

·科学论坛·

大力支持“半导体集成化芯片系统的基础研究”

何 杰 侯朝焕

(国家自然科学基金委员会信息科学部,北京 100085)

[摘 要] 作为新时期的基础产业,微电子不仅直接影响信息产业,而且对国民经济其他产业的影响也非常深远,更是国防建设的灵魂。认为目前微电子学最迫切、最重要的发展方向,即是由集成电路(IC)向集成系统(IS)方向的转变,半导体集成化芯片系统(SOC: System on-a-Chip)为当前微电子学科领域的主要研究目标。提出应将SOC作为突破口,大力支持其基础研究,既可促进学科发展,又可为国家发展微电子产业做贡献。

[关键词] 基础研究,半导体,芯片系统

1 服务国家目标,大力支持微电子学的研究工作

1991年的“海湾战争”和1999年的“科索沃战争”证明,信息战是未来现代化战争的先导和决定性环节,而微电子技术则是支持未来信息战的核心。自从1947年发明晶体管以来的五十余年里,半导体微电子技术无论是从其发展速度还是对人类社会生产和生活所产生的影响,在人类科学技术进步史上都是空前的。它所支撑的IC产业飞速发展,已成为信息产业的基础。30多年来,IC一直在按摩尔(Moore)定律即每18个月集成度提高1倍的速度发展。毫无疑问,这种发展趋势无疑还将持续。IC被称为国民经济的粮食和钢铁。作为最基础的产业,IC不仅直接影响信息产业,而且对国民经济其他产业的影响也非常深远,更是国防建设的灵魂。半导体微电子技术与发展水平是国家发达水平的标志。中国是社会主义大国,必须有强大的经济和国防实力才能自立于世界民族之林。而如果放弃微电子,将难圆强国梦。因此,我们应以搞“两弹一星”的精神努力把我国的微电子产业搞上去。

微电子产业本身需要较大的投资,俗称吞金工业,我国在此方面有所投入,但强度和持续性还不足。作为信息时代的基础产业,与我国在其他传统基础产业(如钢铁、能源等)的投资相比,微电子得到

的投资并不大。另外我们的管理落后,工业基础差,设备过时,人才不足(包括有市场开拓能力的专业人才)等等因素,制约着我国微电子产业的发展,造成目前发展并不成功的现状。微电子产业的科技含量是极高的,多年来我国微电子行业走的是一条引进再引进的道路,而西方国家却对我国实行高技术禁运控制,造成与国外差距越来越大,与国际水平相差2—5代。我们国家的工业基础比较薄弱,在这方面的知识积累也不多,因此在大力发展微电子产业之前,必须加强相关的基础研究,以增加知识积累和人才积累。基于这一考虑,我们认为科学基金应该在资助范围、强度和国际合作等方面向微电子适当倾斜。

2 认清形势,找出关键因素,选准突破口

目前国际上主流工艺水平为0.18、0.25和0.35 μm 共存,有些公司甚至即将推出0.13 μm 的工艺,我国新建的“华虹”工艺为0.35 μm 。

器件尺寸不断缩小仍是今后相当一段时期的发展趋势,也就是说,微电子仍会按摩尔定律发展下去。当然随着集成度的不断提高,器件尺寸越来越小,人们已在致力于寻找新类型的器件甚或微电子之后的信息技术,如光电子学、纳电子学、分子电子学、量子信息和生物计算等,但这些技术在许多应用领域都将比微电子芯片略逊一筹,且大都需要采取

本文于2000年6月2日收到。

微电子产业发展起来的半导体微加工工艺技术。到目前为止还没有看到微电子技术会退出历史舞台的迹象,更可能的是许多新技术与微电子技术在某种程度的结合,如近年发展的光电子与光子集成技术。因此即使不搞微电子,也无法回避微电子中的关键技术——半导体微加工工艺,而这也正是发展微电子的关键因素。而且,这种工艺技术本身也在不断扩展应用领域,如微光-机-电系统和生物芯片等。如果我们想顺应形势,在生物科学和信息技术方面取得一些突破,发展微电子学应该说是相当重要的,也是无法回避的。撇开微电子,直接搞下一代技术,恐怕会一事无成,陷于空谈。

目前微电子学最迫切、最重要的发展方向,即是由 IC 向 IS 方向的转变。由于半导体制造水平提供了在一个芯片上集成 10 亿以上器件的能力,即可以把一个特定的信息系统集成到单个芯片上,而 IC 设计水平则相对落后,特别是要真正把系统集成到芯片上存在许多迫切需要解决的重要课题。于是半导体集成化芯片系统(SOC: System on-a-Chip)成为了当前微电子学科领域的主要研究目标。SOC 集微处理器(MPU)、数字信号处理器(DSP)、存储器、可编程逻辑、微机械(MEMS)、各种专用的模拟或射频电路模块的复杂电子系统为一体,它具有速度快、性能好、功耗低、体积小和可靠性高的特点,能满足高速计算、移动通信与网络、多媒体技术与信息家电的需要,是人类多年的梦想。然而,SOC 的实现还面临许多挑战,传统的 IC 设计方法无法满足要求,目前电子设计自动化(EDA)工具提供设计能力的年增长率仅为 21%,与按 Moore 定律发展(年增长率 58%)的工艺提供的制造能力差距正在拉大,只有及时开展 SOC 设计自动化方法的基础研究,建立新的 SOC 设计与测试方法学,才能弥补这一差距。否则,工艺更新的投入将无法收回,严重影响微电子工业的持续发展。同时还必需研究解决各种功能单元的结构与工艺之间兼容性问题。正因为此,SOC 才成为目前国际学术界和工业界广泛关注的热点。可以肯定,SOC 将成为 21 世纪微电子领域的核心技术之一。因此我们应将 SOC 作为我们的突破口。

3 国内外研究现状与基础

目前尚无真正的 SOC,但国际上许多著名公司都已将目光转向了第 3 代移动通信、视频点播、太比特(Tera-bit)网络、生物芯片与集成智能系统等领域,着手研究相应的 SOC。在美国自然科学基金会主持

下,由普林斯顿大学 Wayne Wolf 教授等 13 位活跃在学术界和工业界的专家、学者于 1998 年 3 月就如何迎接千兆晶体管系统的挑战进行了探讨,提出高频率、低噪声、低功耗、并行化计算、数模混合信号、混合工艺、可复用芯核(IP: Intellectual Property)、算法与芯片结构的关系、可重构与容错、专用化与可扩展性等容错处理能力是 SOC 的发展方向 and 重要研究方向。美国自然科学基金会早在 1995 年就开始部署关于 SOC 基础理论的课题,1998 年和 1999 年则开始大面积资助与 SOC 相关的基础研究课题。而且更长远地开始部署能在 2012 年左右得到应用的硅片系统("XYZ on a chip")的研究,目标是在 21 世纪将"所有的系统"都集成到一起。

由此可见,SOC 已经成为国际研究的热点,国外已经在 SOC 的系统集成方法学、SOC 的综合、验证与测试理论和 EDA 工具开发、集成微传感系统、器件与材料等诸方面开展了一些研究工作,更全面、更系统、更深入的研究工作正在有组织、有计划地进行。

在系统的芯片集成方法、技术研究方面,我国国家自然科学基金给予了高度的重视。在 80 年代后期,我国半导体微电子学科著名的学者李志坚院士便高瞻远瞩地提出了系统的芯片集成将成为微电子学科发展的重要方向。国家自然科学基金委员会从 1989 年起至今,持续安排了重大基金和重点基金项目,使我国在 SOC 领域的研究起步早,能够跟上国际研究的步伐。这些研究项目中包含了各种集成传感器和微机械器件结构与工艺、多媒体信息处理和嵌入式系统技术、新型的基于人工神经网络(ANN)和模糊控制(FC)的认知方法与 VLSI 实现。在理论和应用方面都取得了一系列基础研究成果,有些处于国际先进水平,申请并获得了一批有价值的专利,为我国其他层次相关项目(863、攻关、产业化等)提供了若干解决问题的科学方法。在 SOC 成为国际热点的今天,许多关键的研究课题我国尚涉足不深,而且未成系统,需要加大研究力度。

国家 863 和攻关计划中围绕宽带网络、移动通信和人机交互与多媒体安排了一系列课题,这些课题主要研究相关的协议、总体方案和信处理算法,这些项目为芯片系统的基础研究成果的应用提供了载体。在芯片系统的综合、验证与测试方面,国家攻关计划"集成电路 CAD 技术研究开发"(96-738-01)项目在集成电路版图设计与版图参数提取方面已可面向数百万晶体管的系统,离 SOC 的需要虽有

很大距离,但也打下了一定基础。在面向芯片系统的小尺寸器件与材料方面,国家909工程(华虹-NEC)的微细加工水平已达到 $0.35\ \mu\text{m}$ 。科学院已将电子束步进曝光技术列入了创新工程。通过国家“八五”、“九五”科技攻关项目已开展了一系列深亚微米CMOS及SOI等新型器件的研究,做出了一些 $0.2\text{—}0.1\ \mu\text{m}$ 低压、低功耗、高性能、新结构MOS器件和锗硅异质结晶体管的试验样品。这些都为开展芯片系统的研究提供了知识积累和必要条件。

4 SOC成为国家自然科学基金委员会“十五”优先资助领域备选议题之一

SOC将大大推进人类社会信息化进程,同时也会大大驱动微电子学科自身的发展。由于微电子学科固有的渗透性,还将大大推动其他学科(如物理、化学、生物等等)的发展。SOC对我国提出了严峻的挑战,同时也为我国发展微电子技术提供了难得的机遇。国家自然科学基金委员会已将“半导体集成化芯片系统基础研究”列为其“十五”优先资助领域备选议题。

根据“十五”优先资助领域战略研究工作的部署,国家自然科学基金委员会政策局会同信息科学部、工程与材料科学部和数理科学部于1999年10月18—20日在京召开了以“半导体集成化芯片系统”为主题的科学论坛,从科学发展和国家长远需求的战略高度对这一主题及其关键科学问题进行了研讨和论证。参加会议的代表共61人,其中院士5人。与会人士一致认为,应该瞄准超前当今国际半导体微电子技术水平2—3代的科学问题,使研究成果为我国2005—2010年的半导体微电子产业和信息产业提供解决关键问题的科学方法。同时促进我国微电子学科的自身进步,以求实现高起点上的可持续发展,改变我国在微电子领域的落后状况。

按照国家自然科学基金委员会“十五”优先资助领域的遴选要面向21世纪,立足国情,充分体现“统观全局、突出重点、有所为、有所不为”的方针,论坛在对微电子学科国际研究现状与发展趋势认真调研的基础上,从科学发展和国家长远需求的战略高度对该领域的关键科学问题进行分析。选择“半导体集成化芯片系统基础研究”为优先资助领域,以SOC为切入点,部署SOC集成方法学;SOC综合、验证与测试理论;用于SOC的集成微传感系统;面向SOC的小尺寸MOS器件科学问题;适于SOC的新材料及新器件探索等5个关键的基础研究方向,力争做出有创新的成果,使我国IC设计技术水平与能力跟上飞速发展的国际微电子的步伐。为发展具有我国自主知识产权的SOC提供科学方法和技术来源,服务于国民经济和现代化国防建设。

5 结 语

微电子产业作为新时代的基础产业,不仅直接影响信息产业,而且对国民经济其他产业的影响也非常深远,更是国防建设的灵魂,因此不能不搞。作为21世纪微电子的核心技术,SOC将大大推进人类社会信息化进程,同时也会大大驱动微电子学科自身的发展。SOC对我国提出了严峻的挑战,同时也为我国发展微电子技术提供了难得的机遇。依靠自主创新的精神,在指导思想上当大力支持原始创新,并以促进微电子工业的可持续发展为立足点,具体实施时,重点放在SOC的系统集成方法学的研究,务求达到预定的研究目标,取得具有国际先进水平的创新成果。通过SOC加速现代化国防建设,带动移动通信、网络、多媒体和信息家电等产业的发展,进而促进国民经济的全面发展,使微电子行业走上可持续发展的轨道,赶上甚至超过发达国家。

PROMOTING“THE FUNDAMENTAL RESEARCH OF INTEGRATED SYSTEM ON-A-SEMICONDUCTOR-CHIP”

He Jie Hou Chaohuan

(Department of Information Sciences, NSFC, Beijing 100085)

Abstract As a fundamental industry, microelectronics has become the key factor to the information industry and many other industries, even to national defence. So it is very important to develop the research of microelectronics. Now it is the transition from circuit integration (IC) to system integration (IS), and this is one of the most important and urgent

trends of microelectronics of the new millennium. Therefore the fundamental research of integrated system on-a-semiconductor-chip (SOC) becomes now a main task of microelectronics science. Undoubtedly SOC will be a core technology of microelectronics in the 21st century. We should take SOC as the cut-in point, and provide the research domain preferential financial aid. This will not only promote the development of the microelectronics science but also alter the relatively undeveloped status of the microelectronics industry in China, and promote the continuous development of Chinese microelectronics industry profoundly.

Key words semiconductor, integrated chip system, fundamental research

·资料·信息·

国家自然科学基金委员会与英国工程和自然科学研究委员会、 英国生物科学和生物技术研究委员会签署科技合作协议

2000年6月30日,陈佳洱主任代表国家自然科学基金委员会(NSFC)分别与英国工程和自然科学研究委员会(EPSC)主任 Brook 教授,英国生物科学和生物技术研究委员会(BBSRC)主任 Baker 教授在英国伦敦附近的小城 Swindon 签署了科技合作协议。从而使 NSFC 在原有的与英国皇家学会合作关系的基础上,又增加了两条新的、而且是重要的合作渠道。

英国现有6个研究委员会,即工程和自然科学研究委员会(EPSC),生物技术和生物科学研究委员会(BBSRC)、粒子物理和天文学研究委员会(PRARC)、自然环境研究委员会(NERC)、医学研究委员会(MRC)与经济和社会委员会(ESRC)。这6个研究委员会由英国政府拨款,是英国资助基础研究、应用研究和战略研究的主要机构。

EPSC 依照皇家宪章创建于1993年10月16日,并于1994年4月1日正式开始运作。它继承了 SERC 的部分资助项目,是英国7个研究委员会中最大的一个。它主要资助英国大学和组织机构中的研究与研究生培训活动。BBSRC 是英国非医学生命科学领域中主要的资助机构,也是1994年依照皇家宪章所建立的7个研究委员会之一。由前农业与食品研究委员会和前科学工程研究委员会的生命技术与生物科学项目合并而成。工作重点包括欧盟的体制计划(ESF)、欧洲科学基金会(ESF)、人类前沿科

学计划(HFSP)、英国研究署(UKRO)、科技合作(COST)和双边与多边关系。所有这些工作的基础是 ISIS(International Scientific Interchange Scheme 国际科学交流计划)。该计划使科学家能够交换意见、分享成果获取外部资助。目前接受 BBSRC 资助的机构与个人以及 BBSRC 资助机构的科学家均有资格申请。

此次签署的协议中确定 NSFC 与 EPSC 的合作领域为:工程学、信息技术与计算机科学、材料工程学、数学、化学、物理学(天文学和粒子物理学除外)。与 BBSRC 的合作领域为生命科学领域,但不包括医学研究。

协议中强调“双方共同认为,作为启动两国科学家合作的第一步,举办由双方活跃的科学家参加的,在中英两国轮流举行的双边研讨会是一种可行的方式。参加双边研讨会的中英科学家的人数应相等,即所谓的 N+N 会议”。

除了双边研讨会的合作形式外,“双方有责任鼓励开展其他形式的合作,包括鼓励优秀科学家间的互访和从事由双方科学家共同确定为优先课题或领域的合作研究”。

与英国 EPSC 和 BBSRC 合作渠道的开通,将有力促进中英科学家之间的良好合作更上一个新的台阶。

(国际合作局 张英兰 供稿)