

SOC芯片研究框架

Research Framework Of SOC field

郑宏达 Nathan Zheng, hongda.zheng@htisec.com

华晋书 Jinshu Hua, js.hua@htisec.com

2022年9月9日



For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

1. SoC概况
 - 1.1 SoC简介
 - 1.2 SoC发展历程及未来发展趋势
 - 1.3 SoC市场概况
2. SoC产业链
 - 2.1 SoC产业链概况
 - 2.2 产业链上游情况
 - 2.3 产业链中游情况
 - 2.4 产业链下游及终端应用
3. 成长驱动力
 - 3.1 前述：AI
 - 3.2 汽车
 - 3.3 智能手机
 - 3.4 平板与笔记本电脑
 - 3.5 服务器
 - 3.6 AIoT
 - 3.7 安防
 - 3.8 AR/VR
4. 总结

1.1 SoC简介：SoC在一块芯片上集成整个信息处理系统

- ▶ **片上系统SoC (System on Chip)**，即在一块芯片上集成一整个信息处理系统，简单来说 SoC 芯片是在中央处理器CPU的基础上扩展音视频功能和专用接口的超大规模集成电路，是智能设备的“大脑”。
- ▶ **应用处理器AP (Application Processor)** 是SoC中包含CPU在内的所有计算芯片的集成物。智能手机SoC通常包含AP和基带处理器BP等，AP负责应用程序的运行，BP负责收发无线信号。有时将AP和SoC混用。
- ▶ 随着半导体工艺的发展，传统MCU已经不能完全满足智能终端的需求，SoC应运而生，凭借其性能强、功耗低、灵活度高的特点，使单芯片能够完成完整的电子系统。SoC在移动计算（例如智能手机和平板电脑）和边缘计算市场中非常普遍。它们也常用于嵌入式系统，如WiFi路由器和物联网。
- ▶ 当前 SoC已成为功能最丰富的硬件，集成了CPU、GPU、RAM、ADC、DAC、Modem、高速DSP等各个功能模块，部分SoC还集成了电源管理模块、各种外部设备的控制模块，同时还需要考虑各总线的分布利用等。

SoC类型	
1	围绕微控制器(MCU)构建的 SoC
2	围绕微处理器(MPU)构建的SoC，常见于手机中
3	针对特定应用构建的SoC
4	可编程SoC (PSoC)，其中大多数功能是固定的，但某些功能可以以类似于现场可编程门阵列的方式重新编程

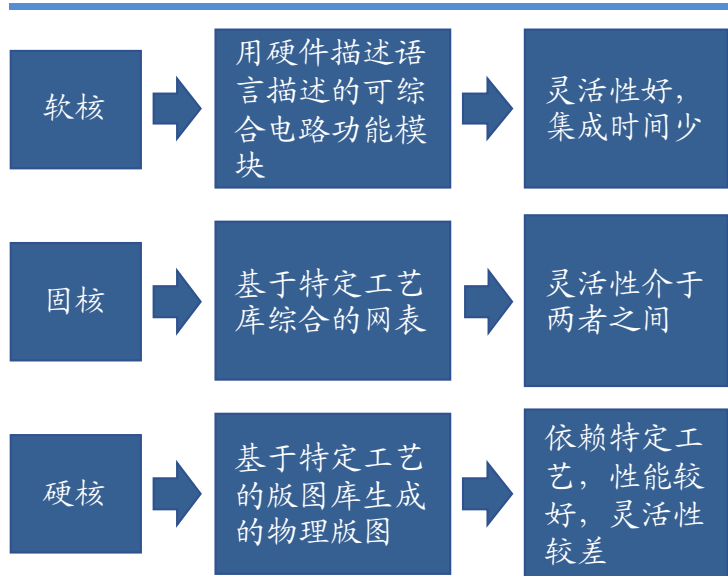
For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

1.1 SoC简介：IP核是构成SoC的基本单元

- **IP核（Intellectual Property Core）**，即知识产权核，在集成电路设计行业中指已验证、可重复利用、具有某种确定功能的芯片设计模块。SoC是以IP模块为基础的设计技术，IP是SoC应用的基础。
- IP核可以划分为CPU、GPU、DSP、VPU、总线、接口等6个类别，也可按软核、固核、硬核分类。

类别	主要功能
CPU	中央处理单元，基于该CPU运行系统软件/应用软件，配合芯片内部的其他硬件模块，实现产品的各种功能。
GPU	图形处理单元，基于该GPU实现可运行于各种游戏、图形UI界面的渲染和特效、高性能计算等。
DSP	用于运行运算量较大的算法软件或应用软件，比如视频编解码、图形图像处理、视觉影像处理、语音处理等。
VPU	视频/图像编码、解码单元，用硬件加速引擎分别实现视频/图像数据的编码、压缩和终端产品上各种格式视频的解码、播放。
总线	用于SoC芯片内部主设备和从设备之间的数据访问和互联互通，高性能的实现各种主设备同时访问多个从设备。
接口	实现SoC芯片和其他芯片或外设的连接，用于SoC芯片外接存储器、摄像头、各种显示屏（包括电视）、USB设备等或用于实现各种高速数据传输。

IP核分类

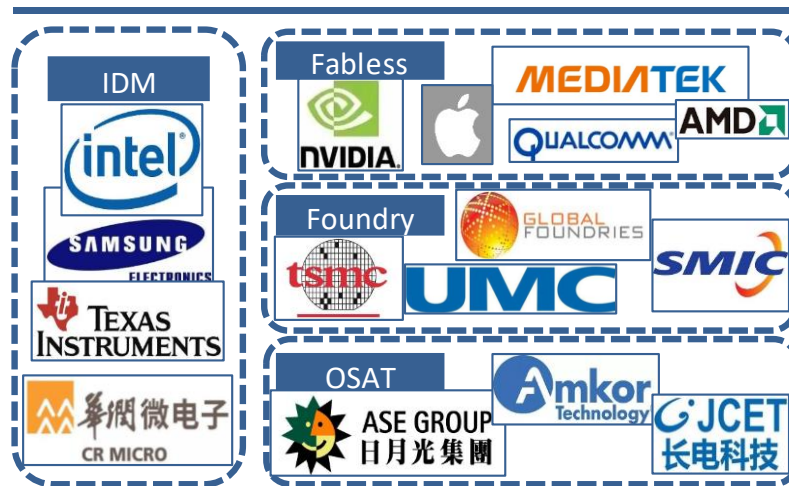


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

1.1 SoC简介：IP核授权技术的诞生和发展为SoC奠定了基础

- SoC的概念和设计技术始于20世纪90年代中期。早期芯片设计难度较低，半导体公司多为集设计、制造、封测为一体的IDM厂商。随着半导体产业和工艺的进步，往后芯片随着摩尔定律不断更新迭代，晶片设计和制造的成本和难度均大幅上升，单一厂商难以承担高额研发及制造费用。20世纪80年代，台积电的成立不断引导半导体产业朝“Fabless（设计）+Foundry（制造）+OSAT（封测）”分工方向发展。
- 1990年IP龙头Arm诞生，开创了IP核授权模式。Arm负责芯片架构设计，并将IP核授权给Fabless厂商。随着超大规模集成电路的发展，集成电路（IC）逐渐向集成系统（IS）转变，IC设计厂商趋向于将复杂功能集成到单硅片上，SoC的概念逐渐形成。例如，三星等厂商根据产品需求将基于ARM架构的CPU处理器和各类外围IP组合得到包含许多组件的SoC，根据不同应用需求，内部组件封装不尽相同。1994年Motorola发布的Flex Core系统和1995年LSILogic公司为Sony公司设计的SoC, 是基于IP核完成SoC设计的最早报导。

半导体产业两种运作模式

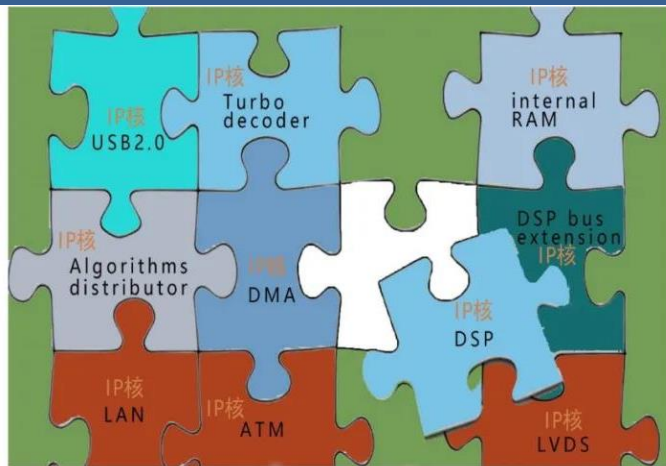


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

1.1 SoC简介：IP核复用技术利于IC设计行业发展

- ▶ 一般来说，一个SoC芯片由设计厂商自主设计的电路和多个外购IP核组成。IP核复用即向IP厂商购买已有的IP核，并进行布局、连接、检查和验证。
- ▶ IP核授权模式能够在SoC中调用已设计好的具有独立功能的模块，一方面能够简化设计流程、加快了设计速度，降低设计难度，另一方面符合半导体分工发展的模式，使IC设计公司能摆脱IDM模式的束缚和壁垒，专注芯片设计，从而带动IC设计行业的发展。

IP复用类似于“拼图”



For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

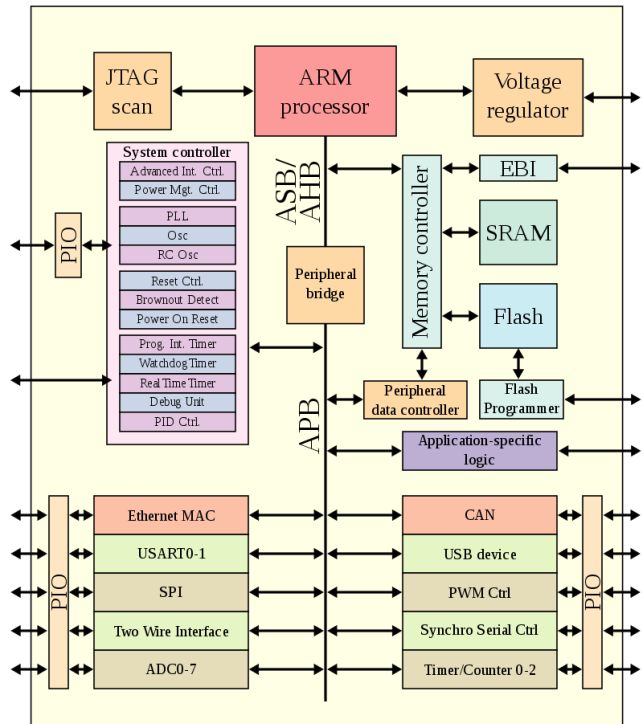
1.1 SoC简介: SoC结构

➤ 典型的SoC包括以下部分:

- 一个或多个处理器内核, 可以是MCU、MPU、数字信号处理器或专用指令集处理器内核;
- 存储器: 可以是RAM、ROM、EEPROM或闪存;
- 用于提供时间脉冲信号的振荡器和锁相环电路;
- 由计数器和计时器、电源电路组成的外设;
- 不同标准的连线接口, 如USB、火线、以太网、通用异步收发;
- 用于在数字信号和模拟信号之间转换的ADC/DAC;
- 电压调理电路及稳压器。

➤ 在外设内部, 各组件通过芯片上的互联总线相互连接。ARM公司推出的AMBA片上总线主要包括高性能系统总线AHB、通用系统总线ASB、外围互联总线APB、可拓展接口AXI。AHB主要针对高效率、高频宽及快速系统模块; ASB可用于某些高速且不必要使用AHB总线的场合作为系统总线; APB主要用于低速、低功率的外围, AXI在AMBA3.0协议中增加, 可以用于ARM和FPGA的高速数据交互。

基于ARM的SoC



For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

1.1 SoC简介: SoC vs. MCU

- MCU(Micro Control Unit)微控制器，芯片级的芯片。MCU将计算机的CPU、RAM、ROM、定时计数器和多种I/O接口集成在一片芯片上，只提供最少的内存、接口、处理能力等，专注于小型嵌入式控制系统或控制应用程序。
- SoC是系统级的芯片，可能包含许多MCU，适用于具有更多要求和更复杂的应用程序。SoC是一个完整的单芯片计算机系统，能够执行具有更高资源需求的复杂任务。

MCU	SoC
包含具有较少特定外设的芯片	包含具有更多特定外设的芯片
适用于复杂性较低的小型控制应用	用于具有更多要求和更复杂的应用程序
成本较低	成本较高
集成度较低	集成功能丰富
没有操作系统	可以基于 MPU 或 MCU
功耗低	功耗取决于应用
内存通常以 KB 或更少为单位，有时为 MB	内存通常从 MB 到 GB 不等
典型的外部存储从 KB 到 MB 不等，包括 Flash、EEPROM	典型的外部存储从 MB 到 TB 不等，包括闪存、SSD、HDD
4位、8位、16位、32位	16位、32位、64位
时钟频率：通常工作频率在1MHz~200 MHz，典型的8位通常以8 MHz运行，而32位微控制器的时钟频率可达数百 MHz	时钟频率：高端、次高端SoC通常在1.5GHz以上，专用型SoC通常为数百 MHz

MCU芯片示意图



SoC芯片示意图



For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

1.1 SoC简介：指令集

CPU指令结构	授权主体	授权厂商	应用领域	
RISC	ARM	ARM (被软银收购)	高通、三星、苹果、AMD、TI、飞腾、华为、华芯通	嵌入式、桌面、服务器
	MIPS	MIPS (被收购)	龙芯、君正	服务器、桌面
	Power PC	IBM	浪潮	服务器
	RISC-V	无	Microsemi、晶心科技、平头哥、华米	IoT、智能手机
	Alpha	DEC	申威	服务器、桌面
	Xtensa	Cadence	Tensilica	嵌入式
CISC	X86	Intel、AMD	兆芯、海光	嵌入式、服务器、桌面

- 指令集是CPU的一种设计模式，分为精简指令集RISC和复杂指令集CISC两种。其中，ARM、MIPS、Power、Alpha等均是基于RISC架构，X86则是基于CISC的架构。
- X86架构占据了服务器和桌面领域的垄断地位，ARM架构占据了嵌入式领域的绝大部分市场，而MIPS、Power、RISC-V等也在相关特殊领域占有一定的市场份额。
- SoC处理器内核通常都使用ARM、RISC-V指令集架构，因为在嵌入式和移动计算市场中面积和功率通常受严格限制。

主流指令结构	优势	劣势
X86	<ul style="list-style-type: none"> 高性能 桌面市场规模大 	<ul style="list-style-type: none"> 高功耗 不对外授权
ARM	<ul style="list-style-type: none"> 低功耗、小体积、高性能 指令执行速度快 研发成本低、研发速快 	<ul style="list-style-type: none"> 单核性能弱于X86 高额授权费及版税
RISC-V	<ul style="list-style-type: none"> 开源，无授权费 功耗更低，体积更小，开发周期更短 	<ul style="list-style-type: none"> 开发生态、支持和工具弱

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

1.1 SoC简介：ARM指令结构已发展到第九代

- ARM开发了ARM架构并授权其他公司使用并自主开发SoC，当前ARM架构在移动端核心CPU占据绝对主导份额。从1985年ARMv1架构诞生起到2021年，ARM架构已发展到第九代。2021年正式推出的ARMv9指令集，在兼容ARMv8的基础上进一步提升处理器性能、安全性、矢量计算、机器学习和数字信号处理。基于ARMv9开发的处理器将在2022年正式商用，可能应用于下一代骁龙等SoC。

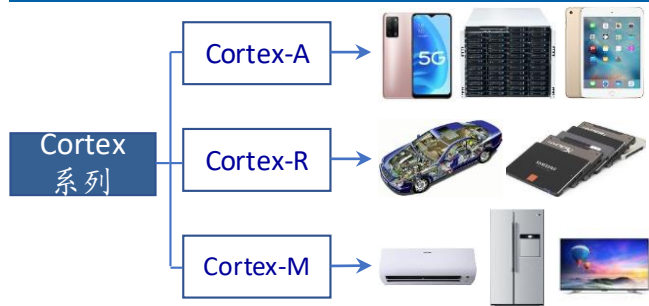
架构	内核微架构
ARMv1	ARM1
ARMv2	ARM2, ARM250, ARM3
ARMv3	ARM6、ARM7
ARMv4	ARM8、ARM7TDMI, ARM9TDMI, SecurCore SC100
ARMv5	ARM7EJ、ARM9E、ARM10E
ARMv6	ARM11、ARM Cortex-M0, ARM Cortex-M0+, ARM Cortex-M1, SecurCore SC000
ARMv7	ARM Cortex-M3, SecurCore SC300, ARM Cortex-M4, ARM Cortex-M7, ARM Cortex-R4, ARM Cortex-R5, ARM Cortex-R7, ARM Cortex-R8, ARM Cortex-A5, ARM Cortex-A7, ARM Cortex-A8, ARM Cortex-A9, ARM Cortex-A12, ARM Cortex-A15, ARM Cortex-A17...
ARMv8	ARM Cortex-M23, ARM Cortex-M33, ARM Cortex-M35P, ARM Cortex-M55, ARM Cortex-R52, ARM Cortex-R82, ARM Cortex-A32, ARM Cortex-A35, ARM Cortex-A53, ARM Cortex-A57, ARM Cortex-A72, ARM Cortex-A73, ARM Cortex-A34, ARM Cortex-A55, ARM Cortex-A75, ARM Cortex-A76, ARM Cortex-A77, ARM Cortex-A78, ARM Cortex-X1, ARM Neoverse N1, ARM Cortex-A65, ARM Neoverse E1...
ARMv9	Cortex-X2、Cortex-A710、Cortex-A510...

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

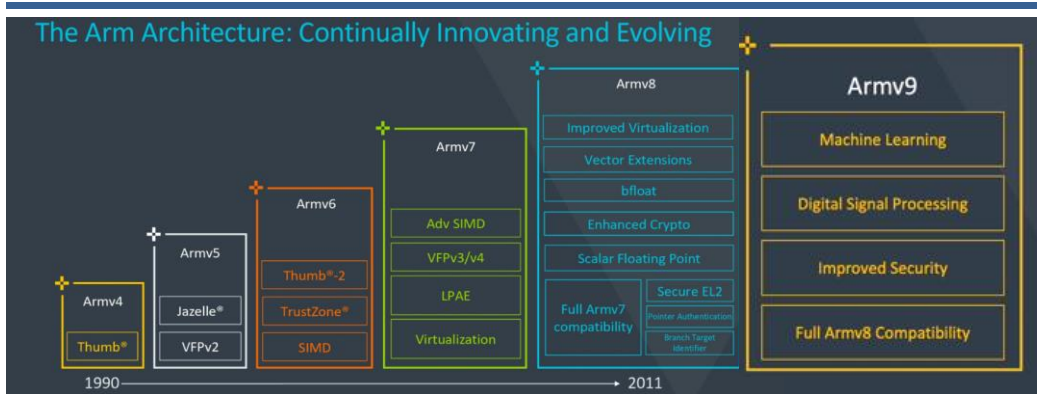
1.1 SoC简介: ARM Cortex系列针对不同应用领域

- ARMv7架构开始，ARM改以Cortex命名，并分为“应用”配置Cortex-A系列，“嵌入式”配置Cortex-R系列、“微处理器”配置ARM Cortex-M系列。Cortex-A面向高性能应用处理器内核，如智能手机、平板电脑、机顶盒、网络设备、服务器等。Cortex-R针对高性能实时应用场景，如汽车应用、消费电子等。Cortex-M系列主要面向嵌入式设备和IoT设备，对功耗和尺寸要求较高，应用于微控制器、传感器、通信模组、智能家居等。

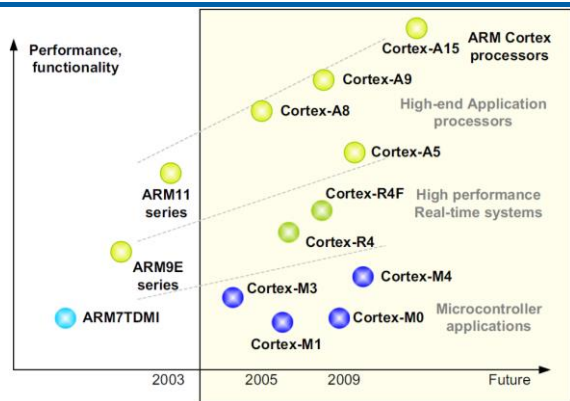
Cortex系列应用领域



ARM架构发展历程



Cortex系列发展历程

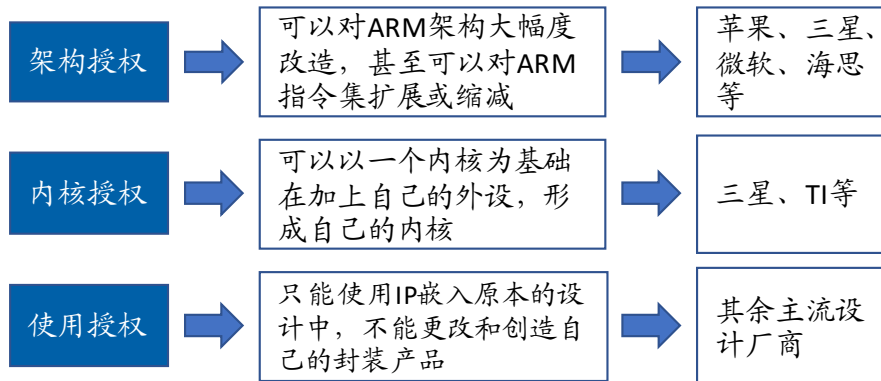


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

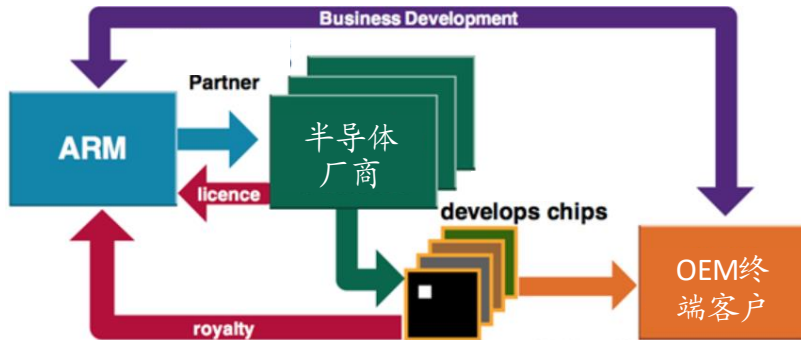
1.1 SoC简介：ARM两类核心收费模式

- 近20年，智能移动设备兴起，基于精简指令集架构的ARM内核IP凭借着低成本、高性能、低功耗的特点和IP授权模式，在智能手机、平板电脑等移动终端SoC等下游领域取得成功，占据了绝大部分市场份额，有强势定价权。国内主要半导体厂商和用户如华为、小米、中兴、瑞芯微等设计的商用SoC和物联网设备绝大多数使用ARM技术。
- ARM核心收费模式：授权费（license fee）、版税（royalty）。ARM授权技术给芯片设计公司，设计公司缴纳授权费，生产芯片后，发芯片给OEM终端客户，并按芯片发货量缴纳版税给ARM，终端厂商付费给芯片代工厂；ARM也会为终端厂商提供技术和业务支持。

ARM主流授权模式



ARM商业模式



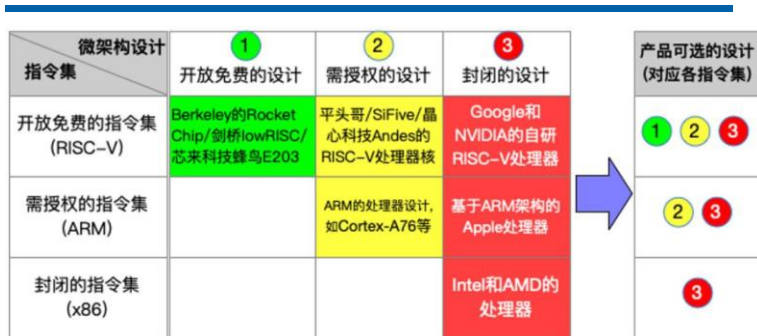
For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

1.1 SoC简介：RISC-V指令结构

➢ AI、5G、边缘计算的发展对计算技术提出新的需求，但绝大多数指令集架构都受到专利保护，如x86、MIPS、Alpha，遏制了创新发展。先前的指令集架构较复杂，且应用领域较单一，且不利于对特定应用进行自定义扩展，缺乏适用于多个领域的统一架构。为此，加州大学伯克利分校研究人员设计了新的指令集架构RISC-V，并以BSD授权的方式开源。近两年RISC-V架构大热，生态也发展较快，比较适合低功耗的应用场景，其开源、精简、可修改等特点决定了RISC-V将在物联网时代拥有巨大的发展前景，未来很可能发展成为世界主流指令结构之一。

名称	指令数	说明
基本指令集	RV32I	47 整数指令，32位寻址空间，32个32位寄存器
	RV32E	47 指令与RV32I一样，大寄存器数量为16个
	RV64I	59 整数指令，64位寻址空间，32个64位寄存器
	RV128I	71 整数指令，128位寻址空间，32个128位寄存器
扩展指令集	M	8 4条乘法，2条除法，4条余数操作指令
	A	11 包含原子操作指令
	F	26 包含单精度浮点指令
	D	26 包含双精度浮点指令
	Q	26 包含四倍精度浮点指令
	C	46 压缩指令集 指令长度16位

主要指令集产品可选的设计



For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

1.1 SoC简介：国内许多企业已成为RISC-V基金会会员



RISC-V基金会会员
(部分)

简介



阿里云创立于2009年，是全球领先的云计算及人工智能科技公司，为200多个国家和地区的企业、开发者和政府机构提供服务。阿里云致力于以在线公共服务的方式，提供安全、可靠的计算和数据处理能力，让计算和人工智能成为普惠科技。



华为创立于1987年，是全球领先的ICT（信息与通信）基础设施和智能终端提供商。华为引领5G、全光网络、智能IP、ADN等未来网络技术创新，与产业伙伴开放合作，打造全场景智能联接解决方案。



中兴通讯是全球领先的综合通信信息解决方案提供商，为全球电信运营商、政企客户和消费者提供创新的技术与产品解决方案。中兴致力于构建5G时代自主创新核心竞争力，将凭借领先的5G端到端全系列产品与解决方案，加速推进全球5G商用规模部署。



成为资本成立于1999年，是中国最早的独立风险投资机构之一。成为资本已投资的企业涉及通讯软件，企业软件，品牌消费品，生产制造，芯片设计，医疗和媒体行业。投资规模有从低于一百万美元的初创期投资到一两千万美元的发展期投资。



RISC-V 国际开源实验室（RIOS Lab）为RISC-V基金会的首要成员，于2019年11月正式揭牌。RIOS实验室将在RISC-V硬件和软件技术方面进行前沿研究，聚焦RISC-V开源指令集CPU研究领域，培养处理器和开放领域高端人才。源硬件设计。



紫光锐展是全球全面掌握2G/3G/4G/5G、Wi-Fi、蓝牙、电视调频、卫星通信等全场景通信技术的企业之一，并具备缺乏的大型芯片及套装片能力。包括移动中央处理器、基带芯片、人工智能芯片、通信尖端通信芯片、射频芯片等、计算及控制芯片。



希姆计算成立于2019年，致力于研发以RISC-V指令集架构为基础的人工智能领域专用架构处理器以及相应的软硬件一体化解决方案。



赛昉科技成立于2018年，是中国RISC-V技术和生态的领导者，拥有完整的、经过硅验证的RISC-V CPU IP产品线和平台化的软硬件全栈式芯片解决方案。产品广泛应用于智能家电、智能监控、工业机器人、智能物流、穿戴设备、边缘计算等领域。



中国科学院软件研究所（ISCAS）成立于1985年，是一个专注于计算机科学理论和软件前沿技术与开发的研究基地，其研究领域集中在计算机科学、计算机软件和计算机应用技术等领域。

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

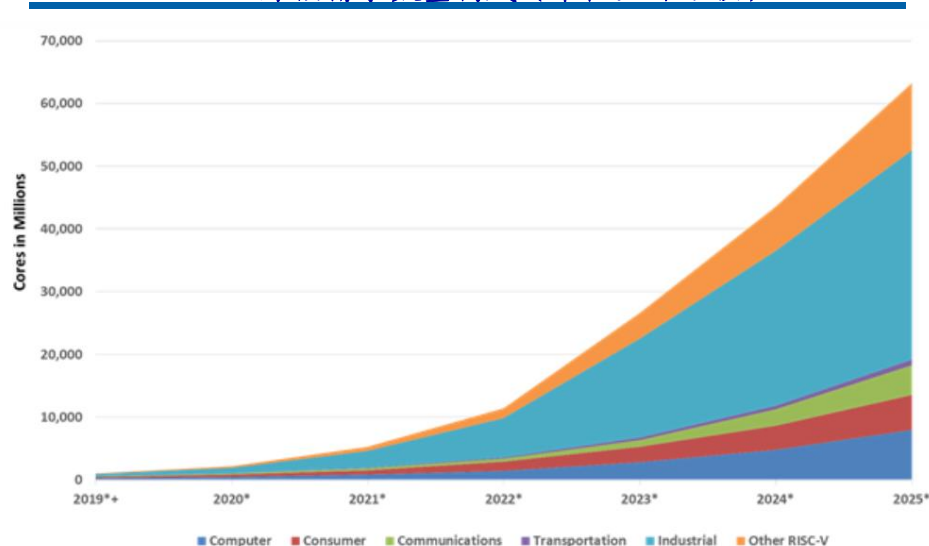
1.1 SoC简介：我们预计未来采用RISC-V结构的芯片将持续增加

- RISC-V已有多个版本的处理器内核和SoC芯片，其中部分是开源免费，部分是商业公司开发用于内部项目。RISC-V发展已经过国内许多商业化应用验证，也是我国发展自主可控国产CPU的重要途径，但软件生态还需不断完善。
- Semico Research研究结果显示，未来RISC-V将被大量运用于包括计算机、消费、通讯、运输和工业市场在内的细分市场，到2025年，采用RISC-V架构的芯片数量将增至624亿颗，复合增长率高达146%。

部分国内外RISC-V处理器和SoC平台

名称	发布者	处理器内核	商业模式
Rocket Chip	加州大学伯克利分校	Rocket	开源
BottleRocket	谷歌	Rocket	开源
lowRISC chip	lowRISC	RV32IM	开源
PULP	苏黎世联邦理工学院	CV32E40P, Ibex, Ariane	开源
FE310-G002	SiFive	E31	可授权
FreeStart AE250, Standard AE250	晶心科技	N22	可授权
AE350	晶心科技	N25F, D25F, A25, A25MP, NX25F, AX25, AX25MP	可授权
HBird-E200-SOC	胡振波	蜂鸟E203	开源
GD32VF103	兆易创新	芯来科技 Bumblebee	封闭
玄铁C910	阿里平头哥	RV64GCV	可授权
玄铁E902	阿里平头哥	RV32EMC/IMC/EC	可授权
黄山1号	华米科技	-	封闭

RISC-V内核需求数量构成 (单位: 百万颗)



For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

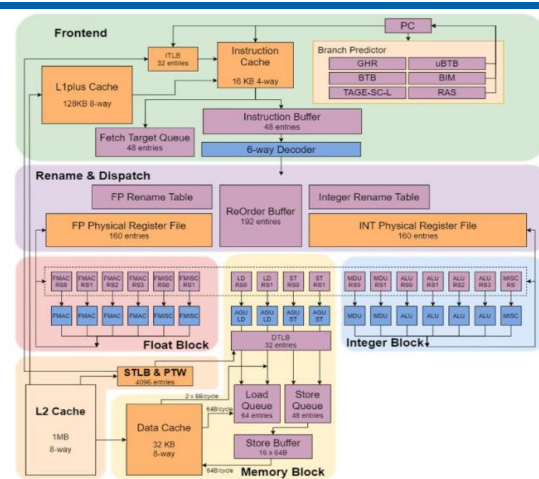
1.1 SoC简介：香山开源RISC-V处理器

► 香山是RISC-V联盟联合业界企业开发的开源高性能RISC-V处理器，基于硬件设计语言Chisel，支持RV64GC指令集，运用支持敏捷设计的流程工具，开源协议选择木兰宽松版许可证（MulanPSLv2），于2020年6月11日在GitHub上建立代码仓库，其理念为代码开源、流程开放、文档公开，满足了业界对高性能处理区的需求。香山第一版架构“雁栖湖”于2021年4月完成代码，计划7月基于28nm流片，未来目标性能和ARMCortex-A76齐平。第二版架构“南湖”计划2021年年底基于14nm流片。

香山两款微架构介绍

第一版：雁栖湖架构		第二版：南湖架构	
进程	2020/6: 代码仓库建立	进程	2021/3: 开始设计讨论
	2021/4: RTL完成		2021/5: 开始RTL工作
			2021年底: 计划完成
频率	1.3GHz	频率	2GHz
制程工艺	TSMC 28nm	制程工艺	SMIC 14nm
性能	预估SPEC CPU2006 6-7分/GHz	性能	预估SPEC CPU2006 10分/GHz

雁栖湖架构图

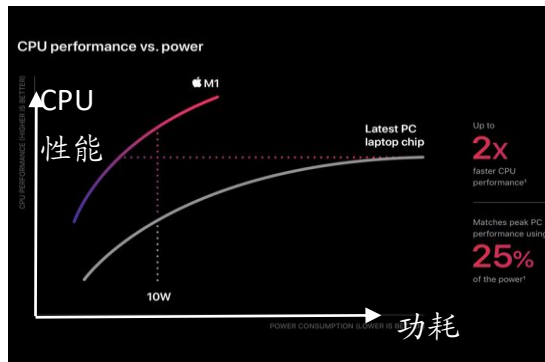


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

1.2 SoC发展历程及未来发展趋势

- **分工细化:** 部分IC设计厂商专注于IP核设计, 部分厂商将不同功能的IP核集成, 设计出符合市场需求的SoC芯片。
- **制程迭代:** SoC一直遵循摩尔所指示的规律推进, 如今硅芯片已逼近物理和经济成本上的极限, 半导体发展制程迭代放缓, 进入后摩尔时代。
- **高端SoC不断追求算力提升:** SoC的发展是性能、算力、功耗、工艺难度几方面的平衡。当前AI成为各大SoC厂商的必争之地, 同时对算法提出更高要求, 在功耗受限的场景下实现AI算法成为关键, 算力效率(单位算力的成本和功耗)极为重要。以苹果A14SoC为例, A14使用5nm工艺, 和A13相比CPU性能提升16%, GPU提升10%左右, AI加速器Neural Engine的性能提升则接近100%。未来应用于手机、平板、服务器等高端SoC将继续朝高性能发展。

苹果M1SoC CPU性能vs功耗

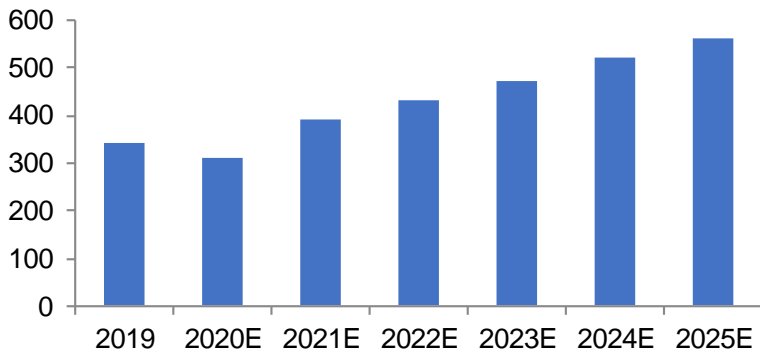


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

1.3 未来全球处理器市场规模将持续扩大

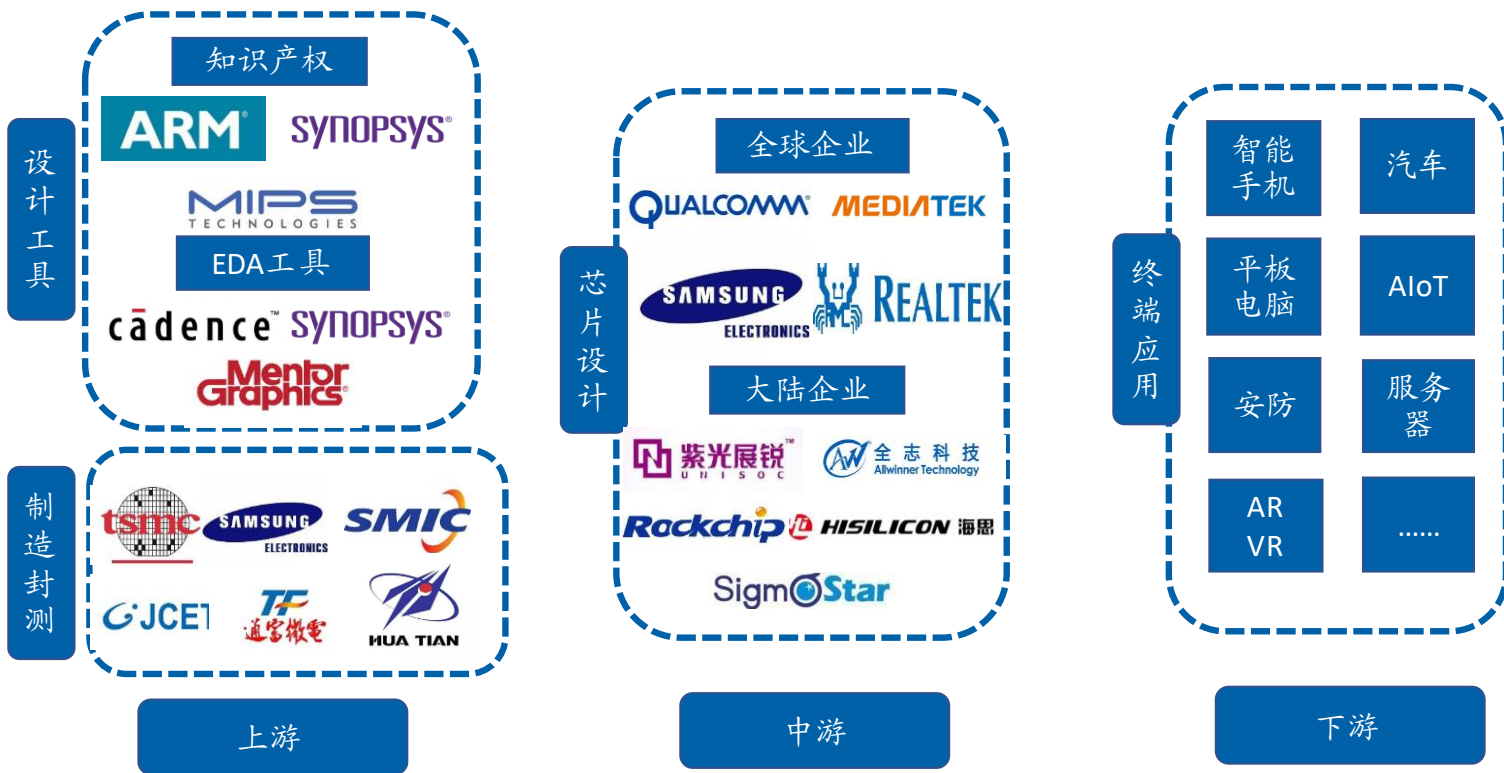
- SoC在追求高性能和低功耗的智能手机、平板电脑等芯片领域已占据主导地位，在自动驾驶、AIoT等领域也已得到应用，随着AIoT、5G的不断发展，未来还将向更为广阔的应用领域扩展。此外，数据大爆炸时代对边缘计算算力提出更高要求，智能硬件需求量也将持续上涨。据Yole预计，2019年全球应用处理器AP市场规模为340亿美元，2025年将增长到560亿美元，复合增长率8.7%，市场规模有望持续扩大。
- 能够抓住趋势精准布局的IC设计厂商将在市场大潮中快速占领市场份额。从国内厂商来看，瑞芯微、全志科技等在平板电脑市场、晶晨股份等在机顶盒市场、国科微等在卫星电视市场、富瀚微等在模拟监控摄像头ISP芯片市场、博通集成等在2019年汽车ETC市场都抓住了机会。

2019-2025年全球AP市场收入（单位：亿美元）



For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

2.1 SoC产业链概况

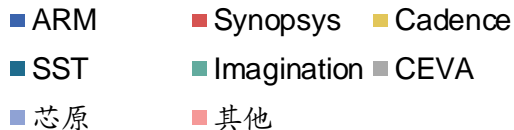
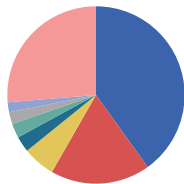


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

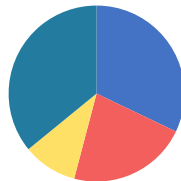
2.2 产业链上游概况：设计工具寡头竞争

- 设计工具寡头竞争，上游议价能力强。
- SoC产业链上游可分为知识产权核（IP核）和相关EDA工具；知识产权核主要公司有 ARM、Synopsys、Cadence 等，EDA工具的核心企业有Cadence、Synopsys和Mentor Graphics。
- 上游设计工具行业集中度较高，当前全球核心IP主要由ARM、Synopsys、Cadence提供，合计占比近65%，全球EDA产业主要由Cadence、Synopsys和西门子旗下的Mentor Graphics垄断，三大EDA企业占全球市场的份额超过60%，上游厂商议价能力较强。

IP核 2019年竞争格局



EDA软件 2018年竞争格局



For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

2.2 产业链上游概况：IP核行业行业集中度高

- ▶ 行业集中度高，国内厂商市占率较低。
- ▶ 全球IP核供应商以国外厂商为主，行业集中度相对较高：国内集成电路设计企业所需的IP核大多来自境外供应商，每年进口金额10亿美元以上，占全球市场的1/3左右。
- ▶ 中国大陆的IP核供应商有50家左右，普遍实力较弱。国内也有规模较大的企业，如总部在上海的芯原（Verisilicon），市场占有率已跻身全球前十，但与欧美“三巨头”相比还有很大差距。
- ▶ IP核本身是产业链不断专业化的产物，是芯片设计知识产权的重要体现，也是半导体产业链下一步升级的重要方向。产业每一轮专业化升级都有其内在的供需原因，且往往是追求规模成本效应的结果。

2020年全球前十大半导体IP公司营收排名（百万美元）

排名	公司	2019营收	2020营收	同比	2020市场份额
1	ARM	1608	1887.1	17.4%	41%
2	Synopsys	716.9	884.3	23.4%	19.2%
3	Cadence	233	277.3	19%	6%
4	Imagination	87	125	43.7%	2.7%
5	Ceva	87	100.3	15.3%	2.2%
6	SST	132.4	96.9	-26.8%	2.1%
7	Verisilicon	70	91.5	30.7%	2.0%
8	Alphawave	25.2	75.1	198%	1.6%
9	eMemory	47.9	63.7	33%	1.4%
10	Rambus	57.4	48.8	-15%	1.1%
	前10合计	3064.8	3650	19.1%	79.3%

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htsec.com

2.2 产业链上游概况：EDA巨头产品集成度高

- ▶ EDA 公司提供给 IC 公司的一般都是全套工具，因此 EDA 集成度高的公司产品更有优势。EDA 三巨头基本都能提供全套的芯片设计 EDA 解决方案。
- ▶ Synopsys 行业领先的 IC Compiler™ II 布局布线解决方案提供了单一供应商所能提供的最全面设计平台，加速大规模 AI 处理器的实现。
- ▶ Cadence 的强项在于模拟或混合信号的定制化电路和版图设计。数字后端工具 Innovus 可以在满足功耗/面积预算要求下实现最佳的性能、或者在满足频率指标的同时确保功耗/面积最小。
- ▶ Mentor Graphic 同样在后端布局布线比较强，在 PCB 上也很有优势，它的优势是 Calibre signoff 和 DFT。2016 年并入西门子。

EDA 工具软件分类

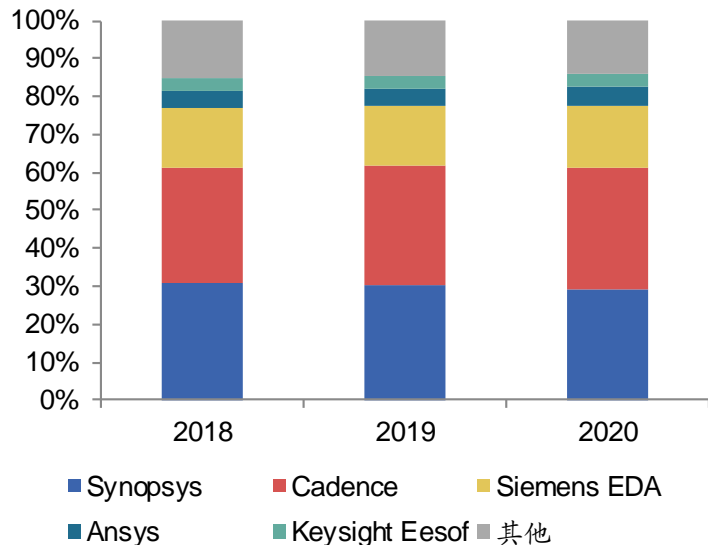
分类		特点	主要工具
电子电路设计与仿真		对设计好的电路图通过仿真软件进行实时模拟，模拟出实际功能，然后通过其分析改进，从而实现电路的优化设计	SPICE/PSPICE, EWB, Matlab, SystemView, MMICAD 等
PCB 设计软件		画班级电路图，以及布局布线和仿真的工具，就是用来摆放元器件，然后再把元器件的线连接起来	Protel, Cadence allegro, Viewlogic, PowerPCB, Cadence PSD, Expedition PCB
IC 设计软件	设计输入工具	任何一种 EDA 软件必备的基本功能	Composer, Viewdraw, 硬件描述语言 VHDL、Verilog HDL
	设计仿真工具	验证设计是否正确	NC-Verilog, VCS-verilog 仿真器, Leapfrog, Analog Artist, viewsim
	逻辑综合工具	把 HDL 变成门级网表	Design Compile, Behavior Compiler, FPGA Express, Synplity, Leonardo
	布局和布线	用于标准单元、门阵列已可实现交互布线	IC Compiler™ II, Cadence Innovus
	物理验证工具	版图设计工具、版图验证工具、版图提取工具	Mentor calibre, Virtuso, Vampire
	模拟电路仿真器	针对模拟电路的仿真工具	PSPICE, HSPICE
		

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

2.2 产业链上游概况：国内 EDA 企业在部分细分领域具有优势

➤ 经过三十余年长足发展，目前三大 EDA 企业占全球市场的份额超过 60%。在中国市场，EDA 销售额的 70% 以上由大 EDA 企业瓜分，还有部分被 Ansys 等其它外国公司占据，但国内 EDA 企业在部分细分领域具有优势，个别点工具功能强大。

2018-2020 年我国 EDA 工具市场竞争格局



国内部分 EDA 企业

公司名称	主要产品	公司特点	布局领域
华大九天	Standard Cell/IP 设计-Aether Standard Cell/IP 仿真-ALPS-AS/iWave Standard Cell/IP验证-Argus/FlashLVL/PVE IP Merge-Skipper	规模最大，世界唯一提供全流程FPD设计解决方案的供应商，具有较强市场竞争力	IC设计 IP产品 平板显示电路设计
广立微电子	SmtCell: 参数化单元创建工具 TCMagic: 测试芯片设计平台 ATCompiler: 可寻址测试芯片设计平台	在良率分析和工艺检测的测试机方面产品具有明显优势	包含高效测试芯片自动设计、高速光学测试和智能数据分析的全流程平台
概伦电子	SPICE建模工具BSIMProPlus和低频噪声测试系统千兆级SPICE仿真器 NanoSpice Giga 电路与工艺互动设计平台MEPro	在SPICE建模工具及噪声测试系统方面技术处于领先地位，业内称“黄金标准”	高端集成电路设计先进半导体工艺开发
芯禾科技	高速仿真解决方案SnpExpert Xpedic 标准IPD元件库IRIS芯片仿真解决方案 METIS三位封装和芯片联合仿真软件	专注仿真工具、集成无源器件IPD和系统级封装SiP微系统的研发	设计仿真工具 集成无源器件
.....			

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

2.3 产业链中游情况：高端、次高端、专用型SoC特点

- ▶ 高端SoC芯片主要集中于手机、平板电脑、服务器市场等，次高端SoC芯片多应用于安防、智能音频、物联网等领域，专用型SoC芯片多应用于TWS耳机和智能手表等。
- ▶ 制程工艺的迭代更新导致SoC芯片的性能和价格分化。晶体管数量的提升导致CPU、GPU、NPU等IP核的升级。最新高端SoC芯片制程为5nm，专用SoC芯片如智能音频芯片的制程普遍在16nm-55nm之间。
- ▶ 制程会影响芯片面积，并因此直接影响芯片价格，通过增大芯片面积，一个芯片中可以放下更多的晶体管。理论上，芯片面积越小的SoC成本越低，同等技术水平和制程下，晶体管/芯片面积的大小和性能输出直接相关。
- ▶ 时钟频率是指同步电路中时钟的基础频率，它是评定CPU性能的重要指标。一般来说主频数字值越大越好。高端和次高端SoC芯片的时钟频率一般在以GHz计量，专用型SoC芯片的时钟频率多以MHz计量（1GHz=1000MHz）。

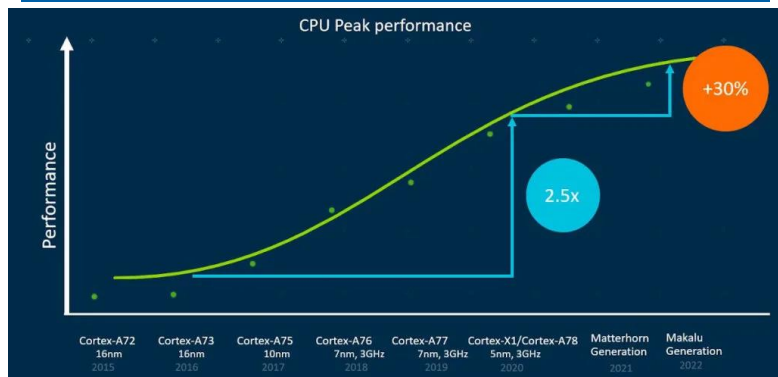
	代表厂商	应用	制程	芯片面积	时钟频率	架构
高端SoC	高通、联发科等	手机、平板电脑、服务器等	最先进	大（晶体管十亿以上级别）	GHz	ARM A系列
次高端SoC	全志科技、瑞芯微、晶晨半导体等	安防、智能音频、智能电视、OTT盒子、物联网等	先进	大（晶体管千万到十亿级）	GHz	ARM A系列
专用型SoC	恒玄科技、中科蓝讯等	TWS耳机、智能手表等	先进	小（晶体管百万级别左右）	MHz	ARM M系列

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

2.3 产业链中游情况：高端SoC芯片架构核心最先进

- 目前高端SoC芯片多以一个大核心加多个中核心、小核心架构设计，经过多年来迭代更新，基于ARM的CPU核心不断升级，在制程工艺、主频、性能上大幅度提升。同时高端SoC芯片尤其是移动端芯片一般会添加集成式或外挂式基带，以此实现移动接入、电话等传统移动终端功能。
- 高端SoC芯片如天玑1200采用A78构架，1个A78主频3.0GHz的大核心，3个A78主频2.6GHz的中核心和4个A55主频2.04GHz的小核心。骁龙865CPU采用Cortex A77主频2.84GHz超级大核和三个Cortex A77 2.84GHz普通大核+四个Cortex A55 1.8GHz小核心架构。麒麟9000 CPU架构为一个3.13GHz A77大核心、三个2.54GHz A77中核心、四个2.04GHz A55小核心。

ARM CPU核心发展历程



部分高端SoC芯片架构对比

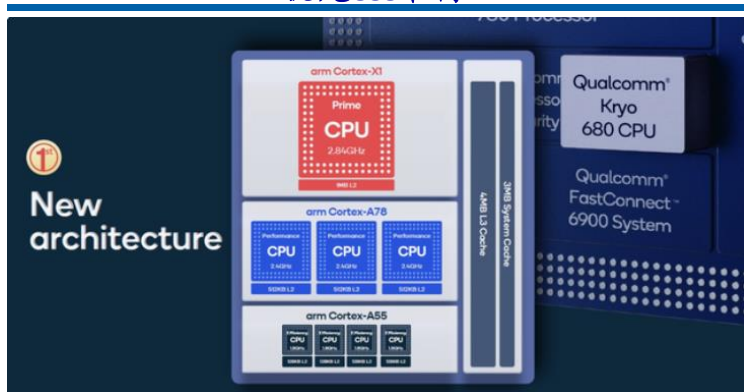
芯片型号	天玑1200	骁龙865	麒麟9000
制作工艺	6纳米	7纳米	5纳米
CPU架构	1*Cortex-A78 3.0GHz, 3* Cortex-A78 2.6GHz, 4* Cortex-A55 2.0GHz	1*Cortex A77 2.84GHz, 3*Cortex A77 2.84GHz, 4*Cortex A55 1.8GHz	1*Cortex A77 3.13GHz, 3*Cortex A77 2.54GHz, 4*Cortex A55 2.04GHz
GPU架构	Mali-G77	Adreno 650	24核 Mali-G78

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

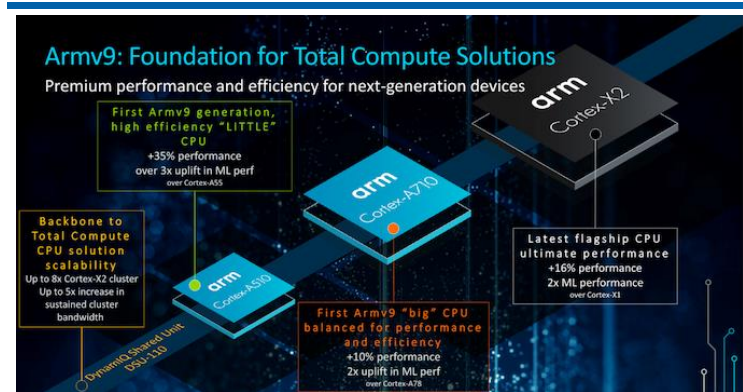
2.3 产业链中游情况： 高端SoC芯片架构不断升级

- 高通骁龙 888 移动平台是行业首个采用 ARM Cortex X1 架构的移动平台，CPU 为 Kryo 680 CPU，其采用了全新 CPU 架构。具体来说，其包含一枚最高主频 2.84GHz 的 Cortex X1 核心，3 枚最高主频 2.4GHz 的 Cortex A78 核心和 4 枚最高主频 1.8GHz 的 Cortex A55 核心，延续一个超级核心+3 个高性能核心+4 个能效核心的三丛集架构。
- 5 月 25 日，Arm 正式推出了新一代的 CPU 和 GPU 核心，包括全新的 Cortex-X2、Cortex-A710、Cortex-A510 等三款 CPU 核心以及 Mali-G710 GPU。三个 CPU 核心均基于今年 4 月份发布的 Armv9 架构指令集设计。高通新一代代号为 SM8450 的处理器，该芯片采用 4nm 工艺打造，CPU 采用 Kryo 780 架构，该架构基于最新的 Armv9 指令集。

骁龙 888 架构



基于 Armv9 架构的新核心

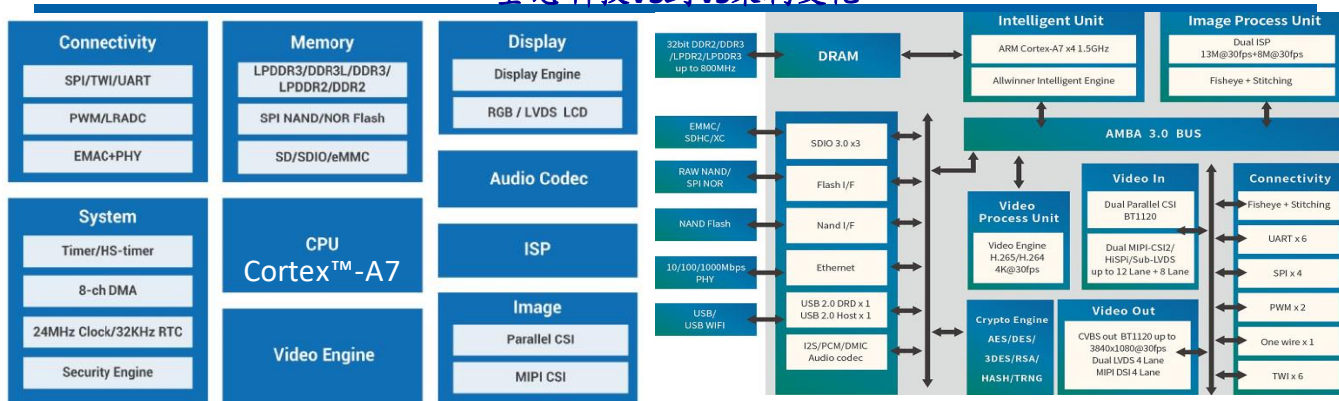


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

2.3 产业链中游情况：次高端SoC芯片从单核心到多核心

- 次高端SoC芯片多应用于安防、智能音频、物联网等领域，对算力要求相比智能手机、服务器等略低，近年来次高端SoC芯片架构逐步从单核心到多核心、从大核心到大核心+小核心的架构变化升级。
- 次高端SoC芯片目前制程以工艺成熟的28nm为主，部分公司先进产品进入12nm-14nm规格。CPU多以Cortex-A53、Cortex-A7架构为核心，主频普遍在1.2GHz以上。
- 全志科技早期产品智能视觉芯片V3采用ARM Cortex™-A7单核心架构；语音识别芯片R11同样采用Cortex™-A7 @1.2GHz单核心架构。全志科技新智能视觉芯片V316和V5采用双核心和四核心Cortex™-A7架构；新语音识别芯片R818和R16采用四核Cortex™-A53和Cortex™-A7架构。

全志科技V3到V5架构变化

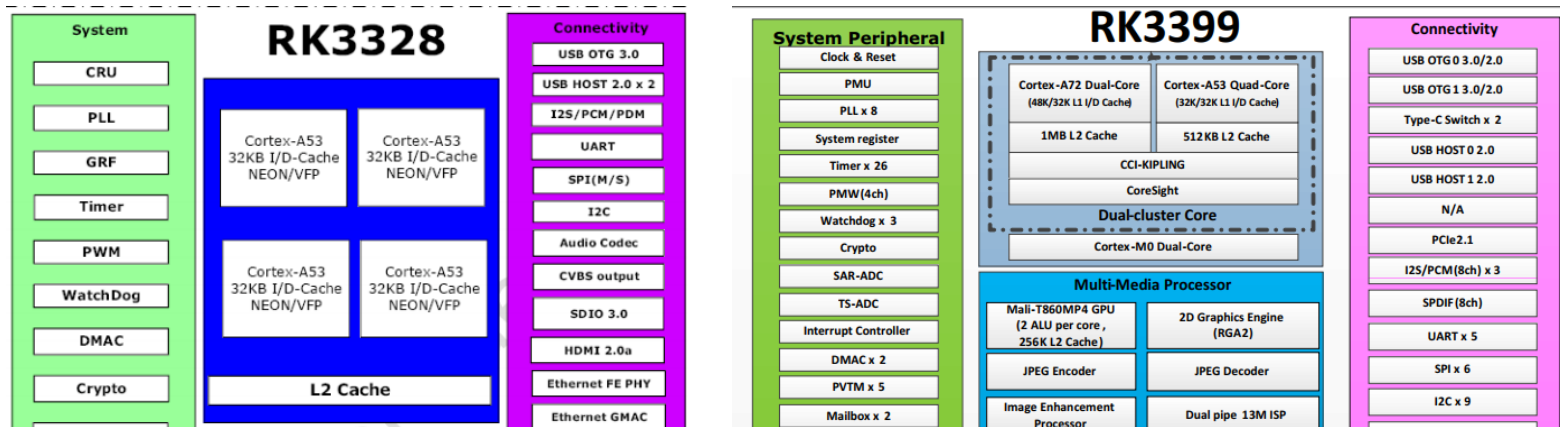


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

2.3 产业链中游情况：次高端SoC芯片从大核心到大核心+小核心

- RK3328是基于Cortex-A53架构的低功耗高性能处理器，包含4核Cortex-A53，64-bitCPU，内置Mali450GPU和百兆以太网PHY和千兆网MAC，主要应用于OTTBOX及IPTV数字多媒体设备。
- RK3399是瑞芯微推出的一款低功耗、高性能的应用处理器芯片，该芯片具有独立的NEON协同处理器双核Cortex-A72及四核Cortex-A53的大小核组合架构，主频高达2.0GHZ，集成Mali-T864GPU,支持4K VP9 and 4K 10bits H265/H264视频解码，主要应用于计算机、个人互联网移动设备、VR、广告机等智能终端设备。

瑞芯微RK3328和RK3399 部分架构图对比

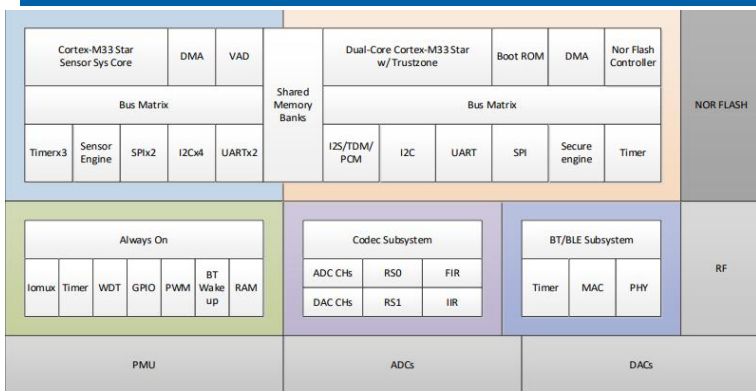


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

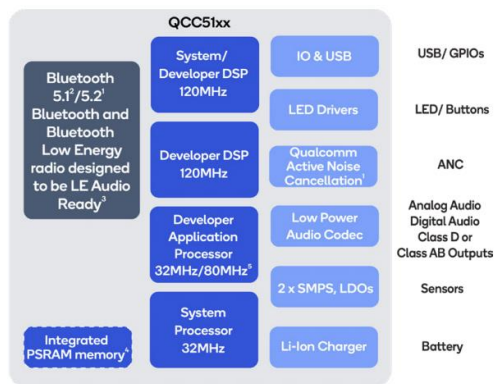
2.3 产业链中游情况：专用SoC芯片更接近MCU领域的应用

- 专用SoC芯片应用领域有TWS耳机、智能手表等，此类SoC芯片开发适用于特定应用场景。专用SoC更接近MCU领域的应用，如TWS耳机的核心是智能蓝牙音频SoC芯片，其承担了无线连接、音频处理和其他辅助功能。
- 恒玄推出的BES2500系列TWS耳机主控SoC芯片全系列支持蓝牙V5.2，BES2500YP单芯片方案，完整集成射频、电源管理、解码器、蓝牙基带和多核处理器。内置最高主频300MHz的双核ARM M33 Star处理器用于运行应用，一颗独立的ARM M33 Star用于传感器连接，核心共享1.8MBSRAM内存。
- 高通QCC5151支持蓝牙5.2，设计支持新一代蓝牙音频技术标准LE Audio。芯片内置四核处理器，双核80MHz 32位应用子系统，双核120MHz 可编程高通Kalimba DSP音频子系统，工作频率可灵活调节，支持2MHz到120MHz。

恒玄科技BES2500YP架构



高通QCC51XX系列架构图

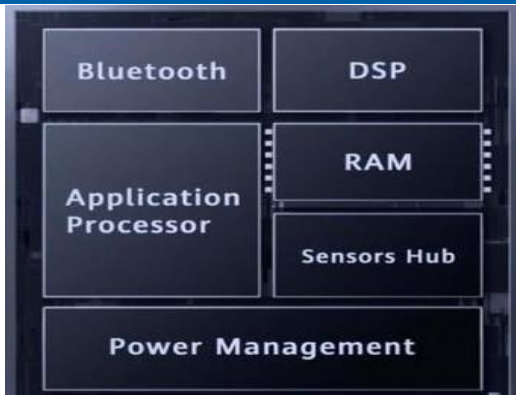


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

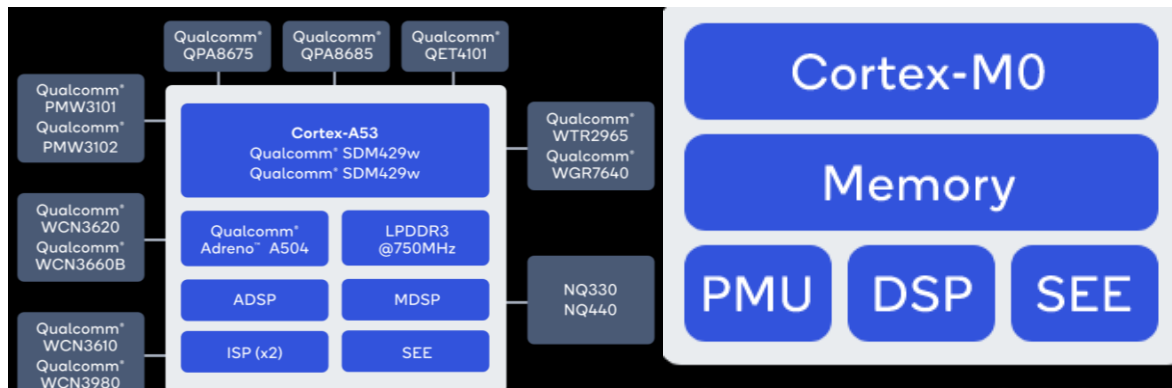
2.3 产业链中游情况：专用SoC芯片性能不断提升

- 麒麟A1是华为推出的首款同时支持无线音频设备和智能手表、且获得蓝牙5.1和蓝牙低功耗5.1标准认证的可穿戴芯片，集成了低功耗的Cortex-M7应用处理器、无线AP芯片、蓝牙芯片、RAM芯片、传感器矩阵芯片、DSP芯片、电源管理芯片等，处理单元中的主频达到了356MHz。
- 高通Wear 4100系列芯片的制作工艺从Wear 3100的28nm提升至12nm。拥有4颗A53核心（频率为1.7GHz）和一颗始终在线（AON）协处理器，能够实现环境中的非交互式设备使用情况，GPU部分则采用Adreno A504，GPU频率达到750MHz。

麒麟A1架构图



高通Wear 4100+ 芯片架构图



For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

2.4 产业链下游：芯片制造头部效应明显

- ▶ 晶圆制造环节作为半导体产业链中至关重要的工序，制造工艺高低直接影响半导体产业先进程度。Fabless+Foundry+OSAT的模式成为趋势，Foundry在整个产业链中的重要程度也逐步提升。
- ▶ 同时半导体制造行业呈现非常明显的头部效应，根据ICInsights的数据显示，在全球前十大代工厂商中，台积电一家占据了超过一半的市场份额，前八家市场份额接近90%。

SoC芯片设计厂商与部分晶圆代工厂合作关系

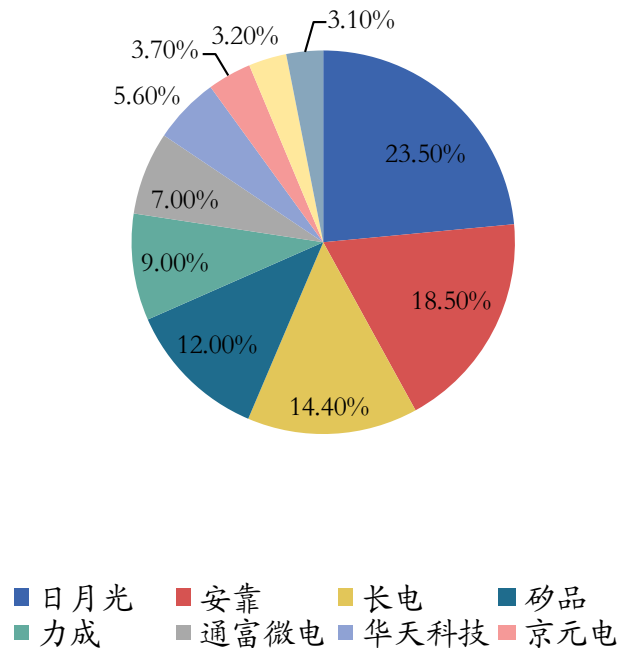
公司	高通	三星	联发科	苹果	海思	紫光展锐	富瀚微	全志科技	瑞芯微	晶晨半导体	恒玄科技	星宸科技	晨星半导体	纳思达
台积电	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
三星	●	●		●	●									
联电		●	●				●							
格芯	●								●					
中芯国际	●				●	●	●	●	●		●	●		●
力积电			●											
华虹半导体					●									

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

2.4 产业链下游：芯片封测是最先能实现国产自主可控的领域

- ▶ 封测为最先能实现国产自主可控的领域。
- ▶ 大陆地区半导体产业在封测行业影响力强，市场占有率优秀，龙头企业长电科技/华天科技/晶方科技等市场规模不断提升，先进封装技术水平和海外龙头企业基本同步，BGA、WLP、SiP等先进封装技术均能顺利量产。
- ▶ 先进封装是未来封测行业增长的主要来源。从2016年到2022年，半导体封装市场的营收将以3.5%的年复合增长率增长。其中，先进封装市场CAGR将达7%。
- ▶ 消费电子应用细分市场在2019年占先进封装市场份额的约75%。先进封测技术有助于减小封装尺寸、增加芯片连接性、提高可靠性并提供多功能集成，从而加速他们对智能手机和智能手表的需求。

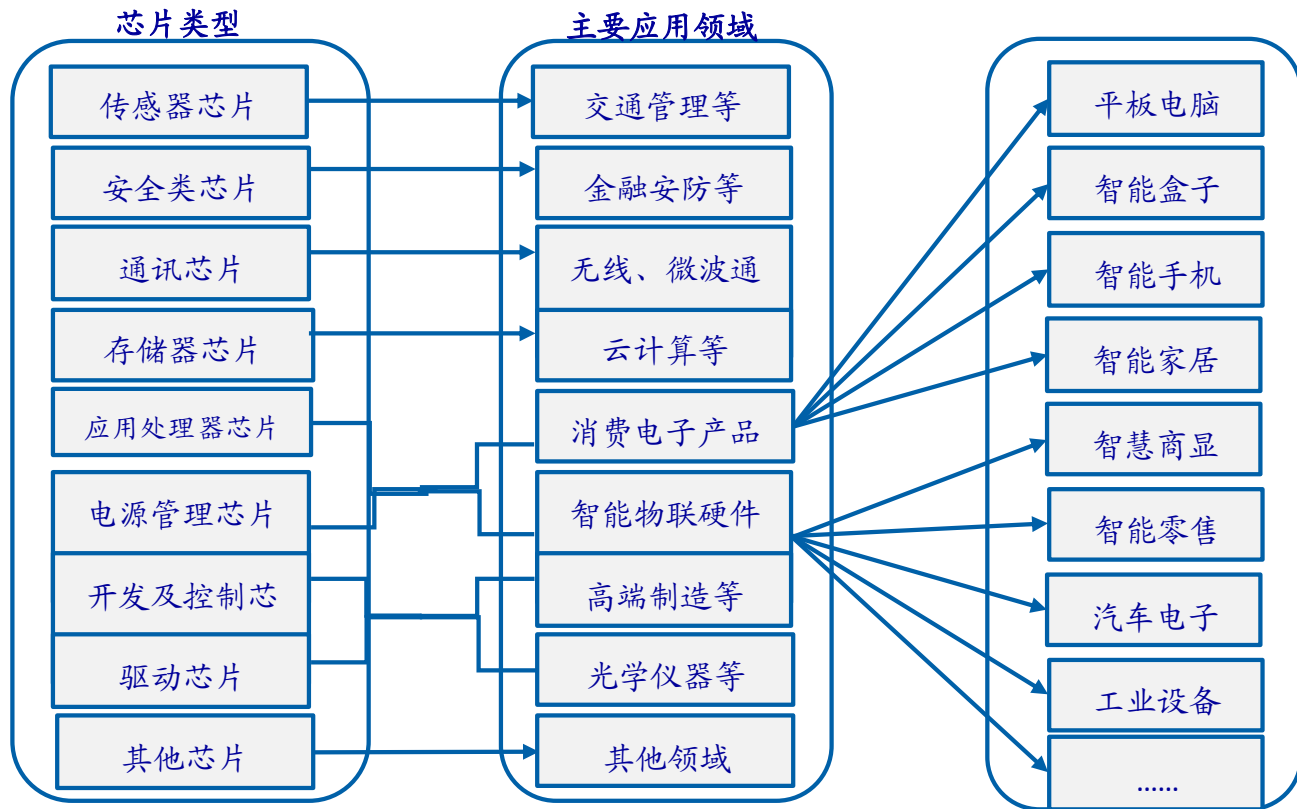
2021Q1前十大OSAT厂商相对市占率



For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

2.4 产业链终端应用：下游需求决定市场规模

► SoC芯片应用领域广泛，消费电子和智能物联是SoC芯片需求的两大领域。在消费电子市场，智能手机、平板电脑等消费类电子的爆发式增长，催生出大量芯片需求，推动了芯片行业的巨大发展；智慧商显、智能零售、汽车电子等新的应用场景和应用领域不断出现，为芯片设计厂商提供了良好的发展机遇；物联网及人工智能时代，创新科技产品的诞生为集成电路设计行业带来了更为广阔的市场机会。

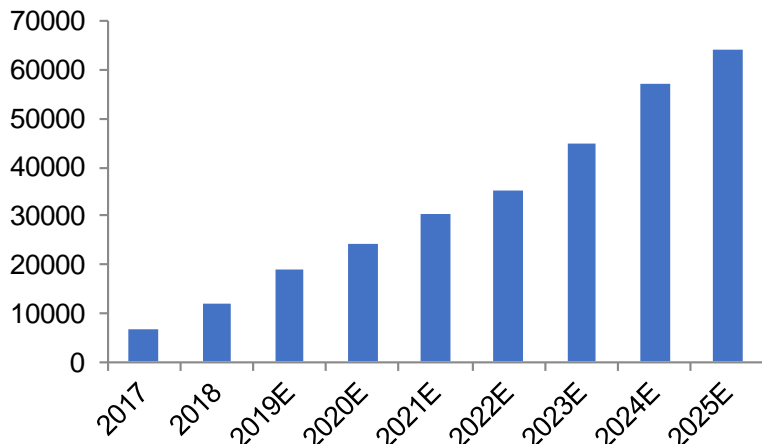


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

前述：AI市场增长迅速

- 人工智能（AI）是计算机学科的重要分支，主要分为语音和视觉识别、自然语言处理以及深度学习等几大研究方向。21世纪以来，AI的产业化被应用于金融、教育、医疗、交通、汽车、制造、娱乐等各个行业。AI芯片是智能终端的硬件基础，各类应用场景丰富多样，在智能手机、智能音频、电子汽车、智能安防等方面提供硬件支持，不同应用市场下竞争格局分散。根据德勤数据，全球人工智能将在未来几年迅速增长，2025年市场规模将达到64000亿美元，2017-2025复合增长率达32%。

全球人工智能市场规模（单位：亿美元）



全球人工智能企业TOP20榜单

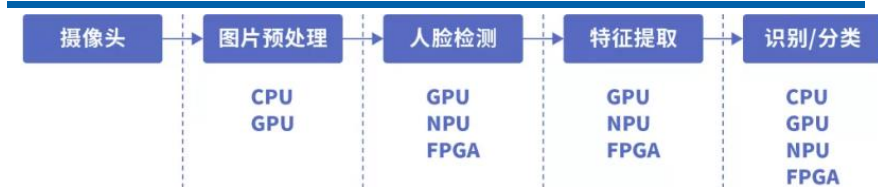
编码	企业名称	人工智能技术	应用领域	所属国家	成立时间	资本市场状态	市值/估值/融资额
1	Microsoft (微软)	计算机视觉技术、自然语言处理技术等	办公	美国	1975年	上市	市值1.21万亿美元
2	Google (谷歌)	计算机视觉技术、自然语言处理技术等	综合	美国	1998年	上市	市值9324亿美元
3	Facebook (脸书)	人脸识别、深度学习等	社交	美国	2004年	上市	市值5934亿美元
4	百度	计算机视觉技术、自然语言处理技术、知识图谱等	综合	中国	2001年	上市	市值438亿美元
5	大疆创新	图像识别技术、智能引擎技术等	无人机	中国	2006年	战略融资	估值210亿美元
6	商汤科技	计算机视觉技术、深度学习	安防	中国	2014年	D轮融资	估值70亿美元
7	旷视科技	计算机视觉技术等	安防	中国	2011年	D轮融资	估值40亿美元
8	科大讯飞	智能语音技术	综合	中国	1999年	上市	市值108亿美元
9	Automation Anywhere	自然语言处理技术、非结构化数据认知	企业管理	美国	2003年	B轮融资	估值68亿美元
10	IBM Watson (IBM沃森)	深度学习、自适应学习技术	计算机	美国	1911年	上市	市值1198亿美元
11	松鼠AI 1对1	自适应学习技术、机器学习	教育	中国	2015年	A轮融资	估值11亿美元
12	字节跳动	跨媒体分析推理技术、深度学习、自然语言处理、图像识别	资讯	中国	2012年	Pre-IP0轮融资	估值750亿美元
13	Netflix (网飞)	视频图像优化、剧集封面图片个性化、视频个性化推荐	媒体及内容	美国	1997年	上市	市值1418亿美元
14	Graphcore	智能芯片技术、机器学习	芯片	英国	2016年	D轮融资	估值17亿美元
15	NVIDIA (英伟达)	智能芯片技术	芯片	美国	1993年	上市	市值1450亿美元
16	Brainco	脑机接口	教育、医疗、智能硬件	美国	2015年	天使轮融资	融资额600万美元
17	Waymo	自动驾驶	交通	美国	2016年	C轮融资	估值1050亿美元
18	ABB Robotics	机器人及自动化技术	机器人	瑞士	1988年	上市	市值514亿美元
19	Fanuc (发那科)	机器人技术	制造	日本	1956年	上市	市值362亿美元
20	Preferred Networks	深度学习、机器学习技术	物联网	日本	2016年	C轮融资	估值20亿美元

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisc.com

前述：AI硬件化有多种展现形式

- AI芯片也称为AI加速器，负责运行AI算法、处理AI应用中的计算任务。AI芯片按照应用端可分为云端（服务器端）芯片和终端（移动端）芯片；按照功能可分为训练（Training）芯片和推断（Inference）芯片；按照技术架构可分为通用芯片（GPU）、半定制化芯片（FPGA）和全定制化芯片（ASIC）。
- 未来的AI SoC将形成以CPU为控制中心，GPU、FPGA、ASIC作为专用AI加速模块的格局。GPU、FPGA、ASIC在AI芯片中有不同的适用场景：GPU主要处理图像领域运算加速和复杂的通用性AI平台；FPGA常用于深度学习算法中的推断阶段；ASIC满足场景某一特殊场景的特殊定制，谷歌母公司Alphabet的TPU、寒武纪的NPU、地平线的BPU、Movidius的VPU等都属于ASIC芯片。

人脸识别处理基本流程及对应功能模块所需的算力分布



AI专用芯片研发情况一览

国家	名称	简介
国外	英伟达 Tesla P100	首个专为深度学习加速计算而设计的图形处理芯片架构
	谷歌 TPU	面向机器学习张量处理的加速芯片
	IBM TrueNorth 芯片	TrueNorth 以分布式、并行的方式来存储处理信息，支持 SNN
	高通 Zeroth 芯片	按照人类神经网络传输信息的方式而设计，支持 SNN
	英特尔神经形态芯片	支持片上学习的 SNN 芯片
	Audience 神经形态芯片	可以模拟人耳抑制噪音，应用于智能手机
国内	中星微	中国首个嵌入式神经网络芯片 NPU
	寒武纪	全球首个提出深度学习处理器芯片指令集
	地平线机器人	专注于人工智能本地化机器学习芯片
	深鉴科技	利用 FPGA 平台打造人工智能芯片 DPU
	灵汐科技	类脑处理芯片，支持 DNN/SNN 混合模式

芯片	通用性	功耗	专用性	算力	开发成本	代表厂商
CPU	高	中	低	低	低	英特尔、AMD、ARM等
GPU	高	高	低	中	中	英伟达、AMD等
FPGA	中	低	中	高	高	Microsemi、Lattice等
ASIC	低	低	高	高	高	寒武纪、地平线、谷歌等

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

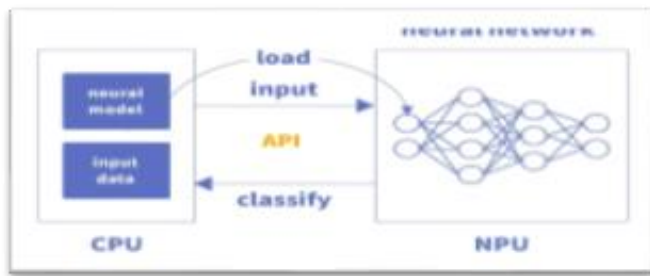
前述：AI加速器对CPU的补充提高了芯片算力水平

- 随着机器学习（ML）、人工神经网络和机器视觉在AI领域的不断发展，AI加速器对CPU的补充能够处理海量数据，满足目标检测、人脸识别、语音助手等AI应用对高算力的需求，异构计算变得愈发重要。
- CPU更擅长逻辑控制，算力较弱；相比之下，GPU计算单元（ALU）占比较大，算力远大于CPU；NPU是嵌入式神经网络处理器，拥有更强算力和更低功耗，当前各类AI算法主要利用深度神经网络等算法模拟人类神经元和突触，作为AI SoC中处理AI算法的核心，NPU应用于智能识别、预测规划、智能控制等功能领域。

AI加速器对CPU的补充提高了芯片算力水平

SoC名称	CPU	AI加速器	发布年份	AI得分（单位：千）
高通骁龙660	4x2.2 GHz + 4x1.8 GHz Kryo 260	DSP (Hex. 680) + GPU (Adreno 512)	2017	13.5
高通骁龙632	4x1.8 GHz Kryo 250/G + 4x1.8 GHz Kryo 250/S	无	2018	5.9
Exynos 2100	1x2.9 GHz X1 & 3x2.80 GHz A78 & 4x2.2 GHz A55	NPU + GPU (Mali-G78 MP14)	2021	133.2
Exynos 850	8x2.0 GHz Cortex-A55	无	2020	5.3
联发 Dimensity 1000L	4x2.2 GHz Cortex A77 & 4x2.0 GHz Cortex A55	六核APU 3.0	2020	84.4
联发科 Helio G35	8x2.3 GHz Cortex-A53	无	2020	4.5

NPU运行过程



数据加载、
流程控制



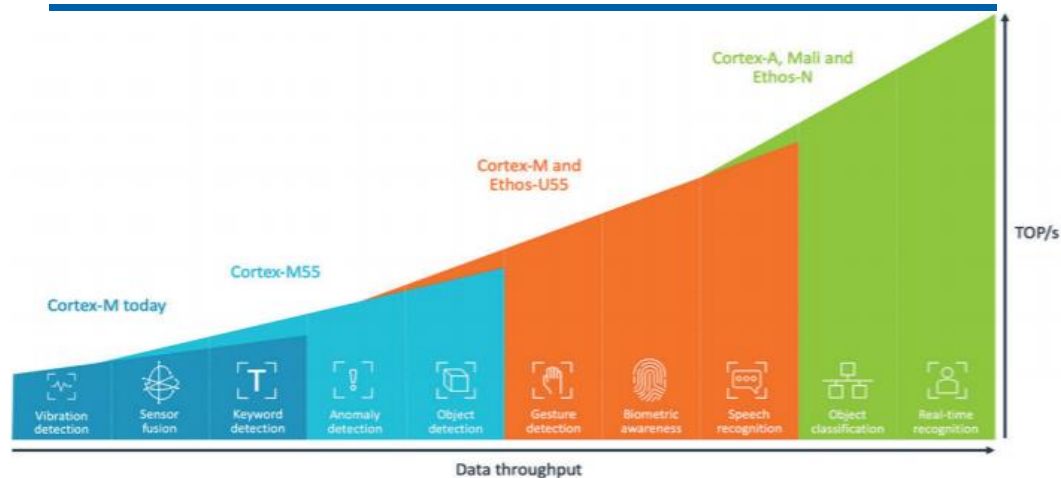
每层神经元计算按照神经网络的连接传递到下层神经元，不用输出到主内存

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

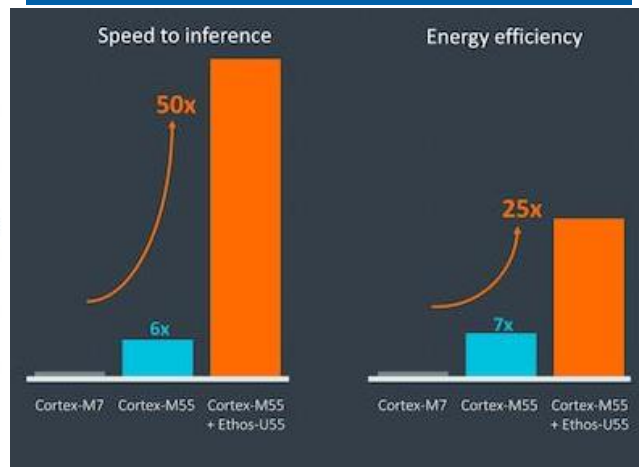
前述：ARM AI平台为ML提供了完整的异构计算平台

- ARM AI平台为ML提供了完整的异构计算平台，包括ARM Cortex CPU、Mali GPU和Ethos NPU。其中Ethos系列NPU包括Ethos-N78/77/57/37、Ethos-U65/55。Ethos-N可以作为独立IP集成在SoC中，Ethos-U配合配套的Cortex-MCPU。
- 2020年，ARM发布了ARM Cortex-M55处理器，其AI性能能够应用于自动检测、对象检测，Cortex-M55和ARMEthos-U55组合使用能大幅提高推理性能及电源效率，满足手势检测、生物和语音识别对AI性能的要求，而Cortex-A CPU、Mali GPU、Ethos-N NPU组合亦可满足更先进的对象分类、实时识别AI应用需求。

ARM AI平台能够满足不同应用对ML算法的需求



Cortex-M55+Ethos-U55大幅提高SoC性能

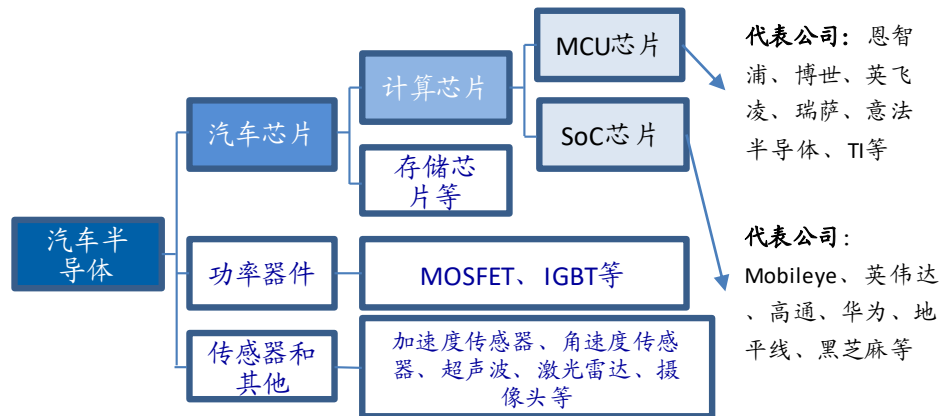


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

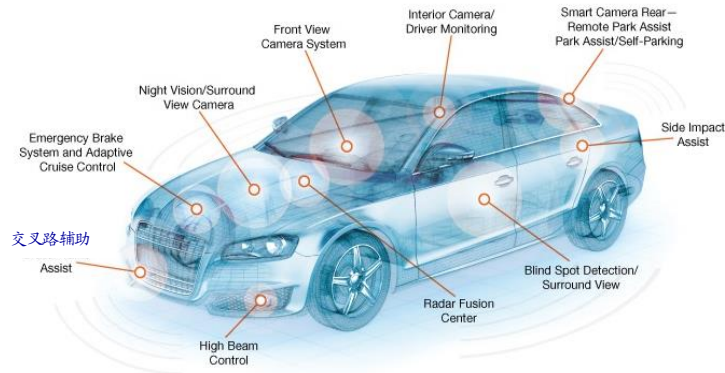
3.1 汽车：汽车平台未来需要高算力

- 汽车半导体涵盖了汽车芯片、功率器件、传感器等重要电子零部件。汽车的计算芯片包括传统的MCU芯片和SoC芯片。MCU芯片一般包含CPU一个处理器单元；而汽车SoC一般包含多个处理单元。
- ECU（Electronic Control Unit）即电子控制单元，随着汽车市场规模的逐渐扩大，ECU需求迅速上升，带动MCU芯片需求持续增加。需求的推动加上芯片产能不足导致近期汽车MCU芯片供不应求。
- 随着汽车算法算力和交互效率的不断提升，汽车电子不断发展，倒逼MCU芯片升级为SoC芯以承载大量非结构化算力需求。汽车SoC一般应用于高级驾驶辅助系统(ADAS)、自动驾驶两大领域。

汽车半导体构成



汽车 SoC在ADAS的应用

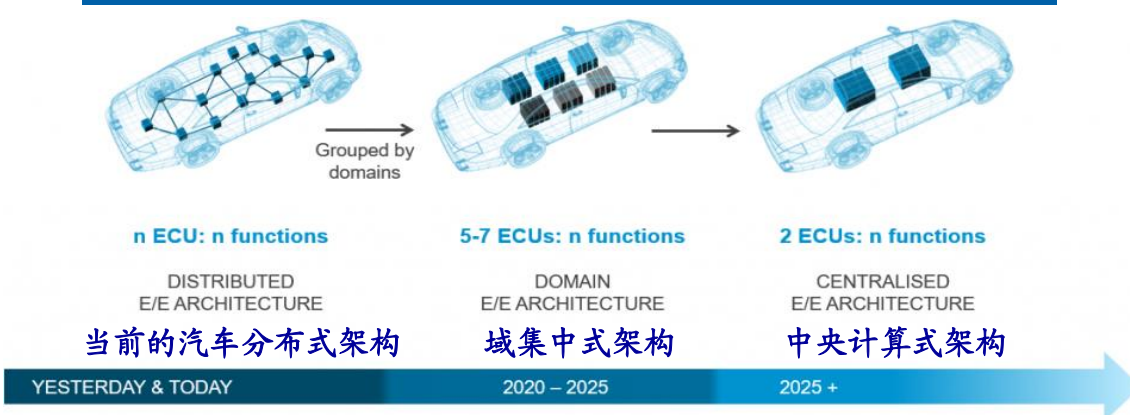


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

3.1 汽车：未来汽车E/E架构将向集中化趋势发展

- ▶ 在传统汽车分布式E/E架构（汽车电子电气架构）下，ECU相互孤立，车载功能的升级依赖ECU数量的增加。随着汽车电子智能化、自动化的发展，ECU在算法算力、数量、总线长、软件开发模式、生产成本等方面受到阻碍。
- ▶ 随着计算芯片的算力需求大幅提升，汽车E/E架构向集中化趋势发展，也对芯片提出了更高要求。特斯拉Model3中央集成化的发展将多个ECU功能整合在一起，逐步实现一台嵌入式高性能计算机统一控制多项功能。在新架构下，不同ECU对应的算法可实现整合，开发流程和成本可大幅缩短，高算力需求向中央集成化的“车-云计算”方向发展演变，快速反映仍需要分布式架构辅助。

汽车电子电气架构发展趋势

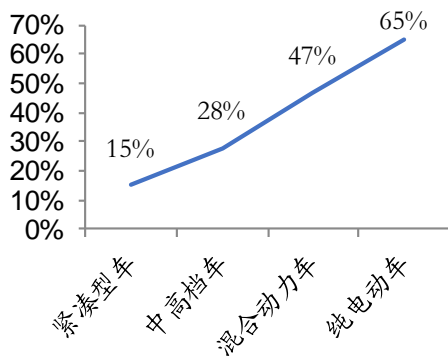


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

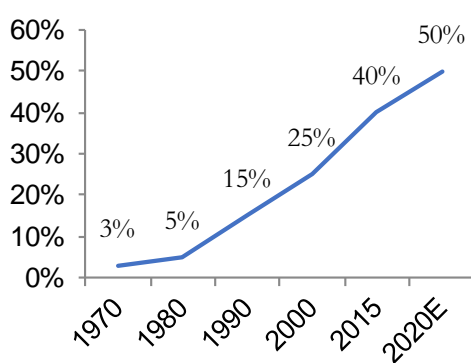
3.1 汽车：未来汽车电子市场规模将持续扩大

- ▶ 自动驾驶技术、IoT的发展促使汽车电子渗透率不断提高。根据中国产业信息网数据，2020年汽车电子占整车比重将达到50%，目前汽车电子在纯电动汽车中国占比最高（65%），随着未来新能源汽车的成熟和普及，汽车电子渗透率有望继续提高。
- ▶ 智能汽车、车联网、无人驾驶等创新技术不断发展的背景下，我国汽车电子的市场规模及发展前景巨大。全球汽车电子市场规模2017-2022 CAGR为8%，到2022年将达到21399亿元规模；中国汽车电子市场规模2017-2022 CAGR为12.6%，到2022年将达到9783亿元规模，中国增速高于全球。

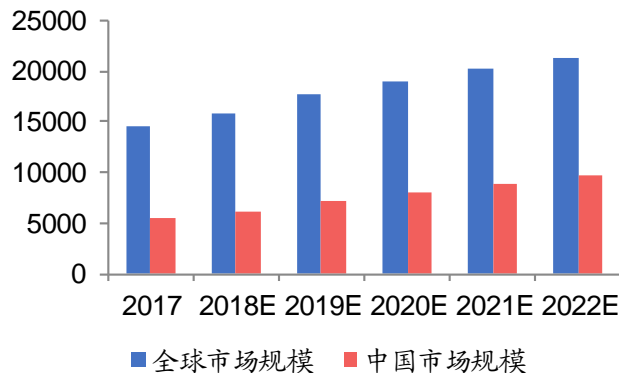
2018汽车电子/整车成本占比(按车型)



汽车电子/整车成本占比(按年份)



2022汽车电子市场规模及增速(单位：亿元)

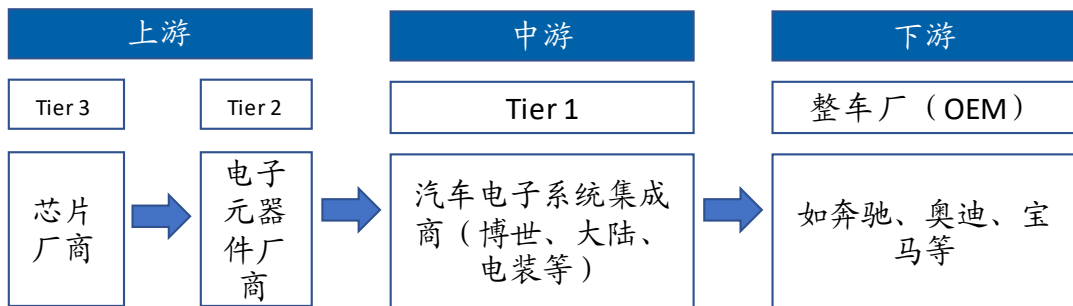


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

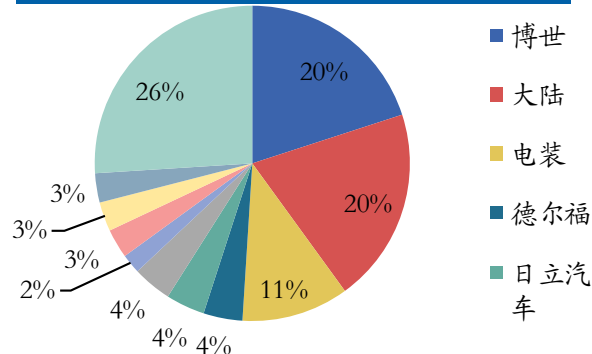
3.1 汽车：汽车电子市场集中度高，国产替代潜力大

- 汽车电子产业链：上游为芯片厂商及电子元器件厂商；下游为整车厂(OEM)；中游为汽车电子生产和制造商。中游厂商中，欧美日等发达国家汽车产业起步时间早，占据优势，市场集中度高，国内汽车电子发展潜力巨大。2018年，三巨头博世、大陆、电装的市场份额占比最高，合计达51%，全球CR10为74%，竞争格局集中。
- 国产替代：智能座舱、自动驾驶领域的高级芯片SoC市场，是目前全球玩家争夺的终端，国内创业公司有望占领市场份额。受益于无人驾驶技术，国内汽车电子厂商可以跳过传统Tier1厂商，直接对接主机厂。当前，除了英伟达、高通、华为等消费电子巨头，还有以技术取胜的中国本土创业公司如地平线、芯驰科技、黑芝麻等半导体公司加入汽车SoC市场的争夺，虽面临车规级认证和目前车厂开发架构兼容性的障碍，但未来发展潜力巨大。

汽车产业链



2019年全球汽车电子竞争格局

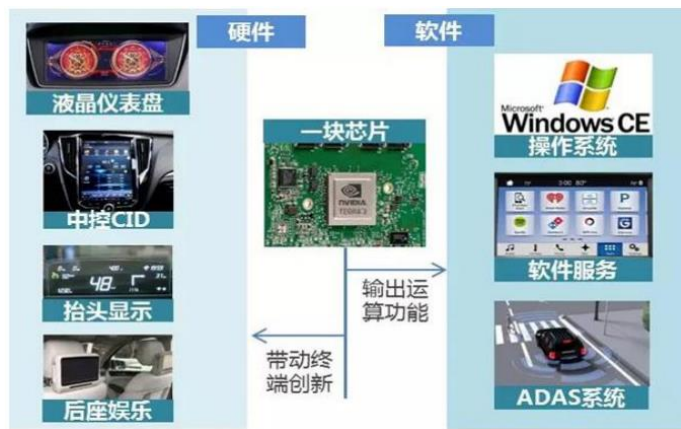


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

3.1 汽车：智慧座舱推动汽车SoC需求

- 汽车电子逐渐向自动化、智能化和网联化发展，拉动汽车SOC市场需求。随着汽车座舱技术不断进步，汽车电子人机交互、一芯多屏和平台化发展成为重要技术趋势。交互系统、操作系统及车载娱乐是汽车SoC的核心组成。
- 在驾驶体验升级的同时，消费者对车载娱乐的需求日益强烈，车载娱乐系统作为人机交互的端口拥有广阔的市场空间。车载娱乐系统功能的增加对主控SoC的性能提出更高要求。

“一芯多屏”的方案成为重要趋势



人机交互正成为汽车行业重要的发展主题

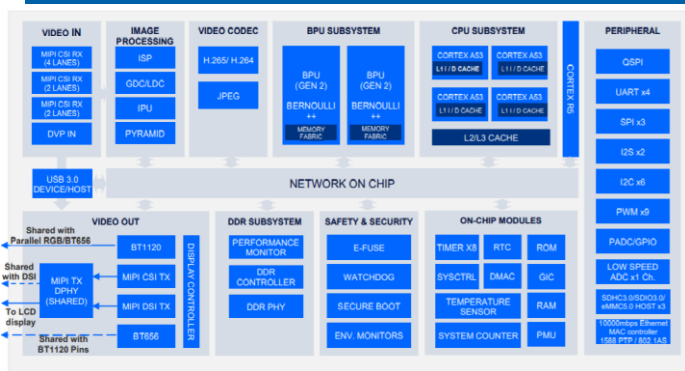


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

3.1 汽车：国内外自动驾驶AI芯片快速发展

- 自动驾驶领域，车载AI芯片快速发展，算力、功耗、生态等成为各厂商竞争车载AI领域的核心竞争力。NVIDIA具备完善的软件工具和应用生态，深入布局AI SoC；Mobileye（英特尔收购）凭借一体式解决方案和自动驾驶平台在AI领域占有一定份额；国内企业如地平线、黑芝麻、华为等发展迅猛，形成了自身的核心竞争力，有望逐步实现国产替代。

地平线征程三代AI SoC



车载AI SoC

SoC厂商	Nvidia	Mobileye	地平线	黑芝麻
名称	DRIVE AGX Xavier	DRIVE AGX Pegasus	EyeQ5	华山二号
自动驾驶级别	L2/3	L4/5	L4/5	L3/4
处理器	8*ARM“Carmel” CPUs + NVIDIA Volta GPU	2*Xavier SoCs + 2* NVIDIA Turing GPUs	8*MIPS CPUs	高通CortexA53 CPU + Cortex R5 MCU
功耗	30W	500W	10W	2.5W
算力	30TOPS	320TOPS	24TOPS	5TOPS
工艺制程	-	-	台积电7nm FinFET	台积电16nm FinFET

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

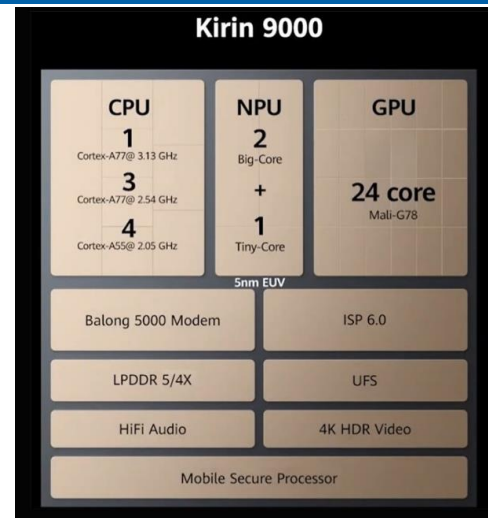
3.2 智能手机：智能手机是SoC最大的终端应用市场

- ▶ 智能手机是SoC最大的应用市场。智能手机CPU都基于Arm架构，通常以八核、六核的配置出现，其中大核具有强大性能，满足多种应用程序运行需求，小核则平衡发热和耗电问题。目前，最常用的智能手机CPU有苹果A系，骁龙系列，三星猎户座，华为海思麒麟，联发科以及小米的澎湃系列等。
- ▶ 手机SoC领域中主要GPU为Arm的Mali，高通Adreno，以及苹果GPU。

全球Top10智能手机SoC（截止至2021年4月）

排名	SoC	厂商	CPU	GPU
1	A14 Bionic	苹果	6核（2+4）	A14 Bionic GPU
2	骁龙888	高通	8核（1+3+4）	Adreno 660
3	Exynos 2100	三星	8核（1+3+4）	Mali-G78 MP24
4	麒麟9000	海思	8核（1+3+4）	Mali-G78 MP24
5	A13 Bionic	苹果	6核（2+4）	A13 Bionic GPU
6	骁龙870	高通	8核（1+3+4）	Adreno 650
7	Exynos 1080	三星	8核（1+3+4）	Mali-G78 MP10
8	骁龙865 Plus	高通	8核（1+3+4）	Adreno 650
9	骁龙865	高通	8核（1+3+4）	Adreno 650
10	麒麟9000E	海思	8核（1+3+4）	Mali-G78 MP22

华为麒麟9000 SoC

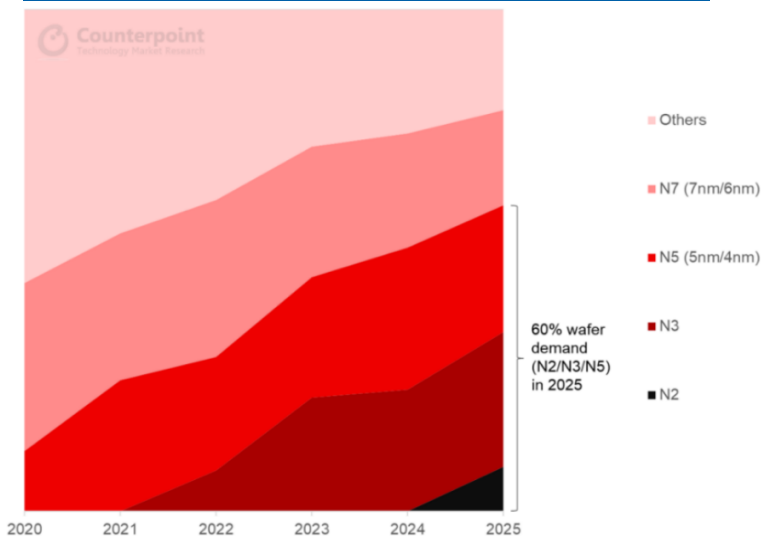


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

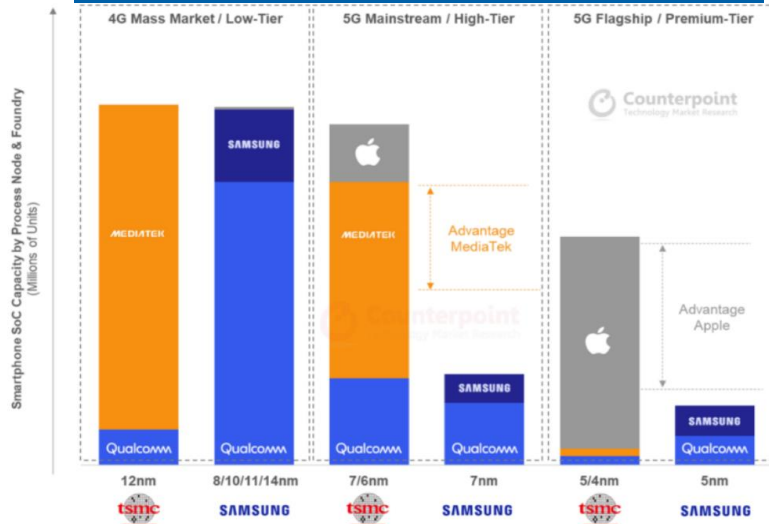
3.2 智能手机：智能手机SoC不断向先进制程迈进

- ▶ 智能手机SoC在工艺节点发展上将不断向4/5nm甚至3nm迈进。根据Counterpoint预测，到2025年全球60%的智能手机SoC将采用5nm及以下代工节点，N5节点将是代工厂路线图上的长节点，这成为台积电和三星扩产的驱动力之一。
- ▶ 主流5G智能手机的主要代工节点为6/7nm，联发科、高通和苹果为主要厂商。苹果的A系列和M系列芯片在5nm节点产能份额上处于绝对领先地位。

2020-2025年智能手机SoC晶圆代工制程节点需求



2021年智能手机SoC四大厂商制程节点出货量

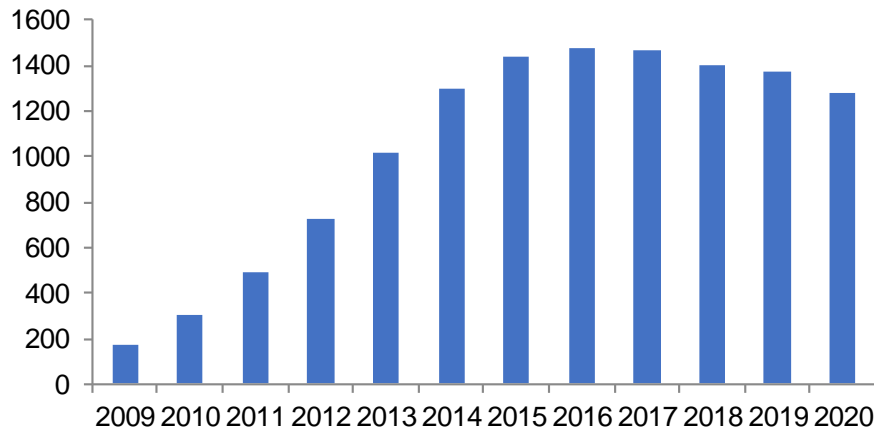


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

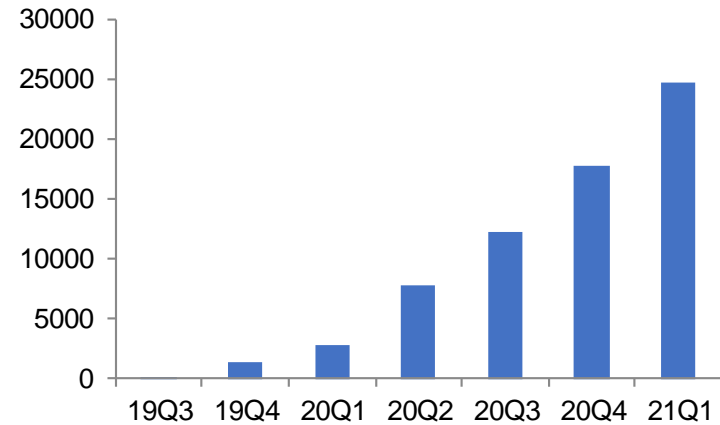
3.2 智能手机：5G是智能手机市场的重要推动力

- 根据Statista数据显示，2009-2016年，全球智能手机总出货量迅速增长，达到14.7亿台。此后2020年受疫情等多方面影响出货量下降至12.8亿部。
- 随着大数据、AI、IoT不断发展，智能手机更新换代有了新的需求。2020年是我国5G商用元年，根据Wind数据显示，自2019年第三季度推出第一款5G智能手机以来，我国5G智能手机出货量截止至2021Q1已累积达到24661.5万部，5G手机的商用和普及成为智能手机市场的重要推动力。

2009-2020年全球智能手机出货量（单位：百万台）



2019Q3-2021Q1中国5G手机出货量（单位：万部）

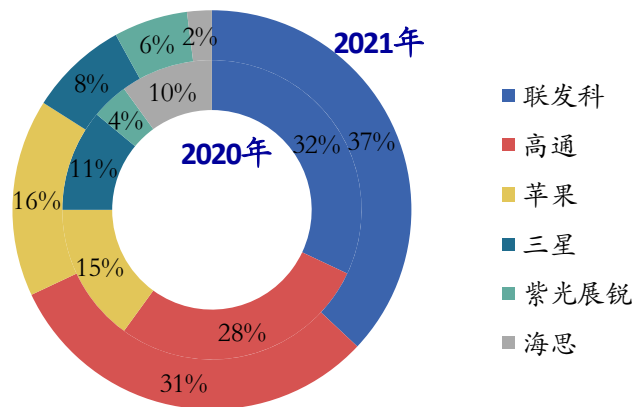


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

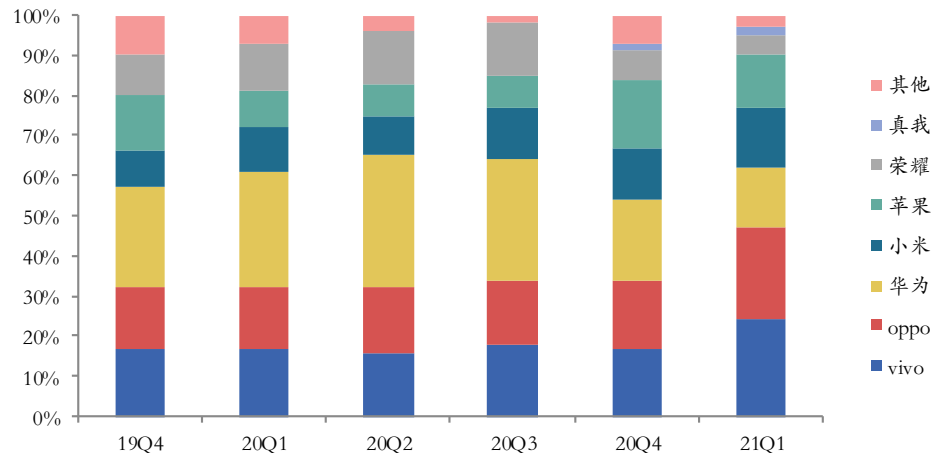
3.2 智能手机：联发科、高通是手机SoC市场最主要厂商

- ▶ 根据Counterpoint数据，联发科受益于高通对三星的供应限制、美对华为禁令等因素，将在2021年继续保持在智能手机SoC的领先地位，市场占比将达37%。2020年高通芯片市场占比28%，2021年提升至31%。海思在2020年市场份额为10%，2021年将下降至2%。
- ▶ 根据Counterpoint数据显示，2019Q4至2020Q3，华为在中国智能手机市场保持绝对市场领先，2020Q4开始市场份额下降，2021Q1仅有15%市占率。Vivo和oppo在2021Q1成为最主要厂商，占领了近一半的市场份额。

2020-2021年全球智能手机SoC市场份额



2019Q4-2021Q1中国智能手机SoC市场份额

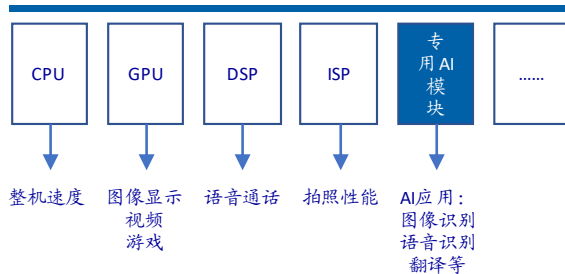


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

3.2 智能手机：华为和苹果的SoC搭载了AI专用模块NPU

- 智能手机中加入的专用AI模块能够在图像处理、语音助手、电池管理等方面提供硬件加速支持。
- 华为和苹果均搭载了嵌入式神经网络处理单元（NPU），专用于处理AI计算。华为最早在Mate10采用外挂的寒武纪NPU，后在990系列上采用自研的达芬奇NPU。苹果从A11 SoC开始加入Neural engine，最新公布的A14 SoC中，NPU算力已有巨大提升，Neural engine结合CPU上的机器学习加速器能够大大提高AI应用体验。

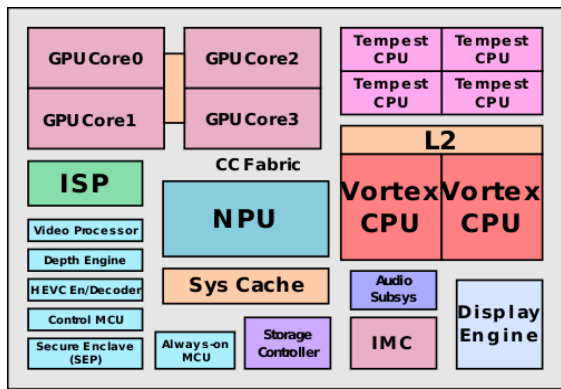
智能手机SoC构成



苹果手机SoC AI处理器：Neural Engine

SoC名称	A11 Bionic	A12 Bionic	A13 Bionic	A14 Bionic
AI处理器	双核Neural engine	8核Neural engine	8核Neural engine	16核Neural engine
Neural Engine算力	0.6TOPS	5TOPS	6TOPS	11TOPS
Neural Engine芯片面积	1.83mm ²	5.8mm ²	4.64mm ²	-
工艺制程	10nm	7nm	第二代N7	5nmFinFET

苹果A12 Bionic SoC

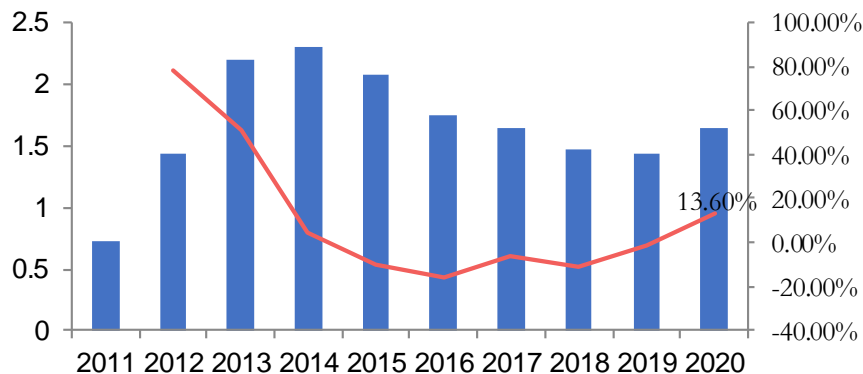


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

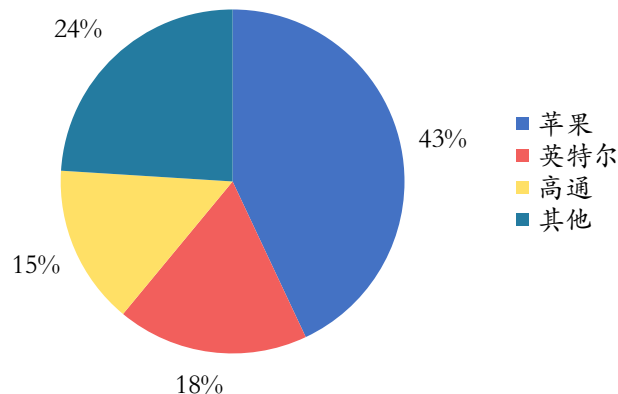
3.3 平板、笔记本电脑：宅经济+疫情推动平板电脑需求，ARM为主流架构

- ▶ 2010年苹果推出第一代ipad后，全球平板电脑市场快速增长。2015年开始，智能手机逐渐挤占平板电脑的份额，出货量逐年下降；2020年，受疫情影响，居家办公和学习再次推动平板电脑的需求。根据Wind数据显示，2020年全球平板电脑出货量1.641亿台，同比增长13.6%。
- ▶ 根据Business wire数据显示，2020Q2，苹果在平板电脑处理器市场占据领先地位，占比高达43%，随后分别为英特尔（18%）和高通（15%）。全球平板电脑CPU主要采用ARM架构，仅有小部分追求高性能的Windows系统平板电脑采用英特尔X86架构。

2011-2020年全球平板电脑出货量（单位：亿台）



2020Q2 全球组平板电脑处理器市场份额

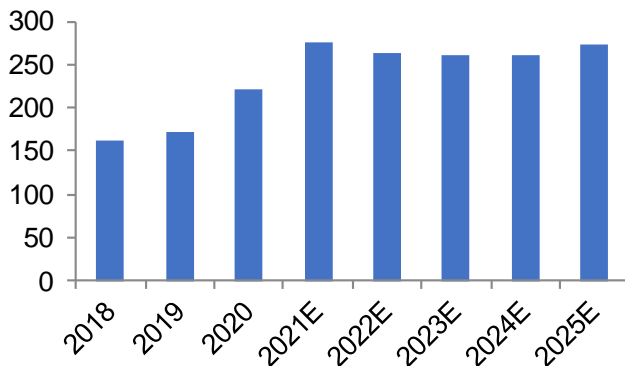


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

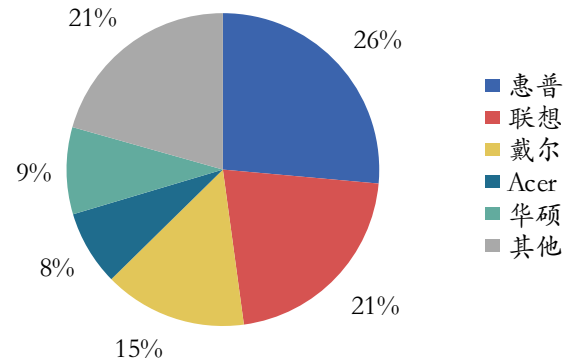
3.3 平板、笔记本电脑：X86仍是笔记本电脑主流架构

- ▶ 未来笔记本将不断向智能化、便携化和专业化趋势发展，随着5G时代的到来和二合一、可折叠屏等新兴技术的推进，笔记本电脑行业有望迎来新一轮的增长。根据Statista预测，笔记本电脑市场2018年出货量为162.3百万台，2025年将达到272.4百万台，复合增长率为7.7%。2020Q3全球笔记本电脑市场出货量前五名厂商分别为惠普、联想、戴尔、Acer和华硕，其中惠普占据第一（26%）。
- ▶ X86仍是当前笔记本市场的主流架构，英特尔占领绝对的市场份额。目前包括苹果MacBook Pro16英寸在内的主流笔记本均使用英特尔的X86 CPU。

2018-2025年全球笔记本电脑出货量（单位：百万台）



2020Q3全球笔记本电脑市场份额

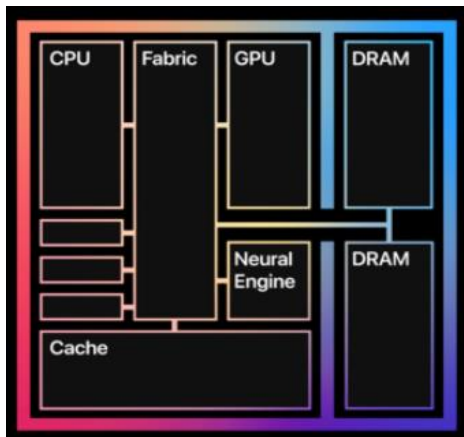


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

3.3 平板、笔记本电脑：苹果M1 & Microsoft SQ 1/2 处理器

- 在Arm、高通、苹果及微软等厂商的推动下，基于Arm的SoC在笔记本电脑市场的空间进一步打开。苹果于2020年11月推出的M1芯片是苹果第一款基于ARM指令结构的笔记本/台式电脑SoC。M1SoC的中央处理器有四个高性能核心和四个低功耗核心，极大程度优化了能效比，并采用苹果16核NPU，能大幅提升ML应用的处理和计算速度。微软2019年10月发布的Surface Pro X笔记本首次搭载ARM架构高通定制版 Microsoft SQ 1 处理器。ARM架构能够进一步满足笔记本轻薄、高续航等方面需求，优化手机、电脑的协同性，将是笔记本SoC未来发展的重要趋势。

苹果M1SoC



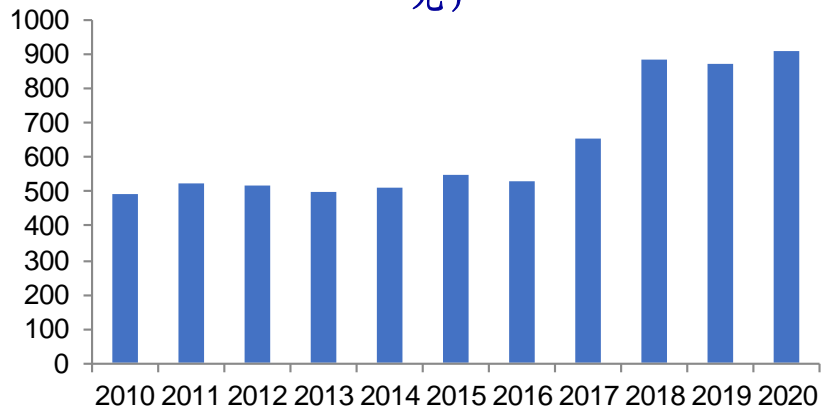
	苹果 M1	Microsoft SQ 1/2
ISA	ARMv8.4	ARM
CPU	4xFirestorm+4xlcestorm	高通8核心
GPU	8核 integrated graphics	Adreno 685/Adreno 690 GPU
NPU	16核 Neural engine	Hexagon 690
ISP	Apple ISP	Qualcomm Spectra™ 390
工艺制程	5nm	7nm
应用设备	iPad Pro 12.9" (第五代, 2021)、iPad Pro 11" (第三代, 2021)、iMac 24" (M1, 2021)、MacBook Air (M1, 2020)、MacBook Pro 13" (M1, 2020)、Mac mini (M1, 2020)	Surface Pro X

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

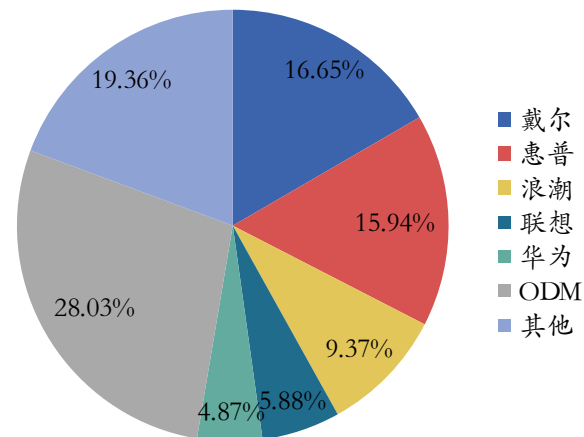
3.4 服务器：服务器市场规模呈上升趋势

- ▶ 近年来，IoT、5G、大数据的发展推动了服务器市场规模的增长。根据IDC数据显示，2010-2020年全球服务器市场规模总体呈增长态势，虽然2019年受全球贸易摩擦的影响市场规模呈现小幅下降，但2020年市场规模保持稳步上升，达到910.2亿美元。
- ▶ 2020Q3，戴尔以16.65%占据服务器厂商最大的市场份额，随后分别为惠普（15.94%）、浪潮（9.37%）、联想（5.88%）和华为（4.87%）。随着我国新基建的发展和对国产服务器的部署，中国厂商市场份额有望进一步提升。

2010-2020年全球服务器市场规模（单位：亿美元）



2020Q3全球服务器厂商市场份额

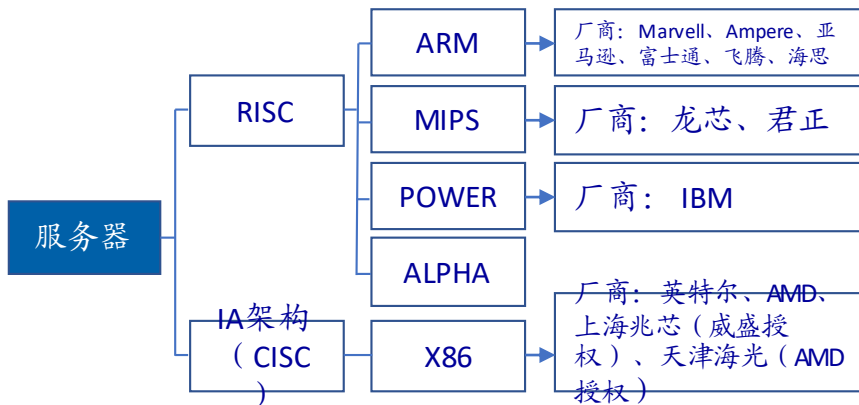


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

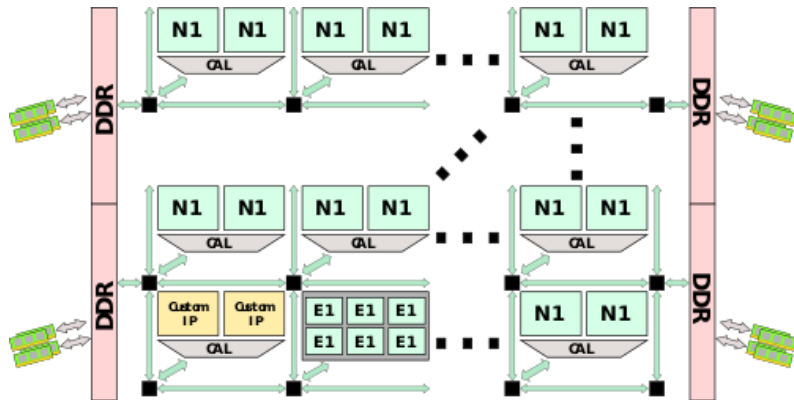
3.4 服务器：可分成IA架构服务器和RISC架构服务器

- 服务器根据体系结构可分成IA架构服务器和RISC架构服务器。IA架构采用CISC指令集架构，RISC主要为ARM架构，其他MIPS、ALPHA、POWER等架构在服务器市场生态系统较孱弱。在后摩尔时代，AI、5G、大数据增加了云端计算的需求，X86架构的优势逐渐减少，ARM架构的热潮逐渐兴起。
- X86服务器主流微架构包括英特尔的Sky Lake、Cascade Lake、Cooper Lake、Ice Lake，ARM服务器微架构主要包括Neoverse N1、Neoverse V1（Zeus）。

服务器体系结构分类



Neoverse N1微架构SoC

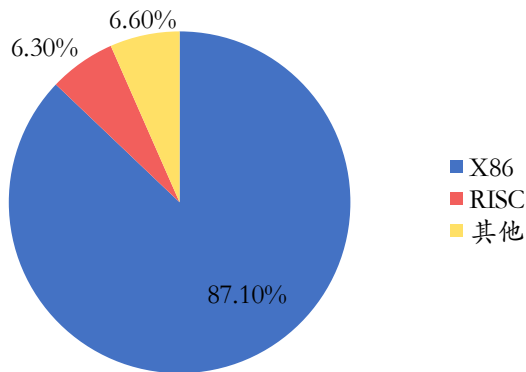


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

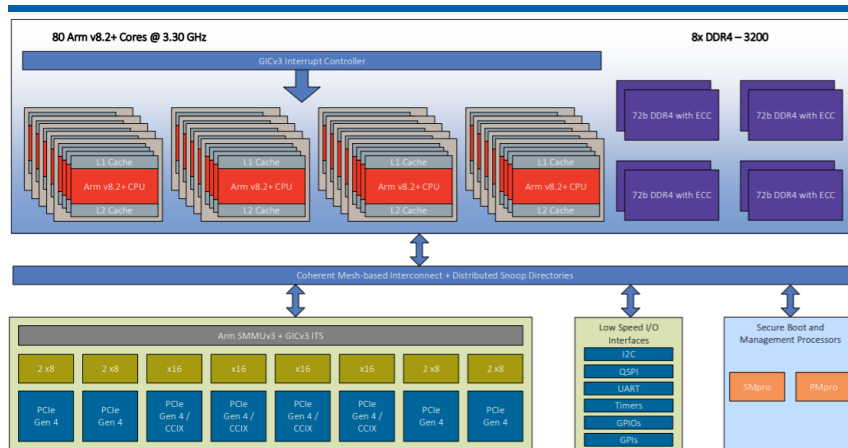
3.4 服务器：X86仍为主流架构，但ARM架构正迅速崛起

- ▶ 根据ITCandor数据，2019年H1全球X86架构仍是服务器处理器架构的主流，占比为87.1%。其中，英特尔占据X86架构绝大部分市场份额，但随着AMD服务器处理器EPYC的销量逐渐扩大，AMD的市场份额有望继续上升。
- ▶ 近年来，Arm架构服务器SoC迅速崛起：Ampere基于ARMv8.2架构的Altra和Altra Max；亚马逊基于Arm Neoverse的64核Graviton2比第一代基于X86架构的服务器芯片性能提升40%；华为应用于泰山服务器的64核鲲鹏920处理器能效比超出同类产品30%；天津飞腾的S2500、FT-2000+/64、FT-1500A/16等产品。

2019H1全球服务器指令集结构



Ampere基于ARM v8.2架构的Altra服务器SoC

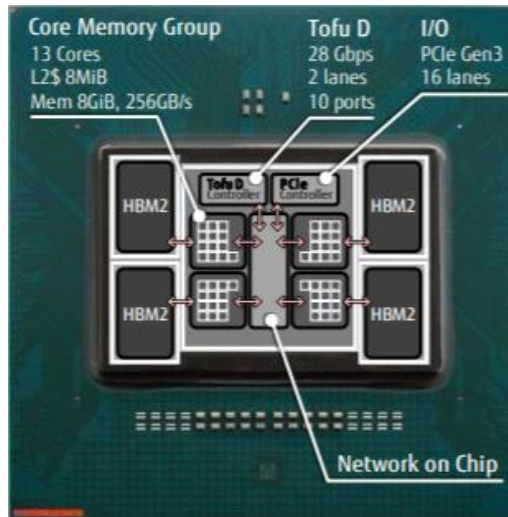


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

3.4 服务器：日本富岳Fugaku是首台采用ARM架构SoC的超级计算机

- 2020年11月，新一期全球超级计算机TOP500榜单公布，日本富岳Fugaku（富士通）的48核A64FX SoC再次蝉联榜首，这也是该榜单首个采用ARM架构SoC的超级计算机。此外，大部分超算搭载英伟达GPU和InfiniBand无线宽带技术。
- 根据TOP 500官网统计，X86仍是主流的超算架构，ARM架构超算仅有5台，其中4台搭载富士通A64FX SoC，1台搭载Marvell ThunderX2 SoC。

日本富岳Fugaku超算A64FX SoC



CPU Specifications	
ISA	Armv8.2-A + SVE
Number of Processor Cores	48 compute cores, and 2 or 4 assistant cores *
Threads	48
Base Frequency	1.8GHz, 2.0GHz, 2.2GHz
Turbo Frequency	None (same as base frequency)
SIMD Width	512bit
L1I Cache Size	3MiB (64KiB /core)
L1D Cache Size	3MiB (64KiB /core)
L2 Cache Size	32MiB (8MiB x 4)
Cache-Line Size	256 bytes
Memory Controller	4
SVE-Implemented Vector Length	128 / 256 / 512bits
Peak Flops; D / S / H [FLOPS]	1.8GHz 2.7648T / 5.5296T / 11.0592T
	2.0GHz 3.072T / 6.144T / 12.288T
	2.2GHz 3.3792T / 6.7584T / 13.5168T
Peak Int Ops; 8 / 4 / 2 / 1B [OPS]	1.8GHz 2.7648T / 5.5296T / 11.0592T / 22.1184T
	2.0GHz 3.072T / 6.144T / 12.288T / 24.576T
	2.2GHz 3.3792T / 6.7584T / 13.5168T / 27.0336T
Network	Tofu interconnect D [68GB/s x2 (in/out)] *
I/O / Socket	PCIe Gen3 16 lanes [15.75GB/s(in/out)] (Need chipsets for USB/SATA)
Process Technology	7 nm CMOS FinFET
Number of Transistors	8.786M pcs
Package Signal Pins	594 BGA pins

* Only when the frequency is 2.2 GHz

2020年11月全球超算TOP5

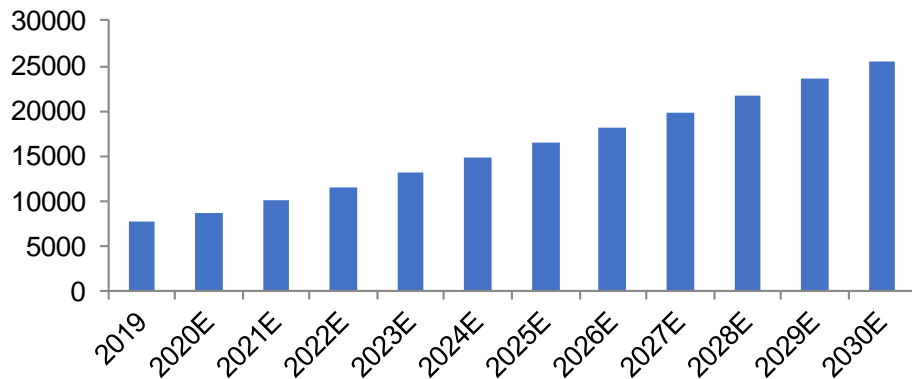
Rank	System	Cores	Rmax (TFlop/s)	Rpeak (TFlop/s)	Power (kW)
1	Supercomputer Fugaku - Supercomputer Fugaku, A64FX 48C 2.2GHz, Tofu interconnect D, Fujitsu RIKEN Center for Computational Science Japan	7,630,848	442,010.0	537,212.0	29,899
2	Summit - IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.07GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband, IBM DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	2,414,592	148,600.0	200,794.9	10,096
3	Sierra - IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.1GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband, NVIDIA / Mellanox DOE/NSA/LLNL United States	1,572,480	94,640.0	125,712.0	7,438
4	Sunway TaihuLight - Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway, NRPC National Supercomputing Center in Wuxi China	10,649,600	93,014.6	125,435.9	15,371
5	Selene - NVIDIA DGX A100, AMD EPYC 7742 64C 2.25GHz, NVIDIA A100, Mellanox HDR Infiniband, Nvidia NVIDIA Corporation United States	555,520	63,460.0	79,215.0	2,646

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

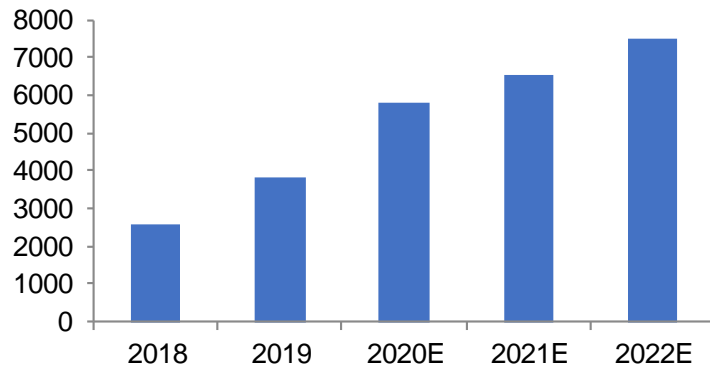
3.5 AIoT: AI+IoT成为大势所趋, 新应用领域不断拓展

- AIoT在物联网的基础上加入AI技术, 近年来发展速度迅猛。物联设备快速增长, 全球智能硬件厂商争相布局, 根据 Transforma Insights数据, 2030年全球物联设备将超过254亿台。根据艾瑞咨询数据, 2018年中国AIoT市场规模达2590亿元, 2022年AIoT业务将超过7500亿元。
- 在AIoT智能硬件端, MCU和SoC为主控芯片。其中, AIoT SoC通常集成多个AI模块, 能够处理音视频等数据, 和MCU相比能够更好地满足AI对高算力、低功耗的需求, 提升物联设备交互体验和智能化水平, 已占据智能终端芯片市场的主导地位。智能音视频、智能家居、智能安防及商办等AIoT应用将成为SoC重要的增量市场。

2019-2030年全球物联设备数量 (单位: 百万台)



2018-2022年中国AIoT市场规模 (单位: 亿元)

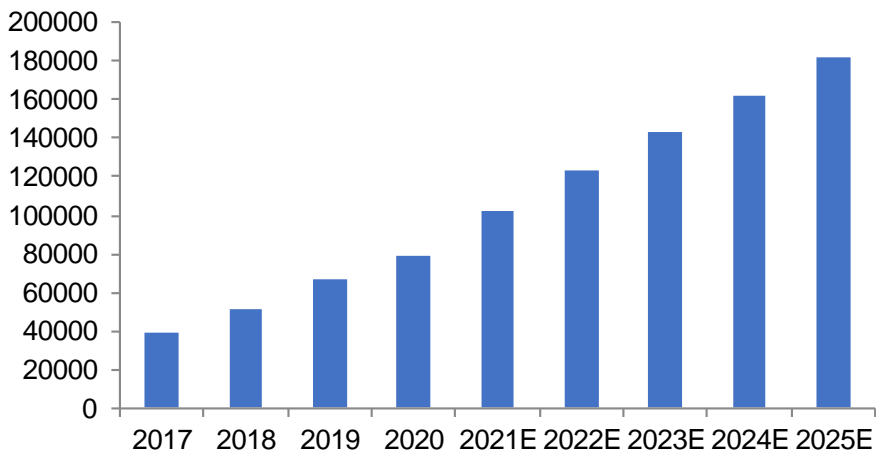


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

3.5 AIoT: 智能家居市场渗透率不断提高, 前景广阔

- ▶ AIoT技术的成熟催生了智能家电的需求和市场规模的进一步增长。根据Statista数据显示, 2017年全球智能家居市场收入为38794.42百万美元, 2025年将达到182442.72百万美元。2020年全球智能家居渗透率仅为10.62%, 到2025年这一比例将达到21.09%。
- ▶ 和普通家居相比, 智能家居的交互方式愈发多样化, 并兼备无线通信、智能控制、设备自动化等功能, 应用场景多样化, 包括智能家电、智能音箱、家用安防、智能照明、扫地机器人、智能门锁等。

2017-2025年全球智能家居市场收入 (单位: 百万美元)



智能家居产品形态

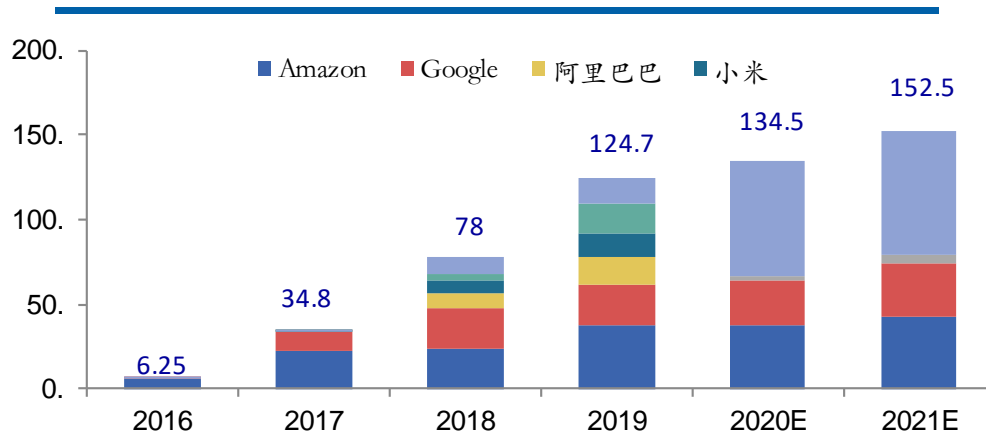


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

3.5 AIoT: 智能音箱市场仍有较大增长空间

▶ 智能音箱是智能家居核心接入口，集成了AI处理功能，具有语音交互功能。根据Statista预测2021年全球智能音箱出货量将达到152.5百万台。洛图科技数据表明，2019年我国智能音箱家庭普及率仅为13%，和西方国家相比有巨大上升空间，随着智能家居不断发展，智能音箱市场有望迎来新的增长点。智能音箱多采用SoC主控芯片，集成音频、视频相关IP，实现语音算法等AI功能。

2016-2021年全球智能音箱出货量（单位：百万台）



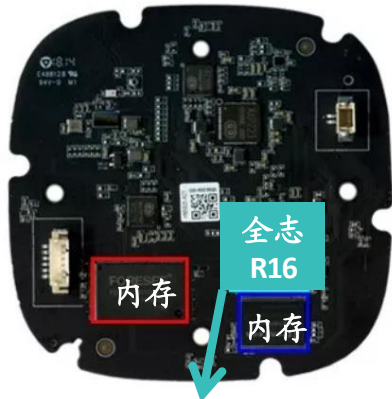
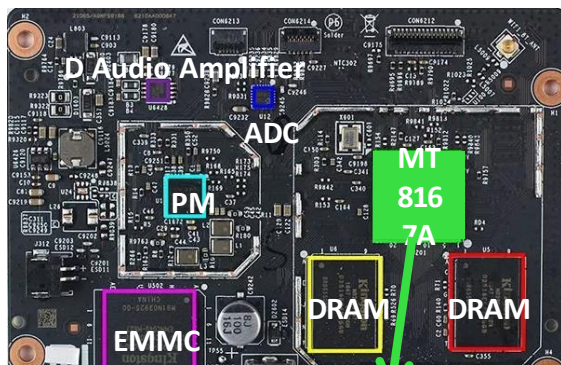
厂商	智能音箱SoC	应用案例
苹果	A8	Homepod
全志科技	R16	京东叮咚TOP、SONY智能音箱、腾讯听听、小米小爱mini
	R58	小度在家
	F1C600	天猫精灵儿童智能音箱
晶晨股份	A112	Yeelight语音助手、小米小爱同学
	A113X	小度智能音箱、小爱智能音箱HD
	S905X2	天猫精灵魔盒
	S905D	Google Home Hub
北京君正	X1000	Anker Roav Viva
	X1830	苏宁小Biu智能闹钟
联发科	MT8516	小米小爱智能闹钟、亚马逊 Echo dot
	MT2601	出门问问 Tichome Mini
	MT8167A	天猫精灵CC带屏智能音箱、腾讯叮当智能视听屏、小米小爱触屏音响
	MT7688AN	GGMM智能音箱E2小度版
瑞芯微	RK3229	斐讯AI智能音箱R1、小豹AI音响
	OS1000RKAI	小雅Nano

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

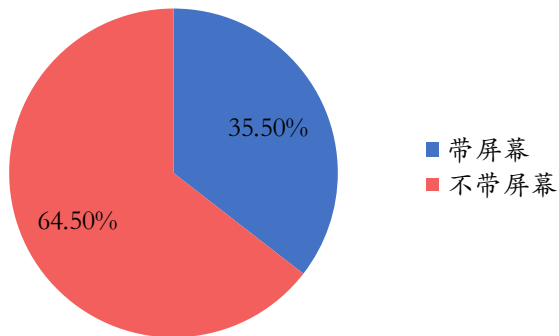
3.5 AIoT: 带屏智能音箱的发展对主控SoC提出更高要求

▶ 根据IDC数据显示，2020年我国带屏智能音箱销量占比35.5%，同比增长了31%。带屏音箱将朝AI智能交互方向不断发展，为用户提供了语音交互、人脸识别、手势控制等功能，未来带屏音箱市场有望继续增长，对主控SoC的性能和集成度提出更高要求。

带屏小米小爱智能音箱（左）vs. 不带屏小米小爱mini（右）主板IC拆解



2020年我国带屏幕/不带屏幕智能音箱销量占比



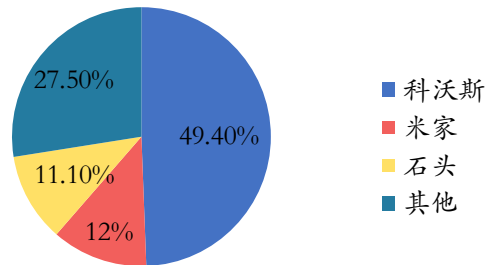
SoC	联发科MT8167A	全志科技R16
CPU	ARM Cortex-A35 @1.5GHz	Cortex™-A7
CPU Core	四核	四核
GPU	IMG PowerVR GE8300	Mali400
Display	1920 x 1200	1280x800
Memory	DDR3, LPDDR3, DDR4	DDR3/DDR3L SDRAM, NAND Flash

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

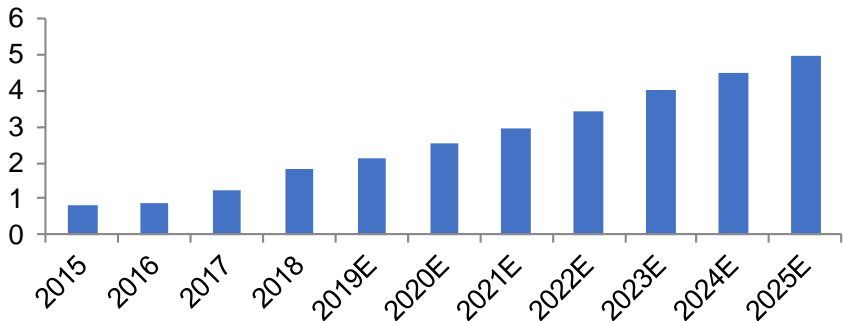
3.5 AIoT: 扫地机器人未来需求强劲

➤ 扫地机器人融合了处理器芯片、SLAM算法（同步定位与地图构建）、传感器及激光雷达等技术，产品技术迭代较快，未来新购需求强劲。根据Loup Ventures，IFR数据显示，2015年全球扫地机器人销售收入仅为0.81亿美元，2025年销售收入将达4.98亿美元，复合增长率达20%。在我国，扫地机器人市场集中度高，CR3高达72.5%。在芯片端，瑞芯微（RK3326、RK1808、RK3308、RV1108 SoC）、全志科技（R系列SoC）为主要扫地机器人SoC厂商。

2019年中国扫地机器人市场竞争格局



2015-2025年全球扫地机器人销售收入（单位：亿美元）



米家扫地机器人使用瑞芯微RK3326 SoC



RK3326

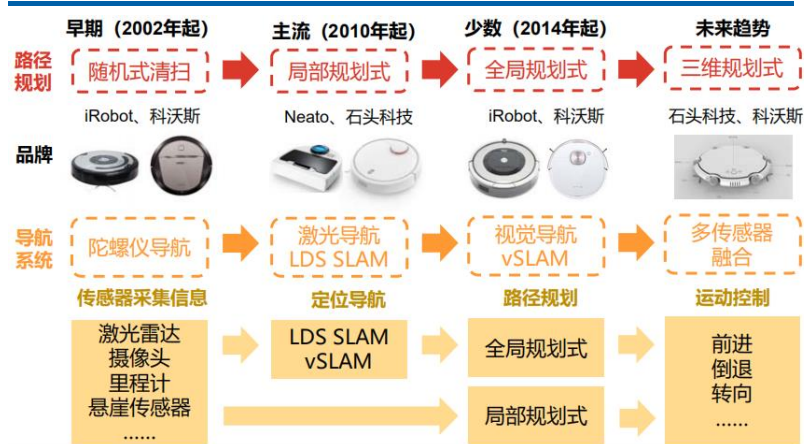
- Quad-core Cortex-A35 up to 1.5GHz
- Mali-G31MP2 GPU
- DDR4/DDR3/DDR3L/LPDDR3/LPDDR2
- 1080P H.265/H.264/VC-1/MPEG/VP8 video decoder
- 1080P H.264/VP8 video encoder
- LVDS/MIPI-DSI/RGB interface
- 1x8ch I2S/TDM, 1x8ch PDM, 2x2ch I2S

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

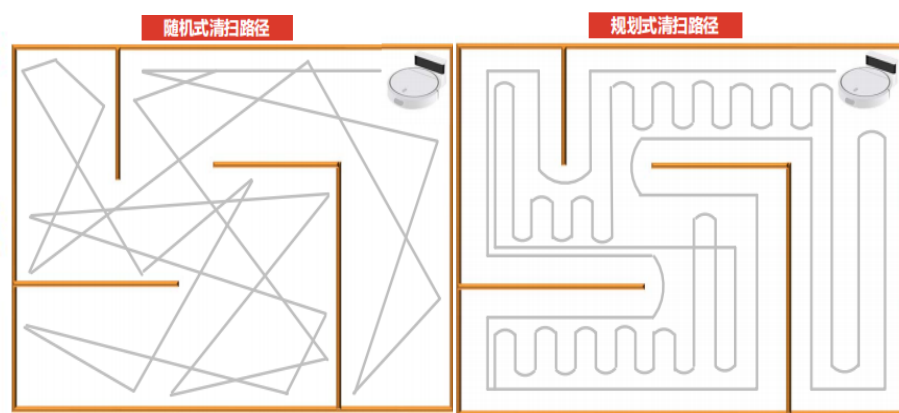
3.5 AIoT: 第三代扫地机器人采用SoC并集成各种AI模块

- ▶ 1997年瑞典伊莱克斯三叶虫推出第一代随机碰撞式清扫的扫地机器人，采用MCU作为简单的控制芯片。2002年以来，扫地机器人技术迅速发展，激光导航、LDS SLAM技术的运用使产品更加智能化，算法核心需要SoC提供更高算力。随着AI不断革新发展，第三代扫地机器人采用视觉/3D ToF传感模组进行数据收集、vSLAM视觉导航技术进行全局路径规划，通过神经网络算法提高扫地机器人智能识别能力，SoC算力进一步提升，满足新一代扫地机器人智能导航规划、自动识别、语音播报、智能交互等物联功能。

历代扫地机器人



扫地机器人清扫路径演变

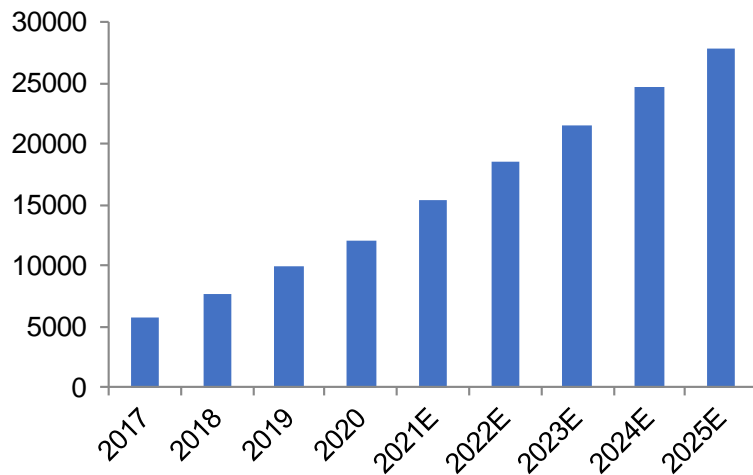


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

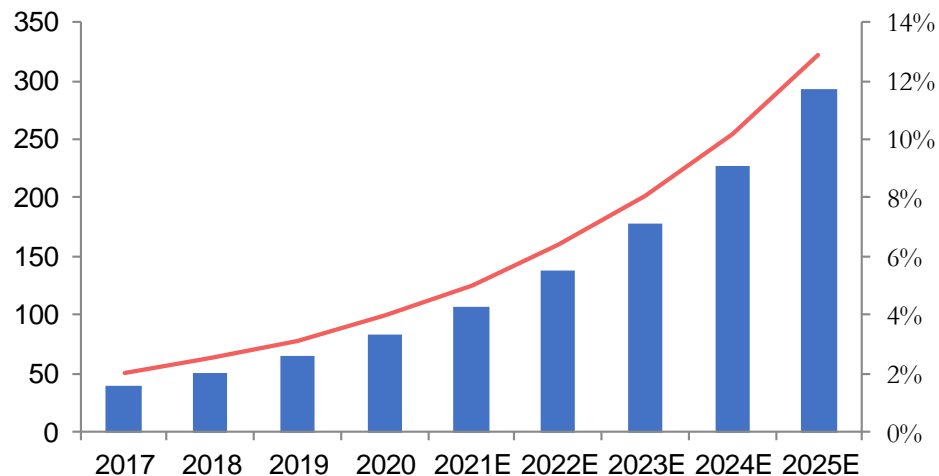
3.5 AIoT: 全球智能家用安防市场呈现上升趋势

- 根据Statista预测，2017年全球智能家用安防市场收入为5770百万美元，2020年达到12095百万美元，收入在2025年将上升至27857百万美元，2017-2025年复合增长率为21.75%。
- 2025年全球智能家用安防活跃用户数将达从2017年的39.4百万上升至293.3百万，复合增长率为28.52%。2017年全球智能家用安防渗透率仅为2%，2025年将上升至12.9%。

2017-2025年全球智能家用安防收入（单位：百万美元）



2017-2025年全球智能家用安防活跃用户数及普及率（单位：百万）

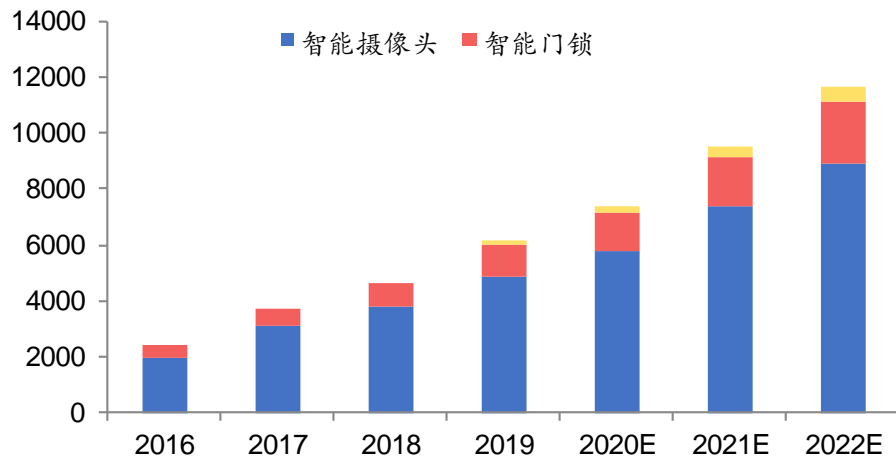


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

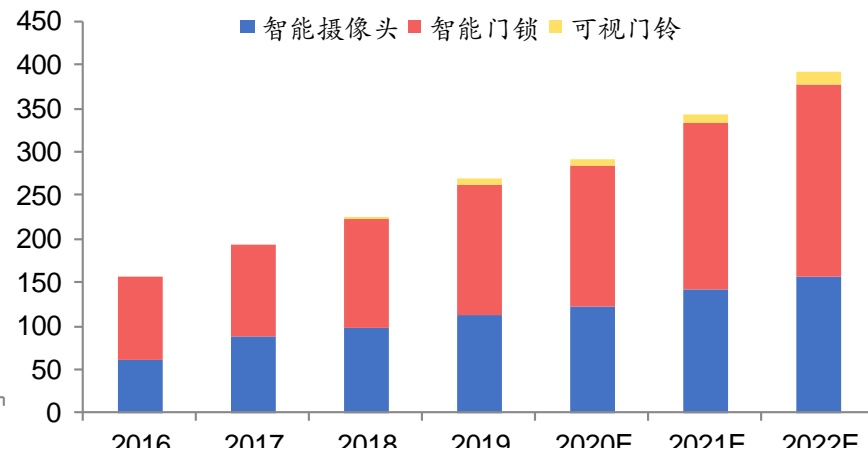
3.5 AIoT: 我国智能家用安防仍处于增量市场

- ▶ 智能家用安防市场包括智能摄像头、智能门锁和可视门铃。我国智能家用安防市场仍处于起步和快速发展阶段，随着5G、AI、WIFI-6技术的普及和产品成本进一步降低，该市场应用将加速落地，拉动硬件层面嵌入式SoC芯片的需求和发展。根据艾瑞咨询数据显示，2019年我国智能摄像头、智能门锁、可视门铃产品销量分别为4881、1159.9、161.1万台，2022年将分别达到8923、2202.8、515.7万台，智能家用安防市场规模将从2016年的156.5亿元增长到2022年392.9亿元。

2016-2022年中国智能家用安防产品销量（单位：万台）



2016-2022年中国智能家用安防市场规模（单位：亿元）

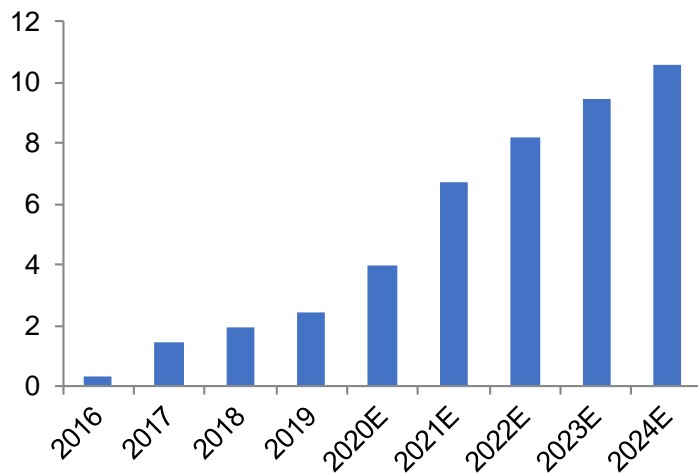


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

3.5 AIoT: TWS耳机是智能音频SoC重要应用之一

- 2016年苹果发布AirPods，TWS市场逐渐被打开。根据LeadLeo，IDC数据显示，2016年，中国TWS耳机市场规模仅为0.34亿美元，2024年将达到10.59亿美元，复合增长率高达53.7%。TWS耳机已成为智能音频SoC重要应用之一。
- TWS耳机智能语音助手、语音识别、语音唤醒等功能逐渐完善，对主控芯片SoC的工艺制程、集成度、功耗、AI模块和边缘计算能力等提出了更高的要求，在芯片端市场，苹果、高通、联发科及我国的海思、恒玄科技为主要厂商。

2016-2024年中国TWS耳机市场规模 (单位: 亿美元)



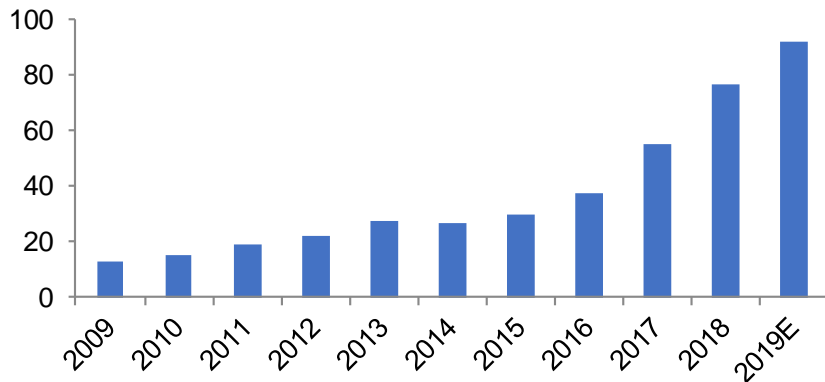
指标	恒玄科技	苹果	华为海思	高通	联发科
SoC	BES2300	H1	麒麟A1	QCC512X	AB155X
时间	2018年	2019年	2019年	2018年	2019年
适用耳机	华为、OPPO、魅族等	AirPods 2/Pro	华为 FreeBuds3/Pro	OPPO、vivo等	SONY WF-1000XM3
CPU	300MHz Dual-core ARM CM4F	未公开	未公开	120 MHz Dual Kalimba Audio DSP	156MHz ARM CM4F+312MHz HiFi Audio DSP
RAM	1MB	未公开	未公开	256KB	608KB
信噪比	110dB	未公开	未公开	98dB	100dB
制程	28nm	16nm	未公开	40nm	55nm
功耗	5mA	<5mA	未公开	6mA	>6mA

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

3.5 AIoT: 智能商显为SoC重要的增量市场

- ▶ 随着智慧城市建设的不断推进，智能商显市场近年来快速发展。根据TCL数据显示，2009年中国商显市场规模为13亿元，2019年达到92.1亿元，复合增长率达21.6%。
- ▶ 商业显示作为人机交互的重要切入口，广泛应用于娱乐、教育、交通、工业、商办等场景，为SoC重要的增量市场。随着商显智能化发展，智能监控、人脸识别等AI功能愈发重要，主控SoC需要集成AI处理模块。我国主要商显SoC厂商瑞芯微推出了RK3399、RK3288、RK3188、RK3128 SoC，可应用于大型售货机、快递柜、数字标牌、会议一体机等中高端设备；全志科技也陆续推出A20、A64、A83T等主控SoC，为商显行业提供全方位芯片解决方案。

2009-2019年中国商显市场规模（单位：亿元）



智能商显应用场景



会议IWB



教育IWB



商用IWB



液晶/DLP拼接



广告机



商用电视

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

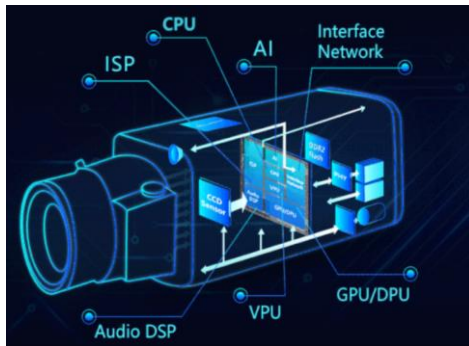
3.6 商用安防：正朝数字化、高清化和智能化方向发展

▶ 视频监控是安防行业最重要的业务之一。视频监控系统分为模拟视频监控系统分为模拟监控和网络监控，其对应的前端芯片分别为ISP芯片、IPC SoC芯片，后端芯片分别为DVR SoC芯片、NVR SoC芯片。前端设备负责采集图像、语音等视频信号，传输到监控系统中；后端设备负责控制视频信号的显示切换、对终端设备输出显示，以及存储。

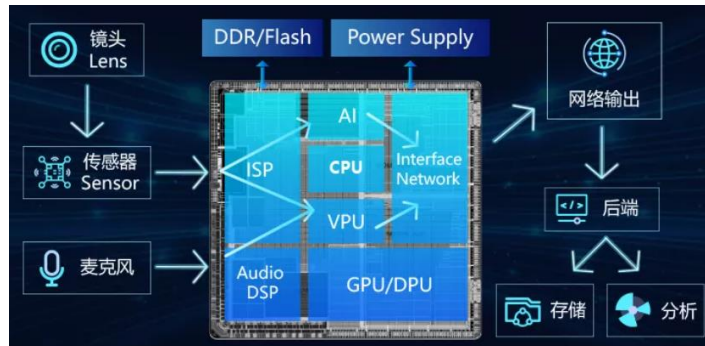
▶ 在计算机技术、编码压缩技术、IC工艺、网络传输技术等信息与视频监控不断发展的背景下，安防视频监控行业正朝数字化、高清化和智能化方向发展。

监控系统	对应芯片	主要功能	主要厂商
模拟监控	前端：ISP	处理原始图像	富瀚微、NextChip
	后端：DVR SoC	将模拟信号数字化、编码压缩与存储	海思、德州仪器、意法半导体
网络监控	前端：IPC SoC	主要集成ISP技术和视频编解码技术	海思、安霸、德州仪器、北京君正、富瀚微、国科微
	后端：NVR SoC	接收IPC的码流，并进行编解码、存储	海思、德州仪器、Maevell

网络摄像机 IP Camera



IPC工作流程

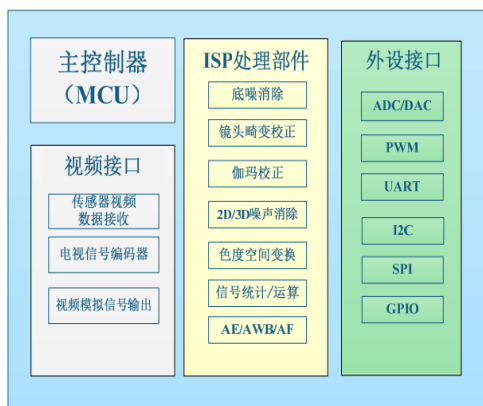


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

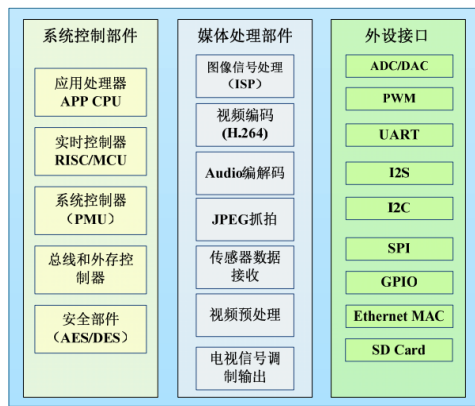
3.6 商用安防：安防视频监控多媒体处理芯片框架

- ▶ ISP芯片是视频监控摄像机的重要处理模块，ISP芯片包含了CFA插值、白平衡校正、伽玛校正、3D降噪、边缘增强、伪彩色抑制、宽动态处理等功能模块，其作用是采集前端原始图像信号，并进行图像复原和增强处理，再将图像在后端DVR压缩和存储。DVR SoC芯片可将处理过的音视频数据进行检索回放。
- ▶ IPC SoC是视频网络监控摄像机的核心，通常包含CPU、ISP、视频编码模块等，经采集过的视频原始数据经过ISP模块处理后，进行压缩并传输到后端NVR进行处理和存储。随着智能安防不断发展，IPC SoC将集成AI模块以实现人脸识别、智能侦测等智能应用。

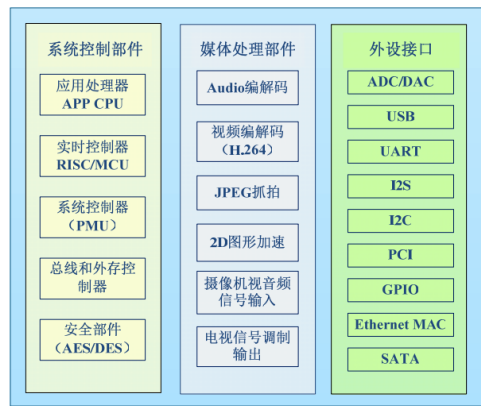
前端ISP芯片框架



前端IPC SoC框架



后端DVR SoC框架



For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

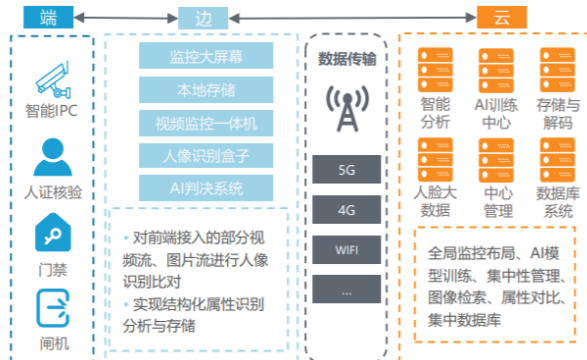
3.6 商用安防：国内外安防芯片设计厂商加速在AI应用领域布局

- ▶ IoT、AI、云计算和大数据在安防行业加速渗透，大量数据得到结构化的处理，经过智能分析后呈现给用户，“云边端”的智能安防体系不断完善。此外，传统监控很大程度上依靠云端分析和处理数据，造成很大的数据传输和云端运输、存储压力。越来越多的IPC厂商将视频分析技术集成至前端，利用AI技术实现分布式智能监控、分析、处理和功能应用。
- ▶ 目前，传统视频解码芯片厂商海思、安霸、NVIDIA和Movidius（Intel旗下）已推出多款安防AI芯片，国内其他企业包括富瀚微、北京君正、立讯微、国科微、瑞芯微、地平线等超过20家企业也正加速布局该领域。

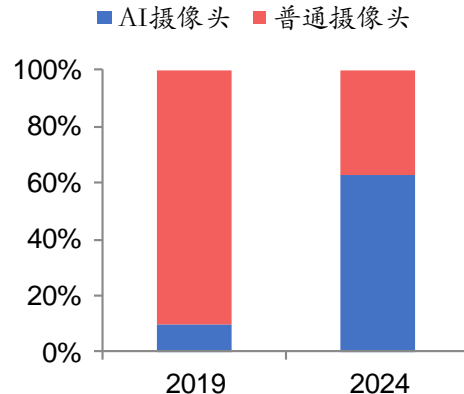
人工智能在安防领域的应用场景



“云边端”的智能安防体系



中国AI摄像头渗透率



For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

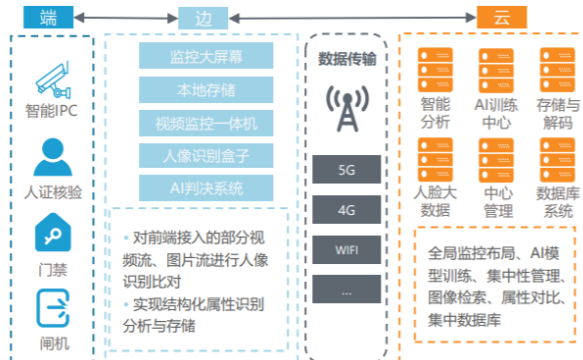
3.6 商用安防：国内外安防芯片设计厂商加速在AI应用领域布局

- ▶ IoT、AI、云计算和大数据在安防行业加速渗透，大量数据得到结构化的处理，经过智能分析后呈现给用户，“云边端”的智能安防体系不断完善。此外，传统监控很大程度上依靠云端分析和处理数据，造成很大的数据传输和云端运输、存储压力。越来越多的IPC厂商将视频分析技术集成至前端，利用AI技术实现分布式智能监控、分析、处理和功能应用。
- ▶ 目前，传统视频解码芯片厂商海思、安霸、NVIDIA和Movidius（Intel旗下）已推出多款安防AI芯片，国内其他企业包括富瀚微、北京君正、立讯微、国科微、瑞芯微、地平线等超过20家企业也正加速布局该领域。

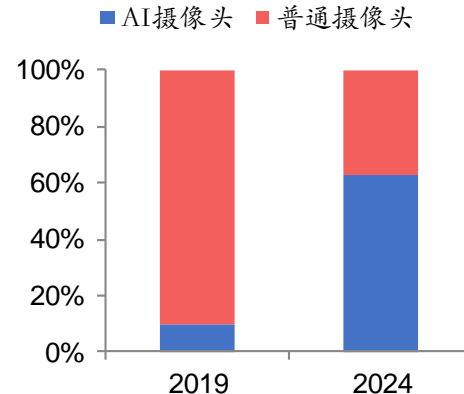
人工智能在安防领域的应用场景



“云边端”的智能安防体系



中国AI摄像头渗透率

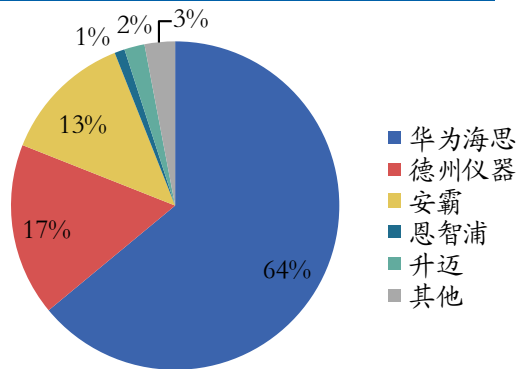


For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

3.6 商用安防：海思为我国安防监控行业最主要玩家

- ▶ 随着安防监控智能化、网络化的不断发展，应用于网络摄像机的IPCSoC芯片需求不断扩大，是安防芯片厂商重点布局方向。作为安防IPC领域的绝对龙头，华为海思产品性能远超各类竞争对手，在国内市占率超过60%，其余玩家包括德州仪器、安霸、恩智浦等。此外，星宸科技、富瀚微、国科微、北京君正也将重点发展IPCSoC领域。
- ▶ 随着中美贸易摩擦加剧，美国对华为的禁令将使海思的市场业务受到负面影响，中国安防芯片市场仍需本土填补缺口。

国内IPCSoC芯片市场格局



海思智能视频监控芯片

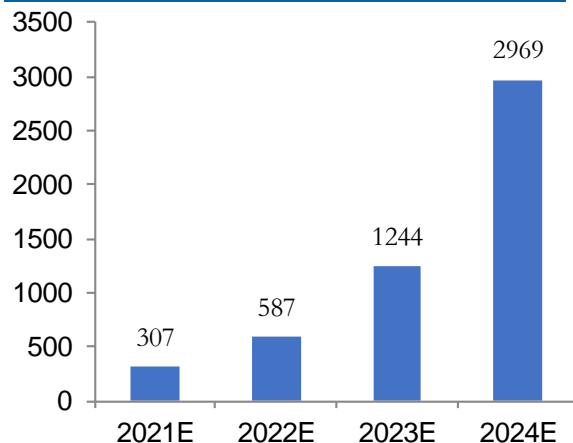
芯片	名称	内核	功耗	芯片	名称	内核	功耗
IPC	Hi3516EV200	单核	0.7w	NVR	Hi3536DV100	单核	1.6w
	Hi3516EV300	单核	1w		Hi3536CV100	双核	2w
	Hi3516DV200	单核	0.9w		Hi3535AV100	四核	3.1w
AI IPC	Hi3516CV500	双核	0.9w	DVR	Hi3520DV500	四核	2.2w
	Hi3516DV300	双核			Hi3521DV200	四核	3.3w
	Hi3516AV300	双核			Hi3531DV200	四核	4.6w
	Hi3519AV100	双核	2.2w				
	Hi3559AV100	多核	3w				

For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

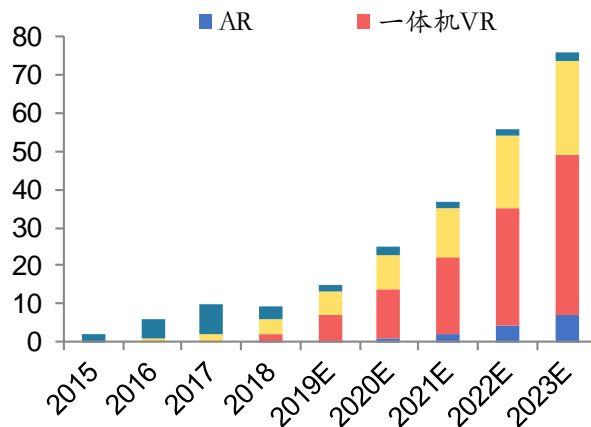
3.7 VR/AR: 市场有望迎来新一轮增长

- ▶ 5G、AI、超高清视频、云计算的高速发展提升了VR/AR设备的体验感，随着娱乐、医疗、教育培训等应用需求不断增长，VR/AR产业有望迎来新一轮增长。根据BCG、MordorIntelligence数据显示，2020年VR/AR产业市场规模为307亿美元，2024年将达到2969亿美元。VR/AR产品需要高集成化半导体元件支持，有望推动主控SoC发展。
- ▶ VR产业广泛应用于ToB、ToC端，Facebook为主要厂商，其产品Oculus Quest 2实现了VR一体机和分体机市场的统一。AR产业发展较为缓慢，ToB端涉及工业、医疗、安防、教育等领域，谷歌和微软为主要厂商。

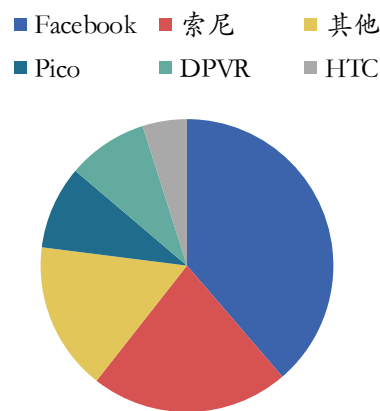
2016-2020年AR/VR市场规模 (单位: 亿美元)



2015-2023年AR/VR设备出货量 (单位: 百万台)



2020Q2 VR头戴设备市场份额



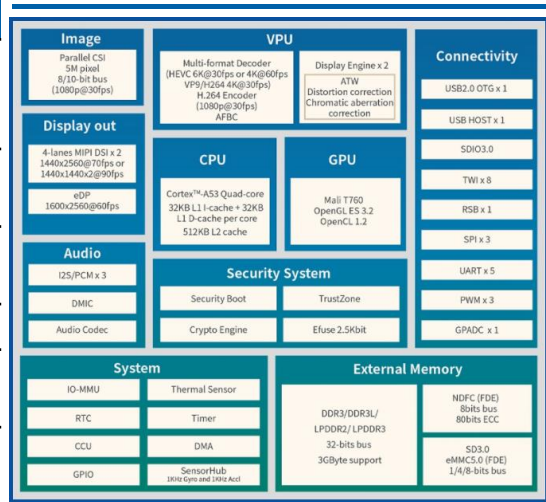
For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

3.7 VR/AR: 5G对VR/AR SoC处理器性能提出更高要求

- 随着AR办公、AR购物、VR直播等场景兴起，硬件方面Facebook、谷歌、苹果、三星等厂商纷纷推出应用产品及平台，5G时代的到来更是对AR/VR芯片算法、显示和通讯等模块提出了更高要求，全球各大芯片厂商积极布局AR/VR领域。高通2012年收购AR公司Blippar，2014年推出AR引擎Vuforia，2016年推出VR头显一体机VR820，在芯片端，高通一家独大，2018-2020年陆续推出针对AR/VR应用的骁龙XR1平台和XR2 5G平台，占据大部分市场份额。国内厂商全志科技、炬芯、瑞芯微等均推出了用于AR/VR领域的SoC处理器。

SoC	性能
高通骁龙XR1	支持每秒30帧的UltraHD 4K视频分辨率，搭载Qualcomm Spectra™ ISP，集成显示处理器支持硬件加速合成、3D叠加、OpenGL、OpenCL和Vulkan，具有高级视觉处理功能，支持3D音频套件、Qualcomm Aqstic™和Qualcomm® aptX™音频技术
高通骁龙XR2 5G	Snapdragon XR2平台采用7nm技术，是全球首个5G与AI相结合的XR平台，支持7个并发摄像头，支持8K360°视频
全志科技VR9	CPU: Quad-Core ARM Cortex™-A53 1.8GHz; GPU: Mali-T760 624MHz; 制程: 28nm
炬芯S900	CPU: 四核Cortex™-A53; GPU: Imagination公司的PowerVR G6230; 制程: 28nm
瑞芯微RK3399	CPU: 双Cortex-A72+四Cortex-A53大小核CPU结构，频率最高1.8GHz; GPU: Mali-T860 GPU, 支持OpenGL ES1.1/2.0/3.0/3.1, OpenCL
瑞芯微RK3288	CPU: 四核Cortex-A17, 主频最高达1.8GHz; GPU: Mali-T764 GPU,支持AFBC; 制程: 28nm

全志科技VR9 SoC



For full disclosure of risks, valuation methodologies and target price formation on all HTI rated stocks, please refer to the latest full report on our website at equities.htisec.com

4. 总结

- SoC从手机主要驱动，进入到多下游驱动时代
- SoC从纯多核堆积，精细化到区分核心用途性能
- SoC市场分层，集中化大规模市场强者恒强，多元化小规模市场仍待开发

Summary

- **SoC goes from the primary smartphone driving to multi-downstream driving.**
- **SoC is refined from pure multicore stacking to differentiated core purpose performance.**
- **Soc market is stratified, the centralized large-scale market strong and constant strong, and the diversified small-scale market is still to be developed.**

重要信息披露

本研究报告由海通国际分销，海通国际是由海通国际研究有限公司 (HTIRL)，Haitong Securities India Private Limited (HSIPL)，Haitong International Japan K.K. (HTIJKK)和海通国际证券有限公司 (HTISCL)的证券研究团队所组成的全球品牌，海通国际证券集团 (HTISG)各成员分别在其许可的司法管辖区内从事证券活动。

IMPORTANT DISCLOSURES

This research report is distributed by Haitong International, a global brand name for the equity research teams of Haitong International Research Limited (“HTIRL”), Haitong Securities India Private Limited (“HSIPL”), Haitong International Japan K.K. (“HTIJKK”), Haitong International Securities Company Limited (“HTISCL”), and any other members within the Haitong International Securities Group of Companies (“HTISG”), each authorized to engage in securities activities in its respective jurisdiction.

HTIRL分析师认证Analyst Certification:

我，郑宏达，在此保证 (i) 本研究报告中的意见准确反映了我们对本研究中提及的任何或所有目标公司或上市公司的个人观点，并且 (ii) 我的报酬中没有任何部分与本研究报告中表达的具体建议或观点直接或间接相关；及就此报告中所讨论目标公司的证券，我们（包括我们的家属）在其中均不持有任何财务利益。I, Nathan Zheng, certify that (i) the views expressed in this research report accurately reflect my personal views about any or all of the subject companies or issuers referred to in this research and (ii) no part of my compensation was, is or will be directly or indirectly related to the specific recommendations or views expressed in this research report; and that I (including members of my household) have no financial interest in the security or securities of the subject companies discussed.

我，华晋书，在此保证 (i) 本研究报告中的意见准确反映了我们对本研究中提及的任何或所有目标公司或上市公司的个人观点，并且 (ii) 我的报酬中没有任何部分与本研究报告中表达的具体建议或观点直接或间接相关；及就此报告中所讨论目标公司的证券，我们（包括我们的家属）在其中均不持有任何财务利益。I, Jinshu Hua, certify that (i) the views expressed in this research report accurately reflect my personal views about any or all of the subject companies or issuers referred to in this research and (ii) no part of my compensation was, is or will be directly or indirectly related to the specific recommendations or views expressed in this research report; and that I (including members of my household) have no financial interest in the security or securities of the subject companies discussed.

利益冲突披露 Conflict of Interest Disclosures

海通国际及其某些关联公司可从事投资银行业务和/或对本研究中的特定股票或公司进行做市或持有自营头寸。就本研究报告而言，以下是有关该等关系的披露事项（以下披露不能保证及时无遗漏，如需了解及时全面信息，[请发邮件至ERD-Disclosure@htisec.com](mailto:ERD-Disclosure@htisec.com)）

HTI and some of its affiliates may engage in investment banking and / or serve as a market maker or hold proprietary trading positions of certain stocks or companies in this research report. As far as this research report is concerned, the following are the disclosure matters related to such relationship (As the following disclosure does not ensure timeliness and completeness, please send an email to ERD-Disclosure@htisec.com if timely and comprehensive information is needed).

作为回报，海通拥有000063.CH一类普通股证券的1%或以上。

The Haitong beneficially owns 1% or more of a class of common equity securities of 000063.CH.

688981.CH目前或过去12个月内是海通的投资银行业务客户。

688981.CH is/was an investment bank clients of Haitong currently or within the past 12 months.

英特尔半导体（大连）有限公司,英特尔产品（成都）有限公司, 688981.CH 及 300223.CH目前或过去12个月内是海通的客户。海通向客户提供非投资银行业务的证券相关业务服务。

英特尔半导体（大连）有限公司,英特尔产品（成都）有限公司, 688981.CH and 300223.CH are/were a client of Haitong currently or within the past 12 months. The client has been provided for non-investment-banking securities-related services.

海通在过去12个月中获得对688981.CH提供投资银行服务的报酬。

Haitong received in the past 12 months compensation for investment banking services provided to 688981.CH.

海通预计将（或者有意向）在未来三个月内从688981.CH获得投资银行服务报酬。

Haitong expects to receive, or intends to seek, compensation for investment banking services in the next three months from 688981.CH.

海通在过去的12个月中从688981.CH获得除投资银行服务以外之产品或服务的报酬。

Haitong has received compensation in the past 12 months for products or services other than investment banking from 688981.CH.

海通担任688981.CH及000063.CH有关证券的做市商或流通量提供者。

Haitong acts as a market maker or liquidity provider in the securities of 688981.CH and 000063.CH.

评级定义 (从2020年7月1日开始执行):

海通国际 (以下简称“HTI”) 采用相对评级系统来为投资者推荐我们覆盖的公司: 优于大市、中性或弱于大市。投资者应仔细阅读HTI的评级定义。并且HTI发布分析师观点的完整信息, 投资者应仔细阅读全文而非仅看评级。在任何情况下, 分析师的评级和研究都不能作为投资建议。投资者的买卖股票的决策应基于各自情况 (比如投资者的现有持仓) 以及其他因素。

分析师股票评级

优于大市, 未来12-18个月内预期相对基准指数涨幅在10%以上, 基准定义如下

中性, 未来12-18个月内预期相对基准指数变化不大, 基准定义如下。根据FINRA/NYSE的评级分布规则, 我们会将中性评级划入持有这一类别。

弱于大市, 未来12-18个月内预期相对基准指数跌幅在10%以上, 基准定义如下

各地股票基准指数: 日本–TOPIX, 韩国–KOSPI, 台湾–TAIEX, 印度–Nifty100, 美国–SP500; 其他所有中国概念股–MSCI China.

Ratings Definitions (from 1 Jul 2020):

Haitong International uses a relative rating system using Outperform, Neutral, or Underperform for recommending the stocks we cover to investors. Investors should carefully read the definitions of all ratings used in Haitong International Research. In addition, since Haitong International Research contains more complete information concerning the analyst's views, investors should carefully read Haitong International Research, in its entirety, and not infer the contents from the rating alone. In any case, ratings (or research) should not be used or relied upon as investment advice. An investor's decision to buy or sell a stock should depend on individual circumstances (such as the investor's existing holdings) and other considerations.

Analyst Stock Ratings

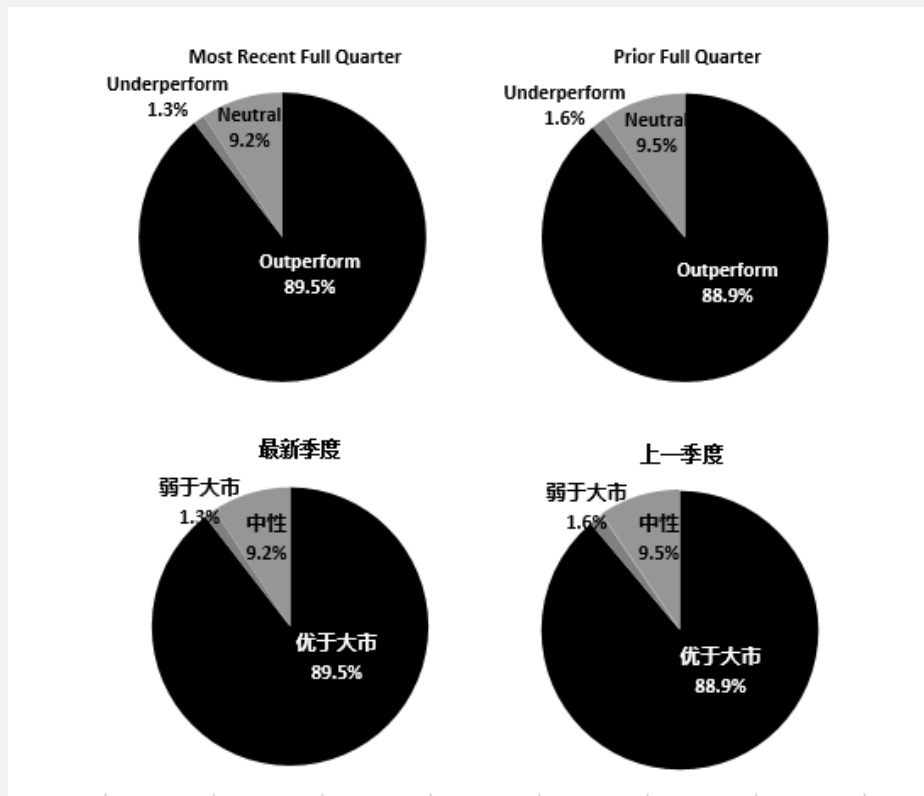
Outperform: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to exceed the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

Neutral: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be in line with the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below. For purposes only of FINRA/NYSE ratings distribution rules, our Neutral rating falls into a hold rating category.

Underperform: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be below the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

Benchmarks for each stock's listed region are as follows: Japan – TOPIX, Korea – KOSPI, Taiwan – TAIEX, India – Nifty100, US – SP500; for all other China-concept stocks – MSCI China.

评级分布 Rating Distribution



截至2022年6月30日海通国际股票研究评级分布

	优于大市	中性 (持有)	弱于大市	
海通国际股票研究覆盖率	89.5%	9.2%	1.3%	
投资银行客户*	5.9%	5.6%	5.0%	

*在每个评级类别里投资银行客户所占的百分比。

上述分布中的买入，中性和卖出分别对应我们当前优于大市，中性和落后大市评级。

只有根据FINRA/NYSE的评级分布规则，我们才将中性评级划入持有这一类别。请注意在上表中不包含非评级的股票。

此前的评级系统定义（直至2020年6月30日）：

买入，未来12-18个月内预期相对基准指数涨幅在10%以上，基准定义如下

中性，未来12-18个月内预期相对基准指数变化不大，基准定义如下。根据FINRA/NYSE的评级分布规则，我们会将中性评级划入持有这一类别。

卖出，未来12-18个月内预期相对基准指数跌幅在10%以上，基准定义如下

各地股票基准指数：日本–TOPIX, 韩国–KOSPI, 台湾–TAIEX, 印度–Nifty100; 其他所有中国概念股–MSCI China.

Haitong International Equity Research Ratings Distribution, as of Jun 30, 2022

	Outperform	Neutral (hold)	Underperform	
HTI Equity Research Coverage	89.5%	9.2%	1.3%	
IB clients*	5.9%	5.6%	5.0%	

*Percentage of investment banking clients in each rating category.

BUY, Neutral, and SELL in the above distribution correspond to our current ratings of Outperform, Neutral, and Underperform.

For purposes only of FINRA/NYSE ratings distribution rules, our Neutral rating falls into a hold rating category. Please note that stocks with an NR designation are not included in the table above.

Previous rating system definitions (until 30 Jun 2020):

BUY: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to exceed the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

NEUTRAL: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be in line with the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below. For purposes only of FINRA/NYSE ratings distribution rules, our Neutral rating falls into a hold rating category.

SELL: The stock's total return over the next 12-18 months is expected to be below the return of its relevant broad market benchmark, as indicated below.

Benchmarks for each stock's listed region are as follows: Japan – TOPIX, Korea – KOSPI, Taiwan – TAIEX, India – Nifty100; for all other China-concept stocks – MSCI China.

海通国际非评级研究: 海通国际发布计量、筛选或短篇报告，并在报告中根据估值和其他指标对股票进行排名，或者基于可能的估值倍数提出建议价格。这种排名或建议价格并非为了进行股票评级、提出目标价格或进行基本面估值，而仅供参考使用。

Haitong International Non-Rated Research: Haitong International publishes quantitative, screening or short reports which may rank stocks according to valuation and other metrics or may suggest prices based on possible valuation multiples. Such rankings or suggested prices do not purport to be stock ratings or target prices or fundamental values and are for information only.

海通国际A股覆盖: 海通国际可能会就沪港通及深港通的中国A股进行覆盖及评级。海通证券（600837.CH），海通国际于上海的母公司，也会于中国发布中国A股的研究报告。但是，海通国际使用与海通证券不同的评级系统，所以海通国际与海通证券的中国A股评级可能有所不同。

Haitong International Coverage of A-Shares: Haitong International may cover and rate A-Shares that are subject to the Hong Kong Stock Connect scheme with Shanghai and Shenzhen. Haitong Securities (HS; 600837 CH), the ultimate parent company of HTISG based in Shanghai, covers and publishes research on these same A-Shares for distribution in mainland China. However, the rating system employed by HS differs from that used by HTI and as a result there may be a difference in the HTI and HS ratings for the same A-share stocks.

海通国际优质100 A股（Q100）指数: 海通国际Q100指数是一个包括100支由海通证券覆盖的优质中国A股的计量产品。这些股票是通过基于质量的筛选过程，并结合对海通证券A股团队自下而上的研究。海通国际每季对Q100指数成分作出复审。

Haitong International Quality 100 A-share (Q100) Index: HTI's Q100 Index is a quant product that consists of 100 of the highest-quality A-shares under coverage at HS in Shanghai. These stocks are carefully selected through a quality-based screening process in combination with a review of the HS A-share team's bottom-up research. The Q100 constituent companies are reviewed quarterly.

MSCI ESG评级免责声明条款: 尽管海通国际的信息供货商（包括但不限于MSCI ESG Research LLC及其附属公司（「ESG方」）从其认为可靠的来源获取信息（「信息」），ESG方均不担保或保证此处任何数据的原创性，准确性和/或完整性，并明确表示不作出任何明示或默示的担保，包括可商售性和针对特定目的的适用性。该信息只能供阁下内部使用，不得以任何形式复制或重新传播，并不得用作任何金融工具、产品或指数的基础或组成部分。此外，信息本质上不能用于判断购买或出售何种证券，或何时购买或出售该证券。即使已被告知可能造成的损害，ESG方均不承担与此处任何资料有关的任何错误或遗漏所引起的任何责任，也不对任何直接、间接、特殊、惩罚性、附带性或任何其他损害赔偿（包括利润损失）承担任何责任。

MSCI ESG Disclaimer: Although Haitong International's information providers, including without limitation, MSCI ESG Research LLC and its affiliates (the "ESG Parties"), obtain information (the "Information") from sources they consider reliable, none of the ESG Parties warrants or guarantees the originality, accuracy and/or completeness, of any data herein and expressly disclaim all express or implied warranties, including those of merchantability and fitness for a particular purpose. The Information may only be used for your internal use, may not be reproduced or redisseminated in any form and may not be used as a basis for, or a component of, any financial instruments or products or indices. Further, none of the Information can in and of itself be used to determine which securities to buy or sell or when to buy or sell them. None of the ESG Parties shall have any liability for any errors or omissions in connection with any data herein, or any liability for any direct, indirect, special, punitive, consequential or any other damages (including lost profits) even if notified of the possibility of such damages.

盟浪义利 (FIN-ESG) 数据通免责声明条款: 在使用盟浪义利 (FIN-ESG) 数据之前, 请务必仔细阅读本条款并同意本声明:

第一条 义利 (FIN-ESG) 数据系由盟浪可持续数字科技有限责任公司 (以下简称“本公司”) 基于合法取得的公开信息评估而成, 本公司对信息的准确性及完整性不作任何保证。对公司的评估结果仅供参考, 并不构成对任何个人或机构投资建议, 也不能作为任何个人或机构购买、出售或持有相关金融产品的依据。本公司不对任何个人或机构投资者因使用本数据表述的评估结果造成的任何直接或间接损失负责。

第二条 盟浪并不因收到此评估数据而将收件人视为客户, 收件人使用此数据时应根据自身实际情况作出自我独立判断。本数据所载内容反映的是盟浪在最初发布本数据日期当日的判断, 盟浪有权在不发出通知的情况下更新、修订与发出其他与本数据所载内容不一致或有不同结论的数据。除非另行说明, 本数据 (如财务业绩数据等) 仅代表过往表现, 过往的业绩表现不作为日后回报的预测。

第三条 本数据版权归本公司所有, 本公司依法保留各项权利。未经本公司事先书面许可授权, 任何个人或机构不得将本数据中的评估结果用于任何营利性目的, 不得对本数据进行修改、复制、编译、汇编、再次编辑、改编、删减、缩写、节选、发行、出租、展览、表演、放映、广播、信息网络传播、摄制、增加图标及说明等, 否则因此给盟浪或其他第三方造成损失的, 由用户承担相应的赔偿责任, 盟浪不承担责任。

第四条 如本免责声明未约定, 而盟浪网站平台载明的其他协议内容 (如《盟浪网站用户注册协议》《盟浪网用户服务 (含认证) 协议》《盟浪网隐私政策》等) 有约定的, 则按其他协议的约定执行; 若本免责声明与其他协议约定存在冲突或不一致的, 则以本免责声明约定为准。

SusallWave FIN-ESG Data Service Disclaimer: Please read these terms and conditions below carefully and confirm your agreement and acceptance with these terms before using SusallWave FIN-ESG Data Service.

1. FIN-ESG Data is produced by SusallWave Digital Technology Co., Ltd. (In short, SusallWave)'s assessment based on legal publicly accessible information. SusallWave shall not be responsible for any accuracy and completeness of the information. The assessment result is for reference only. It is not for any investment advice for any individual or institution and not for basis of purchasing, selling or holding any relative financial products. We will not be liable for any direct or indirect loss of any individual or institution as a result of using SusallWave FIN-ESG Data.

2. SusallWave do not consider recipients as customers for receiving these data. When using the data, recipients shall make your own independent judgment according to your practical individual status. The contents of the data reflect the judgment of us only on the release day. We have right to update and amend the data and release other data that contains inconsistent contents or different conclusions without notification. Unless expressly stated, the data (e.g., financial performance data) represents past performance only and the past performance cannot be viewed as the prediction of future return.

3. The copyright of this data belongs to SusallWave, and we reserve all rights in accordance with the law. Without the prior written permission of our company, none of individual or institution can use these data for any profitable purpose. Besides, none of individual or institution can take actions such as amendment, replication, translation, compilation, re-editing, adaption, deletion, abbreviation, excerpts, issuance, rent, exhibition, performance, projection, broadcast, information network transmission, shooting, adding icons and instructions. If any loss of SusallWave or any third-party is caused by those actions, users shall bear the corresponding compensation liability. SusallWave shall not be responsible for any loss.

4. If any term is not contained in this disclaimer but written in other agreements on our website (e.g. User Registration Protocol of SusallWave Website, User Service (including authentication) Agreement of SusallWave Website, Privacy Policy of Susallwave Website), it should be executed according to other agreements. If there is any difference between this disclaimer and other agreements, this disclaimer shall be applied.

重要免责声明:

非印度证券的研究报告: 本报告由海通国际证券集团有限公司 (“HTISGL”) 的全资附属公司海通国际研究有限公司 (“HTIRL”) 发行, 该公司是根据香港证券及期货条例 (第571章) 持有第4类受规管活动 (就证券提供意见) 的持牌法团。该研究报告在HTISGL的全资附属公司Haitong International (Japan) K.K. (“HTIJKK”) 的协助下发行, HTIJKK是由日本关东财务局监管为投资顾问。

印度证券的研究报告: 本报告由从事证券交易、投资银行及证券分析及受Securities and Exchange Board of India (“SEBI”) 监管的Haitong Securities India Private Limited (“HTSIPL”) 所发行, 包括制作及发布涵盖BSE Limited (“BSE”) 和National Stock Exchange of India Limited (“NSE”) 上市公司 (统称为「印度交易所」) 的研究报告。HTSIPL于2016年12月22日被收购并成为海通国际证券集团有限公司 (“HTISG”) 的一部分。

所有研究报告均以海通国际为名作为全球品牌, 经许可由海通国际证券股份有限公司及/或海通国际证券集团的其他成员在其司法管辖区发布。

本文件所载信息和观点已被编译或源自可靠来源, 但HTIRL、HTISGL或任何其他属于海通国际证券集团有限公司 (“HTISG”) 的成员对其准确性、完整性和正确性不做任何明示或暗示的声明或保证。本文件中所有观点均截至本报告日期, 如有更改, 恕不另行通知。本文件仅供参考使用。文件中提及的任何公司或其股票的说明并非意图展示完整的内容, 本文件并非/不应被解释为对证券买卖的明示或暗示地出价或征价。在某些司法管辖区, 本文件中提及的证券可能无法进行买卖。如果投资产品以投资者本国货币以外的币种进行计价, 则汇率变化可能会对投资产生不利影响。过去的表现并不一定代表将来的结果。某些特定交易, 包括设计金融衍生工具的, 有产生重大风险的可能性, 因此并不适合所有的投资者。您还应认识到本文件中的建议并非为您量身定制。分析师并未考虑到您自身的财务情况, 如您的财务状况和风险偏好。因此您必须自行分析并在适用的情况下咨询自己的法律、税收、会计、金融和其他方面的专业顾问, 以期在投资之前评估该项建议是否适合于您。若由于使用本文件所载的材料而产生任何直接或间接的损失, HTISG及其董事、雇员或代理人对此均不承担任何责任。

除对本文内容承担责任的分析师除外, HTISG及我们的关联公司、高级管理人员、董事和雇员, 均可不时作为主事人就本文件所述的任何证券或衍生品持有长仓或短仓以及进行买卖。HTISG的销售员、交易员和其他专业人士均可向HTISG的相关客户和公司提供与本文件所述意见相反的口头或书面市场评论意见或交易策略。HTISG可做出与本文件所述建议或意见不一致的投资决策。但HTIRL没有义务来确保本文件的收件人了解到该等交易决定、思路或建议。

请访问海通国际网站 www.equities.htisec.com, 查阅更多有关海通国际为预防和避免利益冲突设立的组织 and 行政安排的内容信息。

非美国分析师披露信息: 本项研究首页上列明的海通国际分析师并未在FINRA进行注册或者取得相应的资格, 并且不受美国FINRA有关与本研究目标公司进行沟通、公开露面和自营证券交易的第2241条规则之限制。

IMPORTANT DISCLAIMER

For research reports on non-Indian securities: The research report is issued by Haitong International Research Limited (“HTIRL”), a wholly owned subsidiary of Haitong International Securities Group Limited (“HTISGL”) and a licensed corporation to carry on Type 4 regulated activity (advising on securities) for the purpose of the Securities and Futures Ordinance (Cap. 571) of Hong Kong, with the assistance of Haitong International (Japan) K.K. (“HTIJKK”), a wholly owned subsidiary of HTISGL and which is regulated as an Investment Adviser by the Kanto Finance Bureau of Japan.

For research reports on Indian securities: The research report is issued by Haitong Securities India Private Limited (“HSIPL”), an Indian company and a Securities and Exchange Board of India (“SEBI”) registered Stock Broker, Merchant Banker and Research Analyst that, inter alia, produces and distributes research reports covering listed entities on the BSE Limited (“BSE”) and the National Stock Exchange of India Limited (“NSE”) (collectively referred to as “Indian Exchanges”). HSIPL was acquired and became part of the Haitong International Securities Group of Companies (“HTISG”) on 22 December 2016.

All the research reports are globally branded under the name Haitong International and approved for distribution by Haitong International Securities Company Limited (“HTISCL”) and/or any other members within HTISG in their respective jurisdictions.

The information and opinions contained in this research report have been compiled or arrived at from sources believed to be reliable and in good faith but no representation or warranty, express or implied, is made by HTIRL, HTISCL, HSIPL, HTIJKK or any other members within HTISG from which this research report may be received, as to their accuracy, completeness or correctness. All opinions expressed herein are as of the date of this research report and are subject to change without notice. This research report is for information purpose only. Descriptions of any companies or their securities mentioned herein are not intended to be complete and this research report is not, and should not be construed expressly or impliedly as, an offer to buy or sell securities. The securities referred to in this research report may not be eligible for purchase or sale in some jurisdictions. If an investment product is denominated in a currency other than an investor's home currency, a change in exchange rates may adversely affect the investment. Past performance is not necessarily indicative of future results. Certain transactions, including those involving derivatives, give rise to substantial risk and are not suitable for all investors. You should also bear in mind that recommendations in this research report are not tailor-made for you. The analyst has not taken into account your unique financial circumstances, such as your financial situation and risk appetite. You must, therefore, analyze and should, where applicable, consult your own legal, tax, accounting, financial and other professional advisers to evaluate whether the recommendations suits you before investment. Neither HTISG nor any of its directors, employees or agents accepts any liability whatsoever for any direct or consequential loss arising from any use of the materials contained in this research report.

HTISG and our affiliates, officers, directors, and employees, excluding the analysts responsible for the content of this document, will from time to time have long or short positions in, act as principal in, and buy or sell, the securities or derivatives, if any, referred to in this research report. Sales, traders, and other professionals of HTISG may provide oral or written market commentary or trading strategies to the relevant clients and the companies within HTISG that reflect opinions that are contrary to the opinions expressed in this research report. HTISG may make investment decisions that are inconsistent with the recommendations or views expressed in this research report. HTI is under no obligation to ensure that such other trading decisions, ideas or recommendations are brought to the attention of any recipient of this research report.

Please refer to HTI's website www.equities.htisec.com for further information on HTI's organizational and administrative arrangements set up for the prevention and avoidance of conflicts of interest with respect to Research.

Non U.S. Analyst Disclosure: The HTI analyst(s) listed on the cover of this Research is (are) not registered or qualified as a research analyst with FINRA and are not subject to U.S. FINRA Rule 2241 restrictions on communications with companies that are the subject of the Research; public appearances; and trading securities by a research analyst.

分发和地区通知:

除非下文另有规定，否则任何希望讨论本报告或者就本项研究中讨论的任何证券进行任何交易的收件人均应联系其所在国家或地区的海通国际销售人员。

香港投资者的通知事项: 海通国际证券股份有限公司(“HTISCL”)负责分发该研究报告，HTISCL是在香港有权实施第1类受规管活动(从事证券交易)的持牌公司。该研究报告并不构成《证券及期货条例》(香港法例第571章)(以下简称“SFO”)所界定的要约邀请，证券要约或公众要约。本研究报告仅提供给SFO所界定的“专业投资者”。本研究报告未经过证券及期货事务监察委员会的审查。您不应仅根据本研究报告中所载的信息做出投资决定。本研究报告的收件人就研究报告中产生或与之相关的任何事宜请联系HTISCL销售人员。

美国投资者的通知事项: 本研究报告由HTIRL、HSIPL或HTIJKK编写。HTIRL、HSIPL、HTIJKK以及任何非HTISG美国联营公司，均未在美国注册，因此不受美国关于研究报告编制和研究分析人员独立性规定的约束。本研究报告提供给依照1934年“美国证券交易法”第15a-6条规定的豁免注册的「美国主要机构投资者」(“Major U.S. Institutional Investor”)和「机构投资者」(“U.S. Institutional Investors”)。在向美国机构投资者分发研究报告时，Haitong International Securities (USA) Inc. (“HTI USA”)将对报告的内容负责。任何收到本研究报告的美国投资者，希望根据本研究报告提供的信息进行任何证券或相关金融工具买卖的交易，只能通过HTI USA。HTI USA位于340 Madison Avenue, 12th Floor, New York, NY 10173，电话(212) 351-6050。HTI USA是在美国于U.S. Securities and Exchange Commission (“SEC”)注册的经纪商，也是Financial Industry Regulatory Authority, Inc. (“FINRA”)的成员。HTI USA不负责编写本研究报告，也不负责其中包含的分析。在任何情况下，收到本研究报告的任何美国投资者，不得直接与分析师直接联系，也不得通过HSIPL、HTIRL或HTIJKK直接进行买卖证券或相关金融工具的交易。本研究报告中出现的HSIPL、HTIRL或HTIJKK分析师没有注册或具备FINRA的研究分析师资格，因此可能不受FINRA第2241条规定的与目标公司的交流，公开露面和分析师账户持有的交易证券等限制。投资本研究报告中讨论的任何非美国证券或相关金融工具(包括ADR)可能存在一定风险。非美国发行的证券可能没有注册，或不受美国法规的约束。有关非美国证券或相关金融工具的信息可能有限制。外国公司可能不受审计和汇报的标准以及与美国境内生效相符的监管要求。本研究报告中以美元以外的其他货币计价的任何证券或相关金融工具的投资或收益的价值受汇率波动的影响，可能对该等证券或相关金融工具的价值或收入产生正面或负面影响。美国收件人的所有问询请联系:

Haitong International Securities (USA) Inc.
340 Madison Avenue, 12th Floor
New York, NY 10173
联系人电话: (212) 351 6050

DISTRIBUTION AND REGIONAL NOTICES

Except as otherwise indicated below, any Recipient wishing to discuss this research report or effect any transaction in any security discussed in HTI's research should contact the Haitong International salesperson in their own country or region.

Notice to Hong Kong investors: The research report is distributed by Haitong International Securities Company Limited ("HTISCL"), which is a licensed corporation to carry on Type 1 regulated activity (dealing in securities) in Hong Kong. This research report does not constitute a solicitation or an offer of securities or an invitation to the public within the meaning of the SFO. This research report is only to be circulated to "Professional Investors" as defined in the SFO. This research report has not been reviewed by the Securities and Futures Commission. You should not make investment decisions solely on the basis of the information contained in this research report. Recipients of this research report are to contact HTISCL salespersons in respect of any matters arising from, or in connection with, the research report.

Notice to U.S. investors: As described above, this research report was prepared by HTIRL, HSIPL or HTIJKK. Neither HTIRL, HSIPL, HTIJKK, nor any of the non U.S. HTISG affiliates is registered in the United States and, therefore, is not subject to U.S. rules regarding the preparation of research reports and the independence of research analysts. This research report is provided for distribution to "major U.S. institutional investors" and "U.S. institutional investors" in reliance on the exemption from registration provided by Rule 15a-6 of the U.S. Securities Exchange Act of 1934, as amended. When distributing research reports to "U.S. institutional investors," HTI USA will accept the responsibilities for the content of the reports. Any U.S. recipient of this research report wishing to effect any transaction to buy or sell securities or related financial instruments based on the information provided in this research report should do so only through Haitong International Securities (USA) Inc. ("HTI USA"), located at 340 Madison Avenue, 12th Floor, New York, NY 10173, USA; telephone (212) 351 6050. HTI USA is a broker-dealer registered in the U.S. with the U.S. Securities and Exchange Commission (the "SEC") and a member of the Financial Industry Regulatory Authority, Inc. ("FINRA"). HTI USA is not responsible for the preparation of this research report nor for the analysis contained therein. Under no circumstances should any U.S. recipient of this research report contact the analyst directly or effect any transaction to buy or sell securities or related financial instruments directly through HSIPL, HTIRL or HTIJKK. The HSIPL, HTIRL or HTIJKK analyst(s) whose name appears in this research report is not registered or qualified as a research analyst with FINRA and, therefore, may not be subject to FINRA Rule 2241 restrictions on communications with a subject company, public appearances and trading securities held by a research analyst account. Investing in any non-U.S. securities or related financial instruments (including ADRs) discussed in this research report may present certain risks. The securities of non-U.S. issuers may not be registered with, or be subject to U.S. regulations. Information on such non-U.S. securities or related financial instruments may be limited. Foreign companies may not be subject to audit and reporting standards and regulatory requirements comparable to those in effect within the U.S. The value of any investment or income from any securities or related financial instruments discussed in this research report denominated in a currency other than U.S. dollars is subject to exchange rate fluctuations that may have a positive or adverse effect on the value of or income from such securities or related financial instruments. All inquiries by U.S. recipients should be directed to:

Haitong International Securities (USA) Inc.
340 Madison Avenue, 12th Floor
New York, NY 10173
Attn: Sales Desk at (212) 351 6050

中华人民共和国的通知事项：在中华人民共和国（下称“中国”，就本报告目的而言，不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾）只有根据适用的中国法律法规而收到该材料的人员方可使用该材料。并且根据相关法律法规，该材料中的信息并不构成“在中国从事生产、经营活动”。本文件在中国并不构成相关证券的公共发售或认购。无论根据法律规定或其他任何规定，在取得中国政府所有的批准或许可之前，任何法人或自然人均不得直接或间接地购买本材料中的任何证券或任何实益权益。接收本文件的人员须遵守上述限制性规定。

加拿大投资者的通知事项：在任何情况下该等材料均不得被解释为在任何加拿大的司法管辖区内出售证券的要约或认购证券的要约邀请。本材料中所述证券在加拿大的任何要约或出售行为均只能在豁免向有关加拿大证券监管机构提交招股说明书的前提下由Haitong International Securities (USA) Inc.（“HTI USA”）予以实施，该公司是一家根据National Instrument 31-103 Registration Requirements, Exemptions and Ongoing Registrant Obligations（“NI 31-103”）的规定得到「国际交易商豁免」（“International Dealer Exemption”）的交易商，位于艾伯塔省、不列颠哥伦比亚省、安大略省和魁北克省。在加拿大，该等材料在任何情况下均不得被解释为任何证券的招股说明书、发行备忘录、广告或公开发售。加拿大的任何证券委员会或类似的监管机构均未审查或以任何方式批准该等材料、其中所载的信息或所述证券的优点，任何与此相反的声明即属违法。在收到该等材料时，每个加拿大的收件人均将被视为属于National Instrument 45-106 Prospectus Exemptions第1.1节或者Securities Act (Ontario)第73.3(1)节所规定的「认可投资者」（“Accredited Investor”），或者在适用情况下National Instrument 31-103第1.1节所规定的「许可投资者」（“Permitted Investor”）。

新加坡投资者的通知事项：本研究报告由Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd（“HTISSPL”）[公司注册编号201311400G]于新加坡提供。HTISSPL是符合《财务顾问法》（第110章）（“FAA”）定义的豁免财务顾问，可（a）提供关于证券，集体投资计划的部分，交易所衍生品合约和场外衍生品合约的建议（b）发行或公布有关证券、交易所衍生品合约和场外衍生品合约的研究分析或研究报告。本研究报告仅提供给符合《证券及期货法》（第289章）第4A条项下规定的机构投资者。对于因本研究报告而产生的或与之相关的任何问题，本研究报告的收件人应通过以下信息与HTISSPL联系：

Haitong International Securities (Singapore) Pte. Ltd
50 Raffles Place, #33-03 Singapore Land Tower, Singapore 048623
电话:(65)6536 1920

日本投资者的通知事项: 本研究报告由海通国际证券有限公司所发布,旨在分发给从事投资管理的金融服务提供商或注册金融机构(根据日本金融机构和交易法(“FIEL”)第61(1)条,第17-11(1)条的执行及相关条款)。

英国及欧盟投资者的通知事项: 本报告由从事投资顾问的Haitong International Securities Company Limited所发布,本报告只面向有投资相关经验的专业客户发布。任何投资或与本报告相关的投资行为只面对此类专业客户。没有投资经验或相关投资经验的客户不得依赖本报告。Haitong International Securities Company Limited的分支机构的净长期或短期金融权益可能超过本研究报告中提及的实体已发行股本总额的0.5%。特别提醒有些英文报告有可能此前已经通过中文或其它语言完成发布。

澳大利亚投资者的通知事项: Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd, Haitong International Securities Company Limited和Haitong International Securities (UK) Limited分别根据澳大利亚证券和投资委员会(以下简称“ASIC”)第03/1102、03/1103或03/1099号规章在澳大利亚分发本项研究,该等规章免除了根据2001年《公司法》在澳大利亚为批发客户提供金融服务时海通国际需持有澳大利亚金融服务许可的要求。ASIC的规章副本可在以下网站获取: www.legislation.gov.au。海通国际提供的金融服务受外国法律法规规定的管制,该等法律与在澳大利亚所适用的法律存在差异。

印度投资者的通知事项: 本报告由从事证券交易、投资银行及证券分析及受Securities and Exchange Board of India (“SEBI”)监管的Haitong Securities India Private Limited (“HTSIPL”)所发布,包括制作及发布涵盖BSE Limited (“BSE”)和National Stock Exchange of India Limited (“NSE”) (统称为「印度交易所」)研究报告。

本项研究仅供收件人使用,未经海通国际的书面同意不得予以复制和再次分发。

版权所有: 海通国际证券集团有限公司2019年。保留所有权利。

People's Republic of China (PRC): In the PRC, the research report is directed for the sole use of those who receive the research report in accordance with the applicable PRC laws and regulations. Further, the information on the research report does not constitute "production and business activities in the PRC" under relevant PRC laws. This research report does not constitute a public offer of the security, whether by sale or subscription, in the PRC. Further, no legal or natural persons of the PRC may directly or indirectly purchase any of the security or any beneficial interest therein without obtaining all prior PRC government approvals or licenses that are required, whether statutorily or otherwise. Persons who come into possession of this research are required to observe these restrictions.

Notice to Canadian Investors: Under no circumstances is this research report to be construed as an offer to sell securities or as a solicitation of an offer to buy securities in any jurisdiction of Canada. Any offer or sale of the securities described herein in Canada will be made only under an exemption from the requirements to file a prospectus with the relevant Canadian securities regulators and only by Haitong International Securities (USA) Inc., a dealer relying on the "international dealer exemption" under National Instrument 31-103 Registration Requirements, Exemptions and Ongoing Registrant Obligations ("NI 31-103") in Alberta, British Columbia, Ontario and Quebec. This research report is not, and under no circumstances should be construed as, a prospectus, an offering memorandum, an advertisement or a public offering of any securities in Canada. No securities commission or similar regulatory authority in Canada has reviewed or in any way passed upon this research report, the information contained herein or the merits of the securities described herein and any representation to the contrary is an offence. Upon receipt of this research report, each Canadian recipient will be deemed to have represented that the investor is an "accredited investor" as such term is defined in section 1.1 of National Instrument 45-106 Prospectus Exemptions or, in Ontario, in section 73.3(1) of the Securities Act (Ontario), as applicable, and a "permitted client" as such term is defined in section 1.1 of NI 31-103, respectively.

Notice to Singapore investors: This research report is provided in Singapore by or through Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd ("HTISSPL") [Co Reg No 201311400G. HTISSPL is an Exempt Financial Adviser under the Financial Advisers Act (Cap. 110) ("FAA") to (a) advise on securities, units in a collective investment scheme, exchange-traded derivatives contracts and over-the-counter derivatives contracts and (b) issue or promulgate research analyses or research reports on securities, exchange-traded derivatives contracts and over-the-counter derivatives contracts. This research report is only provided to institutional investors, within the meaning of Section 4A of the Securities and Futures Act (Cap. 289). Recipients of this research report are to contact HTISSPL via the details below in respect of any matters arising from, or in connection with, the research report:

Haitong International Securities (Singapore) Pte. Ltd.
10 Collyer Quay, #19-01 - #19-05 Ocean Financial Centre, Singapore 049315
Telephone: (65) 6536 1920

Notice to Japanese investors: This research report is distributed by Haitong International Securities Company Limited and intended to be distributed to Financial Services Providers or Registered Financial Institutions engaged in investment management (as defined in the Japan Financial Instruments and Exchange Act ("FIEL") Art. 61(1), Order for Enforcement of FIEL Art. 17-11(1), and related articles).

Notice to UK and European Union investors: This research report is distributed by Haitong International Securities Company Limited. This research is directed at persons having professional experience in matters relating to investments. Any investment or investment activity to which this research relates is available only to such persons or will be engaged in only with such persons. Persons who do not have professional experience in matters relating to investments should not rely on this research. Haitong International Securities Company Limited's affiliates may have a net long or short financial interest in excess of 0.5% of the total issued share capital of the entities mentioned in this research report. Please be aware that any report in English may have been published previously in Chinese or another language.

Notice to Australian investors: The research report is distributed in Australia by Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd, Haitong International Securities Company Limited, and Haitong International Securities (UK) Limited in reliance on ASIC Class Order 03/1102, 03/1103 or 03/1099, respectively, which exempts those HTISG entities from the requirement to hold an Australian financial services license under the Corporations Act 2001 in respect of the financial services it provides to wholesale clients in Australia. A copy of the ASIC Class Orders may be obtained at the following website, www.legislation.gov.au. Financial services provided by Haitong International Securities (Singapore) Pte Ltd, Haitong International Securities Company Limited, and Haitong International Securities (UK) Limited are regulated under foreign laws and regulatory requirements, which are different from the laws applying in Australia.

Notice to Indian investors: The research report is distributed by Haitong Securities India Private Limited ("HSIPL"), an Indian company and a Securities and Exchange Board of India ("SEBI") registered Stock Broker, Merchant Banker and Research Analyst that, inter alia, produces and distributes research reports covering listed entities on the BSE Limited ("BSE") and the National Stock Exchange of India Limited ("NSE") (collectively referred to as "Indian Exchanges").

This research report is intended for the recipients only and may not be reproduced or redistributed without the written consent of an authorized signatory of HTISG.

Copyright: Haitong International Securities Group Limited 2019. All rights reserved.

<http://equities.htisec.com/x/legal.html>