



国家骨干校建设项目成果
全国高等职业教育应用型人才培
养规划教材

FX



- 国家 **骨干校重点建设专业** 应用电子技术专业建设成果
- 含 **4大模块** (基本指令、功能指令、特殊功能模块和数据通信、综合应用)、**22个项目任务**
- 特设 **高级维修电工练习题** 和 **模拟试卷**
- 配套丰富的 **立体化教学资源**

项目教程

基于FX系列PLC应用技术

◎ 王红梅 黄进财 主 编 陈章明 王海峰 张立超 副主编



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

国家骨干校建设项目成果

全国高等职业教育应用型人才培
养规划教材

基于 FX 系列 PLC 应用技术项目教程

王红梅 黄进财 主 编

陈章明 王海峰 张立超 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本教材采用 4 大模块、22 个项目任务,将三菱 FX 系列 PLC 应用技术由浅入深、循序渐进地融入各个项目任务中,前一个模块是后一个模块学习的基础,每一个项目任务是按照“任务引入—关键知识—任务实施—知识链接—小结与习题”这一思路进行编排的,力求把理论知识和实践技能有机地结合在一起。在内容编写方面,注意难点分散,按照学生的认知规律(由简单到复杂、由单项到系统、由验证到设计)对教材内容进行科学合理的安排;在任务的选取上,注意实用性强、针对性强的案例,指令的讲授和应用均融入工程项目中,利于培养学生的工程素质,全书内容包括 PLC 基本指令应用、PLC 功能指令应用、特殊功能模块和数据通信、综合应用。每个任务后附有小结与习题,附录中有高级维修电工考证练习题及模拟试卷。

本教材可作为高职高专机电一体化专业、应用电子技术专业、电子信息工程技术专业及相近专业的教材,也可供相关技术人员参考。

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

基于 FX 系列 PLC 应用技术项目教程 / 王红梅,黄进财主编. —北京:电子工业出版社,2014.10

全国高等职业教育应用型人才培规划教材

ISBN 978-7-121-24459-9

I. ①基… II. ①王… ②黄… III. ①plc 技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 229102 号

策划编辑:王昭松

责任编辑:靳平

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:787×1092 1/16 印张:17 字数:492 千字

版次:2014 年 10 月第 1 版

印次:2014 年 10 月第 1 次印刷

印数:3 000 册 定价:38.00 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。

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。

本书是根据国家高职骨干院校重点建设专业的课程标准及模式,结合企业实际设计项目的工作内容,兼顾高级维修电工考证相关技能,针对学生实践能力和再学习能力的培养而编写的基于工作过程的项目教材。

教材是基于高职高专“PLC 应用技术”课程而编写的,该课程是广东科学技术职业学院应用电子技术、电子信息工程技术、机电一体化技术、数控技术专业的必修课程,是校级精品资源共享课程,课程网站资源丰富。

教材以培养学生应用 PLC 技术进行工程项目分析、设计、安装、调试等能力为核心,以项目任务为导向,以三菱 FX 系列 PLC、GOT1000 系列触摸屏、FR-A700 变频器为例,详细介绍了 PLC 的基本指令、功能指令、特殊功能模块和数据通信、触摸屏、变频器、PLC 控制系统设计案例,以及触摸屏、变频器、PLC 综合应用技术等内容。

教材从工程的实际应用出发,设计了 22 个项目任务的学习,按照“任务引入—关键知识—任务实施—知识链接—小结与习题”的思路进行编排,力求把理论知识和实践技能有机地结合在一起,使学生全面地掌握应用三菱 FX 系列 PLC 技术设计工程项目。本书打破传统的学科式教材的模式,针对学生循序渐进地掌握知识的认知规律,使项目的设计由浅入深,将 PLC 的基本指令及功能指令逐渐融入各个项目任务中,每个项目任务的设计都是按照工作过程进行和实施的,每个项目都在已具备的知识基础上增加了新知识、新内容,不断地通过温故知新的方式,让学生能够较容易地完成新任务的学习。每个任务结束后的小结,让学生提纲挈领地对该任务所需掌握的知识进行总结。每个任务后精选的习题,能够使学生进一步对该任务所学的知识进行强化,并可选用为学生实训项目。所选项目均来自工程实践,具有很强的代表性,能够覆盖课程所需的知识点和技能点。

除课程网站外,本书的配套资源有教学 PPT、课后习题答案等资源。

本书由广东科学技术职业学院的王红梅老师和黄进财老师担任主编,并编写了模块一、模块二的任务一~任务四、附录 D;珠海圣诺电子设备有限公司的张立超编写

了模块二的任务五~任务七；广州铁路（集团）公司广州职工培训基地的陈章明编写了模块三；广东科学技术职业学院的黄进财老师编写了模块四；广东科学技术职业学院的王海峰老师编写了附录 A、附录 B、附录 C 及附录 E。本书在编写过程中参阅了大量同类教材，在此对这些教材的作者表示衷心的感谢！

限于编者的水平，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

模块一 PLC 基本指令应用

任务一 PLC 基础	1
【任务引入】	1
【关键知识】	3
一、PLC 的产生及定义	3
二、PLC 的应用及分类	4
三、PLC 的组成	5
四、PLC 的工作原理	7
【任务实施】	9
一、FX 系列 PLC 的型号	9
二、FX _{2N} 系列 PLC 的基本构成	9
三、FX _{2N} 系列 PLC 的外观及特征	10
四、PLC 的安装及接线	11
【知识链接】	13
一、欧洲 PLC 产品	13
二、美国 PLC 产品	13
三、日本 PLC 产品	13
四、中国 PLC 产品	14
小结与习题	14
任务二 电动机的点动与连续运行控制设计	15
【任务引入】	15
【关键知识】	15
一、输入继电器 X 和输出继电器 Y	15
二、PLC 编程语言	16
三、LD、LDI、OUT、END 指令	17
四、AND、ANI、OR、ORI 指令	18
【任务实施】	19
一、任务要求	19
二、硬件 I/O 分配及接线	19
【知识链接】	21

一、SET、RST 指令	21
二、用 SET 和 RST 指令实现电动机的自锁控制	21
三、PLC 控制系统与继电器控制系统的区别	22
四、GX Developer 编程和仿真软件	22
小结与习题	27
任务三 通风机监控系统设计	28
【任务引入】	28
【关键知识】	28
一、ORB 指令	28
二、ANB 指令	28
三、MPS、MRD、MPP 指令	29
【任务实施】	30
一、任务要求	30
二、硬件 I/O 分配及接线	30
【知识链接】	31
一、梯形图的特点	31
二、梯形图的编程规则	32
小结与习题	33
任务四 电动机顺序启停控制设计	34
【任务引入】	34
【关键知识】	34
一、辅助继电器 M	34
二、定时器 T	35
【任务实施】	36
一、任务要求	36
二、硬件 I/O 分配及接线	37
【知识链接】	38
一、定时器接力电路	38
二、闪烁电路	38
三、延时接通/断开电路	39
小结与习题	39
任务五 产品出入库控制程序设计	41
【任务引入】	41
【关键知识】	41
一、计数器的分类	41
二、计数器的使用说明	41
【任务实施】	42
一、任务要求	42
二、硬件 I/O 分配及接线	43
【知识链接】——定时器与计数器在长延时电路中的应用	43
小结与习题	44

任务六 自动冲水设备控制系统设计	45
【任务引入】	45
【关键知识】	45
一、输出微分指令	45
二、输出微分指令使用说明	46
【任务实施】	46
一、任务要求	46
二、硬件 I/O 分配及接线	46
【知识链接】	47
小结与习题	49
任务七 机床滑台控制系统设计	50
【任务引入】	50
【关键知识】	50
一、主控指令	50
二、主控指令使用说明	51
【任务实施】	52
一、任务要求	52
二、硬件 I/O 分配及接线	52
【知识链接】	54
小结与习题	55
任务八 彩灯控制系统设计	56
【任务引入】	56
【关键知识】	56
一、状态继电器 S	56
二、顺序功能图	56
【任务实施】	58
一、任务要求	58
二、硬件 I/O 分配及接线	59
【知识链接】——步进梯形图编程规则	61
小结与习题	63
任务九 包装流水线控制系统设计	65
【任务引入】	65
【关键知识】——选择分支的编程	65
【任务实施】	66
一、任务要求	66
二、硬件 I/O 分配及接线	66
【知识链接】——状态编程中的分支、汇合的组合流程及虚设状态	69
小结与习题	70
任务十 钻床控制系统设计	73
【任务引入】	73
【关键知识】——并行分支的编程	73

【任务实施】	74
一、任务要求	74
二、硬件 I/O 分配及接线	74
【知识链接】——用辅助继电器实现状态编程	76
小结与习题	78

模块二 PLC 功能指令应用

任务一 彩灯交替点亮控制系统设计	81
【任务引入】	81
【关键知识】	81
一、应用指令的通用格式	81
二、应用指令的数据结构	82
三、传送指令 MOV	84
【任务实施】	85
一、任务要求	85
二、硬件 I/O 分配及接线	85
【知识链接】	86
一、块传送指令 BMOV (FNC15)	86
二、取反传送指令 CML (FNC14)	86
三、多点传送指令 FMOV (FNC16)	87
四、移位传送指令 SMOV (FNC30)	87
五、利用 MOV 指令改写定时器和计数器的设定值	88
小结与习题	88
任务二 密码锁控制系统设计	90
【任务引入】	90
【关键知识】	90
组件比较指令 CMP	90
【任务实施】	91
一、任务要求	91
二、硬件 I/O 分配及接线	91
【知识链接】	92
一、触点比较指令	92
二、区间比较指令 ZCP	93
三、区间复位指令 ZRST	94
小结与习题	95
任务三 自动售货机控制系统设计	96
【任务引入】	96
【关键知识】	96
一、加法指令 ADD	96
二、减法指令 SUB	97
三、乘法指令 MUL	97

四、除法指令 DIV	97
【任务实施】	97
一、任务要求	97
二、硬件 I/O 分配及接线	98
【知识链接】	99
一、加 1 指令 INC	99
二、减 1 指令 DEC	99
三、字逻辑运算指令	99
小结与习题	100
任务四 流水灯控制系统设计	101
【任务引入】	101
【关键知识】	101
循环移位指令 ROR、ROL、RCR 和 RCL	101
【任务实施】	103
一、任务要求	103
二、硬件 I/O 分配及接线	103
【知识链接】	104
一、位左移指令 SFTL	104
二、位右移指令 SFTR	106
小结与习题	107
任务五 数字钟显示控制系统设计	108
【任务引入】	108
【关键知识】	108
一、7 段译码指令 SEGD	108
二、数据变换指令 BCD 和 BIN	109
【任务实施】	109
一、任务要求	109
二、硬件 I/O 分配及接线	110
【知识链接】——带锁存的 7 段显示指令 SEGL	112
小结与习题	113
任务六 声光报警控制系统设计	115
【任务引入】	115
【关键知识】	115
一、子程序调用指令 CALL 和子程序返回指令 SRET	115
二、主程序结束指令 FEND	116
三、条件跳转指令 CJ	116
四、条件跳转指令应用实例	117
【任务实施】	118
一、任务要求	118
二、硬件 I/O 分配及接线	118
【知识链接】	120

一、中断指令	120
二、循环指令	122
小结与习题	123
任务七 钢板裁剪控制系统设计	124
【任务引入】	124
【关键知识】	124
一、脉冲输出指令 PLSY	124
二、可调速脉冲输出指令 PLSR	125
三、脉宽调制指令 PWM	126
【任务实施】	127
一、任务要求	127
二、硬件 I/O 分配及接线	127
【知识链接】	128
一、高速计数器	128
二、高速计数器的频率总和	132
三、FX _{2N} 系列 PLC 高速计数器指令	133
小结与习题	134

模块三 特殊功能模块和数据通信

任务一 电热水炉温度控制系统设计	136
【任务引入】	136
【关键知识】	137
一、特殊功能模块的分类	137
二、特殊功能模块 FX _{2N} -4AD	138
三、FX _{2N} 系列 PLC 与特殊功能模块之间的读/写操作	141
【任务实施】	142
一、任务要求	142
二、硬件 I/O 分配及接线	142
【知识链接】——FX _{2N} -4DA 模块	143
小结与习题	146
任务二 PLC 数据通信	147
【任务导入】	147
【关键知识】	147
一、通信基础	147
二、PLC 的通信功能	150
三、FX _{2N} 系列 PLC 通信器件	150
四、FX _{2N} 系列 PLC 的通信形式	152
五、并联连接通信	154
六、N:N 网络通信	155
【任务实施】	157
一、任务要求	157

二、N:N 网络的设置	158
三、通信用软元件	158
四、程序设计	159
【知识链接】——工业控制网络基础	160
小结与习题	164

模块四 综合应用

任务一 用 PLC 和触摸屏实现抢答器控制系统设计	166
【任务引入】	166
【关键知识】	166
一、三菱 GT1155 GOT 概述及特点	167
二、三菱 GT1155 GOT 的功能	168
三、三菱 GT1155 GOT 的接线及与计算机、PLC 的连接	170
四、三菱 GT1155 触摸屏的基本设置	171
五、GT Designer2 Version2 软件介绍	173
【任务实施】	178
一、任务要求	178
二、PLC 和触摸屏软元件分配	178
三、控制系统接线	179
四、PLC 程序设计	179
五、触摸屏画面设计	180
六、触摸屏与 PLC 联机运行	188
【知识链接】——利用 PLC 程序切换画面	189
小结与习题	190
任务二 用 PLC、变频器实现电梯开关门控制系统设计	191
【任务引入】	191
【关键知识】——FR-A700 变频器	191
一、FR-A700 变频器安装与接线	191
二、FR-A700 变频器操作面板的认识	193
三、变频器运行模式的切换	194
四、变频器常用参数的设定	194
五、变频器的控制方式	196
【任务实施】	198
一、任务要求	198
二、变频器设置	198
三、PLC 的 I/O 分配	198
四、控制系统接线图	199
五、软件程序	199
六、调试运行	200
【知识链接】——变频器专用协议及部分指令代码	200
小结与习题	207

任务三 触摸屏、PLC、变频器实现中央空调控制系统	208
【任务引入】	208
【关键知识】	208
一、中央空调控制系统的组成	208
二、中央空调系统存在的问题	209
三、变频调速方案	210
四、循环水系统的变频调速	211
【任务实施】	212
一、任务要求	212
二、硬件设计	212
三、中央空调控制系统的 I/O 分配及接线	213
四、触摸屏画面设计	214
五、软件程序	214
六、变频器参数设置	216
七、调试运行	217
【知识链接】——通过 RS-485 通信实现单台电动机的变频运行	217
一、控制要求	217
二、硬件设计	217
三、软件设计	219
小结与习题	221

附录

附录 A FX _{2N} 系列 PLC 基本指令一览表	222
附录 B FX _{2N} 系列 PLC 应用指令一览表	223
附录 C 高级维修电工考证练习题	227
附录 D 高级维修电工理论模拟试卷	244
附录 E FX _{2N} 系列 PLC 特殊软元件	251

模块一 PLC 基本指令应用

模块要点

1. 掌握 PLC 的分类、结构及工作原理。
2. 掌握 PLC 基本逻辑指令的应用、I/O 分配及外部接线方法。
3. 掌握 PLC 定时器、计数器的类型及应用。
4. 能采用经验编程法进行较复杂 PLC 控制系统设计。
5. 掌握 PLC 状态软元件及步进顺控指令的应用。
6. 掌握单流程、选择性分支、并行性分支状态转移图的编程方法。

任务一

PLC 基础

【任务引入】

如图 1-1-1 所示, 利用接触器可以实现三相异步电动机的启停控制。合上开关 QF, 按下启动按钮 SB1, 接触器线圈 KM 得电并自锁, 接触器的主触点和辅助触点闭合, 三相电动机启动; 按下停止按钮 SB, 接触器 KM 线圈失电, 三相电动机停止。若改变电动机的控制要求, 如按下启动按钮 5s 后, 再让电动机启动, 这时就需要再加一个通电延时时间继电器, 并且要改变图 1-1-1 所示的控制电路的接线方式才可以实现。

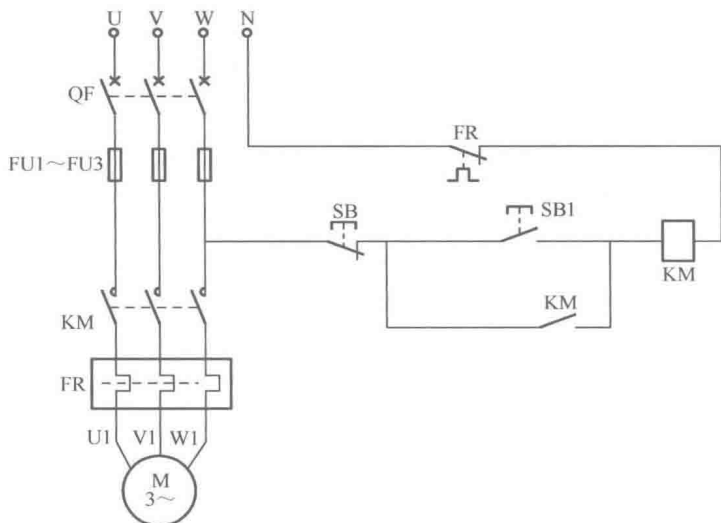


图 1-1-1 用交流接触器实现电动机起停自锁控制电路

从上面的例子可以看到继电器控制系统采用硬件接线安装而成, 一旦控制要求改变, 控制系统就必须重新配线安装, 对于复杂的控制系统, 改动线路的工作量大、周期长, 再加上继电器的

机械触点容易损坏，因而系统的可靠性差，检修工作困难。若采用 PLC 实现上述控制功能，工作将变得简单、可靠。采用 PLC 控制，电动机接线主电路不变，只要将启动按钮 SB1、停止按钮 SB、热继电器触点 FR 接到 PLC 的输入端口，将接触器线圈 KM 接到 PLC 的输出端口上，再编入程序，就可以用 PLC 实现电动机的启停控制了。电动机的 PLC 控制电路如图 1-1-2 所示。

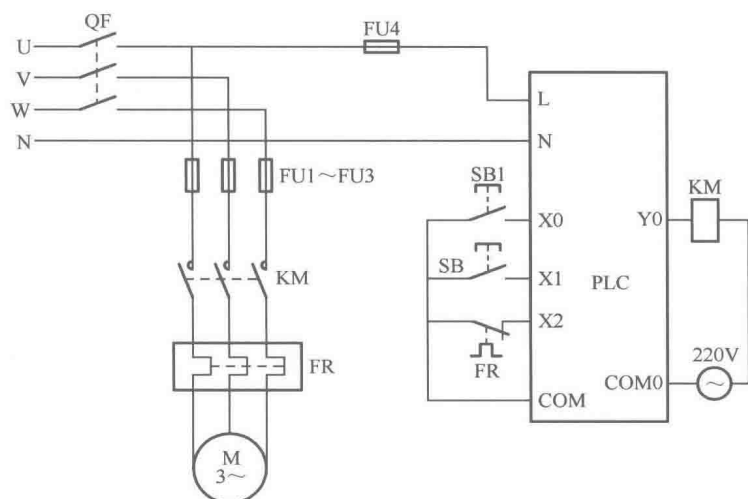


图 1-1-2 电动机的 PLC 控制电路

如图 1-1-3 所示，启动按钮 SB1、停止按钮 SB 分别接 PLC 的输入端子 X0 和 X1，交流接触器线圈 KM 接 PLC 的输出端子 Y0。编写的 PLC 程序对启动、停止按钮的状态进行逻辑运算，运算的结果决定了输出端 Y0 是接通还是断开接触器线圈的电源，从而控制电动机的工作状态。

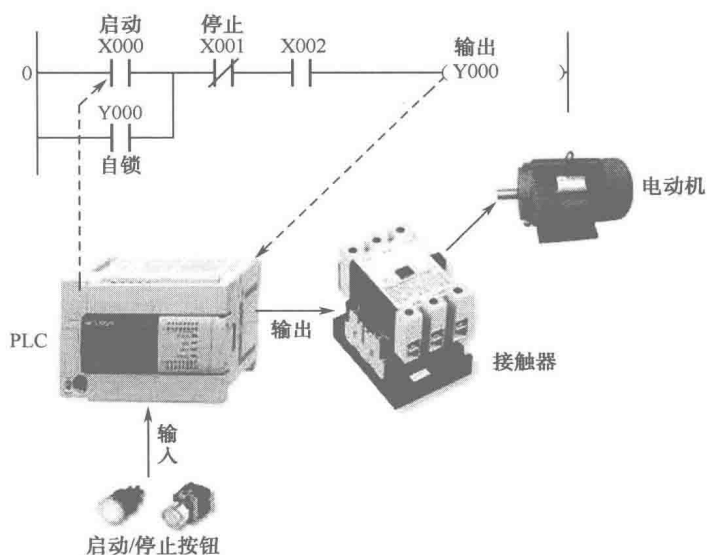


图 1-1-3 电动机启动的 PLC 程序

如按下启动按钮，5s 后电动机启动，其控制电路如图 1-1-4 所示。

如果用 PLC 控制，硬件接线图与图 1-1-2 相同，只是程序不同。延时 5s 启动电动机的 PLC 程序如图 1-1-5 所示。

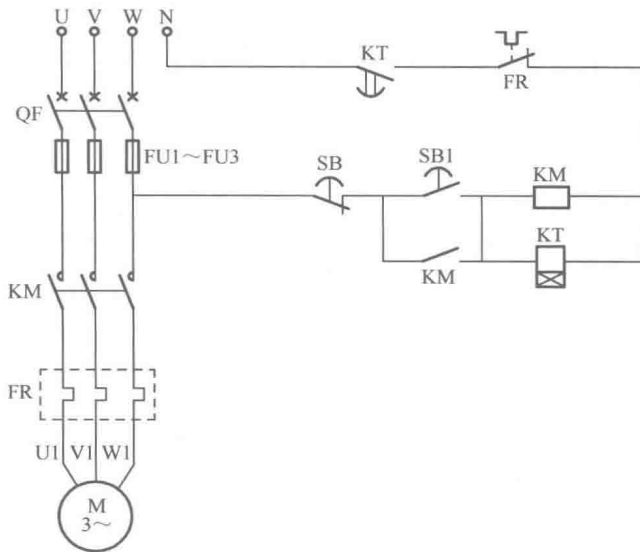


图 1-1-4 延时 5s 启动电动机的接触器控制电路

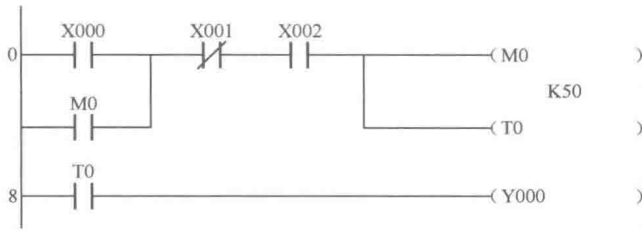


图 1-1-5 延时 5s 启动电动机的 PLC 程序

比较图 1-1-1 和图 1-1-2，可以看出它们的控制方式不同。继电器控制系统属于硬件连线控制方式，按下起动按钮，通过继电器连线控制逻辑决定接触器线圈是否得电，从而控制电动机的工作状态。PLC 控制属于存储程序控制方式，如图 1-1-3 所示，按钮下达指令后，通过 PLC 程序控制逻辑决定接触器线圈是否得电，从而控制电动机的工作状态。PLC 利用程序中的“软继电器”取代传统的物理继电器，使控制系统的硬件结构大大简化，具有体积小、价格便宜、维护方便、编程简单、控制功能强、可靠性高、控制灵活等一系列优点。因此，目前 PLC 控制系统在各个行业机械设备的电气控制中得到广泛的应用。那么，PLC 是一个什么样的控制装置，它又是如何实现机械设备的控制的呢？

■【关键知识】

一、PLC 的产生及定义

在 PLC 诞生之前，继电器控制系统已广泛应用于工业生产的各个领域，起着不可替代的作用。随着生产规模的逐步扩大，继电器控制系统已越来越难以适应现代工业生产的要求。继电器控制系统通常是针对某一固定的动作顺序或生产工艺而设计的，它的控制功能也局限于逻辑控制、定时、计数等一些简单的控制，一旦动作顺序或生产工艺发生变化，就必须重新进行设计、布线、装配和调试，造成时间和资金的严重浪费。继电器控制系统体积大、耗电多、可靠性差、寿命短、运行速度慢、适应性差。为了改变这一现状，1968 年美国最大的汽车制造商通用汽车公司 (GM)，为了适应汽车型号不断更新的需求，并能在竞争激烈的汽车工业中占有优势，提出要研制一种新

型的工业控制装置来取代继电器控制装置，为此，拟定了以下 10 项公开招标的技术要求。

- (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) 可将数据直接送入管理计算机。
- (6) 在成本上可与继电器控制柜竞争。
- (7) 输入可以是交流 115V。
- (8) 输出可以是交流 115V、2A 以上，可直接驱动电磁阀等。
- (9) 在扩展时，原有系统只要做很小的变更。
- (10) 用户程序存储器容量至少能扩展到 4K。

根据招标的技术要求，第二年，美国数字设备公司（DEC）研制出了世界上第一台 PLC，并在通用汽车公司自动装配线上试用成功。这种新型的工控装置，以其体积小、可变性好、可靠性高、使用寿命长、简单易懂、操作维护方便等一系列优点，很快就在美国的许多行业里得到推广应用，也受到了世界上许多国家的高度重视。

1987 年 2 月，国际电工委员会（IEC）对 PLC 做出如下定义：可编程序控制器是一种数字运算操作电子系统，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，并通过数字的、模拟的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关的外围设备，都应按易于与工业控制系统形成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。

由该定义可知：PLC 是一种由“事先存储的程序”来确定控制功能的工控类计算机。PLC 是计算机（Computer）技术、控制（Control）技术、通信（Communication）技术（简称 3C 技术）的综合体。它能适应工厂环境要求，工作可靠，体积小，功能强，而且用户通常只要“修改 PLC 的设置参数”或者“更换 PLC 的控制程序”就可以改变 PLC 的用途，是当前自动控制领域三大支柱技术（可编程控制器、机器人、CAD/CAM）之一。

二、PLC 的应用及分类

1. PLC 的应用

(1) 开关量逻辑控制。开关量逻辑控制是现今 PLC 应用最广泛的领域，可以取代传统继电器控制系统，实现逻辑控制和顺序控制。PLC 可用于单机、多机群控制及生产线的自动化控制。

(2) 模拟量过程控制。PLC 配上特殊模块后，可对温度、压力、流量、液面高度等连续变化的模拟量进行闭环过程控制。

(3) 运动控制。PLC 可采用专用的运动控制模块对伺服电动机和步进电动机的速度与位置进行控制，从而实现对各种机械的运动控制，如金属切削机床、工业机器人等。

(4) 现场数据采集处理。目前 PLC 都具有数据处理指令、数据传送指令、算术与逻辑运算指令和循环移位与移位指令，所以由 PLC 构成的监控系统，可以方便地对生产现场数据进行采集、分析和加工处理。数据处理常用于柔性制造系统、机器人和机械手的大、中型控制系统中。

(5) 通信联网、多级控制。PLC 通过网络通信模块及远程 I/O 控制模块，实现 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位机之间、PLC 与其他智能设备（如触摸屏、变频器等）之间的通信功能，还能实现 PLC 分散控制、计算机集中管理的集散控制，这样可以增加系统的控制规模，甚至可以使整