

摩尔定律“生死”之争背后：关乎未来半导体行业发展模式

本报记者 秦泉 北京报道

“Moore's Law: Alive and Well (摩尔定律活得很好)。”日前,英特尔 CEO 帕特·基辛格再次公开表示。

“守正出奇”

在最初的40年里,晶体管数量的增长得益于制程工艺的创新,与摩尔定律一直保持着“默契”。

摩尔定律不是一条物理定律,而是戈登·摩尔早期通过观察发现的行业发展规律。

1965年,时任仙童半导体公司研究开发实验室主任的戈登·摩尔为《电子学》杂志写了一篇观察评论报告,在报告中摩尔提到,工程师可以不断缩小晶体管的体积,芯片中的晶体管和电阻器的数量每18个月左右会翻倍,半导体的性能与容量将以指数级增长,并且这种增长趋势将继续下去。他的这种预测,被称为“摩尔定律”。

技术进步和成本下降

张忠谋、黄仁勋等挑战者更是认定摩尔定律不过是苟延残喘。

虽然在过去数十年,摩尔定律一直在影响着半导体产业的发展,但也伴随着争议,“摩尔定律已死”的说法近十年的时间里从未间断过。

摩尔定律指的是尺寸在逐年变小的同时,芯片上集成的晶体管数量越来越多,性能也越来越强,在这个过程中,一直遵循着摩尔定律推进。如果将其置入到实际消费市场,就体现为大概每隔两年,新发布的手机或者电脑等电子产品,性能会远比前代的产品高出不少。

然而进入21世纪后,单纯依靠缩小尺寸的做法正走向穷途末路。不过,摩尔定律总能抓住一些“救命稻草”。在90纳米时代,应变硅技术问世。在45纳米时代,一种能提高晶体管电容的新材料推出。在22纳米时代,三栅极晶体管

但前不久,英伟达 CEO 黄仁勋还在向外界传递摩尔定律已“死”的观点。黄仁勋说道:“今天一个12英寸晶圆的价格不是贵了一点,而是贵了超级多。摩尔定律死了,它结束了,结束得很彻底。”

2015年,摩尔定律欢庆50周年,摩尔本人在接受IEEE期刊《Spectrum》专访中透露,当年他在发表摩尔定律的文章时,只是想分享趋势观察,没想到该理论后来变成半导体产业发展的定律。

在最初的40年里,晶体管数量的增长得益于制程工艺的创新,与摩尔定律一直保持着“默契”。以CPU为例,从早年的180纳米到后来的130纳米再到90、65、45、32、

28纳米。在摩尔定律的指导下,英特尔1971年对外公布了世界第一个微处理器4004,宣告了“一个集成电子新纪元已经来临”。1974年,又推出了微处理器8080。“8080”被当时业内人士称赞为有史以来最成功的微处理器之一,也正是从8080开始,个人电脑开始在全世界范围内流行起来。

许多人,包括摩尔本人在内都没有意料到摩尔定律生命力竟如此持久。摩尔曾坦言,摩尔定律不会一成不变地永远继续下去,大约

使芯片性能变得更强大。

但值得注意的是,摩尔定律还被附加了经济色彩。除了性能之外,成本/价格的同时下降也被视作参考标准。按照摩尔定律,芯片被要求在18~24个月的时间里,“既让性能翻一倍,又让价格降一倍”。

根据AMD在IEDM会议上的资料,若将生产250平方毫米的45纳米芯片的生产成本基准定为1,14/16纳米芯片的成本将达到2,而生产7纳米芯片的成本更将翻倍达到4。

这也是关于摩尔定律的唱衰言论层出不穷的主要原因。中芯国际创始人张汝京在2014年接受媒体采访时表示,摩尔定律极限是14纳米,但是随着相关厂商在封装技术与材料方面的优势,该极限可扩充至7纳米。

半导体风云人物、台积电创始

人张忠谋于2014年也曾公开表示,摩尔定律正在苟延残喘,预计还有5~6年寿命。而在2017年时,他认为摩尔定律现在更多反映经济学定理,即单位晶体管的价格每两年减少一半,但在2025年就很难达到。

2014年国际半导体技术路线图组织宣布,下一份路线图将不再依照摩尔定律。张忠谋、黄仁勋等挑战者更是认定摩尔定律不过是苟延残喘。

而在此前9月21日的2022 GTC线上大会上,黄仁勋表示:“展望未来,基于摩尔定律的价格曲线已经走到了尽头,继续利用这种趋势的机会已经结束。”黄仁勋表示,“所以,如果你想以一种划算的方法进行大规模计算,经过我们15年,差不多20年来对加速计算的不懈追求,宽泛而言,加速计算是真

正的前进方向。”

IPG中国首席经济学家柏文喜对记者表示,业内认为摩尔定律已“死”的原因是技术进步和成本下降都呈边际递减趋势,认为边际递减效应阻碍了摩尔定律的发展。

“摩尔定律提出的前三十年,新工艺制程的研发并不困难,但随着特征尺寸越来越接近宏观物理和量子物理的边界,现在高级工艺制程的研发越来越困难,研发成本也越来越高。”方融科技高级工程师、科技部国家科技专家周迪对记者分析道,摩尔定律发展到特征尺寸5纳米的时候,继续简单粗暴地缩小特征尺寸会变得很困难。随着特征尺寸缩小,芯片的成本上升很快。这也部分地打破了摩尔定律“投资发展制程——芯片生产成本降低——用部分利润继续投资发展制程”的逻辑。

还有10~15年就会发生变化。“任何以指数增加的物理量都预示着灾难。要知道,这时就接近某种极限了。你总不能超越某种重要的极限。”

独立国际策略研究员陈佳对记者表示,当时,电脑处理器性能与时间存在线性关系;又因当时全球处理器市场被寡头垄断,导致其价格与时间也存在线性关系。在摩尔定律提出来的五十年间,全球半导体行业从未跳出这个线性关系。

系统性能提升不再单纯地依赖晶体管特征尺寸缩小。

叠加效应

这个世界对于算力的需求是无穷无尽的。

与认为摩尔定律“已死”的人一样,认为摩尔定律还“活着”的人也大有人在。其中英特尔 CEO 基辛格不止一次地在公开场合重申,摩尔定律在半导体产业依然奏效。

北京时间9月28日凌晨,Intel Innovation 2022开幕活动上,基辛格再次强调:“摩尔定律活得很好。摩尔定律——至少在未来的十年里依然有效。英特尔将一往无前,挖掘元素周期表中的无限可能,持续释放硅的神奇力量。”

柏文喜认为:“基辛格认为摩尔定律依然有效,是有依据的,因为技术进步与成本下降并非一直呈线性发展的,而是存在迭代、变轨与叠加的效应,他认为还能存在十年也是有道理的。”

而在陈佳看来,“现在全球芯片产业制程工艺已大幅放缓。无论是移动端还是PC端芯片都没办法做到每隔两年缩短一半制程。这似乎意味着站在全球半导体行业角度,摩尔定律已经失效了,但有意思的是——全球半导体行业依然尊重并利用摩尔定律来定义新的制程工艺,哪怕根本没有达到规定时间减半的能力。举个例子,当前半导体行业最先进制程工艺是3纳米,但实际上不仅三星与台积电的真实制程差异极大,也都远远没有达到物理意义上的3纳

米,这是行规,大家不点破罢了。”

上海社会科学院经济学博士王溢波则认为,事实上,十几年前就有观点认为摩尔定律已经达到极限,然而技术发展则在不断打破极限,台积电的先进制程已经逼近1纳米,断言摩尔定律终结为时尚早。技术发展没有极限,即使物理上受限,仍然可以通过并行计算等其他方式实现计算能力的持续增长。从计算能力上而言,摩尔定律可能没有极限,永远不会终结,这个世界对于算力的需求是无穷无尽的。

周迪补充道:“晶体管盲目发展更小的尺寸这条路的确是不会永远持续下去的,但这并不意味着建设更复杂、功能更强大的电子系统的时代即将结束。世界一定还需要更多智慧器件,数字革命只是刚刚开始,既然没有其他的科技能够取代半导体来做数字功能和智慧器件的基础,那么半导体产业就有长达百年的远景。深度摩尔、超越摩尔、新器件是目前产业的三个大方向。器件优化重心渐渐地从性能转移到了功耗。系统性能提升不再单纯地依赖晶体管特征尺寸缩小,而是更多地靠电路设计以及系统算法优化。人们正在一刻不停地挑战并推进极限。而且必然总会有一天突破。”

半导体和IT服务仍最受资本追捧 产业生态圈加速形成

本报记者 陈佳岚 广州报道

受新一轮新冠肺炎疫情、地缘政治及整个宏观环境波动等多重内外因素的影响,2022年上半年私募创投(PE/VC)市场投资步伐整体放缓。与此同时,TMT(包含科技、互联网及移动互联网、娱乐及传媒、通信四个子行业)行业投资总额的变动趋势与投资总量基本一致。

不过,普华永道10月12日发布的Money-TreeTM报告(以下简称“报告”)显示,2022年上半年,在TMT行业中,科技子行业里面的半导体行业和IT服务业细分领域依旧最受市场追捧,此外,同期PIPE(Private Investment in Public Equity)定增逆势上扬,数量达77笔,达到最近三年来的最高纪录,金额为27.28亿美元。

10月12日,普华永道中国审计业务合伙人陈建孝在接受《中国经营报》记者采访时表示:“科技子行业中半导体行业和IT服务业依旧最受市场追捧,科技子行业的走强得益于国家对于科技创新的大力持续支持,同时国家对于加快深化改革创新的进一步推动,科技子行业在各个阶段都受到资本的青睐,在初创期和扩张期企业的投资数量和金额占比均有所上升。”

TMT行业仍最受资本关注

普华永道最新报告显示,2022年第一季度私募创投市场的投资数量及投资总额环比分别下降18%及37%,第二季度维持一季度的下降趋势,投资数量及投资总额环比分别下降7%及43%。

普华永道中国内地TMT行业主管合伙人高建斌分析道:“疫情的反复对整体经济运行造成了冲击,私募投资市场活跃度受到一定的抑制,同时受投资季节性趋势影响,TMT行业的投资热度下降,导致投资金额和投资数量下跌。”

尽管投资市场热度有所下降,市场观望态势明显,但TMT依然是各个行业中比较活跃、资本比较青睐的行业。

2022年上半年PE/VC在TMT行业投资总量为1655起,环比减少23%,同比减少8%,但依旧占总体行业投资总量54%。此外,根据已披露投资金额的投资项目,TMT行业投资金额为217.47亿美元,环比减少49%,但仍然占总体行业投资总额的45%。

在普华永道相关报告的行业划分中,TMT行业包括科技、互联网及移动互联网、娱乐及传媒、通信四个子行业。而在四大子行业

资本退出季度性回落

2022年上半年整体资本退出市场呈现季节性回落,环比下降51%。在退出类型上,股权转让退出数量占比35%,仍然是资本退出的首要选择。

2022年上半年资本市场在科创板和创业板的带动下,延续了较为活跃的表现。IPO数量虽然环比下降19%,但退出数量占比上升到34%,略低于股权转让退出。

由于在美国上市的监管要求

中,科技行业的私募股权投资热度仍旧稳居第一,2022年上半年投资数量共计1340起,为子行业中最高;投资总额共计166.61亿美元,为子行业中最高。2022年上半年科技行业的投资数量和投资金额环比皆下降,但占比却上升到了81%和77%。科技子行业当中的半导体行业和IT服务业、硬件行业依旧最受市场追捧。单笔过亿元投资数量有34起,金额为69.60亿美元。细分行业中,半导体行业受到资本持续关注,单笔投资金额前两名均投向了半导体行业。

报告指出,受国家对于科技创新行业尤其是半导体行业的大力支持的影响,上半年半导体行业出现了13家投资过亿美元的企业。2022年8月,美国《2022年芯片与科学法案》的签署实施,对我国半导体等高新技术产业及相关私募创投行业的发展产生了影响:一方面增加了相关行业投资价值实现和退出的不确定性;另一方面,正倒逼中国加速建立自主可控的半导体产业生态圈。

陈建孝对记者表示,半导体依旧是市场投资的一个主攻方向,但由于上市的半导体企业增多,IPO

趋于严格,而国内资本市场受注册制改革深化及北京证券交易所设立的影响,国内A股更受市场青睐,2022年上半年A股IPO数量占IPO总量的96%。越来越多的企业将在国内上市作为第一选择。2022年上半年部分中概股于中国香港市场陆续以介绍形式二次上市以应对美国资本市场监管的不确定性。而受到中美摩擦及上市监管要求等



TMT依然是各个行业中比较活跃、资本比较青睐的行业。

视觉中国/图

价格也会受到市场供应增多的影响,市场退出时间相比以往可能没有那么顺利了。此外,投资人在半导体投资上也会更谨慎些。

在TMT四个子行业中,互联网及移动互联网行业投资数量和投资金额均为过去三年来最低点,投资数量共236起,环比下降40%;投资总额为19.84亿美元,环比下

降78%。通信行业出现投资数量与金额背离的局面,投资数量共计21起,环比下降40%;而投资总额为26.82亿美元,环比上升36%。娱乐传媒行业共有投资58笔,投资总额为4.19亿美元,环比分别下降28%及73%。

“除了投资者出于避险考虑的因素,受到定增在市场发行价格上

将在2022年下半年正式推出。普华永道中国内地媒体行业主管合伙人蔡智锋指出,该方案的推出,将进一步提升中国香港资本市场的吸引力。

据央视新闻报道,中国证券监督管理委员会、中华人民共和国财政部于2022年8月26日与美国公众公司会计监督委员会(PCAOB)签署审计监管合作协议,将于近期启动相关合作。蔡智锋也提到,当



系统性能提升不再单纯地依赖晶体管特征尺寸缩小。

视觉中国/图

叠加效应

这个世界对于算力的需求是无穷无尽的。

与认为摩尔定律“已死”的人一样,认为摩尔定律还“活着”的人也大有人在。其中英特尔 CEO 基辛格不止一次地在公开场合重申,摩尔定律在半导体产业依然奏效。

北京时间9月28日凌晨,Intel Innovation 2022开幕活动上,基辛格再次强调:“摩尔定律活得很好。摩尔定律——至少在未来的十年里依然有效。英特尔将一往无前,挖掘元素周期表中的无限可能,持续释放硅的神奇力量。”

柏文喜认为:“基辛格认为摩尔定律依然有效,是有依据的,因为技术进步与成本下降并非一直呈线性发展的,而是存在迭代、变轨与叠加的效应,他认为还能存在十年也是有道理的。”

而在陈佳看来,“现在全球芯片产业制程工艺已大幅放缓。无论是移动端还是PC端芯片都没办法做到每隔两年缩短一半制程。这似乎意味着站在全球半导体行业角度,摩尔定律已经失效了,但有意思的是——全球半导体行业依然尊重并利用摩尔定律来定义新的制程工艺,哪怕根本没有达到规定时间减半的能力。举个例子,当前半导体行业最先进制程工艺是3纳米,但实际上不仅三星与台积电的真实制程差异极大,也都远远没有达到物理意义上的3纳

米,这是行规,大家不点破罢了。”

上海社会科学院经济学博士王溢波则认为,事实上,十几年前就有观点认为摩尔定律已经达到极限,然而技术发展则在不断打破极限,台积电的先进制程已经逼近1纳米,断言摩尔定律终结为时尚早。技术发展没有极限,即使物理上受限,仍然可以通过并行计算等其他方式实现计算能力的持续增长。从计算能力上而言,摩尔定律可能没有极限,永远不会终结,这个世界对于算力的需求是无穷无尽的。

周迪补充道:“晶体管盲目发展更小的尺寸这条路的确是不会永远持续下去的,但这并不意味着建设更复杂、功能更强大的电子系统的时代即将结束。世界一定还需要更多智慧器件,数字革命只是刚刚开始,既然没有其他的科技能够取代半导体来做数字功能和智慧器件的基础,那么半导体产业就有长达百年的远景。深度摩尔、超越摩尔、新器件是目前产业的三个大方向。器件优化重心渐渐地从性能转移到了功耗。系统性能提升不再单纯地依赖晶体管特征尺寸缩小,而是更多地靠电路设计以及系统算法优化。人们正在一刻不停地挑战并推进极限。而且必然总会有一天突破。”

下中美已经达成监管协议了,未来有望再出现赴美上市的企业,打破连续多个季度未见到中企赴美上市的现象。

“国家正稳步推进各项TMT行业整体发展的政策,私募股权市场将会重新展现出投资活力。随着注册制度的细化和完善,国内资本市场将持续繁荣发展,未来TMT行业私募创投的表现值得期待。”蔡智锋说。