

本书主要讲述三菱 FX 系列可编程控制器。FX 系列可编程控制器是日本三菱公司生产的超小型、小型系列产品,是进入我国市场最早的产品之一,在我国电气自动化控制系统中有较多的应用。到目前为止,已有 F、F₁、F₂、FX₂、FX₁、FX_{2C}、FX₀、FX_{0N}、FX_{0S}、FX_{2N}、FX_{2NC}、FX_{1S}、FX_{1N} 和最近推出的 FX_{3S}、FX_{3U}、FX_{3UC}、FX_{3G}、FX_{3GC}、FX_{5U}、FX_{5UC} 型等多种可编程控制器。日本三菱公司生产的可编程控制器发展很快,控制功能也在不断增强,早期的产品现在基本不再使用了,另外,日本三菱公司还生产 A 系列和 Q 系列中型、大型可编程控制器。

3.1 FX 系列可编程控制器的结构组成

3.1.1 概述

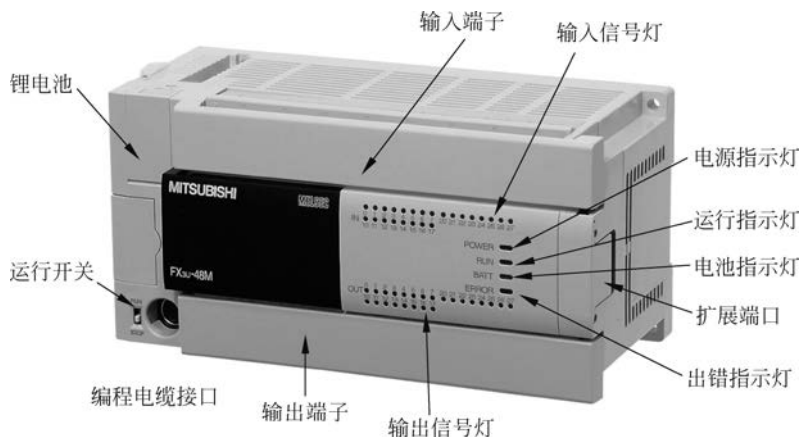
PLC 实质上是一种工业控制计算机,是专门为工业电气控制而设计的,其设计思想来自于常规的继电器、开关控制电路。所以,尽管 PLC 的控制原理与计算机密切相关,但是在初次学习 PLC 的控制原理时,先不必从计算机的角度去理解,而是把它当作一个由各种控制功能的继电器、开关等控制元件组成的控制装置看待。

3.1.2 FX_{3U} 型 PLC 基本单元的外形结构

FX_{3U} 型 PLC 是 FX_{2N} 型 PLC 的升级版,涵盖了 FX_{2N} 型 PLC 的几乎全部功能。如图 3-1 所示为 FX_{3U} 型 PLC 基本单元的外形,其主要是通过输入端子和输出端子与外部控制电器联系的。输入端子连接外部的输入元件,如按钮、控制开关、行程开关、接近开关、热继电器接点、压力继电器接点和数字开关等;输出端子连接外部的输出元件,如接触器、继电器线圈、信号灯、报警器、电磁铁、电磁阀和电动机等。

为了反映输入和输出的工作状态,PLC 设置了输入和输出信号灯,例如某输入端子连接的按钮闭合时,对应输入端子的输入信号灯亮,某输出端子连接的继电器线圈动作时,对应输出端子的输出信号灯亮,为观察 PLC 的输入、输出工作状态提供了方便。

一般来说,在常规电气控制电路中,输入元件和输出元件是通过导线连接的,这样不仅麻烦,而且容易出现接触不良、断线等故障,当控制电路复杂时,控制装置会很庞大,出现故障时也难以处理。如果控制功能发生变化,将不得不重新改接线。而 PLC 的输入元件和输出元件的连接不是通过导线连接,而是通过程序连接,所以不会发生上述常规电气控制电路所出现的问题。

图 3-1 FX_{3U} 型 PLC 的外形

PLC 的控制程序由编程器或计算机通过编程电缆输入 PLC 中,还可以对 PLC 内部控制的状态和参数进行监控和修改,十分方便。当控制功能发生变化时,不必重新改接线,只需改变程序即可。

FX_{3U} 型可编程序控制器上设置有 4 个指示灯,以显示 PLC 的电源、运行/停止、内部锂电池的电压、CPU 和程序的工作状态。

FX_{3U} 型可编程序控制器是一种小型机,一般小型机多采用整体式,当输入/输出不够用时可以通过扩展端口增加输入/输出的扩展模块,通过扩展端口还可以连接各种特殊模块。

3.2 PLC 的基本工作原理

3.2.1 PLC 的等效电路

在 PLC 中有大量的、各种各样的继电器,如输入继电器(X)、输出继电器(Y)、辅助继电器(M)、定时器(T)及计数器(C)等。不过这些继电器不是真正的继电器,而是用计算机中的存储器模拟的,通常称其为软继电器。存储器中的某一位就可以表示一个继电器,存储器有足够的容量模拟成千上万个继电器,这种继电器也称为位继电器。

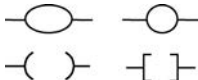
存储器中的一位有两种状态:0 和 1。通常用 0 表示继电器失电,用 1 表示继电器得电。把 0 或 1 写入存储器中的某一位就表示对应的继电器线圈失电或得电。读出该存储器某位的值为 0 时,表示对应继电器的常开接点断开;为 1 时,表示对应继电器的常开接点闭合。而常闭接点的值是对存储器位的取反。

由于读存储器的次数是不受限制的,所以一个位继电器的接点从理论上讲是无穷多的,而这是常规继电器无法相比的。

当然,用存储器表示数据更是它的本能,如定时器的延时时间以及计数器的计数次数等。在 PLC 中还有专门处理数据的元件,如数据寄存器(D)。用数据对电路进行控制更是如虎添翼,它不仅能简化电路,还能完成常规控制电路无法实现的复杂控制功能。

为了区别常规控制电路和 PLC 控制电路,把 PLC 控制电路称为梯形图。PLC 一般用专用图形符号表示,如表 3-1 所示,其中可编程控制器的继电器线圈可有多种画法。

表 3-1 常规电器和可编程控制器的图形符号对照

名 称	常 规 电 器	可 编 程 控 制 器
常开接点		
常闭接点		
继电器线圈		

下面以自耦变压器降压起动控制电路为例,分析用 PLC 是如何进行控制的,如图 3-2 所示。根据逻辑关系将电气控制电路分成 3 个组成部分:输入部分元件、中间逻辑部分元件和输出执行部分元件。

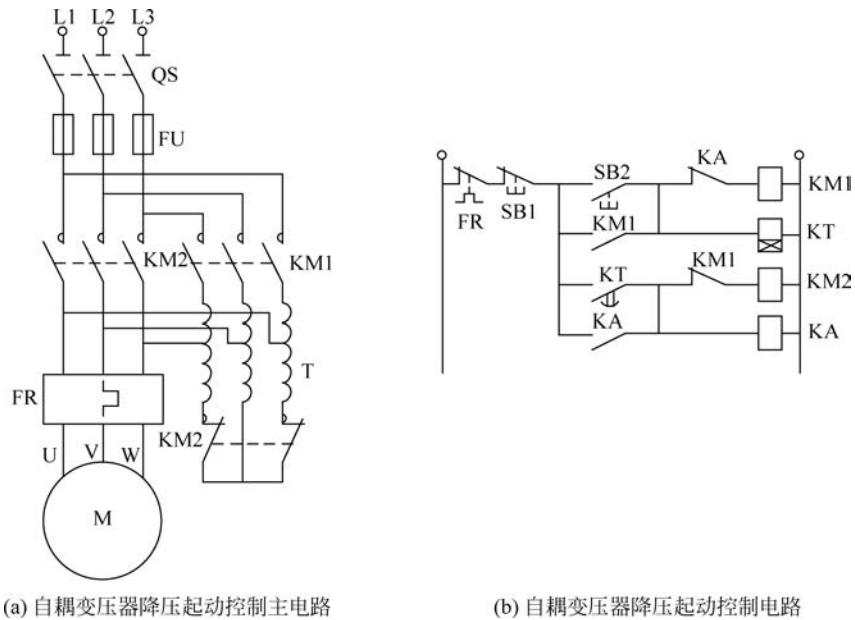


图 3-2 自耦变压器降压起动电路

在图 3-2 所示的控制电路中,输入部分元件有热继电器 FR、停止按钮 SB1 和启动按钮 SB2;中间逻辑部分元件有中间继电器 KA 和时间继电器 KT;输出执行部分元件有接触器 KM1 和 KM2。

现在把输入部分元件热继电器 FR、停止按钮 SB1 和启动按钮 SB2 全部以常开接点(也可以用常闭接点,其用法将在后续内容中进行介绍)的形式连接到 PLC 的输入端口,每个接点对应一个 PLC 的输入继电器,如图 3-3 中的 X0、X1、X2 所示。把输出执行部分元件接触器线圈 KM1 和 KM2 连接到 PLC 的输出端口,每个接触器线圈对应一个 PLC 的输出继电器,如图 3-3 中的 Y0 和 Y1 所示。这是 PLC 的硬件部分。

再把图 3-2 中的控制电路对照表 3-1 用 PLC 的图形符号画出来,这是 PLC 的软件部分,如图 3-3 中的梯形图所示。将梯形图输入 PLC 中,这样 PLC 就可以对图 3-2 中的主电路进行控制了。

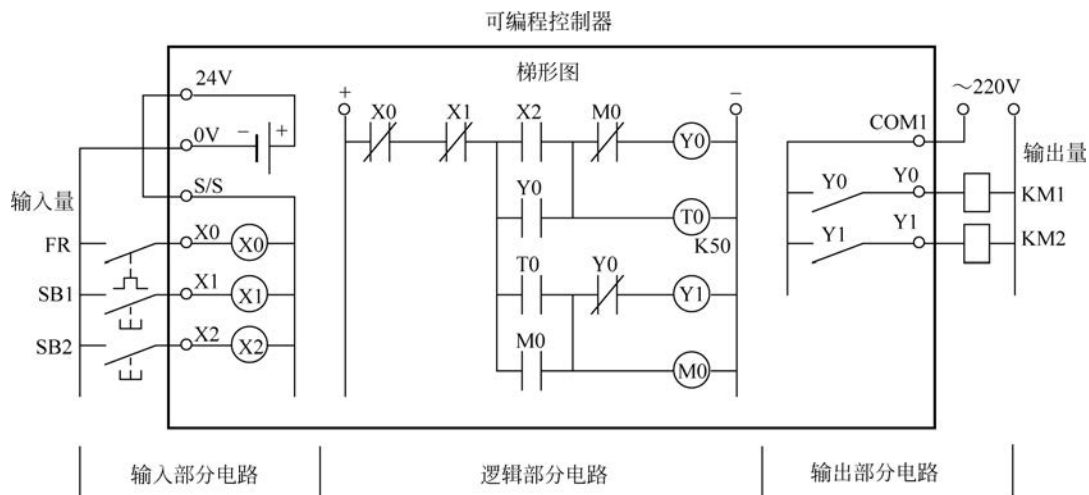


图 3-3 PLC 等效控制电路

由此可见,PLC 的控制原理和常规的控制电路基本上是相同的。对照图 3-2 和图 3-3, 可以看到 PLC 的接线中只有输入和输出部分元件,并没有接入中间逻辑部分元件,即中间继电器 KA 和时间继电器 KT,而这些元件被 PLC 内部的软元件定时器 T0 和辅助继电器 M0 所代替。PLC 的外部接线很简单,也很有规律性,这样就大大地简化了控制电路。

图 3-3 是将图 3-2 所示的常规电气控制电路改用 PLC 控制的等效电路,它可以分成 3 个相对独立的电路。

(1) 输入部分电路:由 PLC 内部的 24V 直流电源、输入继电器 X0、X1 等与外部输入按钮、接点组成,用于接收外部输入信号。

(2) 逻辑部分电路:它是一种控制程序,以梯形图的形式表达,其表达方式和控制电路基本一样,是联系输入和输出的桥梁。

(3) 输出部分电路:由 PLC 内部的输出继电器接点 Y0、Y1 等与外部的负载(接触器线圈)和外部电源组成,用于外部输出控制。

下面介绍用 PLC 对图 3-2 所示的自耦变压器降压起动控制主电路的控制过程。

如图 3-3 所示,按下起动按钮 SB2,输入继电器线圈 X2 得电,梯形图中的 X2 常开接点闭合,输出继电器线圈 Y0 得电自锁,Y0 输出接点闭合,使外部接触器线圈 KM1 得电,图 3-2(a)所示为主电路中的 KM1 主触点闭合,接通自耦变压器 T,电动机 M 降压起动。

梯形图中的定时器 T0 延时 5s,T0 接点闭合使内部继电器 M0 得电并自锁,M0 常闭接点断开 Y0 线圈(接触器线圈 KM1 失电),Y1 线圈得电(接触器线圈 KM2 得电),主电路中的 KM2 主触点闭合,电动机 M 全压运行。

由以上所述内容可知,PLC 的控制原理和分析方法与常规控制电路基本上是相同的。

3.2.2 PLC 的工作过程

尽管 PLC 仿照了常规电器的控制原理,但它毕竟是一个计算机控制系统,有计算机控制的方式和特点。下面介绍 PLC 是如何完成图 3-3 的控制过程。PLC 除了正常的内部系统初始化及自诊断检查等工作外,完成上述梯形图的过程可分为以下 3 个阶段。

1. 输入采样阶段

在输入采样阶段,PLC 首先扫描所有输入端子,将各输入状态存入内存各对应的输入映像寄存器中(例如如图 3-3 中按钮 SB1 接点闭合所示,就将 1 写入对应表示输入继电器 X1 的位上,SB1 接点断开,则写入 0),一旦写入之后,即使输入再有变化,其值也保持不变,直到下一个扫描周期的输入采样阶段,才重新写入扫描时的输入端的状态值。

2. 程序处理阶段

PLC 根据梯形图按先左后右、先上后下的次序(实际上是读梯形图的程序)逐行读入各接点的值,并进行逻辑运算。输入继电器接点的值是从输入映像寄存器中读出的,其他继电器接点的值是从各元件映像寄存器中读出的,而将各继电器线圈的状态值分别写入对应的元件映像寄存器中。

3. 输出刷新结果阶段

在执行 END 指令后,将元件映像寄存器中所有输出继电器(Y)的值转存到输出锁存器中,刷新上一阶段输出锁存器中的数据,通过一定的输出方式(图 3-3 为继电器接点输出)控制 PLC 输出端的负载(本例为接触器)。

PLC 完成上述 3 个阶段称为一个扫描周期。PLC 反复不断地执行上述过程。扫描周期的长短和 PLC 的运算速度及工作方式有关,但主要和梯形图的长度及指令的种类有关,一个扫描周期的时间大约在几毫秒到几百毫秒。

由于 PLC 执行梯形图(读程序)是一步步进行的,所以它的逻辑结果也是由前到后逐步产生的,是一种串行工作方式。而常规电器的控制电路中所有的控制电器都是同时工作的,在通电和得电顺序上不存在先后的问题,为并行工作方式。

3.2.3 PLC 的接线图和梯形图的绘制方法

以上为了说明 PLC 的工作原理和工作过程,将 PLC 的接线图和梯形图画在了一起,但一般情况下接线图和梯形图是分开画的。图 3-4 所示为自耦变压器降压起动控制电路采用 PLC 控制的接线图和梯形图,图 3-4(a)为 PLC 接线图,其中只画了输入继电器 X 和输出继电器 Y 的接线端子和符号。图 3-4(b)为 PLC 梯形图。

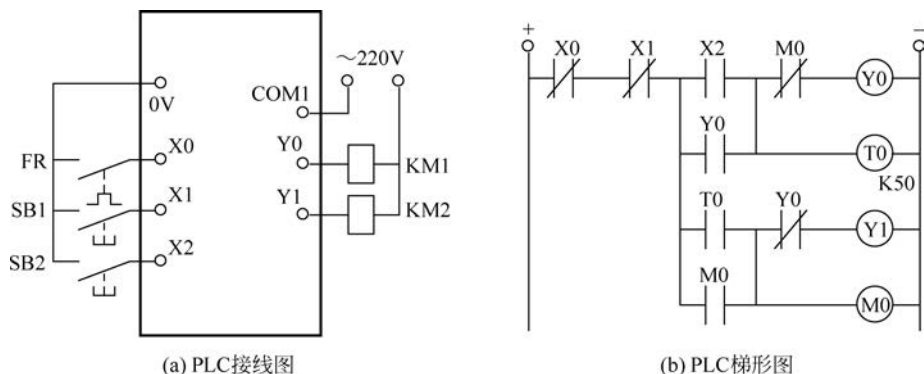


图 3-4 自耦变压器降压起动控制电路采用 PLC 控制的接线图和梯形图

图 3-4(a)输入公共端接 0V,为漏型输入接线。也可以接 24V,为源型输入接线。PLC 输出端一般是几个输出继电器共用一个输出公共端,以便使用不同电压等级。图 3-4(a)中

的接触器线圈 KM1 和 KM2 的电压为 220V,公共端为 COM1。

3.3 PLC 的输入/输出接口电路

PLC 的输入/输出接口电路是与外部控制电路联络的主要通道。在前面,为了使初学者初步直观地了解 PLC 的控制原理,用等效的输入/输出继电器来描述 PLC 的输入/输出接口电路。在实际控制过程中的信号电平是多种多样的,外部执行机构所需的电平也是各不相同,而可编程控制器的 CPU 所处理的信号只能是标准电平,这样就需要有相应的输入/输出接口模块作为 CPU 与工业生产现场进行信号的电平转换。

这些模块在设计时采取了光电隔离、滤波等抗干扰措施,以提高 PLC 工作的可靠性,对于各种型号的输入/输出接口模块,可以把它们以不同形式进行归类。按照信号的种类归类有直流信号输入/输出、交流信号输入/输出;按照信号的输入/输出形式分有数字量输入/输出、开关量输入/输出和模拟量输入/输出。

下面通过开关量输入/输出模块来说明外部设备与 CPU 的连接方式。

3.3.1 开关量输入接线

PLC 的输入接口是以输入继电器的形式接收外部输入设备控制信号的,通常输入形式有两种:源型(公共端接正极)和漏型(公共端接负极)。我国一般采用漏型输入形式。

FX_{2N} 型可编程控制器的输入接成漏型输入,公共端 COM 接 PLC 内部电源负极,如图 3-5 所示。

FX_{3U} 型可编程控制器的输入根据外部接线,可以接成漏型输入,也可以接成源型输入。

漏型输入型的 S/S 端子连接在 DC24V 的“+”极,输入电流从输入端流出,接近开关、编码器等传感器一般要采用 NPN 型,如图 3-6(a)和图 3-6(c)所示。

源型输入型的 S/S 端子连接在 DC24V 的“-”极,输入电流从输入端流入,接近开关、编码器等传感器一般要采用 PNP 型,如图 3-6(b)和图 3-6(d)所示。

对于 AC 电源型 PLC,有源开关(如接近开关等)可以连接在 PLC 内部提供的 24V 电源上,如图 3-6(a)和图 3-6(b)所示,也可以采用外接 24V 电源。

对于 DC 电源型 PLC,有源开关(如接近开关等)不要连接在 PLC 内部提供的 24V 电源端子上,如图 3-6(c)和图 3-6(d)所示。

开关量输入设备也有两种形式:一种是无源开关,如各种按钮、继电器接点和控制开关等;另一种是有源开关,如各种接近开关、传感器、编码器和光电开关等。

直流开关量输入接口电路如图 3-7 所示。

PLC 输入接口电路内部提供 24V 电源,图中只画出了输入继电器 X0 的内部电路,相当于等效电路输入继电器 X0 的线圈,其他输入继电器(X)的内部电路与它相同。

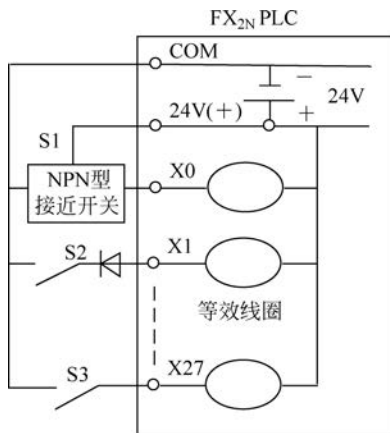
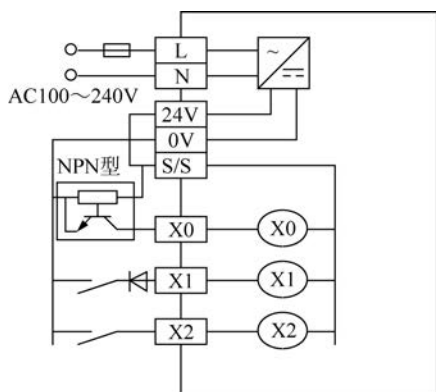
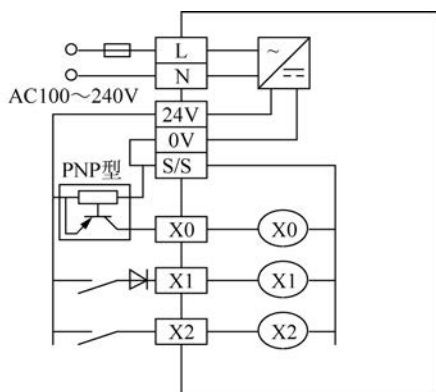


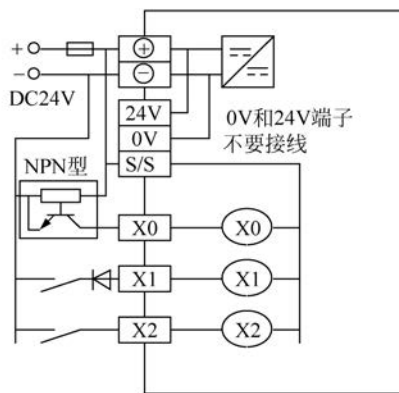
图 3-5 FX_{2N} 型 PLC 输入接线



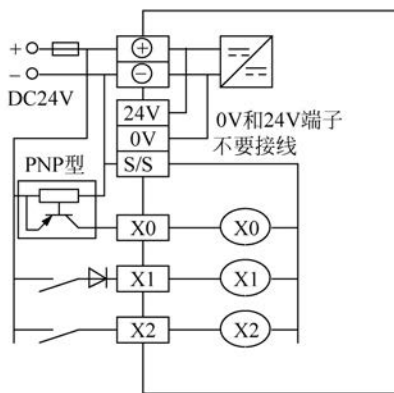
(a) AC电源型漏型输入接线



(b) AC电源型源型输入接线



(c) DC电源型漏型输入接线



(d) DC电源型源型输入接线

图 3-6 FX_{3U} 型 PLC 输入接线

如图 3-7 所示,介绍输入继电器 X0 的工作过程。当 X0 外部开关 S1 闭合时,由内部 24V 电源的正极经过分压电阻 R2、R1、开关 S1 回到输入公共端 0V(电源负极)形成回路,由双向光电耦合器的正向发光二极管传入输入开关的状态。

电路中采用了光电隔离和 RC 滤波器,以防止输入接点的振动和外部干扰而产生的误动作。因此,当输入开关在动作时,PLC 内部将会有 10ms 的响应滞后时间。

X0~X17(16M 型 PLC 为 X0~X7)输入继电器内装数字滤波器,可以用功能指令将输入响应时间调节在 0~60ms。

由图 3-7 可知,输入开关的信号是通过发光二极管传入 PLC 的,为漏型输入形式,输入公共端接负极(0V),电流方向由输入端流出,当输入阻抗 R1 为 3.9kΩ 时,输入电流为 6mA(X10 以上 R1 为 4.3kΩ 时,输入电流为 5mA)。

在输入回路中可以接入二极管、发光二极管和电阻等元件。但为了保证输入灵敏度,在输入闭合时的输入电流应在 3.5mA(X6、X7 的 R1 为 3.3kΩ 时,输入电流为 4.5mA)以上,在输入断开时的输入电流应在 1.5mA 以下。

如图 3-8 所示为 PLC 漏型输入的外部接线,图中给出了几种典型的输入接线形式。

对无源开关没有极性的要求,对有源开关则应有极性的要求。对漏型输入应采用 NPN 型,源型输入应采用 PNP 型。

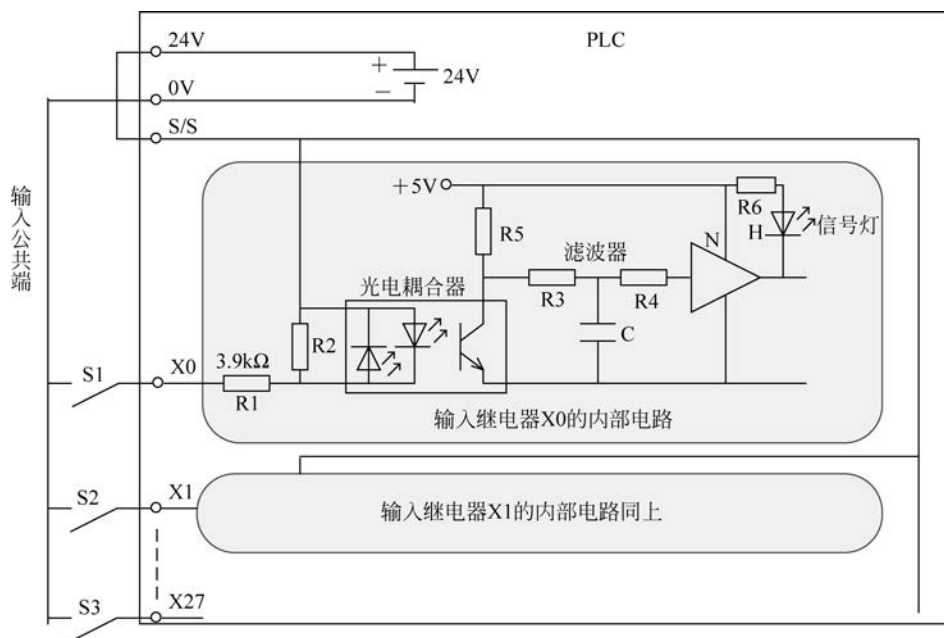
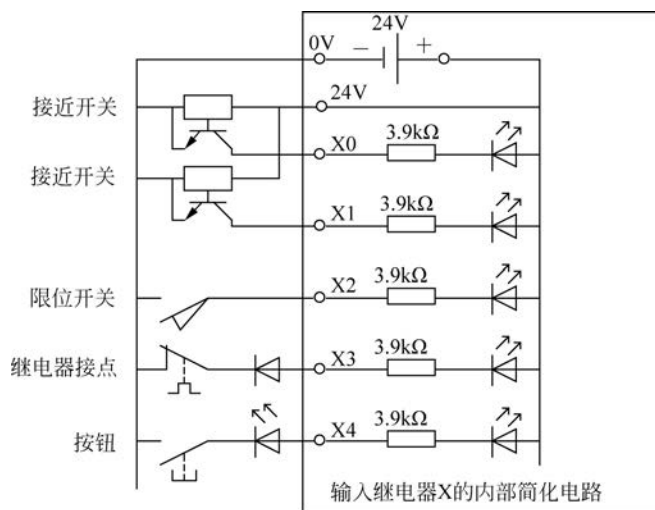
图 3-7 FX_{3U} 型 PLC 的开关量输入接口电路

图 3-8 PLC 漏型输入的外部接线

有源开关的电源可以采用外部电源,也可以采用 PLC 内部电源,图 3-8 所示的接近开关采用了 PLC 内部的 24V 电源。

3.3.2 开关量输出接口模块

开关量输出模块通常有 3 种形式:继电器输出、双向晶闸管输出和晶体管输出(分漏型和源型两种),如图 3-9 所示。

继电器输出可驱动直流 30V 或交流 250V 负载,驱动负载较大,但响应时间较慢,常用于各种电动机、电磁阀及信号灯等负载的控制。

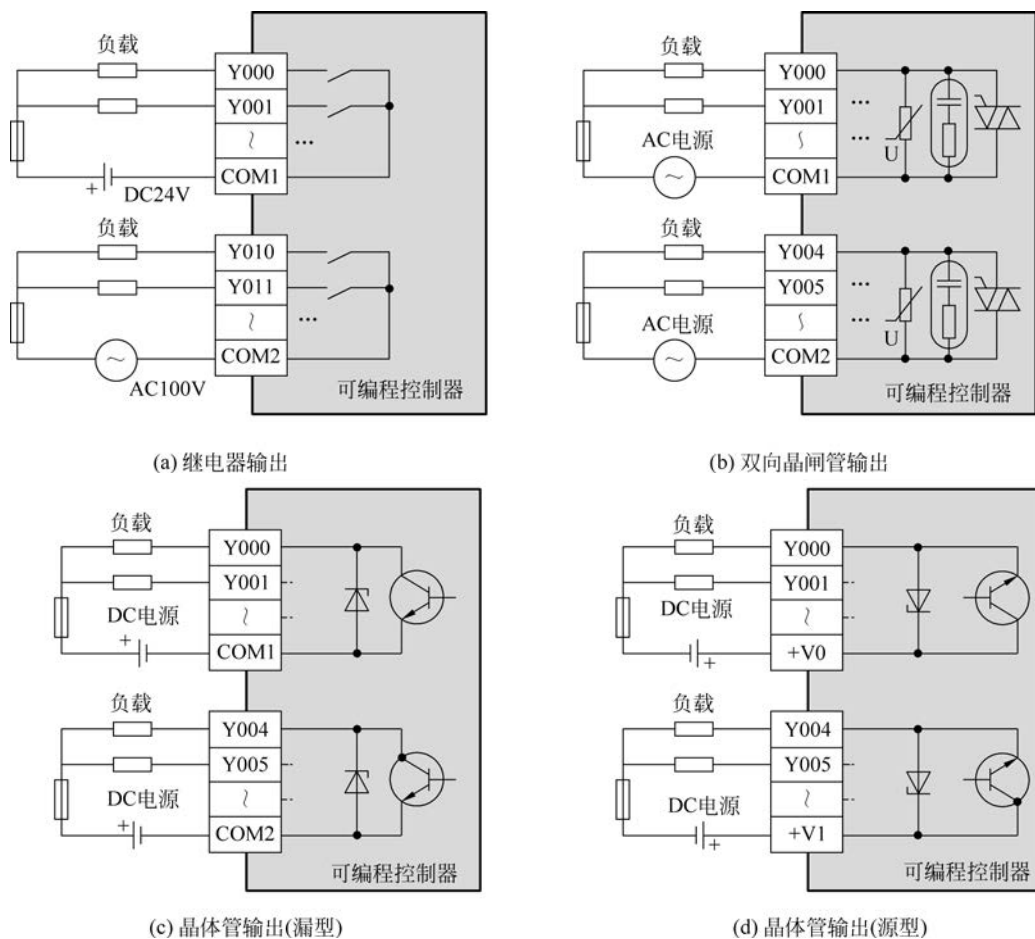


图 3-9 PLC 输出的外部接线形式

晶体管输出属直流输出,能驱动 5~30V 直流负载,驱动负载较小,但响应时间快,多用于电子线路的控制。

双向晶闸管输出为交流输出,能驱动 85~240V 交流负载,驱动负载较大,响应时间比较快。

PLC 的开关量继电器输出接口电路如图 3-10 所示,以继电器输出电路为例,PLC 输出锁存器中的数据 0 或 1(低电平或高电平)通过光电耦合器控制晶体管 V1 的导通或截止,驱动输出继电器 KA 线圈,由常开接点控制外部电路。

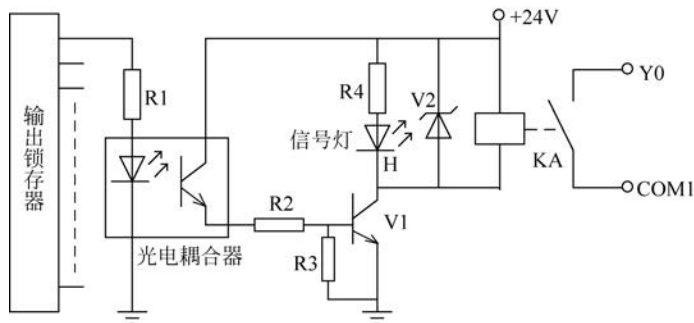


图 3-10 PLC 的开关量继电器输出接口电路

3.4 PLC 中的软元件

PLC 中常利用内部存储单元模拟各种常规控制电器元件,这些模拟的电器元件称为软元件。在常规电气控制电路中可采用各种电气开关、继电器和接触器等控制元件组成电路,对电气设备进行控制。

PLC 软元件包括如下 3 种类型。

(1) 位元件:相当于继电器的线圈和接点,PLC 中的位元件有输入继电器 X、输出继电器 Y、辅助继电器 M、状态继电器 S 和数据寄存器 D 的位指定等。PLC 中存储单元的一位表示一个继电器,其值为 0 或 1,0 表示继电器失电,1 表示继电器得电。

图 3-11 为 PLC 利用内部存储单元来模拟的 8 位输入继电器,相当于 8 个输入继电器线圈。例如 $X0=0$ 相当于 $X0$ 线圈失电, $X3=1$ 相当于 $X3$ 线圈得电。

X7	X6	X5	X4	X3	X2	X1	X0
0	0	0	0	1	0	1	0

图 3-11 PLC 的 8 位输入继电器

(2) 字元件:如图 3-11 所示,PLC 的 8 位输入继电器也可以表示 8 位二进制数 00001010,相当于进制数的十(10),可见字元件可以表示一个数据。

PLC 中的字元件有数据寄存器 D、变址寄存器 V、Z,文件寄存器 R、扩展文件寄存器 ER 等,最典型的字元件为数据寄存器 D,一个数据寄存器可以存放 16 位二进制数,两个数据寄存器可以存放 32 位二进制数,在 PLC 控制中用于数据处理。定时器 T 和计数器 C 也可以作为数据寄存器来使用。

(3) 位与字混合元件:如定时器 T 和计数器 C,它们的线圈和接点是位元件,而设定值寄存器和当前值寄存器是字元件。

3.4.1 输入/输出继电器(X、Y)

输入继电器(X)和输出继电器(Y)的功能在前面已作介绍,输入继电器通过输入端口与外部的输入开关、接点连接接收外部开关量信号,并通过梯形图进行逻辑运算,其运算结果由输出继电器输出,驱动外部负载。表 3-2 所示为输入继电器和输出继电器元件分配表。

表 3-2 输入继电器和输出继电器元件分配表

型号	FX _{3U} -16M	FX _{3U} -32M	FX _{3U} -48M	FX _{3U} -64M	FX _{3U} -80M	FX _{3U} -128M	扩展时
输入继电器	X0~X7 8 点	X0~X17 16 点	X0~X27 24 点	X0~X37 32 点	X0~X47 40 点	X0~X77 64 点	X0~X367 248 点
输出继电器	Y0~Y7 8 点	Y0~Y17 16 点	Y0~Y27 24 点	Y0~Y37 32 点	Y0~Y47 40 点	Y0~Y77 64 点	Y0~Y367 248 点

输入继电器(X)和输出继电器(Y)在 PLC 中起着承前启后的作用,是在 PLC 中较常使用的元件。在 PLC 中各有 248 点,采用八进制编号。输入继电器编号为 X0~X7、X10~X17、X20~X27...X360~X367; 输出继电器编号为 Y0~Y7、Y10~Y17、Y20~Y27...Y360~Y367。但需要注意,输入继电器和输出继电器点数之和不得超过 256,如接入特殊单元或特殊模块时,每个模块占 8 点,应从 256 点中扣除。

3.4.2 辅助继电器(M)

辅助继电器(M)相当于中间继电器,它只能在内部程序(梯形图)中使用,不能对外驱动外部负载。在梯形图中用于逻辑变换和逻辑记忆作用,可分为通用辅助继电器、断电保持辅助继电器和特殊辅助继电器。

注意,在 FX_{3U} 型 PLC 中,除了输入继电器和输出继电器的元件编号采用八进制外,其他软元件的元件号均采用十进制。

1. 通用辅助继电器

通用辅助继电器的元件编号为 M0~M499,共 500 点。它和普通的中间继电器功能相同,运行时如果通用辅助继电器线圈得电,则当电源突然中断时线圈失电,当电源再次接通时,线圈仍失电。

对于通用辅助继电器,可通过参数设定将其改为断电保持辅助继电器。

2. 断电保持辅助继电器

断电保持辅助继电器的元件编号为 M500~M7679,在电源断电时能保持原来的状态。

其中 M500~M1023 共 524 点,也可通过参数设定将其改为通用辅助继电器。

其中 M1024~M7679 共 6656 点,为专用断电保持辅助继电器,其中 M2800~M3071 用于上升沿、下降沿指令的接点时有一种特殊性,这将在后面内容中进行介绍。

3. 特殊辅助继电器

特殊辅助继电器的元件编号为 M8000~M8511,共有 512 点。但其中有些元件编号没有定义,不能使用。特殊辅助继电器用来表示 PLC 的某些状态、提供时钟脉冲和标志(如进位、借位标志等)、设定 PLC 的运行方式、步进顺控、禁止中断以及设定计数器的计数方式等。特殊辅助继电器的功能和定义可参见配套教学资源。

特殊辅助继电器通常分为以下两大类。

1) 接点型(只读型)特殊辅助继电器

接点型特殊辅助继电器的接点由 PLC 定义,在用户程序中只可直接使用其接点。下面介绍几种常用的接点型特殊辅助继电器的定义和应用实例。

(1) M8000: 运行监控。常开接点,PLC 在运行(RUN)时接点闭合。

(2) M8002: 初始化脉冲。常开接点,仅在 PLC 运行开始时接通一个扫描周期。

(3) M8005: 锂电池电压降低。锂电池电压下降至规定值时接点闭合,可以用它的接点和输出继电器驱动外部指示灯,以提醒工作人员更换锂电池。

(4) M8011~M8014: 分别为 10ms、100ms、1s、1min 时钟脉冲。占空比均为 0.5。例如,M8013 为 1s 时钟脉冲,该接点为 0.5s 接通、0.5s 断开。

2) 线圈型(可读可写型)特殊辅助继电器

线圈型特殊辅助继电器由用户程序控制其线圈,当其线圈得电时能执行某种特定的操作,如 M8033、M8034 的线圈等。下面进行具体介绍。

(1) M8030: M8030 的线圈得电时,PLC 面板上的锂电池电压降低,指示灯熄灭。

(2) M8033: M8033 的线圈得电时,在 PLC 停止(STOP)时,元件映像寄存器中(Y、M、C、T、D 等)的数据仍保持。

(3) M8034: 线圈得电时,全部输出继电器失电不输出。

- (4) M8035: 强制运行(RUN)模式。
 - (5) M8036: 强制运行(RUN)指令。
 - (6) M8037: 强制停止(STOP)指令。
 - (7) M8039: 线圈得电时,PLC 以 D8039 中指定的扫描时间工作。
- 线圈型继电器不仅可以用其线圈,也可以用其接点。

3.4.3 状态继电器(S)

状态继电器有 4 种类型。元件编号范围为 S0~S4095,共 4096 点。

- (1) 通用型状态继电器: S0~S499,共 500 点,其中 S0~S9 共 10 点用于初始状态, S10~S19 共 10 点用于回零状态。通用型状态继电器没有失电保持功能。
- (2) 失电保持型状态继电器: S500~S899,共 400 点,在失电时能保持原来的状态不变。
- (3) 报警型状态继电器: S900~S999,共 100 点,失电保持型,它和功能指令 ANS、 ANR 等配合可以组成各种故障诊断电路,并发出报警信号。
- (4) 失电保持型状态继电器: S1000~S4095,共 3096 点,在失电时能保持原来的状态不变。S1000~S4095 不能进行参数设定,将其改为通用型状态继电器。

S0~S499 和 S500~S899 可利用外部设备(如编程软件或编程器)进行参数设定,可改变其状态继电器的失电保持的范围,例如将原始失电保持的 S500~S999 改为 S200~S999, 则 S0~S199 为通用型状态继电器,S200~S999 为失电保持型状态继电器。

状态继电器(S)主要用于步进顺序控制,在工业控制过程中有很多设备都是按一定动作顺序工作的,例如机械手抓取物品、机床加工零件等都是按一系列固定动作一步步完成的,这种步进顺序控制方式用状态继电器进行控制将会变得很方便。

状态继电器如果不用于步进指令编程,也可以当作辅助继电器使用,具体使用方法与辅助继电器相同。

状态继电器采用专用的步进指令进行编程,其编程方法将在第 3 章中讲解。

3.4.4 定时器(T)

定时器(T)相当于通电延时型时间继电器,在梯形图中起时间控制作用,FX_{3U} 系列 PLC 为用户提供了 512 个定时器,其编号为 T0~T511。

其中通用定时器 502 个,积算定时器 10 个。每个定时器的设定值在 K0~K32767,设定值可以用常数 K 进行设定,也可以用数据寄存器(D)的内容来设定,例如将外部数字开关输入的数据传送到数据寄存器(D)中作为定时器的设定值。

定时器按时钟脉冲分为 1ms、10ms、100ms,当所计时间到达设定值时,定时器触点动作。定时器的类型如表 3-3 所示。

表 3-3 定时器的类型

定时器	16 位定时器(设定值 K0~K32767,共 512 点)	
通用定时器	T0~T191(共 192 点)100ms 时钟脉冲	T192~T199(共 8 点)100ms 时钟脉冲(中断用)
	T200~T245(共 46 点)10ms 时钟脉冲	T256~T511(共 256 点)1ms 时钟脉冲
积算定时器	T246~T249(共 4 点)1ms 时钟脉冲(执行中断电池备用)	T250~T255(共 6 点)100ms 时钟脉冲(电池备用)

FX_{3U} 型 PLC 中的定时器实际上是对时钟脉冲计数来定时的,所以定时器的动作时间等于设定值乘以它的时钟脉冲。例如定时器 T200 的设定值为 K30000,则其动作时间等于 $30000 \times 10\text{ms} = 300\text{s}$ 。

1. 定时器的基本用法

如图 3-12 所示为通用定时器的基本用法。当 X0 接点闭合时,定时器 T200 的线圈得电,如果 X0 接点在 1.23s 之内断开,则 T200 的当前值复位为 0,如果达到或大于 1.23s,则 T200 的常开接点闭合,T200 的当前值保持为 K123 不变。X0 接点断开后,线圈失电,接点断开,定时器的值变为 K0,它和通电延时型时间继电器的动作过程完全一致。

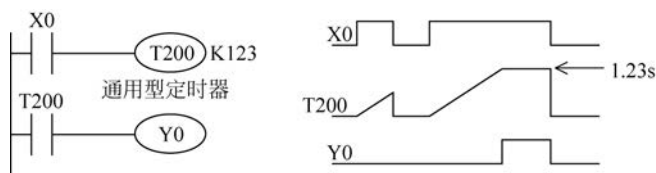


图 3-12 通用型定时器

如图 3-13 所示为积算型定时器的基本用法。当 X0 接点闭合时,定时器 T250 的线圈得电,如果 X0 接点在 12.3s 之内断开,则 T250 的当前值保持不变,当 X0 接点再次闭合时,定时器接着前面的值继续计时,如果 X0 接点接通的累计时间达到或大于 12.3s,则 T250 的常开接点闭合,T250 的当前值保持为 K123 不变。之后 X0 接点断开,线圈失电,当前值仍保持为 K123 不变。如果要使其复位,则需要用复位指令 RST,当 X1 接点闭合时定时器复位,接点断开,定时器的值变为 K0。

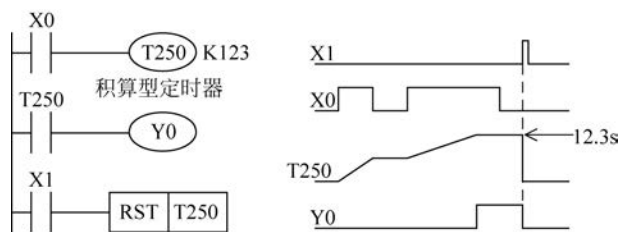


图 3-13 积算型定时器

2. 定时器设定值的设定方法

1) 直接设定

直接设定用于固定延时的定时器,如图 3-14(a)所示。图 3-12 和图 3-13 的设定值均为十进制常数。

2) 间接设定

间接设定一般用数据寄存器 D 存放设定值,数据寄存器 D 中的值既可以是常数,也可以是用外部输入开关或数字开关输入的变量。间接设定灵活方便,如图 3-14(b)所示。数据寄存器 D5 存放的数为定时器 T10 的设定值,当 X1=0 时,D5 存放的数为 K500;当 X1=1 时,D5 存放的数为 K100;当 X0 接点闭合,T10 的当前值等于 D5 存放的值,T10 的接点开始动作。

3) 机能扩充板设定

机能扩充板设定是指用 FX_{3U}-8AV-BD 型机能扩充板安装在 PLC 基本单元上,扩充板上

有 8 个可变电阻旋钮,可以输入 8 点模拟量,并把模拟量转换为 8 位二进制数(0~255)。当设定值大于 255 时,可以用乘法指令(MUL)乘以一个常数使之变大,作为定时器的设定值。如图 3-14(c)所示,当 X1 接点闭合时,将 FX_{3U}-8AV-BD 型机能扩充板上的 0 号可变电阻旋钮所设定的值传送到数据寄存器 D2 中作为定时器 T5 的设定值。编程方法详见功能指令 VRRD。

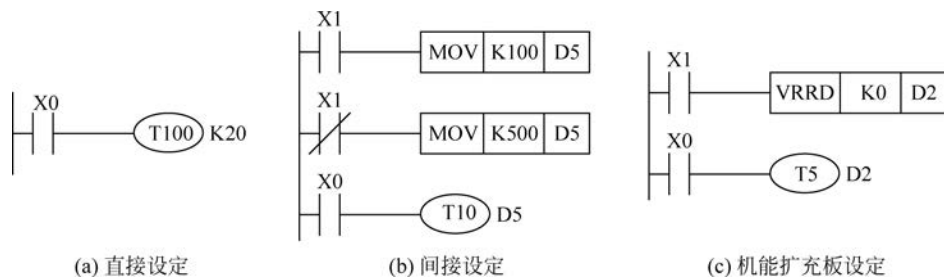


图 3-14 定时器设定方式

3. 典型定时器应用梯形图

典型定时器的应用梯形图如图 3-15~图 3-19 所示。

(1) 断电延时型定时器。PLC 中的定时器为通电延时型,而断电延时型定时器可以用图 3-15 所示的梯形图来实现。

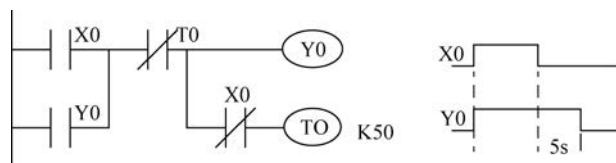


图 3-15 断电延时型定时器

(2) 通断电均延时型定时器,如图 3-16 所示。

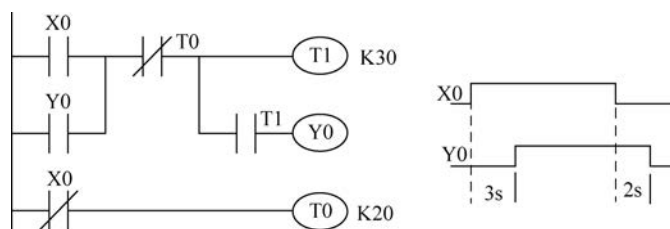


图 3-16 通断电均延时型定时器

(3) 定时脉冲电路,如图 3-17 所示。

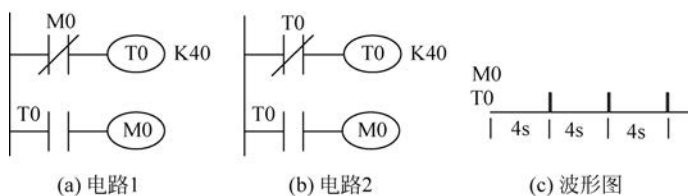


图 3-17 定时脉冲电路

(4) 振荡电路,如图 3-18 所示。

(5) 占空比可调振荡电路,如图 3-19 所示。

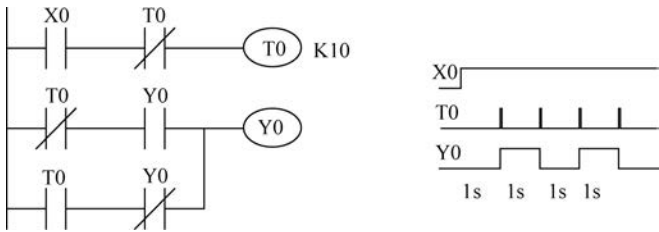


图 3-18 振荡电路

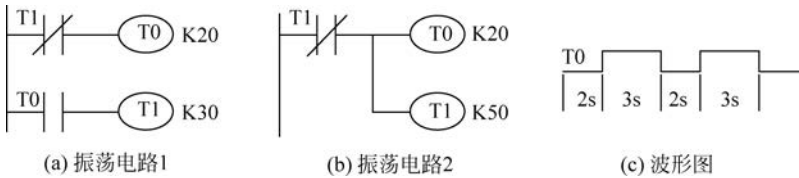


图 3-19 占空比可调振荡电路

(6) 上升沿单稳态电路,如图 3-20 所示。

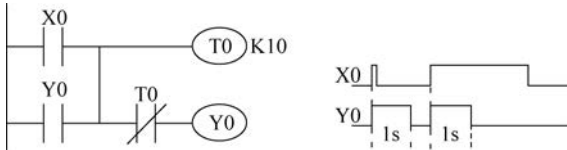


图 3-20 上升沿单稳态电路

(7) 下降沿单稳态电路,如图 3-21 所示。

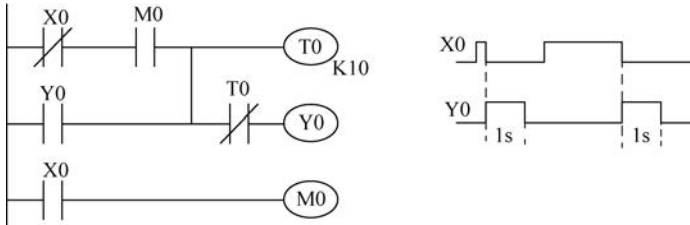


图 3-21 下降沿单稳态电路

3.4.5 计数器(C)

计数器(C)用于对各种软元件接点的闭合次数进行计数,可分为两大类:内部信号计数器和外部信号计数器(高速计数器)。

1. 内部信号计数器

内部信号计数器用于对 PLC 中的内部软元件(如 X、Y、M、S、T、C、D□. b)的信号进行计数,可分为 16 位加计数器(共 200 点)和 32 位加/减计数器(共 35 点),如表 3-4 所示。

表 3-4 内部信号计数器

计 数 器	通 用 型	断电保持型
16 位加计数器(共 200 点) 设定值 1~32767	C0~C99(共 100 点)	C100~C199(共 100 点)
32 位加/减计数器(共 35 点) 设定值 -2147483648~+2147483647	C200~C219(共 20 点) 加减控制(M8200~M8219)	C220~C234(共 15 点) 加减控制(M8220~M8234)

1) 16 位加计数器

16 位加计数器的元件编号为 C0~C199,其中 C0~C99 为通用型,C100~C199 为断电保持型,设定值为 K1~K32767。如图 3-22 所示为 16 位加计数器的工作过程。

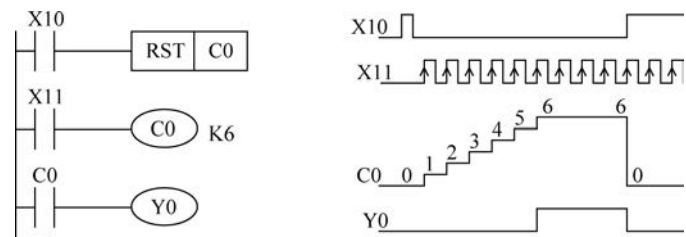


图 3-22 16 位加计数器的工作过程

图 3-22 中加计数器 C0 对 X11 的上升沿进行计数,当计到设定值 6 时,就保持为 6 不变,同时 C0 的接点动作,使 Y0 线圈得电。如果要计数器 C0 复位,则需用复位指令 RST。当 X10 接点闭合时,执行复位指令,计数器 C0 的计数值为 0,同时 C0 的接点复位。当 X10 接点闭合执行复位指令时,计数器不能计数。

通用型计数器(C0~C99)在失电后,计数器将自动复位,计数值为 0。断电保持型计数器(C100~C199)在失电后,计数器的计数值将保持不变,来电后接着原来的计数值计数。和定时器一样,计数器的设定值也可以间接设定。

2) 32 位加/减计数器

32 位加/减计数器共有 35 个,元件编号为 C200~C234,其中 C200~C219(共 20 点)为通用型,C220~C234(共 15 点)为断电保持型,设定值为 -2147483648~+2147483647,可由常数 K 设定,也可以用数据寄存器 D、R 间接设定。32 位设定值存放在元件号相连的两个数据寄存器中。如果指定的寄存器为 D0,则设定值实际上是存放在 D1 和 D0 中,D1 中放高 16 位,D0 中放低 16 位。

32 位加/减计数器 C200~C234 可以加计数,也可以减计数,其加/减计数方式由特殊辅助继电器 M8200~M8234 设定,如表 3-5 所示。当特殊辅助继电器为 1 时,对应的计数器为减计数;反之,为 0 时为加计数。

表 3-5 32 位加/减计数器的加减方式

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

如图 3-23 所示为 32 位加/减计数器的工作过程,图中 C200 的设定值为-5,当 X12 输入断开,M8200 线圈失电时,对应的计数器 C200 为加计数方式。当 X12 闭合,M8200 线圈得电时,对应的计数器 C200 为减计数方式。计数器 C200 对 X14 的上升沿进行计数。

当前值由-6 变为-5 时,计数器 C200 的接点动作。当前值由-5 变为-6 时,计数器 C200 的接点复位。当 X13 的接点接通执行复位指令时,C200 被复位,其 C200 常开接点断开,常闭接点闭合。

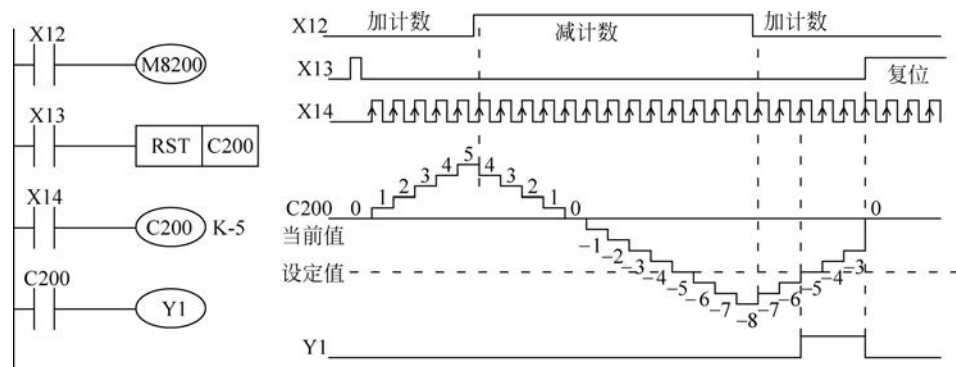


图 3-23 32 位加/减计数器的工作过程

对于 16 位加计数器,当计数值达设定值时则保持为设定值不变,而 32 位加/减计数器不同,它是一种循环计数方式,当计数值达设定值时将继续计数。如果在加计数方式下计数,将一直加计数到最大值 2147483647,再加 1 就变成最小值-2147483648。如果在减计数方式下,将一直减计数到最小值-2147483648,再减 1 就变成最大值 2147483647。

由 PLC 的工作方式可知,PLC 是采用反复不断地读程序,并进行逻辑运算的工作方式。如图 3-23 中的计数器 C200,当 PLC 读到 X14 接点时,若 $X14=1$,则对 C200 加 1(或减 1),如果 X14 接点变化频率太快,在一个扫描周期中多次变化,则计数器 C200 将无法对它进行计数。可见内部计数器的计数频率是受到一定限制的,也就是说输入接点的动作时间必须大于一个扫描周期。

2. 典型计数器应用梯形图

1) 循环计数器

循环计数器如图 3-24 所示。

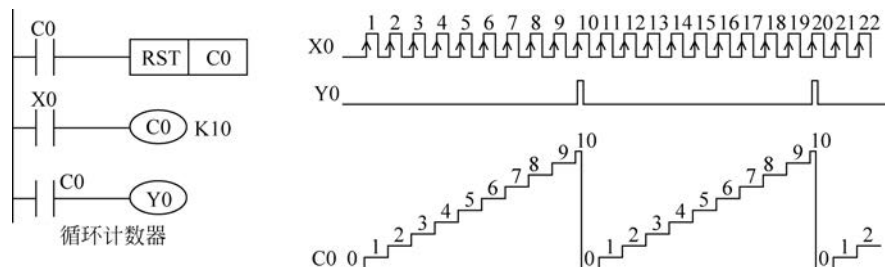


图 3-24 循环计数器

计数器 C0 对 X0 的上升沿计数,当计数到设定值 10 时,其计数器 C0 线圈下面的 C0 接点闭合,Y0 得电。在第二个扫描周期,C0 线圈上面的 C0 接点闭合,将计数器 C0 复位,计

数值为 0, C0 接点只接通一个扫描周期, 之后 C0 反复重新开始上述计数过程。

2) 长延时定时器

一个定时器 T 的最长延时时间为 $32767 \times 0.1\text{s} \approx 0.91\text{h}$ 。如果要取得长延时, 则可以用计数器 C 对脉冲计数的方法实现, 如图 3-25(a) 所示为 8h 长延时定时器, 当 $X0=1$ 时, 计数器 C0 对特殊辅助继电器 M8013 的秒脉冲计数, 当计数值达到 28800s (为 8h) 时, C0 接点闭合, Y0 线圈得电。当 $X0=0$ 时, X0 常闭接点闭合, 使计数器 C0 复位。

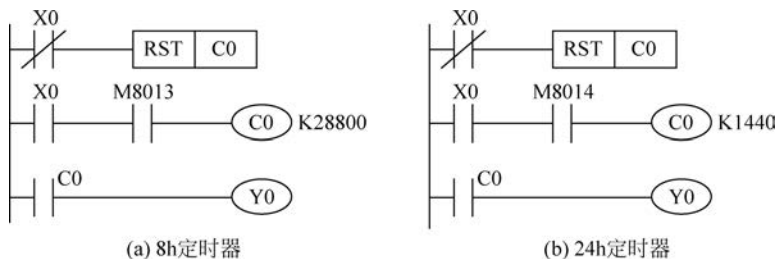


图 3-25 长延时定时器

图 3-25(b) 所示为 24h 定时器, 它对 M8014 的分脉冲计数。图 3-25(a) 对 M8013 的秒脉冲计数产生 1.5s 的负误差。图 3-25(b) 对 M8014 的分脉冲计数产生 1.5min 的负误差。

3) 365 天定时器

如果要得到更长的延时时间, 则可采用如图 3-26 所示的方法。

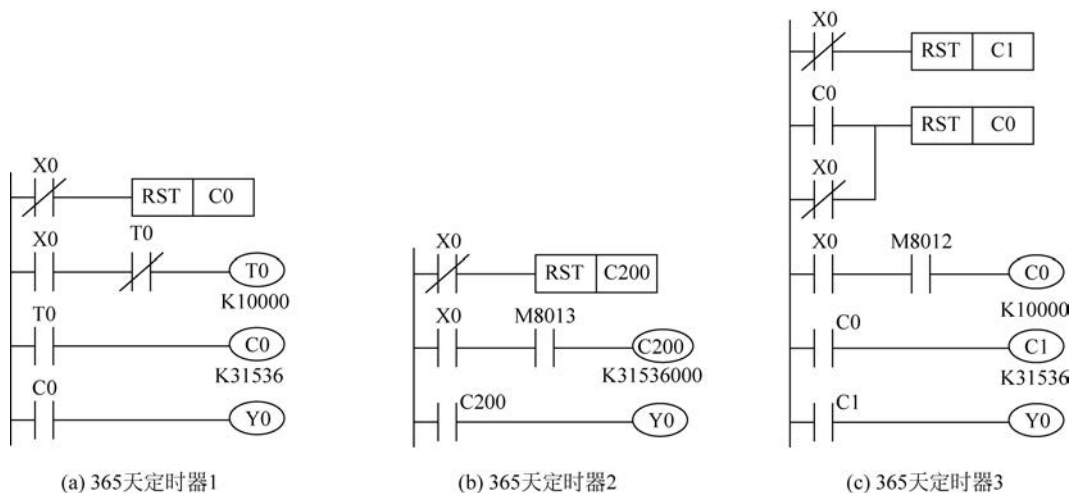


图 3-26 365 天定时器

图 3-26(a) 为定时脉冲和计时器配合的方式。定时器 T0 每 1000s 发出一个脉冲, 计数器 C0 对 T0 的脉冲计数, 当达到计数设定值 31536 时, 即为 365 天 ($31536 \times 10000 \times 0.1 = 31536000\text{s}$)。

图 3-26(b) 为秒脉冲 M8013 和 32 位加/减计数器配合的方式。32 位加/减计数器 C200 的最大设定值非常高, 可达到若干年的长延时。

图 3-26(c) 为两个计数器串联计数方式。C0 组成一个循环计数器, 对 M8012 的 0.1s 脉冲计数, C0 接点每 1000s 发一个脉冲, 而 C1 又对 C0 接点的脉冲进行计数。

4) 单按钮控制电动机起动停止

图 3-27 采用计数器对电动机进行起动停止控制,控制电路只需用一个按钮(X0)。当按下按钮 X0 时,经 M0 常闭接点使计数器 C0 的线圈得电计数,计数值为 1 且等于设定值 1, C0 的接点动作, Y0 线圈得电,控制电动机起动,第二个扫描周期尽管 Y0 接点闭合,但 M0 常闭接点断开, C0 不会复位,按钮 X0 松开时, Y0 继续得电。

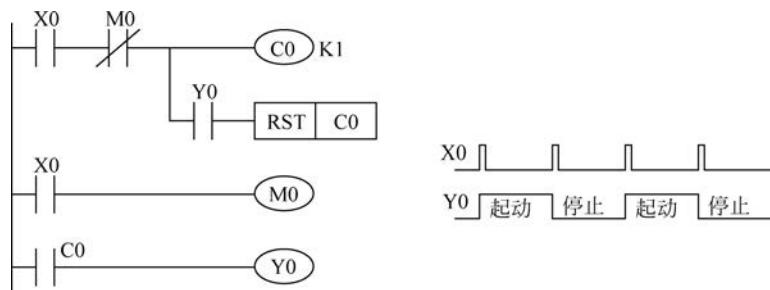


图 3-27 单按钮控制电动机起动停止

当第二次按下按钮 X0 时, C0 线圈得电, 但已达到设定值, 所以不再计数, 计数值仍为 1, 由于 Y0 接点闭合, C0 复位, C0 的接点断开, Y0 线圈失电, 电动机停止。第二个扫描周期 M0 常闭接点断开, C0 线圈不会得电, 按钮 X0 松开时, Y0 仍不得电。

3. 高速计数器

由于内部信号计数器的计数方式和扫描周期有关, 所以不能对高频率的输入信号计数, 而由于高速计数器采用中断工作方式, 和扫描周期无关, 所以可以对高频率的输入信号计数。高速计数器只对固定的输入继电器(X0~X5)进行计数, 如表 3-6 所示。

FX_{3U} 型 PLC 中共有 21 点高速计数器(C235~C255)。高速计数器分为 3 种类型: 一相一计数输入型、一相二计数输入型和 AB 相计数输入型。每种类型中还可继续分为 1 型、2 型和 3 型。1 型只有计数输入端, 2 型有计数输入端和复位输入端, 3 型有计数输入端、复位输入端和起动输入端。

以上高速计数器都具有停电保持功能, 也可以利用参数设定变为非停电保持型。如果不作为高速计数器使用时, 也可作为 32 位数据寄存器使用。

高速计数器的输入继电器(X0~X7)不能重复使用, 例如梯形图中使用了 C241, 由于 C241 占用了 X0、X1, 所以 C235、C236、C244、C246 等就不能使用了。因此, 虽然高速计数器有 21 个, 但最多可以使用 6 个。

一相一计数输入型高速计数器只有一个计数输入端, 所以要用对应的特殊辅助继电器(M8235~M8245)指定。例如 M8235 线圈得电(M8235=1), 则计数器 C235 为减计数方式, 如果 M8235 线圈失电(M8235=0), 计数器 C235 为加计数方式。

一相二计数输入型和 AB 相计数输入型有两个计数输入端, 它们的计数方式由两个计数输入端决定。例如计数器 C246 为加计数时, M8246 常开接点断开; C246 为减计数时, M8246 常开接点闭合。高速计数器对应的特殊辅助继电器如表 3-7 所示。

表 3-6 高速计数器

输入继电器	一相一计数输入										一相二计数输入						AB 相计数输入				
	C235	C236	C237	C238	C239	C240	C241	C242	C243	C244	C245	C246	C247	C248	C249	C250	C251	C252	C253	C254	C255
X0	U/D						U/D			U/D		U	U		U		A	A		A	
X1		U/D					R			R		D	D		D		B	B		B	
X2			U/D					U/D			U/D		R		R			R		R	
X3				U/D				R			R			U		U			A		A
X4					U/D				U/D					D		D			B		B
X5						U/D			R					R		R			R		R
X6										S					S					S	
X7											S					S					S
	1 型										2 型	1 型	2 型	3 型	1 型	2 型	3 型	1 型	2 型	3 型	

注：U 表示加计数输入，D 表示减计数输入，R 表示复位输入，S 表示启动输入，A 表示 A 相输入，B 表示 B 相输入。

表 3-7 高速计数器对应的特殊辅助继电器

计数器类型	一相一计数输入型高速计数器										
计数器编号	C235	C236	C237	C238	C239	C240	C241	C242	C243	C244	C245
指定减计数特殊辅助继电器	M8235	M8236	M8237	M8238	M8239	M8240	M8241	M8242	M8243	M8244	M8245

计数器类型	一相二计数输入型高速计数器					AB 相计数输入型高速计数器				
计数器编号	C246	C247	C248	C249	C250	C251	C252	C253	C254	C255
减计数特殊辅助继电器接点	M8246	M8247	M8248	M8249	M8250	M8251	M8252	M8253	M8254	M8255

下面介绍各种高速计数器的使用方法。

1) 一相一计数输入型高速计数器

一相一计数输入型高速计数器的编号为 C235~C245,共有 11 点,它们的计数方式及触点动作与普通 32 位计数器相同。作加计数时,当计数值达到设定值时,触点动作并保持;作减计数时,小于设定值则复位。其计数方式取决于对应的特殊辅助继电器 M8235~M8245。

如图 3-28 所示为一相一计数输入型高速计数器。图 3-28(a)中的 C235 只有一个计数输入 X0,当 X10 闭合时 M8235 得电,C235 为减计数方式,反之为加计数方式。当 X12 闭合时,C235 对计数输入 X0 的脉冲进行计数,和 32 位内部计数器一样,在加计数方式下,当计数值大于或等于设定值时,C235 接点动作。当 X11 闭合时,C235 复位。

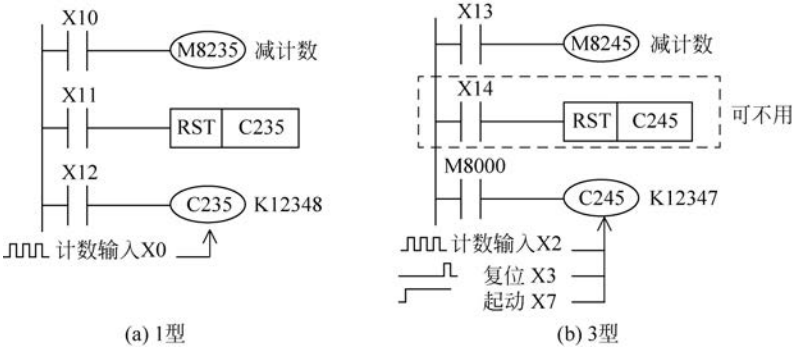


图 3-28 一相一计数输入型高速计数器

图 3-28(b)中的 C245 有一个计数输入 X2、一个复位输入 X3 和一个起动输入 X7。当 X13 闭合时 M8245 得电,C245 为减计数方式,反之为加计数方式。当起动输入 X7 闭合时,C245 对计数输入 X2 的脉冲进行计数,在加计数方式下,当计数值大于或等于设定值时,C245 接点动作。当 X3 闭合时,C245 复位。用 RST 指令也可以对 C245 复位,但受到扫描周期的影响,速度比较慢,也可以不编程。

2) 一相二计数输入型高速计数器

一相二计数输入型高速计数器的编号为 C246~C250,有 5 点。每个计数器有两个外部计数输入端子,一个是加计数输入脉冲端子,另一个是减计数输入脉冲端子。

一相二计数输入型高速计数器如图 3-29 所示。图 3-29(a)中 X0 和 X1 分别为 C246 的加计数输入端和减计数输入端。C246 是通过程序进行起动及复位的,当 X12 接点闭合时,C246 对 X0 或 X1 的输入脉冲计数,若 X0 有输入脉冲,C246 为加计数,加计数时 M8246 接点不动作。

若 X1 有输入脉冲, C246 为减计数, 减计数时 M8246 接点动作。当 X11 接点闭合时, C246 复位。

图 3-29(b) 为 C250 带有外复位和外起动端的情况。图中 X5 及 X7 分别为复位端及起动端。其工作情况和图 3-28(b) 基本相同。

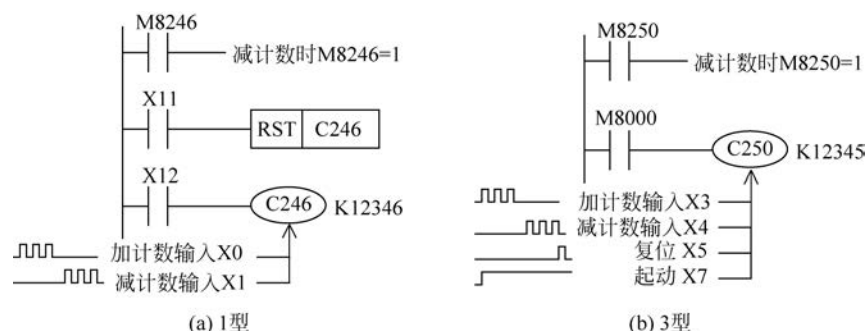
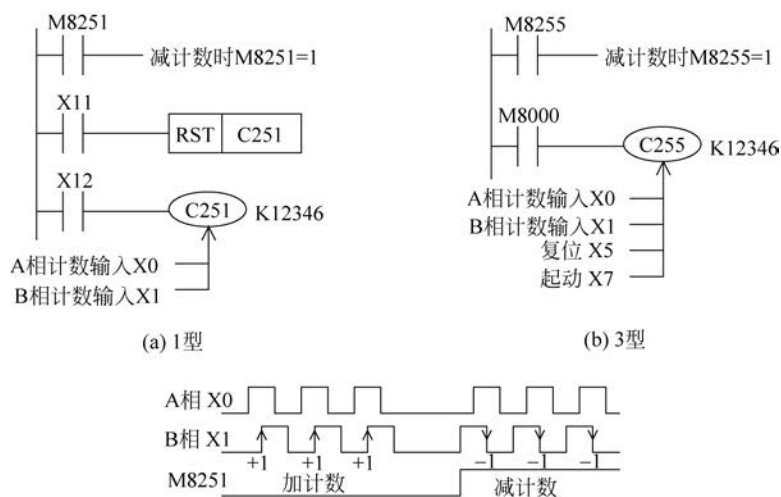


图 3-29 一相二计数输入型高速计数器

3) AB 相计数输入型高速计数器

AB 相计数输入型高速计数器的编号为 C251~C255, 共 5 点。AB 相计数输入高速计数器的两个脉冲输入端子是同时工作的, 其计数方向的控制方式由 A、B 两相脉冲间的相位决定。如图 3-30 所示, 在 A 相信号为 1 期间, B 相信号在上升沿时为加计数; 反之, B 相信号在下降沿时为减计数。其余功能与一相二计数输入型高速计数器相同。



(c) AB 相计数时序图

图 3-30 AB 相计数输入型高速计数器

图 3-30(a) 中, 当 C251 为加计数时, M8251 接点不动作; 当 C251 为减计数时, M8251 接点动作。当 X11 接点闭合时, C251 复位。

高速计数器设定值的设定方法和普通计数器相同, 也有直接设定和间接设定两种方式。同时, 也可以使用功能指令修改高速计数器的设定值及当前值。

当高速计数器的当前值达到设定值时, 如果要将结果立即输出, 则需要采用高速计数器的专用比较指令。

在 FX_{3U} 型 PLC 中, 可以将 AB 相计数输入型高速计数器 (C251、C252、C253、C254、

C255)设置成 1 倍计数器或 4 倍计数器。

AB 相计数输入型高速(以下简称 AB 相计数器)计数器的输入端通常采用 AB 相编码器作为输入元件,AB 相编码器输出有 90°相位差的 A 相和 B 相。AB 相编码器在正转时计数器为加计数,反转时计数器为减计数。AB 相计数器的输入波形如图 3-31 所示,AB 相计数器可以根据 AB 相编码器的正、反转自动执行增/减的计数。

AB 相计数器以 1 倍动作的计数方式如图 3-31(a)所示。AB 相计数器以 4 倍动作的计数方式如图 3-31(b)所示。

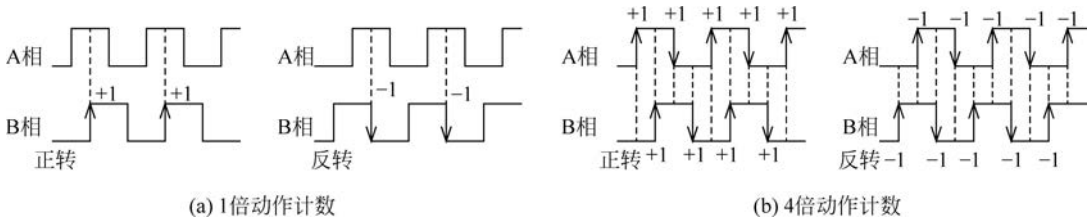


图 3-31 AB 相计数器的输入波形

正常情况下 AB 相计数器为 1 倍计数器。当 M8198=1 时,AB 相计数器 C251、C252、C254 设置成 4 倍计数器。当 M8199=1 时,AB 相计数器 C253、C255 设置成 4 倍计数器,如图 3-32 所示。

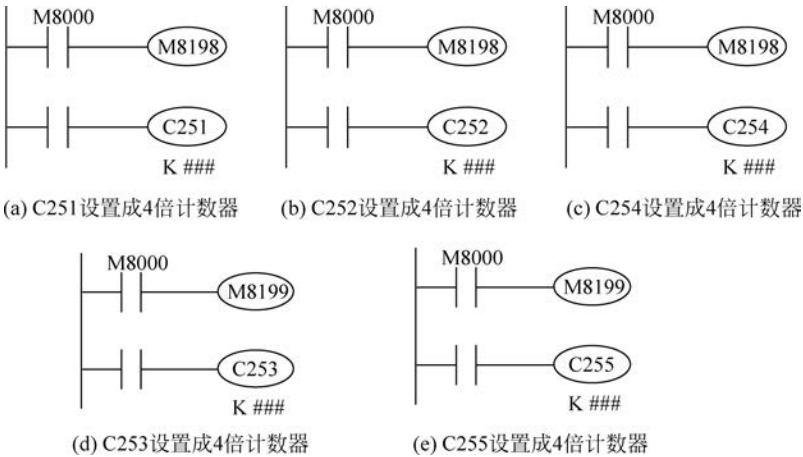


图 3-32 AB 相 4 倍计数器梯形图

3.4.6 数据寄存器(D)

数据寄存器(D)主要用于数据处理,其分类及元件号如表 3-8 所示。

表 3-8 数据寄存器的分类及元件号

普通用	停电保持用	停电保持专用	特殊用	变址用	扩展用	扩展文件用
D0~D199 (200 点) ^①	D200~D511 (312 点) ^②	D512~D7999 (7488 点) ^③	D8000~D8255 (256 点)	V0~V7 Z0~Z7 (16 点)	R0~R32767 (32768 点)	ER0~ER32767 (32768 点)

注: ① 非停电保持型,但可利用参数设定变为停电保持型。

② 停电保持型,但可利用参数设定变为非停电保持型。

③ 不能利用参数设定变为非停电保持型。

数据寄存器都是 16 位的,最高位为正负符号位,可存放 16 位二进制数。也可将两个数据寄存器组合,存放 32 位二进制数,最高位是正负符号位,如图 3-33 所示。

一个数据寄存器(16 位)处理的数值范围为 $-32768 \sim +32767$,其数据表示如图 3-33(a)所示。寄存器的数值读出与写入一般采用功能指令,但同时也可以采用数据存取单元(显示器)或编程器等设备。

两个相邻的数据寄存器可以表示 32 位数据,可处理 $-2147483648 \sim +2147483647$ 的数值,在指定 32 位时(高位为小号,低位为小号。在变址寄存器中,V 为高位,Z 为低位),如指定 D0,则实际上是把高 16 位存放在 D1 中,把低 16 位存放在 D0 中。低位可用奇数或偶数元件号,考虑到外围设备的监视功能,低位可采用偶数元件号,如图 3-33(b)所示。

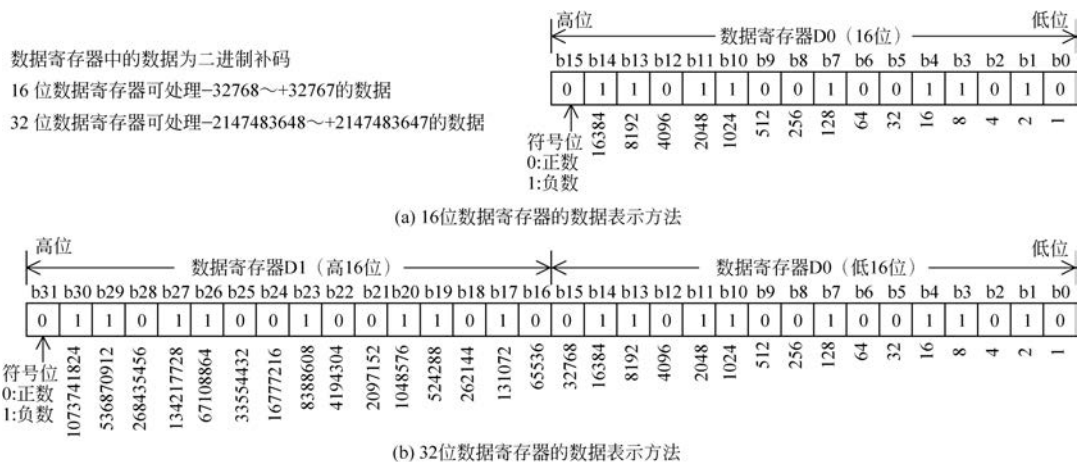


图 3-33 数据寄存器的数据表示方法

1. 普通型数据寄存器

普通型数据寄存器元件号为 D0~D199,共 200 点。普通型数据寄存器中一旦写入数据,在未写入其他数据之前,数据是不会变化的。但是 PLC 在停止或停电时,所有数据被清除为 0(如果使特殊辅助继电器 M8033=1,则可以保持)。通过参数设定也可变为停电保持型的数据寄存器。

2. 停电保持型的数据寄存器

停电保持型的数据寄存器元件号为 D200~D511,共 312 点,其使用方法和普通型数据寄存器相同。PLC 在停止或停电时数据被保存,同时通过参数设定也可变为普通型非停电保持型。在并联通信中,D490~D509 被作为通信占用。

3. 停电保持专用型的数据寄存器

停电保持专用型的数据寄存器元件号为 D512~D7999,共 7488 点,其特点是不能通过参数设定改变其停电保持数据的特性。如要改变停电保持的特性,可以在程序的起始步采用初始化脉冲(M8002)和复位(RST)或区间复位(ZRST)指令将其内容清除。

利用参数设定可以将 D1000~D7999(共 7000 点)的数据寄存器分为 500 点为一组的文件数据寄存器。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、统计计算数据和多组控制参数等。

4. 特殊型的数据寄存器

特殊型的数据寄存器元件号为 D8000~D8511,共 512 点,但其中有些元件号没有定义或没有使用,这些元件号用户也不能使用。特殊用途的数据寄存器有两种:一种是只能读取或利用其中数据的数据寄存器,例如可以从 D8005 中读取 PLC 中锂电池的电压值;另一种是用于写入特定数据的数据寄存器,例如图 3-34 中利用传送指令(MOV)向监视定时器时间的数据寄存器 D8000 中写入设定时间,并用监视定时器刷新指令 WDT 对其刷新。

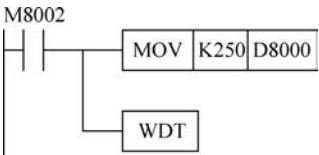


图 3-34 特殊数据寄存器的数据设定

特殊型数据寄存器的内容可参见配套教学资源。

5. 变址寄存器[V、Z]

变址寄存器元件号为 V0~V7、Z0~Z7,共 16 点。V0 和 Z0 可分别用 V 和 Z 表示。和通用型数据寄存器一样,变址寄存器也可以进行数值数据读与写,但主要用于操作数地址的修改。V0~V7、Z0~Z7 单独使用,可组成 16 个 16 位变址寄存器,如图 3-35(a)所示。

在进行 32 位数据处理时,V0~V7、Z0~Z7 需组合使用,可组成 8 个 32 位变址寄存器。V 为高 16 位,Z 为低 16 位,如图 3-35(b)所示。

图 3-35(c)所示为变址寄存器应用举例,当 X1 闭合时,执行传送指令 MOV K5 Z,将常数 5 传送到 Z 中,Z=5。当 X2 闭合时,执行传送指令 MOV K1234 D10 Z 将常数 1234 传送到 D(10+5)(即 D15)中。当 X3 闭合时,执行传送指令 DMOV K12345678 Z2,将常数 12345678 传送到 V2、Z2 组成的 32 位变址寄存器中,常数 12345678 是以二进制数形式存放在 V2、Z2 中的,其中高 16 位存放在 V2 中,低 16 位存放在 Z2 中。

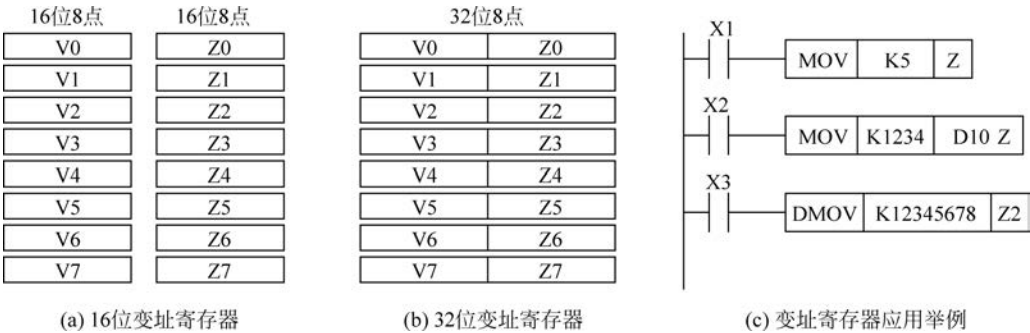


图 3-35 变址寄存器

对于 FX_{3U} 系列 PLC,变址寄存器不仅可以对字元件进行变址修饰,也可以对位元件进行变址修饰。

例如,V0=K10,十进制数软元件: D20V0 被视为 D30,K30V0 被视为 K40。

八进制数软元件: X2 V0 被视为 X14(而不是 X12),K1Y0 V0 被视为 K1 Y12。

十六进制数值: H30 V0 被视为 H3A(而不是 H40)。

如图 3-36 所示,当 Z=0 时,X5Z=X5,X5 接点闭合,Y0 得电。T0 的设定值为 D0。T0 接点闭合时,M5 得电。

当 Z=10 时,X5Z=X17,X17 接点闭合,Y0 得电。T0 的设定值为 D10。T0 接点闭合时,M15 得电。位元件变址的应用可参见本书配套教学资源《工程案例手册》。

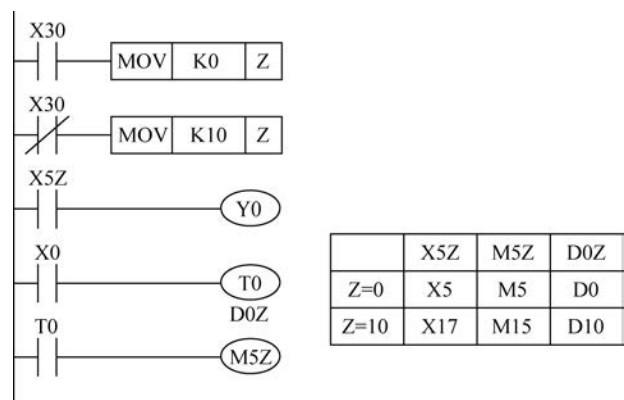


图 3-36 变址寄存器的应用示例

- 注意：
- (1) 32 位计数器和特殊辅助继电器不能进行变址修饰。
 - (2) 16 位计数器进行变址修饰后,不能作为 32 位的计数器处理。

6. 扩展寄存器、扩展文件寄存器[R、ER]

扩展寄存器 R 是扩展数据寄存器 D 用的软元件。扩展寄存器 R 元件号为 R0~R32767,共 32768 点。扩展文件寄存器 ER 元件号为 ER0~ER32767,共 32768 点。

扩展寄存器 R 的内容也可以保存在扩展文件寄存器 ER 中。但是只有使用存储器盒时才可以使用的。

数据寄存器 D 可以位指定,而扩展寄存器 R 和扩展文件寄存器 ER 不可以位指定。

3.4.7 指针(P、I)

指针(P、I)用于跳转、中断等程序的入口地址,与跳转、子程序和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指针、定时器中断用指针和计数器中断用指针 3 种,如表 3-9 所示。

表 3-9 FX_{3U} 型 PLC 指针种类

分支用指针 (4096 点)	中断用指针		
	输入中断用指针(6 点)	定时器中断用指针(3 点)	计数器中断用指针(6 点)
P0~P4095 其中 P63 为结束跳转	I00□ (X0)		I010
	I10□ (X1)	I6□□	I020
	I20□ (X2)	I7□□	I030
	I30□ (X3)	I8□□	I040
	I40□ (X4)		I050
	I50□ (X5)		I060
CJ、CALL 指令用	□=1 时上升沿中断 □=0 时下降沿中断	□□=10~99ms	HSCS 指令用

1. 分支用指针(P)

分支用指针(P)用于条件跳转和子程序调用指令,应用举例如图 3-37 所示。

图 3-37(a)为分支用指针在条件跳转指令中的使用,图中 X0 接通,执行条件跳转指令 CJ,跳过一段程序转到指针指定的标号 P0 位置,执行其后的程序。

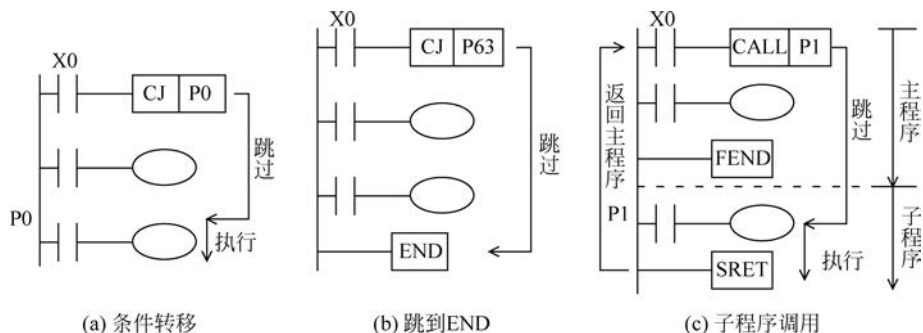


图 3-37 分支指针 P 的使用

在图 3-37(b)中,当 X0 接通时,则执行条件跳转指令 CJ P63 跳到 END,即后面的梯形图均跳过不执行。

在图 3-37(c)中,当 X0 接通时,则跳过主程序,执行子程序后再返回主程序的原位置。需要注意,在编程时,指针编号不能重复使用。

2. 中断用指针(I)

中断用指针(I)常与中断返回指令 IRET、开中断指令 EI 和关中断指令 DI 一起使用。

1) 输入中断用指针

6 个输入中断用指针仅接收对应特定输入继电器 X0~X5 的触发信号,才执行中断子程序,不受可编程控制器扫描周期的影响。由于输入采用中断处理速度快,在 PLC 控制中可以用于需要优先处理和短时脉冲处理的控制。例如,I201 表示当 X2 在闭合时(上升沿)产生中断,I300 表示当 X3 在断开时(下降沿)产生中断。

2) 定时器中断用指针

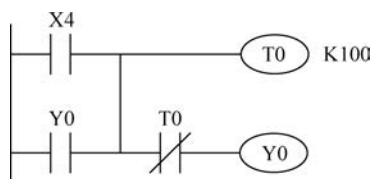
定时器中断用指针用于需要指定中断时间执行中断子程序或需要不受 PLC 扫描周期影响的循环中断处理控制程序。例如,I625 表示每隔 25ms 就执行标号为 I625 后面的中断程序一次,在中断返回指令 IRET 处返回。

3) 计数器中断用指针

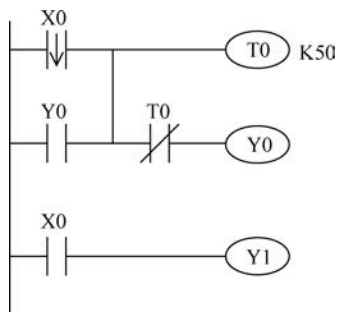
计数器中断用指针根据可编程控制器内部的高速计数器的比较结果,执行中断子程序。用于优先控制利用高速计数器的计数结果。该指针的中断动作要与高速计数比较置位指令 HSCS 组合使用。

习题

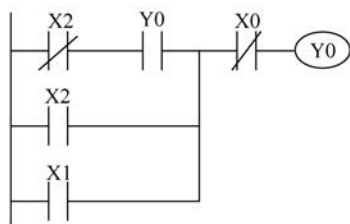
1. 分析如题图 1 所示梯形图的控制原理(X4 为按钮输入)。
2. 分析如题图 2 所示梯形图的控制原理(X0 为按钮输入)。
3. 设计一个每隔 12s 产生一个脉冲的定时脉冲电路。
4. 设计一个延时 24h 的定时器。
5. 分析如题图 3 所示的 4 个梯形图,试指出哪些梯形图具有点动控制功能。
6. 比较题图 4 中两种互锁电路的特点。
7. 比较题图 5 中两个梯形图的区别。



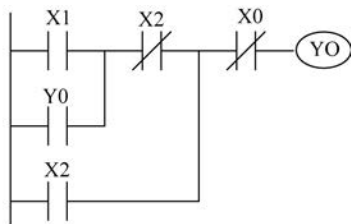
题图 1 梯形图的控制原理 1



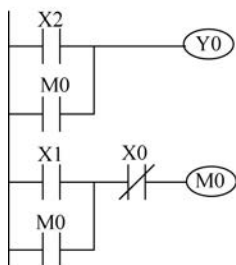
题图 2 梯形图的控制原理 2



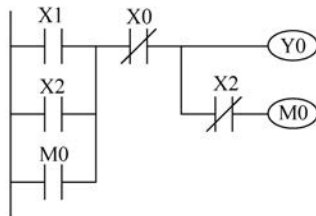
(a) 梯形图 1



(b) 梯形图 2

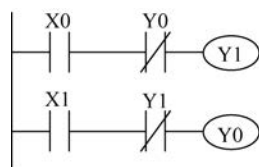


(c) 梯形图 3

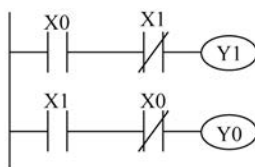


(d) 梯形图 4

题图 3 4 个梯形图

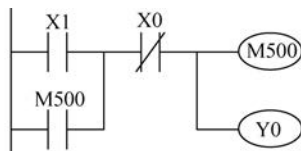
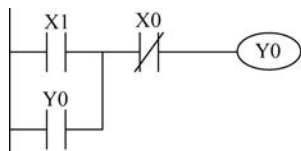


(a) 互锁电路 1



(b) 互锁电路 2

题图 4 互锁电路的特点

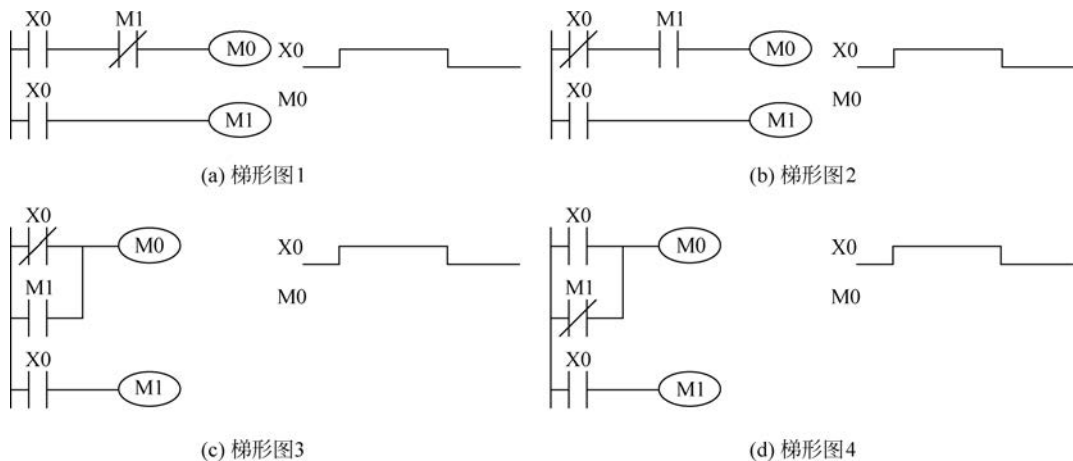


题图 5 两个梯形图的区别

8. 控制一台电动机,要求当按下起动按钮时,电动机转动 100s 后停止;按下停止按钮立即停止。试设计其控制梯形图。

9. 控制一台电动机,要求当按下起动按钮时,电动机转动 8h 后停止;按下停止按钮立即停止。试设计其控制梯形图。

10. 根据题图 6 所示的梯形图画出 M0 的时序图。



题图 6 画出 M0 的时序图

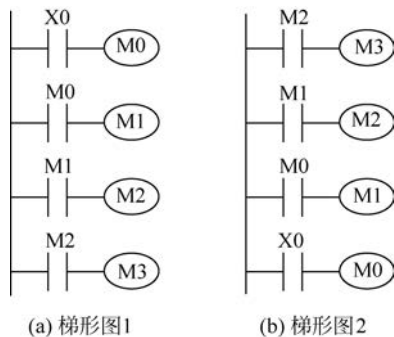
11. 用一个按钮点动控制电动机,当按钮松开时,对电动机能耗制动 5s 后停止。试画出控制梯形图。

12. 用一个按钮控制楼梯的照明灯,每按一次按钮,楼梯灯亮 3min 熄灭。当连续按两次按钮,灯常亮不灭。当按下时间超过 2s 时,灯熄灭。

13. 用 4 个开关控制一盏灯,当只有一个开关动作时灯亮,两个及以上开关动作时灯不亮。试画出控制梯形图。

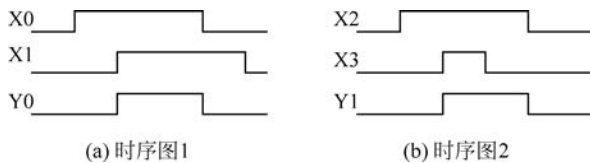
14. 设计用两个开关都可以控制一盏灯的梯形图。

15. 比较题图 7 中两个梯形图的控制过程是否相同。



题图 7 比较两个梯形图的控制过程

16. 根据题图 8 中的时序图画出对应的梯形图。



题图 8 根据时序图画出对应的梯形图