

# CPU 技术与产业白皮书

## (2021 年)

CSTC中国评测

中国软件评测中心·集成电路测评工程技术中心

2021 年 9 月



## 序 言

CPU技术和产业白皮书是通过搜集和整理全球CPU发展历史和技术演进，分析国内外CPU发展现状和趋势，对比分析国内外CPU核心技术和产业链实力后形成的总结性汇报材料，旨在通过完整的技术和产业分析，建议和引导国内CPU产业更好地发展。

本文一共包括五个章节，分别就CPU基本概念做了详细的介绍，对全球发展历程、现状和趋势进行了描述和分析，并针对CPU产品的关键环节做了详细的说明和对比分析，最后就整个行业发展中的突出问题及对策建议做了总结性的梳理和报告。

中国软件评测中心（工业和信息化部软件与集成电路促进中心），简称中国软件评测中心，是直属于工业和信息化部的一类科研事业单位。长期服务和支撑国家部委、地方政府以及电信和互联网、交通、能源、银行、证券、保险、教育、卫生、广电、航空等各大行业，业务范围覆盖全国31个省、自治区、直辖市，业务网络覆盖全国500多个城市，构建了基于第三方服务的科技产业链。

集成电路测评工程技术中心（简称“集成电路中心”）是中国软件评测中心核心业务板块，集成电路中心以高端芯片检测业务为基础，主要研究方向包括基础检测能力建设和安全评估能力建设两方面，支撑集成电路认证业务，对接集成电路设计制造和系统应用领域，全方位服务集成电路产业发展。

中国软件评测中心 高宏玲

2021年9月28日



---

# 版权声明

---

本白皮书版权属于中国软件评测中心，并受法律保护，转载、摘编或利用其他方式使用本白皮书文字或观点的，应注明“来源：中国软件评测中心”，违反上述说明的，本单位将追究其相关法律责任。

编写指导：高宏玲

编写小组：翟 腾 郭青帅 艾文思 马子扬 申武鑫



# 目 录

1. 概念及内涵	1
1.1. CPU 基本概念	1
1.2. 产品分类	2
1.2.1. 基于指令集	2
1.2.2. 基于应用领域	4
1.3. 产业链供应关系	6
1.3.1. 产业链上游	6
1.3.2. 产业链下游	8
2. 产品发展历程	8
2.1. 国外产品发展历程	8
2.2. 国内产品发展历程	11
3. 产业发展现状	12
3.1. 全球发展现状	12
3.2. 国内发展现状	15
4. 未来发展趋势	17
5. 未来应对建议	18

## 1. 概念及内涵

### 1.1. CPU 基本概念

CPU 是 Central Processing Unit（中央处理器）的简称，由采用超大规模的集成电路组成制造，是实现计算机的运算核心和控制核心。CPU 包括运算器、控制器、高速缓冲存储器、内部数据总线、控制总线及状态总线输入/输出接口等模块。

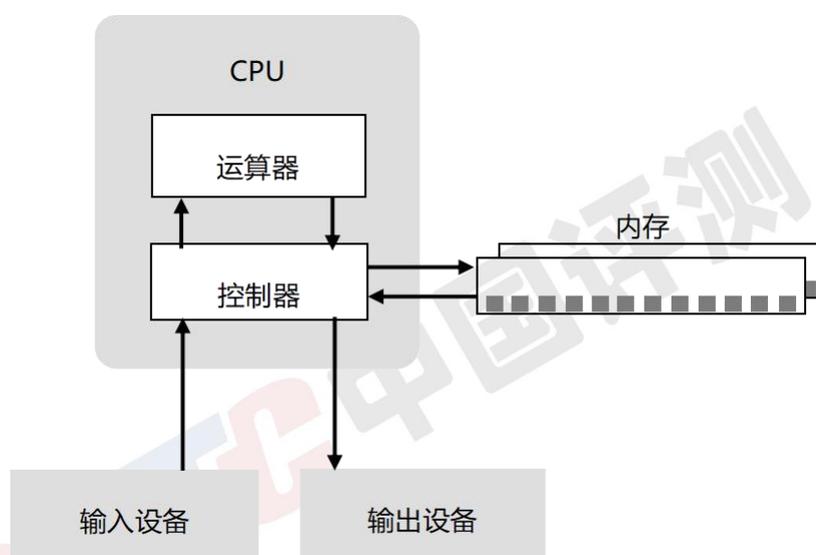


图 1 CPU 基本架构图

CPU 的主要功能是解释计算机指令以及处理计算机软件中的数据，从存储器或高速缓冲存储器中取出指令，放入指令寄存器进行指令解码，将指令分解成一系列的微操作，连接到各种能够进行所需运算的 CPU 模块部件，发送控制命令，从而完成指令的执行。

目前在信息化系统中使用的 CPU 主要是微处理器。微处理器是（Micro Processor）是采用大规模集成电路实现的中央处理器 CPU，形式上一般是一个芯片，或者芯片 SOC 中的一个模块。微

处理器根据应用领域，大致可以分为三类：通用处理器（MPU，主要用于高端 CPU）、微控制器（MCU）和专用处理器。本文中除非另作说明，对“微处理器”和“CPU”不加区分的使用。

## 1.2. 产品分类

CPU 是一个庞大的家族，可以按照指令集、应用领域进行分类。



图 2 CPU 产品分类

### 1.2.1. 基于指令集

指令集是 CPU 所执行的指令的二进制编码方法，是软件和硬件的接口规范。日常交流中有时也把指令集称为架构。CPU 按照指令集可分为 CISC（复杂指令集）和 RISC（精简指令集）两大类，CISC 型 CPU 目前主要是 x86 架构，RISC 型 CPU 主要包括 ARM、RISC-V、MIPS、POWER 架构等。

### (1) x86 架构：主导桌面/服务器 CPU 市场

基于 CISC（复杂指令集）的 x86 架构是一种为了便于编程和提高存储器访问效率的芯片设计体系，包括两大主要特点：一是使用微代码，指令集可以直接在微代码存储器里执行，新设计的处理器，只需增加较少的晶体管电路就可以执行同样的指令集，也可以很快地编写新的指令集程式；二是拥有庞大的指令集，x86 拥有包括双运算元格式、寄存器到寄存器、寄存器到存储器以及存储器到寄存器的多种指令类型。

### (2) ARM 架构：崛起移动市场

ARM 架构过去称作进阶精简指令集机器，是一个 32 位精简指令集处理器架构，其广泛地使用在许多嵌入式系统设计，近年来也因其低功耗多核等特点广泛应用在数据中心服务器市场。早期 ARM 指令集架构的主要特点：一是体积小、低功耗、低成本、高性能；二是大量使用寄存器，且大多数数据操作都在寄存器中完成，指令执行速度更快；三是寻址方式灵活简单，执行效率高；四是指令长度固定，可通过多流水线方式提高处理效率。

### (3) RISC-V 架构：物联网时代的新选择

RISC-V 是加州大学伯克利分校设计并发布的一种开源指令集架构，其目标是成为指令集架构领域的 Linux，主要应用于物联网（IoT）领域，但可扩展至高性能计算领域。RISC-V 采用 BSD License 发布，由于允许衍生设计和开发闭源，吸引了一大批公司的关注，目前已有不少公司开发基于 RISC-V 的 IP 核，如 Si-Five、台湾晶心、阿里平头哥等已可提供基于 RISC-V 的处理器 IP 核，部分企业如兆易创新、北京君正等已开发出基于 RISC-V 的 MCU

芯片等。但整体上，由于 RISC-V 产业生态还比较薄弱，未来的发展仍有较长一段路要走。

#### (4) MIPS 架构：RISC 先驱

MIPS 是高效精简指令集计算机体系结构中的一种，MIPS 的优势主要有三点：一是发展历史早，MIPS 在 1990 年代已经广泛使用在服务器、工作站设备上。二是在学术界影响广泛，计算机体系结构教材都是以 MIPS 为实际例子。三是 MIPS 在架构授权方面更为开放，授权门槛远低于 x86、ARM，在 2019 年曾经有开放授权的实际行动，并且 MIPS 允许授权商自行更改设计、扩展指令，允许二次授权。

#### (5) POWER 架构：逐渐退出历史舞台

POWER 架构是由 IBM 设计的一种 RISC 处理器架构，POWER 在大型机领域独具优势。POWER3 是全球首款 64 位架构处理器，开始应用铜互联和 SOI（绝缘体上硅）技术。直至 POWER9 依然追求最高性能，不仅具备乱序执行、智能线程等技术，还实现了 SMP（对称多处理技术）的硬件一致性处理。POWER 架构 CPU 价格高昂，主要应用于高端服务器领域，市场份额逐渐减少。

### 1.2.2. 基于应用领域

微处理器根据应用领域，大致可以分为三类：通用微处理器（MPU, Micro Processor Unit）、微控制器（MCU, Micro Controller Unit）和专用处理器，本文涉及的中央处理器（CPU, Central Processing Unit）属于通用微处理器。

#### (1) 通用微处理器

CPU 通常按照面向的市场分为用于服务器、桌面（台式机/笔

记本)、超级计算机等。另外,近年的网络安全、嵌入式应用也对 CPU 性能提出较高要求,很多网络安全、嵌入式系统使用和桌面、服务器相同级别的 CPU。

### (2) 微控制器

MCU 微控制单元,是用于控制类应用的低性能、低功耗 CPU。CPU 的主频一般低于 100MHz,通常率与规格做适当缩减,并将内存、常用外设接口计数器、USB、A/D 转换、UART、PLC、DMA 等周边接口,甚至 LCD 驱动电路都整合在单一芯片上,形成芯片级的计算机,主频、功耗都可以很低,为不同的应用场合做不同组合控制。诸如在智能制造、工业控制、智能家居、遥控器消费领域,以及汽车电子、工业上的步进马达、机器手臂的控制等,都大量使用 MCU。

### (3) 专用处理器

专用处理器实现面向某一领域的特定功能。例如数字信号处理器(DSP, Digital Signal Processor), DSP 芯片也称数字信号处理器,是一种专用于进行数字信号处理运算的微处理器,其主要应用是实时快速地实现各种数字信号处理算法。DSP 一般专用于某种专用的计算,一般不会像 CPU 一样运行通用的操作系统。DSP 广泛应用于数字控制、运动控制方面的应用主要有磁盘驱动控制、引擎控制、激光打印机控制、喷绘机控制、马达控制、电力系统控制、机器人控制、高精度伺服系统控制、数控机床等。其它专用处理器还有深度学习处理器、数据库加速处理器、安全处理器、类脑计算芯片等。

## 1.3. 产业链供应关系

### 1.3.1. 产业链上游

CPU 的产业链上游包括支撑集成电路设计和制造的 EDA 辅助设计工具和 IP 服务，半导体制造设备、芯片生产测试流程。目前 CPU 的产业链上游企业多为国外知名厂商，具有垄断优势，国产化程度较低。

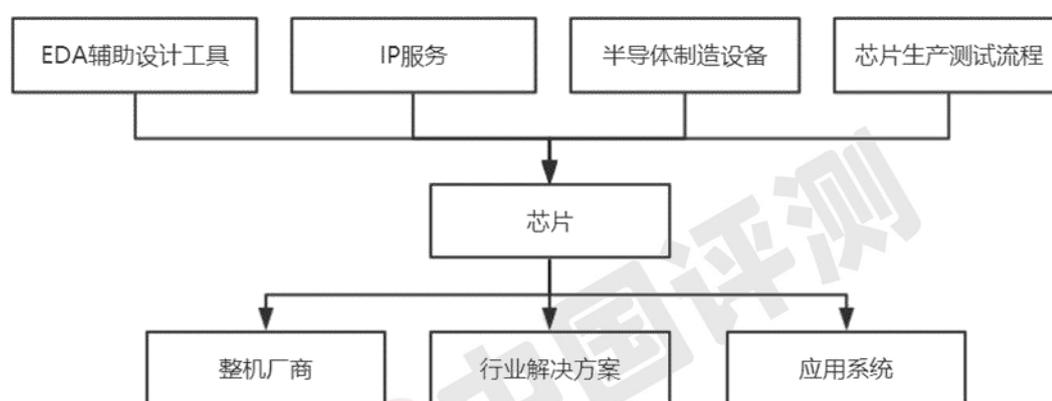


图 3 CPU 产业链上下游分布

#### (1) EDA 辅助设计工具(Electronic design automation)

EDA 工具 (Electronic Design Automation, 电子设计自动化) 是用来辅助芯片设计的专用软件工具，是集成电路设计业的基础。EDA 是需要多年积累的高复杂软件。从功能类别上，EDA 工具可分为：设计自动化软件如逻辑综合、布局布线等；分析验证软件如仿真、时序分析、物理验证等。从设计对象类别上，EDA 工具可分为：模拟电路设计软件；数字电路设计软件；工艺辅助设计软件等。

#### (2) IP 服务

IP 核，又称知识产权核 (Intellectual Property Core)，是指具有预先设计的功能并且重复用于其它系统的电路模块。IP 核类似

于软件模块，形成了成熟的 IP 设计服务市场。芯片公司无需对芯片每个细节进行设计，通过购买成熟可靠的 IP 方案，实现某个特定功能。这种类似搭积木的开发模式，缩短了芯片开发的时间，有利于抢占市场。

### （3）半导体制造设备

半导体制造设备是 CPU 芯片制造的基础，半导体制造流程包括硅片制造、晶圆制造、封装测试三个环节，整个制造流程中晶圆代工厂设备占比最高约为 80%、检测设备占 8%、封装设备约占 7%，硅片制造设备及其他占 5%。全球的主要生产厂商集中在欧美、日本、韩国以及中国台湾等地，国外比较知名的企业如美国应用材料（AMAT）、荷兰阿斯麦（ASML）、东京电子等凭借资金、技术优势逐渐垄断了全球半导体设备市场，我国在高端半导体制造设备领域与国外还有很大差距。

### （4）芯片生产测试流程

在芯片生产环节，主要的供应链节点包括流片、封装和测试。在流片、封装、测试方面，国际主流的企业是台积电、三星等，工艺水平最高达到 5nm。以流片环节为例，2019 年全球十大半导体流片代工厂分别为：台积电、三星、格芯、联电、中芯国际、TowerJazz、华虹半导体、VIS、PSC、DongbuHiTek。其中境内厂商有中芯国际、华虹半导体，境内企业占全球市场份额的比重低于 10%，境内工艺水平最高达到 14nm。目前最先进的制程被 Intel、台积电、三星等公司垄断。测试机台研发企业，主要有 Advantest、Hontec 等。

### 1.3.2. 产业链下游

CPU 的产业链下游包括各类整机厂商、行业解决方案、应用系统，其中最重要的是服务器、桌面和嵌入式系统等硬件设备厂商。

我国 CPU 市场规模和潜力非常大，庞大的整机制造能力意味着巨量的 CPU 采购。据数据统计，2018 年国内计算机整机产量达到 3.2 亿台。2018 年国内服务器出货量达到 330.4 万台，同比增长 26%，其中互联网、电信、金融和服务业等行业的出货量增速也均超过 20%。另外，国内在物联网、车联网、人工智能等新兴计算领域，对 CPU 也存在海量的需求。美国企业（Intel、AMD、高通等）是我国 CPU 产品的主要供应商，其中直接从美国本土进口的 CPU 芯片体量也比较大。以 2019 年前 7 个月为例，我国累计从美国进口处理器 64.87 亿元，占到我国从美国芯片进口额的 84%，占比非常之高。对美国处理器的过度依赖，成为我国信息产业发展的一大软肋。

## 2. 产品发展历程

### 2.1. 国外产品发展历程

从整个 CPU 的技术发展历史来看，大致可以分为以下几个阶段：

第一阶段：计算性能提升

1971-90 年代初：CPU 主要向计算性能提升方向发展，晶体管数量由千级提升至百万级。

第二阶段：多媒体及个人应用出现

90 年代初-2000 年初：CPU 向个人应用及多媒体方面发展，

包括音、视频及通信方向，同时晶体管数量由百万级提升至千万级。

### 第三阶段：多元化发展

2000年代初-2010年：出现64位处理器产品，CPU产品开始向多元化发展，包括服务器、桌面、移动端等，同时工艺制程得以提升。

### 第四阶段：多核技术出现，集成化更高

2010年至今：CPU核心数量、频率得以大幅发展，主频突破3GHz，实现多核/多线程技术，AMD第1代APU（CPU集成GPU单元）开始出现。

阶段	时间	事件
第一阶段：计算性能提升	1971年	Intel公司推出了世界上第一台微处理器4004。这是第一个用于计算器的4位微处理器
	1978年	Intel公司再次领导潮流，首次生产出16位的微处理器，并命名为i8086，同时还生产出与之相配合的数学协处理器i8087，这两种芯片使用相互兼容的指令集，但在i8087指令集中增加了一些专门用于对数、指数和三角函数等数学计算指令。由于这些指令集应用于i8086和i8087，所以人们也将这些指令集统一称之为x86指令集。
	1979年	Intel公司推出了8088芯片，它仍旧是属于16位微处理器。1981年8088芯片首次用于IBM PC机中，开创了全新的微机时代。也正是从8088开始，PC（personal computer——个人电脑）的概念开始在全世界范围内发展起来
	1982年	Intel推出了划时代的最新产品80286芯片，也就是俗称的286。这是Intel第一个可以运行所有为其撰写的处理器，在发布后的六年中，全球一共交付了一千五百万台
	1985年	MIPS推出了第一代使用MIPS指令集的处理器：R2000标志着现代RISC处理器的诞生，并引领了接下来一段时间的CPU设计潮流；同年，第一颗ARM处理器诞生。
	1991年	1991年，ARM推出第一款嵌入式RISC处理器，即ARM6。
第二阶段：多媒体及个人应用出现	1992年	Intel正式宣布第五代处理器被命名Pentium。Intel Pentium处理器能够让电脑更加轻松地整合“真实世界”中的数据（如讲话、声音、笔迹和图片）。x86在微架构设计上开始超越较之昂贵很多Alpha处理器。
	1996年	Intel推出了奔腾MMX。MMX是Intel公司在1996年位增强奔腾CPU在音箱、图形和通信应用方面而采取的新技术，为CPU增加

		了 57 条 MMX 指令，因此处理多媒体的能力上提高了 60%左右。后来的 SSE，3D NOW! 等指令集也是从 MMX 发展演变过来的。
	1997 年-2000 年	Intel 奔腾 II、奔腾 III、奔腾 4 相继发布，从奔腾 II 开始采用了 Single Edge Contact 匣型封装，奔腾 III 加入了 70 个新指令，首次导入 0.25 微米技术，奔腾 4 晶体管数量更是达到 4200 万，提供 SSE2 指令集。
第三阶段：多元化发展	2001 年	Intel 至强（Xeon）处理器发布，Intel 至强处理器的应用目标是那些即将出现的高性能和中端双路工作站、以及双路和多路配置的服务器。
	2002 年	DEC 被惠普收购，Alpha 处理器基本退出市场竞争。
	2003 年	Intel Pentium M 处理器结合了 855 芯片组家族与 Intel PRO/Wireless 2100 网络联机技术，成为 Intel Centrino 移动运算技术的重要组成部分，该处理器支持更耐久的电池使用时间，以及更轻更薄的笔记本电脑造形。
	2003 年	AMD 推出 AMD64 –64 位 x86 指令集扩展，该指令集由于良好的兼容性生态，取代了 Intel 推出的 EPIC 指令集，成为后续市场主流标准。
	2004 年	Intel 公司推出代号为 Nocona 内核的 64 位至强处理器，是 Intel 迄今为止推出的最成功的企业级 64 位服务器产品。同年，ARM 发布了 ARMv7 架构的 Cortex 系列处理器，同时推出 Cortex-M3。
	2005 年	Intel Pentium D 是首颗内含 2 个处理核心的处理器，正式揭开 x86 处理器多核心时代。
	2006 年	酷睿 2 是 Intel 推出的新一代基于 Core 微架构的产品体系系统称。酷睿 2，是一个跨平台的构架体系，包括服务器版、桌面版、移动版三大领域。其中，服务器版的开发代号为 Woodcrest，桌面版的开发代号为 Conroe，移动版的开发代号为 Merom。
	2007 年	第一代 iPhone 发布，其采用的 ARM1176JZ(F)-S 处理器，其后，AArch(32/64)生态统治了智能手机领域。
	第四阶段：多核技术出现，集成化更高	2010 年
2011 年		ARM 发布了 64 位的 ARMv8 架构，并于同年推出 big.LITTLE 处理技术，优化了 ARM 系统级芯片(SoCs)的能效。ARM 开始 64 位处理器进程。
2015 年		ARM Cortex-A72 正式发布，定位高端市场。
2017 年		Intel 第七代酷睿处理器 i7、i5、i3 发布，采用了 14nm 的制作工艺。
2017 年 2 月		AMD 基于 Zen 架构的 Ryzen（锐龙）系列 CPU 处理器发布；6 月发布基于 Zen 架构的第一代 EPYC（枭龙），重返数据中心 CPU 处理器市场。
2018 年		Intel 第八代酷睿处理器 i7、i5、i3 发布，同时 i9 处理器首次亮相，i9 包含 8 个内核，单核睿频频率高达 5.0GHz，主要面向游戏玩家和高性能需求者。i9 处理器真正想要实现的，就是除了 PC 普通的任务之外的 VR 内容或者是大数据的任务。
2018 年 4 月		AMD 第二代 Ryzen 系列 CPU 处理器发布。同年 8 月 AMD 宣布新

月	品将转由 TSMC 7nm 工艺制造。
2019 年	ARM 正式宣布了新一代移动 CPU 架构 Cortex-A77，ortex-A77 代号“Deimos（戴莫斯，畏惧之神），是 A76 的直接继任者，新核心在很大程度上前代产品保持一致，在维持 A76 架构出色能效以及较小核心面积的同时，进一步提升了性能。
2019 年	全新 Intel 酷睿 X 系列处理器，最多包含 18 个内核，单核睿频频率 4.6Ghz，旨在支持需求各不相同的高级创作者工作流程：照片及视频编辑、视觉效果、动态图形、游戏开发和 3D 动画。
2019 年 5 月	AMD 发布基于 TSMC 7nm 工艺、Zen 2 架构的第三代 Ryzen 系列 CPU 处理器；8 月发布基于 TSMC 7nm 工艺、Zen 2 架构的第二代 EPYC 服务器 CPU。同年，第二代 Intel 至强可扩展处理器发布，能够满足用户严苛的计算处理要求，覆盖从智能边缘到云，到 AI 和 5G 等各种应用环境。

表 1 全球 CPU 产品发展历程

以 Intel 酷睿处理器的发展过程为例，Intel 酷睿处理器目前已经发展到了第十一代产品，全新 Alder Lake 架构的第十二代酷睿处理器也即将发布，这是 Intel 首次在桌面处理器中采用 10nm 工艺。2008 年推出的 Nehalem 微架构是酷睿处理器的代表之作，2009 年 9 月，Intel 推出基于 Nehalem 微架构的 Lynnfield 处理器，2010 年，Intel 推出的 Clarkdale 采用双核设计，将 GPU 和 CPU 封装在一起，CPU 的制造工艺升级到了 32nm，从 Intel 后续的产品序列来看，可以认为第一代酷睿处理器是基于 Clarkdale 微架构的产品。表 1 是 Intel 第一代至第十一代酷睿桌面处理器代表产品，可以看出在 2015 年之后 Intel 桌面处理器主要采用 14nm 工艺制程，核心数量由双核增加到了八核，主频上限也由 3.46GHz 提升到了 5GHz 以上。

## 2.2. 国内产品发展历程

国产 CPU 在桌面、移动、高性能计算、及嵌入式领域均实现较快发展，在不断缩小与国外 CPU 的技术差距。在发展的同时需要大量的资金、人员投入，以及国家产业政策的持续支持。在 2006 年启动的核高基专项，以及后续大基金持续支持下，政府和企业均在发力，无论是高性能计算、服务器级 CPU、还是桌面以及移

动和嵌入式 CPU，都取得了较大进展。已有的产品通过不断的优化升级，实现了从“可用”到“好用”，一些量大面广的领域，也实现了“零”的突破。从整体上看，国产 CPU 芯片同国际差距扩大的态势逐步在逆转。

阶段	时间	事件
起步阶段	上世纪 50-70 年代	1956 年，半导体科技被列为国家新技术四大紧急措施之一。此后，中科院计算所、109 厂、半导体所先后成立，锗晶体管、硅平面晶体管、集成电路等半导体器件相继实现突破，为 109 乙机、109 丙机、156 机的诞生分别提供了基础。1975 年，伴随大规模集成电路技术的兴起，我国第一台集成电路百万次计算机 013 机研制成功。这一时期独立自主的产业发展为我国 CPU 事业打下了坚实基础。
转折阶段	上世纪 80-90 年代	1985 年，中科院计算所、半导体所有关研制大规模集成电路的单位和 109 厂合并，成立中科院微电子中心。但这一时期，由于政策支持力度有所减弱等原因，产业完全市场化但自主性不足。
提速阶段	21 世纪初至今	从“十五”开始，国产 CPU 自主性的问题再度提上议程，产业政策不断加码。泰山计划、863 计划等催生了一批国产 CPU 品牌，2002 年，我国首款通用 CPU——龙芯 1 号流片成功。2006 年，“核高基”重大专项推出，“高”即为高端通用 CPU。2014 年，我国发布《国家集成电路产业发展推动纲要》，国家集成电路产业投资基金（简称国家大基金）第 1 期成立，主要投资集成电路制造企业。2019 年，国家大基金第 2 期成立，主要投资应用端。

表 2 国产 CPU 产品发展历程

### 3. 产业发展现状

#### 3.1. 全球发展现状

产业规模方面，据公开数据统计，2019 年全球 CPU 整体市场规模约为 1800 亿美元，其中服务器 CPU 市场规模约为 450 亿美元，桌面 CPU 市场规模约为 550 亿美元，移动终端 CPU 市场规模约为 800 亿美元。按照 Mercury Research 的数据分析，2020 年第四季度，全球 X86 CPU 市场中，Intel 占据 78.3% 份额，AMD 占据 21.7%；细分市场中，移动 PC CPU（除 IoT 和平板）中，Intel

占 81.0%，AMD 占 19.0%，桌面 CPU（除 IoT）中，Intel 占 80.7%，AMD 占 19.3%。与 2020 年第三季度相比，Intel 在移动 PC CPU（除 IoT 和平板）和桌面 CPU（除 IoT）的两个细分市场分别增加 1.2% 和 0.8%。可见，在 CPU 行业里，Intel 的霸主地位依然不可撼动。虽然 AMD 发布了 ZEN3 架构的处理器，但由于产能受限，所以市场份额只有小幅度的增长；相反 Intel 由于发布了酷睿 i9-10900K 等出色的产品，同时凭借强大的生产线，仍然处于绝对优势的地位。

移动 PC CPU 份额 (除 IoT 和平板)	2020 Q4	2020 Q3	份额
Intel	目前份额	之前份额	变化 (%)
	81.00%	79.80%	1.2
桌面 CPU 份额 (除 IoT)	2020 Q4	2020 Q3	份额
Intel	目前份额	之前份额	变化 (%)
	80.70%	79.90%	0.8

表 3 Intel 移动 PC CPU 和桌面 CPU 2020 年份第四季度份额

在服务器市场，目前的 CPU 架构包括 x86 和 ARM。x86 为当前服务器 CPU 的主流架构，占据服务器市场的绝大多数份额，代表性厂商为 Intel 和 AMD，国内厂商兆芯和海光也参与到了 x86 架构的国内化替代工作，目前主要定位于政务和行业应用等市场；在 ARM 阵营中，目前的代表厂商包括华为、飞腾、高通、亚马逊等，在新基建政策的推动下，ARM 架构有望发挥其在移动市场的传统优势，借力端/云协同，抢占服务器市场更多份额。据 Omdia 的统计结果显示，2021 年第二季度全球服务器市场共出货 340 万台，和之前历史最高水平（2020 年第二季度）持平，预计 2021 年全球服务器市场销售额将达到 920 亿美元。其中人工智能和分析类服务器出货量占比明显提升，但由于电源组件短缺，服务器

价格有所升高。值得注意的是，2021 年第二季度 AMD 的市场份额逐步上升，在全球服务器 CPU 市场中占比达到了 16%，但距历史最高水平的 25% 还有一定差距。

**行业发展方面**，企业并购将催生产业架构及制造环节发展新局面。2020 年 9 月 14 日，英伟达和软银集团公司签订协议，以 400 亿美元的价格从 SBG 和 SoftBank Vision Fund 收购 Arm Limited；2020 年 10 月 28 日，AMD 宣布将以 350 亿美元的全股票交易收购知名的 FPGA 制造商 Xilinx。

**产品生态方面**，在传统 PC 市场，Intel 和微软构建的“Wintel”体系一直牢不可破，Intel 引领者 CPU 的发展并领导着一批 PC 硬件制造企业为其适配，微软及其合作伙伴在操作系统和应用软件方面同 Intel 的 x86 体系芯片进行密切合作。2020 年，Intel 发布了采用 Willow Cove 微架构的第 11 代酷睿处理器；AMD 发布了采用 Zen3 微架构的锐龙 5000 系列台式机处理器；苹果发布了三款 Mac 硬件新品并正式推出基于 ARM 指令集的 M1 芯片，并推出 ARM 架构桌面处理器。微软的操作系统更新后，往往会拉动一波新的 PC 更换大潮，进而带动对 CPU 的新需求。在移动终端市场，同样存在类似的生态体系，即 Arm 和 Android 的组合（业内称 AA 体系），该组合同样具备强大的影响力。Arm 占据了全球 95% 的移动芯片授权市场，而 Android 在移动操作系统市场上的份额也高达 85%。

**制造工艺方面**，台积电 5nm 工艺的芯片已在 2020 年量产，并计划 2022 年实现 3nm 产线量产，考虑到 Intel 使用 7nm 工艺制程的产品在 2021 年量产，台积电仍将在代工领域保持强大优势。2021

年9月，三星发布了首款3nm工艺GAA芯片，根据三星方面的消息，三星将启用新一代GAAFET晶体管技术，相较目前使用的FinFET晶体管技术，虽其结构更复杂，但在功耗发面有明显优势，三星也因此成为了全球首个生产3nm芯片的公司。

**封装测试方面**，随着最小沟道长度不断逼近物理极限，特征尺寸微缩难度不断加大，目前封装测试行业正尝试将制造工艺与三维堆叠集成等先进封装技术结合形成中道工艺，从而提高晶体管密度，延续摩尔定律。比如当前业内最关注的小芯片技术，将一些预先生产好的，能实现特定功能的芯片裸片（die），通过先进的集成技术集成封装在一起。此举相当于将SoC芯片化整为零，将其功能分解以使用更适合的工艺来实现。因此，目前业内在着重发展小芯片（chiplet）等先进封装技术。2020年6月11日，Intel正式发布其首款3D Foveros封装处理器，代号为Lakefield。

### 3.2. 国内发展现状

国产CPU目前在性能和商业生态上同国际巨头还存在一定差距。性能方面，桌面和服务器产品性能进一步提升，尤其是海光和华为的服务器产品性能已接近国外中端产品水平，具备一定市场竞争力，但总体来看，国内CPU产品的单核性能仍是最大短板，应用生态方面，对商业生态的要求较低，对安全和定制化要求较高的重点行业市场成为国产CPU的主要应用方向。目前国产CPU在党政办公、重点行业等特定市场应用中已经实现了对国外部分产品小规模替代，其中2019-2020年桌面CPU和服务器CPU出货量呈现连续上升趋势，国内市场规模保持高速增长。但在开放市场中，服务器和桌面CPU仍然没有突破性的进展，产品应用生

态尚不完善，市场份额基本被 Intel、AMD、IBM 几家全部分完。

我国 CPU 产品发展迅速，产品线种类繁多，市场应用初具规模。目前已经初步建立了完整的软硬件生态，在操作系统、工具链和硬件兼容等指标方面，国内企业均兼容统信 UOS、麒麟软件等主流国产操作系统，硬件兼容性方面，目前产品基本兼容国内外主流的内存、硬盘和显卡产品。目前，国产 CPU 及配套软硬件虽然与 Wintel 生态尚有一定差距，但已经在政府、国防、高性能计算机、北斗导航、网络安全、工业控制等等领域得到了越来越多的应用，形成了多个小型的软硬件生态。

国内主流 CPU 厂商持续发力，逐步构建完整生态。飞腾在服务器 CPU 和桌面 CPU 方向持续发布新产品。2020 年 7 月，飞腾发布“腾云 S2500”高性能服务器 CPU，采用全新内核，最高支持 8 路直连；2020 年 12 月，飞腾发布“腾锐 D2000”高性能桌面 CPU，这是飞腾首款 8 核处理器。龙芯产品应用初具规模，开发生态进一步完善。2020 年 5 月，龙芯第三代处理器产品 3A4000/3B4000 全面展开信息化应用，2020 年 12 月，龙芯平台.NET 正式发布，支持龙芯 CPU 系列产品及 UOS、麒麟等操作系统。兆芯处理器整机产品线进一步完善，下游产品种类齐全。2020 年 2 月，基于兆芯新一代 KX-6000/KH-30000 系列处理器，联想、同方、东海、海尔、锐捷、升腾、攀升等品牌推出 20 余款桌面 PC 和服务产品，以及 60 多种嵌入式计算产品。基于鲲鹏处理器，打造全栈式鲲鹏计算产业。2020 年，华为共建立 22 个鲲鹏生态创新中心，荣获多个创新奖项，发展 1000+合作伙伴，3000+鲲鹏解决方案认证，累计发展 20 万+鲲鹏开发者，进一步完善鲲

鹏生态体系。

我国 CPU 产业研究持续跟进，行业白皮书陆续发布。中国软件评测中心参与编制，由信息技术应用创新工作委员会发布《CPU 技术与产业白皮书（2020 年版）》；华为发布《鲲鹏计算产业发展白皮书 2020》；飞腾发布《从端到云基于飞腾平台的全栈解决方案白皮书 2.0》。

此外，中美贸易摩擦影响持续扩大的影响，导致处理器产业前端代工和后端应用均面临较大压力。2020 年 5 月 16 日，美国商务部针对华为实施新的贸易政策，国外公司只要使用了美国技术、软件或者设备等给华为公司生产、制造华为芯片，需要先获得美国政府的出口许可；2020 年 12 月 18 日，美国商务部将中芯国际等 59 家中国公司列入实体清单。

#### 4. 未来发展趋势

市场份额短时间内不会发生变化。预计在短时间内，全球 X86 CPU 市场的份额不会有剧烈的变化，仍以 Intel 和 AMD 为主，其中 Intel 依然会在 X86 CPU 市场中占霸主地位，而 AMD 由于产能等原因的影响，其份额会逐步小幅度提升。

企业并购频繁，各企业的生产经营能力不断扩充。受到“新冠”疫情的影响，有些中小型企业受到重创，入不敷出，随即迎来了企业并购潮流。从另外一方面看，企业的合并充足既挽救了中小型企业，也使得新企业业务更加专业，生产经营能力不断扩大。

生产工艺方面，将上演 3nm 芯片生产大战，国际企业也即将实现 3nm 的量产。随着三星 3nm 存储芯片的亮相，台积电、三星、

中芯国际等代工厂围绕着 3nm 的生产工艺也即将展开，三星绕过 5nm 的工艺，直接进军 3nm 芯片生产，也预示着 3nm 将是以后的全新战场。

国内 CPU 市场份额初步显露，国内飞腾、龙芯、兆芯和华为等企业的产品生态将逐步完善。我国 CPU 产品发展迅猛，产品种类繁多，已经实现 CPU 产品对国内外主流设备的兼容，且在政府、国防等领域得以应用，产品生态初步建立，市场份额初步显露。

国内的 CPU 产业白皮书呈现爆发式增长，CPU 行业成为各研究机构的热点研究行业。随着国家的大力支持，CPU 制造逐步成为目前亟需解决的国家级技术难题，中国软件评测中心、华为、飞腾等企事业单位陆续发布了 CPU 产业白皮书，为国内 CPU 产业对标国际发展指明方向。

中美贸易摩擦影响持续扩大，CPU 产业链的压力也随之扩大。中美贸易摩擦已经严重阻碍 CPU 产业的发展，中国虽是全球的制造大国，但包括 CPU 产业在内的高端制造业仍是薄弱环节，若中美贸易摩擦不断扩大，势必会造成我国的高端制造业水平停滞不前，甚至出现倒退。

## **5. 未来应对建议**

首先，应积极推动核心工艺创新升级。国家应积极推动 CPU 产业链上下游企业创新升级，引导上游企业开发具有自主知识产权的 EDA 设计工具、模拟仿真软件等设计验证工具，同时引导企业向 14nm、7nm、5nm 等先进工艺进军，早日追赶世界先进水平，为发展高端制造业奠定基础。

其次，应构建国产 CPU 产业生态体系。国家应继续引导 CPU

产业生态的全方位构建，实现软硬件的全方位发展，形成完整的产业链发展体系，在桌面 CPU、服务器 CPU 等方面实现国产化替代。国家应大力支持企事业单位、政府机关单位等积极采购国产 CPU 产品，形成国产 CPU 的应用生态。

最后，应大力扶持 CPU 的新兴应用领域。目前，我国在人工智能、大数据、云计算、5G 等新兴技术发展迅猛，国家应建立大型的新兴技术应用创新平台，为 CPU 企业和下游的应用企业搭建桥梁，让 CPU 企业和创新应用企业直接沟通，开发与应用产品相对应的个性化专用芯片，为下游应用企业创建便利的开发环境，已实现国产 CPU 在新兴领域的弯道超车。

ESTC 中国评测