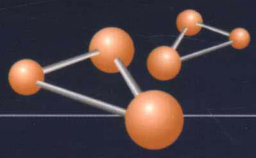
高等学校自动化专业教材



可编程控制器教程（提高篇）

胡学林　主编

電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

高等学校自动化专业教材

可编程控制器教程

（提 高 篇）

胡学林　主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是《可编程控制器教程（基础篇）》及《可编程控制器教程（实训篇）》的姊妹篇。本书以我国目前应用最广和市场占有率最高的 SIMATIC S7-300 系列 PLC 为样机，从工程应用的角度出发，突出应用性和实践性，从 4 个方面介绍 S7-300 系列 PLC 的应用。

（1）SIEMENS 公司的 S7-300 系列 PLC 的硬件系统、组态和指令系统，标准 STEP 7 编程软件的使用，数据结构及中断处理，采用结构化编程的工程实例。

（2）SIEMENS 公司的 PROFIBUS-DP 和 AS-I 的现场总线通信网络的功能、组态和编程方法。

（3）SIEMENS 公司的人机界面 WinCC 的功能、组态及应用举例。

（4）SIEMENS 公司的模拟软件 SIMATIC S7-PLCSIM 的功能及应用。

本书可作为大专院校工业电气自动化、电气技术、机电一体化、计算机应用等相关专业的教学用书，也可作为广大电气工程技术人员的技术参考书。

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

可编程控制器教程．提高篇 / 胡学林主编．—北京：电子工业出版社，2005.8

高等学校自动化专业教材

ISBN 7-121-01686-9

Ⅰ.可… Ⅱ.胡… Ⅲ.可编程序控制器－高等学校－教材 Ⅳ.TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 092970 号

责任编辑：凌 毅

印 刷：北京天竺颖华印刷厂

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

经 销：各地新华书店

开 本：787×980 1/16 印张：23 字数：545 千字

印 次：2005 年 8 月第 1 次印刷

印 数：5000 册 定价：29.00 元

凡购买电子工业出版社的图书，如有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系。联系电话：(010)68279077。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。

前　言

可编程控制器（简称 PLC 或 PC）是一种新型的具有极高可靠性的通用工业自动化控制装置。它以微处理器为核心，有机地将微型计算机技术、自动化控制技术及通信技术融为一体，具有控制能力强、可靠性高、配置灵活、编程简单、使用方便、易于扩展等优点，是当今及今后工业控制的主要手段和重要的自动化控制设备。可以这样说，到目前为止，无论从可靠性上，还是从应用领域的广度和深度上，还没有任何一种控制设备能够与 PLC 相媲美。因此专家认为，PLC 技术、数控技术、计算机辅助设计/计算机辅助生产（CAD/CAM）及机器人技术，并列为当代工业生产自动化的四大支柱。

近年来，德国西门子（SIEMENS）公司的 SIMATIC-S7 系列的 PLC，在我国已广泛应用于各行各业的生产过程的自动控制中。为了大力普及 S7 系列 PLC 的应用，我们编写了有关 S7 系列的可编程控制器教程，旨在为已经使用或将要使用 S7 系列 PLC 的在校大学生和在职的电气技术人员进行较为系统的介绍。

《可编程控制器教程（提高篇）》是《可编程控制器教程（基础篇）》和《可编程控制器教程（实训篇）》的姊妹篇。在我国的大中型企业中，SIEMENS 公司的 S7-300/400 系列的 PLC 有着最广泛的应用和最高的市场占有率。本书以 SIMATIC S7-300 系列 PLC 为样机，从工程应用的角度出发，突出应用性和实践性，从 4 个方面介绍 S7-300 系列 PLC 的应用。

（1）SIEMENS 公司的 SIMATIC S7-300 系列 PLC 的硬件系统、组态和指令系统，标准 STEP 7 编程软件的使用，数据结构及中断处理，采用结构化编程的工程实例。

（2）SIEMENS 公司的 PROFIBUS-DP 和 AS-I 的现场总线通信网络的功能、组态和编程方法。

（3）SIEMENS 公司的人机界面 WinCC 的功能、组态及应用举例。

（4）SIEMENS 公司的模拟软件 SIMATIC S7-PLCSIM 的功能及应用。

本书可作为大专院校工业电气自动化、电气技术、机电一体化、计算机应用等相关专业的教学用书，也可作为广大电气工程技术人员的技术参考书。

本书的第一章到第四章由胡学林编写，第五章由律德财编写，第六章由张军编写，第七章由周政编写，全书由胡学林统稿。书中部分内容的编写参照了有关文献，恕不一一列举，在此谨对书后所有参考文献的作者表示感谢。

由于编者水平所限，错误和不妥之处在所难免，敬请专家、同仁、读者批评指正。

编　者

2005 年 7 月

目 录

第一章 可编程控制器 S7-300 概述 1
第一节 S7-300 的系统组成简介 1
第二节 S7-300 的编程软件 STEP 7 30
第三节 S7-300 的组态 47
小结 56
习题一 56
第二章 S7-300 的指令系统及编程 58
第一节 位逻辑指令 58
第二节 数据传送与转换指令 75
第三节 运算指令 85
第四节 移位指令 93
第五节 累加器操作和地址寄存器操作指令 96
第六节 控制指令 98
第七节 S7-300 的系统功能模块简介 103
小结 110
习题二 110
第三章 S7 系列结构化程序设计与应用举例 113
第一节 功能块（功能）的编程及调用 113
第二节 数据块与数据结构 120
第三节 程序设计应用举例 125
第四节 S7-PLC 模拟软件 S7-PLCSIM 简介 137
小结 143
习题三 144
第四章 S7 的组织块和中断处理 145
第一节 组织块概述 145
第二节 循环执行的组织块 146
第三节 定期执行的组织块和中断处理 147
第四节 事件驱动的组织块和中断处理 150
第五节 启动组织块和中断处理 163
第六节 背景组织块 164
小结 164
习题四 165
第五章 现场总线 PROFIBUS-DP 技术及应用 166

第一节　数据通信的基本知识……167
第二节　计算机通信的国际标准……171
第三节　PROFIBUS 基础……183
第四节　SIMATIC S7 系统中的 PROFIBUS-DP……195
第五节　用 STEP 7 组态 PROFIBUS-DP……200
第六节　系统功能 SFC 在 PROFIBUS-DP 通信中的应用……208
小结……235
习题五……236
第六章　AS-I 总线……237
第一节　概述……237
第二节　AS-I 系统组成……242
第三节　AS-I 通信原理……252
第四节　AS-I 主站模板 CP343-2……259
第五节　SIEMENS 网关 DP/AS-I Link 20E……274
小结……290
习题六……290
第七章　WinCC 简介……292
第一节　WinCC 综述……292
第二节　WinCC 的组态……304
第三节　WinCC 应用举例……346
小结……360
习题七……361
参考文献……362

第一章　可编程控制器 S7-300 概述

德国 SIEMENS 公司在 20 世纪末期推出的 SIMATIC S7-300 系列 PLC，性价比高，电磁兼容性强，抗震动冲击性强，使其具有非常好的工业环境适应性，广泛地应用于冶金、石油、化工、交通运输、轻工、电力、汽车、通用机械、专用机床、制造业、食品加工、包装机械、纺织机械、智能建筑等各个领域。

S7-300 优良的控制特性，已经得到了诸多国际标准认证，如：DIN（德国国家标准）认证；UL（美国保险商实验室公司）认证：UL508（工控设备）认证；CSA（加拿大标准协会）认证；CSAC22.2　No.142（过程控制设备）认证；FM（美国工厂联研会）认证：1 级，A、B 组，温度组 T4（最高表面温度≤135℃）；船级认证（美国船级社、德国船级社、法国船级社、挪威船级社、德国劳氏船级社、英国劳氏船级社）等。

本章主要介绍以下内容：

- S7-300 的结构特点；
- S7-300 的系统组成；
- S7-300 各种控制模板的作用；
- S7-300 各种模板的功能和主要特性；
- S7-300 的标准编程软件 STEP 7；
- S7-300 的组态及寻址。

本章的重点是从工程应用的角度，熟悉 S7-300 系列 PLC 的功能和特点，了解主要模板的原理、接线和作用，掌握系统的硬件组态方法和寻址。

第一节　S7-300 的系统组成简介

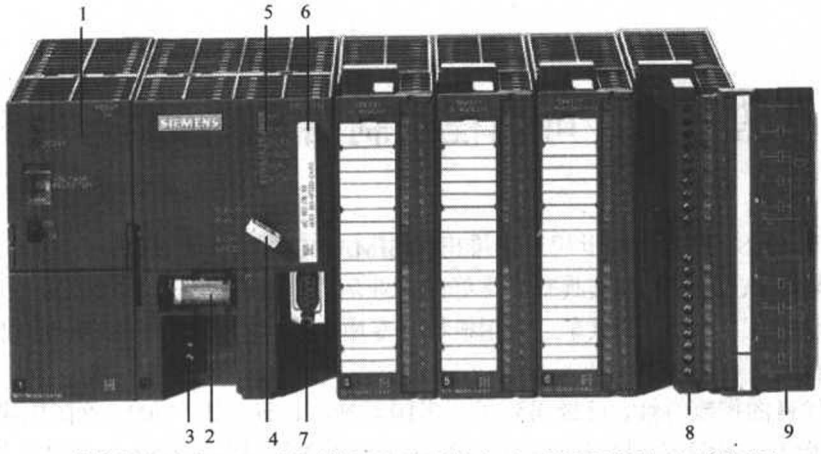
S7-300 系列的 PLC 是中型模板式 PLC，各种模板（CPU 模板、信号模板 SM、功能模板 FM、通信模板 CP、电源模板 PS 等）及人机界面（HMI）可以根据控制要求进行广泛的组合和扩展，其外观结构如图 1-1 所示。

一、 S7-300 的结构特点

基于模板化结构设计的 S7-300 系列 PLC 如图 1-2 所示，它具有以下结构特点。

1．采用集成的背板总线（Back-Plane Bus）

S7-300 改变了以往模板式 PLC 采用的总线底板结构，从硬件上省去总线底板和排风扇，而采用了背板总线，即将总线集成在每个模板上，所有的模板通过总线连接器进行级联扩展，使得结构简单。



1—负载电源（选项）；2—后备电池（CPU 313 以上）；3—24V DC 连接；4—模式开关；
5—状态和故障指示灯；6—存储器卡（CPU 313 以上）；7—MPI 多点接口；8—前连接器；9—前门

图 1-1　S7-300 PLC 的外观结构

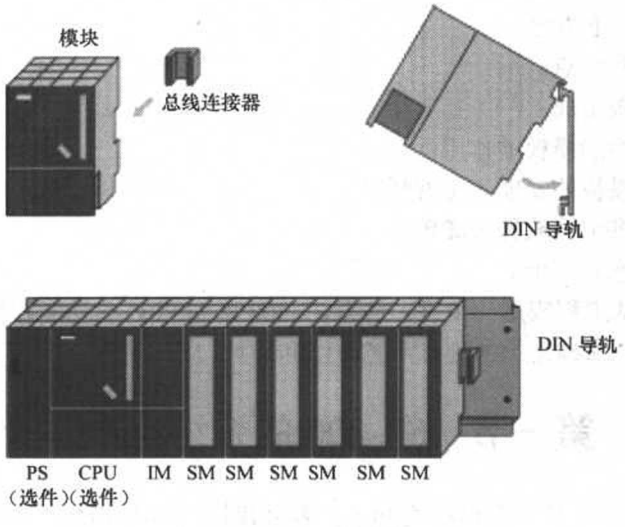


图 1-2　S7-300 的结构图

2．采用 DIN 标准导轨，安装和更换模板方便

由于省去了总线底板，使得安装各个模板的机架只有 DIN 标准导轨，可以选择横向或者竖向安装。安装模板时只需要将模板钩在导轨上，转动到位后用螺钉锁紧。有可拆卸式机械编码前连接器、螺钉型或弹簧型接线端子，更换模板时只需要松开安装螺钉，拔下已经接线的前连接器，即可更换。

3．硬件组态灵活

所有的模板都有相同的安装深度，因此，信号模板和通信模板可以不受限制地插到 SM 区

的任何一个槽位上，使得硬件组态非常灵活。

4．机架扩展方便

每个机架上最多可安装 8 个信号模板（SM），当需要的 SM 超过 8 个时，可以通过 IM365（机架距离最远 1m）或者 IM360/361（机架距离最远 10m）安装扩展机架。每个扩展机架上最多可安装 8 个信号模板，一个 S7-300 系统最多可安装 3 个扩展机架，最多可安装 32 个信号模板，如图 1-3 所示。

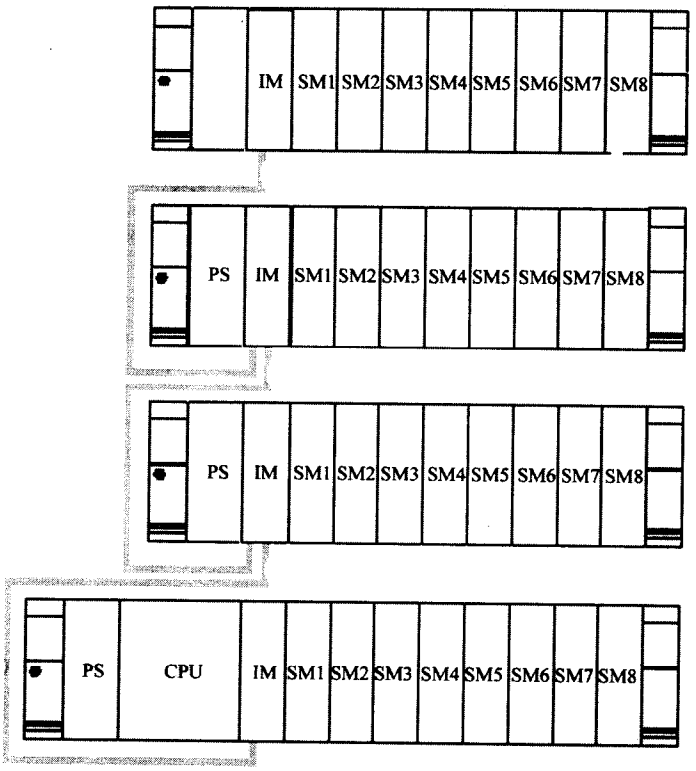


图 1-3　S7-300 的机架扩展

二、CPU 模板

S7-300 系列 PLC 有各种不同性能的 CPU 模板，以满足不同的需要，有的 CPU 上集成有输入/输出点，有的 CPU 上集成有 PROFIBUS-DP 通信接口，有的 CPU 上集成有 PtP 接口等，目前主要有 4 个系列。

1．标准型 CPU（Standard CPUs）系列

标准型 CPU 模板为 CPU31x 系列，如果 CPU 模板为 CPU31x-2DP，则表示在该 CPU 模板上集成有现场总线 PROFIBUS-DP 通信接口，其主要技术特性见表 1-1。

表 1-1　标准型 CPU 模板的主要特性

型　号		CPU313	CPU314	CPU315	CPU315-2 DP	CPU316	CPU318-2
装载存储器（KB）	RAM	20	40	80	96	192	64
	E^2PROM	最大 256	最大 512	最大 512	最大 512	最大 512	最大 4096
工作存储器（KB）RAM		12	24	48	64	128	512
指令执行时间（μs）	位操作	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1
	字操作	2	1	1	1	1	0.1
	定点加	3	2	2	2	2	0.1
	浮点加	60	50	50	50	50	0.6
最大数字 I/O 点数		128	512	1024	1024	1024	8192
最大模拟 I/O 通道数		32	64	128	128	128	128
最大配置		1 个机架 8 块模板	4 个机架、32 块模板				
时钟		软件时钟	硬件实时时钟				
定时器		128	128	128	128	128	512
计数器		64	64	64	64	64	512
位存储器		2048	2048	2048	2048	2048	8192
编程语言		STEP 7					
块类型		组织块 OB，功能块 FB，功能 FC，数据块 DB，系统功能块 SFB、SFC					
MPI 接口站数		最多 32 个站 最多 4 个静态和 4 个动态连接/CPU		最多 32 个站 最多 4 个静态和 8 个动态连接/CPU		最多 32 个站 最多 32 个连接/CPU	

2. 集成型 CPU 系列

集成型 CPU 为 CPU31x IFM 系列，目前有两种型号：CPU312 IFM 和 CPU314 IFM，是在标准型 CPU 模板上同时集成了部分 I/O 点、高速计数器及某些控制功能。

（1）CPU312 IFM 的集成功能

- 10 个数字量输入点，24V DC（其中 4 个可用于过程中断或集成功能的通道）。
- 6 个数字量输出点，24V DC，0.5A。
- 1 个有 4 个输入端的 32 位（含符号）高速计数器，计数频率 10kHz。
- 1 个频率测量通道，最高测量频率 10kHz，门控时间 0.1s，1s，10s。

（2）CPU314 IFM 的集成功能

- 20 个数字量输入点，24V DC（其中 4 个可用于过程中断或集成功能的通道）。
- 4 个模拟量输入端，输入值范围：±10V，±20mA，分辨率：11 位+符号位。
- 16 个数字量输出点，24V DC，0.5A。
- 1 个模拟量输出端，输出值范围：±10V，±20mA，分辨率：11 位+符号位。
- 1 个有 4 个输入端或者 2 个各有 2 个输入端的 32 位（含符号）高速计数器，计数频率 10kHz。

● 1 个频率测量通道，最高测量频率 10kHz，门控时间 0.1s，1s，10s。

● 开环定位功能，通过 1 个 24V 非对称增量编码器进行位置编码，编码器占用 3 个数字输入端，计数器（10kHz）脉冲为四倍频。

● PID 控制功能。

3．紧凑型 CPU（Compact CPUs）系列

紧凑型 CPU 为 CPU31xC 系列，是在 CPU31x IFM 系列的基础上推出的功能更强、结构更紧凑的 CPU 模板，它们均配置了 MMC 卡（Micro Memory Cart，微存储卡）和 9 针 MPI（Multi Point Interface，多点通信接口），有的还配置了 9 针 DP（Decentral Peripherals，分散外围设备）接口，有的则配置了 15 针 PtP（Point to Point，点对点）接口。

CPU31xC 系列 PLC 的结构图如图 1-4 所示，其基本特性见表 1-2。

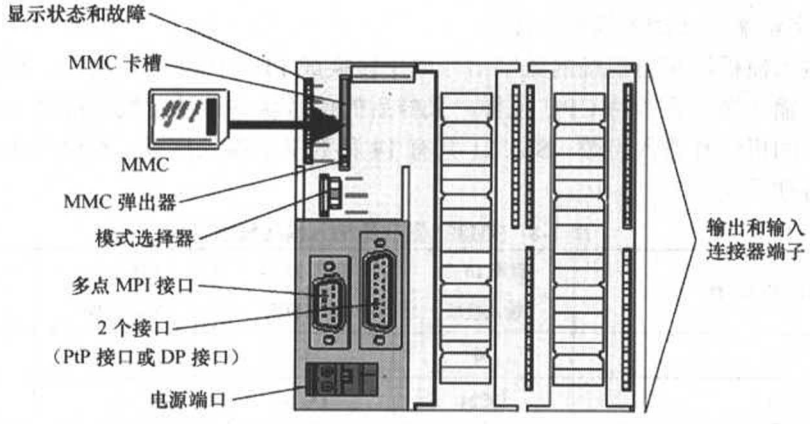


图 1-4　CPU 31xC 系列 PLC 的结构图

表 1-2　CPU31xC 的基本特性

基本功能	CPU 312C	CPU 313C	CPU 313C-2 DP	CPU 313C-2 PtP	CPU 314C-2 DP	CPU 314C-2 PtP
MMC 卡	√	√	√	√	√	√
MPI 接口	√	√	√	√	√	√
DP 接口			√		√	
PtP 接口				√		√
数字量输入	10	24	16	16	24	24
数字量输出	6	16	16	16	16	16
模拟量输入	—	4+1	—	—	4+1	4+1
模拟量输出	—	2	—	—	2	2
高速计数器	2 个	3 个	3 个	3 个	4 个	4 个
频率测量	10kHz	30kHz	30kHz	30kHz	60kHz	60kHz
定位通道					1 个	1 个

4．故障安全型 CPU（Fail-safe CPUs）系列

故障安全型 CPU 的型号为 CPU31xF 系列，是 SIEMENS 公司最新推出的具有更高可靠性的 CPU 模板，在 S7-300 系列中主要有 CPU 315F 和 CPU 317F-2DP，在 S7-400 系列中有 CPU 416F。

三、信号模板（SM）

S7-300 的信号模板（Signal Model）有：数字量输入/输出模板，模拟量输入/输出模板，位置输入模板，用于连接有爆炸危险场合的输入/输出模板。

1．数字量输入/输出（DI/DO）模板

S7-300 有多种数字量输入/输出模板。

（1）数字量输入（DI）模板 SM321

数字量输入模板将来自现场的数字信号电平转换成 PLC 内部信号电平，经过光电隔离和滤波后，送到输入缓冲区等待 CPU 采样，采样后的信号状态经过背板总线进入输入映像区。根据输入信号的极性和输入点数，SM321 共有 14 种数字量输入模板，常用的 4 种数字量输入模板的技术特性见表 1-3。

表 1-3　SM321 数字量输入模板技术特性

技 术 特 性	直流 16 点 输入模板	直流 32 点 输入模板	交流 8 点 输入模板	交流 32 点 输入模板
输入点数	16	32	8	32
额定负载电压（V）	DC24	DC24		
负载电压范围（V）	20.4～28.8	20.4～28.8		
额定输入电压（V）	DC24	DC24	AC120	AC120
输入电压“1”范围（V）	13～30	13～30	79～132	79～132
输入电压“0”范围（V）	－3～＋5	－3～＋5	0～20	0～20
输入电压频率（Hz）			47～63	47～63
隔离（与背板总线）方式	光耦合器	光耦合器	光耦合器	光耦合器
输入电流“1”信号（mA）	7	7.5	6	21
最大允许静态电流（mA）	1.5	1.5	1	4
典型输入延迟（ms）	1.2～4.8	1.2～4.8	25	25
背板总线最大消耗电流（mA）	25	25	16	29
功率损耗（W）	3.5	4	4.1	4.0

直流 16 点数字量输入模板的端子接线图和框图如图 1-5 所示。交流 32 点数字量输入模板的端子接线图和框图如图 1-6 所示。

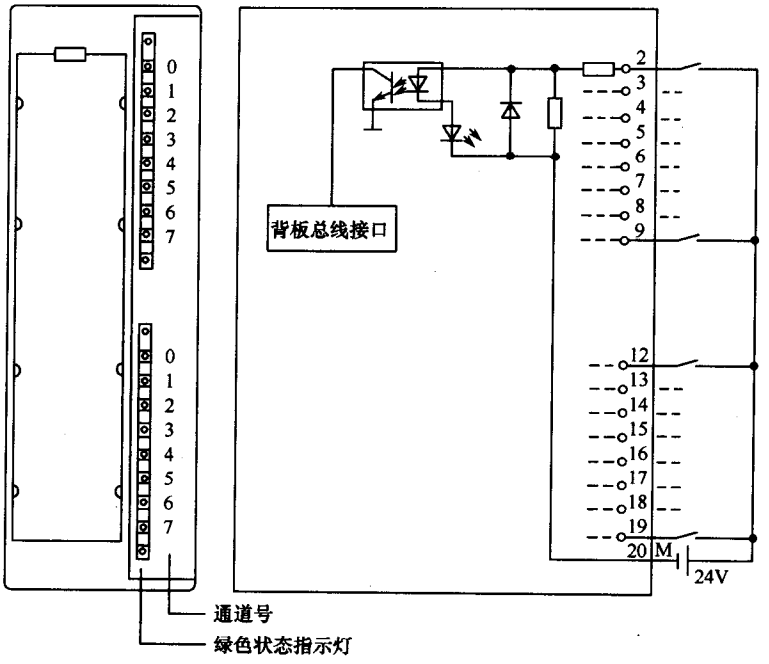


图 1-5　直流 16 点数字量输入模板的端子接线图和框图

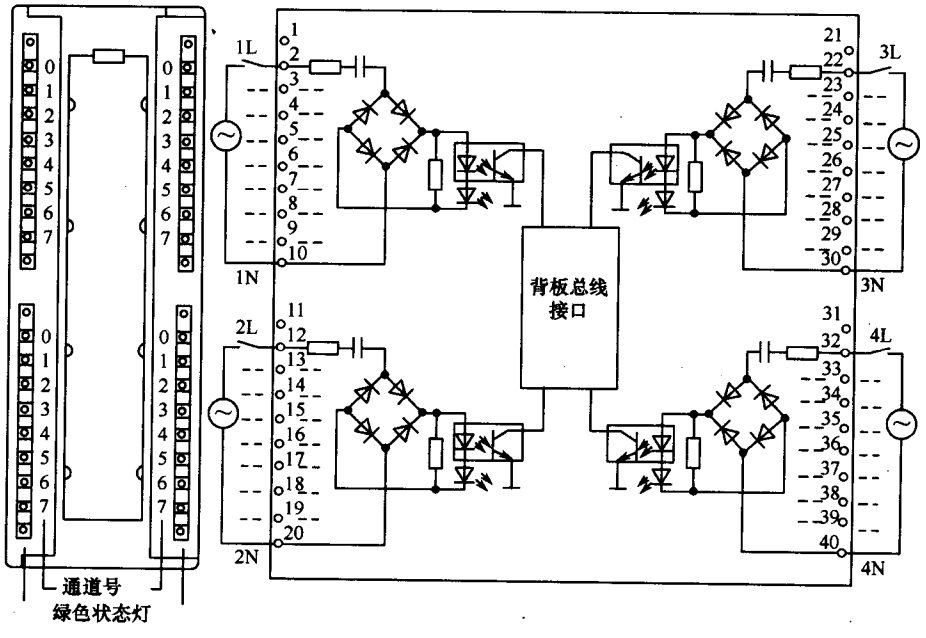


图 1-6　交流 32 点数字量输入模板的端子接线图和框图

在 S7-300 中，还有带硬件和诊断中断的直流 16 点数字量输入模板，其端子接线图和框图如图 1-7 所示。

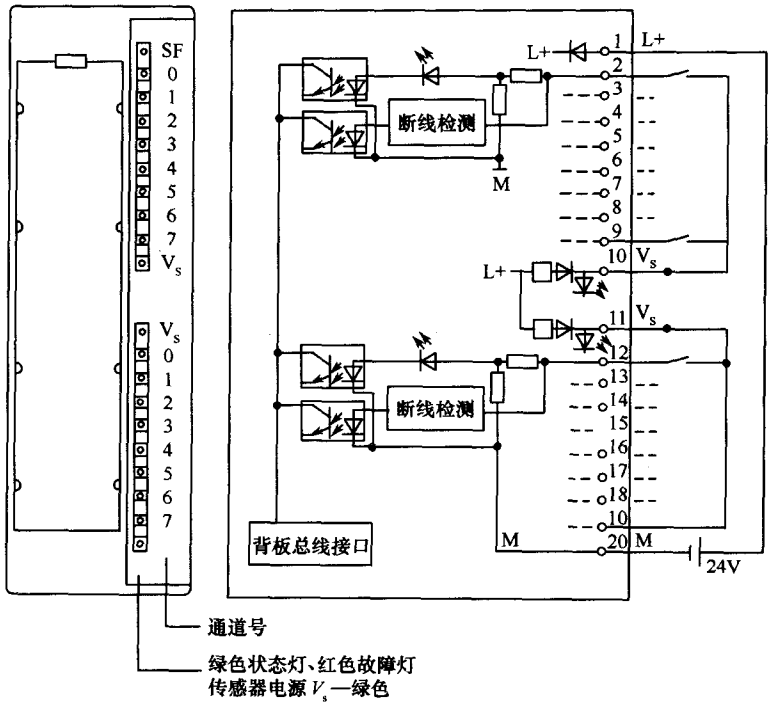


图 1-7　带硬件和诊断中断的直流 16 点数字量输入模板的端子接线图和框图

（2）数字量输出（DO）模板 SM322

数字量输出模板将 S7-300 内部信号电平转换成现场所需要的外部信号电平，可直接驱动电磁阀线圈/接触器线圈、微型电动机、指示灯等负载。

根据负载回路使用电源的要求，数字量输出模板有：

- 直流输出模板（晶体管输出方式）；
- 交流输出模板（晶闸管输出方式）；
- 交直流两用输出模板（继电器输出方式）。

根据输出点数的要求，SM322 有 7 种输出模板，其技术特性见表 1-4。

表 1-4　SM322 数字量输出模板技术特性

技术特性	8 点 晶体管	16 点 晶体管	32 点 晶体管	16 点 晶闸管	32 点 晶闸管	8 点 继电器	16 点 继电器
输出点数	8	16	32	16	32	8	16
额定电压（V）	DC24	DC24	DC24	AC120	AC120	AC120	AC230
与总线隔离方式	光耦合器						
输出组数	4	8	8	8	8	2	8
最大输出电流（A）	0.5	0.5	0.5	0.5	1	2	2

（续表）

技 术 特 性	8 点 晶体管	16 点 晶体管	32 点 晶体管	16 点 晶闸管	32 点 晶闸管	8 点 继电器	16 点 继电器
短路保护	电子保护				熔断保护		
最大消耗电流（mA）	60	120	200	184	275	40	100
功率损耗（W）	6.8	4.9	5	9	25	2.2	4.5

32 点数字量晶体管输出模板的端子接线图和框图如图 1-8 所示。

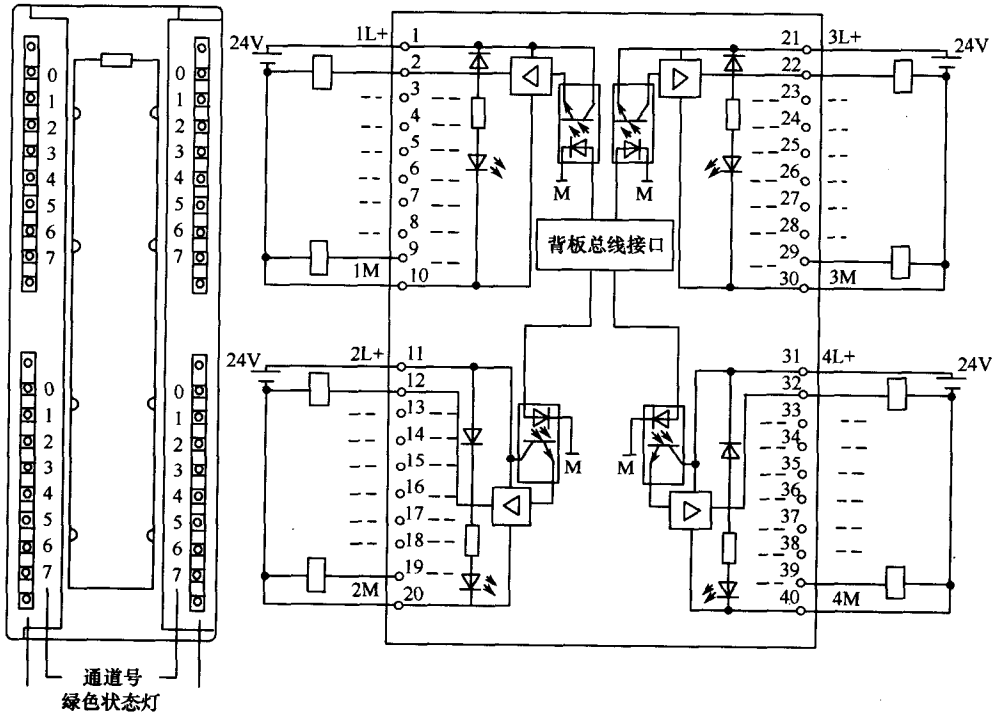


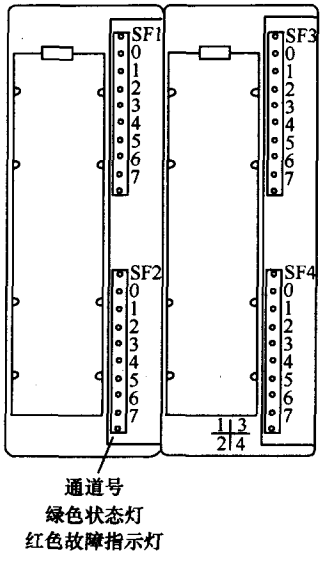
图 1-8　32 点数字量晶体管输出模板的端子接线图和框图

32 点数字量晶闸管输出模板的端子接线图和框图如图 1-9 所示。16 点数字量继电器输出模板的端子接线图和框图如图 1-10 所示。

（3）数字量输入/输出（DI/DO）模板 SM323

数字量输入/输出模板 SM323 是在一块模板上同时具有数字量输入点和数字量输出点，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，这两种模板的输入/输出特性相同。I/O 额定负载电压 DC24V，输入电压："1" 信号电平为 11～30V，"0" 信号电平为－3～＋5V，通过光耦合器与背板总线隔离。在额定输入电压下，输入延迟为 1.2～4.8ms。输出具有短路保护功能。

8 点输入/8 点输出的直流模板的端子接线图和框图如图 1-11 所示。



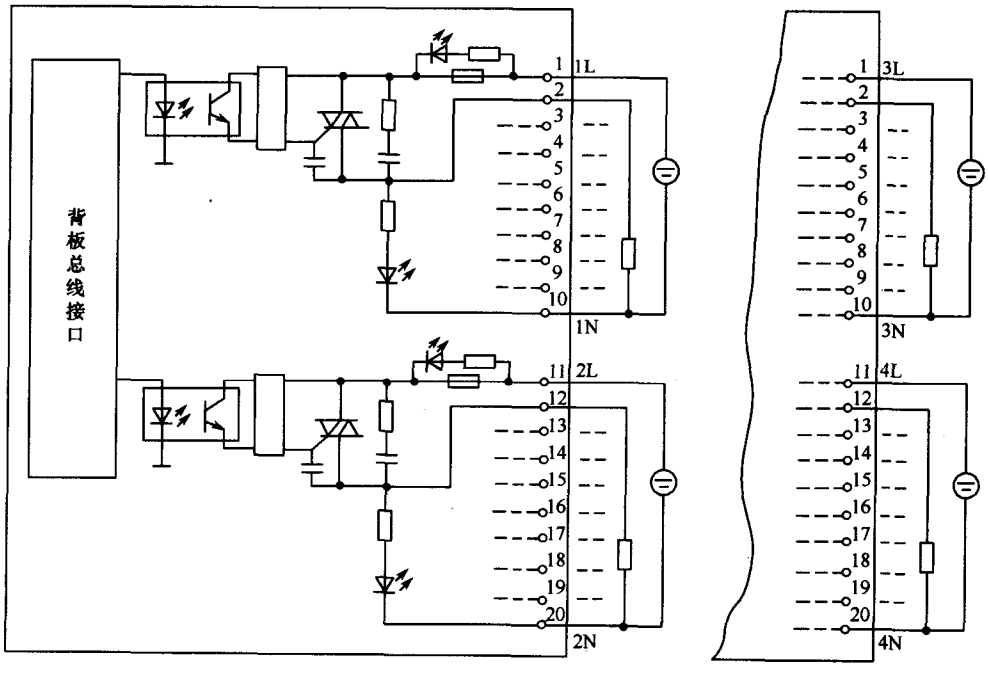


图 1-9　32 点数字量晶闸管输出模板的端子接线图和框图

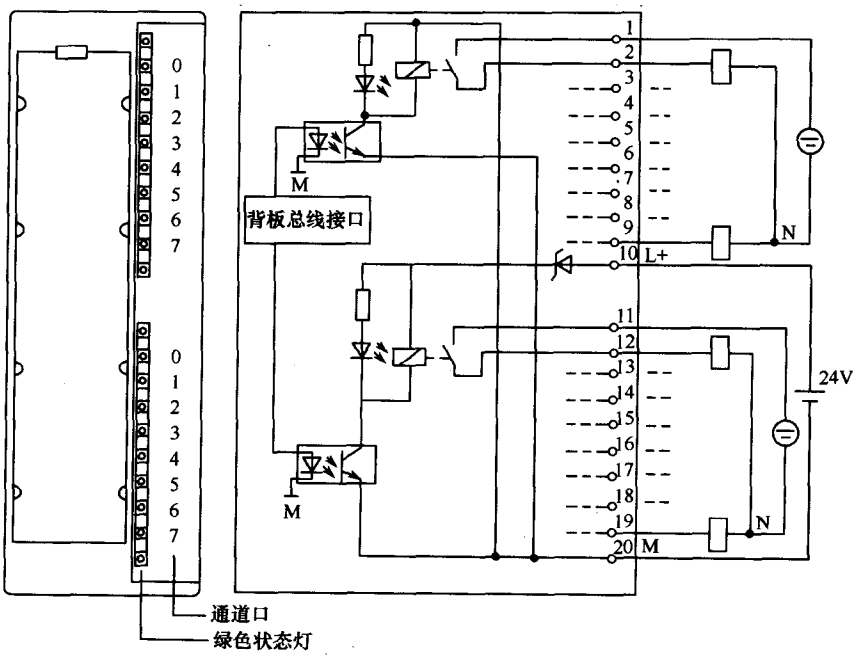


图 1-10　16 点数字量继电器输出模板的端子接线图和框图

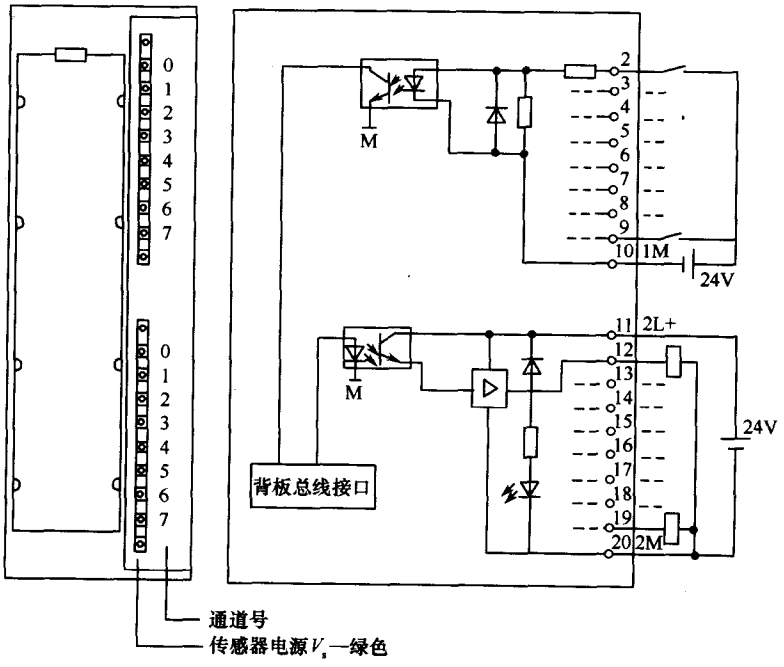


图 1-11　8 点输入/8 点输出的直流模板的端子接线图和框图