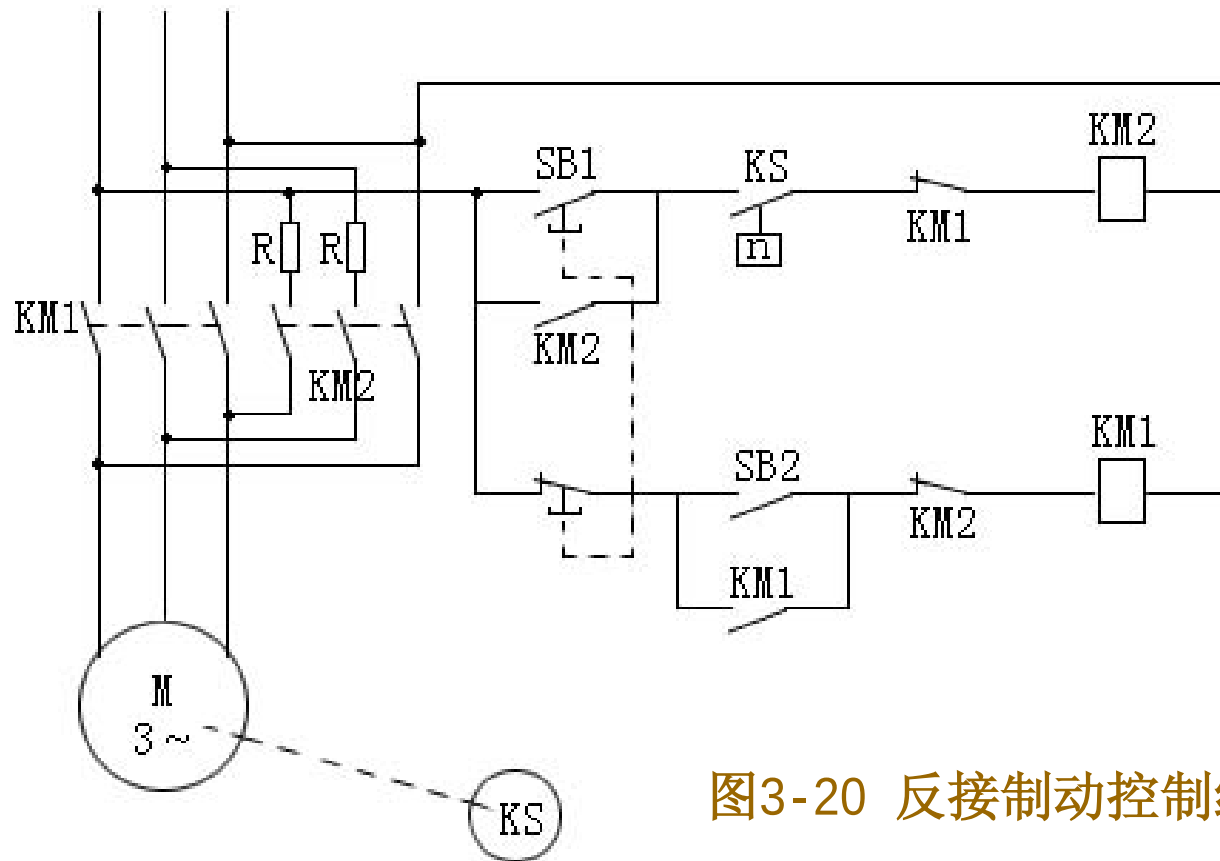


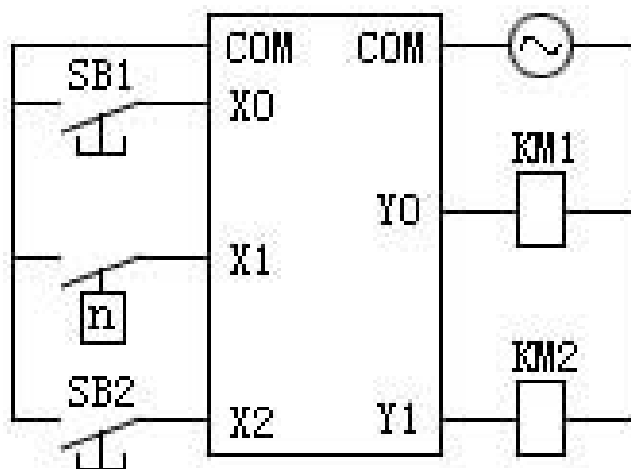
图3-20 反接制动控制线路

制动过程： 按SB1→ KM1断电→KM2通电→ 制动开始→ n=0（约100）时，KS复位→ KM2断电→ 电机脱离电源，制动结束。

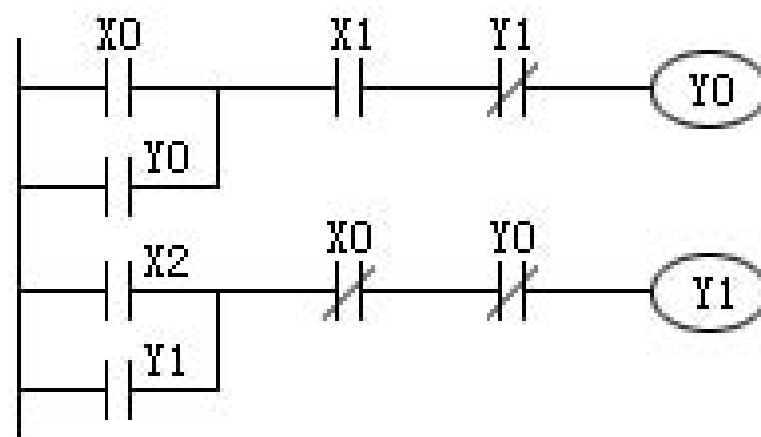


Programmable Logic Controller

反接制动控制线路PLC梯形图和I/O接线图



(a) I/O接线图



(b) 梯形图

图3-21 反接制动控制线路



3.5 梯形图的顺序控制设计法

一、顺序控制的概念

所谓顺序控制，就是按照生产工艺预先规定的顺序，在各个输入信号的作用下，根据内部状态和时间的顺序，在生产过程中各个执行机构自动地有秩序地进行操作。顺序控制设计法又称为步进控制设计法。



二、顺序控制设计法的基本思想

最本的思想是将系统的一个工作周期划分为若干个顺序相连的阶段，这些阶段称为**步**（step）或**状态**，并且用编程元件（辅助继电器M和状态寄存器S）来代表各步。

三、顺序功能图（SFC）的基本组成

顺序功能图又叫**状态转移图或功能表图**，是设计顺序控制程序的一种极为重要的图形编程语言和工具，它描述控制系统的控制过程、功能和特性的一种图形。



Programmable Logic Controller

顺序功能图主要由步、有向线段、转换条件和动作（命令）组成，如图3-22所示。

图中的矩形方框表示步（或状态），框内是状态器元件号。状态器

（步）之间用有向线段连接。有向线段上的垂直短线表示转换，其旁边的X表示状态转换条件。

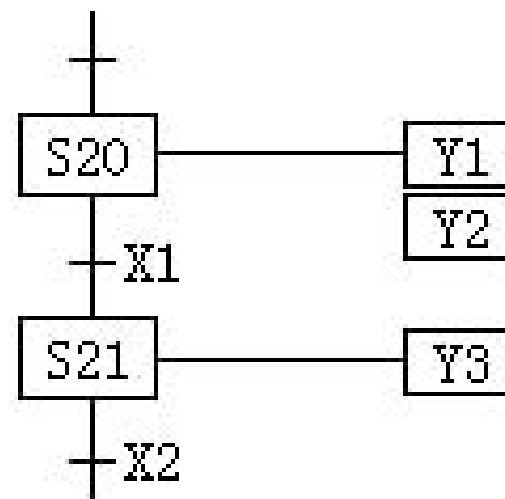


图3-22 状态转移图
（顺序功能图）



四、步的概念

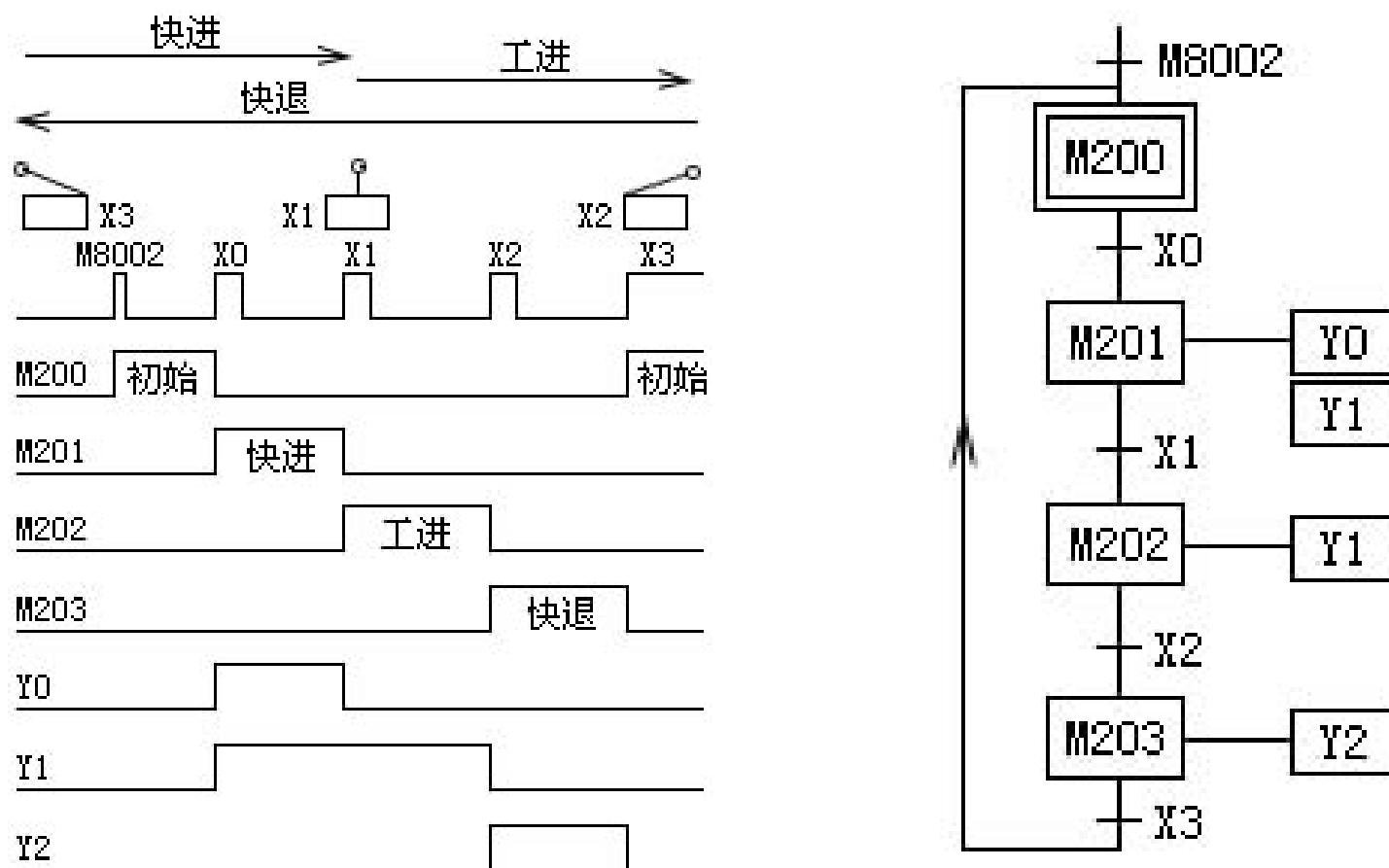


图3-23 顺序功能图



图3-23所示的顺序功能图中共有初始步、快进、工进和快退四步，通常一个控制系统应设置等待起动的初始步。

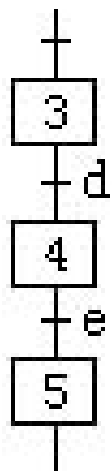
状态图的特点是由某一状态转移到下一状态后，前一状态自动复位。

转换条件 X 和 $\bar{X}$ 分别表示当二进制逻辑信号 X 为“1”状态和“0”状态时转换实现。符号 $\uparrow X$ 和 $\downarrow X$ 分别表示当 X 从 $0 \rightarrow 1$ 状态和从 $1 \rightarrow 0$ 状态时转换实现。

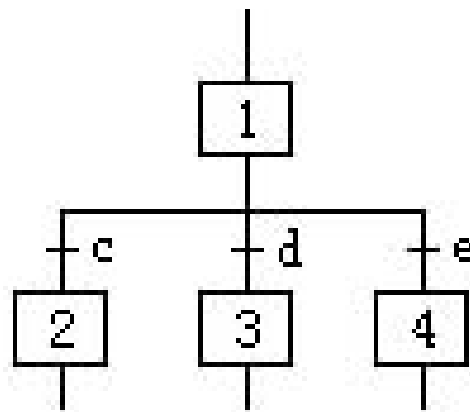


五、顺序功能图的基本结构

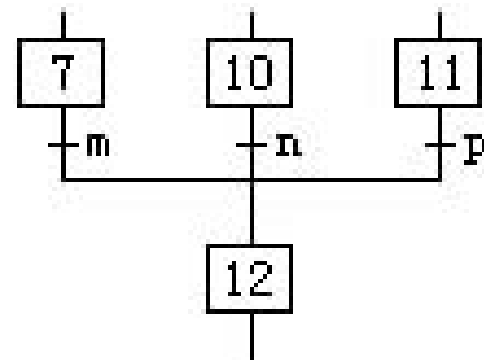
1. 单序列



2. 选择序列



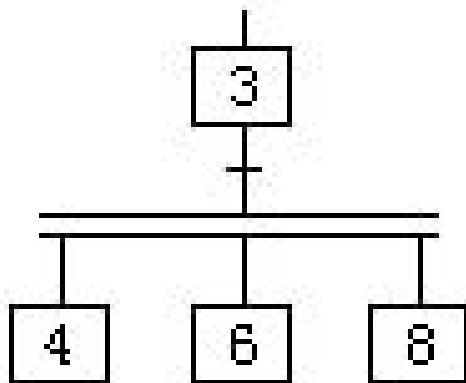
(a)



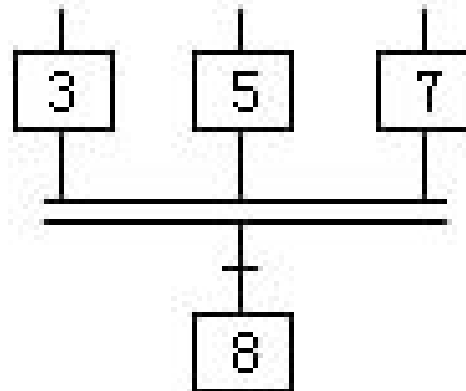
(b)



3. 并行序列



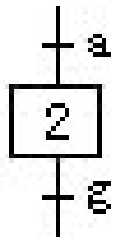
(a)



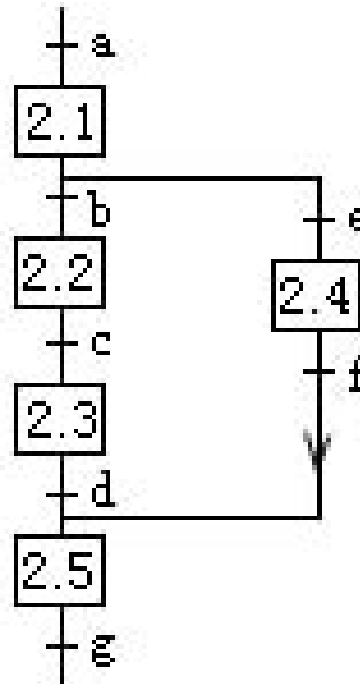
(b)



4. 子步结构



(a)



(b)



六、顺序功能图中转换实现的基本规则

(1) 转换实现的条件

在顺序功能图中，步的活动状态的进展是由转换的实现来完成的。转换实现必须同时满足两个条件：

- ① 该转换所有的前级步都是活动步；
- ② 相应的转换条件得到满足。



(2) 转换实现应完成的操作

转换的实现应完成两个操作：

- ① 使所有由有向连线与相应转换符号相连的后续步都变为活动步；
- ② 使所有由有向边线与相应转换符号相连的前级步都变为不活动步。

