

第十一章 新一代信息技术领域之集成电路产业

内容提要

集成电路产业开始进入“后摩尔时代”，产业格局调整步伐加快，集成电路生产线建设和新工艺研究的投入急剧增加，工艺和设计结合更紧密，产业生态正在发生大变化，政府的作用更加突显。新器件、新结构和新材料日趋重要，“扩展摩尔（More than Moore）”成为重要发展路径。

我国集成电路生产能力与巨大市场需求不相适应，芯片制造业与世界先进水平的差距扩大到两代。我国芯片设计企业规模不大、竞争力弱，与国际先进水平还有不小差距。应尽快在国家层面上做好集成电路科技和产业发展的顶层设计，彻底扭转我国有规划、无战略、资源配置不落实的局面，设立集成电路产业发展基金，真正集中资源打造和夯实集成电路产业的发展基础，打造集成电路设计业的航母型企业，争取“后摩尔时代”的发言权。

11.1 前言

作为信息产业的基础和战略制高点，集成电路（Integrated Circuit: IC）技术与产业的发展，不仅可以带动消费类电子、计算机、通信以及相关产业的发展，而且将促使传统产业迸发出新的活力。集成电路对于提升国家信息化水平和增强信息安全起到关键作用，被誉为信息产业的“心脏”。

一直以来，集成电路技术和产业的发展受到党和政府的高度关注，已先后推出多项举措提升我国集成电路产业实力。在欣喜于我国集成电路产业取得长足进步的同时，也遗憾的看到，我国集成电路产业整体上仍然技术含量不高、核心技术缺失、产品附加值低，在集成电路制造和工艺技术、电子设计自动化（Electronic Design Automation: EDA）技术等方面严重受制于人，尚不能有力支撑我国战略性新兴产业的发展。

目前，全球集成电路产业格局受到技术变革和金融危机的双重影响，正在进行产业升级和布局调整，这是快速提升我国集成电路产业实力的良机。以下

从技术发展趋势、产业调整、挑战和机遇等几方面着手分析，探讨我国集成电路产业发展之路。

11.2 对集成电路产业未来走向的基本判断

11.2.1 集成电路产业正在进入“后摩尔”时代

自 1965 年提出“摩尔定律”以后的 47 年中，世界半导体产业一直朝着更高的性能、更低的成本、更大的市场方向发展。然而，随着半导体技术逐渐逼近硅工艺尺寸极限，摩尔定律做出的“芯片集成度约每隔两年翻一倍，性能提升一倍”的预测将不再适用。为此，国际半导体技术路线图组织（International Technology Roadmap for Semiconductors: ITRS）在 2005 年的技术路线图中，提出了“后摩尔时代”的概念。

国际上对“后摩尔时代”的时间起点并没有统一的认识，如果以主流器件结构及制造工艺发生根本性变化为标志，可以认为当主流工艺达到 22nm/20nm 时，集成电路产业就开始进入“后摩尔时代”，因为基本器件结构及制造工艺开始从平面硅器件向三维器件迁移。

在“后摩尔时代”，随着集成电路制造工艺不断逼近物理极限，工艺复杂度大幅提升，导致生产线的投资达到上百亿美元的规模，集成电路工艺研发与集成电路设计的成本也将急速上升，32/28nm 的工艺研发费用为 12 亿美元，至 22/20nm 时将达到 21 亿美元。而一颗集成电路产品的设计费用将由 32nm 的 5000 万~9000 万美元上升到 22nm 的 1.2 亿~5 亿美元。

业界测算，当集成电路制造建厂费用逼近 100 亿美元规模时，年销售额必须大于 100 亿美元才符合基本建厂条件，因此未来有能力再建新厂的企业已屈指可数。目前看，只有 Intel、Samsung、IBM 和 TSMC 等少数巨头可以建设 20nm 以下工艺的芯片制造厂，众多的垂直整合制造（Integrated Device Manufacturer: IDM）大厂将纷纷转向代工（Foundry）模式，这将对整个半导体产业链产生巨大的影响，

11.2.2 产业格局调整步伐加快

近年来，全球集成电路产业发展格局正在发生调整，我国是此轮产业布局调整的聚焦点之一。一方面，随着集成电路工艺特征尺寸不断缩小，集成电路制造设备和工艺流程成本快速上升，使得集成电路产业必然向资本活跃地区转移，而在金融危机中，我国相对而言是资本较富裕的国家。我国消费类电子产品的生产和销售规模已跃居世界前列，已成为全球集成电路产品的主要市场，促使全球集成电路产业形成向我国转移的趋势。

国际上几家主要的 IDM 企业纷纷转向无晶圆厂商（Fabless）模式。Freescape、NXP、Infineon、TI 等传统 IDM 企业陆续分拆制造业务或宣布不再自行发展新一代集成电路制造技术，寻求与芯片代工厂合作。台湾地区和东南亚等国家集成电路企业也在收购其他代工厂的产能。据美国咨询公司 Dataquest 统计和预测，2015~2020 年，全球由芯片代工厂生产的集成电路芯片将超过集成电路芯片总量的 50%。

在 20nm 和 14nm 工艺条件下，代工厂能够同时支持的芯片研发数量会大大减少，而单个制造厂的产能却大幅提升，代工厂迫切需要数量巨大的产品来填充生产线，必然使得代工厂优先考虑通用产品，如存储器、微处理器、可编程逻辑阵列等。高昂的工艺开发和工厂建设投入使得具有先进工艺的代工厂数量显著减少，需要先进工艺的芯片设计企业将与代工厂形成某种形式的捆绑。这种形态不同于今天的“Fabless + Foundry”模式，而与传统的 IDM 模式有部分相似之处，可以称为“虚拟 IDM”模式。

2008 年以来，收购和并购成为国际集成电路产业的主旋律，业界巨头纷纷通过产业整合扩展市场份额，企业收购经费常达几十亿美元之巨。这些眼花缭乱的产业整合既是国际金融危机大背景下企业生存发展的个体选择，也是“后摩尔时代”集成电路产业整体上需要巨额资本的大势所趋。未来将有更多的案例印证“大者更大”这一集成电路产业的普适原则。

11.2.3 工艺和设计密切结合

在“后摩尔时代”，工艺浮动（Process Variation）等因素将严重影响芯片

制造的成品率，提升成品率将是代工厂和设计公司共同面对的重大挑战。芯片设计工程师已经不太可能预测所设计的产品在最终生产过程中可能获得的成品率，许多原来属于生产过程的问题已经迁移到设计阶段，可制造性设计（Design for Manufacturability: DFM）和面向成品率的设计（Design for Yield: DFY）成为必不可少的技术。芯片设计团队必须对芯片制造过程有深入的了解，尤其是工艺参数在制造过程中的变化。这已经成为芯片设计工程师不可或缺的知识。高额的研发成本将要求 EDA 厂商更多地为设计公司提供定制服务，一对一的“贴身服务”将成为 EDA 厂商不得不面对的挑战。

在设计与工艺紧密结合的情况下，集成电路产品的设计费用也将大幅度增长。从财务角度来看，只有通用性的平台化产品才会被芯片设计企业和制造企业所接受。从技术角度来看，在 22nm 节点，单个芯片上可以集成几十亿只晶体管。这样的芯片一定不会是专用集成电路，只可能是通用电路或平台化的电路，如移动通信终端芯片、数字电视芯片等。因此，在“后摩尔时代”，通用器件、平台化器件和大宗专用器件将成为主流。除了少数领域，今天的专用集成电路（Application Specific Integrated Circuit: ASIC）将逐步退出历史舞台。

11.2.4 产业生态发生大变化

相对于制造企业，IC 设计企业投入较少、利润高（毛利一般超过 50%）、发展速度快（行业平均增速的 3 倍）、创新空间大，因而发展迅猛。从 2000 年到 2006 年，IC 设计业全球排名第一的 Qualcomm 公司营业额增长 36 倍。前 20 大 IC 企业中，Fabless 企业已占到 6 家。

根据 GSA 的统计，2011 年，全球 Fabless 行业的销售收入接近 800 亿美元，约占全球集成电路产业的销售收入的 26.7%。现在，除了桌面计算机用中央处理器（Central Processing Unit: CPU）、高端数字信号处理（Digital Signal Processing: DSP）和半导体存储器仍然由 IDM 所把持外，第三代移动通信和近年来兴起的移动互联网产业所依赖的核心芯片基本上都由集成电路设计企业所垄断，设计企业已经成为集成电路产业的核心力量。截至 2011 年 9 月，先进半导体公司（Advanced RISC Machines: ARM）主导的产业联盟已有 705 家成员，涉及芯片设计、软件开发、开发工具、嵌入式系统集成、代工制造等众多领域。

为了顺应产业潮流，我国应优先发展集成电路设计业。在集成电路领域，传统的软硬件划分准则已不再有效，架构设计的内容包括芯片和芯片软件，而且软件收益的比例将超过芯片本身。芯片软件包括底层驱动程序、监控程序、标准应用接口等，还包括操作系统，甚至部分基础应用软件。软件将从被动跟随芯片升级，发展到主动引导芯片的产品定义。

11.2.5 政府的作用更加突显

集成电路产业具有资金密集和技术密集的特点，仅靠企业自身力量难以发展。二十世纪八九十年代，美国政府组织实施了三个关于半导体产业的计划，终于成就美国半导体技术的霸主地位。新加坡通过政府投资公司，先后对特许半导体公司等集成电路企业直接投资达数十亿美元，为企业成长提供了强大动力。韩国政府对三星电子长期扶持，20 世纪 90 年代总共投入 266.5 亿美元，其中大部分投入是政府直接干预下的银团贷款，直到 20 世纪 90 年代中后期，其产业才形成整体规模。台湾集成电路产业起始于当地政府直接投资运作的“工业研究院”，通过政府主导、民营化运作，才造就今天台湾集成电路产业的成功^[1]。

政府的主导作用体现在多个层面，在国家层面，统一的顶层设计和扶持政策是集成电路产业发展的根本保障；在地方政府层面，需要行之有效、落实到位的政策细则，创造良好的发展环境，才能充分调动产业界的积极性，集中更多资源投入到集成电路产业中来。在“后摩尔时代”，集成电路产业所需投资急剧攀升，政府在引导和推动集成电路产业发展方面的作用将更加突显。

11.3 集成电路技术发展趋势

11.3.1 芯片的复杂性进一步提高

集成电路制造的下一个工艺节点将是 14nm。产业界一致认为 14nm 有可能是集成电路制造的工艺拐点。图形曝光技术及 DFM 等缩微技术可以实现 22~20nm 工艺，但突破 14nm 有较大风险。近期，英特尔公司已准备为 14nm 设备

下订单，据此判断，英特尔 14nm 制造工艺应已取得实质性突破。在实验室环境下，采用极紫外光刻（Extreme Ultraviolet: EUV，波长 14nm）及超越极端紫外线光刻（Beyond Extreme Ultraviolet: BEUV，波长 6.8nm）技术已经可以实现 7nm、5nm 工艺。由此可见，集成电路制造工艺仍有继续向前的潜力。

芯片的集成度已经超过 50 亿只晶体管，NVidia 公司最新发布的产品 Tesla GPU 已经集成了 70 亿个晶体管。集成度的提高导致设计复杂度也相应增加，提高设计生产率及其 IP（Intellectual Property）可复用性是今后应该考虑的主要问题。高层次抽象、基于平台的设计等是提高设计生产率的重要手段。“等比例缩小”的芯片技术升级原则已快走到尽头，通过先进封装技术将多种非常规互补金属氧化物半导体（Complementary Metal Oxide Semiconductor: CMOS）器件集成成为高附加值的集成电路产品，将是“后摩尔时代”的另一发展方向。大量异质器件的集成将使系统复杂度大幅增加。工艺节点换代的周期已从两年逐步延长至三年。

11.3.2 新器件、新结构和新材料日趋重要

英特尔率先推出的 3D 晶体管结构是晶体管结构的根本性转变。与之前的 32nm 2D 平面晶体管相比，22 纳米 3D 晶体管在低电压下性能提高 37%，耗电不到一半。工业界普遍认为，对于 14nm 工艺，3D 晶体管是必须的选择。

基于锗化硅（SiGe）材料生长的应变硅技术，能提供更高的器件驱动电流和更快的晶体管速度，将有可能替代硅材料而成为 65nm 以下 CMOS 的主流技术；同时，人们也在开发诸如高 K 栅介质、双栅 / 多栅器件、应变沟道和高迁移率材料和铜互连技术等。此外寻求基于全新原理的材料、器件和电路技术也是另一研究热点，如基于量子力学效应的纳米电子技术、量子信息技术和光计算技术等^[2]。

石墨烯晶体管比硅晶体管功耗低，运行速度快，可制作出性能优良的半导体器件。2011 年 4 月 7 日 IBM 宣布研制成功主频 155GHz 的石墨烯晶体。石墨烯的出现可能使摩尔定律得以延续，从硅时代转向碳时代，值得高度关注。但有些专家认为，石墨烯材料在集成度上要赶上硅材料可能还要相当长的时间。

目前，分子器件、自旋晶体管等新兴逻辑器件的风险仍然较大，但近年来

各种新型非挥发性存储器得到了迅速发展，如铁电存储器、磁存储器、相变存储器和阻变存储器等，其中相变型存储器和阻变型存储器研发尤为活跃。世界存储器市场规模巨大，我国存储器市场已达到 1800 亿元，需要密切注意新存储器件的进展。

11.3.3 “扩展摩尔”成为重要发展路径

“扩展摩尔”（More than Moore）的发展路径是利用先进封装技术（如多层薄膜封装、三维硅通孔、MEMS 真空封装、微组装等）将多种器件（如 SiGe 晶体管、高压晶体管、MEMS 器件、光电器件、图像传感器、生物芯片等）集成为高附加值的集成电路产品。近几年这类产品已在市场上取得成功，如苹果手机 iPhone、任天堂的 Wii 等平台中，其核心处理器和应用处理器性能远远比不上 Intel 的多核 CPU，但是丰富有趣的应用却迷倒了全球上亿的用户。其中各种模拟和混合信号传感器、高性能编解码器等扮演了极其重要的角色。“扩展摩尔”为集成电路产业开辟了另一个维度上的发展道路，将会引发集成电路产业的变革。

ITRS 已经明确系统级封装（SiP, System in Package）将是未来扩展摩尔定律的主要技术。目前，基于硅通孔（TSV）技术的 3D 集成是 SiP 的重要发展方向。系统级封装推动了半导体设计、制造、封装和系统集成的发展，必将改变半导体产业链。

11.4 我国集成电路产业已具备大发展的基础

11.4.1 中国已成为全球最大的集成电路市场

中国是全球最大的[电子](#)产品制造基地。到 2014 年，中国手机产量将达到 11.15 亿部，占全球总产量的 50%；中国笔记本电脑产量将达到 3.28 亿台，占到世界总产量的 80%。巨大的电子整机产能带动了集成电路市场规模的不断上升，中国已经成为全球最大的集成电路市场，图 11.1 反映近五年我国巨大的集成电路市场，2011 年已达到 8065.6 亿元。，约占世界集成电路市场 51%（2011 年全球集成电路市场为 2470 亿美元）^[3]。

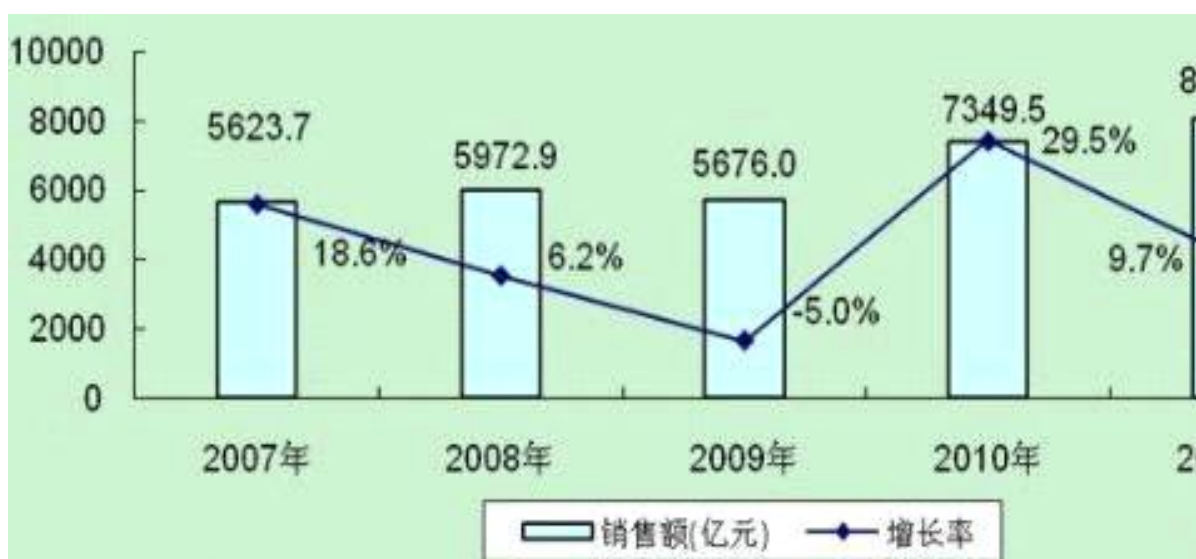


图 11.1 2007—2011 年中国集成电路市场销售额规模及增长率

数据来源：赛迪顾问，2011-2012 年中国集成电路市场研究分析

与巨大的市场需求形成强烈反差的是中国自行设计生产的集成电路产品只能满足市场需求的 20%，不但 CPU、存储器等通用芯片几乎全部要进口，通信、网络、消费电子等产品中的高档芯片也都基本依靠进口，集成电路已连续 8 年成为最大宗的进口商品，2011 年进口额高达 1700 亿美元。

巨大的市场缺口既是压力也是动力，尤其是当前以移动互联网、三网融合、物联网、云计算、智能电网、新能源汽车为代表的战略性新兴产业快速发展，将成为继计算机、网络通信、消费电子之后，推动中国集成电路产业发展的新动力。工信部预计，国内集成电路市场规模到 2015 年将达到 12000 亿元。

11.4.2 我国已形成较完整的集成电路产业体系

到 2011 年，我国集成电路设计产业产值过亿的企业已有 99 家，另外，销售额 5000 万元～1 亿元的企业数量也有 84 家。从 2000 年至今的 10 年间，展讯通信等多家国内集成电路设计公司在美国 NASDAQ 成功上市；国民技术等几家公司成功登陆国内创业板；还有若干家企业已达到上市标准。我国集成电路设计企业规范化管理和运作水平逐步提高，已经获得国内外资本市场的认可。表 11.1 反映近几年我国集成电路设计业营业额的增长十分明显。

表 11.1 我国集成电路设计业营业额的增长

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011
设计业营销额（亿元）	186.2	225.2	235.2	269.9	363.85	473.74
占产业链比重	18.5%	18.0%	18.9%	24.3%	25.3%	30.1%

数据来源：中国半导体行业协会，中国 MRO 网编辑整理

“十一五”初期，全国芯片生产线从 4 英寸线到 12 英寸线总数已达 40 条。中芯国际公司 28nm 工艺线量产预计在 2013 年能够顺利完成。华力微电子 55nm 工艺在 2011 年开始试流片，丰富了我国高端芯片制造的版图。我国年销售额超过 6000 万美元的芯片制造商已超过 8 家，集成电路制造业 2005 年到 2012 年的平均增长率达到 30%。我国集成电路封装业一直保持稳定增长的势头，年封装能力超过亿块的企业超过 9 家，整体技术能力与国际水平的差距正在逐步缩小。

在集成电路制造所需要的关键设备和关键材料方面，如 12 英寸 65nm 步进光刻机、高密度等离子体多晶硅刻蚀机、大角度倾斜大剂量离子注入机、12 英寸硅抛光片、248nm 和 193nm 波长的光刻胶等方面也相继获得一大批高水平成果，这些成果已直接应用在集成电路生产线上。

11.4.3 我国逐步完善集成电路产业的生态环境

在相当长的时期里，国内整机企业对国产芯片认可度不高。国内集成电路产业发展的最大挑战不完全是设计技术问题，而是整机企业“敢用、能用、会用”国产芯片的问题。通过政府、行业协会和相关企业的努力，近几年这种局面开始改变。在部分产品领域，已经形成了产品定义、芯片设计与制造、封装测试的协同开发，形成了多个由芯片设计企业、电子整机企业、系统应用单位组成的战略联盟。依托国家集成电路设计产业化基地，公共服务体系基本建立，已开始为集成电路设计企业提供各类公共服务。以深圳集成电路设计产业化基地为例，截至 2011 年，基地公共 EDA 平台和测试验证平台服务企业 402 家（次），支持设计 971 个；MPW/IP 服务和补贴企业 270 家（次），支持设计项目 516 个，每年约为企业节省 2 亿元的研发投入。

《65-45-32 纳米成套产品工艺》重大专项取得较好成果，有 35 种国产设备与材料进入国内生产线，已累计销售国产半导体设备与材料超过 10 亿元。

近年来，我国集成电路产业发展的良好前景吸引着海外高端人才纷纷回国创业，带动了整体研发队伍水平的提升。我国也加大了集成电路人才自主培养的力度，北京大学、清华大学等 20 所高校成为“国家集成电路人才培养基地”，大批国内培养的集成电路人才已经成为很多企业的中坚力量。

11.4.4 近 10 年我国集成电路的专利申请明显增多

自 2001 年到 2011 年，我国集成电路专利公开数量 161311 件，年平均增长率超过 20%，见图 11.2。2001 年我国集成电路专利公开量 3194 件，2011 年申请专利达到 25000 件，拥有专利数增加表明我国在集成电路领域技术创新活跃 [4]。

图 11.2 2001 年至 2011 年集成电路专利公开年度分布图

数据来源：中国集成电路产业知识产权年度报告（2012 版）

11.5 我国集成电路产业存在的问题和面临的挑战

11.5.1 芯片制造业与国外的差距扩大到两代

代表国内集成电路晶圆制造最高水平的中芯国际公司目前规模位居世界第 4 位，12 英寸线的工艺水平已达到 65nm，40nm 工艺开始小批量生产，但与代工业的龙头企业台积电的 32nm 相比，差距从 1.5 代又扩大到两代。韩国三星 2012 年计划投资 132 亿美元用于产能扩充。台积电每年的研发投入 60 亿美元，而中芯国际每年的研发投入只有 4 亿美元。从目前的研发投入上看不到缩小差距的希望。我国集成电路先进制造中使用的高端装备、专用材料几乎全部依赖进口，说明我国集成电路制造业的基础不强。

11.5.2 我国集成电路生产能力与巨大市场需求不相适应

据统计，截至 2011 年美国建立了 54 条 8 英寸集成电路生产线和 20 条 12 英寸生产线；欧洲有 285 座晶圆厂，其中 12 座晶圆厂具备 65nm 制造工艺；日本建立了 75 条 8 英寸集成电路生产线和 16 条 12 英寸生产线；韩国有 19 条 8 英寸集成电路生产线和 8 条 12 英寸生产线；中国台湾地区共建立了 23 条 8 英寸集成电路生产线和 25 条 12 英寸生产线，占世界 12 英寸集成电路生产线的 32.5%。中国大陆地区集成电路芯片生产线目前还是以 8 英寸以下为主，只有 6 条 12 英寸生产线。目前我国共建立了集成电路芯片生产线 66 条，其中 6 英寸以下生产线占 66.6%（见表 11.2）^[5]。

表 11.2 截至 2011 年我国大陆地区集成电路生产线数量

晶圆尺寸	4 英寸	5 英寸	6 英寸	8 英寸	12 英寸	合计
生产线数	13	11	20	16	6	66

数据来源：中国半导体行业协会， 2011 年集成电路行业发展情况回顾及 2012 年展望

11.5.3 芯片设计企业规模不大、能力不足

据中国半导体行业协会 2011 年统计，我国销售额小于 1000 万元的集成电路设计企业还有 225 家，约占设计企业总数的 40%。与国际水平相比，我国集成电路设计业仍然规模不大、能力不足。据对 105 家较大规模的设计企业的抽样调查，平均毛利率为 27.61%，比国际公认的行业平均毛利水平（40%）低 12.39 个百分点。全行业的销售额接近 110 亿美元，小于世界排名前两位的设计企业销售额之和。

“十一五”核高基重大专项部署了一批关键芯片设计课题，执行情况不容乐观，一半的课题需要延期，少数课题可能难以通过验收。“十二五”的课题要等到 2013 年才能启动。而且国家对“核高基”重大专项的经费支持方式做了新的调整，大量课题只能获得“后补助”，对于自有资金能力不足的集成电路设计业无形中增加了财务成本，IC 设计能力的提升将受到影响。

11.5.4 芯片产品档次不高、竞争力弱

目前，我国集成电路设计企业的主流产品仍集中在中低端，尚未全面进入国际主战场。除了在通信领域有了比较重要的突破外，在微处理器、存储器、可编程逻辑阵列、数字信号处理器等大宗战略产品领域的建树还不多。虽然“核高基”等国家科技计划在这些产品领域给予了较大力度的支持，但受制于软件生态环境、知识产权、加工能力和基础设计能力的不足，我国企业还未能上述领域进入大规模量产，更谈不上全面参与市场竞争。我们在国产 CPU 和操作系统的国防应用、超级计算机用的高性能多核 CPU、动态随机存储器、嵌入式 CPU 等领域取得了重要进步，但与国际先进水平相比还有不小的差距。

过去的 10 年中，我国的芯片设计企业主要是依靠工艺和 EDA 工具的升级实现自身产品的进步。以微处理器为例，英特尔公司早在 0.18 μm 工艺节点就实现了 2GHz 的主频，但我国企业今天使用 65nm 工艺还做不到 2GHz。有些曾经辉煌一时的企业，由于强烈依赖国外厂商的先进 IP 核和外包设计服务，导致产品竞争力下降，经营业绩大幅下滑。

11.5.5 发展战略不清晰，投资分散

我国对集成电路产业的管理，政策在发改委，科研在科技部，产业在工信部，资金在财政部，存在政出多门、相互牵制，难以统一协调的现象。与集成电路有关的国家科技计划，包括国家重大科技专项、“863”计划等，投入不小，但效果不显著。小而散是目前我国集成电路产业发展的现状，有一定实力的省市都在投资生产线，但没有产品类型和发展方向的分工，处于盲目竞争状态。中央财政的支持也不集中，难以培育出真正的龙头企业。据统计，一条产能为每月 4 万片的 45/40nm 生产线比产能 2 万片的两条生产线投资省 25%（前者为 30 亿美元，后者为 40 亿美元），运行费省 40%，排放减少 35%。

目前我国集成电路产业的投资体系缺乏统一的顶层设计，缺乏对民间资本的引导措施。投资体系的不健全已严重影响我国集成电路产业的发展。“十一五”期间，集成电路生产线的投资项目不多，而且投资缺乏继承性，所投项目的市场目标和工艺种类也缺乏明显的前瞻性。如果对 3D 和 22nm 以下工艺线的

投资不到位或投资失误，在“后摩尔时代”我国的先进 IC 设计企业可能面临无处加工芯片的可怕局面。

11.5.6 政策不到位，管理思路需要调整

由于 2005 年已取消 IC 企业的增值税退税政策，与软件企业相比，IC 设计企业享受的实质性政策支持很少。目前 IC 设计企业政策上视同于软件企业，但 IC 设计企业需要支付昂贵的流片制造费，通常需要购买 IP 核，需要 EDA 和测试平台支持，需要积累较多知识产权，人工费用也比软件企业更高，因此，用对待软件企业的政策支持 IC 设计企业不尽合理，应当出台支持 IC 设计企业的专项政策，在税收上给予更优惠的激励。

建议改变政府工作的思路，从抓项目抓评审转变为抓普惠政策的落实，如落实企业按研发投入的 150% 抵扣当年应纳税额等，通过减税来支持真正做研发的企业，才能形成激励创新的公平环境。

11.5 促进产业发展的政策取向

11.5.1 制定国家层面的集成电路发展战略和实施规划

在应用和商业模式越来越重要的今天，集成电路仍然是电子信息产业的基础，要坚定信心大力发展集成电路产业，不能左右摇摆，丧失发展机遇。我国在后摩尔时代发展集成电路的前景不容乐观，只有下定决心，采取非常手段才有可能绝处逢生。首先要尽快在国家层面上做好集成电路科技和产业发展的顶层设计。集成电路是战略性产业，必须充分体现国家意志。在市场配置资源能力丧失或失灵的时候，政府作用不能缺位。政府、企业界、学术界应联合制定中国集成电路发展行动计划，彻底扭转我国重规划、轻战略、资源配置不落实的局面，真正集中资源打造和夯实集成电路产业的发展基础。

在集成电路制造业投资剧增和 CMOS 的替代材料、器件和工艺尚不明朗的情况下，从发展战略上看，我国一方面要加大政府对 IC 制造业的投入，争夺后摩尔时代的发言权；另一方面要大力开展集成电路新原理、新材料、新器件、

新工艺的基础研究，探索跨越式发展的新道路，积极推动“扩展摩尔定律（MTM）”道路的研究开发，争取从 SiP 上取得突破。过去几十年，体系结构的改进对集成电路性能功能的提高也做出了巨大贡献，我国在体系结构方面有一定的基础，应争取在体系结构上另辟蹊径。

11.5.2 统筹安排，优化集成电路产能布局

对长江三角洲、珠江三角洲和环渤海地区的集成电路产业发展做出统筹规划，几家大企业分别选择不同的重点产品发展方向，“有所为，有所不为”，协同发展。设立跨部门的管理机构协调资源分配和各类计划的执行。

国家应加大 IC 产业集群建设力度，鼓励企业合并重组，做大做强，提高产业集中度。一是加大要素资源倾斜和政策扶持力度，推动优势企业强强联合。二是推动多种形态的企业整合，鼓励同类企业整合、上下游企业整合、整机企业与集成电路企业整合。三是通过设立引导资金、直接注资、贷款贴息和减免相关费用等方式，形成一批符合重大产品、重大工艺发展方向，具备一定产业链整合能力的龙头骨干企业。四是鼓励企业扩大国际合作，整合并购国际资源。

11.5.3 设立集成电路发展基金

集成电路产业既是技术密集型的产业又是资金密集型的产业，产业的发展需要巨额资金支持。目前我国外汇储备超过 3 万亿美元，民间资本也非常活跃，应鼓励、引导各类资本进入集成电路产业。

建议设立集成电路产业发展基金，以投资基金的方式快速扩大我国集成电路制造业的规模，提高企业竞争力；同时建立集成电路设计企业整合基金，以投资基金的方式加大整合力度，打造集成电路设计业的航母型企业；还要建立集成电路设计风险投资基金，通过资本的杠杆，持续投资集成电路设计业，防止外资对我优质企业的并购；鼓励系统整机类上市公司并购集成电路设计企业，形成优势互补，做大做强。

据推算，单独建设一条月产 4 万片的 14 纳米生产线需要 100 亿美元。如果要达到比较好的经济规模，则需要达到月产 15 万片的国际先进水平产能，即需要同时建设 4 条生产线，建厂费需要 250 亿美元，加上 150 亿美元左右的新工

艺投入，全周期投资至少需要 400 亿美元。没有生产线就没有发言权，未来 10 年内对集成电路产业必须有巨额投入。

11.5.4 在统一指令系统的基础上完善产业生态环境

硬软件密切配合的生态环境是发展集成电路产业的关键。目前国家支持的集成电路研发和应用采用了五种以上指令系统，软件厂商要分散精力开发移植多种版本的软件，很难形成有竞争力的产业生态环境。政府应鼓励支持集成电路设计企业通过协商和竞争达成共识，逐步形成一个重点发展的指令系统。如果中国的集成电路设计企业全部采用 X86 和 ARM 指令系统，很难有自己的发展权。在政府的大力支持下，中国有可能培育成世界上第三个有强大生命力的集成电路产业生态环境。

引用文献

- [1] 我国半导体产业集成电路芯制造市场贸易分析，2012-09-20 中国产业研究报告网 <http://www.chinairr.org>。
- [2] 王黎蓓等，几种光电信息功能材料的研究进展，《新材料产业》2011 年 5 期
- [3] 2011-2012 年中国集成电路市场研究分析[R]. 北京:赛迪顾问, 2012.
- [4] 中国集成电路产业知识产权年度报告[R]. 北京:CSIA, 2012.
- [5] 2011 年集成电路行业发展情况回顾及 2012 年展望[R]. 北京:CSIA, 2012.

参考文献

- [1] International Technology Roadmap for Semiconductors 2011 Edition.
<http://www.itrs.net>
- [2] Gordon Moore. Cramming more components onto integrated circuits. Electronics, Vol.38, No.8, 1965
- [3] Fontanelli A. System in Package Technology: Opportunities and Challenges
Proceedings of International Symposium on Quality Electronic Design. IEEE Press,

2008

- [4] Intel 22nm 3-D Tri-Gate Transistor Technology. <http://newsroom.intel.com>
- [5] Shaojun Wei. Reconfigurable Computing — evolution of Von Neumann architecture. Proceedings of International Conference on Field-Programming Technology. IEEE Press, 2010
- [6] Handel Jones. Process Technology and Ecosystems. Global System IC(ASSP/ASIC) Service Management Report. IBS Inc. 2012
- [7] 莫大康, 半导体产业的十年巨变.中国半导体行业协会报告.
<http://www.csia.net.cn>, 2012 年 8 月。
- [8] 俞忠钰.中国集成电路产业发展形势分析与应对举措.中国集成电路, 2009 年第 3 期.
- [9] 魏少军.提升竞争能力、夯实发展基础.中国集成电路.2011 年 12 月.

缩略词表

- IC: Integrated Circuit
- EDA: Electronic Design Automation
- ITRS: International Technology Roadmap for Semiconductors
- IDM: Integrated Device Manufacturer
- DFM: Design for Manufacturability
- DFY: Design for Yield
- ASIC: Application Specific Integrated Circuit
- CPU: Central Processing Unit
- DSP: Digital Signal Processing
- ARM: Advanced RISC Machines
- EUV: Extreme Ultraviolet
- BEUV: Beyond Extreme Ultraviolet
- IP: Intellectual Property
- CMOS: Complementary Metal Oxide Semiconductor
- DRAM: Dynamic Random Access Memory

- CSIA: China Semiconductor Industry Association

初稿执笔人：魏少军，洪学海； 审稿和终稿执笔人：李国杰