

# 世界 IC 产业的发展趋势及启示

吴广谋,曹 杰,王 波

(东南大学经济管理学院,南京 210096)

[摘要] 在分析我国集成电路(IC)产业发展过程和现状的基础上,分析了世界 IC 产业的发展趋势,结合我国 IC 产业的特点和世界 IC 产业的发展趋势,提出了如何加快发展我国 IC 产业的 7 点建议,包括:建立松散型纵向结构的 IC 企业组织模式;加大重点投资、制订优惠政策;优化产业结构,提升产业能力;鼓励整机厂商和 IC 设计企业之间的协作;加快发展 IC 产业集群;建设国家级研发中心,提升研发能力;大力加强人才培养,营造成才环境。

[关键词] 集成电路(IC);系统集成芯片(SOC);产业组织

[中图分类号] F062.9 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2007)11-0127-05

## 1 我国 IC 产业发展概况

我国的集成电路产业起步于 1965 年,经历了自主创业、引进提高、重点建设三个阶段,形成了包括设计、制造、封装以及相关配套产业共同发展的产业格局。其中,芯片生产技术已经达到 20.32 cm,0.25  $\mu\text{m}$  水平,其代表性产品是 64 M 和 128 M SDRAM<sup>[1]</sup>。20 世纪 90 年代以来,集成电路产业的平均年增长率在 30% 以上,是全国工农业主要产品中增长率最高的,并且全行业实现盈利,生产能力已不能满足市场需求,同时随着产业的发展,形成了一批科学研究的开发基地和一批骨干人才。然而,我国集成电路产业与世界先进国家和地区相比还存在着很大的差距,局势不容乐观。这主要体现在以下几个方面:**a.** 我国的 IC 产业还比较弱小,市场开拓能力较差,占国际市场的份额仅为 0.7%,国际市场的竞争能力很弱,并且只能满足国内市场需求的 16%;**b.** 就芯片制造业而言,生产能力还明显不足,制造工艺过程中的产出品合格率远低于世界先进企业,因此,生产成本比较高。**c.** 在科学研究方面,设计开发能力弱,特别是高档产品设计和大批量生产技术的研发能力很弱,不足以支持整个产业的良性发展,缺乏自主知识产权<sup>[2]</sup>。

## 2 世界 IC 产业发展态势

### 2.1 SOC 是各 IC 企业发展和争夺的重要市场

21 世纪的微电子科学与技术将是集成系统芯片(system on a chip,简称 SOC)的时代,集成电路(IC)将发展为集成系统芯片。IC 芯片是通过印刷电路板(PCB)等技术实现整机系统的。SOC 包括了一个完整系统运行所需的所有主要集成电路。这些主要的集成电路包括处理器、I/O 设备,将各功能模块连结起来的逻辑线路、模拟线路,以及该系统运行所需的内存。由于要在一块芯片上整合微处理器、I/O 设备、内存等功能模块,因此在设计到生产出一个完美的 SOC 之前,必然会遇到许多技术难题。例如,SOC 首先就要整合逻辑线路和内存功能以便成为单一芯片,这就要克服模块之间的速度匹配问题,从而需要逻辑部分的高速去迁就内存部分的低速。全球各大 IDM 厂与代工厂正在积极地研究这些技术难题的解决方案。再如,芯片的集成还带来了测试的困难,过去各功能模块都是独立的集成电路块,每个模块都有各自的测试仪器和设备,因此每个系统集成芯片需要多个测试机测试,才能确保功能正常,但在整体测试阶段,脆弱的集成电路往往禁不起测试机探针的多次测试<sup>[3]</sup>。

来自消费者的强大需求成为推动业者锲而不舍

[收稿日期] 2004-07-22; 修回日期 2007-09-29

[作者简介] 吴广谋(1959-),男,浙江义乌市人,东南大学经济管理学院教授,研究方向为企业管理

地寻找 SOC 的可行之道。根据 IC Insights 的调查,平均每部移动电话中的 IC 数目从 1997 年的 21 个,下降到 2000 年的 12 个,目前该数字仍在下降<sup>[1]</sup>;据 Dataquest 统计,2000 年世界 SOC 全球产值约为  $2 \times 10^{10}$  美元,2003 年全球 SOC 产值为  $3.12 \times 10^{10}$  美元,但 2007 年将成长到  $5.57 \times 10^{10}$  美元,这也是我国 IC 设计业者未来的主要战场之一<sup>[4]</sup>。虽然 SOC 产值相对于近  $3 \times 10^{11}$  美元的世界集成电路总产值而言还很小,但其发展势头很快,已成为目前世界集成电路发达国家和地区重点发展领域。

## 2.2 以设计企业为核心的企业联盟快速发展

集成电路产业正面临着新一轮的产业组织调整。在这个过程中集成电路产业的部分领域将会出现更细致的垂直分工,新的竞争将不再停留于产品价格、质量、渠道,而是核心技术的竞争、知识产权的竞争。以掌握核心技术及其知识产权的设计企业(Fab-less)为龙头,结合相关的服务企业(Chip-less)、代工厂商、封装厂商而组成的虚拟或联盟企业已经逐渐成为集成电路产业发展的新趋势。

实际上,这种企业联盟在美国、台湾等国家和地区已经大规模出现,更有甚者,将最终的产品或服务商都包括进来<sup>[5]</sup>。并且这种联盟往往会由最终产品或服务商与设计公司牵头建立。基于这种模式建立的企业联盟非常有利于推动集成电路产业及其产品应用的发展,有利于先进技术的运用、交流和增值。这样的组织方式在经营上也很灵活,随着主流技术和核心技术的改变可以随时找到市场和服务对象,同时资源的有效组合减少了单个企业投资众多垂直分工领域所带来的组织风险和投资风险,有一定的风险规避功能。

## 2.3 IDM 企业和代工厂之间联盟关系快速发展

集成电路产业更细致的垂直分工有利于产业的发展,而且已经成为该产业的组织模式变迁的重要趋势。虽然作为 IDM 企业拥有自己的核心技术和信息秘密,同时又有资金、技术实力进行垂直一体化的经营,但是产业的发展又促使他们必须将自己的部分产能外包,于是就涉及到秘密可能外泄的问题。于是,同代工厂之间建立长期的联盟关系以保证技术秘密的安全性至关重要。联盟的方式主要以共同投资为主,例如,英飞凌在和 Mosel 合作受到挫折后,决定与联华电子各出资  $1.7 \times 10^9$  美金修建了新的制造工厂;AMD 和台湾联华电子也建立了相应的联盟关系。

由于 Intel 公司掌握了微处理器的绝大部分的市场和世界先进的集成电路设计及生产技术,为了技术保密,它目前仍没将其部分产能外包。但是 Intel 公司内部也进行了垂直分工的组织调整。可以预见,集成电路产业内的长期联盟状况将会更多<sup>[6]</sup>。

## 3 对我国集成电路产业的启示

我国的集成电路事业起步并不晚,与日本起步时间相当。但是由于我国的集成电路产业产生于计划经济时代,起源于军事应用,所以带有强烈的计划经济特征和政治色彩。近 40 年来,我国的集成电路产业发展较慢,已不能满足国内的市场需求和国家的战略需要,因此加快我国集成电路产业的发展具有重要的意义。

为了快速发展我国的集成电路产业,首先必须顺应世界集成电路产业发展的大方向,对我国集成电路产业组织模式进行调整;其次,必须大力加强机制创新、提供优惠政策和进行投资环境建设;最后,必须大力发展自主的、有知识产权的集成电路技术,大力加强科学研究和人才培养。

### 3.1 建立松散型纵向结构的 IC 企业组织模式

由于我国主干集成电路企业大都是根据国家计划拨款建立的,因此先期资金投入严重不足,而又都采用了纵向一体化的组织模式,从而使企业内各个部门的市场竞争力不足,企业缺乏核心竞争力。在设计领域具有自主知识产权的产品不多,很多产品是通过反向工程或模仿而开发的;在制造、封装、测试领域由于投资不足,造成产量较小,没有形成规模生产的优势;产品销售不能引领市场方向,个别厂商的部分产品可能成为国内市场主流,但大多数产品和厂商只能作为国内市场的补充者。

其次,在紧密型纵向一体化组织模式下,企业的生产线是按照产品类型设计的,一旦某类产品产量增加,必然要求整条生产线的生产规模扩大,造成了每个工艺段都必须加大投资,最终往往由于分散投资而造成“成长与投资不足”的状况。

因此,有必要对我国主干集成电路企业的组织模式进行调整,增加企业内部的垂直分工,将传统的紧密型纵向结构转化成松散型纵向结构,增加企业内部组织的垂直分工,将设计、制造、封装、测试等相关工艺部门分开,建立独立的职能部门进行管理运作。同时要有效整合企业内各类资源,突出核心业务,建立合理可行的盈利模式。例如,对于集成电路

芯片设计能力强的企业则可将主营业务放在设计方面,通过投资新设备和大量引进人才来提升企业的技术含量和研发能力,除了有关于知识产权保护的产品在内部生产,其他产品都可以采用外包方式生产,保证企业资源的有效运用;对于生产能力强,制造工艺先进的企业则可将主营业务放在制造领域,通过代工的方式来发挥其强大的制造能力,而设计业务则可以通过合资或转让甚至出售的方式进行运作,在确立了其核心能力和合理盈利模式之后,然后再设法进入设计领域。

### 3.2 加大重点投资、制订优惠政策

由于集成电路制造是个资本密集型行业,新建建立一个 30.48 cm, 0.13  $\mu\text{m}$  的晶圆生产厂需要投资  $3 \times 10^9$  美元,因此在国内建造集成电路制造企业一定要充分定位,谨慎投资,一旦投资就要上规模出效益,突出核心竞争力。因此,这类新建企业要大力拓展代工业务,保证充足的业务量和稳定的现金流,努力提升其制造技术和设备以及工艺研发能力。由于投资巨大,政府可考虑跨越技术发展阶段的投资,例如,可以越过 0.18  $\mu\text{m}$  的技术直接投资 0.13  $\mu\text{m}$  的,甚至更先进的光刻技术。

政府除了引进境外先进企业来大陆投资外,还应该制订优惠政策,鼓励国内外优秀集成电路设计人才进行创业,开创一个良好的风险投资环境,通过技术的交流来快速提升我国集成电路设计水平。遵循市场规律任其发展,不进行干预,但可以做一定发展方向的指导。如 SOC 是今后集成电路产业发展的重点,具有广阔的市场空间和用途,而我国大陆又是预期世界最大的消费性通信与信息产品市场,正是 SOC 的用武之地。因此在规划设计业时,可以制订更多的倾斜政策鼓励 SOC 产品的开发研制,以及原创性知识产权技术的开发。

### 3.3 优化产业结构,提升产业能力

目前世界集成电路产业中具有明显的分工细化趋势,因此我国在发展集成电路产业时应进行产业细化,健全产业结构,充分利用国内外的人力资源等。例如,国内拥有自主知识产权的高端芯片设计技术很少,则可以先从服务设计(chip-less)开始,首先为境外芯片设计企业(fab-less)提供服务,逐步积累经验和技术,然后再向高端芯片设计发展。目前国外许多集成电路设计公司正是看好了国内丰富的人力资源,纷纷来建立服务设计企业,为其设计公司进行有关设计工作。

今后集成电路产业将在设计领域发生激烈的竞争,生产领域由于专业代工企业的发展、壮大和生产线的投资剧增将不会出现激烈竞争的局面,这是通过产业的逐步调整而达到一种均势。设计领域的竞争也主要集中在硅 IP 上,因为集成电路产品是以硅 IP 技术为基础的,例如,要设计主频为 266 MHz 的微处理器,只要设计企业掌握了主频 133 MHz 处理器的 IP,在原来基础上进行超频(2 倍频)就可以达到,从而省略了许多重新研发的时间,有利于快速和先期进入市场掌握市场主动权。根据这个趋势,我国在集成电路企业培养过程中应该有的放矢,可以通过委外设计业务来提升集成电路设计业的技术含量,扩大产品的应用领域,逐步掌握和开发出拥有自主知识产权的技术与产品,提升产业能力,参与国际竞争。

### 3.4 鼓励整机厂商和 IC 设计企业大力协作

整机厂商作为集成电路产业的最终产品和服务用户,是集成电路企业主要服务对象,特别是设计企业。然而由于我国在设计业比先进国家落后,自主知识产权技术少,因而大多数整机厂商从国外引进高级芯片来提升产品的档次。由于引进的高级芯片价格较高,因此,这些整机厂商只能获得较低的利润。

在指导我国集成电路产业发展时,要倡导最终产品生产商和设计企业的合作发展。另外,如上所述,今后发展最快和竞争最激烈的市场将是 SOC,因此除了少量技术较强的企业从事基础芯片研究外,都应将注意力集中于 SOC 芯片的设计和相应功能芯片的国产化。这样将在以下方面起到促进作用:  
**a.** 是国产化的提高有利于整个产业技术优势和能力的提高;  
**b.** 有利于利用国内较低的人力成本优势,降低价格而增加国际竞争优势;  
**c.** 降低成本有利于国内人民消费,提高国民生活水平;  
**d.** 有利于开发符合中国国情和人民需要的产品;  
**e.** 有利于开发出拥有自主知识产权的产品;  
**f.** 有利于提高集成电路产品的质量,摆脱产品纵向差异化竞争中的困境。

当然,随着我国集成电路产业的快速发展,由设计企业和最终产品生产商共同推动的合作必将逐步演变为长期联盟或虚拟企业集团。但是政府的有效引导也必将有利于促成集成电路产业的更快发展,不但紧跟世界发达国家和地区,更应该赶上这些地区。在这个过程中,成立民间的集成电路设计企业

商业行会将有利于推动这一事业的发展。

### 3.5 加快发展 IC 产业集群

产业集群对集成电路产业发展的推动作用和影响不可低估。因此可以根据地方的技术密集度、人力资源状况和生活条件等因素,重点建设一二个设计园区,形成类似美国硅谷和台湾新竹工业区的产业集群,加速产业发展。这些地区除了有相应的制造封装企业外,更重要的是,要有最终产品生产厂商,这样更加有利于利用集群交易成本低和信息畅通、有效交流的优势<sup>[7]</sup>。

在建立产业集群的同时,要注意配套支持产业和相关组织的建设。例如,目前我国的亚深微米生产线和设备,主要是从国外引进的,不利于下一代制造工艺的开发,因此相应的设备制造和原材料生产产业也要发展,而同业行会也是必不可少的机构,它将指导本集群甚至整个国家相关产业的发展方向<sup>[3]</sup>。

### 3.6 建设国家级研发中心,提升研发能力

在集成电路产业的发展过程中,自主知识产权是形成核心竞争力的关键,这是因为 IC 产业是资金高密度、技术高密集、高度国际化的产业,但真正阻碍我国进入国际 IC 产业俱乐部的是技术。因此,没有在半导体产品设计和制造工艺技术上的一批自主知识产权,就永远难于在国际市场中生存。

技术研发活动是形成自主产权的核心,全球各国发展 IC 产业过程中,技术研发活动都起着真正的支撑作用<sup>[8]</sup>。因此,在发展集成电路产业群的同时,加强其生产技术的开发力度,为建设具有自主知识产权的、可持续发展的我国集成电路产业奠定基础,为今后 5 年至 10 年的产业提供技术来源。由于 IC 产业是高投入、高技术的产业,因此为了加速我国 IC 产业自主知识产权的建设,必须建设国家级大生产技术研究开发中心。中心的重点任务是面向市场、面向企业、面向核心竞争力;配合大生产企业开展 0.25~0.13  $\mu\text{m}$  的工艺模块和相关的专用关键设备研制和重大专项产品开发;开发 0.1  $\mu\text{m}$  为中心的,完成以 0.13~0.07  $\mu\text{m}$  特征尺寸的集成电路大生产技术,攻克全国集成电路企业升级换代所缺少的工艺技术以及部分专用关键设备;集成 0.1  $\mu\text{m}$  以下的基础研究成果,使之产业化;支持 32.48 cm 硅片生产线的实用化。并且,这个研究中心应注重国际合作,寻找国际战略伙伴,加强对外开放,吸引全世界优秀人才。

### 3.7 大力加强人才培养,营造成才环境

集成电路的概念早在 1952 年由英国 Dummer 博士提出,但 1958 年的发明却在美国,其中主要的原因是美国有相关的技术基础和军事需求,有大量的复合型人才和多学科组合的攻关队伍。反观国内,现实的情况是高级工程技术人才和设计人才极度短缺,仅就人才数量而言,中国的 IC 设计人才不足万人,更不用说质量上的差距了。因此,要加速集成电路产业的发展,人才培养是关键。首先,要增加微电子人才培养的量,其次,可跨越现有专业界限,培养既懂系统又具有微电子基础的复合型设计人才,第三,建立可为高年级本科生、硕士生、博士生提供设计创新实践机会的芯片技术教育与服务体系。只有把人才培养列为战略措施,建立宽松的环境,设计有效的激励机制,提升产业规模,努力留住人才,才能够为我国 IC 产业的发展提供足够的智力支持。

## 4 结语

集成电路作为战略性基础产业,在国际竞争中具有威慑力量,也是经济发展的基石,产业规模和科学技术水平是 21 世纪国家综合实力的重要标志之一。当前是我国发展集成电路产业和科学技术的极好时机,无论是国际条件、国内条件还是信息产业和集成电路技术发展历史阶段都证明了这一点。但是我国 IC 产业的规模小,制约了我国国民经济和国防建设的发展,同时缺乏自主知识产权始终是我国 IC 产业的“软肋”。而世界先进国家的集成电路产业发展在技术上日益重视难度很大的 SOC,逐步建立一些 IC 产业链中战略联盟,并且在专业代工方面也取得了很大的发展。针对国内外的情况,提出了一系列的对策建议,可为我国集成电路产业的发展提供参考。

致谢:感谢《无锡华润华晶组织结构变革模式研究》课题组的支持。

### 参考文献

- [1] 张子平. 半导体集成电路产业技术现状及发展前景[J]. 信息技术与应用, 2003(4):31~33
- [2] 许居衍, 赵建坤. 集成电路产业的竞争战略地位[J]. 微电子技术, 2000 28(1):1~5
- [3] 万天才. 我国集成电路产业发展对策初探[J]. 半导体杂志, 1999, 24(1):14~18
- [4] 于宗光. 世界集成电路——十年风光世界惊 设计加工两得意[J]. 电子产品世界, 2003, 8(15):27~32
- [5] Gruber H. The evolution of market structure in semiconductors: the

role of product standards[J]. *Research Policy*, 2000, (29):725~740

IC产业的启示[J]. *东南大学学报(哲学社会科学版)*, 2003, 9(5):23~26

[6] Gruber H. Trade policy and Learning-by-doing: the case of semiconductors[J]. *Research Policy*, 1996, (25):723~739

[8] 谈儒勇. 我国集成电路设计产业发展模式探讨[J], *中国工业经济*, 2002, 174(9):38~45

[7] 王波, 赵建坤, 吴广谋. IC产业组织模式的变革及对我国

## Development Trend of the World IC Industry and Its Enlightenments

Wu Guangmou, Cao Jie, Wang Bo

(*School of Economics & Management, Southeast University, Nanjing 210096, China*)

[**Abstract**] In this paper, developing process and current state of Chinese IC industry are analyzed firstly. Then development trend of world IC industry is introduced, and seven pieces of advice on how to accelerate Chinese IC industry are presented; to construct incompact and lengthwise direction IC enterprise organization mode; to invest more in important domain in IC industry and constitute preferential policy; to optimize IC industrial structure and improve its capability; to encourage the collaboration between complete appliance firms and IC design firms; to accelerate the development of IC industry colony; to build state research center and improve the capability of research and application; to cultivate the talented person and build better situation in IC industry.

[**Key words**] IC industry; system on a chip; industry organization

---

(上接第 119 页)

## Explanation of Essence of Engineering

### ——On Relationship between Engineering and Science and Technology

Huang Zhengrong

(*The Construction Co. No. 9, Chongqing Construction Group, Chongqing 400081, China*)

[**Abstract**] Engineering is a construction activity and process to reform the nature under certain restriction (including decision., design, construction and evaluation ), following necessary procedure, design documents, regulations, rules and standards to integrate basic production elements and resource with specific related engineering science, engineering technology and management principles, its final result is an engineering body with predetermined functions. The essence of engineering is the sum of mass activities to utilize and reform the nature .The basic characters of engineering are integration, mass involved, dynamic and with agreement. The close relationship between engineering and science and technology expresses the incorporation of engineering and science and technology, as well as confluence, unity and interaction of engineering with science and technology.

[**Key words**] engineering; essence of engineering; characters of engineering; globalization of engineering; incorporation of engineering and science and technology