



Reese Grimsley

### 摘要

AM62A 处理器专为需要一到两个摄像头的中低端视觉应用而设计。AM62A 具有创新的 AI 加速器、H264/H265 编码/解码器和支持 RGB-Ir 的内置图像传感器处理器 (ISP)，非常适合各种视觉应用。其中包括工业和汽车行业的应用场景，例如安防摄像头、运动摄像头、机器视觉系统、零售扫描仪、车内仪表板摄像头和汽车的前置摄像头或侧视摄像头。此 AI 加速处理器在满负载时以 2W (典型值) 的功率提供高达 2TOPS 的 AI 性能，可增强成本和功耗受限型应用。

### 内容

1 更智能的边缘摄像头.....	2
2 AM6xA 可扩展产品系列和 AM62A.....	2
3 智能摄像头应用场景.....	2
3.1 安防摄像头示例.....	3
4 AM62A 的深度学习.....	4
4.1 深度学习加速器.....	5
4.2 边缘 AI 软件.....	5
5 VPAC 视觉加速器和 ISP.....	6
6 低功耗性能.....	7
7 行动口号.....	7
8 参考文献.....	8

### 插图清单

图 2-1. 适用于智能摄像头应用的 AM62A 子系统方框图.....	2
图 3-1. 智能安防摄像头使用边缘 AI 在本地识别危险事件，并通过网络上行链路发送 H.265 编码视频.....	4
图 3-2. 使用集成硬件加速器承担 ISP、AI 和视频编码功能的智能安防摄像头应用场景数据流方框图.....	4
图 4-1. AI 加速器架构.....	5
图 4-2. 使用 TI 零缓冲器插件的 GStreamer 流水线示例 (利用硬件加速器和 TI 的 OpenVX 实施).....	6
图 5-1. 镜头失真校正：A) 鱼镜头拍摄的未加工帧，B) 正面透视输出图像，C) 中间网格图像 - 使用等积鱼眼投影模型 扭曲和内插，将图像投影为全分辨率矩形格式.....	6

### 表格清单

表 3-1. 具有必要特性和典型规格的终端设备.....	3
------------------------------	---

### 商标

Arm® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and/or elsewhere. 所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 更智能的边缘摄像头

为了使城市、工厂、汽车和家庭变得更加智能和高效，复杂的数据处理和分析变得至关重要，因此网络边缘的嵌入式设备上的人工智能 (AI) 正在迅速发展。图像中包含大量信息，人类高度依赖这些信息。计算机视觉 (CV) 和机器学习 (ML) 从信息密集型图像中提取意义 (例如人所在的位置)。CV 和 ML 对于机器视觉缺陷检测、机器人视觉测距和测绘、汽车车道检测等应用场景的改进非常重要。识别、生物辨识、跌倒检测和行为识别等以人为本的应用，进一步推动了楼宇门禁和公共安全应用对更智能摄像头的的需求。

近年来，云服务主导了视觉分析和机器学习推理，因为嵌入式设备缺乏处理摄像头数据流的能力，例如以超过 30 帧/秒 (FPS) 的速度生成 1080p 图像的安防摄像头。2021 年，Yole 估计家庭安防摄像头的数量为 4510 万台，预计到 2026 年将增长 2.5 倍 [1]，云中的经常性处理成本会随着设备数量的增长呈线性增长，限制了可扩展性。而在边缘进行处理，可以更大程度地降低或完全消除这种经常性成本。边缘 AI 还可以避免时间敏感型应用中的额外网络延迟，并减少以人为中心或消费类电子应用中的隐私问题。

能够在本地运行深度学习和其他复杂分析的 SoC 越来越受欢迎。市场预测估计，到 2026 年，25% 的家庭安防摄像头将采用边缘 AI [1]，而这部分市场将以 88% 的复合年增长率增长。嵌入式处理器现已具备处理这些应用的能力，但必须仔细权衡功耗与性能。电池供电和手持设备必须保持在几瓦的功率范围内，以避免电池电量过快耗尽或因过热而无法手持。但是，它们还必须保持足够的性能，以达到足够的分析处理速率，例如家庭安防摄像头为 15fps。要选择适当的嵌入式视觉处理器，在很大程度上取决于 AI 性能、图像预处理、视频编码/解码和功耗要求。

## 2 AM6xA 可扩展产品系列和 AM62A

本部分介绍 AM62A，这是一款用于嵌入式视觉应用的四核 Arm® Cortex® A53 微处理器。该器件处于 AM6xA (“A”表示分析) 产品系列的较低端范围内，该产品系列中还包含多个其他支持嵌入式视觉的器件，所有这些器件都包括深度学习加速、ISP 和视频编码/解码功能。可扩展的 AM6xA 产品系列可确保总有一款器件能够满足用在功率与性能方面的需求。

AM62A 专为需要一到两个摄像头的功耗和成本敏感型应用而设计，在室温下，满载时的功耗低于 2W，125°C 时的功耗低于 5W。

与 TI 产品系列中的其他处理器一样，AM62A 的各种型号适用于不需要所有可能的器件功能的应用，还可得益于更加优化的成本。

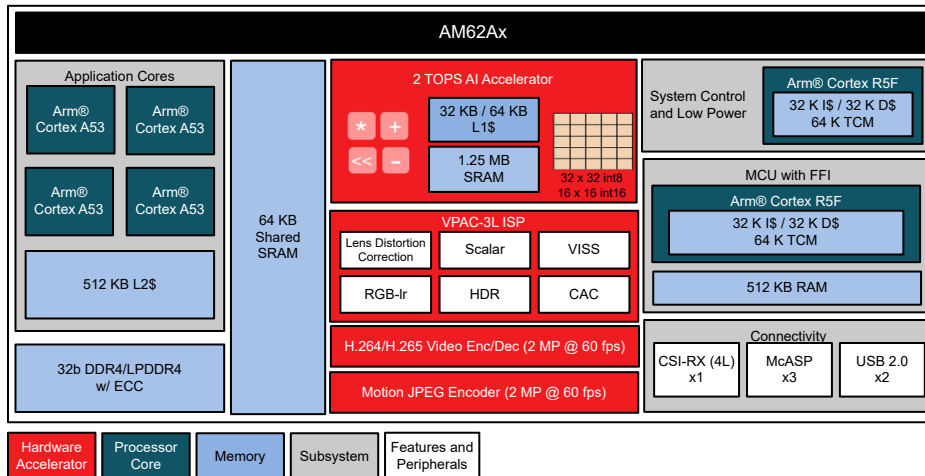


图 2-1. 适用于智能摄像头应用的 AM62A 子系统方框图

## 3 智能摄像头应用场景

智能摄像头和计算机视觉的应用涵盖工业、汽车、消费和公共安全等多个领域。应用的要求和限制取决于应用场景，许多应用场景都涉及通过网络向云服务器报告事件 (如安全漏洞或入侵)。在边缘进行计算可降低对网络的影响，但这些应用通常仍需要视频编码器 (例如 H.265)，以便在需要上传视频数据时限制带宽使用。

选择合适的图像传感器（例如摄像头）对于开发稳健的智能系统至关重要。关键参数包括分辨率、帧速率、位深度、像素大小等。家用安防摄像头可能使用 5MP 传感器，由滚动快门每秒提供 30 帧 (fps)，而收费道路的基础设施摄像头可能需要 2MP、60fps 和全局快门，以便捕获快速移动的车辆的车辆牌，机器视觉摄像头可能需要 2MP 灰阶、90fps 和全局快门，以识别沿装配线快速移动的零件上的缺陷。图像传感器可以包括图像传感器处理器 (ISP)，在内部将图像预处理为 JPEG 或 YUV 等典型格式。但是，许多传感器并不包含 ISP，以降低传感器成本，还可自由选择外部 ISP，它比传感器内的 ISP 更易于进行微调。选择集成了 ISP 的处理器（如 AM6xA 系列中的处理器）可提供外部 ISP 的优势，同时简化 PCB 设计、降低 BOM 成本、缩短端到端延迟并减少 DDR 使用。

由于计算机视觉和机器学习的复杂性，应用的计算要求也各不相同。物体或关键点检测可识别人员或车辆等特定物体及其位置，相比之下，像图像分类这样的机器学习任务所需的资源较少。像素级分割等更复杂的任务需要更多的资源，因为每个像素都将被归类为对象或区域的一部分，例如 ADAS 应用中车道检测算法的当前车道。某些应用可能需要多种模型。提高分辨率也会显著提高处理要求。AM6xA 处理器包含深度学习加速硬件，可减轻这些计算密集型任务的负担。

表 3-1 列出了适用于 AM62A 的终端设备，以及所需规格/特性的范围（最低摄像头分辨率、FPS 范围、低中高 ML 复杂性、视频编码/解码）。

表 3-1. 具有必要特性和典型规格的终端设备

用例	分辨率 (百万像素)	帧速率 (fps)	AI 复杂性	需要视频编码	摄像头快门类型
监控	2-8MP	10-30	中	是	滚动
机器视觉	5+MP	60+	低	否	全球
基础设施/交通监控	1-5MP	5-15	低	是	全球
汽车	2MP+	30-60	高	否	全球
驾驶员监视器/仪表盘摄像头	2-5MP	15-30	中	是	滚动或全局
运动摄像头	2-8MP	60+fps	中	是	滚动
商品/代码扫描器	1-5MP	10-30fps	中	否	滚动

### 3.1 安防摄像头示例

可说明 AM62A 功能的一个示例是安防摄像头应用。使用原始输出摄像头通过 MIPI CSI-2 端口捕获视频帧。处理器通过同一接口发回增益和白平衡的配置参数。在 AM62A 的 VPAC-3L 图像传感器处理器 (ISP) 上对原始输出帧进行了去噪和去马赛克，生成可用的 RGB 图像。如果使用了广角镜头，则 ISP 内的镜头失真校正 (LDC) 加速器会转换图像以减少扭曲。VPAC-3L ISP 可对图像进行进一步预处理，以匹配机器学习模型的输入规格，例如用于识别人类、车辆和动物的物体检测网络。此 ML 模型在处理器内的 2TOPS 深度学习加速硬件上运行。模型的结果可用于触发警报，或将 H.265 编码的事件片段通过网络的上行链路发送。图 3-1 简要展示了此示例，图 3-2 显示了分辨率、帧速率和像素格式等示例值的方框图。

对于安防或监控等智能摄像头应用，物体/关键点检测深度学习模型尤为重要，因为它们可以识别和定位图像中的多个物体，例如人和车辆。

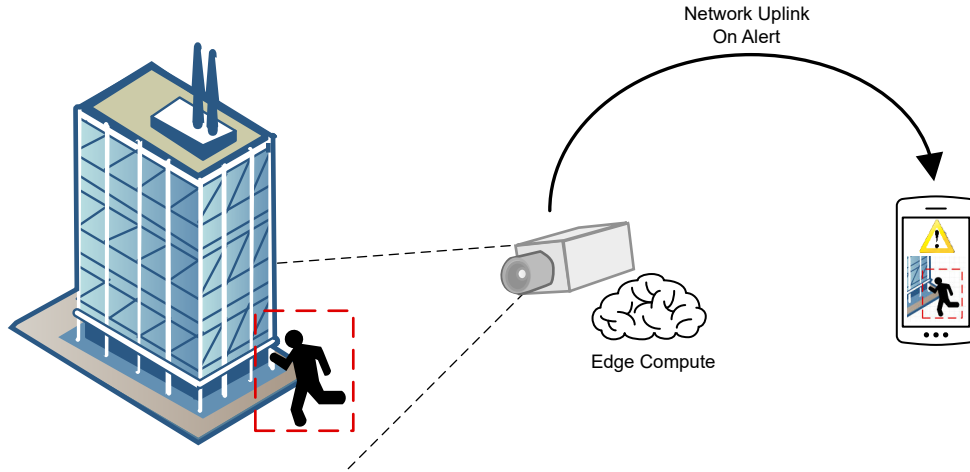


图 3-1. 智能安防摄像头使用边缘 AI 在本地识别危险事件，并通过网络上行链路发送 H.265 编码视频

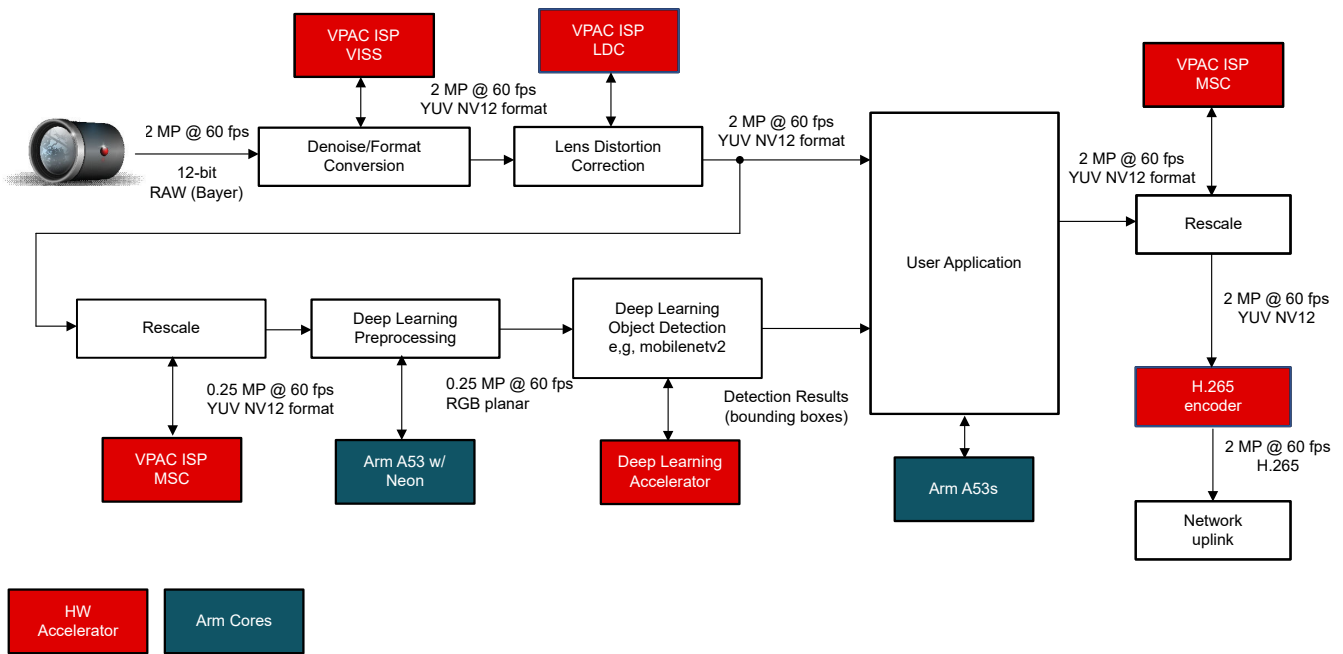


图 3-2. 使用集成硬件加速器承担 ISP、AI 和视频编码功能的智能安防摄像头应用场景数据流方框图

## 4 AM62A 的深度学习

边缘 AI 虽然与深度学习 (DL) 不同，但与它密切相关。先进的神经网络继续在分类、物体/关键点检测和语义分割等视觉任务上表现出超人的准确度。在边缘设备上实施这些功能需要适当的 DL 加速器硬件和软件，以提供可靠高效的系统所需的适当性能。

## 4.1 深度学习加速器

TI 的处理器采用先进的深度学习加速器设计。TI 在数字信号处理器 (DSP) 领域拥有悠久历史，这些处理器已与 TI 的其他 SoC 日益紧密地集成；但是，只有 DSP 并不足以支持大多数视觉深度学习模型。我们的深度学习加速器紧密耦合了 C7x DSP 和自定义矩阵乘法加速器 (MMA)，可大幅提高神经网络 (NN) 的性能，尤其是视觉 AI 中常见的卷积神经网络 (CNN)。

AM62A 的深度学习加速器使用 256 位 C7x DSP，以及能够在单个时钟周期内对 8 位整数值执行 32x32 矩阵乘法的 MMA。当以高达 1GHz 的频率运行时，将提供 2TOPS 的最大计算能力，因为 32x32 矩阵运算是 1024 乘法累加运算 (MAC，其中每个 MAC 均视为两次运算)。为了确保 MMA 始终有要计算的数，该架构包含多个流引擎，在每个时钟周期可将 256 位数据从单个输出矩阵移动到两个输入矩阵。MMA 的输出可能通过 C7x 发送，以计算层内的任何非线性函数，具体取决于构成神经网络架构的层。开发人员无需亲自对此进行编程；Arm 内核的 API 调用可降低加速器编程的复杂性，如[边缘 AI 软件](#)部分所述。

虽然 TOPS 是量化 TPU、VPU、NPU 和 GPU 等加速器的机器学习性能的通用指标，但一种加速器架构的性能可能优于另一种架构，尽管其理论计算能力较低。TI 的架构旨在使用单个大型计算单元 MMA 来优化功耗和性能，而不是并行使用许多较小的计算单元。如果使用许多小单元，由于相同数据在后续执行周期中的重复使用较少，因此需要更多地传输到存储器。更多的传输意味着更高的功率消耗。专门设计的数据流引擎可使加速器内的 256 位缓冲器始终保留必要的数。经过良好优化的应用使用的模型，其每层的尺寸可完全填充 MMA。

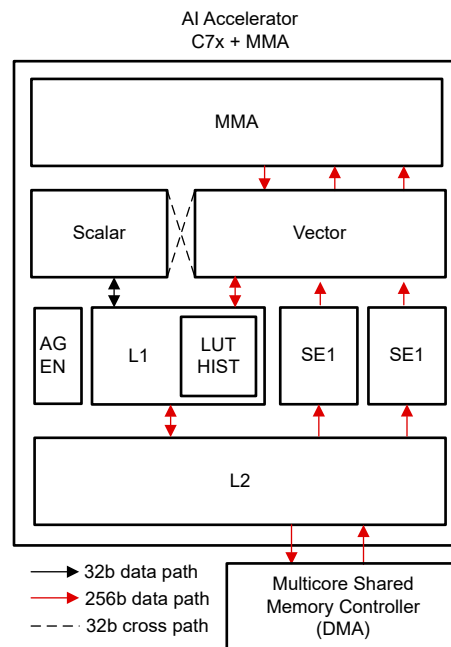


图 4-1. AI 加速器架构

## 4.2 边缘 AI 软件

TI 已投入大量精力来简化处理器 (如 AM62A) 的边缘 AI 开发和评估，这些处理器包含用于边缘 AI 的硬件加速器 [2]。

如参考文献的 E2E 博客文章中所述，TI 提供的工具可帮助您选择模型、进行训练/优化、评估并部署到处理器，同时更大限度地降低代码复杂性。开发人员只需在 TensorFlow Lite (TFlite)、ONNX 或 TVM-DLR API 调用中添加几行代码，即可调用深度学习加速器。

Linux 是边缘 AI 应用程序的主要操作系统，TI 提供的 Linux 边缘 AI 开箱即用演示可进一步加快基于 C++ 和 Python 的应用程序的开发速度。这些演示采用经过训练的神经网络模型和输入-输出描述，对于端到端示例应用，可从 C7xMMA 和 ISP 运行模型并全面加速。例如，开发人员可以从 Texas Instruments Model Zoo 选择使用 COCO 数据集训练过的 MobileNetV2SSD 作为模型，以存储的视频文件作为输入，以 HDMI 显示作为输出媒介。

这些演示使用 **GStreamer** 构建，可将图像采集、预处理、深度学习推理、后处理以及其他特定于应用的软件（包括 H.264/H.265 编码）高效地流水线化。**TI 的定制 gstreamer 插件**使用零复制缓冲减少了开销，从而节省了 RAM/DDR 带宽。除了 GStreamer 和开源运行时（TFLite、ONNX、TVM），在默认 Linux 构建中还启用了 OpenCV，可帮助开发人员执行硬件加速器不直接支持的计算机视觉运算。

对于 Linux 环境之外的用户，可以通过 TI 实施的 OpenVX 标准 **TIOVX** 公开硬件加速器。

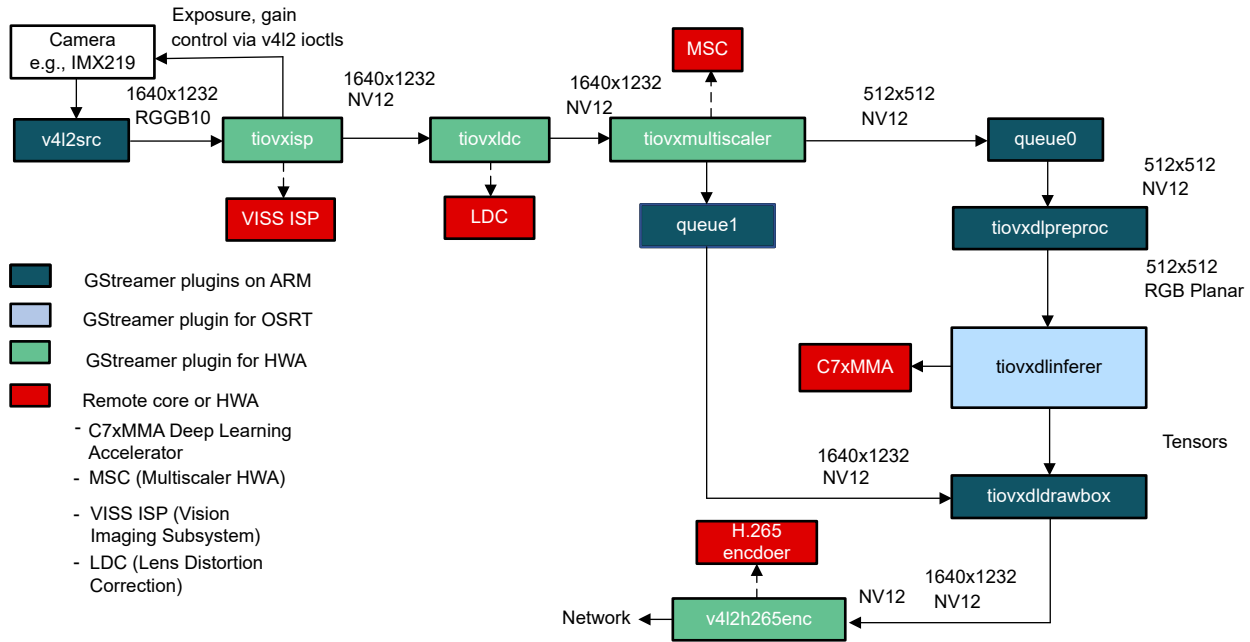


图 4-2. 使用 TI 零缓冲器插件的 GStreamer 流水线示例 (利用硬件加速器和 TI 的 OpenVX 实施)

## 5 VPAC 视觉加速器和 ISP

VPAC-3L 是 TI 的第 7 代图像传感器处理器 (ISP)。此硬件加速器执行图像处理功能，以支持原始输出图像传感器。

视觉成像子系统 (VISS) 是传统 ISP，支持以下功能：去噪、去马赛克、缺陷像素校正、增益和白平衡（手动和自动）、色差校正 (CAC) 和宽动态范围 (HDR) 编码。去马赛克功能支持 RGB-Ir，无需辅助摄像头和帧对齐即可实现高分辨率红外帧捕获。

VPAC-3L 包含一个镜头失真校正子系统，用于针对通过高视场镜头捕获的图像消除扭曲。具有鱼眼等广角镜头的摄像头需要进行校正，将图像恢复为矩形形式，并减少靠近摄像帧边缘的非线性拉伸效果。



图 5-1. 镜头失真校正：A) 鱼眼镜头拍摄的未加工帧，B) 正面透视输出图像，C) 中间网格图像 - 使用等积鱼眼投影模型扭曲和内插，将图像投影为全分辨率矩形格式

VPAC-3L 还包括用于缩小图像比例的多标量 (MSC) 引擎。MSC 支持两个输入和 10 个输出，可以独立复制和缩放输入。其中一种应用场景是缩小图像比例，用于机器学习，同时保留全尺寸版本，使机器学习的输出可以覆盖在全分辨率帧上。MSC 支持在每个方向上最多减少 4 倍，并根据需要自动内插，包括拉伸/缩小以适应宽高比的

变化。图 4-2 中利用了该功能，"tiovxmultiscalar" gstreamer 插件生成两条输出路径，并在 "tiovxdlldrawbox" 插件上再次合并，用于将物体检测边界框绘制到原始图像上。

TI 支持大量摄像头传感器和模块，并与第三方合作，通过驱动程序支持和 ISP 调优帮助开发人员添加新的摄像头传感器。ISP 调优工具还可帮助经验更丰富的 ISP 调整人员完成此工作。

## 6 低功耗性能

AM62A 处理器旨在满足深度学习算法的严苛计算要求，同时提供高能效。该器件在 0.75V 的独特低内核电压下运行，这使得处理器能够实现高水平功效，使它适合于电池供电和热敏应用。

AM62A 可在典型运行条件下（例如室温和标称器件）在 2W 的功耗范围内使用 5MP 60fps 摄像头运行深度学习处理，非常适合需要进行实时图像识别和物体检测的电池供电边缘器件。该器件还支持低功耗模式，可降低其总体功耗，并延长便携式应用中的电池寿命，或放宽热设计要求。

TI 提供的功耗估算工具可帮助工程师和设计人员估算 AM62A 处理器在其特定应用中的功耗，估算时还会考虑工作电压、频率、结温和器件特性等因素。这些信息可用于优化功耗、延长电池寿命、进行热设计并确保器件可满足功率预算要求。

## 7 行动口号

AM62A 可供开发人员设计其智能摄像头应用。深度学习和图像处理加速可满足单摄像头和双摄像头系统的所有必要性能要求，凭借 TI 的可扩展产品系列，同一软件可扩展到具有更高性能和更多接口选项的处理器。如果用户的深度学习专业知识较少，TI 与多家第三方合作，这些第三方都有自己的终端设备特定专业知识、数据集和模型，适用于人员跟踪、机器人、以人为本的分析、定位和映射、传感器融合等应用场景；如需了解更多相关信息，请访问开发人员资源浏览器工具中的边缘 AI 演示。

设计人员可以使用 AM62A 入门套件 EVM 和 Processor SDK 开始着手智能摄像头设计。AM62A 产品页面中提供了文档、预编译映像和演示。有关各种 TI 处理器的边缘 AI 的更多信息，请访问 [ti.com/edgeai](https://ti.com/edgeai)。

## 8 参考文献

1. [Yole 报告：移动和消费类应用的计算和 AI 技术，2021 年](#)
2. [如何简化嵌入式边缘 AI 应用程序开发](#)



## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2023，德州仪器 (TI) 公司