

—— 电子计算机应用系列教材 ——

VAX/VMS 宏汇编语言 及系统开发

孟昭光 余雪丽 袁爱龄 编著



13

CG/1

科学出版社

电子计算机应用系列教材

VAX/VMS 宏汇编语言 及系统开发

孟昭光 余雪丽 袁爱龄 编著

科学出版社

1991

内 容 简 介

本书是按照全国“电子计算机应用人材培训大纲”的要求编写的。书中以 VAX-11 宏汇编语言为例,密切结合程序设计的基本概念、基本方法和基本技巧,系统地介绍了指令系统、汇编命令、过程调用、宏指令、RMS 及 SS 支持下的 I/O 过程、目的模块链接和程序调试过程。

本书可作为从事 VAX 系列机器的系统分析、程序设计人员和有一定汇编语言基础的工程技术人员的培训教材,也可作为从事软件开发的工程技术人员和计算机专业学生的参考书。

电子计算机应用系列书 VAX/VMS 宏汇编语言及系统开发

孟昭光 余雪丽 袁爱龄 编著

责任编辑 那莉莉

学 苑 出 版 社

北京东黄城根北街46号

邮政编码:100707

高等教育出版社激光照排中心排版

北京市制本总厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1991年2月第1版 开本:787×1092 1/16

1991年2月第一次印刷 印张:23

印数:0001—3 200 字数:529 000

ISBN 7-03-001395-6/TP·93

定价:20.00 元

电子计算机应用系列教材主持、组织编著单位

主持编著单位:

国务院电子信息系统推广应用办公室

组织编著单位(以笔划为序):

广东、广西、上海、山东、山西、天津、云南、内蒙古、
四川、辽宁、北京、江苏、甘肃、宁夏、江西、安徽、
河北、河南、贵州、浙江、湖北、湖南、黑龙江、福建、
新疆、广州、大连、宁波、西安、沈阳、武汉、青岛、
重庆、哈尔滨、南京等 35 省、市、自治区、计划单列市

电子振兴

计算机领导小组办公室

科技工作

电子计算机应用系列教材联合编审委员会名单

(以姓氏笔划为序)

主编审委员:

王长胤* 苏世生 何守才 陈有祺 陈莘萌* 邹海明* 郑天健
殷志鹤 童 颀 赖翔飞 (有“*”者为常务主编)

常务编审委员:

于占涛 王一良 冯锡祺 刘大昕 朱维华 陈火旺 陈洪陶 余 俊
李 祥 苏锦祥 佟震亚 张广华 张少润 张吉生 张志浩 张建荣
钟伯刚 胡秉光 高树森 徐洁盘 曹大铸 谢玉光 谢育先 韩兆轩
韩培尧 董继润 程慧霞

编审委员:

王升亮 王伦津 王树人 王振宁 王继青 王翰虎 毛培法 叶以丰
冯鉴生 刘开瑛 刘尚威 刘国靖 刘晓融 刘德镇 孙令举 孙其梅
孙耕田 朱泳岭 许震宇 何文兴 陈凤枝 陈兴业 陈启泉 陈时锦
邱玉辉 吴宇尧 吴意生 李克洪 李迪义 李忠民 迟忠先 沈林兴
肖金声 苏松基 杨润生 吕福德 张志弘 张银明 张 勤 张福源
张翼鹏 郑玉林 郑 重 郑桂林 孟昭光 林俊伯 林钧海 周俊林
赵振玉 赵惠溥 姚卿达 段银田 钟维明 袁玉馨 唐肖光 唐楷全
徐国平 徐拾义 康继昌 高登芳 黄友谦 黄 侃 程锦松 楼朝城
潘正运 潘庆荣

秘 书 组:

秘 书 长:胡茂生
副秘书长:何兴能 林茂荃 易 勤 黄雄才

序

当代新技术革命的蓬勃发展,带来社会生产力新的飞跃,引起整个社会的巨大变革.电子计算机技术是新技术革命中最活跃的核心技术,在工农业生产、流通领域、国防建设和科学研究方面得到越来越广泛的应用.

党的十一届三中全会以来,我国计算机应用事业的发展是相当迅速的.到目前为止,全国装机量已突破三十万台,十六位以下微型计算机开始形成产业和市场规模,全国从事计算机科研、开发、生产、应用、经营、服务和教学的科技人员已达十多万人,与1980年相比,增长了近八倍.他们在工业、农业、商业、城建、金融、科技、文教、卫生、公安等广阔的领域中积极开发应用计算机技术,取得了优异的成绩,创造了显著的经济效益和社会效益,为开拓计算机应用的新局面作出了重要贡献.实践证明,人才是计算机开发应用的中心环节.我们必须把计算机应用人才的开发与培养放在计算机应用事业的首位,要坚持不懈地抓住人才培养这个关键.

从目前来看,我国计算机应用人才队伍虽然有了很大的发展,但是这支队伍的数量和质量还远不适应计算机应用事业发展的客观需要,复合型人才的培养与教育还没有走上规范化、制度化轨道.教材建设仍显薄弱,培训质量不高.因此,在国务院电子信息系统推广应用办公室领导、支持下,全国三十五个省、市、自治区、计划单列市计算机应用主管部门共同组织118所大学和科研单位的400多位专家、教授编写了全国第一部《电子计算机应用人才培养大纲》以及与之配套使用的电子计算机应用系列教材,在人才培训和开发方面做了一件很有意义的工作,对实现培训工作规范化、制度化将起到很好的推动作用.

《电子计算机应用人才培养大纲》和电子计算机应用系列教材贯穿了从应用出发、为应用服务,大力培养高质量、多层次、复合型应用人才这样一条主线.大纲总结了近几年各地计算机技术培训正反两方面的经验,提出了计算机应用人才的层次结构、不同层次人才的素质要求和培养途径,制定了一套必须遵循的层次化培训办学规范,编制了适应办学规范的“课程教学大纲”.这部大纲为各地方、各部门、各单位制定人才培养规划和工作计划提供了原则依据,为科技人员、管理人员以及其他人员学习计算机技术指出了努力方向和步骤,为社会提供了考核计算机应用人才的客观尺度.“电子计算机应用系列教材”是培训大纲在教学内容上的展开与体现,是我国目前规模最大的一套计算机应用教材.教材的体系为树型结构,模块化与系统性、连贯性、完整性相兼容,教学内容注重实用性、工程性、科学性,并具有简明清晰、通俗易懂、方便教学、易于自学等特点,是一套很好的系列教材.

这部大纲和系列教材的诞生是各方面团结合作、群策群力的结果,它的公开出版和发行,对计算机应用人才的培训工作将起到积极的推动作用.希望全国各地区、各部门、各单位广泛运用这套系列教材,发挥它应有的作用,并在实践中检验、修改、补充和完善它.

通过培训教材的建设,把培训工作与贯彻国家既定的成人教育、函授教育、电视教育和科技人员继续工程教育等制度相结合,逐步把计算机应用人才的培训工作引向规范化、

制度化轨道,为培养和造就大批高素质、多层次、复合型计算机应用人才而努力奋斗,更好地推动计算机应用事业向深度和广度发展.

李 祥 林

一九八八年十月十七日

前 言

VAX 系列计算机是目前国内外公认的优秀机型. VAX 宏汇编语言是在 VMS 操作系统支持下运行在 VAX 系列计算机上的一种程序设计语言. 它包含了种类全、功能强、寻址灵活及为数众多的机器指令, 又有使用方便、具有高级语言特征的通用伪指令和汇编命令, 是系统分析员和程序设计员进行开发的有力工具.

本书是以 VAX-11 宏汇编语言为例编写的. 目前, DIGITAL 推出了大量的 MICRO VAX 和 VAX 8000 系列不同档次的机器. VAX-11 和它们在软件上是兼容的. 特别是 VMS 4.2 以上的操作系统版本, 各类机器的宏汇编语言是相同的, 因此, 本书称为 VAX/VMS 宏汇编语言是适宜的.

本书共分八章. 第一章至第三章介绍了 VAX-11 汇编语言的环境、基本指令、寻址方式、高级数据表示指令、汇编语言组成元素和通用汇编伪指令, 这三章为读者提供了一个基本工具. 第四章介绍了子程序、过程、宏指令和它们的调用. 第五章介绍在记录管理系统 (RMS) 和系统服务 (SS) 支持下的输入输出过程, 也对高级语言的输入输出功能、设备驱动程序的处理过程作了简要说明. 第六章和第七章结合具体例子详细地介绍了目的模块链接和汇编语言程序的调试. 最后一章运用用户建立的 Input 和 Output 宏指令库及系统提供的程序库列举了许多实际中很有参考价值的程序实例. 第一章至第七章每章末都附有一定数量的习题, 可供读者练习.

本书是“电子计算机应用系列教材”之一. 它的侧重点是较高层次的宏汇编语言. 对过程调用、宏指令调用、RMS 和 SS 支持下的 I/O 过程, 本书作了详细的叙述. 为了更好地掌握 VAX/VMS 宏汇编语言工具, 对程序库的建立、运用、目的模块链接和汇编语言程序的调试都以专门章节加以叙述. 在叙述基本概念、基本理论和基本程序设计方法的同时, 各章均配合一些典型例子进行具体说明, 在最后一章还专门列出一些程序实例, 以培养读者阅读、分析、编写程序的能力. 如果条件允许, 读者可以结合实例和有关习题, 在机器上进行实际操作, 以收到更好的效果.

本书由太原机械学院佟震亚教授和杨根兴副教授审订, 杨根兴副教授主审. 在编写过程中, 得到毛法尧副教授, 陶平山同志以及太原工业大学计算中心很多同志的大力支持, 在此, 对他们表示衷心的感谢.

限于编者的水平, 加之时间仓促, 书中难免存在错误和不足之处, 敬请读者指正.

目 录

第一章 VAX-11 汇编语言环境和基本指令	1
1.1 VAX-11 汇编语言环境	1
1.2 VAX-11 基本指令	14
1.3 指令寻址方式	23
习题	39
第二章 高级数据表示指令	42
2.1 浮点数运算指令	42
2.2 十进制数运算指令	58
2.3 可变长度位字段指令	70
2.4 字符串指令	75
2.5 特殊指令	85
习题	92
第三章 VAX-11 MACRO 宏汇编语言描述	95
3.1 汇编语句的组成元素	95
3.2 通用汇编伪指令	103
3.3 汇编语言的语句格式和程序结构	112
3.4 源程序的汇编过程	116
习题	119
第四章 子程序、宏指令及其调用	121
4.1 子程序和宏指令	121
4.2 堆栈操作	123
4.3 子程序的调用	127
4.4 宏指令中的若干规定和功能	142
4.5 程序库	158
4.6 子程序和宏指令的调用	161
习题	168
第五章 VAX-11 的输入输出程序	170
5.1 输入输出程序设计的不同层次	171
5.2 高级语言输入输出功能	171
5.3 RMS 及相关功能	174
5.4 系统服务及相关功能	194
5.5 设备驱动程序	218
习题	229
第六章 目的模块的链接	230
6.1 链接程序概述	231
6.2 符号与引用	240
6.3 库中模块的使用	243

6.4 用.PSECT 命令将程序分节	245
6.5 链接产生的 MAP 图	252
习题	263
第七章 汇编语言程序调试	264
7.1 符号调试程序	264
7.2 断点、观察点和单步执行	270
7.3 调试程序的其它特性	274
7.4 调试程序的例子	281
7.5 汇编列表及其格式	285
习题	296
第八章 宏汇编语言综合应用实例	300
附录 A	329
附录 B	331
附录 C	342
附录 D	346
主要参考文献	357

第一章 VAX-11 汇编语言环境和基本指令

众所周知,汇编语言不同于其它高级程序设计语言,汇编程序设计语言是针对特定的一种机器编写的.因此,每种机器的汇编语言都与机器的系统结构、运行环境有密切的关系.为了更好地掌握 VAX/VMS 宏汇编语言,下面我们对程序员所看到的系统环境作一概括的介绍.VAX-11 机器指令系统种类全、功能齐、寻址灵活,可满足各方面的要求.这样,它一方面给广大用户带来了方便,但同时也增加了人们学习它的困难.本着由浅入深、循序渐进的原则,我们先介绍基本指令和寻址方式,然后再对比较复杂的指令进行讨论.

1.1 VAX-11 汇编语言环境

1.1.1 VAX 计算机系列

1977 年美国数字设备公司(简称 DEC 或 DIGITAL)研制出 32 位超级小型机 VAX-11/780.这在当时引起了极大的反响.1980 年以后,该公司又推出具有较高集成度、采用门阵列的 VAX-11/750 以及机器价格低、体积小、适应性强、能应用于普通办公室环境的 VAX-11/730 和 VAX-11/725 低档机.与此同时,比 VAX-11/780 处理能力更强、性能更高的 VAX-11/782 和 VAX-11/785 也相继问世.VAX-11 系列很快占据了美国、西欧乃至世界各国的计算机市场.在美国,DEC 的营业额一跃而成为仅次于 IBM 的第二大公司.

近几年来,DIGITAL 把 VAX-11 各档次的机器进行分类,相继推出规模大小、处理能力和应用范围各不相同的系列机,形成了 VAX 簇类系统(VAX cluster system):

- (1)VAX station system,它是兼容的图形工作站系统.
- (2)Micro VAX 2000,它是 DIGITAL 价格最便宜的多用户 VAX 系统.
- (3)Micro VAX-11,它是用于办公室或类似于办公室环境的 VAX 系统.
- (4)Micro VAX 3500 和 3600,它是微型 VAX 系统,它们比前面所提及的 Micro VAX 系统处理能力强、内存容量大.
- (5)VAX 8250,它是 VAX 簇系中通用的中型机.VAX 8250 向上发展就构成处理能力提高近一倍的 VAX 8350.
- (6)VAX 6200,它是用 CMOS 构成的新的中型系列,以 VAX 6210 为基础,相继发展成 VAX 6220,6230 和 6240.
- (7)VAX 8500,它是高性能的单处理机.
- (8)VAX 8800,它是 VAX 簇系中的高档系列,从单处理机 VAX 8810 发展成 8820, 8830 和 8840.
- (9)VAX 8974 和 8978,它是目前 VAX 簇系中最高性能的机器.它们是由四个或八个 VAX 8700 处理机组合而成的.

表 1.1 是 VAX 簇系的组成.

表 1.1 VAX 体系的组成

系 统	相对性能 (VAX-11/780=1)	处理机数	最大内存容量	最大磁盘存储容量	快速缓冲存储器		系统软件
					容 量	周 期	
Micro VAX 2000 VAX station 2000	0.9	1	6MB	318MB	N/A	N/A	VMS ULTRIX-32
Micro VAX-11 VAX station 11/GPX	0.9	1	16MB	MicroVAX; 2.8GB VAXstation; 477MB	N/A	N/A	VMS ULTRIX-32 VAXELN (只限 MicroVAX)
MicroVAX3500 MicroVAX3600 VAXstation3200 VAXstation3500	2.7	1	VAXstation3200; 16MB 32MB	VAXstation3200; 318MB MicroVAX/VAXstation 3500; 560MB MicroVAX3600; 2.5GB	1KB on chip 64KB on board	90 ns on chip 180 ns on board	VMS ULTRIX-32 VAXELN (只限 MicroVAX)
VAX 8250 VAX 8350 VAXstation8000	VAX 8250; 1.2 VAX 8350; Up to 2.3 VAXstation; 1.2	VAX 8250; 1 VAX 8350; 2 VAXstation; 1	VAX8250, VAX8350; 128MB VAXstation; 32MB	VAX8250, VAX8350; 10GB VAXstation; 477MB	8KB/processor	160ns	VMS ULTRIX-32 (只 限 VAX8250, VAX8350)
VAX6200 系列	VAX6210; 2.8 VAX6220; Up to 5.5 VAX 6230; Up to 8.3 VAX 6240; Up to 11	VAX 6210; 1 VAX6220; 2 VAX6230; 3 VAX6240; 4	256MB	20GB	1KB on chip/processor 256KB on board/processor	80 ns on chip 160 ns on board	VMS
VAX 8550	VAX 8550; 6	1	320MB	10GB	64KB	45ns	VMS ULTRIX-32 VAXELN

续表 1.1

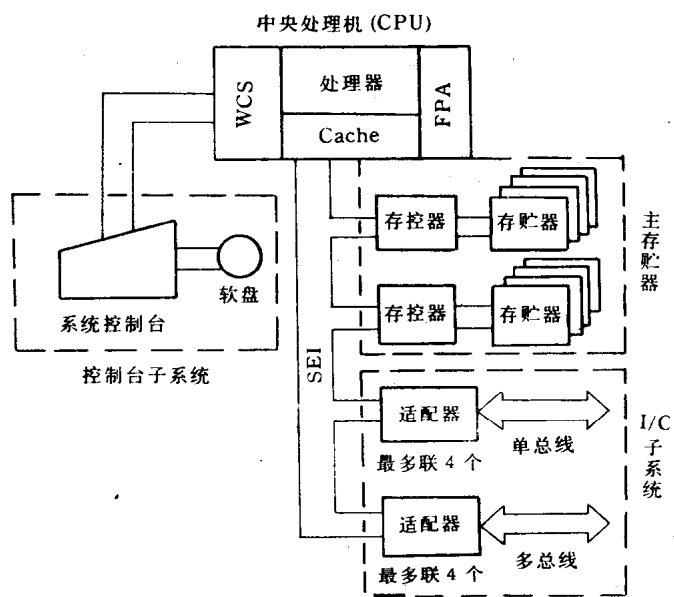
系 统	相对性能 (VAX-11/780=1)	处理机数	最大内存容量	最大磁盘存储容量	快速缓冲存储器		系统软件
					容 量	周 期	
VAX8800 系统	VAX8810: 6×VAX-11/780 VAX8820: up to 1.9×VAX8810 VAX8830: Up To 2.8×VAX8810 VAX8840, 8842: Up to 3.7×VAX8810	VAX8810: 1 VAX8820: 2 VAX8830: 3 VAX8840: 4 VAX8842: 2VAX8820 systems	512MB VAX8842: 1024MB	20GB VAX8842: 依赖于 VAX 种类 I/O 服务	64KB/processor	45ns	VMS ULTRIX-32 (只限 VAX8810) VAXELN (只限 VAX8810)
VAX8974 VAX8978	VAX8974: 24 VAX8978: 48	VAX8974: 4VAX8700 systems VAX8978: 8VAX8700 systems	VAX8974: 2048MB VAX8978: 4096MB	依赖于 VAX 种类 I/O 服务	64KB/processor	45ns	VMS

注: 表中 N/A = not applicable.

与 VAX 簇系发展的同时,设计者并不是固定地保持 VAX-11 系列指令系统不变. 随着实践经验的积累,又对后来推出的机器指令系统作了适当的改进,如 VAX-11/780 有 248 条指令,而 VAX-11/750 在此基础上增加了 56 条指令,VAX-11/730,725 则有 304 条指令,主要增加了 H 和 G 格式浮点处理指令. 再后推出的机器指令功能更强,但是,后来推出的机器必须保留 VAX-11/780 的指令系统,以保证 VAX 系列的向后兼容性. 因此,我们以 VAX-11/780 为例来介绍 VAX-11 计算机系统的硬件组成和指令系统,它将有助于掌握和使用更高档的 VAX 系列机.

1.1.2 VAX-11 计算机系统的硬件组成

以 VAX-11/780 系统为例,这个通用计算机系统 in 分时基础上,能为多达 64 个用户提供服务. 构成 VAX-11/780 计算机系统的硬件组成部分如图 1.1 所示.



FPA——浮点加速器; WCS——可写控存; SBI——同步底板互连; Cache——高速缓存器

图 1.1 VAX-11/780 结构框图

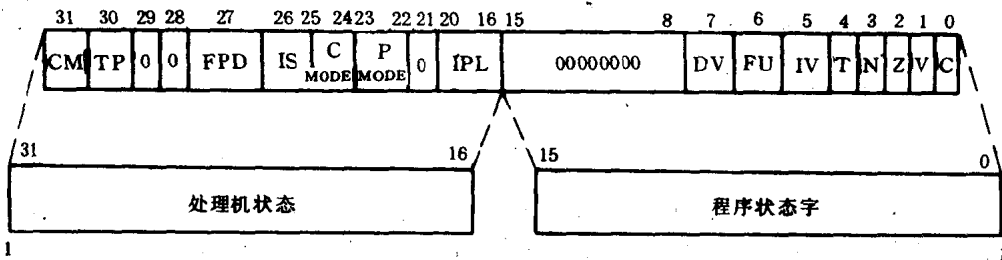
从图 1.1 可看到,VAX-11/780 是由中央处理机(CPU)、主存贮器、输入输出(I/O)子系统和控制台子系统组成. 通过一个同步底板互连把中央处理机、主存贮器和 I/O 子系统连在一起. 后期的 VAX 产品用不同的方法连接内存和外设.

VAX-11 中央处理机设有 16 个 32 位通用寄存器 R0~R15,它能提供多种用途. 其中的前 12 个寄存器可作累加器、数据暂存器和变址寄存器等,其余 4 个通用寄存器 R12~R15 有其特定的用途. 表 1.2 具体说明了这些寄存器.

CPU 中还设置一个 32 位的处理机状态长字 PSL(Processor Status Longword).

表 1.2 具有特定用途的通用寄存器

寄存器	功能	说 明
R12	变元指针 (AP)	AP 为 Argument Pointer 的缩写. 当主程序调用子程序时, 子程序必须能够访问由调用程序所定义的变元表表目. 为此, 调用程序生成一个变元表. 变元表的起始地址放在寄存器 R12 中, R12 即为变元指针. 这样被调用的程序便能通过变元指针访问变元表
R13	栈帧指针 (FP)	FP 为 Frame Pointer 的缩写. 当主程序调用子程序时, 被选用的通用寄存器的内容保存在堆栈中, 以便当子程序使用这些寄存器时, 不会丢失其中的数据. 栈帧指针用来记住存放在堆栈中数据的地址, 以便当子程序运行完成时, 能取回原数据
R14	堆栈指针 (SP)	SP 为 Stack Pointer 的缩写. 堆栈指针用来记住堆栈中所存数据的最后一项的地址. 堆栈是以后进先出 (LIFO) 的原则而被使用的. 每当一个数据项被压入 (或弹出) 堆栈时, R14 中的地址便自动地被修改, 以致堆栈指针总是指向栈顶
R15	程序计数器 (PC)	PC 为 Program Counter 的缩写. 在程序执行中, 程序计数器中放置的是在指令流中将被执行的下一个字节的地址. 每当从存储器取一条指令后, 程序计数器自动地按指令字节数递增



- | | |
|--|--|
| <p>特权信息
(用户不能修改)</p> <p>C: 进(借)位条件码</p> <p>Z: 零条件码</p> <p>T: 跟踪自陷使能</p> <p>FU: 浮点下溢自陷使能</p> <p>DV: 十进制上溢自陷使能</p> <p>IPL: 中断优先级</p> <p>P MODE: 原来访问方式</p> <p>IS: 中断栈标志</p> <p>TP: 跟踪申请位</p> | <p>非特权信息
(可由用户修改)</p> <p>V: 上溢条件码</p> <p>N: 负条件码</p> <p>IV: 整数上溢自陷使能</p> <p>C MODE: 当前访问方式</p> <p>FPD: 指令第一部分完成</p> <p>CM: 兼容方式位</p> |
|--|--|

图 1.2 处理机状态长字 PSL

如图 1.2 所示,PSL 根据不同的功能分成两部分.上半部分(16~31 位)包括了与处理机状态有关的信息,下半部分(0~15 位)包括程序状态信息. PSL 的两部分分别如下使用:

(1)处理机状态.这部分信息作为特权信息,只能由 VAX/VMS 操作系统修改,用户程序不能修改.

(2)程序状态.这部分信息不作为特权信息对待,因此用户程序能修改.这些状态位统称为程序状态字 PSW(Program Status Word).

CM(31 位)决定 CPU 是在 PDP-11 兼容方式下还是在本机方式下工作.置 1 时,CPU 为兼容工作方式.

中央处理机中的高速缓冲存储器允许以非常快的速度访问现行程序所需要的数据和指令,这样就减少了 CPU 访问主存储器的次数和 SBI 中的信息量.

浮点加速器选件能加速所有浮点指令的执行.

可写控制存储器选件允许需要特殊操作的用户把自己的特殊指令放入处理机的微编码中.

除此外在 CPU 中还包括算术逻辑单元(ALU)及一些特权寄存器,比如四个栈指针、基址寄存器、长度寄存器和中断请求寄存器.

控制台是一台终端,供系统软件初始化,修改软件和系统参数用.

软盘系统是一种便宜的辅助存储装置,用来存储系统软件.

在 I/O 子系统中,适配器作为外部设备和 SBI 间所需要的接口.多总线适配器是专为磁带机和大容量磁盘驱动器这样一类高速大容量存储设备设计的,而单总线适配器通常适用于低速和中速外部设备,如宽行打印机、显示终端、卡片读入器和小型盒式磁盘驱动器.在 I/O 控制器中设有控制与状态寄存器(CSR)、数据缓冲寄存器(DBR),用它们来保存和传输控制信息和操作数据.

1.1.3 访问方式和进程切换

VAX-11 系列机使用同一的、性能优越的虚拟存储操作系统 VAX/VMS(VMS 是 Virtual Memory System 的缩写),该操作系统调度在系统中运行的任务,监控和协调整个系统的功能,管理物理存储器的有效使用.必须强调的是,在 VAX/VMS 中所调度的是进程,而不是映像,在主存储器中换入和换出的也是进程而不是映像.

我们知道,程序是用任何一种不同于“机器语言”的其它计算机语言编写的,以告诉计算机如何求解一个问题的指令序列.用计算机语言编写的这种源程序必须首先被翻译成机器代码,然后才能被链接成机器可执行的映像(见图 1.3).

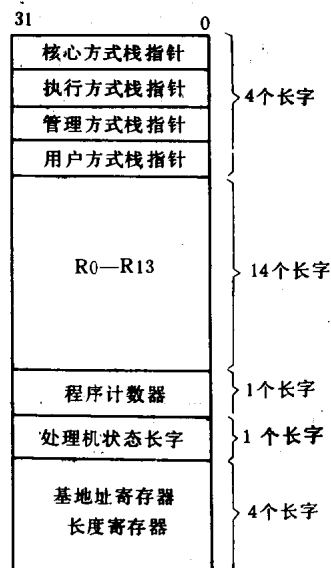


图 1.3 程序和映像

在许多传统的系统中,因为处理机所执行的是映像中的指令,所以重点是放在映像执

VAX-11 处理机的每个进程有四种不同的访问方式,按照它们的特权高低依次分为
核心方式——调度、存贮管理、I/O 操作、中断异常的处理;
执行方式——记录管理、系统服务;
管理方式——命令语言的解释;
用户方式——用户程序、非特权系统服务。

每个进程设有四个栈,它们对应四种不同的访问方式. VAX-11 的四个特权寄存器存有当前进程的四中访问方式栈指针的拷贝. 栈指针寄存器总是含有当前访问方式栈的指针. 处理机执行 CHMK, CHME, CHMS, CHMU, 就能将当前状态改变为所需要的访问方式. 处理机一般是在最低特权用户方式下运行. 为了完成某种特权功能(例如输入输出 I/O 操作), 执行 CHMK 指令, 就把运行进程从用户方式切换到核心方式, 并将栈指针的内容保存到一临时单元, 将新方式的栈指针副本送给栈指针 SP. 在完成方式切换之后, 就进入进程所要求的服务例程. 当服务例程做完时, 通过中断返回指令 REI, 使进程又返回到原来的用户方式. 访问方式的改变过程好像是某一主程序调用子程序的调用过程. 一般说来, 改变方式指令用来提高访问方式的特权级别, 而中断返回指令必然要降低其访问特权. 在调用一些例程中, 操作系统有能力完成所需特权的功能, 但不允许用户直接访问特权资源.



VAX-11 的操作系统 VAX/VMS 为用户提供了多道程序分时系统, 为适应多道程序

运行,减少管理程序开销,加快任务切换时间,VAX-11 系统结构提供了能反映任务运行的各种硬件寄存器,并为每个进程在主存中设置了进程控制块(PCB).PCB 由 24 个长字组成,其结构示于图 1.4 中.

VAX-11 为每一进程切换提供一组强有力的特权指令.当 VMS 执行进程关联(上下文)转换操作时,它必须保存失去控制的进程关联,装入获得控制的进程关联.为实现这个转换,VMS 首先执行一条保存进程关联指令,通过硬件方式自动地将当前进程的所有寄存器的内容存放在它的进程控制块中.控制块的地址由进程控制块基址寄存器提供.通过向处理机寄存器传递指令(MTPR)将新 PCB 的物理地址装入进程控制块基址寄存器中.接着再执行一条装入进程关联指令,它从新的 PCB 装入所有硬件寄存器,同时还新进程的 PC 和 PSL 推入中断栈.当操作系统执行一条中断返回指令(REI)后,又开始新进程的执行.VAX-11 中每个进程都有四个不同访问方式的私用栈和栈指针,即使在核心方式下执行,仍然能够进行进程关联转换.

1.1.4 存贮体系和虚实地址映射

VAX-11 是由超高速缓存、主存、磁盘、磁带等硬设备和存贮管理机构组成的一个完整的存贮体系.它的虚拟空间为 2^{32} 字节,即 4.3GM,采用页面管理,每页为 512 字节(虚页、实页、磁盘上的数据块均为 512 字节).它的物理地址空间代表了一个系统可能提供的实地址,其大小视机型而异.VAX-11/750 使用 24 位实地址,因而能生成 16M 字节的物理地址空间.对 VAX-11/780,使用 30 位实地址,能生成 1GM 字节的物理空间.虚地址的最高位(31)把虚拟空间分为相等的两个区.31 位=0 时,为进程空间 P;31 位=1 时,为系统空间 S.进程空间分为两个区,即 P_0 和 P_1 . P_0 为程序区,存放进程执行的映像; P_1 为控制区,它为进程控制信息所用.这些信息包括核心、执行、管理和用户方式的四个堆栈.系统空间也分为两个区,即 S_0 和 S_1 . S_0 是系统区,存放操作系统软件,它为系统的全部进程所共享; S_1 为保留区,供以后使用.实地址的最高位把空间分为相等的两部分.最高位为 0,由主存贮器使用;最高位为 1,由输入输出 I/O 地址空间所用. I/O 地址不能用来对主存进行访问.

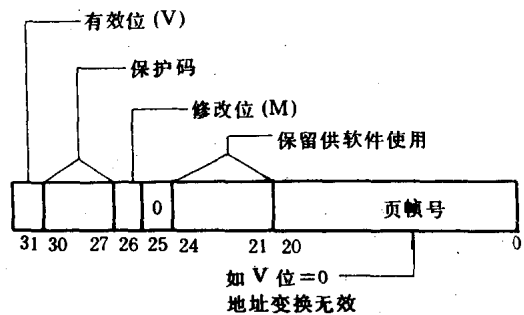


图 1.5 页表表目格式

页表(PT)是保存页面状态、保护码和映射信息的数据结构.页表表目(PTE)格式如图 1.5 所示.系统页表(SPET)描述了虚地址空间系统区中的页面信息,为全部进程共享,仅设一个页表.进程空间有两种不同的页表.进程页表(P_0 PT)包括了程序区 P_0 中各页面的