

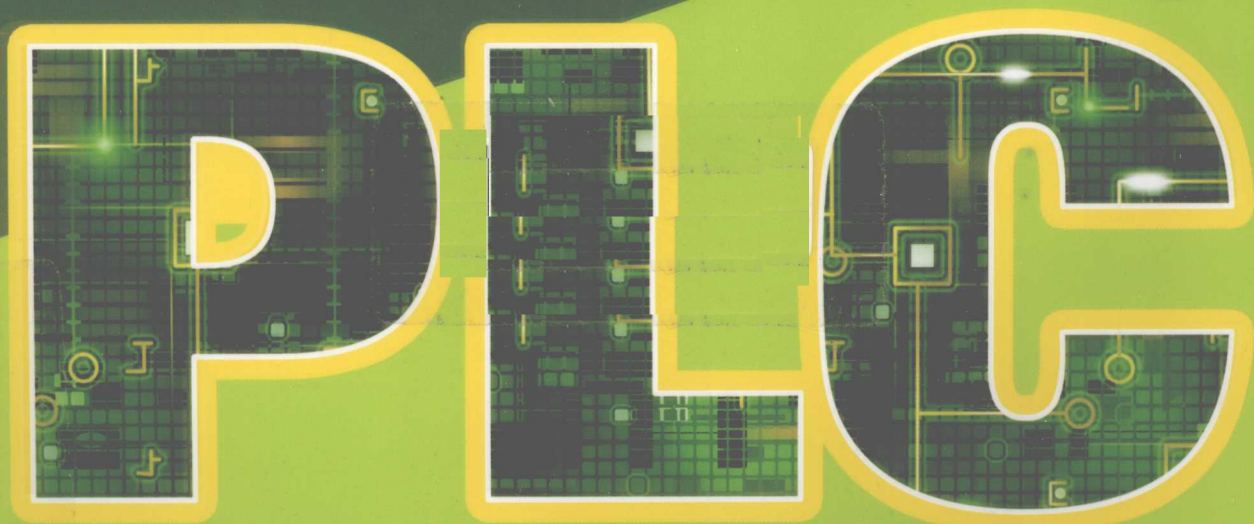
图解**PLC**技术丛书

图解

西门子S7-300/400PLC

阳胜峰 吴志敏 编著

编程技术



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

图解**PLC**技术丛书

图解

西门子S7-300/400PLC

阳胜峰 吴志敏 编著

编程技术



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书运用图解的形式,以图为主,力求文字精炼、分析步骤清晰,主要介绍了西门子 S7-300/400 PLC 的硬件模块、编程软件 STEP 7 的使用、编程基础以及 PLC 的常用指令,还重点介绍了 S7-300/400 PLC 的用户程序结构、顺序控制与 S7 GRAPH 编程、S7-300/400 PLC 在模拟量闭环控制中的应用及西门子 PLC 通信技术。

本书以大量的实例为载体,对各项目进行了具体的编程,读者通过本书的学习和练习,可以尽快、全面地掌握 S7-300/400 PLC 的应用。

本书可作为高等学校和职业院校电气自动化、机电一体化、自动化等相关专业的教材,也可供技术培训及在职技术人员自学使用。

图书在版编目(CIP)数据

图解西门子 S7-300/400 PLC 编程技术/阳胜峰,吴志敏编著. —北京:中国电力出版社,2010.5

(图解 PLC 技术丛书)

ISBN 978-7-5123-0378-2

I. ①图… II. ①阳…②吴… III. ①可编程序控制器—程序设计 IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 076733 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 7 月第一版 2010 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.5 印张 364 千字

印数 0001—3000 册 定价 32.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

自动控制技术在各行业的应用越来越广泛, PLC 技术也成为自动化相关行业的核心应用技术。西门子 S7-300/400 PLC 是目前市场占用率极高的中大型 PLC, 在冶金、化工、汽车等行业应用非常广泛。为了使广泛读者能通俗易懂地学会这种 PLC, 结合目前 PLC 使用情况, 我们特编写了本书。

本书的内容包括: 西门子 S7-300/400 PLC 的硬件模块、编程软件 STEP 7 的使用、编程基础以及常用 PLC 指令、S7-300/400 PLC 的用户程序结构、中断、顺序控制与 S7 GRAPH 编程、S7-300/400 PLC 在模拟量闭环控制中的应用, 以及西门子 PLC 网络通信技术。对于一些重点和难点, 都采用案例项目的方法, 结合仿真软件 PLCSIM 进行了具体讲解。

针对初学者的特点, 全书在编排上注意了由简及繁、由浅入深和循序渐进, 力求通俗易懂、简洁实用。

本书特点:

- 强调应用。在本书中, 介绍知识点时列举的例题都重在培养学生的应用能力, 意在学以致用。

- 内容系统。本书以 S7-300/400 PLC 初学者为对象, 从入门到提高, 结合多年的教学经验, 系统地介绍 S7-300/400 PLC 的常用功能。

- 形象生动。本书采用图解的方式, 把枯燥的被动接受变为有兴趣的学习, 使读者易于掌握, 有利于激发学习的积极性。

本书适合学习 S7-300/400 PLC 的初、中级用户, 也适合作为 PLC 培训教材, 同时还可供从事自动化行业各类人员自学使用。

本书由阳胜峰、吴志敏负责编写并统编全稿, 同时叶伟渊参与整理资料等工作, 另外彭书锋、李志斌、师红波、李左平、李正平、李加华也做了大量的工作, 在此一并表示感谢。

由于时间仓促, 书中难免存在遗漏和不足之处, 恳请广大读者提出宝贵意见。

作者

2010 年 3 月

前言

第一章 西门子 S7-300/400 PLC 可编程序控制器

- 第一节 S7-300 PLC 简介 1
- 第二节 S7-300 PLC 模块简介 4
- 第三节 S7-400 PLC 简介 13
- 第四节 S7-300/400 PLC 存储区简介 16

第二章 STEP 7 编程软件的使用

- 第一节 软件的安装 21
- 第二节 SIMATIC 管理器 25
- 第三节 STEP 7 快速入门 27

第三章 S7-300/400 PLC 编程基础

- 第一节 STEP 7 编程语言 41
- 第二节 数据类型 43
- 第三节 S7-300/400 PLC 的指令基础 47

第四章 S7-300/400 PLC 位逻辑指令

- 第一节 触点与线圈 53
- 第二节 基本逻辑指令 54
- 第三节 置位和复位指令 56
- 第四节 RS 和 SR 触发器指令 58
- 第五节 跳变沿检测指令 60

第五章 定时器与计数器的应用

- 第一节 定时器及其应用 64
- 第二节 CPU 时钟存储器的应用 78
- 第三节 计数器及其应用 80

第六章 常用功能指令

第一节	数字指令	85
第二节	算术运算指令	95
第三节	控制指令	98

第七章 S7-300/400 PLC 的用户程序结构

第一节	用户程序的结构与执行	103
第二节	数据块	110
第三节	逻辑块的结构与编程	115
第四节	不带参数功能 FC 的编程与应用	120
第五节	带参数功能 FC 的编程与应用	125
第六节	功能块 FB 的编程与应用	132
第七节	多重背景数据块的使用	142
第八节	组织块与中断处理	148

第八章 顺序控制与 S7 GRAPH 编程

第一节	顺序控制与功能图基本概念	157
第二节	顺控器设计举例	159
第三节	S7 GRAPH 的编程与应用	161
第四节	多种工作方式系统的顺序控制编程	172

第九章 S7-300/400 PLC 在模拟量闭环控制中的应用

第一节	闭环控制与 PID 调节器	177
第二节	使用系统功能块实现闭环控制	178
第三节	基于 PID 调节的恒水位控制	182

第十章 西门子 PLC 通信技术

第一节	西门子 PLC 网络	188
第二节	MPI 网络与全局数据通信	190
第三节	PROFIBUS 的结构与硬件	196
第四节	CPU31x-2DP 之间的 DP 主从通信	201
第五节	CPU31x-2DP 通过 DP 接口连接远程 I/O 站	208
第六节	CP342-5 作主站的 PROFIBUS-DP 组态应用	211
第七节	CP342-5 作从站的 PROFIBUS-DP 组态应用	215
第八节	PROFIBUS-DP 从站之间的 DX 方式通信	219
第九节	CPU31x-2DP 与 S7-200 PLC 之间的 PROFIBUS-DP 主从通信	224
第十节	CPU31x-2DP 与 MM440 变频器之间的 PROFIBUS-DP 主从通信	232

第一章

西门子 S7 - 300/400 PLC 可编程序控制器

西门子可编程控制器系列产品包括小型 PLC（S7 - 200）系列、中低性能系列（S7 - 300）和中/高性能系列（S7 - 400）。西门子 S7 家族产品 PLC 的 I/O 点数、运算速度、存储容量及网络功能趋势如图 1 - 1 所示。

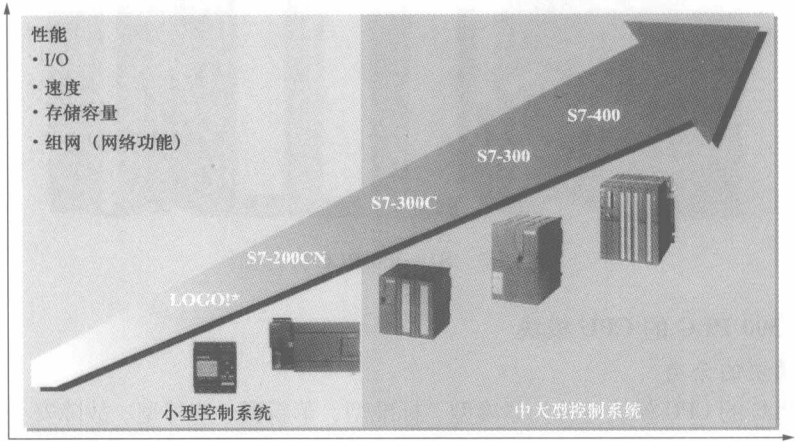


图 1 - 1 S7 家族 PLC

第一节 S7 - 300 PLC 简介

一、标准型 S7 - 300 PLC 的硬件结构

S7 - 300 PLC 为标准模块式结构化 PLC，各种模块相互独立，并安装在固定的机架（导轨）上，构成一个完整的 PLC 应用系统。

标准型 S7 - 300 PLC 的硬件结构由以下模块组成：电源单元（PS）、中央处理单元（CPU）、接口模板（IM）、信号模板（SM）、功能模板（FM）和通信模板（CP），如图 1 - 2 所示。

S7 - 300 PLC 的外形图如图 1 - 3 所示。

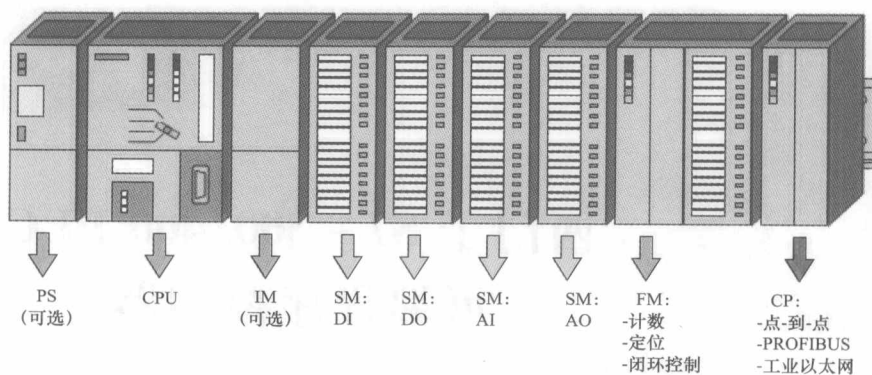


图 1-2 S7-300 PLC 组成模块

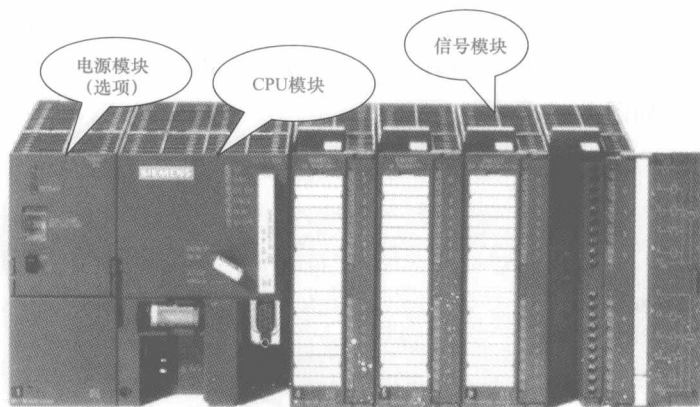


图 1-3 S7-300 PLC 外形图

二、S7-300 PLC 的 CPU 模块

1. CPU 模块的分类

S7-300 PLC 的 CPU 模块可分为紧凑型、标准型、革新型、户外型、故障安全型和特种型。

紧凑型 CPU 包括 CPU312C、CPU313C、CPU313-2PtP、CPU313C-2DP、CPU314-2PtP、CPU314-2DP。

标准型 CPU 包括 CPU 313、CPU 314、CPU 315、CPU 315-2DP、CPU 316-2DP。

革新型 CPU 包括 CPU 312、CPU 314、CPU 315-2DP、CPU 317-2DP、CPU 318-2DP。

户外型 CPU 包括 CPU 312 IFM、CPU 314 IFM、CPU 314 (户外型)。

故障安全型 CPU 包括 CPU 315F、CPU 315F-2DP、CPU 317F-2DP。

特种型 CPU 包括 CPU 317T-2DP、CPU 317-2 PN/DP。

2. S7-300 PLC CPU 模块的主要特性

表 1-1 所示为常用 S7-300 PLC CPU 模块的主要特性，如 CPU314 模块，用户内存程序容量为 48KB，最大 MMC 为 8MB，可实现自由编址，数字量 I/O 点数可达 1024 个，模拟量输入/输出数量可达 256，1KB 的指令处理时间为 0.1ms，位存储器 M 为 2048 个，计数器为 256 个，定时器为 256 个，集成有 MPI 通信口，没有集成 DP 和 PtP 通信口，CPU 本身没

有集成数字输入/输出点和模拟量输入/输出。

表 1-1 常用 S7-300 PLC CPU 模块的主要特性

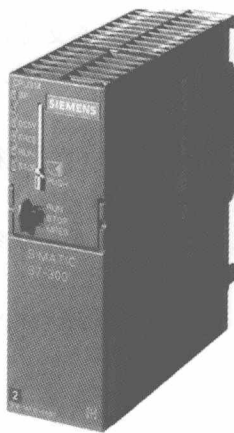
CPU 参数	CPU 312	CPU 312C	CPU 313C	CPU 313C - 2PtP	CPU 313C - 2DP	CPU 314	CPU 314C - PtP	CPU 314C - 2DP	CPU 315 - 2DP	CPU 317 - 2DP
用户内存 (KB)	16	16	32	32	32	48	48	48	128	512
最大 MMC (MB)	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8
自由编址	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
DI/DO	256	256/256	992/992	992/992	992/992	1024	992/992	992/992	1024	1024
AI/AO	64	64/32	246/124	248/124	248/124	256	248/124	248/124	256	256
处理时间/ 1KB 指令 (ms)	0, 2	0, 1	0, 1	0, 1	0, 1	0, 1	0, 1	0, 1	0, 1	0, 1
位存储器	1024	1024	2048	2024	2048	2048	2048	2048	16 384	32 768
计数器	128	128	256	256	256	256	256	256	256	512
定时器	128	128	256	256	256	256	256	256	256	512
集成通信 连接 MPI/DP/PtP	Y/N/N	Y/N/N	Y/N/N	Y/N/Y	Y/Y/N	Y/N/N	Y/N/Y	Y/Y/N	Y/Y/N	Y/Y/N
集成 DI/DO	0/0	10/6	24/16	16/16	16/16	0/0	24/16	24/16	0/0	0/0
集成 AI/AO	0/0	0/0	4 + 1/2	0/0	0/0	0/0	4 + 1/2	4 + 1/2	0/0	0/0

3. S7-300 PLC CPU 模块操作

CPU314 外形如图 1-4 所示。S7-300 PLC CPU 模式选择开关 4 个挡位, 分别为 RUN - P、RUN、STOP 和 MRES。



2002年10月之前的CPU 314



2002年10月之后的CPU 314

图 1-4 CPU314 外形图

(1) RUN-P: 可编程运行模式。在此模式下, CPU 不仅可以执行用户程序, 在运行的同时, 还可以通过编程设备 (如装有 STEP 7 的 PG、装有 STEP 7 的计算机等) 读出、修改和监控用户程序。

(2) RUN: 运行模式。在此模式下, CPU 执行用户程序, 还可以通过编程设备读出、监控用户程序, 但不能修改用户程序。

(3) STOP: 停机模式。在此模式下, CPU 不执行用户程序, 但可以通过编程设备 (如装有 STEP 7 的 PG、装有 STEP 7 的计算机等) 从 CPU 中读出或修改用户程序。在此位置可以拔出钥匙。

(4) MRES: 存储器复位模式。该位置不能保持, 当开关在此位置释放时将自动返回到 STOP 位置。将钥匙从 STOP 模式切换到 MRES 模式时, 可复位存储器, 使 CPU 回到初始状态。



图 1-5 CPU 状态与故障指示灯

4. CPU 状态及故障显示

S7-300 PLC CPU 状态及故障指示灯如图 1-5 所示。

(1) SF (红色): 系统出错/故障指示灯。CPU 硬件或软件错误时亮。

(2) BATF (红色): 电池故障指示灯 (只有 CPU313 和 CPU314 配备)。当电池失效或未装入时, 指示灯亮。

(3) DC 5V (绿色): +5V 电源指示灯。CPU 和 S7-300 PLC 总线的 5V 电源正常时亮。

(4) FRCE (黄色): 强制有效指示灯。至少有一个 I/O 被强制状态时亮。

(5) RUN (绿色): 运行状态指示灯。CPU 处于 “RUN” 状态时亮; LED 在 “Startup” 状态以 2Hz 频率闪烁; 在 “HOLD” 状态时以 0.5Hz 频率闪烁。

(6) STOP (黄色): 停止状态指示灯。CPU 处于 “STOP” 或 “HOLD” 或 “Startup” 状态时亮; 在存储器复位时 LED 以 0.5Hz 频率闪烁; 在存储器置位时 LED 以 2Hz 频率闪烁。

三、S7-300 PLC 的功能

S7-300 PLC 的大量功能能够支持和帮助用户进行编程、启动和维护, 其主要功能如下:

(1) 高速的指令处理。0.1~0.6 μ s 的指令处理时间在中等到较低的性能要求范围内开辟了全新的应用领域。

(2) 人机界面 (HMI)。方便的人机界面服务已经集成在 S7-300 PLC 操作系统内, 因此人机对话的编程要求大大减少。

(3) 诊断功能。CPU 的智能化的诊断系统可连续监控系统的功能是否正常, 记录错误和特殊系统事件。

(4) 口令保护。多级口令保护可以使用户高度、有效地保护其技术机密, 防止未经允许的复制和修改。

第二节 S7-300 PLC 模块简介

S7-300 系列 PLC 是模块化结构设计, 各种单独模块之间可进行广泛组合和扩展。如图

1-6 所示,它的主要组成部分有导轨 (RACK)、电源模块 (PS)、中央处理单元模块 (CPU)、接口模块 (IM)、信号模块 (SM)、功能模块 (FM) 等。它通过 MPI 网的接口直接与编程器 PG、操作员面板 OP 和其他 S7 系列 PLC 相连。

一、S7-300 PLC 的扩展能力

S7-300 PLC 是模块化的组合结构,根据应用对象的不同,可选用不同型号和不同数量的模块,并可以将这些模块安装在同一机架 (导轨) 或多个机架上。与 CPU312 IFM 和 CPU313 配套的模块只能安装在一个机架上。除了电源模块、CPU 模块和接口模块外,一个机架上最多只能再安装 8 个信号模块或功能模块。

CPU314/315/315-2DP 最多可扩展 4 个机架,IM360/IM361 接口模块将 S7-300 背板总线从一个机架连接到下一个机架,如图 1-7 所示。

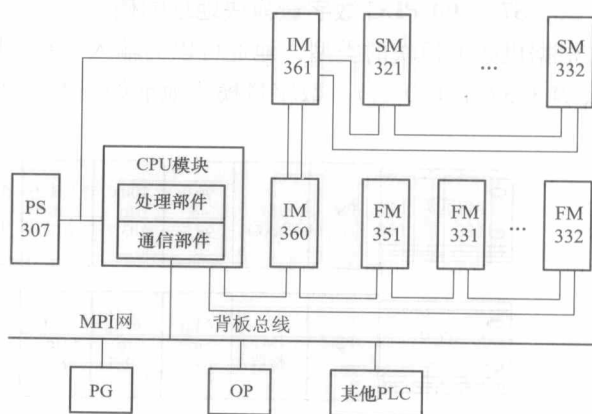


图 1-6 S7-300 PLC 硬件构成框图

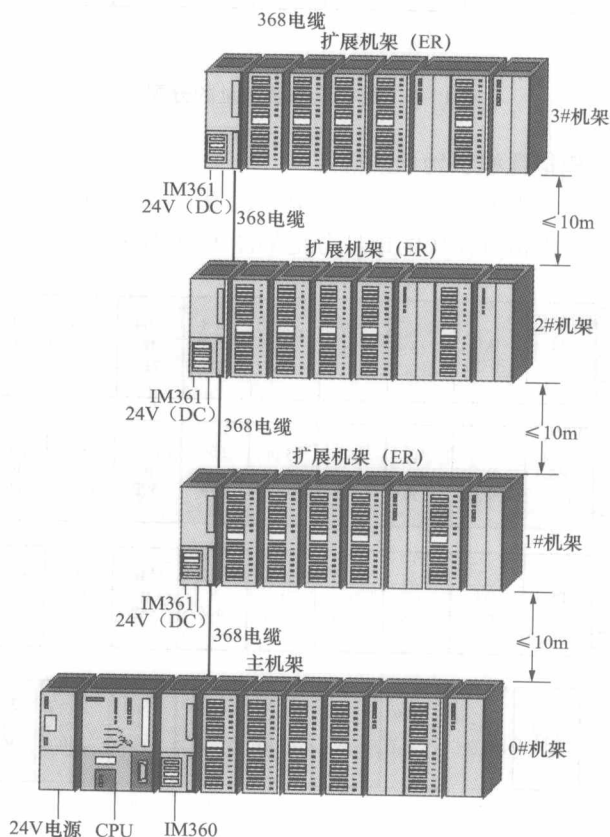


图 1-7 多机架连接

二、S7-300 PLC 数字量模块地址的确定

根据机架上模块的类型，地址可以为输入（I）或输出（O）。数字 I/O 模块每个槽划占 4B（等于 32 个 I/O 点）。数字量模块地址如图 1-8 所示。

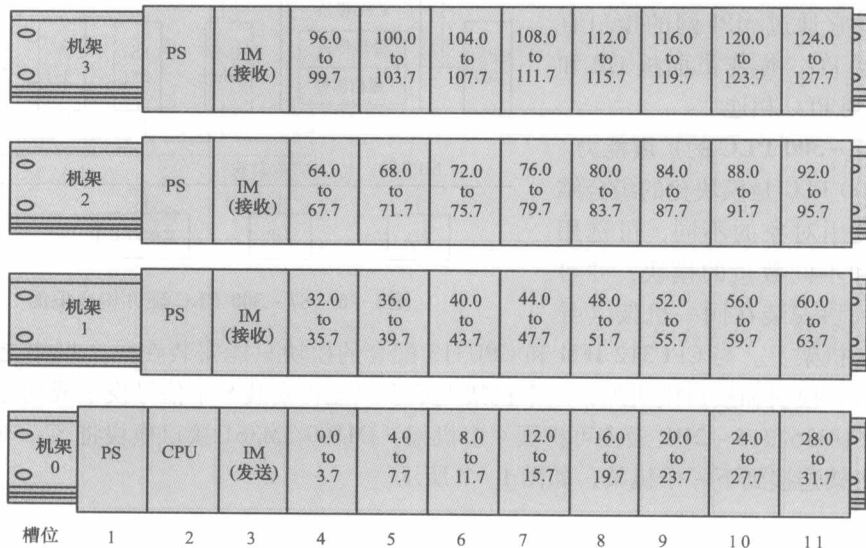


图 1-8 数字量模块地址的分配

三、S7-300 PLC 模拟量模块地址的确定

模拟 I/O 模块每个槽占 16B（等于 8 个模拟量通道），每个模拟量输入通道或输出通道的地址总是一个字地址。模拟量模块的地址分配如图 1-9 所示。

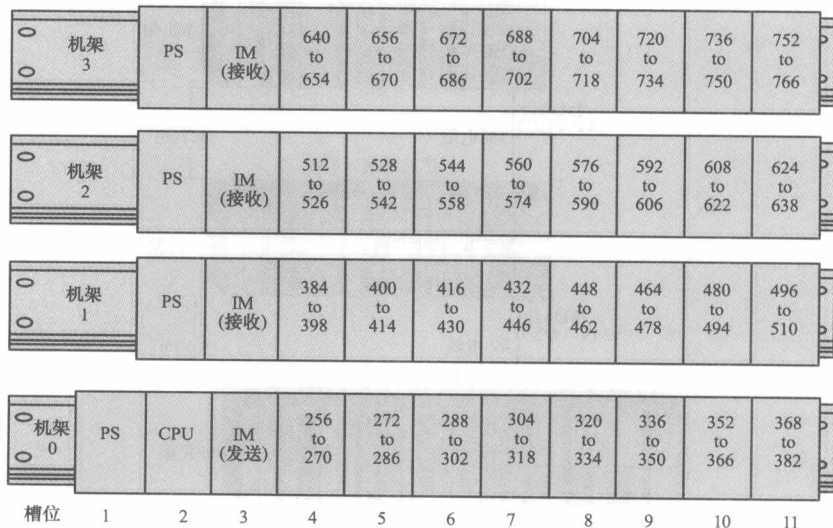


图 1-9 模拟量模块地址的分配

四、S7-300 PLC 数字量模块位地址的确定

0 号机架的第一个信号模块槽（4 号槽）的地址为 0.0~3.7，一个 16 点的输入模块只占用地址 0.0~1.7，地址 2.0~3.7 未用，如图 1-10 所示。数字量模块中的输入点和输出点的地址由字节部分和位部分组成，如 I1.2。

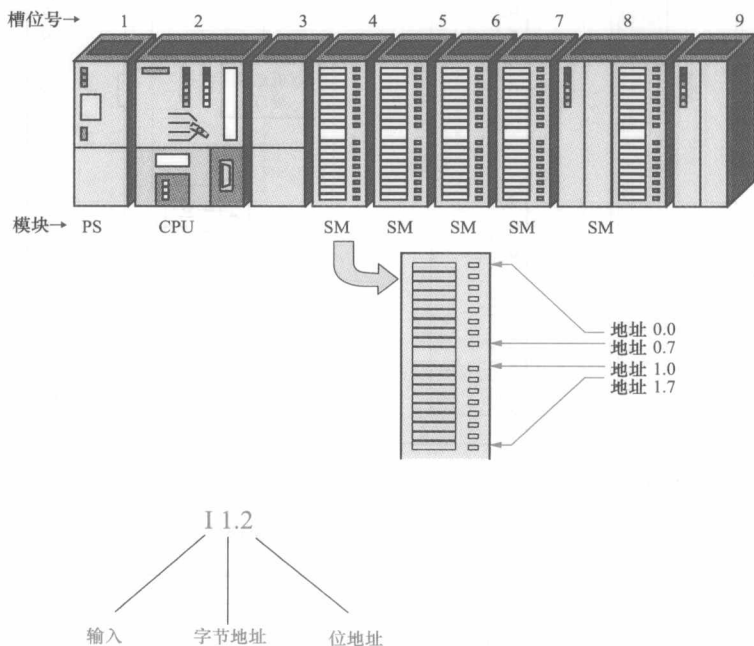


图 1-10 数字量模块位地址的确定

五、数字量模块

1. 数字量输入模块 SM321

数字量输入模块是将现场过程送来的数字信号电平转换成 S7-300 PLC 内部信号电平。数字量输入模块有直流输入方式和交流输入方式两种。对现场输入元件，仅要求提供开关触点即可。输入信号进入模块后，一般都经过光电隔离和滤波，然后才送至输入缓冲器等待 CPU 采样。采样时，信号经过背板总线进入到输入映像区。

数字量输入模块 SM321 有四种型号模块可供选择，即直流 16 点输入、直流 32 点输入、交流 16 点输入、交流 8 点输入模块。

图 1-11 所示为直流 32 点输入对应的端子连接及电气原理图。

图 1-12 所示为交流 16 点输入对应的端子连接及电气原理图。

2. 数字量输出模块 SM322

数字量输出模块 SM322 将 S7-300 PLC 内部信号电平转换成过程所要求的外部信号电平，可直接用于驱动电磁阀、接触器、小型电动机、灯和电动机启动器等。

晶体管输出模块只能带直流负载，属于直流输出模块。

可控硅输出方式属于交流输出模块。

继电器触点输出方式的模块属于交直流两用输出模块。

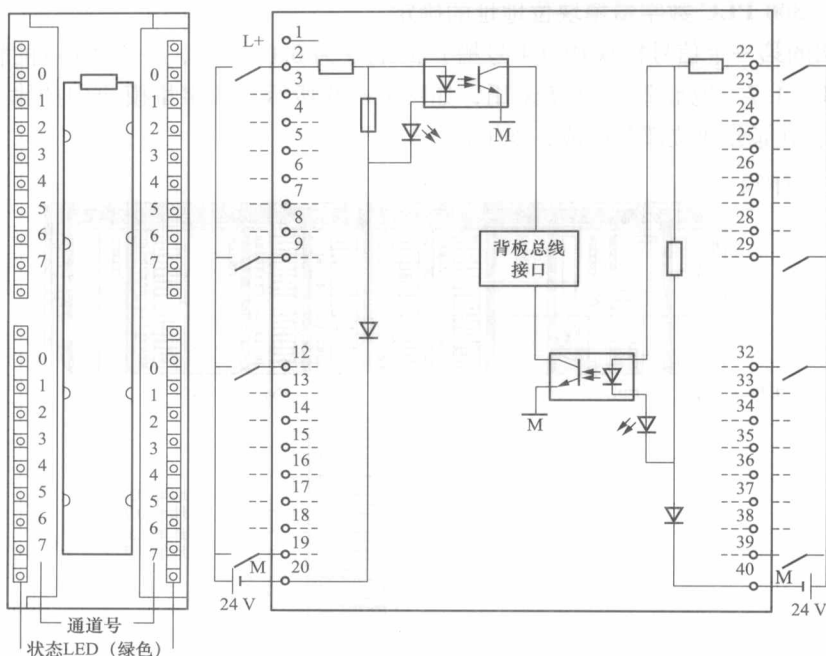


图 1-11 直流 32 点输入模块的接线图

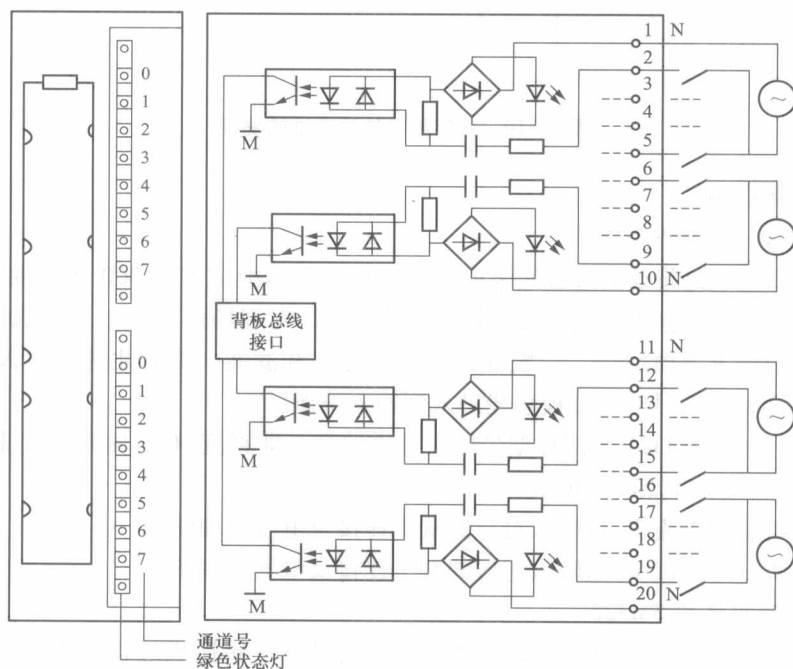


图 1-12 交流 16 点输入模块的接线图

从响应速度上看，晶体管响应最快，继电器响应最慢；从安全隔离效果及应用灵活性角度来看，以继电器触点输出型最佳。

各种类型的数字量输出模块具体参数如表 1-2 所示。32 点数字量晶体管输出模块的内部电路及外部端子接线如图 1-13 所示。

表 1-2

SM322 模块具体参数

SM322 模块		16 点晶体管	32 点晶体管	16 点可控硅	8 点晶体管	8 点可控硅	8 点继电器	16 点继电器
输出点数		16	32	16	8	8	8	16
额定电压		24V (DC)	24V (DC)	120V (AC)	24V (DC)	120/230V (AC)	—	—
额定电压范围		20.4 ~ 28.8V (DC)	20.4 ~ 28.8V (DC)	93 ~ 132V (AC)	20.4 ~ 28.8V (DC)	93 ~ 264V (AC)	—	—
与总线隔离方式		光耦	光耦	光耦	光耦	光耦	光耦	光耦
最大输出电流	“1” 信号 (A)	0.5	0.5	0.5	2	1	—	—
	“0” 信号 (mA)	0.5	0.5	0.5	0.5	2	—	—
最小输出电流 (“1” 信号) (mA)		5	5	5	5	10	—	—
触点开关容量 (A)		—	—	—	—	—	2	2
触点开关频率 (Hz)	阻性负载	100	100	100	100	10	2	2
	感性负载	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	灯负载	100	100	100	100	1	2	2
触点使用寿命		—	—	—	—	—	10 ⁶ 次	10 ⁶ 次
短路保护		电子保护	电子保护	熔断保护	电子保护	熔断保护	—	—
诊断		—	—	红色 LED 指示	—	红色 LED 指示	—	—
最大电流消耗 (mA)	从背板总线	80	90	184	40	100	40	100
	从 L+	120	200	3	60	2	—	—
功率损耗 (W)		4.9	5	9	6.8	8.6	2.2	4.5

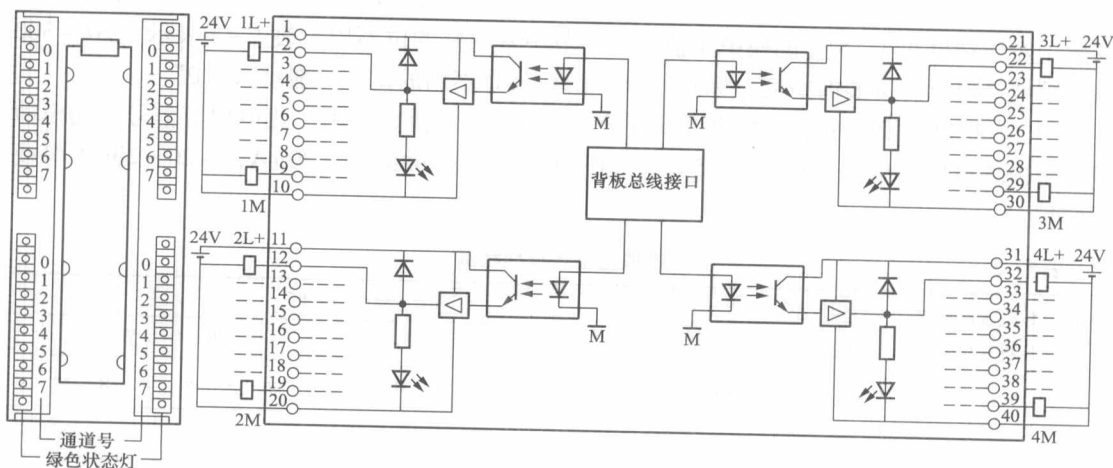


图 1-13 32 点数字量晶体管输出模块的内部电路及外部端子接线图

3. 数字量 I/O 模块 SM323

SM323 模块有两种类型，一种是带有 8 个共地输入端和 8 个共地输出端，另一种是带有 16 个共地输入端和 16 个共地输出端，两种特性相同。I/O 额定负载电压为 24V (DC)，输入电压“1”信号电平为 11~30V，“0”信号电平为 -3~+5V，I/O 通过光耦与背板总线隔离。在额定输入电压下，输入延迟为 1.2~4.8ms。输出具有电子短路保护功能。

图 1-14 所示为 SM323 DI16/DO16×24V (DC) /0.5A 内部电路及外部端子接线图。

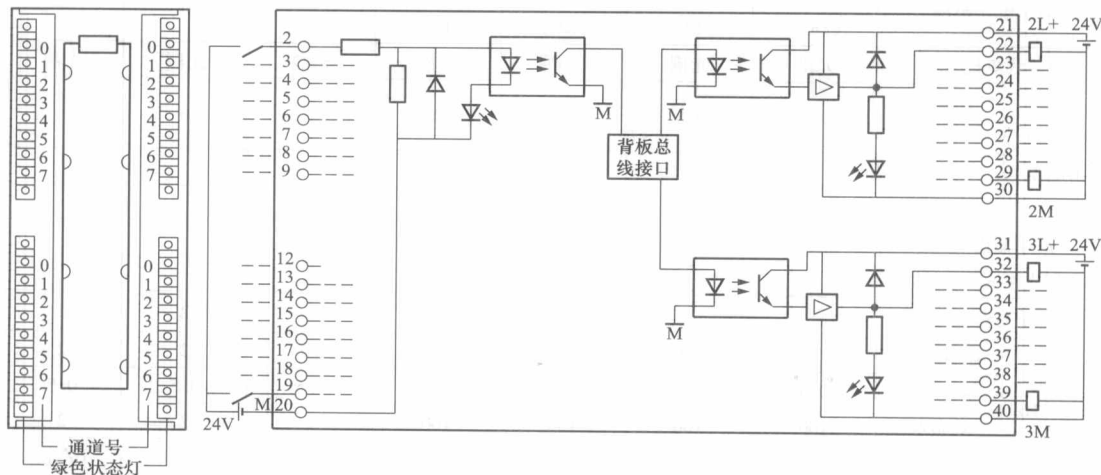


图 1-14 SM323 DI16/DO16×24V (DC) /0.5A 内部电路及外部端子接线图

六、模拟量模块

1. 模拟量值的表示方法

S7-300 PLC 的 CPU 用 16 位的二进制补码表示模拟量值。其中最高位为符号位 S，“0”表示正值，“1”表示负值，被测值的精度可以调整，取决于模拟量模块的性能和它的设定参数，对于精度小于 15 位的模拟量值，低字节中幂项低的位不用。表 1-3 表示了 S7-300 PLC 模拟量值所有可能的精度，标有“×”的位就是不用的位，一般填入“0”。

S7-300 PLC 模拟量输入模块可以直接输入电压、电流、电阻、热电偶等信号，而模拟量输出模块可以输出 0~10V，1~5V，-10~10V，0~20mA，4~20mA，-20~20mA 等模拟信号。

表 1-3

模拟量输入模块精度

以位数表示的精度 (带符号位)	单 位		模 拟 值													
	十进制	十六进制	高 字 节								低 字 节					
8	128	80H	S	0	0	0	0	0	0	0	1	×	×	×	×	×
9	64	40H	S	0	0	0	0	0	0	0	0	1	×	×	×	×
10	32	20H	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	×	×	×

续表

以位数表示的精度 (带符号位)	单 位		模 拟 值															
	十进制	十六进制	高 字 节								低 字 节							
11	16	10H	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	×	×	×	×
12	8	8H	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	×	×	×
13	4	4H	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	×	×
14	2	2H	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	×
15	1	1H	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

2. 模拟量输入模块 SM331

模拟量输入〔简称模入 (AI)〕模块 SM331 目前有三种规格型号, 即 $8\text{AI} \times 12$ 位模块、 $2\text{AI} \times 12$ 位模块和 $8\text{AI} \times 16$ 位模块。

(1) SM331 概述。SM331 主要由 A/D 转换部件、模拟切换开关、补偿电路、恒流源、光电隔离部件、逻辑电路等组成。A/D 转换部件是模块的核心, 其转换原理采用积分方法, 被测模拟量的精度是所设定的积分时间的正函数, 即积分时间越长, 被测值的精度越高。SM331 可选四挡积分时间: 2.5、16.7、20ms 和 100ms, 相对应的以位表示的精度分别为 8、12、12 和 14。

(2) SM331 与传感器、变送器的连接。

1) SM331 与电压型传感器的连接如图 1-15 所示。

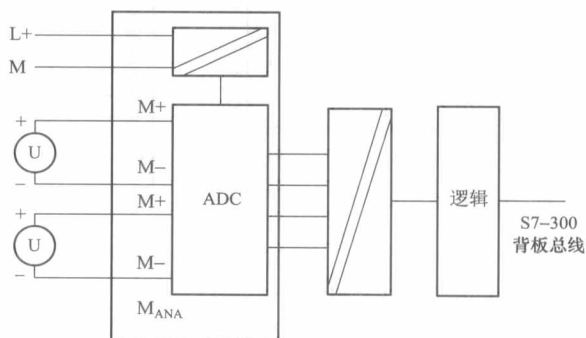


图 1-15 SM331 与电压型传感器的连接

2) SM331 与 2 线电流变送器的连接

连接如图 1-16 所示, 与 4 线电流变送器的连接如图 1-17 所示, 4 线电流变送器应有单独的电源。

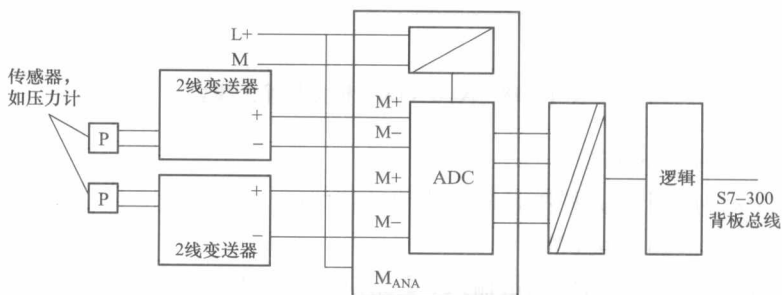


图 1-16 SM331 与 2 线电流变送器的连接图