

## 计算机行业“构筑中国科技基石”系列报告19

---

# CPU：研究框架

中信证券研究部 计算机团队  
杨泽原，丁奇，联系人：马庆刘

2022年8月12日

请务必阅读末页的免责条款和声明

- **核心结论：CPU的核心竞争力在于微架构等因素决定的性能先进性和生态丰富性。国内CPU厂商分别以X86/MIPS/ARM等指令集为起点，大力投入研发保持架构先进，推动产业开放构建自主生态，加速追赶全球头部企业。国产化需求持续释放，以党政/行业为代表的信息技术创新加速落地，国产CPU迎来发展黄金期。看好国产CPU龙头的发展与投资机遇。**
- **理解CPU的核心在于性能和生态，性能决定是否“能用”，生态决定进入壁垒**
  - **CPU性能取决于IPC（每时钟周期执行指令数）、主频等关键因素，其中微架构是影响IPC的核心点。**我们认为微架构、制程、核数/线程、互联、主频等参数/维度对CPU的性能影响较大，其中微架构的先进性是CPU性能领先的前提，其前端、执行引擎、载入/存储等关键单元的设计，向着“更深、更宽、更智能”等目标优化迭代，推动了CPU整体性能的持续升级。根据应用场景来划分，通常服务器CPU需要高性能，多核多路高可靠、大内存、大IO带宽；PC需要性能功耗平衡、IO接口齐全；移动端要求低功耗、高能效；嵌入式要求超低功耗、超低成本等。
  - **生态：指令集是软件运行的基石，X86生态强，ARM/MIPS/RISC-V逐步追赶。**指令集可分为精简指令集CISC(X86)和复杂指令集RISC(ARM/ MIPS/RISIC-V)。早期指令集的特性决定了其擅长领域，X86在PC和服务端/ARM系在移动端建立起强大的生态壁垒。如今CISC和RISC正逐步走向融合，性能差距逐渐缩小，ARM正切入PC和服务器市场，RISC-V切入边缘计算市场。
- **海外复盘：AMD与Intel性能博弈贯穿发展史始终，架构创新升级和制造等环节产业开放成为行业竞争的致胜法宝**
  - **Intel在奔腾、酷睿架构时代持续引领，近年AMD凭借速龙、锐龙时代架构的先进性强势崛起。**IC Insights数据显示，2021年全球计算机CPU市场规模约350亿美元，Intel和AMD的市场份额约为7:3。Intel凭借自身性能的领先性始终占有CPU领域超50%的市场份额，在奔腾、酷睿时代更是全面领先，AMD也两度凭借速龙、锐龙的优异架构完成性能反超，实强势崛起。
  - **Intel/AMD长期在架构和制程方面竞争博弈，架构创新升级和制造等环节产业开放是AMD性能领先的法宝。**同为x86生态下，性能的比拼推动Intel和AMD在长达50年的竞争中持续升级。未来，AMD有望凭借Zen架构的锐龙系列产品以制程领先、快速架构迭代、性价比优势进一步打开市场空间。而Intel近年虽在制程工艺迭代方面遭遇障碍，但有望凭借IDM 2.0战略加速推动产业开放、架构快速迭代，以期重返巅峰。

- **CPU市场：国产厂商关键技术持续突破升级，党政下沉/行业信创爆发开启PC&服务器CPU创新追赶黄金期**
  - **供给端：关键技术突破加速应用全面落地。**国内服务器端CPU玩家主要是X86系和ARM系，PC端CPU主要是ARM、MIPS、X86等。近年来国产头部厂商研发持续突破，性能逐步与国际头部厂商接近，自主可控的产业生态构建也在持续完善，关键供给能力的突破带来应用落地的加速。
  - **需求端1—PC：区县级信创带动国产PC加速放量。**IDC数据显示，2021年，全球PC端出货量达到3.49亿台，国内PC出货量达到5700万台，我们测算PC端CPU市场2021年市场规模为570亿元，同比增速8%。在信创产业政策端坚定支撑与外部环境不确定性的双重促进下，党政信创有望以2022年下半年为起点继续纵向下沉，区县级信创市场规模或超过市级以上规模的三倍。
  - **需求端2—服务器：电信、金融等行业端信创进入爆发期。**IDC数据显示，2021年全球服务器出货量为1354万台，国内服务器出货量375万台，我们测算对应CPU市场规模为799亿元，同比增速14%。2022年3月中国电信2022-2023年服务器集中采购项目国产芯片采购规模占比高达26.7%，金融信创也逐步从试点开始规模化推广，推动国产服务器CPU规模化放量期。
- **投资建议：**
  - **产业逻辑：**CPU的核心竞争力在于架构先进性能和生态丰富性，国产厂商正持续大力投入研发实现CPU架构创新升级和快速迭代，力争赶超国际领先水平；同时加大生态建设力度，打造自主开放的软硬件生态和信息产业体系。
  - **投资建议：**外部不确定因素叠加内部加速自主创新背景下，国产CPU厂商有望加速崛起。伴随政策大力扶持、党政/行业信创需求接棒、国产厂商产品性能提升及生态逐步完善，国产CPU龙头正迎来关键发展机遇。建议关注国产x86架构龙头和MIPS/ARM等架构领军者。
- **风险因素：产业链风险；市场竞争加剧；国产化进度不及预期风险；商业需求不及预期风险；产品研发不及预期风险。**

- 第一，我们从性能和生态2个维度构建了CPU完整的研究体系。1) 性能：决定CPU是否“能用”，其中微架构先进是性能领先的关键。2) 指令集及生态：决定进入壁垒的高低。
- 第二，提出在评估CPU性能的指标重要性程度上：微架构、制程、核数/线程、互联、主频等参数对CPU性能影响较大。我们详细梳理了CPU的微架构、制程、内核、主频等各类性能参数及重要性程度，并利用IPC\*主频这一公式对性能进行量化，揭示可用SPEC CPU等软件跑分进行整数或浮点性能测试评估。
- 第三，详细拆解了Intel Skylake和AMD Zen3这一类典型微架构的具体硬件实现，在取指、解码、执行、写回的全流程上对内部原子级逻辑单元的功能作用、代际之间如何优化进行了简单易懂的描述，并指明更深、更宽、更智能等未来架构升级迭代的方向。
- 第四，指明了指令集是构建生态壁垒的源头。提出早期指令集因其简单或复杂的特性决定了其适合的高性能或低功耗的应用领域，并于各领域如PC/服务器(X86)、移动端(ARM)构筑极高的生态壁垒，实现垄断。如今CISC和RISC已逐步走向融合，带来ARM切入服务器/RISC-V切入边缘端的新发展机遇。
- 第五，深度复盘Intel/AMD的产品迭代和竞争发展史，通过对AMD历史上2次领先Intel的经历得出论：同为X86生态下，架构创新升级和制造等环节产业开放是行业竞争制胜的关键。
- 第六，梳理和测算了全球和国内市场CPU在服务器端、PC端、汽车端市场空间和竞争格局，以及给出国产信创PC/服务器的总量大小以及落地节奏的展望。

# CONTENTS

## 目录

---

1. 理解CPU的核心：性能+生态
2. 他山之石：Intel/AMD的竞争启示—架构创新升级和制造等环节产业开放是主旋律
3. CPU市场：服务器、PC出货量稳步增长，汽车智能化加速迎来新机遇
4. 信创市场：党政下沉带动国产PC放量，行业信创拉动国产服务器高增
5. 风险因素
6. 投资建议

# 1.理解CPU的核心：性能+生态

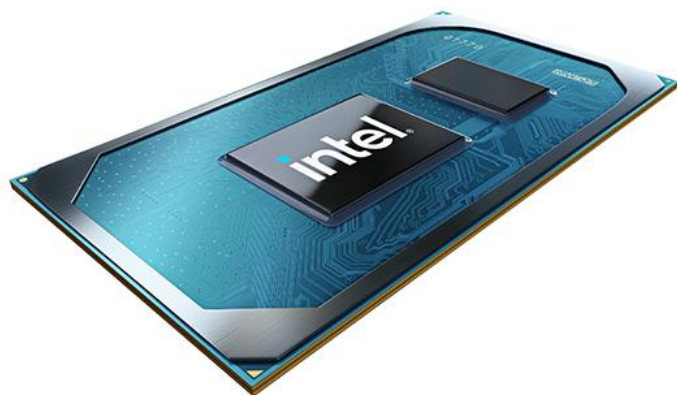
---

- I. CPU：计算机的大脑
- II. 性能：决定CPU是否“能用”，其中微架构是CPU性能领先的关键
- III. 指令集：生态构建的源头，生态决定进入壁垒的高低

# 1.1 CPU定义：计算机的大脑

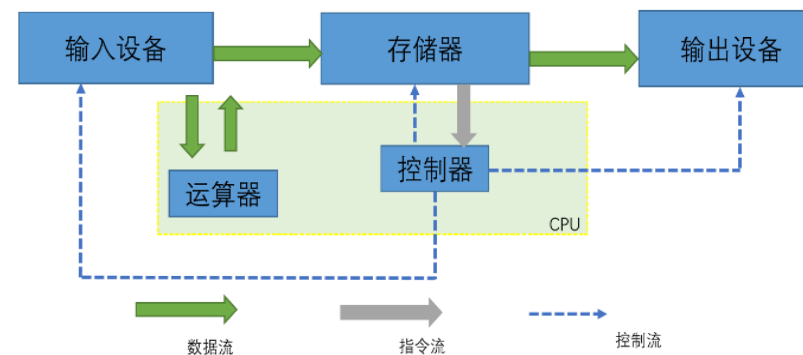
- CPU本质是一块大规模的集成电路，主要由运算器和控制器组成。
- CPU是计算机的运算和控制核心。
  - 它的主要功能可以分为两点：1) 解释计算机中的指令；2) 对数据进行运算处理。
  - CPU性能决定计算机运行的快慢，其性能的提升带来计算机运算效率的提高。
- CPU的工作流程主要分为三个阶段：取指、解码和执行。
  - 控制器从计算机内存里读取指令（取指），经过翻译之后（解码），通知运算器加载/计算/保存（执行）。

CPU



资料来源：Intel官网

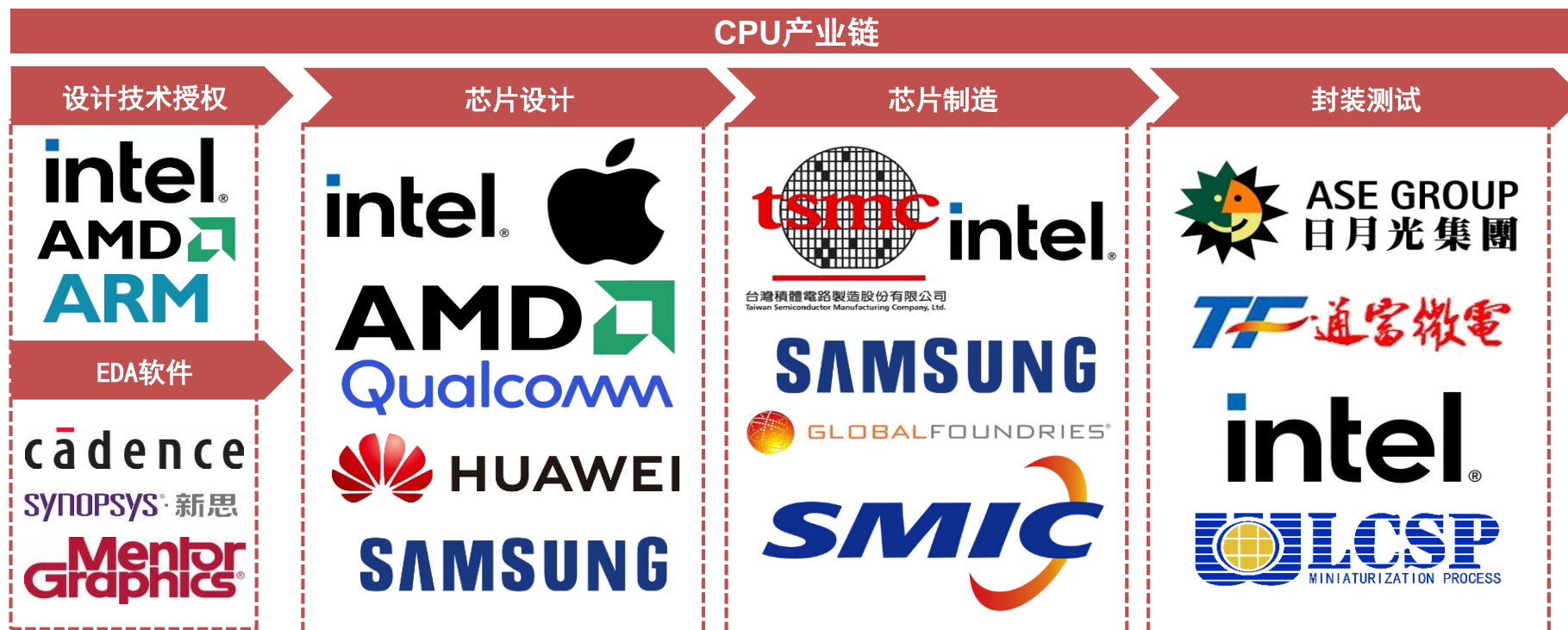
CPU工作流程



资料来源：CSDN@LotusQ

# 1.1 CPU产业链：设计→制造→封装测试

- CPU产业链主要包括芯片设计、芯片制造、封装测试三个主要环节。此外，在上游还包括设计技术授权、EDA软件等支持技术。
  - 芯片设计：将芯片的逻辑、系统以及性能转化为具体实物芯片设计的过程。该环节具有知识密集型特点，有较高的附加值和利润率，奠定了产品性能的基调。
  - 芯片制造：将图纸制作成刻好电路的晶圆，其生产过程包括流片（试生产）、晶棒制造、晶圆制造、完成电路及元件加工与制作。
  - 封装测试：封装是将晶圆加工为芯片的过程，测试是对芯片质量进行检测的过程。这一过程的门槛和风险都相对较低，国产厂商具有相对优势。

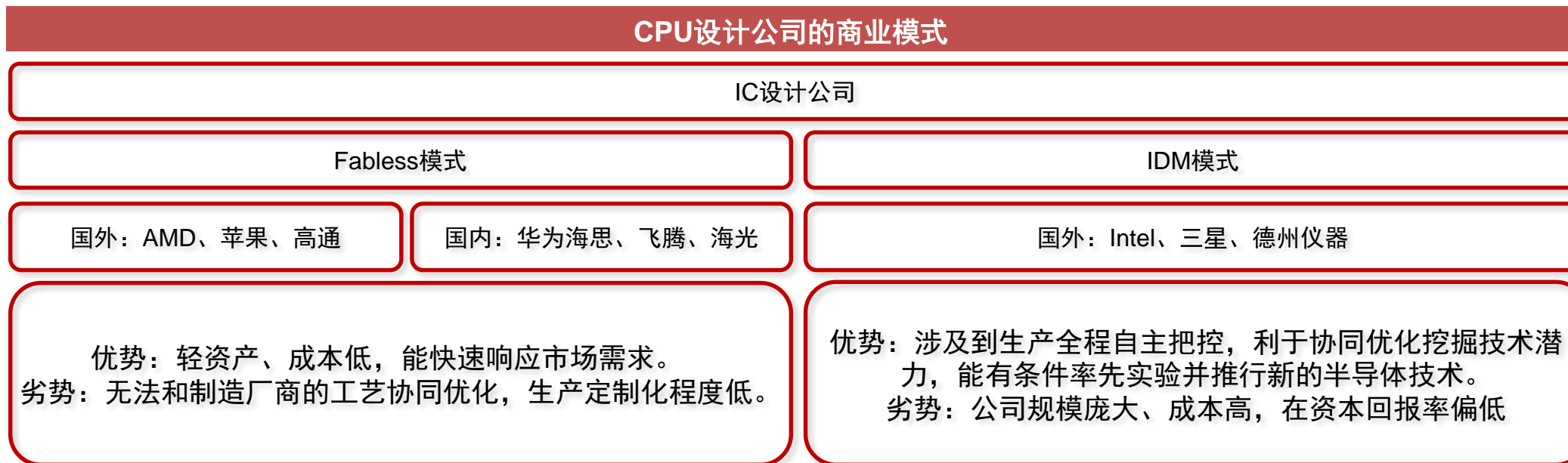


资料来源：各公司官网，中信证券研究部绘制



# 1.1 CPU芯片产业链：IC设计公司的商业模式

- IC设计公司的商业模式主要分为两类：**IDM模式**和**Fabless模式**。
  - IDM模式指的是Integrated Design and Manufacture，垂直整合制造模式，即一家公司包揽芯片的设计、制造、封测等，早期的集成电路企业大多使用这种模式，但是由于成本过高，只有少数企业，如Intel、三星、德州仪器等能够维持这种模式。
  - Fabless模式指的是专注芯片设计、研发和销售的模式，不包含芯片的制造、封测。
  - 而Foundry指的是专门负责芯片制造生产的厂家。



资料来源：各公司官网，中信证券研究部绘制

## 1.2 CPU性能：决定CPU是否“能用”

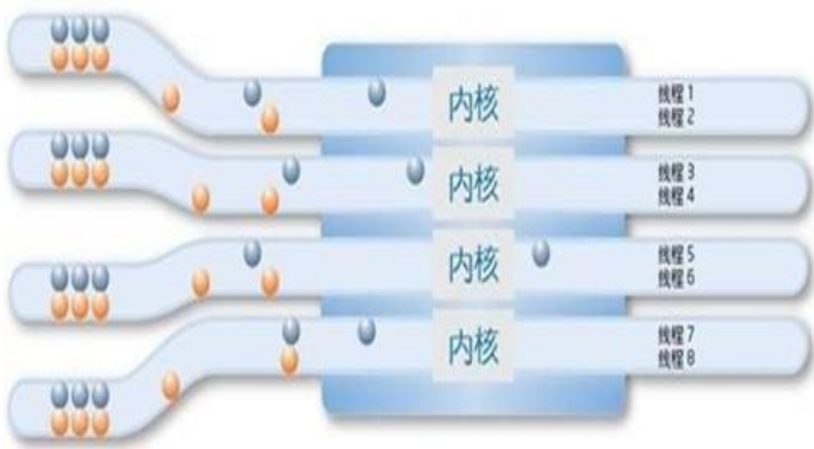
- 性能好坏决定CPU是否“能用”，是商业化落地的核心要素之一。
  - 运行程序的速度基本决定了CPU的性能。
- CPU性能评价比较的通用公式为：性能=(IPC\*主频)/指令数量。
  - 评估CPU性能的参数主要包括：微架构、主频、内核/线程、缓存大小、制程、功耗等，除主频为外参数通常都影响IPC值。CPU主频越高，IPC越高，CPU的性能越强。
  - 我们认为，评估CPU性能的指标依次为：微架构、制程>核数/线程>互联>主频>缓存>其他。

CPU性能指标	
性能指标	含义
微架构	CPU的硬件电路设计构造方式
主频	也叫时钟频率，单位MHz/GHz，用来表示CPU运算和处理数据的速度
外频	外频速度越高，可以同时接受更多来自外围设备的数据，使整个系统的速度进一步提高
倍频系数	CPU主频与外频之间的相对比例关系
IPC	CPU每一时钟周期内所执行的指令的数量
缓存	缓存的速度和容量，有一级、二级和三级。一级速度最快，容量小，价格最高
内核数量	多核可以提高并行运算性能
线程数量	通常一个CPU一个线程，多线程加速任务的执行
总线带宽	决定了数据的传输速率和吞吐量
功耗	电路工作产生的热量
位	能一次处理的数据的字长，8位CPU一次只能处理一个字节，32位的CPU一次能处理4个字节

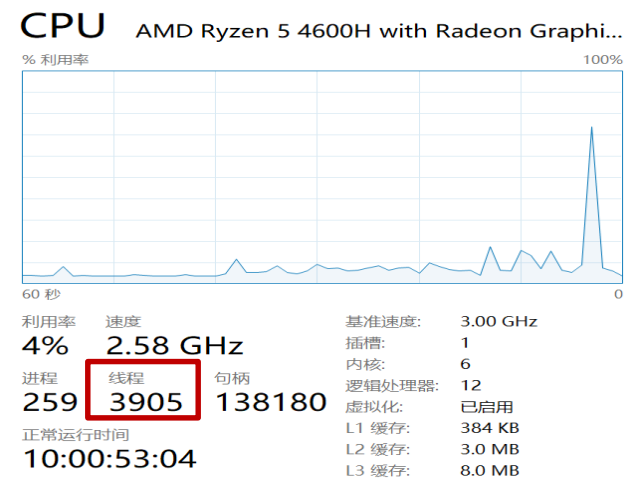
## 1.2 CPU性能影响因素：制程、内核、线程

- 我们认为各类参数中，微架构、制程、核数/线程、互联、主频等参数/维度对CPU的性能影响较大。
- **制程：CPU集成电路的密集度。**同样数量晶体管，更小的制程意味着更低的功耗和发热。如今主流工艺制程为7纳米（AMD最新产品），先进制程可达3纳米。
- **内核：CPU核心的计算组成部分。**
- **线程：CPU内核调度和分配的基本单位。**使得一个核心内有多个逻辑CPU来分别执行功能，实现高效率的并行计算。
  - 对于能够并行执行的场景来说，例如视频剪辑、虚拟机等专业应用，通常内核/线程越多，CPU的计算性能越强，但在超过一定数量范围后，核心之间的通讯也会拖累计算速度，最终抵消掉多内核/线程带来的性能提升。
  - 对于顺序执行的场景，例如解压缩、视频编解码、图片编辑、办公应用、影音娱乐、游戏等场景，更为注重的是CPU单核的性能强度。

### CPU内核和线程



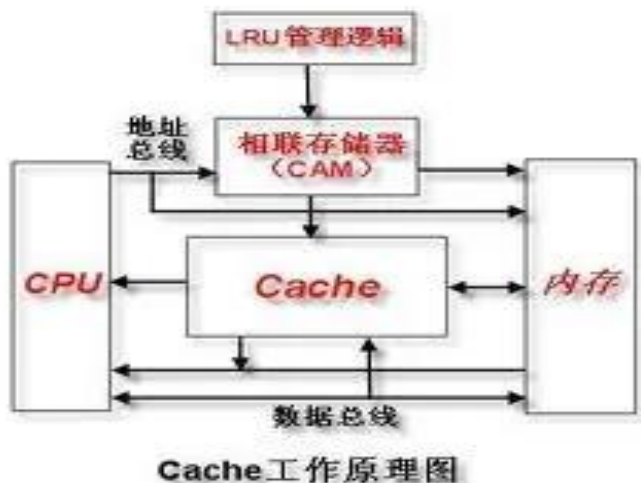
### CPU线程



## 1.2 CPU性能影响因素：主频、功耗、缓存

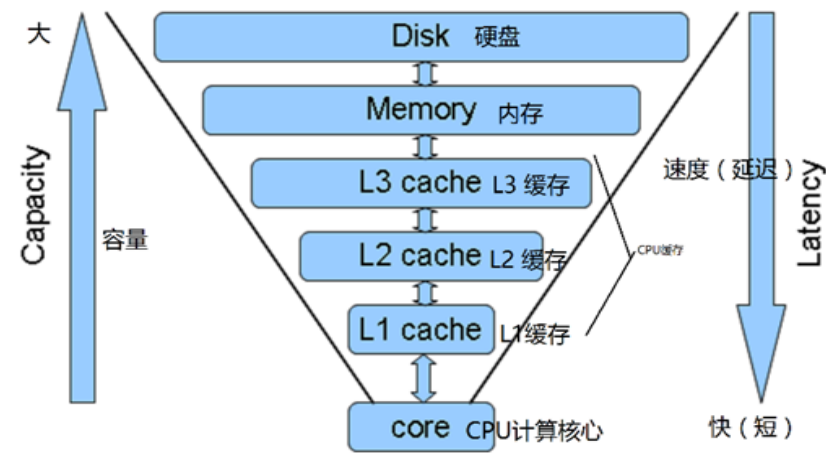
- **主频：CPU的时钟频率**，处理器每秒工作次数。时钟频率的高低在很大程度上反映了CPU计算速度的快慢，常在电脑参数中里可以看到的3.3GHZ， 4.0GHZ等就是CPU的主频参数。
- **功耗：CPU的发热量**。功耗增加将导致芯片发热量的增大和可靠性的下降。
- **缓存：指可以进行高速数据交换的存储器**，它先于内存与CPU交换数据。用于减少处理器访问内存所需平均时间。
  - 缓存分为一级(L1)、二级(L2)、三级(L3)缓存，在读取速度上 $L1 > L2 > L3$ ，容量大小上 $L1 < L2 < L3$ 。缓存越大CPU运行越快，但成本越高。

CPU缓存工作原理



资料来源：教程之家@媛媛

CPU缓存结构



资料来源：博客园@wqbin

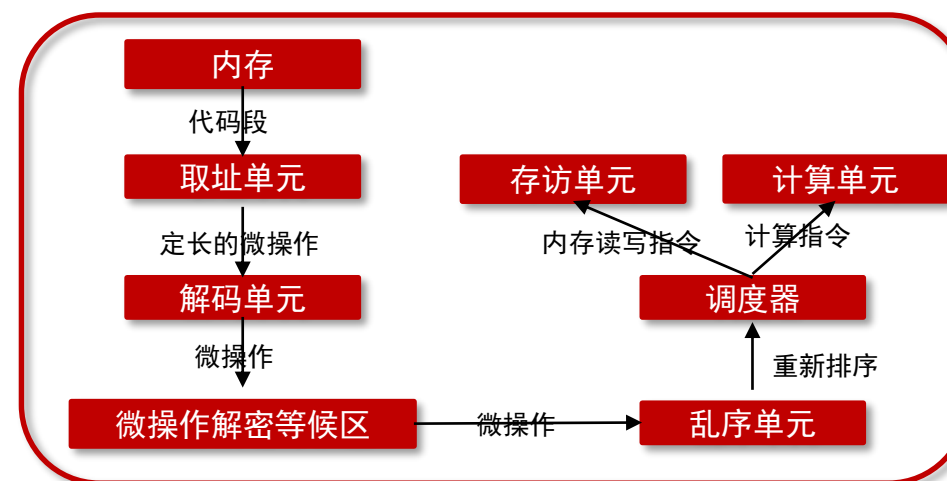
## 1.2 微架构的先进性：保持CPU性能领先的关键

- **微架构（Micro Architecture）：CPU的硬件电路设计构造方式。**
  - 微架构又称为微体系结构或者微处理器体系结构，是给定的指令集在处理其中的执行方法。某一给定指令集可以在不同微架构中执行，但在实施中可能因设计目的和技术效果有所不同。
- **微架构包括取址单元、译指单元、执行单元、计算单元、访存单元等部分。**
  - CPU使用取址单元从内存中取出代码段，依次在各微架构中进行处理，最终将内存读写指令发给存访单元，完成内存读写。
- 不同微架构决定了CPU各方面性能的不同，Intel、AMD两大巨头纷纷将微架构视作提高产品性能的关键。

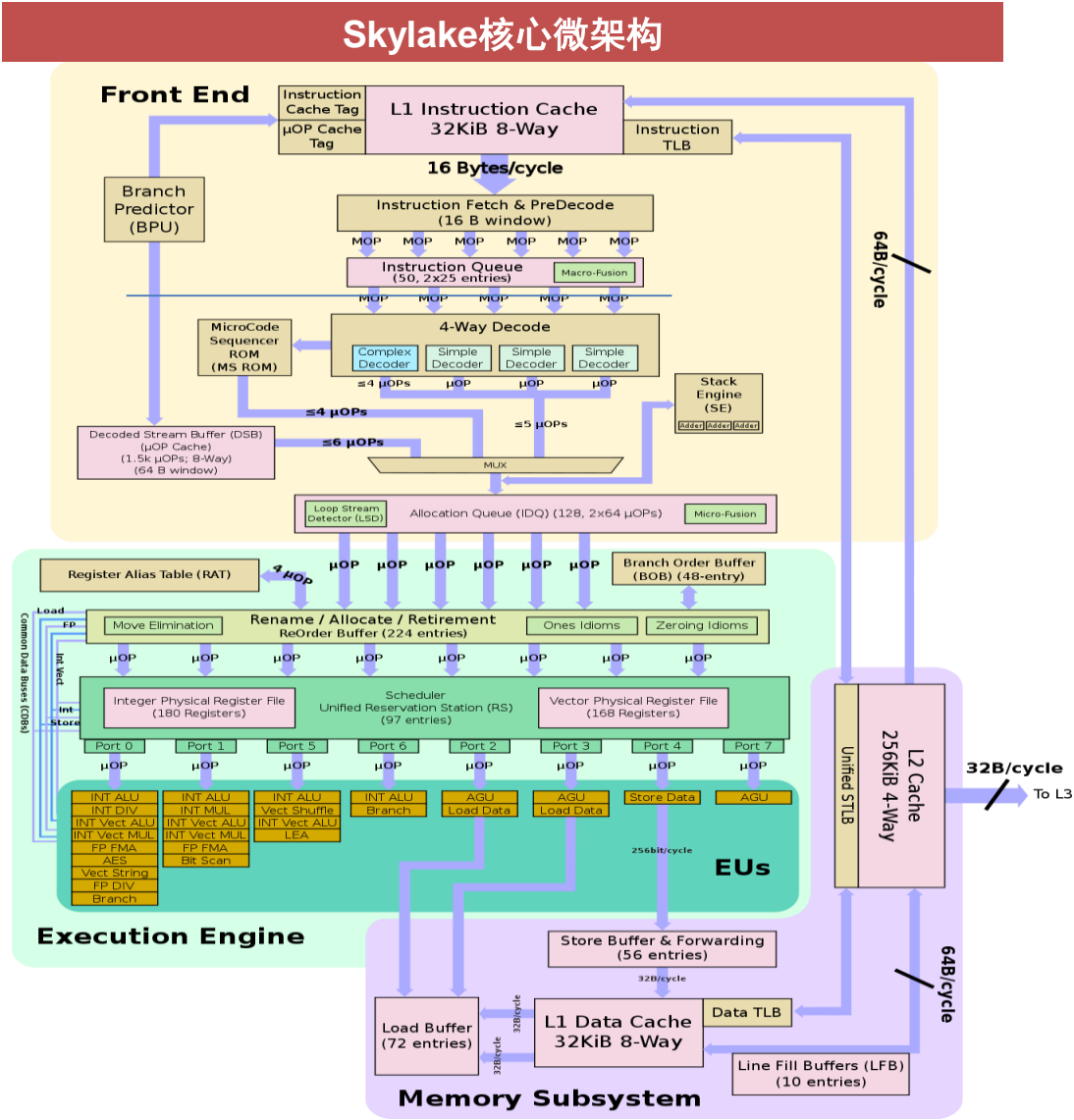
微架构中各单元简介

取指单元	取指令的硬件结构
译指单元	对指令进行翻译，提高CPU运行的效率
执行单元	执行指令，分为乱序执行、顺序执行，乱序执行会选择当前可执行的指令执行
计算单元	对其中的指令进行计算、处理
访存单元	实现指令读取、存储

微架构工作流程



# 1.2 微架构的先进性：以Intel skylake典型架构为例



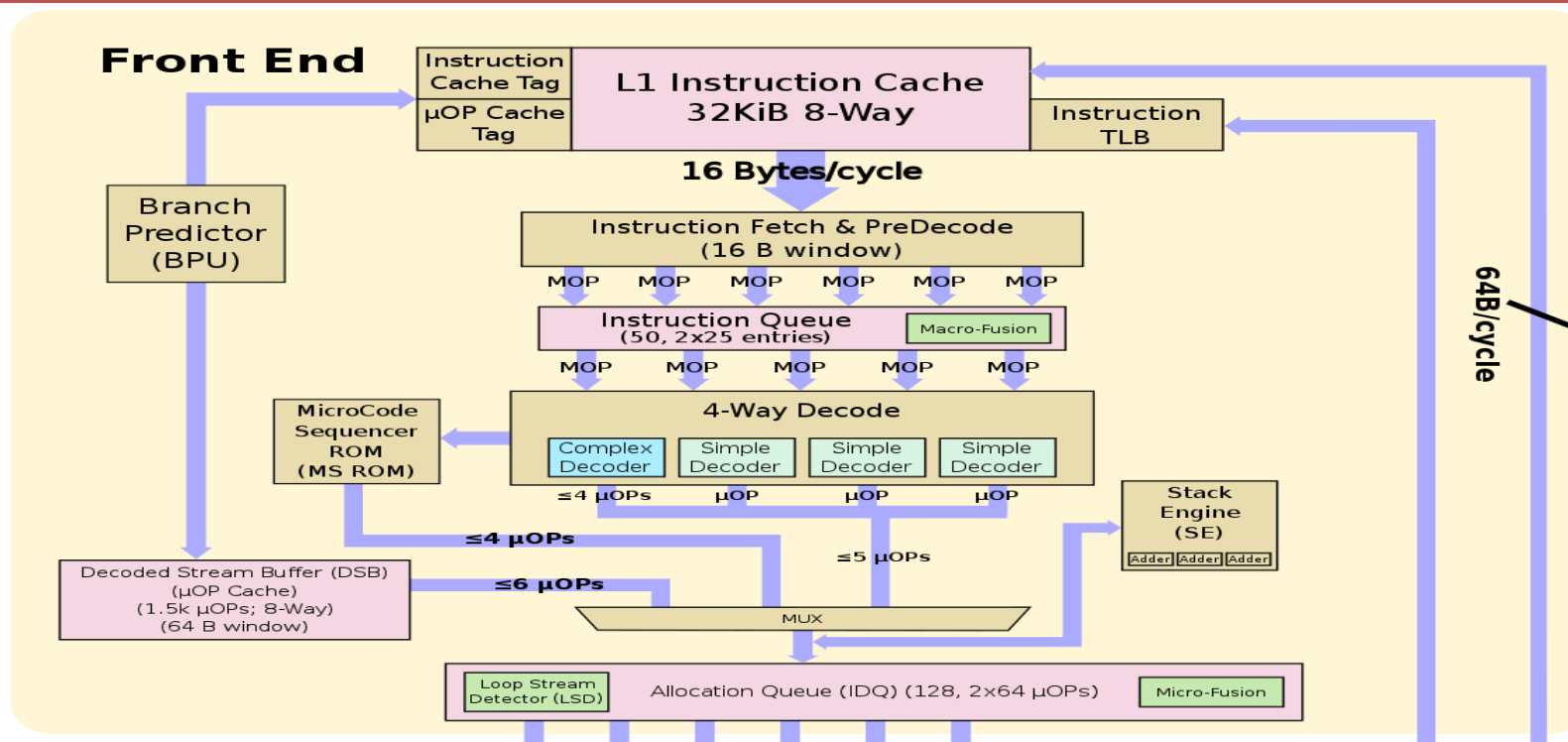
- 核心架构分为前端（黄色部分）、执行引擎（绿色部分）、载入/存储单元（紫色部分）三部分。其中执行引擎与载入/存储单元又并称为后端。
- 在微架构中要依次完成1) 取指、2) 解码（译码）、3) 执行、4) 写回，完成一次指令的执行。
  - 取指：从内存中获取指令，明确CPU要执行的程序。
  - 解码：将程序指令解码为计算机内部的微操作，需要将一个指令分解为多个操作。
  - 执行：执行解码后的指令，如加、减、乘、除、与、或、非；还会进行分支预测。
  - 写回：CPU将执行结果储存在执行储存器或内存中。

## 1.2 微架构的先进性：以Intel skylake典型架构为例

### ■ 前端：取指、译码

- Decode（译码）：把IQ中的指令译码成 $\mu$ op，skylake为四路译码，包括3个简单译码器和1个复杂译码器。
- Branch Predictor（分支预测）：预测指令分支的方向。
- Skylake译码流水线每周期译码出5条微指令，上代只有4条；增强了分支预测能力；增大前端容量，提高取指、译码效率。

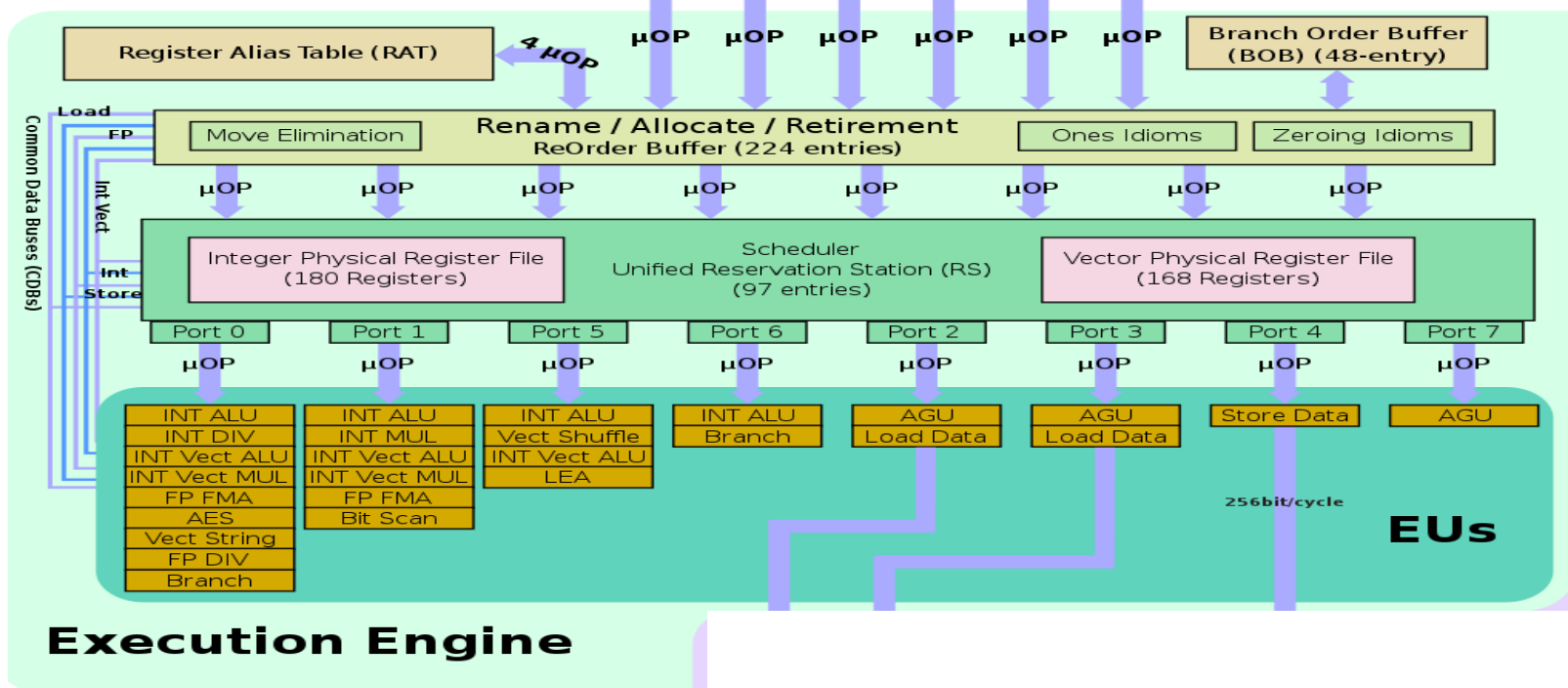
Skylake核心微架构前端部分



## 1.2 微架构的先进性：以Intel skylake典型架构为例

- 执行引擎：这一部分有大量的执行单元、调度器、寄存器等部件。包括浮点执行与整数执行两部分，分别执行不同的运算。
  - Scheduler：乱序执行时，进行 $\mu\text{op}$ 的调度分配。
  - ALU：算数逻辑单元，不同ALU执行不同运算，包括整数计算、浮点计算、矢量计算等。
  - Skylake与上一代相比，增加了更多的执行单元、缩短延迟、提高指令执行速度。

Skylake核心微架构（执行引擎）

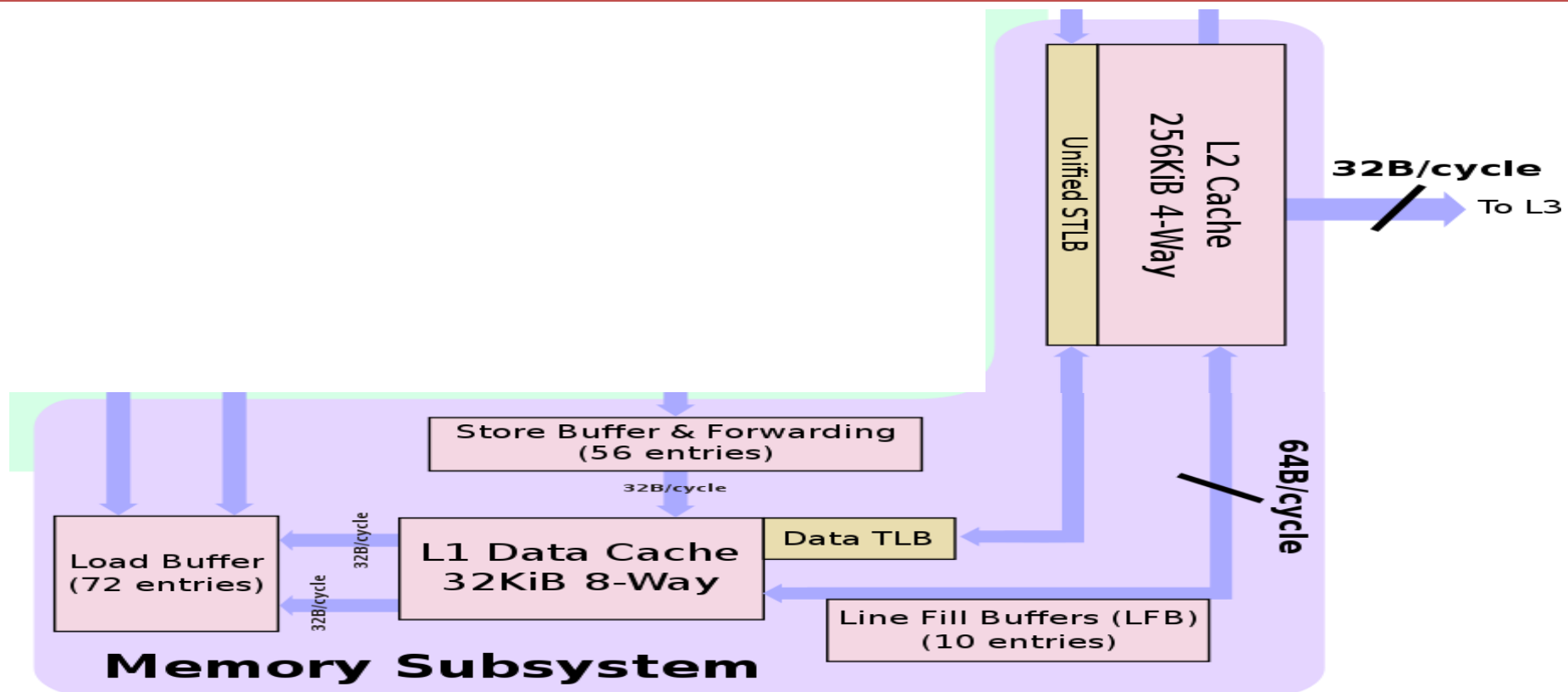




## 1.2 微架构的先进性：以Intel skylake典型架构为例

- **载入/存储单元：将结果存储在寄存器或者内存。**
  - L1、L2 cache：位于CPU与内存之间的临时存储器，容量小于内存，但速度更快，从缓存中调用数据可以极大提高CPU运行速度。
  - Skylake在这部分比上一代实现带宽提高，改进预取器，提高了存储速度，加深存储、写回缓冲。

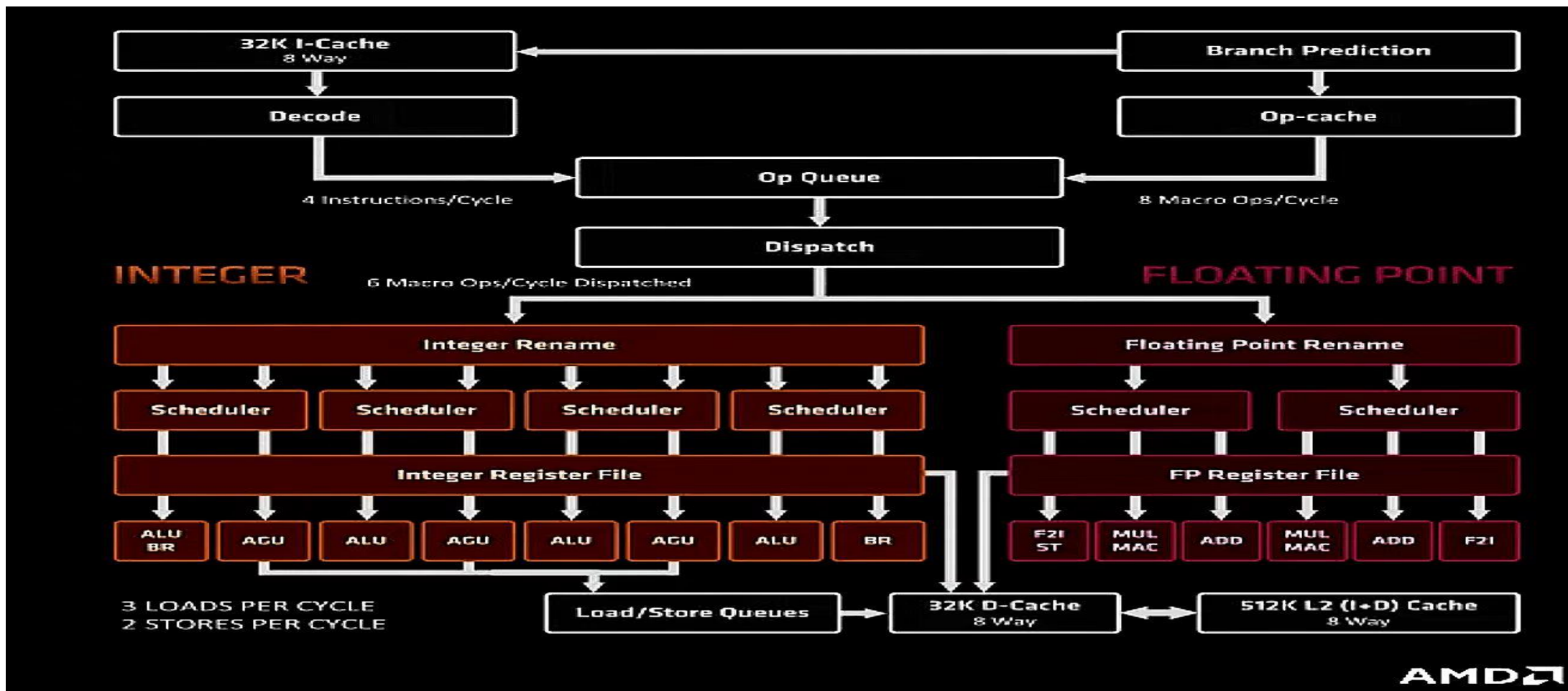
Skylake核心微架构（载入/存储单元）



## 1.2 架构的先进性：以Zen3先进架构为例

- 微架构的设计影响CPU可以达到的最高主频、最高IPC次数、CPU的能耗水平等。

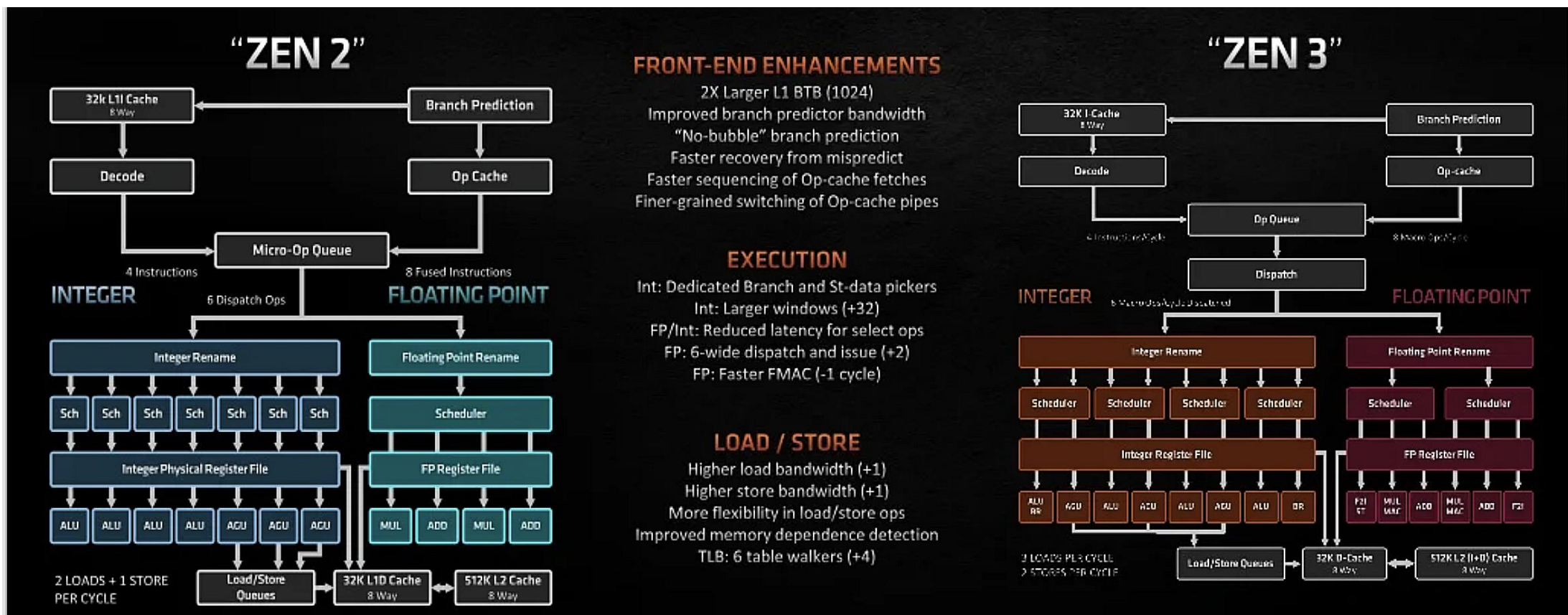
AMD最新一代微架构 Zen3微架构概览



## 1.2 架构的先进性：Zen3、Zen2微架构对比

- 2021年Hot Chips会上，AMD提到Zen3微架构层面的改进提升了单线程性能，扩大了缓存，IPC提升19%，同时降低了能耗。
  - Zen 3架构相比于Zen 2的升级：1) 更高的时钟周期指令数：Zen 3架构可以从每MHz频率中平均实现19%的额外性能。2) 更低的延迟：Zen 3通过在芯片上实现各资源相邻以充分减少通信时间。3) 架构设计的升级：更全面的执行资源、更高的加载/存储带宽等。

### Zen2、Zen3微架构对比

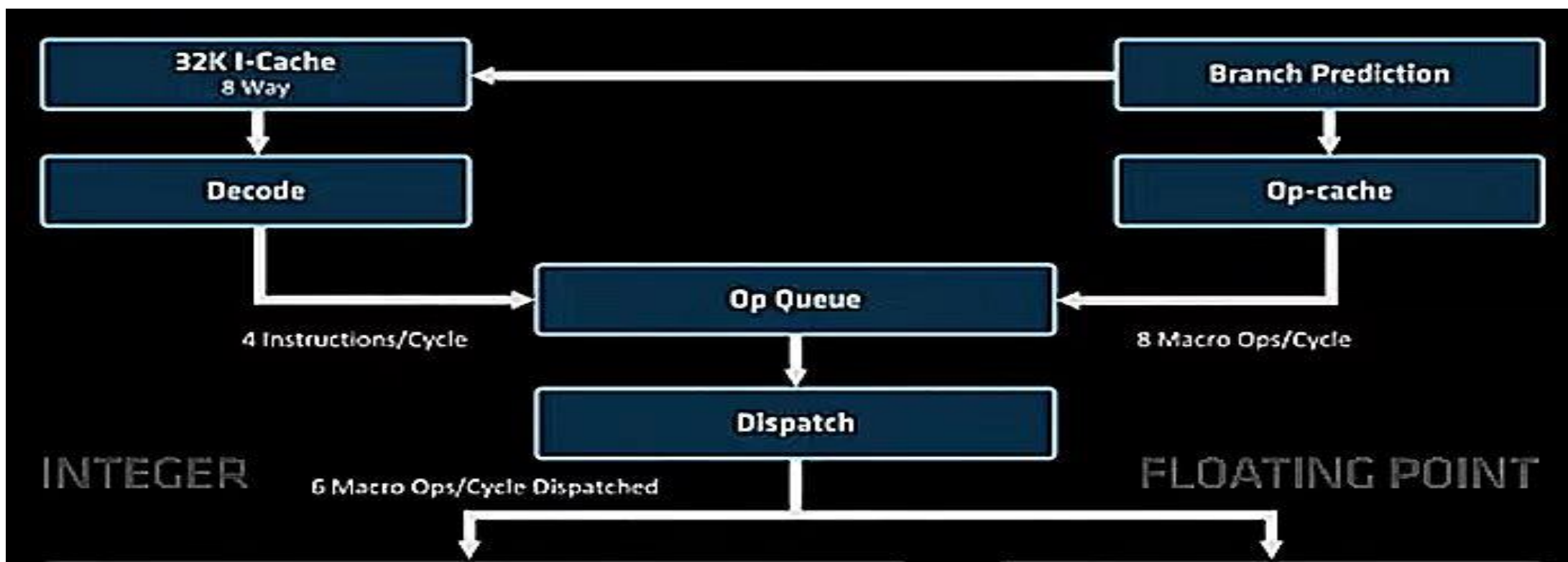


## 1.2 架构的先进性：以Zen3先进架构为例

### ■ 前端

- 前端分为预解码、解码、指令融合、分支预测、指令融合等部分，主要功能为从内存中获取指令和将指令解码为计算机的操作。
- Zen3升级了更快的分支预测，“Zen 3”架构可以从每MHz频率中平均提高19%的性能。在分支预测出现错误之后，AMD更优化的前端能够加快回到正确路径的速度，从而提高了分支预测的精度和CPU整体的性能。

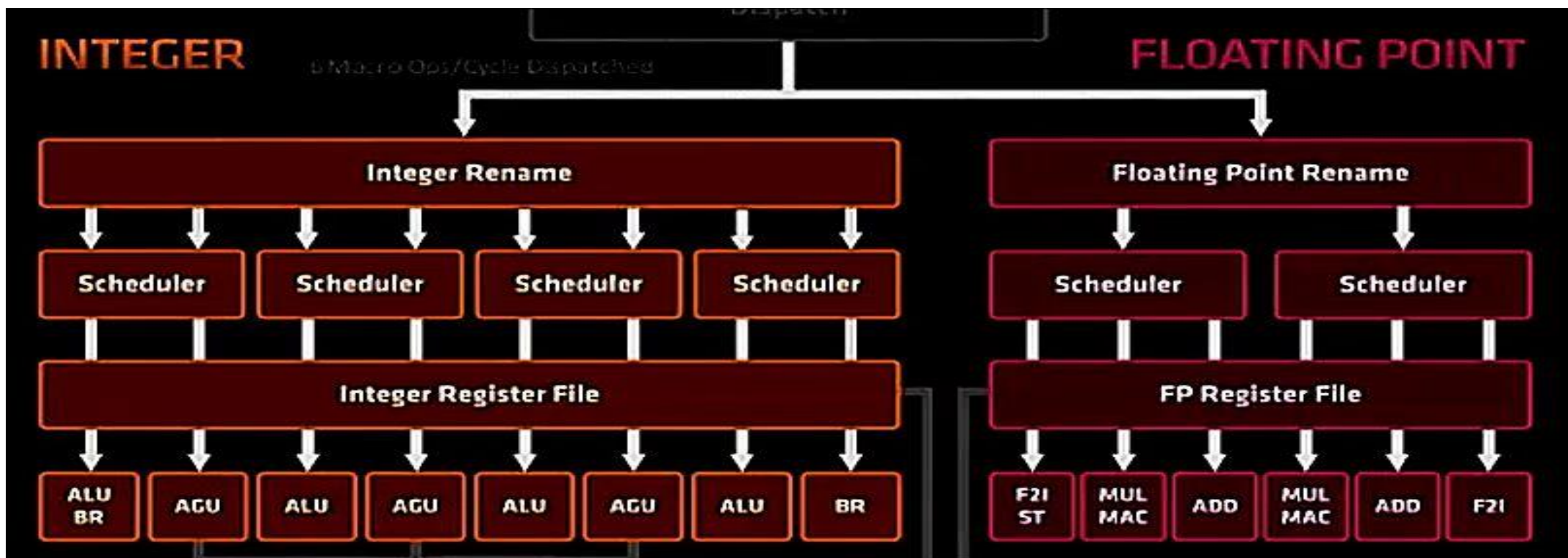
Zen3微架构前端部分



## 1.2 架构的先进性：以Zen3先进架构为例

- **执行引擎**：执行解码后的指令，分为整数执行、浮点执行、矩阵执行等部分，执行不同类型的运算。
  - 整数重排缓冲区与浮点重排缓冲区分开，分别进行分配和执行。
- Zen 3架构提高了浮点和整数执行单元的宽度和灵活性，来提高执行能力。

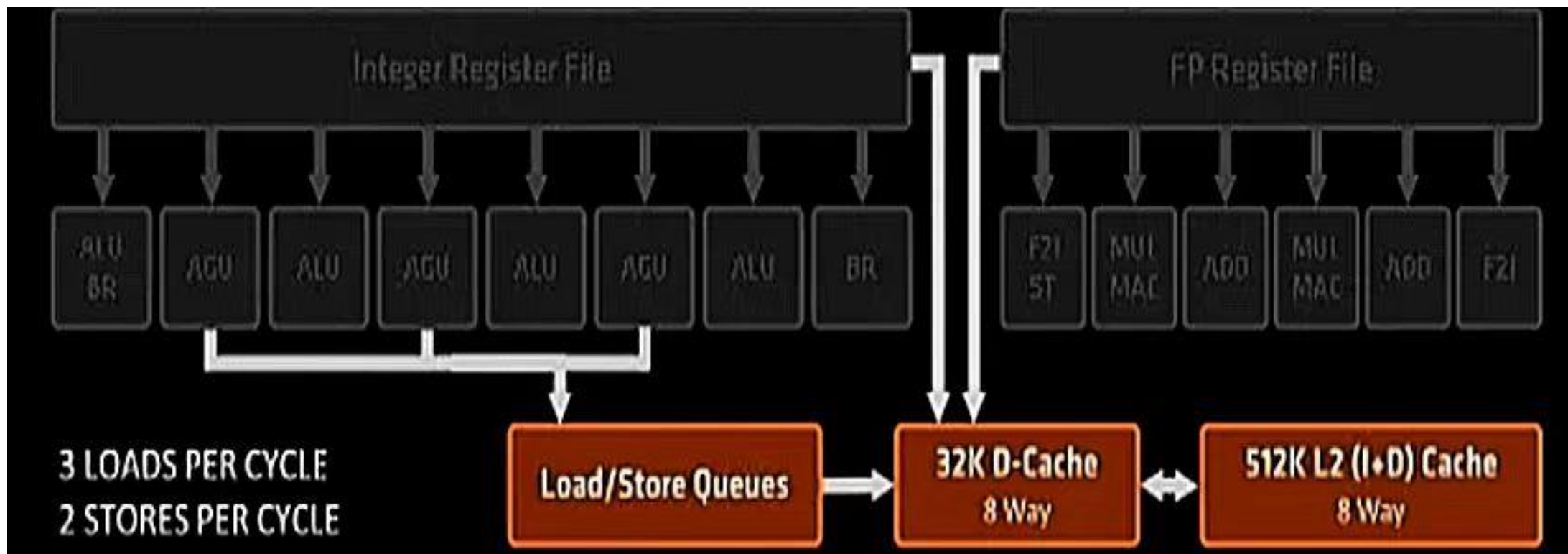
Zen3微架构执行引擎部分



## 1.2 架构的先进性：以Zen3先进架构为例

- **加载/存储单元：将结果存储在寄存器或者内存。**
  - 缓存cache：暂存 $\mu$ op，以便后续使用，加快指令执行效率。
  - 更高的载入带宽(2个增加到3个)、更高的存储带宽(1个增加到2个)、更灵活的载入/存储指令、更好的内存依赖检测。

Zen3微架构加载\存储部分



# 1.2 架构的先进性：Intel\AMD微架构对比

- 在公开的测评数据中，采用Zen 3架构的AMD锐龙芯片性能居于榜首。Rocket Lake与AMD的Zen 3性能相近，但Rocket Lake仍采用14纳米制程，功耗和散热较高。

Intel\AMD微架构对比

厂商	AMD			Intel			
微架构代号	Summit Ridge	Matisse	Vermeer	Skylake Xeon	Coffee Lake	Comet Lake	Rocket Lake
CPUID Reversion	800f11h	870f10h	A20f10h	506Ex	906Edh	0A0655h	A0671h
发布时间	2019Q1	2019Q2	2020Q3	2015Q3	2017	2020	2021
线程数/内核	2	2	2	2	2	2	2
多线程技术	SMT	SMT	SMT	SMT	SMT	SMT	SMT
最高 x86 解码率	4	4	4	4	5	5	6
最高 uOp 发射率	10	10	14	8	8	8	10
ROB 大小	192	224	256	224	224	224	352
uOp Cache	+	+	+	+	+	+	+
L1 I-Cache 容量	64KiB	32KiB	32KiB	32KiB	32KiB	32KiB	32KiB
L1 D-Cache 容量	32KiB	32KiB	32KiB	32KiB	32KiB	32KiB	48KiB
L2 Cache 容量	512KiB	512KiB	512KiB	256KiB	256KiB	256KiB	512KiB
L3 Cache 容量	8192KiB*2	16384KiB*2	32768KiB	max.8192	16384KiB	20480KiB	16384KiB
L1 I-Cache 共享线程数	2	2	2	2	2	2	2
L1 D-Cache 共享线程数	2	2	2	2	2	2	2
L2 Cache 共享线程数	2	2	2	2	2	2	2
L3 Cache 共享线程数	8*2	8*2	8*2	2	2	2	2
L1 D-Cache 时延(周期)	4	4	4	max.8	4	4	4
L2 Cache 时延(周期)	16	11	11	~14	12	11	12
L1 D-Cache 读取带宽(字节/周期)	2*32B	2*32B	2*32B	2*32B	2*32B	2*32B	2*32B
AVX 支持级别	AVX2	AVX2	AVX2	AVX2	AVX2	AVX2	AVX512F AVX512DQ AVX512CD AVX512FMA AVX512VNNI AVX512BW AVX512VL AVX512VBMI AVX512VBMI2 AVX512BITALG AVX512VPQCNTRQ
AVX512 扩展	-	-	-	-	-	-	-
FMA 指令	FMA3	FMA3	FMA3	FMA3	FMA3	FMA3	FMA3
其他 SIMD 指令	SHA	SHA	SHA	-	-	-	-
MOV r32	0.210.2	0.210.2	0.210.17	110.25	0.910.22	0.910.23	0.910.33
MOV r64	0.210.2	0.210.2	0.210.17	110.33	0.910.28	0.910.29	0.910.28
Shift	110.43	110.41	110.5	110.5	0.910.45	0.910.46	0.910.44
LEA r64(SIB)	210.55	210.5	110.25	311	0.910.45	0.910.46	0.910.44
IMUL r64	311	311	311	311	2.710.92	2.810.92	2.710.88
IDIV r64	45145	45145	19119	97195	87.5185	90.9188.33	15.8115.75
VMOVAPS ymm	110.5	0.210.25	0.210.02	110.33	0.910.3	0.910.3	0.910.28
VPMUL ymm	312	311	311.67	510.5	4.510.56	4.610.57	4.410.55
VADDPS ymm	311	310.5	310.5	410.5	3.610.45	3.710.46	3.510.44
VMULPS ymm	311	310.5	310.5	410.5	3.610.45	3.710.46	3.510.44
VFMAPS ymm	511	510.5	410.5	410.5	3.610.45	3.710.46	3.510.43
VDIVPS ymm	1016	9.914.5	10.512.33	1115	1013.5	10.214.58	9.714.42
VSORTPS ymm	14110	10.815.42	14.513.67	1215	1415.5	11.115.58	10.515.25
VADDDP ymm	311	3.610.45	310.5	410.5	310.5	3.710.46	3.510.44
VMULDP ymm	411	3.610.45	310.5	410.5	310.5	3.710.46	3.510.44
VFMADP ymm	511	3.610.45	410.5	410.5	510.5	3.710.46	3.510.44
VDIVDP ymm	1319	1217.17	13.514.2	1418	1315	12.917.42	12.317.00
VSORTDP ymm	20116	16.2110.83	20.518.5	18112	2019	16.7111.08	15.8110.5
VAESDEC/ENC	410.38	3.610.9	410.5	411	410.5	3.710.92	2.710.44
VPCLMUL	4.512	6.310.92	4.312	711	4.612	6.510.92	5.310.88

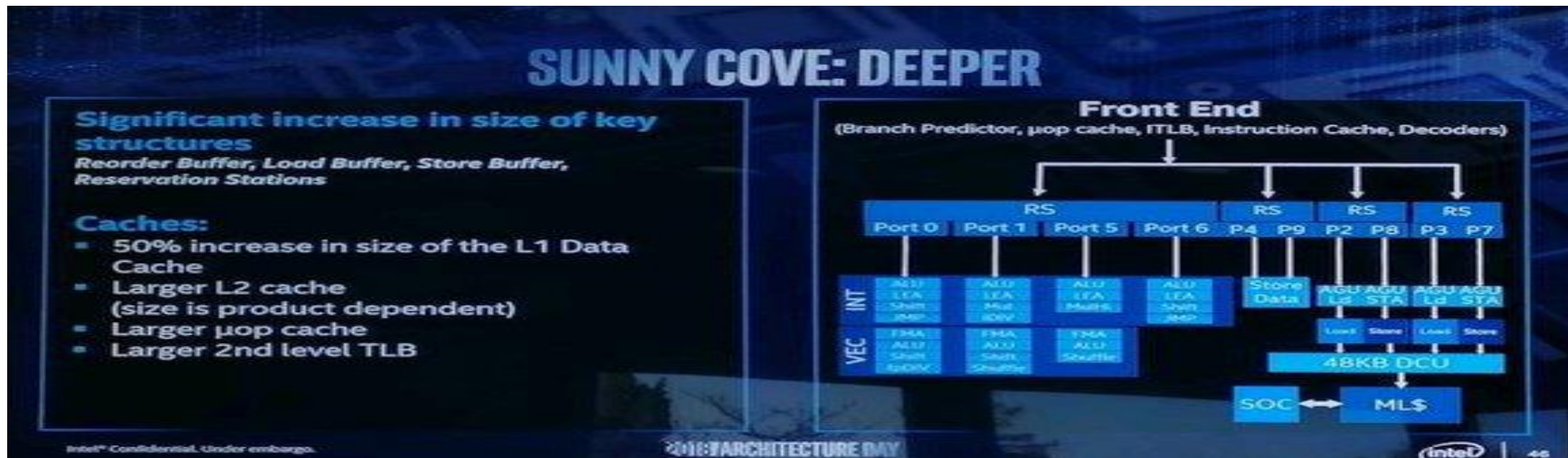
资料来源：知乎@Crazy Detail工作室

## 1.2 微架构未来方向：更深、更宽、更智能

### ■ 更深：在并行计算中执行更多的操作。

- 在并行计算中执行更多操作本质是加快计算的速度，提高单一计算的效率。采用分支预测、乱序执行来提高流水线上执行的效率来实现这一目的。
- 当执行任务时遇到条件分支的跳转或者指令逻辑的混乱会降低指令执行的效率，分支预测后根据预测结果选择下一个指令，乱序计算可以自行纠正指令执行的逻辑，提高效率。
- Sunny Cove在关键架构上的提升包括重新排序缓冲区，加载缓冲区等，在内存方面，L1扩大50%，更大的L2，更大的微指令（ $\mu\text{op}$ ）缓存等。

### Sunny Cove: 更深



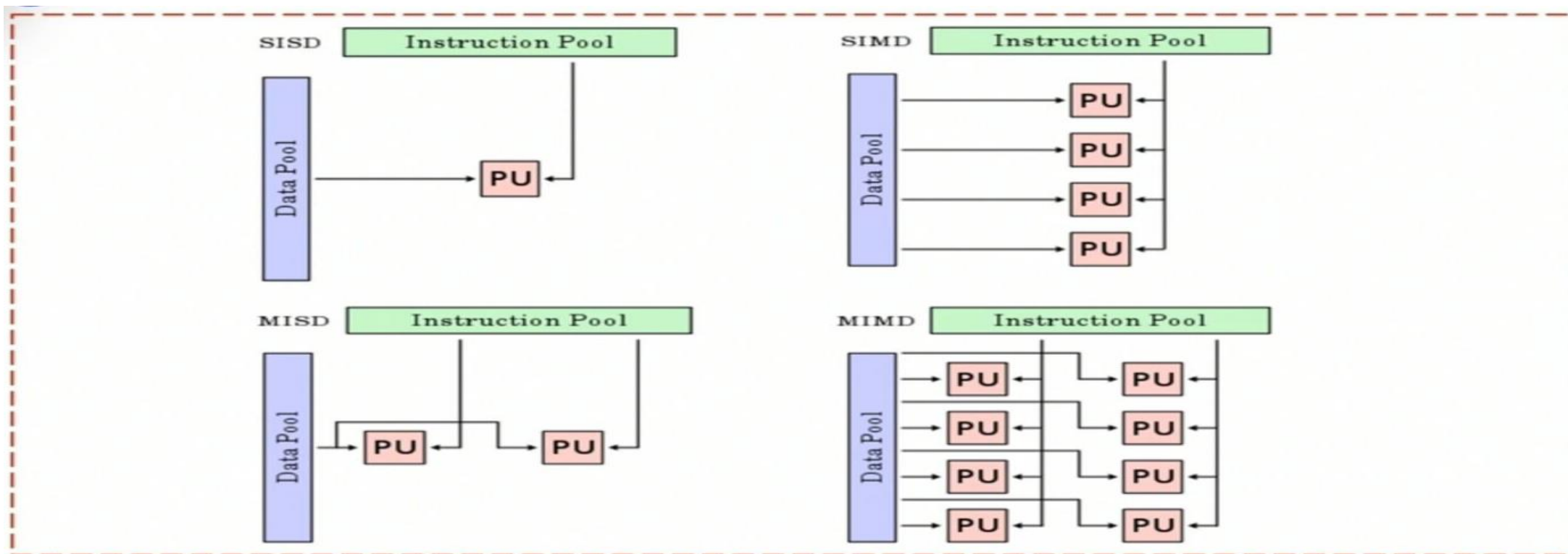


## 1.2 微架构未来方向：更深、更宽、更智能

### ■ 更宽：同时进行更多的并行计算。

- 并行计算是相对于串行计算的概念。并行计算能够在同一时间处理更多问题，从而提高计算速度，有利于解决更复杂、规模更大的问题。执行更多的并行计算的方法有超标量执行（运算时增加寄存器暂存结果）、使用多核CPU（多核同时工作处理更多信息）等。

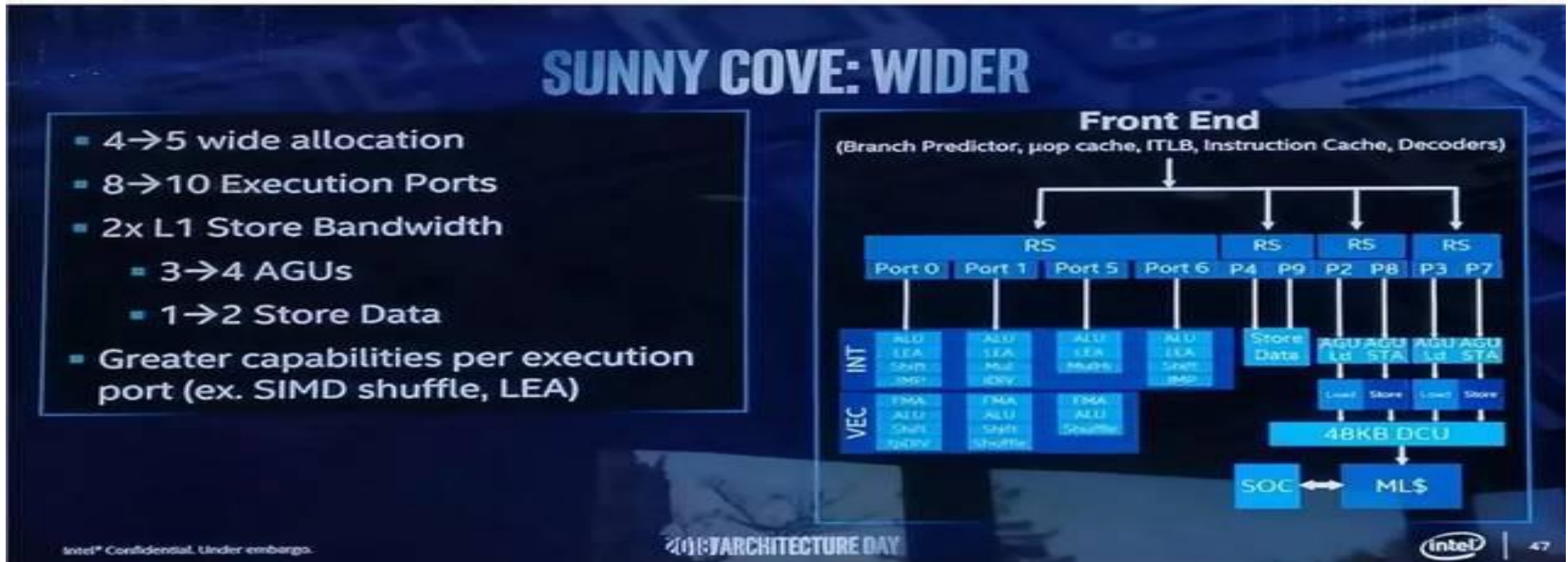
并行计算模型



## 1.2 微架构未来方向：更深、更宽、更智能

- Sunny Cove架构中，宽度分配由4组提升到5组，执行端口由8个增至10个，存储带宽增加。

### Sunny Cove: 更宽



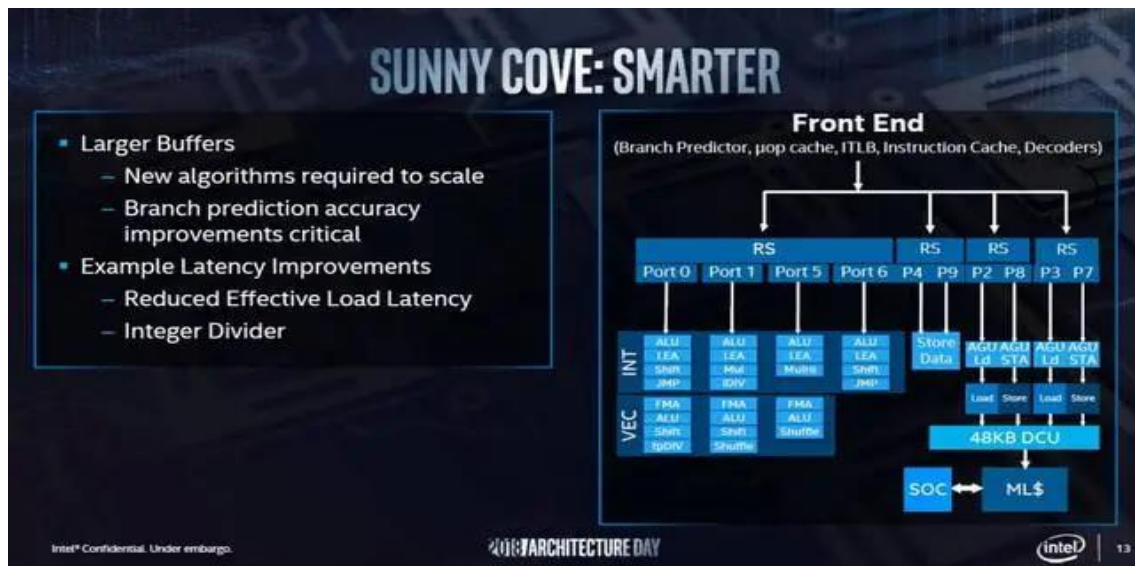
资料来源：搜狐@Deep Tech深科技

## 1.2 微架构未来方向：更深、更宽、更智能

### ■ 更智能：优化算法提高运行效率

- 优化微架构中运行单元的算法，如流水线和分支预测的具体实现方式等，提高处理同一指令的效率。运行单元的数量、延迟、吞吐量（将资料存到或是读取存储器速度）都会影响微架构的性能。
- Sunny Cove微架构与前一代相比，提高了分支预测精度，并有效降低负载延迟，增加整数分频器。

#### Sunny Cove: 更智能



资料来源：搜狐@Deep Tech深科技

#### 算法优化以分支预测为例

优化方式	效果
增加了分支目标缓冲区	提高分支预测的准确性
返回堆栈缓冲区支持重命名	减少代码中返回指令的错误预测
加快资源回收，改进分支预测错误的处理	前端就不会在分配资源时等待解码架构代码路径中的指令或执行错误预测的代码路径中的指令。使前端开始解码架构代码路径中的指令，新的微操作流就可以开始执行，提高效率。

资料来源：中信证券研究部整理

## 1.2 CPU性能测试

- 我们可以用CPU核心数量、缓存大小、工作主频、制程节点来粗略衡量CPU的性能，但这些指标无法很好地反映CPU架构设计带来的性能差别，所以往往需要通过各种测试来全面反映CPU性能。
- 下表为常见CPU测试，但学术界使用最多的还是SPEC测试，SPEC测试共有六版，分别为SPEC 2017、SPEC 2006、SPEC 2000、SPEC 1995、SPEC 1992、SPEC 1989，SPEC 2017为最新版。

常见CPU测试

测试	描述	分值备注
SPEC CPU	可分别测试整数、浮点、单核、多核性能，分为速度（speed）测试和吞吐量（rate）测试	越大越好
Geekbench	综合测试整数、浮点与内存性能	越大越好
Cinebench	测试CPU与GPU图形渲染能力	越大越好
UnixBench	测试类Unix系统中的CPU表现	越大越好
CPU-Z	综合评分，包含单线程和多线程测试	越大越好
Fritz Chess Bench	国际象棋测试，可测试整数性能，可指定线程数，所得结果为运算速度（千步/秒）和对比倍数（与Pentium3 1.0GHz运算速度之比）	越大越好
7-zip	文件压缩解压测试，可测试整数性能	越大越好
Super PI	圆周率计算测试，可测试浮点性能，测试结果为计算圆周率小数点后指定位数所需时间，通常为100万位，	越小越好
鲁大师	综合评分	越大越好
安兔兔	综合评分	越大越好
PC Mark	综合评分	越大越好
PassMark	综合评分	越大越好

## 1.2 CPU性能测试：SPEC CPU 2017测试

- **SPEC CPU 2017测试包含4大种类套件、共43个测试。分为浮点型和整型测试，其中又分为速度（speed单个事务处理时长）和速率（rate并发事务处理能力）两种测试方式，测试结果得分越高越好。**

### SPEC CPU 2017 整数测试项目

SPECrate@2017int	SPECspeed@2017int	编译语言	用例含义
500.perlbench_r	600.perlbench_s	C	Perl解释程序
502.gcc_r	602.gcc_s	C	GNU C 编译器
505.mcf_r	605.mcf_s	C	路线规划
520.omnetpp_r	620.omnetpp_s	C++	离散事件模拟 - 计算机网络
523.xalanbmk_r	623.xalanbmk_s	C++	通过 XSLT 进行 XML 到 HTML 转换
525.x264_r	625.x264_s	C	视频压缩
531.deepsjeng_r	631.deepsjeng_s	C++	人工智能：α-beta树搜索（国际象棋）
541.leela_r	641.leela_s	C++	人工智能：Monte Carlo树搜索（GO）
548.exchange2_r	648.exchange2_s	Fortran	人工智能：递归式解决方案发生器（数独）

## 1.2 CPU性能测试：SPEC CPU 2017测试

- SPEC CPU 2017是在SPEC CPU 2006的基础上针对CPU性能的发展进行的一些改动和升级。
  - SPEC 2006时期，基本上CPU都没有L3或者L3容量很小，随着技术的发展，CPU L3不断变大，整个测试甚至都无需再次访存工作集，针对这一点SPEC进行了改进。此外SPEC删减了一些有争议的项目，并与时俱进地调整、删减了部分过时的项目，增加新的项目。

SPEC CPU 2017浮点测试项目

SPECrate@2017	SPECspeed@2017浮点	编译语言	用例含义
503.bwaves_r	603.bwaves_s	Fortran	爆炸建模
507.cactuBSSN_r	607.cactuBSSN_r	C++, C, Fortran	物理：相对论
508.namd_r		C++	分子动力学
510.parest_r		C++	生物医学成像：有限元素的光学断层扫描
511.povray_r		C++, C	光线跟踪
519.lbm_r	619.lbm_s	C	流体力学
521.wrf_r	621.wrf_s	Fortran, C	天气预报
526.blender_r		C++, C	3D 渲染和动画
527.cam4_r	627.cam4_s	Fortran, C	大气建模
	628.pop2_s	Fortran, C	大规模海洋建模（气候水平）
538.imagick_r	638.imagick_s	C	图像操作
544.nab_r	644.nab_s	C	分子动力学
549.fotonik3d_r	649.fotonik3d_s	Fortran	计算电磁学
554.roms_r	654.roms_s	Fortran	区域海洋建模

## 1.2 应用场景：服务器/PC/嵌入式等领域对CPU性能侧重不同

- 高性能、低功耗、低成本构成了CPU的不可能三角。
- 不同应用场景的CPU对性能的侧重各有不同，选择CPU时，依据不可能三角进行取舍。
  - 服务器CPU需要高性能，多核多路高可靠、大内存、大IO带宽；PC需要性能功耗平衡、IO接口齐全；移动端要求低功耗、高效能；嵌入式要求超低功耗超低成本等。

### 不同CPU的特征

类型	主要性能指标	典型应用场景	技术特点
服务器	1、单颗处理器核心数一般在8核~64核，20核以上居多 2、支持多路互连，两路、四路、八路等 3、可靠性、稳定性要求高，常年无故障运行 4、高端内存，支持ECC等可靠性要求 5、功耗比较高，一般100W以上	1、行业关键应用（电信、金融、教育、互联网等） 2、政府国计民生关键应用（税务、电力、公安、社保等）	1、微结构复杂、先进，制造工艺先进，核心数多，单核及多核性能皆优异；2、指令集功能齐全 3、片上集成缓存容量大；4、内存通道数多 5、I/O带宽高；6、支持多处理器一致性互连 7、可靠性高，RAS功能丰富；8、TDP功耗较高
工作站	1、单颗处理器核心数一般在10核以下，4核、8核居多 2、单路或双路形式；3、可靠性、稳定性要求较高 4、内存容量要求较高 5、一般配有独立显卡 6、功耗一般在100W以下	1、图形工作站 2、计算工作站	1、微结构复杂、先进，制造工艺先进，单核及多核性能优异 2、指令集功能齐全 3、片上集成缓存容量大 4、I/O能力要求较强；5、可靠性较高
个人计算机	1、单颗处理器核心数一般在10核以下，4核、8核居多 2、主要是单路形式 3、可靠性、稳定性要求低 4、低成本内存，可靠性要求相对较低，内存容量要求低 5、功耗一般在100W以下	1、台式机 2、笔记本电脑	1、微结构复杂、先进，制造工艺先进 2、性能与功耗较平衡 3、指令集功能较齐全 4、I/O接口功能齐全 5、内存通道数为1-2个
移动终端	1、单颗处理器核心数一般在10核以下，4核、8核居多 2、主要是单路形式；3、可靠性、稳定性要求相对较低 4、内存成本低，可靠性要求低，内存容量要求低 5、功耗要求严格，关注低功耗设计	1、手机 2、平板电脑 3、智能电视 4、POS机	1、微结构较复杂，制造工艺先进 2、性能功耗比优异 3、指令功能较齐全
嵌入式设备	1、处理器一般采用SoC方案,CPU内部集成丰富的外围设备 2、功耗要求苛刻，功耗一般很低	1、智能汽车；2、网络设备 3、物联网设备；4、工业控制系统	应用领域非常广泛，针对不同应用领域有不同规格

# 1.3 CPU指令集：决定CPU运行的底层逻辑

## ■ CPU指令集：指挥机器工作的指示和命令。

- 系统发出的每一个命令，都需要CPU（硬件）根据预设好的指令来完成，预设的很多指令集中在一起就是“指令集”。
- 例如，英特尔X86指令集中的单指令多数据流指令集可以实现数据级并行，包括MMX、SSE、AVX。其中，MMX指令集指的是多媒体扩展指令集。SSE是单指令多数据流扩展指令集。AVX是高级矢量拓展指令集。

### 机器语言、汇编语言和代码

实例: 设a,b,c为变量，编程完成运算  $c=a+b$

机器语言代码

10100000 000000000000000000	A0 0000
00000010 00000110 0000000000000001	02 06 0001
10100010 000000000000000010	A2 0002

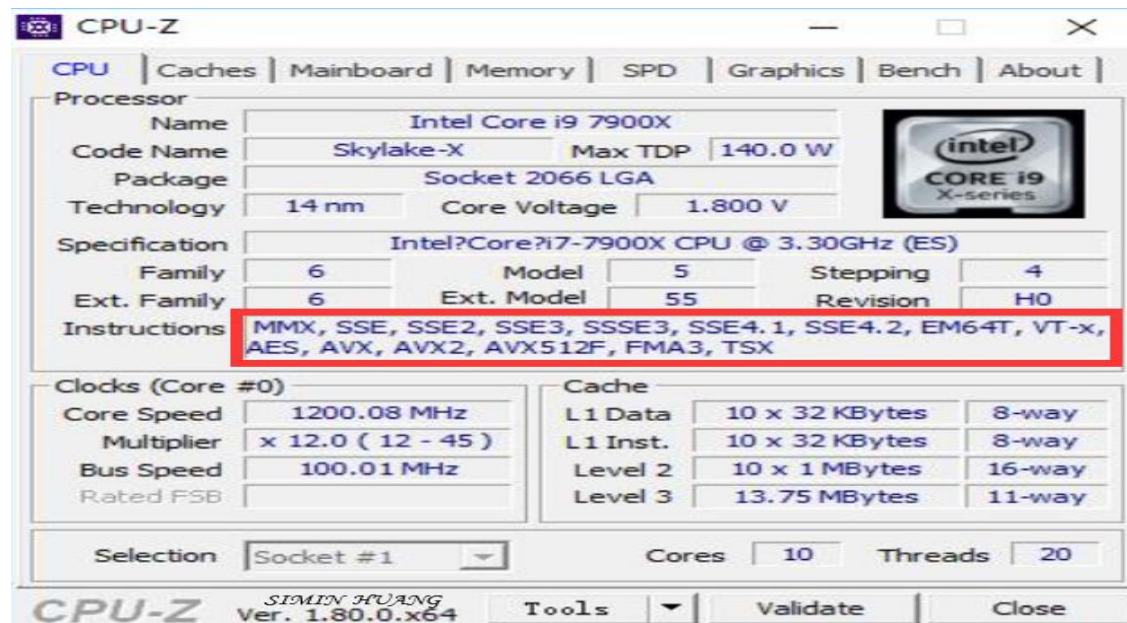
汇编语言代码

```
mov al,a
add al,b
mov c,al
```

c代码

```
c = a+b
```

### Intel Core i9指令集



**CPU-Z**

CPU | Caches | Mainboard | Memory | SPD | Graphics | Bench | About

Processor

Name	Intel Core i9 7900X		
Code Name	Skylake-X	Max TDP	140.0 W
Package	Socket 2066 LGA		
Technology	14 nm	Core Voltage	1.800 V

Specification

Intel® Core™ i7-7900X CPU @ 3.30GHz (ES)

Family	6	Model	5	Stepping	4
Ext. Family	6	Ext. Model	55	Revision	H0

Instructions: **MMX, SSE, SSE2, SSE3, SSSE3, SSE4.1, SSE4.2, EM64T, VT-x, AES, AVX, AVX2, AVX512F, FMA3, TSX**

Clocks (Core #0)

Core Speed	1200.08 MHz
Multiplier	x 12.0 ( 12 - 45 )
Bus Speed	100.01 MHz
Rated FSB	

Cache

L1 Data	10 x 32 KBytes	8-way
L1 Inst.	10 x 32 KBytes	8-way
Level 2	10 x 1 MBytes	16-way
Level 3	13.75 MBytes	11-way

Selection: Socket #1 | Cores: 10 | Threads: 20

CPU-Z Ver. 1.80.0.x64 | Tools | Validate | Close



## 1.3 CPU指令集：可分为CISC复杂和RISC简单指令集

- 目前，指令集可以分为复杂指令集（CISC）和简单指令集（RISC）。
  - Reduced Instruction Set Computing (RISC)：精简指令集，它由最简单的指令组成，以提高指令执行速度。如完成喝水的动作，大脑中储存的动作为拿起杯子，吞咽等。当执行时需要执行细分步骤。
  - Complex Instruction Set Computing (CISC)：复杂指令集，其包含丰富的复杂指令集来节约内存。将更多功能步骤集成在了CPU中，如将喝水的完整步骤储存在大脑中，执行时直接执行完整的喝水过程。

### CISC、RISC对比

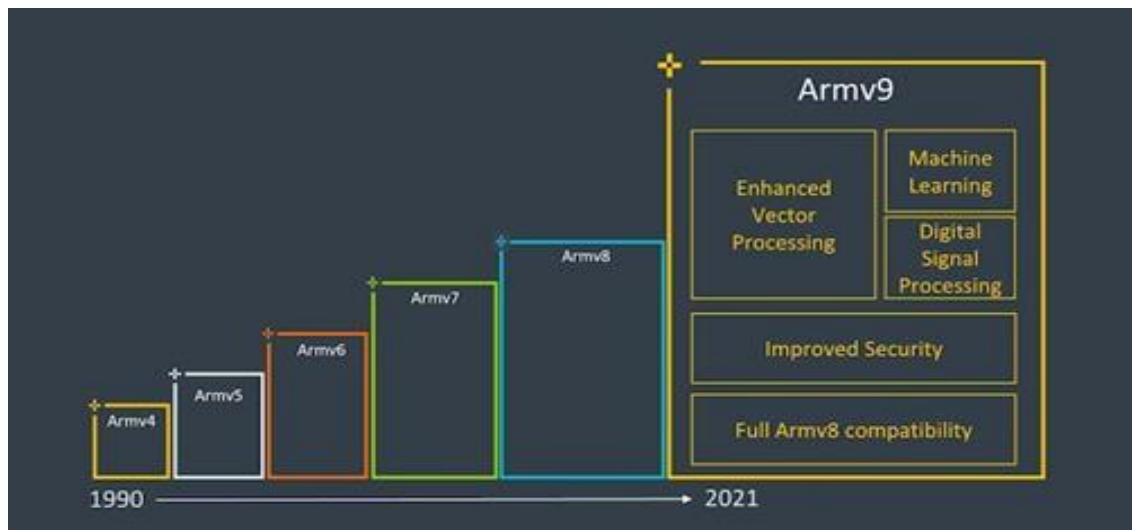
	CISC	RISC
指令系统	丰富，专用指令来完成特定的功能	简单，使用原子指令加速执行速度
存储器操作	指令多，操作直接	操作数量多，控制简单化
程序	需要较大内存，实现特殊功能时程序复杂，不易设计	编程相对简单，科学计算及复杂操作的程序设计相对容易，效率较高
CPU	包含丰富的电路单元，功能强、面积大、功耗大	包含较少的电路单元，面积小、功耗低
设计周期	微处理器结构复杂，设计周期长	微处理器结构简单，布局紧凑，设计周期短
应用范围	适合于嵌入式和移动端	适合于PC和服务端

资料来源：CSDN@云隐雾匿，中信证券研究部

# 1.3 CPU指令集：CISC和RISC逐步融合

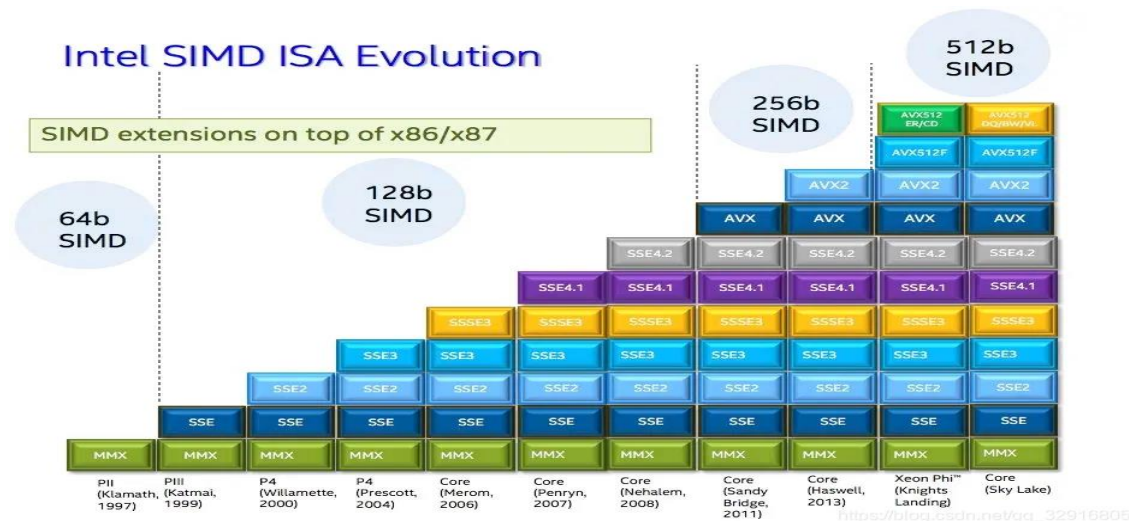
- CISC的出现更早，随着计算机指令发展得越来越复杂，为了简化指令集而诞生的RISC出现较晚。
- 如今指令集升级的方向是“更多”、“更全”。
  - 指令集的迭代更多侧重于对于原有的指令集进行增量性的扩充升级，而非将原有的指令集完全替换。目前的新CPU普遍支持更全面、更多的指令集子类。
- 复杂指令集与简单指令集的融合趋势自上世纪后期一直保持至今。
  - 比如，Intel在1989年推出的80486处理器就吸收了RISC所擅长的流水线技术，为了采用流水线，Intel在CPU中添加了解码器，将原始的X86指令解码成简短的微指令（ $\mu$ -ops），经过解码后，X86CPU的运行与RISC差异或正在缩小。

ARMv9指令集的覆盖范围



资料来源：ARM官网

1997-2015英特尔指令集升级

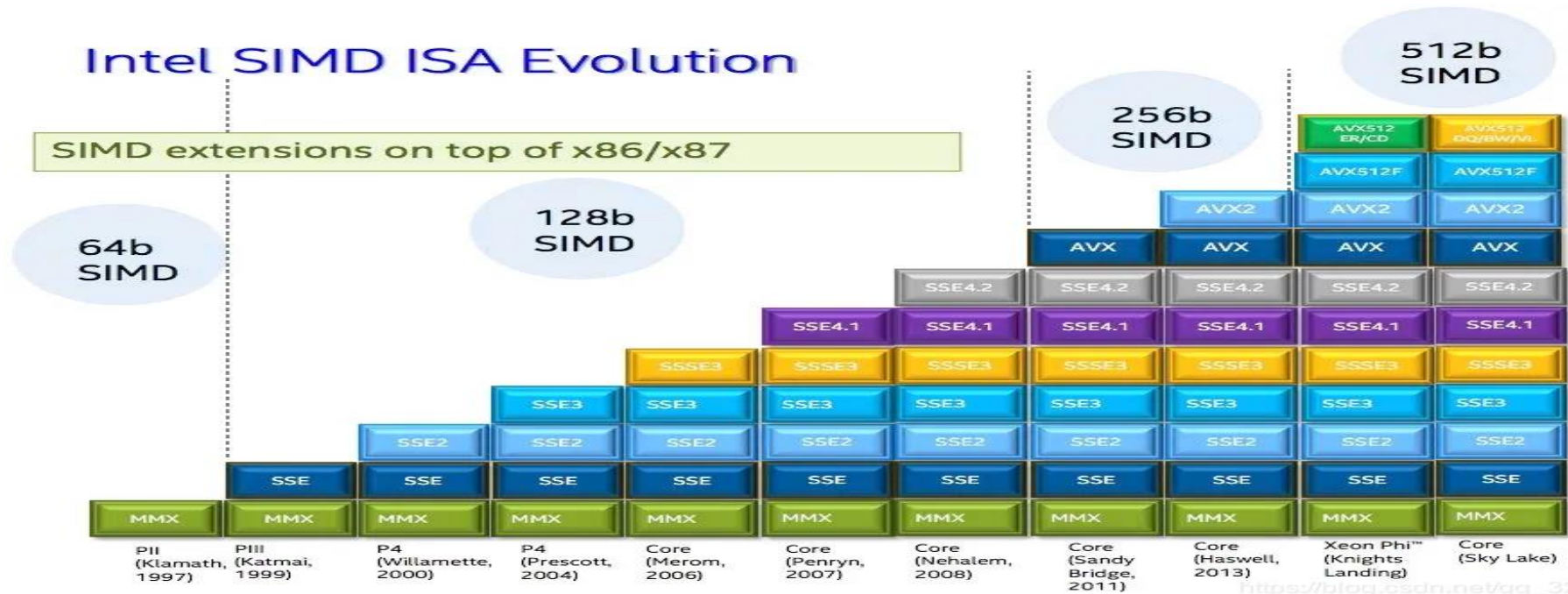


资料来源：半导体行业观察微信公众号

# 1.3 CPU指令集：以Intel指令集升级为例

- Intel沿用的指令集包括MMX > SSE > SSE2 > SSE3 > SSSE3 > SSE4.1 > SSE4.2 > AVX > AVX2 > AVX-512，指令集的升级采用增量升级的方式。
  - 例如：MMX是Intel推出较早的一项指令集，包括57条多媒体指令，作用是一次处理多个数据，在处理结果超过实际能力的时候也能正常处理；SSE对图像处理、浮点运算、3D运算、视频音频处理等多媒体运算起到全面增强的作用。
  - Intel指令集还包括扩展指令集，以适应不同使用场景需求，如EM64T为服务器和工作站平台提供扩充的内存寻址能力。

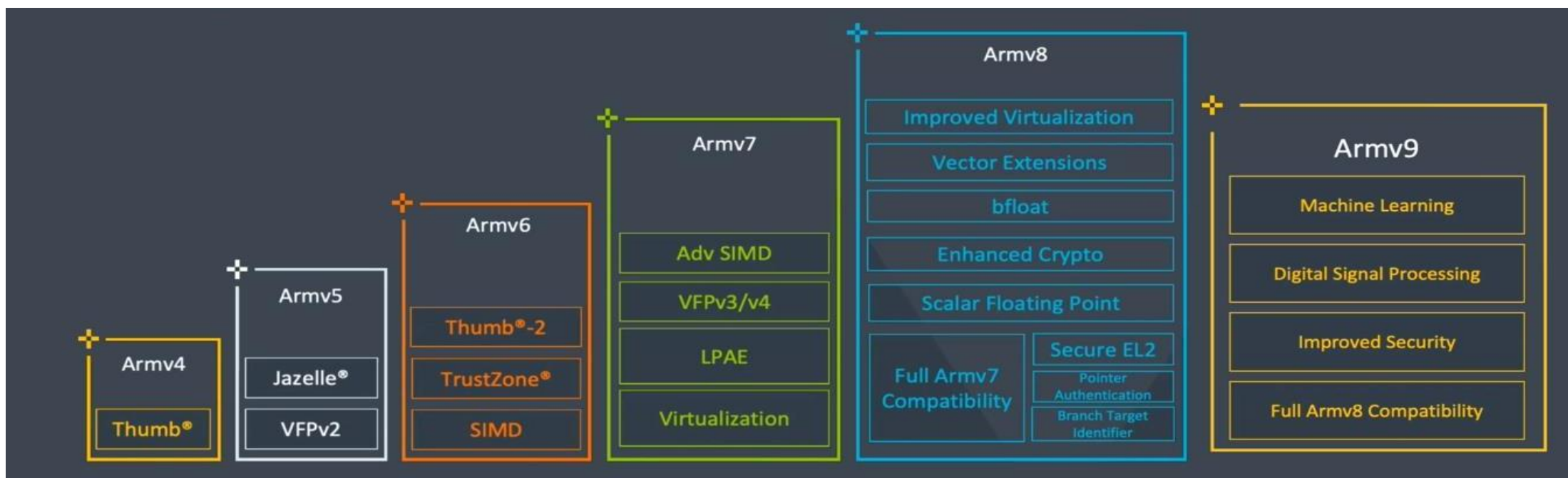
## 1997-2015英特尔指令集升级



## 1.3 CISC和RISC逐步融合：以ARM为例

- **ARM通过指令集的升级实现CPU性能跃升，在原有指令集中增添新的指令实现升级。**
  - ARMv4增加了16位Thumb指令集，作用是减少指令的存储空间。
  - ARMv5引入SIMD指令，将语音及图像的处理功能提升至原来的4倍。
  - ARMv6引入了混合16位/32位的Thumb-2指令集，与Thumb相比减少使用31%的内存，性能提高40%。
  - ARMv8引入A64指令集，使架构可以在AArch64（针对64位处理技术）下运行，同时原有指令集可在AArch32状态运行。
  - ARMv9可以完全兼容ARMv8，同时提高了安全性、机器学习能力、向量处理能力和数字信号处理能力。

ARMv9指令集的覆盖范围



## 1.3 CPU指令集：特性决定应用领域

### ■ 早期指令集的特性决定应用领域。

- 根据不同的指令集和架构特点，适用于不同的领域。其中RISC指令集具有低功耗的特点，衍生出ARM、MIPS和RISC-V等指令架构，广泛应用于嵌入式和移动领域；CISC以高性能著称，代表是X86指令架构，广泛应用于PC端和服务端。

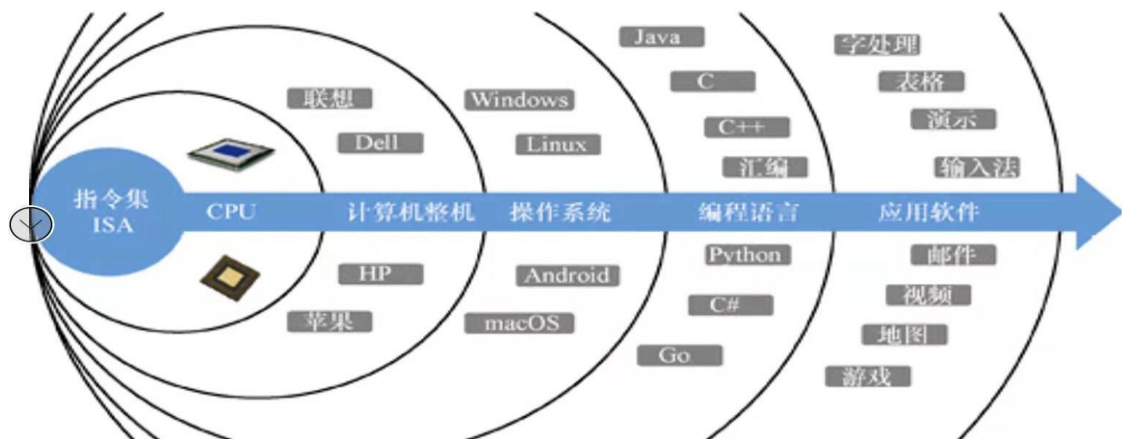
早期CISC和RISC阵营对比

	CISC		RISC	
架构	X86	ARM	MIPS	RISC-V
优势	高性能；主导PC/服务器端市场，市场占有率超过90%；产业化规模大，生态完整	定位准确，聚焦移动端市场，市场占有率超90%；低功耗、体积小；独有的IP授权商业模式	早期指令精简，生态开放，	模块化设计，可扩展性强，开源（符合国产自主可控之路）
劣势	功耗高于ARM	早期性能弱于x86	与Intel、AMD相比，性能和功耗并无明显优势；授权方式单一且费用高于ARM，生态碎片化导致其软件生态较差	起步较晚，虽然近些年发展较快但缺乏生态基础
架构介绍	在性能方面占据优势；随着Intel的主导占据98%左右的全球市场；由于“Wintel”联盟，X86拥有庞大的生态基础。	1985年时开发出ARM1 Sample版；1986年，首颗产能型ARM2开始量产；至今ARM已经开发出第九代架构ARMv9	1986年，MIPS推出64位处理器R2000，几乎与ARM首款正式商用处理器ARM2同时出现。1996年，MIPS推出R10000处理器，该处理器投放市场时被认为是世界上性能最快的CPU。2018年12月MIPS架构宣布完全开源，完全免费向全球提供。	1981年，在David Patterson的带领下，加州大学伯克利分校的一个研究团队起草了RISC-1，是今天RISC架构的基础。2015年RISC-V基金会成立，2018年中国开放指令生态（RISC-V）联盟成立。2021年12月31日，已经有24278名成员加入RISC-V基金会。

# 1.3 CPU指令集：生态的源头

- 指令集是生态的源头，生态要针对相应的指令集架构进行兼容优化，才能最大限度和稳定的发挥软件性能。
- CPU的生态包括相应操作系统，工具链以及应用软件，一定规模的生态将构筑起CPU行业的进入壁垒。
- Wintel、AA体系高筑生态壁垒，形成主导。
  - 两大主导生态体系：1) 基于X86指令系统和Windows操作系统的Wintel体系；2) 基于ARM 指令系统和 Android 操作系统的AA 体系。
  - Wintel凭借高性能X86架构与先发优势占领桌面 CPU 市场；AA依靠开源、可二次开发指令结构的优势立足于低功耗、性能需求较低的移动市场。

## 从指令集到生态体系



资料来源：CSDN@向芯

## 不同时代的生态体系构成



资料来源：中信证券研究部整理

# 1.3 生态决定进入壁垒的高低

- **X86高性能利于进入PC和服务器市场，高生态壁垒造就主导。**
  - 在PC端和服务器市场，X86系列以极高的性能与Windows绑定形成“Wintel”主导联盟，主流的厂商都是基于X86系列对软件进行兼容优化，从而在PC和服务器市场上建立起了庞大的生态体系。重构生态环境的高成本形成进入壁垒。
- **ARM低功耗利于进入移动端，生态闭环实现主导。**
  - 凭借独特的IP授权的商业模式，成功在移动终端、嵌入式设备的某些细分领域占据90%以上份额，形成完整生态闭环。桌面PC市场，ARM份额逐渐变大，苹果MacOS、新版windows均采用ARM。国内企业中，华为鲲鹏也采用ARM服务器。
- **MIPS指令集在工控机、网络设备中应用广泛，国内某L厂商为重要玩家。**
- **RISC-V指令集具有开源、精简、可扩展性强、可定制化特点，十分契合物联网、5G、AI等新兴领域的应用，国内外企业纷纷布局，或将成为中国芯片自主化的关键突破口。**

Wintel生态体系



资料来源：数码人科技官网

RISC-V生态体系

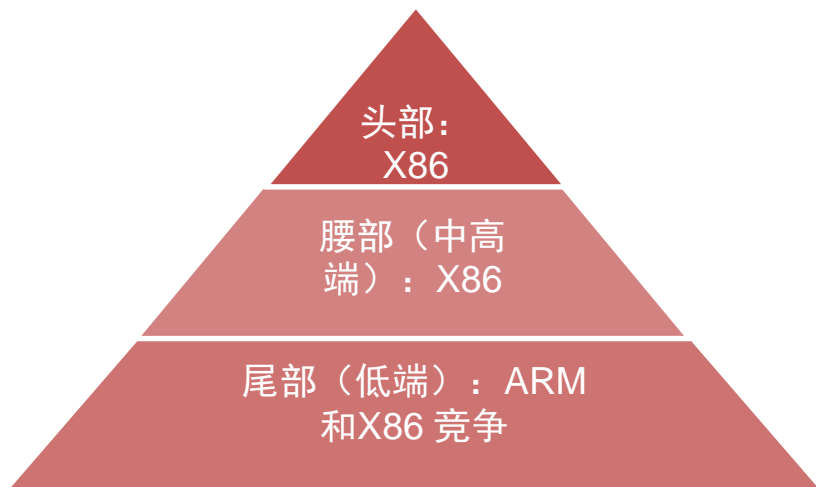


资料来源：数码人科技官网

# 1.3 CPU指令集：生态的源头

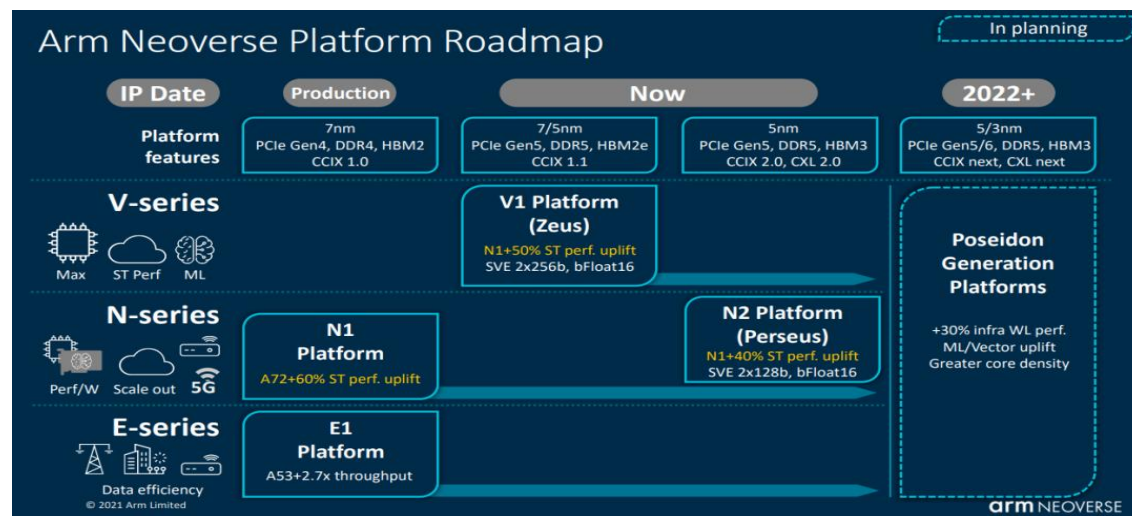
- 我们认为，从性能和成本出发，ARM在服务器和PC端市场替代X86存在可能性。
  - 性能：随着技术的不断迭代，现阶段CISC与RISC已逐步走向融合；同时ARM架构性能方面不输于X86，且功耗低、性能设计自由度高、自主化程度强。
  - 成本：在云端采用ARM平台服务器，可以做到端云同构，大幅节省原先云端x86+边缘端ARM开发调试成本，使各大企业有充足动力更换服务器端指令架构。
  - 如今ARM凭借性能、成本等优势，在低端市场实力较强，但Arm发布的Neoverse V1和N2在性能上有很大提升，有望进一步挑战x86架构。

## ARM与X86之争



资料来源：中信证券研究部绘制

## ARM Neoverse N1



资料来源：AnandTech



# 1.3 指令集发展趋势1：ARM在服务器端有望打破生态壁垒逐步替代X86

- 在服务器和PC端市场，巨头开始拥抱Arm生态。
  - 2020年，苹果新一代Mac book Air发布，使用了基于ARM架构的M1处理器，跑分结果超过Intel i9处理器。华为云、微软Azure、Google也一直计划部署ARM服务器。
- 我们认为：1) 短期内，X86架构的生态护城河极为宽阔。ARM架构突破需要一定的积累。2) 中长期来看，ARM系若大力投入打造完整的产业生态，打通在服务器端稳定性和生态壁垒，有望占据更多市场份额。



资料来源：新浪@通讯产业报网



资料来源：苹果M1发布会

## 1.3 指令集发展趋势2：RISC-V新型的开源架构

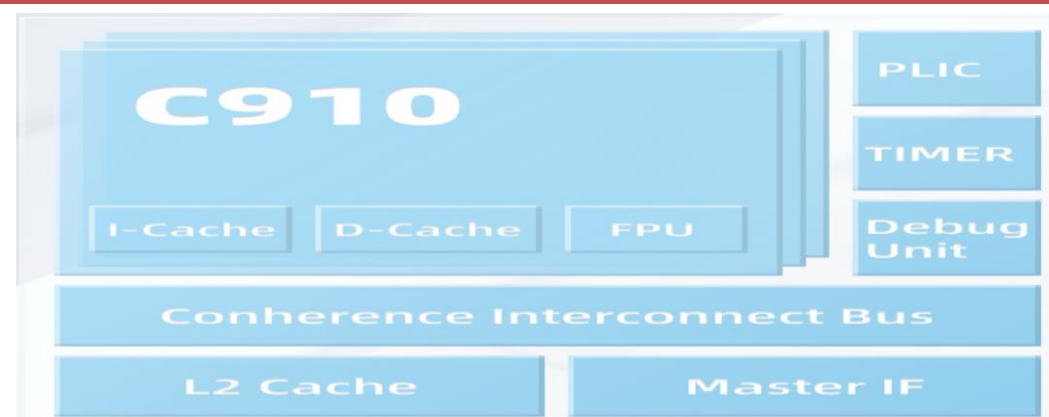
- **RISC-V被业内寄予厚望，可能挑战ARM的地位。**
  - 从特性来说，RISC-V是一种开源、开放的架构，应用更加灵活，指令简单，开发成本低于ARM。
  - 在IoT、AI、边缘计算等新兴领域，RISC-V有很强的竞争力，比ARM更有优势。
- **RISC-V发展在中国获得政策支持。**
  - 2018年7月，上海将 RISC-V 列入政府扶持对象，为国内首例。
  - 2018年11月8日，中国开放指令生态（RISC-V）联盟（简称 CRVA）成立，中国科学院院士倪光南为理事长，副理事长包括学术界与业界成员，旨在促进产学结合推动RISC发展。
- **中国企业纷纷入局RISC-V。**
  - 平头哥、芯来科技、兆易创新、华米科技等新创立企业纷纷瞄准RISC-V架构。2019年7月，平头哥发布玄铁910，性能超过当时最好的RISC-V处理器，可以应用于智能驾驶等领域。

各架构对比

微架构设计 指令集	1 开放免费的设计	2 需授权的设计	3 封闭的设计	产品可选的设计 (对应各指令集)	
开放免费的指令集 (RISC-V)	Berkeley的Rocket Chip/剑桥lowRISC/芯来科技蜂鸟E203	平头哥/SiFive/晶心科技Andes的RISC-V处理器核	Google和NVIDIA的自研RISC-V处理器		1 2 3
需授权的指令集 (ARM)		ARM的处理器设计, 如Cortex-A76等	基于ARM架构的Apple处理器		2 3
封闭的指令集 (x86)			Intel和AMD的处理器		3

资料来源：David Pattern报告《A New Golden Age for Computer Architecture》（转引自智能计算芯世界微信公众号）

平头哥玄铁910架构图



资料来源：平头哥公司官网

## 1.3 RISC-V：设计简单、模块化、可拓展性强

- RISC-V架构具有免费、开源的特征，其不仅允许使用者修改架构相关源代码，更直接给出基于此的商业授权。
- RISC-V具有以下三个基本特征：
  - 1) 设计简单。RISC-V架构指令集文档的篇幅相对X86和ARM架构大幅减少。
  - 2) 模块化。在模块化的实现方式下，RISC-V便于用户将各模块进行组合来满足不同需求。
  - 3) 可扩展性。RISC-V支持第三方的扩展，用户可以扩展自己的指令子集，实现定制化。

RISC-V和X86/ARM对比

架构名称	RISC-V	X86/ARM
指令数	基本指令集40余条，指令精简	繁多，且分支之间不兼容
架构篇幅	少于300页	数千页
可扩展性	有	无
硬件实现	较简单	复杂度高
模块化	支持	不支持
商业运作	开源、免费	X86封闭，ARM授权昂贵
生态环境	起步中	成熟
应用市场	物联网切入，可覆盖MCU、超算全领域	服务器与PC(X86)、移动端(ARM)
应用特点	普适性强、自主可控	服务器、PC、移动端已经形成进入壁垒，居主导地位
应用风险	生态构建规模小	技术不可控、缺乏应用弹性、成本高

资料来源：CSDNVincent (Hao Li)，CSDN@strongerHuan，中信证券研究部

# 1.3 RISC-V：借助AIoT和边缘计算的浪潮，国内外RISC-V生态建设加速推动

- 指令简单、可扩展性强的RISC-V架构，适应物联网、边缘计算时代灵活性和要求低成本的特点，受到了全球厂商们的关注和使用。
- 国内外RISC-V生态建设加速推动。
  - 加州大学伯克利分校在2015年成立非盈利组织RISC-V基金会，截止2021年12月已经有来自七十多个国家、超过两千名成员加入。
  - 国产RISC-V架构相关产品加快商业化进程，平头哥、华米、兆易创新等企业已发布了RISC-V架构可商用化产品。

## RISC-V基金会部分Premier Members

Premier Members



## RISC-V合作伙伴

### The RISC-V Development Partners

Thank you to our Development Partners!



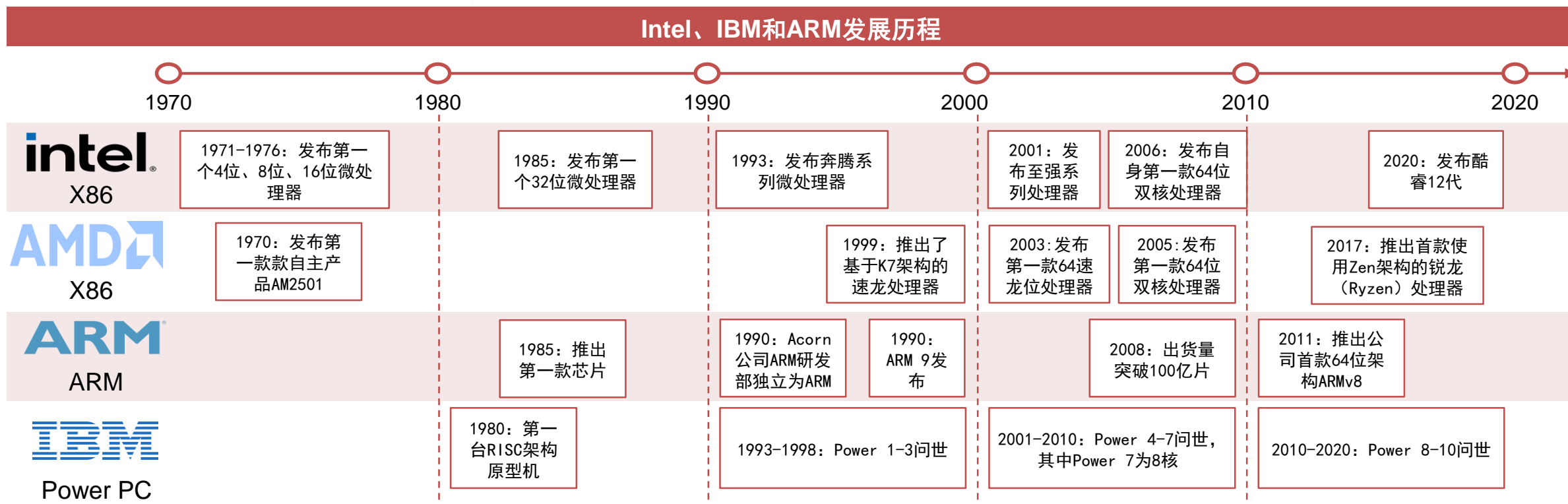
## 2.他山之石：Intel/AMD的竞争启示—架构创新升级和制造等环节产业开放是主旋律

---

- I. Intel、AMD的产品迭代一览
- II. Intel和AMD的竞争史：架构创新升级和制造等环节产业开放是CPU行业竞争的致胜法宝

## 2.1 总览：Intel、AMD等企业构筑CPU发展史

- 自1971年Intel发布第一个微处理器以来，CPU已经有50余年发展历史。
  - 1971年，Intel发布第一款微处理器Intel 4004，拉开了CPU发展历史的序幕。X86、Power PC、ARM三类架构构成了丰富的CPU市场生态。
- Intel、AMD构筑全面产品线，主导CPU行业。
  - Intel产品从低阶满足中小企业，到高阶服务于人工智能领域，覆盖领域丰富，并且在同价位选择空间大。AMD产品线相比之下较精简，但也覆盖不同的价格区间和应用场景。



## 2.1 制程趋势：世界主要晶圆厂商进入3纳米时代

- 世界主要晶圆厂商进入3纳米时代，台积电、三星预计2022年量产3纳米芯片。
  - 2022年6月30日，三星宣布其已开始大规模生产3纳米芯片。三星在3纳米节点率先使用GAA（Gate All Around）晶体管架构，使得芯片功耗降低45%，芯片性能提高23%，并减少16%的芯片面积。台积电也预计在2022年下半年进行3纳米芯片的量产。
- 国内主要厂商工艺稍有欠缺，中芯国际仅在2019年实现14纳米芯片量产。

世界主要晶圆厂商制程演变历程

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
台积电	28纳米			20纳米	16纳米		10纳米	7纳米	7纳米+	5纳米 6纳米		3纳米
三星	28纳米			22纳米	14纳米		10纳米	8纳米	7纳米 EUV 6纳米	5纳米		3纳米
英特尔	22纳米			14纳米		14纳米+	14纳米++		10纳米	10纳米+	7纳米 10纳米++	
格罗方德	28纳米				14纳米		12纳米					
联电				28纳米			14纳米					
中芯国际	40纳米				28纳米				14纳米			

## 2.1 Intel: 产品、工艺、架构齐头并进, 2016年后10nm工艺迭代暂时延缓

- Intel在2006年推出桌面CPU产品Core系列, IPC性能提升40%, 功耗下降40%, 开启酷睿时代。2021年, 酷睿系列已经迭代至第12代。
  - 截止2021年, Core i系列拥有i3、i5、i7、i9四个子系列, 涵盖中低端、主流、高端、旗舰等多个层次的市场。

Intel桌面CPU产品与工艺演进

<ul style="list-style-type: none"> <li>桌面CPU产品</li> <li>关键技术变化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>初代Core / Core 2</li> <li>取消超线程技术</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Core2</li> <li>制程改进版</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第1代Core i</li> <li>首次量产HKMG工艺</li> <li>增加三级缓存</li> <li>采用超线程</li> <li>初代睿频</li> <li>初代Ringbus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第1代Core i 工艺改进版</li> <li>第二代HKMG工艺</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第2代Core i</li> <li>首次集成核显</li> <li>第二代睿频</li> <li>256位环形总线</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第3代Core i</li> <li>首次采用三栅极晶体管(FinFET)工艺</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第4代Core i</li> <li>支持DDR3</li> <li>首次为SoC架构进行专门优化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第5代Core i</li> <li>首次采用14nm FinFET</li> </ul>
核心微架构	Core		Nehalem		Sandy Bridge		Haswell	
CPU代号(共用)	Core	Penryn	Nehalem	Westmere	Sandy Bridge	Ivy Bridge	Haswell	Broadwell
工艺制程	65nm	45nm		32nm		22nm		14nm
改进战略	Tick	Tick	Tick	Tick	Tick	Tick	Tick	Tick
年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2013	2014



## 2.1 Intel: 产品、工艺、架构齐头并进, 2016年后10nm工艺迭代暂时延缓

- Intel酷睿系列第十三代预计在2022年九月发布、十月上市。
  - 酷睿十三代支持16条PCIe 5.0总线、4条PCIe 4.0总线, DDR 5的内存支持频率从4800MHz 升级到 5600MHz, 单核、多核性能均有10%以上的提升。酷睿十三代对标的竞品应该是AMD的锐龙系列。
  - 酷睿十三代预计使用Intel 7 的工艺制程。

Intel桌面CPU产品与工艺演进

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 桌面CPU产品</li> <li>• 关键技术变化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 第6代Core i</li> <li>• 第三代DMI总线</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 第7代Core i</li> <li>• 提高主频与内存频率</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 第8/9代Core i</li> <li>• 提高主频与内存频率</li> <li>• 增加缓存与核心数</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 第10代Core i</li> <li>• 增加缓存与核心数</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 第10代Core i</li> <li>• 增加新指令</li> <li>• 核显大幅增强</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 第11代Core i</li> <li>• 缓存增加</li> <li>• 核显大幅增强</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 第12代Core i</li> <li>• 使用大小核混合架构</li> <li>• 支持DDR5</li> </ul>	
核心微架构	Skylake				Sunny Cove	Willow Cove	Golden Cove	Golden Cove
CPU代号	Skylake	Kaby Lake	Coffee Lake	Comet Lake	Ice Lake	Tiger Lake	Alder Lake	Raptor Lake
工艺制程	14nm	14+nm	14++nm	14+++nm	10nm	10+nm	Intel 7	Intel 7
改进战略	架构	优化	优化	优化	工艺	架构	架构	优化
年份	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022

## 2.1 Intel: 产品、工艺、架构齐头并进, 2016年后10nm工艺迭代暂时延缓

- 2009年推出服务器CPU产品Xeon系列。2006-2015年, 英特尔严格坚持Tick-Tock战略, 工艺制程由65纳米提升为14纳米; 同时架构迭代至Skylake。
  - Tick-Tock战略: tick年改进制程工艺, tock年升级微架构, 二者轮流交替, 两年为一个周期, CPU性能随之不断地提升。本质也是摩尔定律的体现。凭借该战略, Intel在制程等方面很长一段时间处于行业领先地位。

Intel服务器CPU产品与工艺演进

服务器CPU产品			第1代Xeon E7	第1代Xeon E5	第2代Xeon E	第3代Xeon E	第4代Xeon E	
工艺制程	65nm	45nm		32nm		22nm		14nm
改进战略	Tock	Tick	Tock	Tick	Tock	Tick	Tock	Tick
核心微架构	Core		Nehalem		Sandy Bridge		Haswell	
CPU代号	Core	Penryn	Nehalem	Westmere	Sandy Bridge	Ivy Bridge	Haswell	Broadwell
年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2013	2014

## 2.1 Intel: 产品、工艺、架构齐头并进, 2016年后10nm工艺迭代暂时延缓

- 2016年之后, 由于工艺原因, Intel宣布执行新的PAO战略, 目前的Intel 7是原先Intel的10nm工艺制程的改名和升级。
  - 制程架构优化(PAO)模式: 即Process工艺年-Architecture架构年-Optimization优化年, 在Tick-Tock模式所涵盖的制程与微架构技术以外, 加入优化(在制程及架构不变时进行修复、优化, 减少bug、提升处理器时钟频率)环节。
  - Intel 7(原先10nm Enhanced SuperFin工艺改名+升级)工艺在性能上相较于原先10纳米SuperFin工艺也有很大提升, 每瓦性能提高10%-15%。

Intel服务器CPU产品与工艺演进

<ul style="list-style-type: none"> <li>服务器CPU产品</li> <li>关键技术变化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第5代Xeon E3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第1代Xeon Platinum等</li> <li>Mesh总线</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第2代新Xeon</li> <li>最大核心数从28增加到56</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第3代新Xeon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>第3代新Xeon</li> <li>工艺换代</li> <li>PCIe 4.0</li> </ul>			
工艺制程		14+nm	14++nm	14++nm	10nm	Intel 7		
核心微架构		Skylake			Sunny Cove	Golden Cove		
CPU代号		Sky Lake	Cascade Lake	Copper Lake	Ice Lake	Sapphire Rapids		
年份	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022

## 2.1 AMD：与台积电合作，锐龙3代突破7nm制程

- **PC：** 1) 在产品与架构方面，AMD于2017年推出Ryzen 1000，基于新一代Zen架构，其性能比上代的FX系列提升超过40%，随后推出的二代、三代锐龙处理器性能上均有较大提升，三代锐龙性能部分指标已超过Intel。2) 在工艺方面，AMD与台积电展开合作，三代锐龙采用7nm工艺制程，领先Intel。
- **服务器：** 2017年，AMD推出EPYC系列服务器CPU替代原有Opteron；2019年，AMD推出7nm EPYC 7002系列处理器，与上一代相比，每个核心的服务器工作负载IPC性能提升高达23%，L3缓存最多增加4倍。

AMD产品与工艺演进

PC CPU产品	A4, A6, A8, A10, Athlon X4	A4, A6, A8, A10, Athlon X4	A4, A6, A8, A10, Athlon X4	A4, A6, A8, A10, Athlon X4	Ryzen 1000	Ryzen 2000	Ryzen 3000/4000	Ryzen 5000	Ryzen 5000/6000
架构	Bulldozer	Piledriver	Steamroller	Excavator	Zen(开始共用)	Zen+	Zen2	Zen3	Zen3+
年份	2011	2012	2014	2015	2017	2018	2019	2020	2021
工艺制程	32nm	32nm	28nm	28nm	14nm	12nm	7nm	7nm	7nm/6nm
服务器CPU产品	Opteron				EPYC 7001		EPYC 7002	EPYC 7003	EPYC 7003X

## 2.1 Intel与AMD PC端CPU性能指标一览

- 在PC端，2022年Intel与AMD分别预计推出i9-12900K与Ryzen 7000，AMD将率先在PC端应用5nm制程，而Intel更改工艺命名，应用Intel7（对应原10nm工艺）。

Intel与AMD PC端典型产品性能指标一览

Intel										AMD								
年份	旗舰产品	架构	工艺	核心数	线程数	最高主频	TDP	内存支持	PCIe支持	旗舰产品	架构	工艺	核心数	线程数	最高主频	TDP	内存支持	PCIe支持
2011	i7-2860QM	Sandy Bridge	32nm	4	8	3.6	45	2*DDR3 1600	2.0*16		Bulldozer	32nm						
2012	i7-3770K	Ivy Bridge	22nm	4	8	3.9	77	2*DDR4 1600	2.0*16	A10 6800K	Piledriver	32nm	4	4	4.4	100		
2013	i7-4770K	Haswell	22nm	4	8	3.5	84	2*DDR4 1600	3.0*16									
2014		Broadwell								A10 8850K	Steamroller	28nm	4	4	4.1	95		
2015	i7-6700K	Skylake	14nm	4	8	4.2	91	2*DDR4 2133	3.0*16	A10 9700	Excavator	28nm	4	4	3.8	65	2*DDR4 2400	
2017	i7-7700K	Kabylake	14+nm	4	8	4.5	91	2*DDR4 2666	3.0*16	R7 1800X	Zen	14nm	8	16	4.0	95	2*DDR4 2666	3.0*20
2018	i7-8086K	Coffee Lake	14+nm	6	12	5.0	95	2*DDR4 2666	3.0*16	R7 2700X	Zen+	12nm	8	16	4.3	105	2*DDR4 2933	3.0*20
2019	i9-9900K	Coffee Lake	14+nm	8	16	5.0	95	2*DDR4 2666	3.0*16	R9 3950X	Zen2	7nm	16	32	4.7	105	2*DDR4 3200	4.0*20
2020	i9-10900K	Comet Lake	14+nm	10	20	5.3	125	2*DDR4 2933	3.0*20	R9 5950X	Zen3	7nm	16	32	4.9	105	2*DDR4 3200	4.0*20
2021	i9-11900KF	Rocket Lake	10+nm	8	16	5.3	125	2*DDR4 3200	4.0*20	R7 5800X3D	Zen3+	7nm	8	16	4.5	105		
2022	i9-12900K	Alder Lake	Intel 7	16	24	5.2	125	2*DDR5 4800/DDR4 3200	5.0*20	Ryzen 7000	Zen4	5nm						

## 2.1 Intel与AMD服务器CPU性能指标一览

- 在服务器端，Intel预计2022年架构将升级至Sapphire Rapids，AMD已开始应用5nm制程，性能不断升级。

Intel与AMD服务器端典型产品性能指标一览

Intel										AMD								
年份	旗舰产品	架构	工艺	核心数	线程数	最高主频	TDP(W)	内存支持	PCIe支持	旗舰产品	架构	工艺	核心数	线程数	最高主频	TDP(W)	内存支持	PCIe支持
2009										Opteron	Bulldozer	32nm						
2010										Opteron	Piledriver	32nm						
2011	E7-8870	Westmere	32nm	10	20	2.8	130	4*DDR3 1066										
2012										Opteron	Steamroller	28nm						
2013										Opteron	Excavator	28nm						
2014	E7-8890 v2	Ivy Bridge	22nm	15	30	3.4	155	4*DDR3 1600	3.0*32									
2015	E7-8890 v3	Haswell	22nm	18	36	3.3	165	4*DDR4 1866	3.0*32	EPYC 7601	Zen	14nm	32	64	3.2	180	8*DDR4 2666	3.0*128
2016	E7-8890 v4	Broadwell	14nm	24	48	3.4	165	4*DDR4 1866	3.0*32		Zen+	12nm						
2017	Platinum 8180M	Skylake	14+nm	28	56	3.8	205	6*DDR4 2666	3.0*48	EPYC 7H12	Zen2	7nm	64	128	3.3	280	8*DDR4 3200	4.0*128
2018										EPYC 7763	Zen3	7nm	64	128	3.5	280	8*DDR4 3200	4.0*128
2019	Platinum 8280M	Cascade Lake	14+nm	28	56	4	205	6*DDR4 2933	3.0*48	EPYC 7773X	Zen3+	7nm/6nm	64	128	3.5	280	8*DDR4 3200	4.0*128
2020	Platinum 8380H	Copper Lake	14+nm	28	56	4.3	250	6*DDR4 3200	3.0*48									
2021	Platinum 8380	IceLake	10nm	40	80	3.4	270	8*DDR4 3200	4.0*64									
2022		Sapphire Rapids	Intel 7							EPYC 9664	Zen4	5nm						

## 2.2 Intel、AMD创立之初基因战略各有侧重

- **Intel、AMD分别创立于1968、1969年，创始人均来自仙童半导体公司。**
  - Intel 与 AMD 公司的创始人都来自于被称为“硅谷的摇篮”的仙童半导体公司。
  - 1968年罗伯特·诺伊斯、戈登·摩尔和安迪·格鲁夫三位仙童的创始人带领一部分员工在硅谷成立Intel；1969年仙童的销售总监杰瑞·桑德斯也另立门户成立AMD。
- **创始初期Intel技术导向领导市场，AMD客户导向技术跟随。**
  - Intel创始人均为技术出身，因此公司整体风格以技术为导向，担任产品创新和领导市场的角色。AMD创始人原为销售总监，因此早期采取客户导向、技术跟随的战略。

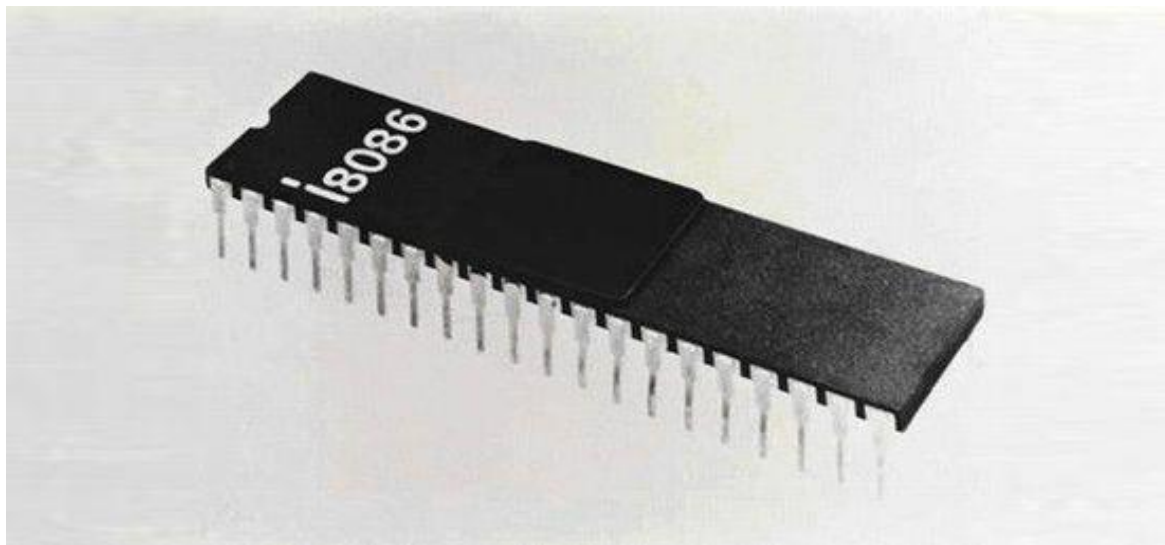
Intel和AMD创立时的情况对比

公司名称	成立年份	创始人及背景	成立资金（万美元）	初期发展定位	两者联系
Intel	1968	公司由罗伯特·诺伊斯、戈登·摩尔和安迪·格鲁夫创建于美国硅谷	500	以技术为导向，担任产品创新和领导市场的角色	四位创始人都曾经在仙童半导体公司工作，其中桑德斯为仙童半导体销售总监，另外三位是科学家。
AMD	1969	杰瑞·桑德斯，销售出身	5	以客户为导向，技术跟随的战略风格	

## 2.2 1971-1982年：Intel风靡市场，AMD默默积累

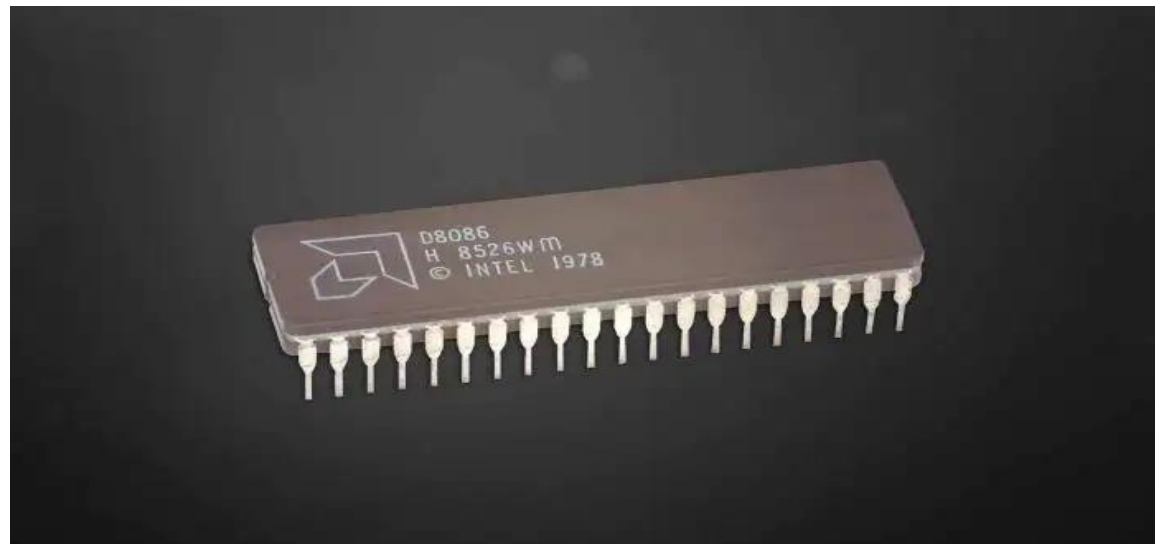
- 1971年，Intel推出了世界上第一款微处理器—4004。在往后的8年里，Intel不断依靠自身的技术优势，先后推出了8008、8080、8086和8088微处理器。
  - 世界上第一台个人电脑Altair采用了8080处理器，IBM 新型主打产品IBM PC也采用了8088。
- AMD成立后的8年里开发了AM2501和AM9102 RAM芯片等产品；与Intel公司签署专利相互授权协议；和西门子合作创建了AMC公司。
  - AMD在这段时间还不具有与Intel竞争的软硬件实力，选择利用这几年补齐自身技术和资金短板，默默成长为一家初具规模的企业。

Intel8086微处理器



资料来源：中关村在线

AMD8086处理器



资料来源：快科技



## 2.2 1971-1982年：Intel风靡市场，AMD默默积累

- 20世纪80年代初，IBM 正式进军微型计算机领域，为了快速推出产品，操作系统与微处理器采取外包策略。
  - Intel为IBM的第一家供应商，因Intel产能不足和IBM担心其主导，令AMD成为其微处理器的第二大供应商，并且获得X86系列CPU的生产授权。
- 1982年AMD确定性价比战略，以Intel 80286为蓝本制作的AM 286芯片比80286主频更高，价格上却更便宜，标志着Intel和AMD在CPU市场上的竞争全面开始。

### AMD、Intel竞争史



1971-1982年：Intel风靡市场，AMD默默积累

1982-1996年：Intel新一代奔腾架构成为市场主流处理器，AMD自主研发之路坎坷

2006-2017年：Intel酷睿处理器性能全面占优，坐稳市场龙头地位




1996-2006年：AMD新一代速龙处理器击败Intel奔腾，市场份额最高占据5成

2017年-：AMD凭借Zen架构锐龙再度崛起

## 2.2 1982-1996年：Intel新一代奔腾架构成为市场主流处理器，AMD自主研发之路坎坷

- 1982-1996年，Intel新一代奔腾架构性能领先，成为市场主流处理器；AMD开始自主研发之路。
  - 1985年开始，Intel终止了与AMD签订的技术合作协议，停止向 AMD 公司授权 386 技术，AMD将Intel告上法庭，虽然 AMD于1995年胜诉，但也失去了 PC 发展的黄金阶段。
- 1993年，Intel研制出的新一代奔腾（Pentium）处理器，架构和性能全面领先并占领巨大的市场份额，AMD开启自主研发之路。

奔腾处理器



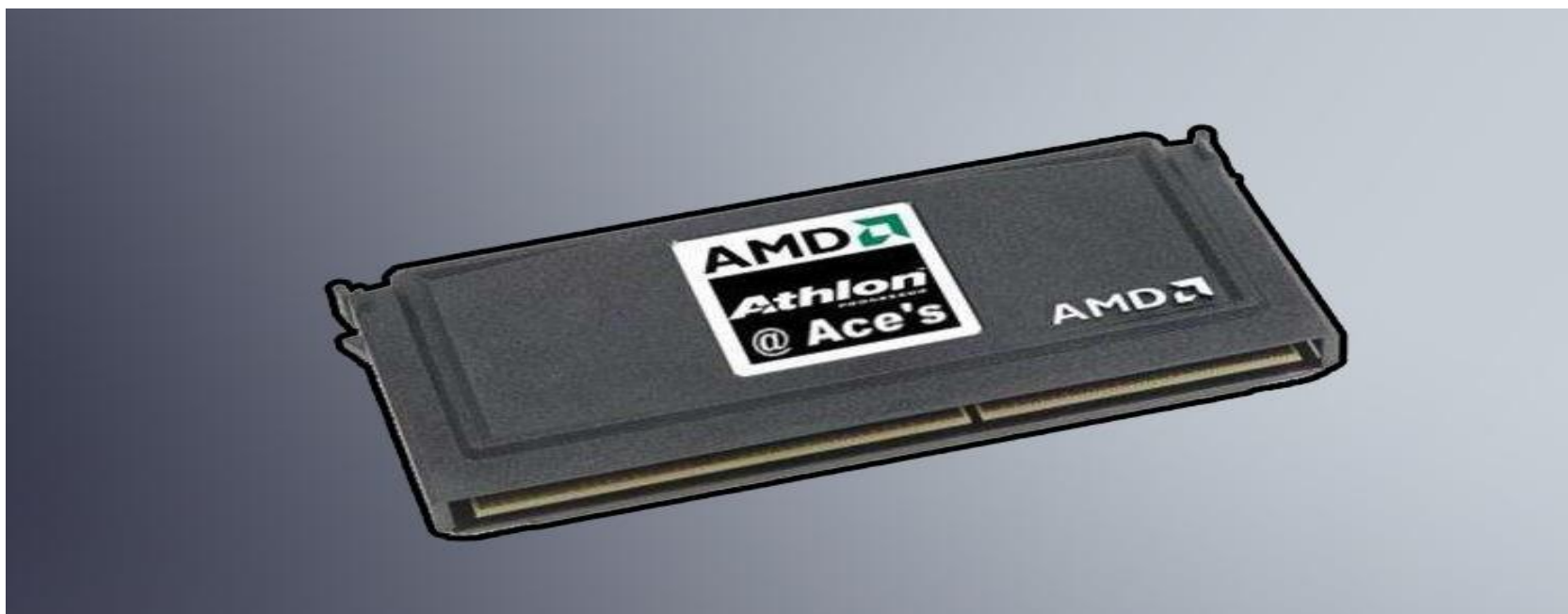
Intel 和 AMD 在 1982 -1996 年间微处理器进展

时间	Intel	AMD
1982		借鉴Intel的80286处理器生产 AM286，与intel相比性价比更高
1985	Intel 终止协议，停止向 AMD 授权 386 技术。	将 Intel 告上法庭
1989	发布486 DX CPU微处理器，表明用户从依靠输入命令运行电脑的年代进入了点击操作电脑的时代	AMD 研发出了采用0.8微米工艺制造的 AMD386 处理器，代表 AMD开始独立自研之路
1993	推出 Pentium 奔腾处理器，是80486 处理器性能的数倍。Pentium是 X86 系列一大革新。架构中晶体管数大幅提高、增强了浮点运算功能、降低工作电压。它令Intel开起全面领先的时代	
1995	推出了高能奔腾处理器针对 32 位服务器和 workstation 应用	AMD、intel纠纷中AMD胜诉，但是已错过了 PC 发展的黄金时期

## 2.2 1996-2006年：AMD新一代速龙处理器击败Intel奔腾，席卷大量市场份额

- **Intel战略失败，AMD凭借K6处理器抓住时机迎头赶上。**
  - 1996年AMD6.15亿美元收购NexGen，NexGen的研发团队中包括奔腾之父-维诺德·达姆，在其主导下研发出了K6处理器，力压奔腾mmx。
  - 同时Intel退出开放的socket7接口，主推其专用主板slot1接口未被市场接受。AMD抓住时机迎头赶上。
- **AMD后续产品性能领先Intel奔腾，不断扩大市场份额。**
  - 1999年，AMD推出了基于K7架构的速龙处理器，其综合性能和性价比均超过了同频的奔腾III，迅速席卷了大量PC端市场份额。

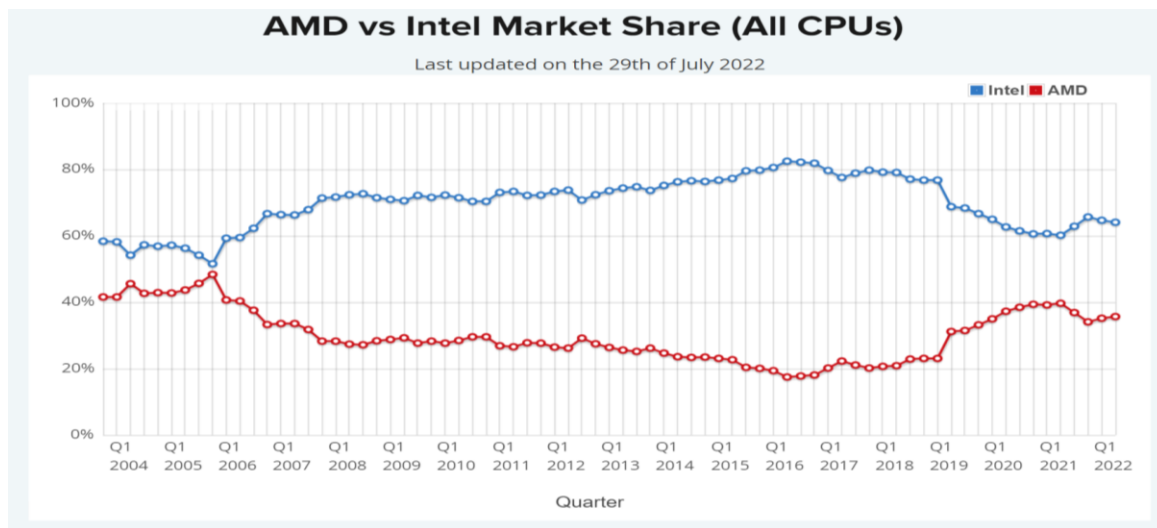
### 基于k7架构的速龙处理器



## 2.2 1996-2006年：Intel架构设计不及预期，AMD股价、市场份额达到历史峰值

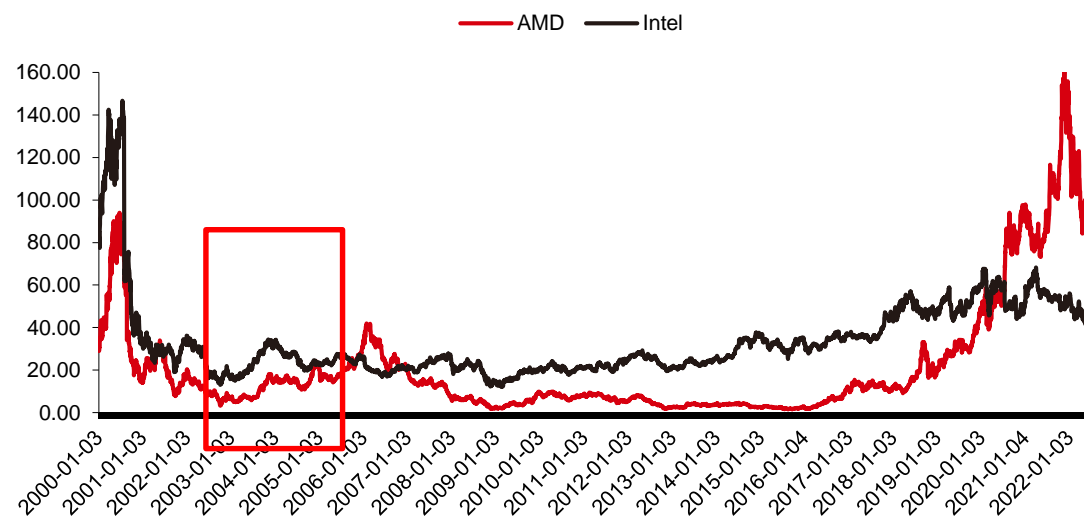
- **AMD 发布首个64位K8架构速龙处理器，Intel架构设计不及预期憾失市场。**
  - 2003年，AMD发布了Athlon 64，其为世界上第一颗64位处理器，代表AMD技术的全面领先。2005年，AMD又推出了第一颗64位双核处理器Athlon 64 X2。
  - 2004年Intel发布了不及预期的基于NetBurst架构的奔腾P4E，这款CPU结构上过于深的流水线和高频，致使功耗过高，性能倒退。此时AMD快速抢占市场份额，强势崛起。
- **2006年AMD市场份额占据5成，股价达到阶段性最高点。**
  - 根据Passmark数据，AMD公司的市场份额在2006年达到历史最高值50%，与Intel平分市场；股价大幅度上涨，超过Intel。

### AMD和Intel历史市场占有率



资料来源：Passmark

### AMD和Intel股价走势



资料来源：wind，中信证券研究部

## 2.2 2006-2017年：Intel新一代酷睿性能全面占优，坐稳市场龙头地位

### ■ Intel凭借酷睿重回龙头地位，AMD研发不及预期憾失市场。

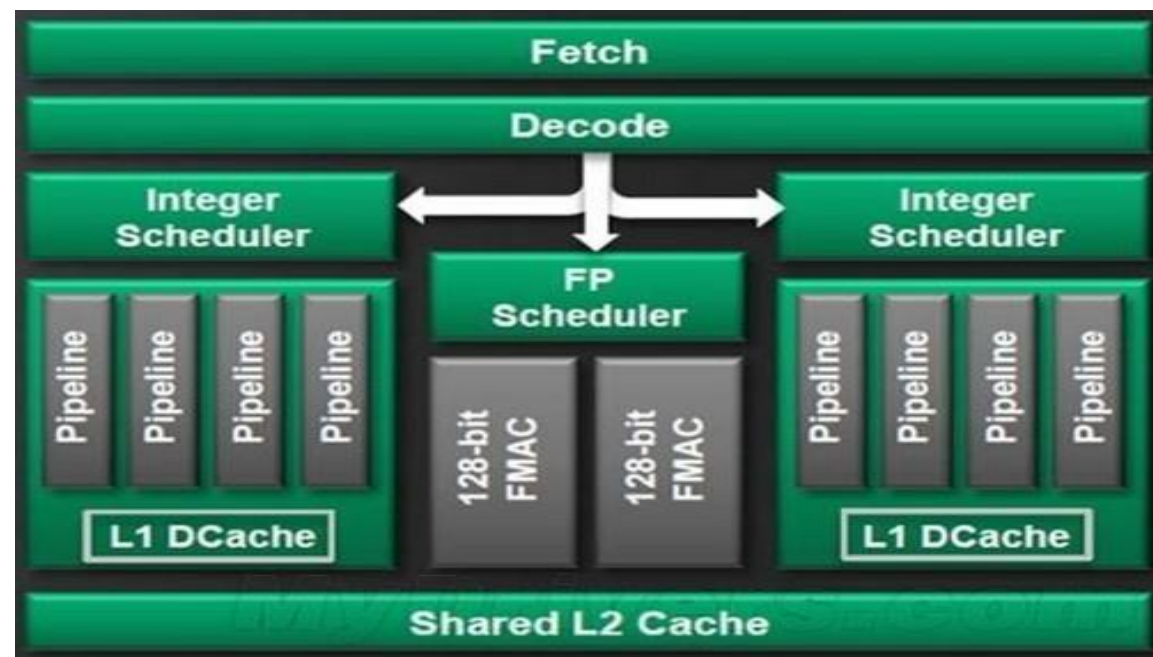
- 2006年7月，Intel新一代处理器酷睿Core 2系列横空出世，功耗降低40%，性能提升40%，同期AMD的Athlon 64 X2在性能上毫无优势，遭到全面的压制。Intel凭借高能效比再次确立CPU市场霸主地位。
- 2011年，AMD为挽颓势推出不及预期的推土机架构，犯了Intel奔腾P4E类似的架构错误，自此之后AMD的处理器性能始终没赶上Intel，但仍依靠多核心和性价比的优势占据一定的市场份额。

Intel Core 2



资料来源：新浪@天下网商

AMD推土机架构



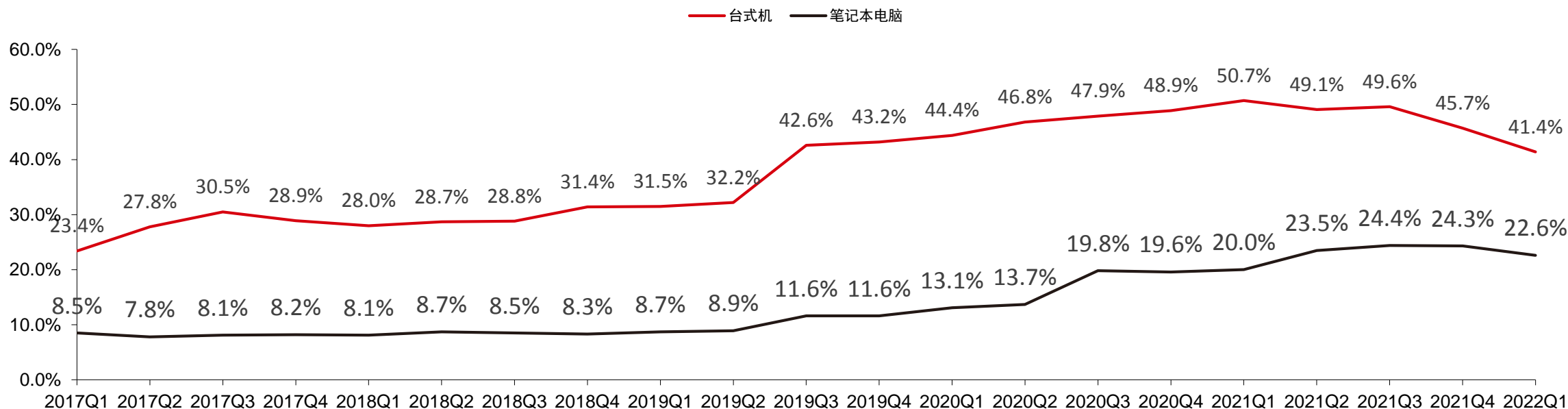
资料来源：中关村在线

## 2.2 2017年至今：AMD凭借Zen架构再度崛起，Intel制程节点延迟迭代

### ■ 2017年AMD推出使用Zen架构的锐龙（Ryzen）处理器，高性价比带来市场份额快速增长

- Ryzen(锐龙)处理器与FX系列相比单核性能大幅提升；随后推出的二代锐龙逐渐接近Intel水平；三代锐龙制程上采用台积电最新7nm工艺，多核性能超过Intel，单核性能也与酷睿系列相近，同时更具性价比优势。
- AMD在台式CPU领域份额从2017年8.5%上升至22.6%，在笔记本电脑CPU领域市场份额由23.4%最高达到50.7%。
- 与此同时，服务器领域也实现快速增长，据Gartner、IDC 等认为2022年7月AMD的服务器市场份额（主要包括其 EPYC 服务器 CPU）已经达到 25% 以上。

2017-2022年Q1AMD CPU PC端市场份额



## 2.2 2017年至今：AMD凭借Zen架构再度崛起，Intel制程节点延迟迭代

### ■ 英特尔产品制程节点进展延迟导致领先地位削弱。

➢ Intel每次发布升级产品，在CPU频率、核心数、线程等方面提升相对较小，导致其更新延迟，这也给AMD带来了机会。

Intel、AMD处理器关键参数对比

处理器型号	二级缓存+三级缓存	TDP(Wait)	主频-睿频	核心数/线程数	制程
AMD Ryzen 7 3700U	2MB+4MB	15	2300-4000	4/8	12nm
AMD Ryzen 5 3500U	2MB+4MB	15	2100-3700	4/8	
AMD Ryzen 3 3300U	2MB+4MB	15	2100-3500	4/4	
AMD Ryzen 7 2700U	2MB+4MB	15	2200-3800	4/8	14nm
AMD Ryzen 3 2300U	2MB+4MB	15	2000-3600	4/8	
AMD Ryzen 5 2500U	2MB+4MB	15	2000-3400	4/4	
intel Core i7-8565U	1MB+8MB	15	1800-4600	4/8	
intel Core i5-8265U	1MB+6MB	15	1600-3900	4/8	14nm
intel Core i7-8550U	1MB+8MB	15	1800-4000	4/8	
intel Core i5-8250U	1MB+6MB	15	1600-3400	4/8	
intel Core i3-8145U	1MB+4MB	15	2100-3900	2/4	
intel Core i3-8130U	1MB+4MB	15	2200-3400	2/4	

## 2.2 产业开放：Intel维持IDM模式，工艺推动延缓，AMD拥抱台积电5纳米芯片

- 近些年，Intel长期坚持的IDM模式导致其在制程上落后于使用台积电代工的AMD。
  - 2014-2018年，Intel制程延缓在了14纳米，在工艺上相对落后于晶圆代工厂的主流先进工艺。2019年Intel开始推行10nm工艺的量产，推出了Ice Lake处理器。根据intel2022Q2财报交流会，Intel将在2022年下半年推出采用Intel 7制程（原10纳米）的十三代酷睿芯片。
  - 2018年，AMD推出使用台积电7纳米制程的CPU和GPU，实现对Intel地位的又一次挑战。
- 未来Intel计划在制程上持续发力实现赶超。
  - 根据Intel官网，Intel制程路线图显示，2022年下半年投产Intel 4（原7纳米）；2023下半年推出Intel 3（原5纳米）；2024年推出Intel 20A(2纳米)；2025年推出Intel 18A（1.8纳米）。
  - AMD投资者关系资料显示，AMD计划在2022年下半年和2024年发布的Zen 4、Zen 5架构将分别使用台积电5纳米和3纳米制程。

Intel 7制程与台积电7纳米制程对比

参数指标	TSMC 7纳米	Intel 7（10纳米）
晶体管密度 (MTr/mm <sup>3</sup> )	~80	100.8
晶体管结构	Fin FET	Fin FET
鳍片间距 (nm)	N/A	34
最小金属间距 (nm)	40	36
栅极间距 (nm)	-54	54
逻辑晶体管密度 (MTr/mm <sup>2</sup> )	-80	N/A
鳍片高度 (nm)	N/A	45



## 2.2 小结：架构创新升级和制造等环节产业开放是CPU行业竞争的致胜法宝

### ■ 架构创新升级和制造等环节产业开放是CPU行业竞争的致胜法宝。

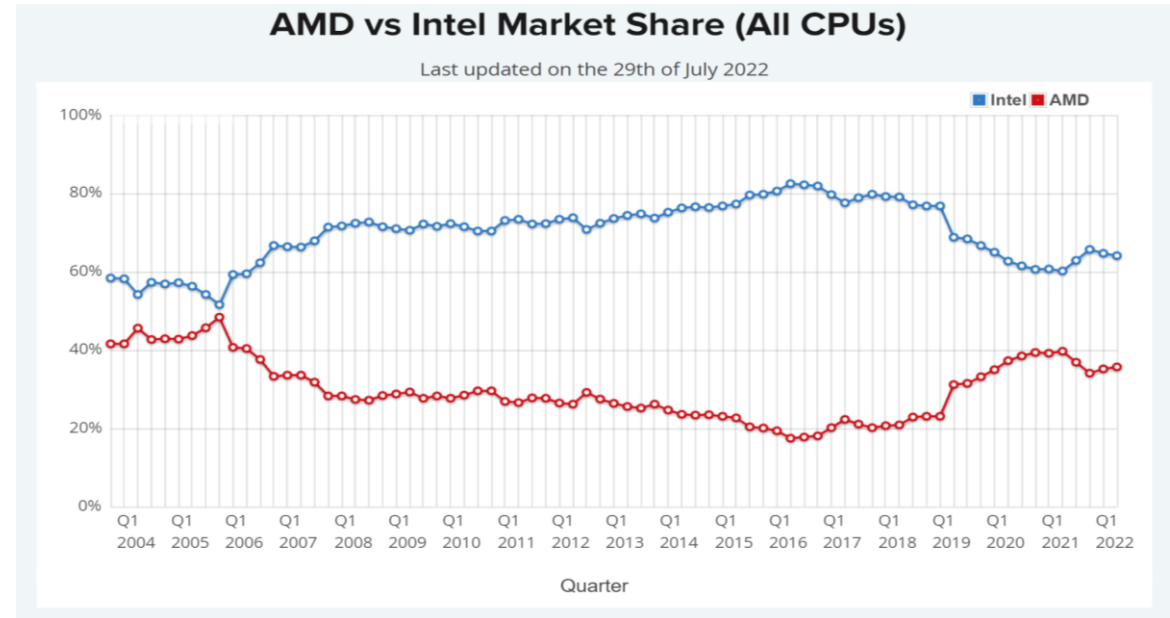
- 在X86生态体系中，Intel在奔腾、酷睿时代的领先都来源于CPU性能的全面领先，通过技术领先带来正向循环。而领先企业通过大量的研发投入以及不断地产品迭代保持架构的先进性和性能领先，如Intel的Tick-Tock战略，从而成为CPU市场的常青树。
- 回顾AMD的几次崛起，也都是在产品性能或架构上做出重要突破时发生。同时AMD采用相对开放的生态，包括开放其芯片组、平台和处理器和代工环节，使得近年来AMD在制程和先进架构上保持领先性。
- 两大企业的竞争中，性能是制胜法宝。因此Intel和AMD在长达50年的竞争中推动CPU技术完成一轮又一轮的升级。

#### Intel和AMD各方面对比

	英特尔	AMD
价格和价值		√
游戏体验	√	
内容创作/生产力		√
规格		√
超频	√	
功耗		√
驱动和软件	√	
工艺		√
架构		√
安全性		√
总共获胜次数	3	7

资料来源：CSDN@嵌入式咨询

#### Intel、AMD历年市场份额

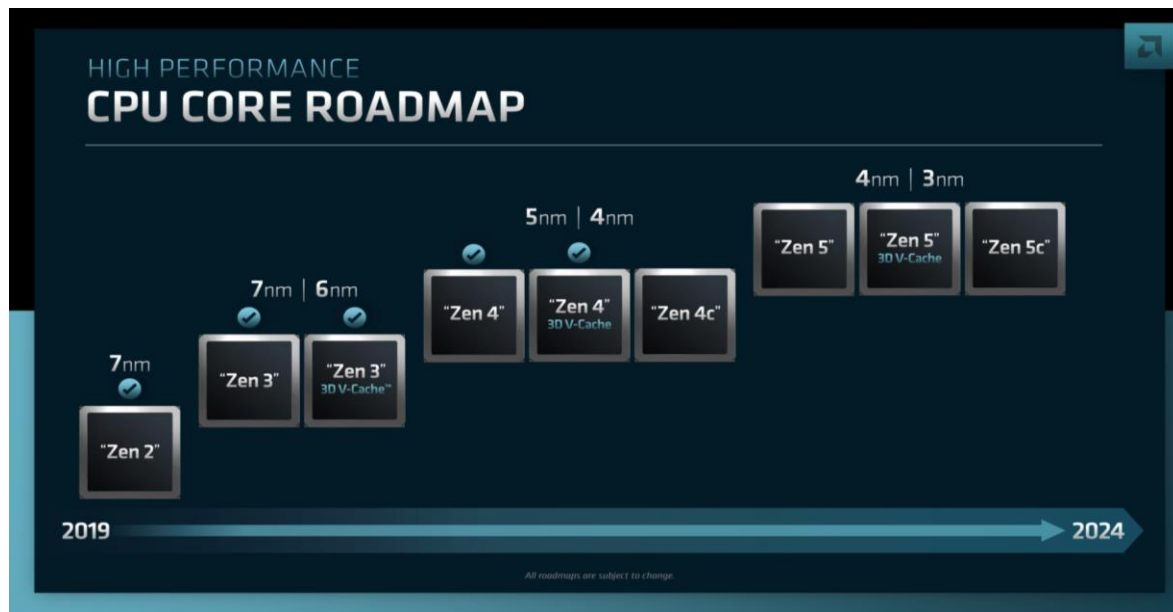


资料来源：Passmark

## 2.2 未来竞争：AMD力争扩大现有优势，同时在新兴产业广泛布局

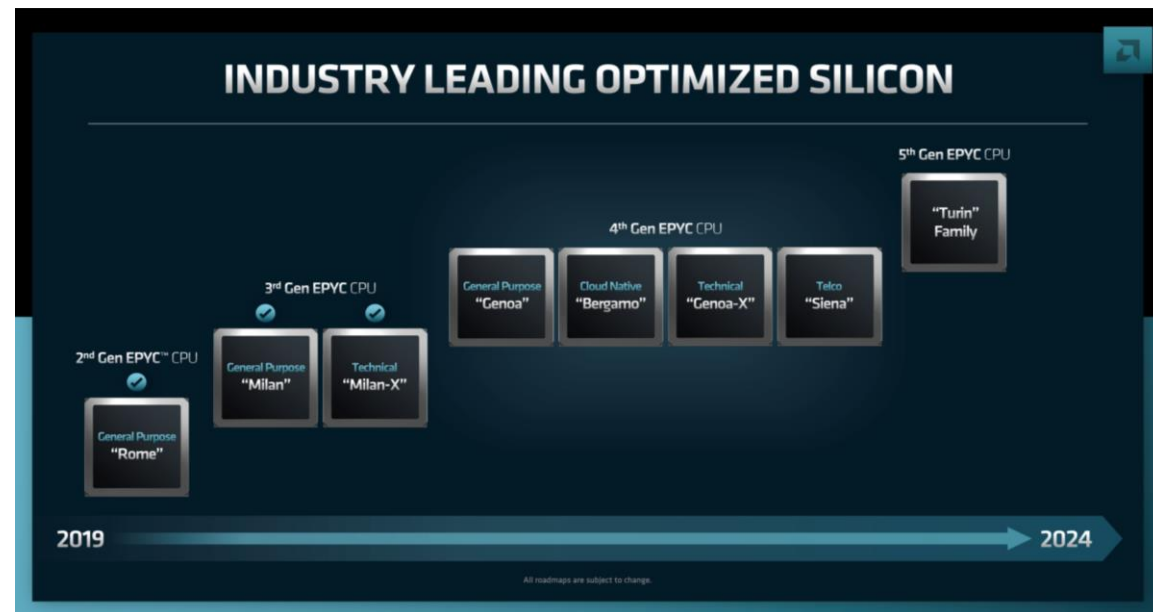
- 2022年6月19日，2022年6月9日，AMD在财务分析师日讲述其未来发展战略，概述为技术和产品组合更新、扩大数据中心解决方案产品组合、加速打造无所不在的AI领域领导地位、扩大PC领先、推动图形解决方案发展势头。
- AMD后续产品计划涵盖从云计算，PC机到通信和智能终端等一系列应用场景，在保持原有优势的基础上，在新型边缘领域广泛布局。
  - 基于Zen 4和Zen 4c核心的第四代霄龙处理器，继续保持优势打造高端CPU。基于“Zen 4”架构的锐龙7000系列台式机处理器在时钟速度和单线程、多线程性能上有显著提升，同时基于“Zen 5”架构的“Granite Ridge”处理器也在计划之中。

AMD CPU架构路线图



资料来源：AMD官网

AMD芯片路线图

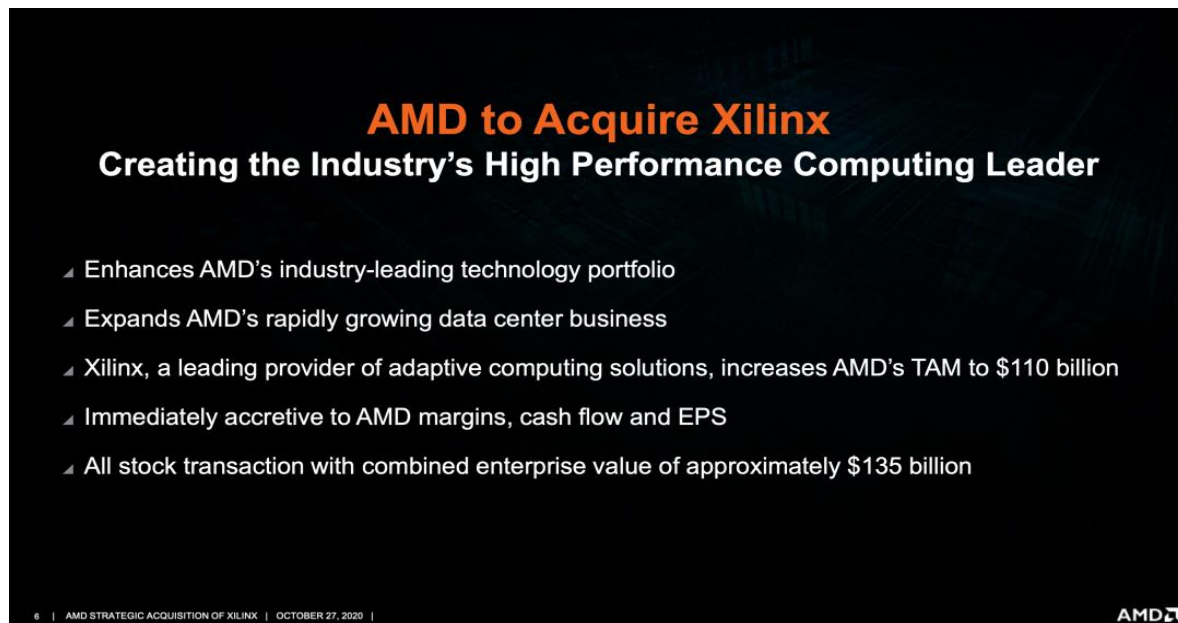


资料来源：AMD官网

## 2.2 未来竞争：AMD力争扩大现有优势，同时在新兴产业广泛布局

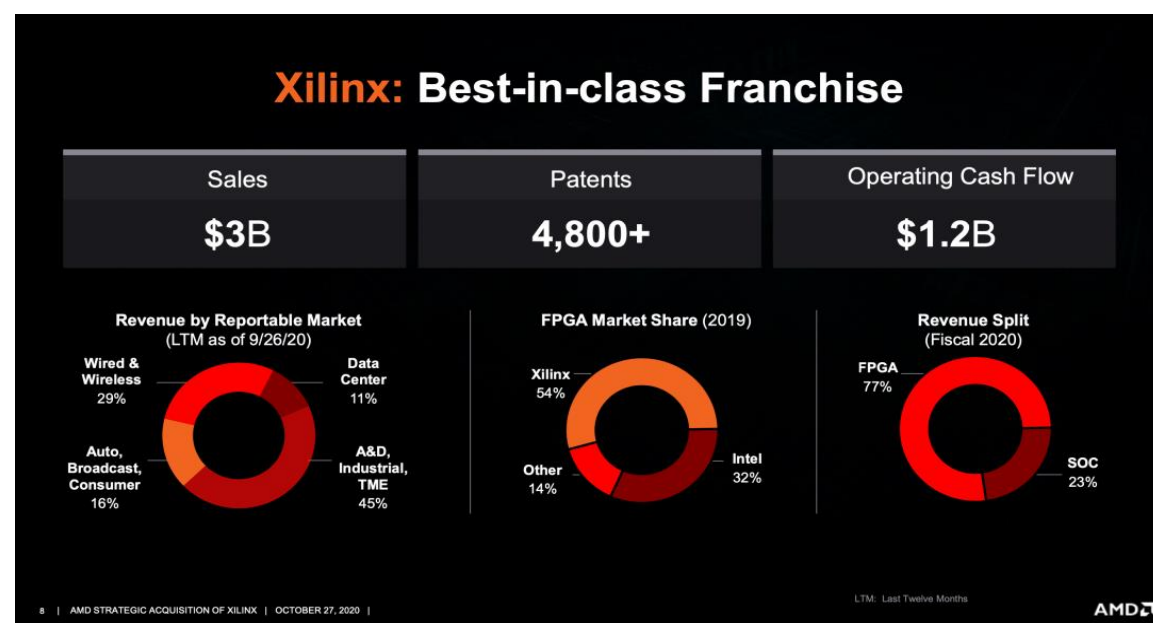
- **AMD于2022年2月14日收购FPGA赛灵思，积极拓宽业务边界。**
  - 观研报告网数据显示，在FPGA领域，赛灵思长期占据50%的市场份额，2015年被英特尔收购的Altera则占据约30%的市场份额。AMD以近500亿美元收购赛灵思，补齐自身FPGA短板。未来FPGA与CPU、DSP等的融合将逐步成为市场主流，这样的融合将支持数据中心、5G、AI等领域更好的发展。
  - 收购赛灵思将显著拓宽AMD的业务边界，扩大AMD的在各种成长性领域的产品种类和市场份额，如云计算、AI、智能设备。同时，收购赛灵思对AMD的技术水平和财务数据也有所提升。

### AMD 收购赛灵思



资料来源：AMD官网

### 赛灵思规模



资料来源：AMD官网

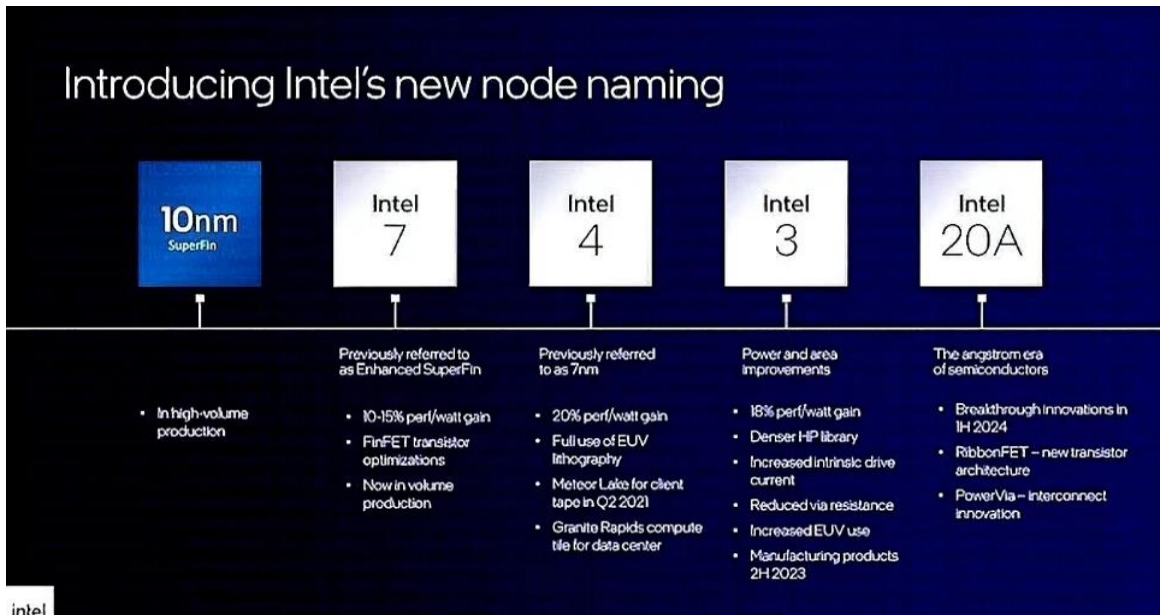
## 2.2 未来竞争：Intel加速步入Intel7时代，执行IDM2.0战略，计划2025年重返产业巅峰

计划的来源是？三个预计都是Intel预计？

### ■ Intel巩固传统市场的同时发力新兴市场，发展数字化技术。

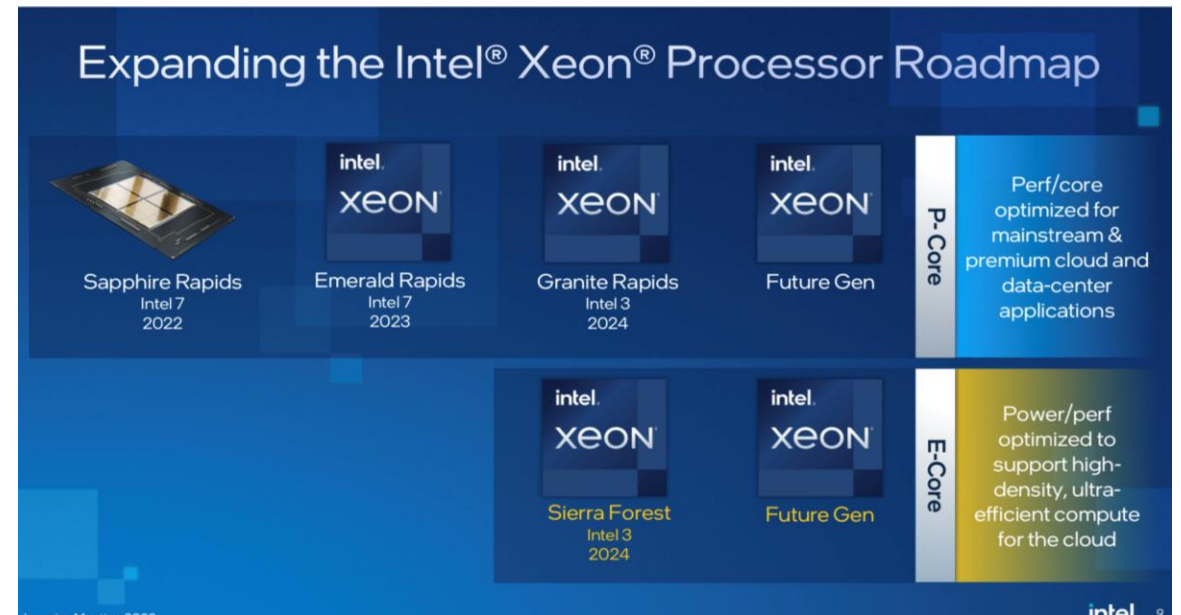
- 根据Intel官网，在芯片制程上，Intel计划在未来四年跨越五个制程节点，推出Intel 7（10纳米）、Intel4制程的芯片；预计在2022年下半年投产、Intel 3预计在2023年下半年投产，补足制程不足短板，预计性能将在原有基础上大幅提升，稳固行业地位。
- 对于至强处理器，英特尔制定了同时拥有基于性能核(P-core)和能效核(E-core)的双轨产品路线图。根据Intel官网，Intel将在2022年推出第四代至强可扩展处理器Sapphire Rapids，使用Intel7工艺、GoldenCove架构，支持DDR5、PCIe5.0等。在计划中还可以看到，预计在2023年、2024年分别推出第四、第五代至强系列处理器，在每瓦性能上有更大提升。

### Intel制程发展规划



资料来源：Intel官网

### Intel至强处理器路线图



资料来源：Intel官网

## 2.2 未来竞争：Intel加速步入Intel7时代，执行IDM2.0战略，计划2025重返产业巅峰

- Intel CEO帕特·基辛格提出了Intel新发展路线——IDM 2.0战略（重开代工、开放X86）。
  - 该战略由三部分组成：1) Intel建立全球化工厂网络，不断优化产品，构建竞争优势。2) 扩大代工产能的使用。3) 打造自身为世界一流代工厂，服务全球客户。
  - IDM1.0模式相比之下更加封闭，只设计、生产自家产品，销售对象仅为下游的硬件制造商。IDM2.0战略释放了Intel的转型信号，不止生产CPU，更要打造一流芯片代工厂和产业开放。

### Intel IDM 2.0战略



### 3.服务器、PC出货量稳步增长，汽车智能化加速迎来新机遇

---

- I. 全球市场：服务器、PC、汽车等市场CPU需求点多开花
- II. 国内市场：CPU整体市场回暖，应用前景广阔

## 3.1 CPU市场可划分为：服务器、工作站、PC、移动终端和嵌入式设备等

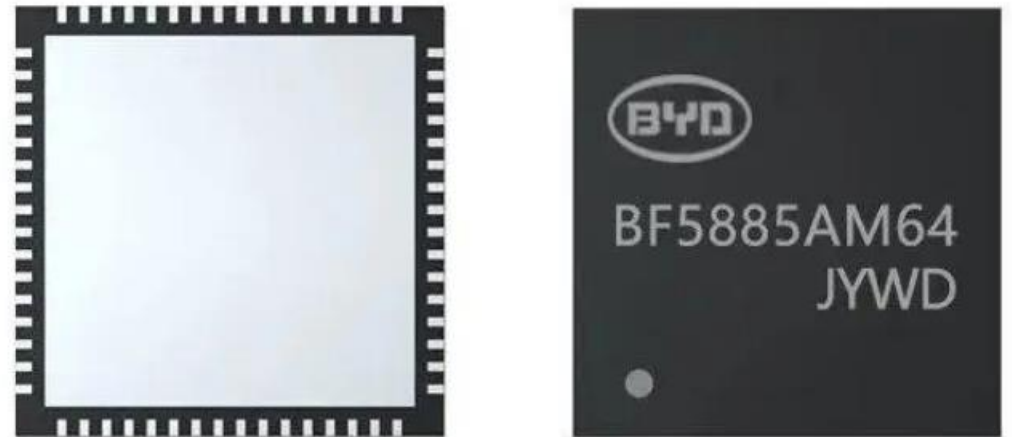
- CPU市场主要可以划分为服务器、工作站、PC、移动终端和嵌入式设备，汽车是嵌入式设备中具有发展前景的细分市场。
  - 1) 服务器：是一种高性能计算机，为网络提供特定类型的服务，其中包含向网络用户提供特定服务的软件和硬件。
  - 2) PC：即电脑端，主要面向台式机、笔记本等。其技术特点主要表现为微结构复杂、先进，制造工艺先进，性能与功耗较平衡，而非追求多核性能、多路互联、并行处理以及高度稳定。
  - 3) 汽车：汽车CPU是汽车的“大脑”。随着智能驾驶以及新能源汽车的发展，汽车功能不断增多，呈现更高科技的配置。汽车芯片广泛分布于汽车的动力系统、车机系统和安全系统。

浪潮通用服务器示意图



资料来源：浪潮集团官网

汽车芯片示意图

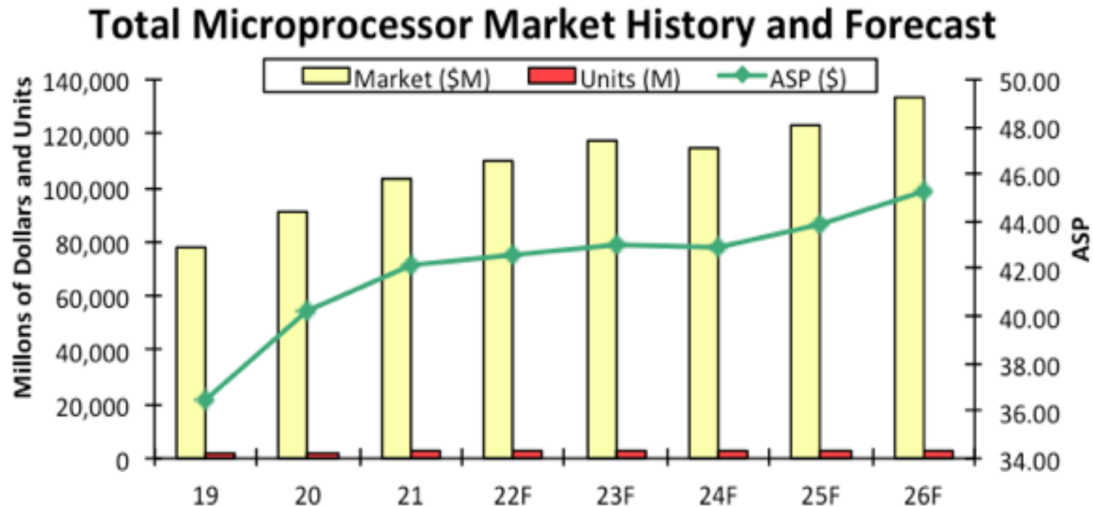


资料来源：BYD官网

## 3.1 全球CPU市场持续增长，Intel、AMD双巨头主导

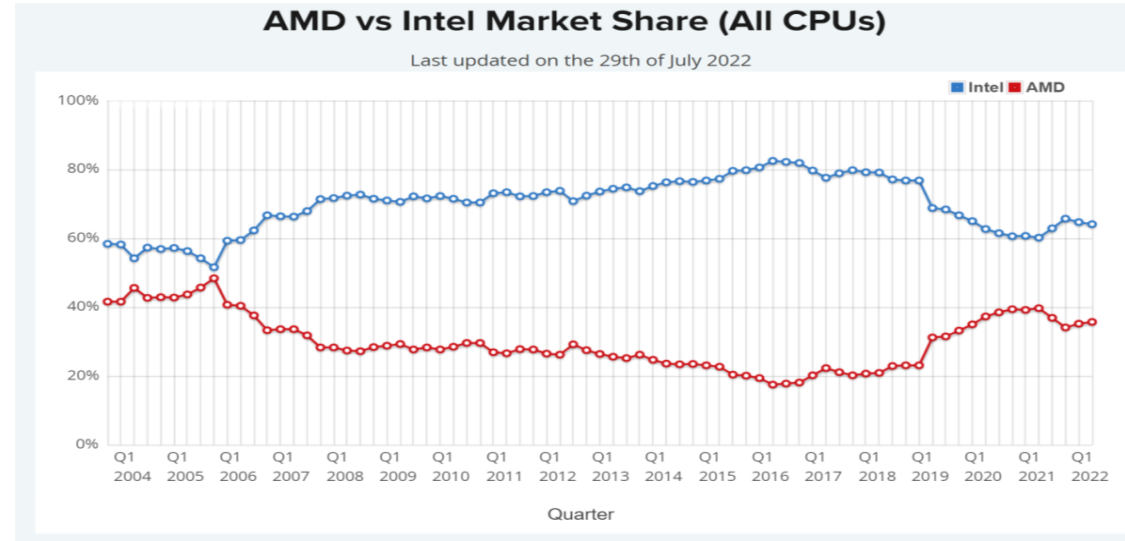
- 根据IC Insights数据，2021年全球微处理器市场规模达到1029亿美元，预计2022年达到1104亿美元。其中：2021年，全球计算机CPU市场占微处理器市场比重为35%，全球市场规模为350亿美元，预计2022年将达到386亿美元。
- 市场格局：Intel、AMD双巨头主导X86处理器市场，2021年分别占据72%、28%市场份额。
  - 全球CPU市场长期被Intel和AMD垄断，Mercury Research统计数据显示，2022Q1 AMD在X86处理器的整体市场份额达到27.7%，Intel达72.3%。在服务器CPU市场份额中，Intel市场占有率为88.4%，而AMD则为11.6%；台式机中，Intel占有81.7%的市场份额，AMD则为18.3%；笔记本中，Intel占据了77.5%，AMD为22.5%。

全球微处理器市场规模



资料来源：IC Insights

AMD及Intel的CPU市场份额



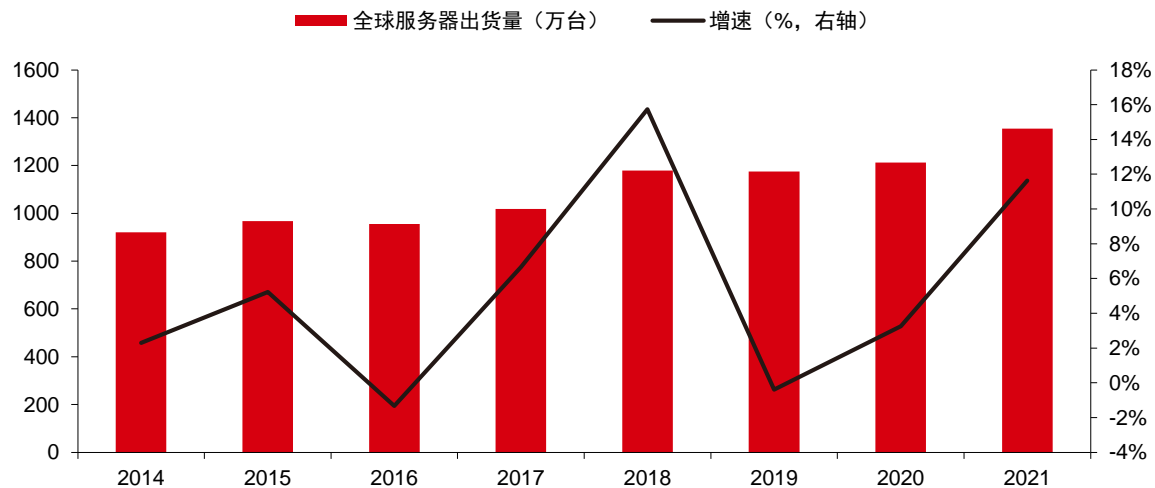
资料来源：Passmark



# 3.1 服务器：2021年全球服务器出货量为1354万台，同比增长12%，X86服务器占比达90%以上

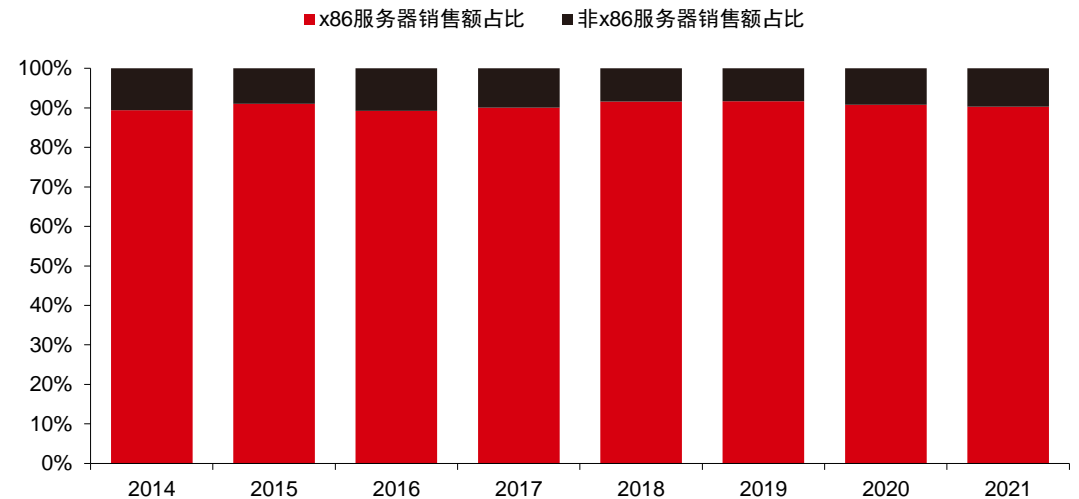
- 疫情影响渐缓，2021年全球服务器出货量为1354万台，增速达到11.63%。
  - 根据IDC数据，2014-2021年，全球服务器出货量整体保持增长态势。2020年，由于新冠疫情的影响以及全球互联网行业资本投入收缩，全球服务器出货量增速降低，仅为4.37%。但是，随着新冠疫情的恢复以及线上办公需求的增加，对于数据存储及运算能力提出了更高的要求。2021年，全球服务器出货量恢复增长，增速达到11.63%。
- 先发优势+“Wintel”主导联盟，X86服务器占比达到90%以上。
  - X86处理器起步较早，生态环境较其他处理器具有明显优势。在PC端和服务器市场，X86系列以极高的性能与Windows绑定形成“Wintel”主导联盟，主流的厂商都是基于X86系列上对软件进行兼容优化，从而在PC和服务器市场上建立起了庞大的生态体系，而这些生态对其他指令集不兼容，重新构建生态环境带来的代价和成本极高，使得X86在PC端和服务器市场始终保持主导地位。

### 2014-2021年全球服务器出货量



资料来源：IDC，中信证券研究部

### 2014-2021年全球X86服务器销售额占比

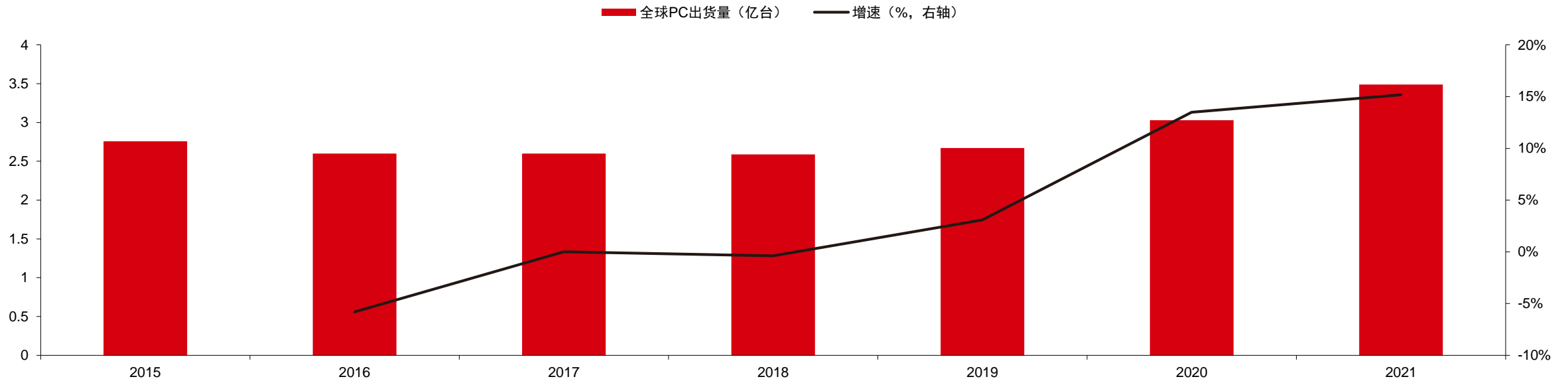


资料来源：IDC，中信证券研究部

### 3.1 PC：疫情驱动线上办公，2021年全球PC端出货量达到3.49亿台，同比增长15%

- 疫情驱动远程办公、线上教育普及，2021年全球PC端出货量达到3.49亿台，增速达到15.18%。
  - 每台桌面通常只有一颗 CPU。2015-2018年，全球PC端市场达到相对饱和，出货量增速呈现缓慢下降的趋势，但是整体出货量绝对值保持相对稳定。
  - 2020年，受到疫情影响，远程办公、线上教育普及率提高的支撑，PC渗透率和使用率大幅提高。人均拥有两台或两台以上的个人电脑已经越来越普遍，且出货的电脑中新安装设备占比提高。2021年，PC市场增速达到15.18%，创近年来新纪录。

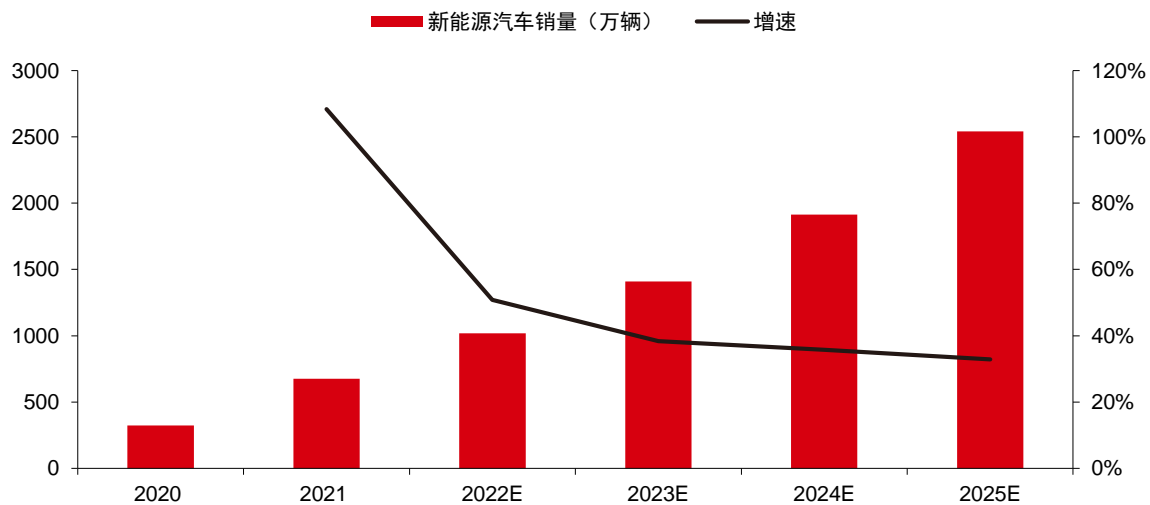
2015-2021年全球PC出货量



## 3.1 汽车：电动化、智能化驱动汽车芯片市场高增

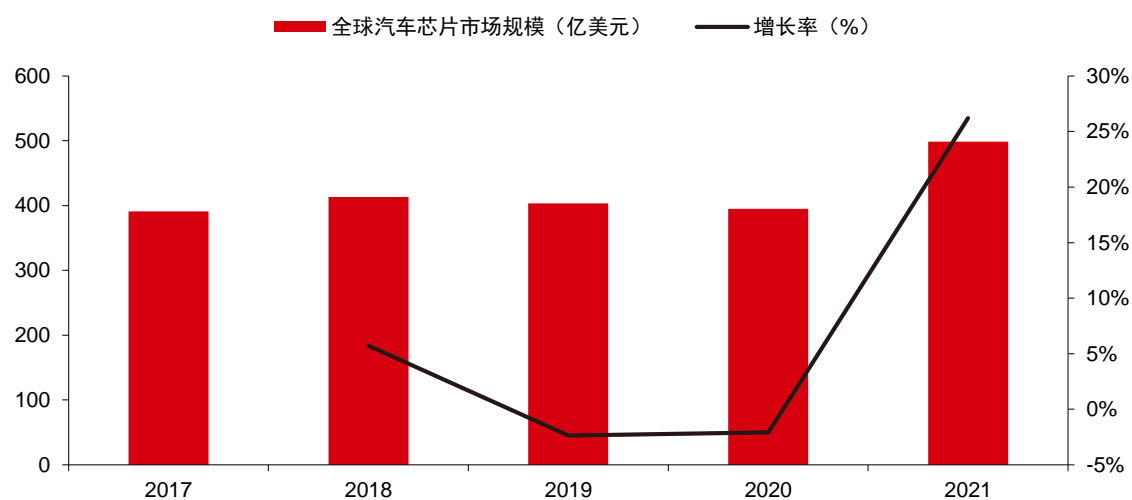
- **新能源车市场持续增长，2021年销量为675万辆，增速达到108.3%，预计2021-2025年复合增速为39.29%。**
  - 得益于中国、欧洲等主要市场高速发展，2021年新能源汽车销售总量达675万辆，同比增速高达108.3%，创下汽车电动化发展以来最高成长幅度。我们预期到2025年，新能源汽车销量规模将达到2541万辆。
- **汽车电动化、智能化驱动，2021年全球汽车芯片市场规模为498亿美元，增速达26%。**
  - 在汽车电动化、智能化的趋势下，汽车芯片市场整体呈现增长趋势。2020年受到“缺芯”的影响，全球汽车芯片市场规模约为395亿美元，同比下降2%。
  - 2021年，得益于新能源汽车强力驱动以及芯片产能增加，全球汽车芯片市场恢复正增长，增速达到26%，为历史最高位，市场规模达到498亿美元。

### 2020-2025年全球新能源车销量及预测



资料来源：Marklines，中信证券研究部预测

### 2017-2021年全球汽车芯片市场规模



资料来源：研观报告网@观研天下，中信证券研究部

## 3.2 国内市场：服务器、PC、汽车CPU快速增长

- **服务器CPU：**东数西算与新基建发展有力拉动服务器市场增长，我们测算2021年服务器CPU市场规模为799亿元，增长14.38%。
- **PC端CPU：**疫情赋能线上教育增长，我们测算PC端CPU2021年市场规模合计为570亿元，增速为7.55%。
- **汽车CPU：**随着新能源汽车销量增长及智能化加速，预计汽车主控芯片市场规模将快速增长。

### 2020-2021年服务器CPU市场规模拆解

	2020	2021
市场空间（亿元）	698	799
yoy		16.67%
服务器出货量（万台）	344	391
搭载CPU数	2	2
服务器芯片CPU需求量（万颗）	698	799
估算单价（元）	10000	10000

资料来源：IDC，中信证券研究部测算

### 2020-2021年PC端CPU市场规模拆解

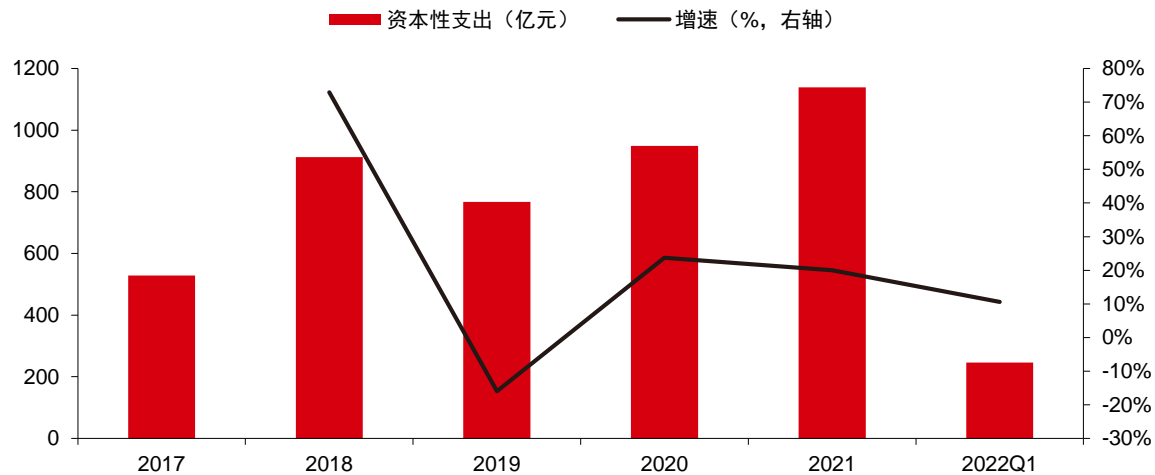
	2020	2021
PC端CPU市场（亿元）	530	570
yoy		7.55%
PC出货量（万台）	5300	5700
搭载CPU数	1	1
PC端CPU出货量（万颗）	5300	5700
估算单价（元）	1000	1000

资料来源：IDC，中信证券研究部测算

## 3.2 服务器：“东数西算”、新基建赋能，2021年国内服务器出货量375万台，同比增长9%

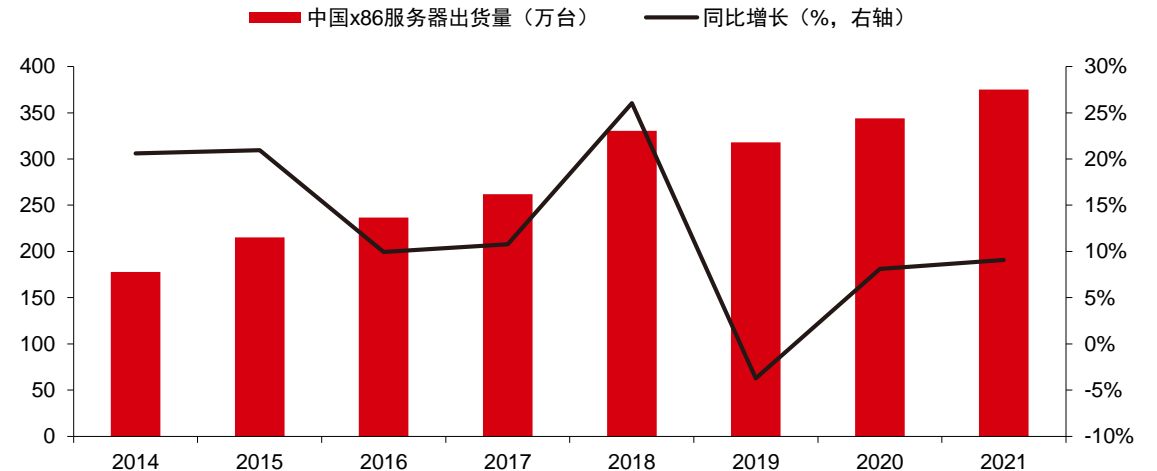
- **东数西算：**“东数西算”工程带动投资，拉动上游服务器市场增长。截至2021年，我国在用数据中心机架总规模为520万架，互联网数据中心市场收入达到1500亿元。预计“十四五”时期数据中心机架年均增速将保持在20%左右，收入增速保持在25%至30%。同时，“东数西算”工程每年能带动投资约4000亿元，将助力西部地区信息技术等产业发展。
- **新基建：**互联网企业CAPEX持续走高，云计算行业繁荣带动CPU同步受益。2020年4月，阿里云宣布将在未来3年再投入2000亿元，用于建设数据中心和研发重大核心技术，如云操作系统、服务器、芯片、网络。5月，腾讯云宣布未来五年将投入5000亿元，陆续在全国新建多个服务器规模达百万级的大型数据中心。2020年，我国云计算市场规模达2000亿元，同比增长超过55%。云计算行业需求的增长将带动服务器行业CAPEX支出大幅增长，CPU将同步受益。
- **国内服务器出货量快速增长，根据IDC统计数据，2021年，中国X86服务器市场出货量为375万台，同比增长9.07%。**

### 2017-2022Q1阿里、腾讯、百度、京东CAPEX



资料来源：Wind，中信证券研究部

### 2014-2021年中国X86服务器市场出货量



资料来源：IDC，中信证券研究部

## 3.2 服务器测算假设：每台服务器搭载2颗CPU，单颗CPU-1W元

### ■ 市场规模 = 服务器出货量 × 搭载CPU数 × 估算单价

- **搭载CPU数**：由于X86服务器占我国服务器市场比重在90%以上，仅考虑X86服务器的路数具有一定代表性。由于服务器性能不断提升，目前2路/4路/8路及以上服务器成为主流。
- **估算单价**：2021-2022年，中国移动PC服务器集采中，某H厂商占比10.49%，参考其服务器CPU产品平均价格，由于服务器端CPU性能逐渐提升，给予其31%的溢价率，以10000元作为估算单价。

服务器搭载CPU数测算

	2020	2021
<b>搭载CPU数</b>	<b>2.03</b>	<b>2.04</b>
一路占比	6.60%	5.89%
二路占比	88.80%	89.30%
四路占比	4.50%	4.70%
八路及以上占比	0.10%	0.11%

资料来源：IDC，中信证券研究部测算

估算价格测算

	2020	2021
<b>估算单价（元）</b>	<b>10000</b>	<b>10000</b>
某H厂商CPU产品均价	<b>7608</b>	<b>7635</b>
产品A	7494.22	8573.52
产品B	7721.51	6695.86

资料来源：海光信息公司公告，中信证券研究部测算

## 3.2 空间测算：2021年国内服务器CPU市场空间达到799亿元，增速为14%

2021年国内服务器CPU市场空间将达到799亿元，增速为14%

	2020	2021
市场空间（亿元）	698	799
	yoy	14.38%
服务器出货量（万台）	344	391
	yoy	13.72%
互联网	147	167
	yoy	14.10%
政府	39	34
	yoy	-13.80%
电信	40	40
	yoy	1.30%
金融	32	38
	yoy	18.00%
制造业	19	21
	yoy	13.20%
社会服务	29	34
	yoy	18.00%
教育	15	12
	yoy	-22.60%
其他	24	46
	yoy	87.86%
搭载CPU数	2	2
服务器CPU需求量（万片）	698	799
估算单价（元）	10000	10000

计算公式推导：

服务器出  
货量

每一行业单  
独测算增速  
后加总



搭载CPU数



服务器CPU  
需求量



估算单价



服务器CPU  
市场空间

## 3.2 PC：疫情催化远程办公，2021年中国PC出货量5700万台，增速恢复为8%

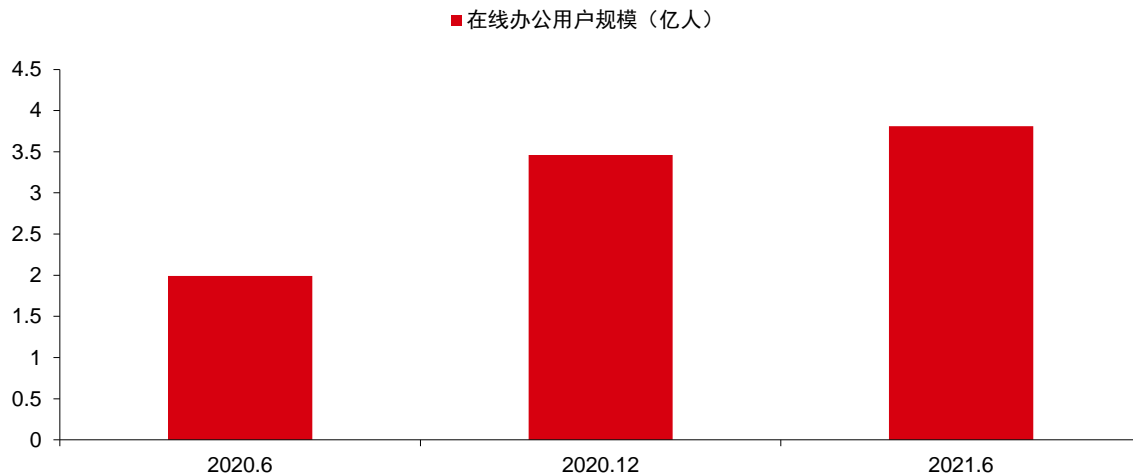
### ■ 疫情反复催化我国线上产业快速发展，产生对PC大量需求。

- 2022年，常态化疫情防控仍对社会经济发展运行产生重要影响。在此背景下，远程办公的常态化导致PC需求增加。2021年6月，中国在线办公用户规模达到3.81亿人，同比增长91.46%。
- 《“十四五”数字经济发展规划》提出，扩大协同办公等在线服务覆盖面，推动远程协同办公产品和服务优化升级。政企云办公需求迎来增长，远程办公用户规模扩大。

### ■ 远程办公、远程授课等需求催化中国PC市场恢复增长，2021年PC出货量达到5700万台，增速为7.55%。

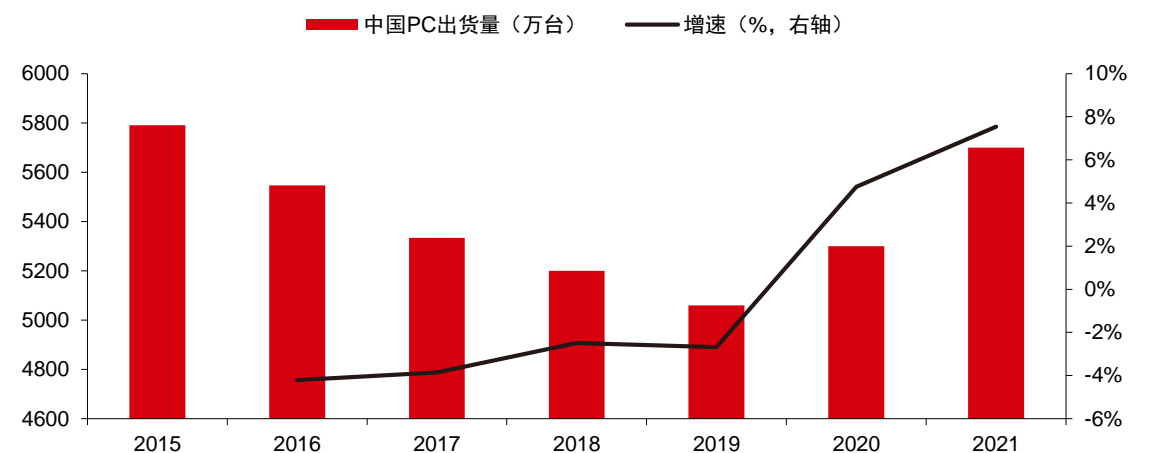
- 2020年，我国PC出货量恢复增长态势；2021年，我国PC出货量达到5700万台，增速达到7.55%，创下历史新高。PC端市场的逐步回暖拉动PC端CPU需求增长。

#### 我国在线办公用户规模



资料来源：CNNIC，中信证券研究部

#### 2015-2021中国PC出货量

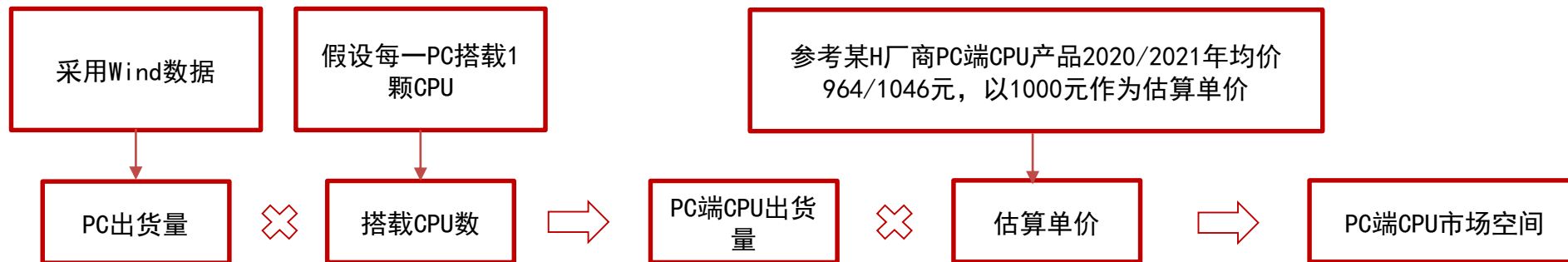


资料来源：Wind，新浪财经，中信证券研究部



## 3.2 空间测算：2021年PC端CPU市场空间为570亿元，增速为8%

### ■ 计算公式推导：



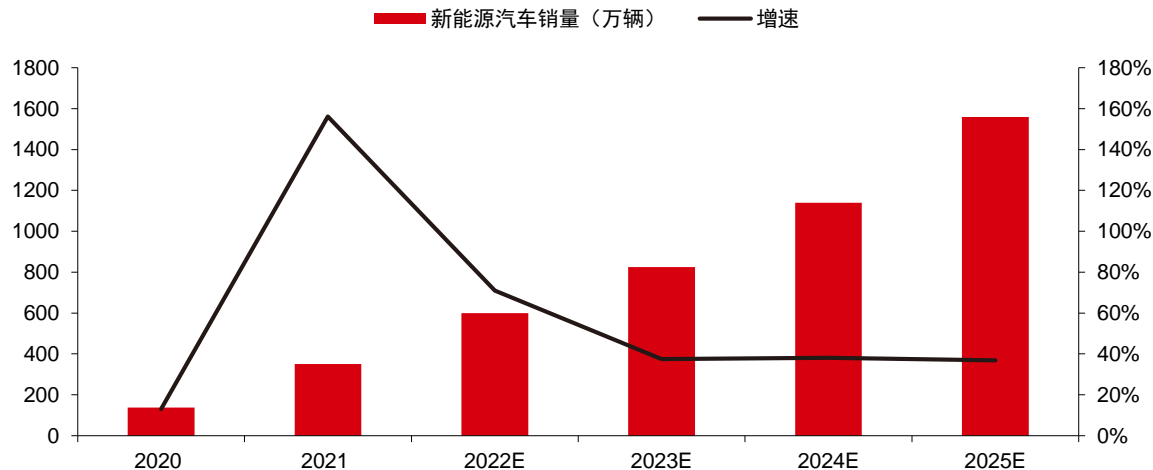
2021年PC终端CPU市场空间为570亿元，增速为7.55%

	2020	2021
PC端CPU市场空间（亿元）	530	570
	yoy	7.55%
PC出货量（万台）	5300	5700
搭载CPU数	1	1
PC端CPU出货量（万颗）	5300	5700
估算单价（元）	1000	1000

## 3.2 汽车：国内新能源车2022年销量有望达到600万辆，智能驾驶、智能座舱拉动汽车芯片需求高增

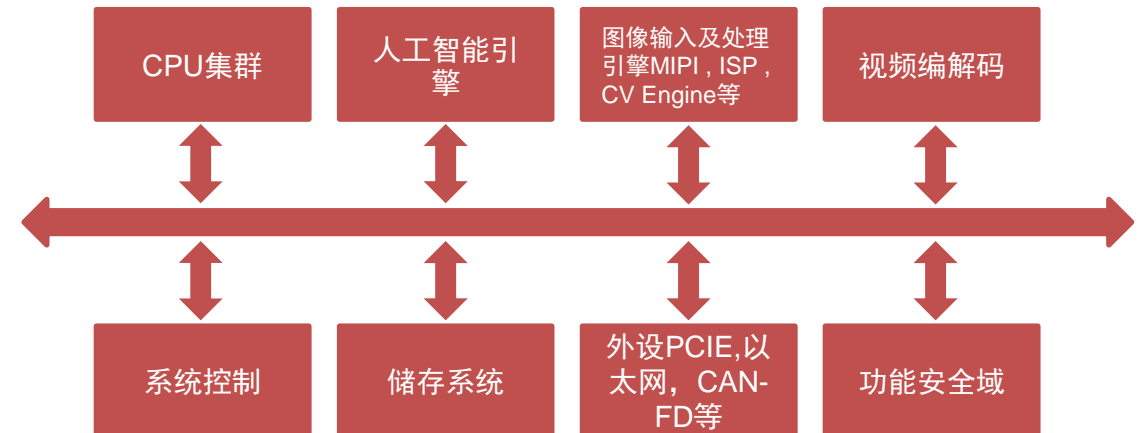
- 双碳目标下，新能源汽车具有重要战略地位，我国新能源车2022年销量预计为600万辆，同比增速达71%。
  - 随着技术成熟以及民众接受度提高，根据中信证券研究部预测，新能源汽车市场将在未来保持高速增长。新能源汽车的普及，加速汽车电子电气架构升级，带动汽车CPU需求高速增长。
- 未来随着智能驾驶L2+、智能座舱的普及，汽车SoC及CPU的数量有望快速增长。
  - 汽车自动化对自动驾驶、智能座舱提出更高要求，SoC异构方案成为主控芯片的主流选择。汽车主控芯片可以分为计算芯片与控制芯片，其中计算芯片主要包括SoC等，而控制芯片则主要为MCU。
  - 2020年我国乘用车新车辅助驾驶渗透率约32%（《中国智能驾驶行业研究报告》iResearch）。随着L3及以上智能驾驶技术逐渐成熟，智能驾驶、智能座舱普及将对车载芯片的性能提出更高要求，从而拉动SoC及CPU的数量增长。

2020-2025年中国新能源车销量预测



资料来源：中汽协，中信证券研究部预测

车载人工智能SoC典型架构

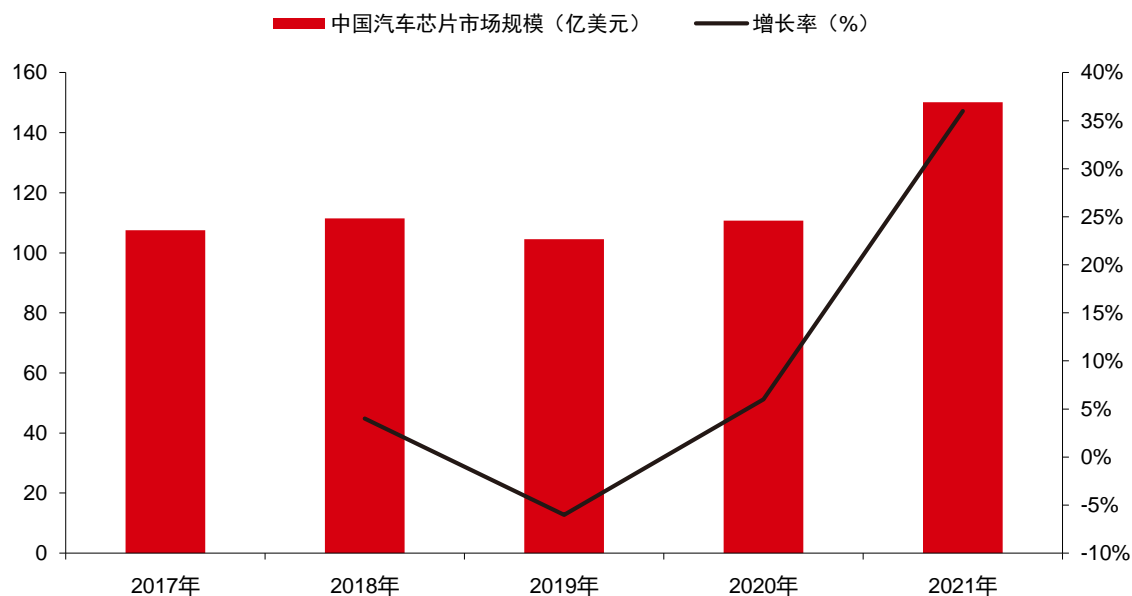


资料来源：copyfuture技术开发社区@SOA開發者，中信证券研究部

## 3.2 汽车：芯片市场规模达150亿美元，主控芯片占比27%

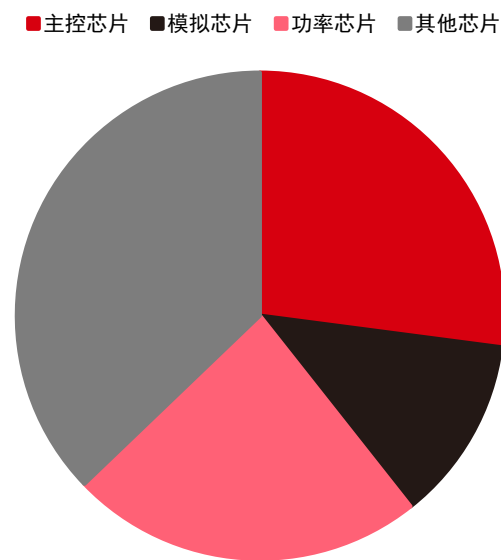
- **新能源汽车及智能驾驶等因素驱动，2021年我国汽车芯片市场规模达到150亿美元，增速达36%。**
  - 据观研报告网数据，2021年，中国汽车芯片市场规模达到150亿美元，同比增长36%，达到历史高位。
- **按销售额计算，2020年主控芯片占汽车芯片市场27%，预计市场规模将保持增长。**
  - 2020年，主控芯片销售额占汽车芯片市场比重达到27%，对应市场规模约40亿美元。随着汽车芯片市场规模扩张，预计汽车主控芯片市场规模将保持增长。

2017-2021年中国汽车芯片市场规模



资料来源：观研报告网，中信证券研究部

2020年按销售额计算汽车主控芯片占比



资料来源：智研咨询，中信证券研究部

## 4.信创市场：党政下沉带动国产PC放量，行业信创拉动国产服务器高增

---

- I. 国产机会：国产CPU厂商初显峥嵘
- II. PC：党政、行业信创集采支持，国产CPU快速放量
- III. 服务器：行业信创引领，服务器CPU市场广阔

## 4.1 国产机会：国产CPU厂商初显峥嵘

### 国内厂商可以根据指令集和授权方式进行分类。

- 中国自2001年开始启动处理器设计项目，至今将近20年，国产CPU行业逐步显现峥嵘，涌现出一大批优秀企业。我们根据CPU指令架构进行分类：1) 复杂指令集（CISC）下，以X86架构为主，国内代表厂商包括x86龙头、兆芯；2) 精简指令集（RISC）下，涉及ARM架构、Alpha架构、自研架构等，国内代表厂商包括海思（ARM）、飞腾（ARM）、龙芯（LoongArch）、申威（Alpha）等。
- 以鲲鹏为例，鲲鹏台式机主板D920L11选用单路华为鲲鹏920处理器，主频支持2.2G/2.6/3.0GHz，提供4C/8C/12C系列配置，支持Linux桌面操作系统，兼容业界主流内存、硬盘、网卡等硬件，具有高性能、接口丰富、高可靠性、易用性等特点。国产厂商正持续大力投入研发实现CPU架构创新升级和快速迭代，力争赶超国际领先水平；同时加大生态建设力度，打造自主开放的软硬件生态和信息产业体系。

国产CPU芯片概况

	龙芯	飞腾	X86龙头	兆芯	海思	申威
指令架构	MIPS+自研LoongArch	SPARC->ARM	X86(AMD)	X86(VIA)	ARM授权+自研	ALPHA+自研SW
架构来源	指令集授权+自研	指令集授权	指令集架构授权	IP授权	指令集架构授权	指令集授权+自研
代表产品	1号/2号/3号	FT-2000/4、FT-2000+/64	Hygon C86-7185	KX-6000	鲲鹏系列	申威26010
优势	自主设计，安全可控	终端芯片和服务器芯片整体性能较好	基于AMD的Zen 1架构，性能高	兼容性强，终端领域应用可以无缝对接，得到上海市资金扶持	ARM前景广阔；产品线极其丰富，性能最强；党政+商用市场接受程度高	自主设计、安全可控，在高性能计算领域表现优秀
实际应用	玲珑/逸珑/福珑/北斗导航卫星，政企、安全、金融、能源等	服务器/桌面、天河一号/天河二号/天河三号	服务器	联想台式机、笔记本、服务器	华为服务器	军用、特种机密行业、超算领域

# 4.1 空间测算：PC端、服务器端信创CPU市场规模有望达到447亿元、1226亿元

- 经测算，我国PC端信创CPU市场规模将达到447亿元，假设PC信创替换周期是5年，平均每年占总PC端CPU市场比重为15.68%；服务器端信创CPU市场规模将达到1226亿元，假设服务器信创替换周期是6年，平均每年占总服务器CPU市场比重为25.57%。

		信创市场规模测算										
		估算单价(元)	合计	政府	教育	卫生	金融	交通	电力	电信	石油	航空航天
PC端	人数(万)		6386	3032	1228	671	625	383	152	136	128	31
	PC台套数(万)		4470	2122	860	470	438	268	106	95	90	22
	市场空间(亿元)	1000	447	212	86	47	44	27	11	10	9	2
	占比			47.43%	19.24%	10.51%	9.84%	6.04%	2.46%	2.24%	2.01%	0.45%
	信创单年占总PC端CPU市场比重		15.68%									
服务器端	服务器配比		3.8:1	20:01	3:01	5:01	1:02	15:01	5:01	10:01	15:01	15:01
	服务器台套数(万)		614	106	146	21	190	6	54	2	57	31
	服务器CPU需求量(万片)		1226	212	292	42	380	12	108	4	114	62
	市场空间(亿元)	10000	1226	212	292	42	380	12	108	4	114	62
	占比			17.29%	23.82%	3.43%	31.00%	0.98%	8.81%	0.33%	9.30%	5.06%
	信创单年占总服务器端CPU市场比重		25.57%									

## 4.2 PC：党政、行业信创集采支持，国产PC快速放量

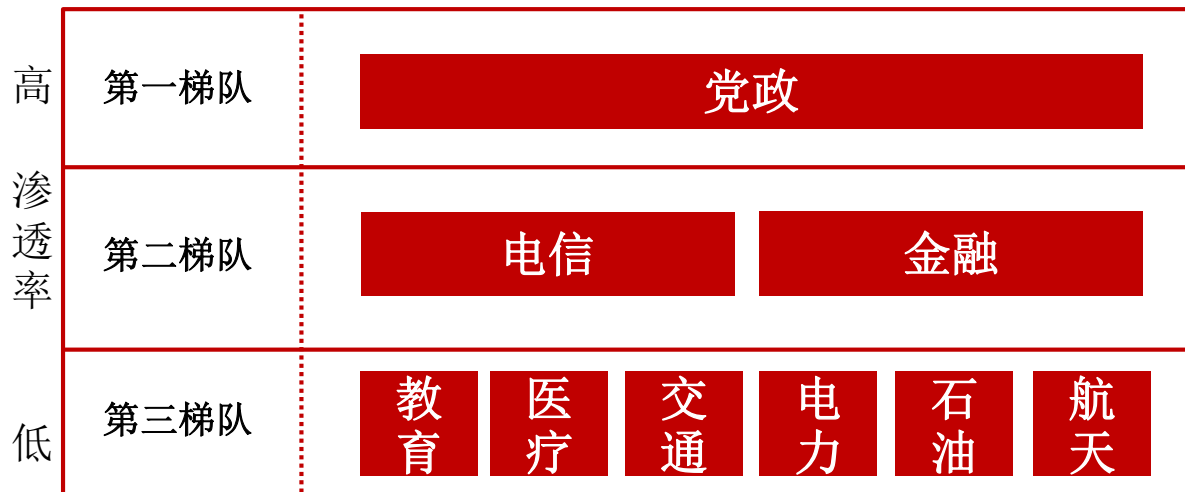
### ■ 党政信创进入规模化推进阶段，办公终端替代如火如荼。

- 2013年底，中央办公厅、国务院办公厅、工信部牵头启动“党政电子公文系统”升级试点。2020年开始，党政信创进入规模化推进阶段，伴随替代持续深入开展，持续有力拉动国产PC和服务器发展。

### ■ 行业信创集采拉开大幕，电信、金融先行。

- 电信：2022年3月，根据麒麟软件披露中标公告，中国移动2022-2023年桌面操作系统集采数量超20万套，规模超出市场预期，电信行业信创步入新阶段。
- 金融：2020年，金融行业信创启动一期试点，包含47家试点机构，被要求信创基础软硬件采购额占到其IT外采的5%-8%；2021年5月，二期试点机构扩容至198家，试点单位信创投入不低于全年IT支出的15%；2022年金融信创将启动三期试点，试点机构或将扩容至5000余家。

#### 党政、金融信创位于信创行业第一梯队



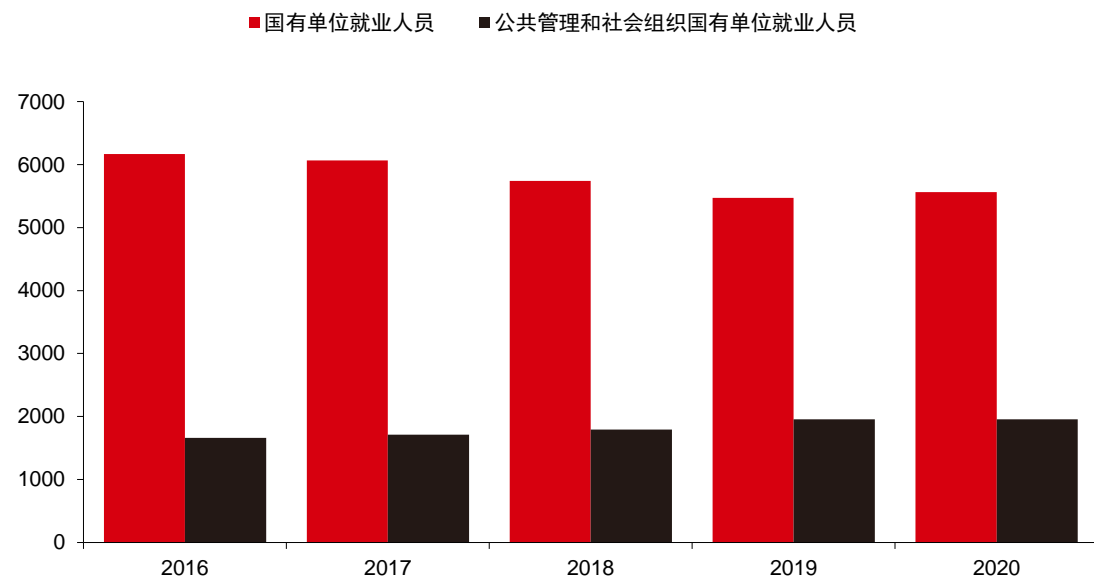
#### 2020-2022年金融信创试点机构

	一期试点	二期试点	三期试点
试点机构数量	47家	198家	5000余家
新增IT采购中的国产厂商比例	一期单位： 5%-8%	一期单位： 不低于15% 二期单位： 8%	一期单位： 20%-30% 二期单位： 20%-30%

## 4.2 PC：党政信创-使用中口径进行人数测算，共有3032万目标人群

- 党政信创：依据国管属性将国有就业人员分为：小口径、中口径、大口径（\*行业分类口径来自《国民经济行业分类（GB/T4754-2017）》）
  - 小口径：政府机关是信创产业的最大推动力之一。2020年我国公共管理和社会组织国有企业就业人员1957万。
  - 大口径：2020年我国国有单位就业人员共计5563万人。

我国国有单位就业人员及公共管理和社会组织国有单位就业人员 (万人)



资料来源：国家统计局，中信证券研究部

国家统计局按行业分类国有单位就业人员 (万人)

指标	2020年	2019年	2018年	2017年	2016年
① 国有单位就业人员(万人)	5563	5473	5740	6064	6170
① 农林牧渔业国有单位就业人员(万人)	58	100	173	236	242
① 采矿业国有单位就业人员(万人)	18	15	17	34	45
① 制造业国有单位就业人员(万人)	46	39	73	124	159
① 电力、燃气及水的生产和供应业国有单位就业人员(万人)	102	114	134	160	176
① 建筑业国有单位就业人员(万人)	89	80	113	154	185
① 交通运输、仓储及邮电通信业国有单位就业人员(万人)	108	132	264	353	366
① 信息传输、计算机服务和软件业国有单位就业人员(万人)	26	20	25	27	34
① 批发和零售业国有单位就业人员(万人)	48	43	61	72	82
① 住宿和餐饮业国有单位就业人员(万人)	21	21	26	32	35
① 金融业国有单位就业人员(万人)	69	89	126	143	149
① 房地产业国有单位就业人员(万人)	22	16	20	26	32
① 租赁和商务服务业国有单位就业人员(万人)	96	99	104	117	118
① 科学研究、技术服务和地质勘查业国有单位就业人员(万人)	152	150	183	206	215
① 水利、环境和公共设施管理业国有单位就业人员(万人)	122	130	168	196	204
① 居民服务和其他服务业国有单位就业人员(万人)	12	12	19	18	21
① 教育业国有单位就业人员(万人)	1637	1540	1565	1582	1594
① 卫生、社会保障和社会福利业国有单位就业人员(万人)	894	835	786	774	752
① 文化、体育和娱乐业国有单位就业人员(万人)	85	82	92	99	103
① 公共管理和社会组织国有单位就业人员(万人)	1957	1957	1792	1710	1658

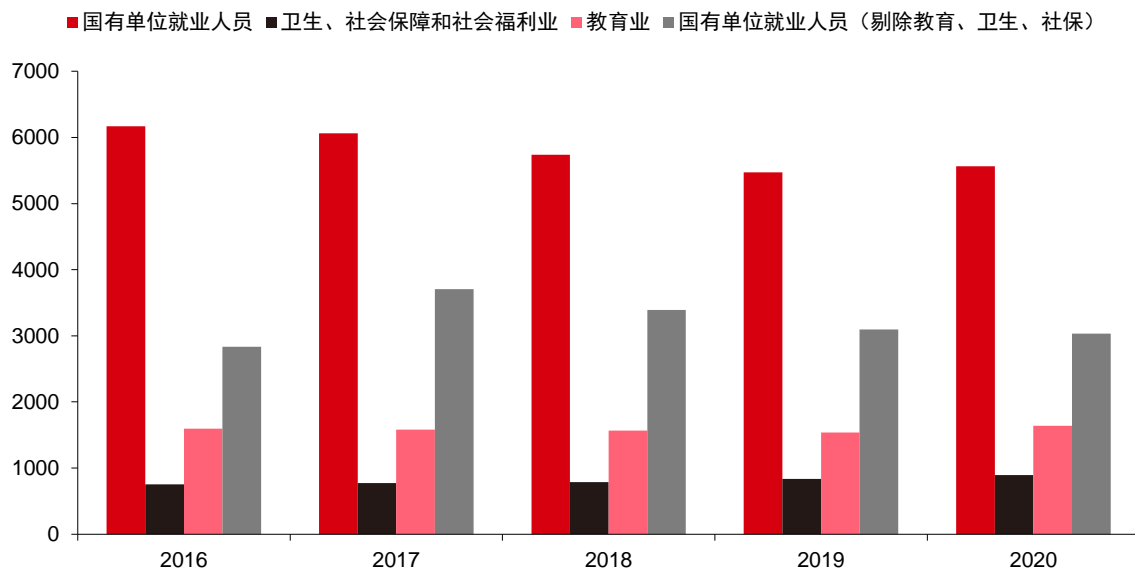
资料来源：国家统计局



## 4.2 PC：党政信创-使用中口径进行人数测算，共有3032万目标人群

- 党政信创：依据国管属性将国有就业人员分为：小口径、中口径、大口径（\*行业分类口径来自《国民经济行业分类（GB/T4754-2017）》）
  - 中口径：考虑到教育、卫生社会保障等领域就业人员众多。我们预计其信创进展或晚于党政机关或其他事业单位，因此剔除上述领域。
  - 我们认为中口径是目前党政信创产业的核心市场，在之后使用中口径进行测算，中口径党政信创市场人群为3032万人。

剔除教育、卫生、社保和社会福利业后的国有单位就业人员数 (万人)



资料来源：国家统计局，中信证券研究部

不同口径下党政、事业单位信创市场人群

	人数	统计范围	数据来源
小口径	1957万	政府机关工作人员	国家统计局：公共管理、社会保障和社会组织
中口径	3032万	政府机关+事业单位 (含教育、卫生等)	国家统计局：国有单位就业人员，剔除教育、卫生、社会保障和社会福利业
大口径	5563万	政府机关+事业单位 (不含教育、卫生等)	国家统计局：国有单位就业人员

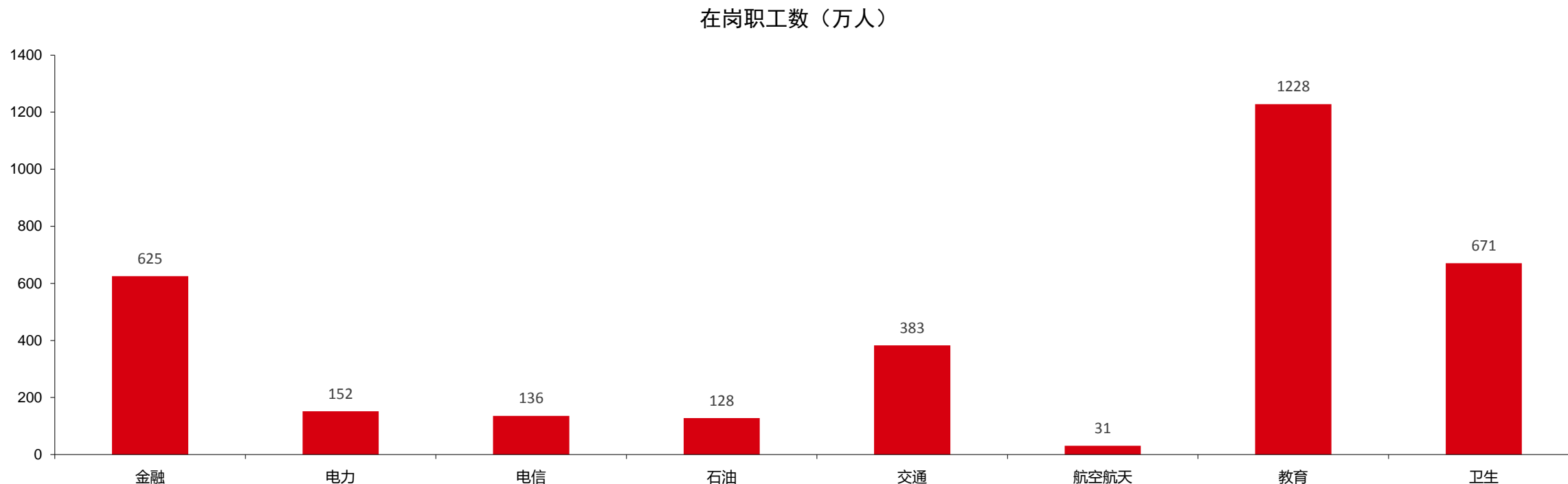
资料来源：中信证券研究部测算，参照已外发报告《计算机行业“构筑中国科技基石”系列报告16—信创市场：空间测算》（2022-04-13）

## 4.2 PC：行业信创-“八大关键行业”国有性在在岗职工数量约3354万人

### ■ 行业信创：“八大关键行业”国有性在在岗职工数量约3354万人。

- 我们参考《中国财政年鉴2020》、国家统计局、住建部、各公司官网公告等，分行业测算得到“八大行业”在岗人数。金融（625万）、电力（152万）、电信（136万）、石油石化（128万）、交通运输（383万）、航空航天（31万）、教育（1228万）、医疗（671万）。

行业信创测算八大行业在岗职工数（万人）

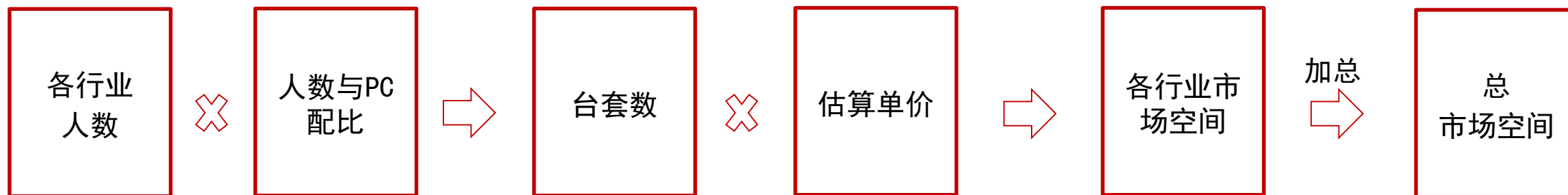


资料来源：国家统计局，中信证券研究部测算

## 4.2 PC：预计PC终端总信创CPU市场规模为447亿元

- 假设PC信创替换周期是5年，考虑总体市场空间。
- 测算逻辑推导：
  - 各行业人数：考虑党政以及八大关键行业，其中党政采用中口径进行测算；八大关键行业包括金融、电力、电信、石油石化、交通运输、航空航天、教育、医疗，使用2020年中国财政年鉴数据计算在岗人数，并加总。
  - 人数与PC配比：对于多行业进行综合考虑，假设人数:PC为1:0.7。
  - 估算单价：参考某H厂商对应CPU产品2020-2021年均价1005元，使用1000元作为估算单价。

### 计算公式推导



## 4.2 PC：预计PC终端总信创CPU市场规模为447亿元

预计PC终端信创CPU市场规模为447亿元，平均每年占总PC端CPU市场比重为15.68%

	估算单价(元)	合计	政府	教育	卫生	金融	交通	电力	电信	石油	航空航天
人数(万)		6386	3032	1228	671	625	383	152	136	128	31
台套数(万)		4470	2122	860	470	438	268	106	95	90	22
信创市场空间(亿元)	1000	447	212	86	47	44	27	11	10	9	2
占比			47.43%	19.24%	10.51%	9.84%	6.04%	2.46%	2.24%	2.01%	0.45%
2021年PC端CPU市场规模(亿元)		570									
信创单年(1/5)占总PC端CPU市场比重		15.68%									

资料来源：国家统计局，中信证券研究部测算，参考已外发研报《计算机行业“构筑中国科技基石”系列报告16—信创市场：空间测算》（2022-4-13）

## 4.3 服务器：2025年中国芯片自给率目标为70%，信创市场空间广阔

### ■ 2025年中国芯片自给率目标为70%，信创市场空间广阔。

- 国务院印发的《中国制造2025》提出：“到2025年，70%的核心基础零部件、关键基础材料实现自主保障。”其中，核心基础零部件包括嵌入式CPU。
- 扶持和优惠政策出台，加速信创进程。国产自主可控成为国家发展的主旋律，国内在关键领域自主化的进程将提速。扶持政策主要集中于以下三方面：1) 对CPU相关企业给予资金支持以及财税优惠；2) 加强应用端扶持，推动信创采购工作，政府采购清单中的整机产品应用信创芯片；3) 强调人才培养，重点培养相应的集成电路领域人才。

#### CPU产业相关政策

时间	政策	部门	主要内容
2011年2月	《进一步鼓励软件产业和集成电路产业发展的若干政策》	国务院	延续增值税、所得税和进口税等优惠措施，鼓励兼并重组、保护知识产权
2014年6月	《国家集成电路产业发展推进纲要》	国务院	明确行业发展增速、缩小差距等目标，提出重点领域芯片发展、产业生态建设、安全可控产业体系建设等任务
2016年7月	《国家信息化发展战略纲要》	中央办公厅、国务院办公厅	提出打造国际先进、安全可控的核心技术体系，带动集成电路、基础软件、核心元器件等薄弱环节实现根本突破
2016年12月	《“十三五”国家信息化规划》	国务院	指出要提升高端通用芯片、集成电路装备、基础软件等关键核心技术，构建先进、安全、可控的核心技术和产品体系
2019年5月	《关于集成电路设计和软件产业企业所得税政策的公告》	财政部、税务总局	符合条件的集成电路设计企业和软件企业，在2018年12月31日前自获利年度起计算优惠期，第一年至第二年免征企业所得税，第三年至第五年按照25%的法定税率减半征收
2020年8月	《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展的若干政策》	国务院	人才支持政策、企业培育支持政策、投融资支持政策，研发和应用支持政策、长三角协同创新政策、行业管理支持政策

## 4.3 服务器：党政信创采购引领，行业信创紧随其后

- **党政信创：党政信创加速推进，服务器采购有望成为主体。**
  - 2022年，《“十四五”推进国家政务信息化规划》的出台进一步催化党政信创发展，国产服务器的采购有望成为后续党政信创的主体。
- **行业信创：电信、金融领域并驾齐驱，赋能服务器市场需求增加。作为市场化程度较高的行业，国产化率持续提升，进一步印证了国产CPU厂商的产品性能在持续提升、生态持续丰富，竞争力不断增强。**
  - 1) 电信：中国移动2021-2022年第1批PC服务器集采项目中，国产芯片服务器华为鲲鹏和某H厂商总计达4.4万台，占整体招标量的27.03%。2022年3月，中国电信2022-2023年服务器集中采购项目中，G系列国产芯片采购规模为53401台，占比26.7%。
  - 2) 金融：金融信创国产替换步伐加快。2021年8月16日，兴业银行采购某H厂商服务器，采购项目价格1345亿元；2021年9月3日，上海浦发银行采购逾1亿元某H厂商服务器。

中国电信服务器2022-2023集中采购项目

中国电信2022-2023年服务器集采中标候选人

标包	产品名称	数量(台)	排名	中标候选人	投标报价(含税, 元)
7	服务器(G系列)	53401	1	紫光华山科技有限公司	3,530,336,579.19
			2	中兴通讯股份有限公司	3,526,976,098.18
			3	中科可控信息产业有限公司	3,374,684,813.94
			4	四川虹信软件股份有限公司	3,637,828,457.47
			5	同方股份有限公司	3,936,993,984.49
			6	湖南湘江鲲鹏信息科技有限责任公司	3,646,347,968.17
			7	烽火通信科技股份有限公司	4,024,867,955.37

资料来源：C114通信网

2021年兴业银行服务器采购项目招标公告

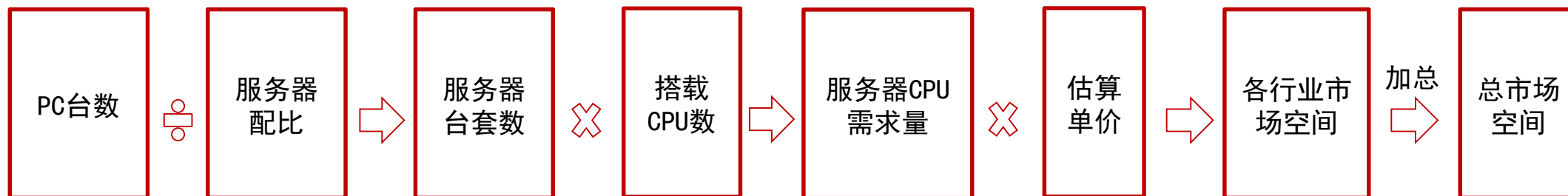
产品名称	数量	单位	单价(元)	总金额(元)
海光服务器物理机(海光32核)	33	台	193800.00	6395400.00
数仓调度节点服务器(海光32核)	8	台	334700.00	2677600.00
海光服务器物理机(海光32核)	26	台	136800.00	3556800.00
海光服务器物理机(海光32核)	4	台	217300.00	869200.00
海光服务器物理机(海光32核)	3	台	147700.00	443100.00
合计				13942100.00

资料来源：腾讯云官网

## 4.3 服务器：预计服务器总信创CPU市场规模为1226亿元

- 假设服务器信创替换周期是6年，考虑总体市场空间。
- 测算逻辑推导：
  - PC台数：见4.2，按各行业人数与PC配比测算。
  - 服务器配比：按照各行业实际情况计算。
  - 搭载CPU数：参考X86服务器各路数占比，预计2路/4路/8路将成为主流，平均每一服务器搭载2片CPU。
  - 估算单价：参考某H厂商服务器端CPU产品2020-2021年均价7622元，由于服务器端CPU性能逐渐提升，给予其31%的溢价率，以10000元作为平均估算单价

### 计算公式推导



## 4.3 服务器：预计服务器总信创CPU市场规模为1226亿元

预计服务器信创CPU市场规模为1226亿元，平均每年占总服务器CPU市场比重为25.57%

	估算单价(元)	合计	政府	金融	电力	电信	石油	交通	航空航天	教育	卫生
PC台数(万)		2348	2122	438	106	95	90	268	22	860	470
服务器配比		3.8:1	20:01	3:01	5:01	1:02	15:01	5:01	10:01	15:01	15:01
服务器台套数(万)		614	106	146	21	190	6	54	2	57	31
服务器CPU需求量(万片)		1226	212	292	42	380	12	108	4	114	62
市场空间(亿元)	<b>10000</b>	<b>1226</b>	<b>212</b>	<b>292</b>	<b>42</b>	<b>380</b>	<b>12</b>	<b>108</b>	<b>4</b>	<b>114</b>	<b>62</b>
占比			17.29%	23.82%	3.43%	31.00%	0.98%	8.81%	0.33%	9.30%	5.06%
服务器端CPU市场(亿元)		<b>799</b>									
信创单年(1/6)占总服务器端CPU市场比重		<b>25.57%</b>									

资料来源：国家统计局，中信证券研究部测算，参考已外发研报《计算机行业“构筑中国科技基石”系列报告16—信创市场：空间测算》（2022-4-13）



## 5. 风险因素

---

- **1) 产业链风险：**国外CPU行业起步较早，产业链中诸如EDA工具，芯片制造等产业链重要环节国内与海外仍有较大差距。介于中美贸易、科技摩擦的背景，国内企业受到制裁导致原有产业链断裂的可能仍存在。
- **2) 市场竞争加剧：**全球CPU市场由Intel、AMD主导，国内市场由于政策红利玩家众多，并且均有一定规模。随着国内外厂商技术不断升级和国内政策支持不断加码，CPU市场竞争程度或将加剧。对于上市公司的经营能力、技术升级等方面提出更高要求。
- **3) 国产化进度不及预期风险：**由于目前国产CPU与Intel、AMD等仍存在性能差距，同时替换CPU会产生替换成本，导致党政信创和行业信创领域CPU国产化实际进度低于预期。
- **4) 商业需求不及预期风险。**由于国产CPU在性能和生态建设方面与Intel、AMD等存在差距，在纯商业化领域失去政策驱动，可能因为自身产品竞争力不足，导致需求低于预期。
- **5) 产品研发不及预期风险。**产品研发需要持续投入大量资金人才，且研发成果不确定性较高。倘若研发进度不及预期或研发失败，企业将可能面临亏损。

## 6.投资建议

---

## ■ 投资建议：

- 通过对CPU的各类重要参数的研究，我们提出CPU的核心竞争力在于微架构等因素先进带来性能领先和丰富生态。
- 借鉴这一研究框架并通过复盘Intel/AMD的竞争史，再次验证在同为x86生态下，Intel凭借自身性能的领先性始终占有CPU超50%的市场份额，在奔腾、酷睿时代更是全面领先；AMD也两度凭借速龙、锐龙的优异架构和产业的开放性完成性能反超，近年实现强势崛起。这些经验对国产厂商具有一定的借鉴意义，国产厂商正持续大力投入研发实现CPU架构创新升级和快速迭代步调，力争赶超国际领先水平；同时加大生态建设力度，打造自主开放的软硬件生态和信息产业体系。
- 近年来，信创产业迎来黄金发展期，短期区县/八大行业信创接棒进一步打开新市场空间，**2022H2有望成为新一轮爆发起点**；中长期来看，信创产业有望逐步走向全面市场驱动。目前供给端国产CPU厂商在全球主流的X86路线和MIPS/ARM等自主路线领域的产品性能和产业生态构建在持续突破和完善，已开始具备应对需求爆发式增长的供给能力。伴随着未来信创放量，**国产CPU厂商有望迎来高速成长黄金期。**
- 料外部不确定性背景下，信创自主可控需求加速，伴随政策大力扶持、区县/行业信创需求接棒、产品性能提升、产业生态完善，国产CPU厂商有望加速崛起。**重点看好CPU领域龙头厂商长期机遇，建议关注国产x86架构CPU龙头和MIPS/ARM等新架构领军者。**



# 感谢您的信任与支持！

THANK YOU

杨泽原（计算机行业首席分析师）

丁奇（云基础设施首席分析师）

联系人：马庆刘

执业证书编号：S1010517080002

执业证书编号：S1010519120003

## 分析师声明

主要负责撰写本研究报告全部或部分内容的分析师在此声明：(i) 本研究报告所表述的任何观点均精准地反映了上述每位分析师个人对标的证券和发行人的看法；(ii) 该分析师所得报酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来均不会直接或间接地与研究报告所表述的具体建议或观点相联系。

## 一般性声明

本研究报告由中信证券股份有限公司或其附属机构制作。中信证券股份有限公司及其全球的附属机构、分支机构及联营机构（仅就本研究报告免责条款而言，不含CLSA group of companies），统称为“中信证券”。

本研究报告对于收件人而言属高度机密，只有收件人才能使用。本研究报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。本研究报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。中信证券并不因收件人收到本报告而视其为中信证券的客户。本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断并自行承担投资风险。

本报告所载资料的来源被认为是可靠的，但中信证券不保证其准确性或完整性。中信证券并不对使用本报告或其所包含的内容产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他损失承担任何责任。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可跌可升。过往的业绩并不能代表未来的表现。

本报告所载的资料、观点及预测均反映了中信证券在最初发布该报告日期当日分析师的判断，可以在不发出通知的情况下做出更改，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与中信证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。中信证券并不承担提示本报告的收件人注意该等材料的责任。中信证券通过信息隔离墙控制中信证券内部一个或多个领域的信息向中信证券其他领域、单位、集团及其他附属机构的流动。负责撰写本报告的分析师的薪酬由研究部门管理层和中信证券高级管理层全权决定。分析师的薪酬不是基于中信证券投资银行收入而定，但是，分析师的薪酬可能与投行整体收入有关，其中包括投资银行、销售与交易业务。

若中信证券以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构为此发送行为承担全部责任。该机构的客户应联系该机构以交易本报告中提及的证券或要求获悉更详细信息。本报告不构成中信证券向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议，中信证券以及中信证券的各个高级职员、董事和员工亦不为（前述金融机构之客户）因使用本报告或报告载明的内容产生的直接或间接损失承担任何责任。

## 评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后6到12个月内的相对市场表现，也即：以报告发布日后的6到12个月内的公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A股市场以沪深300指数为基准，新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以摩根士丹利中国指数为基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准；韩国市场以科斯塔克指数或韩国综合股价指数为基准。	股票评级	买入	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅20%以上
		增持	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于5%~20%之间
		持有	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-10%~5%之间
		卖出	相对同期相关证券市场代表性指数跌幅10%以上
	行业评级	强于大市	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅10%以上
		中性	相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-10%~10%之间
弱于大市		相对同期相关证券市场代表性指数跌幅10%以上	

## 特别声明

在法律许可的情况下，中信证券可能（1）与本研究报告所提到的公司建立或保持顾问、投资银行或证券服务关系，（2）参与或投资本报告所提到的公司的金融交易，及/或持有其证券或其衍生品或进行证券或其衍生品交易。本研究报告涉及具体公司的披露信息，请访问<https://research.citicsinfo.com/disclosure>。

## 法律主体声明

本研究报告在中华人民共和国（香港、澳门、台湾除外）由中信证券股份有限公司（受中国证券监督管理委员会监管，经营证券业务许可证编号：Z20374000）分发。本研究报告由下列机构代表中信证券在相应地区分发：在中国香港由CLSA Limited（于中国香港注册成立的有限公司）分发；在中国台湾由CL Securities Taiwan Co., Ltd.分发；在澳大利亚由CLSA Australia Pty Ltd.（商业编号：53 139 992 331/金融服务牌照编号：350159）分发；在美国由CLSA（CLSA Americas, LLC除外）分发；在新加坡由CLSA Singapore Pte Ltd.（公司注册编号：198703750W）分发；在欧洲经济区由CLSA Europe BV分发；在英国由CLSA（UK）分发；在印度由CLSA India Private Limited分发（地址：8/F, Dalamal House, Nariman Point, Mumbai 400021；电话：+91-22-66505050；传真：+91-22-22840271；公司识别号：U67120MH1994PLC083118）；在印度尼西亚由PT CLSA Sekuritas Indonesia分发；在日本由CLSA Securities Japan Co., Ltd.分发；在韩国由CLSA Securities Korea Ltd.分发；在马来西亚由CLSA Securities Malaysia Sdn Bhd分发；在菲律宾由CLSA Philippines Inc.（菲律宾证券交易所及证券投资者保护基金会）分发；在泰国由CLSA Securities (Thailand) Limited分发。

## 针对不同司法管辖区的声明

**中国大陆：**根据中国证券监督管理委员会核发的经营证券业务许可，中信证券股份有限公司的经营经营范围包括证券投资咨询业务。

**中国香港：**本研究报告由CLSA Limited分发。本研究报告在香港仅分发给专业投资者（《证券及期货条例》（香港法例第571章）及其下颁布的任何规则界定的），不得分发给零售投资者。就分析或报告引起的或与分析或报告有关的任何事宜，CLSA客户应联系CLSA Limited的罗鼎，电话：+852 2600 7233。

**美国：**本研究报告由中信证券制作。本研究报告在美国由CLSA（CLSA Americas, LLC除外）仅向符合美国《1934年证券交易法》下15a-6规则界定且CLSA Americas, LLC提供服务的“主要美国机构投资者”分发。对身在美国的任何人士发送本研究报告将不被视为对本报告中所评论的证券进行交易的建议或对本报告中所持任何观点的背书。任何从中信证券与CLSA获得本研究报告的接收者如果希望在美国交易本报告中提及的任何证券应当联系CLSA Americas, LLC（在美国证券交易委员会注册的经纪交易商），以及CLSA的附属公司。

**新加坡：**本研究报告在新加坡由CLSA Singapore Pte Ltd.，仅向（新加坡《财务顾问规例》界定的）“机构投资者、认可投资者及专业投资者”分发。就分析或报告引起的或与分析或报告有关的任何事宜，新加坡的报告收件人应联系CLSA Singapore Pte Ltd，地址：80 Raffles Place, #18-01, UOB Plaza 1, Singapore 048624，电话：+65 6416 7888。因您作为机构投资者、认可投资者或专业投资者的身份，就CLSA Singapore Pte Ltd.可能向您提供的任何财务顾问服务，CLSA Singapore Pte Ltd.豁免遵守《财务顾问法》（第110章）、《财务顾问规例》以及其下的相关通知和指引（CLSA业务条款的新加坡附件中证券交易服务C部分所披露）的某些要求。MCI（P）085/11/2021。

**加拿大：**本研究报告由中信证券制作。对身在加拿大的任何人士发送本研究报告将不被视为对本报告中所评论的证券进行交易的建议或对本报告中所持任何观点的背书。

**英国：**本研究报告归属于营销文件，其不是按照旨在提升研究报告独立性的法律要件而撰写，亦不受任何禁止在投资研究报告发布前进行交易的限制。本研究报告在英国由CLSA（UK）分发，且针对由相应本地监管规定所界定的在投资方面具有专业经验的人士。涉及到的任何投资活动仅针对此类人士。若您不具备投资的专业经验，请勿依赖本研究报告。

**欧洲经济区：**本研究报告由荷兰金融市场管理局授权并管理的CLSA Europe BV分发。

**澳大利亚：**CLSA Australia Pty Ltd（“CAPL”）（商业编号：53 139 992 331/金融服务牌照编号：350159）受澳大利亚证券与投资委员会监管，且为澳大利亚证券交易所及CHI-X的市场参与主体。本研究报告在澳大利亚由CAPL仅向“批发客户”发布及分发。本研究报告未考虑收件人的具体投资目标、财务状况或特定需求。未经CAPL事先书面同意，本研究报告的收件人不得将其分发给任何第三方。本段所称的“批发客户”适用于《公司法（2001）》第761G条的规定。CAPL研究覆盖范围包括研究部门管理层不时认为与投资者相关的ASX All Ordinaries 指数成分股、离岸市场上市证券、未上市发行人及投资产品。CAPL寻求覆盖各个行业中与其国内及国际投资者相关的公司。

**印度：**CLSA India Private Limited，成立于1994年11月，为全球机构投资者、养老基金和企业提供股票经纪服务（印度证券交易委员会注册编号：INZ000001735）、研究服务（印度证券交易委员会注册编号：INH000001113）和商人银行服务（印度证券交易委员会注册编号：INM000010619）。CLSA及其关联方可能持有标的公司的债务。此外，CLSA及其关联方在过去12个月内可能已从标的公司收取了非投资银行服务和/或非证券相关服务的报酬。如需了解CLSA India“关联方”的更多详情，请联系 Compliance-India@cls.com。

未经中信证券事先书面授权，任何人不得以任何目的复制、发送或销售本报告。

中信证券2022版权所有。保留一切权利。