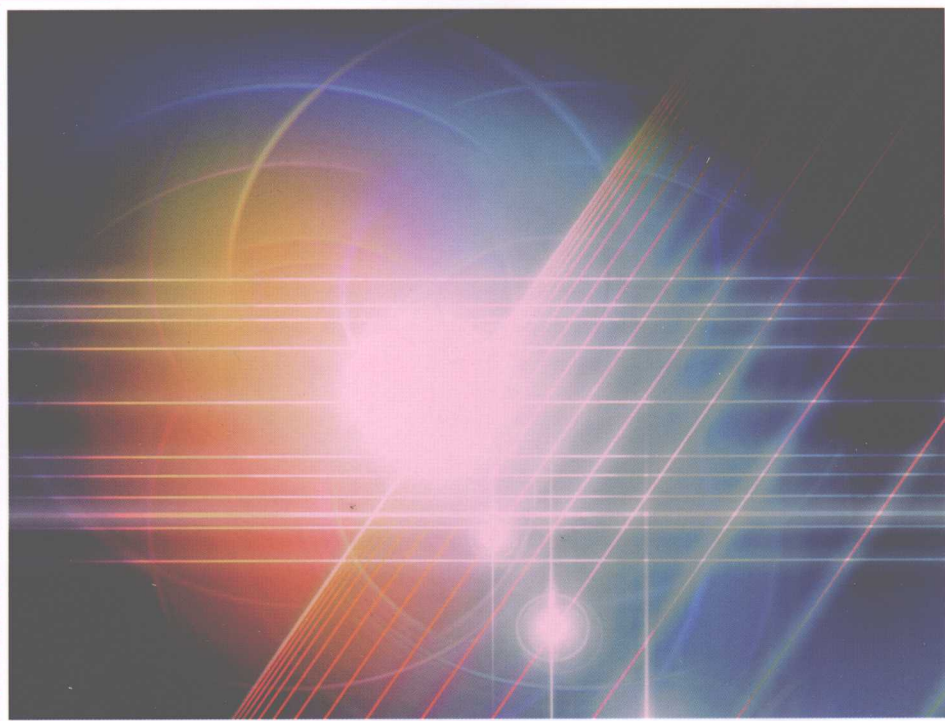


电气自动化专业高技能型人才教学用书

PLC操作实训(三菱)

孙德胜 李伟 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电气自动化专业高技能型人才教学用书

PLC 操作实训 (三菱)

主 编 孙德胜 李 伟
副主编 肖海梅 郭 赞
参 编 黄金磊 刘万友
主 审 王 建



机械工业出版社

本书依据机电类专业高技能型人才的培养要求,依据高职教育的教学要求和办学特点,突破传统学科教育对学生技术应用能力培养的局限,以模块构建实训教学体系,以项目任务驱动教学内容,介绍了可编程序控制器及其应用技术。包括:PLC基础知识、基本逻辑指令、定时器与计数器指令、步进控制和综合设计五个模块。每个模块包含了若干个项目,每个项目从提出训练目的和要求开始,设定训练内容,结合所学的知识,辅以必要的理论分析,使其理论指导实践。在项目后半部分明确操作步骤和成绩评分标准,给出实训教学量化参考依据,使学生通过对本书的学习能够对 PLC 技术的工程应用有一个较全面的了解。

本书可作为高等职业教育应用机电一体化、机械工程与自动化、电气自动化、工业企业自动化和仪表自动化等相关专业高技能型人才培养的实训教材,也可供工程技术人员参考和使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 操作实训:三菱/孙德胜,李伟主编. —北京:
机械工业出版社, 2007.8
电气自动化专业高技能型人才教学用书
ISBN 978-7-111-21881-4

I . P… II . ①孙…②李… III . 可编程序控制器 - 高等
学校: 技术学校 - 教材 IV . TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 104666 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 朱 华 陈玉芝

责任编辑: 陈玉芝 马 晋 版式设计: 霍永明 责任校对: 张莉娟

封面设计: 马精明 责任印制: 杨 曦

北京机工印刷厂印刷 (北京双新装订有限公司装订)

2007 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm × 260mm · 9.25 印张 · 221 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-21881-4

定价: 16.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379083

封面无防伪标均为盗版

序

自中国加入世界贸易组织后，中国的经济飞速发展，对各层次专业人才的需求不断增加。随着经济全球化进程的不断深入，发达国家的制造能力加速向发展中国家转移，我国已成为全球的加工制造基地，这样就导致了高技能型人才的严重短缺。媒体在不断呼吁现在是“高薪难聘高素质的高技能型人才”，高技能型人才的严重短缺成为社会普遍关注的热点问题。针对这一问题，国家先后出台了《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》、《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》和《国务院关于大力发展职业教育的决定》、《关于进一步加强高技能人才工作的意见》等相关政策和法规，决定大力发展职业教育，加强高技能型人才的培养。

作为高技能型人才的重要培养基地，高职高专和高级技工学校如何突破传统的课程设置和教学模式，主动适应未来经济发展对人才的要求，已经成为非常迫切的任务。教学过程中，实训是培养高技能型人才的重要途径，而教材的质量直接影响着高技能型人才培养的质量。因此，编制一套真正适合高职高专和高级技工学校教学的实训教材迫在眉睫。

为了全面学习和贯彻国家相关文件的精神，突出“加强高技能型人才的实践能力和职业技能的培养，高度重视实践和实训环节教学”的要求，结合国家职业标准，我们编写了“电气自动化专业高技能型人才教学用书”。本套实训教材的编写特色是：

1. 教材编写以职业能力建设为核心，在职业分析、专项能力构成分析的基础上，把职业岗位对人才的素质要求，即将知识、技能以及态度等要素进行重新整合，突破传统的学科教育对学生技术应用能力培养的局限，以模块构架实训教学体系。

2. 内容上涵盖国家职业标准对各学科知识和技能的要求，从而准确把握理论知识在教材建设中“必需、够用”，又有足够技能实训内容的原则；注重现实社会发展和就业需求，以培养职业岗位群的综合能力为目标，从而有效地开展对学生实际操作技能的训练与职业能力的培养。

3. 教材结构采用模块化，一个模块包含若干个项目，一个项目就是一个知识点，重点突出，主题鲜明，打破原有的教材编写习惯，不追求知识体系的多学科扩展渗透，而追求单科教学内容单纯化和系列教材的组合效应。

4. 以现行的相关技术为基础，以项目任务驱动教学，从提出训练目的和要求开始，设定训练内容，突出工艺要领和操作技能的培养。在项目的“相关知识点析”部分，将项目涉及的理论知识进行梳理，努力使实训不依赖理论教材。将每个实训项目的训练效果进行量化，在“成绩评分标准”中对训练过程进行记录，并相应地给出量化参考标准。

5. 教材内容充分反应新知识、新技术、新工艺和新方法，具有超前性和先进性。

本套实训教材是符合当今高技能型人才培养发展方向的一个有潜在价值的教学模式，共计划 10 本，涉及电气技术和电子技术两个知识领域。

由于时间和水平有限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者批评指正。

河南省电工电子协会

前 言

根据《高技能人才培养体系建设“十一·五”规划纲要》和国家对高等职业教育发展的要求，为落实“十一·五”期间，完善高技能人才培养体系的建设，加快培养一大批结构合理、素质优良的技术技能型、复合技能型和知识技能型高技能人才，结合高等职业院校的教学要求和办学特点，我们特此编写了“电气自动化专业高技能型人才教学用书”，《PLC操作实训（三菱）》为本套丛书中的一种。

本书的主要特点是：

1. 集设计、技能训练与技术应用能力培养为一体，注重培养学生实际动手和解决工程实际问题的能力。

2. 采用“模块化”教材结构，每个模块为一个知识单元，主题鲜明，重点突出，以其良好的弹性和便于综合的特点适应实践教学环节的需求。

3. 在“相关知识点析”部分，将本项目中涉及的理论知识进行梳理，努力使学生在实训时不依赖理论教材。

4. 将每个实训项目的训练效果进行量化，在“成绩评分标准”中对训练过程进行记录，并相应地给出量化参考标准。

本书共有五个模块。其中，模块一由李伟、郭贇编写；模块二由黄金磊编写；模块三由肖海梅编写；模块四由刘万友编写；模块五由孙德胜编写。孙德胜、李伟任主编，肖海梅、郭贇任副主编，并由孙德胜负责全书的统稿工作。全书由王建主审。

在本书的编写过程中，参考了相关资料和文献，在此向有关作者表示衷心的感谢！

由于编者水平有限且时间仓促，书中难免有疏漏、错误和不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

序	
前言	
模块一 PLC 基础知识	1
项目 1.1 FX ₂ 系列 PLC 的结构及接线	1
项目 1.2 FX ₂ 系列 PLC 的选用	18
项目 1.3 MELSOFT 系列 GX-Developer 编程软件的使用	24
模块二 基本逻辑指令	36
项目 2.1 点动、连续运行控制	36
项目 2.2 抢答器控制	45
项目 2.3 传送带控制	50
项目 2.4 电动机正/反转联锁控制	55
模块三 定时器与计数器指令	61
项目 3.1 电动机的 Y - Δ 起动控制	61
项目 3.2 交通信号灯控制	65
项目 3.3 密码锁控制	71
项目 3.4 喷水池花式喷水控制	75
模块四 步进控制	86
项目 4.1 自动运料小车运行控制	86
项目 4.2 大小铁球分捡控制	92
项目 4.3 按钮式人行横道控制	98
项目 4.4 机械手控制	103
模块五 综合设计	110
项目 5.1 铣床的 PLC 控制	110
项目 5.2 自动洗衣机的 PLC 控制	117
项目 5.3 电梯的 PLC 控制	124
项目 5.4 水玻璃炉的换向控制	131
参考文献	139

模块一 PLC 基础知识

项目 1.1 FX₂ 系列 PLC 的结构及接线

项目目的

- 1) 通过实训使学生明确 FX₂ 可编程序控制器的软硬件工作环境。
- 2) 掌握输入/输出设备的接线。
- 3) 了解 PLC 技术应用的一般方法。

项目内容

一小车自动往返控制系统如图 1-1 所示，其控制要求如下：

1) 按起动按钮 SB，小车电动机 M 正转，小车前进；当碰到限位开关 SQ1 后，小车电动机 M 反转，小车后退。

2) 小车后退碰到限位开关 SQ2 后，小车电动机 M 停转，小车停止；暂停 5s 后，小车再转向前进，当碰到限位开关 SQ3 后开始后退。

3) 小车后退，再次碰到限位开关 SQ2 时，小车停止。延时 5s 后重复上述动作。

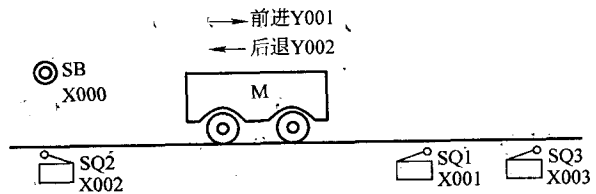


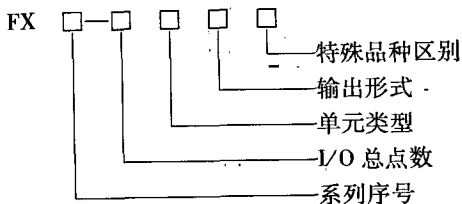
图 1-1 小车自动往返控制系统

相关知识点析

可编程序控制器的种类繁多、型号各异。以三菱电机公司的 FX 系列 PLC 为例，先说明其型号格式及各项意义。

一、型号及意义

FX 系列可编程序控制器的型号及意义如下：



- 1) 系列序号：0、2、ON、2C，即 FX₀、FX₂、FX_{ON}、FX_{2C}。
- 2) I/O 总点数：14 ~ 256 点。

3) 单元类型:

M——基本单元。

E——输入输出混合扩展单元及扩展模块。

EX——输入专用扩展模块。

EY——输出专用扩展模块。

4) 输出形式:

R——继电器输出。

T——晶体管输出。

S——晶闸管输出。

5) 特殊品种区别:

D——DC 电源, DC 输入。

AI——AC 电源, AC 输入。

H——大电流输出扩展模块。

V——立式端子排的扩展模块。

C——接插口输入输出式。

F——输入滤波器具 ms 的扩展模块。

L——TTL 输入型扩展模块。

S——独立端子(无公共端)扩展模块。

若特殊品种区别一项无符号,说明通指 AC 电源, DC 输入, 横式端子排; 继电器输出 2A/1 点; 晶体管输出 0.5A/1 点; 晶闸管输出 0.3A/1 点。

综上所述, FX 系列 PLC 分为 FX₀、FX₂、FX_{0N}、FX_{2C} 四大类。这四大类均由基本单元、扩展模块扩展单元及特殊功能单元构成。基本单元是 PLC 的主要单元, 由 CPU、存储器、I/O 和电源组成, 用于扩展 I/O 点数; 扩展模块用于增加 I/O 点数和改变 I/O 点数的比例, 内部无电源, 由基本单元和扩展单元供给。而扩展单元和扩展模块内部没有 CPU, 因此必须与基本单元一起使用; 特殊功能单元是一些具有特殊用途的装置。

FX₂ 系列 PLC 是三菱电机公司在 1991 年, 继 F、F₁、F₂ 系列之后推出的产品, 是目前运行速度最快的小型 PLC 之一。FX₀ 是在 FX 之后推出的超小型 PLC, 之后又推出了 FX_{0N} (超小型的标准 PLC) 和加强型的小机型 FX_{2C}。下面以小型 FX₂ 系列 PLC 为例介绍 PLC 的硬件及软件组成。图 1-2 所示为 PLC 的原理框图。

二、硬件组成

1. CPU (Central Process Unit)

它是 PLC 的核心组成部分, 它在 PLC 系统中的作用类似于人体的神经中枢, 故称为“电脑”。其功能是:

- 1) PLC 中系统程序赋予的功能, 接收并存储从编程器输入的用户程序和数据。
- 2) 用扫描方式接收现场输入装置的状态, 并存入输入映像寄存器。

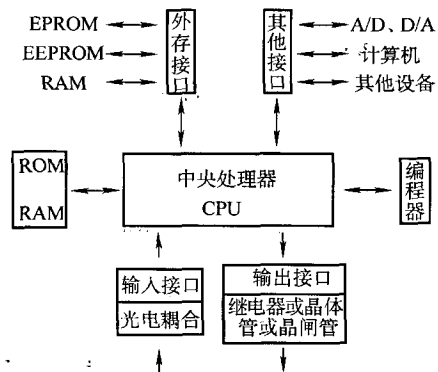


图 1-2 PLC 的原理框图

3) 诊断电源、PLC 内部电路工作状态和编程过程中的语法错误。

4) 在 PLC 进入运行状态后, 从存储器中逐条读取用户程序, 按指令规定的任务, 产生相应的控制信号, 去启动和关闭有关控制电路; 分时分渠道地执行数据的存取、传送、组合、比较和变换等动作, 完成用户程序中规定的逻辑或算术运算等任务; 根据运算结果, 更新有关标志位的状态和输出映像寄存器的内容; 再由输出映像寄存器的位状态或数据寄存器的有关内容, 实现输出控制、制表、打印或数据通信等。

2. 系统程序存储器

它用以存放系统工作和程序(监控程序)、模块化应用功能子程序、命令解释、功能子程序的调用管理程序以及按对应定义(I/O、内部继电器、计时/计数器、移位寄存器等)存储器各种系统参数等功能。

3. 用户存储器

用以存放用户程序。PLC 的用户存储器通常以 B (16bit/B) 为单位来表示存储容量。同时, 由于系统程序直接关系到 PLC 的性能, 不能由用户直接存取。因而, 通常 PLC 产品资料中所指的存储器类型或存储方式及容量, 是对于用户程序存储器而言的。

常用的存储器类型或存储方式有 CMOSRAM、EPROM 和 EEPROM。信息外存常用盒式磁带和磁盘。

CMOSRAM 存储器是一种中高密度、低功耗、价格便宜的半导体存储器, 可用锂电池作备用电源。一旦交流电源停电, 用锂电池来维持供电, 可保存 RAM 内停电前的数据。锂电池寿命一般为 1~5 年。

EPROM 存储器是一种常用的只读存储器, 写入时加高电平, 擦除时用紫外线照射。

EEPROM 存储器是一种可用电改写的只读存储器。

4. 输入输出元件 (I/O 模块)

I/O 模块是 CPU 与现场 I/O 装置或其他外部设备之间的连接部件。PLC 提供了各种操作电平与驱动能力的 I/O 模块和各种用途的 I/O 元件供用户选用。如输入/输出电平转换、电气隔离、串/并行转换、数据传送、误码校验、A/D 或 D/A 转换以及其他功能模块等。I/O 模块将外部输入信号转换成 CPU 能接受的信号, 或将 CPU 的输出信号转换成需要的控制信号去驱动控制对象, 以确保整个系统正常工作。

5. 编程器

编程器适用于用户程序的编制、编辑、调试检查和监视, 还可以通过其键盘去调用和显示 PLC 的一些内部状态和系统参数。它通过通信端口与 CPU 联系, 完成人机对话连接。编程器上有供编程用的各种功能键和显示灯, 以及编程/监控转换开关。编程器的键盘采用梯形图语言键符或命令语言助记键符, 也可以采用软件指定的功能键符, 通过屏幕对话方式进行编程。

编程器分为简易型和智能型两类。前者只能联机编程, 而后者既可联机编程, 又可脱机编程。同时, 前者只能输入指令语言, 而后者既可输入指令语言, 又可直接输入梯形图。根据不同档次的 PLC 产品, 选配相应的编程器。

6. 外部设备

一般 PLC 都配有盒式录音机、打印机、EPROM 写入器、高分辨率屏幕彩色图形监控系统等外部设备。

7. 电源

根据 PLC 的设计特点, 它对电源并无特殊需求, 可使用一般的工业电源。

三、软件组成

在可编程序控制器中, 软件分为两大部分: 系统监控程序和用户程序。

1. 系统监控程序

系统监控程序是每一个可编程序控制器成品必须包括的部分, 是由可编程序控制器的制造者编制的。用于控制可编程序控制器本身的运行, 可将其分成以下几个部分: 系统管理程序, 用户指令解释程序和编辑程序, 标准程序模块和系统调用。

(1) 系统管理程序 它是系统监控程序中最重要的一部分, 分为三部分:

第一部分是运行管理, 控制可编程序控制器何时输入、何时输出、何时运算、何时自检、何时通信等, 并进行时间上的分配管理。

第二部分是进行存储空间的管理, 即生成用户元件, 由它规定各种参数、程序的存放地址, 将用户使用的数据参数存储地址转化为实际的数据格式及物理存放地址。它将有限的资源变为用户可直接使用的很方便的元件。例如, 它将有限个数的 CTC 扩展为几十上百个用户时钟和计数器。通过这部分程序, 用户看到的就不是实际机器的存储地址和 PIO、CTC 的地址, 而是按照用户数据结构排列的元件空间和程序存储空间。

第三部分是系统自检程序, 它包括各种系统出错检验、用户程序语法检验、句法检验和警戒时钟运行等。

(2) 用户指令解释程序和编辑程序 任何计算机最终都是根据机器语言来执行的, 而机器语言的编制又是很麻烦的。为此, 在可编程序控制器中采用梯形图编程, 将人们易懂的梯形图程序变为机器能懂的机器语言程序, 这就是解释程序的任务。它将梯形图程序逐条翻译成相应的一串机器语言, 然后通过 CPU 完成这一步的功能。

事实上, 为了节省内存, 提高解释速度, 用户程序是以内码的形式存储在可编程序控制器中的。用户程序变为内码形式的这一步是通过编辑程序实现的, 它可以插入、删除、检查、查错用户程序, 方便程序的调试。

(3) 标准程序模块和系统调用 这部分是由许多独立的程序块组成的, 各自能完成不同的功能, 有些完成输入、输出, 有些完成特殊运算等。可编程序控制器的各种具体工作都是由这部分程序来完成的。这部分程序的多少, 就决定了可编程序控制器性能的强弱。

整个系统监控程序是一个整体, 它的质量好坏很大程度上影响了可编程序控制器的性能。因为通过改进系统监控程序就可在不增加任何硬件设备的条件下大大改善可编程序控制器的性能。因此, 国外的可编程序控制器厂家对系统监控程序的编制非常重视, 在实际售出的产品中, 其系统监控程序一直在不断地完善。

2. 用户程序

用户程序是可编程序控制器的使用者编制的针对控制问题的程序。它是用梯形图或某种可编程序控制器指令的助记符编制而成的, 可以是梯形图、指令表、高级语言、汇编语言等, 其助记符形式随可编程序控制器型号的不同而略有不同。用户程序是线性地存储在监控程序指令的存储区间内的, 它的最大容量也是由系统监控程序限制的。

四、用户环境

用户环境是由系统监控程序生成的。它包括用户数据结构、用户元件区分配、用户程序

存储区、用户参数、文件存储区等。

1. 用户数据结构

用户数据结构主要分为三类：

第一类为位数据。这一类是逻辑量，其值为“0”或“1”。最原始的可编程控制器中处理的就是这类数据，至今还有不少低档可编程控制器仅能作这类处理。它表示触头的通、断，线圈的通、断，标志的 ON、OFF 状态等。

第二类为字数据。其数制、位长、形式都有很多形式。为使用方便，通常都采用 BCD 码的形式。在 FX₂、A 系列中采用 4 位 BCD 码，双字采用 8 位 BCD 码。书写时若为十进制数就冠以 K（例如 K789）；若为十六进制数就冠以 H（例如 H789）。实际处理时还可选用八进制、十六进制、ASC II 码的形式。在 FX₂ 系列内部，常数都是以原码二进制形式存储的，所有四则运算（+、-、×、÷）和加 1/减 1 指令等在 PLC 中全部按 BIN 运算。因此，BCD 码数字开关的数据输入 PLC 时，要用 BCD→BIN 转换传送指令。向 BCD 码的七段数码管或其他显示器输出时，要用 BIN→BCD 转换传送指令。但用功能指令如 FNC72（DSW）、FNC74（SEGL）及 FNC75（ARWS）时，BCD/BIN 的转换由指令自动完成。

由于对控制精度的要求越来越高，近年来可编程控制器中开始采用浮点数，它极大地提高了数据运算的精度。

第三类为字与位的混合，即同一个元件有位元件又有字元件。例如 T（定时器）和 C（计数器），它们的触头为位，而设定值寄存器和当前值寄存器又为字。

2. 逻辑元件

用户使用的每一个输入输出端子及内部的每一个存储单元都称为逻辑元件。各种元件都有不同的功能和固定的地址。元件的数量是由系统监控程序规定的，它的多少就决定了可编程控制器整个系统的规模及数据处理能力。每一种可编程控制器的元件数量都是有限的。下面介绍 FX₂ 系列 PLC 部分元件的功能。

(1) 输入继电器（X0～X177） PLC 的输入端子是从外部开关接收信号的窗口。与输入端子连接的输入继电器（X）是光电隔离的电子继电器，其常开触头和常闭触头的使用次数不限，在 PLC 中可自由使用，如图 1-3 所示。

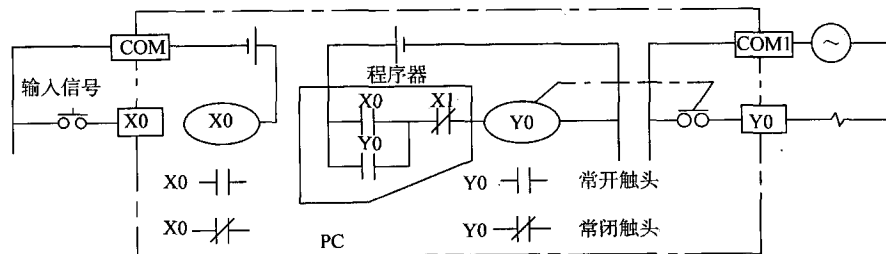


图 1-3 输入输出继电器的等效电路

FX₂ 的输入继电器最多可达 128 点，且不能用程序驱动。注意，输入继电器编号为八进制，如 X0～X7，X10～X17 等。

(2) 输出继电器（Y0～Y177） PLC 的输出端子是向外部负载输出信号的窗口。输出继电器的外部输出触头（继电器触头、双向晶闸管 SSR、晶体管等输出元件）接到 PLC 的

输出端子上。输出继电器的电子常开触头和常闭触头的使用次数不限,在 PLC 中可自由使用,如图 1-3 所示。然而其外部输出触头(输出元件)与内部触头的动作有所不同。

FX₂ 的输出继电器最多可达 128 点,且编号为八进制,如 Y0 ~ Y7, Y10 ~ Y17 等。

扩展单元和扩展模块的输入/输出元件与基本单元连接并采用八进制编号。

输入、输出虽然各有 128 点,但能用的点数不到 128 点。在使用 FX₂-8ER 或 FX₂-24MR 时,虽然有 4/4 个 I/O 点为虚设点,但计算 I/O 总点数时应将其计入。

基本单元和扩展单元都有输入端子(上端)和输出端子(下端)。与此对应,输入或输出专用扩展模块上下均有输入或输出端。上端的元件号小,下端的元件号接着上端的元件号。

(3) 辅助继电器 (M) PLC 内有很多辅助继电器。辅助继电器的线圈与输出继电器一样,由 PLC 内各软元件的触头驱动。辅助继电器的电子常开和常闭触头的使用次数不限,在 PLC 内可以自由使用,如图 1-4 所示。但是,这些触头不能直接驱动外部负载。外部负载的驱动必须由输出继电器实行。

在逻辑运算中经常需要一些中间继电器作为辅助运算。这些元件不直接对外输入、输出,经常用作状态暂存、移动运算等。它的数量常比 X、Y 多。另外,还有一类特殊的辅助继电器,它有各种特殊的功能,如定时时钟、进/借位标志、起动/停止、单步运行、通信状态和出错标志等。这类元件数量的多少,在某种程度上反映了可编程序控制器功能的强弱,能对编程提供许多方便。

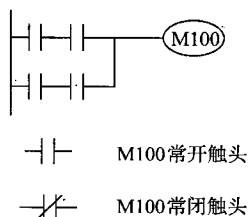


图 1-4 辅助继电器电路

1) 通用辅助继电器 M0 ~ M499 (500 点)。通用辅助继电器有 500 点,其元件号按十进制编号 (M0 ~ M499)。

注:除输入/输出继电器 X/Y 外,其他所有软元件的元件号均按十进制编号。

2) 停电保持辅助继电器 M500 ~ M1023 (524 点)。PLC 在运行中若发生停电,则输出继电器和通用辅助继电器全部为断开状态。再运行时,除 PLC 运行时就已接通 (ON) 的以外,其他仍断开。而根据不同的控制对象,有的需要保存停电前的状态,并在再运行时再现该状态的情形。停电保持辅助继电器(又名保持继电器)就用于这种目的。停电保持由 PLC 内装的后备电池支持。

图 1-5 所示的是具有停电保持功能的辅助继电器的例子。在此电路中, X0 接通后, M600 动作,其后即使 X0 再断开, M600 的状态也能保持。因此,若因停电导致 X0 断开,再运行时, M600 也能保持动作。但是, X1 的常闭触头若断开, M600 就复位。

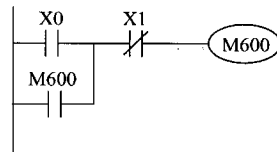


图 1-5 失电保护电路

SET、RST 指令可通过瞬时动作(脉冲)使继电器状态保持。

3) 特殊辅助继电器 M8000 ~ M8255 (256 点)。PLC 内有很多特殊辅助继电器,这些特殊辅助继电器各自具有特定的功能,可以分成以下两大类:

①只能利用其触头的特殊辅助继电器。其线圈由 PLC 自动驱动,用户只可以利用其触头。例:

M8000: 运行 (RUN) 监控 (PLC 运行时接通)。

M8002: 初始脉冲 (仅在运行开始瞬间接通)。

M8012: 100ms 时钟脉冲。

②可驱动线圈的特殊辅助继电器。用户驱动线圈后, PLC 作特定动作。例:

M8030: 使 BATT LED (锂电池欠电压指示灯) 熄灭。

M8033: PLC 停止时输出保持。

M8034: 禁止全部输出。

M8039: 定时扫描。

注: 未定义的特殊辅助继电器不可以在用户程序中使用。

(4) 状态元件 (S) 在步进顺控系统的编程中, 状态元件 (S) 是重要的软元件。它与后述的步进顺控指令 STL 组合使用。有以下四种类型: 初始状态: S0 ~ S9 (10 点); 回零: S10 ~ S19 (10 点); 通用: S20 ~ S499 (480 点); 保持: S500 ~ S899 (400 点)。

图 1-6 所示为顺序步进型控制。

启动信号 X0 一接通, S20 就置位 (ON)。同时, 下降电磁阀 Y0 动作。随后, 下限位开关 X1 变为 ON, 状态 S21 置位 (ON), 夹紧电磁阀 Y1 动作。夹紧确认限位开关 X2 变为 ON, 状态 S22 置位 (ON)。随着状态动作的转移, 原来的状态自动复位 (OFF)。

各状态元件的常开和常闭触头在 PLC 内可以自由使用, 使用次数不限。不用步进顺控指令时, 状态元件 (S) 可作为辅助继电器 (M) 在程序中使用。

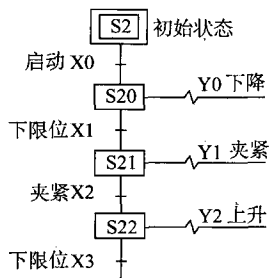


图 1-6 顺序步进型控制

(5) 报警器 (S) 作报警器用的状态元件: S900 ~ S999 (100 点)。一部分的状态元件可用作外部故障诊断输出。

(6) 指针 (P/I)

1) 分支指令用指针 P0 ~ P63 (64 点)。如图 1-7 所示, CJ、CALL 等分支指令是为了指定跳转目标, 用指针 P0 ~ P63 作为标号。而 P63 表示跳转至 END 指令步的意思。

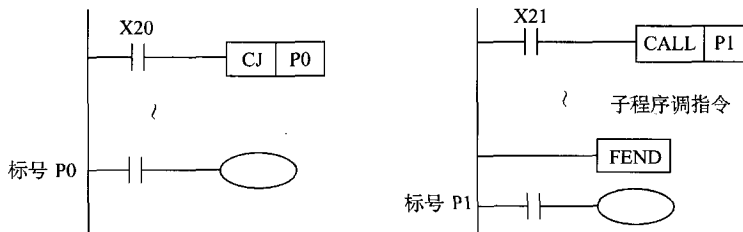


图 1-7 分支指令用指针

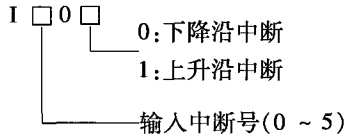
X20——接通 (ON), 程序就向标号 P0 的步序跳转。

X21——接通 (ON), 程序就执行在 FEND 指令后标号为 P1 的子程序, 并根据 SRET 指令返回。

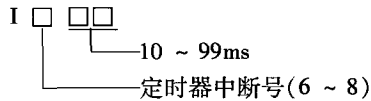
在编程时, 标号不能重复使用。

2) 中断用指针 I0□□ ~ I8□□ (9 点)。

其中, 输入中断指针的编号意义如下:



定时器中断指针的编号意义如下:



每个输入和定时器只能用 1 次。

例如, I001 为输入 X0 从 OFF→ON 变化时, 执行由该指针作为标号后面的中断程序, 并根据 IRET 指令返回。

例如, I610 即为每隔 10ms 就执行标号 I610 后面的中断程序, 并根据 IRET 指令返回。

注意:

- ① 中断指针必须编在 FEND 指令后面作为标号。
- ② 断点数不能多于 9 点。
- ③ 中断嵌套级不多于 2 级。
- ④ 中断指针中百位数上的数字不可重复使用。譬如, 用了 I100 就不能用 I101, 用了 I610 就不能用 I620。
- ⑤ 用于中断的输入端子, 就再也不能用于 SPD 指令或其他高速处理。

(7) 定时器 (T) (字、位) 定时器在可编程序控制器中的作用相当于一个时间继电器, 它有一个设定值寄存器 (字)、一个当前值寄存器 (字) 以及无数个触头 (位)。对于每一个定时器, 这三个量使用同一名称, 但使用场合不一样, 其所指内容也不一样。通常一个可编程序控制器中有几十至数百个定时器, 可用于定时操作。

1) 定时器的动作及元件号。在 PLC 内, 定时器是根据时钟脉冲累积计时的。时钟脉冲有 1ms、10ms、100ms, 当所计时间到达设定值时, 输出触头动作。

定时器可以用用户程序存储器内的常数 K 作为设定值, 也可将后述的数据寄存器 (D) 的内容用作设定值。在后一种情况下, 一般使用有停电保持功能的数据寄存器。即便如此, 若锂电池电压降低, 定时器、计数器均可能发生误动作, 需加注意。定时器的元件号及其设定值和动作如下:

- ① 定时器 (T0 ~ T245)。100ms 定时器 T0 ~ T199 (200 点): 设定值 0.1 ~ 3276.7s;
- 10ms 定时器 T200 ~ T245 (46 点): 设定值 0.01 ~ 327.67s。

如图 1-8 所示, 定时器线圈 T200 的驱动输入 X0 接通时, T200 的当前值计数器以 10ms 的时钟脉冲进行累积计数, 当该值与设定值 K123 相等时, 定时器的输出触头接通, 即输出触头是在驱动线圈后的 1.23s 时动作。

驱动输入 X0 断开, 或发生停电时, 计数器就复位, 输出触头也复位。

注: 若在子程序和中断程序中, 使用 T192 ~ T199, 则在执行 END 指令时出现计时值变更。当到达设定值后在执行线圈指令或 END 指令时, 定时器的输出触头接通。

其他定时器在子程序中不能正确定时。

②积算定时器 (T246 ~ T255)。1ms 积算定时器 T246 ~ T249 (4 点): 设定值 0.001 ~ 32.767s; 中断动作; 100ms 积算定时器 T250 ~ T255 (6 点): 设定值 0.1 ~ 3276.7s, 中断动作。

如图 1-9 所示, 定时器 T250 线圈的驱动输入 X1 接通时, 其当前值计数器开始累积 100ms 的时钟脉冲的个数, 当该值与设定值 K345 相等时, 定时器的输出触头接通。

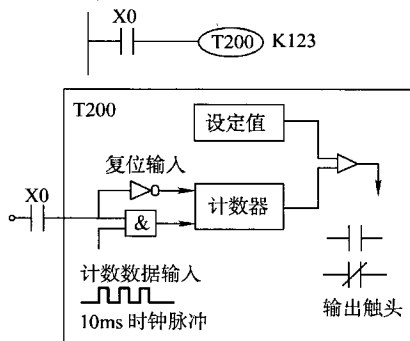


图 1-8 定时器示意图 (一)

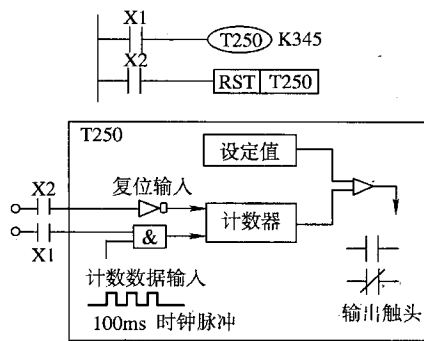


图 1-9 定时器示意图 (二)

计数中途, 即使输入 X1 断开或发生停电, 当前值也可以保持。输入 X1 再接通或复电时, 计数继续进行, 其累积时间为 34.5s 时触头动作。

当复位输入 X2 接通时, 计数器就复位, 输出触头也复位。

注: 若在子程序中或中断程序中使用中断定时类型的 1ms 定时器, 在到达设定值后, 执行该定时器第一个线圈指令时, 输出触头就接通。

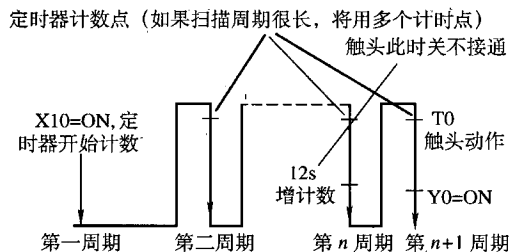
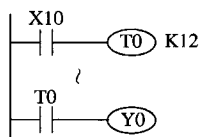


图 1-10 定时器动作时序

2) 触头的动作时序及精度

如图 1-10 所示, 定时器在其线圈被驱动后开始计时, 到达设定值后, 在执行第一个线圈指令时输出触头动作。

因此, 从驱动定时器线圈到其触头动作, 计时触头的动作精度大致可用 $t \pm T_0$ 表示。其中, t_1 : 1ms、10ms、100ms, 定时器对应的时间分别为 0.001s、0.01s、0.1s; t : 定时器设定时间, 单位为 s; T_0 : 扫描周期, 单位为 s。

如果编程时定时器触头应用指令写在线圈指令之前, 在最坏的情况下, 定时器线圈触头动作误差为 $\pm 2T_0$ 。

但当定时器的设定值为 0 时, 在下一个扫描周期执行线圈指令时输出触头动作。

另外, 1ms 定时器在执行线圈驱动指令后, 以中断方式对 1ms 时钟脉冲计数。

定时器的详细动作如图 1-11 所示。

(8) 计数器 (C) (字、位)

1) 内部信号计数器。内部信号计数器是在执行扫描操作时对内部元件 (如 X、Y、M、S、T 和 C) 的信号进行计数的计数器。因此, 其接通 (ON) 时间和断开 (OFF) 时间应比

PLC 的扫描周期稍长，通常其输入信号周期大约为几个扫描周期。

①16 位增计数器。有两种类型的 16 位二进制增计数器：通用：C0 ~ C99（100 点）；停电保持用：C100 ~ C199（100 点）。其设定值在 K1 ~ K32767 之间。

如图 1-12 所示，X11 为计数输入，每次 X11 接通时，计数器当前值增 1。当计数器的当前值为 10 时，即计数输入达到第 10 次时，计数器 C0 的输出触头接通，之后即使输入 X11 再接通，计数器的当前值都保持不变。

当复位输入 X10 接通（ON）时，执行 RST 指令，计数器当前值复位为 0，输出触头也断开（OFF）。

计数器的设定值，除了可由常数 K 设定外，还可间通过指定数据寄存器的元件号来设定。如指定 D10，而 D10 的内容为 123，则与设定 K123 等效。

如果将大于设定值的数置入当前值寄存器（例如用 MOV 指令），则当计数输入端接通（ON）时，计数器继续计数。其他计数器也是如此。

②32 位双向计数器。有两种 32 位的增/减计数器：通用计数器：C200 ~ C219（20 点）；保持计数器：C220 ~ C234（15 点）。

其设定值为 $K - 2147483648 \sim K + 2147483647$ ，计数的方向由特殊辅助继电器 M8200 ~ M8234 设定。如特殊辅助继电器接通（置 1）时为减计数，否则为增计数。

如图 1-13 所示，用 X14 作为计数输入，驱动 C200 线圈进行增计数或减计数。

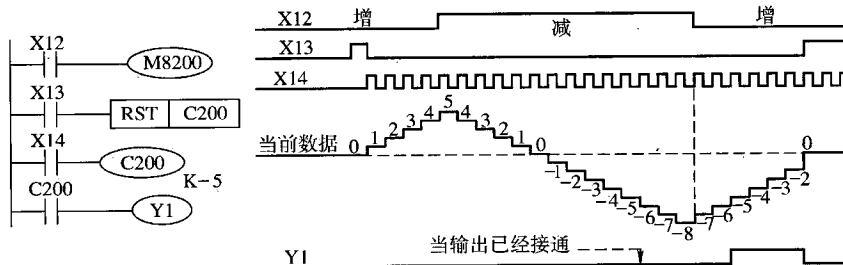


图 1-13 双向计数器示意图

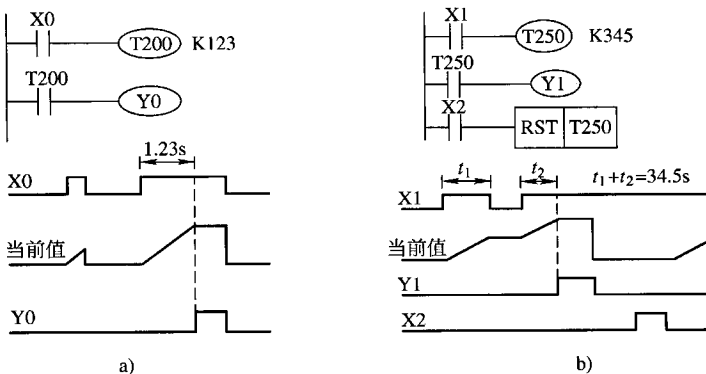


图 1-11 定时器动作

a) 非积算型定时器 b) 积算型定时器

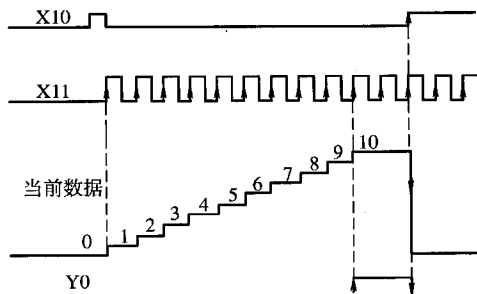


图 1-12 梯形图和动作时序