

四川省水利电力厅

微型计算机基本原理

——初学者及业余爱好者指南

〔美〕J·C·波立希 著

侯亚畦 王宜家 译

肖可达 史济民 审校

WEI XING JI SUAN
JI JI BEN YUAN LI

四川科学技术出版社

微型计算机基本原理

——初学者及业余爱好者指南

[美] J.C.波立希 著

四川省水利电力厅

侯亚娃 王宜家 译

肖可达 史济民 审校

四川科学技术出版社

——一九八六年·成都

责任编辑：田 霞

封面设计：吕小晶

微型计算机基本原理

——初学者及业余
爱好者指南

【美】J·C·波立希 著

侯亚畦 王宜家 译

肖可达 史济民 审校

出版：四川科学技术出版社

印刷：成都印刷一厂

发行：四川省新华书店

开本：850×1168毫米 1/32

印张：9 插页：1

字数：227千字

印数：1—7,800

版次：1986年1月第一版

印次：1986年1月第一次印刷

书号：15298·194

定价：2.00元

译 序

为普及微型计算机知识，我厅组织翻译了这本《微型计算机基本原理》，藉以帮助广大读者学习和掌握这方面的知识。

微型计算机现在已成为促进生产发展的重要工具，而且必将对人们的生活方式产生深刻的影响。可以毫不夸张地说，不管哪行哪业，企图“置身于微机之外”，就必然要落后于时代的要求，甚至面临被淘汰的危险。可见，大力普及微机技术的确是实现我国四个现代化宏伟事业的迫切需要。

迄今我国已出版了不少有关微机的译著，但大多数是以特定机型为对象，而且篇幅较长，很难在短时间内学完。这使初学者和非计算机专业人员（这类人毕竟是大多数）更感困难。因此迫切需要一本供这些读者阅读的指导读物，以使他们在尽可能短的时间内通过自学打好微型计算机的基础。

本书由美国1984年出版，作者J.C.波立希从目前流行的各类微型计算机中提取“共性”、阐述微型计算机的结构原理，力图避免从电子电路方面繁琐地逐条逐项地讲解微型计算机的结构及其指令系统，而着重从整体、从功能、从硬件和软件几个方面提供在微机时代所需的最起码的知识。因而本书具有广泛的适用性，在掌握了本书所包含的基础知识以后，读者对任何类型的微型计算机都不会感到陌生了。

本书采用深入浅出循序渐进的方法：首先从数字电路、计算机算法和通用计算机的概念引进入门知识（第一①至第四章）；

①结合我国情况，原书第一章由译者进行编译。

接着对比通用计算机和微型计算机间的差异，以加深对微型计算机的了解（第五章）；然后逐个分析构成微型计算机的硬件、软件、输入、输出等器件的方法（第六至第八章）；第九章和第十章介绍微型计算机的内、外存贮器；第十一和第十二章分别从硬件和软件两个方面把前几章的内容综合为一个典型微型计算机，以建立一个完整的概念；最后一章（第十三章）通过实际的微型计算机进一步加深对硬件、软件及其相互配合的了解，并介绍了16位微型计算机。这样安排将引导读者饶有兴趣地逐步深入而不会感到枯燥。书中每章都有小结并附有问题和习题，以便读者消化和掌握基本内容。

全书需要的预备知识不多，因此可供初学者及非计算机专业的工程技术人员、工人、管理干部和各中专、大专院校师生参考，也可作短训班的教材。

本书第一章及第八章至第十三章由侯亚畦翻译，第二章至第七章由王宜家翻译；第一章至第八章由肖可达审校，第九章至第十三章由史济民审校；陈敦壁同志绘制了本书的全部插图。在此译者表示衷心的感谢。

由于时间仓促和水平有限，译文中可能有不少漏误之处，恳请读者批评指正。

四川省水利电力厅

1985年4月

目 录

第一章 微处理机和微型计算机导论.....	(1)
1—1 简史.....	(1)
1—2 应用.....	(4)
第二章 数字逻辑.....	(7)
2—1 组合逻辑电路.....	(7)
2—2 时序电路.....	(16)
2—3 小结.....	(22)
问题.....	(23)
第三章 计算机算法.....	(25)
3—1 二进制加法.....	(25)
3—2 带符号的数.....	(27)
3—3 二进制乘法和除法.....	(34)
3—4 算术/逻辑单元 (ALU) 的运算.....	(38)
3—5 十进制的二进制代码 (BCD) 算法.....	(42)
3—6 小结.....	(45)
问题和习题.....	(46)
第四章 数字计算机基础.....	(48)
4—1 通用计算机的概念.....	(48)
4—2 控制功能.....	(57)
4—3 存贮 (记忆) 功能.....	(58)
4—4 算术/逻辑功能.....	(62)
4—5 输入功能.....	(65)
4—6 输出功能.....	(68)

4—7	小结.....	(69)
	问题.....	(70)
第五章	微处理机、微型计算机的概念.....	(71)
5—1	总线.....	(72)
5—2	微处理机的数据流.....	(74)
5—3	小结.....	(78)
	问题.....	(79)
第六章	微处理机的硬件.....	(80)
6—1	控制功能.....	(80)
6—2	存贮(记忆)功能.....	(84)
6—3	算术/逻辑功能.....	(87)
6—4	输入/输出功能.....	(89)
6—5	小结.....	(90)
	问题.....	(90)
第七章	微处理机的软件.....	(92)
7—1	预备知识.....	(92)
7—2	指令集.....	(98)
7—3	指令集的应用.....	(113)
7—4	小结.....	(119)
	问题.....	(119)
	思考题.....	(120)
第八章	微型计算机的输入/输出.....	(121)
8—1	并行输入.....	(121)

8—2	并行输出.....	(141)
8—3	串行输入/输出.....	(144)
8—4	小结.....	(152)
	问题.....	(153)
第九章	内存贮器.....	(155)
9—1	信息存贮概述.....	(155)
9—2	随机存取存贮器 (RAM)	(161)
9—3	只读存贮器 (ROM)	(175)
9—4	磁芯.....	(178)
9—5	典型的微型计算机存贮器.....	(181)
9—6	小结.....	(184)
	问题.....	(185)
第十章	外存贮器.....	(187)
10—1	大容量存贮装置的原理.....	(187)
10—2	磁盘存贮器.....	(193)
10—3	盒式磁带存贮器.....	(198)
10—4	磁泡存贮器.....	(206)
10—5	电荷耦合器件 (CCD)	(209)
10—6	小结.....	(212)
	问题.....	(212)
第十一章	典型的微型计算机 (硬件)	(214)
11—1	微型计算机系统.....	(214)
11—2	微处理机.....	(218)

11—3	外部接口	(221)
11—4	内部通讯	(226)
11—5	外部通讯	(230)
11—6	存贮器	(233)
11—7	小结	(235)
第十二章	典型的微型计算机 (软件)	(237)
12—1	微型计算机指令	(238)
12—2	机器语言程序设计	(245)
12—3	汇编语言程序设计	(249)
12—4	高级语言程序设计	(252)
12—5	小结	(257)
	问题	(258)
第十三章	应用	(259)
13—1	微波炉控制	(259)
13—2	智能打字机	(264)
13—3	从“微”到“小”	(269)
13—4	结束语	(275)
附录A		(276)
附录B		(277)

第一章 微处理机和微型计算机导论

当前人类社会正经历着一个深刻变革的时代，而电子计算机在这个时代中扮演了一个极其重要的角色。虽然第一台计算机问世还不到半个世纪，可是它对人们的生产和生活所带来的深远影响却是难以估量的。电子计算机尽管有种种神奇的功能，但在不久以前因价格过于昂贵，还只是属于某些专家所有，一般人无法问津。正是由于微型计算机的出现，才使计算机的普及达到今天这样的程度：从工农业生产到宇航设备；从家用电器到儿童玩具，可以说是“无所不在”。可以毫不夸张地说，用不了多久，不管是谁，不懂计算机就将束手无策、寸步难行。“人无远虑，必有近忧”，趁早学一点有关微型计算机的基本知识，有助于将来摆脱困境。计算机并不神秘，只要循序渐进耐心地阅读本书，就可以获得很多重要而有趣的知识，从而进入这个奇妙的领域。

了解过去，可以知道现在；了解过去和现在可以预测将来。因此，回顾一下人类计算工具的发展史，对于掌握计算机知识是大有裨益的。

1—1 简 史

微处理机^①的出现和发展是与半导体技术及数字计算机技术的发展紧密相关的。

^①根据普遍承认的定义，微型计算机是一个大规模集成电路装置。它的计算能力相当于一台非常小的数字计算机的70%。由于技术的发展，现在已经能用一个单片的集成电路组件来作成完整的微型计算机。微型计算机和计算机的差别仅仅在于实体规模不同而已！

人类最早使用的计算工具是算盘，接着是机械计算机，一直到1642年布拉斯·巴斯噶台式计算机出现之前，机械计算机领域内的进展都不大。巴斯噶及其改进的装置是用简单的齿轮系来进行加法、减法和乘法运算。但是由于缺乏足够的精度，限制了这种计算机的发展。

十九世纪初叶由查理士、巴贝格设计的用于计算机和打印数学表格的“差分引擎”是数字计算机发展的第二个里程碑。这种装置所包含的许多原理为现代数字计算机所采用。

十九世纪末到二十世纪初，对应用机械和电气的原理来进行记录存贮、演算操作、簿记处理的研究有了稳定的进展，为数字计算机的进一步发展奠定了基础。本世纪四十年代中，由于战争的需要，美国研制出了第一台真空管电子数字计算机。这是一个庞然大物，包含近18000只真空管，重30吨，占地15000平方英尺，每小时消耗电力达140度。它进行两个十进制数相加运算的时间为 $1/5000$ 秒，与早期机电式计算机3秒的运算速度相比的确是一个飞跃。

在此期间，还出现了两件决定数字计算机前途的重大事件。1946年，约翰·冯·诺依曼提出了在计算机设计方面的经典性建议。根据这个建议，把计算机的指令程序与要处理的数据一道存入计算机的内部，这就形成了未来数字计算机的体系结构。1947年，约翰·巴丁等作出了划时代的卓越贡献：研制出了第一只晶体管。这就使数字计算机的发展进入了一个崭新的阶段。

五十年代中，研制出了以晶体管为基础的第二代电子数字计算机。这种计算机的功率消耗和尺寸要比真空管计算机小得多，其加法时间为微秒^①级，内存容量一般在1000~4000字的范围内，并且采用磁带等作外存贮器，这大大扩展了计算机的存贮容量。

^①微秒，一秒的百万分之一。

六十年代初研制成功了集成电路（IC），这种电路是把许多晶体管和二极管制造在同一块薄硅片上。由集成电路做成的第三代电子数字计算机比分立元件的第二代计算机具有更小的功率消耗和尺寸，其运算时间为纳秒^①级，内存容量达31000千字，并且整个系统的重量仅110磅。

集成电路技术的发展，使每块硅片上元件的密度越来越大，于是先出现了中规模集成电路（MSI），接着在1964年研制出了第一块大规模集成电路（LSI）。这种电路能把几百个元件封装在一个极小的空间内。这种技术的进一步发展，使集成电路的规模越来越大，于是出现了超大规模集成电路（VLSI或ELSI），其集成度达到了每片（0.034~0.054平方英寸）包含3000~8000门。由大规模集成电路做成的计算机是第四代电子数字计算机。这种计算机的运算速度可达每秒1亿到数亿次以上，存贮容量基本不受限制。

至此，可以清楚地看到，半导体技术和电子数字计算机技术相结合，促使了计算机由低级向高级的发展。现在人们即将进入第五代电子数字计算机（所谓智能计算机）的时代。

同时，人们在思考如何把计算机普及到日常事务中去，例如，超级市场的结算、小型机器的管理和交通指挥灯的控制等。显然，用大型计算机作如此微不足道的应用是不可能的，这就需要另外开辟途径。依靠在半导体技术领域和数字计算机领域内所积累起来的知识和经验，美国INTEL公司于1971年研制成功了第一台微处理机。这种微处理机把计算机中央处理器的所有组成部分，特别是算术和逻辑运算单元及控制单元装在一片（最多不过二~三片）大规模集成电路芯片上，因此，它具有体积小，成本低、集成度高等特点。典型的单片处理机的有效部分面积为0.2平方英寸，每片价格几美元到几十美元，集成度是每片达几万个

^①纳秒，一秒的十亿分之一。

微
型
计
算
机

十
甲

元件。对一个具有完整的存贮器和输入/输出接口的单板微型计算机，其集成度可达每片十万个以上的元件。

以微处理机为基础构成的微型计算机是一台完整的计算机，它可以和电传打字机、磁盘或磁带存贮器之类的外围设备相连接。正是由于微处理机和微型计算机的出现，才使计算机的应用发生了巨大的变化。

微型计算机正在迅猛地发展，继8位机之后又相继出现了16位机和32位机，现在我们已经进入了微型计算机的时代。

1—2 应 用

在工业发达的国家，计算机象汽车和电器一样，是日常生活中不可缺少的组成部分。每天，人们都要接触到计算机。

人们早已知道电子学对电子计算器和手表工业所作的贡献。实质上，电子计算器和电子手表的驱动控制部分就是一种微处理器。现在微处理器还进入了收录机和彩色电视机的领域，用它进行收录机和电视机的遥控调谐、自动录放节目，将使人们的生活更加绚丽多彩。由微处理器控制的儿童玩具、缝纫机、洗衣机和微波电子炉等正陆续进入家庭，把人们从繁重的家务劳动中解放出来。

在自动银行中，计算机可根据每个人的信用卡进行支付。如果需要旅行，可以远在数百公里以外，通过计算机订购或预订飞机票、火车票或轮船票。

另外，汽车上为了减少排气的污染和节约燃料，也使用了微处理器。

至于在工业和其它部门的应用更是品种繁多，不胜枚举。表1—1所列举的各行各业的应用实例，只是其中的一部分，实际上计算机正在更广阔的范围内被应用，而且它的用途是无穷无尽的。

表 1—1

计算机的应用情况

应用范围	内 容
工厂的生产线	数控工作机床、工业用机器人、自动制图、三维坐标测定、起重机控制、产品检测的自动化、自动焊接、布线检查、生产管理、生产线控制、照明排版自动化、新闻编辑等。
土木建筑	工程管理、工程计算、地震波分析、水库自动控制、桥架计算、热计算、结构计算、材料力学计算、累积计算、砂土运用计算、空调计算、道路设计、土木计算、测量计算、各种实验的自动化等。
过程控制	直接数字控制、分析仪器数据处理、生产管理、过程顺序控制、批量控制、炉温控制、荷载量控制、配合成套设备控制、轧钢机控制、管道自动控制、间接计算机控制等。
自动仓库系统	装卸控制、在库管理、传送带控制、捆包自动化装置、入出库计算、无人搬运系统等。
公害管制系统	汽车排气自动分析装置、分析测量自动化、数据记录、遥测装置、放射性测量、大气污染监测装置、预防犯罪、河水港湾管理、水质管理、水位监视等。
楼房管理系统	用户的统计、锅炉和冷冻机的最佳控制、停车场管理、自动检测系统、自动空调控制、火灾自动检测、室内机器故障的诊断管理等。
交通管理自动化系统	交通里程调节控制、交通量控制、航空管理控制、燃料管理、船舶自动操纵、船舶位置测定、汽车运行表示、列车自动运行控制、车站工作自动化、道弹计算、风洞试验、轨道实验等。
广播自动化系统	图象处理、显示装置、网络计算、线路控制、广播节目控制、发射机监视、图象输入装置、电视电话图象控制等。
各种检查测定系统	数据记录装置、坐标测定器、集成电路测试仪、多重波分析、结晶分析、分子结构分析仪、交流电路网计算、中性预分析装置、材料力学计算、色谱法分析气体、金属自动分析、超声波探伤仪、半导体测试仪、实验室自动化等。

续表 1—1

应用范围	内 容
数据通讯系统	通信信息管理、数据的收集和发送、分时系统、数据网编辑记录、数据集中传送控制、自动拨号问答装置、声音问答装置等。
医疗自动化系统	心电图分析、心音计、脑电波分析、患者监视装置、放射性同位素装置、X光片分析、临床分析、健康诊断系统、急诊医疗系统、自动体检分析装置等。
业务、合同系统	计帐计算机群的管理、销售商品管理、在庫管理、工资的计算、票据发行、外汇电文的处理、新闻情报收集、劳务管理、预约座位、发行月票等。
商业、金融、服务	数据交换、统计计算、保险审查业务、外汇计算、约定业务信息交换、存款计算、财务管理、比率计算等。
教育训练系统	计算机辅助教育系统、团体学习系统、统计业务、图书业务、教育系统、成绩管理、飞行训练指导、工厂训练指导、技术计算、数据分析等。

第二章 数字逻辑

虽然使用微处理机并不需要探求硅片最内部的工作情况，但若具有对数字逻辑原理的基本知识，将会更容易理解微处理机的操作。微处理机是从非常基本的数字逻辑电路演变而来的，通过了解这些电路，可以系统地研究微处理机芯片单独的作用。如果读者已具备了数字逻辑方面的基础，那么这一章仅供复习之用。

数字系统通常包括两种类型的逻辑电路：组合电路和时序电路。在组合电路中，任何时刻的输出信号仅取决于该时刻的输入信号的组合，而与信号作用前电路所处的状态无关。但是，在时序电路中，由于它含有记忆元件，因此，任一时刻的输出信号不仅取决于当时的输入信号，而且还与电路原状态有关。在微处理机中这两种类型的电路都存在。

2—1 组合逻辑电路

组合逻辑电路可以作出从最简单到最复杂的逻辑判断。要了解这些判断是如何作出的，需要一些二进制数字系统和逻辑数学（布尔代数）、真值表、符号逻辑和波形图的知识。

执行判断操作的电路，通常称为门。在微处理机电路中有大量的这种门电路。与（AND）门、或（OR）门、非（NOT）门、或非（NOR）门和与非（NAND）门，通常都适用于组合电路。

与门 在微处理机中，组合逻辑电路对输入信号施以特定的操作，并按照输入与输出之间的预定关系提供输出信号。例如，有一种称为与门的逻辑电路，对它只有当所有的输入均为“有

效”时，输出才为“有效”。

在微处理机中，与门被广泛用于执行逻辑、算术和控制操作。最典型的应用是将信息从微处理机的一个部分传送到另一部分。假定被传送的信息加在与门的一个输入端，其输出被送到存贮器，然而信息只有在某种算术运算已经完成，并且存贮器已经作好了接收信息的准备之后，才能被传送。这些条件可简明地叙述如下：

信息能被有效地传送到存贮器的条件是：仅当算术运算已经完成；与（AND）存贮器已作好接收信息的准备；与（AND）信息已在输入端。

要完整地说明微处理机的操作需要上千条这样的语句，很明显这种方法是不实用的。另外，要用这些语句来处理数学式（了解微处理机操作的一种需要）实际上是不可能的，因此，可用一些指定的字母来代替一些语句，然后将代数学中的规则应用于数字逻辑运算。

设 X = 有效输出

A = 算术运算完成

Y = 存贮已准备好

D = 数据（信息）

这样， $X = A \text{ AND } Y \text{ AND } D$ ，这个简单的代数式就完全描述了将算术运算的结果传送到存贮器所需要的条件。这个用来对逻辑量进行运算的代数分支叫做布尔代数〔以乔治·布尔（George Boole, 1815—1864）命名〕。本章将叙述布尔代数的基本思想。附录A中给出了布尔代数的法则和恒等式。

前面的布尔代数表达式描述了一个具体的与函数，但是没有作附加的说明，该函数的全部意义并不明显。例如，当输入数据已存在，算术运算已完成，但存贮器还未准备好时，输出是什