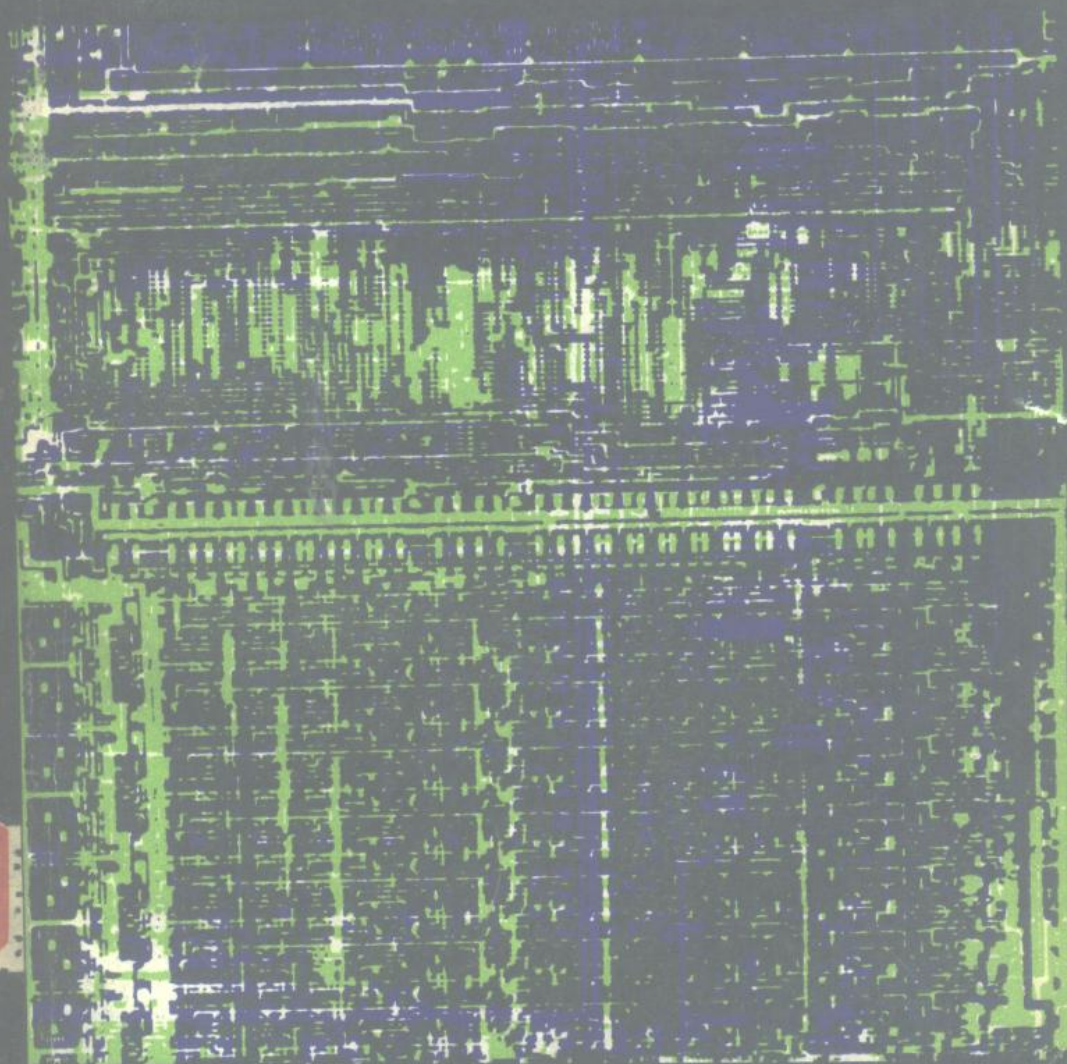


微型计算机化 设计原理

[美] 约翰 B. 皮特曼 著



科学出版社

微型计算机化设计原理

〔美〕约翰 B.皮特曼 著

颜 超 谈根林 陈道文 徐家栋 译

郑维敏 校

科学出版社

1983

内 容 简 介

用微型计算机装备的仪器和设备具有智能化的优异特性。与此相应的新兴的设计原理和方法,叫做微型计算机化设计。

本书是全面论述微型计算机化设计原理和方法的专著。全书共分七章,六个附录。其中第一、二章讨论微型计算机化设计的一般问题和软件;第三、四、五章着重介绍微型计算机硬件和接口;第六章探讨微型计算机化仪器的开发;第七章给出一些实用算法,可供设计者直接引用。附录配合正文内容扼要介绍六种常用的微型计算机。

本书可作为高等院校有关专业的研究生和高年级学生的参考教材;对于从事微型计算机应用与设计的工程技术人员,也可作为设计方面的工具书或供自学时参考。

John B. Peatman
MICROCOMPUTER-BASED DESIGN
McGraw-Hill, 1977

微型计算机化设计原理

〔美〕约翰·B·皮特曼 著

颜超 谈根林 陈道文 徐家栋 译

郑维敏 校

责任编辑 李淑兰 孙月湘

*

科学出版社出版

北京朝内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1983年3月 第一版 开本: 850×1168 1/32

1983年3月第一次印刷 印张: 19 3/8

印数: 0001—11,600 字数: 509,000

统一书号: 15031·430

本社书号: 2983·15—8

定价: 3.55元

译者序

在我国，微型计算机正在引起十分广泛的兴趣和越来越多的关注。各个技术部门竞相采用微型计算机的局面已经出现。微型计算机能够作为一个媒介，轻而易举地将计算机科学中极富于生命力的软件技术直接移植到各个应用领域中去，从而取得不少突破性的新成果。在各种应用中，一个重要的方面是以微型计算机为主体，代替常规的电子线路，创制崭新的一代智能化的灵巧仪器 (smart instruments)，也叫做微型计算机化仪器。这类仪器设计的重点，已经从逻辑、电路的设计调试转向专用的微型计算机系统、接口设计和应用软件的开发。这种新兴的设计原理和方法，被著者命名为微型计算机化设计 (Microcomputer Based Design)。

本书是迄今问世的第一本系统论述微型计算机化设计的专著。作者是美国佐治亚理工学院的皮特曼教授。该书出版之后，得到国内外学术界的好评。书中从微型计算机化设计的具体需要出发，对于构成微型计算机的基本部件，中央处理器 (CPU)、存储器和输入/输出 (I/O) 接口等，从软、硬件两方面做了较深入的论述。对于微型计算机的选择和微型计算机化仪器的开发、设计原理和方法，也从这两方面做了系统的阐述。书中还给出了灵巧仪器设计中经常会遇到的几种实用的算法，供设计人员直接引用。书末，以附录的形式扼要介绍了六种典型微型计算机。尽管本书所涉及的是一般原理，并不依赖于具体的机型，但书中仍援引了一些具体微型计算机（如 8080，6800 和 F8）的实例，以便读者消化书中所论述的概念和方法。

本书译文由清华大学郑维敏教授审订。北京工业大学颜超译

前言, 第一、二章及第五章 1—9 节; 谈根林译第五章 10, 11 节, 第六、七章及附录 A5, A6; 徐家栋译第三章 1—8 节, 第四章及附录 A1; 科学院自动化所陈道文译第三章 9 节及附录 A2, A3, A4.

微型计算机的发展很快, 许多名词术语和叙述方法在国内外尚未统一. 我们在翻译过程中尽量采用国内通用的术语; 有些实在没有的, 则经反复讨论最后加以编订. 由于我们的水平所限, 译文中难免有疏漏不妥之处, 敬请广大读者批评指正.

一九八〇年九月于北京

序

本书是为那些想要全面掌握设计“灵巧”的微型计算机化仪器和装置的工程人员撰写的。在微型计算机的许多应用方面，本书能开阅读者的视野。在兼顾应用广度的同时，本书注意培养读者具有基本的设计能力。这是它与许多书籍不同的地方。

一名训练有素的数字式仪器的设计人员至少应具备以下三种才能。首先，对于各种可能用到的部件，他应掌握一定的基础知识。这些部件不仅包括构成微型计算机的微处理器芯片、存储器芯片、输入/输出芯片，而且包括对仪器或装置设定信息的键盘和开关、检测各种输入量的传感器、控制用的执行装置、与计算机和其他仪器通信的各种设备、扩充存储容量的设备以及能向用户报告运算结果的打印机和显示器等。设计人员要能卓有成效地工作，他在这方面的知识就不应仅仅局限于简化的或理想的范围。譬如，要正确使用打印机，就必须慎重考虑定时条件。为了控制这类定时条件，如果有一些使用微型计算机方面的系统化的设计方法，就会对设计人员有很大的帮助。

其次，设计人员应透彻理解仪器设计中各方面所提出的算法过程，并能将这些算法过程翻译成微型计算机的程序语言。例如，一台能自动进行几种测量，并对测量数据进行谐波分析的仪器就要求设计人员开发一种傅里叶分析的算法，并能用微型计算机的一系列指令来实现这个算法。

第三，设计人员应善于将一台微型计算机化仪器或装置的复杂设计任务划分成许多便于实现的组成部分。首先是选择和组织硬件。当硬件与软件之间需要折衷协调时，通常解决的方法是首先尽量减少硬件。接着应满足设计中各方面对软件的要求。这些

要求可以是对于键盘的读出和解释、开发一种数据平均值的算法或者控制一台步进电动机等等。最后，应当将软件的各部分组成一个协调的整体，以便使仪器能够达到总的目标。

本书力图将三种能力的训练有机地结合起来。也就是说，要使读者能够了解和使用各种部件，同时能够开拓强有力的算法过程并能有效地组织硬件和软件，以满足仪器或装置的技术要求。

从另一个角度看，本书力求达到工程研究的一个特殊目标，也就是要发展富于创造性的设计能力。随着微型计算机的发展，设计能力可以归结为能够熟悉和使用数量有限的，虽然复杂但却具有确定功能的微型计算机芯片。一台仪器或装置的各种技术要求，在很大程度上体现在软件之中。因此，发展富于创造性的设计能力的工作，在很大程度上已经转到微型计算机指令的领域；这种设计能力可以用算法的简易和明晰程度来加以衡量。数字化技术所取得的这种进展，为我们提供了在相当理想的条件下发展设计能力的良好机会：设计的每项技术指标能够规定得既现实而又明确，为了满足这些设计指标中对硬件的要求，只需了解很少几种微型计算机芯片；而且为实现设计的技术要求所用的微型计算机指令将储存在只读存储器中。因而，所需要的只读存储器的容量为衡量设计质量提供了一种具体、实际的经济指标。为了利用这种良好机会，在书中大多数章节的后面都编入了大量具有设计特色的练习题。

本书适合做高年级微型计算机化仪器设计导论课程的学期课或双季度课的教材。将这门课安排在高年级可以使学生利用他们已经积累的工程实践知识，进行深入学习。而如果认为值得牺牲这一优点以换取在此课程之后安排其他面向设计课程的机会，则也可将本书安排在低年级使用。由于设计过程与所选用的实际微型计算机的性能和用法是如此密切相关，以至在阅读本书时，有必要并行地至少研究一种特定微型计算机的特性。为此，在书末的附录中，收集了六种微型计算机的技术说明。其中的任何一

个都能够指导读者去阅读其他微型计算机的技术说明,使读者能从厂家的技术资料中挑选出设计时最急需的重要数据。

虽然本书的内容主要涉及电气方面,但书中对每种部件都做了充分介绍,从而使攻读各类专业的读者都能利用本书作为微型计算机化设计入门的向导。我们努力做到此点的原因,是由于微型计算机的极其广泛的应用。其中的许多应用实例,将在第一章介绍。

著者力求本书的许多章节能自成体系。因此,阅读本书的一种方法是先研究每章的“核心内容”,以便对整个仪器或装置的总体设计有一个速成的了解。而在以后,当用到有关内容或后续课程需要时,再去阅读每章中的其余各节。如果想要速成学习微型计算机的软件,可以先阅读2.1—2.9节,还可以试用7.6,7.7节中举出的一些例题的方法。同时,应借助于一个附录中的内容学习用寄存器和数据操作的观点去考察实际微型计算机的方法。这可能还包括熟悉诸如厂家编写的汇编语言用户手册中有关微型计算机汇编语言的一些常用规则。速成学习微型计算机硬件可以从3.1, 3.4, 3.6, 3.7, 3.9, 4.1, 4.2, 5.1和5.2各节开始进行。在学完上述章节的基础上,学习硬件和软件之间的相互作用的最好方法是研究5.4—5.8节中的一些具体的输入/输出设备。然后,即可学习第六章中对于实际开发一台仪器的硬件和软件时可能采取的不同方法的综述。

十分荣幸,在我从事于仪器设计和微型计算机应用的工作中能得到Hewlett-Packard公司几位出色的工程师的合作。尤其是在科罗拉多温泉与Ed Donn先生一起度过的两个暑期以及在苏格兰与David Dack先生一起度过的一年光阴,都使我收益不浅。我要深深感谢佐治亚理工学院的同学们,在他们的设计实习中,曾给予了我许多有益的帮助。

我的治学和研究工作还受到几位有才干的行政官员的赞助。在佐治亚理工学院, Demetrius Paris博士对我所主持的微型计

计算机化设计课程和实验室所给予的支持是十分宝贵的；在 Hewlett-Packard 公司，Dar Howard，Chuck House 和 Bob Coackley 等人都曾给予很多帮助。最后，我的夫人玛莉莲为我和我的事业分担了大量工作，并打字誊录了本书的手稿，为此我深深感谢她。

约翰 B. 皮特曼

信号、标号英汉对照表*

Above Track 43	高于 43 号磁道	DMA Request	DMA 请求
Acknowledge	响应	DONE	完成
ACTION	动作	Enable	允许
All Zeros	全零	Enable Flag	允许标志
AMPLITUDE	幅度	Enable Output	允许输出
BINARY	二进制	Enable Shutdown	允许停机
BUSY	忙	ENTER FRE-	
Change Sign	改变正负号	QUENCY	输入频率
Chip Enable	片允许	External Reset	外部复位
Clear Flag	清除标志	Feed	进给
Clock	时钟	FIFO DEPTH	先进先出(存储器)深度
Continue	继续	Flag	标志
COUNT	计数	GND(GrouND)	地
Data Accepted	数据接受	HALF-FULL	半满
Data Input	数据输入	Head Load	磁头加载
Data Output	数据输出	High Byte	
Data Valid	数据有效	Enable	高位字节允许
Direction	方向	Index	索引
Disable RAM	封锁 RAM	Input Buffer	
DIV(ision)	除	Full	输入缓冲器满
DMA	直接存储器存取	INTERRUPT	中断
DMA Ackno-		Interrupt Re-	
wledge	DMA响应	quest	中断请求
DMA IDENTIFIC-		KEY	键
ATION	DMA识别		

* 为了方便读者,译者加编了此表。对书中不宜使用汉字的信号、标号在此给出注释,供读者阅读时参考。——译者注

LENGTH	长度	READ	读
LOOP	循环	Read Clock	读时钟
Low Byte Enable	低位字节允许	Read Control	读控制
Master Reset	总清	READ MARK	读标记
MATCH	匹配	Recieve Data	
MODE	方式	Clock	接收数据时钟
MALFUNCTION	故障	Register Select	寄存器选择
Nonmaskable		Reset	复位
Interrupt	不可屏蔽中断	RUN	运行
NOW	现在	Select	选择
OTHER	其他	Shutdown	停机
Output Buffer		Start	启动
Empty	输出缓冲器空	Status Strobe	状态选通
PART	部分	Step	步进
POINTER	指针	Switched On	开关接通
Polarity	极性	TEST	测试
POP	弹出	TIMETABLE	时间表
Power	有电	Track	磁道
PRINT	打印	WEIGHT	重量
PROBE	探头	Write Clock	写时钟
PROBE RAISED	探头抬起	Write Control	写控制
PUSH	压入	Write Cycle	写周期
RAM WRITE	RAM 写入		

目 录

译者序	i
序	iii
信号、标号英汉对照表	vii
第一章 微型计算机的作用	1
1.1 微型计算机化设计的特色	1
1.2 设计问题的范围	15
第二章 微型计算机的寄存器与数据操作	20
2.1 微型计算机概述	20
2.2 设计微型计算机化仪器的三个阶段	22
2.3 微型计算机指令与程序计数器的作用	23
2.4 寻址方式	28
2.5 汇编语言	34
2.6 测试	37
2.7 子程序和栈	50
2.8 表	56
2.9 存储分配与汇编命令	64
2.10 宏	68
2.11 位拼装与位分离	72
2.12 数组	77
2.13 指示器	84
2.14 微型计算机的速度和存储器效率	90
习题	93
参考文献	98
第三章 微型计算机硬件	99
3.1 微型计算机硬件的选择	99
3.2 负载条件	106
3.3 时钟和启动	112

3.4	地址总线/数据总线结构	114
3.5	多路复用总线系统的结构	138
3.6	标志	141
3.7	中断功能	146
3.8	直接存储器存取 (DMA)	152
3.9	可编程定时器	157
	习题	169
	参考文献	183
第四章	存储器	184
4.1	ROM, PROM, EPROM	184
4.2	RAM	190
4.3	掉电保护功能	192
4.4	软磁盘	203
	习题	219
	参考文献	226
第五章	输入/输出	227
5.1	I/O 控制	227
5.2	I/O 定时	236
5.3	利用 FIFO 的数据缓冲	242
5.4	键盘和开关	250
5.5	传感特性	266
5.6	显示器	288
5.7	执行装置的驱动	301
5.8	打印	315
5.9	通用异步接收发送器	330
5.10	仪器的远程控制	343
5.11	自检硬件	358
	习题	366
	参考文献	383
第六章	硬件和软件的开发	384
6.1	高级方法与低级方法	384
6.2	软件的总体设计: 突破复杂性	397
6.3	寄存器管理	400

6.4	汇编过程	402
6.5	高级语言	406
6.6	软件仿真	410
	习题	411
	参考文献	415
第七章	算法过程	416
7.1	键盘分析	416
7.2	实时程序设计	436
7.3	自检	442
7.4	数的表示	449
7.5	二进制 $\leftrightarrow$ BCD代码转换	457
7.6	加法和减法	467
7.7	乘法、除法及可重入子程序	476
	习题	486
	参考文献	492
附录	几种微型计算机的特性	493
附录A1	INTEL 4004	493
附录A2	FAIRCHILD F8	509
附录A3	INTEL 8080	530
附录A4	MOTOROLA 6800	546
附录A5	RCA COSMAC	561
附录A6	ROCKWELL PPS-8	580
汉英名词对照索引		603

第一章 微型计算机的作用

1.1 微型计算机化设计的特色

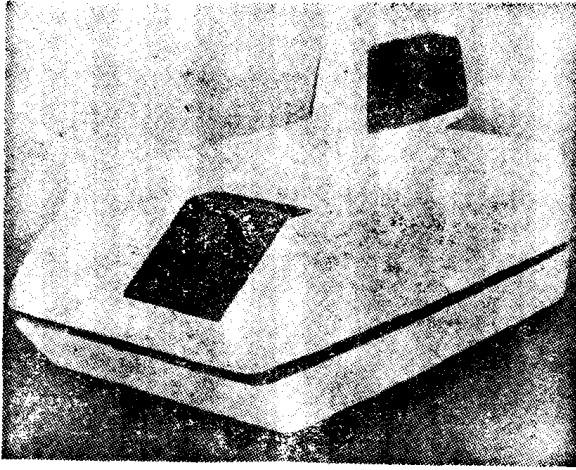
微型计算机的问世正在使仪器¹⁾设计经历一场巨大变革。它不仅使传统的仪器变得更加“灵巧”，而且也使各种完全崭新的仪器相继出现。微型计算机通过有限几片很小的集成电路所具有的丰富计算能力，已经使许多设计工程师为之倾倒（见图1.1）。在本节，我们将考察利用这种计算能力来增强仪器功能的各种途径。

装在如图1.2所示的销售点终端中的标记检出式卡片阅读器，可以作为简化的数据输入的一例。卡片上的每一行中都记入一种



图1.1 …, 6797, 6798, 6799, …

1) 这里，我们从一般的意义上来使用仪器这个术语。我们所说的仪器，是指一种自成体系的、独立的设备；不是摆满各种设备的一个机架。



(a)



(b)

图1.2 用标记检出式卡片阅读器输入数据。(a)卡片阅读器,(b)用铅笔做标记的订货卡片(Documentor Division, Addressograph Multigraph Corp.)

出售商品的品名, 每一列都记入一个数目 (1—9)。于是, 为了计算一份帐单上的总金额, 只需利用适当的标记将每种售出商品的数目填入该列中去。卡片阅读器能读出这些用铅笔做出的标记, 并计算出总金额。这样, 计价就自动地进行了。

高级的转换使售货员能利用如图1.3 所示的激光扫描器将 每

种出售商品的有关信息馈送到一个销售点终端中去。当激光束扫过印在商品上的、组成通用产品代码¹⁾(UPC)的一些黑白条带时,将扫过各个相继条带的持续时间归一化,并将其转换成一个UPC数。终端能从一个表中查得此数,并将其转换成商品价格。



图1.3 用激光扫描器输入产品信息 (NCR Corp)

一台微型计算机化仪器能通过重复测量再加上对测量结果求平均值的方法,实现高精度测量。例如,图1.4示出了利用红外光束确定某点与一无源反射镜之间距离的测距仪。该仪器能借助于进行2000次测量,并将这些测量的标准偏差与一个预先规定的界限值相比较的方法,使得对于长达一英里距离的测量误差维持在不超过1英寸的水平。如果标准偏差能够满足要求的话,该仪器计算并显示平均距离;如果不能满足要求,该仪器将测量的总次数加倍,并用一个与此测量次数相适应的新的界限值来检验标准偏差,看其是否能达到仪器的精度指标。这种仪器能借助将测量次数重复加倍的方法,来不断试验是否达到可以接受的标准偏差。测量次数最多可以达到32000次,而所需的时间不超过21秒。如果经过32000次测量之后,仍然未能得到一个可以接受的标准偏差,则无论如何也要计算出一个平均值,不过这个值在显

1) 将在第5.5节中介绍。