

ADI超低功耗边缘人工智能解决方案 助力AI技术理论走入IoT应用实践

Yi Xin
Analog Devices · 中国技术支持中心

- | | |
|---|---------------------------|
| 1 | AI技术与IoT技术：现状与痛点 |
| 2 | ADI边缘AI技术：助力AI走入IoT实践 |
| 3 | ADI边缘AI低功耗微控制器：MAX7800X系列 |
| 4 | ADI边缘AI产品的IoT应用 |
| 5 | ADI微控制器产品概览：赋能工业消费类IoT应用 |

AI技术与IOT技术 现状与痛点



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

如果我的 [AI设备] { $\left\{ \begin{array}{l} \text{看到} \\ \text{听到} \\ \text{感知到} \end{array} \right\}$ } 物体/声音/事件.....

那就做出 行动



如果护林员的 [相机] {看到} 一只熊，那就 拍一张高分辨率照片并通过网络发送到系统
如果住户家的 [拾音器] {听到} 玻璃破裂，那就 向住户和家人发送提示短信
如果工厂主的 [工业机器人] {感知到} 操作区域有人出现，那就 停机直到他们安全离开

如何识别一只猫

传统软件技术

- ▶ 描述一组规则来帮助软件程序寻找猫的特征：耳朵、三角形鼻子、胡须.....
- ▶ 很多例外：怎样从后面或者侧面识别？纯黑的猫怎样识别？被遮挡的猫怎样识别？如果猫没有腿怎样识别？
- ▶ 真的太难了！



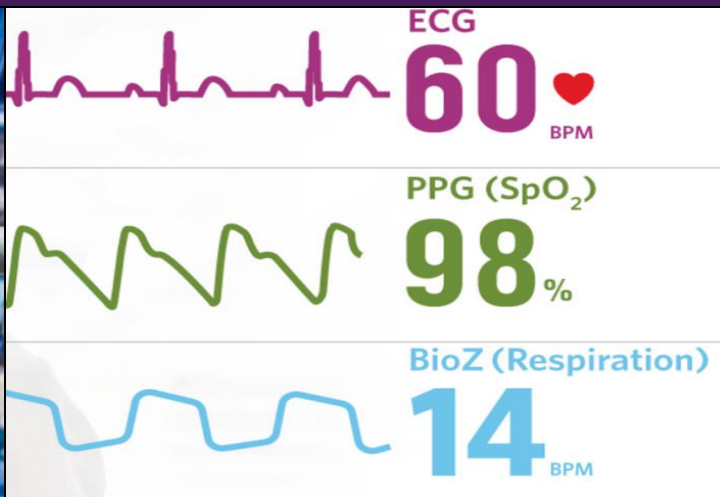
人工智能技术

- ▶ 使用一千万张不同姿势的不同种类的猫的照片训练
- ▶ 通过训练有素的卷积神经网络（大量数学运算）识别一张新图片
- ▶ 很确定图片里有一只猫！

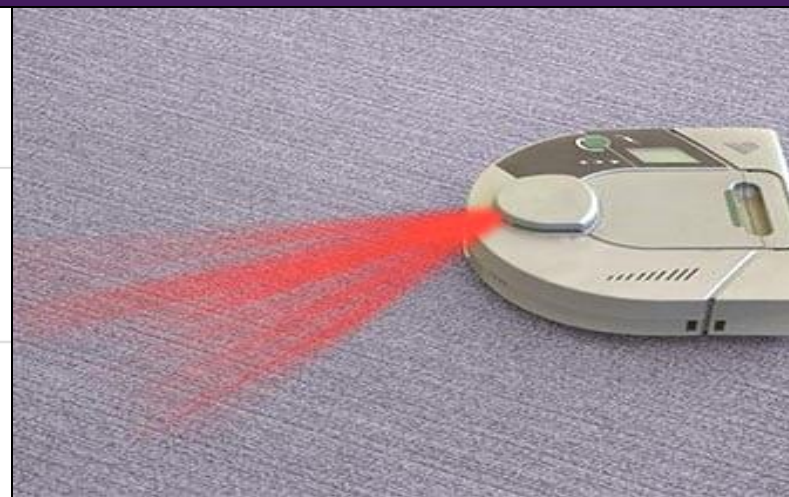
AI技术用例



工业

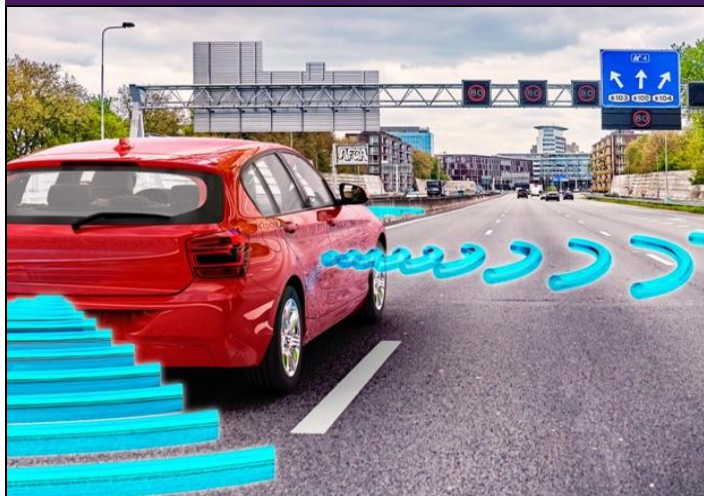


医疗



消费类

IoT技术用例



车联网



现代农业



智能家居

AI与IoT的技术痛点

► AI技术需要...

- 大量矩阵运算
- 大量存储空间和功耗
- 高功耗、高成本、高速度

► IoT技术需要...

- 较低功耗
- 低成本
- 不完全依赖于云端



ADI边缘AI技术 助力AI走入IOT实践



边缘AI技术



汽车领域



消费类领域
医疗领域



- ▶ ADI边缘AI解决方案MAX7800X系列
- ▶ 新颖的架构（ARM Cortex M4F/RISC-V内核 + CNN加速器）针对卷积神经网络进行了高度优化，旨在最大限度地减少数据迁移、提高并行性、减小电流消耗
- ▶ 除了加载和启动外，无需微控制器参与
- ▶ 无需外部存储器参与
- ▶ 灵活的时钟选项允许硬件以较高功耗快速运行或以较低功耗慢速运行

IoT应用场景考虑因素	选择	优缺点
功耗	低功耗微控制器	低速度、低运算复杂度
速度	FPGA/GPU/大型处理器	高成本、高功耗
成本	低成本微控制器/微处理器	低速度、低运算复杂度、高功耗
功耗、速度、成本	ADI方案（微控制器核 + 加速器）	完美平衡



功耗

相比于MCU+DSP解决方案，边缘AI定制的硬件加速器可以将功耗降低99%以上



速度

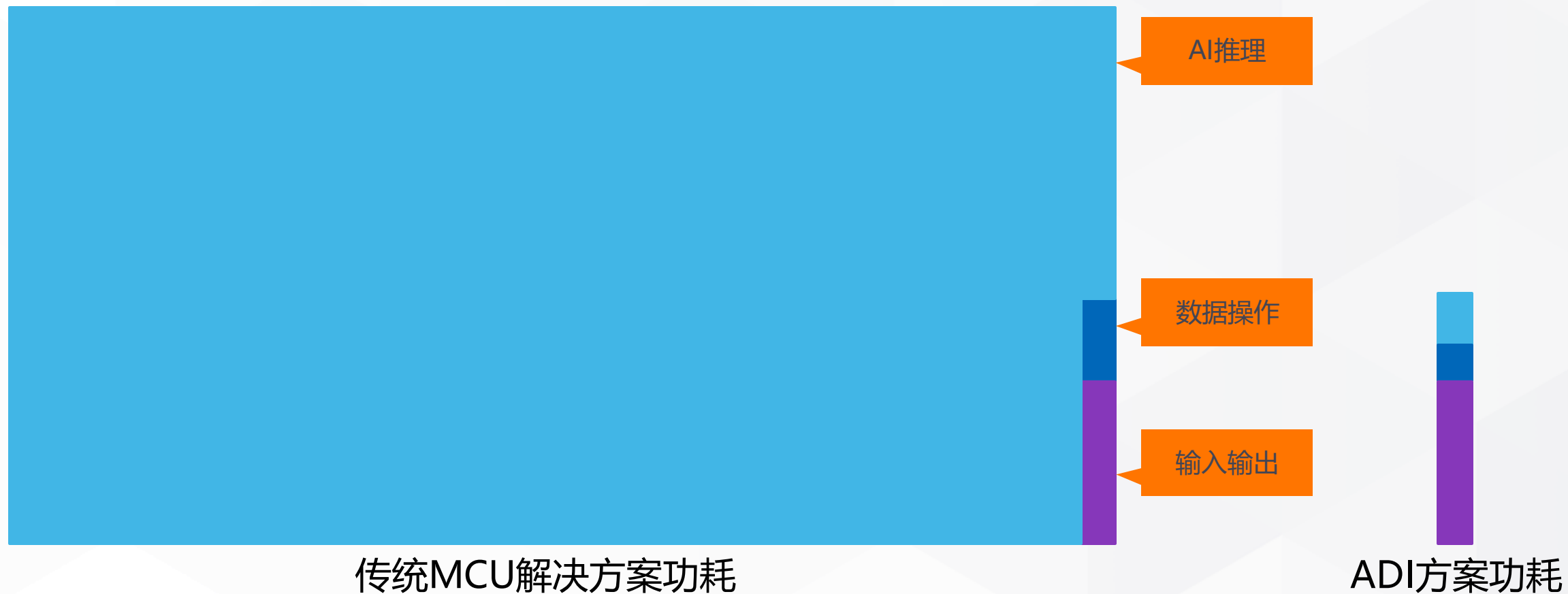
相比于纯MCU方案，边缘AI定制的硬件加速器具备更高的数据吞吐量，可将速度提高100倍以上



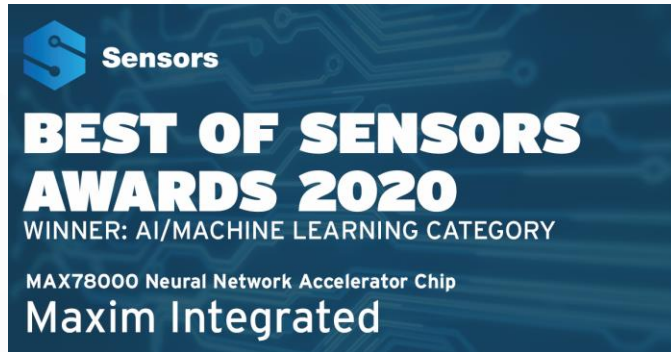
成本

成本远低于FPGA等方案，略高于MCU，但可以处理更复杂的细节

ADI边缘AI技术性能

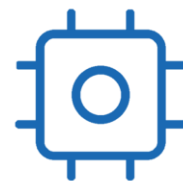


ADI边缘AI技术荣誉奖项





人工智能MCU



节省时间



无需外部存储



灵活时钟控制



超低功耗

ADI边缘AI低功耗微控制器

MAX78000 

超低功耗Arm Cortex-M4/RISC-V处理器，带基于FPU的微控制器和卷积神经网络加速器

MAX78002 

超低功耗Arm Cortex-M4/RISC-V处理器，带基于FPU的微控制器和卷积神经网络加速器

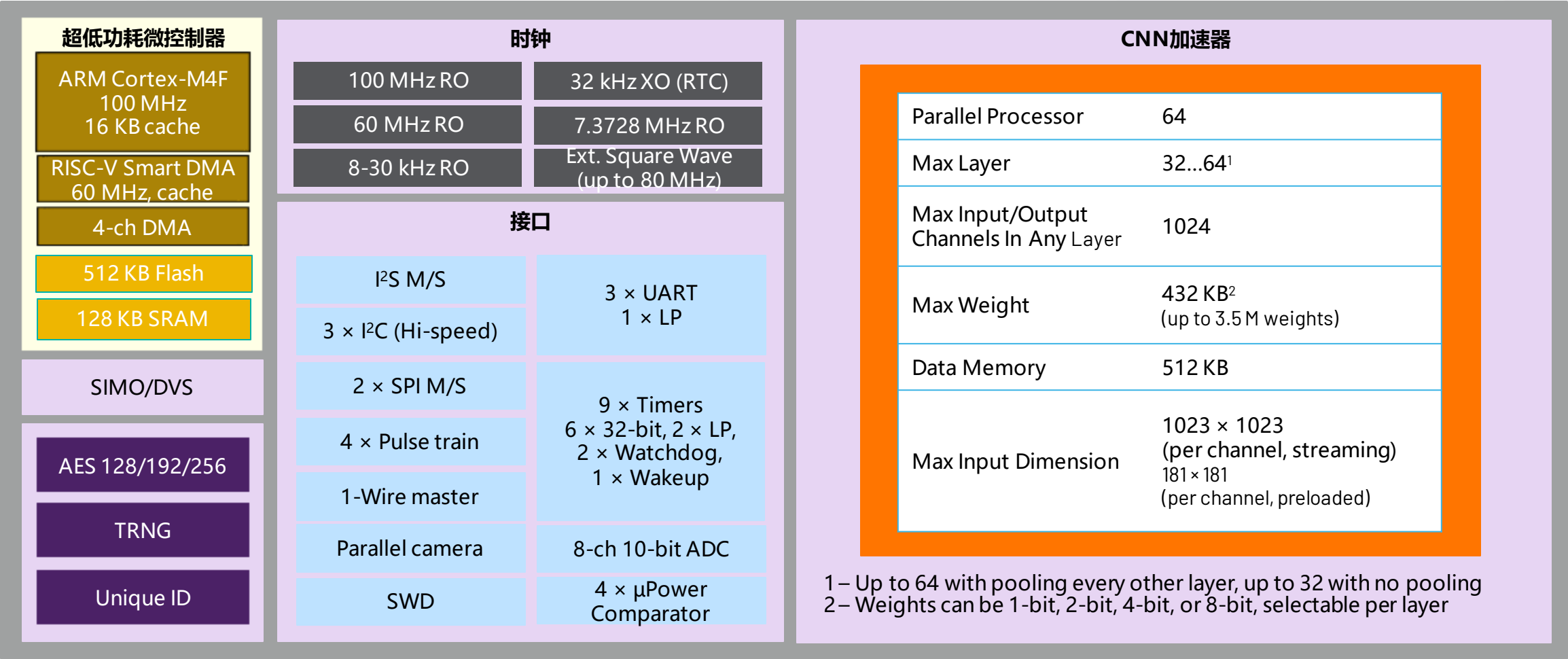


ADI边缘AI低功耗微控 制器 MAX7800X系列



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

边缘AI低功耗微控制器MAX78000



8 × 8mm 0.5mm 0.8mm pitch, BGA81

边缘AI低功耗微控制器MAX78000评估套件

优势

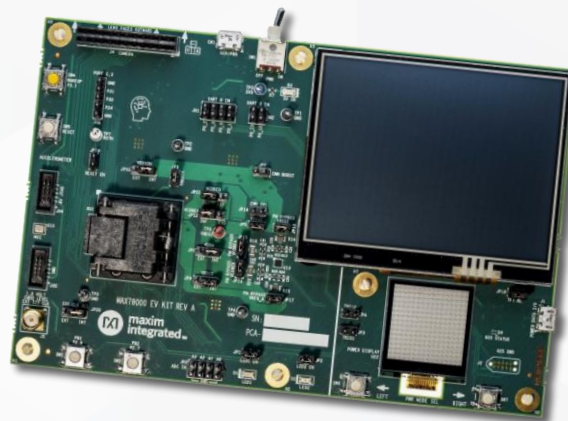
- 能够真正地在电池供电的边缘物联网设备上执行AI推理，同时单次能耗降低100倍
- 能够以1fps的速度对图像进行复杂的图像分析

特色

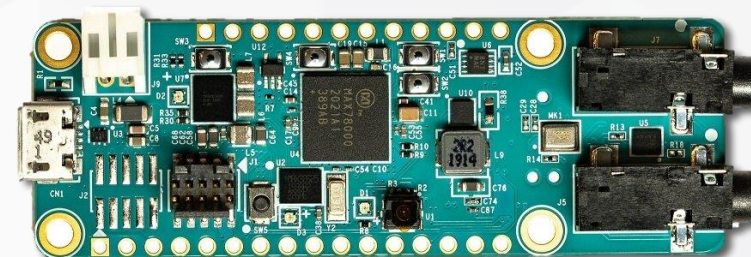
- 支持高达3.5M权重的卷积神经网络加速器
- 支持任意大数据输入的流模式
- 用于对CNN模块进行高效数据管理的低功耗RISC-V内核
- 用于系统管理的ARM Cortex M4F内核

应用

- 机器视觉/图像分析
- 自然语言处理
- 多传感器时间序列分析（例如：预测运动健康、心率等）

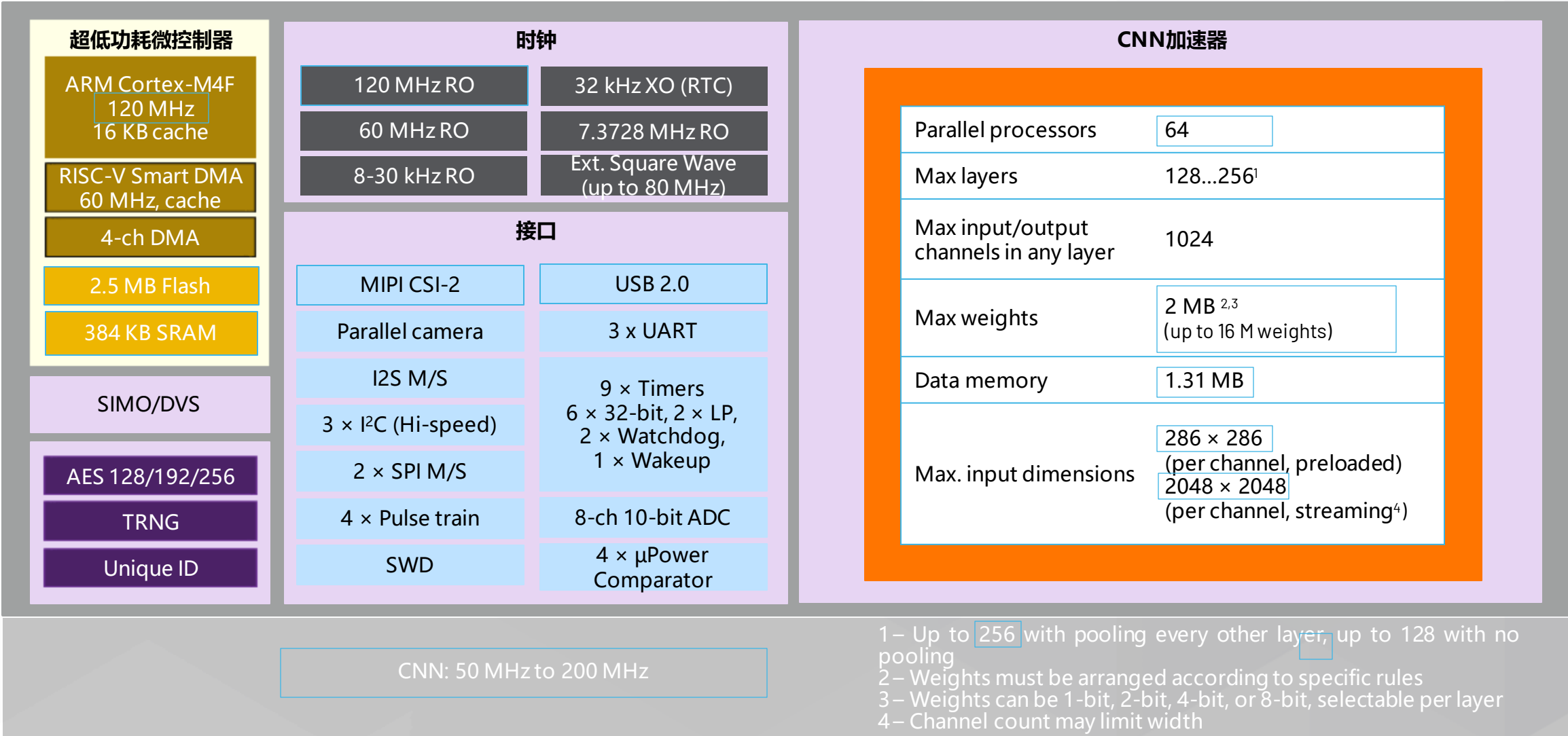


MAX78000EVKIT#



MAX78000FTHR#

边缘AI低功耗微控制器MAX78002



12mm x 12mm, 0.8mm pitch, 144 CSBGA

边缘AI低功耗微控制器MAX78002评估套件

优势

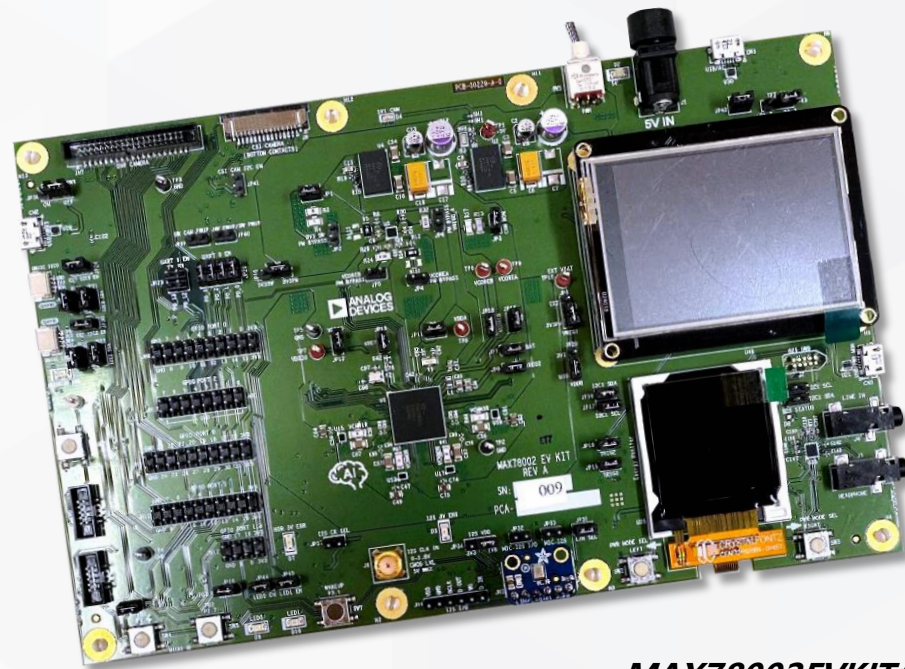
- 能够真正地在电池供电的边缘物联网设备上执行AI推理，同时单次能耗降低100倍
- 能够以1fps的速度对HD图像/视频进行复杂的分析

特色

- 支持高达16M权重的卷积神经网络加速器
- 支持任意大数据输入的流模式
- 用于对CNN模块进行高效数据管理的低功耗RISC-V内核
- 用于系统管理的ARM Cortex M4F内核

应用

- 机器视觉/HD图像视频分析
- 自然语言处理
- 多传感器时间序列分析
- 背景噪音抑制



MAX78002EVKIT#

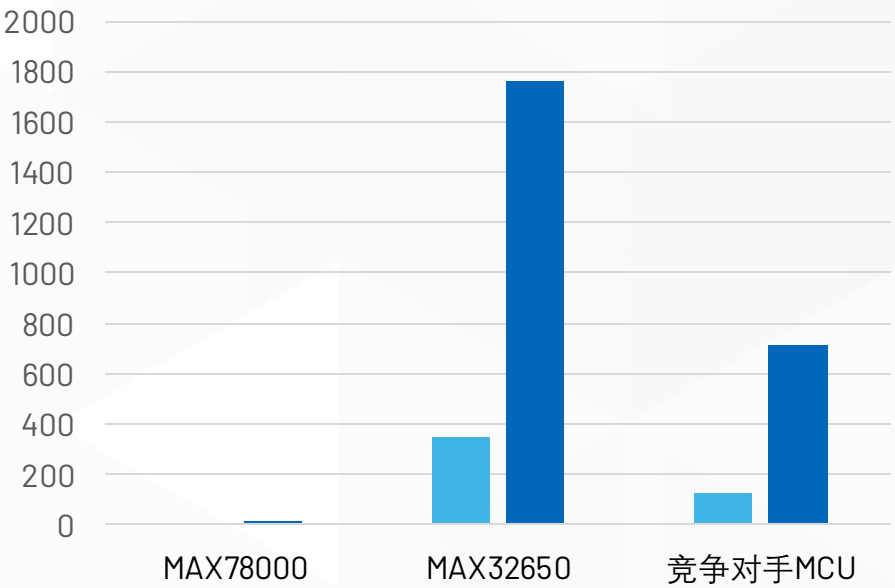
MAX7800X系列性能

	MAX78000	MAX78002 (支持4倍模型的大小)
内核	Cortex M4F + RISC V	Cortex M4F + RISC V
内核频率	100MHz / 60MHz	120MHz / 60MHz
内核存储空间	512KB Flash + 128KB SRAM	2.5MB Flash + 384KB SRAM
CNN加速器存储空间	432KB 权重 + 512KB 数据	2MB 权重 + 1.31MB 数据
CNN加速器频率	50MHz	200MHz
最大层数	64	256
最大每层通道数	1024	1024
最大输入维度	1024 × 1024	2048 × 2048

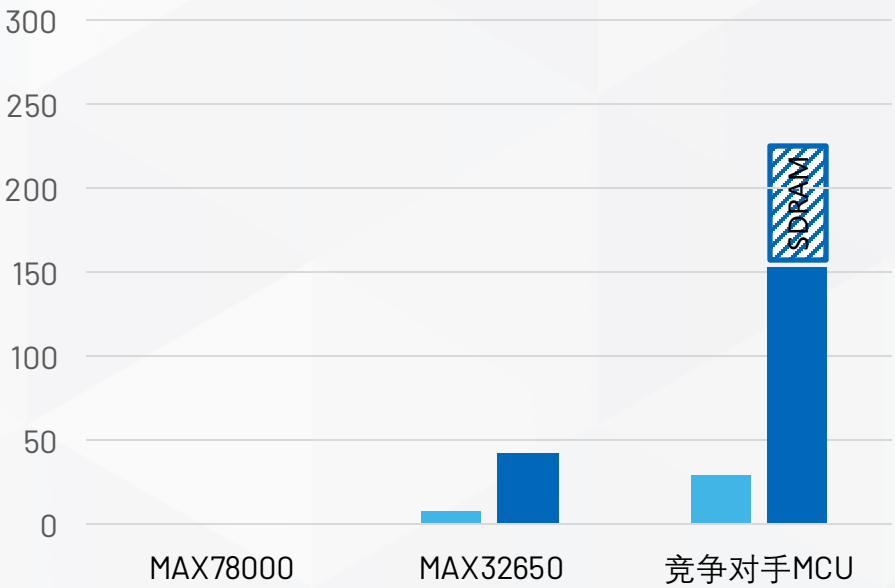
MAX7800X系列性能

MAX78000 AI基准测试

推理时间 (ms)



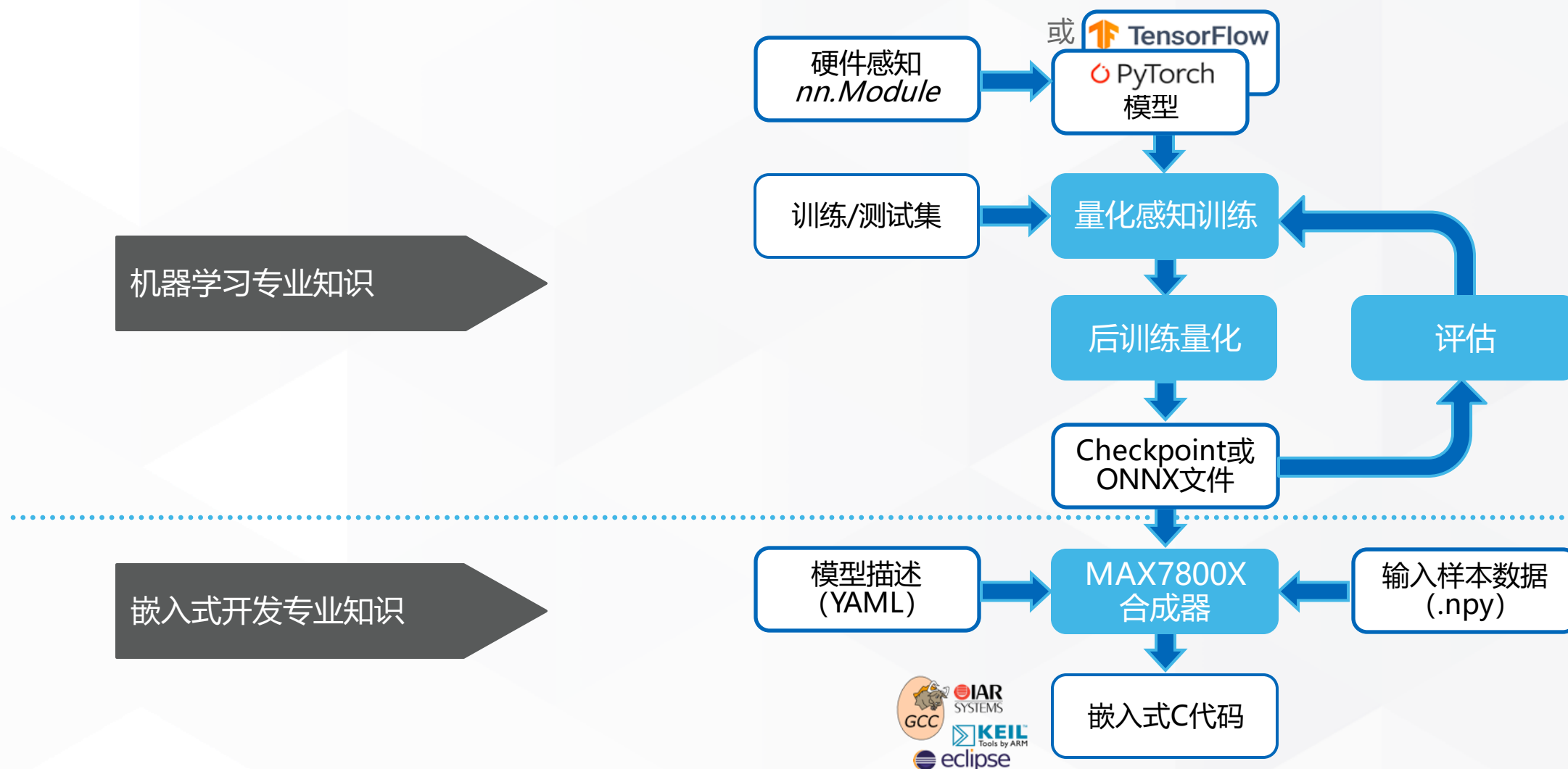
推理能耗 (mJ)



数据集	MACC	MAX78000 CNN at 50 MHz ¹ , 1.2V	MAX32650 ² Cortex-M4, 120 MHz, 1.2V	竞争对手MCU ² Cortex-M7, 216 MHz, 2.1V
 KWS20	13,801,088	2.0ms, 0.14mJ	350ms, 8.37mJ	125ms, 30.1mJ ³
 FaceID	55,234,560	13.89ms ⁴ , 0.40mJ	1760ms ⁵ , 42.1mJ	714ms ⁵ , 153mJ + 59mJ ⁶

¹ 280亿次操作每秒
² 带CMSIS-NN的ARM DSP，运行与MAX78000相同的INT8网络
³ 带内部存储器的竞品
⁴ 包括加载输入时间
⁵ 不包括加载输入时间
⁶ 竞品 + 外部3.3V SDRAM + SDRAM控制器

MAX7800X系列开发流程



PyTorch is a trademark of Facebook, Inc.
TensorFlow is a trademark of Google, Inc.

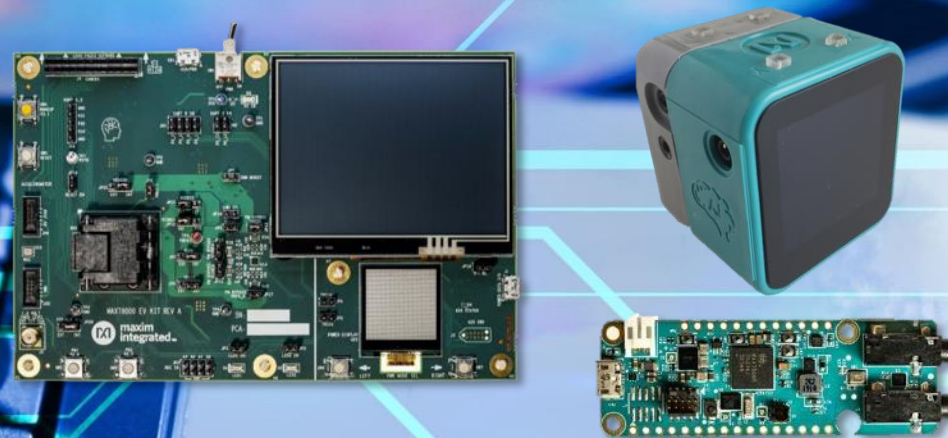
MAX7800X系列支持资源



<https://www.analog.com/cn/index.html>
数据手册、文档、评估套件、视频、笔记



<https://github.com/MaximIntegratedAI>
文档、工具、例程



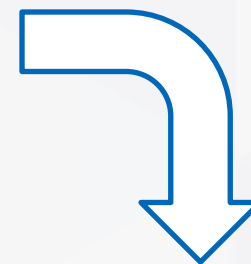
GITHUB is a trademark and brand
of GitHub, Inc.

ADI方案的IOT应用

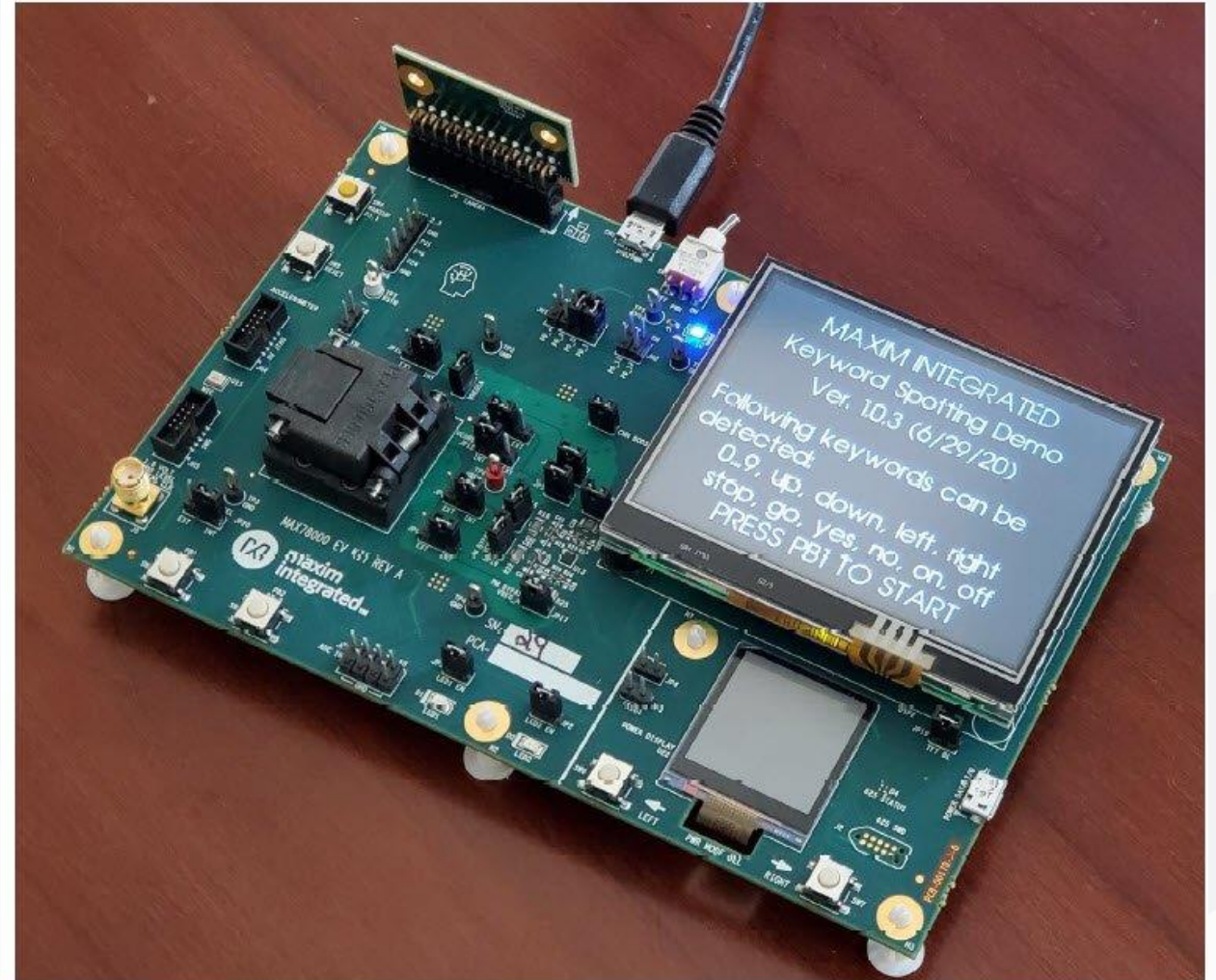
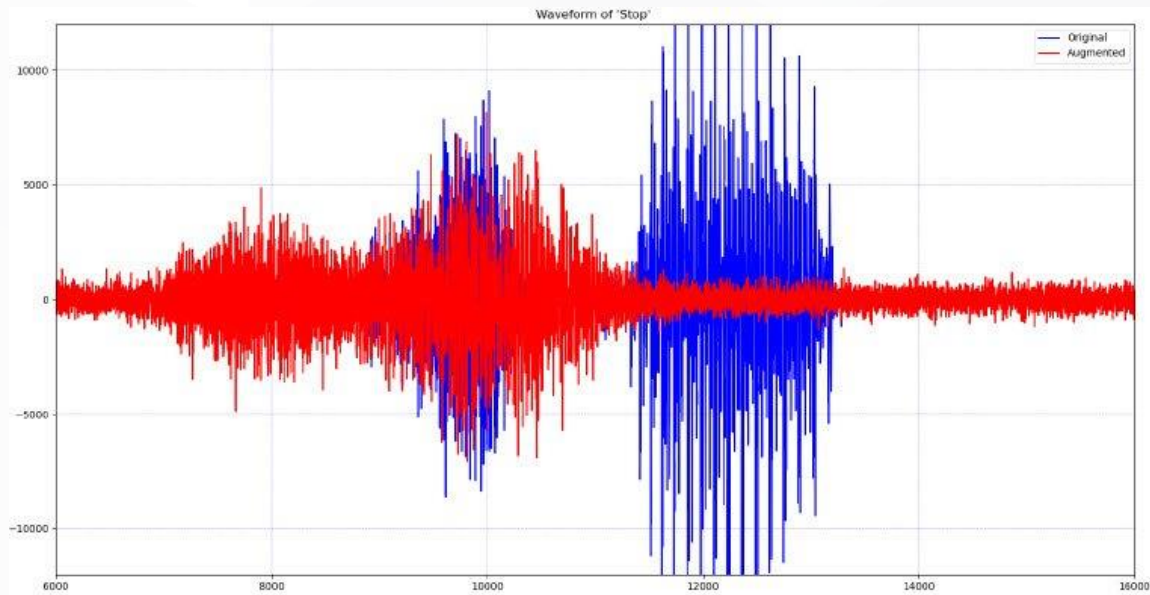


AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

ADI边缘AI产品的视觉识别应用



ADI边缘AI产品的听觉识别应用



ADI边缘AI相机模组MAXREFDES178



ADI微控制器产品概览

赋能工业消费类IOT应用



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

出货量超1 Billion

1995-2002
8051系列



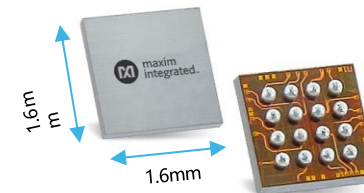
2004至今
MAXQ®系列



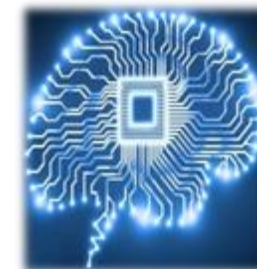
2012至今
ARM® – 90nm



2017至今
ARM – 40nm

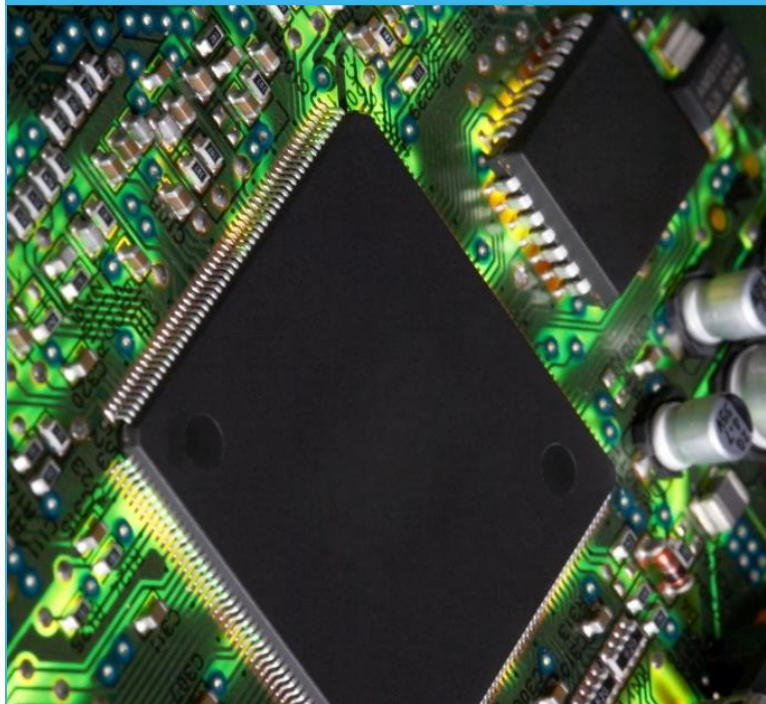


2020至今
ARM – AI



Arm is a registered trademark of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and/or elsewhere

低功耗MCU



特色

小体积、低功耗、大存储

应用

工业、物联网、医疗、可穿戴等

安全MCU



特色

抗攻击的加密能力和安全系统架构

应用

移动支付终端、读卡器等

人工智能MCU



特色

边缘AI

应用

物联网、消费类等

ADI低功耗微控制器与安全微控制器

低功耗 MCU



超低功耗



高性能



丰富资源



集成蓝牙 (部分)

安全 MCU



集成安全存储器 (NV
SRAM)



符合 EMV、PCI
和 FIPS 标准



实时代码与数据加
密专利



安全启动与
ChipDNA™
PUF 技术

ADI低功耗微控制器与安全微控制器

MAX32655	低功耗双核Arm Cortex®-M4微控制器，带FPU、ADC和Bluetooth® LE 5.2，适用于可穿戴应用
MAX32666	低功耗ARM Cortex-M4微控制器，带FPU、ADC和Bluetooth LE 5，适用于可穿戴应用
MAX32670	高可靠性、超低功耗Arm Cortex M4微控制器，带FPU，适用于工业和物联网应用
MAX32660	超小型、超低功耗Arm Cortex-M4微控制器，带FPU，适用于可穿戴应用
MAX32675	超低功耗Arm Cortex-M4微控制器、带FPU、ADC/DAC、适用于工业应用
MAX32680	超低功耗Arm Cortex-M4微控制器、带FPU、ADC/DAC和Bluetooth® LE 5.2，适用于工业应用
MAX32558	DeepCover® 安全ARM Cortex-M3微控制器
MAX32550	ChipDNA™ 安全ARM Cortex-M4微控制器

Cortex is a registered trademark of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and/or elsewhere
The Bluetooth word mark and logos are registered trademarks owned by Bluetooth SIG, Inc.

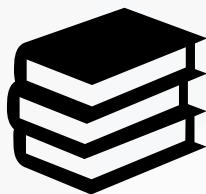
ADI微控制器产品概览

 人工智能MCU	52 GPIO MAX78000 128KB RAM/512kB FLASH Convolutional Neural Network (CNN) 100 MHz Cortex M4F			60 GPIO MAX78002 384KB RAM/2.5MB FLASH Convolutional Neural Network (CNN) 120 MHz Cortex M4F	
 安全MCU	27 GPIO MAX32558 96KB RAM/512KB FLASH 60 MHz Cortex M3	70 GPIO MAX32550 256KB RAM/1MB FLASH 108 MHz Cortex M3	68 GPIO MAX32560 384KB RAM/1MB FLASH 108 MHz Cortex M3	105 GPIO MAX32570 760KB RAM/1MB FLASH 150 MHz Cortex M4F	27 GPIO MAX32520 170KB RAM/2MB FLASH 120 MHz Cortex M4F
 低功耗MCU	14 GPIO MAX32660 96KB RAM/256KB FLASH 96 MHz Cortex M4F	31 GPIO MAX32670/1 160KB RAM/384KB FLASH 100 MHz Cortex M4F	42 GPIO MAX32672 200KB RAM/1MB FLASH 100 MHz Cortex M4F	66 GPIO MAX32630/1/2 512KB RAM/2MB FLASH 96 MHz Cortex M4F	105 GPIO MAX32650/1/2 1MB RAM/3MB FLASH 120 MHz Cortex M4F
	23 GPIO MAX32675 160KB RAM/384KB FLASH 100 MHz Cortex M4F (Precision Analog + HART)				
 低功耗带蓝牙MCU	36 GPIO MAX32680 ● 180KB RAM/512KB FLASH 100 MHz Cortex M4F (Precision Analog + HART)	52 GPIO MAX32655 ● 160KB RAM/512KB FLASH 100 MHz Cortex M4F	48 GPIO MAX32665/6 560KB RAM/1MB FLASH 2 × 96 MHz Cortex M4F	104 GPIO MAX32690 ● 1MB RAM/3MB FLASH 120 MHz Cortex M4F (Coming Soon)	

● RISC-V Radio Coprocessor ● Most products require NDA.

更多MCU产品: ADI官方网页
<https://www.analog.com/cn/index.html>

ADI微控制器支持资源



mbed

 **KEIL™**
Tools by ARM

 **IAR**
SYSTEMS

 **eclipse**



多种评估套件、开
发板与参考设计

丰富的软件库和设
计文档

编译与调试IDE

线上线下技术支持
FAE/ADI中国技术
支持中心

KEIL and Mbed are registered trademarks or trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and/or elsewhere.
IAR Systems is a registered trademark owned by IAR Systems AB
ECLIPSE is a trademark and brand of Eclipse, Inc.

Q&A

联系ADI中国技术支持中心

CIC.CHINA@ANALOG.COM

TEL: 400 6100 006



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™



掌上浏览
随时随地

□ 在线培训

通过丰富的培训课程和直播课程，与ADI各领域专家进行沟通并建立更深层的联系。**直播课程**中ADI专家在线解答您的疑问；深度定制的**培训课程**从基础概念讲到设计技巧，再到系统优化、实战开发。它们，都是您技术进阶之路上不可或缺的资源。

□ 电子书

ADI智库**独家制作的电子书**是将现有的中文技术资料进行分类发布，从应用、主题和资源类型等不同角度出发对海量资料进行了优化以及整理，每一本都是您系统设计的首选参考资料。

□ 解决方案

想要找到不同产品对应的解决方案？来ADI智库，搜索关键词智能匹配，**一键浏览并能下载至个人邮箱**，随时随地，想看就看。

□ 最新视频

本频道第一时间为您带来ADI的首发视频资料，更有原汁原味**本土化内容**。了解ADI最新动态，看最新视频就对了！



扫码了解更多

ADI MAX78000
超低功耗人工智能解决方案