



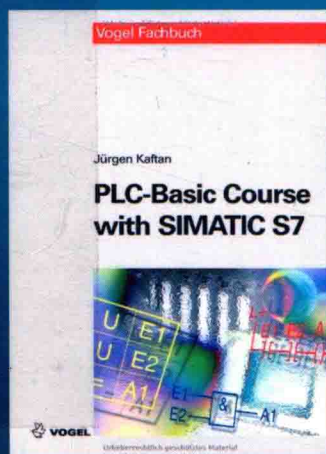
国际电气与电子工程译丛

西门子SIMATIC S7 PLC 基础与应用案例

PLC-Basic Course with SIMATIC S7

【德】尤尔根·卡夫坦 (Jürgen Kaftan) 著

姚 驰 译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国际电气与电子工程译丛

西门子 SIMATIC S7 PLC 基础与应用案例

[德] 尤尔根·卡夫坦 (Jürgen Kaftan) 著
姚驰 译

SIMATIC S7 系列可编程序控制器的结构、功能与编程

机械工业出版社

本书介绍了如何使用 SIMATIC S7-300 控制器进行编程,并提供了相关案例和解决方案,内容包括:概述、PLC 的分配、PLC 的运作方法、程序处理与编程、逻辑运算、程序输入、创建瞬时脉冲、定时器功能、时钟发生器、计数器、比较器、练习实例、顺序控制系统、安全守则和解决方案示例。

本书适合技工院校和职业院校的学生,也适合自学者使用。

PLC - Basic Course with SIMATIC S7/by Jürgen Kaftan /9783834332011

Copyright of the Original English language edition:

by Vogel Business Media GmbH & Co KG, Würzburg (Germany). All Rights Reserved.

This title is published in China by China Machine Press with license from Vogel Business Media GmbH & Co KG, Würzburg (Germany). This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macao SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书由 Vogel Business Media GmbH & Co KG, Würzburg (Germany) 授权机械工业出版社在中华人民共和国境内(不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区)出版与发行。未经许可之出口,视为违反著作权法,将受法律之制裁。

北京市版权局著作权合同登记 图字:01-2014-3877 号。

图书在版编目(CIP)数据

西门子 SIMATIC S7 PLC 基础与应用案例/(德)尤尔根·卡夫坦著;姚驰译.

—北京:机械工业出版社,2017.6

(国际电气与电子工程译丛)

书名原文:PLC - Basic Course with SIMATIC S7

ISBN 978-7-111-56426-3

I. ①西… II. ①尤… ②姚… III. ①PLC 技术 IV. ①TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 063498 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:时 静 王 荣 责任校对:张艳霞

责任印制:李 昂

北京中兴印刷有限公司印刷

2017 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·16.75 印张·407 千字

0001-2500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-56426-3

定价:55.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:(010)88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:(010)68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

(010)88379203

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

可编程序控制器简称 PLC，它是低端、中端、高端自动化系统中不可或缺的组成部分，随着时代的发展，自动化项目中软硬件的复杂度和项目大小日益增长，随着工业的发展，自动化系统也需要变得更加高效，而对于自动化系统的最终用户来说，则需求更加简单的操作与编程方式。本书中所有的练习基于西门子 SIMATIC S7 - 300 PLC 进行开发与测试，这个系列的控制器覆盖从二进制变量到 32 位浮点数变量，本控制器的程序编写基于 Windows XP 操作系统，读者需要对此操作系统具备基本的了解。本书的 SIMATIC S7 - 300 示范程序易于读者了解与掌握，本书层次由易到难，适合职业院校培训以及自学实用。

我想对维尔茨堡的 Wütkro - Lehrsysteme 公司以及帮助我完成此书的每一个人表示衷心的感谢，我期待得到读者的反馈。

魏森堡/霍伊贝格（中弗兰肯区）尤尔根·卡夫坦（Jürgen Kaftan）

目 录

前言	4.3.5 操作数部分	15
第1章 概述	4.4 寻址	15
1.1 数制	4.4.1 符号寻址	15
1.2 计算机科技术语	4.4.2 绝对寻址	15
1.2.1 位	4.4.3 立即寻址	15
1.2.2 字节	4.5 程序表达方式	16
1.2.3 字	4.5.1 梯形图 (LAD)	17
1.2.4 位地址	4.5.2 功能块图 (FBD) (STEP 7 V3.x 及以上)	17
1.2.5 字节地址	4.5.3 语句表 (STL)	17
1.2.6 字地址	4.6 位存储器	18
第2章 PLC 的分配	4.6.1 保持性位存储器	18
2.1 PLC 的结构	4.6.2 非保持性位存储器	18
2.2 硬件要求	第5章 逻辑运算	19
2.2.1 硬件结构	5.1 基本逻辑运算	19
2.3 软件要求	5.1.1 清理 CPU	20
2.3.1 STEP 7 编程语言	5.1.2 创建项目	21
2.3.2 对象	5.1.3 插入 SIMATIC 300 站	22
2.3.3 项目	5.1.4 组态和参数化	22
2.3.4 配置一个 S7-300	5.1.5 准备安装电源模块	24
2.3.5 参数化	5.1.6 准备安装 CPU 314	24
第3章 PLC 的运作方法	5.1.7 准备安装输入模块	25
3.1 PLC 模块	5.1.8 准备安装输出模块	25
3.1.1 供电单元	5.1.9 CPU 314 的参数化	25
3.1.2 程序内存	5.1.10 保存全局组态	26
3.1.3 中央处理器 (CPU)	5.1.11 将组态下载到中央处理器中	27
3.1.4 总线系统	5.2 逻辑“与”运算用户程序	28
3.1.5 输入模块与输出模块	5.2.1 进入 FC (FC 1)	28
第4章 程序处理与编程	5.2.2 S7 模块功能	29
4.1 线性程序处理	5.2.3 进入 OB 1	31
4.2 结构化编程	5.2.4 下载	33
4.3 控制指令	5.2.5 检测	34
4.3.1 操作部分	5.2.6 定义触发条件	35
4.3.2 数字量操作示例	5.2.7 检测 FBD 程序状态	37
4.3.3 二进制操作示例	5.2.8 使用 STL 测试	37
4.3.4 组织类操作示例		

5.2.9 LAD 测试	39	8.1 时间值说明	91
5.2.10 从 2 个输入端扩展到 3 个输入端 (第三个输入端 I0.2)	40	8.2 释放定时器 (FR)	92
5.2.11 将输入端数量从 3 减少为 2 (删除 I0.2)	45	8.3 当前值	92
5.3 逻辑“或”操作用户程序	47	8.4 重置时间	92
5.3.1 使用 PC (FBD) 进入程序	47	8.5 定时器选择 (五种不同 同定时器)	93
5.3.2 创建项目	47	8.5.1 脉冲定时器 (SP)	93
5.3.3 将 SIMATIC 站 1 复制到另一个 项目中	48	8.5.2 扩展脉冲定时器 (SE)	94
5.3.4 修改 OB 1	51	8.5.3 接通延迟定时器 (SD)	95
5.3.5 下载	52	8.5.4 保持接通延迟定时器 (SS)	96
5.3.6 检测	52	8.5.5 关闭延迟定时器 (SF)	97
第 6 章 程序输入	55	8.6 定时功能的 PC 程序输入	98
6.1 逻辑“与或”操作	55	8.6.1 车库照明	101
6.2 逻辑“或与”操作	57	8.6.2 灌装系统	102
6.3 检测信号状态 0	59	8.6.3 压缩机系统	103
6.4 “异或”操作	61	第 9 章 时钟发生器	106
6.5 轮询输出	63	9.1 时钟发生器程序	106
6.6 插入网络	64	9.1.1 信道切换	108
6.7 闭锁电路	66	9.1.2 调度系统	109
6.8 练习实例	68	9.1.3 供气系统	110
6.8.1 温差	68	第 10 章 计数器	114
6.8.2 饮品分售机	69	10.1 装载和传送功能	114
6.8.3 内部通话设备	71	10.2 计数器	115
6.8.4 发电机	73	10.2.1 释放计数器 (FR)	116
6.8.5 锅炉控制	74	10.2.2 向前计数	116
6.8.6 冶炼炉	75	10.2.3 向后计数	116
6.9 触发器	78	10.2.4 计数器预设值	116
6.9.1 R-S 触发器	78	10.2.5 计数值定义	116
6.9.2 进入程序	79	10.2.6 重置计数器 (R)	116
6.9.3 泵控制器	83	10.2.7 检测计数值 (L/LC)	117
第 7 章 创建瞬时脉冲 (边缘 指令)	86	10.2.8 计数器的信号状态检测 (二进制)	117
7.1 上升沿的瞬时脉冲 (FP)	86	10.3 除尘设备程序	117
7.2 下降沿的瞬时脉冲 (FN)	86	第 11 章 比较器	119
7.3 程序输入	87	11.1 比较功能	119
7.4 确认电路	89	11.1.1 相等 ==	119
第 8 章 定时器功能	91	11.1.2 不相等 < >	120
		11.1.3 大于或等于 >=	120
		11.1.4 大于 >	120

11.1.5 小于或等于 \leq	120	12.9 泵控制器	140
11.1.6 小于 $<$	120	第 13 章 顺序控制系统	143
11.2 跑道灯程序	121	13.1 简介	143
11.3 输入序列功能程序	123	13.2 顺序控制系统的部件	143
第 12 章 练习实例	125	13.3 编程语言类型	144
12.1 七段显示器	125	13.4 线性顺序控制程序	145
12.2 星-三角起动	127	13.5 钣金折弯设备	145
12.3 交通信号灯控制器	128	第 14 章 安全守则	148
12.4 传送带控制器	130	14.1 守则	148
12.5 反应釜	132	14.2 紧急停止控制释放	148
12.6 容器灌装系统	134	14.3 控制释放实例	149
12.7 自动药片填充机	136	附录 解决方案示例	150
12.8 门禁控制系统	138		

第 1 章

概述

可编程序控制器 (PLC) 的功能是通过开环控制或者闭环控制来控制各种类型的机械设备以及工厂中的相关生产过程。

1.1 数制

可编程序控制器不使用十进制编码来处理输入、输出、定时器、位存储器等的地址等信息，而是使用双数系统来处理这些数据。双数系统只包括 0 和 1 这两个数字，在 PLC 的内部数据处理过程中，这种表示方法易于数据的计算和表示，我们也称这种表示方法为二进制表示。图 1.1 展示了二进制的转换方式。

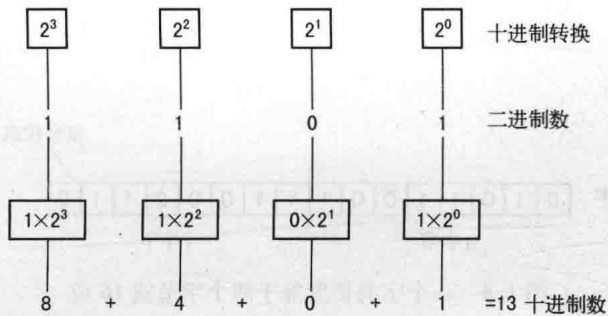


图 1.1 十进制数与二进制数的转换方式

1.2 计算机科技术语

在使用可编程序控制器编程的时候，人们通常使用数据处理的术语，比如位、字节、字以及双字。

1.2.1 位

位 (bit, 是 binary digit(二进制数)的缩写) 是数据信息存数的最小单元，如图 1.2 所示。

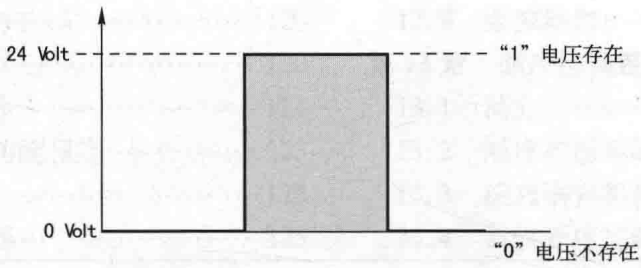


图 1.2 一位可以表示信号状态“1”或者“0”

1.2.2 字节

一个字节由 8 个位组成，如图 1.3 所示。

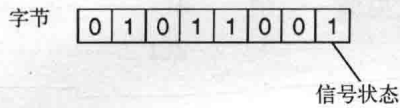


图 1.3 一个字节的长度是 8 位

1.2.3 字

一个字由两个字节或者 16 位组成，如图 1.4 所示。比如可以用字表达如下：

- 双数。
- 字母。
- 控制指令。

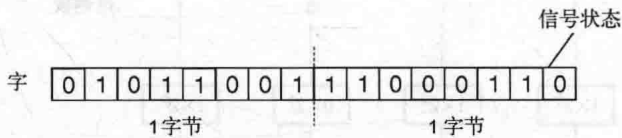


图 1.4 一个字的长度等于两个字节或 16 位

1.2.4 位地址

系统会检测和标记位地址，每一个字节中的单独的位都会被分配一个二进制的空间，这个空间被称为位地址，如图 1.5 所示。

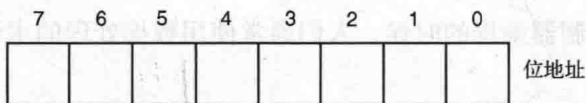


图 1.5 每一个字节中，最右边的位被称为地址 0，最左边的位被称为地址 7

1.2.5 字节地址

字节中的信息也是给定的，比如字节的地址。除此之外添加操作标签，比如 IB 2 代表

了输入字节地址 2，QB 4 代表了输出字节地址 4。字节中的位地址是由位和字节地址组合而成。

位地址和字节地址的分割通过小数点完成，位地址位于小数点的右边，字节地址位于小数点的左边。

字节地址示例如图 1.6 所示。

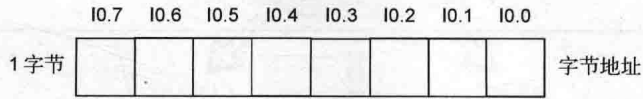


图 1.6 示例：字节地址 I0.0 或者 Q4.5

1.2.6 字地址

字的编号对应字的地址。当使用字比如 IW（输入字）、QW（输出字）、MW（记忆字）、DW（数据字），字地址的编号总是两个相连字节的低字节。字地址如图 1.7 所示。

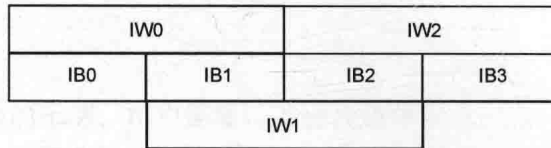


图 1.7 字地址

第 2 章

PLC 的分配

PLC 是批量生产的设备。最初它们还没有具体的任务。厂商把所有对控制工程必要的部件，例如逻辑元件、锁存器/非锁存器、计时器、计数器等整合在一起，然后把这些部件连接起来去呈现一个由编程实现的功能控制器。其中有大量的不同的控制单元，它们由以下功能单元彼此区分：

- 输入输出。
- 存储单元。
- 计数器。
- 计时器。
- 位储存功能。
- 特殊功能。
- 计算速度。
- 程序处理类型。

相对大型的控制单元是由以模块为基础的各个组件装配而成。用这样的模块化系统，针对不同的应用场合，用户可以定制化地进行组态和构建 PLC 系统。对于相对小型的控制任务，厂商会提供紧凑型控制单元。紧凑型设备自身就带有固定数量的输入和输出。

2.1 PLC 的结构

PLC 的基本结构如图 2.1 所示，自动化单元的基本结构如图 2.2 所示。

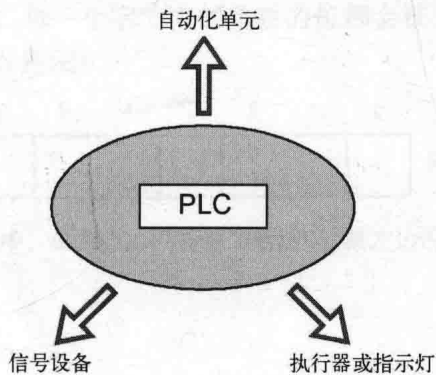


图 2.1 PLC 的基本结构

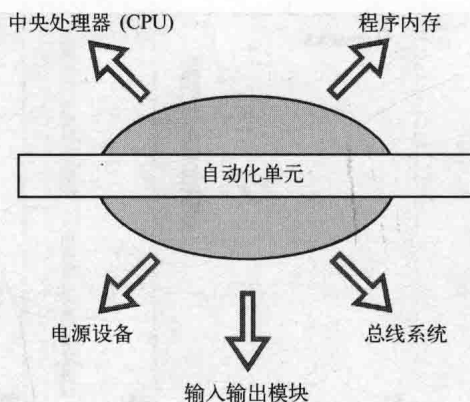


图 2.2 自动化单元的基本结构

- 信号设备为 PLC 的进一步的运算和处理提供数字和模拟信号。
- 执行机构或指示灯从 PLC 接收数字或模拟信号。

2.2 硬件要求

为了能够使用下面的示例，用户需要以下硬件组件。

DIN（符合德国工业标准的）导轨

单独的模块安装在 DIN 导轨。

电源设备 (PS)

电源设备转换器将 120/230 V 交流电主电源转换成 24 V 直流电源以向 S7 - 300 模块供电。

中央处理器 (CPU)

中央处理器的作用是执行用户程序。它与其他通过 MPI 接口的模块交换数据。

输入输出模块

编码器发出的系统输入信号通过输入模块进入 S7 - 300 或把信号输出到输出模块。一个 LED 显示灯显示模块的信号状态。

MPI 电缆

MPI 电缆将计算机连接到中央处理器 (CPU)。如果没有 MPI 电缆，就无法与 PC 交换数据。

个人计算机 (PC)

PC 的作用是配置、参数化并编程 S7 - 300。

编程设备 (PU)

PU 的作用也是配置、参数化并编程 S7 - 300。

在本书中，我们将会用带有一个数字输入模块（16 输入）和一个数字输出模块（16 输出）的 S7 - 300 (CPU 314) 来进行安装。在这个连接中，输入模块包含地址 I0.0 ~ I1.7 (IW0)，输出模块包含地址 Q4.0 ~ Q5.7 (QW4)。

训练单元的结构如图 2.3 所示。

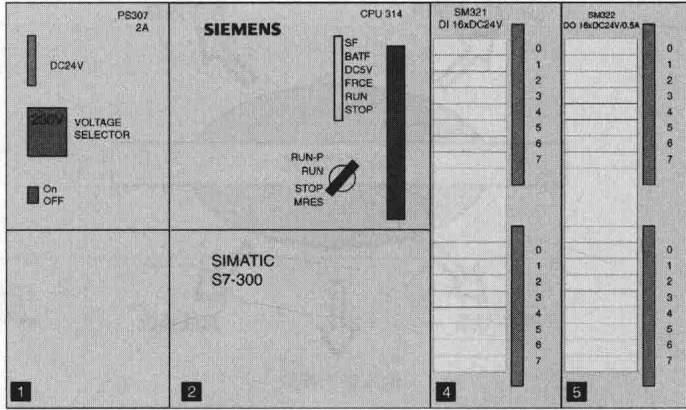


图 2.3 训练单元的结构

2.2.1 硬件结构

在安装一个 S7-300 的时候，必须要观察插槽的规则，将以下模块从左至右插入：

- 电源供应单元（PS）始终要作为在 DIN 导轨上的第一个模块插入。
- 中央处理器（CPU）必须作为第二个模块插入。
- 输入输出模块在 CPU 后插入。
- 在中央处理器单元（CPU）后，能插入最多 8 个信号模块。
- 模块水平插入或垂直插入均可。

2.3 软件要求

为 S7-300 编程时，我们使用 Windows XP 操作系统和 STEP 7 软件包的 3.xx 版本。这个版本集合了以下三种表示方法：语句表（STL）、梯形图（LAD）和功能块图（FBD）。原来的版本，例如 2.xx 就没有包含功能块图（FBD）表示方法。

为了本书的编程练习，我们假设西门子 STEP 7 软件包已经安装。为了能够运用 STEP 7 编程语言，用户需要掌握 Windows XP 操作系统（文件管理）的知识，并在 Windows XP 的用户界面完成安装。

2.3.1 STEP 7 编程语言

随着 1995 年秋季 SIMATIC S7 替换了 SIMATIC S5，一种新的编程语言（STEP 7）在 IEC1131 标准的基础上被开发。这种编程语言提供了全部的参数化、配置和编程 S7-300 自动化单元的功能。STEP 7 在 Windows XP 系统下运行并在面向对象的基础上工作。对象符号被映射到图形用户界面。STEP 7 有一个集成的在线帮助系统，这个系统提供了有价值的提示和技巧。

2.3.2 对象

在图形用户界面上，系统用符号表示对象。一个符号分配给一个特定的对象。STEP 7

的对象提供一下处理功能：

- 创建并打开对象。
- 编辑并保存对象。
- 重命名对象。
- 删除对象。
- 复制并粘贴对象。

例如，一个对象可以包含一个符号图标的项目、一个 SIMATIC 站、一个 S7 程序等。

2.3.3 项目

STEP 7 允许用户把一个工厂分成项目。一个项目包含了一个自动化解决方案的所有数据。用户可以考虑把一个项目作为最重要的对象。

带有 SIMATIC S7 的项目结构如图 2.4 所示。

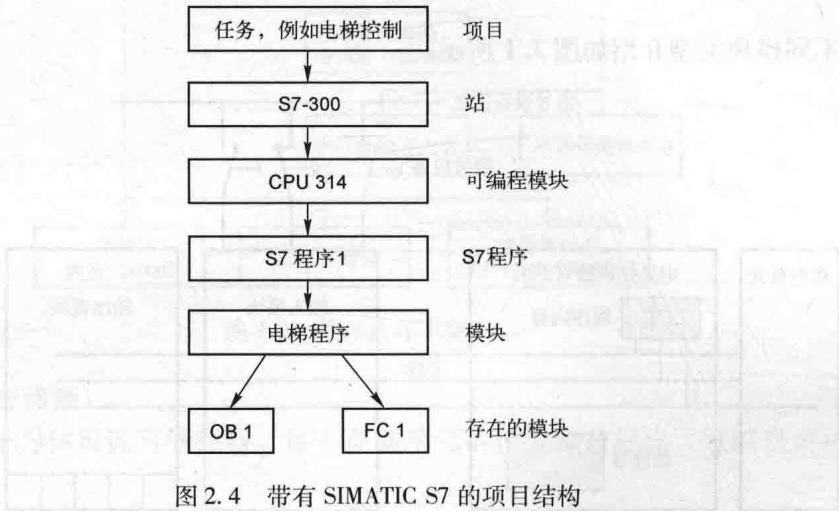


图 2.4 带有 SIMATIC S7 的项目结构

自动化解决方案数据在一个项目中被管理。这里用一个电梯控制器的项目作为例子。该项目包含了所有自动化解决方案。例如，包括了 S7 - 300 站和带有 CPU314 的可编程控制器 (Programmable Controller, PC)。用户可以从这个 PC 进入到 S7 程序。然后这个程序会被分解成相应的块，例如 OB 1 和 FC 1。

2.3.4 配置一个 S7 - 300

组态时，S7 模块在配置表中排列。

用户可以从电子器件目录中选择模块，并将它们输入配置表与插槽匹配。在配置表中的插槽与机框上的插槽相对应。然后为每一个模块自动分配一个地址。

2.3.5 参数化

用户可以用不同的方式为单独的模块设置属性。例如，其中一种参数化是修改 CPU S7 - 300 的监视时间周期。参数可以更改。

第 3 章

PLC 的运作方法

3.1 PLC 模块

PLC 不同模块类型介绍如图 3.1 所示。

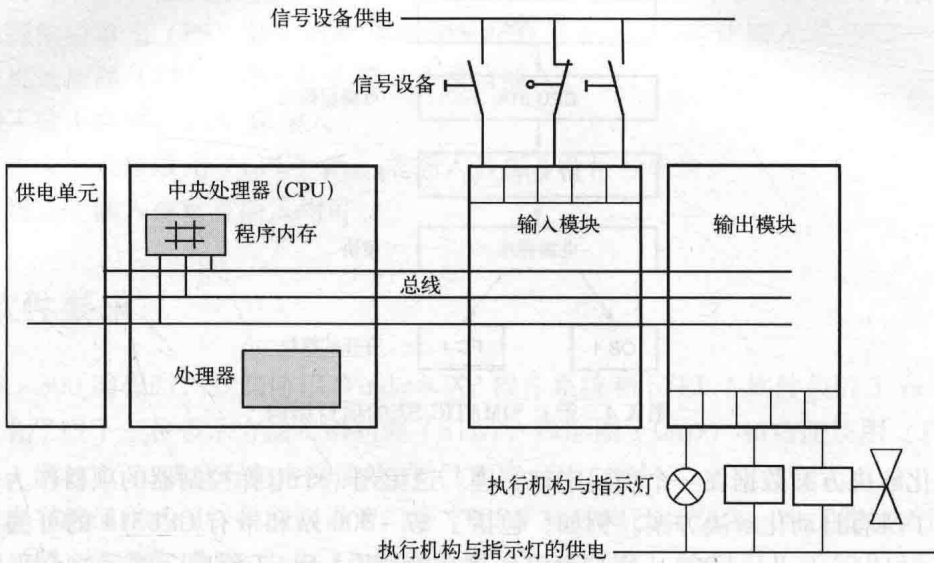


图 3.1 PLC 模块的设计与交互

3.1.1 供电单元

供电单元产生 DC 24 V 电压，为 PLC 的电子模块进行供电。信号设备、执行机构和指示信号灯则需要大于 24 V (24 ~ 220 V) 的电压，这部分设备由主电源或额外的功率控制变压器来供电。

3.1.2 程序内存

程序内存 (见图 3.2) 是可以把信息以二进制信号的形式存储的组件，程序内存一般使用半导体组件。内存包含：

- 512 个存储单元。

- 1024 个存储单元。
- 2048 个存储单元等。

我们一般会用 1 K (1 K = 1024) 的倍数来说明内存容量 (储存单元数量)。用户可以使用编程设备在存储单元中编写控制指令, 每个储存单元的二进制元件能够存储“1”或“0”的信号状态。

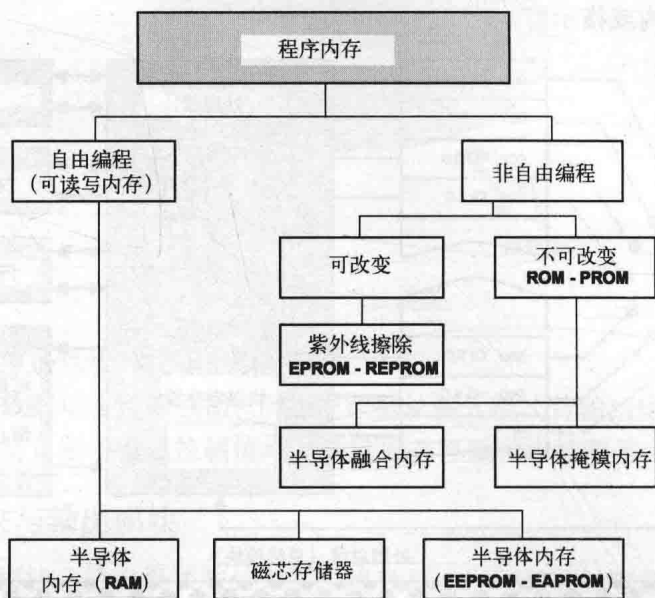


图 3.2 程序内存示意图

RAM (随机存储器)

RAM 是一种半导体可读写存储器。每个存储单元的位置都被标出, 可以自由访问存储地址。

存储单元可以多次写入信息, 读取信息也不会造成信息的丢失。

但是, RAM 为易失内存器, 也就是说, 断电或者关闭电源都会导致信息丢失。RAM 会自动删除。

ROM

ROM 是只读存储器。在 ROM 中的信息只能读取, 不能被删除或者篡改。只有制造商有权进入信息并且对其做出改变。

EPROM

EPROM 表示可擦写编程只读存储器。用户可以用紫外线删除所有 EPROM 中所含内容, 然后为它重新编程。因此, EPROM 可以保证在数据传输过程中数据的完整性。

REEPROM

REEPROM 表示可擦写可再编程只读存储器。紫外线同样可以清除其所含内容。

EEPROM

EEPROM 表示电擦写可编程只读存储器。可以在 EEPROM 的各个存储单元电擦写。

EAPROM

EAPROM 表示电可改变可编程只读存储器。

3.1.3 中央处理器 (CPU)

信号电压会被传送到输入模块的端子板。在 CPU (见图 3.3) 中, 处理器会在内存中处理程序, 不论输入端带不带电压, 此轮询都会继续。根据输入端的状态和内存中的程序, 处理器会指示输出模块转换电压和端子板连接。之后, 根据输出模块连接处的电压状态, 系统会接通/关闭执行机构或指示灯。

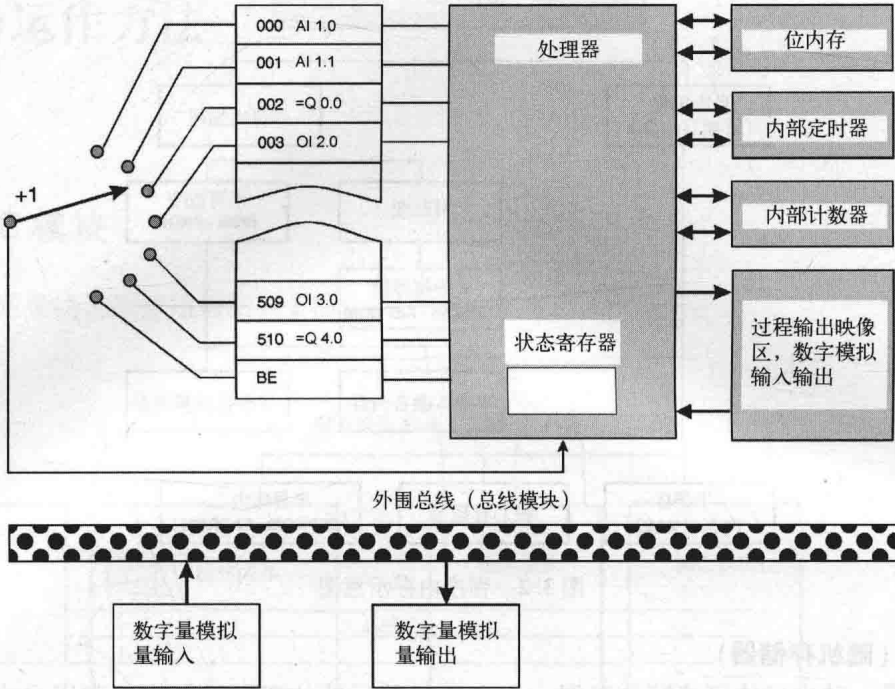


图 3.3 中央处理器 (CPU)

地址计数器根据指令在内存中依次 (在串行基础上) 搜索信息, 并把信息根据程序从内存转移到状态寄存器中。在处理器中的所有内存通常会涉及寄存器。

处理器从状态寄存器中获得指令。当处理器处理当前状态时, 地址计数器会把下一个状态转化到状态寄存器中。

状态信号从输入传送到输入过程映像区 (PII) 后连接计数器、计时器和累加器, 将逻辑运算结果 (RLO) 传送到输出过程映像区 (PIQ), 当处理用户程序后如果系统检测到结束块 (BE), 相关状态信号从 PIQ 传送到输出。

外围总线处理中央处理器和外围设备间的信息交换。外围设备包括数字输入、输出模块, 模拟输入、输出模块以及计数、计时和限位模块。

3.1.4 总线系统

总线系统 (见图 3.4) 是一组传输信号的线路。此系统在可编程序控制器中传输处理器和输入、输出模块间通过总线系统传输的信号。总线处理器由三条平行信号线路组成: