



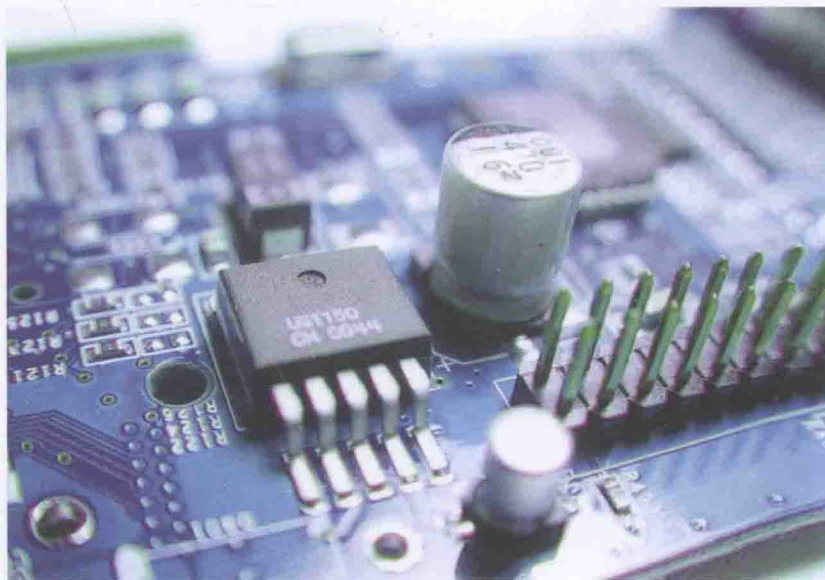
新兴产业和高新技术现状与前景研究丛书

总主编 金 碚 李京文

集成电路产业 现状与发展前景

陈 志 胡晓珍 编著

JICHENG DIANLU CHANYE
XIANZHUANG YU FAZHAN QIANJING



SPM

南方出版传媒

广东经济出版社



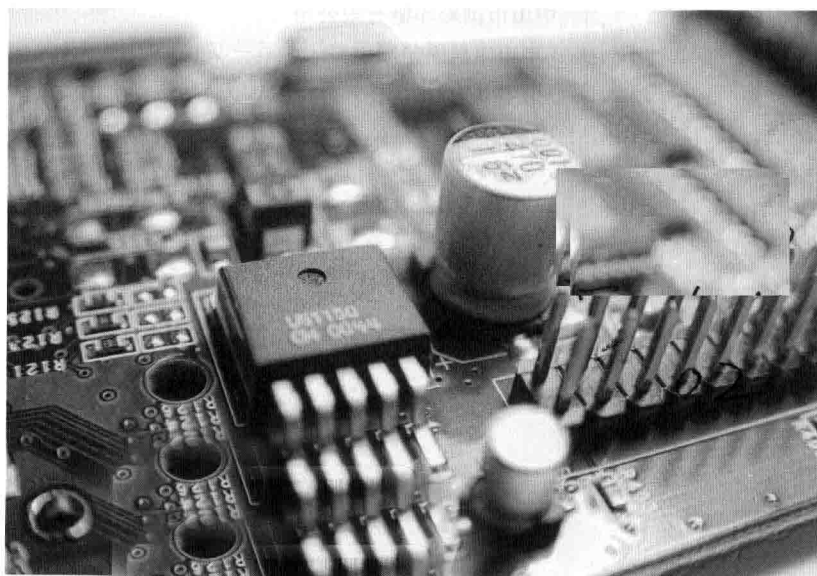
新兴产业和高新技术现状与前景研究丛书

总主编 金 碚 李京文

集成电路产业 现状与发展前景

陈 志 胡晓珍 编著

JICHENG DIANLU CHANYE
XIANZHUANG YU FAZHAN QIANJING



SPM

南方出版传媒

广东经济出版社

· 广州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

集成电路产业现状与发展前景 / 陈志, 胡晓珍编著. —广州: 广东经济出版社, 2015. 5

(新兴产业和高新技术现状与前景研究丛书)

ISBN 978 - 7 - 5454 - 3999 - 1

I. ①集… II. ①陈… ②胡… III. ①集成电路 - 电子工业 - 产业发展 - 研究 - 世界 IV. ①F416. 63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 099830 号

出版 发行	广东经济出版社 (广州市环市东路水荫路 11 号 11 ~ 12 楼)
经销	全国新华书店
印刷	中山市国彩印刷有限公司 (中山市坦洲镇彩虹路 3 号第一层)
开本	730 毫米 × 1020 毫米 1/16
印张	12.75
字数	222 000 字
版次	2015 年 5 月第 1 版
印次	2015 年 5 月第 1 次
书号	ISBN 978 - 7 - 5454 - 3999 - 1
定价	27.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与承印厂联系调换。

发行部地址: 广州市环市东路水荫路 11 号 11 楼

电话: (020) 38306055 37601950 邮政编码: 510075

邮购地址: 广州市环市东路水荫路 11 号 11 楼

电话: (020) 37601980 邮政编码: 510075

营销网址: <http://www.gebook.com>

广东经济出版社常年法律顾问: 何剑桥律师

· 版权所有 翻印必究 ·

“新兴产业和高新技术现状与前景研究”丛书编委会

- 总 主 编：**金 碚 中国社会科学院工业经济研究所原所长、
学部委员
- 李京文 北京工业大学经济与管理学院名誉院长、
中国社会科学院学部委员、中国工程院院士
- 副 主 编：**向晓梅 广东省社会科学院产业经济研究所所长、
研究员
- 阎秋生 广东工业大学研究生处处长、教授
- 编 委：**
- 张其仔 中国社会科学院工业经济研究所研究员
- 赵 英 中国社会科学院工业经济研究所工业发展
研究室主任、研究员
- 刘戒骄 中国社会科学院工业经济研究所产业组织
研究室主任、研究员
- 李 钢 中国社会科学院工业经济研究所副研究员
- 朱 彤 中国社会科学院工业经济研究所能源经济
研究室主任、副研究员
- 白 玫 中国社会科学院工业经济研究所副研究员
- 王燕梅 中国社会科学院工业经济研究所副研究员
- 陈晓东 中国社会科学院工业经济研究所副研究员
- 李鹏飞 中国社会科学院工业经济研究所资源与环境
研究室副主任、副研究员

- 原 磊 中国社会科学院工业经济研究所工业运行
研究室主任、副研究员
- 陈 志 中国科学技术发展战略研究院副研究员
- 史岸冰 华中科技大学基础医学院教授
- 吴伟萍 广东省社会科学院产业经济研究所副所长、
研究员
- 燕雨林 广东省社会科学院产业经济研究所研究员
- 张栓虎 广东省社会科学院产业经济研究所副研究员
- 邓江年 广东省社会科学院产业经济研究所副研究员
- 杨 娟 广东省社会科学院产业经济研究所副研究员
- 柴国荣 兰州大学管理学院教授
- 梅 霆 西北工业大学理学院教授
- 刘贵杰 中国海洋大学工程学院机电工程系主任、教授
- 杨 光 北京航空航天大学机械工程及自动化学院
工业设计系副教授
- 迟远英 北京工业大学经济与管理学院教授
- 王 江 北京工业大学经济与管理学院副教授
- 张大坤 天津工业大学计算机科学系教授
- 朱郑州 北京大学软件与微电子学院副教授
- 杨 军 西北民族大学现代教育技术学院副教授
- 赵肃清 广东工业大学轻工化工学院教授
- 袁清珂 广东工业大学机电工程学院副院长、教授
- 黄 金 广东工业大学材料与能源学院副院长、教授
- 莫松平 广东工业大学材料与能源学院副教授
- 王长宏 广东工业大学材料与能源学院副教授

总序

人类数百万年的进化过程，主要依赖于自然条件和自然物质，直到五六千年之前，由人类所创造的物质产品和物质财富都非常有限。即使进入近数千年的“文明史”阶段，由于除了采掘和狩猎之外人类尚缺少创造物质产品和物质财富的手段，后来即使产生了以种植和驯养为主要方式的农业生产活动，但由于缺乏有效的技术手段，人类基本上没有将“无用”物质转变为“有用”物质的能力，而只能向自然界获取天然的对人类“有用”之物来维持低水平的生存。而在缺乏科学技术的条件下，自然界中对于人类“有用”的物质是非常稀少的。因此，据史学家们估算，直到人类进入工业化时代之前，几千年来全球年人均经济增长率最多只有 0.05%。只有到了 18 世纪从英国开始发生的工业革命，人类发展才如同插上了翅膀。此后，全球的人均产出（收入）增长率比工业化之前高 10 多倍，其中进入工业化进程的国家和地区，经济增长和人均收入增长速度数十倍于工业化之前的数千年。人类今天所拥有的除自然物质之外的物质财富几乎都是在这 200 多年的时期中创造的。这一时期的最大特点就是：以持续不断的技术创新和技术革命，尤其是数十年至近百年发生一次的“产业革命”的方式推动经济社会的发展。^① 新产业和新技术层出不穷，人类发展获得了强大的创造能力。

^① 产业革命也称工业革命，一般认为 18 世纪中叶（70 年代）在英国产生了第一次工业革命，逐步扩散到西欧其他国家，其技术代表是蒸汽机的运用。此后对世界所发生的工业革命的分期有多种观点。一般认为，19 世纪中叶在欧美等国发生第二次工业革命，其技术代表是内燃机和电力的广泛运用。第二次世界大战结束后的 20 世纪 50 年代，发生了第三次工业革命，其技术代表是核技术、计算机、电子信息技术的广泛运用。21 世纪以来，世界正在发生又一次新工业革命（也有人称之为“第三次工业革命”，而将上述第二、第三次工业革命归之为第二次工业革命），其技术代表是新能源和互联网的广泛运用。也有人提出，世界正在发生的新工业革命将以制造业的智能化尤其是机器人和生命科学为代表。

当前，世界又一次处于新兴产业崛起和新技术将发生突破性变革的历史时期，国外称之为“新工业革命”或“第三次工业革命”“第四次工业革命”，而中国称之为“新型工业化”“产业转型升级”或者“发展方式转变”。其基本含义都是：在新的科学发现和技术发明的基础上，一批新兴产业的出现和新技术的广泛运用，根本性地改变着整个社会的面貌，改变着人类的生活方式。正如美国作者彼得·戴曼迪斯和史蒂芬·科特勒所说：“人类正在进入一个急剧的转折期，从现在开始，科学技术将会极大地提高生活在这个星球上的每个男人、女人与儿童的基本生活水平。在一代人的时间里，我们将有能力为普通民众提供各种各样的商品和服务，在过去只能提供给极少数富人享用的那些商品和服务，任何一个需要得到它们、渴望得到它们的人，都将能够享用它们。让每个人都生活在富足当中，这个目标实际上几乎已经触手可及了。”“划时代的技术进步，如计算机系统、网络与传感器、人工智能、机器人技术、生物技术、生物信息学、3D 打印技术、纳米技术、人机对接技术、生物医学工程，使生活于今天的绝大多数人能够体验和享受过去只有富人才有机会拥有的生活。”^①

在世界新产业革命的大背景下，中国也正处于产业发展演化过程中的转折和突变时期。反过来说，必须进行产业转型或“新产业革命”才能适应新的形势和环境，实现绿色化、精致化、高端化、信息化和服务化的产业转型升级任务。这不仅需要大力培育和发展新兴产业，更要实现高新技术在包括传统产业在内的各类产业中的普遍运用。

我们也要清醒地认识到，20 世纪 80 年代以来，中国经济取得了令世界震惊的巨大成就，但是并没有改变仍然属于发展中国家的现实。发展新兴产业和实现产业技术的更大提升并非轻而易举的事情，不可能一蹴而就，而必须拥有长期艰苦努力的决心和意志。中国社会科学院工业经济研究所的一项研究表明：中国工业的主体部分仍处于国际竞争力较弱的水平。这项研究把中国工业制成品按技术含量低、中、高的次序排列，发现国际竞争力大致呈 U 形分布，即两头相对较高，而在统计上分类为“中技术”的行业，例如化工、材料、机械、电子、精密仪器、交通设备等，国际竞争力显著较低，而这类产业恰恰是工业的主体和决定工业技术整体素质的关键基础部门。如果这类产业竞争力不

^① 【美】彼得·戴曼迪斯，史蒂芬·科特勒. 富足：改变人类未来的 4 大力量. 杭州：浙江大学出版社，2014.

强，技术水平较低，那么“低技术”和“高技术”产业就缺乏坚实的基础。即使从发达国家引入高技术产业的某些环节，也是浅层性和“漂浮性”的，难以长久扎根，而且会在技术上长期受制于人。

中国社会科学院工业经济研究所专家的另一项研究还表明：中国工业的大多数行业均没有站上世界产业技术制高点。而且，要达到这样的制高点，中国工业还有很长的路要走。即使是一些国际竞争力较强、性价比较高、市场占有率很大的中国产品，其核心元器件、控制技术、关键材料等均须依赖国外。从总体上看，中国工业品的精致化、尖端化、可靠性、稳定性等技术性能同国际先进水平仍有较大差距。有些工业品在发达国家已属“传统产业”，而对于中国来说还是需要大力发展的“新兴产业”，许多重要产品同先进工业国家还有几十年的技术差距，例如数控机床、高端设备、化工材料、飞机制造、造船等，中国尽管已形成相当大的生产规模，而且时有重大技术进步，但是，离世界的产业技术制高点还有非常大的距离。

产业技术进步不仅仅是科技能力和投入资源的问题，攀登产业技术制高点需要专注、耐心、执着、踏实的工业精神，这样的工业精神不是一朝一夕可以形成的。目前，中国企业普遍缺乏攀登产业技术制高点的耐心和意志，往往是急于“做大”和追求短期利益。许多制造业企业过早走向投资化方向，稍有成就的企业家都转而成为赚快钱的“投资家”，大多进入房地产业或将“圈地”作为经营策略，一些企业股票上市后企业家急于兑现股份，无意在实业上长期坚持做到极致。在这样的心态下，中国产业综合素质的提高和形成自主技术创新的能力必然面临很大的障碍。这也正是中国产业综合素质不高的突出表现之一。我们不得不承认，中国大多数地区都还没有形成深厚的现代工业文明的社会文化基础，产业技术的进步缺乏持续的支撑力量和社会环境，中国离发达工业国的标准还有相当大的差距。因此，培育新兴产业、发展先进技术是摆在中国产业界以至整个国家面前的艰巨任务，可以说这是一个世纪性的挑战。如果不能真正夯实实体经济的坚实基础，不能实现新技术的产业化和产业的高技术化，不能让追求技术制高点的实业精神融入产业文化和企业愿景，中国就难以成为真正强大的国家。

实体产业是科技进步的物质实现形式，产业技术和产业组织形态随着科技进步而不断演化。从手工生产，到机械化、自动化，现在正向信息化和智能化方向发展。产业组织形态则在从集中控制、科层分权，向分布式、网络化和去中心化方向发展。产业发展的历史体现为以蒸汽机为标志的第一次工业革命、

以电力和自动化为标志的第二次工业革命，到以计算机和互联网为标志的第三次工业革命，再到以人工智能和生命科学为标志的新工业革命（也有人称之为“第四次工业革命”）的不断演进。产业发展是人类知识进步并成功运用于生产性创造的过程。因此，新兴产业的发展实质上是新的科学发现和技术发明以及新科技知识的学习、传播和广泛普及的过程。了解和学习新兴产业和高新技术的知识，不仅是产业界的事情，而且是整个国家全体人民的事情，因为，新兴产业和新技术正在并将进一步深刻地影响每个人的工作、生活和社会交往。因此，编写和出版一套关于新兴产业和新产业技术的知识性丛书是一件非常有意义的工作。正因为这样，我们的这套丛书被列入了2014年的国家出版工程。

我们希望，这套丛书能够有助于读者了解和关注新兴产业发展和高新产业技术进步的现状和前景。当然，新兴产业是正在成长中的产业，其未来发展的技术路线具有很大的不确定性，关于新兴产业的新技术知识也必然具有不完备性，所以，本套丛书所提供的不可能是成熟的知识体系，而只能是形成中的知识体系，更确切地说是有待进一步检验的知识体系，反映了在新产业和新技术的探索上现阶段所能达到的认识水平。特别是，丛书的作者大多数不是技术专家，而是产业经济的观察者和研究者，他们对于专业技术知识的把握和表述未必严谨和准确。我们希望给读者以一定的启发和激励，无论是“砖”还是“玉”，都可以裨益于广大读者。如果我们所编写的这套丛书能够引起更多年轻人对发展新兴产业和新技术的兴趣，进而立志投身于中国的实业发展和推动产业革命，那更是超出我们期望的幸事了！

金 碚

2014年10月1日

目 录

第一章 集成电路产业基础知识	001
一、集成电路产业的内涵特征	001
二、集成电路产业的演变历程	015
第二章 全球集成电路产业的发展概况	025
一、全球集成电路产业的发展现状	025
二、全球集成电路产业的分布特征	039
三、全球集成电路产业的发展模式和经验总结	044
四、全球集成电路产业的转移轨迹	059
五、全球集成电路产业的发展趋势	062
六、集成电路产业技术发展趋势	066
第三章 中国集成电路产业的发展现状和空间布局	074
一、中国集成电路产业的发展现状	074
二、中国集成电路产业链分析	093
三、中国集成电路产业的空间布局	105
四、集成电路相关科技重大专项进展	113
第四章 中国集成电路产业的趋势判断和战略重点	129
一、中国集成电路产业的发展趋势判断	129
二、“十二五”时期中国集成电路产业的发展重点	140
三、未来政策取向	149

第五章 重点省市集成电路产业的发展现状和趋势 151

 一、北京市 151

 二、上海市 159

 三、广东省 169

附录：集成电路主要技术术语及解释 187

 主要缩略词与专业用语（英汉对照） 191

参考文献 192

第一章 集成电路产业基础知识

一、集成电路产业的内涵特征

（一）集成电路产业概述

1. 什么是集成电路?^①

集成电路是电子信息产品的核心部件，广泛运用于资讯、通信、消费类电子、工业仪器、运输和国防太空等领域，被称作“电子信息产业原油”。

集成电路（Integrated Circuit）是一种微型电子器件或部件，是微电子技术的主要产品。采用专门的设计技术和特殊的集成工艺技术，把构成集成电路的晶体管、二极管、电阻、电容等基本元器件，制作在一块集成电路单晶片（例如硅或者砷化镓）或者陶瓷等绝缘基片上，并按电路要求完成元器件间的互连，再封装在一个外壳内，能完成特定的电路功能或者系统功能。集成电路在电路中用字母“IC”表示。

集成电路由于其体积小、重量轻、性能可靠、价格便宜等特点，现已被广泛应用于各种领域。随着性能优良、种类丰富的新产品的出现，集成电路应用领域越来越广泛。国际集成电路发展的趋势是集成电路的特征尺寸将继续缩小，集成电路（IC）将发展为系统芯片（System On a Chip，简称 SOC）。微电子技术和其他学科相结合将成为很多新兴学科的生长点，与其他产业和技术结合将成为新的经济增长点。

^① 曹桂华. 我国集成电路产业自主创新战略研究 [D]. 武汉理工大学博士学位论文, 2007.



延伸阅读

集成电路发明人——美国工程师杰克·基尔比

1958年9月12日，美国，德克萨斯州达拉斯市，德州仪器公司的实验室里，工程师杰克·基尔比成功地实现了把电子器件集成在一块半导体材料上的构想。这一天，被视为集成电路的诞生日，而这枚小小的芯片，开创了电子技术历史的新纪元。2000年杰克·基尔比获得诺贝尔物理学奖。2005年6月20日杰克·基尔比因癌症在美国德州达拉斯市去世，享年八十一岁。

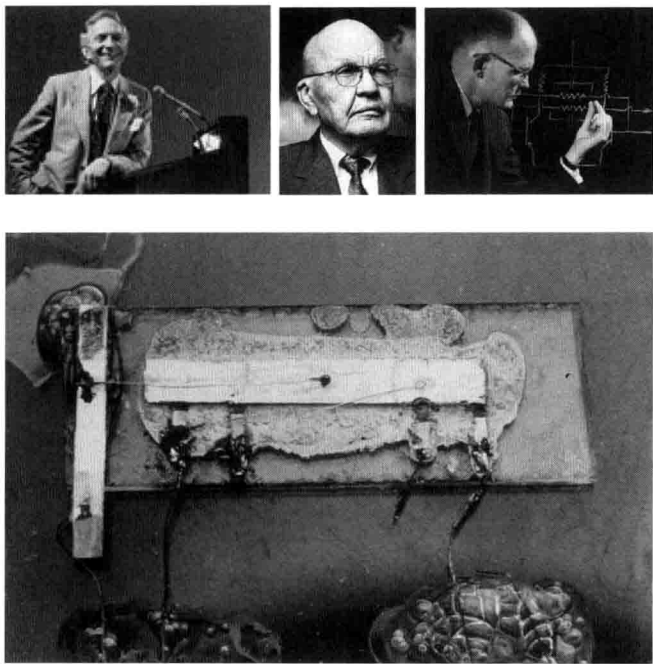


图 1-1 杰克·基尔比与其发明的第一块集成电路

知识链接

有源器件 VS 无源器件

简单地讲就是需能（电）源的器件叫有源器件，无需能（电）源的器件

就是无源器件。无源器件是一种只消耗元器件输入信号电能的元器件，本身不需要电源就可以进行信号处理和传输，无源器件包括电阻、电位器、电容、电感。有源器件正常工作的基本条件是必须向器件提供相应的电源，如果没有电源，器件将无法工作，有源器件包括三极管、场效应管、集成电路（IC）等，是以半导体为基本材料构成的元器件。有源器件一般用来信号放大、变换等，有源器件能控制电压或电流，或在电路中创造转换的动作，它是智能的，又叫主动元器件。二极管、三极管、集成电路、晶振、传感器都是有源的。无源器件用来进行信号传输，或者通过方向性进行“信号放大”，无源器件不实施控制并不要求任何输入器件就可完成自身的功能，它是不智能的，又叫被动元器件。

2. 什么是集成电路产业？^①

IC 产业是典型的知识密集型、技术密集型、资本密集和人才密集型的高科技产业。一条完整的集成电路产业链除了包括设计、芯片制造和封装测试三个分支产业外，还包括集成电路设备制造、关键材料生产等相关支撑产业。集成

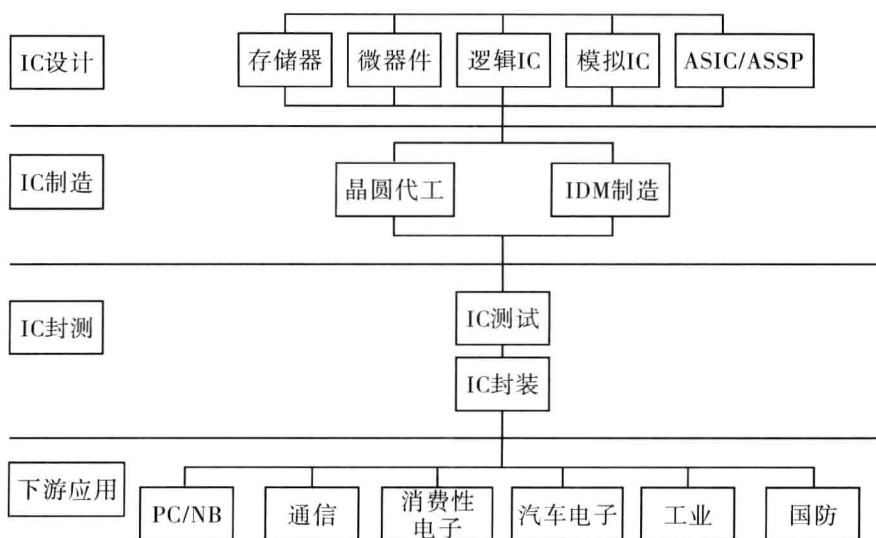


图 1-2 集成电路产业链结构图

^① 曹桂华. 我国集成电路产业自主创新战略研究 [D]. 武汉理工大学博士学位论文, 2007.

电路产业的生存和发展，需要复杂和精密的产业链支撑。集成电路产业是技术密集型和资本密集型产业，由于其对于电子信息产业的先导地位，一国集成电路产业的技术水平很大程度上代表了一个国家在国际电子信息产业中的地位。

集成电路产业具有“垂直分工”的特点：上游的集成电路设计企业属于智力密集型；晶圆制造企业属于资本技术密集型；而下游的封装、测试企业属于劳动密集型企业，相对来说，技术和资金门槛没有上游那么高。由于三类企业的特点不同，集成电路产业在国际范围内形成了“垂直分工”的特点，即设计业、晶圆制造企业、封装测试企业依次结成上下游分工合作的伙伴，以充分发挥各自的核心优势。集成电路产业自诞生以来，产业链便一直处于不断地裂变之中，与此同时，合作紧密的价值链逐渐形成。

知识链接

与集成电路相关的几个概念

晶圆：多指单晶硅圆片，由普通硅沙拉制提炼而成，是最常用的半导体材料，按其直径分为4英寸、5英寸、6英寸、8英寸等规格，近来发展出12英寸甚至更大的规格。晶圆越大，同一圆片上可生产的IC就多，可降低成本，但要求材料技术和生产技术更高。

光刻：IC生产的主要工艺手段，指用光技术在晶圆上刻蚀电路。

前、后工序：在IC制造过程中，晶圆光刻的工艺（即所谓流片），被称为前工序，这是IC制造最要害技术；晶圆流片后，其切割、封装等工序被称为后工序。

线宽：4微米/1微米/0.6微米/0.35微米/90纳米等，是指IC生产工艺可达到的最小导线宽度，是IC工艺先进水平的主要指标。线宽越小，集成度就高，在同一面积上就集成更多电路单元。

封装：指把硅片上的电路管脚，用导线接引到外部接头处，以便与其他器件连接。

如果按原料和工艺流程分类，集成电路涉及集成电路材料（含化学品）、光罩、设计、制造、封装、测试及设备七大领域，每一领域都可以独立形成产

业。产业链上各个环节按技术要求高低排序，依次是设计—制造—封装测试。在目前产业规模持续扩大，投资增加，技术飞跃，全球分工的大背景下，集成电路产业的结构也发生了微妙的变化。

如果按照集成电路产业链上下游产业划分，也可简单的划分为集成电路设计业和制造业，其中制造业又衍生出代工工业。目前美国仍是集成电路产品设计和创新的发源地，全球前 20 家集成电路设计公司大都在美国。集成电路代工工业主要分布在亚洲，其中我国台湾地区和韩国是目前世界集成电路代工企业最重要的聚集地之一。

按照《国民经济行业分类》，集成电路业（行业分类代码）是指单片集成电路、混合式集成电路和组装好的电子模压组件、微型组件或类似组件的制造，包括半导体集成电路、膜集成电路、集成电路芯片、微型组件、集成电路及微型组件的零件，见下表。

表 1-1 集成电路行业产品分类

行业及代码	产品分类	产品描述
4305 集成电路制造	半导体集成电路	数字集成电路、模拟集成电路、接口集成电路、专用集成电路、存储器集成电路、计算机集成电路、数字信号处理器、微波集成电路、混合集成电路、传感器电路、光集成电路
	膜集成电路	厚膜有源集成电路、薄膜有源集成电路
	集成电路芯片	
	微型组件	数字功能组件、模拟功能组件、接口功能组件、专用功能组件
	集成电路及微型组件的零件	

数据来源：国家统计局。

（二）集成电路的分类

1. 按其功能不同分

集成电路按功能可分为：数字集成电路、模拟集成电路，其中，数字集成电路是近年来应用最广、发展最快的集成电路品种。数字集成电路就是传递、

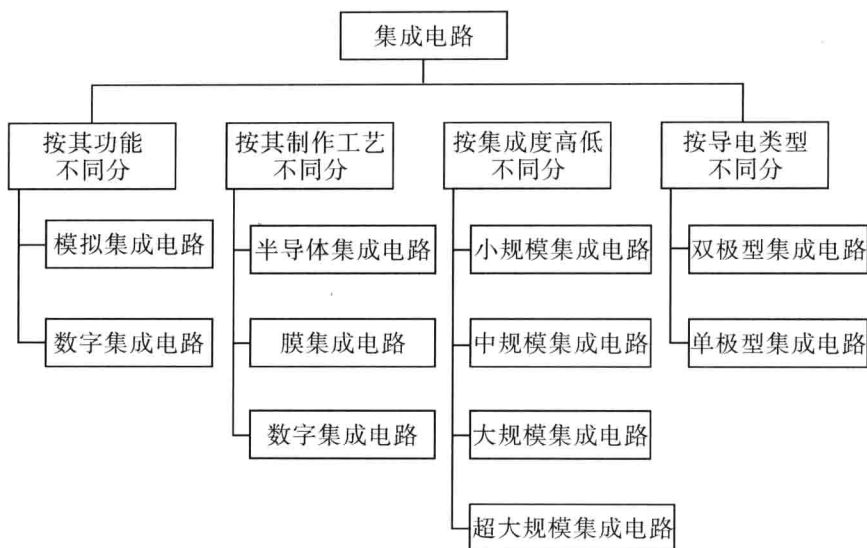


图 1-3 集成电路的分类图

加工、处理数字信号的集成电路，可分为通用数字集成电路和专用数字集成电路。^①

模拟集成电路：用来产生、放大和处理各种模拟电信号。所谓模拟信号，是指幅度随时间连续变化的信号。例如，人对着话筒讲话，话筒输出的音频电信号就是模拟信号，收音机、收录机、音响设备及电视机中接收、放大的音频信号、电视信号，也是模拟信号。

数字集成电路：用来产生、放大和处理各种数字电信号。所谓数字信号，

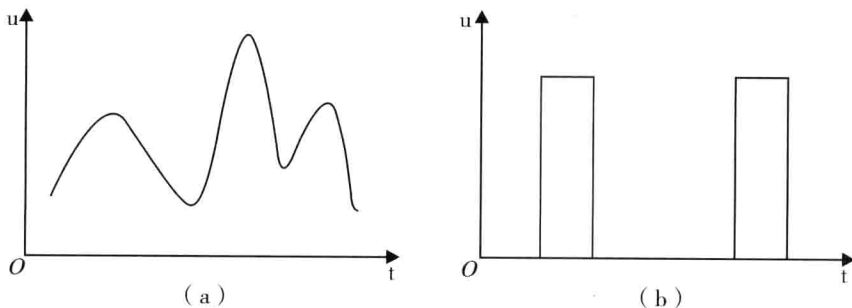


图 1-4 模拟信号 (a) 和数字信号 (b)

^① 曹桂华. 我国集成电路产业自主创新战略研究 [D]. 武汉理工大学博士学位论文, 2007.