



中国科学院计算技术研究所
INSTITUTE OF COMPUTING TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES



智能计算机研究中心
Research Center for Intelligent Computing Systems

从技术体系角度看中国IC的 突围之路

韩银和

中国科学院计算技术研究所

2020年9月23日

以处理器芯片为例: 处理器芯片是国家战略必争技术

- **处理器芯片 (CPU)** 是计算机/手机等计算系统的核心部件, 是我国集成电路进口的最大种类, 是国家战略必争技术。

2019年我国集成电路进口产品分布

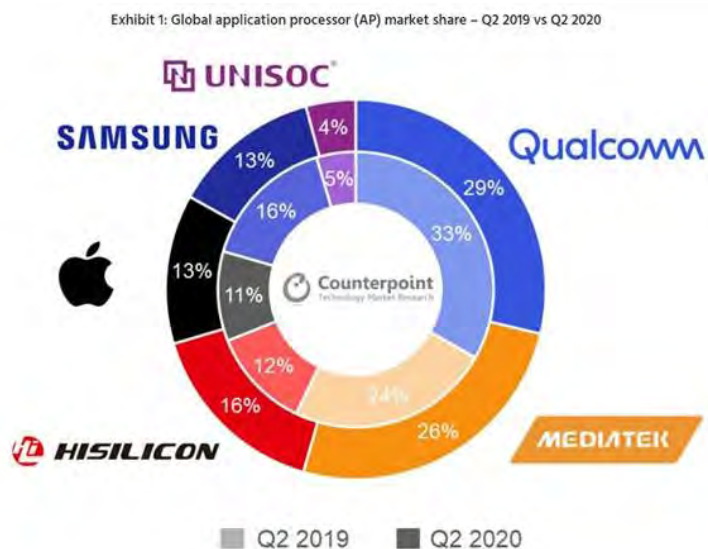
产品分类	价值 (亿美元)	比例
微处理器/控制器	1423	46.97%
半导体存储器	947	31.15%
放大器	97	3.13%
模拟电路及其它	574	18.88%
总计	3040	100%

核心芯片/基础软件	主导厂家	主导国家	自给率	
服务器、超算	CPU	英特尔、AMD、ARM	美国、英国	0%
	GPU	英伟达、AMD	美国	0%
	存储芯片	三星、美光、海力士	韩国、美国	<5%
	人工智能芯片	英伟达、Google、寒武纪	美国、中国	-
通讯	DSP	TI、博通、CEVA	美国	0%
	基带芯片	高通、博通、华为	美国、中国	22%
	FPGA	Xilinx、Intel	美国	0%
操作系统	微软、Google	美国	0%	

• 数据来自: 中国海关年鉴 (2019)

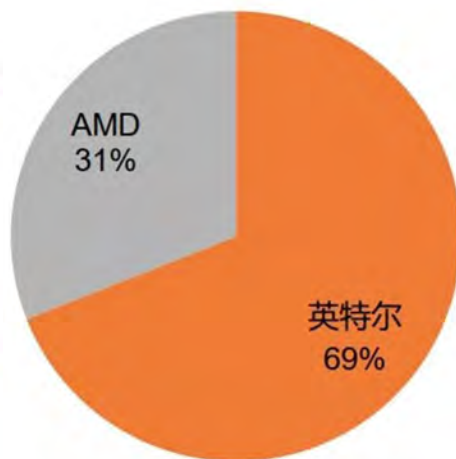
■ 处理器的主要市场份额

手机处理器市场



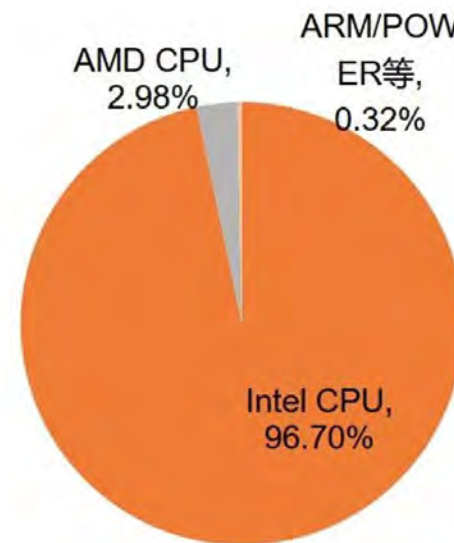
2019年第2季和2020年第2季

桌面处理器市场



2019年10月全球 X86

服务器处理器市场

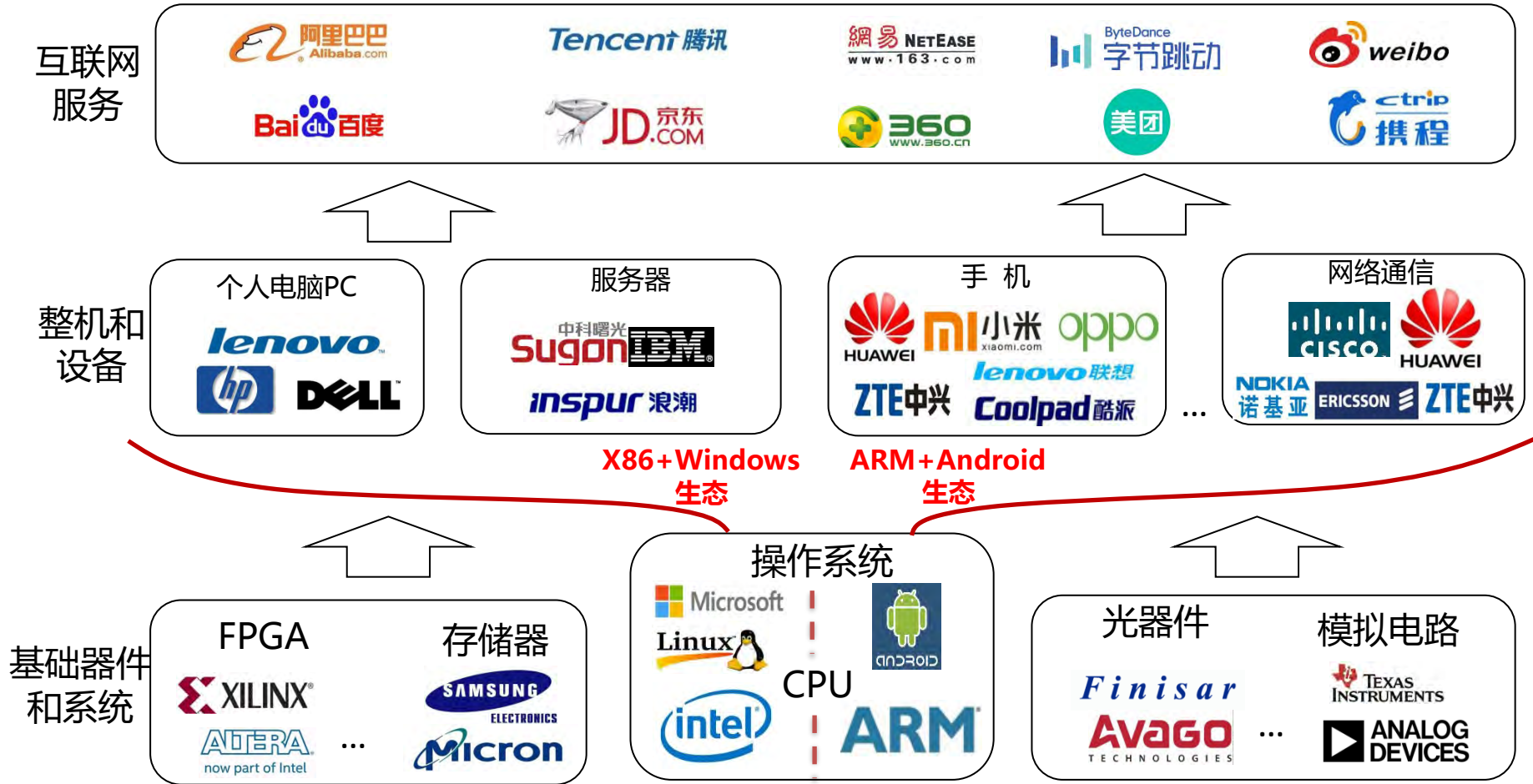


2018年全球服务器

处理器芯片技术体系的难点和卡脖子点

- 软件生态庞大复杂，是芯片市场化的难点
- 芯片是物理实体，具有很强的先进制造业属性，制造的产业链长，一环被卡，整体就会被卡，是芯片目前的卡脖子点
 - 集成电路涉及130多种装备，5大类500多道工艺，7大类530种材料

我们一直在别人生态中



处理器发展形成了技术体系

- 存在两个成熟技术体系：**Intel+Windows, ARM+Android+TSMC**



Intel+Windows



TSMC, 中芯国际

ARM+Android+TSMC

技术体系出现国家主义

- **过去：**在信息领域，商业分工和开源两条路线促进了技术交流，形成了**美国主导技术，中国市场大，共同建设**
- **最近，**技术体系出现了国家主义



- **法国前总理德维尔潘：**中美之争非贸易之争，而是科技领导之争，One World, Two Systems

最近的两件大事：华为芯片的断供

- **禁止令：**美国商务部BIS于2020年8月17日推出的关于华为的修订版禁令——在新的实体清单中又增加了38家华为子公司，同时限制华为取得使用美国软件、技术与设备生产的芯片。该禁令于9月15日生效。
- **执行情况：**英特尔、韩国三星、台积电、联发科，中芯国际等厂商均向美国商务部提交了对华为继续供货的许可证申请。**英特尔和AMD已获得向华为供货许可。**
- **目前显露出的意图：**生意继续做，但遏制高端芯片技术

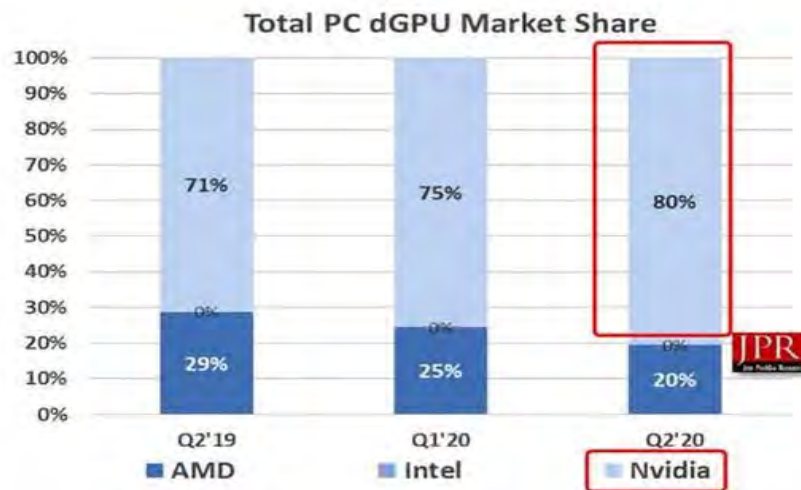
最近的两件大事：英伟达收购ARM

NVIDIA to Acquire Arm for **\$40 Billion** Creating World's Premier Computing Company for the Age of AI

Sunday, September 13, 2020



英伟达：GPU领域的领头羊



2020年第2季，数据中心首次超越游戏业务收入，成为第一大业务

最近的两件大事：英伟达收购ARM

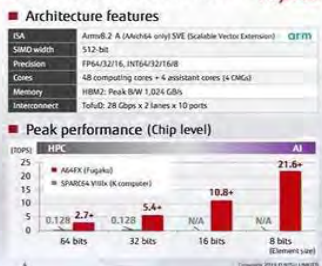
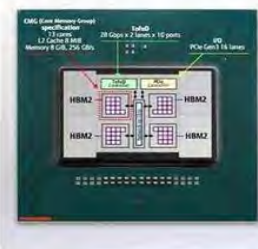
ARM在云市场、服务器市场的拓展

TOP 10 Sites for June 2020

For more information about the sites and systems in the list, click on the links or view the complete list.

Rank	System	Cores	Rmax (TFlop/s)	Rpeak (TFlop/s)	Power (kW)
1	Supercomputer Fugaku Supercomputer Fugaku, A64FX ARC 2.28Hz, fully interconnected O, Fujitsu RIKEN Center for Computational Science Japan	7,299,072	415,530.0	513,854.7	28,335
2	Summit - IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.07GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR InfraStruct, IBM ORNL/SD-700k 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 InfraStruct, IBM / NVIDIA / Mellanox DOE/PNSA/LLNL United States	1,572,480	94,440.0	125,712.0	7,438

1. High-Performance Arm CPU A64FX in HPC and AI Areas FUJITSU



2020年6月，搭载ARM架构CPU的日本超级计算机Fugaku夺得全球超算冠军

ARM在桌面市场的拓展



苹果将在2020年推出基于ARM的桌面电脑

■ 显露出的意图：从云到端（云、个人电脑、智能手机、IoT）

美国可能全面掌握处理器的控制权

- 英伟达收购ARM，发展RISC-V指令集，可以看作是美国重新振兴处理器产业，全面掌控处理器话语权的两个举措

四大市场

现在

其他国家在手机、IoT还有机会

未来：美国全面掌握控制权

服务器市场

CPU: Intel/AMD公司
GPU: 英伟达公司

Intel/AMD公司 (美)
英伟达公司 (美)

X86指令集处理器
GPU

桌面市场

Intel/AMD公司

Intel/AMD公司 (美)

X86指令集处理器

手机市场

ARM公司(英/日)

ARM公司(美/英,
英伟达收购后)

ARM指令集处理器

IoT市场

ARM/MIPS/中天微等,
碎片化严重, 大家都
有机会

RISC-V基金会
(注册在瑞士, 目前由
美国公司和大学成员
主导)

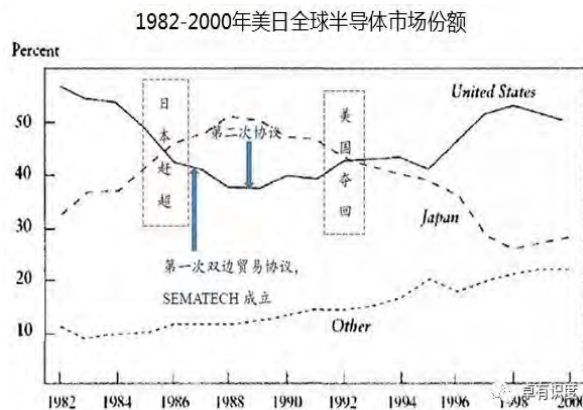
RISC-V指令集处
理器

观点1：集成电路核心技术没有捷径和弯道可走，需要“长期主义”，长远布局，长期坚持

- 对照美国、韩国的半导体发展经验，国产的产业政策，及长期的支持，是半导体行业振兴的必选之路



据美国商务部数据统计，1958-1964年间，平均每年研发经费来自政府的比例约85%（除1956年）



时间	名称	内容
1975	推动半导体产业发展的六年计划	
1982	半导体扶持计划	提出实现国内民用消费电子产品需求和生产设备的进口替代，实现完整的国内自主的半导体产业发展目标
20世纪80年代	半导体产业振兴计划	半导体产业的技术开发作为科技超特定研究开发事业的一部分，得到政府的积极支持
1982-1987	半导体工业振兴计划	政府投入3.46亿美元的贷款，建立了20亿美元的私人股本
1988-1993	加大规模集成电路技术共同开发技术	以政府为主，民间为辅，投资开发从1.8到64K的28nm核心基础技术
1999	21世纪电子发展计划	1. 确立电子工业自力更生的方针，规定不再增加从国外购买电子设备和工程合同；2. 在现有基础上，韩国电子企业协会、共同事业；3. 将设备分为三类并采取不同战略：1. 国内基础薄弱的设备，与外国合资、并购等；2. 国内的核心国产设备；3. 对高端设备，组织公司和大学以及研究所联合开发；4. 对先进国家正在开发的下一代设备，利用国内专家在政府主导的实验室中开发研究，鼓励企业加盟，政府投入414亿美元
1994	半导体芯片保护法	确保韩国半导体芯片受到专利的保护
1994	电子产业发展战略	选定七项核心技术作为重点开发对象，1999年之前总投资20544亿韩元，其中政府投资9111亿韩元
1997年等	新一代半导体基础技术开发项目	成功开发出了256K DRAM的基础技术和1024K的先进基础技术
1999-2005	半导体设计人才培养项目	
1998-2011	系统级半导体基础技术开发项目	

- 我国的01和02重大专项，支持了很多芯片和装备、材料公司，最近上市的芯片类企业，很多受到过支持。已取得显著效果。
- **不能悲观论**，虽10年不见得完全解决卡脖子问题，但现在是战略相持阶段，不能摇摆

集成电路产业发展，不会是星球大战计划

- **星球大战计划：**“星球大战”计划是美国总统里根针对前苏联提出的争霸计划，企图以高科技竞争拖垮苏联经济。但实际上两国并未真正展开空间争霸战争，只是在太空领域的技术竞争，如美国主要发展航天飞机、苏联主要发展空间站。到了1985年戈尔巴乔夫上台后，放弃同美国争霸
- **星球大战瞄准的是近期非必需、不确定的目标**
- **集成电路产业瞄准的是必需、确定的目标，集成电路是工业的粮食**
- **目标性质不同，结果不同。**

完全断供，要付出极大代价

- 2020年3月份，美国波士顿咨询集团发布的《限制对华贸易会如何结束美国在全球半导体行业的领导地位》：
 - 未来3-5年，继续对中国实体名单上施加限制，美国半导体将失去8%份额和16%收入
 - 完全禁售，导致技术与中国脱钩，那么美国公司可能会在同一时期失去18%的全球份额和37%的收入，美国半导体行业直接损失15000至40000个高技能的工作岗位。

EXHIBIT 1 | US-China Frictions Could Overturn US Leadership in Semiconductors

	2018 Baseline	Made in China 2025 Plan alone	Restrictions on Chinese access to US technology	
			Scenario 1: Perpetuation of status quo	Scenario 2: Technology decoupling
Impact on US revenue from Chinese customers ¹	-	-15 to -40% <i>Replacement by Chinese suppliers where available</i>	-55% <i>Proactive supplier diversification by Chinese OEMs</i>	-100% <i>Completely shut out of the Chinese market</i>
• Time frame	-	Gradual over 5 years	Most of impact in 2-3 years	Immediately after ban
Global US market share	48%	43-46%	40%	30%
• Impact vs. 2018 Baseline	-	-2 to -5 points	-8 points	-18 points
Global US revenue (\$ billions)	226	205-220	190	143
• Impact vs. 2018 Baseline	-	-3% to -9%	-16%	-37%
US R&D investment ² (\$ billions)	40	36-39	30-35	16-28
• Impact vs. 2018 Baseline	-	-2% to -10%	-13% to -25%	-30% to -60%
Global market leader	 United States	 United States	 United States	 South Korea (near term)  China (long term)

Source: BCG analysis using market data from Gartner and company reports

¹ Defined as purchases from Chinese device makers. It does not include products shipped to China for devices made by non-Chinese companies

² Sum of the reported R&D spend of the top 20 US semiconductor companies by revenue, representing 90%+ of the total US semiconductor industry sales

观点2：从技术体系和系统角度推动芯片研发¹⁵

- 从**美国的A体系(ARM+Android+TSMC)**为主导的技术体系，发展自己的体系，计算所孙凝晖所长称之为“**C体系**”，形成新的“**处理器+操作系统+工艺线**”技术体系

美国的公路网



中国的高速铁路



- **核心科学问题**：如何用低世代工艺（28纳米）做出高世代工艺（7nm）相近似的用户体验？
- **这是一个美国不存在，我们被逼出来的基础性问题**（最近美国好像也出现这个问题，Intel用14纳米和AMD的7nm PK）
- **从系统角度看芯片的问题**，涉及到计算机/手机整机系统、应用软件、操作系统、处理器芯片、集成电路设计、EDA、半导体工艺、材料等不同学科

可能的方向选择：

从系统角度
-专用化



成功案例

寒武纪神经网络芯片成功
比CPU快2个数量级

以专见长，
破解性能瓶颈

横向扩展
(scale-out)



中国超算的成功

以多制胜，
破解性能瓶颈

开源



Android
Linux
成功

低价/免费红利，
破解生态构建难题

观点3：利用开放开源和市场优势，建立芯片生态

18

- 市场是中国的优势，市场是集成电路技术演化的最大牵引
- 开源/开放是破解生态构建的重要方法，Android在这方面是成功的例子
- 参与别人主导的生态，一定要注意“Android陷阱”：技术是没有国界的，但掌握技术的人和实体是有国界的，专利是有国界的，芯片是有国界的
 - 经验：如果某个生态由单个企业主导，则存在风险

观点4：积极参与国际组织和国际会议，实行技术反封锁

19

- 积极参与IEEE、ACM、Linux基金会等国际性组织，积极参与国际标准化组织，牵头制定标准
- 充分发挥视频会议作用，参与和组织国际会议，打破签证等物理地域上的限制

观点5：鼓励芯片创新创业

探索芯片领域的“创新-创业”模式

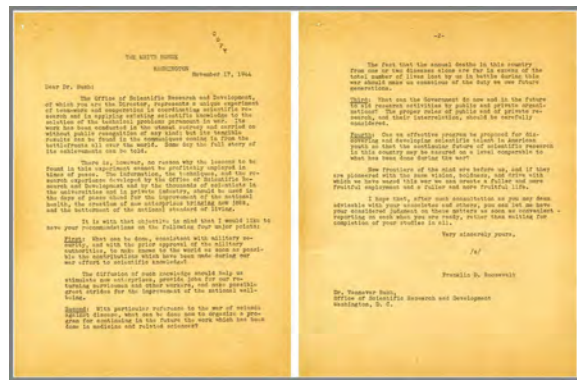
■清华现象：

出身清华大学的半导体产业人才江湖（部分）

姓名	入学（级） 毕业（届）	公司	职务	现任/ 曾任
江上舟	1965级	中芯国际	董事长	曾任
	1978级	中国半导体行业协会	理事长	曾任
张文义	1965级	中芯国际	董事长	曾任
		上海华虹集团	董事长	曾任
		彩虹电子集团	董事长、总经理	曾任
赵海军	1983级	中芯国际	联合CEO	现任
		新加坡TECH半导体		曾任
张鹏飞	1983级	上海博通集成电路	创始人	现任
许清明	1985级	美国Resonant Communications	联合创始人	曾任
朱一明	1989级	兆易创新	董事兼副总经理	现任
谢青	1981级	兆易创新	创始人、董事长、CEO兼总经理	现任
		FortiNet（飞塔）	总裁兼CEO	现任
张智安	1982级	NetScreen	联合创始人	前任
		科天	副总兼中国总裁	现任
赵伟国	1985级	秀灵思	晶圆制程工程师	曾任
		紫光集团	董事长兼总裁	现任
曹学忠	1992级	北京健坤投资集团	董事长	现任
		紫光展锐	CEO	现任
何新平	1980级	格科微	创始人兼CEO	现任
		晶相光	创始人、董事长兼总经理	现任
陈旭	1980级	豪威科技	COO	曾任
		鼎芯半导体	董事长兼CEO	现任
		翱科风险投资公司	高级副总裁	曾任
		美国IBM微电子总部	顾问工程师	曾任
		美国菲尔查尔德研究中心	高级工程师	曾任

陈大同	1977级	华山资本	联合创始人兼董事长	现任
		北极光创投	合伙人	曾任
		展讯通信	联合创始人	曾任
余军	1979级	豪威科技	联合创始人	曾任
		华山资本	合伙人兼总经理	现任
		Viaquo	联合创始人	曾任
武平	1979级	美国Advanced Communication Devices (ACD)	联合创始人	曾任
		武岳峰资本	创始人	现任
		展讯通信	联合创始人、董事长兼CEO	曾任
罗茁	1980级	清控银杏	创始合伙人兼董事长	现任
		兆易创新	副董事长	曾任
		清控银杏	创始合伙人兼董事长	现任
曹霖	1993级	清控银杏	联合创始人	现任
		清控银杏	联合创始人	现任
		清控银杏	联合创始人	现任
吕大龙	1983级	清控银杏	联合创始人	现任
		清控银杏	联合创始人	现任
		清控银杏	联合创始人	现任
邓锋	1981级	清控银杏	创始人、董事总经理	现任
		NetScreen	联合创始人兼工程副总裁	曾任
李立新	1980级	清控银杏	联合创始人	现任
		清控银杏	联合创始人	现任
夏淳	1980级	清控银杏	联合创始人	现任
		清控银杏	联合创始人	现任
张锡盛	1988级	清芯华创资本	合伙人兼董事	现任
		Accelicon Technologies	总经理	曾任
张予彤	2000级	Celestry	研发副总裁	曾任
		金沙江创投	合伙人	现任
辛旺	2003级	高榕资本	副总裁	现任

■ 一流基础研究
■ 一流科技人才



● 布什《科学·无限前沿》描述的“基础研究-应用研究”线性模型

观点5：鼓励芯片创新创业

探索芯片领域的“创新-创业”模式

■ 计算所现象：

公司	处理器芯片	创始人
曙光-海光公司	海光通用处理器	历军、唐志敏
寒武纪	寒武纪智能处理器	陈天石
龙芯	龙芯通用处理器	胡伟武
君正	嵌入式处理器	刘强
晶上	5G处理器	石晶林
...		

■ 基础研究和应用研究是一个相互关联的整体，循环递进

- 巴斯德像限模型和2016年哈佛大学那拉亚那穆教授提出的“发明-发现”循环模式（《发明与发现：反思没有止境的边疆》）

卡脖子一代

我们应把自己的科研和国家的需要
结合在一起

把解决卡脖子问题作为使命，勇于
承担