

利用 DLP® 前照灯提高能见度



Brandon Seiser

产品市场工程师

DLP 汽车

德州仪器 (TI)

汽车制造商正在寻找提高夜间驾驶能见度的方法。适用于前照灯的 DLP® 汽车技术可以提高能见度并为其他应用提供支持。

内容概览

本白皮书重点介绍了 DLP 技术如何根据汽车行业最新发展趋势 (包括面向未来的前照灯应用) 进行创新。



1 自适应远光前照灯的优势

启用远光前照灯视野分段, 更大程度地提高投射在道路适当部分的光量。



2 前照灯视野示例

展示了适用于高分辨率前照灯的 DLP 技术的多功能性, 以及 DMD 如何增强车辆照明系统。



3 面向未来的前照灯应用

结构光、交通标志调光、天气探测只是 DLP 技术增加价值并改善车辆功能的一些新应用。

前照灯用于照亮前方的道路并使驾驶员发现任何潜在的危险。基本前照灯通常采用两个模块: 近光基础灯和手动开/关远光灯。不过, 驾驶员很少遇到需要使用远光前照灯的情况, 因此很少使用该选项。

最近, 在汽车照明行业中已经大力推动改善车辆前照灯功能和驾驶员能见度, 从而使自适应远光灯 (ADB) 前照灯得到发展。ADB 系统自动控制包括远光灯在内的整个前照灯, 使驾驶员能够专注于道路, 而无需再根据光照条件和对面是否驶来车辆来打开或关闭远光灯。

ADB 的优势和分辨率

ADB 汽车外部照明系统的目标是在不影响迎面驶来的汽车驾驶员的情况下,更大程度地增大投射到道路上的光量,从而提高道路安全性。对于没有远光视野 (FOV) 分区 (也称为像素远光灯) 功能的车辆,ADB 系统功能包括自动打开和关闭远光灯。包括用于汽车应用的 DLP 技术在内的新技术使远光前照灯 FOV 能够分区,换句话说,可以分别打开或关闭远光前照灯的各个区域。

例如,如果远光前照灯有 12 个区域,则仅需关闭这些区中的几个,即可防止对迎面驶来的车辆驾驶员产生眩光。其他区仍然可以照亮道路,而且与未配备 ADB 系统的车辆相比,此类车辆所产生的光照更多。**图 1** 显示了夜间驾驶情况的示例,其中驾驶员逐渐接近迎面驶来的车辆、交通标志和道路上的坑洼。驾驶员的车辆未配备 ADB 系统,因此仅车辆的基础照明照亮道路。**图 2** 显示的驾驶场景与图 1 相同,不过此时驾驶员的车辆配备了 12 像素分区 ADB 系统。分区 ADB 系统用多个红色框表示,可突出显示远光 FOV 中每个像素的照明区域。

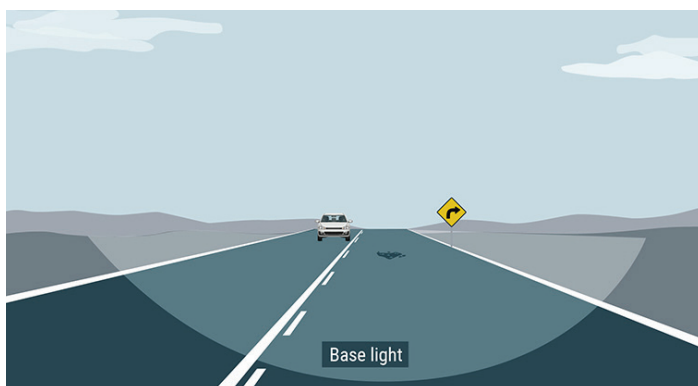


图 1.仅具有基础照明模块的前照灯 FOV。

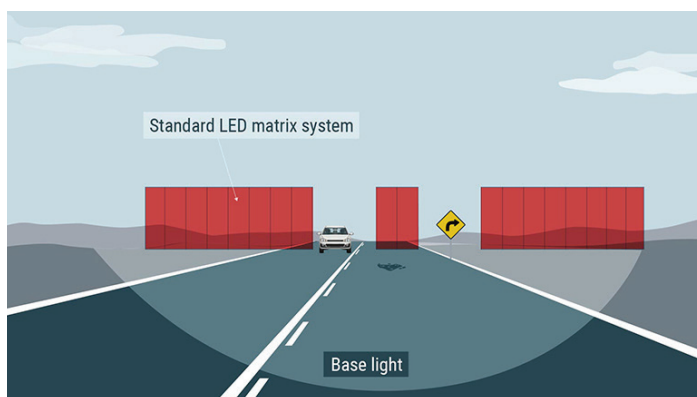


图 2.具有 12 像素矩阵的前照灯 FOV。在远光 FOV 中,每个像素用红色区域表示。

从图 1 和图 2 可以看到,ADB 系统中的分区越多,远光 FOV 就可以发出更多的光来照亮道路。在恒定的 FOV 中,区域的数量按数量级增加时,这种关系也是成立的 - 因为随着分区变得越来越小,ADB 系统可以点亮更多的区域,而不会照射其他车辆,也不会对其他驾驶员产生眩光。

除了使照射到道路上的光线更多之外,增加分区的另一个好处是,遮蔽区域的移动更加顺畅,这可以减小大面积远光 FOV 快速开关对驾驶员产生的干扰。ADB 系统中的遮蔽区域是未被远光模块照亮的 FOV 区域,可以防止对迎面驶来的车辆驾驶员和车辆的 ADAS 系统产生眩光。在图 2 中,遮蔽区域是远光 FOV 中缺少 LED 的区域,用红色框表示,这些区域是迎面驶来的车辆周围的区域(可防止对迎面驶来的车辆驾驶员产生眩光)和交通标志(可防止反射光在 ADAS 系统的前置摄像头产生眩光)。

车辆原始设备制造商 (OEM) 和一级前照灯供应商一直在讨论提高 ADB 分辨率以照亮道路上的更多细节并减小遮蔽区域移动对驾驶员的干扰的需求。[DLP5533A-Q1](#) 高分辨率前照灯数字微镜器件 (DMD) 具有 130 万个可单独寻址的微镜,可提供极高的 ADB 分辨率。DLP5533A-Q1 上的每个微镜都可以对应于远光 FOV 中的一个区域,从而使 ADB 系统能够以最高的效率运行并产生非常精确的遮蔽区域。

适用于汽车应用的 DLP 技术的另一项优势是能够在远光 FOV 中离散移动遮蔽区域。随着更高分辨率的 ADB 系统以及遮蔽区域在远光 FOV 中更加平滑的过渡,驾驶员会发现这些 ADB 系统比远光区域更少的 ADB 系统更加自然并且产生的干扰更小。OEM 和一级前照灯供应商对在前照灯 FOV 中移动 DMD 的投影区域进行了探索,可支持高分辨率 ADB 前照灯以外的应用。

前照灯 FOV 矩阵和 DMD

在未配备 ADB 系统的标准车辆中,通过两个模块来分离近光区域和远光区域。标准远光模块的 FOV 是每个前照灯 40 度乘 10 度。这些模块经过对齐,总共可覆盖 80 度乘 10 度的车辆远光 FOV。基本的 ADB 系统使用有限数量的像素(通常每个前照灯 12 个像素,总共 24 个像素)来控制整个 80 度乘 10 度的远光空间。通常,这些 ADB 系统在垂直区域没有控制功能,这意味着一个分区在垂直方向上覆盖全部 10 度的范围。随着分辨率的提高,ADB 系统利用 2D 像素矩阵来实现远光分区,从而能够提供垂直方向控制,并更大程度地增大投射到道路上的光量。图 2 展示了一个示例 ADB 系统,每个前照灯只有 12 个区域,无远光段垂直控制功能,因为仅显示了一个 1D 矩阵。迎面驶来的车辆上方和下方的区域以及交通标志周

围的区域其实可以被更高分辨率的光照亮,从而驾驶员可以看见物体或迎面而来的障碍物。

OEM 和一级前照灯供应商已在寻求为 ADB 系统提供更高分辨率的方法,尤其是在远光 FOV 的中心。由于道路危险通常直接位于车辆前方,因此远光 FOV 的中心对于更大程度地提高光量而言至关重要。当前的汽车前照灯远光模块照度分布通常在中心附近具有一个较小的峰值亮度区域。

图 3 显示了标准的远光照度分布,其理念是只有在远光 FOV 的中心才需要高分辨率。在远光 FOV 边缘附近实现高分辨率会以指数方式增加系统的复杂性和成本,而不会提供相应的功能增益。因此,一级前照灯供应商设计了具有第三个模块的新型前照灯,该模块仅在车辆 FOV 的中心提供高分辨率。DLP 汽车技术可以实现一个具有高性价比的高分辨率区域,从而直接解决该新型前照灯架构问题,同时使一级前照灯供应商能够轻松创建模块化设计并支持多种车辆饰件。

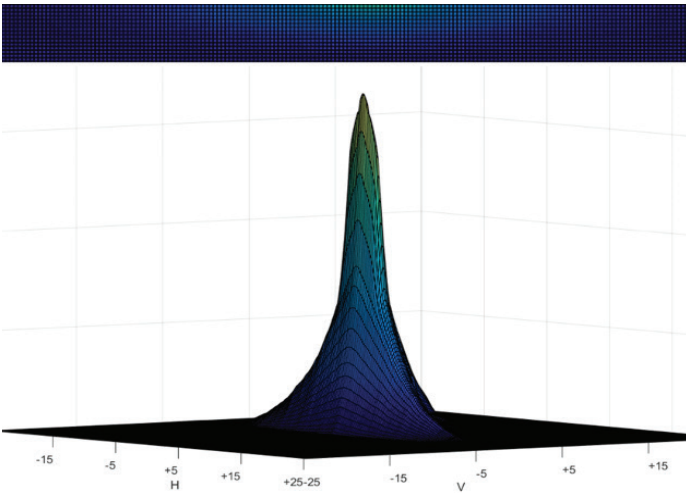


图 3.具有高中心峰值的典型远光照度分布。

DLP5533A-Q1 DMD 经过优化,支持覆盖 14 度乘 7 度 FOV 的模块;每个前灯通常使用这些模块之一。但两个 DLP5533A-Q1 模块(每个前照灯一个)可以为车辆的 FOV 生成 28 度乘 7 度的高分辨率区域。

图 4 显示了图 2 中具有高分辨率区域的示例前照灯 FOV 细分,

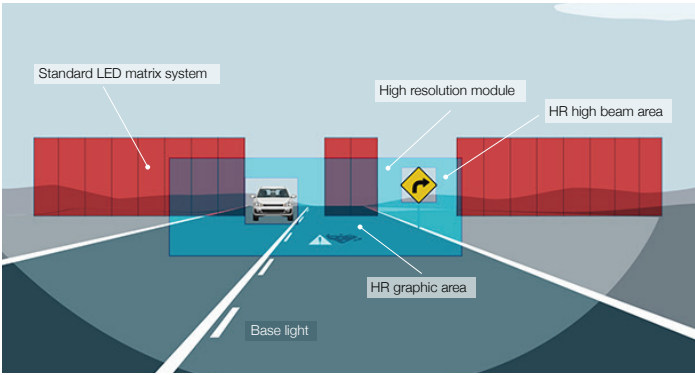


图 4.DLP 前照灯 FOV 细分。

在图 4 中,放置了 28 度乘 7 度的高分辨率区域以覆盖近光和远光 FOV 中的空间。除了提供 ADB 支持(远光 FOV 中的高分辨率区域)之外,这种跨界功能还使 DLP 前照灯模块能够在近光 FOV 的“HR 图形区域”中的负载上投射高分辨率符号。由于 DLP5533A-Q1 能够提供创建可理解符号(例如指示驾驶员需要右转的右转箭头)所需的分辨率,因此该器件非常适合进行符号投影。由于车辆前照灯的原因方向,与标准投影显示相比,分辨率与前照灯投射的符号清晰度之间的关系更加明显。由于前照灯未在垂直于投影源的表面上进行投影,因此投射的符号很容易被拉长,从而在没有足够的角分辨率的情况下使驾驶员无法理解这些符号。

图 5 显示了每像素 0.05 度角分辨率(可以通过专用于符号投影的 20,000 像素矩阵实现)与每像素 0.01 度角分辨率(可以通过 DLP5533A-Q1 高分辨率前照灯模块的近光区域实现)之间的投影符号差异。当从 10m 远的位置投影 2m 高的图像时,这些角分辨率分别对应于大约 12 条线和 49 条线。



图 5.在 10m 远的位置投射具有不同垂直分辨率的右转符号。

符号投影区域(在图 4 中以 HR 图形区域突出显示)可以帮助驾驶员导航到目的地,警告驾驶员存在潜在危险路况或投射车辆的预定线路。符号投影不仅提供了另一种车辆通信方法,而且可以成为车辆功能和驾驶体验的差异化因素。符号投影展示了适用于高分辨率前照灯的 DLP 技术的多功能性,以及它如何扩展车辆照明系统的价值定位。

面向未来的前照灯应用

尽管 DLP 技术凭借其高分辨率极大地改进了 ADB 系统并实现了符号投影,但基于 DLP 技术的前照灯还有其他方法,通过扩展应用来改进高级驾驶辅助系统 (ADAS) 功能,从而为车辆增加价值。这些面向未来的应用可能包括结构光(可帮助下一代 ADAS 更好地检测和识别道路上的物体和障碍物)、交通标志调光(用于防止前置摄像头眩光)和天气探测(用于提醒驾驶员潜在的危险路况)。

结构光。DMD 能够以微秒的量级极其快速地切换状态 - 使 DLP 前照灯模块能够在很短的时间内显示 single-bit 图案。当这些 single-bit 图案与车辆的前置摄像头刷新率同步时,DLP 前照灯模块可以投射旨在用作深度传感的图案,而不会引起驾驶员的注意。该应用称为结构光。ADAS 处理器使用前置摄像头来捕获对图案的响应,并确定车辆行驶路径中是否有任何物体。如果 ADAS 系统检测到任何碎屑或坑洼,它可以通过符号投影功能警告驾驶员存在危险。图 4 和图 6 对此进行了描述,图 4 显示了原始驾驶场景,在图 6 中 DLP 前照灯和前置摄像头系统识别坑洼并向驾驶员发出警告。



图 6.DLP 前照灯与 ADAS 摄像头系统配合工作,可检测到道路上的物体并向驾驶员发出警告。

除了坑洼和碎屑检测之外,结构光还可以改善主动悬架系统在夜间的性能。由于系统能见度很差,因此许多主动悬架系统的夜间性能不佳,但 DLP 前照灯可以极大地提高主动悬架系统的性能。

交通标志调光。OEM 和一级供应商希望将 ADAS 前置摄像头传感器移至前照灯附近或内部。该新位置的一个缺点是 ADAS 摄像头系统的性能在夜间交通标志附近可能会降低。如果自适应前照灯将光直接反射回至光源,则交通标志会在夜间干

扰 ADAS 前置摄像头的性能和精度。当有光线直接照射在摄像头的镜头上时,摄像头传感器会“泛光”或过饱和,从而完全洗掉图像。这会阻止任何现实世界的的数据到达 ADAS 系统,因此无法警告驾驶员存在潜在的危险。利用 DLP 前照灯模块的高分辨率,ADAS 系统可以创建高效的遮蔽并熄灭照向交通标志的光线。这使车辆前端摄像头 ADAS 系统能够正常运行,从而使驾驶员可以更好地理解交通标志。在城市街道和高速公路上使用时,交通标志调光是 ADB 的必备功能,因为交通标志在这些类型的道路上频繁出现。图 7 描绘了一个 DLP 前照灯,该前照灯使交通标志变暗,但照亮了试图横穿马路的儿童。



图 7.DLP 前照灯醒目地照亮了一个试图横穿马路的儿童,同时使人行横道标志变暗以减少眩光。

- **天气探测。**高分辨率前照灯可用于帮助在夜间驾驶时探测天气情况。有些车辆白天仅用摄像头即可探测天气,但在夜间这是一个问题,因为夜间光线不足。借助高分辨率前照灯,车辆可以增大照射到特定区域的光的强度,从而帮助提高摄像头的能见度。通过使车辆的 ADAS 前置摄像头系统能够在夜间探测天气情况,车辆可以自动启用安全功能或配置,从而更好地处理包括雾天和路面结冰在内的危险情况。

结论

虽然 DLP5533A-Q1 DMD 旨在提高 ADB 分辨率,并帮助车辆更大程度地提高道路上的光量,但该器件的 130 万个微镜可实现新的应用。符号投影可以通过将导航符号投射到汽车前方来帮助驾驶员将视线停留在道路上,并可以通过投射预定线路来帮助车辆与周围的车辆进行“通信”。结构光能够启用车辆中可警告驾驶员即将发生危险(例如道路上的坑洼和物体)的功能。交通标志调光可以帮助减少前置摄像头眩光并支

持适当的 ADAS 功能。天气探测可以在最关键的时刻帮助驾驶员将视线停留在道路上。DLP 高分辨率前照灯将继续满足 OEM 和一级前照灯供应商的需求, 同时为设计人员提供创新和开发新功能的平台。

重要声明: 本文所提及德州仪器 (TI) 及其子公司的产品和服务均依照 TI 标准销售条款和条件进行销售。TI 建议用户在下订单前查阅最新最全面的产品与服务信息。TI 对应用帮助、客户应用或产品设计、软件性能或侵犯专利不承担任何责任。发布有关任何其他公司产品或服务的信息并不构成 TI 批准、担保或认可这些信息。

所有商标均为其各自所有者所有。

重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 (<https://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com.cn](https://www.ti.com.cn) 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。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2021 德州仪器半导体技术（上海）有限公司