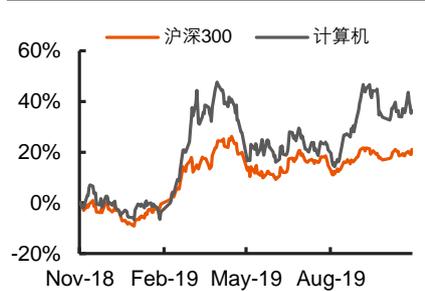


自主可控深度报告——处理器篇

国产 CPU 正从可用向好用转变，自主可控前景可期

强于大市（维持）

行情走势图



证券分析师

闫磊 投资咨询资格编号
S1060517070006
010-56800140
YANLEI511@PINGAN.COM.CN

陈苏 投资咨询资格编号
S1060519090002
010-56800139
CHENSU109@PINGAN.COM.CN

研究助理

付强 一般从业资格编号
S1060118050035
FUQIANG021@PINGAN.COM.CN

请通过合法途径获取本公司研究报告，如经由未经许可的渠道获得研究报告，请慎重使用并注意阅读研究报告尾页的声明内容。

- **国产 CPU 发展现状：**CPU（中央处理器）是计算机系统的核心和大脑，也是国家大宗战略物资，系统复杂研发难度高。我国 CPU 研发起步较早，但发展较为坎坷，步入正轨是在“十二五”之后。在国家集成电路产业政策和基金投资等多重措施支持下，一大批国产 CPU 设计单位成长起来，产品覆盖了高性能计算、桌面、移动和嵌入式等主要应用场景。但是，国内设计企业在 CPU 指令集架构上主要还是依靠国际授权和技术合作。主要厂商如飞腾、龙芯、申威、兆芯及海思等企业在各自领域设计出了自主可控程度较高的 CPU，产品本身正在实现从“可用”到“好用”的转变，在党政军和重点行业市场得到应用推广，生态建设也取得较大进展。
- **国产 CPU 发展机遇及前景展望：**当前，国产 CPU 面临着相对较好的发展环境。一方面，中美在科技领域的博弈具有长期性，美国对中科曙光、华为、江南计算所等电子信息企业和机构的制裁并没有解除，CPU 等产品的供应链风险显著上升，进口替代空间大；另一方面，国家出于战略安全、产业升级角度考虑，也将持续加大对国产 CPU 的研发、应用等领域的支持力度。我们认为，未来国内 CPU 厂商有望凭借着逐步积累的开发经验、持续加大的研发投入和相对较大的工艺提升空间，来缩小与国际水平的差距。同时，AI、5G、物联网等新技术也将带来新的计算需求，开源架构也将给国内企业带来新的架构选择，国产 CPU 有望实现“换道超车”。
- **主要国产 CPU 设计企业发展概况：**天津飞腾、龙芯中科、申威（上海高性能集成电路设计中心）和上海兆芯是国内传统的国产 CPU 设计企业，均具备较强的微内核研发能力。天津飞腾在 2019 年 8 月份被中国长城收购，并在 9 月 19 日推出新一代桌面处理器 FT2000/4 处理器，产品性能与英特尔 i5 中档处理器相当，优于国内其他厂商；龙芯近年来持续加大生态建设力度，并持续加大对大核、重点行业嵌入式 CPU 的研发投入，以扩大市场影响力；上海申威在提高高性能计算 CPU 性能的同时，不断完善产品谱系，做强桌面和嵌入式 CPU 产品；上海兆芯在通过威盛获得的 X86 设计技术基础上，不断培育自主开发能力，目前产品性能与英特尔的差距在缩小，生态兼容性优势凸显，产品在政企市场得到推广。

股票名称	股票代码	股票价格		EPS			P/E			评级	
		2019-11-01	2018A	2019E	2020E	2021E	2018A	2019E	2020E		2021E
中国长城	000066	15.08	0.34	0.25	0.32	0.42	44.35	60.32	47.13	35.90	推荐
紫光股份	000938	29.66	0.83	0.99	1.24	1.62	35.56	29.96	23.92	18.31	推荐
浪潮信息	000977	26.71	0.51	0.67	0.90	1.20	52.37	39.87	29.68	22.26	推荐
太极股份	002368	31.95	0.77	0.92	1.21	1.60	41.49	34.73	26.40	19.97	推荐
中科曙光	603019	33.50	0.48	0.56	0.72	0.99	69.79	59.82	46.53	33.84	推荐
中国软件	600536	70.35	0.22	0.43	0.96	1.50	319.77	163.60	73.28	46.90	暂未评级

注：中国软件 EPS 为 Wind 一致预期。

- **投资建议：**国产 CPU 虽然同国际先进水平存在较大差距，但差距扩大的势头正在得到逆转。未来随着党政军、重点行业信息系统国产化进程的加速，国产 CPU 进口替代空间也将进一步放大，生态建设也将得到完善。建议投资者关注与国产 CPU 生态密切相关的企业投资机会，主要包括软硬件厂商、集成商等。建议关注国内参与自主可控整机设计、制造企业，包括中国长城、浪潮信息、紫光股份、中科曙光；关注积极参与国产化平台适配的系统集成、操作系统、中间件、数据库、应用软件企业，如太极股份、中国软件等。
- **风险提示：**
 - 1、国产化推进不及预期的风险。目前，国家虽然在积极推动国产 CPU 在党政军和重点行业进行应用，由于国产 CPU 还正在验证和优化之中，使用自主产品，相关使用单位也需要承担较大的信息安全风险以及较高的迁移成本，推进可能不及预期。
 - 2、生态建设难度可能高于预期。目前，我国自主可控软硬件平台最主要的问题就是生态问题，而解决生态问题不是一朝一夕能够完成。它不但需要国家从上而下的推动，并且需要整个产业进行垂直协调，还要抵御国际生态的夹击，建设难度可能高于预期。
 - 3、业绩短期内难以有效释放。CPU 的发展是一个长时间不断试错的过程，国际领先企业在研发和试错环节上花的时间，我国企业也必然省不下来，这也意味着企业存在短期内业绩很难释放的风险。

正文目录

一、 国产 CPU 发展现状	5
1.1 国产 CPU 研发起步较早但发展历经坎坷，“十二五”开始逐步踏上正轨.....	5
1.2 部分国产 CPU 厂商具备完全自主发展能力，但多数仍依托国际合作	6
1.3 国产 CPU 正实现“从无到有”、“可用到好用”的转变，生态短板逐步补齐	9
二、 国产 CPU 发展机遇及前景展望	13
2.1 国际供应链断裂和信息安全风险加剧，倒逼国内 CPU 加快自主可控步伐.....	13
2.2 国内党政军、重点行业市场空间广阔，未来国产 CPU 进口替代潜力巨大.....	16
2.3 未来国产 CPU 在传统领域存在追赶机会，AI、开源架构带来换道超车可能	17
三、 主要国产 CPU 设计企业发展概况	19
3.1 天津飞腾	19
3.2 龙芯中科	22
3.3 成都申威	25
3.4 上海兆芯	27
四、 投资建议	28
五、 风险提示	28

图表目录

图表 1	计算机结构简图.....	5
图表 2	处理器结构演变过程.....	6
图表 3	2018 年全球服务器 CPU 市场份额.....	7
图表 4	2019 年 10 月全球 X86 桌面 CPU 市场份额.....	7
图表 5	复杂指令集与精简指令集对比.....	7
图表 6	全球主要 CPU 架构及授权情况.....	8
图表 7	典型的授权结构.....	9
图表 8	飞腾最新桌面芯片与英特尔处理器对比.....	10
图表 9	主流移动芯片 GB5 跑分数据对比.....	10
图表 10	Wintel 体系生态构成.....	11
图表 11	ARM-Android 生态系统构成.....	11
图表 12	国产 CPU 配套软硬件厂商.....	12
图表 13	2016-2018 年我国智能手机产量及增速.....	13
图表 14	2014-2018 年我国电子计算机整机产量及增速.....	13
图表 15	2019 年 1-7 月我国集成电路进口额结构.....	13
图表 16	2019 年 1-7 月我国处理器进口额来源地排序.....	13
图表 17	2019 年 1-7 月我国从美国的芯片进口额结构.....	14
图表 18	近年来中美电子信息领域摩擦情况.....	14
图表 19	近年来我国 CPU 相关政策.....	15
图表 20	国产芯片及平台与地方政府、重点行业合作案例情况.....	16
图表 21	英特尔桌面 CPU 加工工艺升级进展.....	17
图表 22	RISC-V 与 X86、ARM 指令集比较.....	18
图表 23	开源架构 RISC-V 生态.....	18
图表 24	天津飞腾公司被收购前后股权结构变化情况.....	19
图表 25	天津飞腾公司主要芯片设计产品.....	20
图表 26	飞腾主要芯片产品与竞品性能指标对比情况.....	20
图表 27	2017-2018 年天津飞腾营业收入（万元）.....	21
图表 28	2017-2018 年天津飞腾净利润（万元）.....	21
图表 29	天津飞腾 FTC66x 系列微内核及对应处理器.....	21
图表 30	中国电子 PK2.0 体系.....	22
图表 31	龙芯中科股权结构情况.....	23
图表 32	龙芯系列芯片产品线.....	24
图表 33	龙芯芯片生态合作伙伴.....	25
图表 34	成都申威主要产品情况.....	26
图表 35	上海兆芯股权结构.....	27

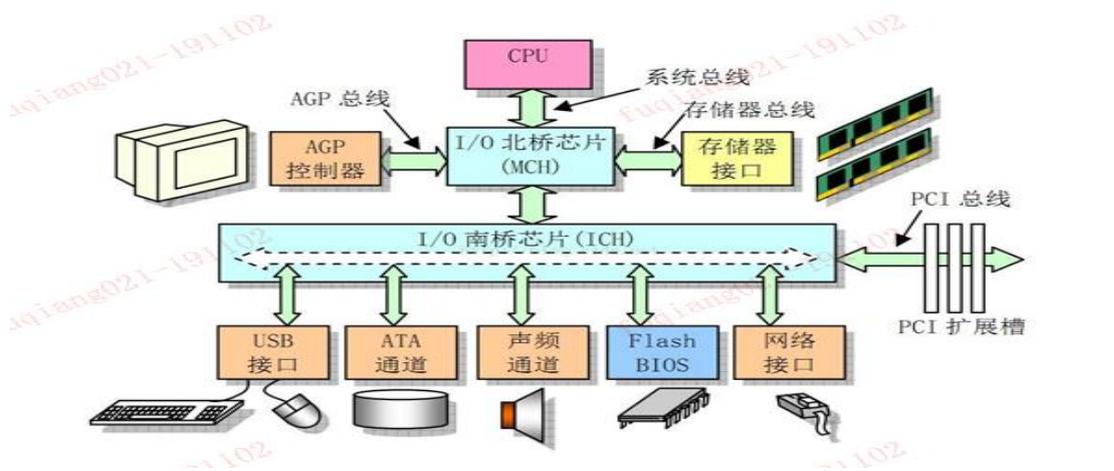
9月19日，天津飞腾发布自主研发的新一代桌面CPU（中央处理器）FT2000/4，该产品主频最高达到3.0GHZ，最大功耗10W。该芯片使用飞腾自主研发的微内核，兼容ARM V8架构，在核心技术上实现了新的突破，进一步缩小了与国际主流桌面CPU的性能差距，并在内置安全性上拥有较多独到创新。在当前中美贸易战的大背景下，国产新型桌面CPU的面世，将为快速推进的自主可控产业提供助力。天津飞腾作为我国自主可控产业的重要力量，也是我国国产CPU发展的一个缩影。本报告重点梳理了国产CPU发展现状、未来机遇以及主要厂商情况，以绘投资者。

一、 国产 CPU 发展现状

1.1 国产 CPU 研发起步较早但发展历经坎坷，“十二五”开始逐步踏上正轨

CPU是计算机的大脑和心脏，是国家大宗战略产品，也是一个巨复杂系统。计算机主要由三部分构成：CPU、内存、外部设备（存储、显示器、输入输出等）。CPU负责指挥外部设备和内存进行协同的工作，处在指挥和控制地位，是核心之所在。CPU也是国家大宗战略产品，尤其是进入信息化、智能化时代，它就和工业化阶段中的钢铁一样，是整个产业的基础，应用面广，支撑作用强，是国家战略安全、产业安全的重要保障。CPU还是一个巨复杂系统，它同其他芯片器件不同，它需要全能，不但强调逻辑控制，还需要有强劲的计算速度，技术实现难度非常之高，全球能够独立研发高性能CPU的国家少之又少。

图表1 计算机结构简图



资料来源:百度、平安证券研究所

我国处理器研发起步相对较早，但发展历程比较坎坷。上世纪六十年代，基于超大规模集成电路的微处理器还未出现，计算机系统就是一个大型的中央处理器，体积大，计算速度慢。当时，我国使用的计算机系统都是自主设计，且同国际水平差距不大，标志性产品包括晶体管109机（1965年6月研制）、小规模集成电路106机（1968年研制）等。上世纪70年代以后，美国大规模集成电路尤其是超大规模集成电路快速发展起来，以英特尔4004为标志，美国真正意义上的微处理器面世，CPU正式进入商用时代，此后按照摩尔定律持续快速演进，英特尔此后也一直统治着全球桌面和高性能计算市场。相反我国受限于国内经济条件、国际技术封锁等原因，期间虽然研制出了基于大规模集成电路的第三代计算机系统——专用77型微机，但丧失了第四代计算机系统（基于超大规模集成电路）的研究能力。从“七五”开始，一直到“九五”，国家对国产CPU的支持力度明显下降，主要科研支持计划都未将其列入。直接的后果是，上世纪90年代中期，国内大量处理器研究单位关闭，人员大批流失，大学也很少设置硬件专业，计算机公司变成组装厂，CPU设计能力基本丧失。

但是，随着国内信息化的加速以及电子信息制造业的快速发展，“缺芯”的问题又再次受到国家重视。“十五”期间要不要、能不能开发国产 CPU 的争论开始爆发，此后科技部将信息产业部启动了发展国产 CPU 的“泰山计划”。虽然该计划未能实现既定目标，但为国产 CPU 的发展点燃了“星星之火”，这些火种演变成了现在国产 CPU 设计的三支国家队——飞腾、申威和龙芯。除了“泰山计划”外，科技部也在通过“863 计划”对国产 CPU 进行支持。从“十一五”开始，国家通过核高基重大科技专项对国产 CPU 重点企业进行了扶持。“十二五”以来，国家通过集成电路产业优惠政策、产业基金等措施扶持国产 CPU 产业，国内培育出了一批国产 CPU 设计单位和研究机构，发展走向正轨。其中，传统的设计机构如龙芯、飞腾、申威、海思、紫光展锐等竞争力正在提升，君正、兆芯、海光等新秀也在快速成长，科研机构包括中科院计算所、北大众志、国防科大、江南计算所、北京大学、浙江大学等都在积极参与，形成了百花齐放的局面。

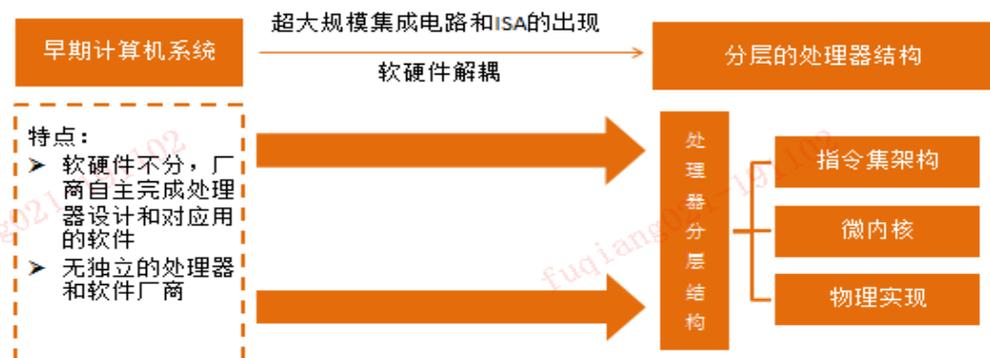
1.2 部分国产 CPU 厂商具备完全自主发展能力，但多数仍依托国际合作

国产 CPU 技术格局：少数具备自主指令集架构设计能力，多数依靠国际成熟架构授权

CPU 发展到今天，其内部架构和逻辑关系已经变得错综复杂，设计企业如果从头开始进入，成功难度很大。国内有部分完全自主架构，如北大众志完全自主开发的指令集产品 UniCore，苏州国芯、杭州中天、浙江大学共同设计的国产嵌入式 CPU——C-Core 等。但是我们也看到，虽然这些产品在指令集架构上，实现了完全的自主，安全性最高，但是缺点也十分明显，包括缺乏操作系统等基础软硬件支持、开发工具少（编译器、调试器等）、应用程序开发困难、移植难度大等，所以一直以来在产业化上受到较大制约。目前，活跃在市场上的国产 CPU 绝大多数都是采用同国外合作的方式，主要途径包括购买指令集授权、技术合作等。

提到指令集架构，则要从计算机的发展史开始说起。早期的计算机系统，软件的编写都是直接面向硬件系统的，即使是同一厂商的不同计算机产品，他们的软件和硬件都是不能通用的，软件和硬件紧紧耦合在一起，不可分离。后来，IBM 为了使自己的一系列计算机能够使用相同的软件，免去重复编写的痛苦，于是在它的计算机系统中引入指令集架构（ISA，Instruction Set Architecture）的概念，将软件编程所需要的硬件信息抽象出来，形成一个抽象的机器架构，编程人员在这个抽象机器上进行编程，进而实现了与硬件的解耦。至此，处理器则从原来与系统不能分离，演变成成为指令集架构、微结构、底层的物理实现三层结构，并一直延续到现在。指令集架构中，最为基础的就是指令集，它是用来引导 CPU 进行加减运算和控制计算机操作系统的一系列指令集合。

图表2 处理器结构演变过程

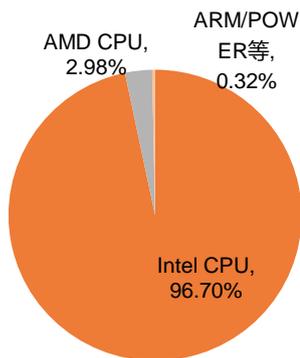


资料来源:平安证券研究所

目前,全球 CPU 指令集架构有两类——复杂指令集(X86)和精简指令集(以 ARM、MIPS、POWER 等为代表)。其中,复杂指令集(CISC)通过增加可实现复杂功能的指令和多种灵活的编址方式,来提高程序的运行速度。但直接后果就是需要对不等长的指令进行分割处理,造成一些不必要的等待,效率较低,对硬件集成度、工艺、功耗均非常高。相反,精简指令集(RISC)采用的等长的指令,可以将一条指令分割成若干个进程或者线程,交给不同的处理器并行处理,效率高,硬件集成度要求不高,工艺简单而且成本低。英特尔在早期研发 CPU 时,精简指令集还未出现,而在精简指令集出现之后,英特尔也看到了精简指令集存在的明显优势,但为了实现后向兼容,也不得不一条路走到黑,继续推动 X86 复杂指令集的发展。

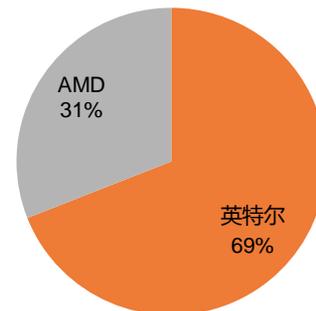
这两类架构竞争十分激烈。上世纪 90 年代,复杂指令集和精简指令集阵营展开了激烈厮杀。复杂指令集一方,英特尔凭借着与微软的事实上的结盟(Wintel 体系),同时也在新的微内核中融合了一些精简指令集的技术优势,在中低档服务器、PC、笔记本等主流领域占据了绝大多数份额;精简指令集一方,虽然指令集本身有优势,但是群龙无首且各自为战,最终被 Wintel 体系打败,且挤压到嵌入式市场,后来在智能手机兴起之后才觅得新的市场空间。尤其是 ARM,通过与 Android 的合作,在智能手机处理器市场占据了绝大多数份额。在 ARM 的 64 位产品(ARM V8)推出之后,其市场也不再局限于嵌入式和移动领域,高性能计算、服务器和桌面也都成为其重要方向。

图表3 2018 年全球服务器 CPU 市场份额



资料来源: Gartner、平安证券研究所

图表4 2019 年 10 月全球 X86 桌面 CPU 市场份额



资料来源: Cpubenchmark、平安证券研究所

复杂指令集和精简指令集架构在国内均有授权或者技术合作。X86 授权的有兆芯、海光,兆芯是通过威盛获得的 X86 授权,海光则是中科曙光和 AMD 合作的产物。精简指令集授权的有龙芯(MIPS)、飞腾(兼容 ARM V8 架构)、申威(Alpha)、海思(ARM)等。可以看到,ARM 架构在国内市场上的影响力较大。

图表5 复杂指令集与精简指令集对比

比较内容	CISC	RISC
指令系统	复杂,庞大	简单,精简
指令数目	一般大于 200	一般小于 100
指令格式	一般大于 4	一般小于 4
寻址方式	一般大于 4	一般小于 4
指令字长	不固定	等长
可访存指令	不加限制	只有 LOAD/STORE 指令
各种指令使用频率	相差很大	相差不大
各种指令执行时间	相差很大	绝大多数在一个周期内完成
优化编译实现	很难	较容易

比较内容	CISC	RISC
程序源代码长度	较短	较长
控制器实现方式	绝大多数为微程序控制	绝大多数为硬布线控制
软件系统开发时间	较短	较长

资料来源：CSDN、平安证券研究所

图表6 全球主要 CPU 架构及授权情况

架构名称	授权公司	推出时间	主要被授权企业
X86	Intel、AMD	1978	兆芯、众志、海光（服务器和 workstation，国内市场）
ARM	ARM（被软银收购）	1985	苹果、三星、AMD、TI、东芝、微芯、高通、联发科、展讯、飞腾、海思、晶晨、全志等
MIPS	美国 MIPS 技术公司（后被收购）	上世纪 80 年代	龙芯、瑞昱、炬力等
SPARC	SUN 公司	1987	TI、富士通、飞腾（曾经使用过，后转为 ARM）
PowerPC	IBM 公司	1991	中晟宏芯
Alpha	DEC 公司	1992	申威

资料来源：集成电路应用、平安证券研究所

指令集授权模式对比：架构授权自主可控程度高，固核授权产品化速度快

目前，CPU 授权主流的方式有三种：架构授权、软核授权和硬核授权，对于使用授权的企业来说，CPU 的完成度依次上升，设计难度依次下降，但自主程度也在降低。

（1）架构授权。该级别授权允许被授权方研发芯片，兼容授权方发展出来的指令集架构，主要好处在于可以分享授权方建立起来的软件生态红利。但由于架构只是处理器的抽象描述、设计理念，类似于大楼的渲染图，对被授权方的研发能力要求非常高，设计中出现任何错误，都将造成投资失败。目前国内购买架构授权的企业均是芯片研发能力领先的企业。如天津飞腾、龙芯和申威等，被授权方拿到的都是标准文档（包含指令的定义，通用寄存器的数量等），而大量的寄存器传输级模型和布线都需要设计，对自主设计要求非常高，也正是因为如此，上述企业也被认为是当前自主可控程度最高的设计厂商。

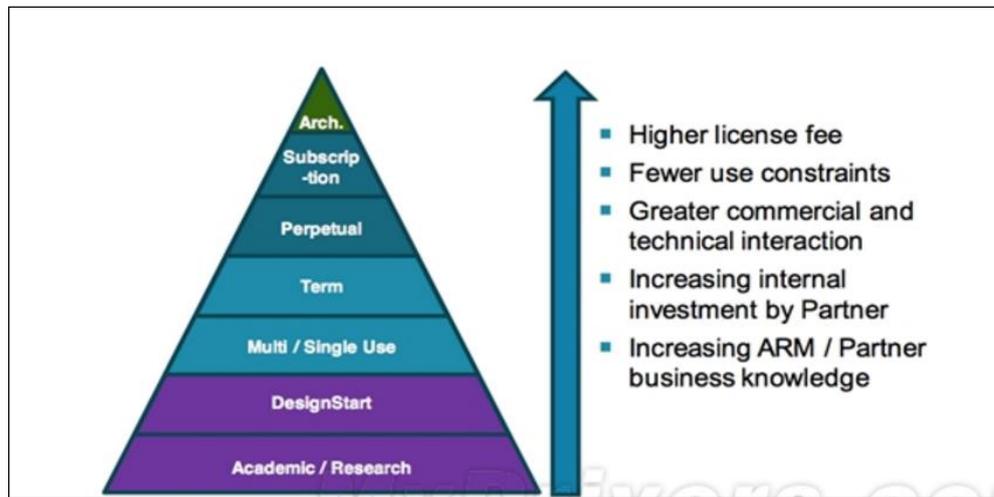
架构授权也有很多的附加条件，包括有效期（可以为永久授权、阶段性授权等）、授权用途、市场范围、处理器核数、是否具有扩展权、自主修改权等。尤其是在当前贸易战的大背景下，相关的限制性条款成为了处理器授权的重大风险点，可能出现非永久性授权到期不续的问题。而且，这类授权价格一般比较昂贵，购买授权的用户非常有限。

（2）软核授权。软核通常是用 HDL 文本形式提交给用户，它经过 RTL 级设计优化和功能验证，但其中不含有任何具体的物理信息。据此，用户可以综合出正确的门电路级设计网表，并可以进行后续的结构设计，具有很大的灵活性，借助于 EDA 综合工具可以很容易地与其他外部逻辑电路合成一体，根据各种不同半导体工艺，设计成具有不同性能的器件，设计难度和自由度低于架构授权。

(3) 硬核授权。硬核是基于半导体工艺的物理设计，已有固定的拓扑布局和具体工艺，并已经过工艺验证，具有可保证的性能。其提供给用户的形式是电路物理结构掩模版图和全套工艺文件，是可以拿来就用的全套技术，用户拿到授权之后就可以生产。硬核的设计和工艺已经完成而不能更改，授权厂商对其实行全权控制，对知识产权的保护相对简单。因此，采用此类授权模式的厂商，自主可控能力最弱，但商业化成功的可能性最高。

以处理器授权公司 ARM 为例，该公司的 IP 也是大体按照上述的三种模式进行授权的，但也发展出一些更为具体的授权类别。比如学术授权，是免费面向高校和科研机构的；DesignStart，是为了方便半导体企业低成本、低风险、快速了解 ARM IP 的一种授权模式；这两种模式下设计出来的芯片不能销售，只能用于内部研究。另外，它还设计出了多用途授权、单用途授权。多用途授权模式还细分为普通多用途授权和终身多用途授权，以时间为授权效力划分，均较为昂贵，相对来说比较适合大型企业。而单用途授权以用途划分授权效力范围，这种授权模式之下，需要交一笔前期授权费，此后按照每颗芯片收取约 2% 的版税，这种授权相对来说比较适合创业公司，或者目标明确的特定设计项目。

图表7 典型的授权结构



资料来源：ARM 公司、平安证券研究所

1.3 国产 CPU 正实现“从无到有”、“可用到好用”的转变，生态短板逐步补齐

国产 CPU 在高性能计算、桌面、移动及嵌入式领域均实现较快发展，且差距扩大趋势在逆转

从拿到授权到设计出产品，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，无论是大 CPU（高性能计算、服务器）、还是中 CPU（桌面级）以及小 CPU（移动和嵌入式）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。

高性能计算方面，国内天津飞腾、海光、申威等处理器产品已经在 E 级（每秒百亿亿次）超算原型机上得到应用，申威的处理器、加速器均实现了完全国产化。服务器芯片方面，飞腾、龙芯、海光、华为海思均有新品发布，其中飞腾 2000+/64 核产品性能已经与英特尔主流 E5 部分产品性能相当。海光由于采用的是 AMD 的 Zen 架构授权，该芯片除了性价比优势较为明显之外，还具备同 X86 生态的良好兼容性。华为海思在 2019 年 1 月份推出鲲鹏 920 处理器，兼容 ARM V8 架构，64 核，7nm 工艺，主频达到 2.6GHz，在中档服务器 CPU 市场上具备较强的竞争力。

桌面处理器方面，飞腾、龙芯、兆芯等均有产品推出，且近年来产品性能提升明显。飞腾传统的桌面产品是 FT1500/4A 产品，工作主频在 1.5GHz-2.0GHz 之间，最大功耗 15W，主频相当于奔腾 4 的早期产品，但同主流酷睿处理器差距较大，民用市场竞争力相对较弱。2019 年 9 月，公司推出了 FT2000+/4A 桌面处理器产品，工作主频为 2.6GHz-3.0GHz，16nm 工艺，主频指标已经与英特尔酷睿 i5 部分产品的性能相当，明显好于国内其他桌面产品。该芯片能耗 10W，显著低于英特尔同类产品 35W-45W 的能耗水平。此外，龙芯推出的 3A/3B3000 产品，商业级产品主频在 1.5GHz 左右，相较前一代产品，主频提升近 50%，改善明显。

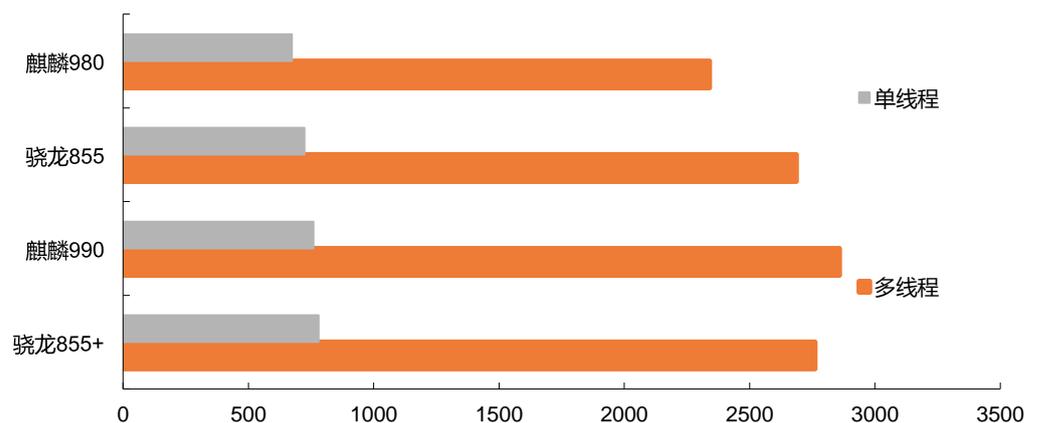
国内移动 CPU 设计能力快速成长，已经处于全球领先地位。相比传统的 PC 和服务市场，我国移动芯片同国际差距已并不明显，华为海思和台湾联发科在移动处理器设计领域都处在全球领先地位。2019 年 9 月，华为海思发布麒麟 990 和麒麟 990 5G 产品，这两款芯片使用台积电二代的 7nm 工艺制造，整体性能较前一代产品——麒麟 980 提升 10% 左右。从公开的跑分数据来看，麒麟 990 多线程跑分均高于高通最新推出的骁龙 855 和骁龙 855+，单线程高于骁龙 855，略低于骁龙 855+。

图表8 飞腾最新桌面芯片与英特尔处理器对比

指标	FT-2000/4	酷睿 i5-7400T	酷睿 i9-9900 (最新)
发布时间	2019Q3	2017Q1	2019Q2
工艺	16nm	14nm	14nm
内核数	4	4	8
主频	2.4-3.0GHz	2.6-3.0GHz	3.1-5.0GHz
缓存	集成 4MB 二级 cache 和 4MB 三级 cache	6MB	16MB
功率	10W	35W	65W
内存通道数	2DDR4	2DDR4	2DDR4

资料来源：飞腾、英特尔官网、平安证券研究所

图表9 主流移动芯片 GB5 跑分数据对比



资料来源：腾讯科技、平安证券研究所

国产 CPU 生态建设是最大短板，国内正通过多种方式逐步补齐

处理器产品除了自身技术因素外，更多依托的是生态。所谓生态，就是产业链条上的企业形成的一种紧密的分工协作关系，类似于准同盟。生态的作用在 CPU 市场上表现的十分突出。在传统 PC 市场上，英特尔和微软构成的“Wintel”体系一直牢不可破，英特尔引领着 CPU 的发展并领导着一批 PC 硬件和制造企业为其适配，而微软及合作伙伴在操作系统和应用软件方面同 X86 芯片进行紧密

协作。一般而言，微软新操作系统的发布之后，会拉动一波新的 PC 更换，进而带动新 CPU 的需求，循环往复，微软和英特尔等软硬件厂商都在其中受益。在移动市场上同样存在类似的生态，ARM 和 Android 的组合（业内称 AA 体系或者 ARM-Android 体系）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%。而在中低档服务器市场上，基本上是 X86 的天下，ARM 正在以挑战者的角色进入。

在典型的 CPU 生态结构中，一般需要一个或者两个核心企业，引领整个行业发展。但是在国内，各处理器设计企业在指令集选择上，山头林立，各自为战，但都没能做大，对生态的领导能力较弱。而一般的软件企业只会对一两种微结构进行编译，如果一种指令集在市场生态上处于弱势，软件企业就不愿意选择该指令集进行优化，这种指令集也很难获得市场成功。恰恰在国内市场上，处理器采用的指令集可谓是五花八门，但市场销售量都不大，每款产品出货量很低，这就给操作系统、中间件、数据库以及应用软件企业造成非常大的困扰，无所适从，操作系统、软件企业与处理器芯片适配积极性不是很高，因此很多还是在依托国家研发专项在推动，还没能形成内生的配套机制。

图表10 Wintel 体系生态构成



资料来源:平安证券研究所

图表11 ARM-Android 生态系统构成



资料来源:平安证券研究所

但近两年来，国内企业也在通过各种途径建设生态，已经取得了一定的效果。

一方面，芯片和操作系统厂商联合打造的生态“雏形”已经显现。参考 Wintel 和 ARM-Android 模式，电子信息央企——中国电子开始加强对“PK 体系”的建设，目前该体系已经推进到 2.0 版本。P、K 分别是天津飞腾（Phytium）和银河麒麟（Kylin）的英文名称首字母，银河麒麟是我国重要的自主操作系统研发厂商，长期与飞腾芯片进行优化适配。除了软件适配的整合，硬件方面的领导力建设也在加强，2019 年中国电子对旗下业务进行重大调整，旗下整机厂商中国长城收购天津飞腾，整机业务全面转向 PK 体系，国产 CPU 缺乏硬件支持的短板正在补齐。同时，处理器和操作系统厂商也在加强开源社区、认证培训、支持学术研究等方式引导相关软件开发、应用推广。

另一方面，国家也在加快推动基于国产 CPU 的整机品牌在党政军、重点行业的应用，通过应用带动生态建设。目前，相关项目推动顺利，服务器、笔记本、台式机、移动及嵌入式终端、外设企业多数都在参与国产 CPU 的适配工作，基于国产 CPU 的操作系统、通用软件及应用软件的开发推广工作都在有序进行，国产化软硬件平台体系建设逐步完善。

从目前生态建设效果来看，链条越短的领域，生态建设的越完善。在整个计算机产业链中，高性能计算和服务器是产业链最短的，涉及的软件应用最少，正因为如此，国内整机、外设企业分布较为密集，每家国产 CPU 设计企业周围都有大量的厂商集聚。相反，台式机和笔记本市场由于对通用、应用软件要求较高，目前的整机种类相对少一些，但是主流的整机制造厂还均有产品推出。

图表12 国产 CPU 配套软硬件厂商

芯片	适配产品	厂商
龙芯	台式机	曙光、联想、方正、同方
	服务器	云海麒麟、五舟科技、宝德计算机、曙光、浪潮申泰、清华同方、瑞驰、百信云龙、联勤（富扬维鑫）、长城
	笔记本	方正、同方、北京计算机技术及应用研究所、山东超越
飞腾	台式机	长城（长城银河、长城信安）
	服务器	Estor 鲸鲨、云海麒麟、五舟、天华星航、宝德、柏科数据、浪潮申泰、清华同方、瑞驰信息、联勤（富扬维鑫）、联想、航星中云、超云、长城
	笔记本	长城
兆芯	台式机	联想、同方
	服务器	云海麒麟、火星舱、秉时、联想
	笔记本	联想
海光	服务器	中科曙光
申威	服务器	ZoomServer、云海麒麟、国威天成、宝德、方正、瑞驰信息、联想
	笔记本	方正
海思	服务器	华为
操作系统、数据库、办公软件、中间件等	桌面操作系统	和信、中标麒麟、绿地、深度、思普、中电科普华、银河麒麟、中标麒麟、一铭软件、中兴新支点、中科方德
	服务器操作系统	凝思软件、中标麒麟、和信、深度、一铭软件、思普、绿地、中兴新支点、银河麒麟、中标麒麟、红旗、中电科普华、中科方德
	数据库	南大通用、浪潮、达梦、人大金仓、东方国信、翰高、优炫等
	办公软件	金山、永中、中标普华
	中间件	东方通、山东中创、锐软、华胜信泰、金蝶
	设计工具	亿图图示、中望 CAD、PDF-shuffler 文档编辑工具
	电子签章	中安源、方正、卫士通、金印、书生、金格、兴唐
	输入法	搜狗、华宇、谷歌
	互联网应用	Chromium 浏览器、火狐浏览器、360 浏览器、QQ、微信、360 云盘、Thunderbird 邮件客户端、华宇即时通信、360 杀毒、金山毒霸、腾讯御点等
	外设适配	扫描仪
打印机		奔图、天津光电、立思辰、惠普、映美、光电通、联想、理光、富士施乐、爱普生、科尼卡美能达、利盟、得实等
条形码扫描枪		紫光、迅宝、方正
高拍仪		紫光、哲林、方正

资料来源：中国政府采购网、平安证券研究所

二、 国产 CPU 发展机遇及前景展望

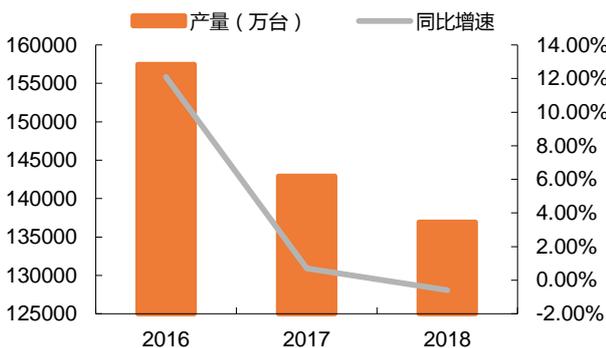
2.1 国际供应链断裂和信息安全风险加剧，倒逼国内 CPU 加快自主可控步伐

“造不如买”的国际产业链逻辑被打破，国内 CPU 供应链安全受威胁，自主可控必要性提升

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。据国家统计局数据统计，2018 年国内智能手机产量高达 13.69 亿台，计算机整机产量也达到 3.2 亿台。虽然近些年，计算机整机和智能手机产量增长都出现瓶颈，由于这两类产品体量庞大，CPU 的需求量大且单品价值非常高，市场规模依然非常可观。同时，服务器 CPU 伴随着整机出货的快速成长，需求量增长也较为迅速。IDC 数据显示，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。

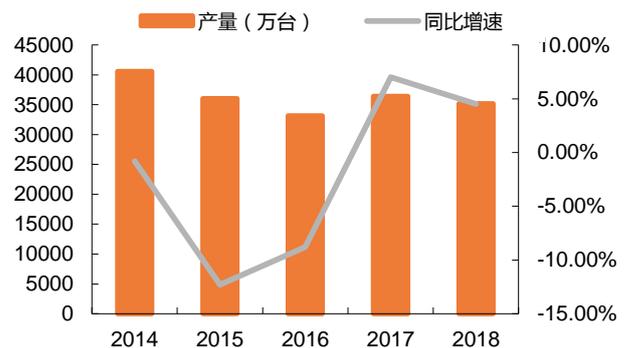
国内 CPU 绝大多数都是进口或者采购国外企业在华产品。移动 CPU 除了华为能够通过海思自给之外，其余都需要从国外或合资企业（如高通、联发科等）采购；桌面 CPU 则更是严重依赖 X86 架构，台式机、笔记本 CPU 主要为英特尔、AMD 占领；服务器市场则主要为英特尔垄断。2019 年前 7 个月，我国芯片累计进口额为 1645.71 亿美元，继续超过原油居国内进口产品首位。其中，处理器及控制器芯片（主要为 CPU）进口额 749.71 亿美元，占到芯片进口额的 46%。

图表 13 2016-2018 年我国智能手机产量及增速



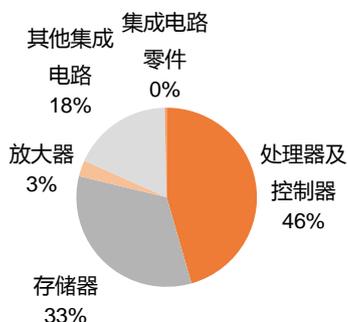
资料来源:国家统计局、平安证券研究所

图表 14 2014-2018 年我国电子计算机整机产量及增速



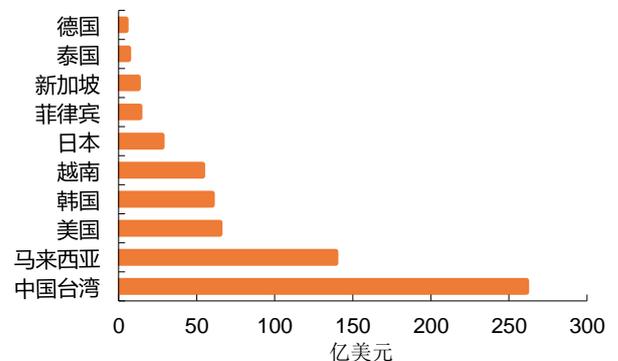
资料来源:国家统计局、平安证券研究所

图表 15 2019 年 1-7 月我国集成电路进口额结构



资料来源:海关总署、平安证券研究所

图表 16 2019 年 1-7 月我国处理器进口额来源地排序



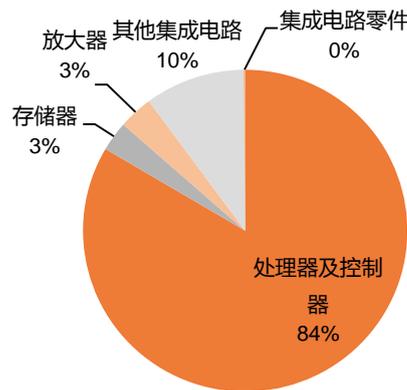
资料来源:海关总署、平安证券研究所

美国企业（英特尔、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。2019 年前 7 个月，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，在当前贸易战持续的大背景下，影响已经十分明显。

特朗普政府上台之后，美国对我国超算、服务器、智能手机、通信系统设备等整机制造核心企业的制裁持续在升级，CPU 的供应也成为问题。2018 年以来，中兴、华为、中科曙光、江南计算所等企业都已经被美国列入限制性清单，最近海康、大华、科大讯飞等人工智能企业也被美国实施禁运，这些企业的生产经营受到不同程度的影响。

更为严峻的是，全球核心技术和关键产品武器化趋势明显。除美国外，重点材料、元器件供应国——日本和韩国，也开始将关键产品禁运作为政治筹码，相互倾轧，断供问题至今尚未完全解决，曾经国内甚嚣尘上的可以完全依靠“国际供应链”的神话被彻底打破。我国作为电子信息终端制造大国，一旦其他国家在 CPU 这种关键器件上卡脖子，我国却缺乏有效的应对和准备，将会对整个电子信息行业甚至是国民经济社会发展产生极具破坏性的影响。

图表17 2019年1-7月我国从美国的芯片进口额结构



资料来源: 海关总署、平安证券研究所

图表18 近年来中美电子信息领域摩擦情况



资料来源: 平安证券研究所

国内出于信息安全、产业升级等战略需要，对国产 CPU 等领域的政策支持力度持续提高

采用国外的 CPU 产品，国内用户对其内部逻辑、软件代码缺乏控制，存在逻辑炸弹、软件后门等安全性问题。同时，在一些关键基础设施、武器装备等领域，由于使用周期非常长，相当长时间内可能都不需要对信息系统(包括 CPU 等元器件)进行升级换代，这和消费级产品存在着根本性的差异，其对供应链安全的要求远远大于性能要求。如果采用国外的 CPU 产品，一般会按照摩尔定律快速演进，国内相关基础设施、武器系统所采用的工艺或技术相对落后的元器件，就非常可能遭遇生产线关闭的情况，对于一些系统级装备，都需要进行重新设计，增加不必要的成本。相反，如果是采用国内供应商，涉及到武器和关键基础设施的零部件，企业会保留相关产能和售后服务团队。另外，CPU 作为基础性、先导性的产品，是信息产业重要的发展方向，需要大量的创新要素包括人力、财力、产业政策等方面的投入，大量采购进口芯片，抑制了国产 CPU 产品的生态培育和成长。

也正是如此，党中央、国务院以及地方政府对该领域的支持力度逐步加大，政策日趋完善，为产业后续实现跨越式发展创造了良好的外部环境。尤其是未来中美在科技领域竞争加剧的大背景下，国内对国产 CPU 的支持力度还会保持在高强度。(1) 对 CPU 相关的元硬件研发引导、资金支持以及财税优惠政策有所倾斜；(2) 支持企业通过兼并重组、国际合作等方式做大做强，提高国产化替代能力；(3) 加强应用端扶持，推动国产化采购工作，将基于国产芯片的整机产品列入政府采购清单，鼓励软件、周边设备对国产 CPU 进行优化和适配；(4) 加强人才培养，2019 年 10 月工信部发布消息称，将与教育部合作加强集成电路人才队伍建设，将集成电路设置为一级学科，这将引导更多的高校、科研院所教师参与到集成电路研究当中，相应的研究生和本科生集成电路人才培养也会起来。

图表19 近年来我国 CPU 相关政策

部门	政策名称	主要内容	时间
国务院	《进一步鼓励软件产业和集成电路产业发展的若干政策》	延续增值税、所得税和进口税等优惠措施，鼓励兼并重组、保护知识产权	2011.2.9
国务院	《国家集成电路产业发展推进纲要》	明确行业发展增速、缩小差距等目标，提出重点领域芯片发展、产业生态建设、安全可控产业体系建设等任务	2014.6.24
中央办公厅、国务院办公厅	《国家信息化发展战略纲要》	提出打造国际先进、安全可控的核心技术体系，带动集成电路、基础软件、核心元器件等薄弱环节实现根本突破	2016.7.26
国务院	《“十三五”国家信息化规划》	指出要提升高端通用芯片、集成电路装备、基础软件等关键核心技术，构建先进、安全可控的核心技术和产品体系	2016.12.19
财政部、税务总局、国家发展改革委、工业和信息化部	《关于集成电路生产企业有关企业所得税政策问题的通知》	对符合条件的集成电路蛇女韩企业或者项目，实行两免三减半的优惠政策	2018.3.28
中央国家机关政府采购中心	《2018-2019 年中央国家机关信息类产品(硬件)和空调产品协议供货采购项目征求意见公告》	《公告》将龙芯、申威、飞腾等国产 CPU 服务器列入政府采购清单	2018.5.23

资料来源：各政府部门官方网站、平安证券研究所

2.2 国内党政军、重点行业市场空间广阔，未来国产 CPU 进口替代潜力巨大

国内仍将长期是全球最大的 CPU 消费市场。从主要下游行业来看：首先，智能手机将面临着大量的换机需求，针对 5G 场景和应用的 CPU 处理器也将得到较快推广。目前，国内 5G 手机已经进入预热状态，市场普遍预计到 2020 年年底，国内 5G 手机有望进入实质性增长阶段。据中国信通院数据显示，2019 年 10 月份，国内市场 5G 手机销量达到 78.7 万部。2019 年国庆之前，三大运营商也启动了 5G 套餐的预约，10 天内预约量就超过 1000 万人。其次，PC 虽然未来相对疲软，但用户基数非常庞大；服务器芯片市场将继续在云计算、企业数字化转型中受益，尤其是在国内市场上，云计算市场规模增速未来几年将持续保持在 30% 以上。最后，工业控制领域的嵌入式 CPU 需求广阔，我国作为制造业大国，目前正在向制造强国转型，智能化改造是重要方向，CPU 作为智能化的核心部件，将广泛应用于工控系统当中。

CPU 市场主要分为三类：党政军及重点行业、企业以及消费级市场，需求特点各异。党政军及重点行业市场，市场化程度相对较低，对安全性和定制化的要求远高于消费级市场，同时对生态的要求相对较低，这同国产 CPU 当前的发展现状非常契合，因此这一板块一直是国产 CPU 的传统和核心市场；企业级市场主要是高性能计算和嵌入式 CPU，这个领域对生态的要求，高于党政军但弱于消费级市场，这个板块是国产 CPU 未来重要的增量市场；消费级市场则是国产 CPU 长期要突破的目标，尤其是桌面 CPU 性能、生态等方面还有巨大的差距，还需要重点弥补。

其中，党政军及重点行业是国产 CPU 确定性最强的领域。在当前贸易战的大背景下，国内关键 IT 基础设施、涉密、电子公文等领域正在推动自主可控试点，基于国产 CPU 的信息产品已经得到应用，除了中央机关已经明确大规模采购之外，地方政府部门也将开始相关国产化替代工作；对信息安全、供应链安全高度敏感的军队，一直是国产 CPU 的传统市场，将来伴随着国防信息化的加速，服务器、PC、嵌入式和移动 CPU 需求量均将增加；金融、电信、能源等重点行业领域也在加大基于国产 CPU 的服务器产品采购，未来使用范围将逐步从非生产领域进入核心领域，目前飞腾、兆芯、海光等产品在金融、电力等市场都有公开的应用案例。

图表20 国产芯片及平台与地方政府、重点行业合作案例情况

芯片	中标或合作情况	中标时间
	长城品牌基于“飞腾芯片+麒麟操作系统”服务器成功中标多个山西国产化项目，包括山西首个国产化项目（具体信息未公开）、XXX 单位 OA 项目等，而且实现了智慧城市系统向国产服务器的迁移。	2018 年 1 月
飞腾	中国软件承担建设的长沙市党政办公系统升级改造示范工程中，采用以飞腾 CPU+银河麒麟 OS 为核心的“PK 计算体系”，为长沙市党政办公系统提供了信息安全保障，工程已于 2018 年 12 月完成上线。	2018 年 12 月
	天津飞腾与国电南自签订战略合作协议，开展基于飞腾 CPU 的电力控制系统系列项目研究，以提高核心控制装备国产化水平。	2019 年 5 月
兆芯	基于兆芯 CPU 的上海仪电乘时 XES30 微型台式机和联想昭阳 CF03-T 笔记本已被上海银行纳入柜面用机和办公用机，将逐步在各个网点进行国产化替代	2018 年 9 月
	基于开胜 ZX-C+ 系列 8 核处理器的火星舱国产化智能存储系统已落地浦东新区电子政务管理中心，此前在 2016 年兆芯相关平台（台式机和笔记本）已经进入了上海市政府采购目录	2018 年

海光	曙光信息产业(北京)有限公司中标中国科学院大气物理研究所“面向地球科学的高性能计算系统项目”，中标金额为 5.23 亿元，主要中标产品为基于海光芯片的服务器。	2018 年 12 月
海思	南方电网深圳供电局在中国电力行业首次部署应用华为鲲鹏、昇腾处理器生态系统，涵盖操作系统、处理器、服务器和存储等，并自研应用迁移平台，实现该局 IDC（信息数据中心）软硬件资源全栈（所有核心软件和硬件）国产化的成功测试。	2019 年 9 月

资料来源：百度、公司官网、平安证券研究所

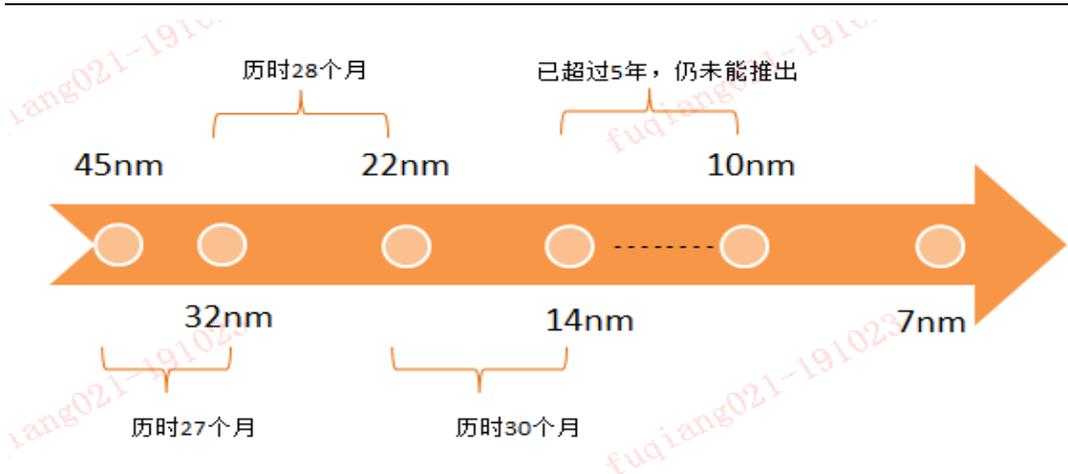
2.3 未来国产 CPU 在传统领域存在追赶机会，AI、开源架构带来换道超车可能 传统 CPU 技术差距虽然巨大，但依然存在追赶上的可能

首先，国内关于 CPU 的知识储备趋于完善。主要设计企业无论是通过自研还是国际合作，都已经在架构方面积累了较为丰富的经验，包括架构的升级、内核的设计等，已形成了较多的参考案例，有望在现有平台上实现跃升。

其次，国内技术人才的积累也在日趋丰富。随着国内芯片设计市场的不断扩大，已经在行业内沉淀了一批技术人才，龙头设计企业如飞腾、龙芯、申威、海思等都具备了稳定的核心设计团队。值得注意的是，教育部和科技部已经将集成电路列为一级学科，未来高校细分专业设置的空间将更大，相关人才的培养也将加速。

最后，CPU 进入后摩尔定律时期升级速度趋缓，国产 CPU 离天花板较远，缩小差距存在可能。目前，英特尔的最新工艺水平已经到了 14nm，后续再提升难度非常大，性能提升速度将显著趋缓，尤其是英特尔在 10nm 上存在不小的障碍，新品迟迟未能推出。即使是工艺已经升级到 7nm 的台积电，后续离硅加工极限（3nm）已非常接近，空间非常小。而国内企业制程和性能水平相对较低，所处的阶段反而更会像英特尔发展的早期，如果能够保证持续的研发投入，我们认为在传统通用 CPU 可以实现按照摩尔定律进行追赶，进而缩小差距。

图表21 英特尔桌面 CPU 加工工艺升级进展



资料来源：新浪财经、平安证券研究所

新技术、新架构可能也将为国产 CPU 带来发展契机，换道超车的可能性存在

随着人工智能、5G、边缘计算、区块链等技术的发展和成熟，将对传统计算需求形成巨大挑战，并创造出新的计算技术需求，国内 CPU 企业如能在此期间不断拓展产品谱系，将大有可为。同时，除了 X86 和国内广泛使用的 ARM 架构之外，开源架构未来也将成为重要选择，中小企业也可以利用其免费特点，摆脱 Wintel 和 ARM-Android 体系的历史包袱，实现换道超车。

目前，国际上主要的开源架构为 RISC-V、Open-RISC、SPARC 等，其中 RISC-V 架构正在受到市场的认可，该架构篇幅简洁，指令集模块化、指令集数量少，不但能够实现向后兼容，还解决了类似 X86、ARM 架构在升级过程中出现的问题，没有历史包袱。对于 RISC-V 生态，目前国内企业如阿里，已经有所行动，全资收购的中天微已经发布 RISC-V 第三代指令系统架构处理器 CK902，平头哥也在 2019 年发布了全球性能最强的 RISC-V 的 MCU 产品，具备发展 CPU 的潜力。另外，华为之前也表示，对 RISC-V 开发很有兴趣，公司也是这个基金会的成员。

图表22 RISC-V 与 X86、ARM 指令集比较

特性	X86 或 ARM 架构	RISC-V
架构篇幅	数千页	少于 300 页
模块化	不支持	支持模块化可配置的指令子集
可扩展性	不支持	支持可扩展定制指令
指令书目	指令集数量繁多，不同架构分支彼此不兼容	一套指令集所有架构。基本指令集仅 40 余条指令
易实现性	硬件实现的复杂度高	硬件设计与编译器实现非常简单

资料来源: Elecfans、平安证券研究所

图表23 开源架构 RISC-V 生态



资料来源: RISC-V 官网、平安证券研究所

三、主要国产 CPU 设计企业发展概况

目前，活跃在自主可控市场上的芯片设计企业，主要为天津飞腾、中科龙芯、成都申威和上海兆芯。

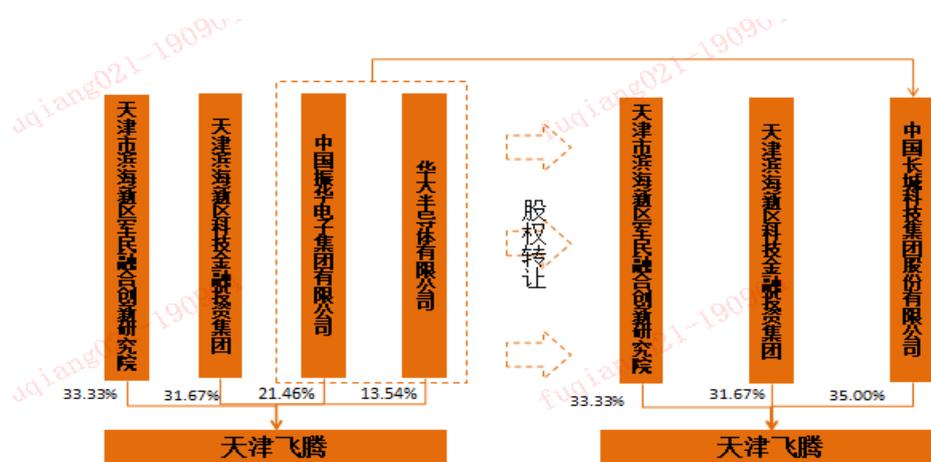
3.1 天津飞腾

公司简介

天津飞腾是国内重要的自主芯片设计企业之一。公司由天津市滨海新区军民融合创新研究院、联合滨海新区、中国电子信息产业集团共同组建，三家股权分别为 33.33%、31.67%和 35%。其中天津市滨海新区军民融合创新研究院是由国防科技大学和滨海新区共同组建的科研事业单位。公司位于天津滨海高新技术产业开发区，在北京、长沙、广州等地均设有子公司和分公司，其主要致力于国产高性能、低功耗集成电路芯片的设计与服务。

天津飞腾 (Phytium) 一直是作为中国电子信息产业集团本质安全的重要板块，与天津麒麟 (Kylin) 一起在打造国产基础软硬件平台——“PK”体系。在该体系中，天津飞腾主要提供处理器芯片产品，天津麒麟主要在操作系统领域发力，这两家企业已经构成了国内自主可控领域的重要力量。经过多年的发展，基于天津飞腾和天津麒麟的整机产品已经在党政军、重点行业企业得到批量应用。2019 年 8 月份，中国长城完成了对中国电子所持有的天津飞腾全部 35% 的股权收购工作 (华大半导体的 13.54% 和振华电子的 21.46%)。

图表24 天津飞腾公司被收购前后股权结构变化情况



资料来源:公司公告、平安证券研究所

公司主要产品

天津飞腾的产品是基于国防科技大学团队的研究成果发展起来的，谱系趋于丰富，产品性能国内处于领先地位，且同英特尔的差距正在缩小。公司成立后陆续推出了多款国产高性能 CPU，包括应用于入门级服务器的 FT-1500A/16、应用于桌面终端的 FT-1500A/4、应用于高端服务器的 FT-2000+/64、应用于嵌入式工控的 FT-2000A/2 等产品，产品多项指标在各自对应的领域处于国内领先地位，部分产品指标处于国际领先。2019 年 9 月 19 日，天津飞腾发布了 FT2000/4 桌面产品，性能与英特尔 i5 的中档产品相当，同时能耗优势十分明显。

图表25 天津飞腾公司主要芯片设计产品



资料来源:公司官网、平安证券研究所

图表26 飞腾主要芯片产品与竞品性能指标对比情况

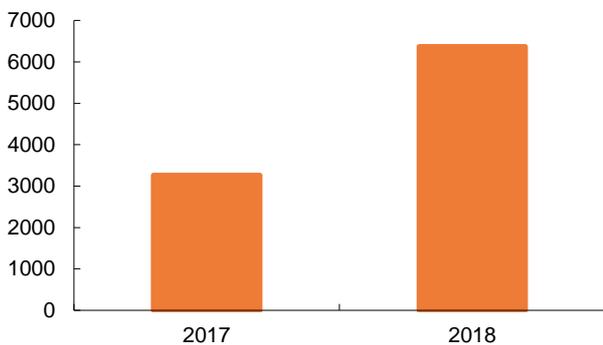
对比项目	龙芯			飞腾			申威
	3A3000	龙芯 3A	龙芯 3B	FT1500A	FT2000/4	FT2000+/64	SW1600
指令集	MIPS64	MIPS64	MIPS64	兼容 ARM V8 指令集			源于 Alpha 21164
工艺	28nm	65nm	65nm	28nm	16nm	16nm	65nm
主频	1.5GHz	1GHz	1GHz	1.5GHz	2.6G-3.0GHz	2.2G-2.4GHz	1.1GHz
核数量	4核	4核	8核	16核	4核	64核	16核

资料来源:龙芯官网、飞腾官网、申威官网、平安证券研究所

公司经营情况

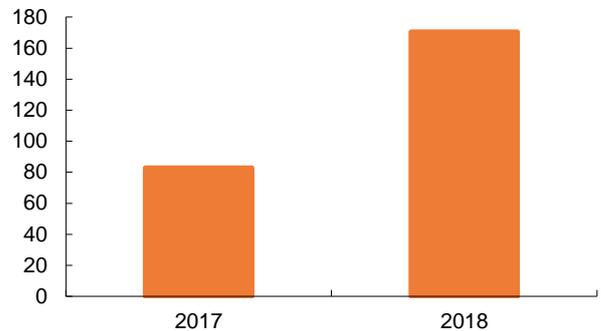
公司客户主要为重点国产化项目业主, 包括“南风一号”工程的一二期, 整机产品已经应用于河南、山西、江苏、福建、海南等地试点。飞腾整机也被纳入保密专用机名录, 并在湖南等地展开应用。天津飞腾公司还与国内外主流的整机、芯片、系统软件和应用软件厂商建立了良好的战略合作关系, 构建了完善的基于飞腾产品的生态系统。其中, 公司研发的飞腾 FT-1500A (包括 4 核、16 核芯片) 在市场上影响力较大, 据其股东滨海新区军民融合创新研究院官网介绍, 该款 CPU 已实现量产, 2017 年累计产量已达 10 万片, 该产量在自主可控市场上还是非常具有竞争力的。2018 年, 天津飞腾实现营业收入 6369.26 万元, 同比增长 95%; 公司盈利规模虽然较小 (170 万元), 但增长潜力较大。

图表27 2017-2018 年天津飞腾营业收入（万元）



资料来源:公司公告、平安证券研究所

图表28 2017-2018 年天津飞腾净利润（万元）



资料来源:公司公告、平安证券研究所

公司核心竞争力

(1) 公司拥有较强的研发能力，自主可控程度非常高。公司是国内为数不多的能够自研 CPU 内核的企业。飞腾 CPU 研发启动较早，团队从上世纪 90 年代开始建立，2006 年之前推出了两代 CPU 产品，“十一五”推出第三代产品并进入商用，2011 年获得了 ARM V8 指令集架构永久授权。经过几年的努力和至少两代产品的迭代，飞腾最新自主设计了 FTC66x 系列处理器核，其中 FT-2000/64 集成了该系列中 FTC661 处理器核。2019 年，公司最新发布的 FT2000/4A 桌面处理器，集成了 4 个 FTC663 处理器核。FTC663 内核相比前几代产品，架构设计和微结构实现更为先进，主频更高、功耗更低、安全可信程度更高。

图表29 天津飞腾 FTC66x 系列微内核及对应处理器



资料来源:公司官网、平安证券研究所

(2) 产品生态优势较为明显。一方面，ARM 架构本来在移动和嵌入式市场生态优势就十分明显，在服务器领域目前也有华为等企业入围，未来整个产业整合、协同的优势会逐步得到体现。另一方面，中国电子全力打造的 PK 体系已经发布了 2.0 版本，母公司中国长城作为中国电子旗下主要的自主可控整机平台，未来将集中精力发展“PK”体系。天津飞腾可以借助长城在制造领域的优势，更准确地把握用户真实的国产化需求，提升自身芯片的设计质量。这种“CPU+整机”的联合，将大大缩短飞腾 CPU 系列化产品的研发周期，增强 CPU 与 BIOS、主板等整机软硬件联合设计能力和适

配。截至到 2019 年 8 月，天津飞腾已联合 500 余家软硬件合作伙伴，研制了 6 大类 300 余种整机产品，移植、优化了 1000 余种软件，基于国际主流技术标准、具有中国特色的全国产飞腾生态体系基本成形，为国家信息安全和重要工业安全提供了有力支撑。

图表30 中国电子 PK2.0 体系



资料来源:银河麒麟官网、平安证券研究所

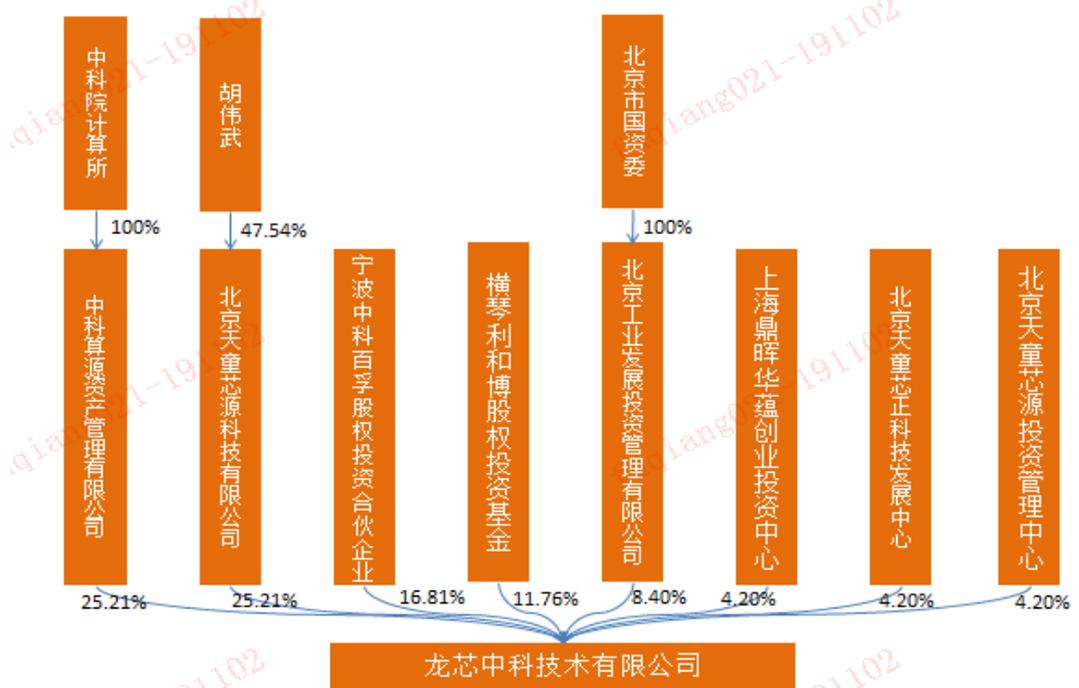
3.2 龙芯中科

公司简介

中科院计算所从 2001 年开始研制龙芯系列处理器，经过十多年的积累与发展，于 2010 年由中国科学院和北京市政府共同牵头出资，正式成立龙芯中科技术有限公司（简称龙芯中科，下同），旨在将龙芯处理器的研发成果产业化。

龙芯中科公司致力于龙芯系列 CPU 设计、生产、销售和服务。主要产品包括面向行业应用的专用小 CPU，面向工控和终端类应用的中 CPU，以及面向桌面与服务器类应用的大 CPU。为满足市场需求，龙芯中科设有安全应用事业部、通用事业部、嵌入式事业部和广州子公司。在国家安全、电脑及服务器、工控及物联网等领域与合作伙伴展开广泛的市场合作。龙芯中科拥有高新技术企业、软件企业、国家规划布局内集成电路设计企业、高性能 CPU 北京工程实验室及相关安全资质。

图表31 龙芯中科股权结构情况



资料来源:Wind、平安证券研究所

公司主要产品

龙芯系列处理器芯片是龙芯中科技术有限公司研发的具有自主知识产权的处理器芯片，产品以 32 位和 64 位单核及多核 CPU/SOC 为主，主要面向国家安全、高端嵌入式、个人电脑、服务器和高性能机等应用。产品线包括龙芯 1 号小 CPU、龙芯 2 号中 CPU 和龙芯 3 号大 CPU 三个系列。

龙芯 1 号系列芯片专为嵌入式领域设计，具备低功耗、高集成度及高性价比等特点。目前龙芯 1 号产品包括龙芯 1A、1B、1C 和 1D 四款芯片。龙芯 1A 的高集成度使得 1A 适用于云终端、工业控制、数据采集、网络设备等领域；龙芯 1B 是一款轻量级的 32 位芯片，能够满足超低价位云终端、数据采集、网络设备等领域需求。龙芯 1C 针对生物识别领域设计，片内集成 LS232 处理器核、浮点协处理器，具有高性价比的特点。龙芯 1D 片内集成 LS132 处理器核，可以实现超声波流量计量单芯片解决方案，具有使用方便、功耗低的特点。

龙芯 2 号系列芯片可应用于高端嵌入式和通用桌面等领域，在满足性能要求的同时兼顾功耗、价格以及应用的平衡。目前龙芯 2 号产品包括龙芯 2F、2H 和 2K1000 三款芯片。龙芯 2F 是龙芯处理器的第一款产品，可用于个人计算机、行业终端、工业控制、数据采集、网络安全等领域。从 2008 年开始经过多年的商业化推广，龙芯 2F 的稳定性已得到充分的验证。龙芯 2H 是一款高集成度系统芯片，能够满足安全适用计算机、云终端、网络设备、消费类电子等领域需求。龙芯 2K1000 处理器是面向网络安全领域及移动智能终端领域的双核 Soc 处理器芯片。

龙芯 3 号系列处理器可满足高端嵌入式计算机、桌面计算机、服务器、高性能计算机等应用，具有高带宽、高性能、低功耗的特征。目前龙芯 3 号系列产品包括龙芯 3A1000、3A2000/3A1500/3B2000、3A3000/3B3000 及 3A4000/3B4000 几款芯片。

除了现有产品之外，龙芯也在积极规划和研发新产品，目前规划中的产品有两款。其一是龙芯 1H，该芯片针对石油钻探领域随钻测井应用设计，集成 LS132 处理器核、单精浮点协处理器，设计目标

是 175 摄氏度超高温工作条件下的长时间可靠运行，目前已完成设计流片和应用验证，正在进行产品化。其二是龙芯 3A5000，该芯片为龙芯第三代产品的第二款芯片，基于 3A4000 处理器现有结构进行工艺升级，进一步提升频率，优化性能。该芯片将与 3A4000 保持封装兼容，目前正在设计中，计划 2021 年面向市场。

图表32 龙芯系列芯片产品线



资料来源:《龙芯芯片白皮书》, 平安证券研究所

公司经营情况

近年来，龙芯中科在生态建设方面取得了积极的成果。一方面，龙芯中科发布了面向通用领域的龙芯 64 位社区版操作系统以及面向嵌入式领域的实时操作系统平台，基于这个平台，国内中标软件、普华软件、深度科技等也发布了最新的 64 位操作系统，深度科技、金山软件也启动了龙芯版应用商店、龙芯版 WPS，腾讯等即时通信软件也都针对龙芯平台开发了对应产品，用户体验得到极大的改善。另一方面，龙芯中科发布了开发者计划，通过“一个开放社区、一个应用公社、一个开发者大会”，共同构成开发者的生态根据地。

龙芯中科的合作伙伴正在增多，应用场景更为丰富。近年来，国内合作伙伴推出了一系列基于龙芯方案的最新产品。中国航天科技、航天科工、船舶重工、中电科技、中科曙光、浪潮集团、新华三集团、研祥智能、东华软件、中石油渤海钻探等单位，已经发布或者使用了基于龙芯新一代处理器的全国产加固计算机、桌面、平板、服务器、一体机、交换机、防火墙及专用解决方案等系列产品，龙芯的应用场景已经从党政军走向企业市场，用户接受程度更高。

图表33 龙芯芯片生态合作伙伴



资料来源:龙芯中科官网、平安证券研究所

公司核心竞争优势

- (1) 具备较强的研发能力。公司大股东中科算源是中科院计算所的孵化平台，中科院计算所作为国内领先的 CPU 研发单位，在技术和科研人员方面提供了强大的支持。随着国家对“自主可控”领域支持力度的加大，中科院对公司的支持力度也将加大。另外，经过近 18 年的发展，公司已经有着较为强大的人才积累和研发经验，未来在新品研发和现有产品升级都有较大优势。
- (2) 公司芯片“自主可控”程度高，未来进口替代可能性高。公司在 2011 获得了 MIPS 永久授权，并通过自主研发具备了微内核的设计能力，目前公司所有 CPU 的芯片都是基于自主微内核，是国内自主可控水平较高产品之一。
- (3) 公司在党政军和重点行业应用广泛，市场空间较大。虽然龙芯在单核性能上同国际主流产品差距巨大，但是在国内嵌入式、桌面市场上拥有较强的优势，未来随着新产品的推出、生态建设的进一步完善，具备较大的进口替代潜力。

3.3 成都申威

公司简介

成都申威科技有限责任公司(以下简称“成都申威”),成立于 2016 年 11 月 25 日,公司总投资 5 亿,注册资金 1 亿。公司依托国家信息安全发展战略,主要从事对申威处理器的产业化推广,核心业务包括申威处理器芯片内核、封装设计、技术支持服务及销售,小型超级计算机研发、测试、销售、服务及核心部件生产,基于申威处理器的软件、中间件开发,嵌入式计算机系统定制化产品服务,集成电路 IP 核等知识产权授权。

申威处理器是在国家“核高基”重大专项支持下,由上海高性能集成电路设计中心研制的全国产处理器。申威的 CPU 属于 Alpha 指令集阵营,技术来源于美国 DEC 公司的 Alpha 21164。当初 DEC 的技术非常强大,Alpha 的性能更让人惊艳,AMD 就曾在此基础上开发了自己的 K7 微结构。但是,由于 DEC 在商业模式上的失败,以至于 Alpha 架构被几经转手,先被康柏收购,康柏后来再被惠普收购后,Alpha 架构就被束之高阁。Alpha 指令集和微结构都已经不再更新,很多专利已经过期。于是,无锡江南计算所购买了该架构的所有设计资料,发展成为后来的申威芯片。申威在 Alpha 21164 基础上开发出自己的扩展指令、神威睿智编译器以及基于 Linux 的神威睿思操作系统。

公司主要产品

上海高性能集成电路设计中心于 2006 年开始研发申威 CPU,现已形成申威高性能计算处理器、服务器/桌面处理器、嵌入式处理器三个系列的国产处理器产品线,以及申威国产 I/O 套片产品线。申威系列国产芯片已多次成功应用于国家重大科技工程项目中,并在党政机关、关键领域、商业市场上开展了产业化推广,正在为国家信息安全战略和信息产业升级发展做出积极的贡献。

从 2006 年到现在,申威在处理器研发上已经经历了 16 年。在 2006 年初,申威设计出具有自主知识产权的微架构申威 1,130nm 制程单核,主频 900MHz,集成 5700 万晶体管。2008 年申威 2 同样是 130nm,但是升级为双核主频 1.4G。在申威 1 和 2 研发经验积累基础上,上海高性能集成电路设计中心在 2010 年推出了申威 1600。申威 1600 就是申威的第三代产品,其核心数达到 16 核,制程 65nm,主频 1.1G,双精浮点 140G,并正式被神威蓝光采用。此后,申威在高性能多线程、多核、单核等领域都有建树。2017 年末,申威发布了申威 26010,量产后被江南计算所研发的神威·太湖之光超级计算机系统采用,使得太湖之光连续多次在 TOP500 中排名第一。未来申威处理器还将应用于国家 E 级(百亿亿次)超算建设。

图表34 成都申威主要产品情况

高性能多线程处理器		申威26010: 面向构建十亿亿次超级计算机系统; 自主知识产权的申威指令集(SW-64); 片上融合异构众核架构; 集成4个运算控制核心和256个运算核心; 核心根据需求扩展了256位向量指令集
高性能单核处理器		申威111: 采用新一代“申威64”核心技术,核心流水线升级为4译码7发射结构,单核性能大幅提升(整数性能提高62%,浮点性能提高53%); 采用低功耗流片工艺,实现更低功耗,典型课题下芯片的整体运行功耗为3W以内; 产品已达到国军标8级标准,可以面向军工、工控等领域应用。
高性能多核处理器		申威221: 基于第三代“申威64”核心(增强版)的国产高性能多核处理器,主要面向高密度计算型嵌入式应用需求。芯片采用对称多核结构和SoC技术,单芯片集成了2个64位RISC结构的申威处理器核心,目标设计主频为2GHz。
		申威411: 基于第三代“申威64”核心的国产高性能多核处理器,采用对称多核结构和SoC技术,单芯片集成了4个64位RISC结构的申威处理器核心,工作频率最高可达1.6GHz。现已批量应用在网络安全、安全存储、高端工业控制、国产办公桌面等领域产品中。
		申威1621: 基于第三代“申威64”核心(增强版)的国产高性能多核处理器,主要面向高性能计算和中高端服务器应用。目前,该处理器已经实现量产。单芯片集成了16个64位RISC结构的申威处理器核心,目标设计主频为2GHz。

资料来源:公司官网、平安证券研究所

公司核心竞争力

(1) 公司已经具备了国内较大的 CPU 研发团队。成都申威背后的上海高性能集成电路设计中心已经拥有领军人才、技术专家、科研骨干为核心的研发团队,人数超过 400 人,申威处理器联盟已经建成,并在建立和不断完善申威软件生态和产业链。

(2) 能力建设基本完善。硬实力方面,CPU 完整设计和创新能力设计中心拥有了完善的服务器、硬件仿真加速器和自主研制的 FPGA 验证平台,自主研发了超过 200 个软件工具,支持百亿级晶体

管规模的 CPU 设计。软实力方面，异构众核处理器架构创新工作加速，高性能计算 CPU 自主可控水平和能力不断在提升，CPU 设计技术体系也得到了大幅的完善。

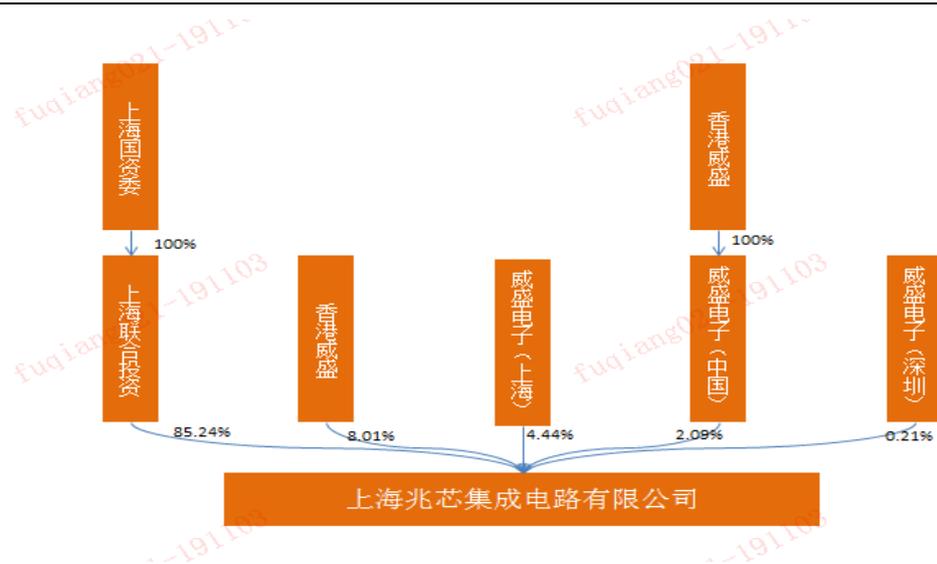
(3) 公司在服务器、高性能计算领域优势明显。公司由于在并行计算领域的技术积累较为丰厚，而且产品在顶级超算上得到应用和验证，未来随着国产化进程的推进，市场需求潜力较大。

3.4 上海兆芯

公司简介

上海兆芯集成电路有限公司（以下简称“兆芯”）是成立于 2013 年的国资控股公司，总部位于上海张江，在北京、西安、武汉、深圳等地均设有研发中心和分支机构。兆芯是由上海国资委、威盛电子出资成立，其中上海国资委占股 80%，威盛电子占股 20%。威盛电子成立于 1987 年，最初主要业务为芯片组，2000 年收购了 Cyrix 和 IDT，获得了 X86 授权，并进行了自主设计，从 VIA Ezra 架构开始，就完全是由威盛电子自主设计的架构。威盛也成为英特尔、AMD 之外，全球唯一一家拥有 X86 架构授权的公司。兆芯是国内领先的芯片设计厂商，同时掌握中央处理器、图形处理器、芯片组三大核心技术，拥有三大核心芯片及相关 IP 的完全自主设计研发能力，全部研发环节透明可控。

图表35 上海兆芯股权结构



资料来源:Wind、平安证券研究所

公司主要产品

兆芯成立之后，通过威盛获得了 X86 架构设计技术，在 2014 年公司完成开先 ZX-C 系列处理器的自主研发工作，当年相关解决方案销售量超过 1000 套。2015 年 4 月份，开先 ZX-C 处理器正式量产，当年销售量累计超过 10000 套，基于 ZX-C 的联想整机产品正式推出。2017 年，同年首款支持双通道 DDR4 内存的国产通用 CPU——开先 KX-5000 系列处理器正式发布。2019 年 6 月，开先 KX-6000/开胜 KH-30000 系列处理器正式发布，开先 KX-6000/开胜 KH-30000 系列处理器是首款主频达到 3.0GHz 的国产 x86 通用处理器。

兆芯产品性能在国产 CPU 中较好，且兼容 X86 生态，广泛应用于台式机、笔记本、一体机、存储服务器、磁盘阵列、工控整机等多种形态产品的设计生产。采用兆芯通用 CPU 的多品牌台式电脑、笔记本电脑均已量产并完全达到成熟产品标准，且兼容性出色，可极大程度避免用户在迁移转换中

的障碍。兆芯平台整机已在党政军办公、信息化等国家重点系统和工程中得到积极推广和好评，2017年，兆芯 x86 解决方案订单总量就突破了 100000 套。2018 年基于公司产品的整机产品已经进入中央机关协议采购清单，市场空间广阔。

公司核心竞争优势

(1) 核心技术优势。公司承接了“核高基”国家重大科技专项，负责其中的“安全可靠的桌面 CPU”课题，拥有 CPU、GPU 和芯片组三大核心芯片及相关 IP 的完全自主研发设计能力。公司已经完全掌握最核心的设计研发技术，包括架构、实现、验证、IP 及相关工具链的设计方法。

(2) 良好的兼容性。公司处理器采用与英特尔相同的 x86 架构，能够与 Windows 操作系统和应用软件很好的兼容性，生态明显优于其他自主可控芯片。

(3) 较大的进口替代空间。公司产品性能已经接近英特尔主流产品，在党政军市场上有着较好的应用，未来仍有较大进口替代空间。

四、 投资建议

CPU 是整个电子信息产业的基础器件，在大国战略博弈以及产业安全等方面都具有非常重要的意义，尤其是在当前贸易战大背景下，全球供应链断裂风险显著加大，我国作为电子信息终端制造和消费大国，必须在该领域拥有“备胎”，防止被人卡脖子。国产 CPU 虽然同国际先进水平存在较大差距，但差距扩大的势头正在得到逆转。未来随着党政军、重点行业信息系统国产化进程的加速，国产 CPU 进口替代空间也将进一步放大，生态建设也将得到完善。

建议投资者关注与国产 CPU 生态密切相关的企业投资机会，主要包括软硬件厂商、集成商等。建议关注国内参与自主可控整机设计、制造企业，包括中国长城、浪潮信息、紫光股份、中科曙光；关注积极参与国产化平台适配的系统集成、操作系统、中间件、数据库、应用软件企业，如太极股份、中国软件等。

五、 风险提示

1) 国产化推进不及预期的风险：国产 CPU 在技术和能力上实现了自主可控，但是离成熟和安全还需要市场的检验，而且成本上不具备优势。目前，国家虽然在积极推动国产 CPU 在党政军和重点行业进行应用，由于国产 CPU 还正在验证和优化之中，使用自主产品，相关使用单位也需要承担较大的信息安全风险以及较高的迁移成本，推进可能不及预期。

2) 生态建设难度可能高于预期：目前，我国自主可控软硬件平台最主要的问题就是生态问题，而解决生态问题不是一朝一夕能够搞定。它不但需要国家从上而下的推动，并且需要整个产业进行垂直协调，还要抵御国际生态的夹击，建设难度可能高于预期。

3) 业绩短期内难以有效释放：CPU 的发展是一个需要不断试错的过程，通过细节的优化实现整体的提升，尤其是处理器微结构趋同的时代，对细节的要求就更为严苛，产品优化的时间也越长。虽然有前面提到政策、资金在支持，但是试错的环节却不能跳过，西方国家在研发和试错环节上花的时间，我国企业也必然省不下来，这也意味着企业存在短期内业绩很难释放的风险。

平安证券研究所投资评级:

股票投资评级:

- 强烈推荐 (预计 6 个月内, 股价表现强于沪深 300 指数 20%以上)
- 推 荐 (预计 6 个月内, 股价表现强于沪深 300 指数 10%至 20%之间)
- 中 性 (预计 6 个月内, 股价表现相对沪深 300 指数在 $\pm 10\%$ 之间)
- 回 避 (预计 6 个月内, 股价表现弱于沪深 300 指数 10%以上)

行业投资评级:

- 强于大市 (预计 6 个月内, 行业指数表现强于沪深 300 指数 5%以上)
- 中 性 (预计 6 个月内, 行业指数表现相对沪深 300 指数在 $\pm 5\%$ 之间)
- 弱于大市 (预计 6 个月内, 行业指数表现弱于沪深 300 指数 5%以上)

公司声明及风险提示:

负责撰写此报告的分析师(一人或多人)就本研究报告确认:本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格。

平安证券股份有限公司具备证券投资咨询业务资格。本公司研究报告是针对与公司签署服务协议的签约客户的专属研究产品,为该类客户进行投资决策时提供辅助和参考,双方对权利与义务均有严格约定。本公司研究报告仅提供给上述特定客户,并不面向公众发布。未经书面授权刊载或者转发的,本公司将采取维权措施追究其侵权责任。

证券市场是一个风险无时不在的市场。您在进行证券交易时存在赢利的可能,也存在亏损的风险。请您务必对此有清醒的认识,认真考虑是否进行证券交易。

市场有风险,投资需谨慎。

免责条款:

此报告旨在发给平安证券股份有限公司(以下简称“平安证券”)的特定客户及其他专业人士。未经平安证券事先书面明文批准,不得更改或以任何方式传送、复印或派发此报告的材料、内容及其复印本予任何其他人。

此报告所载资料的来源及观点的出处皆被平安证券认为可靠,但平安证券不能担保其准确性或完整性,报告中的信息或所表达观点不构成所述证券买卖的出价或询价,报告内容仅供参考。平安证券不对因使用此报告的材料而引致的损失而负上任何责任,除非法律法规有明确规定。客户并不能仅依靠此报告而取代行使独立判断。

平安证券可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法。报告所载资料、意见及推测仅反映分析员于发出此报告日期当日的判断,可随时更改。此报告所指的证券价格、价值及收入可跌可升。为免生疑问,此报告所载观点并不代表平安证券的立场。

平安证券在法律许可的情况下可能参与此报告所提及的发行商的投资银行业务或投资其发行的证券。

平安证券股份有限公司 2019 版权所有。保留一切权利。



平安证券
PING AN SECURITIES

平安证券研究所

电话: 4008866338

深圳

深圳市福田区益田路 5033 号平安金融
融中心 62 楼
邮编: 518033

上海

上海市陆家嘴环路 1333 号平安金融
大厦 25 楼
邮编: 200120
传真: (021) 33830395

北京

北京市西城区金融大街甲 9 号金融街
中心北楼 15 层
邮编: 100033