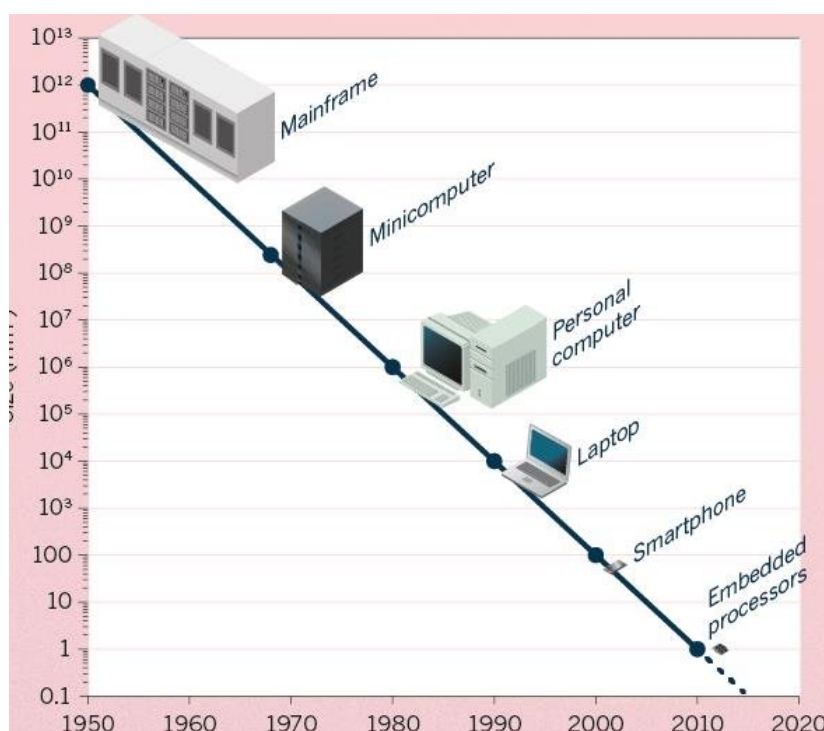


摩尔定律已死 半导体行业如何发展？

来源:环球网 日期:2016-02-16

内容摘要:摩尔的观察并非基于任何科学或工程原理。这仅仅反映了行业发展趋势。然而, 在后续的发展中, 半导体行业并没有将摩尔定律当作描述性、预测性的观察, 而是视为规定性、确定性的守则。整个行业必须实现摩尔定律预测的目标。



在“患病多年”后, 摩尔定律于51岁“寿终正寝”。

《自然》杂志刊文称, 将于2016年3月发布的下一份半导体技术路线图将采用完全不同的方法。早在2014年, 国际半导体技术路线图组织已经决定, 下一份路线图将不再依照摩尔定律。

1965年, 英特尔联合创始人戈登-摩尔(Gordon Moore)观察到, 集成电路中的元件集成度每12个月就能翻番。此外, 确保每晶体管价格最低的单位芯片晶体管数量每12个月增长一倍。1965年, 单位芯片50个晶体管可以带来最低的每晶体管成本。摩尔预计, 到1970年, 单位芯片可集成1000个元件, 而每晶体管成本则将下降90%。

在对数据进行提炼和简化之后, 这一现象就被称作“摩尔定律”: 单位芯片晶体管数量每12个月增长一倍。

摩尔的观察并非基于任何科学或工程原理。这仅仅反映了行业发展趋势。然而, 在后续的发展中, 半导体行业并没有将摩尔定律当作描述性、预测性的观察, 而是视为规定性、确定性的守则。整个行业必须实现摩尔定律预测的目标。

然而, 实现这一目标无法依靠侥幸。芯片开发是一个复杂过程, 需要用到来自多家公司的机械、软件和原材料。为了确保所有厂商根据摩尔定律制定同样的时间表, 整个行业遵循了共同的技术发展路线图。由英特尔、AMD、台积电、GlobalFoundries和IBM等厂商组成的行业组织半导体协会从1992年开始发布这样的路线图。1998年, 半导体行业协会与全球其他地区的类似组织合作

，成立了“国际半导体技术路线图”组织。最近的一份路线图于2013年发布。

摩尔定律提出的预测早在很久之前就出现过问题。1975年，摩尔本人更新了摩尔定律，将半导体行业的发展周期从12个月增加至24个月。在随后30年中，通过缩小芯片上元件的尺寸，芯片发展一直遵循着摩尔定律。

然而到00年代，很明显单纯依靠缩小尺寸的做法正走到尾声。不过，通过其他一些技术，芯片的发展仍然符合摩尔定律的预测。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，三栅极晶体管使芯片性能变得更强大。

不过，这些新技术也已走到末路。用于芯片制造的光刻技术正面临压力。目前，14纳米芯片在制造时使用的是193纳米波长光。光的波长较长导致制造工艺更复杂，成本更高。波长13.5纳米的远紫外光被认为是未来的希望，但适用于芯片制造的远紫外光技术目前仍需要攻克工程难题。

即使远紫外光技术得到应用，目前也不清楚，芯片集成度能有多大的提高。如果缩小至2纳米，那么单个晶体管将只有10个原子大小，而如此小的晶体管可靠性很可能存在问题。即使这些问题得到解决，功耗也将继续造成困扰。随着晶体管的连接越来越紧密，芯片功耗将越来越大。

应变硅和三栅极晶体管等新技术历经了10多年的研究才得到商用。远紫外光技术被探讨的时间更长。而成本因素也需要考虑。相应于摩尔定律，我们还有一个洛克定律。根据后一定律，芯片制造工厂的成本每4年就会翻番。新技术的发展可能将带来更高的芯片集成度，但制造这种芯片的工厂将有着高昂的造价。

近期，我们已经看到这些因素给芯片公司造成了现实问题。英特尔原计划于2016年在Cannonlake处理器中改用10纳米工艺，这小于当前Skylake芯片采用的14纳米工艺。2015年7月，英特尔调整了计划。根据新计划，英特尔将推出另一代处理器Kaby Lake，并沿用此前的14纳米工艺。Cannonlake和10纳米工艺仍在计划之中，但被推迟至2017年下半年发布。

与此同时，新增的晶体管变得越来越难用。80至90年代，新增晶体管带来的价值显而易见。奔腾处理器的速度远高于486处理器，而奔腾2代又远好于奔腾1代。只要处理器升级，计算机性能就会有明显的提升。然而在进入00年代之后，这样的性能提升逐渐变得困难。受发热因素影响，时钟频率无法继续提高，而单个处理器核心的性能只能实现增量式增长。因此，我们看到处理器正集成更多核心。从理论上来说，这提升了处理器的整体性能，但这种性能提升很难被软件所利用。

这一系列困难表明，由摩尔定律驱动的半导体行业发展路线图即将终结。但摩尔定律日薄西山并不意味着半导体行业进步的终结。

爱荷华州大学的计算机科学家丹尼尔-里德(Daniel Reed)打了个比方：“想一想飞机行业发生了什么，一架波音787并不比上世纪50年代的707快多少，但是它们仍然是非常不同的两种飞机。”比如全电子控制和碳纤维机身。“创新绝对会继续下去，但会更细致和复杂。”

2014年，国际半导体技术路线图组织决定，下一份路线图将不再依照摩尔定律。《自然》杂志刊文称，将于下月发布的下一份路线图将采用完全不同的方法。

新的路线图不再专注于芯片内部技术，而新方法被称作“比摩尔更多”。例如，智能手机和物联网的发展意味着，多样化的传感器和低功耗处理器的重要性将大幅提升。用于这些设备的高集成度芯片不仅需要逻辑处理和缓存模块，还需要内存和电源管理模块，用于GPS、移动网络和WiFi网络的模拟器件，甚至陀螺仪和加速计等MEMS器件。

以往，这些不同类型的器件需要用到不同的制造工艺，以满足不同需求。而新路线图将提出，如何将这些器件集成在一起。整合不同制造工艺、处理不同原材料需要新的处理和支持技术。如果芯片厂商希望为这些新市场开发芯片，那么解决这些问题比提高芯片集成度更重要。

此外,新的路线图还将关注新技术,而不仅是当前的硅CMOS工艺。英特尔已宣布,在达到7纳米工艺之后,将不再使用硅材料。锑化铟和铟镓砷化合物都有着不错的前景。与硅相比,这些材料能带来更快的开关速度,而功耗也较低。碳材料,无论是碳纳米管还是石墨烯,也在继续被业内研究。

在许多备选材料中,二维材料“石墨烯”被看好。这种自旋电子材料通过翻转电子自旋来计算,而不是通过移动电子。这种“毫伏特”量级(操作电压比“伏特”量级的晶体管要低得多)的电子开关比硅材料开关的速度更快,而且发热量更小。不幸的是这种电子材料还未走出实验室。

尽管优先级下降,但缩小尺寸提高集成度的做法并未被彻底抛弃。在三栅极晶体管的基础上,到2020年左右,“栅极全包围”晶体管和纳米线将成为现实。而到20年代中期,我们可能将看到一体化3D芯片的出现,即在一整块硅片上制作多层器件。

斯坦福大学的电气工程师Subhasish

Mitra和他的同事已经开发出用碳纳米管将3D存储单元层连接起来的办法,这些碳纳米管承载着层间的电流。该研究小组认为,这样的体系结构可以将能耗降低到小于标准芯片的千分之一。

此外,另一种提高计算性能的方法是使用像“量子计算”这样的技术,该技术有望加速某些特定问题的计算速度,还有一种“神经计算”技术旨在模拟大脑的神经元处理单元。但是,这些替代性的技术可能需要很久才能走出实验室。而许多研究者认为,量子计算机将为小众应用提供优势,而不是用来取代处理日常任务的数字计算。2015年底,谷歌量子人工智能实验室已证明:他们的D-Wave量子计算机处理某些特定问题,比普通计算机快一亿倍。

通过新材料、不同的量子效应,甚至超导等不可思议的新技术,半导体行业或许能继续像以往一样提高芯片集成度。如果集成度能获得明显提升,那么市场对速度更快的处理器的需求可能将再次爆发。

但目前看来,摩尔定律被打破将成为一种新常态。摩尔定律对半导体行业的指导意义正逐渐消失。