




 **解** 西门子
PLC、变频器
与触摸屏组态技术

—— / 蔡杏山 主编 / ——

 中国工信出版集团

 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

图解西门子 PLC、变频器与 触摸屏组态技术

蔡杏山 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书介绍了西门子PLC、变频器和触摸屏组态技术，主要内容有PLC入门，西门子S7-200 SMART PLC介绍，S7-200 SMART PLC编程软件的使用，基本指令的使用及应用实例，顺序控制指令的使用及应用实例，功能指令说明及使用举例，PLC通信，变频器的基本结构原理，西门子变频器的接线、操作与参数设置，变频器的典型应用电路，变频器与PLC的综合应用，西门子精彩系列触摸屏（SMART LINE）介绍，西门子WinCC组态软件快速入门，WinCC软件常用对象及功能的使用举例，用触摸屏操作和监控PLC实战。

本书起点较低，内容由浅入深，语言通俗易懂，内容结构的安排符合读者的学习认知规律。另外，本书还配有教学视频，可帮助读者更快、更直观地掌握有关技能。本书可作为PLC、变频器和触摸屏组态技术的自学图书，也可作为职业院校电类专业的PLC、变频器和触摸屏组态技术教材。

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

图解西门子PLC、变频器与触摸屏组态技术 / 蔡杏山主编. —北京：电子工业出版社，2020.1
ISBN 978-7-121-38147-8

I. ①图… II. ①蔡… III. ①PLC技术 - 图解 ②变频器 - 图解 ③触摸屏 - 图解 IV. ①TM571.61-64
②TN773-64 ③TP334-64

中国版本图书馆CIP数据核字（2019）第273450号

责任编辑：张楠 文字编辑：刘真平

印 刷：三河市君旺印务有限公司

装 订：三河市君旺印务有限公司

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：787×1092 1/16 印张：26.5 字数：678.4千字

版 次：2020年1月第1版

印 次：2020年1月第1次印刷

定 价：99.00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）88254888，88258888。

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

本书咨询联系方式：（010）88254579。

PLC 又称可编程序控制器，其外形像一只有很多接线端子和一些接口的箱子，接线端子分为输入端子、输出端子和电源端子，接口分为通信接口和扩展接口。通信接口用于连接计算机、变频器或触摸屏等设备，扩展接口用于连接一些特殊功能模块，增强 PLC 的控制功能。当用户从输入端子给 PLC 发送命令（如按下输入端子外接的开关）时，PLC 内部的程序运行，再从输出端子输出控制信号，去驱动外围的执行部件（如接触器线圈），从而完成控制要求。PLC 输出怎样的控制信号由内部的程序决定，该程序一般是在计算机中用专门的编程软件编写，再下载到 PLC 的。

变频器是一种电动机驱动设备，在工作时，先将工频（50Hz 或 60Hz）交流电源转换为频率可变的交流电源并提供给电动机，只要改变输出交流电源的频率，就能改变电动机的转速。由于变频器输出电源的频率可以连续变化，故电动机的转速也可以连续变化，从而实现电动机的无级变速调节。

触摸屏是一种带触摸显示功能的数字输入 / 输出设备，又称人机界面（HMI）。当触摸屏与 PLC 连接起来后，在触摸屏上不但可以对 PLC 进行操作，还可以实时监视 PLC 内部一些软元件的工作状态。要使用触摸屏操作和监视 PLC，须在计算机中用专门的组态软件为触摸屏制作（又称组态）相应的操作和监视画面，再把画面下载到触摸屏。

本书主要有以下特点。

- ◆ **基础起点低。**读者只需具有初中文化程度即可阅读本书。
- ◆ **语言通俗易懂。**书中少用专业化的术语，遇到较难理解的内容用形象的比喻说明，尽量避免复杂的理论分析和烦琐的公式推导，阅读起来感觉会十分顺畅。
- ◆ **内容解说详细。**考虑到自学时一般无人指导，因此在编写过程中对书中的知识点进行详细解说，让读者能轻松理解所学内容。
- ◆ **采用图文并茂的表现方式。**书中大量采用读者喜欢的直观形象的图表方式表现内容，使阅读变得非常轻松，不易疲劳。
- ◆ **内容安排符合认识规律。**本书按照循序渐进、由浅入深的原则来确定各章节内容的先后顺序，读者只需从前往后阅读，便会水到渠成。
- ◆ **突出显示知识要点。**为了帮助读者掌握书中的知识要点，书中用阴影和文字加粗的方法突出显示知识要点，指示学习重点。
- ◆ **网络免费辅导。**读者在阅读时如遇到难以理解的问题，可以登录易天电学网：www.xxITee.com，观看有关辅导材料或向老师提问，也可以在该网站了解相关新书信息。

本书在编写过程中得到了许多教师的支持，在此一并表示感谢。由于我们水平有限，书中的错误和疏漏在所难免，望广大读者和同仁予以批评指正。

第 1 章 PLC 入门	
1.1 概述.....1	2.2 PLC 的软元件.....23
1.1.1 PLC 的定义.....1	2.2.1 输入继电器 (I) 和输出继电器 (Q).....23
1.1.2 PLC 的分类.....1	2.2.2 辅助继电器 (M)、特殊辅助继电器 (SM) 和状态继电器 (S).....24
1.1.3 PLC 的特点.....2	2.2.3 定时器 (T)、计数器 (C) 和高速计数器 (HC).....25
1.2 PLC 控制与继电器控制比较.....3	2.2.4 累加器 (AC)、变量存储器 (V) 和局部变量存储器 (L).....25
1.2.1 继电器正转控制线路.....3	2.2.5 模拟量输入寄存器 (AI) 和模拟量输出寄存器 (AQ).....25
1.2.2 PLC 正转控制线路.....3	
1.2.3 PLC、继电器和单片机控制系统的比较.....5	
1.3 PLC 的组成与工作原理.....5	第 3 章 S7-200 SMART PLC 编程软件的使用
1.3.1 PLC 的组成框图.....5	3.1 软件的安装、卸载与软件窗口介绍.....26
1.3.2 PLC 内部组成单元说明.....6	3.1.1 软件的安装与启动.....26
1.3.3 PLC 的工作方式.....9	3.1.2 软件的卸载.....28
1.4 PLC 的编程语言.....10	3.1.3 软件窗口组件说明.....29
1.4.1 梯形图 (LAD).....10	3.2 程序的编写与下载.....32
1.4.2 功能块图 (FBD).....11	3.2.1 项目创建与保存.....32
1.4.3 指令语句表 (STL).....11	3.2.2 PLC 硬件组态 (配置).....33
1.5 PLC 应用系统开发举例.....11	3.2.3 程序的编写.....33
1.5.1 PLC 应用系统开发的一般流程.....11	3.2.4 PLC 与计算机的连接及通信设置.....38
1.5.2 PLC 控制电动机正、反转的开发实例.....11	3.3 程序的编辑与注释.....44
	3.3.1 程序的编辑.....44
第 2 章 西门子 S7-200 SMART PLC 介绍	3.3.2 程序的注释.....46
2.1 PLC 硬件介绍.....15	3.4 程序的监控与调试.....49
2.1.1 两种类型的 CPU 模块.....16	3.4.1 用梯形图监控调试程序.....49
2.1.2 CPU 模块面板各部件说明.....16	3.4.2 用状态图表的表格监控调试程序.....52
2.1.3 CPU 模块的接线.....16	3.4.3 用状态图表的趋势图监控调试程序.....54
2.1.4 信号板的安装使用与地址分配.....18	3.5 软件的一些常用设置及功能使用.....55
2.1.5 S7-200 SMART 常用模块及附件与订货号含义.....21	

3.5.1 软件的一些对象设置	55	5.2 顺序控制指令	99
3.5.2 硬件组态 (配置)	56	5.2.1 指令名称及功能	99
3.5.3 用存储卡备份、复制程序和刷新固件	57	5.2.2 指令使用举例	99
第 4 章 基本指令的使用及应用实例		5.2.3 指令使用注意事项	101
4.1 位逻辑指令	62	5.3 顺序控制的几种方式	101
4.1.1 触点指令	62	5.3.1 选择性分支方式	101
4.1.2 线圈指令	63	5.3.2 并行分支方式	104
4.1.3 立即指令	64	5.4 顺序控制指令应用实例	106
4.1.4 RS 触发器指令	65	5.4.1 液体混合装置的 PLC 控制线路与 程序详解	106
4.1.5 空操作指令	66	5.4.2 简易机械手的 PLC 控制线路与 程序详解	110
4.2 定时器	67	5.4.3 大小铁球分拣机的 PLC 控制线路 与程序详解	115
4.2.1 通电延时型定时器 (TON)	67	第 6 章 功能指令说明及使用举例	
4.2.2 断电延时型定时器 (TOF)	68	6.1 功能指令使用基础	121
4.2.3 记忆型通电延时定时器 (TONR)	69	6.1.1 数据类型	121
4.3 计数器	71	6.1.2 寻址方式	122
4.3.1 加计数器 (CTU)	71	6.2 传送指令	125
4.3.2 减计数器 (CTD)	72	6.2.1 单一数据传送指令	125
4.3.3 加减计数器 (CTUD)	73	6.2.2 字节立即传送指令	126
4.4 常用的基本控制线路及梯形图	75	6.2.3 数据块传送指令	127
4.4.1 启动、自锁和停止控制线路与 梯形图	75	6.2.4 字节交换指令	128
4.4.2 正、反转联锁控制线路与梯形图	76	6.3 比较指令	128
4.4.3 多地控制线路与梯形图	77	6.3.1 字节触点比较指令	129
4.4.4 定时控制线路与梯形图	79	6.3.2 整数触点比较指令	129
4.4.5 长定时控制线路与梯形图	81	6.3.3 双字整数触点比较指令	130
4.4.6 多重输出控制线路与梯形图	82	6.3.4 实数触点比较指令	131
4.4.7 过载报警控制线路与梯形图	84	6.3.5 字符串触点比较指令	132
4.4.8 闪烁控制线路与梯形图	85	6.3.6 比较指令应用举例	132
4.5 基本指令应用实例	86	6.4 数学运算指令	133
4.5.1 喷泉的 PLC 控制线路与程序详解	86	6.4.1 加减乘除运算指令	133
4.5.2 交通信号灯的 PLC 控制线路与 程序详解	89	6.4.2 浮点数函数运算指令	138
4.5.3 多级传送带的 PLC 控制线路与 程序详解	92	6.5 逻辑运算指令	139
4.5.4 车库自动门的 PLC 控制线路与 程序详解	95	6.5.1 取反指令	139
第 5 章 顺序控制指令的使用及应用实例		6.5.2 与指令	140
5.1 顺序控制与状态转移图	98	6.5.3 或指令	141
		6.5.4 异或指令	142

6.6	移位与循环指令	143	6.14.4	高速计数器输入端子滤波时间的设置	190
6.6.1	左移位与右移位指令	143	6.14.5	高速计数器的控制字节	191
6.6.2	循环左移位与右移位指令	145	6.14.6	高速计数器计数值的读取与设置	192
6.6.3	移位寄存器指令	146	6.14.7	高速计数器的状态字节	193
6.7	转换指令	148	6.14.8	高速计数器的编程步骤与举例	194
6.7.1	标准转换指令	148	6.15	高速脉冲输出指令及相关内容说明	196
6.7.2	ASCII 码转换指令	152	6.15.1	指令说明	196
6.7.3	字符串转换指令	158	6.15.2	高速脉冲输出的控制字节、参数设置和状态位	196
6.7.4	编码与解码指令	161	6.15.3	PTO 脉冲的产生与使用	198
6.8	表格指令	162	6.15.4	PWM 脉冲的产生与使用	202
6.8.1	填表指令	162	6.16	PID 指令及相关内容说明	205
6.8.2	查表指令	163	6.16.1	PID 控制	205
6.8.3	先进先出和后进先出指令	164	6.16.2	PID 指令介绍	206
6.8.4	存储区填充指令	165	6.16.3	PID 指令应用举例	208
6.9	字符串指令	165	第 7 章 PLC 通信		
6.9.1	字符串长度、复制和连接指令	166	7.1	通信基础知识	211
6.9.2	复制子字符串指令	167	7.1.1	通信方式	211
6.9.3	字符串与字符搜索指令	167	7.1.2	通信传输介质	214
6.10	时钟指令	169	7.2	PLC 以太网通信	215
6.10.1	时钟指令说明	169	7.2.1	S7-200 SMART CPU 模块以太网连接的设备类型	215
6.10.2	时钟指令使用举例	170	7.2.2	IP 地址的设置	216
6.11	程序控制指令	172	7.2.3	以太网通信指令	221
6.11.1	跳转与标签指令	172	7.2.4	PLC 以太网通信实例详解	224
6.11.2	循环指令	172	7.3	RS485/RS232 端口自由通信	228
6.11.3	条件结束、停止和监视定时器复位指令	174	7.3.1	RS232C、RS422A 和 RS485 接口电路结构	228
6.12	子程序与子程序指令	175	7.3.2	RS485/RS232 各引脚功能定义	230
6.12.1	子程序	175	7.3.3	获取端口地址 (GET_ADDR) 指令和设置端口地址 (SET_ADDR) 指令	231
6.12.2	子程序指令	175	7.3.4	发送 (XMT) 和接收 (RCV) 指令	231
6.12.3	带参数的子程序调用指令	178	7.3.5	PLC 与打印机之间的通信 (自由端口模式)	236
6.13	中断指令及相关内容说明	180	第 8 章 变频器的基本结构原理		
6.13.1	中断事件与中断优先级	180	8.1	异步电动机的两种调速方式	240
6.13.2	中断指令	183			
6.14	高速计数器指令及相关内容说明	185			
6.14.1	高速计数器指令说明	186			
6.14.2	高速计数器的计数模式	186			
6.14.3	高速计数器分配的输入端子及在各工作模式下的功能	189			

8.2	变频器的基本结构及原理	241
8.2.1	交-直-交型变频器的结构与原理	241
8.2.2	交-交型变频器的结构与原理	242
8.3	变频调速控制方式	242
8.3.1	压/频控制方式	242
8.3.2	转差频率控制方式	243
8.3.3	矢量控制方式	245
8.3.4	直接转矩控制方式	246
8.3.5	控制方式比较	247

第9章 西门子变频器的接线、操作与参数设置

9.1	MM440 变频器的内部结构及外部接线	248
9.1.1	外形和型号(订货号)含义	248
9.1.2	内部结构及外部接线图	249
9.1.3	主电路的外部端子接线	250
9.1.4	控制电路外部端子的典型接线	251
9.1.5	数字量输入端子的接线及参数设置	251
9.1.6	模拟量输入端子的接线及参数设置	253
9.1.7	数字量输出端子的接线及参数设置	255
9.1.8	模拟量输出端子的接线及参数设置	255
9.2	变频器的停车、制动及再启动方式	256
9.2.1	电动机的铭牌数据与变频器对应参数	256
9.2.2	变频器的停车方式	257
9.2.3	变频器的制动方式	257
9.2.4	变频器的再启动方式	258
9.3	用面板和外部端子操作调试变频器	259
9.3.1	用SDP(状态显示板)和外部端子操作调试变频器	259
9.3.2	用BOP(基本操作板)操作调试变频器	260
9.3.3	用AOP(高级操作板)操作调试变频器	262
9.4	MM440 变频器的参数调试及常规操作	263
9.4.1	变频器所有参数的复位	263

9.4.2	变频器参数快速调试步骤及说明	264
9.4.3	变频器的常规操作	264
9.5	西门子MM440、MM430和MM420变频器的主要区别与技术规格	267
9.5.1	MM440、MM430和MM420变频器的主要区别	267
9.5.2	MM420变频器的主要技术规格	267
9.5.3	MM430变频器的主要技术规格	268
9.5.4	MM440变频器的主要技术规格	270

第10章 变频器的典型应用电路

10.1	用变频器输入端子控制电动机正反转和面板键盘调速的电路	272
10.1.1	电路接线	272
10.1.2	参数设置	272
10.1.3	操作过程及电路说明	273
10.2	变频器输入端子控制电动机正反转和电位器调速的电路	274
10.2.1	电路接线	274
10.2.2	参数设置	274
10.2.3	操作过程及电路说明	274
10.3	变频器的多段速控制功能及应用电路	275
10.3.1	变频器多段速控制的三种方式	275
10.3.2	变频器多段速控制应用电路	276
10.4	变频器的PID控制电路	277
10.4.1	MM440变频器的PID原理图及有关参数	277
10.4.2	MM440变频器的PID控制恒压供水电路	278

第11章 变频器与PLC的综合应用

11.1	PLC控制变频器驱动电动机延时正反转的电路	282
11.1.1	PLC输入/输出(I/O)端子的分配	282
11.1.2	电路接线	282
11.1.3	变频器参数设置	282
11.1.4	PLC控制程序及说明	283

11.2 PLC 控制变频器实现多段速运行的 电路.....	284	12.4.1 触摸屏的屏幕键盘.....	312
11.2.1 PLC 输入 / 输出 (I/O) 端子的 分配.....	284	12.4.2 触摸屏的启动.....	312
11.2.2 电路接线.....	285	12.4.3 触摸屏的控制面板.....	313
11.2.3 变频器参数设置.....	285	12.4.4 触摸屏的数据备份和恢复.....	313
11.2.4 PLC 控制程序及说明.....	286	12.4.5 触摸屏的以太网参数设置.....	315
11.3 PLC 以 USS 协议通信控制变频器的 应用实例.....	287	12.4.6 触摸屏的画面方向、设备信息、 触摸位置校准和许可信息的设置 与查看.....	316
11.3.1 S7-200 PLC 与 MM440 变频器 串口通信的硬件连接.....	287	12.4.7 触摸屏屏幕保护程序的设置.....	318
11.3.2 USS 协议通信知识.....	288	12.4.8 触摸屏密码的设置.....	318
11.3.3 在 S7-200 PLC 编程软件中 安装 USS 通信库.....	289	12.4.9 触摸屏传送通道的开启.....	319
11.3.4 USS 通信指令说明.....	290	12.4.10 触摸屏声音的设置.....	319
11.3.5 S7-200 PLC 以 USS 协议通信控制 MM440 变频器的应用实例.....	297		
第 12 章 西门子精彩系列触摸屏 (SMART LINE) 介绍		第 13 章 西门子 WinCC 组态软件 快速入门	
12.1 触摸屏基础知识.....	301	13.1 WinCC flexible SMART V3 软件的 安装与卸载.....	320
12.1.1 基本组成.....	301	13.1.1 系统要求.....	320
12.1.2 四种类型的触摸屏及工作原理.....	301	13.1.2 软件的免费下载.....	321
12.1.3 常用类型触摸屏的性能比较.....	304	13.1.3 软件的安装.....	321
12.2 西门子精彩系列触摸屏 (SMART LINE) 简介.....	305	13.1.4 软件的启动及卸载.....	325
12.2.1 SMART LINE 触摸屏的特点.....	305	13.2 用 WinCC 软件组态一个简单的 项目.....	326
12.2.2 常用型号及外形.....	305	13.2.1 项目的创建与保存.....	326
12.2.3 触摸屏主要部件说明.....	306	13.2.2 组态变量.....	328
12.2.4 技术规格.....	307	13.2.3 组态画面.....	330
12.3 触摸屏与其他设备的连接.....	308	13.2.4 项目的模拟运行.....	334
12.3.1 触摸屏的供电接线.....	308		
12.3.2 触摸屏与组态计算机 (PC) 的 以太网连接.....	309	第 14 章 WinCC 软件常用对象及 功能的使用举例	
12.3.3 触摸屏与西门子 PLC 的连接.....	309	14.1 IO 域的使用举例.....	336
12.3.4 触摸屏与三菱、施耐德和欧姆龙 PLC 的连接.....	310	14.1.1 组态任务.....	336
12.4 触摸屏的操作设置.....	312	14.1.2 组态过程.....	336
		14.1.3 运行测试.....	340
		14.2 按钮的使用举例.....	340
		14.2.1 组态任务.....	340
		14.2.2 组态过程.....	341
		14.2.3 运行测试.....	344
		14.3 文本列表和图形列表的使用举例.....	345

14.3.1 组态任务	345	第 15 章 用触摸屏操作和监控 PLC 实战
14.3.2 组态过程	345	15.1 明确要求、规划变量和线路
14.3.3 运行测试	350	15.1.1 控制要求
14.4 变量控制对象动画的使用举例	351	15.1.2 选择 PLC 和触摸屏型号并分配 变量
14.4.1 组态任务	351	15.1.3 设备连接与电气线路
14.4.2 组态过程	352	15.2 编写和下载 PLC 程序
14.4.3 运行测试	355	15.2.1 编写 PLC 程序
14.4.4 仿真调试	355	15.2.2 PLC 与计算机的连接与设置
14.5 指针变量的使用举例	356	15.2.3 下载和上传 PLC 程序
14.5.1 组态任务	356	15.3 组态和下载触摸屏画面项目
14.5.2 组态过程	357	15.3.1 创建触摸屏画面项目文件
14.5.3 运行测试	360	15.3.2 组态触摸屏与 PLC 的连接
14.6 开关和绘图工具的使用举例	361	15.3.3 组态变量
14.6.1 组态任务	361	15.3.4 组态指示灯
14.6.2 组态过程	362	15.3.5 组态按钮
14.6.3 运行测试	366	15.3.6 组态状态值监视器
14.7 报警功能的使用举例	366	15.3.7 组态说明文本
14.7.1 报警基础知识	366	15.3.8 下载项目到触摸屏
14.7.2 组态任务	368	15.3.9 无法下载项目的常见原因及解决 方法
14.7.3 组态过程	368	15.3.10 用 ProSave 软件更新触摸屏 版本
14.7.4 运行测试	373	15.4 触摸屏连接 PLC 实际操作测试
14.8 棒图和趋势图的使用举例	374	15.4.1 触摸屏和 PLC 用网线通信的硬件 连接与通信设置
14.8.1 组态任务	374	15.4.2 触摸屏和 PLC 用串口线通信的 硬件连接与通信设置
14.8.2 组态过程	375	15.4.3 触摸屏连接 PLC 进行操作测试
14.8.3 运行测试	379	附录 A 西门子 S7-200 SMART CPU SR20/ST20 技术规范
14.9 画面的切换使用举例	380	附录 B 西门子 S7-200 SMART CPU SR40/ST40/CR40 技术规范
14.9.1 建立画面	380	
14.9.2 用拖放生成按钮的方式设置画面 切换	381	
14.9.3 用按钮配合画面切换函数来实现 指定画面的切换	382	
14.9.4 用按钮配合画面切换函数来实现 任意编号画面的切换	383	

第1章 PLC入门

1.1 概述

1.1.1 PLC的定义

PLC是英文 Programmable Logic Controller 的缩写,意为可编程序逻辑控制器。世界上第一台 PLC 于 1969 年由美国数字设备公司 (DEC) 研制成功,随着技术的发展,PLC 的功能大大增强,不仅限于逻辑控制,因此美国电气制造协会 NEMA 于 1980 年对它进行重命名,称为可编程控制器 (Programmable Controller),简称 PC。但由于 PC 容易和个人计算机 (Personal Computer, PC) 混淆,故人们仍习惯将 PLC 当作可编程序控制器的缩写。

由于可编程序控制器一直在发展中,至今尚未对其下最后的定义。国际电工学会 (IEC) 对 PLC 的最新定义要点如下。

(1) 是一种专为工业环境下应用而设计的数字电子设备;

(2) 内部采用了可编程序的存储器,可进行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作;

(3) 通过数字量或模拟量输入端接收外部信号或操作指令,内部程序运行后从数字量或模拟量输出端输出需要的信号;

(4) 可以通过扩展接口连接扩展单元,以增强和扩展功能,还可以通过通信接口与其他设备进行通信。

1.1.2 PLC的分类

PLC 的种类很多,下面按结构形式、控制规模和实现功能对 PLC 进行分类。

1. 按结构形式分类

按硬件的结构形式不同,PLC 可分为整体式和模块式。

整体式 PLC 又称箱式 PLC,图 1-1 所示是一种常见的整体式 PLC,其外形像一个长方形的箱体,这种 PLC 的 CPU、存储器、I/O 接口等都安装在一个箱体内。整体式 PLC 的结构简单、体积小、价格低。小型 PLC 一般采用整体式结构。

模块式 PLC 又称组合式 PLC,其外形如图 1-2 所示,它有一个总线基板,基板上有很多总线插槽,其中由 CPU、存储器和电源构成的一个模块通常固定安装在某个插槽中,其他功能模块安装在其他不同的插槽内。模块式 PLC 配置灵活,可通过增减模块来组成不同规模的系统,安装维修方便,但价格较贵。大、中型 PLC 一般采用模块式结构。

2. 按控制规模分类

I/O 点数 (输入 / 输出端子数量) 是衡量 PLC 控制规模的重要参数,根据 I/O 点数多

少，可将 PLC 分为小型、中型和大型三类。

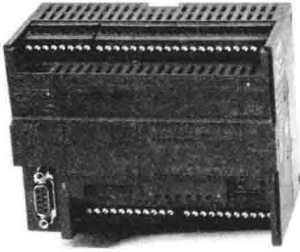


图 1-1 整体式 PLC

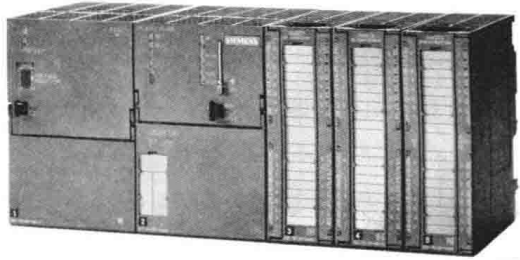


图 1-2 模块式 PLC (组合式 PLC)

- (1) 小型 PLC: 其 I/O 点数小于 256 点, 采用 8 位或 16 位单 CPU, 用户存储器容量小。
- (2) 中型 PLC: 其 I/O 点数在 256 ~ 2048 点之间, 采用双 CPU, 用户存储器容量较大。
- (3) 大型 PLC: 其 I/O 点数大于 2048 点, 采用 16 位、32 位多 CPU, 用户存储器容量很大。

3. 按实现功能分类

根据 PLC 的功能强弱不同, 可将 PLC 分为低档、中档、高档三类。

(1) 低档 PLC。它具有逻辑运算、定时、计数、移位及自诊断、监控等基本功能, 有些还有少量模拟量输入/输出、算术运算、数据传送和比较、通信等功能。低档 PLC 主要用于逻辑控制、顺序控制或少量模拟量控制的单机控制系统。

(2) 中档 PLC。它除了具有低档 PLC 的功能外, 还具有较强的模拟量输入/输出、算术运算、数据传送和比较、数制转换、远程 I/O、子程序、通信联网等功能, 有些还增设中断控制、PID 控制等功能。中档 PLC 适用于比较复杂的控制系统。

(3) 高档 PLC。它除了具有中档 PLC 的功能外, 还增加了带符号算术运算、矩阵运算、位逻辑运算、平方根运算及其他特殊功能函数的运算、制表及表格传送功能等。高档 PLC 具有很强的通信联网功能, 一般用于大规模过程控制或构成分布式网络控制系统, 实现工厂控制自动化。

1.1.3 PLC 的特点

PLC 是一种专为工业应用而设计的控制器, 它主要有以下特点。

1) 可靠性高, 抗干扰能力强

为了适应工业应用要求, PLC 从硬件和软件方面采用了大量的技术措施, 以便能在恶劣的环境下长时间可靠运行, 现在大多数 PLC 的平均无故障运行时间可达几十万小时。

2) 通用性强, 控制程序可变, 使用方便

PLC 可利用齐全的各种硬件装置来组成各种控制系统, 用户不必自己再设计和制作硬件装置。用户在硬件确定以后, 在生产工艺流程改变或生产设备更新的情况下, 无须大量改变 PLC 的硬件设备, 只需更改程序就可以满足要求。

3) 功能强, 适应范围广

现代 PLC 不仅有逻辑运算、计时、计数、顺序控制等功能, 还具有数字和模拟量的输入/输出、功率驱动、通信、人机对话、自检、记录显示等功能, 既可控制一台生产机械、一条生产线, 又可控制一个生产过程。

4) 编程简单, 易用易学

目前大多数 PLC 采用梯形图编程方式, 梯形图语言的编程元件符号和表达方式与继电器控制电路原理图非常接近, 这样使大多数工厂企业电气技术人员非常容易接受和掌握。

5) 系统设计、调试和维修方便

PLC 用软件来取代继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件, 使控制柜的设计安装接线工作量大为减少。另外, PLC 的用户程序可以通过计算机在实验室仿真调试, 减少了现场的调试工作量。此外, 由于 PLC 结构模块化及很强的自我诊断能力, 维修也极为方便。

1.2 PLC 控制与继电器控制比较

PLC 控制是在继电器控制的基础上发展起来的, 为了让读者能初步了解 PLC 控制方式, 本节以电动机正转控制为例对两种控制系统进行比较。

1.2.1 继电器正转控制线路

图 1-3 所示是一种常见的继电器正转控制线路, 可以对电动机进行正转和停转控制, 右图为主电路, 左图为控制电路。

电路原理说明如下。

按下启动按钮 SB1, 接触器 KM 线圈得电, 主电路中的 KM 主触点闭合, 电动机得电运转, 与此同时, 控制电路中的 KM 常开自锁触点也闭合, 锁定 KM 线圈得电 (即 SB1 断开后 KM 线圈仍可得电)。

按下停止按钮 SB2, 接触器 KM 线圈失电, KM 主触点断开, 电动机失电停转, 同时 KM 常开自锁触点也断开, 解除自锁 (即 SB2 闭合后 KM 线圈无法得电)。

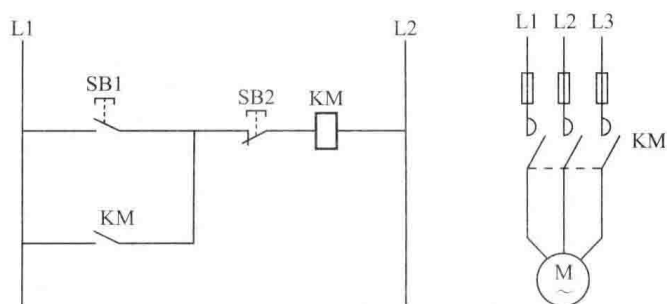


图 1-3 继电器正转控制线路

1.2.2 PLC 正转控制线路

图 1-4 所示是一种采用 S7-200 SMART PLC 的正转控制线路, 该 PLC 的型号为 CPU SR20 (AC/DC/继电器), 采用 220V 交流电源 (AC) 供电, 输入端使用 24V 直流电源 (DC), 输出端内部采用继电器输出 (R), PLC 的点数为 20 点 (12 个输入端、8 个输出端)。图 1-4 所示线路可以实现与图 1-3 所示的继电器正转控制线路相同的功能。PLC 正转控制线路也可分作主电路和控制电路两部分, PLC 与外接的输入、输出部件构成控制电路, 主电路与继电器正转控制主电路相同。

在组建 PLC 控制系统时, 要给 PLC 输入端子连接输入部件 (如开关), 给输出端子连接输出部件, 并给 PLC 提供电源。在图 1-4 中, PLC 输入端子连接 SB1 (启动)、SB2 (停

止)按钮和 24V 直流电源 (24V DC), 输出端子连接接触器 KM 线圈和 220V 交流电源 (220V AC), 电源端子连接 220V 交流电源供电, 在内部由电源电路转换成 5V 和 24V 的直流电压, 5V 供给内部电路使用, 24V 会送到 L+、M 端子输出, 可以提供给输入端子使用。PLC 硬件连接完成后, 在计算机中使用 PLC 编程软件编写图示的梯形图程序, 并用通信电缆将计算机与 PLC 连接起来, 再将程序写入 PLC。

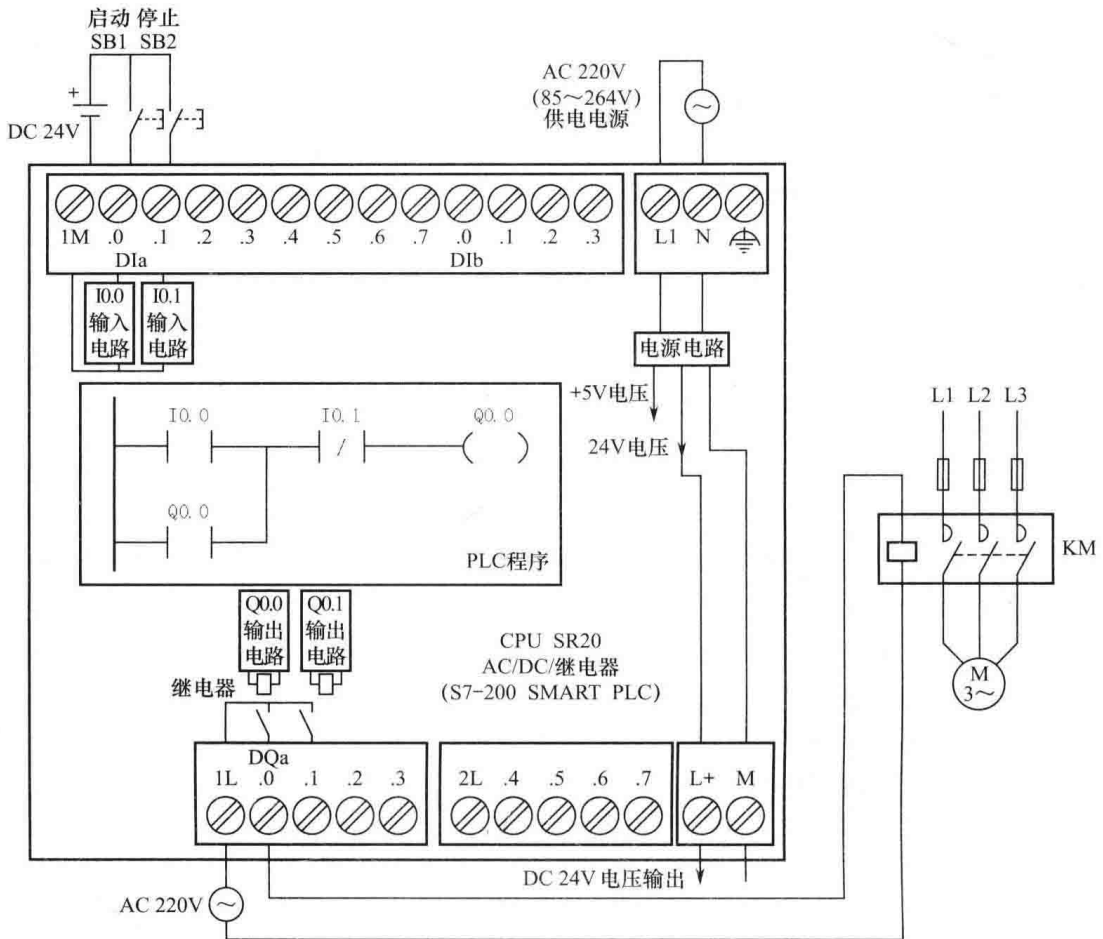


图 1-4 采用 S7-200 SMART PLC 的正转控制线路

图 1-4 所示的 PLC 正转控制线路的硬、软件工作过程说明如下。

当按下启动按钮 SB1 时, 有电流流过 I0.0 端子 (即 DIa.0 端子) 内部的输入电路, 电流途径是 24V+ → SB1 → I0.0 端子入 → I0.0 输入电路 → 1M 端子出 → 24V-。I0.0 输入电路有电流流过, 会使程序中的 I0.0 常开触点闭合, 程序中左母线的模拟电流 (也称能流) 经闭合的 I0.0 常开触点、I0.1 常闭触点流经 Q0.0 线圈到达右母线 (程序中的右母线通常不显示出来), 程序中的 Q0.0 线圈得电, 一方面会使程序中的 Q0.0 常开自锁触点闭合, 另一方面会控制 Q0.0 输出电路, 使之输出电流流过 Q0.0 硬件继电器的线圈。该继电器触点被吸合, 有电流流过主电路中的接触器 KM 线圈, 电流途径是交流 220V 一端 → 1L 端子入 → 内部 Q0.0 硬件继电器触点 → Q0.0 端子 (即 DQa.0 端子) 出 → 接触器 KM 线圈 → 交流 220V 另一端, 接触器 KM 线圈通电产生磁场使 KM 主触点闭合, 电动机得电运转。

当按下停止按钮 SB2 时, 有电流流过 I0.1 端子 (即 DIa.1 端子) 内部的 I0.1 输入电路, 程序中的 I0.1 常闭触点断开, Q0.0 线圈失电, 一方面会使程序中的 Q0.0 常开自锁触点断开解除通电自锁, 另一方面会控制 Q0.0 输出电路, 使之停止输出电流, Q0.0 硬件继电器线圈无电流流过, 其触点断开, 主电路中的接触器 KM 线圈失电, KM 主触点断开, 电动机停转。

1.2.3 PLC、继电器和单片机控制系统的比较

PLC 控制与继电器控制相比, 具有改变程序就能变换控制功能的优点, 但在简单控制时成本较高, 另外, 利用单片机也可以实现控制。PLC、继电器和单片机控制系统的比较见表 1-1。

表 1-1 PLC、继电器和单片机控制系统的比较

比较内容	PLC 控制系统	继电器控制系统	单片机控制系统
功能	用程序可以实现各种复杂控制	用大量继电器布线逻辑实现循序控制	用程序实现各种复杂控制, 功能最强
改变控制内容	修改程序较简单容易	改变硬件接线, 工作量大	修改程序, 技术难度大
可靠性	平均无故障工作时间长	受机械触点寿命限制	一般比 PLC 差
工作方式	顺序扫描	顺序控制	中断处理, 响应最快
接口	直接与生产设备相连	直接与生产设备相连	要设计专门的接口
环境适应性	可适应一般工业生产现场环境	环境差, 会降低可靠性和寿命	要求有较好的环境, 如机房、实验室、办公室
抗干扰	一般不用专门考虑抗干扰问题	能抗一般电磁干扰	要专门设计抗干扰措施, 否则易受干扰影响
维护	现场检查、维修方便	定期更换继电器, 维修费时	技术难度较高
系统开发	设计容易、安装简单、调试周期短	图样多, 安装接线工作量大, 调试周期长	系统设计复杂, 调试计算难度大, 需要有系统的计算机知识
通用性	较好, 适用面广	一般是专用	要进行软、硬件技术改造才能作为他用
硬件成本	比单片机控制系统高	少于 30 个继电器时成本较低	一般比 PLC 低

1.3 PLC 的组成与工作原理

1.3.1 PLC 的组成框图

PLC 种类很多, 但结构大同小异, 典型的 PLC 控制系统组成框图如图 1-5 所示。在组建 PLC 控制系统时, 需要给 PLC 的输入端子连接有关的输入设备 (如按钮、触点和行程开关等), 给输出端子连接有关的输出设备 (如指示灯、电磁线圈和电磁阀等)。如果需要 PLC 与其他设备通信, 可在 PLC 的通信接口连接其他设备; 如果希望增强 PLC 的功能, 可给 PLC 的扩展接口接上扩展单元。

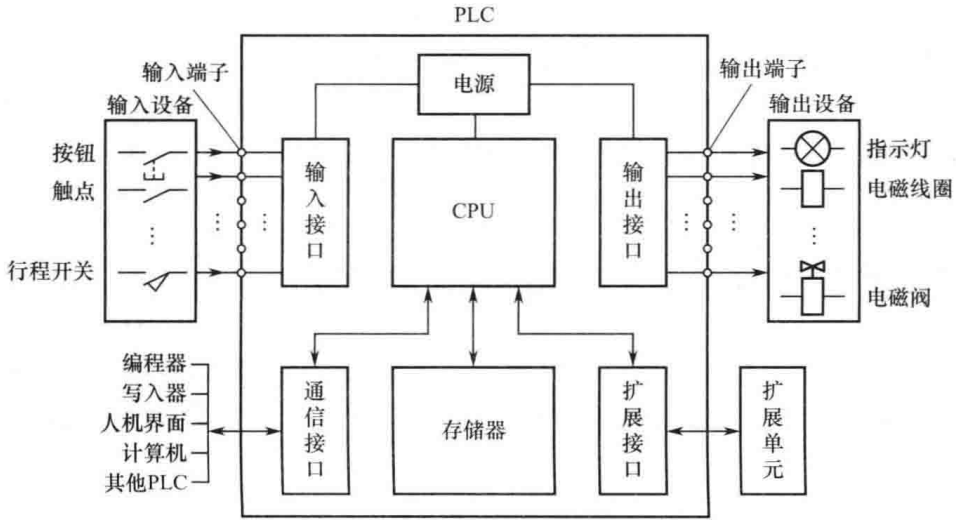


图 1-5 典型的 PLC 控制系统组成框图

1.3.2 PLC 内部组成单元说明

从图 1-5 可以看出，PLC 内部主要由 CPU、存储器、输入接口、输出接口、通信接口、扩展接口和电源等组成。

1. CPU

CPU 又称中央处理器，为 PLC 的控制中心，它通过总线（包括数据总线、地址总线和控制总线）与存储器和各种接口连接，以控制它们有条不紊地工作。CPU 的性能对 PLC 的工作速度和效率有很大的影响，故大型 PLC 通常采用高性能的 CPU。

CPU 的主要功能有：

- ① 接收通信接口送来的程序和消息，并将其存入存储器。
- ② 采用循环检测（即扫描检测）方式不断检测输入接口送来的状态信息，以判断输入设备的输入状态。
- ③ 逐条运行存储器中的程序，并进行各种运算，再将运算结果存储下来，然后通过输出接口输出，以对输出设备进行有关控制。
- ④ 监测和诊断内部各电路的工作状态。

2. 存储器

存储器的功能是存储程序和数据。PLC 通常配有 ROM（只读存储器）和 RAM（随机存储器）两种存储器，ROM 用来存储系统程序，RAM 用来存储用户程序和程序运行时产生的数据。

系统程序由厂家编写并固化在 ROM 存储器中，用户无法访问和修改系统程序。系统程序主要包括系统管理程序和指令解释程序。系统管理程序的功能是管理整个 PLC，让内部各个电路能有条不紊地工作。指令解释程序的功能是将用户编写的程序翻译成 CPU 可以识别和执行的程序。

用户程序是由用户编写并输入存储器的程序，为了方便调试和修改，用户程序通常存放在RAM中，由于断电后RAM中的程序会丢失，所以RAM专门配有后备电池供电。有些PLC采用EEPROM（电可擦写只读存储器）来存储用户程序，由于EEPROM存储器中的信息可使用电信号擦写，并且掉电后内容不会丢失，因此采用这种存储器后可不要备用电池。

3. 输入 / 输出接口

输入 / 输出接口（即输入 / 输出电路）又称 I/O 接口或 I/O 模块，是 PLC 与外围设备之间的连接桥梁。PLC 通过输入接口电路检测输入设备的状态，以此作为对输出设备控制的依据，同时又通过输出接口电路对输出设备进行控制。

PLC 的 I/O 接口能接收的输入和输出信号个数称为 PLC 的 I/O 点数。I/O 点数是选择 PLC 的重要依据之一。

PLC 外围设备提供或需要的信号电平是多种多样的，而 PLC 内部 CPU 只能处理标准电平信号，所以 I/O 接口要能进行电平转换；另外，为了提高 PLC 的抗干扰能力，I/O 接口一般具有光电隔离和滤波功能；此外，为了便于了解 I/O 接口的工作状态，I/O 接口还带有状态指示灯。

1) 输入接口

PLC 的输入接口分为数字量输入接口和模拟量输入接口。数字量输入接口用于接收“1”“0”数字信号或开关通断信号，又称开关量输入接口；模拟量输入接口用于接收模拟量信号（连续变化的电压或电流）。模拟量输入接口通常采用 A/D 转换电路，将模拟量信号转换成数字信号。数字量输入接口电路如图 1-6 所示。

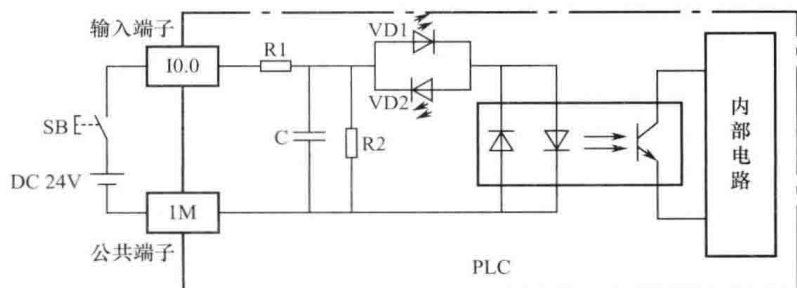


图 1-6 数字量输入接口电路

当闭合按钮 SB 后，24V 直流电源产生的电流

流过 I0.0 端子内部电路，电流途径是：24V 正极 → 按钮 SB → I0.0 端子入 → R1 → 发光二极管 VD1 → 光电耦合器中的一个发光二极管 → 1M 端子出 → 24V 负极，光电耦合器的光敏管受光导通，这样给内部电路输入一个 ON 信号，即 I0.0 端子输入为 ON（或称输入为 1）。由于光电耦合器内部是通过光线传递的，故可以将外部电路与内部电路进行有效的电气隔离。

输入指示灯 VD1、VD2 用于指示输入端子是否有输入。R2、C 为滤波电路，用于滤除通过输入端子窜入的干扰信号，R1 为限流电阻。1M 端为同一组数字量（如 I0.0 ~ I0.7）的公共端。从图 1-6 中不难看出，DC 24V 电源的极性可以改变（即 24V 也可以正极接 1M 端）。

2) 输出接口

PLC 的输出接口也分为数字量输出接口和模拟量输出接口。模拟量输出接口电路通常采用 D/A 转换电路，将数字量信号转换成模拟量信号；数字量输出接口电路采用的电路形式较多，根据使用的输出开关器件不同，可分为继电器输出型接口电路、晶体管输出型接口电路和双向晶闸管输出型接口电路。

图 1-7 所示为继电器输出型接口电路。当 PLC 内部电路输出 ON 信号（或称输出为