

计 算 机 程 序 设 计 和 体 系 结 构 VAX-11

〔美〕 H. M. 利维 R. H. 埃克豪斯 著

王祖永 安照民 郭逢荣 志超 译

王祖永 校

科 学 出 版 社

1 9 8 6

内 容 简 介

本书是通俗地介绍计算机硬件和软件结构原理的实用性较强的书籍。全书共分两部分,分别从用户观点和系统观点阐述 VAX-11 系列的体系结构特点。第一部分(一至六章)详细讲解 VAX-11 的指令、寻址方式、数据类型和数据结构。在第一部分结束前把 VAX-11 的硬件体系结构与其他三种典型机器作了比较。第二部分(七至十一章)主要讲解 VAX-11 体系结构对操作系统和高级语言实现的支持,反映了新一代计算机系统结构的鲜明特点。

本书可供从事计算机设计和应用的工程技术人员及大专院校计算机专业的师生参考。

Henry M. Levy Richard H. Eckhouse
**COMPUTER PROGRAMMING AND
ARCHITECTURE THE VAX-11**

Digital Press, 1980

计算机程序设计和体系结构 VAX-11

〔美〕H. M. 利维 R. H. 埃克豪斯 著

王祖永 安照民 郭逢荣 志 超 译

王祖永 校

责任编辑 李淑兰 孙月湘

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 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

1986年2月第一版 开本: 787×1092 1/32

1986年2月第一次印刷 印张: 14 5/8

印数: 0001—5,300 字数: 327,000

统一书号: 15031·698

本社书号: 4010·15-8

定 价: 3.40 元

译 者 的 话

VAX-11 是 32 位超级小型计算机系列。尽管 VAX-11 不是世界上第一个超级小型计算机系列，但自从该系列的 VAX-11/780, VAX-11/750 等机型在计算机市场取得成功之后，VAX-11 系列已成为其他超级小型计算机制造商模仿和竞争的对象。今天，VAX-11 系列计算机已成为比较各种不同的 32 位计算机的参考点，因而受到计算机用户和设计制造者的注意。国内也有许多读者希望看到系统介绍 VAX-11 系列的资料。

H. M. Levy 和 R. H. Eckhouse 编著的这本《计算机程序设计和体系结构 VAX-11》(COMPUTER PROGRAMMING AND ARCHITECTURE THE VAX-11)一书系统且全面地介绍了这种包含硬件进程支持和虚拟存贮器的现代计算机系统。本书所采用的由浅入深的叙述方法很适合对此类计算机尚无使用经验的读者。书中引用的大量实例既有助于对一般计算机概念的理解，又具有实用参考价值。

我们全文译出此书，希望它能帮助读者了解 VAX-11 系列。参加本书翻译、整理、校订工作的有王祖永、安照民、郭逢荣、志超、阎凤朝。杨天行同志对本书的翻译出版曾予以支持和指导，特此致谢。由于译者水平所限，错误和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

1984 年 4 月

序

了解现代计算机需要有系统观点。半导体器件不停的进步开拓了把系统体系结构更高的层次集成到基本硬件之中的机会。因此,如果不研究软件的要求,我们就不能理解计算机的结构。

本书的独到之处是在叙述硬件结构和汇编语言程序设计的同时,描述了操作系统的接口和结构;全面地介绍了基本的硬件结构和软件结构。本书另一个值得注意的方面是它利用了一个包含进程支持和虚拟存储的实际的现代计算机系统。著者利用 VAX-11 提出了程序员和操作系统所面临的大量课题和问题。

谨将此书推荐给正在寻求通俗地介绍计算机硬件和软件结构原理的实用书籍的读者。

数字设备公司技术指导

S. H. 富勒

前 言

本书的对象是希望了解计算机系统体系结构与操作的读者。我们相信,了解计算机体系结构的最好方法莫过于使用;而使用的最好方法是编写汇编级程序。人们一旦掌握了寻址和指令执行等汇编语言的基本概念,就可以开始研究数据结构、输入/输出程序设计以及操作系统资源管理特性等更进一步的概念。不过,操作系统的各种支持特性不同于由程序员所看到的界面,它们是由操作系统所看到的体系结构的组成部分。

因此,本书分为两部分。第一部分(一至六章),讨论了由汇编语言程序员所看到的计算机的体系结构。这一部分首先向读者介绍了计算机的基本组织与基本运算。然后引出数据类型、数据结构等比较复杂的概念以及汇编语言程序设计对它们所施行的操作。论述这些概念所用的实例是数字设备公司制造的 VAX-11 计算机。

第一章首先讨论体系结构与实现之间的区别,随后对数系作了简要的复习。

第二章介绍计算机的基本结构:存储器、处理机以及输入/输出设备。首先介绍存储器寻址、指令执行周期以及数据表示等与具体机器无关的概念,接着描述 VAX-11 及其数据类型和指令。通过本章的学习,读者应能利用简单寻址方法编写简单的机器语言指令。

第三章讨论更高级的寻址方式和指令技术,并向读者介绍 VAX-11 指令在内存中的表示方法。在这一阶段,读者

应能使用较复杂的指令和各种寻址方式来编写小程序。

第四章讨论更高级的控制结构,例如:循环、子程序以及供存储与链接使用的堆栈。此外还讨论了利用宏指令简化汇编语言程序设计的技术。

第五章介绍了 VAX-11 中更加完善的指令以及诸如列表、排队和树等复杂数据结构的处理方法,并以此结束 VAX-11 汇编语言部分的讨论。至此,读者应当完全了解怎样使用各种数据类型和数据结构来解决问题。

第六章使读者能把自己所了解的 VAX-11 体系结构与另外三种体系结构加以比较,这三种体系结构分别是:IBM 公司的 370 系统, CDC 公司的 Cyber 以及 IBM 公司的 Series 1。本章所引用的材料着重于这些机器的指令编码和存储器寻址。此外,这些材料包含了对每个系统设计所进行的体系结构折衷的见解。

本书的第二部分(七至十一章),讨论了操作系统的更完善的体系结构支持以及操作系统管理硬件资源的策略。这些章节将讨论体系结构与实现方法中应用程序员通常见不到的那一部分。

第七章讨论 VAX-11 实际输入/输出系统,阐明输入/输出设备的特性,并给出简单的输入/输出控制程序范例。

第八章详细讨论支持操作系统的体系结构,阐明资源共享的必要性,还研究了 VAX-11 中的进程结构、存取方式的使用、虚拟存储器的实现方法以及中断和异常的处理。

第九章讨论操作系统如何利用第八章所讨论的体系结构的支持,并在讨论一般操作系统策略的过程中以 VAX/VMS 操作系统作为实例加以说明。

第十章讨论了操作系统为用户提供的接口和实用程序。

最后,在第十一章讨论了 VAX-11 体系结构系列中一个

具体型号的实现方法，其中包括一些对程序员来说是透明的部件，例如：高速缓冲存储器、翻译缓冲器和指令缓冲器等。本章还表明了在生产成本效果良好且又满足体系结构要求的实现方法过程中可供硬件设计人员采用的各种折衷方案。

本书的对象是具有 Pascal 或 FORTRAN 等高级语言使用经验的程序员。当然，语言本身远不如具有构造计算机程序算法的能力那样重要。本书还要求读者对基本数据结构有一定的了解。

本书的目的不是为了使读者成为熟练的汇编语言程序员，但我们预期读者将对计算机组织、存储寻址、程序执行以及一个具体的体系结构的基本原理有充分的了解。对操作系统的目的及其所要求的基本硬件支持的认识也将具体化。

因此，虽然本书在讲解时以 VAX-11 为主角，但我们相信，这本书对于了解其他任何计算机系统也都是有益的。本书所叙述的各种技术可以使程序员很快地掌握任何一台他所遇到的新机器。本书也有助于程序员以 VAX-11 为基准来评价一个具体体系结构的优缺点。

目 录

译者的话	i
序	iii
前言	v

第一部分 用户体系结构

第一章 体系结构和实现方法	1
1.1 本书的构成	3
1.2 数系复习	4
1.2.1 数系	4
1.2.2 二进制和十六进制表示法	6
1.2.3 负数	7
习题	8
参考文献	9
第二章 计算机结构与初等 VAX-11 程序设计	10
2.1 计算机结构	10
2.1.1 存储器	12
2.1.2 中央处理机	14
2.1.3 指令的执行	15
2.1.4 输入/输出系统	18
2.2 VAX-11 简介	19
2.3 VAX-11 信息单元与数据类型	22
2.3.1 整数	24
2.3.2 浮点数	25
2.3.3 字母数字字符	26
2.3.4 十进制数字串	28

2.3.5 数据类型小结	30
2.4 汇编语言的使用	31
2.4.1 汇编语言语句类型	32
2.4.2 VAX-11 指令格式	33
2.5 符号汇编程序的功能	36
2.5.1 存储单元计数器	37
2.5.2 符号	38
2.5.3 常数	39
2.5.4 存储分配	40
2.5.5 表达式	41
2.5.6 控制语句	42
2.5.7 列表	43
2.5.8 汇编过程	43
2.5.9 编写程序的约定	48
2.6 小结	49
习题	50
参考文献	52
第三章 指令与寻址原理	53
3.1 VAX-11 指令的特点	53
3.1.1 类操作	54
3.1.2 控制流	56
3.2 操作数寻址	60
3.2.1 简单寻址	60
3.2.2 立即方式	63
3.2.3 通用寄存器	65
3.2.4 间接方式	67
3.2.5 自增和自减方式	71
3.2.6 操作数上下文关系	74
3.2.7 位移方式	75
3.2.8 变址方式	78
3.3 指令格式	82
3.3.1 一般指令格式	82

3.3.2 指令编码	83
3.3.3 程序计数器相对寻址	86
3.3.4 立即寻址	89
3.3.5 绝对寻址	91
3.3.6 转移寻址	91
3.4 小结	93
习题	96
参考文献	100
第四章 高级程序设计技术	101
4.1 跳转指令	101
4.2 Case 语句	103
4.3 循环	106
4.4 堆栈	110
4.5 子程序与过程	117
4.5.1 变元表和调用指令	119
4.5.2 变元指针	121
4.5.3 寄存器保存	121
4.5.4 过程范例	122
4.5.5 调用框架	125
4.5.6 局部变量	128
4.6 快速链接	129
4.7 递归	133
4.8 重入程序	138
4.9 宏指令	139
4.9.1 局部标号的生成	141
4.9.2 宏定义内的宏调用	143
4.9.3 变元并置	144
4.9.4 重复块	145
4.9.5 条件汇编	148
4.10 小结	151
习题	151
参考文献	153

目 录

译者的话	i
序	iii
前言	v

第一部分 用户体系结构

5.7.1 数组	180
5.7.2 循环表	182
5.7.3 链表	187
5.7.4 双链表	193
5.7.5 树	206
5.8 小结	213
习题	214
参考文献	216
第六章 体系结构比较	217
6.1 IBM 360/370 指令系统体系结构	217
6.2 数据控制公司 Cyber 系列体系结构	224
6.3 IBM 公司 Series 1 指令系统体系结构	232
6.4 小结	238
习题	238
参考文献	239

第二部分 系统体系结构

第七章 实际输入/输出	240
7.1 输入/输出处理	241
7.2 控制器和状态寄存器及 I/O 空间	244

7.3 慢速设备	244
7.3.1 行式打印机	245
7.3.2 终端多路转换	249
7.4 高速设备	251
7.4.1 磁盘	252
7.4.2 简化的磁盘控制	254
7.4.3 磁带	261
7.5 I/O 适配器	263
7.5.1 MASSBUS 适配器	264
7.5.2 UNIBUS 适配器	265
7.6 初始引导问题	265
7.7 控制台和软盘	266
7.8 小结	268
习题	268
参考文献	269
第八章 操作系统的硬件支持	270
8.1 共享处理机	272
8.2 共享存储器	273
8.3 进程	279
8.4 处理机存取方式	280
8.4.1 进程存取方式堆栈	282
8.4.2 改变方式	283
8.4.3 可存取性检验	285
8.5 进程现场切换	286
8.6 进程概念小结	288
8.7 VAX-11 存储器管理	289
8.7.1 VAX-11 存储器结构	290
8.7.2 VAX-11 页表	292
8.7.3 VAX-11 地址空间区域	295
8.7.4 系统空间	296
8.7.5 进程空间	298
8.7.6 特权寄存器	301

8.7.7 存储器管理概念小结	301
8.8 I/O 条件处理	303
8.8.1 中断和异常	304
8.8.2 中断	304
8.8.3 异常	305
8.8.4 向量	308
8.8.5 软件中断	310
8.8.6 I/O 条件处理概念小结	311
8.9 小结	311
习题	312
参考文献	313
第九章 VAX-11 操作系统的结构	314
9.1 进程调度	314
9.1.1 进程调度	315
9.1.2 VMS 调度程序切换现场举例	320
9.2 调页进程	323
9.2.1 VMS 存储管理	327
9.2.2 VMS 控制下的页面调度	327
9.2.3 VMS 控制下的进程交换	330
9.3 输入和输出处理	331
9.3.1 VMS I/O 系统	333
9.3.2 VMS 数据基	334
9.3.3 VMS I/O 系统的组成部分	336
9.3.4 I/O 控制流	338
9.3.5 中断优先级的使用	340
9.4 系统服务的实现方法	344
9.5 小结	347
习题	347
参考文献	348
第十章 操作系统接口程序	349
10.1 用户级接口: 命令语言	350
10.1.1 与系统通信	351

10.1.2	文件约定	352
10.1.3	文件处理命令	355
10.1.4	获得信息的命令	357
10.1.5	扩充命令语言	358
10.2	程序开发软件	361
10.2.1	编辑程序	362
10.2.2	目标文件的产生	363
10.2.3	连接程序	364
10.2.4	程序调试	366
10.3	系统服务接口程序	367
10.3.1	系统服务接口	367
10.3.2	系统服务宏指令	368
10.3.3	状态返回码	370
10.4	VMS 系统服务程序	371
10.4.1	信息服务程序	371
10.4.2	存储管理服务子程序	372
10.4.3	进程控制服务程序	373
10.4.4	进程间的通信	374
10.4.5	事件标志	374
10.4.6	信箱	376
10.4.7	共享存储器	377
10.4.8	进程间通信手段的组合	378
10.4.9	I/O 服务子程序	378
10.5	异步事件的处理	379
10.6	小结	381
	习题	382
	参考文献	382
第十一章 体系结构的有效实现方法		383
11.1	存储器工艺和结构的选择	384
11.1.1	利用最快的工艺	385
11.1.2	高速缓冲存储器	385
11.1.3	相联存储器	385

11.2	VAX-11/780 的高速缓存	388
11.3	翻译缓冲存储器	391
11.4	指令缓冲器	393
11.5	指令加速器	394
11.6	I/O 实现方法	395
11.7	VAX-11 体系结构的演变	397
11.8	系列概念	398
11.8.1	VAX-11/750 实现方法上的差异	399
11.9	小结	401
	习题	401
	参考文献	402
附录 A	VAX-11 指令系统说明	403
附录 B	正文中引用的缩写词	422
附录 C	VAX/VMS 终端 I/O 例程	425
	文献目录	434
	汉英对照索引	438

第一部分 用户体系结构

第一章 体系结构和实现方法

我们对任何计算机系统的考察通常分作两层，这两层分别称为体系结构和实现方法。我们经常要用到这两个术语，因此必须先弄清它们之间的区别。

一个计算机系统的**体系结构**是用户看得见的分界面：由程序员所看到的系统的结构和操作。**实现方法**则是这个分界面的具体结构以及特定硬件(也许是软件)的结构。一种体系结构可以有几种不同的实现方法，每种实现方法使用不同的元件，但提供完全一样的用户界面。

作为例子，我们不妨来研究一下钢琴的体系结构。一种钢琴的体系结构是它的键盘的规范(图 1.1a)。键盘是用户(演奏者)与乐器之间的界面。键盘由 88 个键组成，其中黑键 36 个，白键 52 个。敲击一个键就发出某个频率的音符。键的尺寸和排列对于所有的键盘来说是相同的。所以任何一个会弹钢琴的人可以弹任何钢琴。

钢琴有许多不同的实现方法(图 1.1b)。实现方法与用来制造乐器的材料有关。所用木材的种类，选用象牙键或塑料键，乐器的外形等等都属于实现方法的范畴，这些都可由钢琴制造者选择确定。但是不管作出什么样的选择，最终的产品可供任何钢琴家演奏。

在一个计算机系统中，体系结构是程序设计的界面：指令系统、存储器寻址、输入/输出设备的控制方法等等。一种体系结构可以有几种实现方法。例如，用真空管、晶体管、或大