

突破工业互联网核心技术

2019工业互联网峰会

倪光南 2019. 2.

前言：工业互联网的核心技术



“工业互联网”的技术内涵很广，它包含了“互联网”、“物联网”和“智能制造”等技术，以及将这些技术融合起来构成“工业互联网”的技术。为了保障“工业互联网”的安全，使其不受制于人，我们应重视发展工业互联网的核心技术。下面举出其中的一些案例。

工业互联网核心技术创新举例

1. “互联网”核心技术创新：支持实时高清视频通信和结构安全的自主可控网络通信协议
2. “物联网”核心技术创新：LDSW（超低功耗、准多工、准自组网）物联网芯片
3. “智能制造”核心技术创新：工控实时操作系统 SylixOS
4. 芯片核心技术创新：开源芯片促进芯片业的创新

一、支持实时高清视频通信和结构安全的自主可控网络通信协议

- 当前发展互联网核心技术的客观需求：
 - 功能方面：随着5G的推进，移动接入网的带宽快速增长，从而对承载接入网业务的互联网骨干网带宽也提出了相应的要求，但是现有基于IP协议、QoS无法保证的互联网很难满足需求。
 - 安全方面：现有的互联网的核心技术和核心资源仍被发达国家所掌控，因此我们往往只能抵御一般的黑客攻击，而难以抵御“网络战”等级的攻击。
- 要在习总书记关于“安全是发展的前提，发展是安全的保障，安全和发展要同步推进”的指示的指引下，加大自主创新力度，发展自主可控网络通信协议，才能从根本上既解决功能问题也解决安全问题。

视联网协议

自主创新、安全可靠

“中国人自己的网络——视联网”

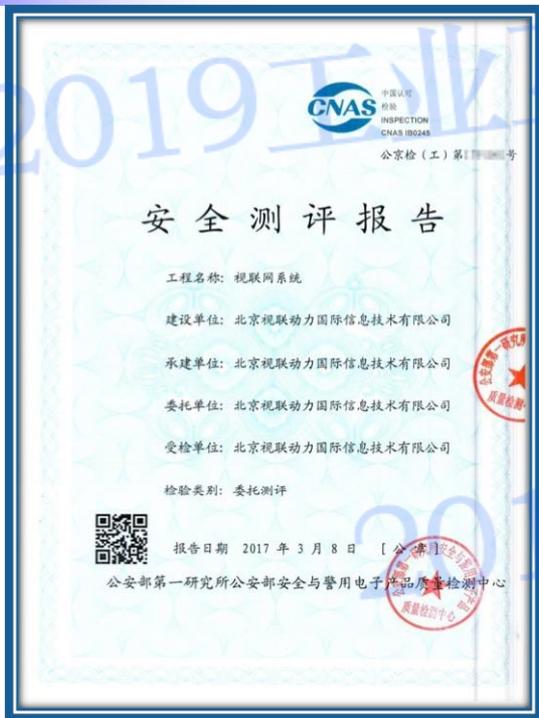
1. 创新的非IP通信协议，传统手段无法攻击
2. 安全可控可靠、品质保障
3. 核心网络资源自主控制
4. 具备结构性安全、先管理后通信
5. 数据传输可管控，提高数据安全等级
6. 兼容IP网络，上层应用全透明。



视联网结构性安全

来源：视联动力

视联网通过公安部结构性安全测试



1. 结构性无安全漏洞和后门

2. 结构性抗渗透攻击和信息泄漏

3. 内部结构隐藏

4. 核心网络无IP报文

5. IP报文无法穿透

6. 身份鉴别

7. 设备认证

视联网技术重大突破

- ◆ 全国超过**8万**个高清视频通信点位
- ◆ 融合全国监控视频近**200万**路
- ◆ 创造超过**22000**个节点的超大规模视频会议记录
- ◆ 全国端口到端口传输延迟低于**50**毫秒
- ◆ 系统重载丢包率小于**百万分之一**
- ◆ 所有服务**100%**可管理性、**100%**可追溯性
- ◆ 协议**内置**所有视频服务形态(通信、广播、点播、组播)



二、LDSW（超低功耗、准多工、准自组网） 物联网芯片

1. DNA检测技术（国际专利）

在不到万分之一秒内，对监听信号的有效性完成准确判别；
在1秒钟内“唤醒”1500米之外处于“睡眠”（ $<3\mu\text{A}$ ）的通信对象；同时下达任意长度的完整工作指令（一步到位），从而实现超低功耗双向快速通信；

2. 快速频道跳转技术（国际专利）

将一个低成本半双工通信终端，变成一个“准多工”的通信终端。从而可实现对海量标签流ID的低功耗实时采集；

3. 动态授时技术（国际专利）

可对智能唤醒的海量智能终端，进行精准同步授时，实现LDSW终端（包括标签）间的低功耗精准时隙通信，大大降低了功耗；

来源：成都西谷

4. “宏指令”通信技术（国际专利）

利用简单“宏指令”代码，代替繁长具体的工作指令传输（保密&省电）

5. “工作清单”分组比对技术(专利)

从海量通信对象中，将少部分需要处理的终端一次筛选出来，解决了海量电子标签低功耗管理问题；

6. 超低功耗无线自主网技术（国际专利）

所有LDSW终端（平均待机功耗 $<3\mu\text{A}$ ）都可以发起通信和中继信息。任何报警或传感器信息，都可以采用逐级低功耗唤醒，逐级中继传输的方式，在“无网无电”的情况下，将报警信号远距离传输到管理中心。

来源：成都西谷

具有自主知识产权并初步取得了国际标准制订权

涉及37项国内外重大发明专利

初步取得了国际标准制定权

专利权所有者 (专利申请者)	发明人	专利类型	申请/注册号	发明名称	申请日期	专利状态	专利号(已授权)
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	普通发明	200010021403.1	高速公路射灯系统控制装置	2000-7-27	已授权	ZL200010021403.1
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	普通发明	200010009127.5	制动车射灯系统控制装置	2000-2-11	已授权	ZL200010009127.5
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	普通发明	200710048872.5	无线交通信号控制装置	2007-4-17	已授权	ZL200710048872.5
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	普通发明	200710190801.X	智能电子标签系统	2007-12-3	已授权	ZL200710190801.X
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	普通发明	200910058927.X	一种用于不停车收费系统的电子标签识别方法	2009-4-14	已授权	ZL200910058927.X
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	普通发明	200910028045.3	一种精确射频定位系统	2009-1-6	已授权	ZL200910028045.3
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	普通发明	200910232922.0	有线电子标签及其应用系统	2009-11-30	已授权	ZL200910232922.0
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	普通发明	200910232920.1	有线电子标签及其应用系统	2009-11-30	已授权	ZL200910232920.1
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	PCT国际申请	PCT/CN2009/073227	有线电子标签及其应用系统	2009-11-30	已授权	US9770001B2
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	PCT国际申请	PCT/CN2009/073227	有线电子标签及其应用系统	2009-11-30	已授权	EP2509032B1
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	PCT国际申请	PCT/CN2009/073227	有线电子标签及其应用系统	2009-11-30	已授权	US9405942B2
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	PCT国际申请	PCT/CN2010/070041	利用射频识别系统接收定位的系统	2010-1-6	已授权	US8242958B2
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	普通发明	201010170981.6	移动目标移动信息的处理方法及系统	2010-4-29	已授权	ZL201010170981.6
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	普通发明	201010194502.0	基于交叉矩阵电子标签定位系统	2010-6-8	已授权	ZL201010194502.0
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	普通发明	201010281835.4	一种快速定位-18000-T国际移动通信系统方式的系统和方法	2010-8-23	已授权	ZL201010281835.4
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	普通发明	201110037936.5	利用1-8912技术实现城市交通管理信息的系统和方法	2011-2-13	已授权	ZL201110037936.5
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	普通发明	201110060102.1	一种智能车辆的识别识别系统	2011-3-18	已授权	ZL201110060102.1
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	普通发明	201110192032.2	一种精确的射频定位系统	2011-7-11	已授权	ZL201110192032.2
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	PCT国际申请	PCT/CN2011/084325	一种高精度的射频定位系统	2011-7-11	已授权	US9430858B2
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	普通发明	201210389714.7	一种智能车辆与电子标签定位系统	2012-10-15	已授权	ZL201210389714.7
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	普通发明	201710113810.5	一种基于IoT技术的城市共享单车智能管理系统	2017-2-28	已授权	ZL201710113810.5
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	实用新型	201520083000.3	基于蓝牙技术在探测设备上的系统	2015-02-06	已授权	ZL201520083000.3
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	实用新型	201720147858.X	一种基于物联网技术的共享单车管理系统	2017-2-17	已授权	ZL201720147858.X
成都西谷激光数字技术有限公司	廖自成	普通发明	201310201304.9	基于移动手机和定位系统实现定位的系统	2013-03-27	已授权	2019年1月2号已授权

取得了国际标准制定权 ISO 国际标准化组织立项决议

- I.1.1 ISO/IEC JTC1/SC 31/WG 4/SG 3 - Air Interface
- Meeting Minutes
- 14 September 2010
- Toulouse, FRANCE
- New Work - Active tag system at 2.4 GHz - Jason Liao
- The Chinese delegation made a presentation on a new active tag system that operates at 2.4 GHz. The full presentation as circulated is at document SG3_201009_847. An updated presentation is at SG3_201009_852). The system has potential for a number of benefits including a battery life of five plus years and a read range of one to two kilometers. The presentation was well received and Jason Liao responded that a NWIP would be filed by China.
- Resolutions from the ISO/IEC JTC1 SC31 WG4/SG 3 meeting
- Toulouse, FRANCE 14 September 2010
- Resolution 1
- WG4/SG3 accepts the presentation from the Chinese delegation (doc nr. SG3_201009_852 Presentation to France20100806 revision.ppt) and invites the Chinese National Body to prepare and submit a New Work Item Proposal on the proposed technology to initiate standardization work.
- WG4/SG3
- Unanimous



来源：成都西谷

适合LDSW芯片的应用场景

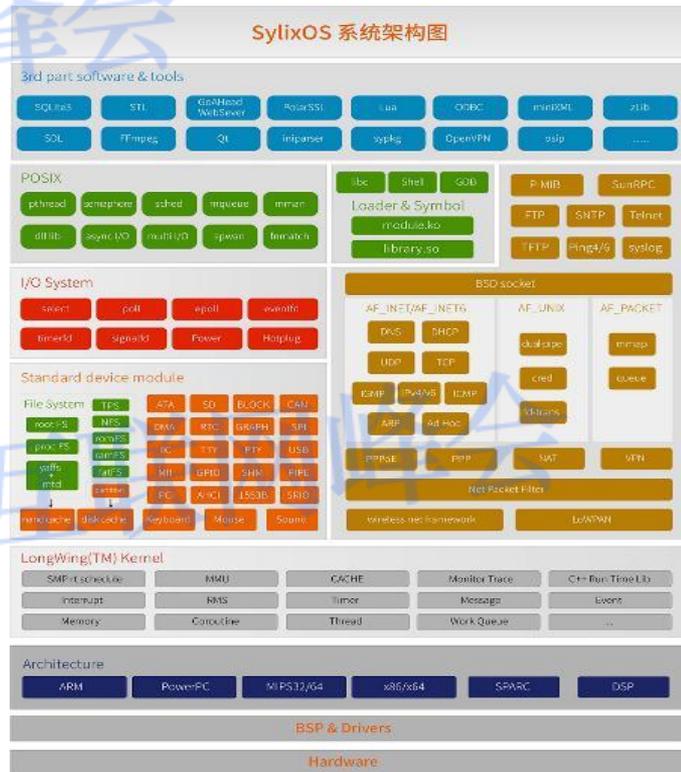
- 可低成本实现城市车辆数字化管理技术（海量标签流实时采集）；
- 可实现无线超低功耗实时遥测遥控的技术（>1500m）；
- 可实现标签（或智能传感器）与标签之间通信和中继信息的技术
- 可实现超低功耗实时对讲通信的技术；
- 可在一个简单近距离通信系统内，同时使用多个频道工作的技术，

超低功耗LDSW芯片描述 (让万物相连)



三、工控实时操作系统SylixOS

- 工控实时操作系统是工业互联网、工控系统的核心技术，关系到各行各业的安全，过去这一领域被外国的VxWorks、QNX等操作系统垄断，**存在着巨大的安全隐患**。
- 我国科技人员从2006年开始自主编写，历时12年的发展，翼辉SylixOS在多个关键领域已经进行了验证。广泛应用在航空航天、国防军工、电力、轨道交通、工业自动化、机器人等重要领域。
- 翼辉信息的SylixOS是目前国内**拥有完整自主知识产权的大型实时操作系统**，工业和信息化部赛普评测中心评估SylixOS内核自主化率100%（自有代码+合规开源代码）。
- 当前，以翼辉SylixOS替代VxWorks等外国实时操作系统的条件已经基本成熟，这既有利于增强网络安全，也有利于规避使用外国盗版软件（或不遵从开源许可证的开源软件）带来的知识产权风险。



来源：翼辉信息

SylixOS可替代其他实时操作系统

参数	SylixOS	VxWorks	RTEMS	uC/OS-II	eCos
时间确定性	★	★	★	★	★
内核抢占	★	★	★	★	★
优先级	256	256	256	64	32
高速定时器	★	☆	☆	☆	☆
C++ 支持	★	★	★	☆	☆
POSIX	★	★	★	☆	☆
工业总线	★	★	☆	☆	☆
编译器	GCC 等	专用	GCC	C 编译器	GCC

内核跟踪器	★	★	☆	☆	☆
多核实时调度	★	★	☆	☆	☆
内置热插拔	★	☆	☆	☆	☆
文件记录锁	★	☆	☆	☆	☆
多文件系统	★	★	★	☆	☆
无线自组网	★	★	☆	☆	☆
动态装载	★	★	☆	☆	☆
实时数据库	★	★	★	☆	☆

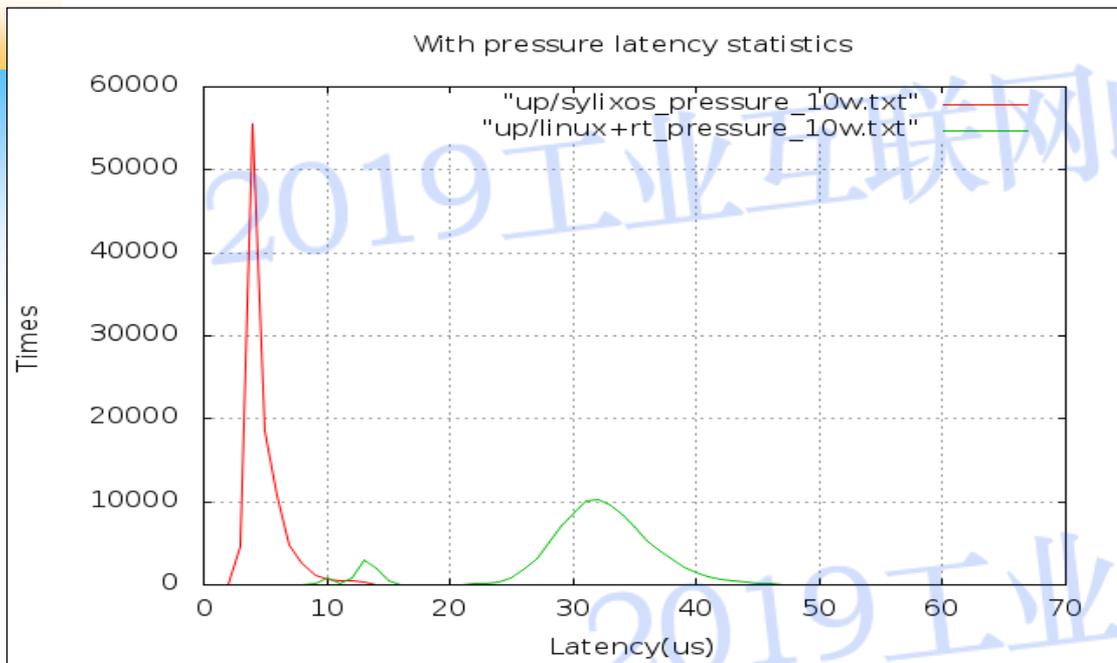
注: 篇幅有限, 对比项未全部列出

工信部CSIP对SylixOS源代码的扫描报告确认, 其代码自主研发约90%, 其余是合规开源代码。



来源: 翼辉信息

SylixOS的实时性优越

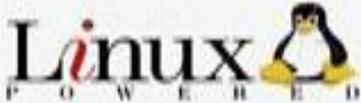


SylixOS功能强大，但实时性依然卓越。2015年6月由清华大学完成了SylixOS的实时性测评。在AM335X处理器（Cortex-A8 800MHz）硬件平台上分别运行SylixOS、Linux、RT-Linux操作系统，使用Hackbench工具提供压力环境，使用Cyclictest工具进行实时性测试，10W次有压力测试结果如下：

	SylixOS	Linux+RT	Linux	比较结果
最大延迟时间 (us)	62	67	894	SylixOS < Linux+RT < Linux
最小延迟时间 (us)	2	8	17	SylixOS < Linux+RT < Linux
平均延迟时间 (us)	4	31	35	SylixOS < Linux+RT < Linux

与 Windows 一样的开发体验,与 Linux 一样的兼容接口,与 VxWorks 一样的实时性能,是 SylixOS 三大特点。

与  Windows 一样的开发体验

与  Linux 一样的兼容接口

与  VxWorks 一样的实时性能

SylixOS 应用编程接口符合 IEEE、ISO、IEC 相关操作系统编程接口规范,兼容 POSIX 1003.1b 实时编程标准。基于 Linux、VxWorks 操作系统的应用程序,可以方便快捷地移植到 SylixOS 系统上运行。

应用领域

SylixOS 的应用

SylixOS 在工业自动化、航空航天、电力、轨道交通等领域应用广泛,从 2006 年至今,已经有众多项目或产品基于 SylixOS 进行开发,例如雷达、弹载飞控系统、星载任务计算机、机载火控系统、计重收费与超限检测仪、火灾报警系统、特种车辆与船用发动机状态显示器、潜艇蓄电池监控系统、轮式装甲车实时监控系统等,其中大部分产品都要求 7x24 小时不间断运行,当前很多 SylixOS 系统节点甚至不间断运行已超过七万小时(8 年时间)。



来源: 翼辉信息

四、开源芯片促进芯片业的创新

- 在2018.11.8. 第五届世界互联网大会上，“中国开放指令生态（RISC-V）联盟”（俗称“中国开源芯片联盟”）宣告成立。这个联盟由网信办、工信部和中科院三个单位指导，挂靠在计算所。创始会员65家，2018年10月新增20家。旨在召集从事RISC-V指令集、架构、芯片、软件、整机应用等产业链各环节企事业单位及相关社会团体，自愿组成一个全国性、综合性、联合性、非营利性的社团组织。
- 关于RISC-V（发音为“risk-five”，即 Reduced Instruction Set Computer）：最初由美国加州大学伯克利分校计算机科学部门的Krste Asanovic教授、Andrew Waterman和Yunsup Lee等开发人员于2010年发明。其中“RISC”表示“精简指令集计算机”，而其中“V”表示伯克利分校从RISC I开始设计的第五代指令集。其技术水准完全可以与当今世界上顶级CPU相比。



从开源软件到开源芯片

- 同类联盟有：2018. 9. 20中国RISC-V产业联盟（China RISC-V Industry Consortium（CRVIC））成立大会在上海集成电路行业协会成功召开。由上海芯原、芯来科技、……上海高性能集成电路设计中心、上海集成电路行业协会、上海物联网行业协会等单位共同发起。中国的这些联盟的目标相同，今后应当实现协作共赢。
- 众所周知，“开源”（开放源代码）是一新的模式（既是开发模式，又是商业模式），开源软件（以Linux为代表）在当前已成为软件业的主流。因此人们期望，依托这种模式的开源芯片在芯片业也会取得类似于在软件业那样的成功。
- RISC-V采取BSD许可证（Berkeley Software Distribution license），它是一个广泛使用且标准十分宽松的开源软件协议。在该议下，用户可以自由免费地使用该指令集进行CPU设计、开发并添加自有指令集进行拓展，自主选择是否公开发行、或商业销售、或更换其他许可协议、或完全闭源使用。



世界CPU领域现状

- CPU芯片和操作系统是网信领域最基础的核心技术，中国在这方面还受制于人，常被比拟为“缺芯少魂”。
- 实践表明，每一种CPU在市场竞争中要取得成功在很大程度上取决于其生态系统。目前世界上最流行的是二种架构的CPU：

1. **Intel架构（x86）CPU**——历史很长、生态成熟、在桌面和服务器领域占垄断地位，由Intel公司所拥有。



2. **ARM架构CPU**——历史较长、生态成熟、在移动和嵌入式等领域占垄断地位，其他公司可向ARM公司购买许可（数百万元~数亿元），世界上有很多公司做ARM CPU。



RISC-V的优势

(1) 设计优势

- 免除授权费用和知识产权风险的完全开源免费，这是RISC-V存在的主要意义。传统的芯片设计有时需要上亿研发费用、投入上百人的团队和花费大量时间，使得中小型科技企业不可能承担芯片研发，被迫只能使用市场上已有产品，既造成了芯片市场的绝对垄断，又丧失发展的主动权。而开源芯片设计可以将芯片设计门槛大大降低，甚至于3-5人的小团队在3-4个月内，只需几万元便能研制出一款有市场竞争力的芯片，十分适应于中小企业创业，市场前景广阔。能够有效促进芯片产业的繁荣。

(2) 技术优势

- RISC-V指令集在最初设计时其研发团队就明确表示要追求简约，丢弃历史包袱。目前成型的技术代码集小、支持模块化，性能十分优越，能够满足从微控制器到超级计算机等各种复杂程度的处理器需求，支持从FPGA、ASIC乃至未来器件等多种实现方式。同时能够高效地实现各种微结构，支持大量定制与加速功能，并与现有软件及编程语言可良好适配。

RISC-V的优势（续）

（3）市场优势

- 随着人工智能和物联网等新一代信息技术的发展，各种场景下对于CPU需求日益碎片化，嵌入式应用前景广阔，低功耗、低成本和定制化需求越来越大，这使得RISC-V的精简、低功耗、模块化和可扩展的优势与数字经济未来发展方向十分契合。

（4）管理优势

- 最初的RISC-V指令集是20世纪50年代，因而大多数专利早已过期，在商业化和开源使用方面不会存在大的专利壁垒和成本问题；另外，RISC-V由2005年成立的基金会管理，这是一个非盈利的中立机构和开放社区，主要负责日常维护RISC-V指令集标准手册与架构文档，参与RISC-V相关规范地制定和软硬件生态系统的发展。基金会采取会员制管理，目前共有上百家会员单位，中科院计算所是发起和审计会员，阿里、华为是白金会员，这种开放式的管理模式能够有效地促进RISC-V社区的交流和创新，形成生态系统，从而降低研发成本，打破芯片市场的垄断。

RISC-V基金会：

中国成员：计算所（发起、审计）、清华（审计）、华为（金）、阿里（金）……

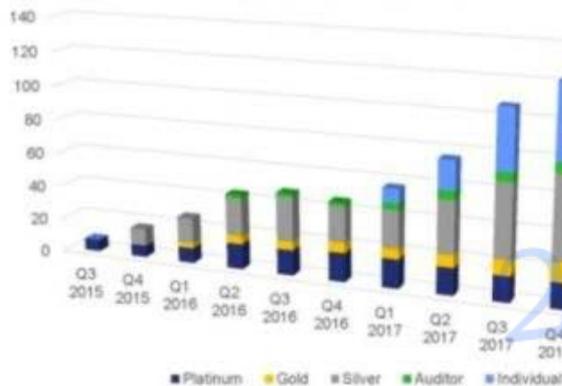
RISC-V基金会2015年成立，目前包括108家会员单位

■ 白金会员18家

■ 普通会员90家



RISC-V Foundation Growth History
August 2015 to April 2018



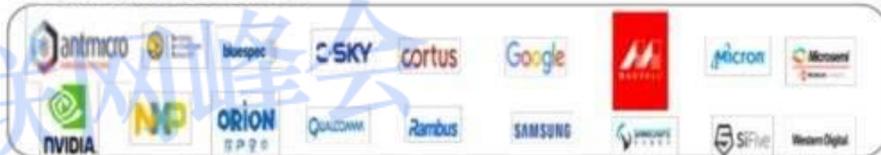
7 May 2018

RISC-V Foundation

来源：RISC-V基金会

基金会规模迅速壮大，进入加速发展期

Platinum Members



Gold, Silver & Auditor Members

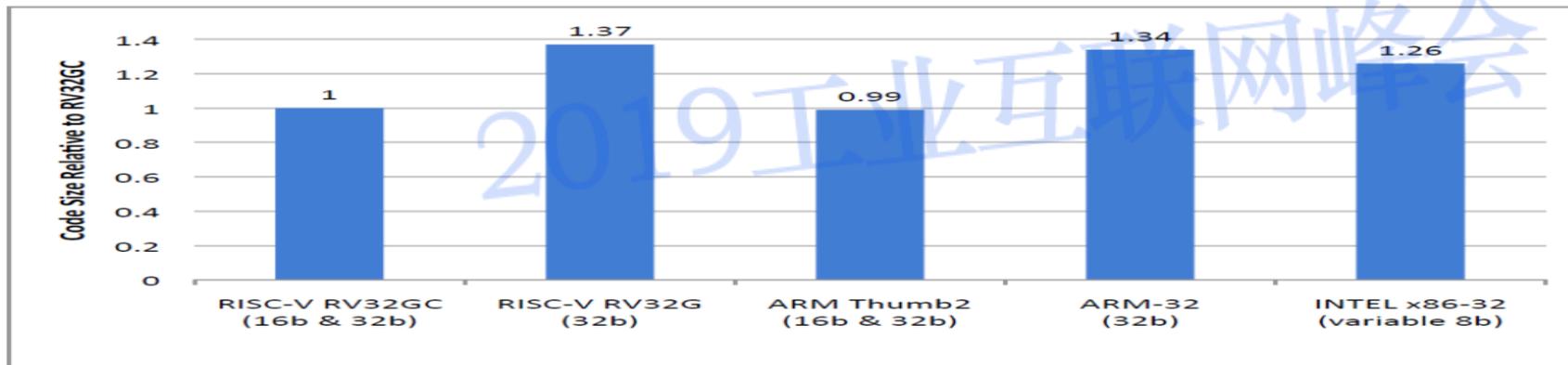


追求简约

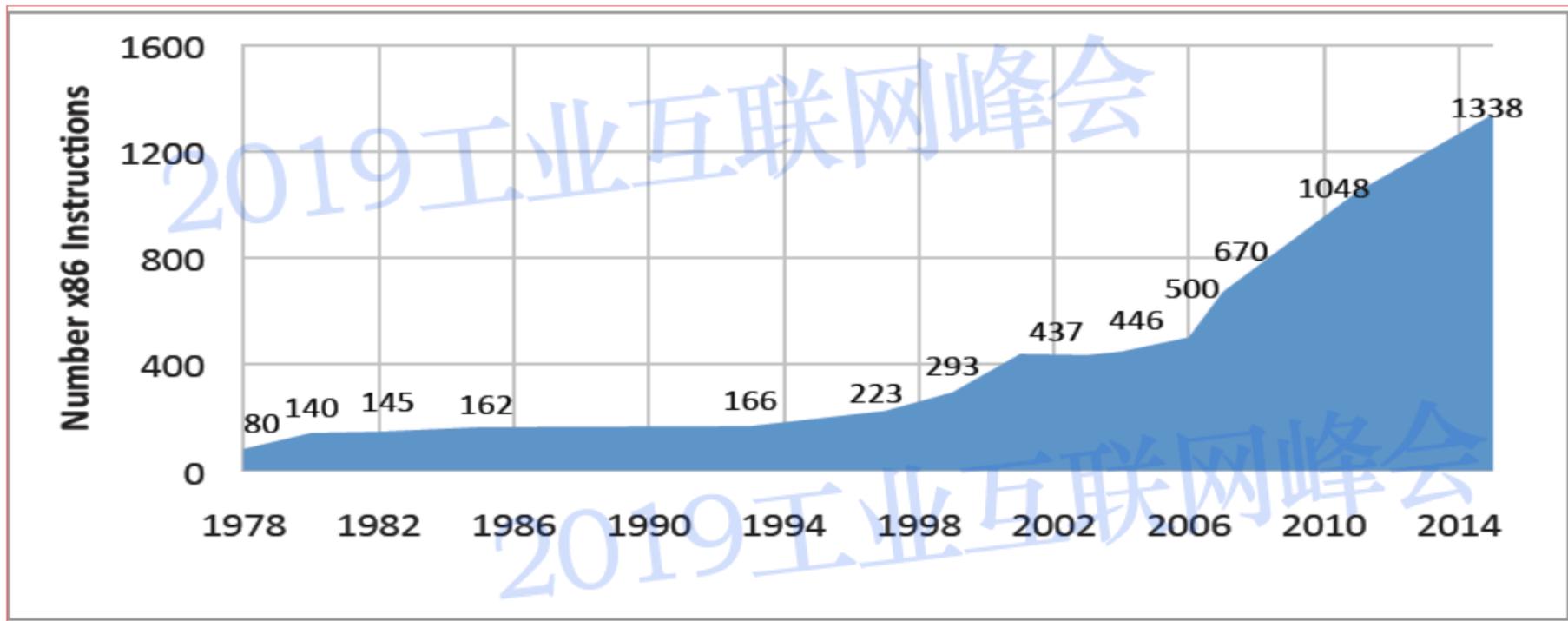
以页数和单词数衡量的 RISC-V、ARM-32 和 x86-32 指令集手册比较

ISA	Pages	Words	Hours to read	Weeks to read
RISC-V	236	76,702	6	0.2
ARM-32	2736	895,032	79	1.9
x86-32	2198	2,186,259	182	4.5

RV32G, ARM-32, x86-32, RV32C和Thumb-2程序的相对大小



丢弃历史包袱



x86指令集自诞生以来指令数量的增长。x86在1978年诞生时有80条指令，到2015年增长了16倍，到了1338条指令，并且仍在增长。

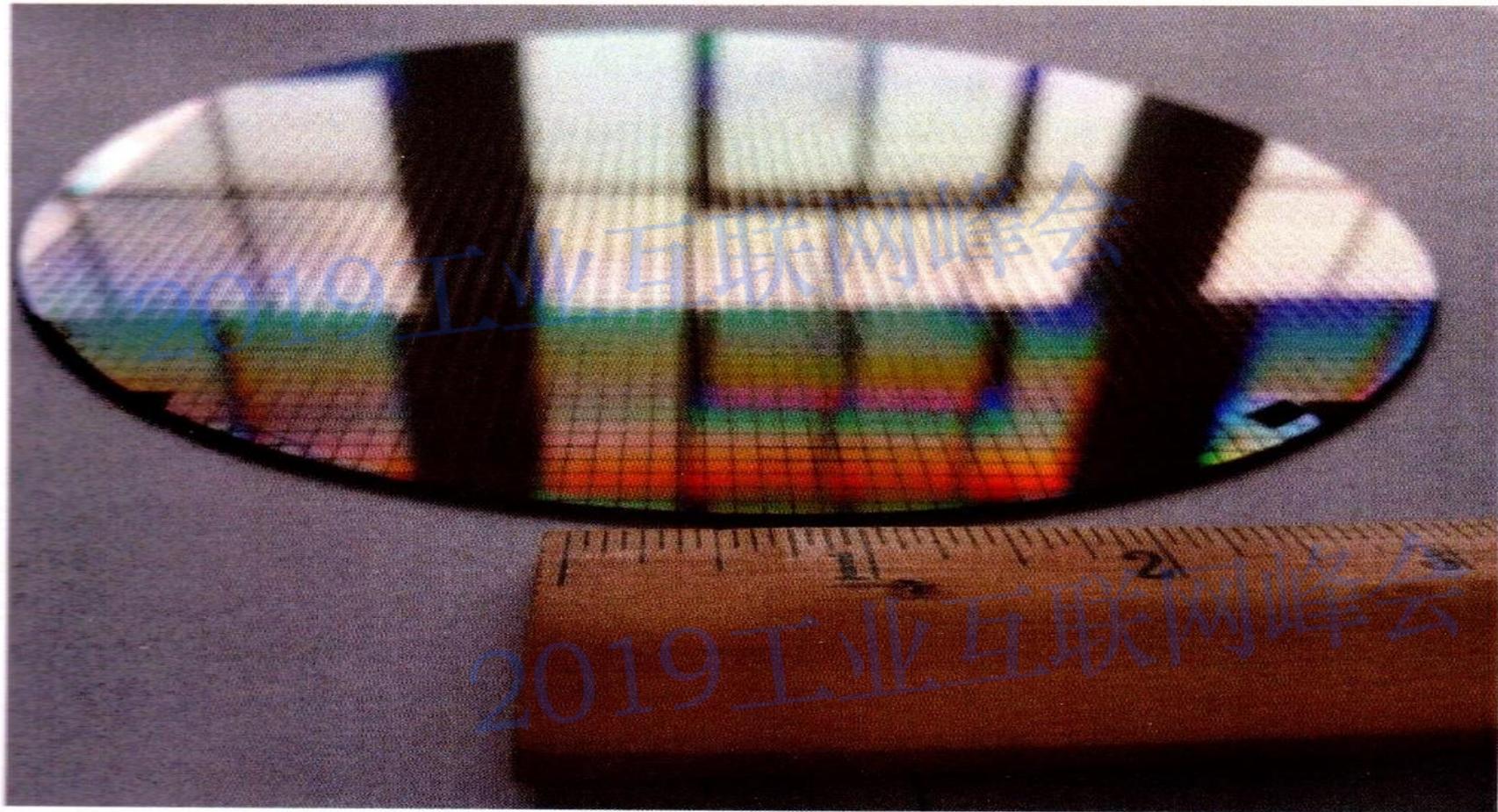


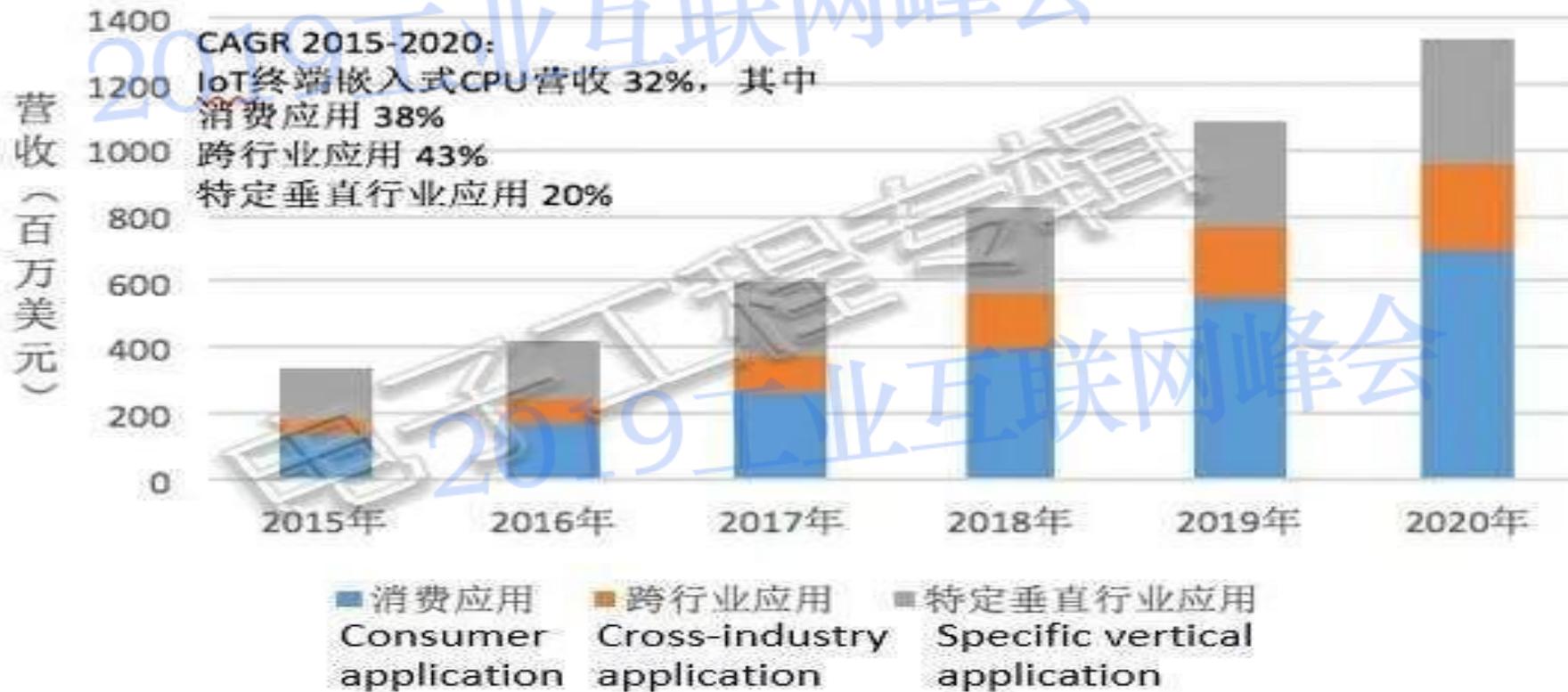
图1.4: 由SiFive设计的直径为8英寸的RISC-V晶圆。它有两种类型的RISC-V芯片, 使用较旧的较大加工线。FE310芯片为 $2.65\text{mm} \times 2.72\text{mm}$, SiFive测试芯片为 $2.89\text{mm} \times 2.72\text{mm}$ 。一片晶圆上有1846片FE310和1866片SiFive测试芯片, 总共3712个芯片。

RISC-V与x86及ARM架构CPU的比较

技术与市场	x86或ARM架构	RISC-V
架构篇幅	数千页	少于三百页
指令数	指令数繁多，且不同分支不兼容	基本指令集40余条
模块化	不支持	支持
可扩展性	不支持	支持
硬件实现	复杂度高	硬件设计与编译实现非常简单
商业运作	x86封闭，ARM架构授权昂贵	开源、免费
生态环境	成熟	快速起步中
应用市场	服务器与桌面PC (x86)，移动和嵌入式 (ARM)	从物联网切入，可覆盖从微控制器到超级计算机的全计算领域
应用特点	服务器、PC、移动和嵌入式应用领域居垄断地位	高性能（面积、功耗和性能）、普适（可自由扩展和剪裁）、可控（满足差异化和定制化）
应用风险	不可控、缺乏应用弹性、较高成本	生态不足、碎片化、专利问题

新一代信息技术领域是RISC-V的潜在市场

全球应用于IoT终端的嵌入式CPU市场



RISC-V国内生态

Alibaba Group
阿里巴巴集团



Launched processor
CK902 based on the
third generation ISA of
RISC-V



ORION
星盾航空

SHINECHIPS
中兴微电子

Huami

Huangshan No. 1

C-Sky

君正
Ingenic

Veri Silicon



ICT
中科院计算所
INSTITUTE OF COMPUTING TECHNOLOGY

Nuclei
System
Technology

Launched processors
targeting IoT
applications

2019 工业互联网峰会

中国开源芯片联盟的目标

■ 开源芯片模式对于我国打破芯片市场垄断、实现芯片自主可控和增强芯片业创新能力具有重要意义。因此，在国家发展战略性新兴产业方针的指引下，我国应当依托丰富的科技人力资源和巨大的市场，加大芯片业自主创新力度，营造完善的生态系统，发展自主可控的开源芯片，推动中国在开源芯片的技术、社区和产业等方面全面发展，为人工智能、物联网、5G等等新一代信息技术和数字经济的发展，为建设网络强国提供强大支撑。

■ 我们的目标是：

- 一、要为开源社区提供经过流片验证的高质量RISC-V开源核及SoC芯片设计方案；
- 二、逐步构建一套基于开源工具链、开源IP、开源工艺库的SoC芯片设计流程，为企业提供商业版工具与IP之外的开源方案；
- 三、迭代优化开源工具，提高设计验证效率，为大批科研机构、中小企业提供定制芯片服务，降低芯片开发门槛。
- 四、鼓励企业、研究机构和协会加入开源社区，利用开放式的会员模式，提高我国在开源芯片技术和规则制定方面的话语权和影响力。

利于实现创新产业化的实例：安全RISC-V芯片

- 中国科学院大学杨力祥老师的团队，针对攻击操作系统中危害最大的超越授权类攻击（即以非法读写数据、非法控制被攻击系统等为目的的攻击）提出了一套完整的理论（包括攻击原理及安全机制）。
- 该理论指出了所有攻击执行序中不可或缺的组成部分，即构成攻击执行序的必要条件，只要消除这些必要条件，即使软件中存在不可避免的瑕疵，攻击者也不可能实现攻击！
- 该安全机制基于硬件，包括安全CPU架构和安全操作系统架构及配套的编译器、虚拟机等完整的工具链。安全架构CPU硬件支持内存安全单元（MSU）。此外，还有重新设计的分权机制及授权管理体系的支持。
- 由于RISC-V在设计上有良好的前瞻性，上述安全CPU架构很容易与RISC-V结合，成为安全RISC-V。这表明RISC-V的出现有利于实现创新产业化。
- 实践证明，运用开源模式不仅可以实施集成创新、引进消化吸收再创新，也能够实施原始创新。

开源芯片的前景

未来RISC-V很可能发展成为世界主流CPU之一，从而在CPU领域形成Intel、ARM、RISC-V三分天下的格局。

The ARM logo, consisting of the letters "ARM" in a bold, blue, sans-serif font.The RISC-V logo, featuring a stylized "V" icon to the left of the text "RISC-V" in a blue, sans-serif font.The RvA logo, featuring a large red "C" shape with the letters "RvA" in blue inside it.The logos for Intel and AMD. The Intel logo is in its signature blue font, and the AMD logo is in black with a green square icon to the right.