

2021年10月22日

## IDM or Fabless, is that a question?

增持（维持）

证券分析师 张良卫

执业证号: S0600516070001

021-60199793

zhanglw@dwzq.com.cn

研究助理 焦鼎

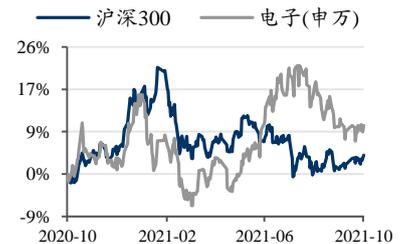
执业证号: S0600121010009

jiaod@dwzq.com.cn

### 投资要点

- **设计与工艺相互依存, IDM 成为早期半导体公司的标配:** 1947-1984年, 半导体公司多采用 IDM 模式。复盘半导体产业史可知, 众多对产业后续发展起到关键作用的基本结构、制造工艺在这期间陆续成形, 并不断完善着半导体作为微型化、低成本、自动化的计算设备的产业根基, 逐步形成了如今司空见惯的半导体产品。在此过程中, 结构的设计和工艺的加工是半导体产品开发的一体两面, 二者高度依存的特征在半导体产业初期体现地尤为显著, 也决定了早期半导体公司需要将设计和工艺能力整合起来开发新的产品, 因此, IDM 模式是当时的主流。
- **算力下沉, 半导体需求上升:** 1984年以来, 以 Fabless+Foundry 为代表的分工模式在半导体产业中蔚然成风。对于早期的半导体产品而言, “计算”的功能属性和“自动化”的性能属性推动了其在军事、航空航天和消费场景的应用。真正使半导体产品普及的是 1950 年代发明的计算机。参考摩尔定律, 微型化和低成本逐渐成为半导体产业升级的重要特征和驱动力。计算机时代中, 终端应用形态的演化显示出半导体产品“算力下沉”的发展脉络。“算力下沉”趋势演进, 计算机成为推动芯片产业发展的主力, 以 PC 为代表的终端应用加速渗透, 市场规模持续扩容, 并带动相关半导体产品需求的持续提升, 这样的需求催生了半导体公司的涌现, 以及半导体产品出货量的增加。
- **众多半导体公司涌现, Fabless 是降本增效之选:** 1980-2010 年是半导体产品公司创立的井喷期。随着半导体公司数量的增加, 同样增加的还有配套晶圆制造产线的建设成本。1980 年代以来, 初创的半导体产品公司已基本无力承担晶圆制造产线建设、维护和升级的庞大资本支出。其实, 与寻求晶圆制造代工的 Fabless 相比, 即使初创半导体产品公司成功投建了晶圆制造产线, 并达到足够的产能利用率, 其产品也很难在短期构建起成本竞争力。反观 Fabless 公司, 通过将晶圆制造环节外包, 可以显著降低公司的启动成本。同时, Fabless 公司还可将有限的资源集中到半导体的 IP/架构/验证等设计环节, 从而实现整体的降本和增效。此外, 同期出现的 IP 厂商也为 Fabless 的涌现提供了更友好的产业生态。
- **半导体生产规模扩大, Foundry 应运而生:** 半导体产业升级从器件结构层面逐步延伸至集成度层面, 为半导体工艺的标准化奠定了基础, 而标准化的半导体工艺, 进而形成了晶圆制造代工的基础。在以逻辑芯片为代表的半导体产品领域, 随着生产规模的扩张, Foundry 应运而生。由于半导体产品出货量的增加, 叠加 Fabless 公司的涌现, 若干家 IDM 难以满足全市场的生产需求, 而 Foundry 则可以灵活对接全市场的生产订单, 因此, 同样投建一座晶圆厂, Foundry 的规模效应更强, 其生产的平均成本比 IDM 更低, 因而更具市场竞争力。同时, Fabless+Foundry 模式具备显著的正反馈效应, 二者协同推进了半导体分工模式的发展。
- **模式之别是半导体公司不同成长阶段的映射:** IDM 和 Fabless, 是半导体产业发展到不同阶段的产物, 同时也对应着半导体公司在不同成长阶段的选择。半导体产品需求的提升, 催生了大量的半导体产品公司, 晶圆制造的委外生产和相关 IP 供应商的出现, 使 Fabless 成为可行且更具竞争力的选择, 其市场份额也持续提升。随着半导体产品生产规模的扩大, Foundry 模式凭借规模优势应运而生, 并与 Fabless 公司协同发展。但这并不意味着 IDM 模式已经过时, IDM 模式在设计与工艺高度依存的情况下依然是十分行之有效的策略。半导体产品领域的前沿创新, 依然离不开对设计与工艺的整合, 而 IDM 模式未来的市场空间依旧广阔。
- **投资建议:** 随着半导体产业创新和国产替代的推进, 本土 IDM、Fabless 和 Foundry 厂商有望充分受益, 重点推荐: 卓胜微、斯达半导、恒玄科技、全志科技, 建议关注: 韦尔股份、格科微、士兰微、时代电气、中芯国际、华虹半导体等标的。
- **风险提示:** 市场需求不及预期; 新品推出不及预期; 客户开拓不及预期。

### 行业走势



### 相关研究

- 1、《电子: AIoT 空间广阔, 互联和智能化趋势造就新机遇》2021-08-22
- 2、《电子: 晶圆产能稳步扩增, 下游需求多元共振》2021-08-15
- 3、《电子行业周报: 被动元器件国产替代空间广阔, 关注片式电阻份额提升机遇》2021-07-26

# 电子行业研究报告

表 1: 相关公司盈利预测及估值

代码	公司	总市值 (亿元)	收盘价 (元)	EPS (元)			PE			投资评级
				2020A	2021E	2022E	2020A	2021E	2022E	
300782	卓胜微	1100.48	329.92	5.96	6.05	8.48	55	55	39	买入
603290	斯达半导	641.76	401.10	1.15	2.11	3.05	349	190	132	买入
688608	恒玄科技	301.08	250.90	1.65	4.05	6.11	152	62	41	买入
300458	全志科技	216.04	65.27	0.62	1.67	2.42	105	39	27	买入
603501	韦尔股份	2192.40	252.26	3.12	5.29	6.91	81	48	37	-
688728	格科微	814.14	32.58	0.34	0.59	0.85	96	55	38	-
600460	士兰微	860.97	60.80	0.05	0.71	0.91	1216	86	67	-
688187	时代电气	778.93	55.00	2.11	1.69	2.04	26	33	27	-
688981	中芯国际	4409.33	55.79	0.55	1.05	1.13	101	53	49	-
1347.HK	华虹半导体	435.91	33.52	0.49	0.80	1.00	74	42	34	-

数据来源: Wind, 东吴证券研究所

(所有数据更新到 2021 年 10 月 22 日, 均为人民币口径, 卓胜微、斯达半导、恒玄科技、全志科技的盈利预测数据来自东吴证券研究所, 韦尔股份、格科微、士兰微、时代电气、中芯国际、华虹半导体的盈利预测数据来自 Wind 一致预期。港股数据的汇率折算以 2021 年 10 月 22 日 1 港元=0.82 人民币计。)

## 内容目录

1. 设计与工艺相互依存，IDM 成为早期半导体公司的标配.....	6
2. 算力下沉，半导体需求上升 .....	9
3. 众多半导体公司涌现，Fabless 是降本增效之选.....	13
4. 半导体生产规模扩大，Foundry 应运而生 .....	18
5. 模式之别是半导体公司不同成长阶段的映射 .....	22
6. 风险提示 .....	25

## 图表目录

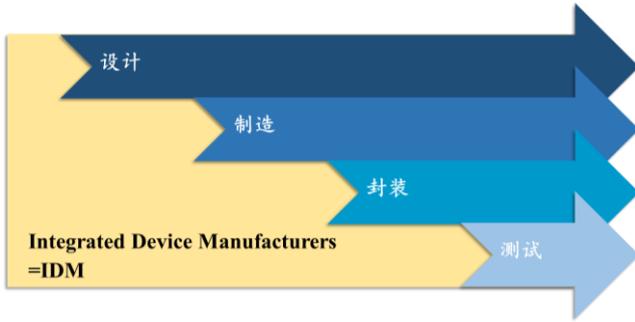
图 1: IDM 的概念.....	6
图 2: 1947-1987 年间的半导体 IDM 企业.....	6
图 3: 半导体产业的关键结构、工艺和产品.....	6
图 4: 一款新型 MOSFET 的结构设计及其加工工艺.....	8
图 5: 半导体的商业模式.....	9
图 6: 1984 年后涌现的 Fabless、Foundry 企业.....	9
图 7: Apollo 制导计算机的微逻辑门.....	9
图 8: Kilby 的集成电路专利.....	9
图 9: Sonotone 1010 使用了一个晶体管和两个电子管.....	10
图 10: 索尼 TR-52 晶体管收音机.....	10
图 11: 摩尔定律.....	11
图 12: 英特尔 x86 微处理器产品.....	11
图 13: PC IBM 5150.....	11
图 14: 全球 PC 出货量变化.....	12
图 15: 算力下沉.....	12
图 16: 半导体产品公司成立数量的变化.....	13
图 17: 晶圆产线成本的变化.....	13
图 18: 晶圆制造产线的设施构成.....	13
图 19: 先进晶圆制造产线投资和制程升级成本的变化.....	13
图 20: 2019 年半导体设备市场规模及设备种类.....	14
图 21: IDM 与 Fabless 投片成本的对比.....	14
图 22: 2020 年 Fabless 市场的市占率（营收口径计）.....	14
图 23: IDM 与 Fabless IC 销售额的对比（单位：十亿美元）.....	15
图 24: 半导体设计环节的成本构成.....	15
图 25: Intel 和 AMD 的 CPU 市占率变化（用量口径计）.....	15
图 26: 半导体设计成本随制程的变化.....	16
图 27: 集成电路产业各环节的价值量占比.....	16
图 28: IP 的种类.....	16
图 29: IP 数量随制程的变化.....	16
图 30: 2020 年 IP 市场的产品占比.....	17
图 31: 2020 年 IP 市场的市占率（营收口径计）.....	17
图 32: 晶体管在器件结构层面的创新.....	18
图 33: 晶体管在集成度层面的创新.....	18
图 34: 一套标准的 CMOS 工艺流程.....	19
图 35: IDM 与 Foundry 生产规模的对比.....	19
图 36: IDM 与 Foundry 代工销售额的对比（单位：十亿美元）.....	19
图 37: 2020 年晶圆代工市场的产能占比（千片/月）.....	20
图 38: 2021Q2 晶圆代工市场的市占率（营收口径计）.....	20
图 39: 台积电制程升级历程.....	20
图 40: Fabless+Foundry 的正反馈.....	21
图 41: 全球化分工模式已成为半导体产业的重要特征.....	21
图 42: IDM、Fabless 和 Foundry 等半导体产业模式的发展历程.....	22

图 43: 半导体产业链.....	22
图 44: 全球前十大半导体公司.....	23
表 1: 相关公司盈利预测及估值.....	2
表 2: 1947-1987 年发明的半导体基础技术.....	7
表 3: IP 供应商的对比.....	17
表 4: 相关公司盈利预测及估值.....	24

## 1. 设计与工艺相互依存，IDM 成为早期半导体公司的标配

自 1947 年贝尔实验室的 John Bardeen 和 Walter Brattain 发明晶体管，至 1984 年全球第一家 Fabless 公司 Xilinx 创立，以及 1987 年全球第一家纯晶圆代工厂台积电创立，这期间半导体公司多采用 IDM 的经营模式。

图 1: IDM 的概念



数据来源: WiKipedia, 东吴证券研究所

图 2: 1947-1987 年间的半导体 IDM 企业

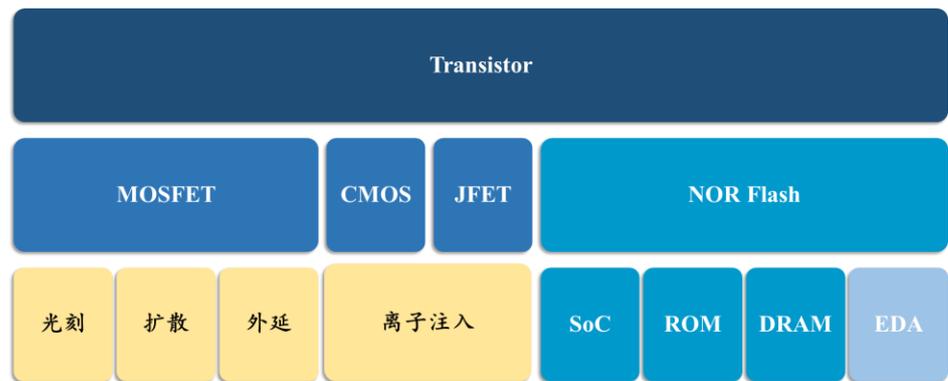


数据来源: WiKipedia, 东吴证券研究所

究其原因，这期间的半导体产品尚处于成形阶段，设计和工艺的依存度较高。

复盘半导体产业发展史，我们可以发现，1947-1987 年间，众多对后续产业发展起到关键作用的半导体结构、工艺和产品陆续涌现，并不断完善着半导体作为微型化、低成本、自动化的计算设备的产业根基。

图 3: 半导体产业的关键结构、工艺和产品



数据来源: WiKipedia, 东吴证券研究所

例如，相比于最初的点接触晶体管，1948 年提出的结型晶体管凭借更优异的性能和更适合于规模化制造的特性，成为了后来各类半导体产品的基础；扩散（1952 年）、光刻（1955 年）、外延（1960 年）、离子注入（1962 年）、沉积（CVD（1950s）、PVD（1966））也在上述年限期间陆续被发明、提出或应用，并构成了半导体制造工艺的基本要素；1959 年，Jean Hoerni 发明的全新平面工艺，至今依然是半导体多层平面加工的基本思路；1959

年，贝尔实验室的 Dawon Kahng 和 Martin M. Atalla 发明了 MOSFET，这是集成电路、分立器件的基本构成单元；1959 年，德州仪器的 Jack Kilby 和仙童公司的 Robert Noyce 分别发明了锗和硅的集成电路；1963 年，仙童公司的 Frank M. Wanlass 和 C.T. Sah 首次提出 CMOS 电路技术，构成了逻辑电路的基础；1963 年，仙童公司 Robert Widlar 设计了第一颗集成运算放大器电路  $\mu A702$ ，开启了模拟电路的发展历程；1967 年，贝尔实验室的 Dawon Kahng 和 Simon Sze 共同发明了非挥发存储器，它是 EPROM、EEPROM 和 Flash 的基础；1968 年，IBM 的 Robert H. Dennard 发明了 DRAM，它后来成为了内存的标准形态；1979 年，通用电气的 B. Jayant Baliga 在论文中提出了 IGBT 的构想，这为后来高频、高压电力电子应用的实现奠定了基础；1980 年，东芝公司的 Fujio Muoka 发明了 NOR Flash，1987 年，他又发明了 NAND Flash，现已成为非易失性固态存储广为应用的技术。

表 2：1947-1987 年发明的半导体基础技术

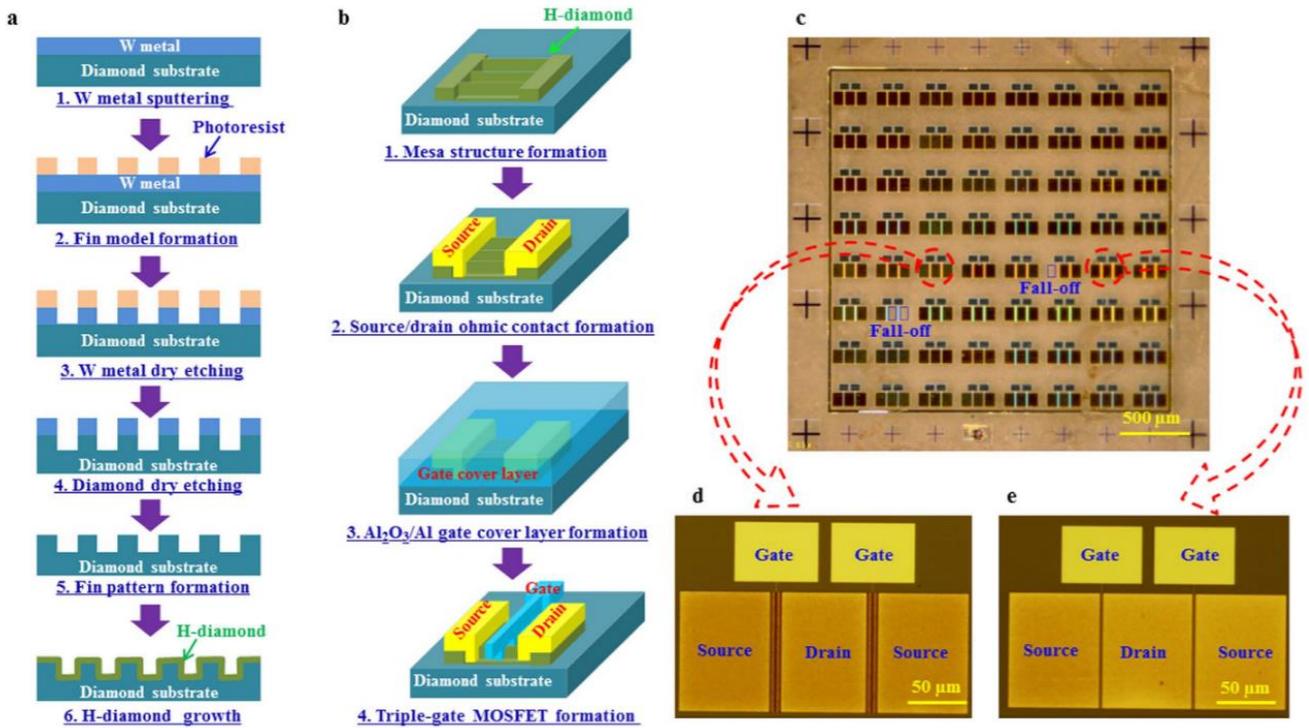
年份	半导体产品	意义
1947	晶体管	开启了半导体产业进程。
1948	结型晶体管	凭借更优异的性能和更适合于规模化制造的特性，成为了后来各类半导体产品的基础。
1952	扩散工艺	掺杂的关键工艺，可改变半导体的电学性质，是半导体制造工艺的基本要素。
1955	光刻工艺	图形化的关键工艺，是半导体制造工艺的基本要素。
1950s	沉积工艺	制备薄膜的关键工艺，是半导体制造工艺的基本要素。
1959	平面工艺	半导体多层平面加工的基本思路。
1959	MOSFET	集成电路、分立器件的基本构成单元。
1959	集成电路	开启了集成电路产业进程。
1960	外延工艺	制备薄膜的关键工艺，是半导体制造工艺的基本要素。
1963	CMOS	逻辑电路的基础。
1963	运算放大器	开启了模拟电路产业进程。
1967	非挥发存储器	EPROM、EEPROM 和 Flash 的基础
1968	DRAM	内存的标准形态。
1979	IGBT	为高频、高压电力电子应用的实现奠定了基础。
1980	NOR Flash	非易失性固态存储广为应用的技术。
1987	NAND Flash	非易失性固态存储广为应用的技术。

数据来源：Wikipedia，东吴证券研究所

至此，如今司空见惯的半导体产品的基本结构和制造工艺方才基本成形，在此过程中，结构的设计和工艺的加工是半导体产品开发的一体两面，这一特征在半导体产业初期体现地尤为显著。例如，结型晶体管的开发过程中，PN 结的制备离不开掺杂工艺，而晶体管则演化成了后来逻辑、模拟、存储器、分立器件等各类半导体产品；MOSFET 的开发则是基于扩散、氧化、沉积、光刻、腐蚀等工艺，通过金属-氧化物-半导体的组合成功克服了半导体的表面态，实现了绝缘栅场效应晶体管结构；集成电路的开发更是

与平面工艺、特别是光刻工艺相辅相成。这种设计与工艺互相依存的特征，决定了早期半导体公司需要将设计和工艺能力整合起来开发新的产品，因此，IDM 模式是当时的主流。

图 4：一款新型 MOSFET 的结构设计及其加工工艺

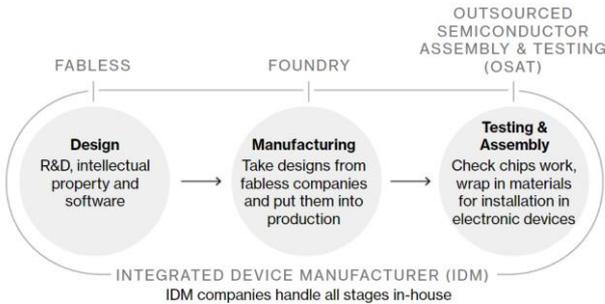


数据来源：Nature，东吴证券研究所

## 2. 算力下沉，半导体需求上升

1984 年 Xilinx 和 1987 年台积电的创立，分别首开 Fabless 和 Foundry 的先河，时至今日，以 Fabless+Foundry 为代表的分工模式在半导体产业中已蔚然成风。

图 5：半导体的商业模式



数据来源：Bloomberg，东吴证券研究所

图 6：1984 年后涌现的 Fabless、Foundry 企业

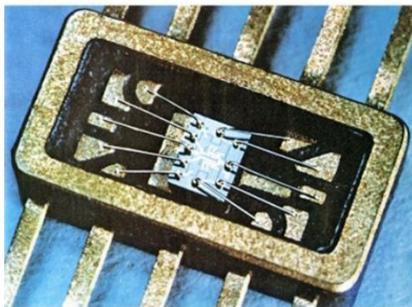


数据来源：Wikipedia，东吴证券研究所

对于早期的半导体产品而言，“计算”的功能属性和“自动化”的性能属性推动了其在军事、航空航天和消费场景的应用。

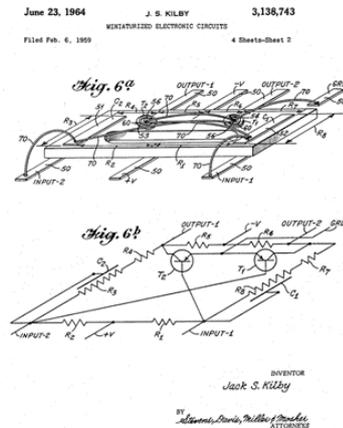
早期的半导体产品率先在军事和航空航天的场景落地。1954 年，全晶体管计算机在美国空军获得应用，以解决飞机轰炸和导航等问题；1957 年诞生的仙童公司用半导体硅取代昂贵的半导体锗制成硅晶体管，被美国空军用于 XB-70 战略轰炸机和“民兵”洲际弹道导弹的导航计算机；1958 年，TI 的 Kilby 为解决陆军通信兵团遇到的数字泛滥问题，成功研制出世界上首块集成电路；1961 年，德州仪器推出首个平面集成电路系列产品 51 DCTL，以满足 NASA 行星际监测探测器上计算机的低功耗应用需求。

图 7：Apollo 制导计算机的微逻辑门



数据来源：Fairchild，东吴证券研究所

图 8：Kilby 的集成电路专利



数据来源：TI，东吴证券研究所

助听器、收音机、计算器成为早期半导体产品在消费场景的突破口。在民用消费场景，1952 年，美国 Sonotone 推出的助听器是美国第一个晶体管消费产品；1953 年，在

杜塞尔多夫无线电展上德国 Intermetall 展示了基于四个点接触晶体管制作的晶体管收音机；1954 年，德州仪器和 Industrial Development Engineering Associates 联合开发的晶体管收音机 Regency TR-1 在美国上市；同年，东京电信公司（索尼的前身）也开始出售助听器 and 锗钟，并展示了原型晶体管收音机；1972 年，卡西欧推出了世界上第一款基于大规模集成电路的个人用电子计算器。

图 9: Sonotone 1010 使用了一个晶体管和两个电子管



图 10: 索尼 TR-52 晶体管收音机



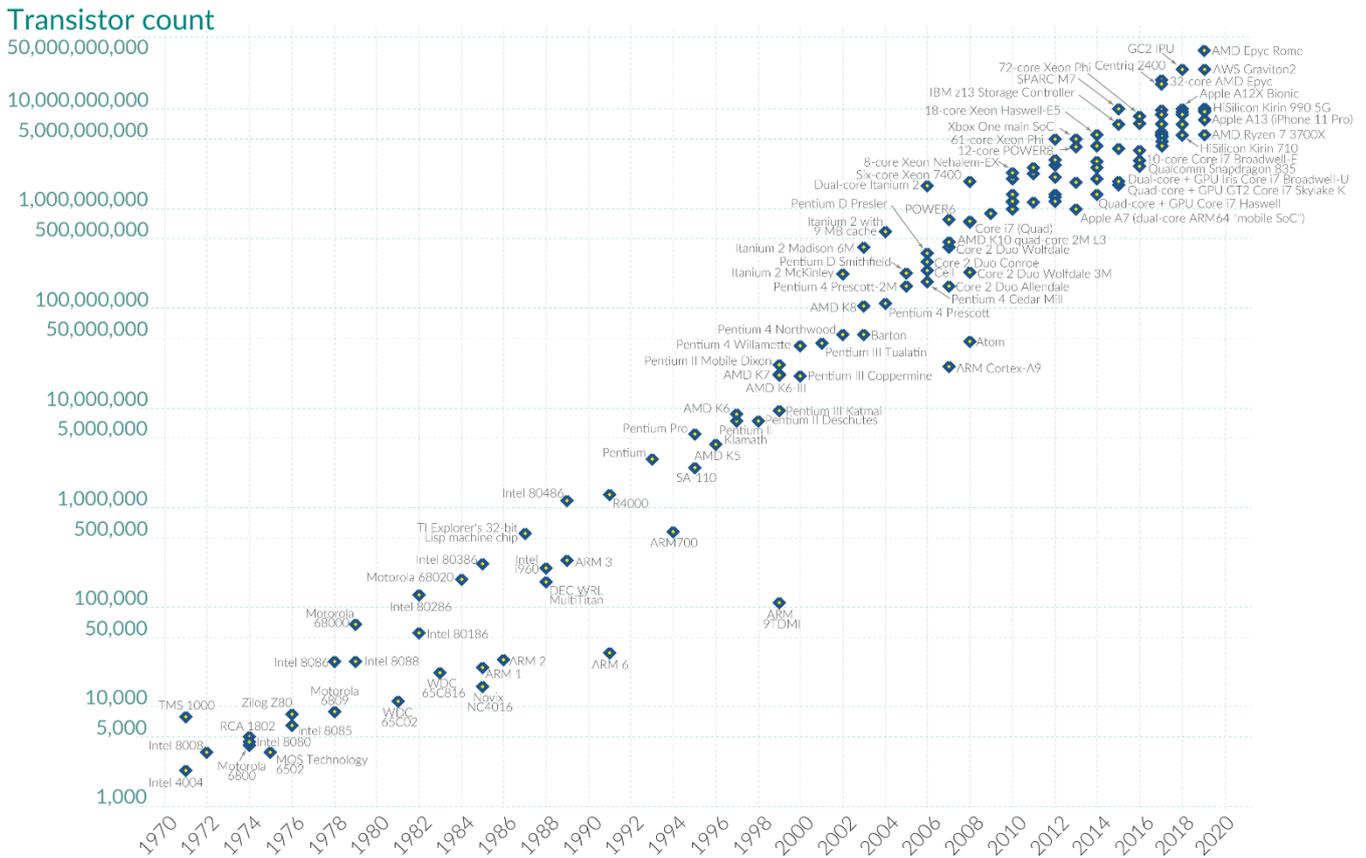
数据来源: CHM, 东吴证券研究所

数据来源: CHM, 东吴证券研究所

### “算力下沉”趋势演进，计算机成为推动芯片产业发展的主力。

真正使半导体产品实现普及的是 20 世纪 50 年代发明的计算机。1953 年，曼彻斯特大学展示了晶体管计算机的原型。1954 年贝尔实验室为美国空军设计并制造了一台名为 TRADIC（Transistor Digital Computer）的全晶体管计算机。1956 年，MIT 研发出全晶体管通用计算机---TX-0。最初的计算机为大型机（Mainframe），主要用于商业和科学领域。1957 年，两名 TX-0 的工程师 Ken Olsen 和 Harlan Anderson 成立计算机公司 DEC，并于 1959 年发布了首款小型机（Minicomputer）PDP-1，此后陆续发布的 PDP-3（1960 年），PDP-4（1962 年），PDP-5（1963 年），PDP-7（1964 年）、PDP-8（1965 年）、PDP-11（1970 年）开启了小型机的辉煌十年。直至 1972 年，英特尔发布微处理器 8008，单片式微处理器技术的成熟使得计算机行业掀起了一波更加汹涌的微型化浪潮，促进了微型计算机（Microcomputer）的诞生，早期的微机多采用 8008 作为其中央处理器。参考 1964 年提出的摩尔定律，微型化和低成本逐渐成为半导体产业升级的重要特征和驱动力。而 8008 的重要性还在于其设计，英特尔 1974 年发布的微处理器 8080 延续了 8008 的设计，而后来举世闻名的 8086 则继承了 8080 的指令集。基于 8080，MITS 公司在 1974 年推出的 Altair 8800 是全球首台商业成功的微型计算机，此后，各类微型计算机如雨后春笋般涌现。

图 11: 摩尔定律



数据来源: Wikipedia, 东吴证券研究所

1978 年, 英特尔发布了首款 16 位微处理器 8086, 该产品开创了 x86 架构计算机的时代, x86 架构不仅仅是一套 CPU 的指令集或 CPU 芯片的内部架构, 同时也成为了个人计算机 (PC) 的行业标准。1981 年, IBM 正式发布了全球第一台 PC IBM 5150, PC 自此真正走进了人们的工作和生活, 它标志着计算机应用普及时代的开始, 也标志着 PC 消费驱动芯片技术创新和产业时代的开启。

图 12: 英特尔 x86 微处理器产品

	8086	80286	80386	80486	Pentium
发布时间	1978年	1982年	1985年	1989年	1992年
技术	NMOS	NMOS	CMOS	CMOS	BiCMOS
时钟频率	3-10	10-10	16-33	25-33	60, 66
引脚数	40	68	132	168	273
晶体管数量	29000	130000	275000	1200000	3100000
物理存储	1M	16M	4G	4G	4G
虚拟存储	None	1G	64T	64T	64T
内部数据总线	16	16	32	32	32
外部数据总线	16	16	32	32	64
地址总线	20	24	32	32	32
数据类型	8, 16	8, 16	8, 16, 32	8, 16, 32	8, 16, 32

数据来源: IDC, 东吴证券研究所

图 13: PC IBM 5150

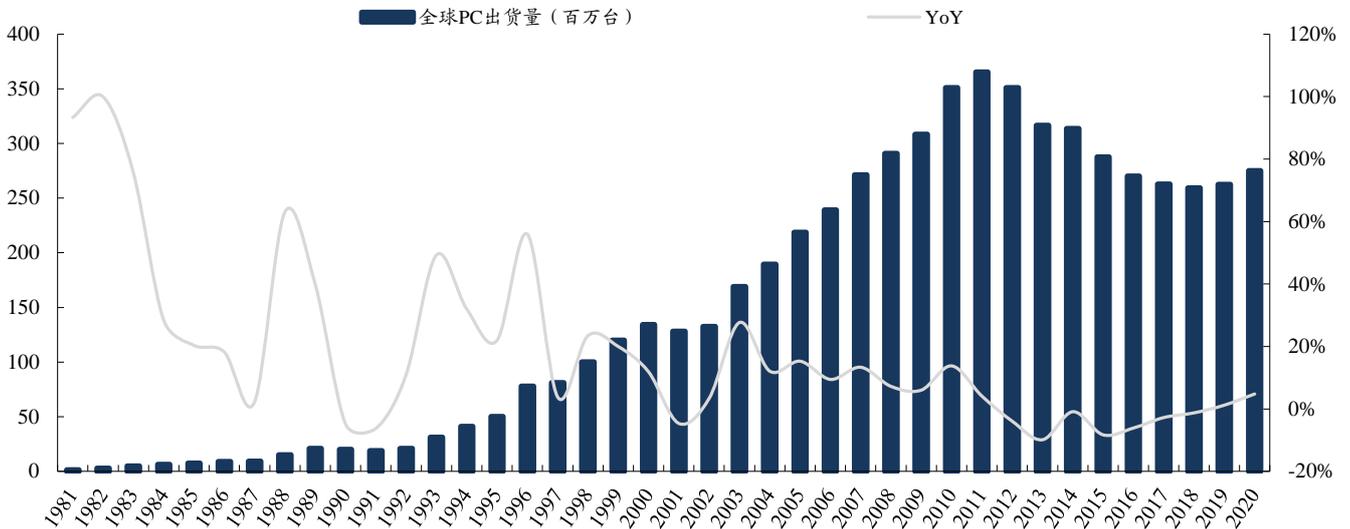


数据来源: Wikipedia, 东吴证券研究所

1985 年, 微软公司推出 Windows 操作系统。早期的 Windows 1.X、2.X 和 3.X 可以

说是 MS-DOS 的图形界面外壳软件。1995 年，微软公司推出 Windows 95 后，逐步以 Windows 取代了之前采用的 MS-DOS 底层系统。后来，微软公司与 Intel 公司强强联合，形成所谓的 Wintel 联盟，大大促进桌面计算机和互联网的普及，全球网络化、信息化也成为了拉动芯片技术进步和产业发展的主力。

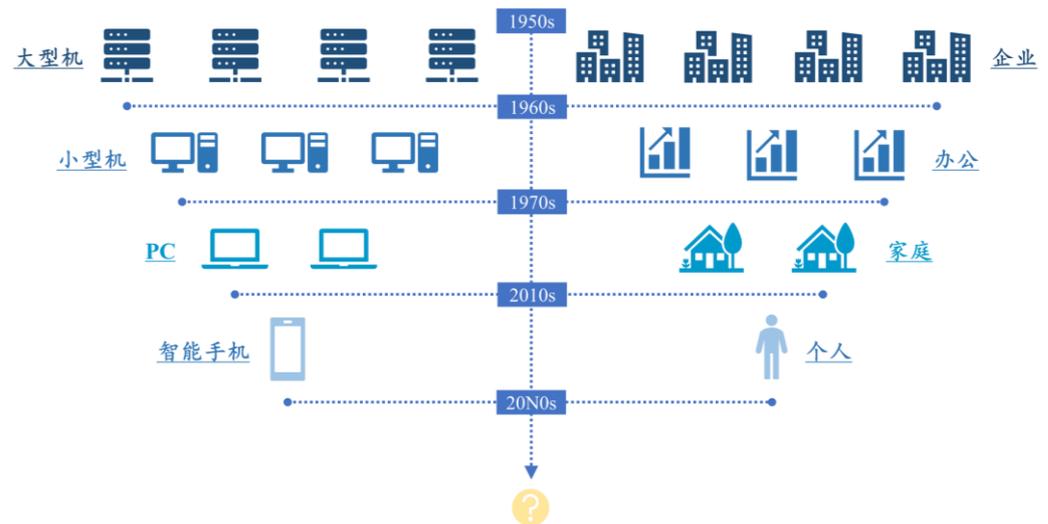
图 14: 全球 PC 出货量变化



数据来源：Monegro、Gartner，东吴证券研究所

计算机时代中，终端应用形态的演化显示出半导体产品“算力下沉”的发展脉络：大型机的应用主要以企业为单位，小型机的应用主要以办公人员为单位，微机和 PC 的应用以家庭为单位，半导体的“计算”功能逐渐从大的实体向小的个体下沉。再结合 2007 年以来的智能手机时代，半导体的算力真正下沉到了“个人”这一层级。

图 15: 算力下沉



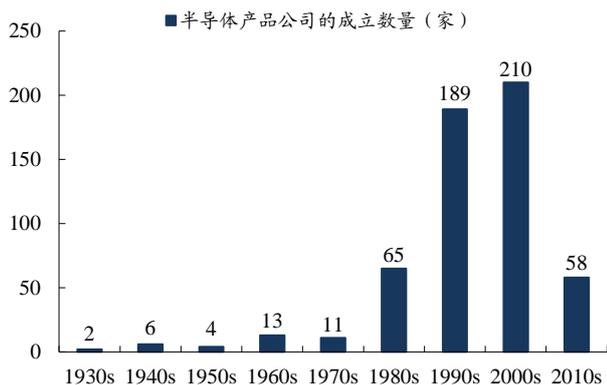
数据来源：Wikipedia，东吴证券研究所

以 PC 为代表的终端应用加速渗透，市场规模持续扩容，并带动相关半导体产品需求的持续提升。这样的需求催生了半导体公司的涌现，以及半导体产品出货量的增加。

### 3. 众多半导体公司涌现，Fabless 是降本增效之选

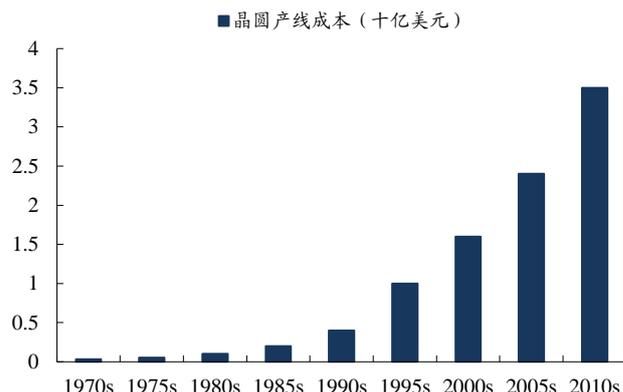
1980-2010 年是半导体产品类公司创立的井喷期，Xilinx、高通、英伟达、联发科等半导体公司相继成立，根据 Wind 的数据，1970 年代初创的半导体产品公司为 11 家，1980 年代初创的半导体产品公司达 65 家，这一数据在 1990 年代飙升至 189 家，并在 2000 年代继续增长至 210 家。

图 16: 半导体产品公司成立数量的变化



数据来源: Wind, 东吴证券研究所

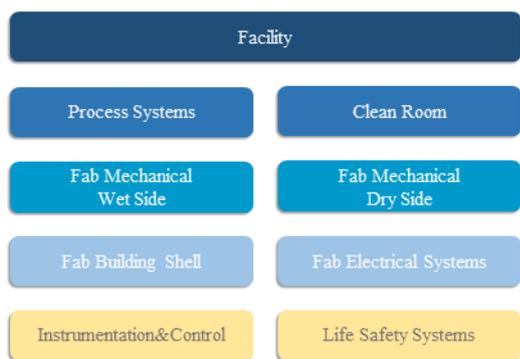
图 17: 晶圆产线成本的变化



数据来源: IC Insight, 东吴证券研究所

伴随着半导体公司数量的增加，同样增加的还有配套晶圆制造产线的建设成本。1975 年，晶圆制造产线的建设成本不到 1 亿美元，1985 年该成本已达 2 亿美元，而 1995 年该成本已飙升至 10 亿美元。2000 年代末至 2010 年代初，即使是索尼、英飞凌等大型半导体公司，也难以负担先进晶圆制造产线的投资和制程的升级。

图 18: 晶圆制造产线的设施构成



数据来源: IEEE, 东吴证券研究所

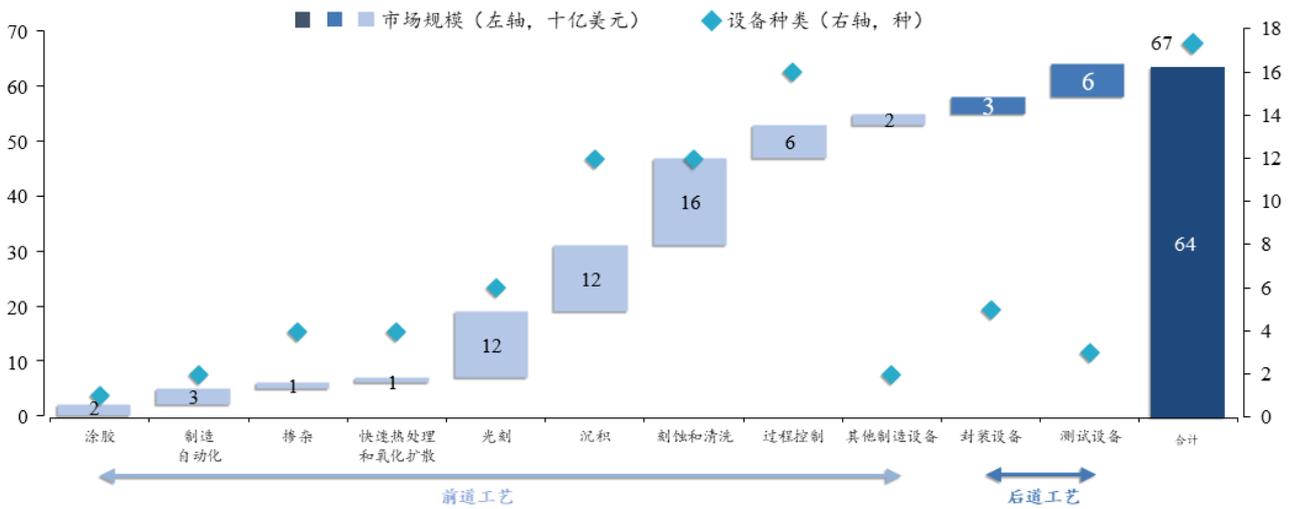
图 19: 先进晶圆制造产线投资和制程升级成本的变化



数据来源: McKinsey, 东吴证券研究所

因此，自 1980 年代以来，初创的半导体产品公司已基本无力承担晶圆制造产线建设、维护和升级的庞大资本支出。

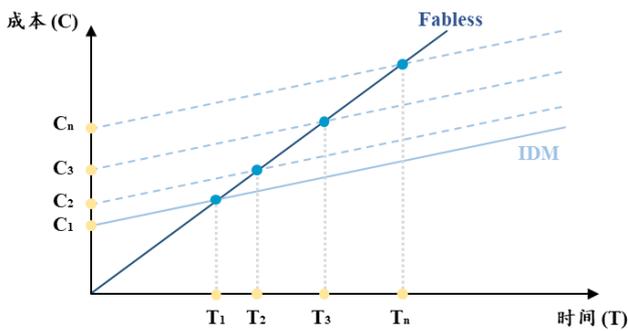
图 20: 2019 年半导体设备市场规模及设备种类



数据来源: BCG、SIA, 东吴证券研究所

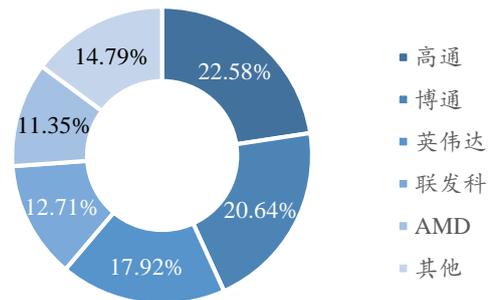
其实, 与寻求晶圆制造代工的 Fabless 相比, 即使初创的半导体产品公司成功投建了晶圆制造产线 (成为 IDM), 并且自身产品的出货量能够支撑晶圆制造产线达到足够的产能利用率, 其产品在短期构建起成本竞争力。从理论上而言, IDM 与 Fabless 的关系, 可粗略地类比为买断产能和租赁产能的区别, 考虑二者的投片成本和投片次数的关系可知, 在初期 ( $T_n$  之前), IDM 的投片成本更高, 产品的成本竞争力较 Fabless 更弱。而随着晶圆制造产线的投建成本逐渐攀升 ( $C_n$  逐渐增大), IDM 较 Fabless 形成成本竞争优势的时间也在逐渐拉长 ( $T_n$  逐渐增大)。

图 21: IDM 与 Fabless 投片成本的对比



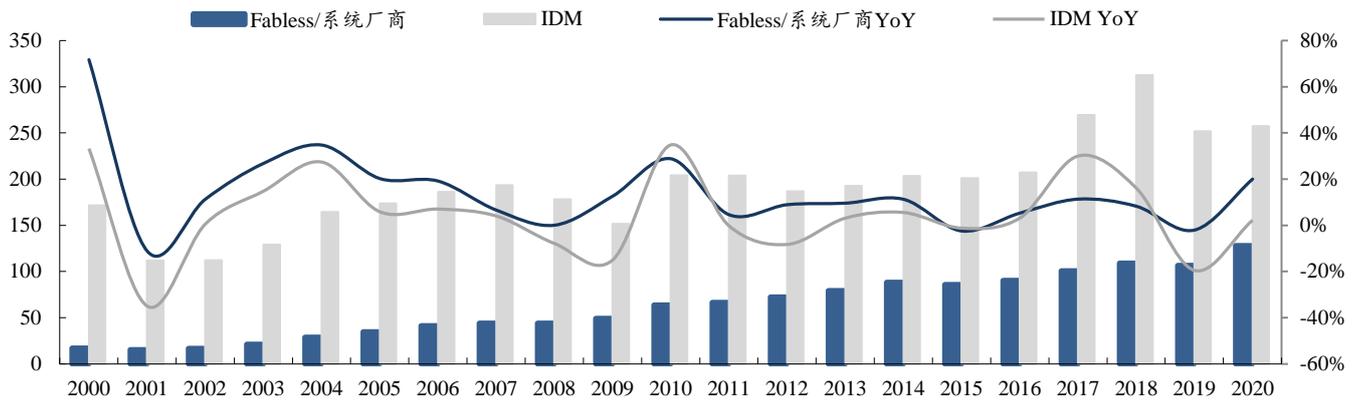
数据来源: Wikipedia, 东吴证券研究所

图 22: 2020 年 Fabless 市场的市占率 (营收口径计)



数据来源: Trend Force, 东吴证券研究所

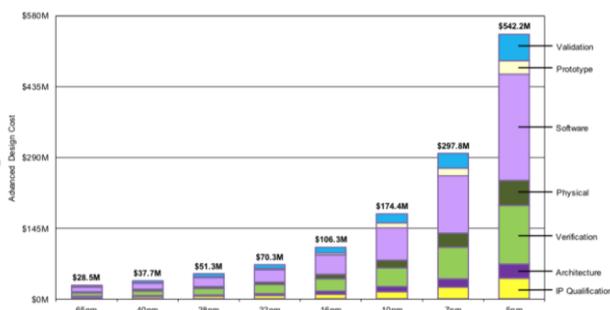
图 23: IDM 与 Fabless IC 销售额的对比 (单位: 十亿美元)



数据来源: Statista, 东吴证券研究所

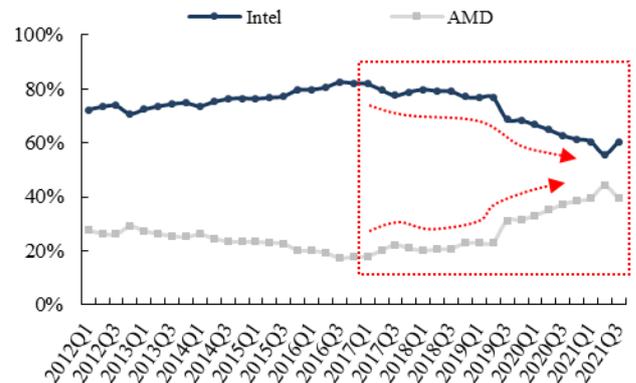
反观走晶圆制造代工路线的 Fabless 公司, 通过将晶圆制造环节外包, 可以显著降低公司的启动成本。同时, 随着半导体制程的升级, 芯片的设计成本也在逐年递增, Fabless 公司可以将有限的资源投入到半导体的 IP、架构、验证等设计环节, 从而实现整体的降本和增效。这一点在后来的 AMD 及其处理器产品的市场表现上得到了很好的验证: 2017 年, AMD 发布了全新的 Zen 架构、由格芯代工的 14nm 的第一代锐龙处理器和第一代霄龙处理器, 2019 年, AMD 发布了 Zen2 架构、由台积电代工的 7nm 第三代锐龙处理器和第二代霄龙处理器, 凭借优异的产品设计和代工厂提供的领先的制程工艺, AMD 的产品竞争优势十分显著, 市场份额快速提升。

图 24: 半导体设计环节的成本构成



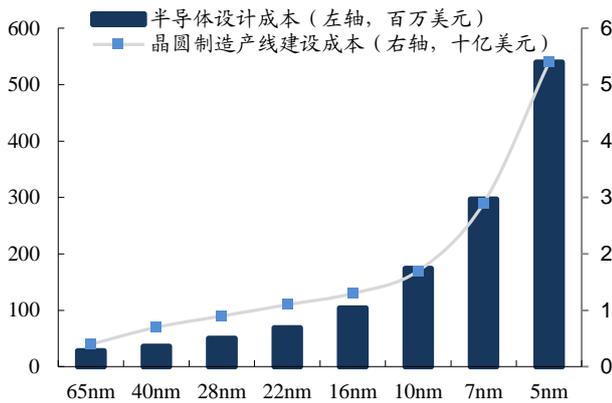
数据来源: IBS, 东吴证券研究所

图 25: Intel 和 AMD 的 CPU 市占率变化(用量口径)



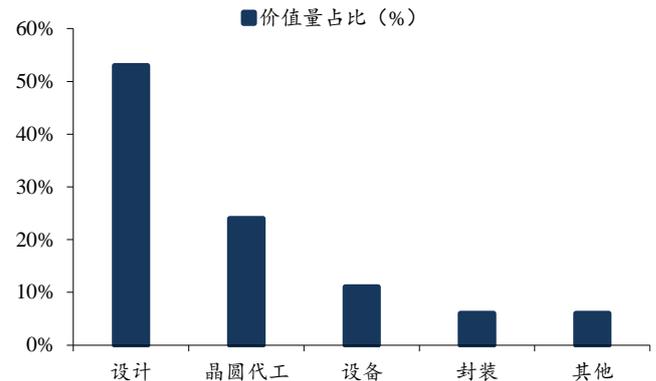
数据来源: Statista, 东吴证券研究所

图 26: 半导体设计成本随制程的变化



数据来源: IBS、Mckinsey, 东吴证券研究所

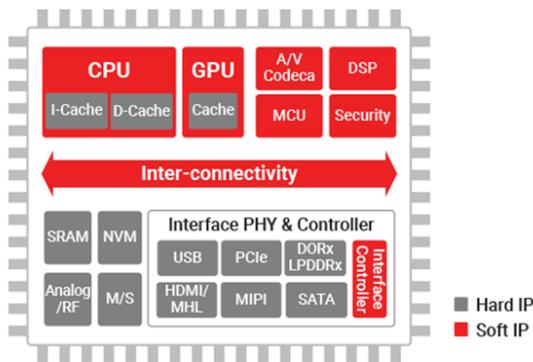
图 27: 集成电路产业各环节的价值量占比



数据来源: BCG, 东吴证券研究所

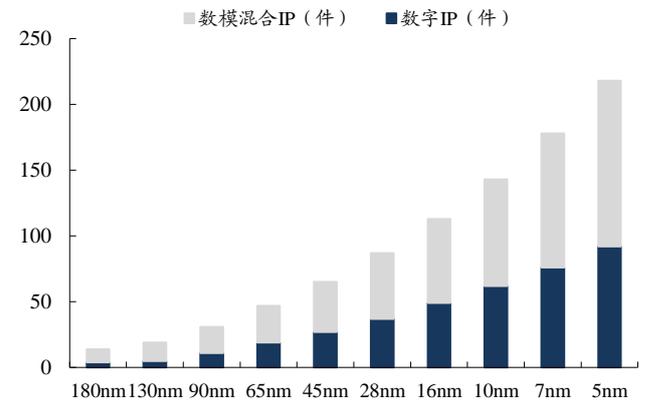
此外, 早期的半导体产品复杂度有限, 公司能够独立完成从底层到顶层的电路设计。而随着从 IC、LSI、VLSI 到 ULSI, 集成电路规模不断增加, 半导体产品的复杂度显著提升。用预先设计好并经过验证的模块来构建复杂的电路系统, 逐渐成为集成电路设计方法学的重要思路, 并促进了 IP 的诞生。

图 28: IP 的种类



数据来源: 台积电, 东吴证券研究所

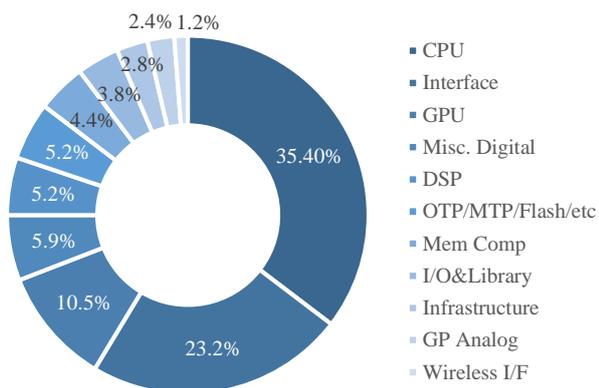
图 29: IP 数量随制程的变化



数据来源: IBS, 东吴证券研究所

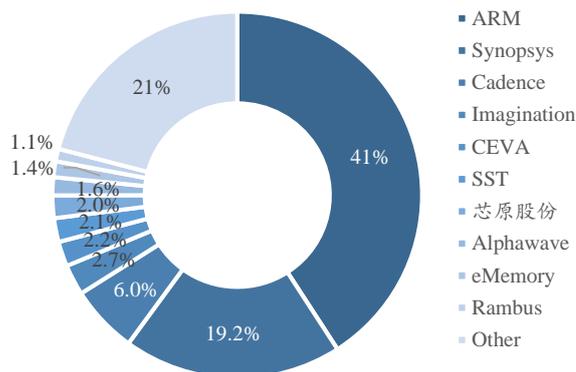
IP 即经过验证的、可复用的设计模块, 1980 年代, Mentor、Synopsys、Cadence 等一系列 EDA 公司创立, 他们同时也提供 IP 服务, 1980-1990 年代, Imagination、ARM、CEVA 等一系列纯 IP 公司也涌现出来。IP 的开发和复用, 使得设计环节化繁为简: 冗余的设计成本得以缩减, 开发周期得以缩短, 产品开发的成功率也得以提升。这从一定程度上降低了半导体产品设计的壁垒, 为 Fabless 公司的涌现提供了更加友好的产业生态。同时, IP 可以移植到不同的半导体工艺之中完成制造, 这进一步加剧了半导体设计与工艺环节的分野, 也为 Foundry 的出现埋下伏笔。

图 30: 2020 年 IP 市场的产品占比



数据来源: IPnest, 东吴证券研究所

图 31: 2020 年 IP 市场的市占率 (营收口径)



数据来源: IBS, 东吴证券研究所

表 3: IP 供应商的对比

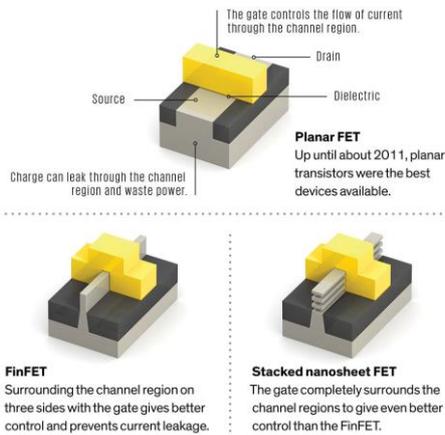
	Synopsys	Cadence	Imagination	SST	ARM	芯原	CEVA
成立时间	1986	1988	1985	1989	1990	2001	2002
公司类型	EDA/IP	EDA/IP	IP	IP	IP	IP	IP
中央处理器	✓				✓		
数字信号处理器	✓	✓				✓	✓
图形处理器			✓		✓	✓	
图像信号处理器			✓		✓	✓	
接口模块	✓	✓			✓	✓	
通用模拟 IP	✓	✓				✓	
基础库	✓	✓			✓	✓	
嵌入式 NVM	✓	✓		✓			
内存编译器	✓	✓			✓		
射频 IP			✓		✓	✓	✓
周边 IP	✓	✓			✓	✓	

数据来源: 芯原股份招股说明书、IPnest, 东吴证券研究所

#### 4. 半导体生产规模扩大，Foundry 应运而生

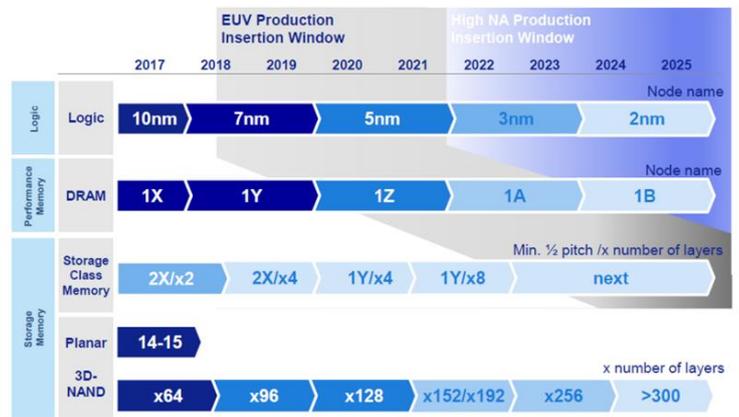
自 1947 年晶体管发明以来，其在工作原理、材料、结构、功能和集成/分立形式等方面不断丰富和完善，大体而言，晶体管主要起到电流通断、信号放大和功率控制（开关和电压、电流控制）的功能，基于电流通断的功能，晶体管逐渐衍生出逻辑电路，而基于信号放大和功率控制的功能，晶体管分别衍生出模拟电路和分立器件。复盘三者的发展脉络可以发现，逻辑电路的升级表现为：在关键节点上晶体管在器件结构层面的创新，以及晶体管在集成度层面的创新，而在大多数时间里，晶体管集成度的创新对逻辑电路的升级起到了主导作用。模拟电路的升级表现为：由晶体管、电阻、电容构成的电路结构的创新。分立器件的升级表现为：晶体管在器件结构层面的创新。而在逻辑电路领域，正是半导体产业升级从器件结构层面逐步延伸至集成度层面，为半导体工艺的标准化奠定了基础。

图 32: 晶体管在器件结构层面的创新



数据来源：IEEE，东吴证券研究所

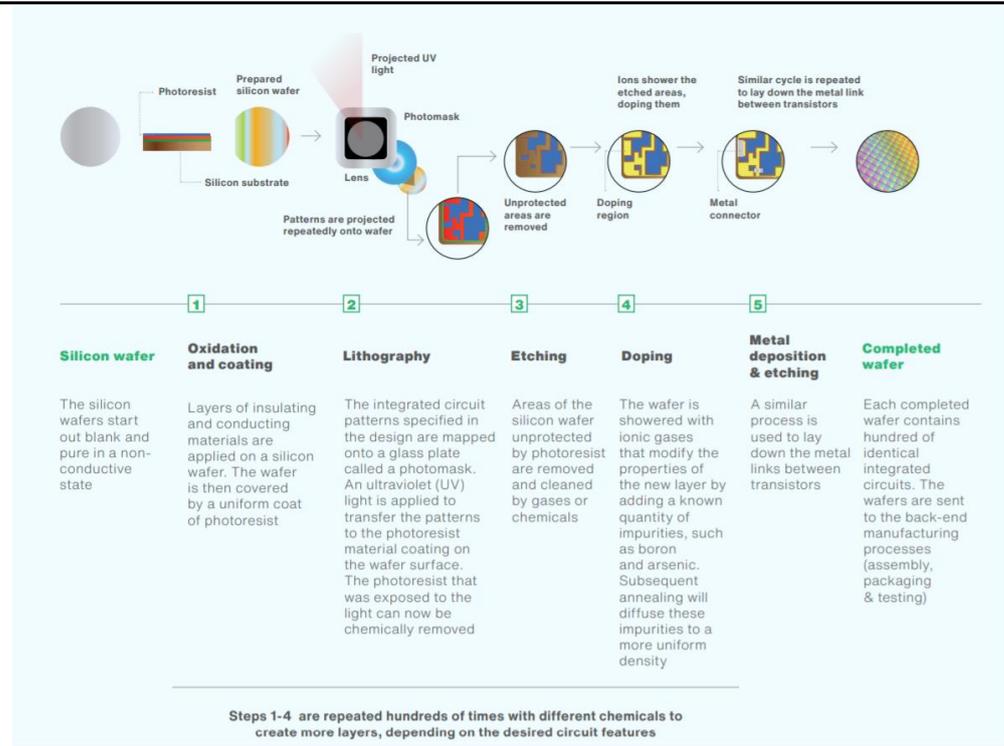
图 33: 晶体管在集成度层面的创新



数据来源：OFweek，东吴证券研究所

第二章文末提到，以 PC 为代表的终端应用加速渗透，带动了半导体产品出货量的增加。特别是在逻辑电路领域，以处理器为代表的半导体产品用量巨大，相应地，其生产规模也不断扩张。在此过程中，由于标准化的半导体工艺有助于控制生产成本、优化研发流程，推进半导体产品公司的降本和增效，因此，半导体工艺逐渐趋于标准化，在以集成度升级为推动力的逻辑电路领域，出现了以标准 CMOS 工艺为代表的集成电路工艺。而标准化的半导体工艺，也逐渐形成了晶圆制造代工的基础。

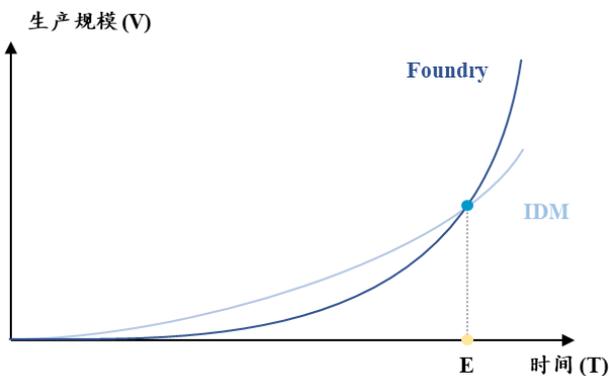
图 34: 一套标准的 CMOS 工艺流程



数据来源: BCG, 东吴证券研究所

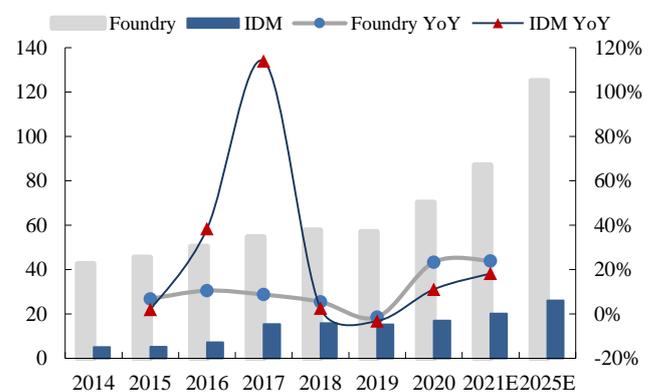
在以逻辑芯片为代表的半导体产品领域,随着生产规模的扩张,晶圆制造代工模式的规模效应开始显现。对于 IDM 和采用纯晶圆代工模式的 Foundry 而言,在其他条件(例如,设备、材料的成本相同,生产晶圆的售价相同)均一致的假设下,二者的效益与各自的生产规模直接相关。在 E 点之前,全市场委外生产的规模小于 IDM 的生产规模,那么同样建设一条晶圆制造产线,IDM 的规模效应优于 Foundry,产品更具成本优势。而在 E 点之后,由于半导体产品出货量的增加,叠加 Fabless 公司的涌现,若干家 IDM 难以满足全市场的生产需求,而 Foundry 则可以灵活对接全市场的生产订单,因此,同样投建一座晶圆厂,Foundry 的规模效应更强,其生产的平均成本比 IDM 更低,因而更具市场竞争力。

图 35: IDM 与 Foundry 生产规模的对比



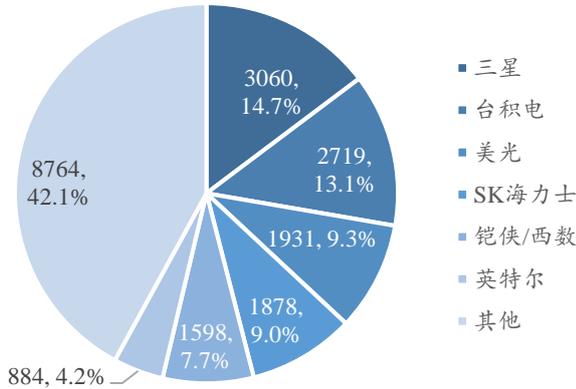
数据来源: Wikipedia, 东吴证券研究所

图 36: IDM 与 Foundry 代工销售额的对比 (单位: 十亿美元)



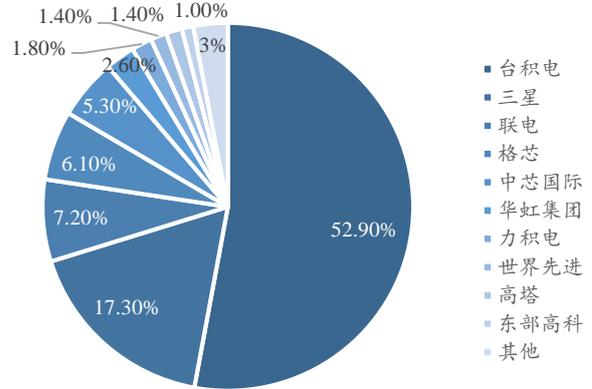
数据来源: IC Insight, 东吴证券研究所

图 37: 2020 年晶圆代工市场的产能占比 (千片/月)



数据来源: IC Insight, 东吴证券研究所

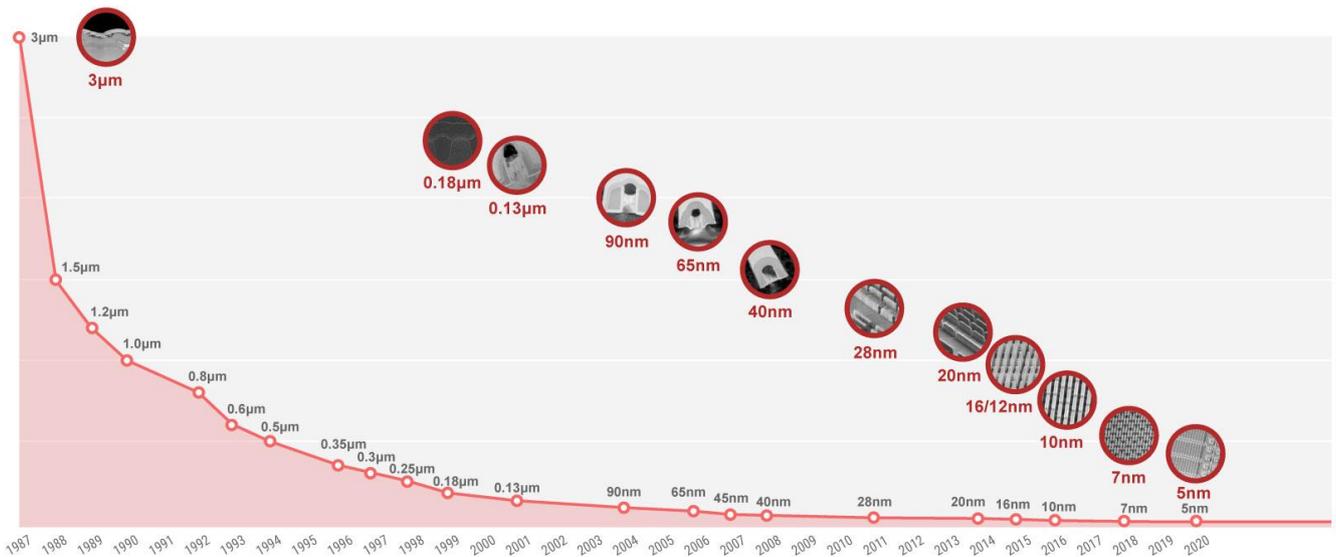
图 38: 2021Q2 晶圆代工市场的市占率 (营收口径计)



数据来源: Trend Force, 东吴证券研究所

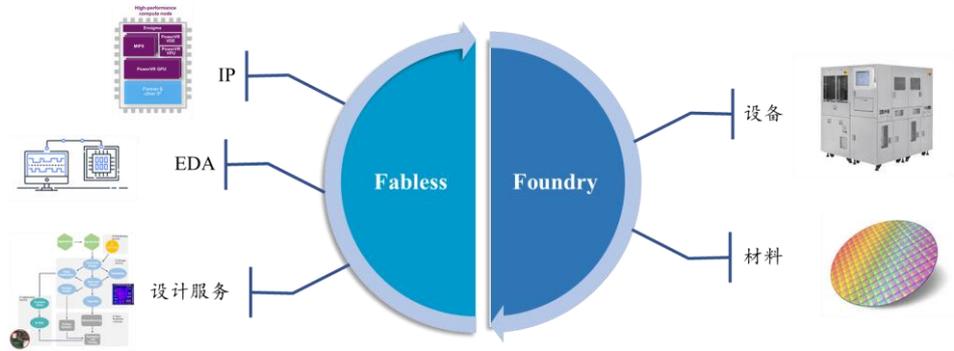
1987 年, 全球首家 Foundry---台积电应运而生, 当时, 台积电拥有一条 6 英寸晶圆制造产线, 使用 3 $\mu$ m 制程。1988 年, 英特尔 CEO Andrew Grove 造访台积电, 并与台积电展开合作, 由台积电为英特尔生产部分处理器和芯片组产品。此后, 台积电在晶圆代工市场持续突破: 1998 年英伟达开始使用台积电 0.35 $\mu$ m 制程生产处理器产品, 2004 年台积电成功研发 0.13 $\mu$ m 系统单芯片铜/低介电系数制程技术、2007 年与 ASML 合作成功推出第一台浸没式光刻机、2011 年基于后闸级技术路线率先成功推出 28nm 制程、2014 年独家代工苹果 A8 芯片, 2018 年率先推出 7nm 制程, 并在此后的各代制程的量产上保持领先。根据 IC Insight 的数据, 2020 年底, 台积电晶圆代工产能约 270 万片/月, 占全球晶圆产能的 13.1%, 位居全球第二位, 作为参考, IDM 英特尔的晶圆产能约 88.4 万片/月, 占全球晶圆产能的 4.2%。根据 Trend Force 的数据, 2021 年第二季度, 台积电在全球晶圆代工市场市占率达 52.9% (营收口径计), 位居全球首位。

图 39: 台积电制程升级历程



数据来源: 台积电, 东吴证券研究所

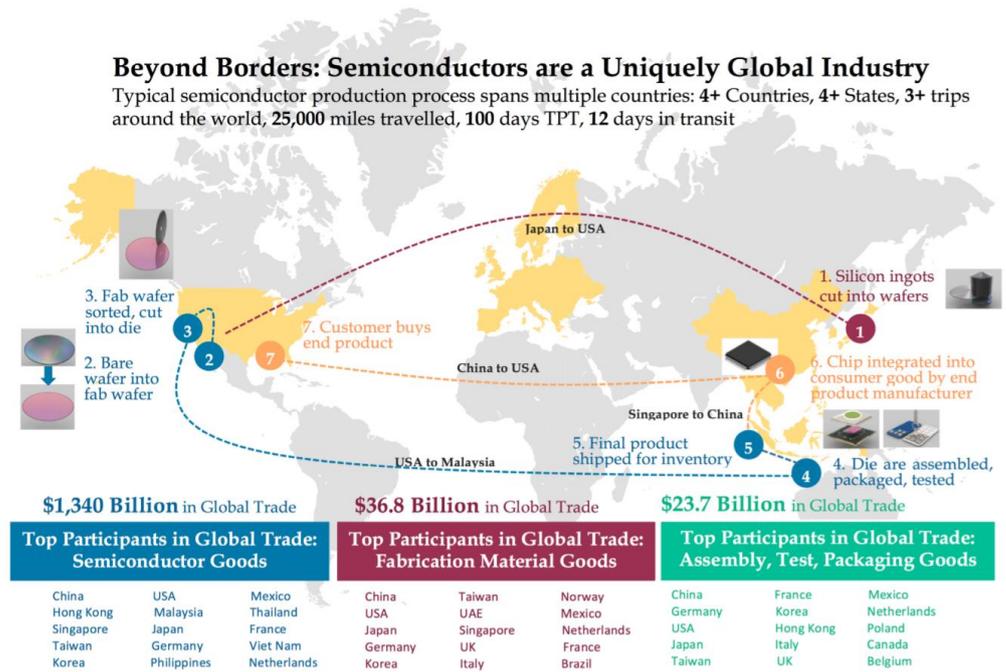
图 40: Fables+Foundry 的正反馈



数据来源: Wikipedia, 东吴证券研究所

同时, 相比传统 IDM 模式, **Fables+Foundry** 的分工模式具备显著的正反馈效应: 对 Foundry 而言, Fabless 生产订单的填充使代工厂具备规模效应, 摊薄单位成本, 进而能获取更多 Fabless 的生产订单; 对 Fabless 而言, Foundry 的生产成本降低, 降低了 Fabless 的进入门槛, 进而催生了更多 Fabless 公司。

图 41: 全球化分工模式已成为半导体产业的重要特征



数据来源: SIA (2014), 东吴证券研究所

### 5. 模式之别是半导体公司不同成长阶段的映射

通过上文对产业历程的复盘可知，IDM 和 Fabless，是半导体产业发展到不同阶段的产物，同时也对应着半导体公司在不同成长阶段的选择。半导体产品需求的提升，催生了大量的半导体产品公司，通过晶圆制造的委外生产，相关 Fabless 公司无需承担晶圆制造产线建设、维护和升级的庞大资本支出，一方面可以显著降低公司的启动成本，另一方面也可以将有限的资源投入到半导体的 IP、架构、验证等设计环节，提升产品在性能和价格方面的竞争力，提升市场份额。此外，IP 供应商的出现，从一定程度上降低了半导体产品设计的壁垒，为 Fabless 公司的涌现提供了更加友好的产业生态。

图 42: IDM、Fabless 和 Foundry 等半导体产业模式的发展历程

1940s	1950s	1960s	1970s	1980s	1990s	2000s	2010s
IDM	IDM	IDM	IDM	IDM	IDM	IDM	IDM
		Packaging	Packaging	Packaging	Packaging	Packaging	Packaging
		Equipment	Equipment	Equipment	Equipment	Equipment	Equipment
			EDA	EDA	EDA	EDA	EDA
				Fabless	Fabless	Fabless	Fabless
				Foundry	Foundry	Foundry	Foundry
				IP	IP	IP	IP

数据来源: Wikipedia, 东吴证券研究所

而在以集成度升级为主要推动力的逻辑电路领域，随着半导体工艺趋于标准化，晶圆制造代工的基础逐渐成形，随着半导体产品生产规模的扩大，Foundry 模式凭借规模优势应运而生，并与 Fabless 公司协同发展，这也正是 Fabless 最先在逻辑电路领域出现的原因之一。

图 43: 半导体产业链

Research and Development	Fabless+Foundry Model						Distribution
	设计 Fabless		制造 Foundry		封测 OSAT		
	Top 10 (2021Q2)		Top 10 (2021Q2)		Top 10 (2021Q2)		
IMEC							联合电子
CEA-Leti	高通	联咏	台积电	华虹集团	日月光	通富微电	艾睿电子
	英伟达	美满	三星	力积电	安靠	华天	
ITRI	博通	Xilinx	联电	世界先进	长电	京元	安富利
	联发科	瑞昱	格芯	高塔	品矽	南茂	
SEMATECH	AMD	Dialog	中芯国际	东部高科	力成	颖邦	得捷
Semiconductor Research Corporation	IDM Model						贸泽电子
	英特尔	三星	SK海力士	美光	TI	东芝	

数据来源: Wikipedia, 东吴证券研究所

但这并不意味着 IDM 模式已经过时，通过上文的分析可知，IDM 模式在设计与工艺高度依存的情况下依然是十分行之有效的策略。例如，在 MOSFET、IGBT 等分立器件领域，由于产业升级始终围绕着半导体产品的最原始形态---晶体管，开展相关结构的创新，因此，业内头部厂商英飞凌、安森美、意法半导体等一直延续着 IDM 的传统。换言之，除了强调集成度升级的逻辑电路领域，其他半导体产品领域（如分立器件、存储器、模拟电路、传感器等）的前沿创新，依然离不开对设计与工艺的整合，而 IDM 模式，抑或是方兴未艾的 Fablite、CIDM 模式，未来的市场空间依旧广阔。

图 44: 全球前十大半导体公司

1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
NEC	NEC	英特尔	英特尔	英特尔	英特尔	英特尔	英特尔
TI	东芝	NEC	东芝	三星	三星	三星	三星
摩托罗拉	日立	东芝	NEC	TI	台积电	台积电	台积电
日立	英特尔	日立	三星	东芝	TI	SK海力士	SK海力士
东芝	摩托罗拉	摩托罗拉	TI	意法	东芝	高通	美光
富士通	富士通	三星	摩托罗拉	英飞凌	瑞萨	博通	高通
飞利浦	三菱	TI	意法	瑞萨	SK海力士	美光	博通
英特尔	TI	IBM	日立	NEC	意法	TI	英伟达
国家半导体	飞利浦	三菱	英飞凌	飞利浦	美光	恩智浦	TI
松下	松下	现代	飞利浦	飞思卡尔	高通	东芝	英飞凌

IDM      Fabless      Foundry

数据来源：IC Insight，东吴证券研究所

随着半导体产业创新和国产替代的推进，本土 IDM、Fabless 和 Foundry 厂商有望充分受益，重点推荐：卓胜微、斯达半导、恒玄科技、全志科技，建议关注：韦尔股份、格科微、士兰微、时代电气、中芯国际、华虹半导体等标的。

表 4: 相关公司盈利预测及估值

代码	公司	总市值 (亿元)	收盘价 (元)	EPS (元)			PE			投资评级
				2020A	2021E	2022E	2020A	2021E	2022E	
300782	卓胜微	1100.48	329.92	5.96	6.05	8.48	55	55	39	买入
603290	斯达半导	641.76	401.10	1.15	2.11	3.05	349	190	132	买入
688608	恒玄科技	301.08	250.90	1.65	4.05	6.11	152	62	41	买入
300458	全志科技	216.04	65.27	0.62	1.67	2.42	105	39	27	买入
603501	韦尔股份	2192.40	252.26	3.12	5.29	6.91	81	48	37	-
688728	格科微	814.14	32.58	0.34	0.59	0.85	96	55	38	-
600460	士兰微	860.97	60.80	0.05	0.71	0.91	1216	86	67	-
688187	时代电气	778.93	55.00	2.11	1.69	2.04	26	33	27	-
688981	中芯国际	4409.33	55.79	0.55	1.05	1.13	101	53	49	-
1347.HK	华虹半导体	435.91	33.52	0.49	0.80	1.00	74	42	34	-

数据来源: Wind, 东吴证券研究所

(所有数据更新到 2021 年 10 月 22 日, 均为人民币口径, 卓胜微、斯达半导、恒玄科技、全志科技的盈利预测数据来自东吴证券研究所, 韦尔股份、格科微、士兰微、时代电气、中芯国际、华虹半导体的盈利预测数据来自 Wind 一致预期。港股数据的汇率折算以 2021 年 10 月 22 日 1 港元=0.82 人民币计。)

## 6. 风险提示

(1) **市场需求不及预期:** 若半导体市场需求不及预期, 相关产品销售可能受到影响, 从而影响公司营收的增长。

(2) **新品推出不及预期:** 半导体产品研发的专业化程度较高, 存在一定技术壁垒, 技术开发难度和研发投入大, 若新一代产品研发进度不及预期, 相关产品核心业务的营收规模和增速可能受到影响。

(3) **客户开拓不及预期:** 由于下游需求放缓, 导致相关公司与主要客户的稳定合作关系发生变动或客户开拓不及预期, 将可能对相关公司的经营业绩产生不利影响。

## 免责声明

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司不对任何人因使用本报告中的内容所导致的损失负任何责任。在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用、刊发、转载，需征得东吴证券研究所同意，并注明出处为东吴证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

## 东吴证券投资评级标准：

### 公司投资评级：

- 买入：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘在 15% 以上；
- 增持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于 5% 与 15% 之间；
- 中性：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于 -5% 与 5% 之间；
- 减持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于 -15% 与 -5% 之间；
- 卖出：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘在 -15% 以下。

### 行业投资评级：

- 增持：预期未来 6 个月内，行业指数相对强于大盘 5% 以上；
- 中性：预期未来 6 个月内，行业指数相对大盘 -5% 与 5%；
- 减持：预期未来 6 个月内，行业指数相对弱于大盘 5% 以上。

东吴证券研究所

苏州工业园区星阳街 5 号

邮政编码：215021

传真：（0512）62938527

公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>

