

面向 21 世纪的世界集成电路工业

World' s IC Industry Faces the 21st Century

谢常青
(中国科学院微电子中心 北京 100010)

1958 年世界上第一块采用全平面工艺研制的硅集成电路(IC)问世,由此揭开了人类社会进入“硅器”时代的序幕。30 多年来 IC 技术的发展迅猛异常,已经完成了小规模集成电路(SSI)、中规模集成电路(MSI)、大规模集成电路(LSI)和超大规模集

成电路(VLSI)的发展阶段,目前正在进入特大规模集成电路(ULSI)时代。表 1 表示的是被誉为“IC 工业技术激励器”的动态随机存储器(DRAM)的发展历程和趋势。

表 1 DRAM 的发展历程与趋势

年份(年)	1970	1973	1976	1979	1982	1985	1988	1992	1995	1998	2001	2004	2007	2010
集成度(位)	1K	4K	16K	64K	256K	1M	4M	16M	64M	256M	1G	4G	16G	64G
每芯片晶体管数(万)	0.24	0.92	4	14	60	240	920	4000	14000	50000	200000			
特征尺寸(微米)	12.0	8.0	5.0	3.0	2.0	1.3	0.8	0.5	0.35	0.25	0.18	0.13	0.1	0.07
硅片直径(英寸)	2	2.5	3	4	5	6	6~8	8	8~10	8~10	12	12~14	14~16	16

一、世界 IC 市场及 IC 未来发展特点

在电子信息产业发展过程中,IC 技术在计算机系统、通信设备、国防现代化、工业应用和人们的日

常生活等许多领域都发挥着越来越重要的作用。据报道,发达国家国民经济总产值增长部分的 65%与 IC 有关。表 2 是世界半导体贸易协会(WSTS)于 1996 年 5 月公布的 IC 市场情况。

表 2 WSTS 公布的 IC 市场情况 (单位:亿美元)

年份	1994	1995	1996	1997	1998	1999
美国	305.049	431.144	465.459	508.110	589.333	704.678
欧洲	171.099	244.053	272.802	301.478	350.670	418.949
日本	240.322	329.703	332.404	364.294	415.931	485.651
亚太地区	165.113	255.650	278.165	311.915	374.541	462.941
世界总额	881.583	1 260.551	1 348.831	1 485.797	1 730.476	2 072.219

由表 2 可见,1995 年亚太地区对 IC 的需求已经超过欧洲,世界 IC 市场将以经久不衰的姿态进入 21 世纪。概括起来,面向 21 世纪的 IC 工业有如下特点:

- (1)IC 技术是现代工业的“粮食”,是“电子革命的原动力”,IC 工业技术的迅猛发展将促使电子工业在不久的将来取代汽车工业成为全球第一大产业。
- (2)全球通讯、设备自动化将持续刺激 IC 市场,多媒体、工作站、网络和笔记型电脑的发展将带动新一轮的 IC 发展,强烈的市场驱动构成了 IC 产业的基本特点。

- (3)全球 IC 企业的联合趋势将进一步加强。IC 工业是“吞金”工业,预计要新建一条月产 300 万块 10 英寸 1GDRAM 芯片的生产线需要 120 亿美元的投资,如此巨大的投资和风险将迫使全球 IC 企业不得不采用联合方式来开发新一代 DRAM。
- (4)IC 产业的巨大魅力除将促使现有 IC 企业不断扩大投资外,还将吸引传统工业企业相继加入。
- (5)IC 工业技术在国防安全中所占的越来越重要的地位将引起各国政府的注意。

二、世界 IC 工业格局

必要先看一下美国数据调查公司公布的近几年来世界前 10 大 IC 供应商的排名情况(见表 3)。

美国作为晶体管和计算机的发明国,从 60 年

在展望世纪之交的世界 IC 工业格局之前,有

表 3 近年来世界前 10 大 IC 供应商的排名 (单位:亿美元)

排名	1993 年		1994		1995	
	公司名称	销售额	公司名称	销售额	公司名称	销售额
1	英特尔(美)	79.50	英特尔(美)	101.21	英特尔(美)	139.97
2	日本电气(日)	61.73	日本电气(日)	79.44	日本电气(日)	106.32
3	摩托罗拉(美)	59.73	东芝(日)	75.07	东芝(日)	96.19
4	东芝(日)	57.54	摩托罗拉(美)	72.37	摩托罗拉(美)	92.78
5	日立(日)	50.38	日立(日)	64.85	日立(日)	86.07
6	德州仪器(美)	40.03	德州仪器(美)	52.80	三星电子(韩)	77.87
7	三星电子(韩)	30.47	三星电子(韩)	48.93	德州仪器(美)	77.82
8	富士通(日)	29.31	富士通(日)	38.58	国际商业电器(美)	66.01
9	三菱(日)	28.04	三菱(日)	37.35	富士通(日)	53.67
10	国际商业电器(美)	25.10	飞利浦(荷兰)	29.05	三菱(日)	51.64

代 IC 工业兴起到 80 年代中前期,美国的 IC 工业都是绝对领先于世界的。但是到了 80 年代中后期,其世界头号 IC 霸主地位被日本夺去,美国除在科学研究、材料、检测等少数技术领域尚有一定竞争力之外,绝大部分技术领域优势都已衰落。由此导致美国的许多工业领域,尤其是军事装备领域越来越依赖于日本。为了扭转 IC 工业的不利局面,1987 年美国成立了由多家大型 IC 厂商组成的“半导体制造联合体”,以促使国内 IC 设备制造企业联合开发先进的 IC 设备;同年美国国会成立“美国国家半导体咨询委员会”,该委员会定期向总统提交 IC 调研报告和政策建议;1989 年在美国政府的支持下,14 家 IC 企业成立了“半导体技术联合体”;1991 年美国与产业界联合制订了“微电子 2000 规划”,旨在开发 0.12 微米的 IC 技术,并促进美国 IC 设备制造工业的繁荣。政府对 IC 工业的高度重视、强大的 IC 工业基础和 IC 人才优势是美国 90 年代重新成为世界 IC 头号霸主的主要原因。

日本的 IC 企业目前在本土投入了巨额资金来发展面向 21 世纪的先进 IC 技术。1995 年日本电气公司首次在世界上采用 0.2 微米技术研制成功 1G DRAM,显示了其强大的 IC 实力。1996 年以日本电气公司为首的 10 家日本 IC 厂商出资 5 000 万美元建立“先进半导体技术研究所”(ASTI)。它将进行一个为期 10 年,耗资 3.5 亿美元的先进芯片技术研究项目,还致力于新一代 IC 制备和材料的评价工作,并对日本国内外适合 300 毫米的 IC 设备进行研究。要特别指出的是,日本具有非常强大的 IC 设备研制能力。如日本东京电子公司、尼康公司、佳能公司、日立公司等企业都具有很强的 IC 设备设计和制造能力。这毫无疑问是日本抢占 21 世纪 IC

制高点的一个重要砝码。

西欧 IC 工业水平在 1990 年前与美日存在较大差距,但西欧不甘落后。1988 年底德、意、法等 16 个西欧国家 30 多个 IC 企业、研究所和大学联合实施了“欧洲亚微米硅技术加工计划”(即 JESSI,该计划是尤里卡计划的一部分),总投资达 30 亿美元,主要从事 IC 的应用、技术开发、设备制造、材料和基础研究,该项目已于 1996 年 12 月完成。JESSI 的实施使西欧在 1990 年掌握了 0.8 微米的 4M DRAM 技术,1993 年掌握了 0.5 微米的 16M DRAM 技术,1996 年掌握了 0.35 微米的 64M DRAM 技术。IC 工业已经成为欧洲目前增长最快的工业,其产值已超过欧盟国民生产总值的 5%。JESSI 的巨大成功极大地鼓舞了欧盟发展世界级 IC 技术的决心。1997 年起,欧盟各国将联合开展名为“欧洲微电子应用发展”(MEDEA)的项目研究。该项目侧重 IC 应用研究,预计投资 30 亿美元。欧洲 IC 工业技术迅速提高的一个重要因素是 IC 企业很重视产学研的有机结合。如法国和意大利合办的 SGS—汤姆逊微电子公司的研究人员在企业生产线旁边进行研究工作,其成果可以直接应用于生产中。该公司由此成为欧洲 IC 企业三强之一(另外两强是德国的西门子公司和荷兰的飞利浦公司)。可以说,目前西欧的 IC 工业水平与美日的差距已经不存在。

东欧各国受经济、社会和政治等因素的影响,其 IC 工业水平与西欧存在很大差距。由于通货膨胀、军用 IC 订单大幅度减少、IC 产品过时和 IC 设备陈旧等诸多原因,东欧的 IC 工业正面临着沉重打击,已有 150 多家 IC 企业倒闭。东欧目前的 IC 工业水平仅为 3.0~1.2 微米水平,与 1989 年相比

几乎没有任何进展。但是预计近年来东欧的 IC 市场份额将有较大增长。

俄罗斯在未来的 IC 国际竞争中的前景并不明朗。前苏联早在 1985 年制订的“20 年科技综合发展纲要”中就特别强调要发展 IC 工业,但其执行情况并不理想。俄罗斯受政局不稳等因素影响,目前其 IC 产值比前苏联顶峰时期下降了近 25%。此外,俄罗斯的 IC 人才的大批外流也使其 IC 工业面临严峻考验。1994 年 5 月俄议会通过了“国家电子发展计划”,以振兴俄罗斯的 IC 工业。该计划目前已筹资 1 亿美元研制 0.8 微米生产线。另外,目前俄罗斯通过大幅度提高进口 IC 产品关税等手段来保护自己的 IC 工业,并鼓励国外 IC 企业来俄投资建厂。俄罗斯的高等教育底子雄厚,拥有一定的 IC 设备制造能力,政府对 IC 工业很重视,西方国家有可能放宽对俄的 IC 技术出口限制,这些因素有可能使俄在未来 IC 国际竞争中占有一席之地。

韩国之所以能在短短 20 多年的时间里跻身于世界 IC 工业强国之列是与其政府的大力支持分不开的。80 年代初韩国就制订了 DRAM 计划(该计划是韩国“国家高技术开发计划”的重要部分)支持韩国 IC 企业从美国和日本购买 IC 技术。现在韩国科学研究总预算的 7.5% 用于 DRAM 的发展。另外,韩国政府对 IC 企业实行了低利息贷款和税收优惠等政策。可以说,如果没有韩国政府的大力支持,韩国三星企业今天不可能成为世界最大的 DRAM 供应商。但是韩国国内目前尚无自行研制先进 IC 设备的能力,这可能对其 IC 的长远发展不利,为此韩国政府与几大公司于 1994 年投资 6 200 万美元研制国产的 IC 设备。

我国台湾的 IC 工业在 60 年代主要经营封装,70 年代开始 IC 设计和加工技术研究,80 年代随着大批 IC 人才回流台湾,IC 工业由此取得了很大进展。1990 年由于台湾当局开始实施“亚微米开发 5 年计划”,该地区目前掌握了 0.35 微米生产技术。1995 年台湾的 IC 产值已达到世界 IC 产值的 3%。

新加坡的 IC 工业水平在亚洲仅次于日本、韩国、我国台湾而名列第四。70 年代新加坡就成为世界重要的 IC 封装基地。80 年代以来新加坡的 IC 工业逐渐由封装业向制造业和设计业过渡,同时国外有多家 IC 企业在该国投资建厂。1995 年该国具备了 0.35 微米的生产能力。

马来西亚目前正在投资 13 亿美元筹建该国第一条现代化水准的 0.35 微米的硅片加工生产线。

综上所述,目前的世界 IC 工业格局是美日两国争霸,欧洲迅速崛起,亚太地区最具发展潜力。

三、我国的 IC 现状和发展面临的问题

我国早在 1965 年就研制成功第一块 IC 产品,

仅比美国晚 7 年,与日本同步,比韩国早 10 年。但是由于种种原因,目前我国的 IC 水平与发达国家存在很大差距,而且这种差距目前有进一步拉大的趋势。不过改革开放以来,我国的 IC 工业还是取得了很大进展。在产量方面,1988 年我国的 IC 产量突破 1 亿块大关,1995 年达到 4.7 亿块。在技术方面,1994 年中国华晶电子集团公司开始批量生产 3 微米产品(相当于国外 70 年代末的水平),1996 年我国自行开发成功 1.5 微米成套工艺技术。

我国具有巨大的 IC 市场(据预测,“九五”期间我国 IC 需求量可达 300 亿块),但是我国国产的 IC 产品仅能满足国内需求的 15~20%,而且大多数属于低档产品。另外,我国的芯片设计能力也较差,比如我国虽是世界电视机生产第一大国,但电视机中的关键芯片却不能自行设计。我国的 IC 工业水平明显与其国际地位不相称,因此我国政府已经多次强调要重点发展 IC 工业,并决定投资超过百亿元人民币发展一项名为“909”的 IC 工程。1996 年 11 月 27 日作为“909”工程主体的上海华虹微电子有限公司超大规模集成电路项目奠基。该工程拟建设一条采用 0.5 微米技术、8 英寸硅片、月产 2 万片的生产线,并建设数个 IC 设计公司和一条 8 英寸硅单晶生产线。预计该工程将对我国的 IC 工业水平产生重要影响。

要发展我国的 IC 工业目前至少面临如下问题:

(1)西方国家的 IC 先进技术封锁问题。实践反复证明,由于意识形态障碍,我国不可能像韩国或台湾地区那样直接从西方国家进口先进的 IC 技术。一个典型的例子是我国目前可以花大价钱引进 0.8 微米的 IC 生产线,但是绝对不可能引进 0.35 微米的生产线。

(2)民族 IC 工业问题。由于我国的 IC 企业目前大部分已经合资经营,我国的民族 IC 工业正在面临严峻的局面。

(3)IC 设备国产化问题。IC 工业界素有“一代设备,一代技术,一代产品”的说法,一部世界 IC 工业发展史是与 IC 设备制造史息息相关的。遗憾的是我国的 IC 设备国产化工作一直没有搞好,陷入了“引进一代,研制一代,丢弃一代”的怪圈。其原因恐怕是低估了我们现代化技术装备国产化的能力。

(4)IC 人才问题。一切技术的竞争归根到底是人才的竞争。IC 人才的缺乏是一个世界性的问题,即使是美国这样的头号 IC 大国也一直被缺乏优秀的 IC 工程师和熟练 IC 工人的问题所困扰。我国更缺乏优秀的 IC 工程师,尤其缺乏既懂设计,又懂系统和工艺的 IC 工程师

IC 技术是当今世界发展最快的高技术之一,它
(下转第 51 页)

不能单纯地把林业看成是一个森林工业,更不能把它看成是大农业的一个分支,应该赋予它与水利、电力、基础设施同样的地位,把它真正看作是一项基础产业来对待。同时,必须把林业与水利、农业的发展,以及环境改善和扶贫工作,联系在一起,从整体上考虑,以解决问题。

近几年我国水旱灾害随着经济增长而日渐频繁的事实警示我们:增强抗御水旱灾害的能力,不能单纯地就水灾谈水灾,就防洪谈防洪;仅仅凭借大规模的工程治理远远达不到长治久安的目的。水旱灾害日渐增加、治而不安的症结,就在于仍然没有突破我们多年来以堵与疏为主的工程治理。上游与下游不协调,水利与林业不协调,区域与区域不协调,学科与学科不协调,致使水利工程、水土保持、种草植树等各个部位脱节。特别是,部门与地方许多短期行为政策的出台,对自然资源实行急功近利的所谓的“靠山吃山”、“靠水吃水”、“有水快流”的掠夺式经营和“先生产、后治理”的做法,事实上抵消了不少工程治理的效果,加大了我们减灾防灾的困难和成本。所以根治水旱灾害,必须顺应自然规律,从自然、经济、社会的角度出发,整体上考虑并解决问题,才能真正扭转目前一边治理一边破坏生态环境,局部改善、整体恶化的局面,才能扭转重工程治理、轻生态治理,重下游、轻上游的决策偏好。为从整体上考虑并解决问题,必须尽快调整防治水旱灾害和环境治理的方针政策,特别应实现由单纯的调控洪水向调控洪水与调整社会经济发展并举的方向转变。关键在于,在各大江大河的流域整治上,要树立全局、长远、科学的观点,本着治标与治本相结合、工程措施与生物措施相结合、生态环境的重建与经济开发相结合的方针,调整投资比例,适度向水土保持、种树种草、建立防护林体系倾斜。应制定江河上游建立生态防护林体系的规划,并纳入经济、社会发展的规划和计划,统一安排。

六、坚定地推行对国土的生物工程治理,采取强有力的措施拯救林业

当前,国家应尽快从以下几方面调整对林业的产业政策,尽最大努力为林业发展创造条件。

1. 将环境的考虑置于制定林业政策和发展战略的核心

(上接第 29 页)

的迅猛发展和它在电子技术中的广泛应用极大地促进了国民经济的发展和国防实力的壮大,其技术水平与产业规模已经成为衡量一个国家经济发展、技术水平和国防实力的重要标志。十年动乱使我国痛失发展 IC 工业的第一次机会,80 年代初关于“中

在制定政策时,应对减灾防灾和环境改善的考虑置于制定林业政策和林业发展战略的核心,使林业发展与中西部地区的开发、扶贫工作和可持续发展的农业结合起来。

2. 要从用材林为主转为涵养林为主

目前我国后续森林资源远远接替不上,成过熟林蓄积只有 20 多亿立方米。而且,现仅存有的一批大森林几乎都处于松花江、长江、黄河的上游,它们最大功能和效益恰是在生态环境中起着涵养水源、保持水土、维系大江大河上游自然生态平衡的作用,是防止水旱灾害的绿色屏障,是长江、黄河的绿色水库。为了使祖国江河上游的生态环境走向良性循环,就必须尽快改变我国大部分林场林业经营方向,迅速从用材林为主转到以水源涵养林为主的方向上来,使当地森林植被得以迅速恢复。

3. 对森林实行定位管理。给国有林场、自然保护区、防护林区定位定性,不同类型的林业单位实行不同的经营方式和管理方式

森林是陆地生态系统的主体。考虑到我国水旱灾害频繁的现实和林业自身面临的资源和经济的双重危困,科学地为中国林业定位已成为我们必须作出的选择。笔者认为:面对着生态环境日益恶化的辽阔国土,治理生态环境应该成为林业的主体使命,而提供林产品的有效供给,则是第二位的,更不应将森林作为国家和地方财政的直接来源。我们必须转变把森林单纯看作是“木头”产业的传统观念,真正把维护林业的生态功能放在首位。

4. 增加投资,设立基金,加速森林资源的培育

考虑到林业具有投资周期长、收益慢和资金吸引力差的特点,国家应通过政策和立法,在财政、税收、信贷等方面果断采取扶持政策,建立水源林、生态林基金,以保证林业建设必要和可靠的资金来源。增加林业投资应从全国的经济损益、得失总盘子来考虑。从 1990 年以来,我国每年受水旱灾害的损失都达上千亿元人民币,而林业这个重要的基础产业全国全年投资仅十几亿元,显然是太少了,尽早尽快大幅度地增加林业投资已是一项迫在眉睫的决策。对“三北防护林”三期工程,长江中上游防护林工程,以及淮河流域、太湖流域、黄河中游、辽河流域、沿海等区域防护林和生态环境体系的建设,均应设立专项投资基金。(责任编辑 蔡德诚)

国需不需要发展 IC 工业”的争论又使我国痛失第二次大好机会,在世纪之交的今天,我国又面临着发展 IC 工业的第三次大好机会,我国应该抓住机遇,大力发展 IC 工业,赶超世界先进水平。

(责任编辑 肖庆山)