



全国高等院校仪器仪表及自动化类“十二五”规划教材

PLC

——从原理到应用程序设计

◎ 赵 燕 徐汉斌 主编

◎ 谭跃刚 主审



大量例题 + 应用案例

实用性 + 启发性 + 系统性

揭示 PLC 控制程序的设计思路和编程方法



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

全国高等院校仪器仪表及自动化类“十二五”规划教材

PLC——从原理到应用 程序设计

赵 燕 徐汉斌 主 编

周 斌 阮祥发 副主编

黄 英 郑银环 李玉峰 参 编

谭跃刚 主 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书内容共分 9 章。以我国目前应用最广泛的高性能小型可编程控制器 (PLC) FX_{2N} 为基础, 详细介绍了 PLC 的工作原理、软硬件构成、指令系统和通信组网应用等相关知识。由于 PLC 本质上是一种控制器, 因此本书重点从 PLC 应用于控制系统时的软件及硬件资源配置、控制程序的设计思想和设计方法及软硬件编程资源的充分利用等方面进行全面讲述。在编写形式上, 注重理论与实践的结合, 不仅在各章节适时地插入实例, 使读者加深理解和掌握具体内容, 并且在第 6 章重点介绍 PLC 控制系统的解决方案, 以便于读者参考, 提高其综合应用可编程控制器的能力。

本书可作为高等院校测控专业、机电工程专业、自动化专业、电气技术专业及其他相关专业的教材, 也可作为广大工程技术人员的参考用书。

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

PLC: 从原理到应用程序设计/赵燕, 徐汉斌主编. —北京: 电子工业出版社, 2013.1

(全国高等院校仪器仪表及自动化类“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-121-19398-9

I. ①P… II. ①赵… ②徐… III. ①plc 技术—高等学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 003587 号

策划编辑: 郭穗娟

责任编辑: 刘 凡 文字编辑: 侯丽平

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市京南印刷厂

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

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 19.25 字数: 486 千字

印 次: 2013 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 39.80 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 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010)88258888。

《全国高等院校仪器仪表及自动化类“十二五”规划教材》

编 委 会 名 单

主 任：许贤泽

副主任：谭跃刚

	刘波峰	郝晓剑	杨述斌	付 华
委 员：	赵 燕	黄安贻	郭斯羽	武洪涛
	靳 鸿	陶晓杰	杨书仪	李志华
	秦 斌	王 欣	李德俊	孙士平
	冯先成	白福忠	张国强	王后能
	张雪飞	谭保华	郑红霞	

前 言

可编程控制器（PLC）是一种在工业领域广泛应用的专用控制计算机，它采用可编程的存储器在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制定时、计数和算术运算等操作的指令，并通过数字式、模拟式的输出，控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器以其简单易懂、操作方便、可靠性高、通用灵活、体积小、使用寿命长等一系列优点，在汽车、钢铁、航空航天、船舶、化工、纺织、食品、造纸、军工等工业领域获得了广泛的应用。

本书以目前市场上具有广泛影响的主流机型 FX_{2N} 为主要研究对象，详细介绍了 PLC 的工作原理、软硬件构成、指令系统和通信应用等相关知识。大多数有关 PLC 的教材强调基本原理和基本指令的介绍，而不注重程序设计思想的讨论，而本书针对 PLC 作为一种控制器的特点，特别注意从应用角度出发，重点从 PLC 应用于控制系统时的软件及硬件资源配置、控制程序的设计思想和设计方法及软硬件编程资源的充分利用等方面进行了全面讲述。

本书共分 9 章：第 1 章可编程控制器基础知识，第 2 章 FX_{2N} 型 PLC 及软元件，第 3 章 PLC 的基本指令及编程，第 4 章 PLC 的顺序控制指令及编程，第 5 章 FX_{2N} 的功能指令，第 6 章 PLC 控制系统设计，第 7 章 FX_{2N} 系列 PLC 的特殊功能模块，第 8 章 PLC 通信与网络，第 9 章 PLC 的编程工具。

本书在编写形式上注重实用性、启发性和系统性，编排顺序遵循由浅入深、循序渐进的认知规律。在内容安排上，在介绍指令的第 3 章、第 4 章和第 5 章均辅以设计方法与应用案例的讲解，而不是简单地给出例题。在第 6 章则以 PLC 的控制系统解决方案为对象，介绍多种类型的 PLC 编程方法，并配以 PLC 的工程应用实例，以帮助读者更快地理解和掌握 PLC 技术及应用方法。

赵燕、徐汉斌担任本书的主编，周斌、阮祥发担任副主编。此外，黄英、郑银环、李玉峰也参加了本书的编写。赵燕负责全书的内容组织、修改和统稿。

武汉理工大学的谭跃刚教授担任本书的主审，他仔细审阅了全书，提出了许多宝贵的意见和建议，在此表示诚挚的谢意！本书参考了三菱公司的最新技术资料 and 兄弟院校同行作者的有关文献，在此对书中所参考和引用的相关教材与资料的作者、译者和单位一并表示感谢！

尽管编者为本书付出了许多努力和心血，但书中难免存在疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

2013 年 1 月

目 录

第 1 章 可编程控制器基础知识	1
1.1 继电器控制电路与 PLC	2
1.1.1 继电器控制电路	2
1.1.2 “GM 十条”与 PLC	4
1.1.3 连接式编程系统与存储式编程系统	5
1.2 PLC 及 PLC 控制系统的构成	5
1.2.1 PLC 基本单元及 PLC 控制系统的硬件系统构成	6
1.2.2 PLC 的软件组成	9
1.3 PLC 的输入/输出 (I/O) 接口	10
1.3.1 PLC 的开关量输入接口	10
1.3.2 PLC 的开关量输出接口	12
1.4 PLC 的控制工作过程——循环扫描与中断	13
1.4.1 PLC 的循环扫描与中断	14
1.4.2 PLC 的工作状态	15
1.4.3 扫描周期和响应时间	16
1.5 PLC 的编程语言	17
1.5.1 PLC 编程语言的国际标准	17
1.5.2 梯形图的特点	19
1.6 常用 PLC 类型	20
1.7 PLC 的特点	22
习题	23
第 2 章 FX _{2N} 型 PLC 及软元件	25
2.1 FX _{2N} 型 PLC 的特点及系统配置	26
2.1.1 FX _{2N} 的技术特点	26
2.1.2 FX _{2N} 的型号说明	26
2.1.3 FX _{2N} 系统的硬件配置	27
2.1.4 FX _{2N} 的技术指标	30
2.2 FX _{2N} 的编程软元件	32
习题	45
第 3 章 PLC 的基本指令及编程	46
3.1 基本逻辑指令	47
3.1.1 逻辑取及线圈驱动指令 LD、LDI、OUT	47
3.1.2 触点串联指令 AND、ANI	48
3.1.3 触点并联指令 OR、ORI	49
3.1.4 串联回路块并联指令 ORB	49
3.1.5 并联回路块串联指令 ANB	50
3.1.6 边沿检出指令 LDP、LDF、ANDP、ANDF、ORP、ORF	51



3.1.7	脉冲指令 PLS、PLF	53
3.1.8	置位与复位指令 SET、RST	54
3.1.9	反转指令 INV	55
3.1.10	栈存储器与多重输出指令 MPS、MRD、MPP	55
3.1.11	主控触点指令 MC、MCR	58
3.1.12	空操作指令 NOP	60
3.1.13	程序结束指令 END	61
3.2	梯形图编写规则	61
3.2.1	梯形图编程格式	61
3.2.2	梯形图设计规则	62
3.2.3	梯形图设计的基本步骤	64
3.3	逻辑指令编程——基础设计方法及典型控制环节的梯形图设计	65
3.3.1	梯形图的基础设计方法	65
3.3.2	典型控制环节的梯形图设计	66
3.3.3	逻辑指令梯形图设计实例	67
	习题	72
第 4 章	PLC 的顺序控制指令及编程	75
4.1	顺序控制过程的图形表达——状态转移图	75
4.1.1	用状态转移图描述顺序控制过程	76
4.1.2	状态转移图的编写规则	78
4.2	步进指令及步进梯形图	79
4.2.1	步进梯形图	79
4.2.2	步进指令	79
4.3	步进梯形图指令编程基本方法	81
4.4	状态转移图常见流程状态的编程	85
4.4.1	单流程状态编程	85
4.4.2	跳转与重复状态编程	85
4.4.3	选择性分支与汇合状态编程	87
4.4.4	并行分支与汇合状态	88
4.4.5	分支与汇合的组合	90
4.5	状态转移图及步进指令的编程实例	92
	习题	97
第 5 章	FX _{2N} 的功能指令	99
5.1	功能指令的表示与执行方式	100
5.1.1	指令与操作数	100
5.1.2	指令的数据长度与执行形式	101
5.2	程序流向控制指令	105
5.2.1	条件跳转指令 FNC00	105
5.2.2	子程序调用和返回指令 FNC01 /FNC02	107

5.2.3	中断指令 FNC03/ FNC04/ FNC05.....	108
5.2.4	主程序结束指令 FNC06.....	110
5.2.5	监视定时器指令 FNC07.....	111
5.2.6	循环开始指令和循环结束指令 FNC08/ FNC09.....	112
5.3	数据传送和比较指令.....	113
5.3.1	比较指令 FNC10.....	113
5.3.2	区间比较指令 FNC11.....	114
5.3.3	传送指令 FNC12.....	115
5.3.4	移位传送指令 FNC13.....	115
5.3.5	取反传送指令 FNC14.....	116
5.3.6	块传递指令 FNC15.....	117
5.3.7	多点传送指令 FNC16.....	117
5.3.8	数据交换指令 FNC17.....	118
5.3.9	BCD 变换指令 FNC18.....	118
5.3.10	BIN 变换指令 FNC19.....	119
5.3.11	数据传送和比较指令应用实例.....	119
5.4	算术运算和逻辑运算指令.....	122
5.4.1	加法指令 FNC20.....	122
5.4.2	减法指令 SUB FNC21.....	123
5.4.3	乘法指令 MUL FNC22.....	124
5.4.4	除法指令 FNC23.....	124
5.4.5	加 1 指令/减 1 指令 FNC24/ FNC25.....	125
5.4.6	逻辑与/或/异或指令 FNC26/ FNC27/ FNC28.....	126
5.4.7	求补指令 FNC29.....	126
5.4.8	算术运算及逻辑运算指令应用实例.....	127
5.5	循环与移位指令.....	130
5.5.1	右/左循环指令 FNC30/ FNC31.....	130
5.5.2	带进位的左/右循环指令 FNC32/FNC33.....	131
5.5.3	位组件右移/位组件左移指令 FNC34/ FNC35.....	132
5.5.4	字元件右移/字元件左移指令 FNC36/ FNC37.....	133
5.5.5	循环与移位指令应用实例.....	134
5.6	数据处理指令.....	138
5.6.1	区间复位指令 FNC40.....	138
5.6.2	译码指令 FNC41.....	139
5.6.3	编码指令 FNC42.....	140
5.6.4	置 1 位数总和指令 FNC43.....	141
5.6.5	置 1 位判别指令 FNC44.....	141
5.6.6	平均值指令 FNC45.....	142
5.6.7	报警器置位指令 FNC46.....	142
5.6.8	报警器复位指令 FNC47.....	142



5.6.9	平方根指令 FNC48.....	143
5.6.10	浮点操作指令 FNC49.....	143
5.6.11	数据处理指令应用举例.....	144
5.7	高速处理指令.....	145
5.7.1	输入/输出刷新指令 FNC50	145
5.7.2	滤波调整指令 FNC51.....	146
5.7.3	矩阵输入指令 FNC52.....	146
5.7.4	高速计数器置位指令 FNC53.....	148
5.7.5	高速计数器复位指令 FNC54.....	148
5.7.6	高速计数器区别比较指令 FNC55.....	149
5.7.7	转速测量指令 FNC56.....	149
5.7.8	脉冲输出指令 FNC57.....	150
5.7.9	脉宽调制指令 FNC58.....	150
5.7.10	高速处理指令应用实例	151
5.8	方便指令.....	152
5.8.1	初始状态指令 FNC60.....	152
5.8.2	绝对值式凸轮顺控指令 FNC62.....	153
5.8.3	增量式凸轮顺控指令 FNC63.....	154
5.8.4	示教定时器指令 FNC64.....	155
5.8.5	特殊定时器指令 FNC65.....	156
5.8.6	交替输出指令 FNC66.....	156
5.8.7	旋转台控制指令 FNC68.....	157
5.9	外围设备 I/O 功能指令	158
5.9.1	数据输入指令 FNC70/ FNC71/FNC72.....	158
5.9.2	数字译码指令 FNC73/FNC74.....	161
5.9.3	ASCII 转换指令 FNC76	163
5.9.4	打印输出指令 FNC77.....	163
5.9.5	特殊功能模块读指令 FNC78.....	163
5.9.6	特殊功能模块写指令 FNC79.....	164
5.9.7	外部设备 I/O 功能指令应用实例	164
5.10	FX 系列外围设备 (SER) 指令	166
5.10.1	串行通信指令 RS (FNC80)	166
5.10.2	八进制位传送指令 FNC81.....	168
5.10.3	ASCI 变换指令	168
5.10.4	十六进制转换指令 FNC83.....	169
5.11	外围设备指令	169
5.11.1	格雷码转换、逆转换指令.....	169
5.11.2	模拟量模块读、写指令 FNC176/FNC177.....	170
5.12	触点比较指令.....	170
5.12.1	触点比较指令	171



5.12.2 触点比较串联指令	172
5.12.3 触点比较并联指令	172
习题	173
第6章 PLC 控制系统设计	174
6.1 PLC 控制系统设计的原则和步骤	175
6.1.1 PLC 控制系统设计的一般原则	175
6.1.2 PLC 控制系统的设计步骤	176
6.2 PLC 的选型与硬件设计	178
6.2.1 PLC 类型的选择	178
6.2.2 安装形式的选择	178
6.2.3 I/O 点数的确定	178
6.2.4 存储容量的确定	178
6.2.5 输入/输出接口模块的选择	179
6.2.6 扩展模块的选择	180
6.2.7 供电方式的选择	180
6.2.8 I/O 点数的简化与扩展	180
6.2.9 PLC 的外围电路设计	183
6.3 PLC 控制系统的软件设计方法	183
6.3.1 经验设计法	183
6.3.2 继电器-接触器控制线路转换设计法	186
6.3.3 逻辑设计方法	188
6.3.4 顺序设计法——状态转移图设计法	190
6.3.5 程序的评价	191
6.4 PLC 的可靠性设计	191
6.4.1 干扰源	191
6.4.2 干扰途径	192
6.4.3 电源干扰的抑制	192
6.4.4 布线与接地——线间干扰的抑制	193
6.4.5 冗余系统和热备用系统	193
6.5 PLC 的控制系统设计实例	195
习题	201
第7章 FX_{2N} 系列 PLC 的特殊功能模块	203
7.1 功能模块概述	203
7.1.1 特殊功能模块的类型	203
7.1.2 特殊功能模块的安装及应用	205
7.2 模拟量输入模块	207
7.2.1 FX _{2N} -4AD 的技术指标	207
7.2.2 FX _{2N} -4AD 的接线	207
7.2.3 FX _{2N} -4AD 的缓冲寄存器	208



7.3	模拟量输出模块 (D/A)	210
7.3.1	FX _{2N} -2DA 的技术指标	211
7.3.2	FX _{2N} -2DA 的接线	211
7.3.3	FX _{2N} -2DA 的缓冲寄存器	212
7.3.4	FX _{2N} -2DA 偏置与增益的调整	213
7.4	定位控制模块	214
7.4.1	FX _{2N} -1HC 高速计数模块	214
7.4.2	FX _{2N} -1PG 脉冲输出模块	219
7.4.3	FX _{2N} -IRM-SET 可编程凸轮开关	223
	习题	227
第 8 章	PLC 通信与网络	228
8.1	PLC 网络通信的基础知识	228
8.1.1	数据通信基础	229
8.1.2	数据通信方式及传输速率	229
8.1.3	串行通信接口标准	231
8.2	FX _{2N} 系列 PLC 通信用器件	233
8.3	FX _{2N} 系列 PLC 的通信形式和配置	234
8.3.1	PLC 与计算机的通信—PLC 串行通信	235
8.3.2	PLC 的 N : N 网络——PLC 与 PLC 之间的并行通信	237
8.3.3	PLC 的 1 : 1 网络——PLC 与 PLC 双机并行链接通信	243
8.4	计算机链接与无协议数据传输	244
8.4.1	串行通信协议的格式	245
8.4.2	PLC 与计算机链接通信协议	247
8.4.3	无协议数据传输	253
	习题	256
第 9 章	PLC 的编程工具	257
9.1	手持编程器	258
9.1.1	手持编程器的组成和操作面板	258
9.1.2	手持编程器的操作过程	260
9.1.3	编程操作	261
9.2	编程软件 FXGP/WIN	263
9.2.1	进入程序编制环境	264
9.2.2	编写或编辑程序及注释	266
9.2.3	程序的下载和上传	270
9.2.4	软元件的监控及强制设置	271
9.2.5	程序的打印	273
9.3	编程软件 GX Developer	274
9.3.1	程序编制环境及功能	275
9.3.2	程序输入及编辑操作	278



9.3.3 程序转换与检查	282
9.3.4 程序注释和显示	283
9.3.5 软元件的监控及强制设置	284
9.3.6 程序的打印	286
9.3.7 软元件的监控及强制设置	286
9.3.8 仿真调试	288
习题.....	291
参考文献	292

第 1 章 可编程控制器基础知识

【教学要求】

通过本章学习，掌握可编程控制器的定义、结构体系、工作原理、应用范围以及产品类型等相关知识；为进一步学习可编程控制器的指令系统、基本编程方法及面向对象的编程设计模式打下基础。

【引例】

你知道可编程控制器是什么吗？20 世纪 70 年代，诞生了两种改变整个世界及商业管理模式的计算机。产生于 1976 年的苹果 II 型，是世界上最早得到广泛使用的微型计算机。当今价值千亿美元的个人计算机产业就是从这个当初由两名年轻人在车库里成立的小公司衍生而来的。另外一类计算机，则是由 Richard Morley 在 1972 年发明的，如今称之为可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller）。它最初并没有像个人计算机那样得到名称上的广泛认同，但却给制造业带来了同样意义重大的冲击。PLC 通常被称为工厂级别的计算机。由于可直接面向生产一线的设备，PLC 一直在生产流程的控制领域（见图 1.1）和离散制造业的机电设备（见图 1.2）中长盛不衰。这是因为它基本满足了这个领域中 80% 以上的控制需要，也得益于 PLC 的结构和质量保证了它在自动化生产线上有足够的可靠性和性价比。因而可编程控制器被称为“蓝领计算机”。

我国是应用 PLC 极为活跃的国家，行业分布也很广。如上海宝钢第一、二期工程中共使用了近 900 台 PLC，又如武汉钢铁厂、首都钢铁厂、秦山核电站、上海别克汽车生产线、北京吉普车生产线等都大量采用 PLC 进行自动化控制，取得了显著的经济效益。迅猛发展的经济催生了巨大的需求，其中在中国工业自动化市场中，PLC 的年复合增长率达到 12.4%，PLC 在中国的市场份额从 2006 年的 60.4 亿元人民币增长到 2012 年的 112 亿元人民币。

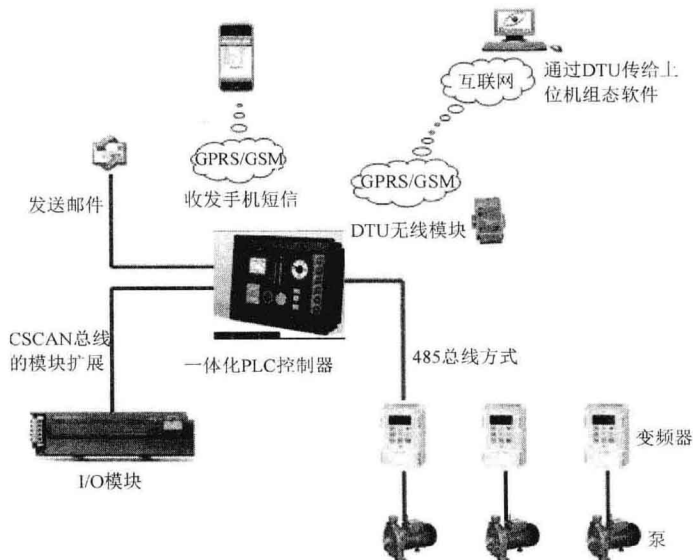


图 1.1 换热站一体化 PLC 控制系统的配置

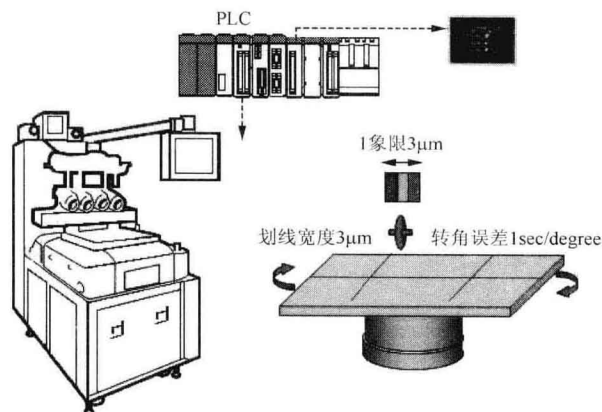


图 1.2 划线磨边机中的 PLC

1.1 继电器控制电路与 PLC

20 世纪 60 年代以前的 100 多年里，对工业生产或电气设备进行控制的装置是继电器控制电路。继电器控制电路是利用电器元件的机械触点的串、并联组合成逻辑控制电路。由于采用硬线连接，连线多而复杂，因此对后继的逻辑修改、增加功能都很困难。而 PLC 则是在继电器控制技术的基础上融合计算机技术和现代通信技术发展起来的一项先进的控制技术。PLC 以微处理器为核心，用编写的软件程序进行逻辑控制、定时、计数和算术运算等，并通过数字量和模拟量的输入/输出 (I/O) 来控制各种生产过程和设备。改变程序，便可改变逻辑，连线少、体积小、可靠方便，因而得到了快速的发展和应用。

由于 PLC 的软件是基于继电器电路的模式开发的，因此，在学习 PLC 之前，读者应该了解继电器控制电路的物理构成模式和控制逻辑的实现方式。

1.1.1 继电器控制电路

继电器控制电路是指用导线将继电器类元件的触点（如按钮、开关或继电器、定时器、计数器的触点）按控制要求连接成控制用电设备工作的电路。控制电路中的继电器类元件的触点及这些触点与用电设备的不同连接，构成了触点与用电设备之间的不同逻辑关系，可以实现不同的逻辑控制。

继电器控制电路分为触点控制电路及继电器控制电路两类。

1. 触点控制电路

触点控制电路，是指用手动控制器触点的通、断，去控制用电设备的电路，如图 1.3 所示。

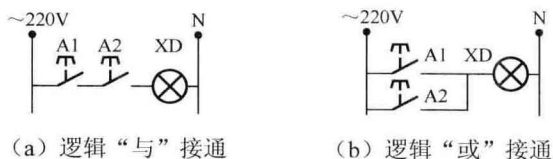


图 1.3 触点控制电路

图 1.3 (a) 所示为触点串联电路。它用两个按钮触点 A1、A2 串联控制一个信号灯 XD。只有两个按钮同时接通, 此灯才亮。即灯亮时两个按钮接通是逻辑“与”接通。反之, 灯不亮的条件是任意一个按钮断开, 即两个按钮逻辑“或”断开。

图 1.3 (b) 所示为触点并联电路。它用两个按钮触点 A1、A2 并联控制一个信号灯 XD。两个按钮任意一个接通, 此灯就亮。即灯亮的条件是两个按钮逻辑“或”接通。反之, 灯不亮的条件是两个按钮要同时断开, 即逻辑“与”断开。

由以上分析可知, 用触点控制电路可以实现一些常见的逻辑关系, 如与、或等。但要实现更复杂的逻辑关系或要用小功率开关及触点去控制大功率动力设备的电路就得采用继电器控制电路了。

2. 继电器控制电路

继电器控制电路除了手动控制器触点(如开关、按钮), 还使用继电器触点, 其控制对象既有用电设备, 又有电磁继电器的自身线圈。

【例 1.1】要求两台水泵顺序启动。第一台水泵启动 10 分钟后, 第二台水泵开始启动运转。按下停止按钮时, 两台水泵同时停止运转。图 1.4 所示为两台水泵的顺序启动、同时停止的继电器控制电路原理(继电器控制电路)。

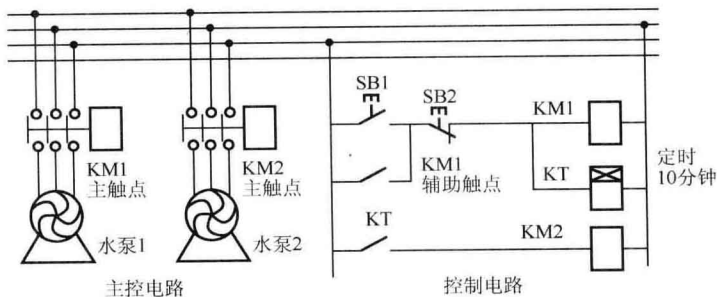


图 1.4 两台水泵的顺序启动、同时停止的继电器控制电路原理(继电器控制电路)

从图 1.4 可知, 按下启动按钮 SB1, 其触点闭合使第一行控制回路接通, 接触器 KM1 线圈得电。线圈得电后, 电磁力克服弹簧力, 使 KM1 主触点接通, 水泵 1 得电工作。同时, 定时器 KT 开始定时, KM1 的辅助触点闭合, 形成线圈 KM1 电路的自保。10 分钟定时到, 定时器 KT 的辅助触点闭合使第二行控制回路接通, 接触器线圈 KM2 得电, 电磁力克服弹簧力, 使 KM2 的主触点接通, 水泵 2 开始运转。

按下停止按钮 SB2, 则控制回路 1 断开, KM1 线圈失电, 电磁力消失, 弹簧力使 KM1 主触点断开, 水泵 1 失电、停止工作。同时, KM1 线圈失电, 辅助触点 KM1 断电解除自保; 定时器 KT 的线圈失电, 使其在第二行控制回路的辅助触点失电, 线圈 KM2 电路断电, 使 KM2 主触点断电, 水泵 2 断电停止工作。

从此例可以看出, 继电器控制电路的主要特点如下:

(1) 用按钮操纵控制电路中的小功率的继电器线圈的通断去控制主控电路中的大功率的用电设备——水泵。

(2) 触点间用导线连接, 容易形成故障点, 使可靠性降低, 维护费增高。

(3) 控制电路中的继电器类元件都是分立元件, 体积大, 不便实现复杂逻辑关系的控制。



(4) 控制电路没有柔性。控制要求改变时，电路也要重新设计制造，从而推高用户的生产费用。

针对继电器控制电路的不足，工业界开始寻找能替代继电器控制电路的具有柔性大、能实现复杂逻辑控制及更可靠的小型化的电气控制器。

1.1.2 “GM 十条”与 PLC

20 世纪 60 年代以后，美国汽车制造业为适应市场需求，不断更新汽车产品，要求及时改变相应的加工生产线。汽车生产线上的继电器控制系统就需要经常重新设计装备，这不仅费用高，而且新系统的制造和接线也非常费时，延长了汽车的设计生产周期。在这种情况下，采用传统的继电器控制就显出许多不足。

1968 年美国通用汽车 (GM) 公司首次公开招标，要求制造商为其装配线提供一种新型的通用程序控制器，并提出了著名的 10 项招标指标，即奠定了 PLC 基本雏形的著名的“GM 十条”：

- (1) 编程简单，可在现场修改程序；
- (2) 维护方便，最好是插件式；
- (3) 可靠性高于继电器控制柜；
- (4) 体积小于继电器控制柜；
- (5) 可将数据直接输入管理计算机；
- (6) 在成本上可与继电器控制器竞争；
- (7) 输入可以是交流 115V；
- (8) 输出为交流 115V、2A 以上，能直接驱动电磁阀；
- (9) 在扩展时，原有系统只需要很小变更；
- (10) 用户程序储存器容量至少能扩展到 4kW。

1969 年，美国数字设备公司 (DEC) 根据这 10 项技术指标的要求研制出了第 1 台可编程逻辑控制器——PDP-14，并成功地应用在 GM 公司的生产线上。

1971 年，日本引进了这项技术，并开始生产自己的 PLC。1973 年，欧洲一些国家也生产出自己的 PLC。1974 年，我国开始了 PLC 技术的研究，并在 1977 年研制出第一台具有实用价值的 PLC。

在这一时期，PLC 主要用于顺序控制。随着半导体技术、微电子技术及微型计算机技术的发展，到了 20 世纪 70 年代中期以后，PLC 广泛采用微处理器作为中央处理器，并且在外围的输入/输出 (I/O) 电路中逐渐使用了大规模和超大规模的集成电路，用集成电路的存储器代替磁芯存储器，把微型计算机技术结合到 PLC 中，使得 PLC 实现了更大规模的集成化，工作更为可靠，更能适应工业环境，而且柔性更强，同时成本也大幅度地降了下来，从而使 PLC 进入了工业实用阶段。

1980 年，美国电气制造商协会 (NEMA) 将其正式命名为可编程控制器 (Programmable Controller, PC)，为与 PC (Personal Computer) 加以区别，常把可编程控制器称为 PLC (Programmable Logic Controller)。

1987年国际电工委员会(IEC)颁布的“可编程控制器标准草案”中对PLC做了如下的定义:“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境下应用而设计。它采用了可编程序的存储器,用来在其内部存储程序,执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与算术操作等,并通过数字式和模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外围设备,都应按易于与工业控制系统连成一个整体,易于扩充其功能的原则设计”。

1.1.3 连接式编程系统与存储式编程系统

在一个继电器控制系统中,要完成一项逻辑控制功能,支持控制系统的“程序”由各分立元件(继电器、定时器、计数器等)点到点之间布线连接来实现,这是一种连接式编程系统。如果元件是串联,那就是一个“与”逻辑;如要变为“或”逻辑,两个触点的串联电路必须重新布线,改为并联电路以适应控制程序的变化。所以,继电器控制系统也称为连接式编程控制系统,如图1.5(a)所示。

如果控制逻辑是编程器预先写好的“程序”并存放在存储器中,线圈的接通或断开都是由程序决定的,与控制器的结构和布线无关,这种控制系统称为存储式编程系统。这样就可以使用标准的控制器,将生产过程的开关、按钮、各种传感器(称为输入设备)和电气设备等执行机构(称为输出设备)分别与控制器的端子相连。如果需改变控制功能,只要通过编程器改变存储器中的程序,外部的连线不需要做任何改变。PLC就是存储式编程的控制器,如图1.5(b)所示。它根据用户不同的控制要求,编写好用户程序后又能够用编程器输入PLC的用户存储器中,并由中央处理器单元CPU来执行和运行该程序。

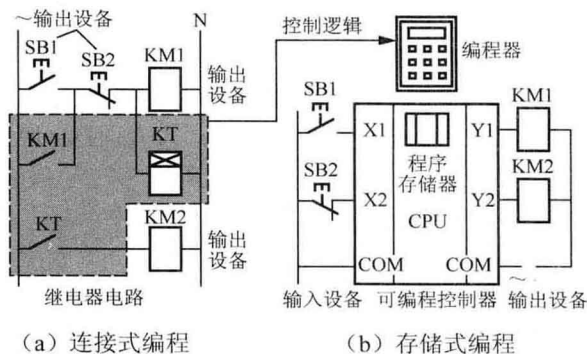


图 1.5 连接式编程和存储式编程的对比

1.2 PLC 及 PLC 控制系统的构成

可编程控制器是一种用于生产环境的专业计算机系统,由硬件系统和软件系统两大部分组成。但PLC比一般计算机具有更强的与工业过程相连接的I/O接口,具有更适用于控制要求的编程语言和更适应于工业环境的抗干扰性能。