

AT THE VERY EDGE

Enabling AI

Presented by:

张焱

首席软件工程师

GreenWaves Technologies

GreenWaves Technologies

- 成立于2014年11月
- 由行业内资深团队共同建立
- 现位于法国格勒诺布尔
- 21名员工
- 与苏黎世联邦理工（ETH-Z）及意大利博洛尼大学共同实验室（PULP）深度合作
- 于2017年八月获得三百一十万欧元的天使轮融资
- 于2018年二月发布了公司首款芯片GAP8
- 于2018年五月开始发售开发板
- 于2018年年底获得由华米，Soitec以及其他机构共同领投的共700万欧元的A轮融资。
- 公司正在全力研发下一代产品。



人工智能正从“云”跑向“端”



从云服务器



到IoT终端产品

WHY?



降低云的压力



私密性更高



延时更短



更加节能

物联网端侧产品的限制

物联网端侧 AI

- 体积小
- 远离电源
- 供电条件苛刻
- 设备数量多
- 安装与维护成本



GAP8 让物联网端侧AI成为可能

一款高集成度的新型智能MCU：微控制器+8核并行+硬件卷积加速引擎

01

极致的能效

在执行推理类应用时，能效约20倍优于市场主流100毫瓦以下同类产品。



02

敏捷

超快的电源状态动态切换
唤醒仅需0.5毫秒
待机电流仅1微安



03

灵活

完全可编程
各种不同类别的加速算法



GAP8在推理算法上的能效

测试对象 TARGET	主频 CLOCK	耗时 TIME	时钟数 CYCLES	功耗 ACTIVE POWER
STM32 F7	216Mhz	99.1ms	21 400 000	60mW
GAP8 *	15.4Mhz	99.1ms	1 500 000	3.7mW
GAP8 *	175Mhz	8.7ms	1 500 000	70mW
GAP8 **	4.7Mhz	99.1ms	460 000	0.8mW

STM 32 H7 216Mhz 40nm

能耗降低16倍

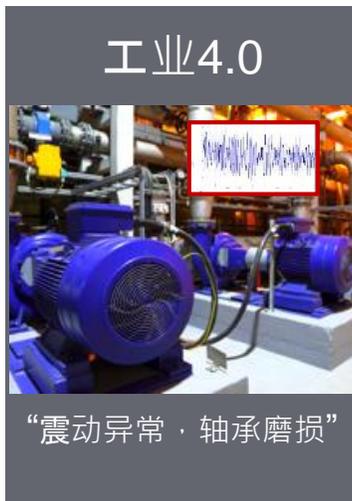
75倍

11倍

以上为GAP8与最新优化后的ARM CMSIS-NN (CMSIS神经网络库) 库在基于CNN的开源算法CIFAR-10应用上的能效比较.
原文与源码*: [ARM processors blog](#)

注*: 以上为跑在GAP8的Cluster上的结果
* 未使用硬件卷积加速引擎 (HWCE)
** 使用硬件卷积加速引擎 (HWCE)

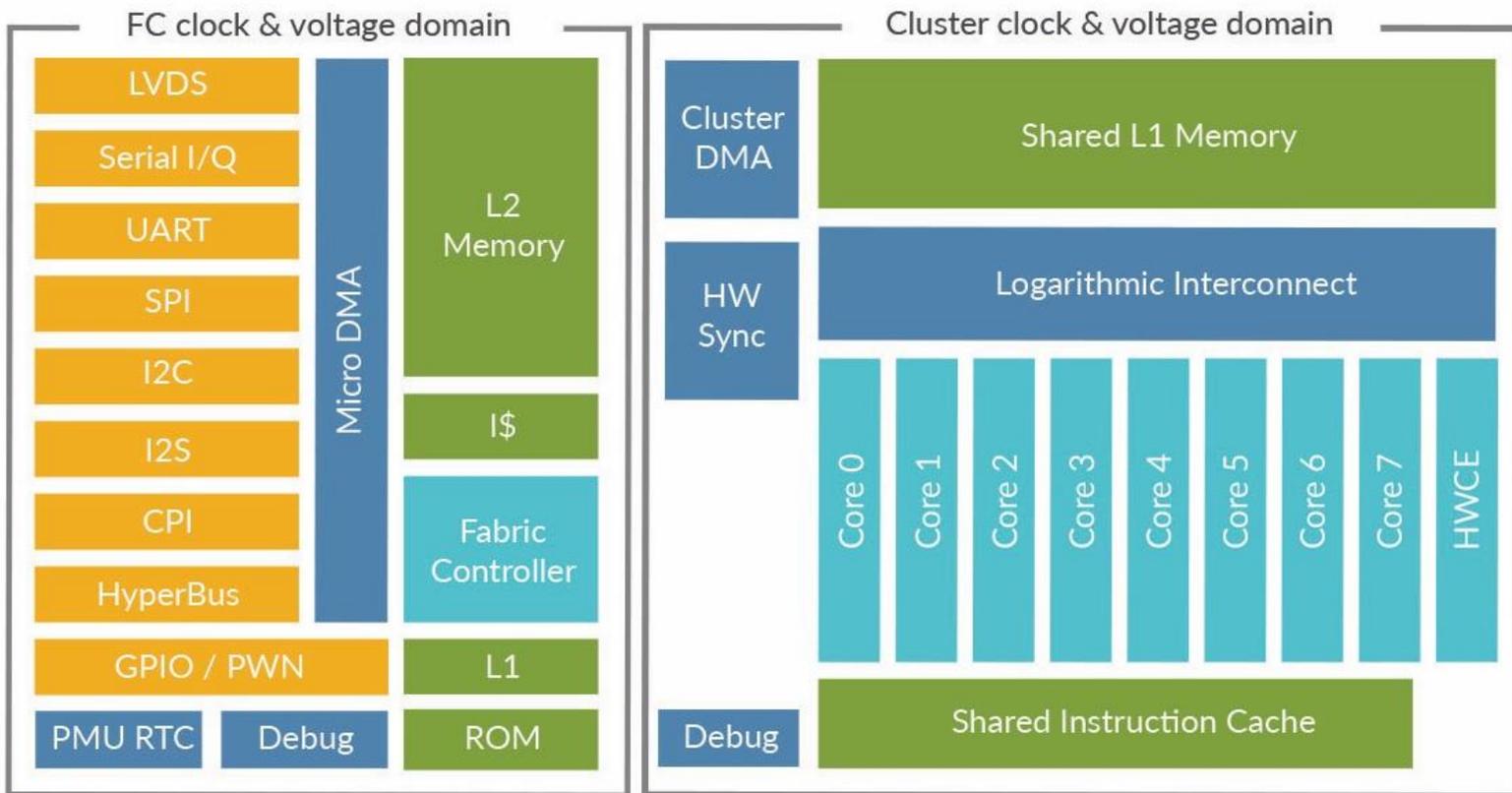
GAP8的应用场景



- 人或物品的计数
- 震动分析
- 机器人控制
- 音频分析
- 远距离关键字识别
- 物品识别
- 系统激活

GAP8 – 物联网应用处理器

两个独立时钟与电压域（domains），电压0 - 1.2V，频率0 - 250MHz动态可调。



An integrated, hierarchical architecture

深度睡眠
2 μ A

状态保留
2 μ A+x*12 μ A

数据传输
~40 μ Ws + 外设

预处理
1mWs

推理计算
数10mWs（最高功耗
约75mWs, 可输出约
8GOPs）

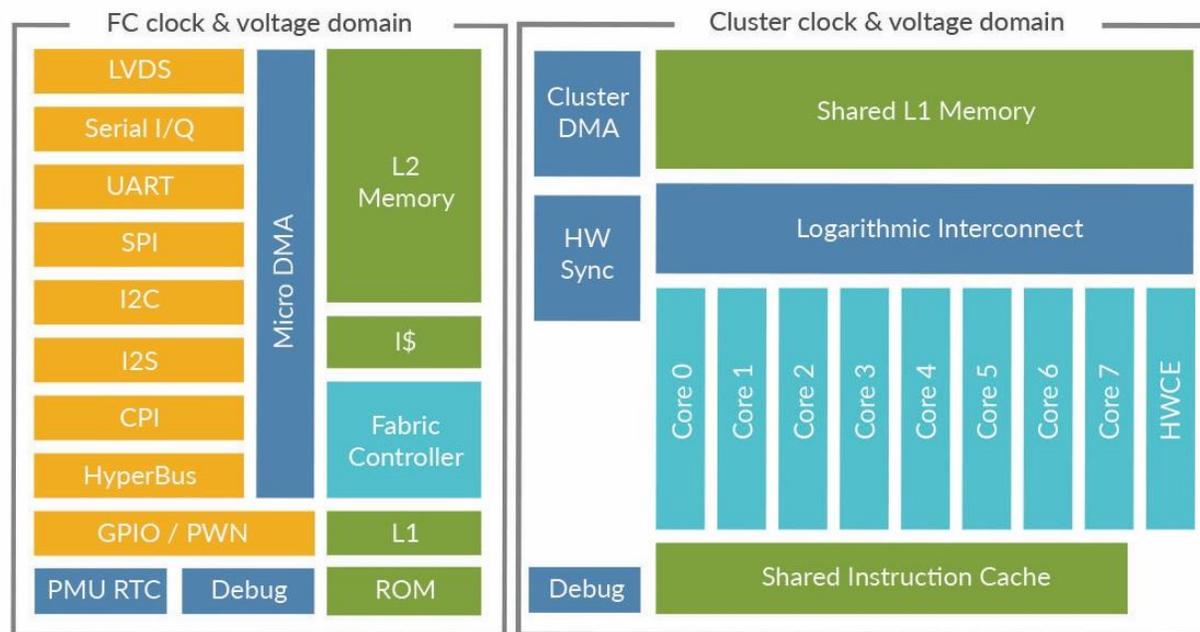
微控制器部分

- 一颗经扩展的RISC-V内核
- 丰富的I/O
- 外设专用DMA（Micro DMA）
- 内嵌DC/DC转换器
- 内存及控制安全保护机制
- 以及e-fuses熔断保护机制

计算加速部分

- 8颗基于RISC-V的扩展内核
- 完全可编程
- 超高效并行架构
- 高速共享指令缓存
- 硬件同步机制
- 硬件卷积加速器

GAP8 – 软件开发工具及SDK



8+1颗相同内核 – 相同GCC/GDB 工具链
(内嵌PULP与GreenWaves优化扩展指令)

标准MCU软件
PULP OS, ARM™ Mbed OS, Free
RTOS, Zephyr, Others
驱动
Cluster APIs

CNN graph 转换工具
(TF2GAP8, TFLITE2GAP8 in development)
通用算法库 (并行化)
(CNN layers, Matrix, FIR, FFT, HoG, MFCC, ...)

GAP8 AutoTiler
代码生成器, 可生成高并行化, 向量化, 以
及最优化数据流的GAP8代码。
OpenMP or Native API

Arm and Mbed are registered trademarks or trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and/or elsewhere.

GAP8 的极致能效从何而来？

01

扩展指令集架构 (ISA)

- Loop Kernels
- DSP Extensions
- Vectorial/SIMD
- Bit manipulation
- Complex Numbers, Treillis

02

高效平衡的并行架构

集成了自动化时钟门控的硬件线程调度与同步

03

共享指令缓存

大大降低获取指令时的能耗

04

硬件卷积加速引擎

可在一个时钟内完成一个5x5或三个3x3 16比特的卷积运算

05

快速的能源状态切换

直接在SoC上进行能源管理

可用C/C++语言编程

基于GCC的编译链工具

基于Platform IO的可视化IDE

可使用代码生成工具（autotiler）生成最优化并行代码

预编译代码生成器可适用于各种算法

GAP8 生于开源，衷于开源



PULP
Parallel Ultra Low Power



GAP8
The IoT Application Processor

最一流的指令集架构 (ISA)
源自UC Berkeley

由苏黎世联邦理工 (ETH-Z) 和意大利博洛尼亚大学 (UniBo) 创建的开源计算平台

超低功耗物联网应用处理器诞生

GreenWaves的员工是RISC-V技术和营销委员会的成员

GreenWaves 是 PULP项目的主要贡献者之一

充分利用并参与生态社区从而实现了独一无二的资本效率

用于现实生活中的 神经网络

语音关键字识别 (Key Word Spotting)

谷歌 CNN:

Conv 8x20, MaxPool 2x2/2, 1 InFeat, 32 OutFeat, W:95, H:40

Conv 4x10, ReLU, InFeat 32, OutFeat 32

Linear: 10 Outs

在1V电压下处理1秒语音:

CNN (cluster)

SW version 155ms 11,8mW : 平均1,8 mW

HWCE version 58ms 8.8mW : 平均 509uW

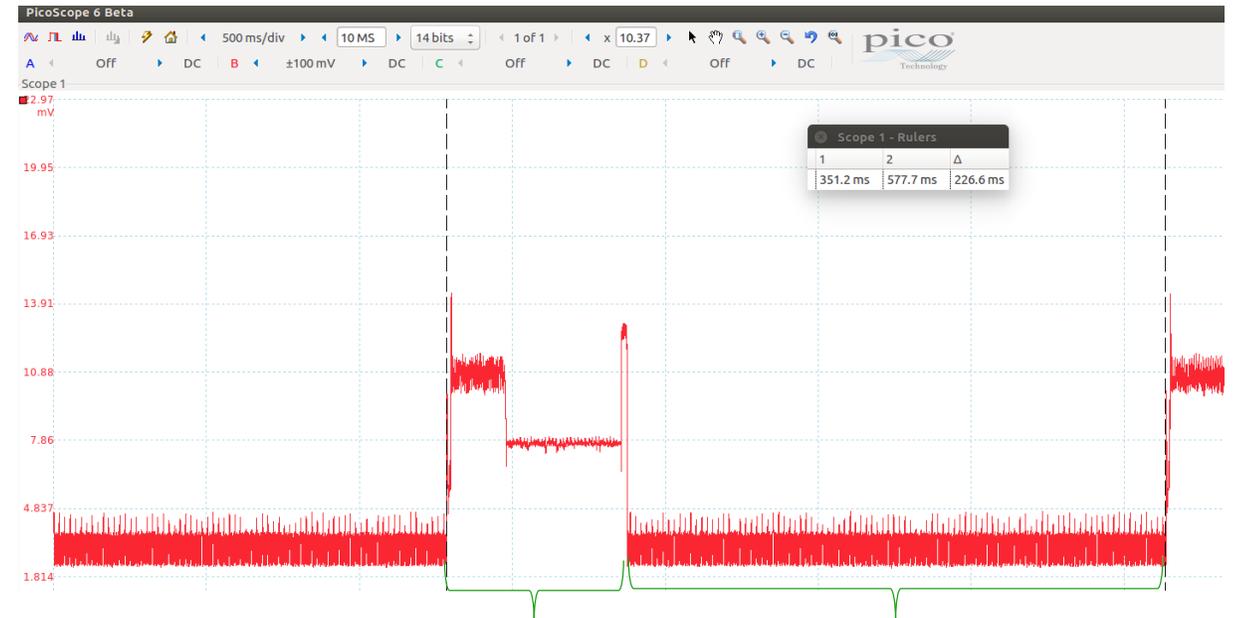
MFCC (FC)

170ms 3,3mW : 平均 560uW

Total

1,07mW with HWCE

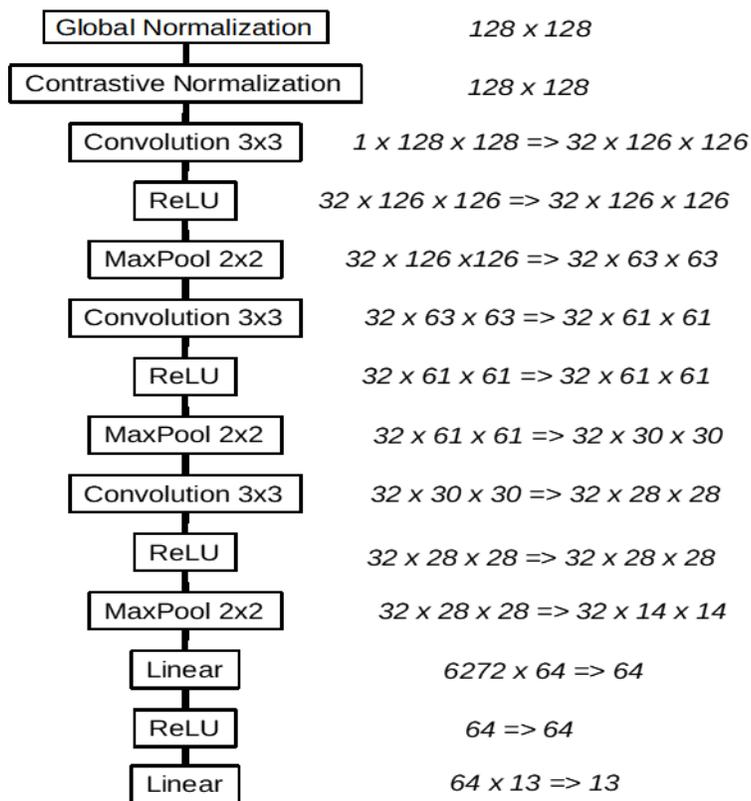
2,36mW in SW



CNN on HWCE:
Avg power: 8.79mW
Duration: 58ms

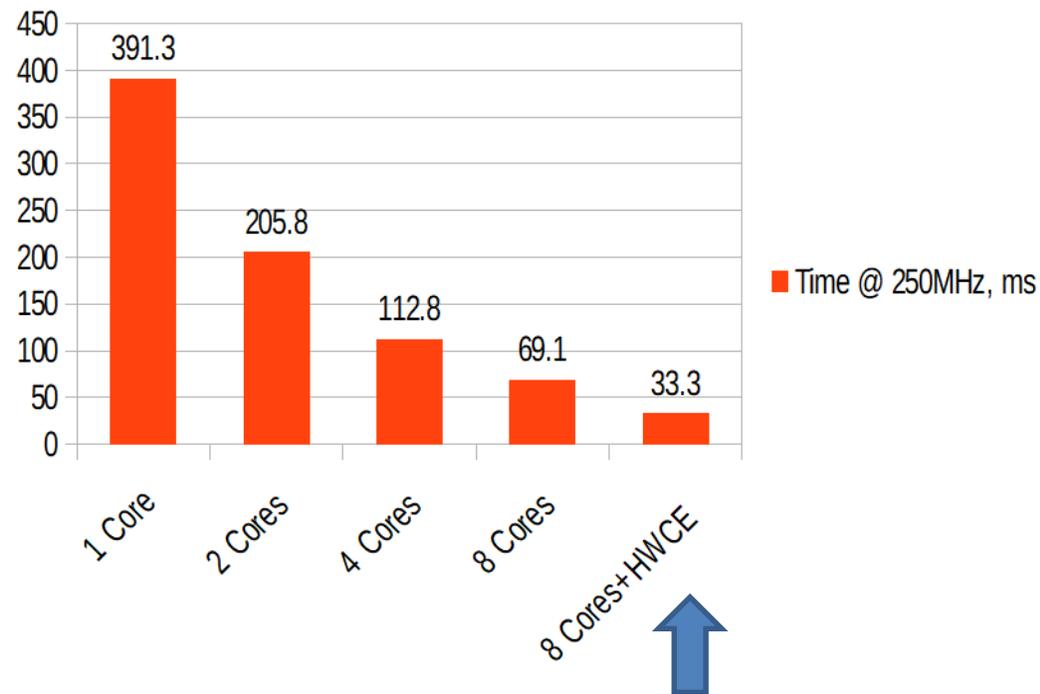
MFCC on FC:
Avg power: 3.3 mW
Duration 170ms

基于CNN 的文字识别



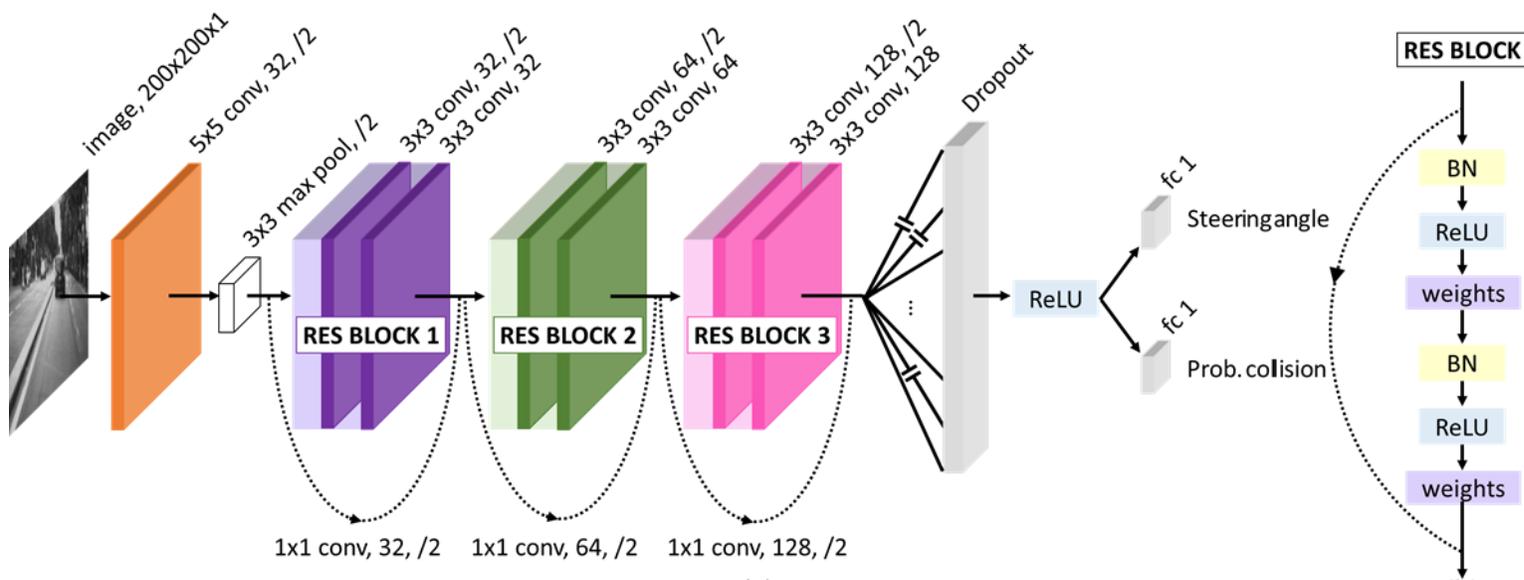
可训练参数: 421 263

CNN 13 Layers, 128x128 Input, 14 Outputs



33ms per image

DRONET: 基于RESNET 的自主飞行无人机



- 由UZH 与 ETH-Z 开发
- 可自主地沿着道路/走廊行驶，避免碰撞
- **最高每秒可处理18张图片**
- @1.0V, FC: 50MHz, Cluster: 100MHz → **6.5fps 40mW**

AIoT 现已上市

GAP8 开发板，模块与参考设计



GAPUINO board

用于软件开发和原型设计

- Arduino Uno form factor
- Camera connector for external camera (e.g. Himax HM01B0)
- HyperBus combo DRAM/Flash 512Mbits Flash + 64Mbits DRAM
- USB to GAP8 JTAG + UART
- Reset button
- Configurable I/O voltage (3.3V/5V)
- Input Power – DC Connector or USB



GAPmod module

用于快速，简单地设计制造定制板

- 26mm x 36mm surface mount module (e.g. Himax HM01B0)
- 64Mb of external flash memory and 8Mb of external RAM
- STM8 with a power switch used as a wakeup source and watchdog and analog I/O
- An LDO voltage converter providing GAP8's 1.2V supply
- A crystal and other passives necessary for GAP8 to operate.



GAPpoc A

用于计算机视觉类应用的参考设计

- Dimensions
- GAPmod
- Monochrome VGA image sensor (On Semi MT9V034C12STM-DP1) with interchangeable lenses (M1S lens mounted on an S-mount)
- Location for Panasonic low power PIR sensor
- uBlox NINA-B112 BLE module
- Headers for I/O other communications
- JTAG
- Battery holder

GAP8

现已上市

01

GAPuino GAP8 开发:



<https://greenwaves-technologies.com/store/>



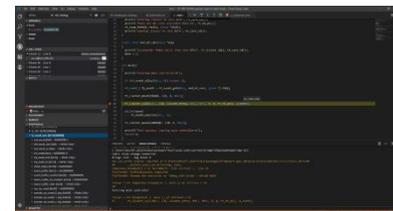
<https://www.seeedstudio.com/GAPUINO-GAP8-Developer-Kit-1st-fully-programmable-multi-core-RISC-V-Processor-for-IoT-Application-p-3090.html>



02

开源SDK – 托管于GitHub

https://github.com/GreenWaves-Technologies/gap_sdk



03

GAP8 样品:



<https://greenwaves-technologies.com/store/>



04

GAP8 量产 - Q2 2019



感谢聆听!

Questions?