



Jesse Richuso and Jackson Thomas

摘要

本应用报告的目标是帮助不熟悉 DLP® 技术的开发人员了解亮度和相关的系统权衡因素。

在阅读本文档之前，建议首先阅读 [TI DLP® 技术入门](#)，以详细了解该技术及其支持的应用。

内容

1 引言.....	2
2 为您的产品确定正确的亮度.....	3
3 环境光强度的影响.....	3
4 屏幕尺寸的影响.....	4
5 亮度方面的权衡.....	5
6 其他注意事项.....	6
7 总结.....	7
8 其他资源.....	7
9 修订历史记录.....	8

插图清单

图 4-1. 为图像尺寸与图像亮度水平的组合建议的投影亮度.....	4
图 6-1. 高对比度（上方）和低对比度（下方）的模拟图像.....	6
图 6-2. 投影投射比.....	7

表格清单

表 3-1. 环境照明和最低图像亮度预估值（以尼特为单位）.....	3
表 5-1. 投影系统的主要变量及其影响.....	5
表 7-1. 推荐的芯片组产品系列.....	7

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 引言

亮度要求是在设计任何投影系统时应考虑的主要注意事项之一。

本白皮书中大量使用了 *投影机亮度* 和 *图像亮度* 这两个术语。以下是它们在本白皮书中的定义：

- **投影机亮度** 是投影机或投影系统发出的可见光量¹ 它以 ANSI² 流明 (lm) 为测量单位，与图像尺寸无关。借助 TI DLP 技术，可以创建具有宽泛亮度范围的投影机：从嵌入到智能手机或平板电脑等产品中的 30 流明投影机，到超过 10,000 流明的大型场馆投影机，应有尽有。投影系统可以包含多种不同类型的照明源，包括灯、LED 和激光。影响投影机亮度的因素包括照明源类型（灯、LED 或激光）、照明源输出能力（辐射功率）、照明源输入功率（电）、光学设计以及 DLP 有源阵列面积。
- **图像亮度** 用于衡量表面反射的图像亮度。它的测量单位为尼特（坎德拉/平方米），与投射到表面上的每平方米流明数成正比。³ 对于固定的显示区域（图像尺寸），系统能够输出的流明越多，尼特数越大。同样，当投影系统投射固定的流明数时，显示区域越小，尼特数越大。图像亮度还取决于投影表面；不同的表面具有不同的反射特征，但本文档不再详细介绍表面特征的影响和权衡因素。

投影机 这一术语的注释通常具有限制性。在过去，投影机是仅用于在墙上显示视频或图像的系统，虽然这一定义依然适用，但如今的投影系统还能在几乎任何显示表面上显示任何形式的视觉元素或信息图表。它们可以用于智能家居显示设备、数字标牌、激光电视和数不胜数的其他潜在应用。借助 DLP 技术，各种尺寸的投影系统可以用于各种各样的应用，同时还能让以前的投影机实现明亮、逼真的显示效果。

不熟悉 TI DLP 技术的客户遇到的两个常见问题是：“我的应用需要多大的亮度”和“投影系统能够达到多大的亮度？”也就是说：

- 对于给定的应用和用户环境，我的产品应该达到多大的亮度（以流明为单位）？
- 在给定的具体功耗、尺寸和成本要求的情况下，我的产品能够达到的最大亮度是多少？

第一个问题通常来自于将图像质量视为最高优先级的产品开发人员，而第二个问题通常来自于受到某些技术限制（通常是功耗、尺寸和成本）并最终限制投影系统最大亮度的产品开发人员。

¹ 从技术角度而言，投影机亮度被定义为光通量，即光源在每单位时间辐射的可见光波长内的能量。光通量的 SI 单位是流明。

² ANSI（美国国家标准学会）流明为测量单位，通过计算投影图像上的九个点的亮度平均值而测得，因此考虑到了不同投影机的亮度均匀性差异。

³ 从技术角度而言，对于任意反射器（表面），尼特数 = (流明数 × 屏幕增益) / (π × m²)，但本应用手册不再对屏幕增益展开叙述。除非另有说明，否则本应用手册假设所有反射表面都是朗伯反射且其屏幕增益为 1。

2 为您的产品确定正确的亮度

对节 1 中的这两个常见问题的回答取决于以下变量：

- **周围照明环境。**预期使用环境中的环境光强度是需要考虑的一项关键因素。例如，使用同一个投影系统时，明亮办公环境中 50 英寸（对角线）图像的感知亮度可能近似于黑暗房间中 100 英寸图像的感知亮度。
- **所需的屏幕尺寸。**图像对角线每扩大 1 倍（从 20 英寸增大至 40 英寸），投影仪亮度（流明数）都要提高 3 倍（从 50 流明提高至 200 流明）才能保持图像亮度（尼特数）恒定。
- **视频内容类型。**图像内容越亮（从技术角度而言，平均画面水平越高）或者图像内容色彩越丰富（从技术角度而言，色彩越饱满），为使图像变得明亮所需的流明数或尼特数越少。
- **投影表面。**在本应用手册中，假设采用的是不光滑的白色表面。对于需要不同类型表面（例如图案或彩色表面）的应用，可能需要更多的尼特数。

归根结底，所需的亮度是一种主观评估。本白皮书着重探讨环境光强度和屏幕尺寸如何影响投影系统的亮度要求。

3 环境光强度的影响

在不同的使用环境中，环境光强度差异很大。例如，对比一下电影院的环境光强度与典型办公环境中的环境光强度。电影院中的环境光强度受到很好的控制并且非常低，因此电影行业的图像亮度标准相对较低（约为 50 尼特）。

根据 TI 的经验测试，表 3-1 中总结了各种环境光场合下的最低图像亮度预估值。

表 3-1. 环境照明和最低图像亮度预估值（以尼特为单位）

	环境照明场合				
	黑暗的房间	昏暗的房间	照亮的房间	明亮的房间	户外
示例环境	晚上灯火通明的房间	晚上柔光照明的房间	没有日光的明亮会议室（家庭影院）	间接采光（电视）的明亮带窗房间	间接采光
建议的图像亮度	50 尼特	100 尼特	200 尼特	300-400 尼特	600+ 尼特

4 屏幕尺寸的影响

图 4-1 提供了建议的投影亮度（流明数），此亮度是对角线图像尺寸和表 3-1 中提供的图像亮度（尼特数）水平的函数。此外，图 4-1 还引用了与每个亮度水平相关联的 DLP 芯片类别（按 DLP 芯片微镜阵列 [被称为数字微镜器件，即 DMD] 的对角线 [以英寸为单位] 分类）。您可以在[此](#)了解 DLP 产品系列的更多信息。

Image diagonal (inches)	Suggested projection brightness (lumens)					
	160	1400	2800	5500	8300	11000
140	1100	2100	4200	6400	8500	13000
120	800	1600	3100	4700	6200	9400
100	550	1100	2200	3200	4330	6500
80	350	700	1400	2100	2800	4200
70	250	500	1000	1600	2100	3200
60	200	400	800	1200	1600	2300
50	140	280	550	800	1100	1600
40	90	180	350	500	700	1050
30	50	100	200	300	400	600
20	20	40	90	130	175	260
15	10	25	50	75	100	150
10	5	10	20	30	45	65
Image brightness (nits)	50	100	200	300	400	600

DLP Products	DMD diagonal	Typical brightness range (lumens)
Standard	0.9" class	>5000
	0.6" class	Up to 5000
	0.4" class	Up to 3000
Pico	0.4" class	Up to 1500
	0.3" class	Up to 550
	0.2" class	Up to 250
	0.1" class	Up to 50

图 4-1. 为图像尺寸与图像亮度水平的组合建议的投影亮度

这些计算⁴假设投影表面的反射率为 80%。当投影到非理想表面上时，所需的实际流明数可能不同于上图中所示的值。典型的白色墙壁具有 80% 的反射率，但彩色涂料可能会使该数字减小。高增益屏幕可以增大特定观看方向的反射能力，还可以用来在不提高投影亮度的情况下提高图像亮度。

⁴ 随着时间的推移，市场中涌现的新光源和新 DMD 技术可能会导致这些水平升高。

5 亮度方面的权衡

DLP 投影系统能够达到多大的亮度？答案很简单：*非常明亮*。DLP 技术的核心优势之一是它具有非常高的光学效率，帮助明亮的投影系统降低了功耗，减小了尺寸。如果无需考虑尺寸和功耗限制，您可以构建 10,000 流明以上的显示设备，例如重大体育赛事中在介绍比赛选手或中场秀时使用的显示设备。

不过，对于本白皮书，问题范围只限于“*根据我的尺寸和功耗要求，DLP 投影解决方案能够达到的最大亮度是多少？*”答案是“视情况而定”- 可以在系统设计层面进行权衡，这取决于产品设计优先级。为了打造更加明亮的投影解决方案，还需要增大下面的一个（或一组）变量：

表 5-1. 投影系统的主要变量及其影响

变量	贡献	限制
照明源输出能力	可以产生的光量	光源和 DMD 的展度 ⁵
光学器件尺寸	可以采集的光量	尺寸和成本
DMD 芯片尺寸	可以反射的光量	尺寸和成本
照明源驱动器功率	照明源亮度水平	电源设计的热限制和成本
照明设计热解决方案	照明源的散热量	尺寸和成本

对于生产就绪型光学引擎，表 5-1 中的前三个变量为常数。

表 5-1 中的最后两个变量（照明源驱动器功率和照明设计热解决方案）因最终产品的设计要求而异。例如，给定的光学模块可以根据提供给 LED 或激光的电流实现不同的亮度输出。灯具有固定的功率输入和输出，但通常可以换成功率更大的灯泡。

DLP 技术非常灵活，可与几乎任何照明源结合使用。DLP 投影系统中通常使用三种主要类型的照明：灯、LED 和激光。灯光源提供了一种具有成本效益的解决方案；LED 和激光光源可提供高效、固态的照明。灯光照明通常用在教室、会议室和家庭影院投影仪中。LED 照明常见于电池供电的小型投影系统中。激光照明可帮助减小产品尺寸和提高产品亮度，适用于从便携式显示设备到大型场馆的高亮度投影系统等各类产品。

对于 LED 和激光，增大照明源的输入功率能够让它们输出更多的光亮，但照明系统也会产生更多的热量。这样就需要使用更高效的热系统将照明源保持在其建议的工作温度。因此，随着亮度的提高，照明设备的温度也会上升，进而导致照明方案热系统的复杂性升高。值得注意的是，更高的照明源输出也会导致 DMD 的热量增加。因此，在某个时候，可能也需要增大 DMD 热解决方案的尺寸。

此外，还必须记住，随着照明源输入功率的增大，亮度会提高，但也会以递减的速度导致热量增加。尽管照明功率和亮度因照明类型而异，但所有照明源都有一个最合适的亮度范围，在此范围内，它们可以实现最高工作效率。热管理解决方案必须经过精心设计，以去除系统中不必要的热量并最大限度地减小对产品尺寸和成本的影响。

⁵ 展度用于衡量光源的几何范围，通过计算光源面积与光发射立体角的乘积得出近似值。当光源和 DMD 的展度（DMD 立体角由微镜倾斜角决定）相等时，通常可以实现最佳光通量。

6 其他注意事项

尽管亮度、功耗和尺寸通常是主要的系统要求，但在设计 DLP 投影系统时，产品开发人员还应考虑另外两个性能参数：光学引擎对比度和投影透镜投射比。

投影引擎的对比度会影响投影图像的感知质量。对比度越高，图像的光亮区域与黑暗区域之间的差异越大（参阅图 6-1）。高对比度会导致黑色变浓、色彩生动。

有两种测量系统对比度的方法：全开全关 (FOFO) 对比度和 ANSI 对比度。FOFO 对比度实质上用于衡量显示面板的固有对比度，而 ANSI 对比度实质上用于衡量投影光学器件的对比度。DLP 技术可实现超过 2000:1 的对比度，具体取决于投影光学器件的设计。



图 6-1. 高对比度 (上方) 和低对比度 (下方) 的模拟图像

投影透镜投射比将投影图像的尺寸与投影系统至投影表面的距离关联在一起，并被定义为 D/W ，其中的 D 是投影透镜至投影表面的距离， W 是投影图像的宽度。如图 6-2 所示。

虽然投射比并不影响投影机亮度（流明数），但却影响从给定的投影距离提供的图像亮度（尼特数）。将两个具有相同投影机亮度（流明数）和不同投射比的投影机放在与观看表面之间的距离相等的位置时，它们会产生不同尺寸的图像。不同的投射比会产生不同的图像尺寸，因此图像亮度水平（尼特数）也会有所不同。具有短投射比的投影机产生更大的图像，因此图像会更加暗淡，因为光亮（流明数）会分散到更大的区域。相反，具有长投射比的投影机产生更小（因此更加明亮）的图像。应基于最终产品的用例以及投影系统与图像之间的距离远近来考虑投射比。

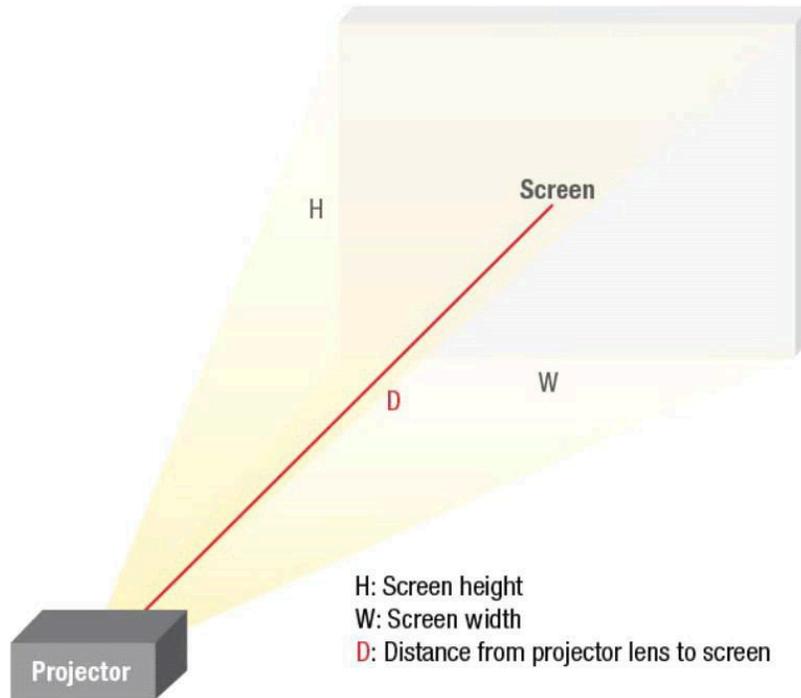


图 6-2. 投影投射比

7 总结

DLP 技术支持多种亮度能力。设计人员可以在产品功耗要求、产品尺寸和照明源选型之间进行权衡，以影响 DLP 投影解决方案的亮度能力。

必须记住，显示设备的亮度要求在很大程度上取决于目标环境中的环境光强度、所需的图像尺寸以及图像内容（视频还是图形）。

综合考虑这些见解有助于为给定的产品确定理想的 DLP 投影设计方案。此外，即使对于尺寸或功耗受到限制的产品，DLP 技术的高光学效率和高对比度能力也能够显示明亮、生动的图像。

表 7-1. 推荐的芯片组产品系列

目标亮度范围	关键系统要求	推荐的 DLP 芯片组产品系列
高达 1500 流明	尺寸更小、功耗更低	≤ 0.47 英寸阵列 pico 产品
高达 10,000 流明	亮度更高	≥ 0.47 英寸阵列产品

≤ 0.47 英寸阵列 pico 产品是 TI DLP 产品提供的尺寸超小、功耗超低的显示芯片。它们非常适合可穿戴显示器、平板电脑、智能家居显示器、移动投影仪等应用。≥ 0.47 英寸阵列产品尺寸更大，因此能够实现更高的亮度水平。它们非常适合教育和办公投影仪、大幅面数字标牌和激光电视等应用。

8 其他资源

1. 阅读 [TI DLP® 显示技术入门应用手册](#)。
2. 了解有关 [≤ 0.47 英寸阵列 pico 产品](#) 的更多信息

3. 了解有关 [≥ 0.47 英寸阵列产品](#)的更多信息
4. 在 [TI 的 E2E 社区](#)中，搜索解决方案、寻求帮助、分享知识并与工程师同行和 TI 专家一同解决问题。
5. 查找[光学模块](#)和[第三方设计支持](#)。

9 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision B (November 2019) to Revision C (May 2022)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式。.....	2
• 更新了 图 4-1 以包含扩展后的产品系列 (0.1" 类)。.....	4

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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司