



**INDUSTRIAL
SUMMIT 2024**
POWERING YOUR SUSTAINABLE INNOVATION



意法半导体将边缘AI变为现实

Wendy LI

1 简介

2 边缘AI

3 面向边缘AI的STM32

简介

现如今，AI技术无处不在，利用各类软硬件，即可将AI植入到您的产品中

让AI成为可能



让边缘AI成为可能



在微控制器和传感器中嵌入AI

让数十亿台设备
变得更好



超低延迟
实时应用

01
10

减少数据传输
生成有意义的信息



增强隐私和安全性
云中无数据共享

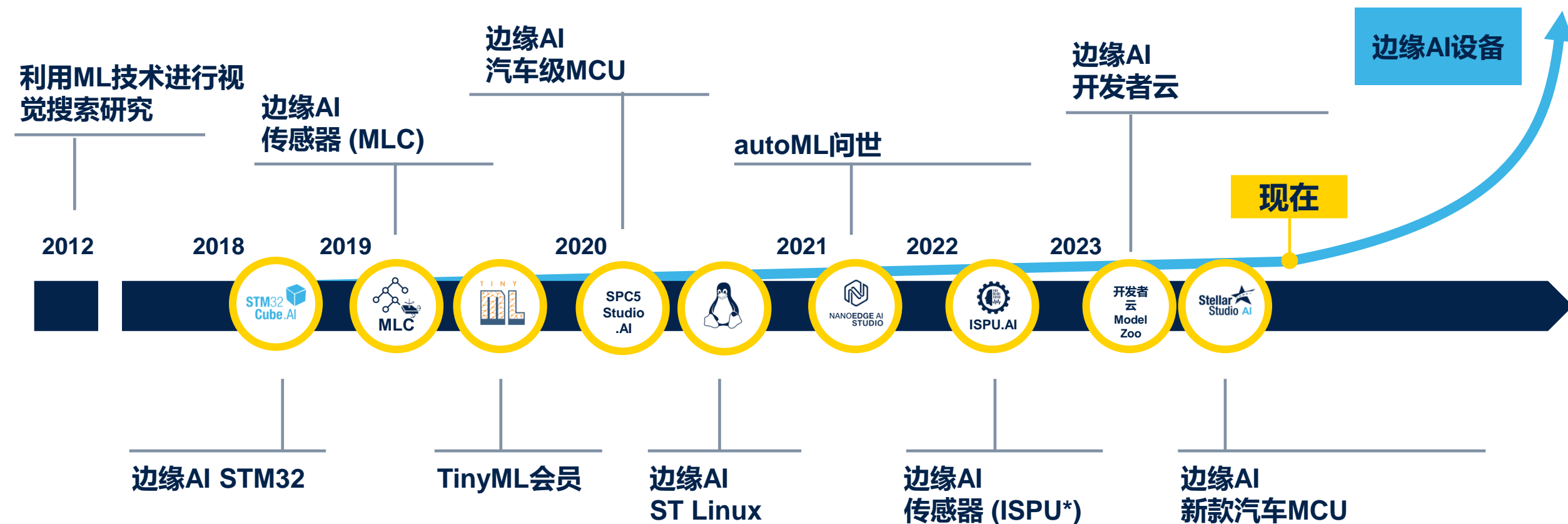


可持续能源
低数据、低功耗



降低推理成本，实现全新运行等级

历经十余年的研究、开发和部署





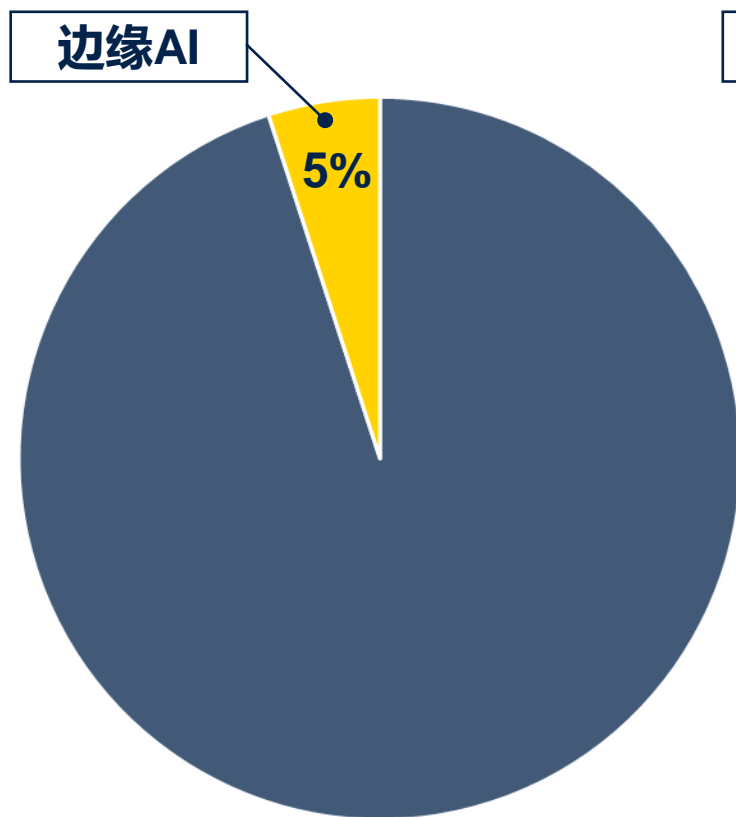
利用10多年来对边缘AI的投资，使边缘AI能够通过全面的硬件和软件堆栈实现崛起，从而解决广泛的机器学习用例。

提供**硬件加速**：

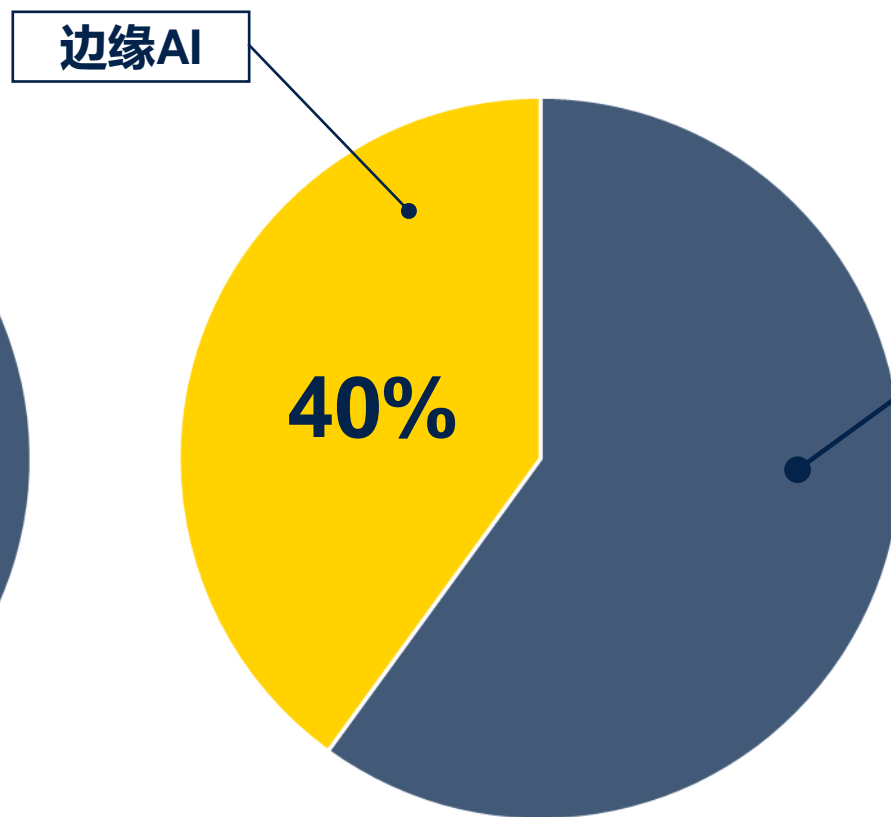
- 以实惠的成本提供高性能
- 适用于各种微控制器，以解决多种应用。

得益于集成到**丰富生态系统**中的各种**免费软件工具**，改善了开发者使用AI的体验。

边缘AI的应用正在急速升温



2020



2023

80%尚未开始的客户有意向在2024年启动边缘AI项目

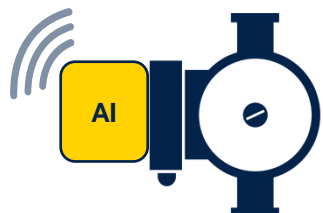
客户正在将智能化功能嵌入其产品



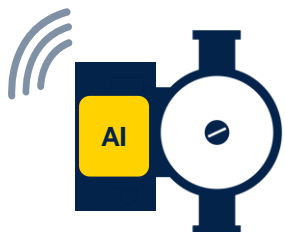
独立
(无AI)



连接
(云AI)



上市后
边缘AI



嵌入式
边缘AI

参与/目标客户群

- **工业设备**: 异常检测、预测性维护
- **太阳能电池板**: 预测性维护、电弧故障检测
- **家用电器**: 能源优化、环境识别
- **电源工具**: 安防、电池管理、用户适应
- **空调**: 预测性维护、能源优化
- **电池**: 电池生命周期管理
- **智能家居**: 户外相机、门铃、智能扬声器、婴儿摄像头
- **智能建筑**: 门禁、能源优化
- **智慧城市**: 交通监控与优化、智能路灯
- **机器人**: 割草机、自动吸尘器
- **条形码阅读器**: 增强条形码读取
- **可穿戴设备**: 活动跟踪、安防、跌倒检测

洗衣机使用**先进的电机控制算法**来称重衣物，并优化水、洗涤剂 and 能源的使用



~15-40%
每个洗涤周期的节能

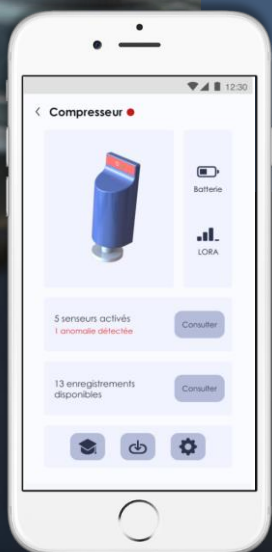
大型家用电器的领导者
每年**百万**台
始于2024年

为电动自行车增加胎压功能无需任何新硬件

虚拟传感器
通过e-电机电流消耗测量
胎压

亚洲电动自行车制造商
每年数十万台，始于2024年

售后预测性维护具有无线连接的智能传感器



预测性维护
多传感器和设备学习

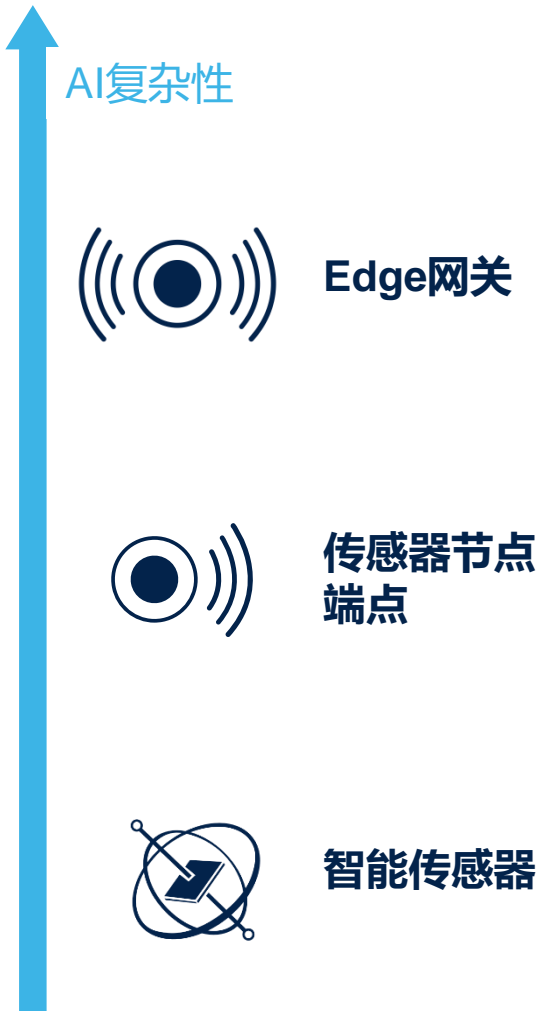
氧电子
部署在沃尔沃卡车制造厂

通过避免过热和电池耗尽 优化笔记本电脑电源策略

智能情境检测
包进/包出-置于桌面


边缘AI

边缘AI解决方案




解决方案


STM32 32位
微处理器，带
ARM® Cortex®-M内核，
嵌入式存储器和外设



STM32 32位
微处理器，带
ARM Cortex-M内核，
嵌入式存储器和外设



先进传感器可以单独使用或与
MCU/MPU结合使用，可进一步提高
节能效果






工具

TensorFlowLite
& X-Linux-AI
+ STM32Cube.AI



STM32Cube.AI + NanoEdge AI工具，
可创建和优化机器学习和
人工智能网络
适用于STM32 MCU和MPU



具有ISPU、MLC和FSM的当
前一代智能传感器，可实现
ML处理



带来先进的计算能力，以实现一众全新的嵌入式机器学习应用

Embedded AI hardware accelerator



配备智能传感器处理单元 (ISPU) 的传感器用于传感器内边缘AI处理。



STM32N6为STM32产品线添加了神经加速功能，在MCU中实现了出色的性能水平。



STM32MP2为嵌入式Linux世界带来了神经加速。

特色产品引领智能巅峰



MLC

机器学习内核

传感器内分类引擎基于决策树逻辑

- **极低功耗**传感器
- 通过更好的情境可检测性**提高准确性**
- **卸载**主处理器，改进系统效率



ISPU

智能传感器 处理单元

高度专业化的DSP
面向机器学习和处理

- 得益于**优化的数据传输**，系统级的**超低功耗**
- **具有AI可编程内核**的高处理能力
- 综合**生态系统**

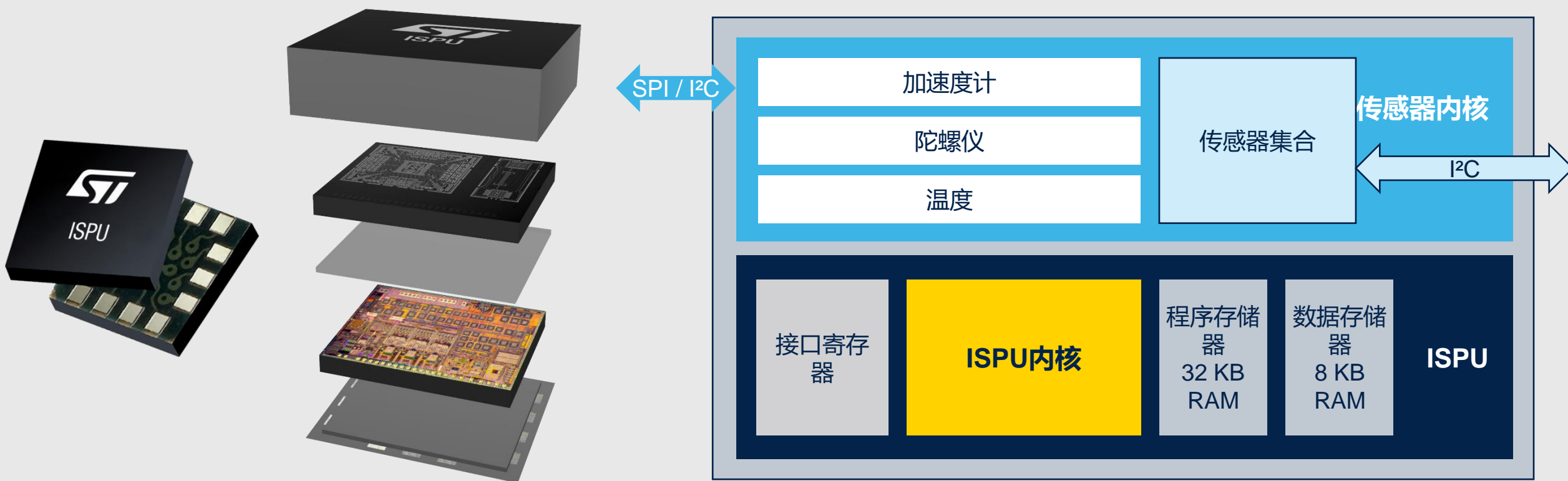


NANOEDGE AI

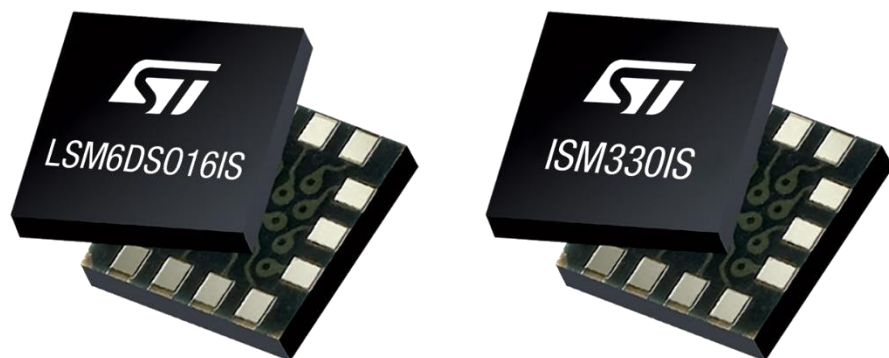
传感器集合功能，可连接外部标准传感器

ISPU: 架构

DSP用于实时处理和人工智能



用于实时处理和人工智能



- FS: ± 2000 dps, ± 16 g
- I_{dd} 0.59 mA (组合模式)
- 轴噪声 ($70\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$)
- 陀螺仪噪声 $3.8\text{mdps}/\sqrt{\text{Hz}}$
- 10MHz时钟, RAM 40 KB

优化

功耗 vs. 性能

标准封装

3 x 2.5 x 0.83 mm

效率

浮点型、二进制神经网络、混合二进制神经网络

互操作性

机器学习和深度学习

智能传感器中的边缘处理示例

智能传感器在低功耗下实现的解决方案，让您高枕无忧



6 μ A 腕戴式设备的人体活动识别

6 μ A 健身活动识别

41 μ A 硬摔检测

9 μ A 手腕倾斜

14 μ A 有人倒下

226 μ A 传感器融合 6轴

95 μ A 点击检测

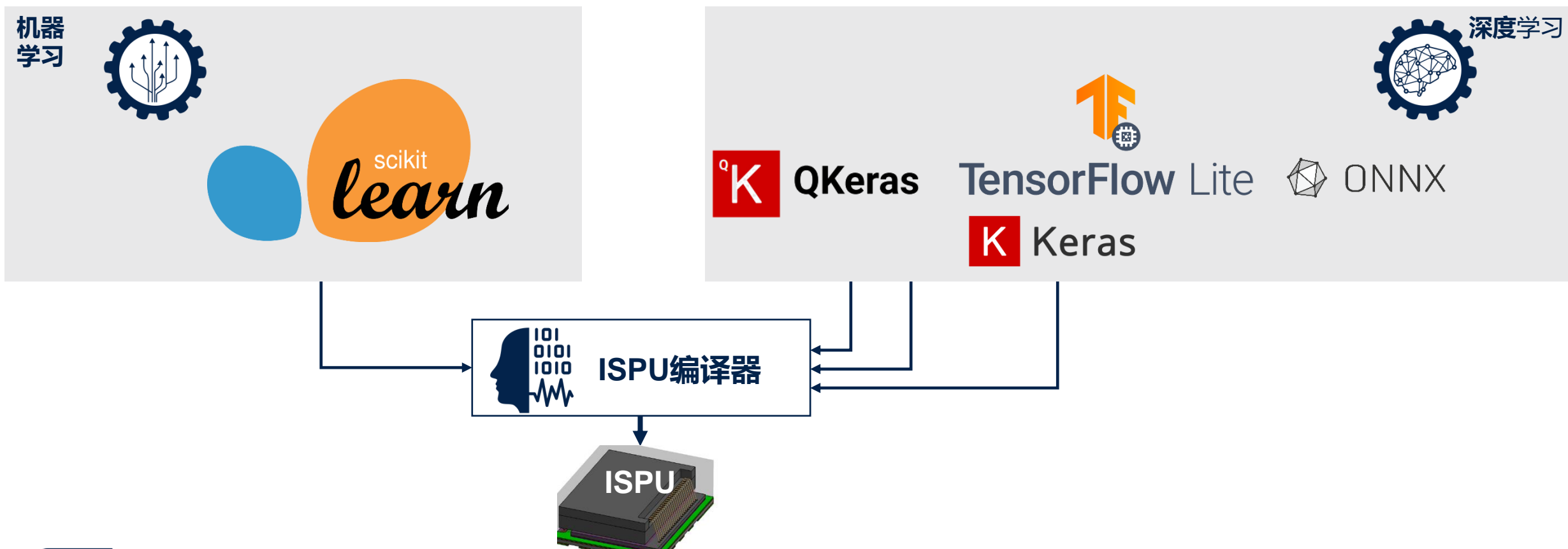
4.5 μ A 计步器

130 μ A 语音活动检测

21 μ A 磁力计校准

传感器内机器学习和深度学习







ISPU可提供更多的选择和自由度



面向边缘AI的STM32



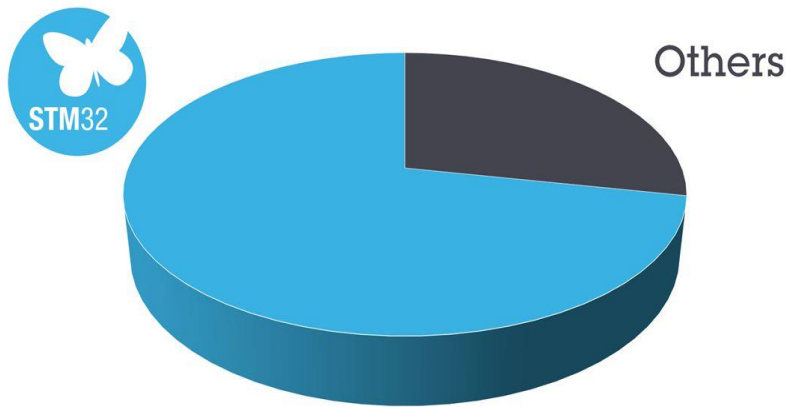
让所有STM32产品组合都能使用边缘AI

	MPU					<div>STM32MP1</div> 高达1 GHz Cortex-A7 209 MHz Cortex-M4	<div>STM32MP2</div> 双1.5 GHz Cortex-A35 400 MHz Cortex-M33	
	高性能MCUs		<div>STM32F2</div> 高达398 CoreMark 120 MHz Cortex-M3	<div>STM32F4</div> 高达608 CoreMark 180 MHz Cortex-M4	<div>STM32F7</div> 1082 CoreMark 216 MHz Cortex-M7	<div>STM32H5</div> 高达1023 CoreMark 250 MHz Cortex-M33	<div>STM32H7</div> 高达3224 CoreMark 高达550 GHz Cortex -M7 240 MHz Cortex-M4	<div>STM32N6</div> 600 Gops Neural-ART 800MHz Cortex -M55
	主流MCUs	<div>STM32F3</div> 245 CoreMark 72 MHz Cortex-M4		<div>STM32G4</div> 569 CoreMark 170 MHz Cortex-M4	<div>混合信号MCU</div>			
	超低功耗MCU	<div>STM32C0</div> 114 CoreMark 48 MHz Cortex M0+	<div>STM32F0</div> 106 CoreMark 48 MHz Cortex-M0	<div>STM32G0</div> 142 CoreMark 64 MHz Cortex-M0+	<div>STM32F1</div> 177 CoreMark 72 MHz Cortex-M3			
			<div>STM32L0</div> 75 CoreMark 32 MHz Cortex-M0+	<div>STM32L4</div> 273 CoreMark 80 MHz Cortex-M4	<div>STM32L4+</div> 409 CoreMark 120 MHz Cortex-M4	<div>STM32L5</div> 443 CoreMark 110 MHz Cortex-M33	<div>STM32U5</div> 651 CoreMark 160 MHz Cortex-M33	
	无线MCU	<div>BlueNRG</div> 蓝牙LE 5.4 高达64 MHz Cortex-M0+	<div>Spirit</div> Sub-GHz超低功率收发器	<div>STM32WL</div> 162 CoreMark 48 MHz Cortex-M4 48 MHz Cortex-M0+	<div>STM32WB</div> 216 CoreMark 64 MHz Cortex-M4 32 MHz Cortex-M0	<div>STM32WBA</div> 407 CoreMark 100 MHz Cortex-M33		



STM32是嵌入式AI的理想平台

ML Commons ML Perf Tiny基准测试



**#1通用型
MCU供应商**

**多年顶尖贡献者
边缘AI基准测试**

唯一提供MCU基准测试的在线平台

ST产品品类

实现主要边缘AI技术

传感（时间序列）



异常情况检测



音频



视频



HORSE + DOG + CAT

适用于任何用户配置文件的软件工具

传感

AD



NANOEDGE AI
STUDIO

面向STM32 MCU的用户友好型Auto-ML工具

SENSING

AUDIO

VISION



STM32 MCU的AI模型优化器和代码生成器

SENSING

AUDIO

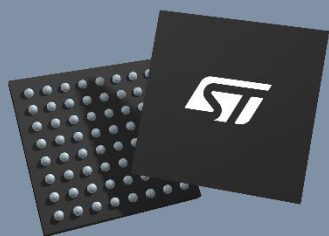
VISION



X-LINUX-AI

STM32 MPU的完整AI框架

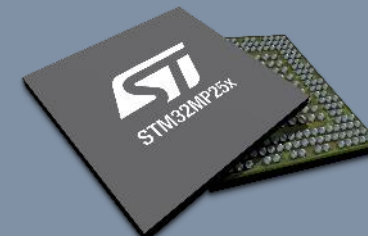
多种通用和加速硬件可供选择



STM32 MCU



STM32N6 MCU
(即将上市)



STM32MP1 & STM32MP2 MPU

适用于具有AI专业知识的团队

STM32Cube.AI助您加速嵌入式开发



在STM32上轻松评估、转换和部署机器学习和深度神经网络
与STM32Cube MCU开发环境集成的AI扩展，可直接针对目标**优化**和**调整**模型。

- 利用主要的AI框架开发和训练模型



- STM32上的最佳机器学习性能 (MLPerf™ Tiny基准测试)
- 直接在目标上验证性能
- 占用空间小，可在任何STM32上运行

STM32Cube.AI解决方案



X-CUBE-AI
STM32CubeMX扩展包



开发者云
工具在线版本



STM32 board farm
在线性能基准测试设施

STM32
Cube.AI



STM32 Model Zoo
专用GitHub报告



入门指南
教程 + 代码示例



合作伙伴
专用合作伙伴生态系统

STM32 Cube.AI 提供两个版本，用于在STM32部署AI

加载您训练过的神经网络模型

或者从STM32 model zoo里挑选一个



via



PyTorch



MATLAB

via



TensorFlow

优化并验证您的神经网络模型



STM32Cube.AI桌面版



STM32Cube
e生态系统



命令行界面

STM32Cube.AI开发者云



在线
平台

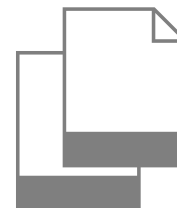


REST
API



基准测试工具

生成STM32的优化代码



STM32的优化模型代码

STM32基准测试工具

独树一帜，在真实的STM32板上远程评估模型性能



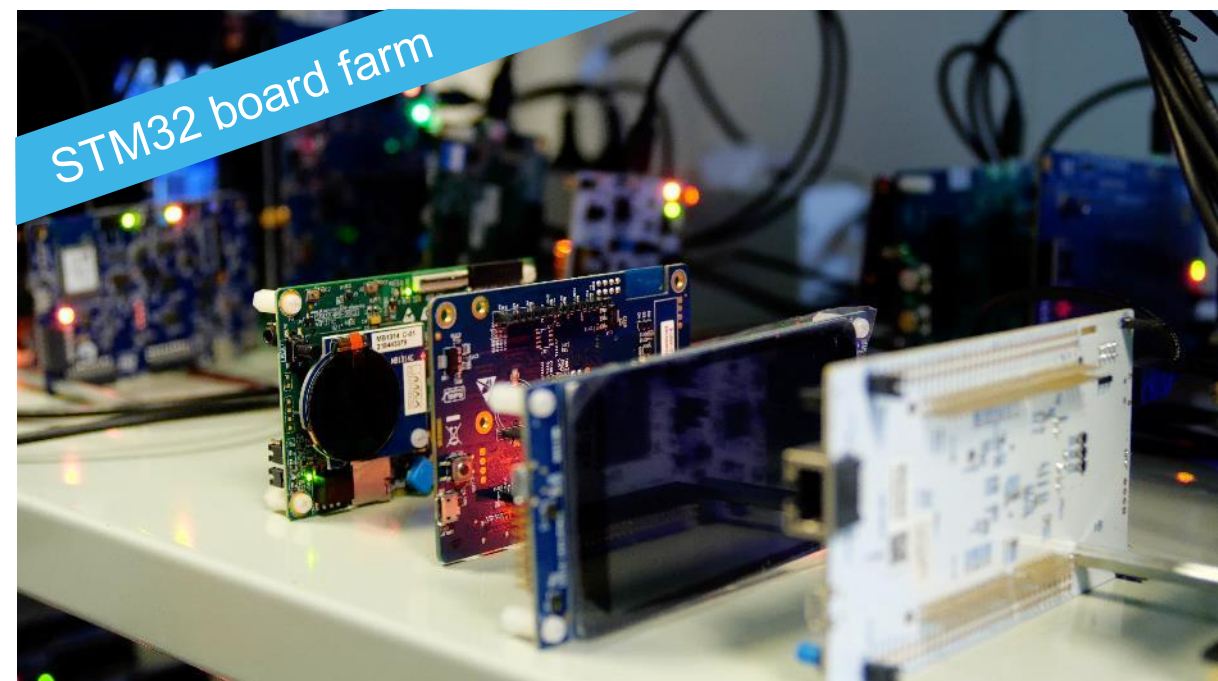
从STM32上运行的优化模型中获取实时推理时间



各种STM32板上的基准型号
为您的应用找到合适的电路板



访问新款设备
Board Farm将持续更新可用的新板



针对STM32优化的、面向应用的模型集合

人类活动识别



运动传感

图像分类



计算机视觉

音频事件检测



音频分类

对象检测



计算机视觉



GitHub托管



模型训练脚本

- 用于生成和验证的脚本



开始使用应用包

- 根据训练好的模型自动生成
- 易于部署以进行端到端评估

新版本4.5!

NanoEdge AI Studio

自动化ML设计解决方案NanoEdge AI Studio

NANOEDGE AI
STUDIO 

为STM32生成超优化的ML库

ML模型基准测试，加快开发时间

持续实施先进的ML：不需要特定的AI技能

用于AI开发流程的NanoEdge AI Studio

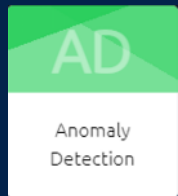


数据记录工具

NANOEDGE AI
STUDIO



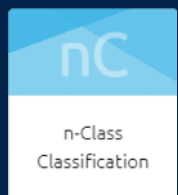
先进的机器学习带来更智能的产品



“

我想预测产品故障

工业泵能够**学习**自身的最佳操作模式，并**自行**检测异常



“

我想确定活动、环境和使用情况

智能手表在不使用连接功能的情况下可对人类活动识别进行分类



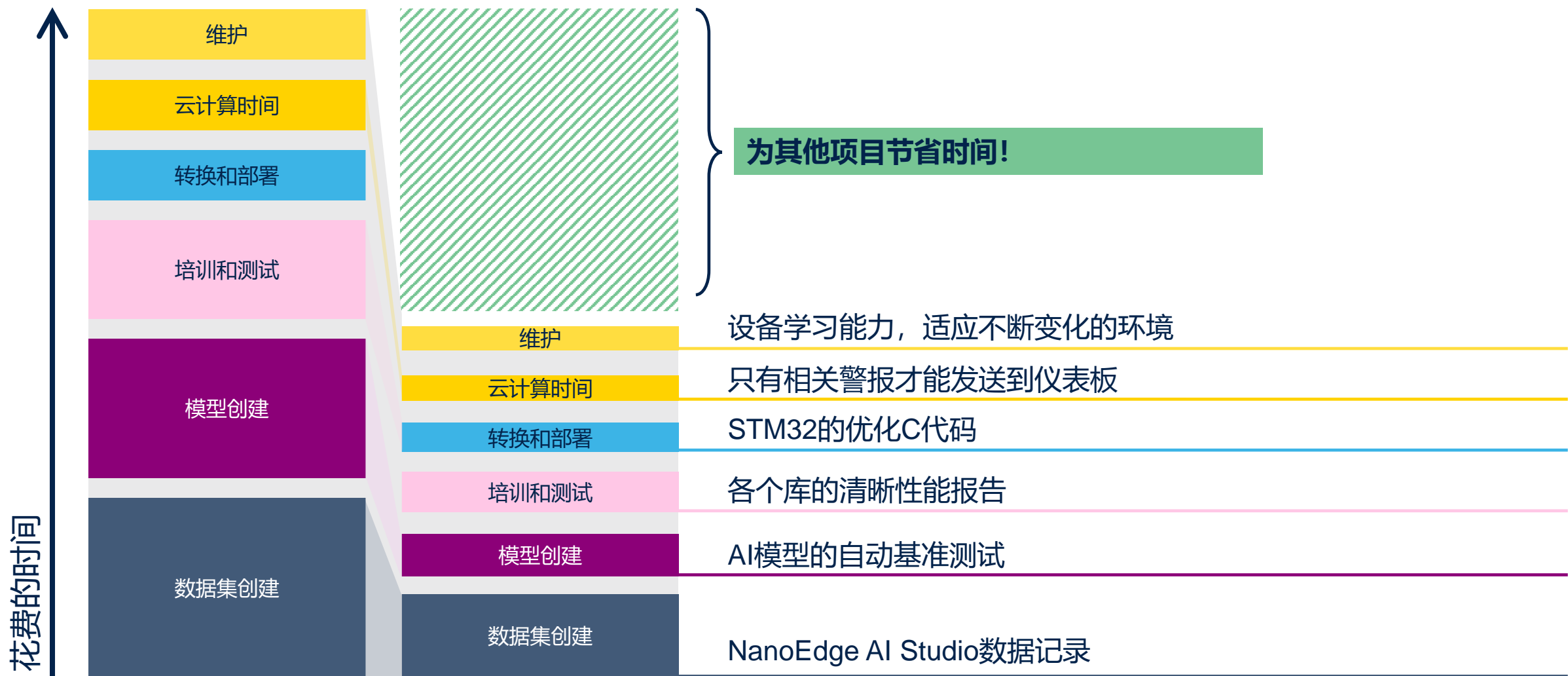
“

我需要预测未来的状态

洗衣机借助电机控制算法来**称重衣物**，并优化水、洗涤剂 and 能源的使用，而**无需额外的传感器**

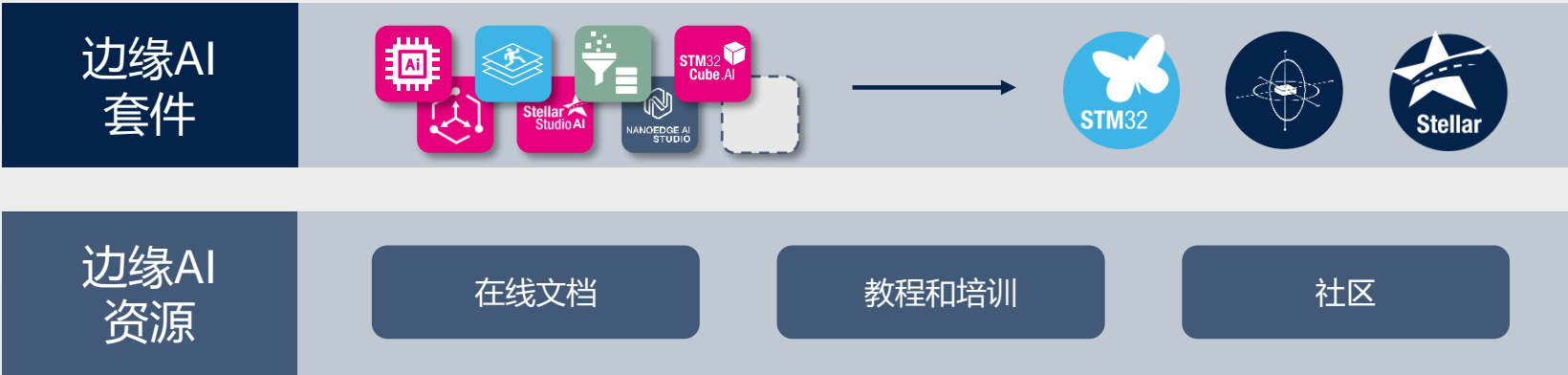
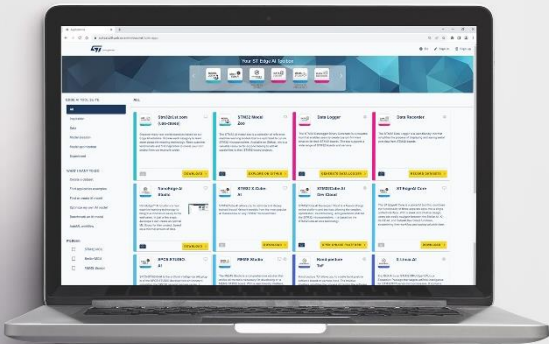


AI解决方案开发流程通过NanoEdge AI Studio进行强化



以开发者为中心的完整方法，加速边缘AI的部署

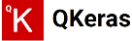
2024，即将面市



软件工具综合集



AI框架
生态系统整合



让开发者更容易使用边缘AI 与主要AI参与者建立合作关系



The image features the AWS logo in white and orange, superimposed on a night-time aerial view of a city with illuminated streets and buildings. The text is in white, bold, sans-serif font.

**边缘加速器上的AWS STM32 ML
现已可用**

阅读更多



The image shows the NVIDIA TAO 5.0 logo in green and white, and a blue STM32H7 development board with a small screen displaying a face. The text is in white, bold, sans-serif font.

**STM32H7跑步视觉AI的性能提升10
倍**

阅读更多

ST现提供 高效的AI解决方案框架

专注于您的专业
，剩下的一切都
交给我们

您的行业专长



- 引领真正的创新
- 缩短产品上市时间
- 优化成本
- 降低风险

AI设计服务



加速机器学习创新过程
的成熟方法



经认证的合
作伙伴生态
系统

人工智能软件和生态系统



NANOEDGE AI
STUDIO



功能
包装

硬件



让您的产品更具优势-意法半导体- STM32 AI(<https://stm32ai.st.com/>)

边缘AI技术具有改变行业的潜力，并且发展迅速。

ST已在边缘AI技术方面投资了10多年。我们正在为AI的新时代铺平道路。

ST的路线图提供了硬件加速和简化软件工具的进一步集成。



**工业峰会
资料下载中心**



能以致励子网站



Our technology starts with You



了解更多信息，请访问www.st.com

© STMicroelectronics - 保留所有权利。

ST徽标是STMicroelectronics International NV或其附属公司在欧盟和/或其他国家的商标或注册商标。若需意法半导体商标的更多信息，请参考www.st.com/trademarks。

其他所有产品或服务名称是其各自所有者的财产。



life.augmented