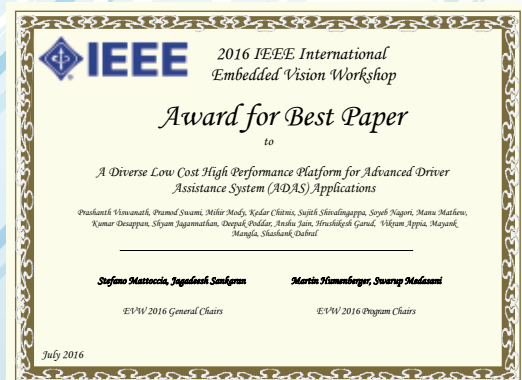


一款针对先进驾驶员 辅助系统 (ADAS) 的多 用途高性能平台



Prashanth Viswanath
Kedar Chitnis
Pramod Swami
Mihir Mody
Sujith Shivalingappa
Soyeb Nagori
Manu Mathew
Kumar Desappan
Shyam Jagannathan
Deepak Poddar
Anshu Jain
Hrushikesh Garud
Vikram Appia
Mayank Mangla
Shashank Dabral

德州仪器 (TI)



概述

过去只出现在豪华轿车上的先进驾驶员辅助系统 (ADAS) 正在变得越来越受青睐。诸如车道偏离报警 (LDW)、前方碰撞报警 (FCW)、自动巡航控制 (ACC)、自动紧急刹车 (AEB) 和全景环视 (SV) 等 ADAS 应用已经逐渐走向入门级和中级车辆。这些应用中的很多应用也是欧洲新车安全评鉴协会 (Euro NCAP) 和美国公路交通安全管理局 (NHTSA) 等安全部门强制要求的功能。为了使这些应用在价格方面可被入门级和中级车所接收, 拥有一款低成本、而又具有高性能和低功耗的解决方案是十分必要的。德州仪器 (TI) 的 TDA3x 是一个很好满足这些需求的理想平台。在这篇文章中, 我们将用图示的方法给出 SV、LDW、物体侦测 (OD)、运动恢复结构 (SFM) 和相机反光镜系统 (CMS) 等多个算法与 TDA3x 器件的对应关系, 从而展示出这款器件的计算能力。我们还会与您分享这些嵌入式视觉应用的性能, 从而让您了解到 TDA3x 是一款针对 ADAS 应用的出色、高性能器件。

1. 简介

随着移动性已经成为当前生活的一项基本需求, 汽车应用领域对 ADAS 技术的需要越来越多。2013 年, 全球范围内, 死于路面交通事故的人数将近 125 万人 [2]。行人、自行车手、摩托车手占到了路面交通事故死亡人数的一半, 而在全世界十大致死原因中, 机动车碰撞排在第九位 [5]。这些统计数据要求汽车厂商确保他们的车辆具有更高的安全标准。欧洲新车安全评鉴协会 (Euro NCAP) 和美国公路交通安全管理局 (NHTSA) 根据当地车辆所具有的安全系统来评定新车的安全等级。Euro NCAP [6] 将配备有 AEB、FCA、LKA 和其它 ADAS 应用的汽车评定为更高的星级, 这样就更好地保证了路面车辆、行人、自行车手和摩托车手的安全。

ADAS 应用可以基于雷达、摄像头、LiDAR 和超声波等不同的传感器系统^[7]。ADAS 应用还可以集成和使用全球定位系统、甚至依托汽车内数据网络, 车辆与车辆或车辆与基础通信网络的通信来高效和准确地实现所需要的目标。在不同的环境条件下和不同的应用中, 不同的传感器各有千秋, 新兴的摄像头传感器正在成为车厂实现差异化的重要方面。基于摄像头的 ADAS 系统使用不同的计算机视觉 (CV) 技术来执行实时驾驶情况分析, 并向驾驶员发出警报。基于摄像头的 ADAS 的优势是在真实使用环境下的可靠性和稳健耐用性, 以及能够支持交通标志识别 (TSR)、信号灯检测、车道和障碍物检测等多个不同应用的能力。

为了实现 ADAS 的不同应用, 基于摄像头的系统被部署在前视、后视和环视视野中^[8]。前方摄像头系统用于 AEB 和 FCW 等应

用。后视和环视视野系统被用于停车辅助和路口交通报警应用。前方摄像头系统可以使用单个或立体摄像头设备。立体摄像头可以通过视差获得十分有用的3D信息。然而，立体摄像头系统要比单摄像头系统贵很多。运动恢复结构（SFM）技术可以用单个运动摄像头来获得深度。该技术^[17]^[11]正在被广泛研究。环视视野系统使用置于车身周围的多个摄像头（4个或6个）。从多个摄像头中馈入的信息被重新映射和拼接，以便为驾驶员提供一个360度的视野。此外，还会根据这些图像进行分析，以便向驾驶员发出警报。相机反光镜系统（CMS）正在逐渐取代中端/高端汽车上的侧视镜和后视镜。在CMS系统中，侧视镜和后视镜被摄像头所取代，而摄像头的馈入信息通过显示屏（通常为OLED显示屏）显示给驾驶员。支持广角视域的摄像头可以减少驾驶员的盲点数量。CMS的宽

动态（WDR）^[15]和噪声过滤等特性使得该系统可以用于多种光照条件下，其中包括低光照、高炫目环境中。由于摄像头镜头的表面积要低于传统镜面，CMS系统不太容易受到灰尘和雨滴的影响。CMS系统还有降低风阻的额外优点，从而有助于提高燃油效率。最后，CMS还使视觉分析^[12]的运行成为可能。图1显示了不同ADAS应用的流程图。

为了在多个应用中充分利用基于摄像头的系统，能够实时分析多个摄像头的数据的高性能、低功耗嵌入式处理器是必不可少的。为了解决这个问题，德州仪器（TI）已经开发出一个片上系统（SoC）处理器系列，这个处理器系列集成了通用处理器（GPP）、数字信号处理器（DSP）、单指令多数据（SIMD）处理器和硬件加速器（HWA）等异构计算机架构，以满足计算需要，而

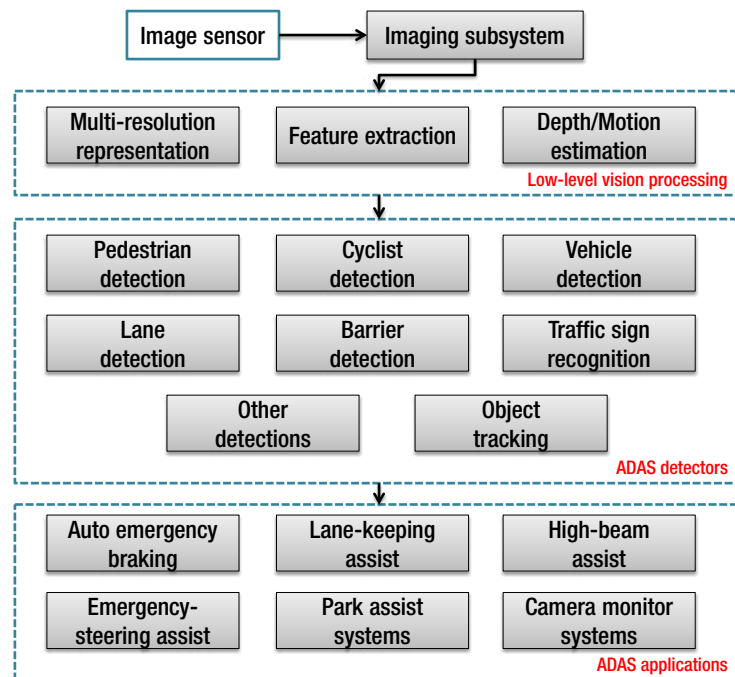


图 1: ADAS 应用的流程图

又仍然满足空间占用和功耗技术规格。这篇文章的剩余部分将由以下几部分组成：第 2 部分介绍了 TI 生产的、被称为德州仪器 (TI) 驾驶员辅助 3x (TDA3x) 的一款高性能、低占用面积和低功耗的第三代 SoC 解决方案；第 3 部分图示了 LDW、OD、SFM、SV、CMS 等不同应用，以及它们与 TDA3x 平台的对应关系。第 4 部分给出了我们实现方式的结果和性能数据，而第 5 部分给出了结论。

2. TDA3x 简介

如图 2 所示，TDA3x SoC^[4] 具有一个异构和可扩展架构，其中包括一个双核 ARM[®] Cortexv-M4、双核 C66x DSP 和用于向量处理的单核嵌入式视觉引擎 (EVE)。它

集成了用于摄像头捕获、图像信号处理器 (ISP) 和显示子系统的硬件，从而以更低功耗实现更好的图像质量。它还包含大容量片上随机访问存储器 (RAM)、一个针对互联互通的丰富输入 / 输出外设集、以及针对汽车市场的安全机制。在 TDA3x 中有三类可编程内核：GPP、DSP 和 EVE。

2.1 通用处理器 (GPP)

这个运行频率为 212.8MHz 的双核 ARM Cortex-M4 CPU 作为 TDA3x 处理器内的通用处理器^[1]。这个 M4 内核传送高效控制和处理摄像头数据流。

2.2 数字信号处理器 (DSP)

如图 3 所示，这个 TDA3x SoC 包含一个双核 C66x DSP。这个 C66x DSP^[3] 是一款浮点超长指令字 VLIW 架构，这个架构具有 8 个并行运行的功能单元（2 个乘法器

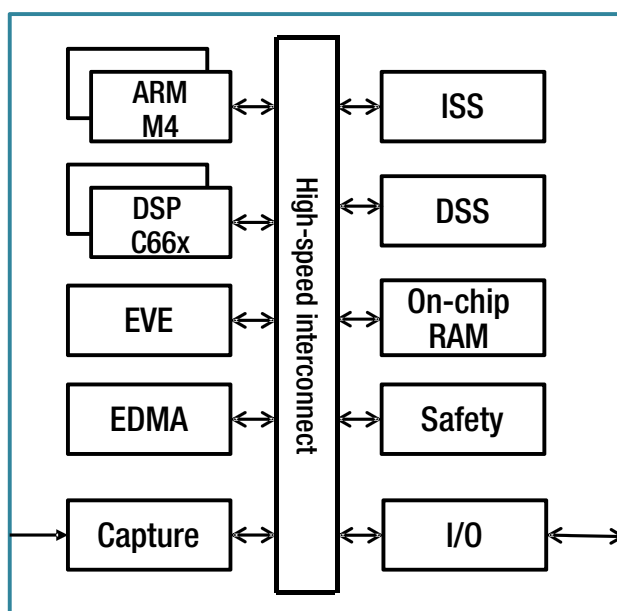


图 2: TDA3x SoC 方框图

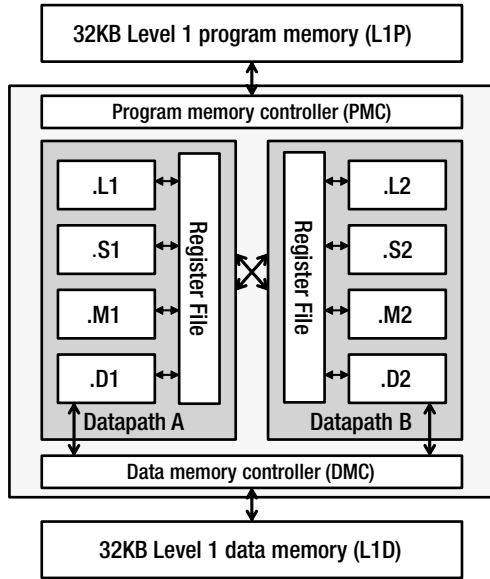


图 3: C66x 处理器方框图

和 6 个算数单元)。它包含有 64 个通用 32 位寄存器；这 64 个寄存器由这 8 个功能单元共用。有四个算数单元 .L1/.L2、.S1/.S2、2 个乘法器单元，.M1/.M2，和两个数据载入和存储单元，.D1/.D2。每个 C66x DSP 内核具有 32KB 的 L1 可配置数据高速缓存，32kB 的 L1 指令高速缓存和 288KB 的统一 L2 数据 / 指令存储器。

2.3 嵌入式视觉引擎 (EVE)

TI 的 TDA3x 包含一个单核 EVE、一个完全可编程加速器，专门用于实现计算机视觉应用中的数据密集型处理。这个 EVE 包含一个 32 位专门用途 RISC 处理器 (ARP32) 和一个 512 位、具有内置机制的向量协处理器 (VCOP)，以及针对并发、低系统开销处理的独特视觉专用指令。VCOP 是一款具有内置循环控制和地址生成的双 8 路 SIMD 引擎。

它还具有特定的专门属性，比如变位存

储、去交错存储和交错存储。VCOP 还具有专门用于加快表格查找和柱状图的通道 [13]。图 4 显示的是 EVE 处理器的方框图。

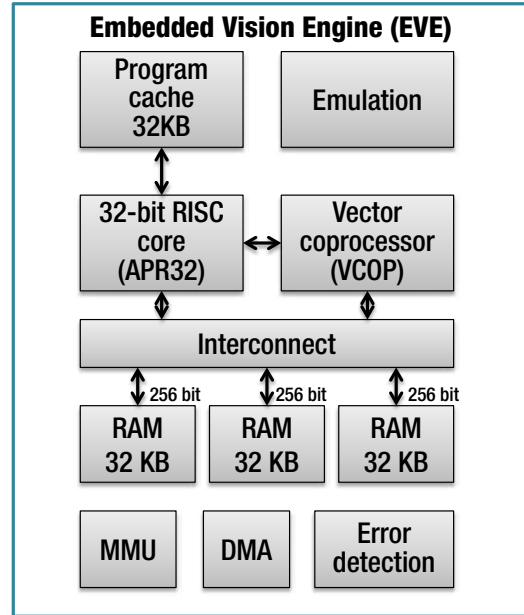


图 4: EVE 处理器方框图

3. 应用程序和系统分区

3.1. 系统分区

一个计算机视觉应用大致可以分为三种类型的处理：低级、中级和高级处理。低级处理功能包括像素处理运算，其主要目的在于提取边缘和角等关键属性，以及形成稳健耐用的特性。中级处理功能包括特征检测、分析、匹配和跟踪。高级处理是启发式策略被采用的阶段，其目的在于通过低级和中级处理生成的数据作出有意义的决定。由于其在数字处理方面的功能，EVE 架构与低级和中级视觉处理功能具有很高的并行度。具有程序和数据高速缓

存的 C66x DSP 既可以快速执行控制流程又能够高效完成数据处理，非常适合于中级和高级视觉处理功能。高级 OS（或 RTOS）在 ARM 上运行为主控制器，控制与外部环境的 I/O 通信。

3.2 物体检测和交通信号识别

物体检测算法包含低级、中级和高级处理功能，并且如图 5 所示。由于 EVE 适合于低级和中级处理，诸如梯度计算、方向角计算和直方图均衡化等处理阶段由 EVE 完成，而分类阶段由 C66x DSP 完成。

3.2.1 EVE 上的梯度计算

梯度计算是梯度直方图 (HoG)^[9] 和 ORB^[20] 等不同算法的特征检测阶段内的运算中最常用的运算之一。通过找到水平和垂直

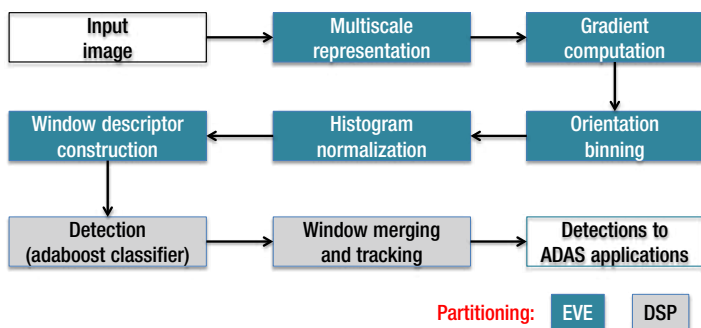


图 5: 物体检测算法分区

方向上像素的绝对差，并将二者相加，得出梯度幅值的方法来计算梯度。图 6 显示的是用 kernel-C（针对 EVE、类似于 C 语言）编写的、进行梯度幅值计算的经优化代码。图 6 中的每条 VCOP 计算指令 / 代码行共有 8 个运算元素。每个 VCOP 具

有 256 位功能单元，并且可以进行并行的 8 个数据元素运算。一个周期内可执行 2 条指令 / 代码行。地址计算由专门的单元执行，这样的话，它可以与内核运算同时进行。循环计数器由 VCOP 的嵌套循环控制器管理，并且不会增加任何系统开销。数据载入和存储指令可被计算周期所隐藏。图 6 中的循环在每个迭代中只需要 4 个周期（并行生成 16 个像素位置的输出），从而使性能提高了 64 倍。

Program: Gradient Magnitude

```

Z = 0;
for (I1 = 0; I1 < height; I1++) {
  for (I2 = 0; I2 < (width/16); I2++) {
    // Separate Address generation hardware
    Addr1 = I1*pitch*ELEMSZ + I2*VECTORSZ*2;
    Addr2 = I1*width*ELEMSZ*2 + I2*VECTORSZ*2*2;
    Addr3 = I1*width*ELEMSZ*2 + I2*VECTORSZ*2*2;
    // Data Load for dual SIMD in VCOP
    (VinT1,VinT2) = (pln+1)[Addr1].deinterleave();
    (VinL1,VinL2) = (pln+pitch)[Addr1].deinterleave();
    (VinR1,VinR2) = (pln+pitch+2)[Addr1].deinterleave();
    (VinB1,VinB2) = (pln+2*pitch+1)[Addr1].deinterleave();
    // Vector Computation
    VgX_1 = VinR1 - VinL1;
    VgY_1 = VinB1 - VinT1;
    VgX_2 = VinR2 - VinL2;
    VgY_2 = VinB2 - VinT2;
    Vmag1 = abs(VgX_1);
    Vmag2 = abs(VgX_2);
    Vmag1 += abs(VgY_1-Z);
    Vmag2 += abs(VgY_2-Z);
    // Data Store from dual SMID in VCOP
    pGradX[Addr2].interleave() = (VgX_1,VgX_2);
    pGradY[Addr2].interleave() = (VgY_1,VgY_2);
    pMag[Addr3].interleave() = (Vmag1,Vmag2);
  }
}
  
```

图 6: EVE 上的梯度幅值计算

3.2.2 C66x DSP 上的 Adaboost 分类

Adaboost 分类器使用一组简单的决策树，

它们的单个分类精度要稍微高于 50%^[18]。如图 7 所示，通过将数个此类简单决策树组合在一起，可以在无需精密分类器的情况下，构造一个更加强大的分类器。每个

树的数据结构做适当的重组，使得程序可以同时做 4 个判决树的阈值比较和响应值累加，充分使用 DSP 的 64 比特数据通路，发挥 DSP 的 SIMD 处理能力。^[16]。

3.3 车道偏离报警 (LDW)

车道偏离报警 (LDW) 算法包含低级和中级处理功能。LDW 算法预处理阶段包含 canny 边缘检测，而这种检测是无法基于块来实现的，由于 EVE 的内部存储器有限，为了简化软件架构，这个算法全部由 C66x DSP 处理。图 8 中显示的是 LDW 的方框图。LDW 算法是完全基于图像的，使用 canny 边缘检测和 Hough 线变换来检测车道线。此外，代码实现中还通过定义 ROI、只计算水平梯度等优化技巧减少运算量。您可以在图 17 中找到这个算法更详细的实现方式。另外要提到的是 DMA 被用来将较小的数据块传输到 L1D，便于 DSP 以最快的

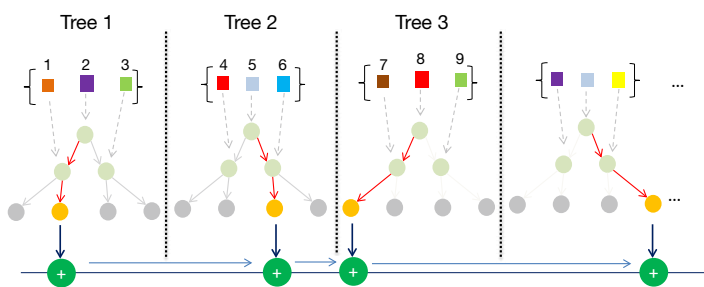


图 7: Adaboost 分类器图

单独的树包含 3 个节点和 4 片树叶。节点是输入值与一个预定阈值进行比较的位置。根据比较结果，从左或右分支对这个树进行遍历操作，直到到达 4 个可能叶子值中的一个。树结构、阈值、叶子值，是根据训练结果预先设定的。最终所有判决树的叶节点响应值被累积起来。这个累积响应值与最终对物体进行分类的级联阈值相比较。每遍历一棵判决树都要读取 3 个阈值、3 个偏移值、3 个输入，以及 4 个叶节点值。这些数据都是 16 位的，另一方面 C66x DSP 具有 64 比特的数据通路，如果每次只访问一个 16 比特数据就非常低效。由于 C66x DSP 支持 SIMD 处理，所以我们可以对判决

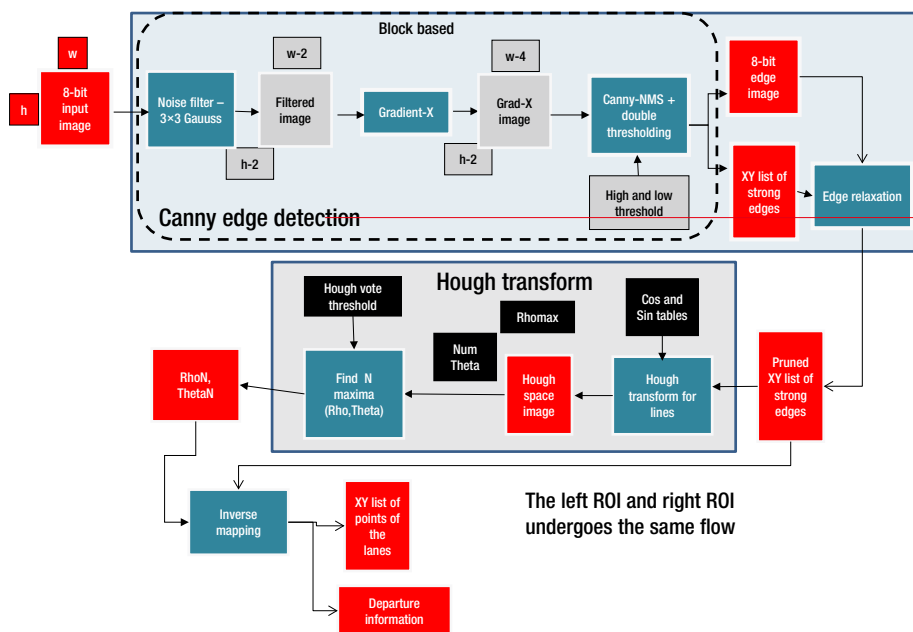


图 8: LDW 算法方框图

速度访问，还使用乒乓 buffer (ping-pong) 来使得数据传输和 DSP 处理可以完全并行起来。

3.4 运动恢复结构 (SFM)

运动恢复结构 (SFM) 是使用移动的单个摄像头实现深度计算的一个关键算法^{[17][11]}。SFM 的主要步骤是稀疏光流量 (SOF) 和三角剖分。光流量估算两帧相邻图像间的像素运动。基于 Lucas Kanade (LK)^[14] 的 SOF 被广泛应用。图 9 显示的是与 SOF 的算法模块。这个 SOF 算法在 TDA3x 的 EVE 引擎上执行。虽然 EVE 通常不适合处理稀疏光流运算，但通过同时在多个稀疏点上并行处理，并且采用 DMA 引擎来适当地组织数据，这个算法在 EVE 上也达到了很高的并行度，从而利用 EVE 的 SIMD

功能。EVE 的专有指令（例如 collated-store 和 scatter）也有助于节省计算量。collated-store 可以把离散的点收集到一起，存储在寄存器中参与计算，scatter 是 collated-store 的逆过程，scatter 把计算结果分散回这些点原先的位置。SOF 算法计算出关键点的光流轨迹后，再在 C66x DSP 执行三角剖分，以获得 3D 点云。

3.5 3D 环视视野 (SV) 系统

全景环视 (SV) 系统在入门级和中级车内正变得越来越普遍^[21]。2D SV 系统提供一个车身周围环境的俯视图，而 3D SV 系统可以从任何一个虚拟视点提供车身周围环境的渲染图。图 10 和 11 显示的是 2D SV 和 3D SV 的示例。如图 12 所示，软件算法将放置在车辆外围的多个视频摄像头

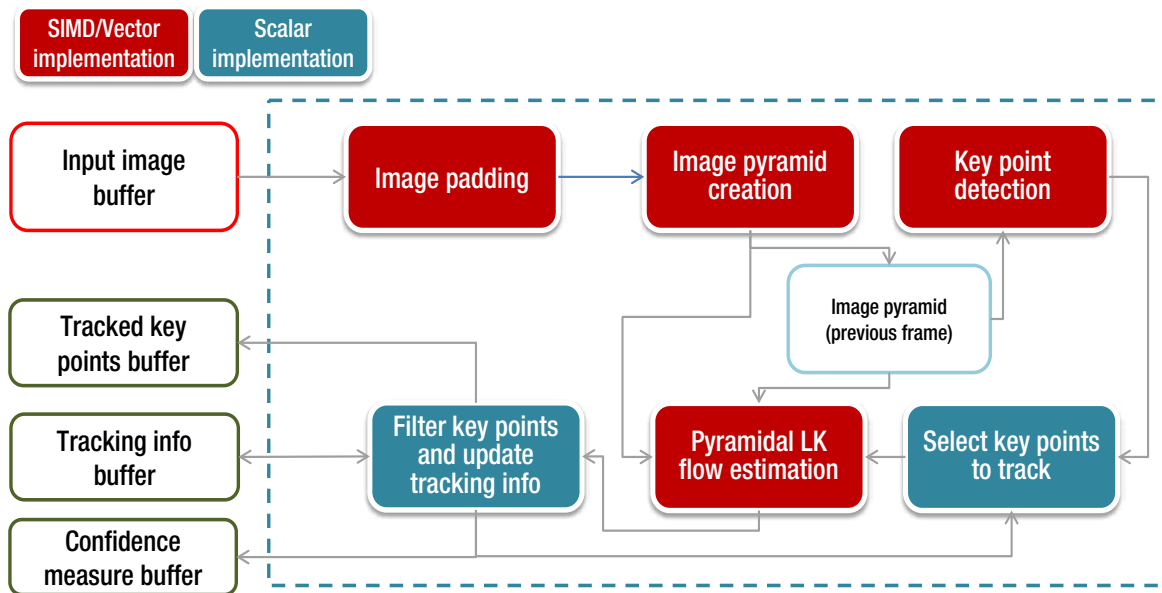


图 9: 稀疏光流量方框图



图 10:2D 环视视野系统输出



图 11:3D 环视视野系统输出

的输入图像拼接起来，就可以构造出全景画面。通常情况下，软件使用 (GPU) 处理器来构造 3D SV。TDA3x 没有 GPU，但 TDA3x 的 ISP 有一个可执行透镜失真校正的 LDC 加速器。在 TDA3x 上的 3D SV 是通过 LDC 加速器和一个 C66x DSP 联合

完成的。LDC 可以根据预定义格式的查找表从鱼眼图中取出像素，DSP 完成相邻摄像头的像素融合。为了实现 3D 全景的多个视角，需要为每个视角构建一组 LDC 查找表，并存储在 flash 存储器中。这一操作可以离线完成或者在摄像头标定期间完

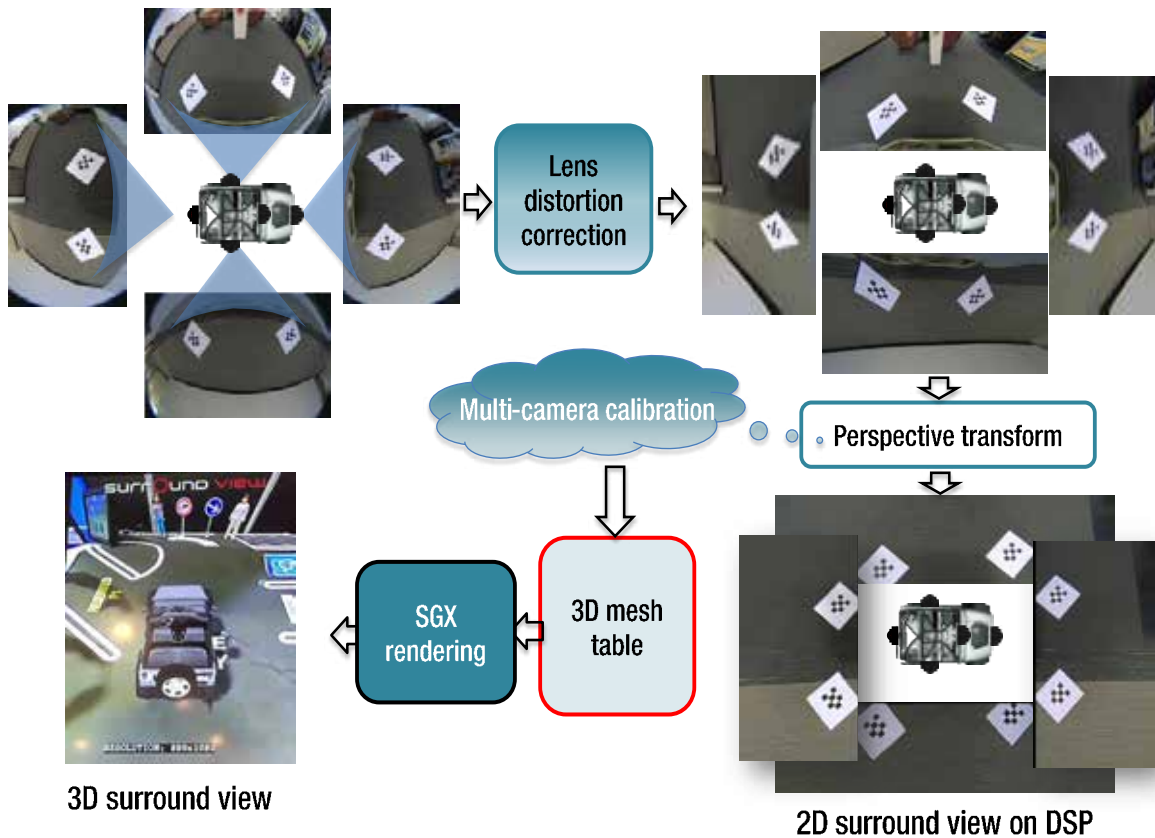


图 12: 环视视野算法流程图

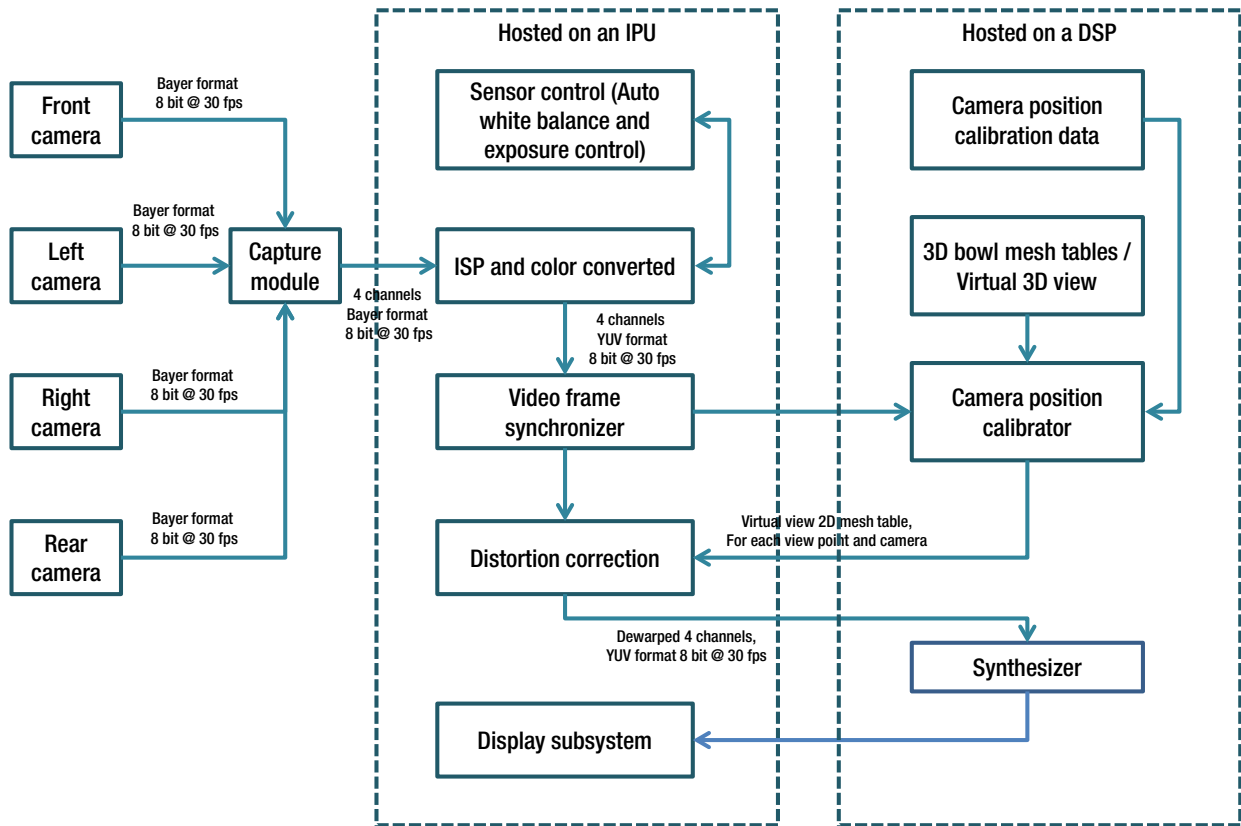


图 13: 环视视野数据流

成。当系统启动时，程序载入所有 LDC 查找表，LDC 根据查找表采样鱼眼镜头的输入，DSP 再把 LDC 的输出拼接在一起得到特定视角下的全景图。动态切换查找表就可以实现 3D 视角的平滑过渡。图 13 中显示的是 3D SV 应用场景下的数据流。

3.6 相机反光镜系统 (CMS)

图 14 显示的是常见 CMS 中的摄像头位置。CMS 系统中涉及的处理算法和它在 TDA3x SoC 中的分区显示在 15 图中。CMOS 传感器被用来捕获场景。通常采用 60 fps 的帧速率来减少汽车驾驶员可视场景的延迟。

如图 16 所示，CMOS 传感器内的数据格式通常为 Bayer 原始数据。在被转换为可视视频数据前，这些数据会通过 ISP 的很多处理阶段。ISP 的主要功能为：空间噪

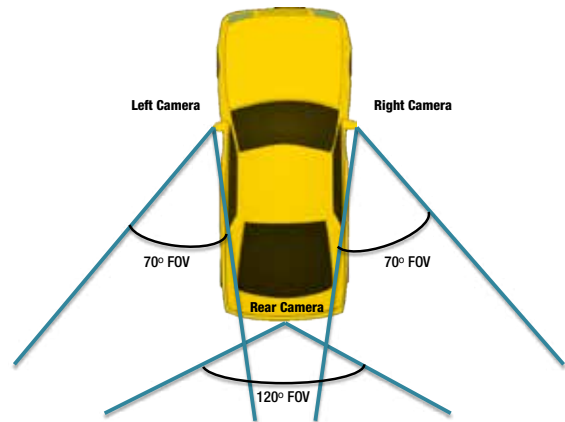


图 14: CMS 摄像头位置图

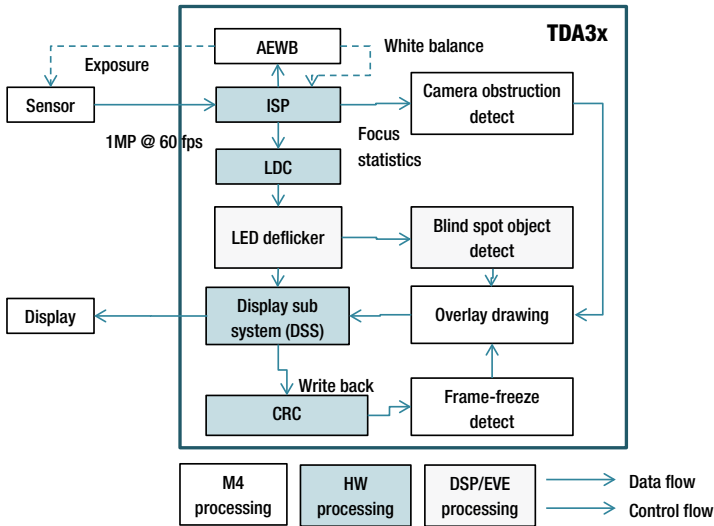


图 15: CMS 内的算法和数据流

声滤波器，它有助于改进低光照条件下的图像质量，以及可以增加场景动态范围的宽动态范围，这样的话，明亮区域不会被过曝，而同时阴影（或较暗）区域内的细节可被显示出来。这使得 CMS 系统可以在多种光照条件下运行。TDA3x 内的 ISP 还会输出自动白平衡 (AWB) [10] 和自动曝光 (AE) 统计数据；这些数据可被 AEWB 算法用来动态地调节传感器曝光和场景白平衡，以自适应外界环境的变化。此外，表示摄像头对焦角度的对焦统计数据被 ISP 输出。当摄像头镜头被污垢或水渍遮挡时，这个场景将不会处于对焦范围内。由于 CMS 应用的安全关键属性，对这些场景进行检测是十分重要的。对焦统计数据可在算法

中用来检测这些情况，从而提示用户这些欠佳的场景捕捉。硬件 LDC 模块被用来调节由广角视域造成的镜头失真校正。

与 CMS 视觉系统内摄像头相关的一个常见问题是 LED 闪烁。LED 常见于汽车前灯、交通信号和交通标志中。LED 通常为脉冲光源。由于视觉残留，我们的眼睛无法看到 LED 闪烁。不过，摄像头传感器，特别是那些在明亮光照条下处于低曝光时间的摄像头传感器，可以在一个帧中捕获 LED 脉冲，而又在下一帧中错过 LED 脉冲，从而产生让人不舒服和不自然的、类似于闪烁的效果。根本就没有捕获 LED 脉冲时，比如说红光或汽车前灯，会出现最差情况，向用户提供危险的错误场景表现。一个去闪烁算法通常被用来消除由 LED 灯造成的闪烁。这是一个像素处理密集算法，并且通常运行在 DSP/EVE 上。在使用了 LED 去闪烁算法后，这个场景通过显示子系统 (DSS) 被显示在显示器上。CMS 系统内的另一个关键安全方法是在帧冻结情况下通知用户。由于用户不会一直盯着后视镜和侧视镜，如果硬件 (HW) 或软件 (SW) 故障时发生，显示在屏幕上的数据会被冻结，同一帧被重复显示。这会使驾驶员和行人都处于非常危险的环境之中。在 TDA3x 中，通过使用 DSS 来将正在被显示的像素数据

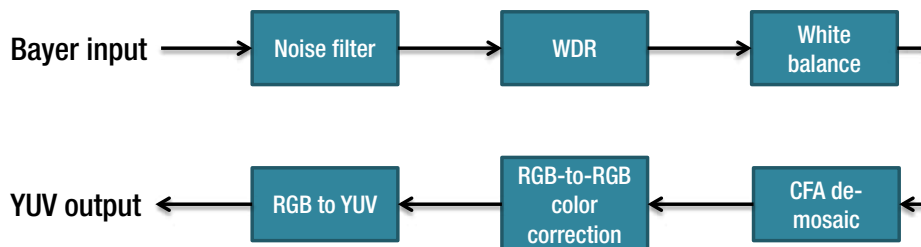


图 16: CMS 内的 ISP 数据流

回写，然后使用一个 HW CRC 模块来为这个帧计算一个 CRC 特征，从而检测出这个情况。如果这个 CRC 特征与一系列的连续帧匹配，那么这意味着系统中的某个位置出现了帧冻结，需要向用户报警，或者显示屏空白。以通知驾驶员。

4. 效果与分析

在这一部分，我们会给出系统分区的细节，以及 TDA3x SoC 上执行的多个应用的性能。TI 的 TDA3x EVM 被用作实验平台。为了演示我们的算法，我们用放置在

汽车周围的不同摄像头传感器来捕获多个场景。这个视频序列包含充满了行人、车辆、交通信号、车道标志、交通信号灯和停车位的城市道路。如图 17 所示，通过一个 HDMI 播放器对这个视频序列解码，并且馈入 TDA3x EVM 中。然后，这个算法利用 ISP、EVE、DSP 和 ARM Cortex-M4 等所有可用的计算块来执行 OD、LDW、TSR、SFM、SV 和 CMS 等不同函数。这些算法的输出被提供给 ARM Cortex-M4 来从原始图像中提取这些标记，并且将已经注释的视频发出，进行 HDMI 显示。一个 LCD 显示屏被用来观看视频，连同物体标记，以确认算法的运行方式是否与预期

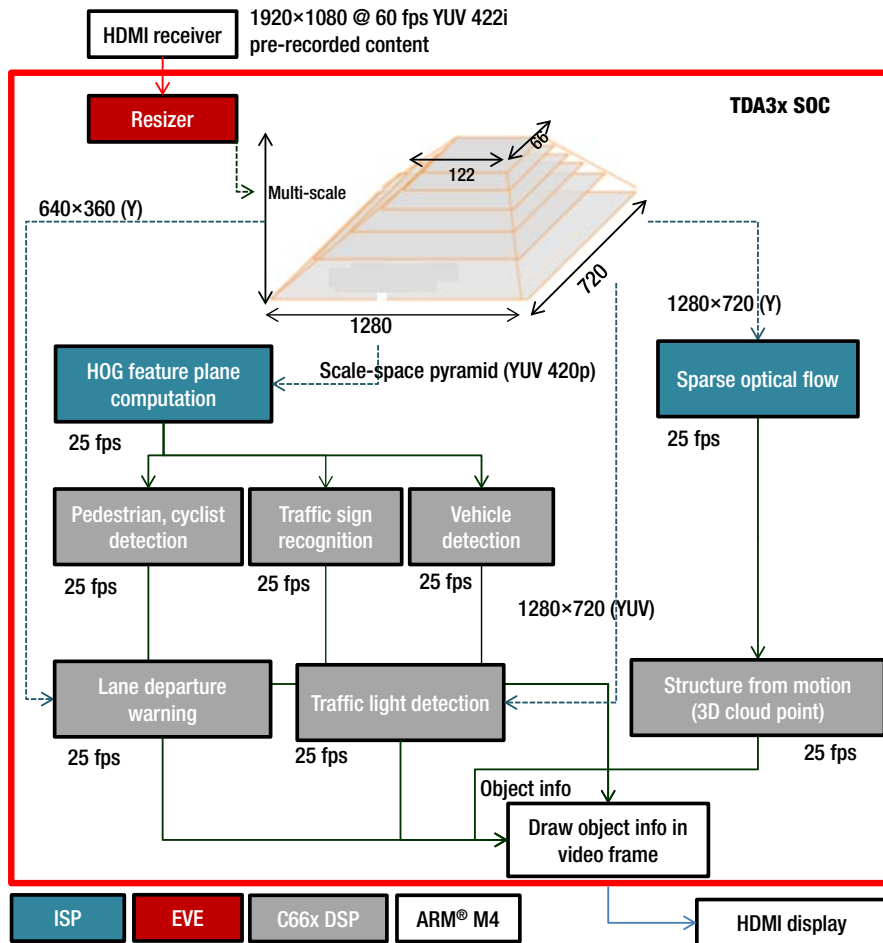


图 17: 针对 TDA3x SoC 的前端摄像头应用的算法分区

的一样。这些算法的配置参数在表 1 中列出。

在前置摄像头应用中，捕捉被配置为每秒 25 帧 (fps)。第一步，通过使用 ISP 内的缩放器改变输入帧的尺寸。尺度空间金字塔在用固定尺寸模板检测不同大小物体

算法	帧速率	TDA3x SoC 上的配置细节
车辆、行人、自行车检测	25	分辨率 = 1280x720, 多尺度 最小物体尺寸 = 32x64
交通信号识别	25	分辨率 = 1280x720, 多尺度 最小物体尺寸 = 32x64
交通信号灯识别	25	分辨率 = 1280x720 半径范围 = 8
车道偏离报警	25	分辨率 = 640x360 检测的车道数量 = 2
运动恢复结构	25	分辨率 = 1280x720 SOF 数量 = 1K 点 生成的 3D 云点 = 800
环视视野系统	30	输入分辨率 = 4 条通道, 1280x800 输出分辨率 = 752x1008
摄像头镜像系统	60	视频通道数量 = 1 输入分辨率 = 1280x800

表 1: 算法配置

方面十分有用。对于这些尺寸内的每一个相关像素，方向梯度直方图 (HOG)^[9] 特征被形成。这个模块涉及像素等级上的大量计算，并因此在 EVE 上执行。在 HOG 特征平面形成后，EVE 运行 SOF 算法，而 C66x DSP1 运行物体检测算法的 adaboost 分类器阶段。对于每一个物体类别，比如

行人、车辆、自行车手和交通信号，这个分类器单独执行。从尺度空间金字塔，640x360 和 1280x720 被馈入 DSP2，而车道检测和交通信号灯识别算法在其上运行。在 SOF 完成后，EVE 发送光流轨迹至 DSP2，以执行三角剖分，从而获得这个帧内关键点的 3D 位置，因此有助于识别场景中不同物体的距离。在这个设置中，ARM Cortex-M4 管理捕获和显示器件、将输入馈入 ISP，并且在物体进行注释并显示它们前从 DSP 中搜集信息。

对于 SV 应用来说，4 条分辨率为 1280x800，帧速率为 30fps 的通道，被以 ISP 所支持的 Bayer 的格式从 RAW 视频传感器中被捕捉。然后，ISP 将 Bayer 格式的数据转换为 YUV 格式，以进行进一步处理。自动白平衡和曝光控制算法确保了每个视频源都是亮度和色度校准的。然后，LDC 将根据对应视角的 LDC 查找表执行失真校正。然后，合成器将接收校正后的图像并进行拼接，以形成分辨率为 752x1008，帧速率为 30fps 的 SV 输出。在使用 CMS 的情况下，每个摄像头输入运行在一个 TDA3x SoC 上。每个通道上 1280x800 分辨率，帧速率为 60fps 的视频被从 ISP 所支持的 RAW 视频传感器中捕获（格式为 Bayer）。然后，如图 16 中所示，这个 ISP 将 Bayer 格式数据转换为 YUV 格式。诸如 OD 等算法被用来进行盲点检测。此外，在将其显示给驾驶员之前，还运行一个去闪烁算法来消除与 LED 闪烁有关的所有问题。

算法	DSP1 利用率	DSP2 利用率	EVE 利用率	ARM Cortex-M4 利用率	帧速率 (fps)
前置摄像头分析	53%	66%	79%	33%	25
环视视野系统	45%	0%	0%	44%	30
摄像头镜像系统	68%	20%	40%	30%	60

表 2: 针对 TDA3x SoC 上不同应用的性能估计值

表 2 显示的是在运行这些算法时，TDA3x SoC 的不同处理器的负载。对于前置摄像头应用来说，DSP1、DSP2、EVE 和一个 ARM Cortex-M4 的利用率分别为 53%、66%、79% 和 33%。

对于 SV 应用来说，DSP1 的利用率为 45%，而一个 ARM Cortex-M4 的利用率为 44%。未使用的 C66x DSP 和 EVE 可被用来在需要时对 SV 输出进行分析。对于 CMS 应用来说，DSP1 运算能力的 68% 被用来运行去闪烁算法，而 DSP2 的 20% 和 EVE 的 40% 用于盲点检测算法。

5. 结论

ADAS 应用要求高性能、低功耗和低占用空间解决方案。在这篇文章中，我们已经给出了一个基于德州仪器 (TI) TDA3x 器件的解决方案。这篇文章深入研究了前置摄像头、环视视野和摄像头监视系统的主要 ADAS 算法，并且给出了这些算法在 TDA3x SoC 的多个内核上的系统分区，并且提供了它们所具有的性能。此外，我们已经知道在没有 GPU 的情况下，TI 的 TDA3x 平台能够高效地生成 3D SV。我们还证明了 TDA3x 平台能够执行不同的 ADAS 算法，并且针对用户的差异化

要求仍然有性能提升的空间。如需获得与 TDA3x 平台相关的更多信息，敬请访问 www.ti.com/TDA。

参考书目

- [1] Cortex-M4: 技术参考手册, ARM 公司, 2010 年
- [2] 全球健康观察站 (GHO) 数据, 2013 年
- [3] TMS320C66x DSP: 用户指南, SPRUGW0C, 德州仪器 (TI) 公司, 2013 年
- [4] 针对先进驾驶员辅助系统 (ADAS) 的 TDA3x SoC 处理器技术简报, 德州仪器 (TI) 公司, 2014 年
- [5] 致死 10 大原因, 2014 年
- [6] 2020 路线图, 修订版本 1, 欧洲新车安全评鉴协会, 2015
- [7] 2015 年先进驾驶员辅助系统 (ADAS) 指南, 德州仪器 (TI) 公司, 2015 年, 材料名 SLYY044A
- [8] S. Dabral, S.Kamath, V.Appia, M.Mody, B.Zhang 和 U.Batur。基于摄像头的先进驾驶员辅助系统 (ADAS) 的发展趋势。IEEE 第 57 届国际中西部电路与系统研讨会

(MWSCAS), 1110-1115 页, 2014 年

[9] N.Dalal 和 B.Triggs。针对人类检测的方向梯度直方图。IEEE 关于计算机视觉和图形识别的计算机学会会议 (CVPR), 1:886-893,2005 年

[10] H.Garud, U.K.Pudipeddi, K.Desappan 和 S.Nagori。针对汽车视频摄像头的快速色彩恒常机制。国际信号处理和通信会议 (SPCOM), 1-6 页, 2014 年

[11] R.Harley 和 A.Zisserman。计算机视觉内的多视图几何图形。剑桥大学出版社, ISBN: 0521540518, 第二版, 2014 年

[12] B.Kisaanin 和 M.Gelautz。嵌入式计算机视觉的进步。计算机视觉与图形识别的进步。Springer, 2014 年

[13] Z.Lin, J.Sankaran 和 T.Flanagan。用 TI 的视觉加速包来使汽车更加强大, 2013 年。http://www.ti.com/lit/wp/spry251/spry251.pdf

[14] B.Lucas 和 T.Kanade。用一个应用通过迭代图像配准技术实现的 3D 视觉。国际人工智能联合会议, 81:674-679,1981 年

[15] M.Mody, N.Nandan, H.SangHvi, R.Allu 和 R.Sagar。图像信号处理器 (ISP) 内支持的灵活宽动态范围 (WDR) 处理。IEEE 消费类电子产品国际会议 (ICCE), 467-479 页, 2015 年

[16] M.Mody, P.Swami, K.Chitnis,

S.Jagannathan, K.De-sappan, A.Jain, D.Poddar, Z.Nikolic, P.Viswanath, M.Mattew, S.Nagori 和 H.Garud。TI 的 TDA3x 平台上的高性能前置摄像头 ADAS 应用。IEEE 第 22 届高性能计算国际会议 (HiPC), 456-463 页, 2015 年

[17] P.Sturm 和 B.Triggs。针对多图像投射结构和运动的基于因数分解的算法。欧洲计算机视觉会议 (ECCV), 2:709-720, 1996 年

[18] P.Viola 和 M.Jones。使用非对称 adaboost 和一个探测器级联实现的快速和稳健分类。神经信息处理系统的进展, 2001 年

[19] P.Viswanath 和 P.Swami。一个稳健耐用和基于实时图像的车道偏离报警系统。IEEE 消费类电子产品会议 (ICCE), 2016 年

[20] P.Viswanath, P.Swami, K.Desappan, A.Jain 和 A.Pathayapurakai。5ms 内完成并联连接指令 (Orb): 一个高效地 SIMD 友好型实现方式。计算机视觉 -ACCV 2104 研讨会, 675-686 页, 2014 年

[21] B.Zhang, V.Appia, I.Pekkucusen, A.U.Batur, P.Shastry, Liu, S.Sivasankaran, K.Chitnis 和 Y.Liu。一款针对嵌入式系统的环视视频摄像头解决方案。IEEE 计算机视觉和图形识别研讨会 (CVPRW), 676-681 页, 2014 年

Important Notice: The products and services of Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries described herein are sold subject to TI's standard terms and conditions of sale. Customers are advised to obtain the most current and complete information about TI products and services before placing orders. TI assumes no liability for applications assistance, customer's applications or product designs, software performance, or infringement of patents. The publication of information regarding any other company's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.

The platform bar is a trademark of Texas Instruments. All other trademarks are the property of their respective owners.

重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或间接版权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独自负责满足与其产品及其应用中使用的 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独自负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

	产品		应用
数字音频	www.ti.com.cn/audio	通信与电信	www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers	计算机及周边	www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters	消费电子	www.ti.com.cn/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com.cn/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp	工业应用	www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers	医疗电子	www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface	安防应用	www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic	汽车电子	www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power	视频和影像	www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers		
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys		
OMAP应用处理器	www.ti.com.cn/omap		
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity	德州仪器在线技术支持社区	www.deyisupport.com

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated