



提升制程很烧钱，因此制程的提升必须带来芯片性能的提升，才算“贵得其所”。

入局玩家越来越多

在CES2021上，三星发布了旗舰芯片Exynos 2100，这也是继麒麟9000、苹果A14、三星Exynos 1080和高通骁龙888之后的第5款5nm 5G处理器。

一般来说，手机芯片可以划分为AP(应用处理器)和BP(基带芯片)。对于新一代旗舰芯片，各大芯片厂商既强调5nm带给AP的性能提升，也看重其为5G开发的BP能力。提升制程很烧钱，因此制程的提升必须带来芯片性能的提升，才算“贵得其所”。直观地从晶体管数量来看，麒麟9000的晶体管数量达到了153亿，比起采用台积电7nm加强版工艺

如何构建差异化竞争

芯片设计属于创新密集型、技术密集型的轻资产行业，因此5nm 5G芯片的竞争，可谓是全球顶尖厂商的巅峰之战。

TrendForce集邦咨询分析师姚嘉洋向《中国电子报》表示，5G手机处理器可以细分成几个要素，分别为CPU、GPU、DSP(数字信号处理)/NPU/APU(加速处理器)、5G Modem(调制解调器)、ISP(图像信号处理)与先进制程的搭配。

以CPU为例，Cortex-X1、A78CPU的搭载，已经出现在高通、三星的产品里，以此来提升处理器整体的运算能效。

以5G Modem为例，就能看到毫米波与sub-6GHz(频段)支援上的差异。制程方面，虽然都采用5nm制程，但毕竟台积电与三星在良率、性能与功耗等基本要素上还是略有差别，这也导致了5G手机处理器之间的差异。

研发门槛越来越高

来到5nm的档口，能制造芯片的代工厂商只剩两家，能设计高端制程芯片的厂商更是寥寥无几。对于旗舰智能手机处理器这种既要第一时间用上先进制程工艺，还要具备5G和AI能力的芯片品类，设计门槛之高显而易见。

一方面，5G基带设计难度大，要与网络侧和终端侧保持良好互通，实现通信技术标准，在实验室和外场测试得到验证，还要向下兼容3G、4G；另一方面，先进制程让芯片能够集成更多元器件和相应功能，提升了芯片的集成度和复杂性，因此处理器设计的难度水涨船高，研发、设计工具升级、晶圆购买等各项的支出也直线上升。

制程的麒麟990(5G版)，足足多出50亿。而苹果A14则内置了118亿个晶体管，晶体管数量相较7nm芯片增加了近40%。在性能数据方面，5nm工艺带来的提升也很明显。相较上一代旗舰芯片，骁龙888的CPU整体性能提升25%，GPU的图形渲染速度较前代平台提升了35%。Exynos2100处理器性能较上一代单核提升了19%，多核提升了33%，图形性能相较于前代提升了40%。

由于手机处理的数据量呈指数级上升，且数据类型更加多元，AI已成为高端手机处理器的必备技能，AP也从“CPU+GPU”走向了“CPU+GPU+

从CPU的研发模式中可以看出各个厂商的研发重点。虽然几家芯片厂商都采用了Arm架构研发CPU，但苹果为了更好地整合软硬件能力，A系列处理器多基于Arm的指令集进行自研，单核性能较为突出。骁龙888则基于Cortex内核进行了二次开发，打造了Kryo 680架构，以提升产品的整体性能和稳定性。其他厂商大多使用公版Arm核心。

除了单核结构，各家的多核架构也有所不同，华为、三星、高通在性能提升上的跨度更大。

三星代工的骁龙888和Exynos2100，都采用了“Cortex-X1超大核+3个A78大核+4个A55小核”组成的3丛集8核心架构。但即使是采用了相同的结构，三星在性能提升方面做得更为激进，将超大核的主频做到了2.9GHz，略高于骁龙888的2.84GHz。

麒麟9000采用“A77大核心+三个

“随着制程的提升，手机处理器投入的研发金额愈来愈大。巨额的研发资金需要大量产品来支撑，以分摊研发经费。而制程越小，代表晶体管密度越高，这加大了设计的难度。EDA工具的升级需要投入更多的研发经费，而晶圆代工方面所需要的研发经费与晶圆片的购买价格也会有所提升。”姚嘉洋表示。

对于芯片设计巨头来说，每一次制程的提升，都会带来新的挑战。

“制程越小，设计越难。因为后端的制程工艺升级了，前端的设计方法、设计工具都需要升级，模块库、后端库都不充实。到了设计阶段，不仅是设计一个主处理器，还需要AD(模拟-数

NPU/AI引擎”这一方向。在AI算力支援上，苹果NPU(神经网络处理器)的内核翻倍，算力达到了11.8TOPS。骁龙888和Exynos2100的算力均提升至26 TOPS。麒麟9000搭载的新一代NPU，采用双大核+微核NPU架构，性能相对麒麟990(5G)提升了100%。

对5G能力的强调，也是5nm处理器的一大特性。多模多频段的连接能力是各家厂商最强调的配置，支持5G且向下兼容4G LTE(长期演进)，支持SA(独立组网)/NSA(非独立组网)双组网，兼容FDD(频分双工)/TDD(时分双工)，并具备载波聚合、DSS、双SIM甚至多SIM卡功能，已成各产品

A77中核心+四个A55小核心”组成的3丛8核心架构，将A77主频做到了3.13GHz，是目前频率最高的手机处理器之一。

而苹果更注重性能与能效的平衡，采用了2个性能核心、4个能效核心的6核心架构。

根据苹果公布的A13和A14分别相对A12的提升数据可知，比起A13，A14的CPU性能提升幅度为16.7%，GPU性能提升8.3%，提升幅度并不是太大。但在能效方面，尤其是低功耗模式下的性能表现，苹果仍具优势。前魅族科技高管李楠称，苹果低功耗模式能最大化5nm的制程优势。

GPU的情况亦是如此。苹果、高通都采用了自研GPU，华为、三星则采用了Mali G78，华为堆了24核，三星堆了14核。

从外媒去年12月发布的GFX-Bench图形基准测试来看，搭载苹果A14的iPhone12系列图像处理的跑分

字信号转换)/DA(数字-模拟信号转换)等周围IP的支持。设计出来之后，还有验证阶段。设计的芯片能否有效地控制功耗，能否正常运行，能否流片成功，这些都需要很长时间去验证。这个周期是漫长而复杂的。顶级的芯片设计厂商有技术、财力去抢先走这个流程，因此更容易抢得市场先机。”赛迪顾问高级分析师李秧向《中国电子报》表示。

研发门槛极高，且每隔一年或两年就要再啃一遍硬骨头，对于小米、OPPO等有心自研处理器的手机大厂来说，是一个不小的挑战。但手机大厂的应对策略也较为多元。小米通过“投资+自研”构建了半导体生态；

提升制程很烧钱，因此制程的提升必须带来芯片性能的提升，才算“贵得其所”。

的标配。在5G提升用户室外体验的同时，各家厂商的产品还普遍支持WiFi6功能，并保障用户的室内连接，塑造了5G时代的移动新体验。

同样值得注意的是，紫光展锐和联发科先后推出了6nm制程的5G SoC(系统级芯片)，与5nm制程的芯片产品仅有“一线之隔”。联发科在1月20日发布了6nm制程的全新5G处理器天玑1200。据相关报道，联发科代号为“天玑2000”的5nm芯片已经满足OPPO、vivo、荣耀等客户的开案需求，预计在2022年第一季度正式推出。在2022年，市场有望看到更多的5nm处理器设计玩家。

芯片设计是创新密集型、技术密集型的轻资产行业，5nm 5G芯片之争是全球顶尖厂商的巅峰之战。

在业界处于领先地位，高通参考测试机和Mate40紧随其后，在视觉处理能力方面皆有提升。

5G方面，华为、高通、三星都推出并在SoC上集成了自研的基带芯片。从大的频段范围来看，华为的巴龙5000，高通的X60与外挂在苹果A14的X55，以及三星的Exynos 5123都具备同时支持Sub-6Hz和毫米波的能力。

巴龙5000在Sub-6Hz的表现较为突出，通过支持5GSA双载波聚合，Sub-6G下行理论峰值速率达4.6Gbps，上行理论峰值速率达2.5Gbps，且支持11个5G TDD、FDD频段。

骁龙888集成的X60基带能够提供7.5Gbps的毫米波下行峰值速率，居于行业领先地位，而外挂骁龙X55基带的苹果A14也享此待遇，且苹果iPhone支持的5G主要频段高达20个，Exynos5123的毫米波下行峰值也达到了7.35Gbps。

随着制程的提升，手机处理器投入的研发金额愈来愈大，巨额的研发资金需要大量产品来支撑。

OPPO通过成立芯片研发中心和半导体设计子公司以及自研并收购相关专利等方式，持续提升研发实力，目前已经具备了协处理器的设计能力。vivo则与三星合作研发处理器，Exynos1080、Exynos 980都是双方的合作成果。vivo方面表示，在共研Exynos 980的过程中，vivo投入了500多位专业研发工程师参与定制研发，联合解决了100多个硬件问题。可以说，这种基于终端用户数据帮助芯片厂商优化设计，并获得相对定制化且能够优先搭载首发的处理器，也是一种提升品控能力的方式，有助于手机企业加强品牌话语权，并持续积累研发经验。

近日，国务院学位委员会、教育部正式发布了《国务院学位委员会 教育部关于设置“交叉学科”门类、“集成电路科学与工程”和“国家安全学”一级学科的通知》(以下简称《通知》)。《通知》称，经专家论证，国务院学位委员会批准，决定设置“交叉学科”门类(门类代码为“14”)、“集成电路科学与工程”一级学科(学科代码为“1401”)和“国家安全学”一级学科(学科代码为“1402”)。

在短短两三年时间内，集成电路就成为一级学科，这种“飞跃”在学科史上实属罕见。“这是国家意志和业界共识双重驱动的结果。”复旦大学微电子学院副院长周鹏在接受《中国电子报》采访时表示。

正式成为一级学科 集成电路产教融合加速

本报记者 沈丛

高端人才存在缺口

产业发展，人才先行。集成电路是高技术型产业，因此集成电路人才的培养无疑是产业发展的重中之重。然而，人才储备的不足一直以来都阻碍着我国集成电路产业的发展。根据相关数据，截至2019年年底，我国直接从事集成电路产业的人员规模约为51.19万人，较上年增加5.09万人，其中设计业、制造业和封装测试业的从业人员规模分别为18.12万人、17.19万人和15.88万人。按当前产业发展态势及对应人均产值推算，到2022年前后，全行业人才需求将达到74.45万人，其中设计业为27.04万人，制造业为26.43万人，封装测试为20.98万人。这意味着，目前集成电路行业存在20多万人的人才缺口，集成电路人才培养还存在很多亟待解决的问题。

北京工业大学微电子学院教授冯士维认为，在以往的高校人才培养过程中，主要有四个原因导致了集成电路人才缺口的产生。

第一，在此前，集成电路相关专业分散在不同的二级、三级学科中，有关部门对学科的重视度相对较低。

第二，集成电路是知识密集型学科，涵盖的领域非常多，横跨物理、化学、材料、化工等多个学科。但是在先前的人才培养过程中，各个学科之间缺乏互通性和互融性，人才培养常常出现脱节现象，这就导致了学生知识储备量的不足。

第三，以往的人才培养对高端人才的培养力度不够大，因此各个学科中常常会缺乏“领军人物”，难以对高端前沿技术展开进一步研发。

第四，有关部门对集成电路领域的师资考核方式不够全面，且考核方式不具备学科针对性，过于片面。比如以其他学科的考核标准来对集成电路学科的师资进行考核，就会导致高校无法吸纳真正优质的师资力量，造成优秀教师资源的缺乏。

周鹏介绍，如今，集成电路产业已经成为社会关注的焦点，业内人士都感到身上的担子越来越重。作为战略性和先导性产业，集成电路成为一级学科是目前产业发展的必然趋势，解决集成电路人才的缺失问题更是迫在眉睫。

引领学科新方向

成为一级学科后的集成电路专业，将在学科建设、人才培养方案上具备更多自主性。周鹏告诉《中国电子报》记者，2019年，复旦大学率先建设“集成电路科学与工程”一级学科试点，并启动博士研究生招生程序。目前，复旦大学已在学科建设和学科研究方向等方面取得了初步进展。在集成电路成为一级学科后，各高校将陆续开设相关课程，这将大大增强集成电路相关人才的培养力度，有助于弥补集成电路人才上的缺失。

国务院学位委员会办公室负责人曾表示，国务院学位委员会作出设立“集成电路科学与工程”一级学科的决定，就是要构建支撑集成电路产业高速发展的创新人才培养体系，从数量上和质量上培养出满足产业发展需求的创新型人才。

集成电路成为一级学科的意义重大。冯士维表示，在成为一级学科后，集成电路能够引领一个新的学科方向，使得社会各界大幅提升对集成电路学科的重视程度。这也有利于各方面力量的汇集，以加强对相关人才的集中培养力度。此外，集成电路成为一级学科后，相关专业间的互融性、互通性将大大增强，人才培养的方式将更加全面。在师资考核方面，由于不用其他学科的标准来衡量师资的素质，未来集成电路学科的师资考核方式将会更有针对性，有助于高校吸纳教学经验丰富、教学水平更高的教师。

多方协作加强人才培养

除了人才紧缺这一难题，科研和生产之间的脱节也是如今集成电路人才培养过程中要面临的首要难题。由于科研与生产脱节，许多技术在实验室取得研发成果后就终止，不进一步走向市场，这就导致科研成果不能转化为实际生产力。由此可见，人才培养很难在某一领域通过“单打独斗”来完成，产教融合、多方协作是如今集成电路人才培养的主要发展趋势。在集成电路成为一级学科后，高校如何能够更好地为企业输送人才，与企业进行更多沟通，以进一步推动“产学研”的融合？

南京集成电路产业服务中心主任、东南大学首席教授时龙兴认为，在集成电路产业的发展过程中，产教融合是必然的趋势，需要各方一起努力推进才可实现。他表示，产教融合涉及专业机构层面、协会联盟层面、国家层面、学校层面以及企业层面五个维度，只有将这五个维度结合起来，产教融合的效果才能更加显著。如今，不少高校和企业都在人才培养领域积极布局，以进一步促进产业、学院以及企业之间的交流。这些高校和企业不仅包括清华大学、西安电子科技大学等知名高校，还包括华为、华大九天、新华三等龙头企业。在集成电路成为一级学科后，这样的趋势也将更加明显。

“在集成电路成为一级学科后，未来还需要大力改善人才培养工程的实践条件，集聚多方资源，构建集成电路产学研融合协同育人实践基地，以满足国家战略和产业发展的需求。此外，通过集成电路一级学科的建立，未来将形成‘热校热企业’的新局面，这有助于进一步加强校企之间的融合与长期合作，还将大大缩短集成电路人才培养的周期，为集成电路产业快速输送更全面的人才。”一位不愿透露姓名的业内专家向记者说道。