

“七五”国家重点科技攻关项目

大规模集成电路研究 成果汇编

《大规模集成电路“七五”攻关成果汇编》编辑部

一九九一年八月

“七五”国家重点科技攻关项目

大规模集成电路研究 成果汇编

《大规模集成电路“七五”攻关成果汇编》编辑部

一九九一年八月

序 言

时值总结、表彰“七五”科技攻关工作，举办全国“七五”国家重点科技攻关成果展览之际，《“七五”国家重点科技攻关项目大规模集成电路研究成果汇编》和大家见面了。谨借此机会，向为“七五”国家重点科技攻关项目做出贡献的广大科技人员、工人和管理人员致以深切的敬意！

微电子技术是当今世界最活跃的生产力，集成电路是微电子技术的核心，它的发展及其在各个领域的广泛应用，极大地推动了科技进步和经济发展。集成电路产业作为战略性产业，其技术水平和产业规模已成为衡量一个国家经济发展、科技进步和国防实力的重要标志。

党和国家十分关心我国集成电路产业的发展。“七五”期间，国家对微电子的发展给予了很大的重视和支持，安排了“七五”国家重点科技攻关第六十六项大规模集成电路研究，共包括5个课题、111个专题，涉及集成电路计算机辅助设计、辅助测试、辅助管理，集成电路微细加工技术，集成电路产品开发，微细加工关键设备，新型器件及其物理基础研究等方面的内容。在国家计委、国家科委和财政部等综合部委的大力支持下，由机电部主持，国家教委和中国科学院参加主持，各级主管部门通力合作，各承担单位精心组织，经过约5000名技术人员近5年的艰苦努力，取得了丰硕的成果，较好地完成了攻关任务。

《汇编》是“七五”科技攻关项目第六十六项的总结和概括，图

文并茂，文字简炼，生动活泼。编入《汇编》的攻关成果，比较有代表性地反映了我国微电子技术发展的水平，在集成电路计算机辅助设计、辅助测试、辅助管理， $1.5\mu\text{m}$ CMOS成套工艺技术开发及代表品种IM位汉字ROM研制， $2-3\mu\text{m}$ 工艺技术优化，以16位微机及其配套电路为代表的一批产品的开发与批量生产， $3\mu\text{m}$ 、 $\phi 100\text{mm}$ 集成电路关键设备研制，GaAs技术开发和器件物理及工艺预研等方面取得的成果，为我国集成电路产业的发展和技术水平的提高打下了基础。

《汇编》集中体现了艰苦奋斗在我国微电子技术战线上的广大技术人员无私奉献的精神，充分表明他们完全具备攀登微电子技术高峰的优秀素质和水平，我们为有这样一支具有高度事业心和责任感，有严谨科学态度和坚韧不拔作风的科技队伍而深感自豪。

《汇编》的出版，既是“七五”科技攻关成果的全而检阅，又是对攻关专题承担单位和承担人员所做贡献的表彰；既是一个成果的档案资料，又是一次技术交流。希望《汇编》的出版，能更好地推动“七五”科技攻关成果实用化和推广应用，并以此促进“八五”科技攻关的进一步开展。

预祝“八五”国家微电子技术攻关取得更大的成果，期待着大家的成功捷报。

曾培炎

一九九一年八月

编 者 的 话

(一) 本《汇编》是“七五”国家重点科技攻关项目第六十六项大规模集成电路研究的总结和概括,其目的是促进科技攻关成果的实用化和商品化。《汇编》中所收录的科技攻关成果,多数是比较成熟的产品和技术,部分是开发阶段成果,少数是研究性成果。推广应用这些成果、实现商品化尚需全行业的有志之士坚持不懈,共同努力,方见成效。

(二) 此次收入《汇编》的有92个专题内容,是依据“七五”科技攻关五个课题:(1) 集成电路计算机辅助设计、计算机辅助测试、计算机辅助管理,(2) 集成电路微细加工技术,(3) 集成电路品种开发,(4) 微细加工关键设备,(5) 新型器件及其物理基础研究,按专题号顺序编排的。另有部分专题内容,因稿件送审时间较晚等原因,只能编排在本书的后面。

(三) 国家有关部委的领导十分重视《汇编》的编写工作,机械电子工业部曾培炎副部长为《汇编》写了序言,国家计委科技司、国家科委基础研究高技术司、财政部工交司、机械电子工业部科技司、微电子与基础产品司、国家教委科技司、中科院技术科学局等领导对《汇编》的出版给予了大力支持。

(四) 编委会由有关部委的有关领导及著名专家学者组成。机械电子工业部微电子与基础产品司组织了《汇编》的编辑和出版工作。中国华晶电子集团公司具体负责编辑出版工作。

(五) 由于时间仓促,加之经验不足,《汇编》难免有差错和遗漏之处,敬请领导和读者指正。

谨向科技攻关各专题承担单位、《汇编》稿执笔人以及具体负责《汇编》编辑出版工作的中国华晶电子集团公司和浙江省良渚印刷厂致以衷心的感谢。

一九九一年八月十日

目 次

熊猫系统——超大规模集成电路CAD系统	1
VENUS实用化	6
VLSI布图系统实用化及其工艺数据库	8
集成电路逆向剖析系统ICRES-I	10
计算机辅助大规模集成电路仿制设计系统	12
大规模集成电路芯片版图识别系统	14
硅编译方法研究	15
微波、功率集成电路计算机辅助设计	18
集成电路测试程序库	21
集成电路计算机辅助测试系统研究	23
测试方法研究及应用	25
大规模集成电路测试方法与应用	28
微处理器功能测试方法及门阵列可测试性研究与应用	30
模拟电路直流中测方法研究及应用	32
在线检测仪器的研制并实用化及数据采集	34
集成电路计算机辅助制造技术研究	37
1-1.5微米CMOS VLSI工艺技术开发	40
1 兆位汉字库只读存储器的研制	42
2-3微米CMOS工艺优化	45
3 微米CMOS工艺优化	47
ECL 600门阵列电路及3微米双极工艺优化	51
5 微米双极工艺优化及推广	54
5 微米CMOS工艺优化与普及推广	59
5 微米双极工艺优化	62
高密度载体外壳和LCC、PGA(44—132pin)新型封装系列开发	65
优化过程中的材料,工艺缺陷分析	68
微细加工技术研究	71
16位微机配套电路	74
88毫米20兆温盘驱动器配套专用电路	76
132毫米40兆温盘驱动器配套专用电路	78
数控机床配套专用电路	81
数控机床配套专用电路(控制、驱动IC)	83
机床数显专用大规模集成电路	85

移动通讯专用大规模集成电路	86
电荷耦合器件 (CCD) 摄像电路	88
电话机专用电路	90
录像机配套系列电路开发	92
局用万门程控交换机专用电路	96
收录机电路	98
电子玩具系列电路	100
电子钟表电路	103
KW1871无线电控制编码器/发射器、KW1872无线电控制接收器/译码器	104
电阻网络和芯片冗余激光修正仪	107
光刻设备芯片处理系统	110
BG—101直接分步曝光机实用化	113
BKJ100—B型半自动接触/接近式光刻机	115
RHT型自动快速热处理设备	117
H46700—1型高性能多靶磁控溅射台	121
管芯划片装片焊接自动化设备	124
超纯水设备	128
ZTG—100自动投影光刻机	132
接触/接近式全自动掩模对准曝光机	134
直接分步重复投影光刻机	136
金属有机源分子束外延设备 (MOMBE)	139
GaAs $\phi 50\text{mm}$ 工艺技术和GaAs超高速集成电路	142
微波单片集成电路及制造技术	145
HEMT高速电路和HBT高速电路	148
微波低噪声高电子迁移率晶体管 (HEMT)	151
高电子迁移率晶体管集成电路 (HEMT IC) 用分子束外延材料	154
GaAs新器件结构及基础工艺研究	155
高压液封原位合成生长大直径半绝缘砷化镓单晶技术	158
半绝缘砷化镓中EL2与亚稳态深中心和浅杂质特性的研究	162
等电子杂质In在砷化镓中行为研究	165
GaAs中缺陷及金属半导体界面研究	167
SOI技术和三维集成电路基础研究	170
用横向外延生长技术制备SOI膜和三维集成电路的基础技术研究	172
多元逻辑高速数码乘法器电路	175
VLSI各种薄膜的基本理化性质及其应用的研究	176
VLSI中各种薄膜的栅结构界面特性的研究	180
固相反应金属硅化物 TiSi_2 、 CoSi_2 、 PtSi 薄膜技术和超薄介质膜制备技术	183
小尺寸器件性能及物理限制的研究	186

硅小尺寸器件性能及物理限制的研究·····	188
磁泡Bloch线存储材料及器件研究·····	191
磁泡布洛赫线存储功能研究·····	195
色敏传感器·····	198
LSI-CAD二级系统移植及实用化·····	203
大规模集成电路应用开发·····	204
机电仪配套专用集成电路·····	205
LSI新品开发—用户专用电路·····	208
可变矩形电子束曝光机·····	210
光栅扫描电子束曝光机·····	213
1:1扫描投影光刻机·····	216
强流离子注入机·····	217
中能量中束流离子注入机·····	219
微离子束对准定位系统·····	221
KDD—330单片自动反应离子刻蚀机·····	224
硅分子束外延设备·····	226
1—2微米专用集成电路的研究与开发·····	229
康发系列CAE工作站·····	230
HBT用的MBE AlGaAs/GaAs材料的研制·····	232
异质结特性及界面应力研究·····	235
离子注入SOI与激光再结晶SOM基础技术研究·····	238

熊猫系统——超大规模集成电路CAD系统

承担单位: 北京集成电路设计中心

协作单位:

清华大学计算机系和微电子所 北京大学 复旦大学 上海交通大学 杭州电子工业学院 北京邮电学院 北京理工大学 北京工业大学 浙江大学 哈尔滨工业大学 中科院半导体所 中科院微电子中心 上海冶金所 机电部北京自动化所 中国华晶电子集团公司

主要攻关人员:

连永君 王天泽 洪先龙 余志平 柳西玲 戎蒙恬 张 平 刘伟平 吴 强
申 明 薄建国 冯之雁 薛 华 王正华

攻关时间: 1988年3月—1991年3月

验收时间: 1991年2月

一、熊猫系统的目标及内容

CAD三级系统总体设计、软件开发和实用化,是列入国家计委[2143]项目的“七五”国家重点科技攻关项目。CAD三级系统的核心部分——熊猫系统是一个面向全定制超大规模集成电路的计算机辅助设计系统。可处理复杂度达十万个晶体管的芯片设计中的全部信息,由行为-功能级描述、原理图设计、模拟、测试码生成、版图编辑、自动布局布线到PG带的产生。熊猫系统为设计队伍提供设计过程中的所有工具和信息管理,是一个大型的ICCAD软件系统(约有180万条语句),适用于全定制、半定制集成电路的正向设计及建立标准单元库。

1. 设计目标

熊猫系统有六个主要目标:

(1) 设计数据的一致性和集成性

熊猫系统的所有工具都直接与一个数据库管理子系统接口,统一管理用户所输入的设计数据,减少重复的信息和便于一致性的检查,以避免设计工作中产生错误。

(2) 用户界面的一致性和集成性

所有工具用户界面统一设计,以便相似的命令用相同的命令名,(例如,版图和原理图的编辑命令)。交互式的工具有一致的界面,图形显示的工具采用一致的输出手段,可缩短用户学习新工具所需的时间,以便提高用户的工作效率。

(3) 工具避免局限于一个工艺

熊猫系统统一管理各工具所使用的工艺信息,减少各工具对工艺信息的依赖性。MOS工艺和双极工艺都能支持,所有编辑的工具都可用于产生数字型或模拟型或两者兼容的电路,少部分模拟和分析的工具只限于MOS电路。

(4) 使用工业界的标准,以便于用户建立设计环境

熊猫系统建立于UNIX操作系统, X窗口系统, Ethernet网络加上32位微机为主的工作站, 形成了一个能广泛使用的用户环境。以C语言为开发语言, 使熊猫系统易于移植并适用于SUN, HP, GPX及华胜等工作站。使用EDIF, CIF, GDS II 为界面语言, 熊猫系统可与半定制的工具接口, 也可以和硅编译器等自动生成的工具相衔接。

(5) 提供一个完整的设计系统

熊猫系统的工具覆盖整个设计过程中的所有步骤。由功能级描述和模拟到PG带的生成, 共提供了二十八个工具。

(6) 达到八十年代中期国际水平

2. 系统描述

熊猫系统由几个大的子系统组成: 编辑、模拟、测试、布局布线、验证及数据库管理。每一个子系统都包含了一些工具, 这些工具通过一致的用户界面和设计者接触。整个结构如图1所示。

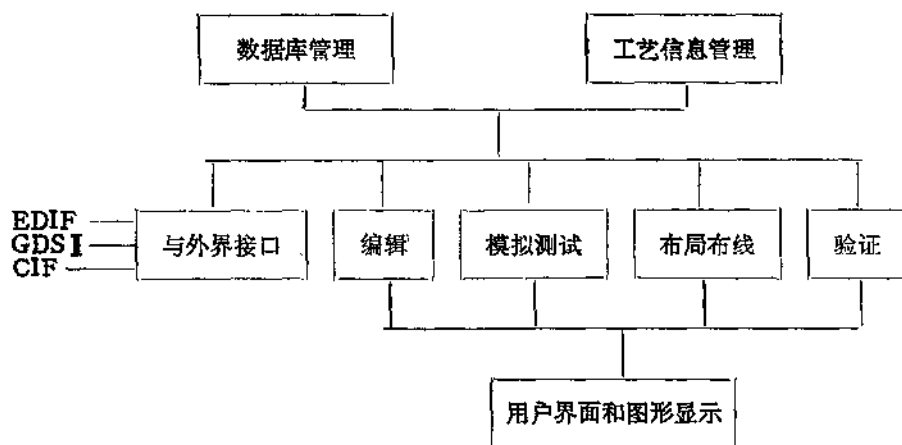


图1 总体结构图

(1) 编辑部分

编辑部分主要为逻辑图编辑器(SE)和版图编辑器(LE)。这两个工具要求高度的交互界面, 并能用于分层的逻辑图设计和版图设计。

LE主要功能为编辑一个cell的Symbolic Layout view。版图的基本元件如器件, 穿孔等可以当做一个单元编入版图中, 并可随时获得网络的信息。版图验证工具可以直接由LE调用, 免去中间数据转换。

SE用于编辑cell的Symbolic view。除了调用已有的库单元外, 也可由用户产生新的元件, 分层设计。

(2) 模拟与测试部分

模拟的主要功能是对已完成在不同级别上的设计进行验证, 以提出进一步修改设计的意见或认可设计的正确性。分为如下五个模拟工具:

- 1) 行为功能级模拟, 或称为BFS(Behavioral and Functional Simulator)。

- 2) 多级逻辑模拟, 简称为SIM。
- 3) 时序分析工具DIAMOND。
- 4) 通用电路模拟, 即SPICE。
- 5) 数字电路故障模拟和测试码生成, 简称 FT(Fault Simulator and Test Pattern Generator)。

(3) 布局布线部分

FE (Flooplan Editor) 是熊猫系统中自动布局工具。其主要特点是:

1) 在布图规划和布局中采用分级的自下而上的结群算法和自上而下的模块匹配方法。在结群时考虑最佳的目标形状。在每个层次用总体布线算法确定子模块引脚方位及估算模块面积。

2) 用分级的总体布线算法和基于 ridge 的总体压缩算法调整布局结果使通道容量和布线密度逐步匹配。

3) 采用动态数据管理技术用以支持总体压缩, 通道布线和通道排序中模块位置调整和通道的变化。

(4) 版图验证部分

熊猫系统的版图验证部分由四个工具组成, 其结构图如图 2 所示。其中, 输入信息为工艺信息、版图数据、电路网表和命令文件。图中虚线所围的是提供用户的四个工具:

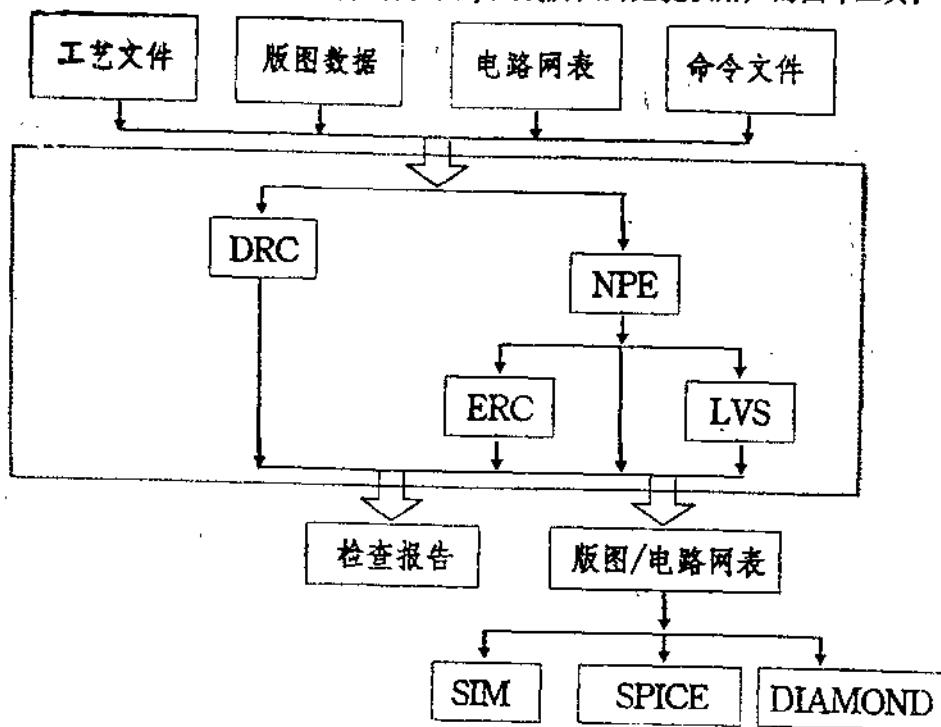


图 2 验证部分的结构图

- 1) DRC: 完成对版图设计规则检查功能。
- 2) NPE: 进行网表提取, 器件参数提取和寄生元件及其参数提取。

3) ERC: 实现版图电学设计规则检查。

4) LVS: 提供电路网表和由版图提取的网表之间拓扑关系一致性的检查。

系统的输出分两大部分, 一部分为各工具的检查结果报告; 另一部分为多级别的带参数的版图/电路网表, 以提供熊猫系统中各种电路模拟, 电路分析工具进行电路功能及性能方面的检查。

(5) 数据库部分

数据库在熊猫系统中, 是各种设计工具储存数据和管理数据的核心, 其特点是:

- 与设计工具接口的集中性。
- 数据库本身构造的层次性。

(6) 其他工具

1) TECHED: 熊猫系统中的各个工具或多或少都需要一些工艺数据, 为了使各工具所使用的工艺数据协调一致, 减少出错, 所有工艺信息都集中在一个工艺数据库中, 并对设计者提供一个工艺数据管理的工具TECHED。

2) PLA: 它是一个可编程逻辑阵列自动生成的工具。根据设计者提供的真值表或布尔表达式文件, PLA工具先对这个真值表进行优化, 然后PLA便依据用户指定的CMOS工艺自动产生版图。

二、熊猫系统开发过程中采用的先进管理方法

如同系统所具备的自上而下的设计功能一样, 熊猫系统本身的开发过程也遵循了一条自上而下的设计路线。在系统设计中, 首先确定系统的目标, 即预期完成的功能, 而后在统一的数据库的基础上, 将系统分解为若干子系统及构成模块(工具)。对每个构成成分依次编写使用说明, 设计说明和程序的步骤逐级展开设计。每个设计阶段的完成, 都有相应的文档予以反映, 并通过适当手段在各工具间进行互检。可以预期, 熊猫系统的完成会对ICCAD工具的系统开发和商品化过程提供有益的经验。

我国科技攻关往往采用传统的模式, 即多单位联合攻关, 分散开发, 然后合成。此模式难以保证一个大型的软件系统工程各课题间各种有机联系。根据三级系统的特点, 攻关决定采取一种新的模式: 聘请一位有能力的外国专家任总设计师, 由北京集成电路设计中心提供一个配备先进设备和生活条件的攻关基地, 17个单位参加的119位攻关人员全部集中在攻关基地长时间协同合作。这种集中攻关新模式产生了较好的效果, 体现了整体意识, 提高了工作效率和软件质量, 较好地解决了各课题之间的界面关系。

三、熊猫系统的开发成功对我国微电子事业的发展具有深远意义

具有自主知识产权的熊猫系统使我国在美国、日本、欧共体之后进入了世界能自行开发大型ICCAD系统国家的行列, 以往, 西方国家只允许3万元件以内的ICCAD软件对我国出口, 不提供源程序而且价格昂贵。当国外获悉我国自行开发成功可设计10万元件的VLSI CAD软件系统后, 美国的主要ICCAD软件公司相继表示可出售给中国设计规模10万元件的VLSI

CAD软件。三级系统的研制使得西方国家放宽了对我国ICCAD技术出口的限制,这一点不仅具有间接效益的经济意义,也具有相当重要的政治意义。

熊猫系统一九九一年四月参加了在比利时举办的第5届佛兰德高技术博览会获好评,对中国能自行研究开发出当前水平的芯片设计系统感到惊讶与赞赏,有的当即表示愿作代理,愿委托设计芯片。

四、熊猫系统尚需改进的方面

熊猫系统的实用化和商品化,标志着我国微电子事业发展到了一个新的阶段。熊猫系统商品化是一个漫长艰苦的过程。熊猫系统要由科研成果转化为生产力,就必须将其商品化,这样才能为设计者提供良好的设计工具,促进微电子的发展。因此,熊猫系统今后一个阶段的主要任务是系统不断完善,商品化。

五、验收委员会的评定意见

熊猫系统于1991年3月在北京通过了验收。

验收委员会认为:ICCAD三级系统开发已完成,部分专题已进入实用化阶段,已取得了一定的经济效益和社会效益。在ICCAD的理论研究和培训人才方面取得了一大批可喜成果,这些成果达到了八十年代中期的国际水平。这对于我国微电子技术的进步和集成产业的自主发展有重要的意义。

ICCAD系统的实用化是一项极为艰巨的工作,需要投入相当多的时间,人力,物力去进行反复实践,才能逐步在集成电路生产中发挥作用。“八五”期间应进一步加强实用化的领导,组织和协调工作,使其能尽快在国内得到更为广泛和深入的推广,并争取将其中的部分工具推向国际市场。

承担单位通讯地址:

信箱:北京729信箱

地址:北京三元桥东

电话:4081382 4081381 4669492

单位负责人:总裁:王芹生 总经理:连永君

(执笔人:寒梅 所在部门:CAD市场部)

邮政编码:100016

传真:4081382

技术转让联系人:王华伦

VENUS 实 用 化

承担单位：北京集成电路设计中心

协作单位：

中国华晶电子集团公司中央研究所 复旦大学

主要攻关人员：

党晓颖 王 立 张新元 科建耕 李锦帜 姜作琛 慧志刚 赵征 洪志良
陆应林

攻关时间：1988年3月—1990年12月

鉴定时间：1990年12月28日

本专题攻关内容是引进、安装、调试、消化吸收西德西门子公司的VENUS半定制数字电路设计系统；承担1000—5000门CMOS ASIC设计并组织对外培训。攻关要求在国内可以生产出 $3\mu\text{m}$ 1500门以下规模的CMOS半定制电路；在国内设计、国外投片 $2\mu\text{m}$ 500门CMOS半定制电路；国内工艺线上验证80—100个实用的库单元并使 VENUS 系统的模拟验证工具实用化。

攻关的关键技术是在国内建立相应的VENUS工艺，使引进的软件系统及单元库在国内扎根，为开发半定制ASIC的设计工作创造条件。为此，首先是建立一个稳定的工艺；其次完善标准单元库，使它更趋于合理、可靠；再则是调试设计系统软件，使它的功能发挥更全面。VENUS 设计软件高度自动化，可进行逻辑设计、逻辑模拟、版图自动生成、可测性分析、故障模拟、测试码与测试程序自动生成。版图数据可以转成 GDS-Ⅱ 格式，从而可以将版图数据转到全定制设计系统进行修改。VENUS 实用化工作是半定制设计的一项系统工作。在半定制设计中，稳定、高质的工艺；设计合理并经过验证无误的单元库；性能优越的设计软件是三个重要的支点。这三个支点既要求自身坚实可靠，又要求配合默契。经过三年的努力，VENUS 系统的全部设计工具都已消化吸收，可为 ASIC 设计服务；系统所带的 $3\mu\text{m}$ CMOS单层铝布线标准单元库的101个单元全部在华晶集团中央研究所的CMOS生产线通过验证，并在该线建立了标准VENUS工艺，制造标准光刻版。现已做出电路产品的参数基本达到西门子公司的参数指标。中规模电路的中测成品率可达50%。这表明 VENUS 工艺实用化已基本成熟。利用VENUS系统的 $2\mu\text{m}$ CMOS双层金属布线工艺标准单元库在国内设计，国外流片，已设计出28种ASIC，并拿回19种样片。

国内目前除了VENUS系统以外，还没有一套系统即拥有完整设计过程的标准单元设计软件，又拥有适合国内外工艺的性能可靠的标准单元库。因此，VENUS 系统及其实用化工作是国内首创，技术领先。VENUS系统是我国现在最完整、经过实用的专用 ASIC 设计系

统。它的实用化为我国专用ASIC的发展解决了部分问题。

通过西德西柏林工业大学微电子所,我国有七个单位三十名设计人员在VENUS系统上进行了VLSI正向设计培训。北京集成电路设计中心这套VENUS系统有六台工作站和四台普通终端,可同时容纳十人上机,并带有后台处理功能。虽然该系统在国内仅此一套,但通过广泛地宣传和培训,可使更多的人掌握这套系统使用,学会ASIC设计方法,使本系统以最大限度接受国内各用户的ASIC设计,全面发挥出它的作用与价值,创造出更大的社会效益与更多的经济效益。

本项目实用化过程中,在国内投片两种专用电路,一块用于光通信设备配套电路,已批量生产1.5万块;另一块用于医疗电子,已做出100块样品,正在医用试验中。在国外投出19种样片,其中用于光通信的几种大规模ASIC在样品成功后已转入批量生产,预计可获得几百万元的经济效益,而ASIC为整机带来的间接的经济效益可达上亿元。整机更新换代后可达国际80年代中期的水平。

VENUS系统适合于 $2\text{-}3\mu\text{m}$ CMOS数字电路半定制设计,应用于任何领域的ASIC电路,只要在此范围内都可利用VENUS系统设计。因此它可以广泛适应军用、民用的各个领域。特别是军用ASIC,利用VENUS系统可以实现国内设计、国内生产、国内测试,从而为那些保密性强、数量小的电路开发解决问题。

倘若今后能在国内多条生产加工线建立起VENUS标准工艺,则该系统的使用就更方便用户,使用价值也就更高了。

鉴定委员会认为:实用化工作做得扎实而有成效,该项科技成果首次完成了国外实用的标准单元设计系统在国内工艺生产线上的实用化及建库工作,在技术上处于国内领先水平。鉴定委员会高度评价了本成果的研制意义,并认为是引进、消化吸收的一个成功范例。

承担单位通讯地址: 北京七二九信箱

地 址: 北京三元桥东

电 话: 4081381

单位负责人: 王芹生

邮政编码: 100016

电报挂号: 4007

传 真: 4081382

技术转让联系人: 经亦亭

(执笔人: 党晓颖 所在部门: 产品开发部)

VLSI布图系统实用化及其工艺数据库

承担单位: 中国华晶电子集团公司

主要攻关人员:

张春荫 方旌堃 刘立君 王晓跃 陈旭 刘明远 李征 沈水龙 陈旭明
宋志庆

攻关时间: 1987年7月—1990年12月

鉴定时间: 1990年12月

项目攻关总目标是把兼容宏单元的标准单元布图系统VLSIS移植到VAX11/780计算机上,并与SX—8000工作站实现联机,配上逻辑图编辑软件,建立逻辑符号库,建立适合于该系统的 $3\sim 5\mu\text{m}$ 标准单元库,最终达到每个电路品种版图设计周期平均为二十天。

该项目攻关从1987年7月开始,先后完成了VLSI布图系统的安装,与VAX11/780计算机的联机,以及用户培训等工作。开发了SX—8000单元库到VLSI系统的联接软件,进行了实用化工作,正确地把三个CMOS单元库装入了VLSI系统。开发了从VLSI系统产生SX—8000芯片文件的软件,完成了实用化,并已成为该VLSI系统的一个子系统。同时,开发了逻辑图编辑软件,建立了逻辑符号库,增加了交互式逻辑图输入功能。另外,开发了版图验证程序,为单元库的验证提供了有力工具。建立并验证了适于VLSI系统的 $3\sim 5\mu\text{m}$ CMOS标准单元库,现已有各类单元150多个,扩充了逻辑图、电路图的实用绘图程序,为版图的验证检查提供了方便。已完成了两种电路的设计。

攻关主要内容:

1. SX—8000与VLSI布图系统的联接软件

(1) SX—8000单元库与VLSI布图系统的联接软件,其功能包括:

- 1) SX—8000单元库实体转为VLSI系统文件。
- 2) SX—8000单元库外框转为VLSI系统文件。
- 3) 检查SX—8000单元库单元的内容。
- 4) 输出各种库单元的可读资料。

(2) 从VLSI布图结果产生SX—8000芯片文件的软件,其功能包括:

- 1) 产生版图通道区芯片文件。
- 2) 产生核心单元区芯片文件。
- 3) VLSI单元库生成SX—8000标准单元库。
- 4) 输出各种可读数据文件清单。

2. 逻辑图编辑器及逻辑符号库的开发,主要实现的功能为

1) 用Tablet及键盘直接输入逻辑图,自动生成节点号,具备标准单元库,可扩充、可定义宏单元和伪单元。

- 2) 半自动线, 可实现自动定位, 正交输入连线。
- 3) 交互式图形编辑功能, 扩、缩、开窗等。
- 4) 提供断点、短路等连接性检查, 有一定容错能力。
- 5) 提取连线网表, 转换为源设计文件。

3. 单元库的建立

库单元包括标准单元、宏单元、伪单元、Buffer单元和周边单元五类。

设计规则根据本所工艺实际情况和布图系统特点而定。

网格大小遵守单元尺寸网格化要求。

网格长度 = 垂直连线宽度 + 垂直连线间距。

网格宽度 = 水平连线宽度 + 水平连线间距。

已建单元库包括60个标准单元、6个宏单元、54个输入输出缓冲单元以及对位标记、制版标记、检测图形等周边单元。

4. VLSI系统实用于电路设计

我们利用该系统设计了两种电路: CSC4750频率合成器和CSC4751通用分频器, 用这两个电路就可以构成一个单环PLL频率合成器。

CSC4750频率合成器由参考振荡器、预分频器、二进制分频器、调相器、模拟鉴相器和数字鉴相器六部分组成。芯片面积 $3.6 \times 2.7 \text{ mm}^2$ 集成了2000多个元件, 调用了库中30种单元, 共28个压点。模拟电路集中在一个宏单元内, 将其预置于核心芯片的右上方。

CSC4751是一个通用分频器, 与CSC4750配合使用。含有3000多个元件, 是全数字电路, 调用了库中25种单元, 芯片面积为 $4.5 \times 3.4 \text{ mm}^2$, 共28个压点。

利用VLSI布图系统设计, 使得布图密度高、速度快、成功率高。设计CSC4750和CSC4751, 从逻辑图输入开始, 平均版图设计时间为一星期, 特别是该系统兼容宏单元, 使得数模兼容电路也能在较短时间内完成布图设计。

该系统的实用化, 使我国集成电路正向设计技术迈出了可喜的一步, 为我国自行研制开发的设计软件系统实用化提供了有益的经验。该成果具有国际80年代中期水平, 属国内领先, 布图系统的进一步完善和单元库的逐步充实, 将是以后努力的方向。

该项目成果的推广应用, 将会使我国的IC设计逐步实现正向自动化, 从而缩短产品开发周期, 降低设计成本, 提高布图密度和设计成功率, 创造良好的经济效益。据估算, 每台图形工作站配备VLSI布图系统后, 可节省设计费100万元/台年。

鉴定委员会专家认为, 该实用化的VLSI布图系统为标准单元兼容宏单元(包括ROM、RAM、PLA等)的全自动设计系统, 从整体结构上、主要算法的先进程度、芯片的布图密度、操作自动化程度看, 与国际八十年代中期水平相当。该项目的成果, 在我国首次使自己的布图系统实用化, 积累了成功的、有益的经验。先后开发了频率合成器和通用分频器两块电路, 设计周期在二十天之内。该专题的攻关任务已全面完成。

承担单位通讯地址:

信 箱: 无锡105信箱 208信箱	地 址: 无锡梁溪路14号
邮政编码: 214061 214035	电 话: 607123
电报挂号: 0584 0116	传 真: 0510—601391