



杨 艺
董爱华 编著
王 拓

可编程控制器原理及 编程策略

KEBIANCHENG KONGZHIQI YUANLI JI
BIANCHENG CELUE



煤炭工业出版社

可编程控制器原理及 编程策略

杨 艺 董爱华 王 拓 编著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程控制器原理及编程策略/杨艺, 董爱华, 王拓
编著. --北京: 煤炭工业出版社, 2011

ISBN 978-7-5020-3945-5

I. ①可… II. ①杨… ②董… ③王… III. ①可
编程序控制器 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 218975 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*

开本 850mm × 1168mm ¹/₃₂ 印张 9 ¹/₂
字数 248 千字 印数 1—1 000
2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月第 1 次印刷
社内编号 6766 定价 22.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

前 言

可编程控制器 (Programmable Logical Controller, PLC) 是目前工业控制领域应用十分广泛的一种控制设备。编者于 10 年前开始接触可编程控制器, 通过这些年的实践和教学, 感觉有必要将自己的学习过程、学习方法、使用心得等做一个简要的小结, 希望对读者有一些帮助。

目前书店里和网络上有许多关于可编程控制器原理的教材和文章, 编者从中汲取了大量知识, 受益匪浅。本书力求从读者角度出发, 用讲述式的语言、丰富的实例和深刻的剖析, 更进一步阐述 PLC 原理、分析 PLC 程序运行过程、启发读者的编程思想。

本书从介绍控制器的发展史开始, 通过继电接触控制系统, 逐步将读者引入 PLC 控制器。本书以小型 PLC 的经典产品——三菱公司的 FX2N 系列 PLC 为对象, 介绍了 PLC 的组成、工作原理、内部编程元件、基本指令、步进指令、功能指令、扩展功能模块及编程策略。

本书共分为 9 章。第 1 章绪论, 首先介绍了控制器的发展史, 然后介绍了 PLC 的特点、功能、分类及它与其他常用控制器的比较。第 2 章可编程控制器编程策略概述, 从继电接触控制系统出发, 详述 PLC 的编程策略, 并分析了 PLC 编程视角的问题。第 3 章 PLC 的组成及工作原理, 介绍了 PLC 的软硬件系统、编程语言及工作原理。第 4 章 FX2N 系列 PLC 内部编程资源, 介绍了 FX2N 系列 PLC 的 I/O 继电器、辅助继电器、状态器、定时器、计数器、数据寄存器等内部资源的用法及注意事项。第 5 章 FX2N 系列 PLC 基本指令, 引入“结果寄存器”的概念, 帮助读者理解基本指令的运行过程。第 6 章顺序控制及编程策略, 介绍顺序控制的概念、编程方法及编程策略。第 7 章功能指令及应

用，介绍常用功能指令的使用方法。第8章FX2N系列PLC的扩展模块，介绍常用的I/O扩展模块、A/D转换模块、通信扩展模块的使用方法。第9章典型环节编程策略及应用，介绍典型环节的编程策略，深入讲解了编程原理、编程方法、编程策略及应用。

本书在编写过程得到了河南理工大学电气学院领导的关怀及信息技术与仪器系全体同仁的鼎力支持，在此表示衷心感谢！

本书文字校对和程序验证工作由2007届自动化专业的刘丛森、田二军、刘亚美、朱付涛、王龙兴等同学帮助完成，对他们们的热情帮助表示衷心感谢！

由于编者的水平有限，加上时间仓促，书中难免出现不妥和错漏之处，欢迎读者批评指正。

编著者

2011年8月

目 次

1 绪论	1
1.1 可编程控制器的产生、发展	1
1.2 可编程控制器的特点及主要功能	15
1.3 本章小结	24
2 可编程控制器编程策略及编程视觉	25
2.1 继电接触控制系统的基本逻辑关系	25
2.2 继电接触控制系统的工作原理	27
2.3 可编程控制器编程策略的种类	29
2.4 可编程控制器的编程视角	36
2.5 本章小结	40
3 PLC 的组成及工作原理	41
3.1 PLC 的硬件及软件系统	41
3.2 PLC 的编程语言	48
3.3 PLC 的工作原理	52
3.4 本章小结	60
4 FX2N 系列 PLC 的内部编程资源	61
4.1 数值处理	61
4.2 输入输出继电器	61
4.3 辅助继电器 M	64
4.4 状态器 S	65
4.5 定时器 T	66
4.6 内部计数器 C	71
4.7 数据寄存器 D	79
4.8 变址数据寄存器 V、Z	85

4.9	指针 P、I	87
4.10	元件组 Kn	89
4.11	本章小结	90
5	基本指令	91
5.1	PLC 指令的运行规则	91
5.2	FX2N 系列 PLC 的基本指令	92
5.3	PLC 编程注意事项	129
5.4	本章小结	136
6	顺序控制及编程策略	137
6.1	顺序功能图	137
6.2	顺序控制指令	143
6.3	顺序控制的主要类型及应用	148
6.4	初始化状态的应用	158
6.5	报警状态的应用	166
6.6	本章小结	168
7	功能指令及应用	169
7.1	功能指令的基本规则	169
7.2	FX2N 系列 PLC 的功能指令及应用	177
7.3	本章小结	224
8	FX2N 系列 PLC 的扩展模块	225
8.1	输入输出扩展模块	226
8.2	模拟量处理扩展模块	228
8.3	通信扩展模块	237
8.4	本章小结	243
9	典型环节编程策略及应用	244
9.1	系统启动环节编程	244
9.2	系统停止环节编程	246
9.3	输入信号处理环节编程	248
9.4	脉冲（方波）输出环节编程	256
9.5	顺序编程策略编程	262

9.6 工程应用	268
9.7 本章小结	278
附录1 FX 系列 PLC 命名方式	279
附录2 FX2N 系列 PLC 常用特殊辅助继电器	281
附录3 FX2N 系列 PLC 常用特殊数据寄存器	288
参考文献.....	294

1 绪 论

可编程控制器 (Programmable Controller, PC) 是现代工业自动控制系统中应用十分广泛的控制器。为了和个人计算机 (Personal Computer, PC) 的简称相区别, 可编程控制器仍然沿用其早期名称“可编程逻辑控制器” (Programmable Logical Controller) 的简称 PLC。可编程逻辑控制器是在继电接触控制系统的基础上发展而来的。随着微电子技术和 CPU 芯片性能的不提高, 现代 PLC 不仅可以实现基本的逻辑控制, 而且具有较强的数据处理及通信功能, 它已成为现代工业自动化领域最重要、应用最广泛的控制器。

就其根本原理来讲, 可编程控制器的实质是对单片机进行扩展的二次系统。操作人员只需要在 PLC 这个开发平台上做二次开发。

1.1 可编程控制器的产生、发展

1.1.1 可编程控制器的产生

虽然可编程控制器的设计初衷是替代汽车生产流水线上的继电接触控制系统, 但作为众多的控制设备之一, 它仍然是计算机应用史上的重要成果。

早在我国春秋战国时期出现的算筹 (图 1-1) 被认为是人类最早的计算工具, 它通过算筹的纵横交错可以摆放出任意大的数字。随后出现的算盘通过进位方式计数, 更突显了计算和数据存储功能。

人类史上第一台真正意义上的机械计算器是 1623 年由德国科学家契克卡德 (W. Schickard) 制造的, 如图 1-2 所示。这台机器能够进行六位数的加减乘除运算。

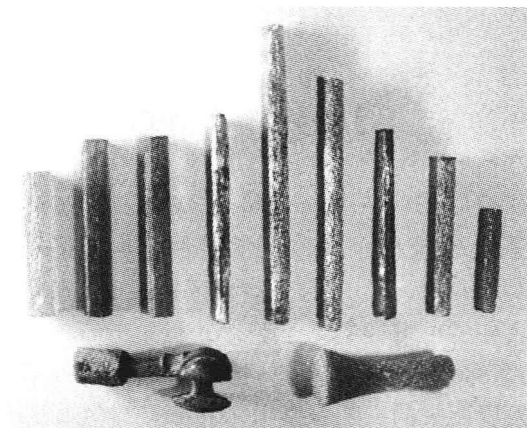


图 1-1 我国汉代琉璃算筹

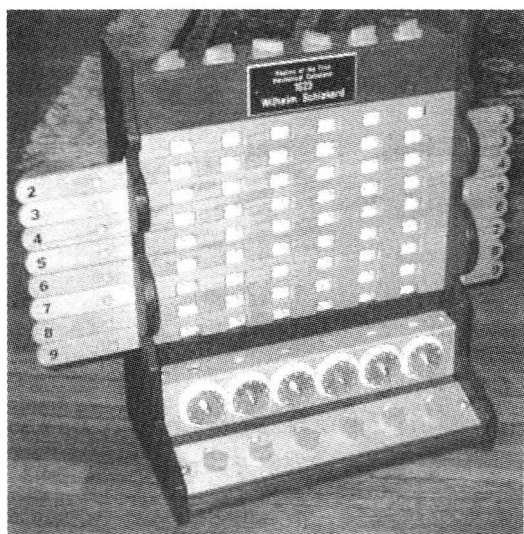


图 1-2 根据契克卡德手稿仿制的机械式计算器

1673 年德国数学家莱布尼茨提出了二进制的概念，并在帕斯卡计算机的基础上发明了乘法机，这是第一台可以完成四则混合运算的计算机，如图 1-3 所示。

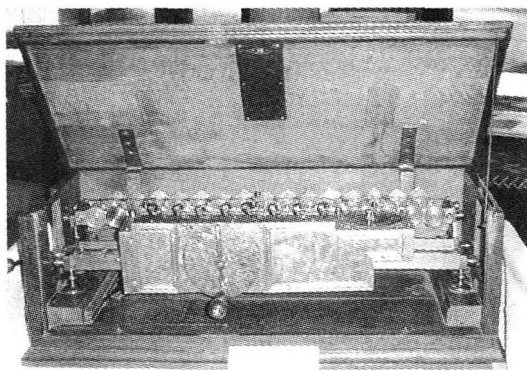


图 1-3 莱布尼茨的乘法机

1822 年英国数学家巴贝奇发明了差分机（图 1-4），并提出三个具有现代意义的概念：堆栈、运算器和控制器。他的助手阿达·奥古斯塔（Ada Augusta）为差分机编制了人类历史上的第一批计算机程序。

1854 年英国数学家布尔创立布尔代数，为百年后出现的数字计算机开关电路的设计提供了重要的数学方法和理论基础。可编程控制器编程时也可采用布尔代数的基本理论和方法实现。

1946 年世界上第一台通用数字电子计算机 ENIAC（图 1-5）的诞生，标志人类进入电子计算机时代。

1947 年贝尔实验室的肖克利（William B. Shockley）、布拉顿（John Bardeen）、巴丁（Walter H. Brattain）创造出了世界上第一只半导体放大器件，命名为“晶体管”（图 1-6），开启了人类的半导体时代。

1958 年美国科学家基尔比和诺伊斯共同发明了集成电路

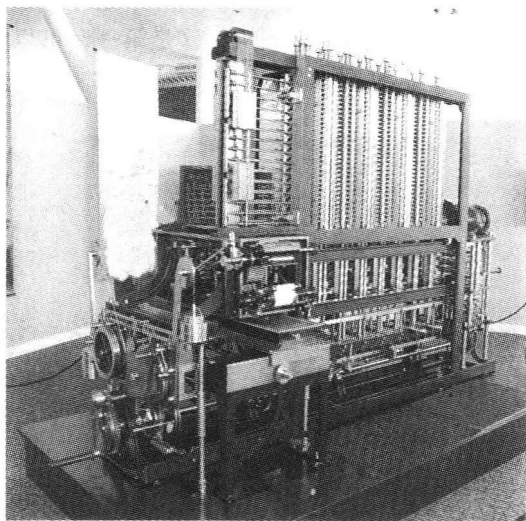


图 1-4 巴贝奇的差分机

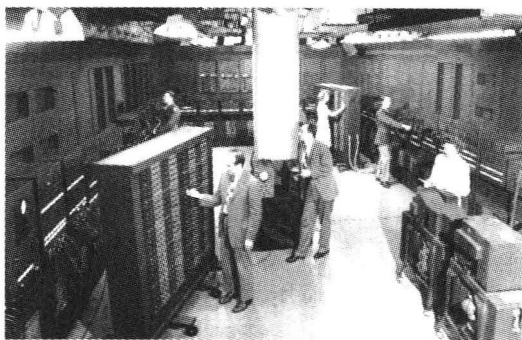


图 1-5 世界上第一台通用数字电子计算机 ENIAC

(图 1-7)，从此人类步入了集成电路时代。

1971 年美国英特公司的特德·霍夫研制成功了第一枚能够

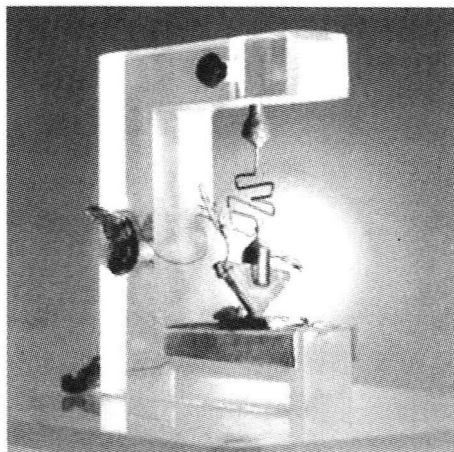


图 1-6 第一只晶体管

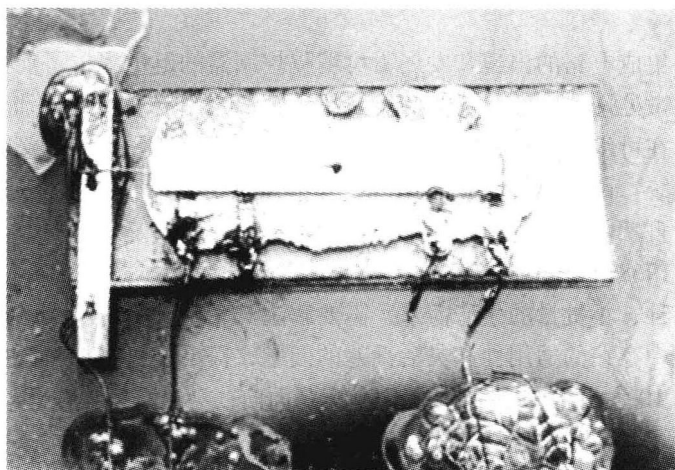


图 1-7 人类第一个集成电路

实际工作的微处理器 4004（图 1-8），标志着微处理器时代的到来。该处理器在面积约为 12 mm^2 的芯片上集成了 2250 个晶体管，运算能力超过 ENICA。

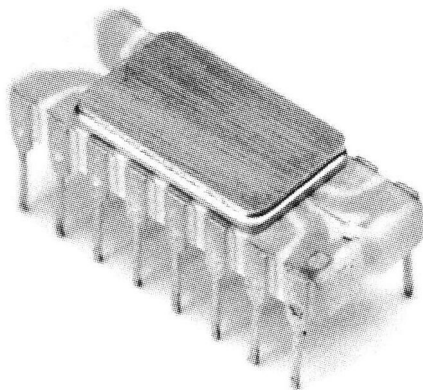


图 1-8 4004 微处理器

集成电路的出现和发展为可编程控制器的诞生提供了前提条件。微处理器的诞生和快速发展是可编程控制器发展的基础。

在可编程控制器出现之前，工业控制系统主要是继电接触控制系统。由于其较差的通用性，工业巨头们开始考虑引入通用、灵活且功能完善的计算机来替代继电接触控制系统。

1968 年美国通用汽车公司（GM 公司）为了适应汽车市场多品种、小批量的生产需求，需要解决汽车生产线继电接触控制系统中存在的通用性和灵活性差的问题，提出了对一种新颖控制器的 10 大技术要求（即 GM10），并面向社会进行招标。10 大技术要求具体如下：

- （1）编程简单，可在现场修改程序。
- （2）维护方便，采用插件式结构。
- （3）可靠性高于继电控制盘。
- （4）体积小于继电控制盘。

(5) 数据可以直接送入计算机。

(6) 成本可以与继电控制盘相竞争。

(7) 输入可为市电。

(8) 输出可为市电，要求在 2 A 以上，可直接驱动电磁阀、接触器等。

(9) 扩展时原系统变更最少。

(10) 可以存储程序，存储容量大于 4 KB。

其核心思想是用程序代替硬接线。

针对这一要求，1969 年美国数字设备公司（DEC 公司）研制出世界上第一台 PLC，命名为 PDP-14，并在 GM 公司汽车生产线上应用成功。同年，美国哥德公司制造出 084 型 PLC（图 1-9），并将它们投入商业生产。从此，PLC 在工业控制领域迅速扩展并广泛应用于开关量的控制与处理。随后 1971 年日本研制出第一台 PLC，型号为 DCS-8。1973 年德国西门子公司研制出第一台 PLC，型号为 SIMATIC S4。我国也于 1974 年研制出了第一台 PLC。

1987 年 2 月国际电工委员会（IEC）在颁布的可编程控制器标准草案的第三稿中对可编程控制器做了进一步定义：“可编程控制器是一种数字运算操作的电子装置，专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器，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，并通过数字式、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设备，都应按易于与工业控制器系统连成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”

1.1.2 可编程控制器的发展

从第一台 PLC 诞生至今，经历了四次更新换代。

第一代：1969—1972 年，多数 PLC 用 1 位机开发，采用磁芯存储器存储，仅具有逻辑控制、定时、计数功能，如美国 DEC 公司的 PDP-14/L、日本立石电机公司的 SCY-022、日本北辰电机公司的 HOSC-20 等。



图 1-9 美国哥德公司 084 型 PLC 及研发团队

第二代：1973—1975 年，PLC 使用了 8 位微处理器及半导体存储器，其产品逐步系列化，功能也有所增强，已能实现数字运算、传送、比较等功能，如美国 GE 公司的 LOGISTROT、德国 SIEMENS 公司的 SIMATIC S3（图 1-10）系列等。

第三代：1976—1983 年，PLC 采用了高性能微处理器，工作速度大幅度提高，同时促使其向多功能和联网方向发展，并具有较强的自诊断能力，如美国 GOULD 公司的 M84、484、584、684、884，德国 SIEMENS 公司的 SIMATIC S5（图 1-11）系列，日本三菱公司的 MELPLAC-50、550 等。

第四代：1983 年到现在，PLC 不仅全面使用 16 位、32 位微处理器作为 CPU，内存容量也更大，可以直接用于一些规模较大的复杂控制系统，而且编程语言除可使用传统的梯形图、流程图等外，还可以使用高级语言，外部设备也更加多样化，如三菱公司的 FX 系列（图 1-12）、德国西门子的 S7 系列（图 1-13）等。

目前全球有 PLC 生产厂商 200 多家，PLC 品牌 400 多个。随

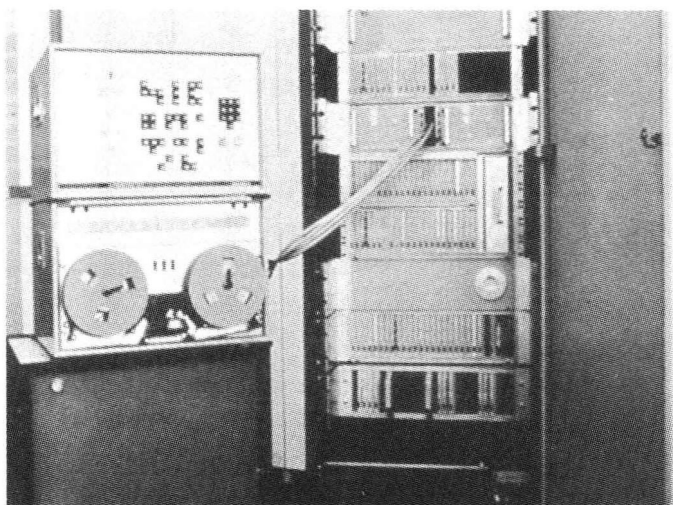


图 1-10 SIMATIC S3 系列 PLC

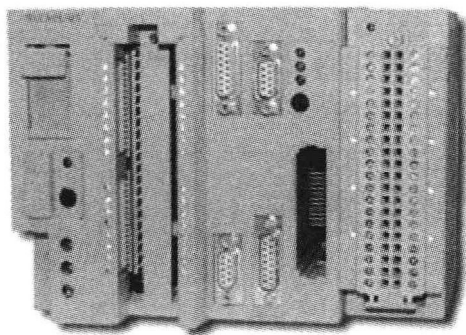


图 1-11 SIMATIC S5 系列 PLC

着 PLC 应用领域不断扩大，其功能层出不穷，可靠性越来越高，和其他控制设备的兼容性也越来越好。未来可编程控制器的发展