

第 1 章

引 论

一般人对集成电路 (Integrated Circuit, IC) 也许会感到陌生, 但我们和它打交道的机会很多。例如, 计算机、电视机、手机、网站、取款机等, 数不胜数。除此之外在航空航天、星际飞行、医疗卫生、交通运输、武器装备等许多领域, 几乎都离不开集成电路的应用。在当今世界, 说它无孔不入并不过分。所谓集成电路, 就是在一片极小的硅单晶片上, 利用半导体工艺制作许多晶体二极管、三极管、电阻及电容等元件, 连接成整体并完成特定电子技术功能的电子电路。从外观上看, 它已成为一个不可分割的完整器件。集成电路在体积、重量、耗电、寿命、可靠性及电性能方面远远优于晶体管元件组成的电路。

在当今这个信息化社会中, 集成电路已成为各行各业实现信息化、智能化的基础。无论是在军事还是民用上, 它都起着不可替代的作用。集成电路产业是全球范围内的核心高科技产业之一, 具有战略性和市场性的双重特性。在国防和国家安全领域, 集成电路起着维护国家利益, 捍卫国家主权的关键作用; 在经济建设和增强综合国力的过程中, 集成电路又是核心竞争力的具体表现。自 20 世纪中期以来, 集成电路产业遵循摩尔定律飞速发展。集成电路产业的兴起奠定了现代信息技术的基石, 没有半导体技术突飞猛进的发展就没有信息技术日新月异的变化。

1.1 集成电路发展史简介

集成电路的发展经历了一个漫长的过程, 这里以时间顺序简单地介绍它的发展过程。1906 年, 第一个电子管诞生; 1912 年, 电子管制作工艺的日趋成熟引发了无线电技术的发展; 1918 年, 人们逐步发现了半导体材料; 1920 年, 人们发现半导体材料所具有的光敏特性; 1932 年, 运用量子学说建立了能带理论研究半导体现象; 1947 年, 美国贝尔实验室的巴丁等发明晶体管, 如图 1-1 所示。作为划时代的发明, 他们因此获得了 1956 年诺贝尔物理学奖。

1952 年, 英国科学家达默 (G. W. A. Dummer) 第一次提出了集成电路的设想; 1958 年, TI 公司的科学家基尔比 (Clair Kilby) 与仙童公司的诺伊斯 (Robert Noyce) 先后独

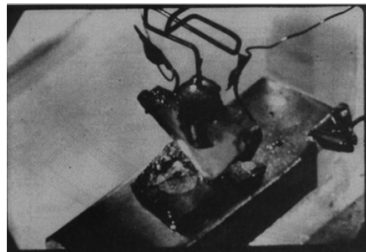


图 1-1 巴丁等发明的晶体管

2 第1章 引 论

立地发明了集成电路，如图 1-2 所示。基尔比等人获得了 2000 年诺贝尔物理学奖以表彰他们为现代信息技术的所作出的基础性贡献。

1966 年，美国贝尔实验室使用比较完善的硅外延平面工艺制造了第一块公认的大规模集成电路。1971 年，Intel 公司生产出第一个微处理器芯片 4004，如图 1-3 所示。

1988 年，16MB DRAM 问世， 1cm^2 大小的硅片上集成有 3500 万个晶体管，标志着进入超大规模集成电路阶段。1997 年，300MHz 奔腾 II 问世，它采用 $0.25\mu\text{m}$ 工艺，奔腾系列芯片的推出让计算机的发展如虎添翼，发展速度让人惊叹。2009 年，Intel 酷睿 i 系列全新推出，采用 32nm 工艺。

集成电路的集成度从小规模到大规模、再到超大规模的迅速发展，关键在于集成电路的布图设计水平的迅速提高，集成电路的布图设计由此日益复杂而精密。这些技术的发展，使得集成电路的发展进入了一个新的发展。相信随着科技的发展，集成电路还会有更高的发。

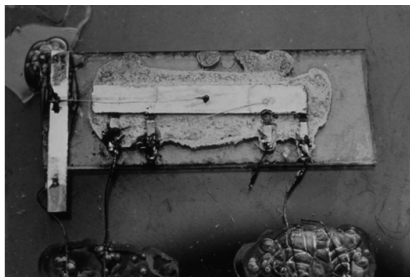


图 1-2 第一块集成电路



图 1-3 第一个微处理器芯片 4004

1.2 国内集成电路发展现状

集成电路对国民经济的倍增作用已被人们充分认识，它对各行业的影响可表示为：IC 业、电子整机业、应用服务业的比为 1 : 10 : 100。有关资料表明，集成电路对一个国家经济发展的贡献率远大于其他产业，例如，钢铁对国民生产总值（GNP）的贡献率为 1，汽车对 GNP 的贡献率为 5，彩电对 GNP 的贡献率为 30，计算机对 GNP 的贡献率为 1000，而集成电路对 GNP 的贡献率为 3000，发达国家 GNP 增长的 65% 与 IC 相关。尤其集成电路高级产品—芯片，它被人们形象地比喻为国家的“工业粮食”，是信息产业的核心，是所有整机设备的“心脏”。据国际货币基金组织测算，芯片 1 元的产值可带动相关电子信息产业 10 元产值，带来 100 元的 GDP，欧美发达国家也纷纷将芯片产业列入国家战略产业。

我国集成电路产业诞生于 20 世纪 60 年代，经过 30 多年的发展目前已形成一定的发展规模，由 7 个芯片生产骨干企业、十几个重点封装厂、几十家设计公司、若干个关键材料及专用设备仪器制造厂组成的产业群体初步形成电路设计芯片制造和电路封装三业并举。在地域上，呈现相对集中的布局（苏浙沪京津粤闽地区），据报道 2004 年我国（包括中国台湾地区）在销售增长方面排名全球第一，成为全球最大的半导体市场。在产业链接环节中，我国集成电路制造业销售额规模在 2004 年成倍增长，全年规模突破 100 亿元达到 181.24 亿元，

同比增长 190%。作为集成电路产业龙头的集成电路设计业,在 2004 年国内集成电路设计行业销售收入同比增长 81.5%,规模达到 81.5 亿元。封装测试业方面全行业全年销售收入的同比增长达到 15.8%,规模接近 300 亿元。

国内集成电路产业最近几年获得了较快的发展,一些优势企业的竞争力开始显现。以增长最快的设计业为例,2011 年,IC 设计业销售额达到 473.74 亿元,同比增长 30.2%;2012 年,我国设计企业前 10 家的销售额总和达到 231.17 亿元,比 2011 年增加 29.7 亿元,10 家企业的销售额总和占全行业销售额总和的 33.97%,比 2011 年(31.76%)增加 2.21 个百分点。但是,与韩国、中国台湾(地区)比较,仍然存在发展速度相对较慢、产品技术含量低、企业竞争力差的情况。打价格战还是主要商业策略,“正向设计”依然未形成主流,基础能力提升不快的状况仍未改观。全行业的销售额总和有可能还低于世界排名第一的设计企业销售额。近十几年来,我国大陆境内 IC 制造生产线快速增加,“十·五”期间增加了 16 条,“十一·五”期间增加 20 条,大尺寸线在总量中所占比例也逐步上升。2011 年,虽然芯片制造业同比仍有 8.9% 的增速,规模达到 486.91 亿元,但销售收入增速出现明显回落。目前,国内芯片制造厂有近 50 家,具有 200mm 及 300mm 的纯芯片代工企业已有 7 家,即中芯国际、华虹 NEC、上海宏力、海力士-意法半导体(无锡)、和舰科技、台积电(上海)、上海先进等企业,形成了颇具规模的企业群体和生产能力。中芯国际目前可提供 40/45nm 工艺技术,可与国际基本接轨。但除了这几家先进的外资或合资企业外,其他大多数生产线的盈利能力都不强。

需要特别指出的是,虽然大陆境内 IC 制造生产线快速增加,但其投资主体多为外资转移的生产线或中外合资合作,并非国有控股,涉及国家安全的战略性支撑缺失。国防军用 IC 开发可控绝对是有必要的。军品所需的安全性、及时性、高可靠、抗极端环境等要求是“委外代工”或“民用代工”无法达到的。在设计、制造和封装测试三大生产环节中,封测可能是技术含量相对较低的部分,也是最靠近市场的后端生产环节。因此,国(境)外封装测试代工企业大量地将其封装产能转移至中国大陆境内,直接促进了我国封测产业规模的迅速扩大。2010 年,国内集成电路产业销售收入规模为 1440.2 亿元,其中,封测业销售收入规模为 639 亿元,占集成电路产业总销售收入的比重约为 44%。

引用邓中翰院士的观点,近几年尽管我国取得了可喜的进步,但是我国每年进口芯片仍然高达两千多亿美元。在 2013“两会”上,国务院副总理刘延东也曾以芯片业进出口状况为例,感叹中国仍然缺乏关键科技技术。2014 年初,根据海关总署在 1 月公布的数据,2013 年全年我国集成电路进口额为 2322 亿美元,比 2012 年同期的 1724.99 亿美元增长了 34.6%;逆差达到 1441 亿美元,较 2013 年同期的 1391 亿美元扩大了 50 亿美元,连续第四年扩大。而同 2013 年相比,2014 年虽然中国原油进口量继续大幅增长,但进口额度只有 2196 亿美元,较去年同期下降了 0.5%。这也说明,2015 年我国芯片进口额度与石油进口额度的比例也在进一步扩大。有人预计,2015 年我国集成电路进出口将保持快速增长势头,其中芯片进口将突破 2000 亿美元,贸易逆差仍接近 1500 亿美元。

1.3 国际集成电路发展趋势

根据国际半导体技术发展路线图 (ITRS), 国际集成电路技术大致有 3 个主要趋势:

1) 延续摩尔定律, 继续按比例缩小, 英特尔 CMOS 技术工业节点 2013 年引入 14nm, 目前已达 10nm 工业节点, 未来正在部署 7nm, 台积电最高端的 CMOS 技术工艺节点已达到 14nm, 预计 2015 年将到达 10nm。

2) 功能集成, 称为拓展摩尔定律, 即在单个芯片 / 封装 / 模块上更多地集成包括 RF、功率控制、无源元件等功能单元。

3) 发展新兴材料和器件, 预计到 2019 年, 可研究出超过 CMOS 器件性能的新器件, 可继续提高 CMOS 工艺的能力。

