

数字信号处理丛书

数字信号处理丛书

VLSI 阵列处理

贡三元 著

东南大学出版社

TN911.72

G53

361101

VLSI 阵列处理

苏三川

S. Y. Kung 著

王太君 杨绿溪 译

何振亚 总校



东南大学出版社

(苏)新登字第 012 号

内 容 提 要

本书主要论述信号/图象处理和科学计算所用的 VLSI 阵列处理器的设计技术。它对算法、应用、体系结构和设计方法等几个方面的内容进行了全面而系统的研究。

全书共分八章。第一章对 VLSI 阵列处理技术的各个方面进行了概述。第二章到第八章依次介绍了信号和图象处理算法,算法到阵列结构的映射,脉动阵列处理器,波前阵列处理器,系统及软件设计,阵列处理器的实现,以及阵列处理器在信号和图象处理中的应用。

本书对于从事信号处理、图象处理、计算机结构、VLSI 电路设计和制造等专业的师生及科技人员是一本极有价值的教科书和参考书。

责任编辑:朱经邦

责任校对:陈东方



VLSI ARRAY PROCESSORS

S. Y. Kung

Prentice Hall 1988

Englewood Cliffs, New Jersey

VLSI 阵列处理

贡三元 著

王太君 杨绿溪 译

东南大学出版社出版

南京四牌楼 2 号

江苏省新华书店发行 南京航空学院飞达印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 29.375 字数 709 千字

1992 年 5 月第 1 版 1992 年 5 月第 1 次印刷

印数: 1-1000 册

ISBN 7-81023-597-4

TN·55 定价: 17.80 元

序 言

VLSI Array processors 一书即将译出中文版“VLSI 阵列处理”，我很高兴为这书写中文序。

此书系以应用、算法、结构及工艺为主线索，全面而深入地论述了 VLSI 设计的基本原理和实现方法，这是八十年代一个重要的新颖课题，在著作过程中，我尽量注意到系统性和逻辑性，物理概念清晰，理论结合实际，以便于读者阅读。

我相信此书对学术界和工业界人士都有阅读参考价值，不仅能从此书中学到信号并行和流水处理的基本理论，而且能学到这些理论在许多信号和图象处理领域的应用。此书可以作为硕士、博士研究生学习“VLSI 阵列处理”、“信号并行处理算法与结构”等课程的教材或主要参考书。

东南大学何振亚教授为本著作出版中译本积极组织翻译和给予大力支持，并将此书列入为他主编的《数字信号处理丛书》之一，这为提高中国科技人员在 VLSI 阵列处理学科方面的学术水平和增强国际科技交流作出了贡献，在此，我对何教授致以衷心的感谢。

袁 三 元

1990 年 4 月于美国

译 序

信息科学是研究各种信号与信息的产生、获取、传输、交换、加工处理、分类识别、存贮及利用等内容的一门科学，其重要性将随着工业、农业、国防和科学技术的发展而与日俱增。信号与信息处理学科是信息科学的重要组成部分，它的基础理论和方法已经广泛应用于雷达、声纳、数据通信、语言通信、图象通信、图象处理、计算机图形学、自动识别、自动控制、机器视觉、人工智能、生物医学、振动工程、宇航工程、遥感技术、地质勘探以及波谱学等几乎一切技术领域。该学科水平的高低，可反映一个国家的整体科技水平，故世界各国都非常重视此学科的课题研究和人才培养。我国也专门设立了信号与信息处理学科（专业）来培养硕士、博士研究生，并设有博士后流动站，推动该新学科的发展。每年在国内外学术会议和刊物上发表的论文甚多，包括一维和多维的信号与系统参数估计，离散变换及其快速算法，数字滤波和检测，谱估计与建模，自适应信号处理，语声信号处理，图象数字处理与识别，VLSI 信息处理等分支学科。

VLSI 信号处理器是智能的信号和图象处理系统以及科学计算系统的主要部件，是各种电子技术应用系统达到实时处理和高性能的重要基础。美国普林斯顿大学贡三元 (S. Y. Kung) 教授的专著：“VLSI Array Processors” (Prentice-Hall 公司出版，1988)，是目前国际上论述 VLSI 阵列处理原理与应用的一本优秀的科技图书。书中全面地讨论信号与图象处理算法、结构及实现应用，包括脉动阵列处理器与波前阵列处理器的设计和性能分析以及实现技术。该书内容丰富，取材新颖，系统性好，理论联系实际，物理概念清楚，叙述严谨，逻辑性强，突出阵列处理器设计中并行算法分析和映射以及结构实现的关系，主线明确，思路清晰，便于阅读。

本书适合作为硕士、博士研究生学习“VLSI 阵列处理”、“信号并行处理算法与结构”等课程的教材或主要参考书，也可作为无线电电子工程科技人员进修的读本。

东南大学无线电工程系数字信号处理研究室现将贡教授专著翻译成中文本，称为《VLSI 阵列处理》，由王太君同志译第一、二章和第 8.1~8.3 节，杨绿溪同志译第三、

四、五、六、七章及第 8.4~8.7 节。由何振亚教授担任总校。

这本专著已被选列为《数字信号处理丛书》之一。全套丛书共含六本专著：

- 信号处理的数学方法 (柳重堪教授)
- 离散变换及快速算法 (钱惠生教授)
- 信号复原与重建 (王延平教授)
- 现代谱估计 (王宏禹教授)
- 自适应信号处理 (何振亚教授)
- VLSI 阵列处理 (S. Y. Kung 教授)

这套丛书对我国培养高层次人才和推动学科发展将起到重要的作用。

何振亚

1992 年 2 月于南京

东南大学数字信号处理研究室

前 言

本书的书名也许叫做用于信号/图象处理及科学计算的 VLSI 阵列处理器更为完美,因为它所论述的内容是如何设计 VLSI 阵列以满足这些应用领域中极为迫切的实时处理需要。可以认为,对 VLSI 阵列处理器的应用、算法、结构与工艺几个方面进行紧密结合的、交叉学科的研究,是本书的宝贵特色。书中倡导了一种纵向综合的 VLSI 系统设计方法,包括工艺约束、算法分析、并行性提取、结构设计、系统研制及应用条件。

在 VLSI 中,存储和处理能力是相对容易实现的,设计的重点将转移到减少整体的互连复杂性以及使整体结构保持高度的规则性、并行性和流水性。对于未来的超级计算技术,基于体系结构的算法是一个大有希望的研究方向。本书从头到尾一直在说明阵列处理器设计中并行算法分析和映射的重要作用。特别要注意的是,大多数信号处理算法都有很好的结构,它们都具有规则性、递归性和局部通信等共同属性。这些性质可以有效地用于新近研制的脉动和波前阵列处理器。这种阵列通过密集的、流水线的计算而充分显示了 VLSI 的威力,同时还克服了其通信上的主要限制。而且,它们还提供了实时信号/图象处理的巨量并发计算能力。

本书内容从算法分析开始,接着是结构设计,最后论述作为 VLSI 设计最终目标的应用系统。为了使本书的学习能够稍微系统一些,下面给出一个路线图,此图显示了书中八章内容及主要章节之间的联系。

本书的用途

本书从 VLSI 设计、计算机工程以及信号/图象处理这几个方面介绍了 VLSI 阵列处理器。但是,并不打算让本书成为上述专门领域中任一领域的基础教科书。对这些领域,现在确实已有了很多优秀的教科书。本书的目的在于综合研究所有这些学科以及它们间的相互关系,从而对现有文献起到一种辅助教材的作用。因此,希望能将本书与 VLSI 系统设计、并行处理结构或信号处理硬件课程相结合。本书既可作为研究生水平的教科书,又可作为电子工程师及计算机科学家的参考书。作为教科书时,可用于一学期(约 40-50 个学时)或两学期的研究生课程。

- 下列各节适合于一学期的计算机结构课程:

1.2, 1.3, 3.2, 3.3, 3.4, 4.3, 4.4, 5.3, 5.4, 6.2, 6.3, 6.4, 8.4.

(2.2, 2.3, 2.4 各节可选学。)

- 下列各节适合于一学期的 VLSI 信号处理课程:

1.2, 1.3, 3.2, 3.3, 4.3, 5.3, 6.2, 7.2, 7.3, 8.2, 8.4.

(2.2, 2.3, 2.4 各节可选学。)

- 对于联在一起的两学期课程,建议阅读下列各节:

第一学期: 1.2, 1.3, 2.2, 2.3, 2.4, 3.2, 3.3, 3.4, 4.3, 4.4, 4.5, 8.2, 8.3.

第二学期: 5.3, 5.4, 6.2, 6.3, 6.4, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 8.4, 8.5.

严格的课程大纲将取决于学生的知识基础以及他们的特殊兴趣。这里提供的路线图将帮助教师决定最适合于他们需要的内容以及本书不同章节中那些必须先学的章节。包含了约 140 道家庭作业习题的习题集是这本教科书的一个重要组成部分。编写这些习题的目的在于检查读者对课文的理解程度, 说明实际应用, 以及增进对书中所述原理和结果的潜在用途的理解。

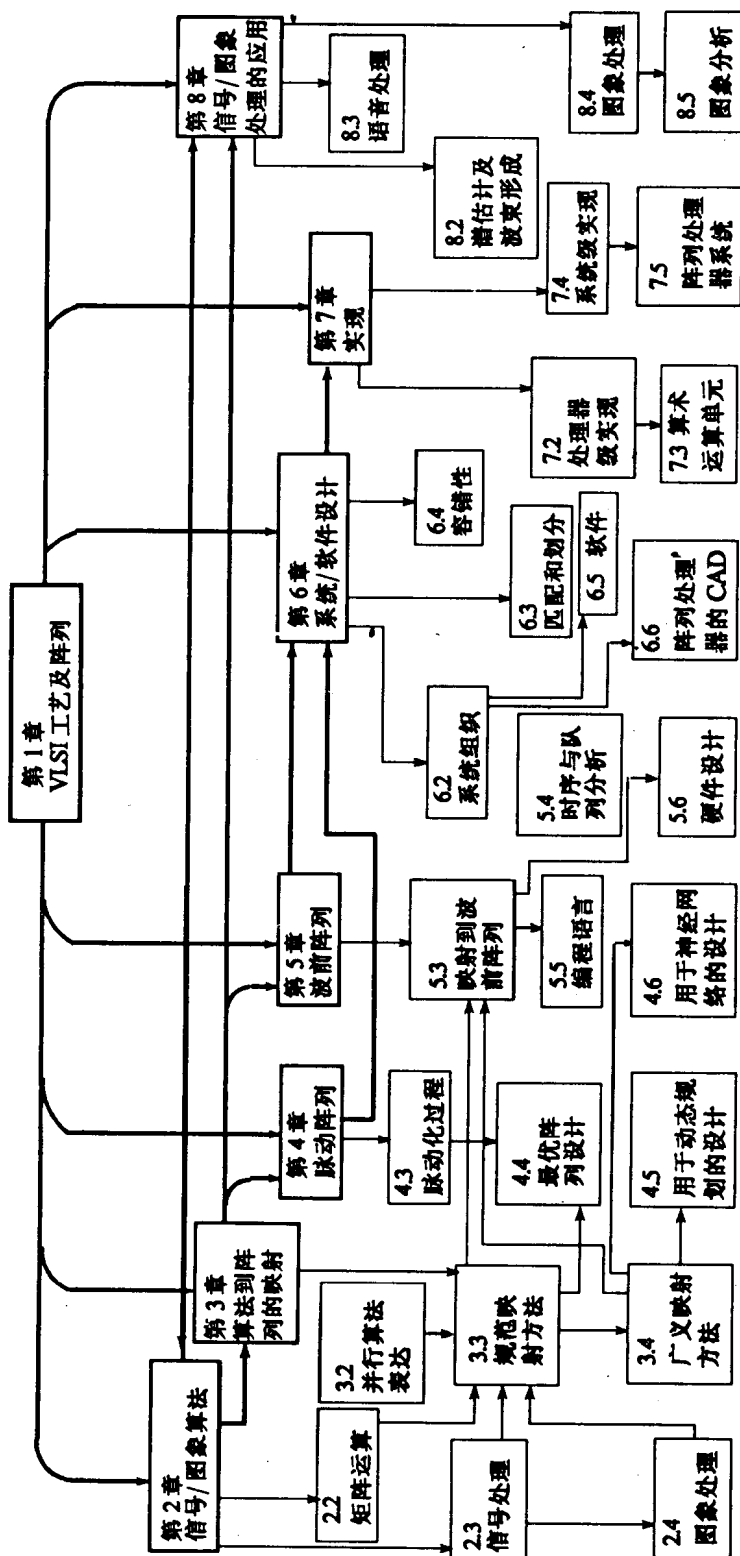
最后, 本书所介绍的很多专题仍然是非常活跃和正在发展的研究领域。希望结合书中所提的大量文献对本书进行研读, 能够对将来在 VLSI 阵列处理器和专用超级计算机领域中的某些研究起到激励作用。

致谢

对我来说, 可能从来没有比写作本书更有益和更有成效的写作经历。不仅 VLSI 阵列处理器这个题目极富挑战性和鼓舞性, 而且令人非常高兴的是与一群很有朝气的青年研究者进行了合作。我特别感谢我的南加利福尼亚大学的博士生们: C.W. Chang, E. Chow, W.C. Fang, J.N. Hwang, S.N. Jean, P.S. Lewis, S.C. Lo, J.C. Lien, E. Manolakos, S.L. Peng, R.W. Stewart, S.W. Sun, J. Vlontzos, 以及其他许多人。这些人在讨论和研究早期的草稿时化费了很多精力, 并提供了无私的帮助, 终于使得这些草稿逐渐集聚成现在这样的最后版本。他们做出的主要研究贡献给本书的很多章节奠定了基础, 在这个意义上可以说他们有效地与我合著了本书的大部分内容。我也非常感激我的很多同事和朋友, 他们及时的鼓励和关键性的忠告在这看来漫长的写作过程中显得非常鼓舞人心和非常珍贵。我特别要感谢伊里诺斯大学的 K.S. Arun, 加利福尼亚大学圣巴巴拉分校的 P. Cappello 教授, 德尔福特大学的 P. Dewilde 教授, 南方卫理公会大学的 Y.H. Hu 教授, USC 的 K. Hwang 教授, 国立交通大学的 C.W. Jen 教授, 斯坦福大学的 T. Kailath 教授, 加利福尼亚大学圣迭戈分校的 D.V.B. Rao 教授, 加利福尼亚大学洛杉矶分校的 K. Yao 教授, 以及 Tektronix 公司的 Y.C. Jenq 博士, 休斯飞机公司的 J.T. Juhl 博士, RSRE 的 J. McWhirter 博士, 洛克希德导弹和航天公司的 R. Raghavan 博士, AT&T 贝尔实验室的 S. Rao 博士。我还要感谢南加利福尼亚大学的信号与图象处理研究所 (SIPI) 提供了准备原稿的便利条件, 感谢 SIPI 的 Linda Varilla 女士杰出的后勤帮助。

对本书介绍的研究工作提供部分资助的有: 国家科学基金 (基金号为 Grant ECS-82-13358), 海军研究办公室 (项目号为 N00014-81-K-0191), 战略防御创始组织的创新科技办公室 (通过海军研究办公室管理, 合同号为 N00014-85-K-4069 及 N00014-85-K-0599), 以及半导体研究公司 (SRC-USC 计划 86-01-075 号)。

贡三元



目 录

第一章 概 述	(1)
1.1 引 言	(1)
1.2 用于信号和图象处理的阵列处理器	(1)
1.2.1 应 用	(2)
1.2.2 算 法	(3)
1.2.3 体系结构	(4)
1.2.4 工 艺	(6)
1.3 VLSI 体系结构设计原则	(7)
1.3.1 VLSI 工艺	(7)
1.3.2 互连及 I/O 的约束	(10)
1.3.3 规则化和模块化特性	(11)
1.3.4 流水和并行处理	(11)
1.3.5 全局同步系统与异步系统的比较	(11)
1.3.6 可编程性	(12)
1.3.7 可重构性和容错性	(12)
1.3.8 阵列和芯片的分割	(12)
1.3.9 分级设计和 CAD 技术	(13)
1.4 各章概述	(16)
1.4.1 对 VLSI 阵列处理器的综合研究	(16)
1.4.2 第二章: 信号和图象处理算法	(17)
1.4.3 第三章: 算法到阵列结构的映射	(17)
1.4.4 第四章: 脉动阵列处理器	(18)
1.4.5 第五章: 波前阵列处理器	(19)
1.4.6 第六章: 系统和软件设计	(19)
1.4.7 第七章: 阵列处理器的实现	(20)
1.4.8 第八章: 在信号和图象处理中的应用	(21)
1.5 与之关系密切的其它研究学科	(21)
1.5.1 VLSI 和圆片集成	(21)
1.5.2 VLSI 和光学处理	(22)
1.5.3 面向人工智能的 VLSI 超级计算	(24)
1.5.4 通用超级计算机和阵列处理器的互补作用	(24)
1.6 结束语	(25)
1.7 习 题	(26)

第二章 信号和图象处理算法	(28)
2.1 引 言	(28)
2.2 矩阵算法	(30)
2.2.1 基本的矩阵运算	(30)
2.2.2 求解线性方程组	(31)
2.2.3 迭代法	(33)
2.2.4 特征值和奇异值分解	(36)
2.2.5 最小平方问题求解	(37)
2.3 数字信号处理算法	(39)
2.3.1 离散时间系统和 Z 变换	(39)
2.3.2 卷 积	(40)
2.3.3 相 关	(41)
2.3.4 数字 FIR 滤波器和 IIR 滤波器	(41)
2.3.5 线性相位滤波器	(43)
2.3.6 离散傅里叶变换(DFT)	(43)
2.3.7 快速傅里叶变换(FFT)	(45)
2.3.8 离散哈达玛变换	(48)
2.3.9 最小均方估计	(49)
2.3.10 托布尼兹方程组的求解(Schur 算法)	(50)
2.4 图象处理算法	(53)
2.4.1 二维卷积和相关	(53)
2.4.2 二维滤波	(53)
2.4.3 二维 DFT、FFT 和哈达玛变换	(54)
2.5 值得进一步研究的先进算法和应用	(54)
2.5.1 分治技术	(54)
2.5.2 动态规划方法	(55)
2.5.3 松弛技术	(55)
2.5.4 通过随机松弛进行模拟退火	(56)
2.5.5 联想检索	(57)
2.6 VLSI 阵列算法	(59)
2.6.1 VLSI 阵列处理器算法设计准则	(60)
2.6.2 局部递归算法和全局递归算法	(62)
2.7 结束语	(67)
2.8 习 题	(68)
第三章 算法到阵列结构的映射	(72)
3.1 引 言	(72)
3.2 并行算法的表达	(72)
3.2.1 串行算法表达的矢量化	(72)
3.2.2 并行算法的直接表达方式	(74)

3.3	规范映射方法	(78)
3.3.1	设计步骤 1: 把算法映射到 DG	(79)
3.3.2	设计步骤 2: 将 DG 映射到 SFG	(86)
3.3.3	设计步骤 3: 将 SFG 映射到阵列处理器	(96)
3.3.4	算法映射到 SFG 阵列的实例	(98)
3.4	DG 到 SFG 的广义映射方法	(109)
3.4.1	DG 的方向性分类	(111)
3.4.2	映射到没有内部 I/O 的阵列	(114)
3.4.3	多重投影	(117)
3.4.4	非线性调度和非线性分配	(119)
3.4.5	有全局通信时到 SFG 的线性投影	(122)
3.4.6	用于一般 DG 的使任务执行时间最少的映射	(122)
3.5	结束语	(125)
3.6	习 题	(126)
第四章	脉动阵列处理器	(132)
4.1	引 言	(132)
4.2	脉动阵列处理器	(132)
4.2.1	脉动阵列的定义	(133)
4.2.2	脉动体系结构的特性	(135)
4.3	将 DG 和 SFG 映射到脉动阵列	(137)
4.3.1	DG 到脉动阵列的直接映射	(138)
4.3.2	割集脉动化方法	(138)
4.3.3	DG 中的旋转调度矢量与 SFG 中割集重定时序之间的关系	(148)
4.3.4	二进制级脉动阵列	(150)
4.4	性能分析和设计的最优化	(153)
4.4.1	最优性准则及其基本公式	(154)
4.4.2	DG 设计步骤中的最优化	(157)
4.4.3	SFG 设计步骤中的最优化	(160)
4.4.4	脉动化步骤中的最优化	(160)
4.4.5	提高 PE 的使用效率	(168)
4.5	传递闭包和动态规划问题的脉动阵列	(170)
4.5.1	动态规划方法	(170)
4.5.2	传递闭包和最短路径问题的最优脉动设计	(170)
4.5.3	代数路径问题	(182)
4.6	人工神经网络的脉动设计	(184)
4.6.1	Hopfield 模型和 Hopfield-Tank 模型	(185)
4.6.2	采用级联 DG 的脉动设计	(187)
4.6.3	利用 ANN 解决组合优化问题	(190)
4.6.4	全局最优点的搜索方案	(192)

4.7 结束语	(193)
4.8 习 题	(194)
第五章 波前阵列处理器	(202)
5.1 引 言	(202)
5.2 波前阵列处理器	(202)
5.2.1 从同步阵列到异步阵列	(202)
5.2.2 波前阵列的定义	(204)
5.2.3 与其它阵列结构的比较	(204)
5.3 算法到波前阵列的映射	(207)
5.3.1 计算波前的概念	(207)
5.3.2 通过 DFG 模型将 DG 映射到波前阵列	(209)
5.3.3 由 SFG 导出 DFG	(211)
5.4 时序分析和最佳的队列分配	(213)
5.4.1 DFG 时序分析	(214)
5.4.2 DFG 的性能优化	(221)
5.4.3 最佳流水周期(α^*)	(221)
5.4.4 规则波前阵列的时序分析	(223)
5.4.5 最小队列的 RDFG	(225)
5.5 波前阵列的编程语言	(225)
5.5.1 并发性与通信	(225)
5.5.2 波前编程技术	(226)
5.5.3 Occam 程序语言	(229)
5.6 硬件设计	(235)
5.6.1 波前处理器阵列中 PE 的设计	(295)
5.6.2 异步通信协议	(236)
5.7 结束语	(238)
5.8 习 题	(240)
第六章 系统与软件设计	(246)
6.1 引 言	(246)
6.2 系统的组织	(247)
6.2.1 主机和阵列控制单元	(247)
6.2.2 接口单元	(249)
6.2.3 PE 阵列	(249)
6.2.4 互连网络	(250)
6.3 算法到阵列的匹配	(251)
6.3.1 算法到固定阵列结构的映射	(251)
6.3.2 分 割	(255)
6.4 VLSI 阵列处理器的容错性	(260)
6.4.1 制造时、编译时和运行时的容错性	(260)

6.4.2	运行中容错性的体系结构方法	(263)
6.4.3	算法方法: 加权“检验和”编码	(274)
6.4.4	容错中的时间冗余方法	(279)
6.5	阵列处理器的程序设计语言	(282)
6.5.1	软件与硬件设计的对比	(282)
6.5.2	程序语言的设计要素	(284)
6.5.3	高级语言的类型	(285)
6.5.4	中间表示	(289)
6.5.5	软件环境	(292)
6.6	阵列处理器的 CAD	(293)
6.6.1	阵列编译器系统的特性	(294)
6.6.2	哈达玛变换的脉动阵列设计例子	(296)
6.7	结束语	(300)
6.8	习 题	(300)
第七章	阵列处理器的实现	(307)
7.1	引 言	(307)
7.2	处理器层次的实现	(308)
7.2.1	PE 体系结构的考虑	(308)
7.2.2	商业上的可编程 DSP 芯片	(312)
7.2.3	专用 VLSI 芯片	(321)
7.3	算术运算单元的设计	(324)
7.3.1	常规的 MAC 设计	(324)
7.3.2	浮点算术运算	(329)
7.3.3	剩余数算术运算	(331)
7.3.4	CORDIC	(334)
7.4	系统层次的实现	(338)
7.4.1	综合系统的体系结构考虑	(338)
7.4.2	互连网络	(339)
7.5	阵列处理器系统的例子	(343)
7.5.1	SIMD 阵列处理机	(343)
7.5.2	脉动阵列处理器: Warp 机	(346)
7.5.3	波前阵列处理器系统	(349)
7.5.4	超立方体计算机	(355)
7.5.5	其它类型的阵列处理器系统	(358)
7.6	结束语	(360)
7.7	习 题	(362)
第八章	在信号和图象处理中的应用	(364)
8.1	引 言	(364)
8.2	谱估计、波束形成及卡尔曼滤波	(366)

8.2.1 用于谱估计的阵列处理器	(367)
8.2.2 用于波束形成的阵列处理器	(370)
8.2.3 用于最小二乘估计的卡尔曼滤波	(379)
8.3 语音处理	(385)
8.3.1 用于语音分析 / 综合的线性预测	(386)
8.3.2 用于语音编码的矢量量化	(387)
8.3.3 用于语音识别的动态时间折弯	(391)
8.4 图象处理	(395)
8.4.1 用于图象增强的中值 / 秩序滤波技术	(396)
8.4.2 用于图象恢复的弛豫技术	(399)
8.4.3 用于图象重建的插值技术	(403)
8.4.4 图象编码	(405)
8.5 图象分析	(406)
8.5.1 用于特征提取的边缘检测	(406)
8.5.2 用于直线 / 曲线检测的 Hough 变换	(411)
8.5.3 模板匹配与联想模式识别	(413)
8.5.4 景物分析中的区域级运算	(416)
8.6 结束语	(416)
8.7 习 题	(417)
参考文献	(425)

第一章 概 述

1.1 引 言

在现代信号和图象处理的应用中,日益提高的速度和性能指标迫切需要一种革命性的超级计算技术。低成本、高密度、高速度的超大规模集成电路(VLSI)器件以及新颖的计算机辅助设计(CAD)工具的研制成功,预示着巨量并行处理器设计和应用的重大突破。特别是VLSI微电子技术,已经导致了阵列处理器结构方面的很多富有创新精神的设计。这种趋势现已引起政府、工业界以及大学团体的高度重视。最近十年里,研究者们致力于将各种信号/图象处理操作映射为VLSI阵列处理器结构的研究和开发,并已在全球范围内有了惊人的进展。

在本书中,我们强调了高速度和大规模的计算能力对于信号和图象处理以及科学计算应用的必要性。现代信号/图象处理技术极大地依赖于计算硬件器件及其结构创新。对于未来的实时处理系统,串行系统将无力胜任,而必须通过VLSI并发阵列处理器来提高其计算能力。在大多数实时数字信号处理(DSP)应用中,通用并行计算机因其过多的系统辅助操作而不能满足处理速度的需要。因此,专用阵列处理器势将成为唯一有吸引力的选择对象。

纵向综合的VLSI阵列设计

在本书中,我们将研究与算法有关的阵列处理器的设计问题。一个跨学科的设计方法将涉及三个主要领域: DSP应用、DSP算法以及VLSI系统设计[Oppen 75], [Hwan 84a], [Mead 80]。对应于这三个领域,有三种不同类型的表达方式: 功能表示, 结构表示, 几何表示。情况大致如图1.1中的Y形图所示。图1.1还有助于说明阵列编译器和硅编译器的辅助作用。阵列编译器将算法映射为相关图和阵列结构表示。硅编译器将结构描述映射为逻辑/电路图、条状图和版图(如CIF文件)。

说得更确切一点,给定一个算法,怎样才能得到一个专用阵列处理器呢? 将算法映射为阵列处理器的基本问题是: 如何用一种标记来表达并行算法,这种标记既要使设计人员易于理解,又要能编译成有效的VLSI阵列处理器。在进行最终设计时,首先应该用表达能力很强的算法标记来表达出与空间-时间行为描述有关的递归操作和并行操作,然后将这种描述转化为VLSI硬件说明或转化为可执行的阵列处理器机器码。

1.2 用于信号和图象处理的阵列处理器

直到60年代中期,大多数信号处理任务还是通过专用的模拟处理器(尤其是光学处理器)来完成的,这是由于当时的数字系统硬件复杂、功耗较大、速度较低的缘故。但是,数字处理器能提供较高的(而且往往是不可缺少的)精度,较大的动态范围,长期记

忆的功能，以及其它一些优越性(如可编程性和可扩展性)，从而使其能适应不断变化的需要。归根到底，一个系统设计者必须选择最合用的器件工艺、流水技术以及并行处理技术来得到满意的性能。VLSI 阵列处理器的研制成功使得通过数字处理技术所能达到的处理速度提高了几个数量级。

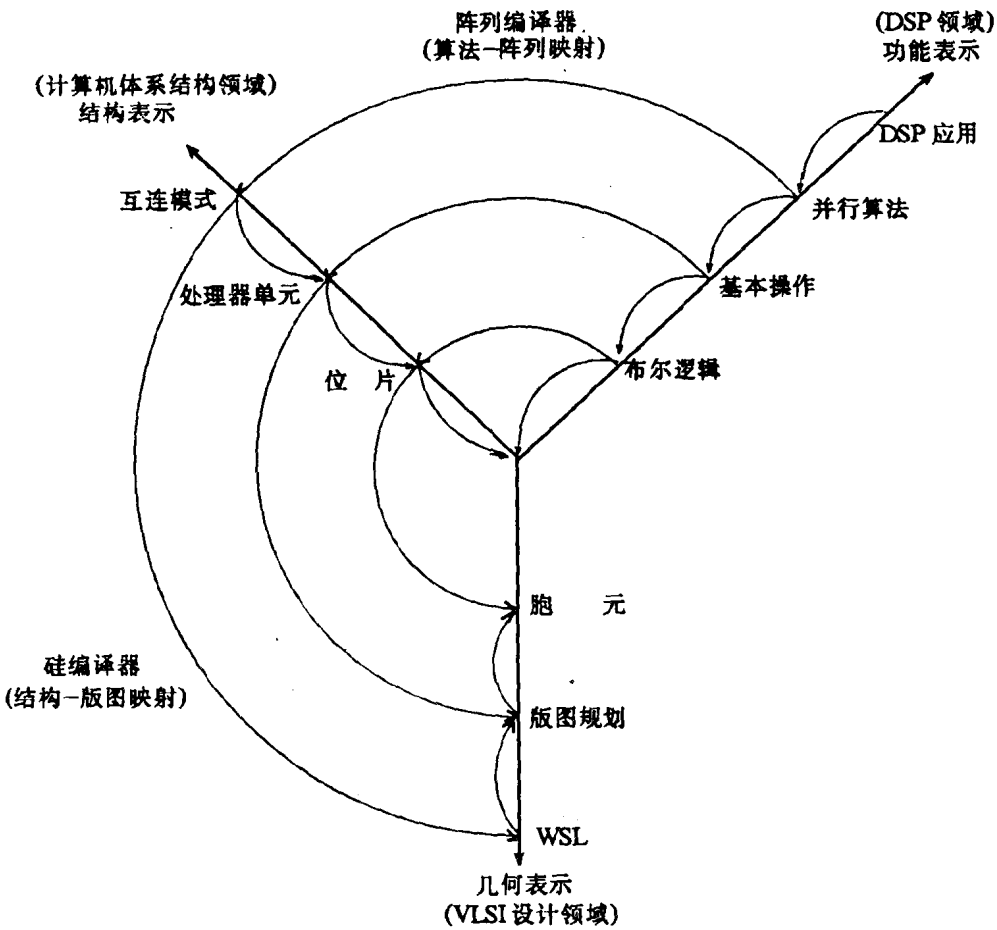


图 1.1 用于阵列处理器设计的 Y 形图

在设计 VLSI 阵列处理器时有四个主要的着手点：应用、算法、结构和工艺。由于 VLSI 阵列处理器设计的各个方面具有关联性，因此在其开发过程中进行有关应用、算法、结构及工艺的跨学科讨论是很有必要的。

1.2.1 应用

VLSI 阵列处理器的应用领域包括图象处理、计算机视觉、核物理、结构分析、语音、声纳、雷达、地震、气象、天文、医学信号处理等等。为了成功地进行一个阵列处理器的设计，必须理解信号和图象的生成过程、有关的算法种类，以及预期的应用系统技术指标。例如，让我们来考察一个实时视觉处理系统中的某些应用上的要求。任务是识别一个物体，并对照某些已知的指标来检查它的几何和物理特性，以便确定该物体是否是某个