集成电路产业发展的主要驱动力在哪儿？

魏少军 教授
清华大学微纳电子学系
2018年3月15日

报告内容

一．全球集成电路产业2017年高速成长

二．2017年高速成长背后的原因探究

三．AI 能够成为集成电路产业发展的主要推动力吗？

四．总结

 © 2018 All Rights Reserved

报告内容

一．全球集成电路产业2017年高速成长

二．2017年高速成长背后的原因探究

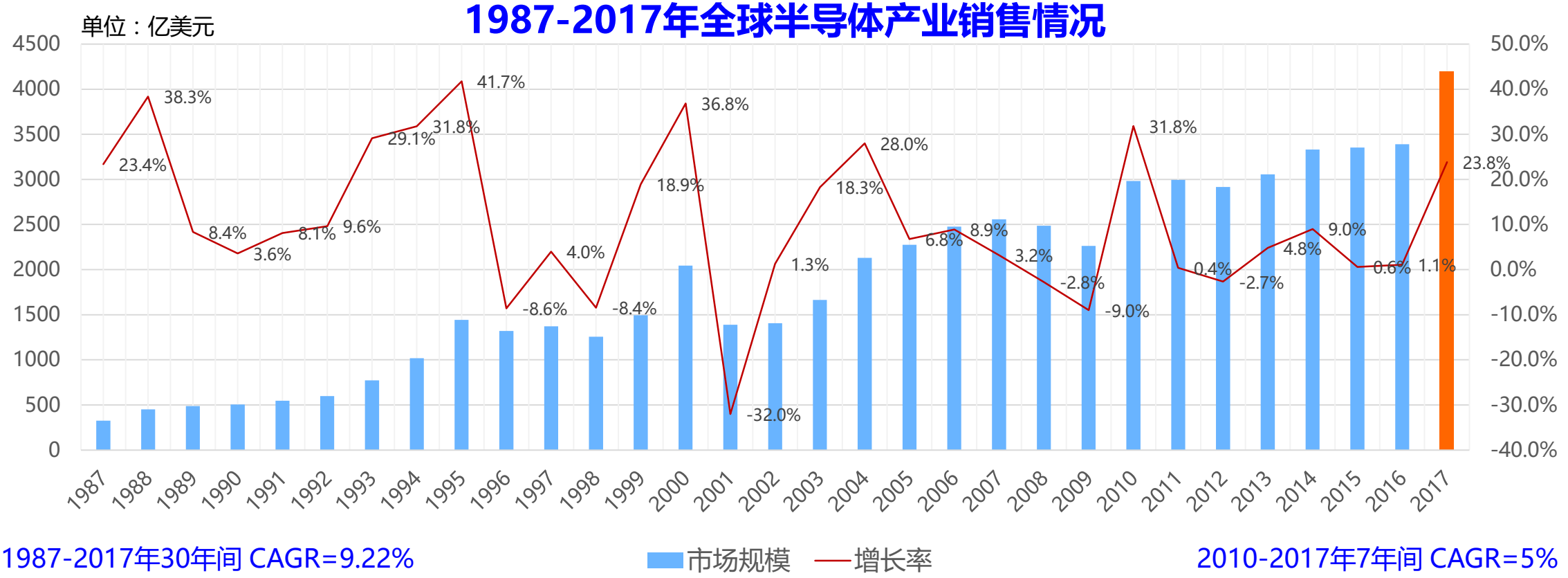
三．AI 能够成为集成电路产业发展的主要推动力吗？

四．总结

 © 2018 All Rights Reserved

2017年全球集成电路产业大幅增长

2017年，全球半导体产业出现高速成长，全年销售达到4197亿美元，比上年的3389亿美元大幅跳升23.8%，是2011年以来增长最快的一年。与上一次出现大幅增长的2010年的情况不同，本轮的大幅度增长是在市场及应用没有明显变化的情况下出现的，且以存储器价格的快速、大幅上升为主要标志。



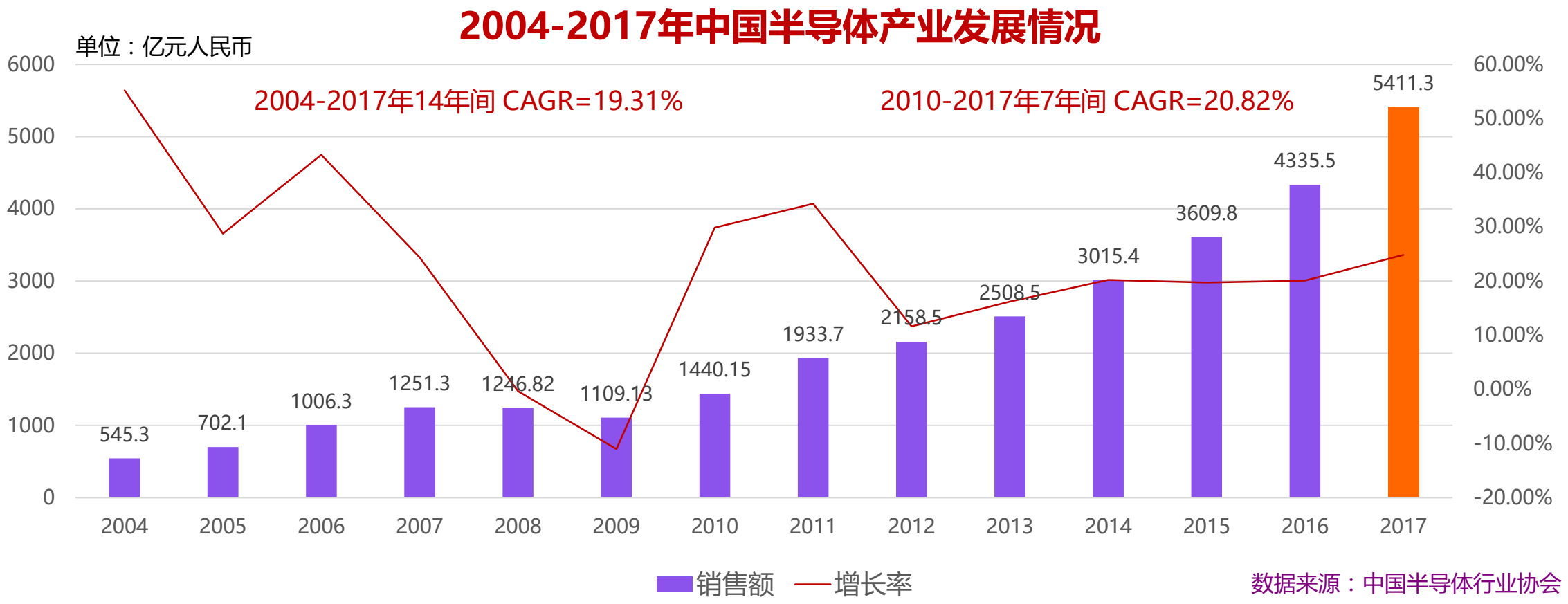
1987-2017年30年间 CAGR=9.22%

2010-2017年7年间 CAGR=5%

 © 2018 All Rights Reserved

2017年中国集成电路产业继续保持快速增长

2017年，中国集成电路产业继续维持高速成长，全年销售达到5411.3亿元人民币，比上年的4335.5亿元增长了24.8%。这一增长速度不仅是2012年以来最快的，也是摆脱近年来增长率一直在20%左右徘徊的第一次跳高增长。



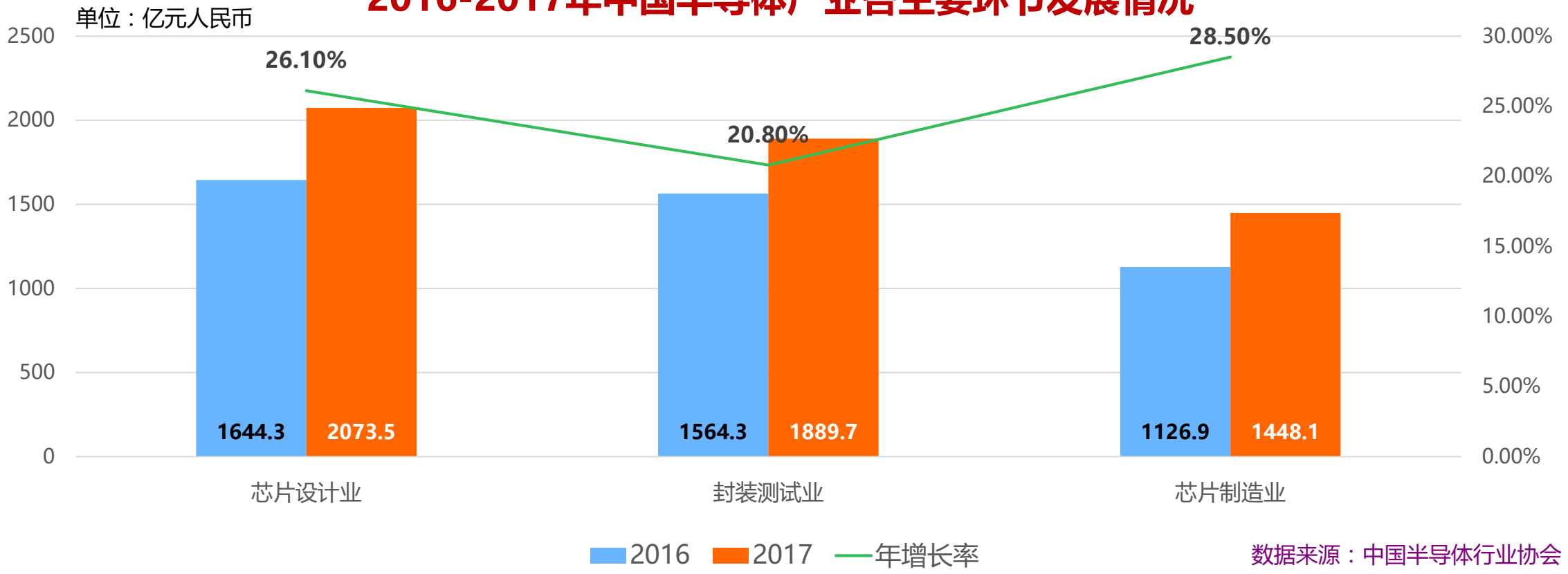
数据来源：中国半导体行业协会

 © 2018 All Rights Reserved

2017年中国集成电路产业制造、设计、封测各业情况

2017年，中国集成电路产业各主要环节均维持高速增长，设计、制造和封测的增长率均超过20%，是近年来的第一次。其中，芯片制造业增速最高，达到28.5%；设计业位列第二达到26.1%，销售额第一次超过2000亿元；增长率长期停留在20%以下的封测业也录得了近年来的最好成绩，增速达到20.8%。

2016-2017年中国半导体产业各主要环节发展情况

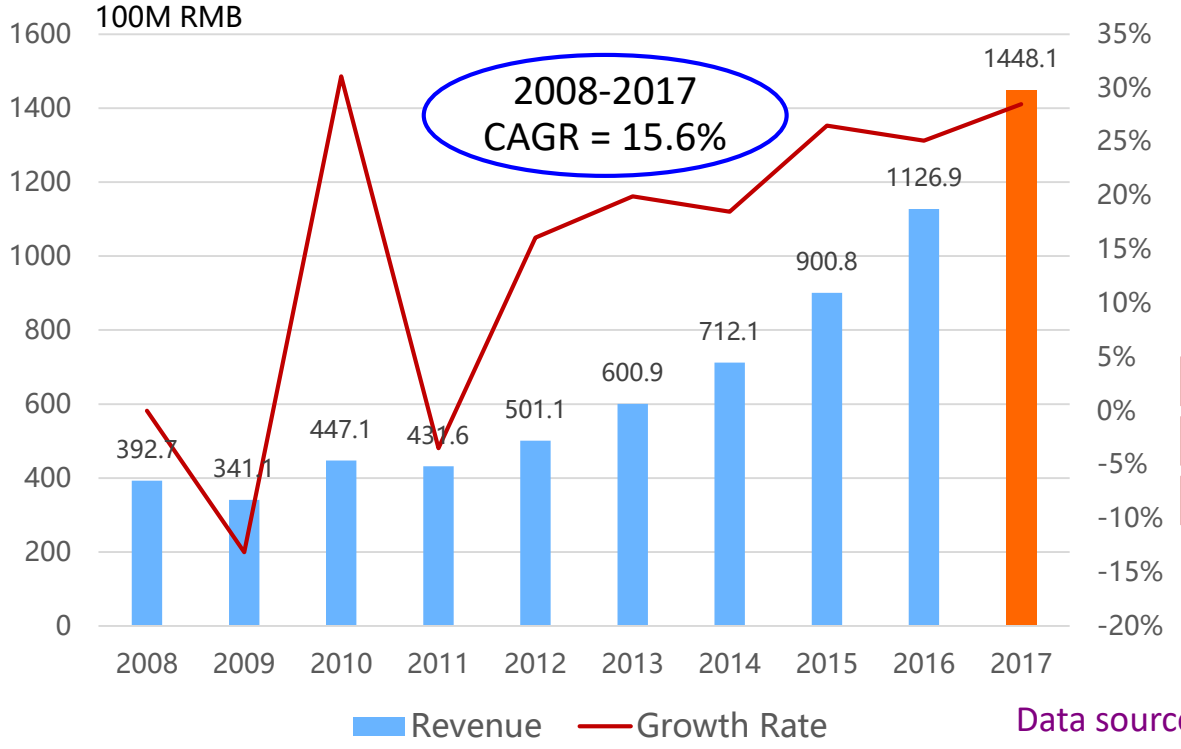


数据来源：中国半导体行业协会

2017 年中国集成电路制造产业增长情况

2017年，中国芯片制造业延续了2016年的快速增长势头，全年销售达到1448.1亿元人民币，比上年增长28.5%，为近年来的最高值。值得指出的是，由于这一统计值中包含了在华外商独资企业的经营数据，所以制造业的快速增长包含有这些企业的贡献。目前，详细统计数据还未释出，所以还无法准确统计去除在华外商独资企业的贡献后，本地产业的实际增长。

2008-2017 芯片制造业增长情况



Data source: CSIA 2018

主要芯片制造厂聚集地

Note: Foreign companies are not listed.

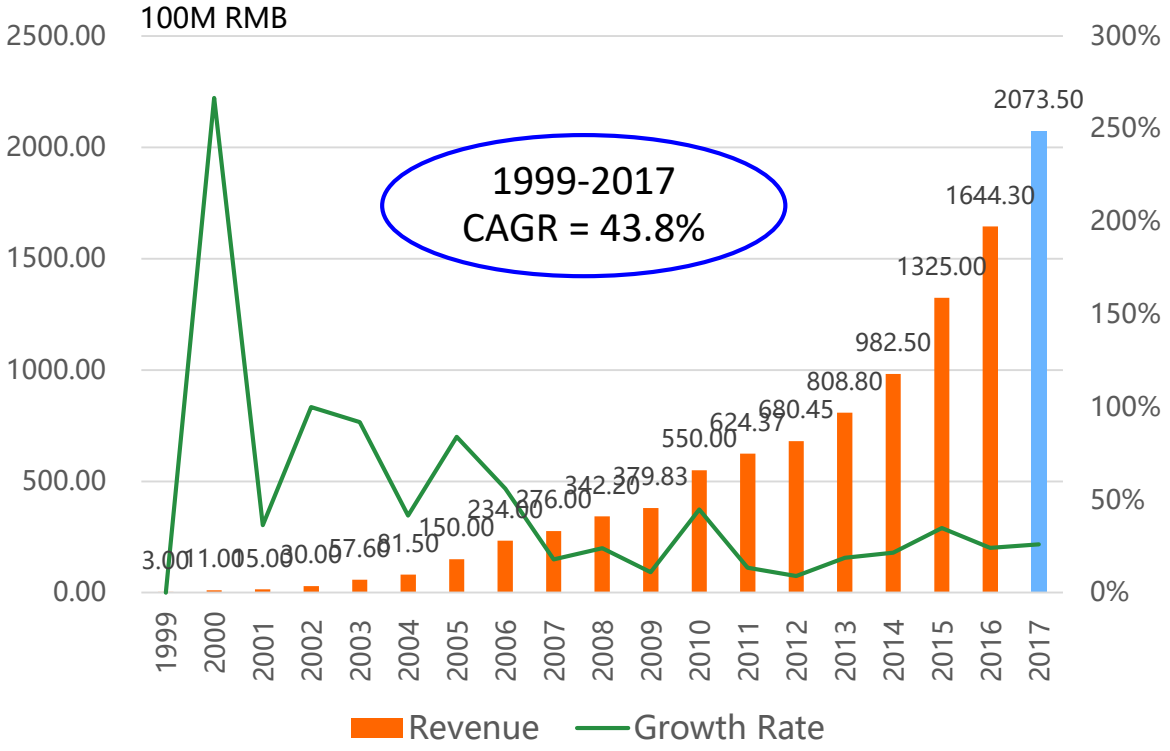
Beijing, SMIC
Jilin, Huawei
Tianjin, SMIC
Tianjin, Zhonghuan
Wuxi, China Resource
Shanghai, SMIC
Shanghai, HHGrace
Shanghai, Huali
Shanghai, ASMC
Hangzhou, Silan
Xiamen, United Chip
Xian, IME
Wuhan, XMC
Chongqing, CAMicro.

 © 2018 All Rights Reserved

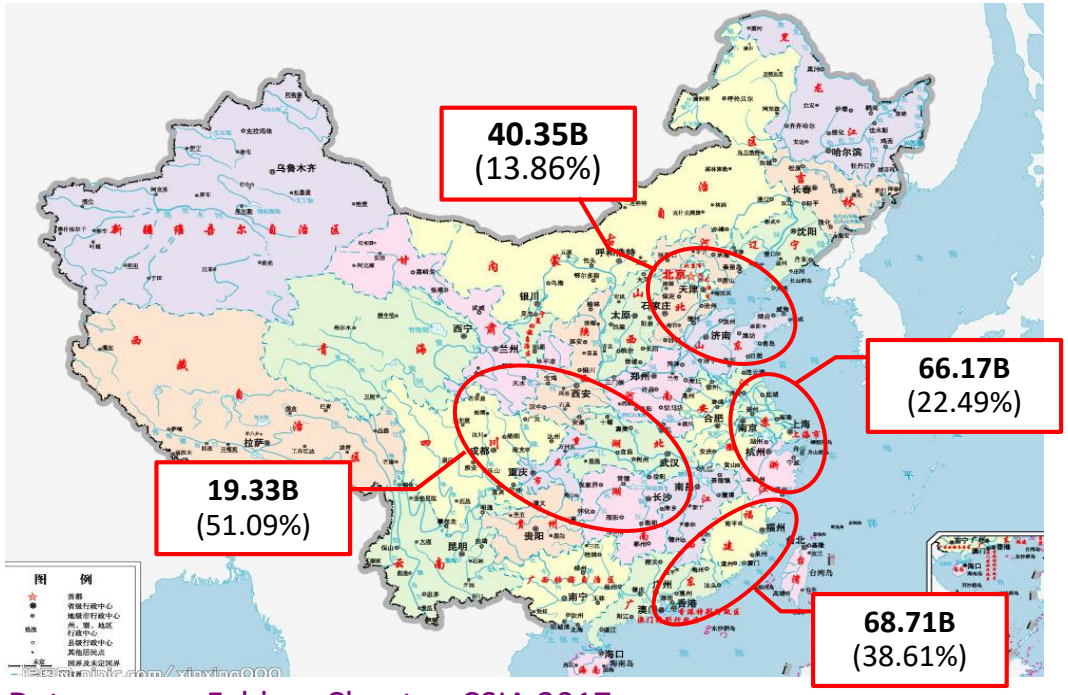
2017年中国集成电路设计产业增长情况

2017年，中国芯片设计业继续保持高速增长，全年销售达到2073.5亿元人民币，第一次超过2000亿元大关。与前面芯片制造业的统计范围不同，设计业的统计数据中近乎百分之一百为本地企业。设计业的销售规模继续保持三业中的最大地位。鉴于设计业的最终产出为产品，具备与全球产业销售统计进行比较的条件，所以更受到关注。

1999-2017 芯片设计业增长情况



芯片设计产业聚集地



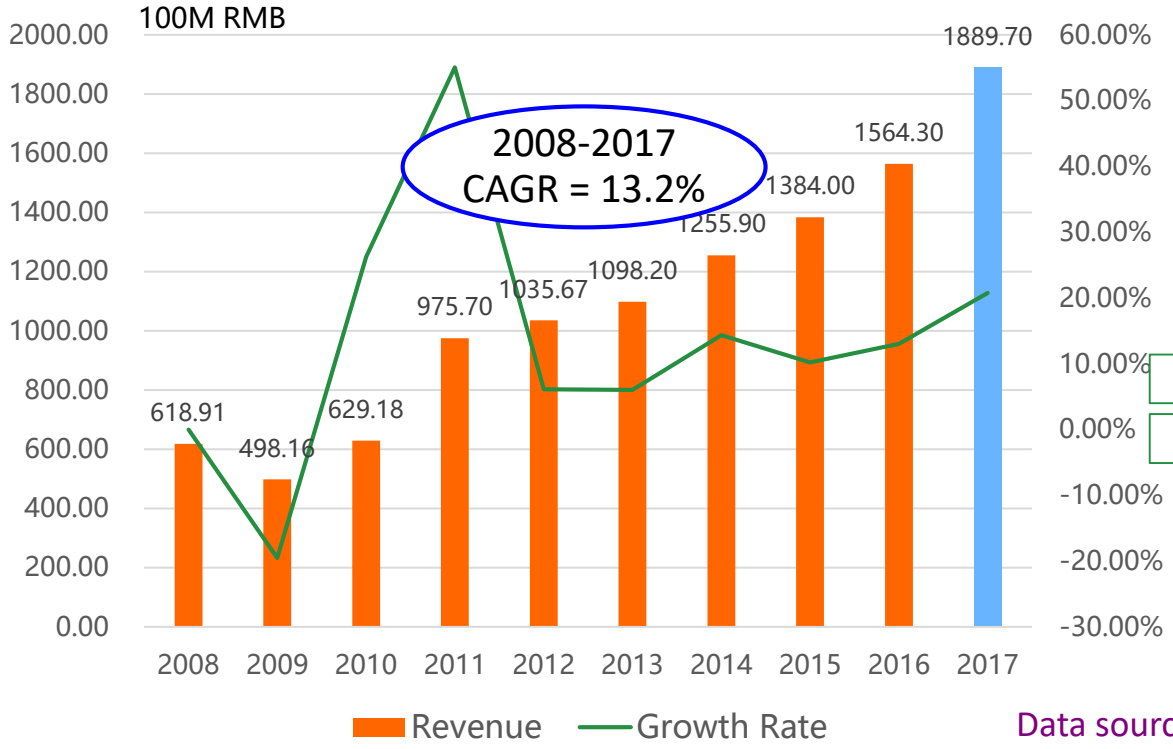
Data source: Fabless Chapter, CSIA 2017

 © 2018 All Rights Reserved

2017年中国集成电路封装和测试产业增长情况

2017年，芯片封测业在维持了多年比较平缓的增长之后，首次录得超过20%的年增长率，达到20.8%，对应的销售额也达到1889.7亿元人民币。与芯片制造业相类似，这一轮快速增长中，外商在华独资企业的贡献同样功不可没。不过，可以预期的是，外商在华企业的贡献在封测领域要比在芯片制造领域所占的比例低一些。尤其是通过前两年的并购和扩产，本地企业的贡献率在提升。

2008-2017 芯片封测业增长情况



Data source: CSIA 2018

芯片封测产业聚集地

Note: Foreign companies are not listed.

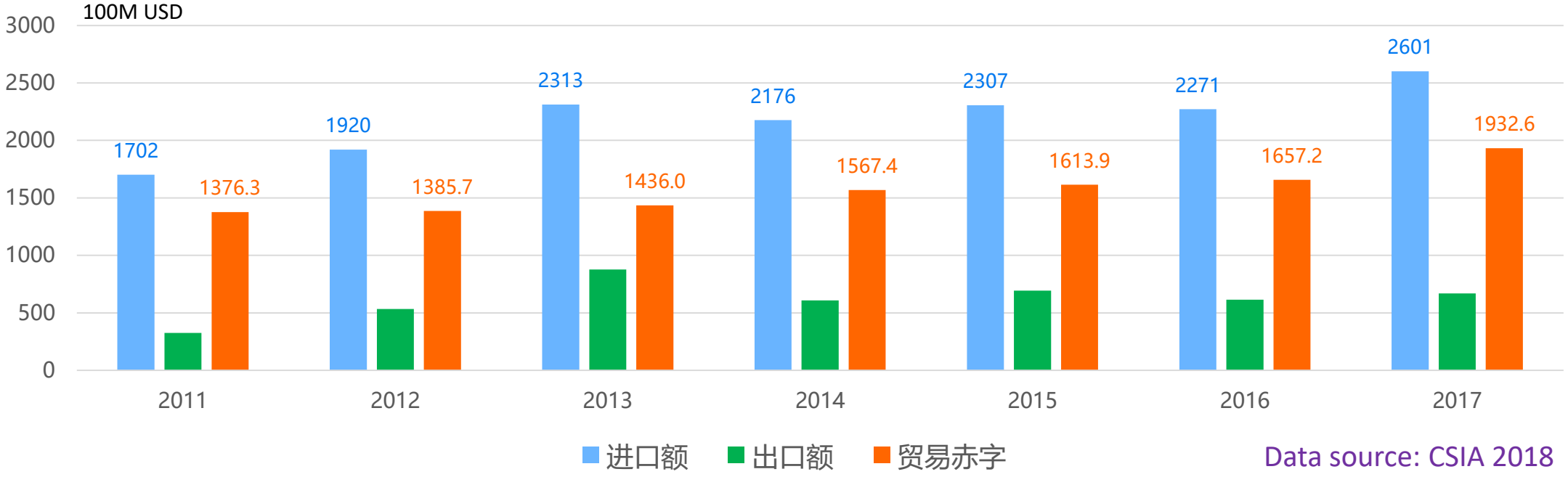
Shijiazhuang, CETC
Wuxi, CRM
Wuxi, Haitai
Jiangyin, Changdian
Nantong, Tongfu
Kunshan, Huatian
Shanghai, Changdian
Snezhen, Anbber
Shenzhen, Shennan
Tianshui, Huatian
Xian, Huatian

 © 2018 All Rights Reserved

2017年中国集成电路进出口情况

从2013年起，中国进口集成电路的价值就超过2000亿美元，这一现象在2017年再次出现，且创下历史新高，达到2601亿美元，一举突破2500亿美元关口，远远超过当年进口原油的价值1623.3亿美元。固然，这里有部分集成电路产品大幅涨价的因素，但是进口芯片价值超过2000亿美元，大概不会有人怀疑。由此产生的贸易逆差也创下历史新高，达到1932.6亿美元，也接近了2000亿美元。

2011-2017 中国芯片进出口价值及贸易逆差



Data source: CSIA 2018

 © 2018 All Rights Reserved

报告内容

一．全球集成电路产业2017年高速成长

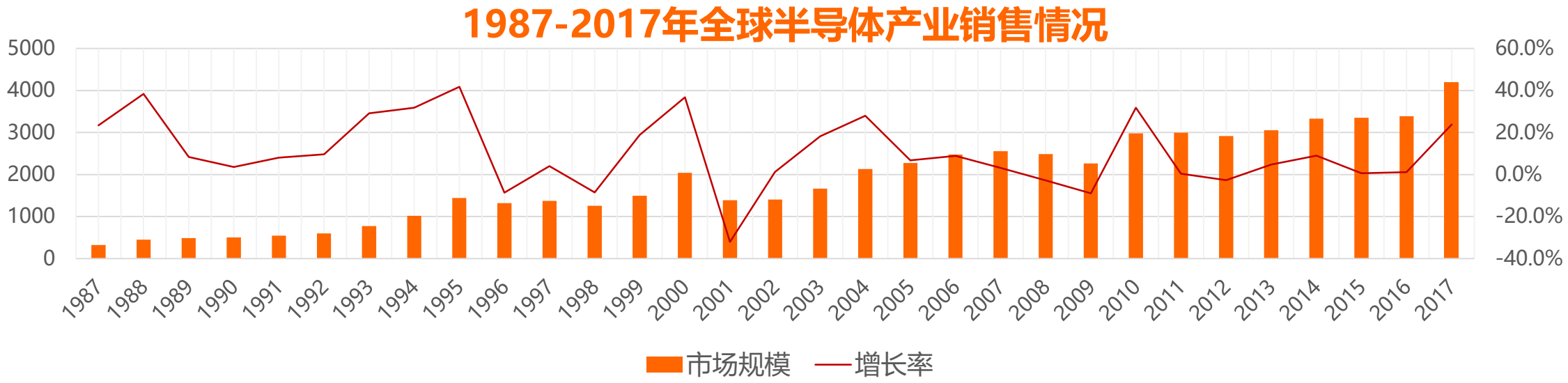
二．2017年高速成长背后的原因探究

三．AI 能够成为集成电路产业发展的主要推动力吗？

四．总结

 © 2018 All Rights Reserved

数字背后隐藏的故事(1)



2017年
全球集成电路增长
（含存储器）

22.2%

2017年
全球存储器增长

64%

2017年
全球集成电路增长
（不含存储器）

9.64%

 © 2018 All Rights Reserved

数字背后隐藏的故事(2)

中国集成电路全球占比
(含存储器)

7.78%

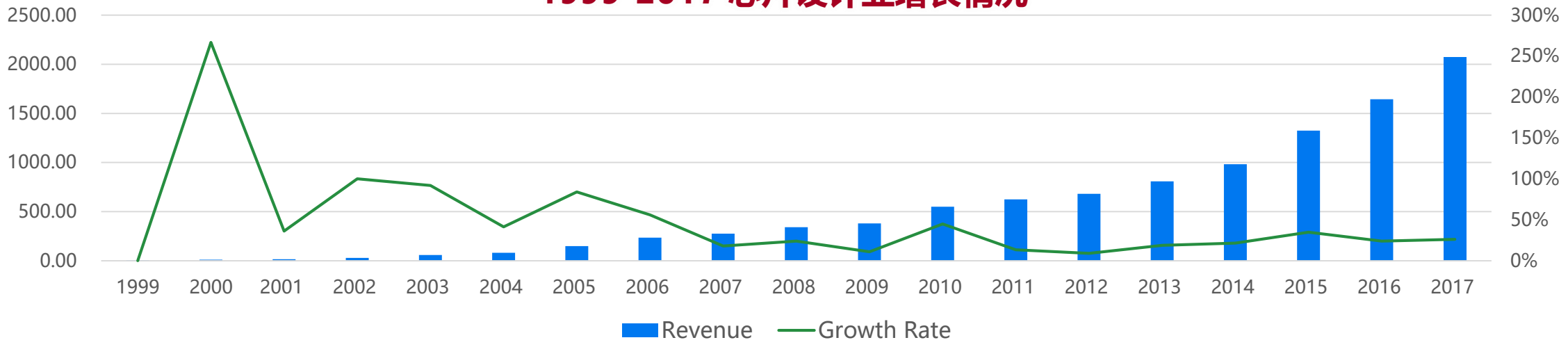
中国存储器全球占比

0%

中国集成电路全球占比
(不含存储器)

11.28%

1999-2017 芯片设计业增长情况



 © 2018 All Rights Reserved

存储器大幅增长的原因：需求旺盛、产能不足、价格垄断？

报告内容

一．全球集成电路产业2017年高速成长

二．2017年高速成长背后的原因探究

三．AI 能够成为集成电路产业发展的主要推动力吗？

四．总结

 © 2018 All Rights Reserved

AI 强势崛起

人工智能（AI）

制造智能机器的科学与工程

机器学习（ML）

实现人工智能的一个主要途径

深度学习（DL）

机器学习的一个分支

1950s 1960s 1970s 1980s 1990s 2000s 2010s

李世石 **1：2** AlphaGo
“我再也不想跟 AlphaGo 下棋了”

柯洁 **0：3** AlphaGo
“我痛哭流涕 .....”

人工智能

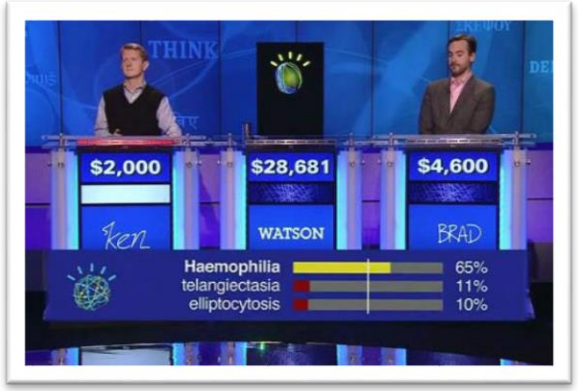
- 机器展示智能
- 模仿认知功能，如感知、推理、学习以及问题解决

机器学习

- 实现人工智能的主要途径
- 学习并开展数据驱动的经验预测

深度学习

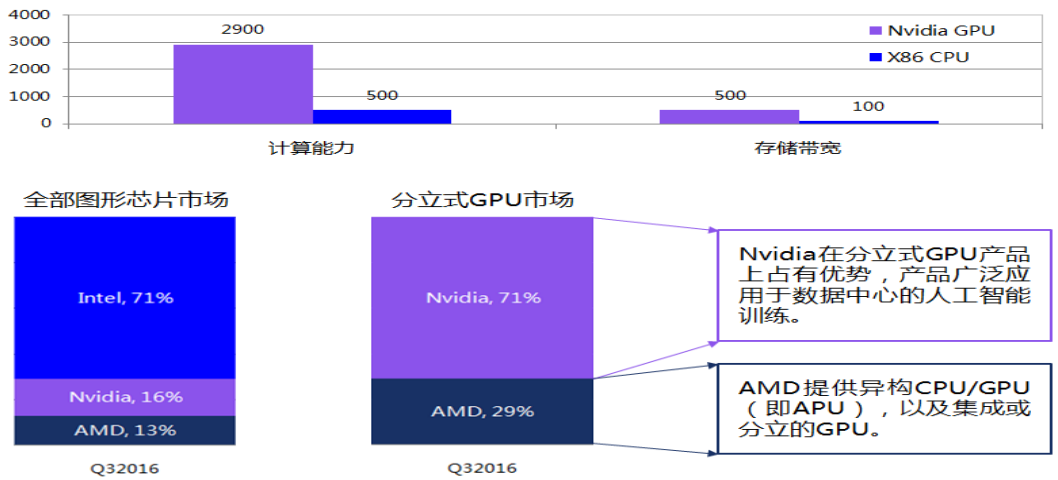
- 机器学习的分支
- 模仿人脑，通过人工神经网络获得的高阶抽象数据模型



2011年，IBM公司的Watson计算机参加综艺节目危险边缘（Jeopardy），前两轮与对手打平，而在最后一轮中，Watson打败了最高奖金得主布拉德·鲁特尔和连胜纪录保持者肯·詹宁斯。

 © 2018 All Rights Reserved

芯片是实现 AI 的当然载体



Nvidia在分立式GPU产品上占有优势，产品广泛应用于数据中心的人工智能训练。

AMD提供异构CPU/GPU（即APU），以及集成或分立的GPU。

数据来源：Mckinsey & Company, 2017

硬件	使用情况描述	用户	提供商
FPGA	**Microsoft Catapult** 针对Bing文档排序服务，满足对更高性能、更低延迟的需求，同时保持高度统一的服务器配置。 • 与纯CPU/SW相比性能提升5-10x • 功耗下降到GPU环境的20%	Microsoft	intel
TPU	**Google TPU** 适用于不需要极高精度的机器学习相关计算。 • 与GPU相比，旨在以较低的精度来提高性能 • 功耗下降到GPU环境的10%	G	G

数据来源：Mckinsey & Company 2017

CPU+SW

CPU+GPU

CPU+FPGA

CPU+ASIC

硬件	厂商/产品	描述	应用
Neuromorphic architecture	NeuRAM3 Project NeuRAM3	• 多核处理器 • 每核心256个神经元 • 超低功耗：NA • 节点：28nm FDSOI	• 先进的机器学习 • 基于刺激的学习机制
In-memory computing platform	Micron Processor Automata	• MISD并行架构 • DRAM工艺技术 • DDR3接口 • 低功耗：~4W	• 网络流量分析与检查 • 生物信息学（如人类基因组图谱）

数据来源：Mckinsey & Company 2017

TPU

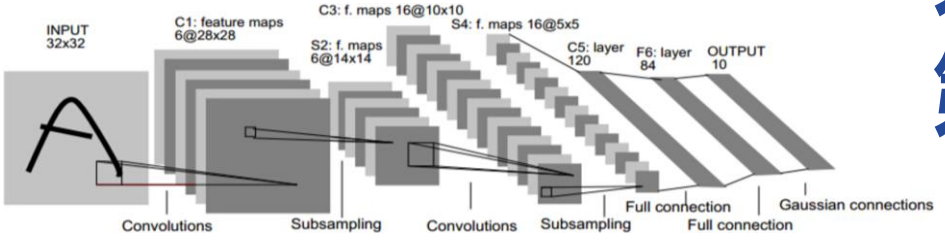
NeuRAM³

In Memory Platform

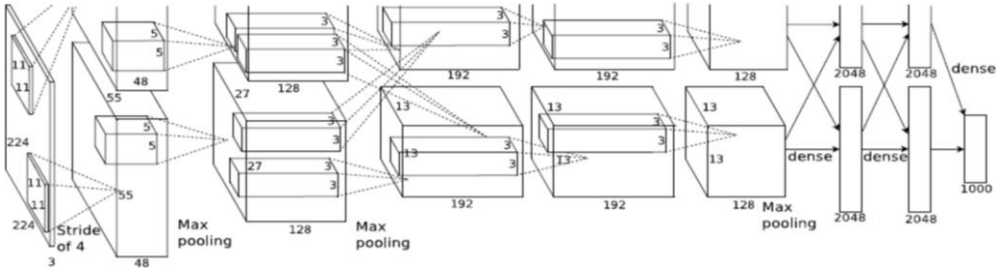
 © 2018 All Rights Reserved

AI 芯片面临的两个现实问题

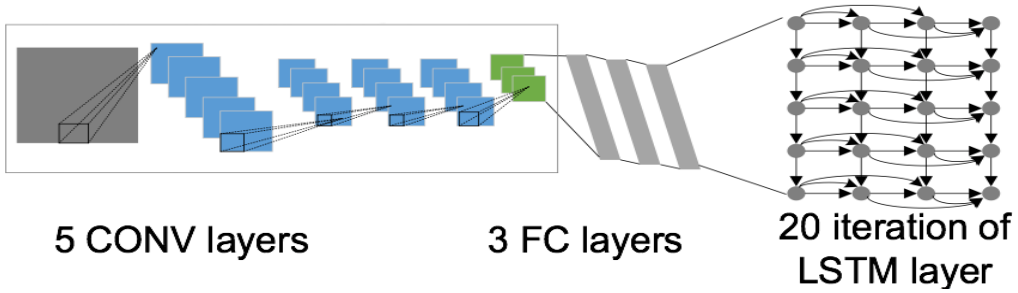
LeNet for handwriting recognition



AlexNet for image classification

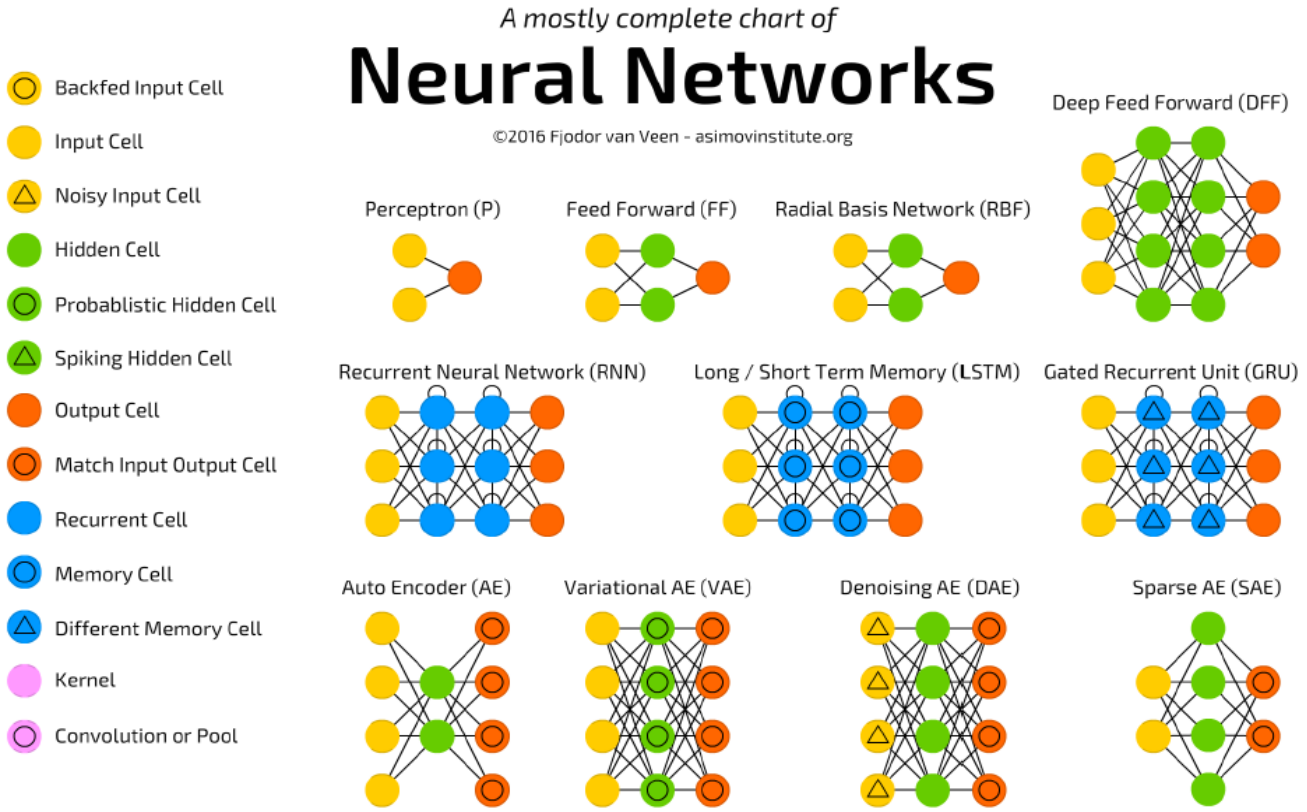


LRCN for video understanding



第一：算法仍在不断演进，新算法层出不穷

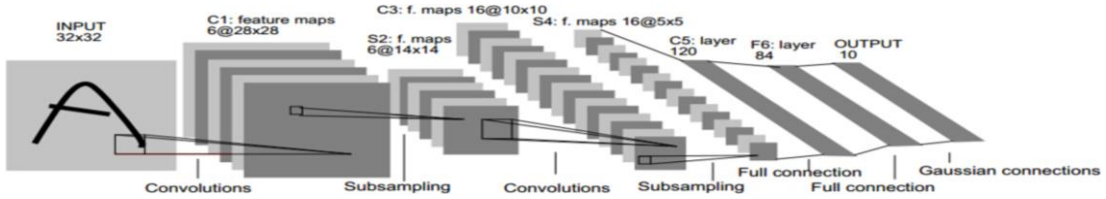
第二：一种算法对应一种应用，没有统一的算法



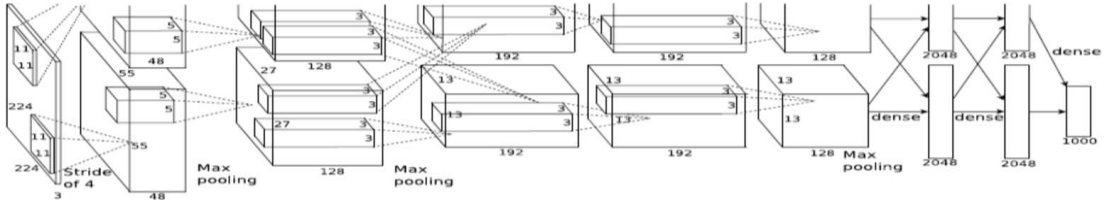
 © 2018 All Rights Reserved

高能效通用深度学习引擎是 AI 芯片的必备特性

① AI 需要通用神经网络计算



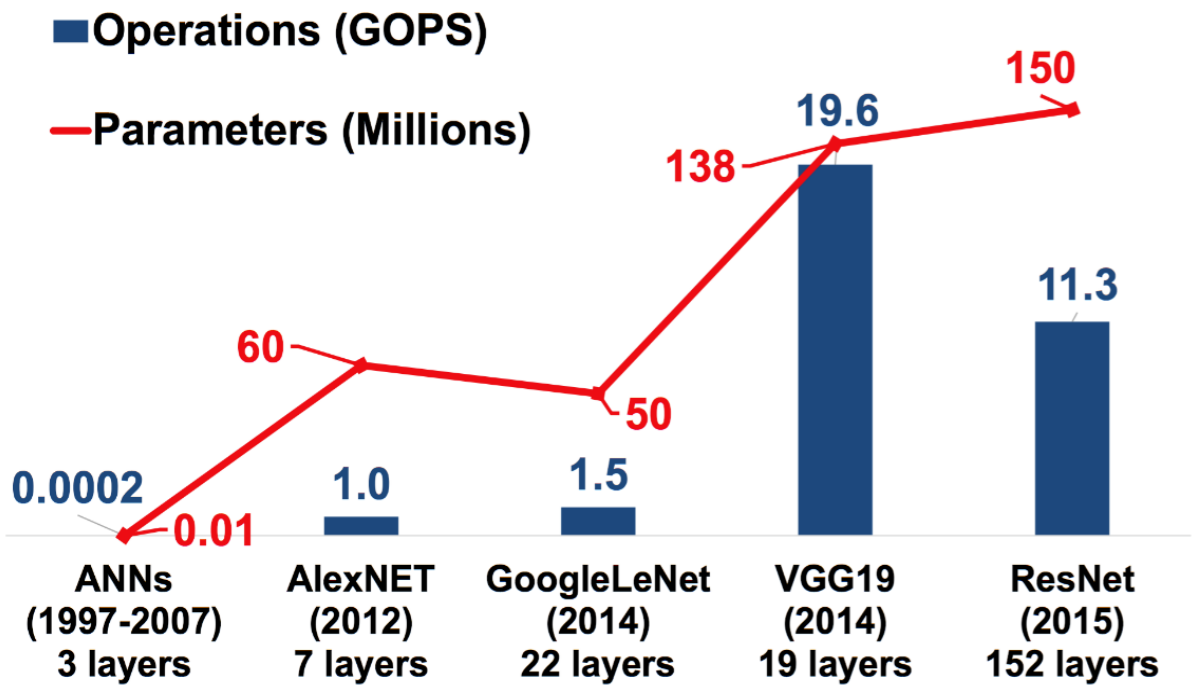
例1：用于手写体识别的LeNet



例2：用于图像体识别的AlexNet

例3：用于视觉场景理解的LRCN网络

② 计算量和参数量激增



③ 从“云端”向“终端”的迁移，亟需高能效计算，能量效率 ~TOPS/W

 © 2018 All Rights Reserved

AI 芯片应该具备的基本要素

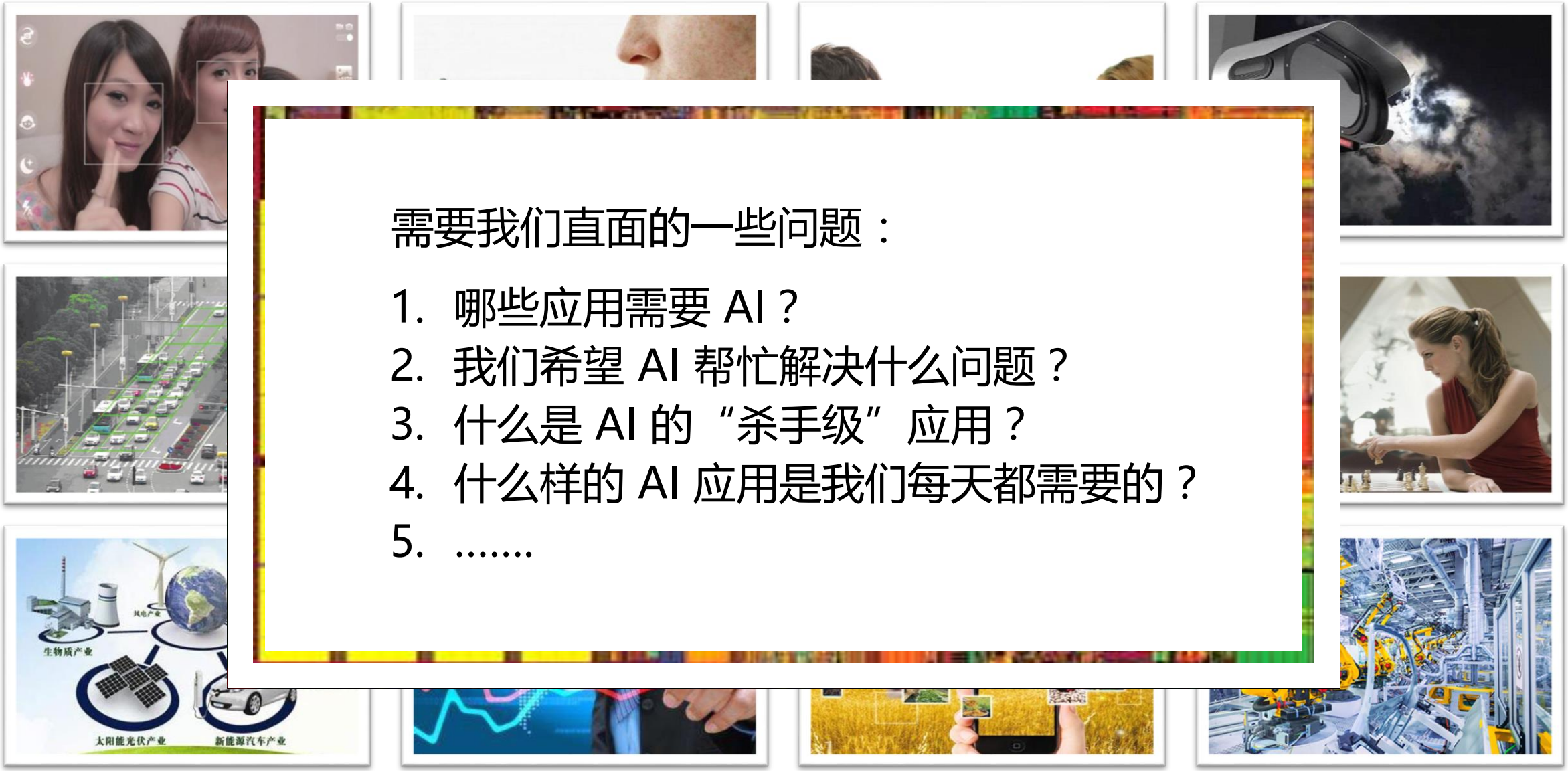
一．可编程性：适应算法的演进和应用的多样性；
二．架构的动态可变性：适应不同的算法，实现高效计算；
三．高效的架构变换能力：< 10 Clock cycle， 低开销、低延迟；
四．高计算效率：避免使用指令这类低效率的架构；
五．高能量效率：~10 TOPS/W
- 某些应用：功耗 < 1mW
- 某些应用：识别速度 > 25F/s

六．低成本：能够进入家电和消费类电子；
七．体积小：能够装载在移动设备上；
八．应用开发简便：不需要芯片设计方面的知识；
九．....

目前的CPU+SW、CPU+GPU、CPU+FPGA、CPU+ASIC的作法均不是理想的架构。

 © 2018 All Rights Reserved

应用创新是带动 AI 芯片发展的关键力量

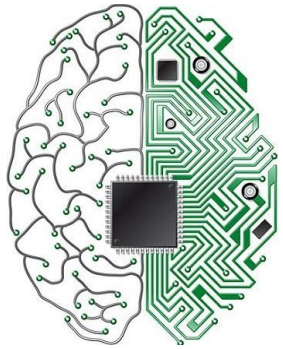


需要我们直面的一些问题：

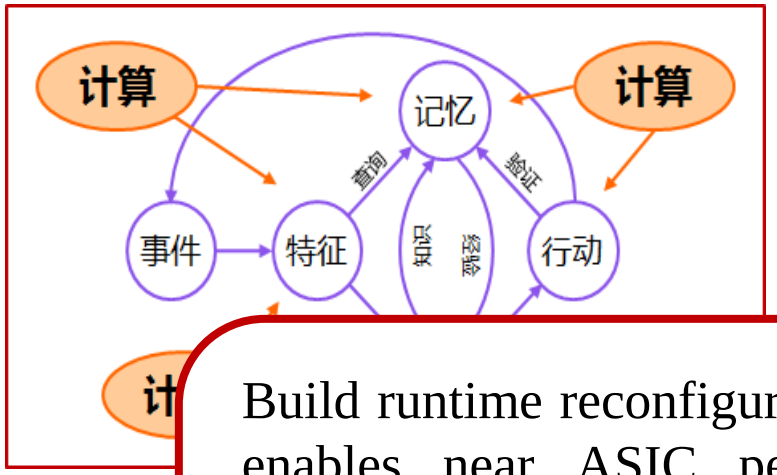
1. 哪些应用需要 AI？
2. 我们希望 AI 帮忙解决什么问题？
3. 什么是 AI 的“杀手级”应用？
4. 什么样的 AI 应用是我们每天都需要的？
5. .....

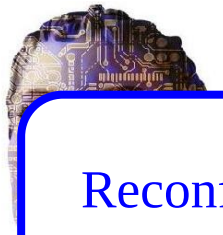
 © 2018 All Rights Reserved

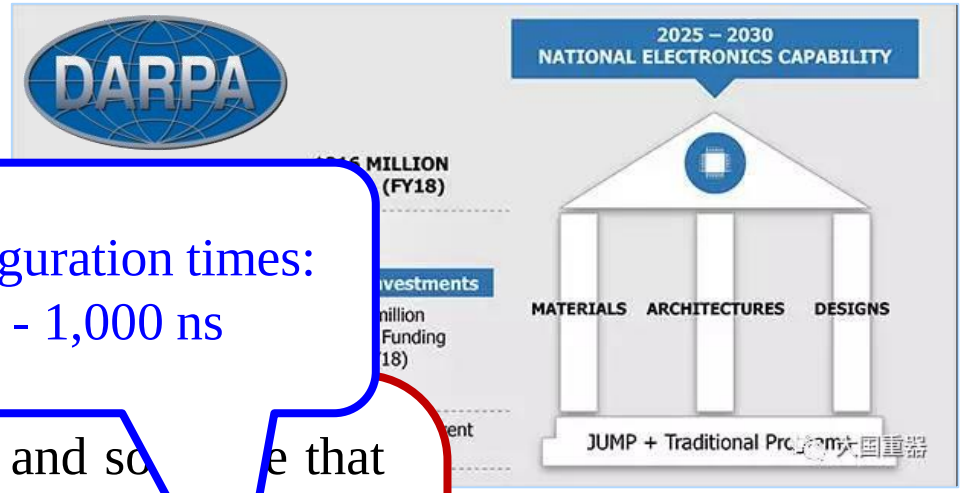
AI 需要架构创新：软件定义芯片技术



我们至今还不知道人脑是怎样完成计算的







Reconfiguration times:
300 - 1,000 ns

Build runtime reconfigurable hardware and so e that enables near ASIC performance without s ficing programmability for data-intensive algorithms.

- to build a processor that is reconfigurable at runtime
- to build programming languages and compilers that optimize software and hardware at runtime.

智能软件：实现智能的

- 自己学习的能
- 形成知识
- 持续
- 能力
- 推理的能力
- 正确判断和决策的能力

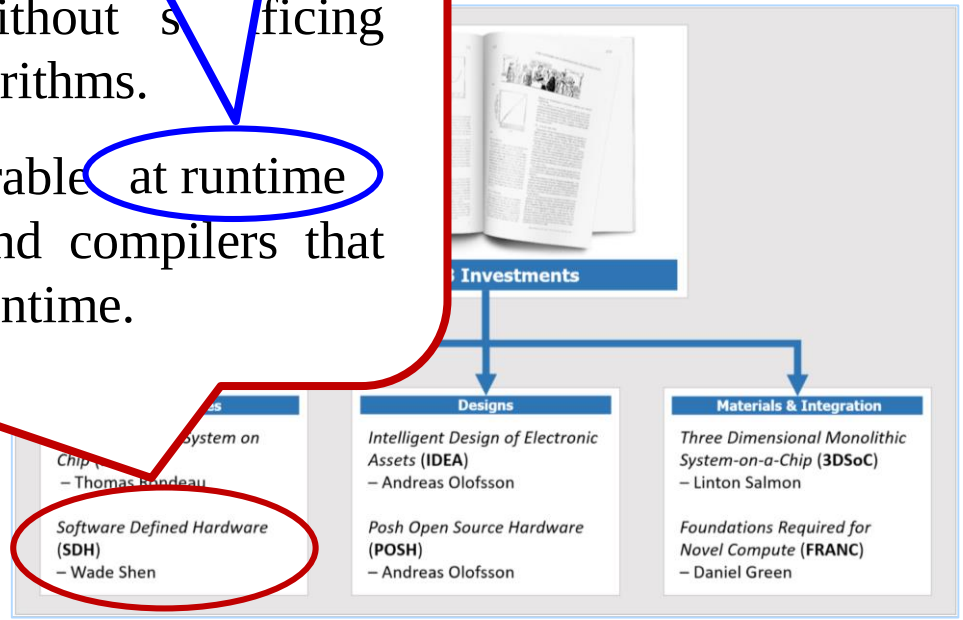
实现智能的核心是软

(SdC)

支撑智能

效率
效的存储寻址功能
时动态功能变换能力

储



 © 2018 All Rights Reserved

报告内容

一．全球集成电路产业2017年高速成长

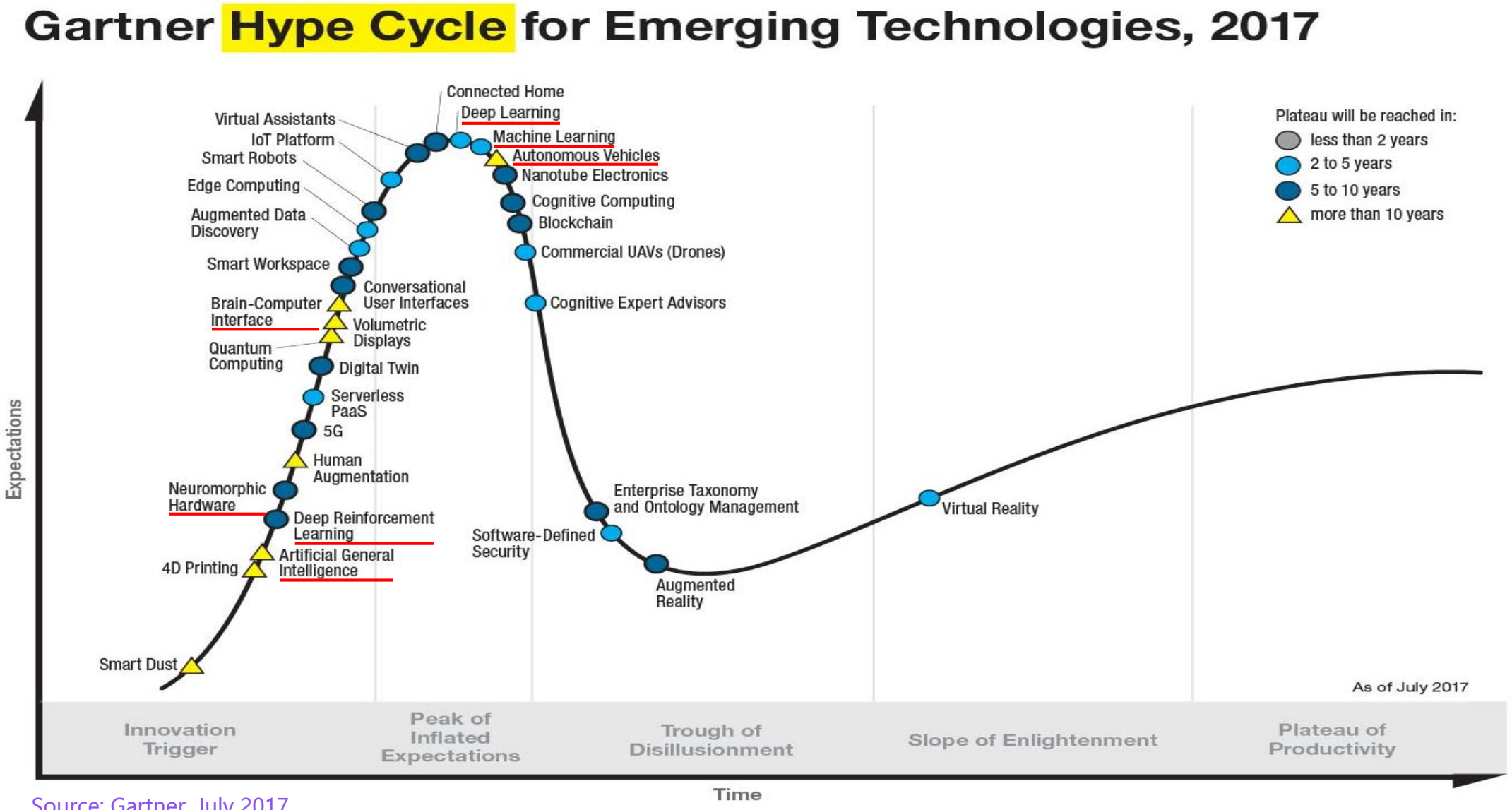
二．2017年高速成长背后的原因探究

三．AI 能够成为集成电路产业发展的主要推动力吗？

四．总结

 © 2018 All Rights Reserved

AI 相关技术的成熟度



Source: Gartner, July 2017

 © 2018 All Rights Reserved

1. 2017年，全球半导体产业录得近年来最大的增长，令人振奋。但是，2017年的增长中存储器贡献了绝大部分，除去存储器后，产业增长不到10%。中国集成电路产业一如既往大踏步前进，发展速度上仍然高于全球产业增速。
2. 针对高速增长存在一些疑问，包括：**引发2017年增长的背后动因是什么？这种增长可持续吗？什么是未来几年推动半导体产业发展的根本力量？**
3. 当前最热的话题无疑是 AI，所谓“无产业不 AI，无应用不 AI，无芯片不 AI”。但是 AI 芯片也面临着几个问题：一是算法还在持续演进；二是没有统一的算法；三是**AI 的“杀手级”应用在哪儿？**
4. 架构创新是 AI 芯片面临的一个不可回避的课题。但应该探究：**是否会出现像通用 CPU 那样独立存在的通用 AI 处理器？**如果存在的话，它的架构是怎样的？如果不存在，那么目前以满足特定应用为主要目标的 AI 芯片是否就只能以 IP 核的方式存在，最终被各种各样的SoC所集成。**如果真是这样，那么今天从事 AI 芯片研发的设计公司将何去何从？**
5. 可重构计算芯片技术允许硬件架构和功能随软件变化而变化，实现软件定义芯片，在实现 AI 功能时具有独到的优势，具备广阔的前景。

 © 2018 All Rights Reserved

感谢您的关注