

内部资料 不得外传

2000年的中国研究资料

第 1 集

电 子 科 学 技 术 国 内 外 水 平 和 差 距

中 国 电 子 学 会

中国科协 2000 年的中国研究办公室

1984.4.

第 1 集

电子科学技术国内外水平和差距

中 国 电 子 学 会

中国科协 2000 年的中国研究办公室

一九八四年四月

说 明

1983年5月,国务院技术经济研究中心和中国科协决定联合开展2000年的中国研究。8月,赵紫阳总理批示:“2000年的中国是一大工程。如能搞出一个有质量的论著,有重要意义,应下力量抓好。”中国科协所属各全国性学会、协会、研究会,以及一些省、市科协,积极、认真地开展了这项研究。赵总理提出应当注意研究世界新的技术革命和我们的对策以后,各学会积极响应,并把这两项研究结合进行。研究的内容一般包括两部分:①七十年代末八十年代初本学科、本专业、本行业的国内外水平及差距;②对经济和科技发展有重要意义或可能有重要意义的课题的预测和一些论证,提出对策建议。在大批专家、学者、教授和广大科技工作者的支持和努力下,许多学会已相继拿出一批初步成果。

中国科协所属的绝大部分是自然科学和工程技术科学的学会。在2000年的中国研究中,各学会坚持百家争鸣方针,着重从科学技术的角度来阐述我国未来的发展,探讨科技发展与经济、社会发展的适应程度,及应采取的措施。由于各学会情况不同,因而资料的深度、广度、风格、以致文字加工也有所不同。有的学会,为避免与政府部门或研究机构工作重复,只作了些补遗性的工作,因而资料不尽系统全面。

现在,我们把这些初步成果汇总,供各级领导部门参考,同时也为各地各行业的进一步研究提供一些基础资料和背景资料。

本《研究资料》只限内部发行,不得外传。文中有关国内情况的资料,凡是国家未公布过的,或未在公开报刊上发表过的,均不得在公开报刊上引用。

前 言

自党的十一届三中全会以来,我国的四化建设已迈出了巨大的步伐。党的对内搞活经济、对外坚持开放,以及依靠科学技术进步、重视知识和调动知识分子积极性的一系列政策措施,对于推进我国经济与社会的协调发展,已显示出了极其强大的威力,并进一步开创了发挥我国科技人员的聪明才智和范围更广地采用国外科技新成果的大好局面。

目前正在国际上兴起的新的技术革命,标志着社会进步对知识、信息与科学技术的需求与依赖,进入了一个崭新的境界。这个趋势在我国已受到各界普遍的关注,各行各业都在研究自己的对策。我国自然科学界各学术团体,都正在中国科协的统一部署下开展这方面的工作。

作为这一新的技术革命的一个前沿的电子科学技术,以及在其中孕育成长的微电子技术、计算机技术、信息技术、光电子技术等,对于进一步推进诸产业部门的技术改造、触发新学科的诞生,以及加速信息的传播和知识的积累,都有着其它科学技术所不能取代的作用。展望未来,它的使命更为艰巨。

建国三十五年来,我国的电子科学技术,在党中央和国务院的关怀下,在兄弟学科的支持下及在电子学界的共同努力下,已有了很大的发展,起到了应有的作用。但是,比起四化建设向它提出的要求,还很不适应,而且若不加倍努力,还有加大与国际先进水平的差距的危险。因此,振兴我国电子工业,使之在业已来临的新的技术革命中发挥重大作用,乃是时代赋予我国电子学界的光荣使命。

面对这样的形势的挑战,中国电子学会以中国科协部署各学术团体开展“2000年的中国”的研究为契机,于1983年9月成立了“2000年的中国电子”研究委员会,并委托中国电子学会学术委员会负责指导和组织第一阶段工作即分析和对比各分支学科和专项技术的国内外水平差距的编纂工作。

对于一本国内外水平的比较材料,我们认为应从多方面比较,而不是停止在表面的、明显的侧面。这些方面是:应用技术的高度、深度和广度及其所产生的现实的和潜在的经济效益和社会效益;产品在所需批量生产中所能实现的性能、质量、经济性;产品原型的发展水平包括性能、可实现性,将来在生产中可能达到的经济性;产品的新原理的发现和发明水平;科学研究水平,即为提高设计、工艺、材料各方面的科学性,在广泛促进实验性的发明创造的同时,力求在科学规律上有所突破的水平。

我们借用前言的篇幅来讨论比较水平的方法,是有我们想法的。由于我们所比较的是科学技术水平,很容易局限于科学研究和产品发展两个方面。然而这两个方面并不直接产生经济效益和社会效益,它们是潜在的生产力。只有通过解决工艺技术,实现投产工程并把产品灵巧地应用起来,才能体现出现实生产力的作用。

本书就是由电子学会的29个专业学会参照这一指导思想集体努力取得的成果,我

们希望读者在使用本书材料时，对上述的思想给以相应的注意。

电子技术发展迅速而多变，为了不贻误时机，供大家参考，本书是在很短时间完成的。各篇文章的体例不甚一致、其深度与广度也各不相同、且或多或少地受到作者视野的局限，加之涉及的科学技术相当宽广，难免会出现这样那样的欠缺，这是需要读者予以理解的。

在此书即将出版之际，我们向为撰写和审阅这些资料的专家们，向具体承担此项工作的卢良春、刘力、郑文灏、许金寿等同志、各专业学会秘书以及“电子学报”编辑部，表示深切的谢意。

孙 俊 人

中国电子学会理事长
《2000年的中国电子》研究委员会主席

罗 沛 霖

学部委员
中国电子学会学术委员会主任委员
《2000年的中国电子》研究委员会副主席

一九八四年六月

中国科技咨询服务中心预测开发公司编辑资料

1984年内部陆续发行 欢迎订阅

书 刊 名	定 价	书 刊 名	定 价
《预测》杂志 (双月刊, 7—15期, 一次订阅, 六元整。)		《中国经济基本资料》	1.95元
《世界新的技术革命与对策》 1.10元		《系统动力学》	2.00元
《“2000年的中国”研究资料》 (每套500万字) 60.00元		《预测实例选编》	2.60元
《经济计量模型与经济预测》 2.00元		《工业企业经营预测》	1.20元
《宏观经济计量模型与预测》 1.20元		《国外预测概况》	2.20元
《实用预测学》(第一至第四册) 10.00元		《决策理论与方法》	1.60元
《通用科学方法三百种》 2.50元		《对策理论与方法》	1.60元
《预测工作经验交流》 2.10元		《管理预测》(美)	2.20元
《新技术革命知识》(《预测》杂志 1984年专刊号) 1.50元		《测定科技进步对国民经济的 影响》(苏)	0.80元
征 订 办 法	①以上各种期刊资料, 除《“2000年的中国”研究资料》外, 如需 挂号, 每册另加0.12元		
	②邮 汇: 请将订书款通过邮局汇寄北京宣内安儿胡同11号发行组		
	③信 汇: 帐 户 中国科技咨询服务中心预测开发公司 开户行 北京人行海淀区魏公村分理处 帐 号 8901—126		
	④订阅者在邮汇或信汇时, 务请填清单位、收件人、地址、书名、册数, 以免误寄。 “报销凭证” 随书寄给订户。		

目 录

前言.....	孙俊人 罗沛林 (i)
国内外电子技术发展水平综述.....	李玉文 叶钟灵 赵 洪 谭明才 吴新仁 达南珍 许金寿 (1)
国内外半导体材料的研究与生产现状.....	孙膺九 沈能钰 (34)
电子元件国内外水平及差距	陈克恭 郭以述 李 远 (46)
半导体集成电路、微电子技术国内外水平、差距和建议	孙祥义 (59)
国内外半导体微波与光电子学发展状况.....	魏策军 (78)
真空电子器件国内外技术发展水平及差距	朱泽人 (88)
化学与物理电源国内外水平与差距	潘福莹 张丞源 (107)
激光技术发展现状及预测.....	梅遂生 吕学身 陆家和 (115)
国内外红外技术现状与展望	林钧挺 吴宗兰 董培芝 (125)
国内外磁性材料及器件发展概况.....	(131)
七十年代以来信息论的国际水平与国内外差距	吴伟陵 (143)
电路与系统学科的发展、现状与展望	陈鸿彬 (151)
语声、图像信息处理的发展状况.....	袁保宗 (158)
七十年代末、八十年代初电波传播国内外水平与差距	熊皓 刘瑞源 江长荫 张明高 (168)
天线科学技术国内外发展状况	茅于宽 (172)
国内外天线结构技术发展水平	叶尚辉 (181)
应用声学国内外现状与差距	张家骥 (183)
国内外洁净技术发展水平及差距.....	郭 钧 陈霖新 严 俊 (190)
核电子学与核探测技术概况	席德明 (201)
电子计算机发展水平及国内外差距	陈树楷 (214)
七十年代末、八十年代初通信专业的国内外水平和差距	毛恒光 胡思益 李振邦 汪 侃 (232)

国内外雷达发展现状.....	黄松蒲 (247)
国内外通信对抗科学技术水平与差距	吴春泉 蒋鑫林 (255)
广播与电视国内外水平及差距	李庆耀 (264)
国内外导航技术的发展状况及建议.....	温启祥 (274)
空间电子技术发展近况	汪一飞 (285)
电子测量仪器国内外水平及差距	周立基 (297)
生物医学电子学国内外现状与差距.....	秦诒纯 (303)
国内外医学信息处理发展状况	管纪文 赵瑞清 付 凝 (311)
我国微波发展的历史、现状和展望	(317)
电子产品可靠性水平与差距	曾纪科 (325)

国内外电子技术发展水平综述

电子技术情报专业学会

(执笔人 李玉文 叶钟灵 赵 洪 谭明才
吴新仁 达南珍 许金寿)

一. 综 论

1. 电子技术的发展简史

电子技术发端于通信技术,首先是电报、电话的发明和使用。1864年英国麦克斯韦提出电磁波理论,在这基础上于十九世纪末出现无线电通信。

1883年,爱迪生发现爱迪生效应。自1904年英国弗莱明发明电真空二极管、1906年美国德福雷斯特发明电真空三极管以来,以电子管为中心的电子技术,大约经历了40年。在这期间有不少从来没有的电子产品问世,诸如收音机、电视机、雷达、电子计算机等。通信方面也出现了自动交换机、载波通信、短波通信、超短波通信等。电子管今天在大功率微波管、显示和摄像器件方面还有不可取代的作用。

1947年贝尔研究所发明晶体管,使电子技术爆发了一场革命,走上了固体化、小型化的道路。此后,1958年出现集成电路,1967年诞生大规模集成电路,1978年研制成超大规模集成电路,大约每10年就有一次跃进,使电子设备在小型化、可靠性、功能、节能、价格等方面一次次取得进步。集成电路不仅是电子工业发展的基础,而且是当今国外开展新技术革命的要素。

微波通信、同轴电缆通信、卫星通信以及七十年代后期光纤通信的相继投入使用,不仅使通信容量日益增大,同时,通信领域也正发生模拟制向数字制扩展。计算机领域正比较明显地向着两极发展,一方面美、日正加紧巨型机的开发,竞争激烈,另一方面,微型机的发展势头十分迅猛,已成强流。计算机系统中软件的比重随着时间的迁移,逐渐增大。分布处理与网络化是近年计算机应用的重要发展趋势。

电子技术已渗透到现代战争的各个方面,成为军事通信联络、情报收集、作战指挥的重要手段,是导弹和卫星制导、控制的技术保证,常规武器和其它军事装备现代化的关键技术。

电子技术使国民经济各部门发生了革命性的变化。传统的工业生产包括原动机、传动机和工具机三个部分,现在分出了控制机,不仅使生产率极大提高,而且还有可能实现高度的自动化以及“智能化”。电子技术向国民经济各部门的渗透是没有边界的,电子工业的“产出”,常常是其它行业的“投入”。二百多年前从英国开始的工业革命,以纺织机和蒸汽机为代表,代替了人们的体力劳动。如今以电子计算机和通信技术为要素的新技术革命,补充了人的智力和神经系统的活动能力,部分地代替了人的脑力劳动。

国外电子工业是在第二次世界大战后形成的一门新兴工业，并已成长为国民经济中的一个骨干工业。日本电子工业1980年产值达380亿美元，是仅次于汽车、化学、钢铁而居第4位的大工业。同年美国电子工业产值1000多亿美元，大致居于化学、汽车、钢铁、机械、石油等工业之后。

我国自清末起相继使用电报和电话。无线电广播虽然在二十年代也就有了，但在旧中国，除了一些从事修理和装配的无线电厂及少量电子元件厂外，基本上无电子工业可言。中国的电子工业是从五十年代初期开始建立起来的，经过30多年的努力，仅电子工业系统现已拥有3000多个企业，上百个科研和设计单位，130多万名职工，1980年产值为80多亿元。

五十年代初开始批量生产电子管，电讯工业为抗美援朝作出贡献。不久国产收音机问世，1957年磁带录音机上市。研制成晶体管，开始了我国电子技术的固体化。集成电路诞生于1965年，1975年研制成第一块大规模集成电路，产量不大。目前，我国还处于以晶体管为主要基础的发展阶段。电子元件有2000余种，年产70多亿个。

1958年开始电视广播，同年电视机投产，1973年开始彩色电视试播，到1980年为止，电视机的使用量达到700多万台。1958年，第一台电子管计算机研制成功，1964年开始制造晶体管计算机，1973年生产集成电路计算机。微型机于1975年开始发出样品，1982年单片微处理器也研制成功。1983年我国“银河”巨型机通过鉴定，成为世界上第三个能制造巨型机的国家。

自1961年研制出第一台红宝石激光器以来，激光技术在工农业各个方面至今已有二、三百项应用。七十年代末八十年代初在上海、北京、天津、武汉等地，以及某些工业交通、广播、电视系统都建立了一些光纤通信的试验线路。1984年4月我国同步通讯试验卫星发射成功，标志着我国通信技术已达到了一个新的水平。

总之，我国电子行业现已能生产20多个大类，1200多个品种，数千种型号的整机产品。从五十年代开始，有少量电子产品出口，七十年代后，产品逐渐增多，出口值为几千万美元。

2、迎接挑战，迅速赶上去

以上我们就国际国内电子技术的发展及电子工业的一般情况作了笼统介绍，看出国内外差距甚大。为了进一步说明，我们再就下列几个方面作些比较。

(1) **工业结构** 电子产品一般分为投资类产品（包括电子计算机、通信机、雷达、仪器等），消费类产品（收音机、电视机等）和元器件三个方面。美国电子工业是从广播起家经军品推动发展起来的，日本则是以消费类产品带动整个电子工业，最终则先后走向投资类产品的发展。我国电子行业先以军品为主，后又转向以消费类产品为大宗，

表1 电子工业的内部结构（1980年）

	美 国	日 本	西 德	中 国
投资类产品(%)	65.9	35.0	58.7	20.0
消费类产品(%)	10.6	34.0	24.9	43.0
元 器 件(%)	23.5	31.0	18.4	37.0

民用投资类产品还没有发展起来，元器件比重略大，电子工业结构不尽合理，说明电子工业发展还处在初期。

(2) 生产 我国电子工业的人数和美国相差不远，而产值相差 17 倍，大略相当于美国 1952 年的水平。劳动生产率和美国相差 14 倍，和日本差 10 倍。

表 2 电子工业的产值及进出口值 (1980 年)

	产 值 (亿美元)	人 员 (万人)	劳动生产率 (美元/人, 年)	进 口 值 (亿美元)	出 口 值 (亿美元)
美 国	1031.4	157.0	65700	133	202
日 本	381.14	79.6	47900	26	181
中 国*	56.67	133.5	4200	5.4	0.37

*仅电子工业部系统的数字。

我国中小规模集成电路近年的平均价格为每块 6 美元，美国每块约 1.1 美元，相差近 5 倍，实际大规模集成电路的价格更相差十几倍到几十倍之多。

在主要资本主义国家中，电子产品的出口值都在全国出口总值中占一定比重，日本 (1980 年) 占 14%，美国 (1978 年) 占 9.4%。在电子工业本身，出口更居重要地位，都在一半上下，美国最少也近 20%。我国电子产品的出口比例很小，仅占 0.7%，而且进出口很不平衡，进出口之比达 15:1。

(3) 技术开发 电子工业是知识密集工业，它是建立在科学基础上的一门工业。科研投资和设备投资是电子工业发展的两大原动力。无论从科研投资或是从科研人员比例说，电子工业在主要资本主义国家各工业部门中都是数一数二的。

美国 1980 年电子工业科研费 91.4 亿美元，约占其产值 8.9%；日本电子科研费为 23.5 亿美元，占 6.2%；法国 9.7 亿美元，占 5.7%；我国约占 3%，比例是比较小的。

我国电子工业中科技人员比例偏小，只占职工人数的 8.3%，而美国占 22.5%，英国占 14% (1973 年)。而且我国还面临着平均年龄偏大，知识老化的严重问题。产品质量不高，元器件可靠性与国际水平相比，有数量级的差别，整机产品平均无故障间隔时

表 3 收音机、电视机、电话机的每千人使用数 (单位: 台)

	收 音 机	电 视 机	电 话 机	备 注
发展中国家	56.0	5.4	1.3	人均国民生产总值在 400 美元以下，如印尼、尼泊尔、扎伊尔等
中 进 国 家	57.2	22.5	15.1	人均国民生产总值在 400~2500 美元，如马来西亚、南朝鲜、巴西等
先进工业国家	741.0	338.0	352.0	美国、日本、西欧、加拿大等
中 国	121.0	9.0	4.0	人均工农业总产值约为 460 美元

注：此数据为 1983 年日本报导值，中国为 1980 年的数字。

间,电视机可达到国际水平的三分之一,仪器则仅为百分之几。

(4) 应用 日本随着国民所得的不断增长,出现了三次“消费革命”,即五十年代的“三神器”(黑白电视机、洗衣机、电冰箱),六十年代的“3C”(彩色电视机、小轿车和空调器,三种产品都从英文字母C打头,故称“3C”),七十年代的“非物质消费革命”(旅游、运动、教养等),八十年代正开展家庭自动化。我国电子产品应用水平相对较低,但市场潜力很大。

电子计算机和电讯的使用,代表着国民经济现代化的水平。我国计算机工业尚未达到大批量生产能力,使用有限,以通用计算机的安装台数来说,差距还很大。我国1980年安装约3000台,与苏联相差11倍,与美、日相差几十倍。微型机在国外发展极为迅速,据统计目前应用已有25000多项,而我国截至1981年还不过280余项。

我国电子设备在卫星上天、火箭发射等国家重大项目中起了重要的保证作用。今后在继续保证军事应用的同时,如何使军事技术转向民用,为国民经济各部门服务,是个极待开发的领域。

(5) 经济效益 国外电子工业经济效益很高,如日本电子工业的产值虽然低于汽车和钢铁工业,但它在制造业净产值中的比重,1980年为12.3%,高于汽车(9.3%)和钢铁(5.8%)。

我国电子工业每百元固定资产所创造的价值比全国工业约高1倍,而每百元资金实现的利润却低于全国工业。我国电子工业经济效益不高的原因之一是大生产技术研究开发十分薄弱,装备落后,因而生产率低,例如我国每人每年生产的半导体器件平均为5000个(块)左右,而日本为15万个(块),美国为20万个(块),相差悬殊。

二、一些基础技术和理论

1、一些基础技术和理论

现代电子技术的发展是离不开电子基础技术和理论的研究与发展的,而它们的研究对象又是以电子技术发展中出现的现象、疑点和问题为出发点而开展起来的。当然,引起基础技术和理论的研究和发展的动力还来自于它们本身的不足之处、相互之间的渗透和其本身的发展规律的深化作用。影响电子技术发展的基础理论和技术是多方面的,不单是电子技术本身的基础技术和理论,而且还有数学、物理学和化学等基础科学以及其它一些科学。因此要想对这些影响电子技术发展的基础理论和技术的现在国际水平和国内差距进行全面论述是不可能的。这里只对今后电子技术的发展影响比较大的一些电子基础技术和理论的情况略加叙述。

(1) 信息论 它从二十世纪中期出现以来,至今不过三十余年的历史。但它对促进电子技术发展的作用是不容低估的,特别是对今后以信息技术为中心的电子技术发展的作用尤为重要。

国外近年来在信息论研究上的进展是很有成绩的。对限定失真信源编码理论研究成果已成为实现数据压缩和频带压缩的理论基础。对纠错编码、代数编码、分组码和卷积码的研究成果,促进了计算机网中的信息交换。卫星通信、深空通信、信号处理和图

象识别的发展。

对多用户理论的研究,将单信道的信道容量的概念扩展为多信道的“容量区”的概念,从而促进了卫星通信、广播卫星和移动式多址通信技术的发展。

对量子检测和估值理论的研究成果,促进了光纤通信技术和激光雷达技术的发展。

调制解调理论是研究通信系统最佳化的一种技术。随着数字技术的进步,使数字调制解调技术进一步完善。相继出现最小移频键控(MSK)、连续相移键控(CPSK)和多维空间编码等技术,对微波中继、卫星通信等技术都起了促进作用。

对信息网的整体最优化、随机接入和网的稳定性的研究,对通信网和信息网的发展有促进作用。

近几年,国外又将信息论中的信息概念推广到模式识别、语言的分析和合成、机器翻译和人工智能等广义通信系统中去,并应用到教育、医学、心理学、物理学和管理学等,形成了许多边缘科学,促进了整个科学的发展。

我国在这一方面与国外还有相当的差距。在代数码、随机接入和多用户、多信道等方面差距要小一些,而在工程理论和应用技术方面则要大一些,许多边缘科学尚未形成。

(2) **微波理论** 国外近几年对微波理论研究的主要成果集中在毫米波和亚毫米波段上。在回旋谐振微波激励理论和电子相对论运动的研究上有突破,从而为制造高功率毫米波段微波管奠定了理论基础。对毫米波和亚毫米波的传输特性,例如有效传播途径长度、衰减的频率特性和交差极化分辨率等取得了成果,从而对今后的卫星通信、雷达和电子对抗等都有很大的促进作用。对几何绕射理论,各种波模展开法和矩量法等方面的深入研究,使得微波天线的数值求解得到解决,从而促进了高性能天线的发展。对微波理论的深入研究又产生了许多新的微波研究方法和测量方法,例如自动网络分析测试方法和六端口测量技术等,对微波网络和微波器件、设备的发展都有很大的推动作用。

总的来说,我国在这一方面的工作是有成绩的,但还有一定差距。在回旋谐振微波激励理论的研究上有很大进展,在几何绕射理论和球面波展开法等方面,基本上还跟在别人的后面,没有多少独自的贡献,而对毫米波、亚毫米波传输特性、自动网络分析测量和六端口技术等方面尚处于起步阶段。

(3) **数字技术** 数字技术近年来在国外有很大进展。它所以受到如此重视,一方面是因为它本身比模拟技术有一些固有优点,另一方面是计算机得到普遍应用后,促使很多技术由模拟转向数字化,从而促使它进一步得到发展。

数字技术本身包含的内容很广,因此这里只能就一些对今后的发展影响较大的部分加以叙述。

逻辑门电路是集成电路中大量使用的数字技术,因此也特别受到重视,而这种技术的发展又与集成电路的制造工艺和半导体材料紧密地联系在一起。近年来,国外在这方面的研究主要是针对制造大规模和超大规模集成电路的需要,以CMOS、ECL、ISL和STL等工艺为基础,在研究功耗小,时延小,稳定可靠,容易制造和线路简单的逻辑电路方面有成绩。有些已应用于大规模和超大规模集成电路中。

国外另一个研究方面是多值逻辑电路。它比上面提到的二值逻辑电路具有更接近于实际需要的固有优点,最近几年已取得一些成绩,三、四值的多值逻辑电路已达到实用程度。

取样技术是数字处理技术中的一项关键技术。国外近几年在这方面主要是研究取样频率与高次谐波和重叠噪声的关系,从中找出噪声低的取样线路来,例如多点取样等,已取得一些成果。

脉码调制技术也是一种很重要的数字技术,不单用于通信,也用于图象传输、录象和图象处理等方面。近年来在数据组传输、长途交换与数据通信的结合、脉码调制系统与现存模拟系统的衔接和组成综合网的理论等方面已取得很多进展。

目前我国在这一方面,比起国外还有一定差距。逻辑电路基本上还处于模仿和追赶阶段。数字处理技术和脉码调制技术尚处于起步阶段。

(4) 软件 软件是控制和延伸计算机系统功能的程序的总称。从与计算机相结合的概念上,任何一种电子系统都要应用软件,以扩展和提高其功能。但一般提到的软件还是与计算机硬件相对来讲的。

编制程序就要选用适用的程序语言。近年来,国外对程序语言的研究,主要是向具有编程能力强和更接近于自然语言的程序语言方向发展的。Ada 和 Prolog 语言就朝这方向前进了一步。当然也研究了一些高性能的专用程序语言,例如 Lisp 等。

系统软件随着系列机的发展,目前国外已达到相当成熟的阶段,一些已做成固件形式。应用软件已发展到相当的程度,维修软件也达到可观的程度,很多已成为硬件内含的一部分。

近年来,软件工程有很大发展,在软件开发技术、结构式软件设计、标准化、局部网络软件、数据库、机助软件设计和软件工程管理等方面都进行了很多研究。

软件服务技术已得到普遍应用。

国内在软件方面与国外差距要更大一些。通用程序语言基本上追随国外,专用语言自己搞的也不多。

系统软件还很不完备,维修软件不齐全,应用软件也处于开始发展阶段,软件服务技术也是刚刚开始,但在汉字信息处理软件方面还是有成绩的。

2、向边缘科学的扩展

随着计算机的广泛应用,人们对信息的认识,对信息处理的需求逐步提高,因而进一步推进了电子技术与很多科学技术横向的结合,出现了更多的边缘学科。电子技术渗透到其它科学技术,主要是通过信息理论、信息处理技术,电子测量技术,语言和图象处理技术来实现的。因而产生了诸如系统工程学、核电子学、生物医学电子学、语言工程学、教育工程学和心理工程学以及人工智能等科学。

目前国外对系统工程学主要研究大系统理论和内部连接系统的稳定性等问题,已取得一些成果。国内也在着手研究这些问题。

国外对核电子学的研究,在快电子学、低噪声电子学和核检测技术等方面已具有相当水平,在理论上已解决了大型核仪器系统的问题并加以应用。国内在这方面也开展了许多研究工作,与国外还有很大差距。

在生物医学电子学方面,国外对生物信息、电子医学诊断技术和电子医疗技术进行了大量的理论和应用研究工作。近几年来,对计算机控制的断面扫描探测仪(CT装置)进行了很多工作,取得很大成绩。国内也做了不少工作,但与国外相比还有较大的差距。CT装置只研制了X射线的,相当于国外七十年代初期水平,其它的尚处于研究中。但是在气功现象和脉象仪等方面的研究还是有成效的。

国外在语言工程学方面,对翻译机理论和应用进行了很多研究工作,取得了一定的进展,能对英、法、德等技术性文字进行机器翻译。国内也在进行这方面的工作,与国外还有相当的差距。

三、电 子 器 件

1、微电子器件

自七十年代中期以来,以微电子技术为核心的新的工业革命正在形成并突飞猛进地发展着。在今后二、三十年内它将对社会产生愈来愈深远的影响。

微电子器件具有轻、薄、小、节能、价廉、可靠、多功能等特点,尤其是能使各种机械、器具实现智能化,非常适宜于向一切领域推广应用。似乎可以说,当今没有一项技术和一个产业部门与微电子技术无关,相反他们还将从微电子技术中获得生机。

虽然微电子技术形成的历史并不长,但发展甚速,其产品从分立器件到集成电路(IC)、大规模集成电路(LSI)、超大规模集成电路(VLSI),在量和质的方面都发生了巨大的飞跃。

微电子技术的发展,受到了世界各主要国家的高度重视,被看作是经济发展中的一盏明灯,作为国策对待。

目前世界微电子工业仍为美、日所垄断。日本虽然与美国还有不小差距,但近年来急起直追,差距正在缩小。

下面仅就集成电路方面,简略比较我国和美、日等工业发达国家的差距。

我国集成电路的起步不算晚,约比美国晚4年,而略早于日本,现已形成一定的科研和生产规模,应用领域也正日益开拓。但由于综合技术基础较差,整个工业生产的水平尚不高,对集成电路的发展带来一定影响,从而与美、日等工业发达国家相比,差距很大。总的说来,我国目前尚未形成工业性大生产的规模,产品性能和质量较差,生产工艺和设备比较落后,产品价格高。应用不普及,等等。下面就几个方面略加比较。

(1) **生产技术水平** 生产技术一般指原型投产后所应用的技术,主要包括生产管理技术、生产工艺技术、测试和检验技术等。我国目前从原型到产品的周期较长,也就是说,形成生产能力的时间较长。表4粗略比较了美、日和我国形成生产能力所需的时间。

① **工艺技术水平** 国外双极工艺已从1971年的标准埋层隔离(SBC)工艺发展到七十年代末期的等平面-II工艺;最小条宽 $3\mu\text{m}$,外延层厚 $1\sim 1.5\mu\text{m}$,晶体管面积 1.2 密耳²;八十年代又实现等平面-S工艺;最小条宽 $1.0\mu\text{m}$,外延层厚 $1.0\mu\text{m}$,晶体管面积 0.15 密耳²。我国目前在生产中普遍采用的是SBC工艺;最小条宽 $7\sim 10\mu\text{m}$,外延层厚约 $7\mu\text{m}$,相当于国外六十年代中期的水平;部分大厂装备或引进了 $\phi 75\text{mm}$ 的生产

表 4 形成生产能力周期对比

	发明或开始研制时间			形成生产能力时间		
	美	日	我国	美	日	我国
晶体管	1948	1954	1957	1951(3年)	1957(3年)	1960(3年)
IC	1958	1965	1962	1961(3年)	1966(1年)	1968(6年)
LSI	1966	1970	1973	1968(2年)	1971(1年)	1981(8年)
VLSI	1977~1978	1977		1981(4年)	1981(4年)	

表中括号内的数字表示从发明或开始研制到形成生产能力所需的年数。

线,最小条宽可达 $5\sim 6\mu\text{m}$,外延层厚 $3\mu\text{m}$,相当国外1971~1973年的水平。

国外MOS工艺,从1969年的铝栅PMOS工艺,经硅栅PMOS、硅栅NMOS、E/DNMOS,发展到HMOS工艺,七十年代末已达HMOS-II的水平:栅长 $2\mu\text{m}$,结深 $<0.8\mu\text{m}$,栅氧化层厚400埃,1982年又实现了HMOS-III工艺:栅长 $1.5\mu\text{m}$,结深 $<0.3\mu\text{m}$,栅氧化层厚250埃。国内MOS工艺,在较高水平的生产厂里已步入光刻条宽 $6\mu\text{m}$ 左右的硅栅NMOS阶段,相当于国外1972年的水平。

八十年代初国际上已普遍采用的先进技术概括起来有:CAD、CAM、CAT,精密图形发生及高分辨率掩模版制作技术,横向和纵向微细加工技术,高压氧化、等平面隔离及多层布线技术,多晶硅技术,冗余技术,抗软误差技术,抗辐照技术,激光技术等。这些技术我国大多正处于研究和开发阶段。

我国和美、日两国在生产工艺方面的差距大致列如表5。

表 5 生产工艺水平比较

	美、日	我国
晶片直径 (英寸)	4~5	1.5~2(与美国1968年相当)
条宽 (μm)	1.5~3	8~10,少数为6~8(相当国外1971~1976)
采用先进工艺和设备	CAD、CAM、CAT,离子注入、电子束制版,干法工艺	除离子注入已少量应用于生产外,其余尚处于研究、开发阶段
自动化程度	高,单机自动化和传送带组成流水线	低,主要靠手工操作
设备更新周期	4年	多年来稍有改进

②生产规模和产品成品率 国外一般认为,LSI达到熟练的生产程度,年生产能力较宜的是3000~6000万块。进入工业化大生产的产品成品率,中、小规模电路不宜低于50%,大规模电路不宜低于30%。

我国1982年集成电路的总产量为1313万块,其中主要是中、小规模电路;产品成品率长期处于低水平状态:SSI为20~40%(少数较好单位可达40~60%);MSI为10~20%;LSI(1kSRAM,4kDRAM)试生产芯片成品率20~30%。

由此可知,我国目前的生产规模和成品率水平还不适宜工业化大生产。

美国1979年集成电路的产量约50多亿块(其中LSI约占20亿块),八十年代初的产量约90多亿块(其中LSI近40亿块),分别为我国1982年产量的380倍和685倍。日本1979年集成电路产量约为17亿块(其中LSI约7亿块),八十年代初约40多亿块(其中LSI约16亿块),分别为我国1982年产量的150倍和300多倍。我国目前的产量仅相当于美国1965年,日本1968年的水平。在此值得注意的是,我国自1976年以来,集成电路年产量基本上在1200~3000万块之间波动,而美、日等国,到一定的起步阶段,产量都是大幅度增长的。如日本,1967年比1966年增长了10倍,1968年又比1967年增长了5倍;美国的产量是1964年比1963年增长3.4倍,1965年又比1964年增长了3.3倍。

从生产单位规模来看,我国现有集成电路厂、所五、六十家,其中年产量超过百万块的工厂只有五、六家。国外的情况仅举几例。

美国IBM公司在日本的野州工厂,生产LSI的厂房面积为5000~6000 m²,采用4英寸硅片,每月处理硅片几万片,生产64k RAM,月产量就超过百万块(1983年秋投产)。

日本三菱公司于1981年2月开始动工兴建LSI生产工厂,1984年投产,月产64k RAM 300万块,工厂建筑面积为2.2万m²,从业人数为300人。

日本日立公司的武藏工厂和甲府分工厂,年产集成电路6亿块,其中LSI和VLSI约为2.4亿块。职工总数为3300人。

从经济效益、原材料消耗以及进入大工业生产这个角度来看,产品成品率是一个极其重要的指标。国外对提高成品率十分重视。国外集成电路的成品率,虽各国、各公司均有差异,但大致水平如下:SSI、MSI为90%;LSI:1k RAM为80%;4~16k RAM为30~50%;VLSI:64k RAM为10~30%。

③产品价格 美、日集成电路的平均价格始终是大幅度下降的,其下降的幅度和速度远较许多成熟工业的为高。如纺织工业在二百年间的价格降低到千分之一,而集成电路,仅在二十年间就降低到万分之一。

国外企业在决定产品价格时,一般遵循与本部门生产经验有关的所谓“经验曲线”,即生产量累计增加一倍,价格约下降27%左右。由于国际市场竞争因素的影响,产品价格的下降速度还常常大于“经验曲线”的速度。如16k RAM,1979年的价格为几十美元,目前已降为1美元;64k DRAM,1980年每块为80~150美元,目前已降为每块3.5~6美元。

我国目前尚没有自己的“经验曲线”,产品价格往往受到人为因素的控制,不能真实反映我国集成电路生产企业的规律和经验。目前我国集成电路的价格要比国外同类产品的高得多,相差几倍到几十倍。如TTL为国际市场价格的10~60倍;8位微处理机为国际价格的50~60倍。我国目前集成电路的平均价格为每块人民币10元,相当于美、日集成电路发展初期(1966~1967年)的水平。

(2) 产品技术水平 为方便起见,将部分集成电路的科研和生产水平统一列如表6。

(3) 科研水平 在八十年代,美、日等工业发达国家除继续发展LSI、VLSI等微电子器件和相应生产技术外,还将加强基础理论和技术的研究,以开发新型功能器件。这些