

Application Report

动态地面投影应用要求



Jackson Thomas

摘要

几十年来，定制光照和照明一直是所有汽车细分市场的差异化特征，但直到最近我们发现，这些特征仅限于 LED 颜色模式或静态标识。凭借 TI DLP® 技术的汽车认证，汽车制造商和一级供应商现在可以通过动态地面投影 (DGP) 来创建包含动态变化标识的个性化内容或者全彩色的视频。小型投影仪可以嵌入到车门面板、侧视镜、脚踏板、前后保险杠以及整个汽车的大量其他位置，从而在车辆周围的地面上投射全动态视频。尽管这些动态地面投影仪使用与许多电影院和 Pico 投影仪相同的显示技术，但图像质量和亮度要求可能与传统显示应用有所不同，而且车辆中的位置之间也会不同。本应用报告讨论了动态地面投影仪在各种汽车应用中的亮度、功率和图像质量要求。

内容

1 汽车应用中的静态投影.....	2
2 亮度要求.....	2
2.1 影响显示亮度的主要参数.....	2
2.2 其他亮度注意事项.....	4
2.3 采用 DLP 技术时的亮度输出能力.....	5
3 总结.....	5
4 参考文献.....	6

商标

DLP® is a registered trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 汽车应用中的静态投影

静态投影仪在汽车方面的应用实现示例有很多，包括产生小型图像的车门面板标识投影仪和沿汽车纵向进行的脚踏板投影，以及车辆周围投影的一般迎宾照明等。此外，还有无数的售后市场实现。以前的这些实现有助于为具有动态内容的未来实现设定预期和要求。

2 亮度要求

汽车应用的投影仪可能具有不同的光通量要求，某些增强现实抬头显示系统的光通量约为 100 流明，而某些高分辨率前照灯系统的光通量则超过 1500 流明。动态地面投影仪 (DGP) 应用也有不同的光通量要求，但通常低于 50 流明。决定 DGP 应用中所需亮度的主要参数是显示尺寸，但也有一些其他参数可能会限制最大亮度，例如所需的机械外形、所需的功率限值、环境亮度或所需的热性能。

有两个主要单位用于确定投影仪或显示器的亮度。投影仪的光通量通常以流明 (lm) 为单位 (用于度量投影仪的总光输出)，而显示器的亮度通常以坎德拉/平方米 (cd/m²) 或尼特为单位。亮度 [cd/m²]、照度 [勒克斯] 和光通量 [流明] 之间的关系如以下公式所示。

2.1 影响显示亮度的主要参数

最终，显示图像的亮度是所有最终用户 (驾驶员或乘客) 在 DGP 实现中看到的亮度。投影仪的光通量、显示的图像尺寸、显示图像的表面以及环境的光照条件都将决定显示图像的整体感知亮度。

2.1.1 环境光照条件

为了使图像可见，图像亮度必须大于图像投影表面的自然亮度或环境亮度，其中的自然亮度取决于环境照明光量和表面反射率。图像亮度相对于自然投影表面亮度的比率称为亮度对比度比率 (LCR)。当 LCR 为 1.5 时，图像通常为仅可见状态，这意味着图像比周围的表面亮 50%。但是，从使用性的角度来看，“仅可见”通常是不够的。为了确保可用，通常要求最小 LCR 为 2-4。为了获得最大的可用性 (在各种环境条件下)，LCR 最好为 25 或更大。

地面的亮度将取决于该区域的环境光照条件和表面反射率。与仅由月球提供光照的乡村小路相比，位于路灯正下方的光线充足的城市街道将反射更多的光。为了保持相同的 LCR，在良好光照条件下显示的图像必须比在黑暗条件下显示的图像明亮得多。通常，较高 LCR 的显示器是理想的选择，但在 DGP 应用中，图像永远不会显得太亮。动态地面投影仪应设计为在最亮的夜间环境条件下可见，而更暗的条件只会提高显示图像的感知亮度。对于 DGP 应用来说，白天的亮度条件过于明亮。

表 2-1 中包括各种光照条件下的近似环境亮度水平。

表 2-1. 典型的环境照明水平

夜间光照条件	典型的环境照明 (勒克斯)
黄昏	10.8
满月	0.108
星光	0.0011

2.1.2 投影表面对显示亮度的影响

图像的测量亮度和感知亮度在很大程度上还取决于投影的表面。投影显示屏通常是反射性的白色，甚至可能含有一定程度的增益，以便将更多的光重定向到观看者，从而使图像看起来更亮。大多数并非设计用于显示用途的表面 (例如混凝土) 都是朗伯表面，这意味着从表面反射的任何光都将在各个方向上均匀散射，因此该表面的视亮度在所有角度上看起来都相同。颜色、纹理和材质本身会极大地影响 DGP 图像的感知亮度。可以通过材质的反射率以及投影仪的光通量和图像尺寸来确定不同表面上图像的亮度。下表列出了几种典型地面的反射率，但是这些反射率可能会根据特定的地面成分以及许多其他环境因素而发生明显变化。

表 2-2. 典型材质的平均反射率

表面类型	平均反射率
水泥	0.47
沥青	0.15
草地	0.20

表 2-2. 典型材质的平均反射率 (continued)

表面类型	平均反射率
砾石	0.29
泥土	0.15

对于朗伯表面，照度 (勒克斯) 与亮度 (cd/m²) 之间的转换相对简单。大多数路面和地面都被认为是朗伯表面。

$$\text{亮度} \left[\frac{\text{cd}}{\text{m}^2} \right] = \frac{\text{照度 [勒克斯]}}{\pi} \times \text{反射率} \quad (1)$$

2.1.3 显示图像的尺寸

对于具有固定投射比 (投影距离与图像宽度之比) 的特定投影仪，投影仪所处的位置距离显示表面越远，显示图像的尺寸就越大。但如果光通量是恒定的，随着图像变大，由于投射的光散布在更大的图像上，图像也变得更暗。如果图像变得太暗，观看者将无法识别。对于车辆中的投影应用，投射比和投影仪位置参数很可能会设计为固定值。这样可以确保图像为所需尺寸并正确对焦，并将设置图像的亮度。

投影图像的亮度与显示图像的面积成反比。如果显示图像的面积翻倍，亮度将降低 50%。由于这一原因，相较于沿汽车纵向产生图像的脚踏板投影仪，从侧视镜投射的小型图像需要更低亮度的投影仪，因为这两种图像的尺寸通常有很大差异。侧视镜安装的投影仪可能只需要 10 流明，而脚踏板安装的投影仪可能只需要 80 流明。

2.1.4 显示图像的亮度

DGP 图像的估计亮度可以通过前面几节中提供的数字来计算得出。图像尺寸、投影表面、环境条件和投影流明值的组合将得出投影图像的亮度，并可用来预测图像在各种环境光照条件下的可见度。

$$\frac{\text{投影仪光通量 [lm]} \times \text{反射率}}{\text{图像尺寸 [m}^2\text{]} \times \pi} = \text{图像亮度} \left[\frac{\text{cd}}{\text{m}^2} \right] \quad (2)$$

$$\text{LCR} = \frac{(\text{图像亮度} + \text{环境亮度})}{\text{环境亮度}} \quad (3)$$

为了根据 LCR、环境亮度、图像尺寸和表面反射率的函数关系求解所需的投影仪光通量 (以流明为单位)，以上公式经重新排列后变为以下公式。

$$\text{投影仪光通量 [lm]} = \frac{\text{环境亮度} \left[\frac{\text{cd}}{\text{m}^2} \right] \times (\text{LCR} - 1) \times \text{图像尺寸 [m}^2\text{]} \times \pi}{\text{反射率}} \quad (4)$$

例如，假设沥青的环境光照条件为 10 勒克斯 (黄昏时的大概照度)，所需图像为 0.09m² (约 18 英寸对角线)，且 LCR 为 25。根据方程式 1，沥青上的 10 勒克斯环境照度可提供以下环境亮度：

$$\frac{10 \text{ [勒克斯]}}{\pi} \times 0.15 = 0.48 \left[\frac{\text{cd}}{\text{m}^2} \right] \quad (5)$$

根据方程式 4 和这些环境条件，所需的最低投影仪亮度为：

$$\frac{0.48 \left[\frac{\text{cd}}{\text{m}^2} \right] \times (25 - 1) \times 0.09 \text{ [m}^2\text{]} \times \pi}{0.15} = 21.6 \text{ [lm]} \quad (6)$$

对于在黄昏时以高可见度 (LCR 为 25) 显示在沥青上的大型标识或动画投影 (约 18 英寸) , DGP 投影仪将需要略大于 20 流明的输出。对于基于 DLP3021-Q1 汽车级 DMD 的投影仪来说, 这是可行的亮度。

2.2 其他亮度注意事项

还有许多其他参数不太会直接影响图像的可见性, 或者无法由投影仪的设计完全控制。在确定 DGP 应用的亮度要求时, 还需要注意以下一些事项。

2.2.1 一天中的时间

一天中的时间将对图像的可见性产生巨大影响。这实际上就是以上公式中环境亮度值的变化, 因此也会影响投影仪的亮度要求。在全日照条件下观看 DGP 图像 (或任何投影的图像) 将要求投影仪提供极大的亮度。如此高的亮度要求 (可能在 500 到 1000 流明之间) 将增加投影仪的成本、尺寸、复杂性和热负荷, 因此给低成本的 DGP 应用带来了挑战。

虽然在全光照条件下观看可能并不实际, 但亮度的小幅增加可能有助于在黄昏或暮光之时 (而不仅仅是在漆黑的晚间) 适当显示图像。通过修改以上公式中的环境亮度变量, 可以估算傍晚运行的投影仪亮度。图 2-1 中的图像是八月份在德克萨斯州达拉斯拍摄的, 这是一年中亮度较高的时候, 代表了一天中的不同时间。



图 2-1. 一天中不同时间的亮度

2.2.2 投影仪对比度

投影仪 (或任何显示器) 的对比度是指全白图像与全黑图像的亮度之比。理想情况下, 显示器将具有无限的对比度, 这种情况下显示的任何黑色像素均不发光, 但实际情况并不是这样。如果显示的对比度太低, 则在图像的较暗部分看不到太多细节。对于在环境亮度较高的环境中具有低对比度的投影图像, 有时在图像周围会看到黑色边框, 从而会亮起灰色框, 或者在中心的明亮图像周围出现“明信片”效果。



图 2-2. 具有不同对比度的 DGP 投影

在 DGP 应用中无法很好地控制环境光照条件，因此对比度需要足够高，这样才能避免背景在黑暗的环境条件下可见。但是过度设计对比度会导致成本和尺寸增加。DGP 应用的投影仪应设计为适当的对比度，确保可以提供足够的性能，同时最大限度降低制造成本。被认为“足够好”的对比度水平是一种主观认知，并且还取决于投影表面。通常，这一对比度至少为 400:1。在许多黑暗的环境条件下，400:1 的对比度仍然足够高，可从图像中去除背景阴影。

2.2.3 其他应用约束

有几个其他因素将间接影响 DGP 投影仪的最大亮度。许多应用有模块尺寸和输入功率方面的限制。亮度更高的投影仪将需要更多的输入功率。投影仪在车辆中的某些放置位置可能会限制用于传递到模块的总功率，从而限制投影仪的最大亮度。功率更高或尺寸更大的 LED 也会增加亮度，但这通常也会提高对散热解决方案的要求。如果这种散热解决方案使模块尺寸太大，则可能需要降低亮度以满足尺寸限制。如果功率或散热限制使得亮度受到限制，则可能需要减小显示图像的尺寸，才能实现所需的亮度目标。

2.3 采用 DLP 技术时的亮度输出能力

在确定 DGP 应用的投影仪所需的最小通量之后，应评估具体投影仪的输出能力。尽管有许多因素可以决定投影仪设计的最终输出亮度和模块尺寸，但表 2-3 具有一些通用的输出目标，例如在全彩色 DGP 应用中使用 DLP3021-Q1 汽车级 DMD 的配置。实际尺寸和输出通量将根据各个设计而不同。

表 2-3. DLP3021-Q1 的典型投影仪输出能力

电气输入功率 (W)	输出通量 (流明)	投影仪大概尺寸 (mm)
3	高达 25	50 x 30 x 25
10	高达 120	80 x 80 x 30

3 总结

DGP 应用的最终成功取决于驾驶员或行人的视线是否清晰。许多不同的因素会影响动态地面投影显示的表观亮度，包括投影仪亮度、环境光照条件和投影表面。对图像尺寸和位置的不同要求可能会导致对投影仪亮度、对比度和整体外形的不同要求。理解期望的观看环境和显示内容是确定 DGP 其余部亮度设计的第一步。

4 参考文献

有关动态地面投影应用的更多信息，请参阅以下资源

- 德州仪器 (TI), [DLP3021-Q1 产品文件夹](#)
- 德州仪器 (TI), [《DLP3021-Q1 0.3 英寸 WVGA DMD》数据表](#)
- 德州仪器 (TI), [《DLP3021-Q1 FPGA 用户指南》](#)
- 不同道路材料的反射率参考：
 - [室外和室内场所的推荐光照水平 \(照度\)](#)
 - [HOMER Pro 3.14 地面反射率](#)
 - [平均地面反射率信息](#)
 - [天然砾石铺设作为凉爽屋面和凉爽路面的试验分析](#)
 - [土壤科学遥感](#)

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。您将独自承担以下全部责任: (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 () 或 [Ti.com.cn](http://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: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2020, 德州仪器 (TI) 公司

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 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，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(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。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

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 © 2020 德州仪器半导体技术（上海）有限公司