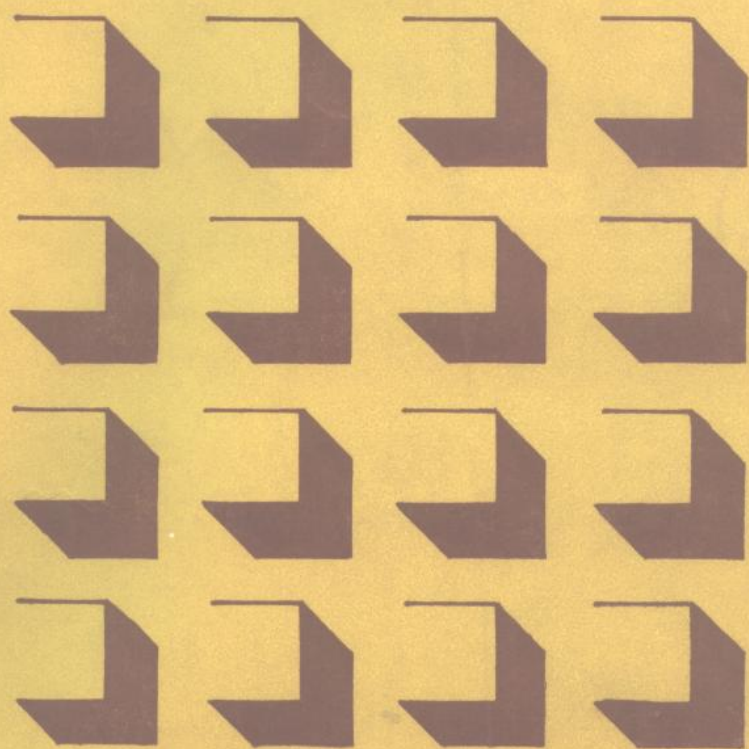




〔美〕凯·韦茨曼 著
游鄂毓 译
王祖永

小型计算机系统 结构、实现、应用

国防工业出版社

36

CM/2

小型计算机系统

结构、实现、应用

〔美〕凯 韦茨曼 著

游鄂毓 王祖永 译

国防工业出版社

内 容 简 介

本书以小型计算机系统为主题，重点放在应用方面。

全书共有八章。第一至第七章译自1974年出版的〔美〕凯·韦茨曼所著《小型计算机系统：结构、实现、应用》一书的前七章。第八章由译者自编。其内容如下：1. 导论；2. 小型机的硬件；3. 小型机的外围设备；4. 小型机的软件和程序设计；5. 小型机系统概述；6. 小型机系统应用；7. 小型机系统用户面临的问题；8. 小型机系统的发展趋势。

本书可供从事小型机系统的设计、装配、购买、应用、维护等方面的科技人员和管理干部阅读，也可供大专院校计算机、自动控制、通信等专业的师生参考。

MINICOMPUTER SYSTEMS
Structure, Implementation and Application
Cay Weitzman
Prentice-Hall, Inc. 1974

*

小型计算机系统

结构、实现、应用

〔美〕凯·韦茨曼 著

游 鄂 毓

译

王 祖 永

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张15³/₄ 360千字

1981年12月第一版 1981年1月第一次印刷 印数：00,001—10,000册

统一书号：15034·2196 定价：1.65元

译者序

由于小型计算机具有应用较灵活、价格较低廉、可靠性较高等优点，因此使其成为计算机技术中发展较快的一个分支，从而为计算机的推广应用开辟了新局面。

在我国，小型计算机占计算机（小型机以上）累计产量的半数以上。随着时间的推移，不仅小型机的数量会急剧增加，而且其所占比重也会日益增大。因此，推广小型计算机的应用将更显得重要。

本书的主要内容译自美国凯·韦茨曼所著《MINICOMPUTER SYSTEMS》一书。该书以小型计算机系统为主题，重点放在应用方面。它的特点是，针对用户，介绍小型计算机的功能、选型、各种应用系统和设计途径。原书出版于1974年，今天看来，有些情况已经起了变化。但是，书中引用较多的PDP11系列和NOVA系列却仍在普遍应用和发展，这对于我国仍然是有较大实际价值的。为了使之更适合目前情况，我们重新编写了第八章，介绍了小型机的发展趋势。本书对于系统设计者，特别是对于小型计算机的用户有一定的参考价值。

本书第一至四章由游鄂毓翻译，第五至七章由王祖永翻译，第八章由王祖永编写。在编译过程中，进行了互相校阅和共同修改。对于翻译过程中所发现的原书中的某些错误都作了改正。由于水平所限，书中还可能存在不少错误和不妥之处，希望读者批评指正。

目 录

第一章 导论	1
1.1 计算、计算机分类、小型计算机	1
1.1.1 小型计算机的起源	1
1.1.2 功能、吞吐量、结构格式和成本的谱系	2
1.1.3 系统的类别和应用	4
1.2 小型计算机的特性	5
1.2.1 小型计算机的定义和术语	5
1.2.2 小型计算机作为系统的一个部件	6
1.2.3 工业标准和小型机	8
1.2.4 各公司小型机的概况	9
1.3 小型计算机能干什么和不能干什么	10
1.3.1 小型计算机的范围——规模和功能的上、下限	10
1.3.2 小型计算机的代用部件	11
1.4 经济的刺激	12
1.4.1 计算机自动化和工业结构的变化	12
1.4.2 省钱的潜力和小型计算机	13
1.4.3 小型计算机的购买或租用	14
1.4.4 已用过的小型计算机	14
参考资料	15
第二章 小型计算机硬件	16
2.1 小型计算机的结构格式	16
2.1.1 概述	16
2.1.2 存贮器	17
2.1.3 中央处理器	19
2.1.3.1 基本结构	19
2.1.3.2 寻址	20
2.1.3.3 寄存器	27
2.1.3.4 指令表	27
2.1.4 输入和输出(I/O)	34
2.1.4.1 程序控制的低速输入/输出	35
2.1.4.2 中断启动的低速输入/输出	35
2.1.4.3 高速选择性通道的输入/输出	37
2.1.4.4 直接存贮器访问(DMA)	37
2.1.4.5 DMA 与单总线小型计算机	39
2.1.5 特点	40
2.2 微程序设计和小型机	41
2.2.1 微程序设计,它是怎样工作的?	41
2.2.2 几种微程序小型机的异同	44

2.3 小型系列机和专用机	48
2.3.1 系列的概念	48
2.3.2 小型机系列	48
2.3.3 专用小型机	49
2.4 硬件设计	50
2.4.1 积木化和可扩充的封装	50
2.4.2 小型计算机的可靠性	51
参考资料	53
第三章 小型计算机的外围设备	54
3.1 定义和特性	54
3.2 交互式设备	54
3.2.1 硬拷贝终端	54
3.2.1.1 终端的特点和打印特性	55
3.2.1.2 工作性能	57
3.2.1.3 操作员和环境工程学因素	57
3.2.1.4 外围设备的选择	57
3.2.2 交互式字符显示终端	58
3.2.2.1 显示器的特点及终端性能	58
3.2.2.2 工作特性	59
3.2.2.3 操作员与环境工程学因素	61
3.2.2.4 设备选择	61
3.3 低速与中速输入/输出设备	61
3.3.1 纸带输入机和穿孔设备	62
3.3.1.1 工作性能	62
3.3.1.2 操作员与环境工程学因素	62
3.3.1.3 设备选择标准	62
3.3.2 卡片输入机	63
3.3.2.1 工作特性	63
3.3.2.2 操作员和环境工程学因素	64
3.3.3 数字盒式磁带记录器	64
3.3.3.1 技术特性	65
3.3.3.2 操作员和环境工程学特性	68
3.3.4 行式打印机	69
3.3.4.1 概述	69
3.3.4.2 技术性能	69
3.3.4.3 操作员和环境工程学因素	72
3.3.5 其它输入/输出设备	73
3.3.5.1 概述	73
3.3.5.2 绘图仪与数字化装置	73
3.3.5.3 光学符号阅读装置	75
3.3.5.4 声音输出装置	76
3.4 存贮设备	76
3.4.1 磁带系统	76
3.4.1.1 与 IBM 兼容的磁带记录器	77
3.4.1.2 非标准的带盘分开安装的磁带机	78
3.4.1.3 匣式磁带记录器	79
3.4.2 磁盘和磁鼓存贮器	80
3.4.2.1 基本差别	80
3.4.2.2 基本参数	81

3.4.2.3	控制器、错误率和软件	82
3.4.2.4	可靠性和可维护性	83
3.4.2.5	各类基本系统的性能	83
3.5	小型计算机数据通信设备	86
3.5.1	应用、远距离设备和数据传输率	86
3.5.2	传输媒介、速度、方式、方法	87
3.5.3	调制-解调器、数据装置和声耦合器	89
3.5.3.1	调制-解调器的类型	89
3.5.3.2	错误控制和数据效率	90
3.5.3.3	调制-解调器的均衡及其它性能	92
3.5.4	多路转换、多路转换器和小型计算机	94
3.5.4.1	混合的或单一的终端位速度	94
3.5.4.2	拨号线路或租用线路	95
3.5.4.3	通道容量	95
3.5.4.4	多路转换方法	95
3.5.4.5	特点	97
3.6	数据采集和控制设备	98
3.6.1	A/D 和 D/A 转换器的特性	98
3.6.2	触点闭合设备的特性	99
3.6.3	一半由用户制作的接口设备	99
参考资料		100
第四章	小型计算机的软件和程序设计	102
4.1	基本过程和基本程序模块	102
4.1.1	加载过程	102
4.1.2	从源程序带到目的程序带	103
4.1.3	程序的测试和校正	108
4.1.4	实用子程序	109
4.2	汇编程序、编译程序、解释程序和高级语言	110
4.2.1	汇编语言的优、缺点	110
4.2.2	编译程序和解释程序	110
4.2.3	高级语言及其应用	111
4.2.3.1	FORTRAN 和 ALGOL	111
4.2.3.2	RPG	112
4.2.3.3	BASIC	117
4.2.4	各种小型机语言的特点和硬件要求	117
4.3	操作系统	118
4.3.1	小型机操作系统完成的主要功能	118
4.3.2	独立操作系统	119
4.3.3	磁盘操作系统	122
4.3.3.1	批处理磁盘操作系统	122
4.3.3.2	实时磁盘操作系统	125
4.3.4	分时系统	129
4.3.5	系统的初建	129
4.3.6	操作系统的检验表	129

4.4 软件开发及其经济性	131
4.4.1 现成的软件	131
4.4.2 自行程序设计	133
4.4.3 软件开发任务	134
参考资料	135
第五章 小型计算机系统概述	136
5.1 系统类别、操作特性和实施方案	136
5.1.1 小型配置	136
5.1.2 商业应用和科学解题的独立配置	138
5.1.3 通用中型实时系统	139
5.1.4 实现的不同途径	141
5.2 系统定义阶段：如何产生性能要求	141
5.2.1 系统定义	141
5.2.2 从性能要求到系统技术规范	143
5.3 功能配置的发展：系统级权衡和比较	144
5.3.1 采用硬件转换还是采用软件转换	144
5.3.2 采用小型计算机还是采用多路转换器	146
5.3.3 采用过程控制方式还是采用数据通信方式	148
5.4 系统评价和选择过程	151
5.4.1 系统评价标准	151
5.4.2 流程图	154
5.4.3 比重系数和记分技术	155
5.5 系统经济学和收获	158
5.5.1 费用开销项目	158
5.5.2 费用关系式	159
5.5.3 采购订货单	161
参考资料	162
第六章 小型计算机系统应用	163
6.1 文字处理和文本编辑	163
6.1.1 小型计算机的文字处理机与其它类型的文字处理机有什么不同	163
6.1.2 以小型计算机为基础的文字处理系统是怎样工作的	165
6.1.3 自备文本编辑系统设计中硬件选择标准	167
6.1.4 文本编辑系统的关键性的性能参数	168
6.2 智能终端和远程批处理终端	170
6.2.1 智能终端的硬件和软件	170
6.2.2 现成智能终端的选择	171
6.2.3 在远程批处理终端中应注意什么	172
6.2.4 自备智能终端的发展	175
6.3 数据输入、自动测试和数据采集系统	176
6.3.1 数据输入系统	176
6.3.2 自动测试和数据采集系统	177

6.3.3 测试系统和小型计算机	178
6.3.4 测试系统软件	180
6.3.5 现成系统	181
6.4 数据通信处理机	181
6.4.1 数据集总器	181
6.4.2 文电交换控制器	182
6.4.3 前端处理机	184
6.4.4 通信处理机的流通量和存储器容量	186
6.5 制造工厂和过程控制	188
6.5.1 制造业中的小型计算机	189
6.5.2 工厂与过程控制	191
6.6 计算和分时系统	195
6.6.1 现成的分时系统	195
6.6.2 旅馆使用的 OEM 系统	196
参考资料	200
第七章 小型计算机系统用户面临的问题	202
7.1 系统可靠性、故障类型及应用	202
7.1.1 怎样使系统可靠性最佳化	203
7.1.2 软件可靠性	207
7.2 系统维护和修复	208
7.2.1 自备维护	208
7.2.2 维护和硬件制造厂商	210
7.2.3 维护服务的第三者——服务公司	212
7.3 系统安装	214
7.4 系统的扩展和变更	215
7.4.1 小型计算机系统的模块化和扩展	215
7.4.2 扩展与变更的设计途径	216
参考资料	216
第八章 小型计算机系统的发展趋势	217
8.1 概述	217
8.2 超级小型计算机的特点	218
8.2.1 字长从16位发展到32位,大大扩展虚存空间	218
8.2.2 超级小型计算机的结构格式面向软件结构,从而提高了总的系统效率	219
8.2.3 超级小型计算机比传统的小型计算机速度快	220
8.2.4 超级小型计算机有兆字节存储器 and 完善的存贮管理	222
8.2.5 超级小型计算机在输入/输出方面采用分布式结构,重点在于提高输入/输出流量	223
8.2.6 超级小型计算机有更高的系统可靠性、可维护性和可利用性	227
8.3 小结	228
参考资料	228
问题和练习	230
答案	234

第一章 导 论

1.1 计算、计算机分类、小型计算机

1.1.1 小型计算机的起源

自从四十年代中期研制成计算弹道发射表的可编程序式真空管计算机开始,计算机在功能和数量上的发展极快。早期的真空管技术使计算机存贮器容量限制在几千字,使存取时间限制在几百微秒。五十年代后期,晶体管计算机取代了真空管计算机。固体技术使计算机的逻辑功能迅速增强,同时也增加了计算机的复杂性。晶体管计算机与它的前身真空管计算机相比,可以做得功能强、成本低、体积小、功耗少、可靠性高。速度上限也从每秒执行几万条指令提高到几十万条。晶体管计算机开始是应军事要求研制的(军事上要求计算机有较小的尺寸、极高的可靠性和较低的功耗),但不久它就进入了商用市场。第二代计算机除享用了第一代计算机的许多外围设备(如磁带和磁鼓)外,还使用了价格/性能比更好的存贮设备(如固定头和移动头磁盘)。

在颇大程度上是由于军事上要求降低计算机的尺寸和功耗,并且要求改善空间用计算机的可靠性,因而促进了固体技术的进一步发展。因此,促使计算机技术产生第二次变革。空间时代要求为民兵导弹及各种载人和不载人飞行器制造高度可靠的微小型的导航和制导计算机,这就加速了集成电路的发展,从而导致了第三代计算机在六十年代中期进入商用计算机市场[●]。

第三代计算机的范围是从16位字长的过程控制计算机(如IBM 1800和CDC 1700)、24位商用系列机CDC3000系列和32位的科学数据系统公司(现称赛洛克公司)的Sigma5与Sigma7实时计算机,直到大型的60位的CDC6000科学计算用的计算机系列。从第二代到第三代,其外围设备的变化在于增加吞吐量和容量,而不在于有了什么新型设备。

六十年代初,大多数应用不需要用复杂机器,即使是这种复杂计算机型谱中的低档机的功能也用不了。由于集成电路成本的迅速下降,以及对成本低、功能有限的数据处理机的需求,故产生了小型计算机。要指出小型计算机产生的精确年代是困难的。16位或18位字长的空间用小型计算机在六十年代初已制成,而晶体管化的12位字长的第二代低成本商用计算机,却在其后几年才进入商用市场。在集成电路商用化之前,小型机的市场一直没有打开。提高集成电路复杂程度的第一步是在六十年代中期制成单片双触发器。集成电路的发展很快,1967年第一个每片12门中规模集成电路(MSI)进入市场。随后,在六十年代末又产生了每片100门的大规模集成电路。从此以后,第一台12位字长的小型计算机于1965年进入市场。这种小型计算机占领了许多数据处理的应用领域。

● 集成电路工艺开始于六十年代初,当时在一个片子上实现一种完全的逻辑功能,如一个单门、一个触发器等。每种功能包含两个或更多的电阻器、电容器、二极管、三极管等无源和有源元件。

从第三代向第四代过渡的时间难以确切说出。只可以说,六十年代末,产生采用中规模集成电路的军用计算机,或者说,七十年代初,在微小型航天计算机(如 Bunker Ramo 公司的 BR-1018 或 CDC 469)中开始使用大规模集成电路(LSI)。第四代计算机除采用微小型逻辑技术之外,存储器技术也随之改变,也就是用半导体存储器代替或补充早期的磁芯存储器(如 IBM 370 系列中的许多机型)。第四代计算机是以虚拟存储器和固件技术、多道程序设计和多重处理为基础的。多道程序设计和多重处理都不是第四代机器所特有的;我们可以从早期的第二代计算机中发现这种或那种类似的技术。可以被广泛接受的说法是:集这些技术之大成这一点确实是第四代计算机与第三代计算机的分界线。电子计算机技术从第一代到第四代发展的时间如图 1-1 所示。

从第一代至今,计算机主机与它的外围设备之间,以及硬件与软件之间,其成本关系是在不断变化的。硬件成本通常是每六年约下降一个数量级。固体电路工艺使小型机的成本在不到十年内下降一个数量级。小型计算机外围设备的成本也在下降,不过下降速度要比小型

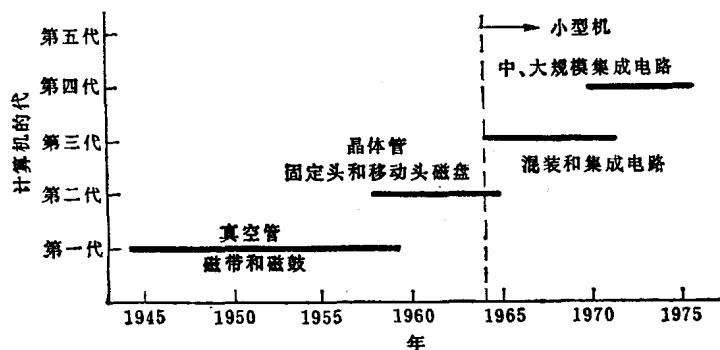


图1-1 电子计算机技术时间图

机主机慢。开始时,小型机“借用”高价的大型机的外围设备,但配置的数量有限,后来发展起来一类新型的“小型计算机外围设备”。其中,许多种是按照成本和功能专为小型机设计的。典型代表是盒式磁带机、小磁盘、盒式磁盘、小打印机和廉价的阴极射线管(CRT)终端设备。虽然这些机电装置的成本已相对地降低了,但整个系统的成本仍然存在着不平衡。这是因为,外围设备中机电设备成本降低的速度比批生产的微型电路要慢,而中央处理机(CPU)中几乎全部是微型电路。

小型计算机系统中硬件与软件的成本变化也存在差别。这是因为,硬件的成本是与技术和工艺水平相联系的,它们的进展不断引起成本降低。而软件或程序设计的成本很大程度上取决于程序员的薪金,而薪金永远是增加的。此外,应用软件是面向用户的,并且大多数情况都要为用户的特殊应用而单独“剪裁”。虽然通用小型计算机可以为不同的用户大量生产,但大量生产软件的工具一般是没的,或至少滞后于生产硬件的工具。随着小型计算机的发展,小型计算机已进入至今还应用功能较强的中型和低档计算机的那些领域。尽管研制小型计算机的应用软件花的代价大,并且按定义来说,小型计算机在字长和存贮容量方面是不能与功能强的大型机竞争的,但是小型计算机却正在快速地取代许多成本较高的大型计算机。

1.1.2 功能、吞吐量、结构格式和成本的谱系

大多数计算机按 CPU 的能力、字长、存贮容量、速度、输入/输出(I/O)能力、接口的复杂程度、可靠性、可维护性和所提供的软件进行分类。

现存大多数计算机的字长范围是 8~64 位(微程序的字长例外,它可以高于 64 位——参看第二章中“几种微程序小型计算机的异同”一节)。小型计算机的字长范围一般是 8~18 位,大多数是 16 位。功能强的第三代和第四代计算机的低档机字长范围是 16、18、20 或 24 位。中型计算机的字长是 24~36 位,而大型计算机的字长是从 32 位开始的(许多操作是双倍或多倍字长的)。低档机的售价是 5~30 万美元,中型机是 20~100 万美元,大型机是 50~800 万美元,巨型机在 200 万美元之上。七十年代初,小型计算机的成本从 5 万美元降至几千美元,同时它是随着存贮容量大小和可选件数目的变化而变化的。所有商用计算机的成本与字长的关系如图 1-2 所示(这里不包括军用计算机,军用计算机的成本往往是它们相应的商用型的 3~4 倍)。

在某种程度上可以说,存贮容量是衡量计算机规模的“尺度”。最普及的广泛应用的计算机 IBM 370 系列的存贮容量从 4K (K=1024) 字节(1K 字)到 4 百万字节(1 百万字)。虽然 370 系列采用 32 位字长,但它的存贮器是以 8 位字节计量的。16K 字的最小机器可视为低档机(360/20 至 360/30);最大达 128K 字的机器可视为中型机(360/50, 370/145);存贮容量在 500K 字以上的可视为大型机。巨型机的结构通常与普通机器不同,它由另外的一些特点(如多处理机、流水线或阵列处理)决定它的规模[●]。

小型计算机如何与存贮容量联系起来呢?因为多数小型机字长是基于 16 位(2 个字节)的,因此存贮容量的实际上限一般是 64K 字节或 32K 字,它们相当于 16K 字(32 位)的 360/30 计算机。(少数几种小型机的存贮器容量高达 64K 或 124K 字。)

衡量机器规模的另外的尺度是输入/输出吞吐量和执行指令的速度。大多数中、小型计算机的吞吐量为每秒百万字。这里还要看字长的长短和整机处于最大吞吐量时期的百分比。大多数小型机在执行 I/O 操作时是禁止其它处理活动的。而像 360/30 那样的低档机,却具有一个专门用于输入/输出的独立通道或处理机,它控制着存贮器与 I/O 设备之间的

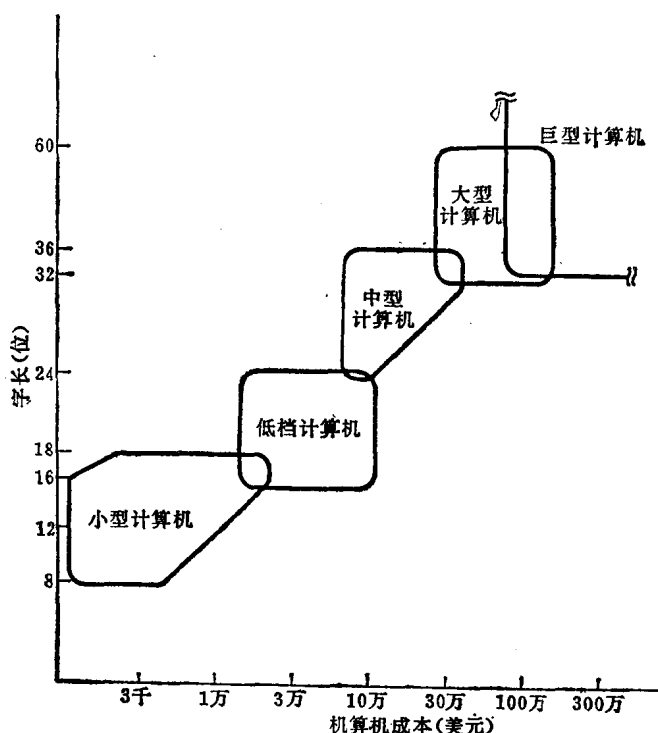


图1-2 七十年代初从小型机到巨型机的成本示意图
(巨型机: ILLIAC-IV, TI-ASC, CDC STAR-100, PEPE, IBM370/195, CDC7600)

● 多处理机是有多个CPU、主存贮器和 I/O 设备的系统,所有这些部件都在一个以软件形式写出的中央执行控制程序的控制下。而系统中的每个存贮器和 I/O 设备对每个 CPU 都是有效的。流水线或向量处理机对成串的数组进行处理,操作数在每个微步同时地、顺序地被处理。在各处理步,几个操作数往往同在这条流水线上。阵列处理机包含大量的处理单元,它们在一个中央管理和指令部件的指示下同步地工作。

数据传送,与CPU分享存储器周期,这时CPU独立地完成它的数据处理任务。

执行指令的速度一般用每秒执行几千条指令(KIPS)来度量。某些中型机,如IBM 360/50、Burroughs 4700以及IBM 370/145的执行速度,分别为每秒17万次、22万次和33万次,而另一些中型机,如Xerox Sigma7或DEC PDP10接近40万次。大型机Honeywell 6070或Univac 1108,其速度分别为50万次和60万次。大型多处理机和巨型机速度范围从每秒百万次(MIPS)到1千万或2千万次。然而,在这些机型的低端,许多小型机在“速度”方面完全可以与IBM360/50(按我们先前的定义它是属于中型机)相比较。

总之,小型计算机与其它数字计算机的明显区别在于成本、字长和I/O机构的复杂程度。小型计算机的另一些共同特点是较小的体积和有限的处理能力;然而,小型计算机常以微程序设计和较高的吞吐能力来弥补它处理能力的不足。

1.1.3 系统的类别和应用

起初,数据处理系统常用来计算弹道轨迹和以顺序成批方式计算简单的科学问题以及面向事务的问题。一些重要的比较新的领域是:文电处理、管理信息系统、机械制造、过程控制,以及数据库的管理。在这些计算机应用领域中,多数是以多道程序、分时、实时系统为基础的。

顺序成批处理系统和面向控制功能的系统,一般使用小型和中型机,而多道程序系统使用大型机。小型系统完成每个任务需要较多人力,而大型系统只需要很少的人力。

三类基本系统(面向I/O系统、顺序成批处理系统和异步多道程序系统)都被用于各种控制应用、分时系统、实时处理、军事与民用指挥和控制、商业数据处理,以及科学计算。这三类基本系统应用于八个主要领域的情况可用图1-3说明。

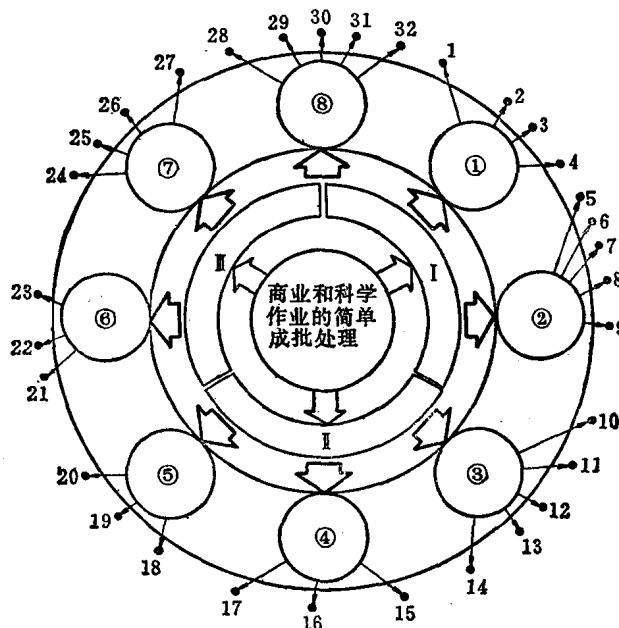


图1-3 计算机系统应用发展图解:从商业和科学作业的简单的顺序成批处理开始,发展到顺序、异步多道和面向I/O的工作系统,再发展到分时系统、实时处理、过程控制、通信控制和其他几种计算系统。

I—顺序成批处理系统; II—异步多道程序系统; III—面向输入/输出的操作系统。①—科学计算; ②—商业数据处理; ③—军用指挥和控制; ④—实时控制; ⑤—分时控制; ⑥—通信控制; ⑦—预处理; ⑧—过程控制。1—解方程; 2—工程和系统设计; 3—系统分析和仿真; 4—系统模型建立; 5—付工资; 6—支付; 7—收入; 8—库存管理; 9—控制帐目批处理; 10—制导和目标跟踪; 11—武器控制; 12—导航; 13—通信控制; 14—密码处理; 15—指挥和控制; 16—经纪系统; 17—航线预定系统; 18—数据库存取; 19—科学计算; 20—远程查询; 21—通信集总器; 22—遥测; 23—文电交换; 24—通信控制; 25—缓冲; 26—外围设备控制; 27—显示控制; 28—机床控制; 29—生产线控制; 30—石油和天然气现场监视; 31—生物医学监视; 32—实验室监视。

虽然目前的小型计算机可用于图中示出的八个主要应用领域,但最适合的还是面向 I/O 的三个领域。在分时系统、军事与民用指挥和控制方面,小型计算机本身的应用是有限的,但应用于过程控制、数据通信、小型的商业数据处理以及科学计算,已被证明,其价格/性能比是较低的。小型机的功用由图 1-3 示出。小型计算机几种应用的详细介绍请参阅第六章。

1.2 小型计算机的特性

1.2.1 小型计算机的定义和术语

什么叫小型计算机?这个问题可以用小型计算机与较大的计算机有什么不同来回答,如体积小、8 至 18 位字长、处理能力有限、成本低、诊断和检错功能低、软件有限。小型计算机不过是带少量外围设备、少量软件的一个系统中的一个部件。接着,七十年代初发生了许多变化,尤其是在外围和软件领域。现在我们来检查一下小型机的共性。一般来说,小型计算机的基本部件在大型计算机中都可找到。其系统参数一般分为如下几项:

- 1) 中央处理器;
- 2) 存贮器;
- 3) 输入/输出部件;
- 4) 软件;
- 5) 外围设备;
- 6) 体积、可扩充性和灵活性。

实际上,目前中央处理器所采用的是单地址●和二进制运算,负数用 2 的补码表示,字长为 8~18 位。有 1~8 个通用寄存器,硬件乘除作为选配件。中型和低档计算机所具有的下述特点,在小型计算机的中央处理器中是少见的,例如,浮点运算、十进制运算、检索、8 位字节处理指令等。各种小型计算机处理器的基本区别,如寄存器的类型和数目、指令组、指令译码方法、中断处理和总线安排,将在第二章中详细讨论。

虽然某些机器已采用半导体存贮器,但大多数小型机仍采用磁芯存贮器。半导体存贮器周期时间较快,但有信息易失性问题,并且一般成本较高。磁芯存贮器周期约为 600 毫微秒~1 微秒,半导体存贮器的存取时间低至几百毫微秒。存贮容量一般是 1024、4096 或 8192 字,最大为 32K 字,有些小型机的最大容量可扩充到 128K 字(注意:16 位字长只容许直接编址容量为 64K 字或者在采用字节编址时只允许编址 32K 双字节字)。许多小型机的存贮器有奇偶检验和存贮保护(虽然这些是可有可无的特性)。

I/O 部件是大多数小型计算机的一个主要部件。与多数较大的机器不同,小型机的 I/O 有二到三种方式:(一)在处理器的程序控制下,通过 CPU 的一个或多个寄存器进行输入/输出;(二)以“窃取”存贮器周期的方式进行直接存贮器访问(DMA),不需要处理器干预;(三)最后一种不常用的方式是多路转换存贮器直接访问(DMC)。第一种方式最慢,并束缚住整个处理机,而 DMA 最快,通常用于磁盘或其它高速外围设备的成组传

● 作者编写本书时某些双地址机器刚在生产,如 DEC 公司的 PDP-11 和 Interdata 公司的 Interdata 70。

送。中断结构是 I/O 部分中的一个重要部件。中断结构一般有两种类型：一种是单级的无优先的系统，它为现行程序地址保留一个存贮单元。另一种是多级的系统，它保留几个存贮单元作为不同的中断服务程序的指示器。较高级的中断能中断较低级的中断。各种优先控制的细节也将在第二章中讨论。有些早期的小型计算机采用单级中断，而后来多数小型机都采用多级中断。

小型计算机系统的软件可以分为如下几类：

- 1) 程序研制用软件：用户用它来研制自己专用的应用程序；
- 2) 输入/输出子程序：它是为系统的硬件和外围设备编制的。这些程序包一般由各自的硬件特性所限定；
- 3) 应用软件：因它与要执行的任务有关，所以要针对特定的系统；
- 4) 操作系统软件：它也被称作执行程序或系统监督程序。它的任务是告诉机器做什么？什么时候做？以及在什么条件下做什么。

小型机的程序研制用软件包括编辑程序、汇编程序、调试和服务程序，以及一种或几种编译程序（如 BASIC 和 FORTRAN）。有些厂家提供磁芯驻留和磁盘两者共用的操作系统，有些情况下提供磁带操作系统。第四章将较详细地介绍小型机软件问题。

一般，中、大型计算机的外围设备是不能与小型计算机连接的，但是也有少数例外，如 IBM 的存贮容量接近 30 兆字节的 IBM 2314 磁盘存贮器、几种每分钟 600 行的行式打印机。小型计算机的输出设备通常限于中、低速卡片和纸带凿孔机和字符打印机。有几种低速打印机就是专为小型计算机设计的。输入设备也限于字符键盘终端机，阴极射线管显示器终端机，低、中速卡片和纸带阅读器。用得最多的存贮设备是磁带盒、低速 7 道或 9 道与 IBM 兼容的磁带机以及 2.5~5 兆字节的移动头磁盘。像图形显示器、光学字符阅读机、计算机输出缩微胶片和声音输出设备等外围设备，一般是不专门与小型计算机连用的，除非小型计算机作为大型计算机的通信接口。各种外围设备的详情将在第三章中讨论。

现代小型计算机一般装在 19 英寸宽的机架上，趋向于大板结构，即整个 CPU 装在一块板上，而容量为 16K 字的存贮器则装在另一块板上，一种或几种外围控制器装在第三块板上。这三块板都装在同一个机箱内。如机箱已装满，则外加一个给各板供电的机箱。虽然大板结构很通行，但也采用其它组装方法。

大多数小型机设有一个插入式面板，这种面板可以显示寄存器的内容，并为程序员提供辅助的开关和指示灯。

通常用更换存贮器的方法来增强小型计算机的灵活性和可扩展性。当可以得到较快的存贮器时，即可简单地用新的存贮器替换旧的。另外，在封装技术提高后，可用每板装 8K 字的板替换 4K 字的板，后来又用每板 16K 字的板来取代，无需扩充框架而增大容量。许多小型机中电路板和电路板之间的位置是完全可以互换的。

1.2.2 小型计算机作为系统的一个部件

系统设计人员应该把小型计算机看作整个系统的一个小的但是很重要的部件。最普通的小型计算机系统是面向“人-机器”或是面向“机器-机器”的系统。面向“人-机器”的系统有数据采集、过程控制，以及分时和解题系统。面向“机器-机器”的系统有外围控制系

统或远程终端通信控制系统。数据采集系统不要求从操作员到机器有反馈，或仅要求很有限的一点反馈。这些系统通过传感器-数据输入接口，以数字量或模拟量的形式，把过程的信息转换成计算机能够接受的信息。经相应的计算机处理之后，信息以能够被操作员看懂的形式显示出来。这类系统如图 1-4 所示。过程控制系统通常要求大量的反馈，除数据采集系统所需要的部件之外，过程控制系统还要有一个接口，以便把操作员的控制回答以及控制动作以计算机可读的形式输入到计算机，以控制这个过程。在某些情况下，闭环系统只包括过程和计算机，不包括操作员。这类系统如图 1-5 所示。

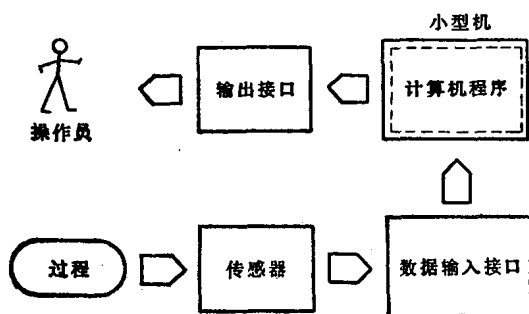


图1-4 包含有限反馈或全无反馈的
具有人-机接口的数据采集系统

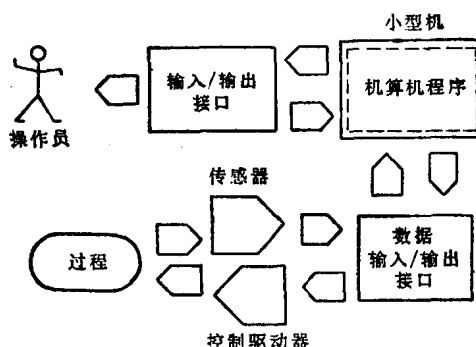


图1-5 包含大量反馈的具有人-机接口的
过程控制系统

分时系统和解题系统只局限于用户的操作员与计算机之间的相互作用。通常，计算机还与辅助存贮器（如磁带和磁盘）相连，辅助存贮器中存有数据库的一部分，如图 1-6 所示。

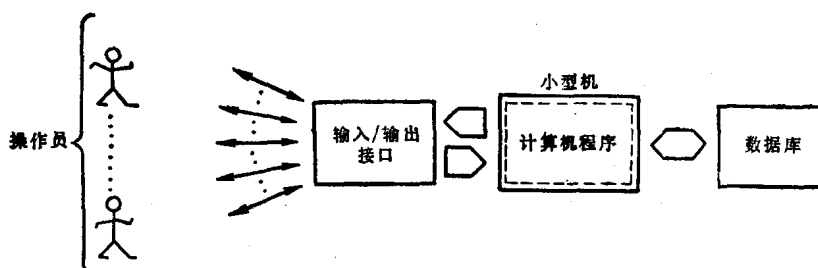


图1-6 具有人-机接口的、人与机器能相互作用的分时系统，商业数据处理系统，或解题系统

包含小型机的面向“机器-机器”的系统如图 1-7 所示。在这个系统中，把小型计算机作为一个完成外围控制或通信控制的预处理器和缓冲装置，以使大型计算机从冗长费时的任务（如错误检验、探测、线路缓冲、建立同步和其它与规程有关的处理）中解放出来。

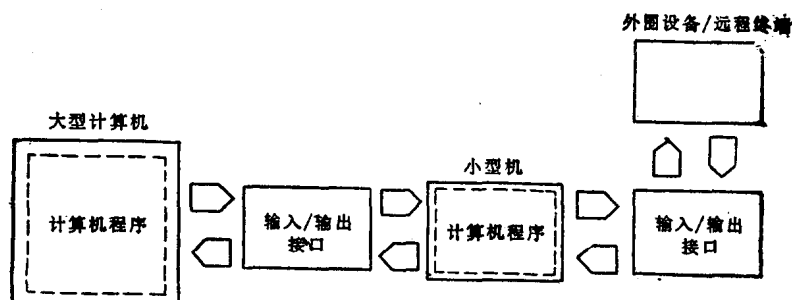


图1-7 具有机器-机器接口的外围或远地终端控制系统

除上述外部的人-机或机器-机器接口和系统输入/输出问题之外,设计人员本身必须关心内部的分系统的界面,如计算机、外围控制器、外围设备、数据线,以及外围和通信软件之间的接口。在选用一台功能满足要求的计算机的同时,设计人员必须弄清楚,所有内部考虑是否已经都照顾到了,所有界面问题是否都已解决。例如,把一台非标准打印机接到小型机所碰到的典型问题包括:打印机控制器缓冲的容量、串行或并行的控制器接口、界面的每一方的硬件/软件约定,以及现存软件对新打印机的适应性等等。

许多系统最后会到达吞吐量和其它性能的饱和点。所以设计者必须考虑到初始设计的灵活性,从而留有发展余地,以防止将来用户要更换全部或多数部件。还要考虑硬件和软件的积木化,以及与多数潜在的(有前途的)系统部件的兼容性。例如,存贮器应该可以扩展,应该采用较快的存贮器(如能买到的话)。倘若还不能,则应当有可能增加直接存贮器访问和实时钟以及其它新特点。在这种情况下,一个很重要的考虑是系统的重新配置或改变的可能性。这时,不需要中断系统的工作,可临时把计算机运回制造厂,并从制造厂换回一个计算机。第五章中将给出较多的关于小型计算机系统和系统方案选择的资料。

1.2.3 工业标准和小型机

计算机的统一工业标准,不是没订好就是没有订。在大多数情况下,计算机大公司IBM自己搞了一个标准,后来,在很大程度上这些标准同样也为其它公司如CDC、Xerox和RCA(现在是Univac)等大型机公司所采用。小型机工业同样也采用IBM公司的这些标准。这些转用的标准一般是关于外围设备方面的。例如132列打印机,其速度是以每分钟打印的行数(lpm)来度量的。按IBM的标准,中速为300~600lpm,高速为1100~1200lpm。80列的IBM何勒内斯穿孔卡片仍是计算机工业中用得最为广泛的I/O设备。然而,IBM系统/3的96列卡片已流行于小型计算机工业。低成本I/O设备中纸带设备在小型机工业中用得很普遍。中速的纸带穿孔机的速度范围是每秒50~75字符,而中速纸带阅读器是每秒100~300字符。(一般一个字符规定为5~8位。)IBM的磁带机是在半英寸带宽上记录7道或9道。这样记录下来的每个并排的信息组就构成一个字符或一个字节。把每英寸磁道上记录的位数称为记录密度或包装密度(简作bpi)。IBM磁带的标准密度为200~6250bpi。写(或称记录)/读速度的范围是4~200ips,ips是“每秒英寸”的缩写。大多数小型计算机使用的7道或9道磁带机的读/写速度为10~45ips。

小型计算机工业已采用小容量的磁盘驱动器,如IBM系统/3所采用的5440型磁盘驱动器。IBM的可换磁盘或固定磁盘与仿IBM的小型机磁盘驱动器,通常只是表面上相似,实际上磁盘的互换性并不像IBM的磁带驱动器与小型计算机的磁带驱动器的互换性那么简单。

小型机的磁带盒装置看来已接近形成自己的标准。所谓磁带盒是一种容器,容器中的磁带能按两个方向被驱动,读写数据无需把磁带从容器中取出。最普通的数字带盒采用飞利浦(Philips)公司的录音带盒。上述标准仅限于I/O媒体或格式方面。只有几项重要的标准是由通信工业转加于计算机工业的。这个标准涉及到硬件接口的字符格式和编码,以及两个相连设备之间的约定或同步建立。另外,传输速率的标准也是由通信工业转加于计算机工业的。这个传输速率一般指数字位串行传输的字符,它们或者是实际的数据,或者