

电气工程师速成系列教程

PLC、现场总线 及工业网络实用技术速成



深入内涵 全盘分析 一步到位

姚福来 孙鹤旭 等编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

电气工程师速成系列教程

PLC、现场总线及工业网络实用技术速成

姚福来 孙鹤旭 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书对电气自动化、仪器仪表、过程控制、机械自动化等相关专业在实际工作中最常用的 PLC、现场总线和工业网络技术进行了深入浅出的讲解,在对最常用的三个 PLC 品牌(西门子、欧姆龙、三菱)进行讲解的基础上,以案例为导向,重点对西门子 PLC 的 MPI 总线、DP 总线、工业以太网、PPI 点到点通信、自由口、RS232、RS485 进行了直接面向应用的讲解,本书力图使学习者在短期内基本掌握实际工作中最常用的一些实用知识,为自动化专业大专毕业生及爱好者快速进入实战状态提供帮助。本书可作为自动化专业的短期速成培训教材或自学教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

PLC、现场总线及工业网络实用技术速成 / 姚福来等编著. —北京: 电子工业出版社, 2011.6

(电气工程师速成系列教程)

ISBN 978-7-121-13633-7

I. ①P… II. ①姚… III. ①可编程序控制器—教材 ②总线—技术 ③计算机网络—应用—工业技术—教材
IV. ①TP332.3 ②TP336 ③TB-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 097856 号

策划编辑: 康 霞

责任编辑: 谭丽莎 文字编辑: 王凌燕

印 刷: 北京市顺义兴华印刷厂

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 21.75 字数: 487.2 千字

印 次: 2011 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

在当前的自动化类相关参考书中,大多数为针对单一种类设备或几个主要种类设备的讲解性图书,如专讲 PLC、变频器、组态软件类的,或是对这几类设备的混合讲解,尚缺乏对整个自动化工程进行完整、系统地讲解的图书,而学校也没有针对自动化工程进行系统的培训,所以造成当前毕业生虽然学了很多理论知识,也做了不少课堂试验,但是一接触到实际工作,可能连如何配线或使用什么工具配线都不知道,更不知如何进行器件选型,基于此,我们组织编写了本套丛书——电气工程师速成系列教程。本套丛书的目的就是要搭建这样一座桥梁:只要读者学习完本套书,基本上可以对绝大部分自动化类工程有一个完整的、清晰的整体系统概念,并能独立完成从最基本的系统设计、原件选型、生产组装、软件编程到最后的调试。

本分册对读者最常用的 PLC、现场总线和工业网络技术进行了深入浅出的讲解,在对最常用的三个 PLC 品牌(西门子、欧姆龙、三菱)进行讲解的基础上,以案例为导向,重点对西门子 PLC 的 MPI 总线、DP 总线、工业以太网、PPI 点到点通信、自由口、RS232、RS485 进行了直接面向应用的讲解,本书力图使读者在短期内基本掌握实际工作中最常用的一些实用知识。

PLC 是目前应用最广泛的控制装置,它的功能非常强大,它的使用手册也很厚,有些 PLC 的使用手册甚至有 6~7 本,对于很多新手来说可能觉得需要掌握的知识太多而难以上手,也有很多学生学了很多学时的课,但一接触实际就不知如何下手,其实掌握它的方法根本就没有那么复杂,也许只需要 1~2 天就可以学会它,关键是学习方法和学习内容的安排,本书作为作者博士工作的一个组成部分,在大量工程实践的基础上,提炼出 PLC、现场总线和工业网络技术最基本的应用知识和使用方法,并进行案例讲解,为相关读者快速进入实战学习提供帮助。

本书作者一直从事自动化工程、自动化设备、自动化生产线的研究、设计、实施和调试工作将近 20 余年,所做过的自动化工程、自动化项目、国家和省市级的科研项目及技术发明近 200 余项,有坚实的理论基础和丰富的实践经验。

本书由姚福来研究员、孙鹤旭教授等编著,其中第 1 章 1.1.1 节~1.1.6 节内容由杨鹏教授编写;第 2 章的部分内容由张艳芳高级工程师、姚泊生工程师和杨洪志工程师编写;第 3 章的部分内容由张艳彬、王红霞工程师和赵哲讲师编写;第 4 章的内容由曾先志高级工程师编写;第 5 章 5.1 节~5.4 节由孙鹤旭教授编写;第 15 章的一些图片由姚雅明同学搜集并参与部分编写工作,他还负责编写了 2.9 节和 5.6 节,其余章节由姚福来研究员编写。

对于本书您有任何建议和意见可发邮件至 kangxia0411@163.com, 欢迎批评指正。

编著者
2011 年 5 月

目 录

第 1 章 PLC 的基本知识	(1)
1.1 梯形图编程方法	(3)
1.1.1 逻辑“与”指令	(3)
1.1.2 逻辑“或”指令	(3)
1.1.3 立即输出指令	(3)
1.1.4 置位指令	(4)
1.1.5 复位指令	(4)
1.1.6 数据传送指令 (MOV)	(5)
1.1.7 加法指令 (ADD)	(5)
1.1.8 减法指令 (SUB)	(5)
1.1.9 乘法指令 (MUL)	(5)
1.1.10 除法指令 (DIV)	(6)
1.1.11 计数器 C (Counter)	(6)
1.1.12 定时器 T (Timer)	(6)
1.1.13 大于等于 ($\geq$)	(7)
1.1.14 等于 (=)	(7)
1.1.15 小于 ($<$)	(7)
1.1.16 大于 ($>$)	(8)
1.1.17 小于等于 ($\leq$)	(8)
1.1.18 上升沿动作 (P)	(8)
1.1.19 下降沿动作 (N)	(8)
1.1.20 秒脉冲程序	(9)
1.1.21 PID 闭环控制	(9)
1.2 编程器及快速熟悉编程的方法	(10)
第 2 章 西门子 S7-200 PLC 快速入门	(11)
2.1 S7-200 系列 PLC 的外形	(11)
2.2 中央处理单元 (主模块) 各部分的功能	(11)
2.3 扩展模块的外形	(12)
2.4 扩展模块的连接方法	(12)

2.5	中央处理单元的接线方法及 I/O 地址	(13)
2.6	数字输入/输出扩展模块接线方法及地址分配	(14)
2.7	模拟输入/输出扩展模块接线方法及地址分配	(15)
2.8	编程设备的连接方式	(17)
2.9	PLC 的硬件配置与编程举例	(17)
2.10	S7-200 的中断事件	(26)
2.11	需要注意的指令	(28)
2.11.1	置位 (S) 和复位 (R) 指令	(28)
2.11.2	复位优先的 RS 触发器指令	(28)
2.11.3	存储区数据填充指令 FILL_N	(29)
2.11.4	程序跳转指令 JMP	(30)
2.12	浮点数的转换及使用方法	(30)
第 3 章	欧姆龙 CP1H 系列 PLC 快速入门	(31)
3.1	CP1H 系列 PLC 的外形	(31)
3.2	中央处理单元 (主模块) 各部分的功能	(31)
3.3	扩展模块的外形及连接方法	(32)
3.4	中央处理单元的接线方法及 I/O 地址	(33)
3.5	数字输入/输出扩展模块接线方法及地址分配	(34)
3.6	模拟输入/输出扩展模块接线方法及地址分配	(35)
3.7	中央处理单元和扩展单元地址的整体排列规律	(35)
3.8	编程设备的连接方式	(36)
3.9	PLC 的硬件配置与编程举例	(36)
3.10	模拟信号的使用方法与编程	(45)
3.11	程序下载	(54)
第 4 章	三菱 FX2N 小型 PLC 的快速入门	(55)
4.1	FX2N 基本单元和扩展单元的外形	(55)
4.2	FX2N 系列 PLC 的系统配置	(55)
4.2.1	FX2N 基本构成	(55)
4.2.2	FX2N 扩展配置	(56)
4.2.3	FX2N 扩展规则及地址排列规律	(57)
4.2.4	三菱 FX2N 系列 PLC 与 PC 的连接编程线	(58)
4.3	FX2N 系列 PLC 硬件配置和编程举例	(58)
4.4	FX2N 的 PID 功能	(67)

第 5 章 西门子 S7-300 PLC 快速入门	(70)
5.1 S7-300 PLC 的组成	(70)
5.2 S7-300 PLC 的组网	(71)
5.3 输入/输出扩展卡的接线布局	(72)
5.4 S7-300 可编程控制器的编程器连接及地址排列规律	(73)
5.5 STEP7 软件安装时遇到的问题及解决方法	(75)
5.6 S7-300 可编程控制器的应用案例与编程	(76)
5.7 程序的复制、上传与浮点运算	(86)
5.8 编程 PC 上通信卡的配置	(88)
5.9 不同量程的流量计如何计算总流量	(90)
第 6 章 PLC 中 PID 控制快速入门	(91)
6.1 S7-200 PLC 中 PID 的使用方法	(91)
6.2 案例	(92)
6.3 模拟输入量的滤波和模拟输出的停车保持	(95)
6.4 S7-300 可编程控制器的 PID 应用与编程	(97)
第 7 章 PLC 扩展机架的组态和编程	(103)
7.1 通过扩展模块实现单 PLC 管理 8 个以上的 I/O 模块	(103)
7.2 扩展两个机架的案例及硬件组成	(104)
7.3 扩展机架的 STEP7 硬件组态	(107)
7.4 扩展机架的 STEP7 软件编程	(118)
第 8 章 点到点 PPI 通信和自由口通信	(119)
8.1 通过 PPI 总线实现多个 S7-200 之间的通信连接	(119)
8.2 S7-200 端口 0/1 的引脚定义和功能设置	(119)
8.3 PPI 总线的网络连接方法	(121)
8.4 PPI 总线上 S7-200 之间的数据通信	(124)
8.5 自由口有线数据通信	(129)
第 9 章 MPI、DP、NET 总线的总体方案设计和通信配置	(137)
9.1 MPI 和 DP 总线的总体方案设计和通信配置	(137)
9.1.1 一个网段上接入的设备数	(138)
9.1.2 RS485 中继器占用地址	(139)
9.1.3 区段连接	(139)
9.1.4 MPI 通信速度和距离	(139)
9.1.5 DP 总线通信速度和距离	(140)

9.1.6	MPI/DP 地址分配	(141)
9.1.7	PG 电缆的总长度	(142)
9.1.8	MPI 总线和 DP 总线混合使用	(143)
9.1.9	MPI 和 DP 总线的分叉问题	(143)
9.1.10	MPI 和 DP 总线中继后的电气隔离	(145)
9.1.11	MPI 总线上 PC 的数量	(145)
9.1.12	DP 总线的光纤传输	(145)
9.1.13	一种廉价的双机热备方案	(148)
9.2	工业以太网 PROFINET 的总体方案设计	(148)
第 10 章	通过 DP 总线实现分布式控制	(154)
10.1	用 Profibus-DP 总线实现单 CPU 的分布式控制	(154)
10.2	案例	(157)
10.3	STEP7 硬件组态	(158)
10.4	STEP7 的软件编程	(173)
第 11 章	通过工业以太网实现分布式控制	(174)
11.1	通过工业以太网 PROFINET 实现分布式 I/O 控制	(174)
11.2	案例	(178)
11.3	方案	(178)
11.4	STEP7 硬件组态	(179)
11.5	STEP7 的软件编程	(198)
第 12 章	通过 MPI 总线实现多 PLC 的低成本联网监控	(199)
12.1	利用 MPI 总线实现多 PLC 的低成本联网监控	(199)
12.2	案例	(200)
12.3	方案	(200)
12.4	STEP7 硬件组态	(201)
12.5	MPI 总线上各 PLC 之间的非编程方式数据交换	(209)
12.6	MPI 总线上 PLC 之间用编程方式实现数据交换	(217)
第 13 章	利用 DP 总线实现多 PLC 的联网监控	(222)
13.1	利用 DP 总线实现多 PLC 联网监控	(222)
13.2	案例	(223)
13.3	方案	(223)
13.4	STEP7 硬件组态	(224)
13.5	不需要编程的主从 (MS) 数据交换方法	(237)

13.6	配置 CP5611 的 DP 地址	(242)
13.7	不需要编程的 DX 直接数据交换方法	(242)
13.8	在程序中使用及组织接收数据和发送数据	(246)
13.9	需要编程的打包数据接收和发送方法 (主站—从站)	(249)
13.10	需要编程的打包数据接收和发送方法 (从站—从站)	(253)
13.11	利用 CP342-5 模块实现多 PLC 的 DP 网连接	(256)
13.11.1	从站用 CP342-5 模块	(256)
13.11.2	主站和从站都使用 CP342-5 模块	(264)
第 14 章	利用工业以太网实现多 PLC 的监测与控制	(270)
14.1	利用工业以太网实现多 PLC 的监测与控制	(270)
14.2	案例	(271)
14.3	方案	(272)
14.4	STEP7 硬件组态	(272)
14.5	配置网卡	(293)
14.6	STEP7 的软件编程	(293)
14.7	利用 CP343-1 模块实现 PLC 的以太网连接	(298)
14.8	利用 CP243-1 模块实现两台 S7-200 的以太网连接	(303)
第 15 章	创新思维的简化	(320)
15.1	把新现象作为研究目标——机遇加灵感的发明方法	(320)
15.2	对已有理论和权威持怀疑态度——挑战式发明方法	(323)
15.3	修改式创新法——最容易做的方法	(328)
15.4	仿生创新法——借鉴式方法	(329)
15.5	互相激发创新法——启发式方法	(334)

第 1 章 PLC 的基本知识

PLC 是英文 Programmable Logic Controller 的简写,中文全称是可编程逻辑控制器。目前,PLC 有一体式和模块式两种外在形式,一体式是把 PLC 的电源、CPU 处理器、存储器、一定数量的 I/O 组合在一起形成一个整体,如图 1-1 (a) 所示。这种 PLC 成本较低,如西门子的 S7-200、OMRON 的 CPM1A。模块式的 PLC 是由不同功能的模块拼装组合而成,模块种类有:电源模块、CPU 模块、数字输入模块、数字输出模块、模拟输入模块、模拟输出模块、通信模块、定位模块、计数模块等,根据工程需要,把一定数量的模块组合到一个底板上(或机架)构成一个灵活拼装的 PLC,如图 1-1 (b) 所示。这种 PLC 相对于一体式 PLC 成本要高,但是功能和控制规模也更强大。

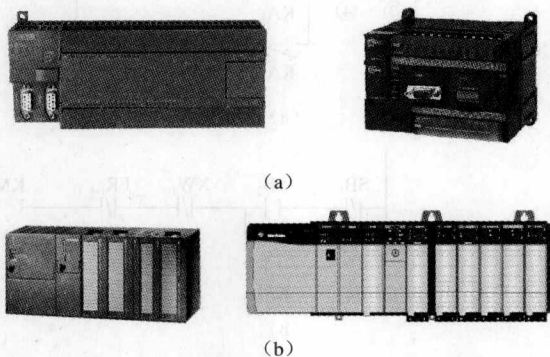


图 1-1 PLC 的外形

PLC 最早是为了把继电器控制的硬件逻辑变为可以灵活编程的软件逻辑。以一个电动机的正反转逻辑控制为例,假设该电动机的正向运行由以下几个条件逻辑构成。

- (1) 停止按钮 SB_1 没有动作,处于常闭状态;
- (2) 常开按钮 SB_2 按下, SB_2 闭合或 KM_1 已经吸合;
- (3) 阀门开限位开关 XW_1 没有动作, XW_{1-1} 闭合;
- (4) 无过载信号, FR_1 闭合。

当“ SB_1 闭合”、“ SB_2 闭合或 KM_1 吸合”、“ FR_1 闭合”、“ XW_{1-1} 闭合”这 4 个条件都满足

时, 则 KM_1 吸合, 电动机运行, 继电器逻辑如图 1-2 (a) 所示。PLC 就是为了模仿类似这些逻辑关系和动作而发明的, PLC 不需要用线路来实现这些逻辑关系, 而是用软件的方式来实
现, 上述逻辑关系在 PLC 中用梯形图表示, 如图 1-2 (b) 所示。

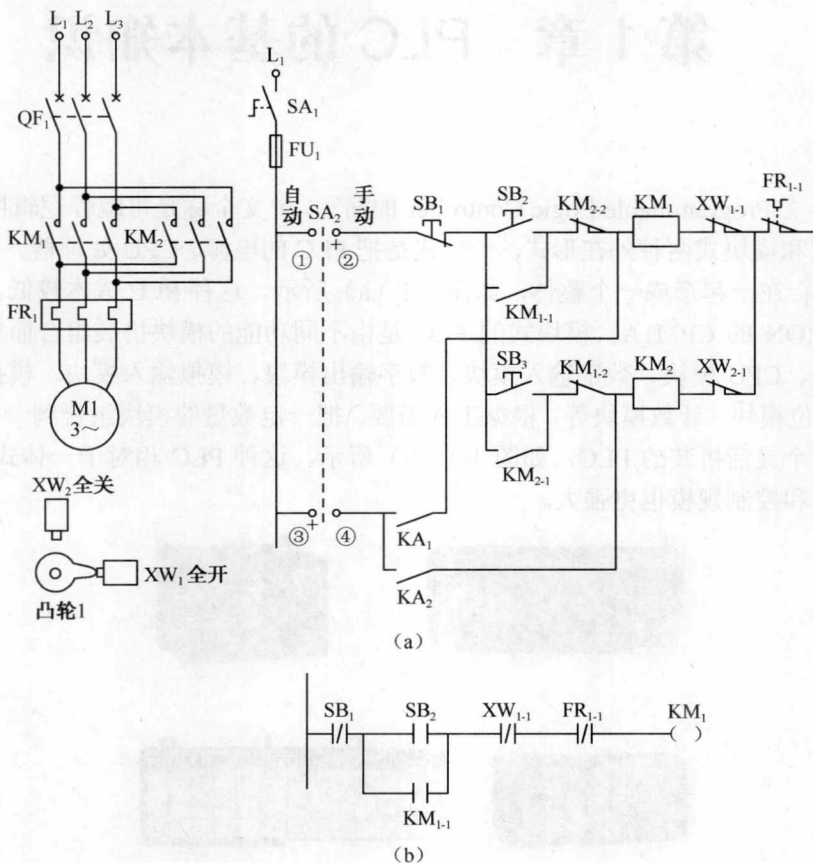
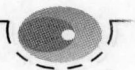


图 1-2 梯形图示例

在图 1-2 中, SB_1 、 XW_{1-1} 、 FR_{1-1} 的符号为常闭触点, SB_2 和 KM_{1-1} 的符号为常开触点, 由于 PLC 不再用实际的连线来实现这些逻辑, 所以各种逻辑关系的修改十分简单, 在 PLC 的编程器上修改一下程序, 下载到 PLC 内就行了。

PLC 常用编程方法有梯形图、语句表等, 结果是一样的, 只是表达方式不同, 梯形图与电气图的表达方式较接近, 为了让初学者快速掌握, 下面采用梯形图来讲述 PLC。由于大多数 PLC 的梯形图编程方法遵循国际电工标准的规定, 所以编程的形式基本上是大同小异的。



1.1 梯形图编程方法

1.1.1 逻辑“与”指令

只有 A “与” B 两个条件都满足, C 才有输出, 在 PLC 中的程序如图 1-3 所示, “与”逻辑关系如表 1-1 所示。

表 1-1 “与”逻辑关系

A	B	C
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

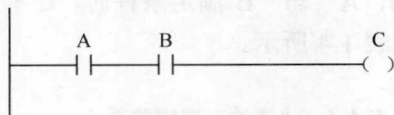


图 1-3 逻辑“与”指令

1.1.2 逻辑“或”指令

I1.0 “或” I1.1 有一个条件满足, 则 Q8.0 就有输出, PLC 的梯形图如图 1-4 所示, “或”逻辑关系如表 1-2 所示。

表 1-2 “或”逻辑关系

I1.0	I1.1	Q8.0
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

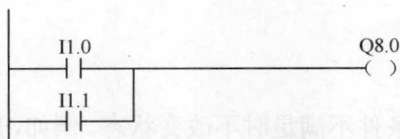


图 1-4 逻辑“或”指令

1.1.3 立即输出指令

() 表示立即输出, 其前面的条件满足就输出逻辑 1 (或高), 条件不满足就输出逻辑 0 (或低), 在 PLC 中的梯形图如图 1-5 所示, “立即输出”逻辑关系如表 1-3 所示。

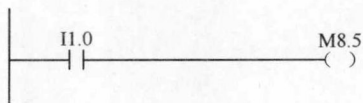
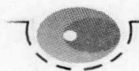


图 1-5 立即输出指令

表 1-3 “立即输出”逻辑关系

I1.0	M8.5
0	0
1	1

1.1.4 置位指令

置位(S)表示其前面的条件满足时就置1(动作);其前面的条件不满足时,维持原来的状态(高还是高,低还是低),不产生任何动作。例如,A“与”B满足条件时,C有置位动作,PLC的梯形图如图1-6所示,“置位”逻辑关系如表1-4所示。

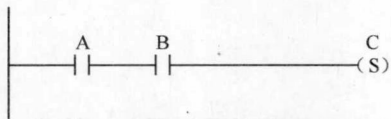


图 1-6 置位指令

表 1-4 “置位”逻辑关系

A	B	C
0	0	不变
0	1	不变
1	0	不变
1	1	1

置位输出(S)同立即输出()的区别在于,立即输出()前面条件不满足时输出低(0);而对于置位输出(S),其前面条件不满足时,不改变输出的状态。

1.1.5 复位指令

复位(R)表示其前面的条件满足时,就复位到低,条件不满足时不改变状态。例如,I128.0和Q12.0满足条件时,Q12.7复位到低位,在PLC中的梯形图如图1-7所示,“复位”逻辑关系如表1-5所示。

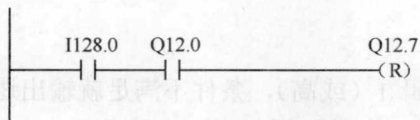
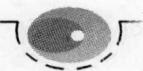


图 1-7 复位指令

表 1-5 “复位”逻辑关系

I128.0	Q12.0	Q12.7
0	0	不变
0	1	不变
1	0	不变
1	1	0



1.1.6 数据传送指令 (MOV)

如果想把模拟量 AIW256 放入存储器 MW0 中, PLC 梯形图如图 1-8 所示。

1.1.7 加法指令 (ADD)

如果想把存储器 MW2 和 MW4 中的数值相加, 结果放到数据块 DB1 的 DBW0 中去, PLC 梯形图如图 1-9 所示。

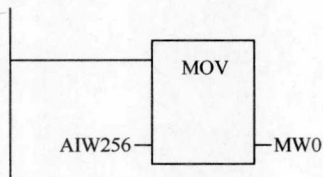


图 1-8 数据赋值

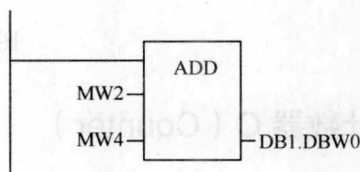


图 1-9 数据加

1.1.8 减法指令 (SUB)

如果把 MW6 减去 DB1.DBW2 的结果存入 MW8, PLC 梯形图如图 1-10 所示。

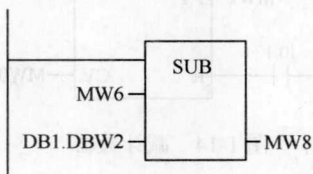


图 1-10 数据减

1.1.9 乘法指令 (MUL)

如果把数据 MW10 乘 MW0 的结果存入 MW2, PLC 梯形图如图 1-11 所示。

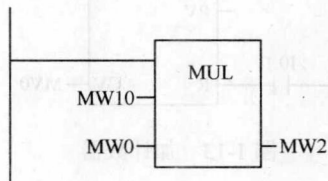


图 1-11 数据乘



1.1.10 除法指令 (DIV)

如果把数据 DB1.DBW4 除以 DB2.DBW4 的结果存入 DB3.DBW4, PLC 梯形图如图 1-12 所示。

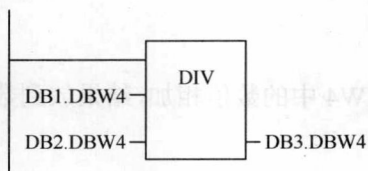


图 1-12 数据除

1.1.11 计数器 C (Counter)

如果 I0.0 每有一个上升沿脉冲, 计数器 C2 加 1, I0.1 高则计数器清零, MW0 存储当前的计数器值, 计数器 C2 为加计数器, 则 PLC 梯形图如图 1-13 所示。

如果 I0.0 每有一个上升沿, 计数器 C2 减 1, I0.1 高则计数器清零, I0.2 高则将 MW2 中的数放入计数器, MW0 存当前的计数器值, 计数器 C2 为减计数器, PLC 梯形图如图 1-14 所示。

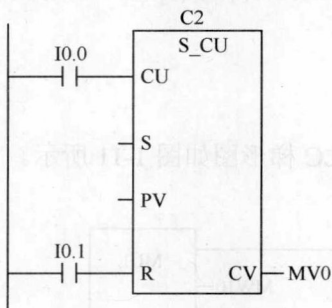


图 1-13 加计数器

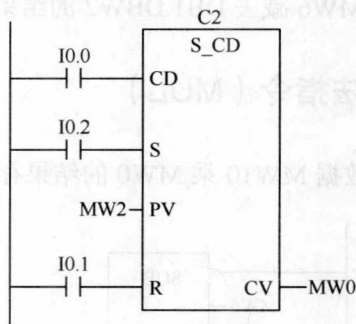


图 1-14 减计数器

1.1.12 定时器 T (Timer)

如果 M0.0 和 DB1.DBX2.0 都为高, 则定时器 T4 (3s) 启动, T4 (3s) 到时间后, 将 M0.1 复位, PLC 梯形图如图 1-15 所示。



1.1.13 大于等于 ($\geq$)

如果 MW6 大于或等于 MW256 则将 M0.7 置位, PLC 梯形图如图 1-16 所示。

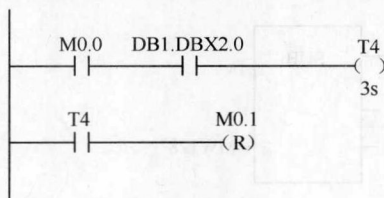


图 1-15 定时器

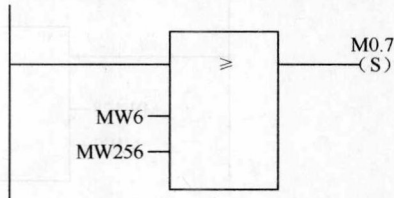


图 1-16 大于等于

1.1.14 等于 (=)

如果内部数据区 VW128 里的数等于 VW2, 则把 VW4 放入 VW100, PLC 梯形图如图 1-17 所示。

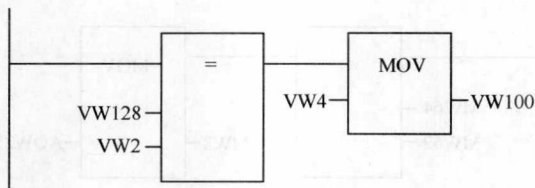


图 1-17 等于

1.1.15 小于 ($<$)

如果 MW200 里的数小于 MW240 里的数, 则将 Q12.7 置位, PLC 梯形图如图 1-18 所示。

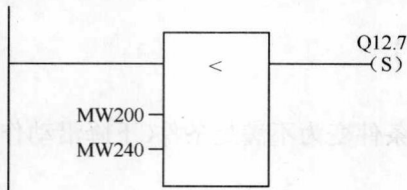


图 1-18 小于



1.1.16 大于 (>)

如果 MW128 大于 MW0, 则 MW128 减 1, 放回 MW128, PLC 梯形图如图 1-19 所示。

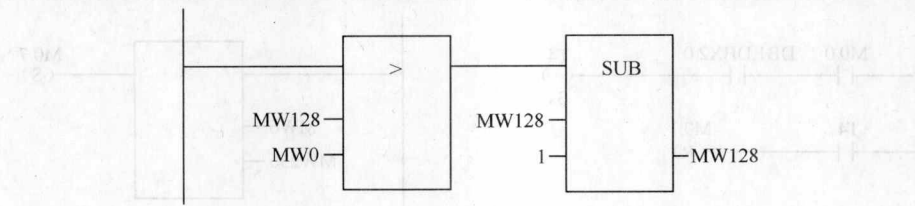


图 1-19 大于

1.1.17 小于等于 (≤)

如果 MW64 小于等于 MW62, 则 MW8 输出到模拟量 AQW256, PLC 梯形图如图 1-20 所示。

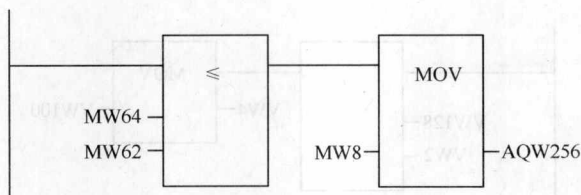


图 1-20 小于等于

1.1.18 上升沿动作 (P)

如果 I0.0 由低变高 (有上升沿), 则将 Q0.7 置高位, PLC 梯形图如图 1-21 所示。

1.1.19 下降沿动作 (N)

如果 M0.0 和 M1.1 由满足条件变为不满足条件 (下降沿动作), 则将 MW8 减 1 放回 MW8, PLC 梯形图如图 1-22 所示。