

Application Note

TI DLP® 显示技术入门

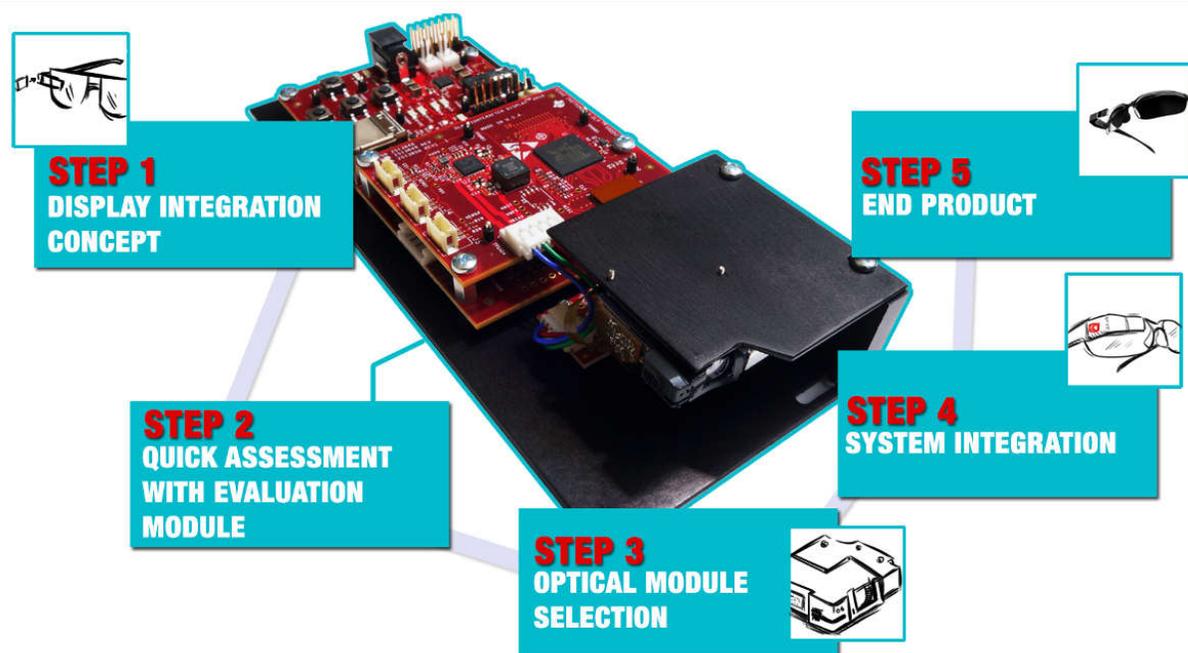


Juan Alvarez and Jesse Richuso

摘要

本应用手册是一份涵盖全面的快速指南，可帮助您查找与用于工业、企业或个人电子应用的 DLP® 显示产品相关的重要资源。本文档可作为 DLP 芯片组选择、评估、设计和制造的入门指南。无论您对 DLP 显示系统的了解程度和参与度如何，都可从本文档中获益。您可以使用 [TI DLP 产品 E2E 支持论坛](#) 发送关于本文档的反馈或意见。

随着 DLP 显示技术设计和制造生态系统的成熟，开发人员能够快速将显示应用概念投入生产，如下图所示。



对工业、企业和个人电子显示应用之外的 DLP 技术感兴趣？对于 DLP 汽车应用，请[点击此处](#)；对于使用 DLP 技术的光控制应用（例如 3D 打印、3D 机器视觉和 3D 扫描），请[点击此处](#)。

内容

1 引言	3
2 DLP 显示投影优势	4
3 什么是 DLP 技术？	6
4 DLP 显示系统	7
4.1 组件器件型号标识.....	7
4.2 电子硬件.....	8
4.3 光学器件.....	10
5 选择正确的 DLP 显示芯片组	13
5.1 亮度.....	13
5.2 分辨率.....	14
5.3 大小.....	14
6 如何评估所选 DLP 显示芯片组	15
7 选择正确的光学引擎	16
7.1 光学模块选择.....	16
7.2 光学模块采购.....	16
8 DLP 产品供应链	17
9 开发和制造	17
9.1 电气注意事项.....	17
9.2 软件注意事项.....	17
9.3 光学注意事项.....	17
9.4 机械注意事项.....	17
9.5 散热注意事项.....	17
9.6 制造注意事项.....	18
10 在线资源	19
10.1 DLP 芯片组信息.....	19
11 常用显示和投影术语	20
12 参考文献	22
13 修订历史记录	23

插图清单

图 3-1. 数字微镜器件.....	6
图 4-1. 典型 DLP 显示方框图.....	7
图 4-2. DLP .2 nHD (DLP2000) 芯片组评估模块 (EVM) 电子器件.....	8
图 4-3. 小电路板设计示例.....	10
图 4-4. DLP Pico 0.23 1080p (DLP230NP) 显示光学引擎.....	10
图 4-5. 0.2 WVGA (DLP2010) 光学模块示例.....	11
图 5-1. 最小目标分辨率.....	14
图 6-1. 0.33 1080p (DLP3310) EVM PC 工具 DLP IntelliBright 算法屏幕.....	15
图 11-1. 垂直梯形校正.....	20
图 11-2. 偏移对投影图像的影响.....	21
图 11-3. 投射比图.....	21

表格清单

表 1-1. 协助确定优先级.....	3
表 2-1. DLP 投影优势.....	4
表 2-2. DLP 技术优势.....	5
表 4-1. DLP 显示芯片组命名规则.....	7
表 4-2. 电子元件.....	9
表 4-3. 包含在光学模块中的光学器件.....	12
表 5-1. 可用资源.....	13
表 7-1. 示例性光学模块规格表.....	16
表 10-1. 可用资源.....	19
表 10-2. 热门资源.....	19
表 11-1. 常用显示和投影术语.....	20

商标

LightCrafter™, DLP IntelliBright™, and DLP Composer™ are trademarks of Texas Instruments.
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

DLP® 显示产品可广泛用于传统的配件投影产品和新兴的显示应用。其中包括智能手机和平板电脑中的嵌入式投影仪、交互式投影、无屏电视和激光电视、增强现实眼镜、数字标牌、光雕投影、大型场馆和电影院。DLP 显示技术包含两个产品系列：DLP Pico™ 芯片组和 DLP 标准芯片组。DLP Pico 芯片组提供了多种显示功能，并且可以通过超便携式设备在几乎任何表面上创建图像。它们非常适合任何需要高对比度、小尺寸和低功耗显示器的应用。DLP 标准芯片组能够为需要更高亮度、高分辨率和大屏幕显示的系统带来令人惊叹的画质。

为帮助您浏览本文档，我们提供了表 1-1，可帮助您确定您可能感兴趣的部分的优先级。

表 1-1. 协助确定优先级

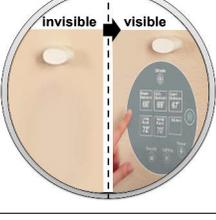
我是...	电气工程师	光学工程师	软件工程师	系统工程师	产品系列经理
刚接触 DLP 技术	<ul style="list-style-type: none"> DLP 显示投影优势 什么是 DLP 技术？ 				
选择 DLP 芯片组	<ul style="list-style-type: none"> 什么是 DLP 显示电子系统？ 如何选择正确的 DLP 显示芯片组 	<ul style="list-style-type: none"> 什么是显示光学元件系统？ 如何选择正确的 DLP 显示芯片组 	<ul style="list-style-type: none"> 什么是 DLP 显示电子系统？ 如何选择正确的 DLP 显示芯片组 	<ul style="list-style-type: none"> 什么是 DLP 显示电子系统和光学元件系统？ 如何选择正确的 DLP 显示芯片组 	<ul style="list-style-type: none"> 如何选择正确的 DLP 显示芯片组
评估 DLP 芯片组	<ul style="list-style-type: none"> 芯片组评估 				
开发和制造	<ul style="list-style-type: none"> 设计和生产 				

在开发显示应用的过程中，请参阅表 1-1。有关 DLP Pico 技术的快速参考指南，请参阅 [DLP Pico 技术入门](#)。

2 DLP 显示投影优势

表 2-1 展示了 DLP 投影可为几乎任何显示应用带来的主要优势。

表 2-1. DLP 投影优势

优势		说明
出色画质		根据全球 90% 的电影院中使用的相同显示技术（基于 PMA 研究），DLP 芯片组可以实现能提供饱和色彩和高对比度的显示器。显示系统的性能因光学引擎而异。
高对比度		DLP 的反射技术支持高对比度，因为关闭状态下的镜片会将光线从投影光学元件反射出去，在显示表面上产生非常黑的像素。
自由形状显示		鉴于其投影特性和高对比度，可以实现几乎任何外形尺寸的显示器。黑色像素不会显示在显示表面上（在这些区域有效地提供透明背景）。
在几乎任何表面上显示		投影将能显示在几乎任何表面上。扭曲可用于对不规则形状 of 显示表面进行几何补偿。
小尺寸、大图像		DLP 技术的光学架构和像素设计能够实现相较于所显示的图像而言极小的外形尺寸。
只在需要时可见		可以按需开启和关闭 DLP 投影显示。关闭 DLP 投影显示后，显示屏会消失。

客户可以访问 [DLP 产品宣传用语和图标指南](#) 文档（需要登录 myTI），了解如何宣传由 DLP 技术支持的功能。

访问 [表 2-2](#) 中所示的网站时，可查看按应用概述的 DLP 技术优势。

表 2-2. DLP 技术优势

网站	应用示例
<p>DLP Pico 芯片组的应用</p>	<p>Pico 投影机、企业便携式投影机、激光电视 <85"、智能家居显示器、工业显示器 (DLP 标牌、类人机器人、商业游戏)、虚拟现实/增强现实眼镜、智能手机和平板电脑 (移动配件) 等。</p> 
<p>DLP 标准芯片组的应用</p>	<p>激光电视 > 85"、智能投影机、数字标牌、企业用投影机、大型场馆和电影院。</p> 

3 什么是 DLP 技术？

一些开发人员会询问 **DLP 代表什么**。这三个字母的组合没有任何意义。DLP 是由 DMD 提供支持的技术的注册商标品牌名称。有关更多信息，请访问 [德州仪器 \(TI\) DLP® 品牌和标识指南](#)。

德州仪器 (TI) 的 DLP 技术是一种利用数字微镜器件 (DMD) (如 [图 3-1](#) 所示) 来调制光的快速开关微机电系统 (MEMS) 技术。DMD 在分辨率和尺寸方面各不相同，可包含 8 百万多个微镜。每个微镜可以表示显示器上的一个或多个像素。微镜是独立控制的，并与彩色顺序制照明同步，可在几乎任何表面上产生炫丽的图像。在某些情况下，DLP 芯片的速度、专有算法和位于光学引擎内的光学传动器共同作用，可以增大像素密度，实现小至 $2.7\ \mu\text{m}$ ($2.7\ \mu\text{m}$ ：使用 4 路传动器的 $5.4\ \mu\text{m}$ TRP 像素节点) 的有效像素间距。

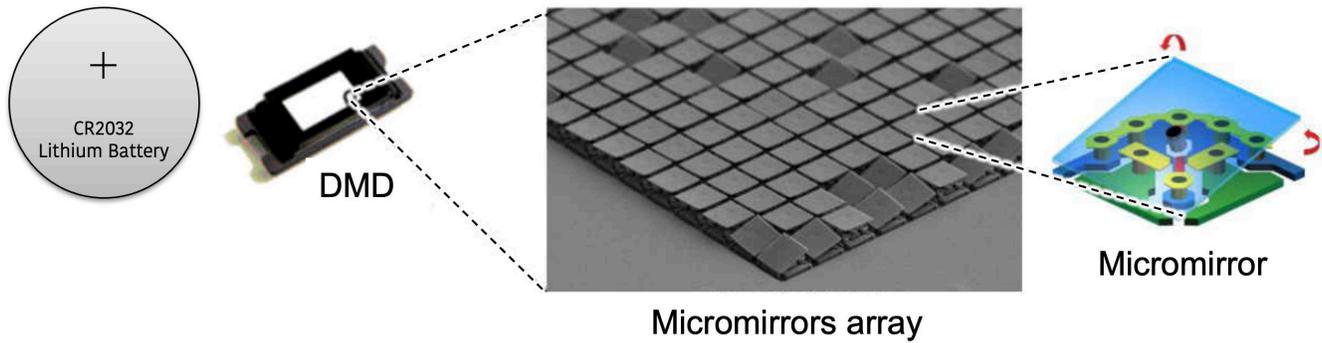


图 3-1. 数字微镜器件

[此处](#)的视频说明了如何利用 DLP 技术产生炫丽的影像。

4 DLP 显示系统

显示系统从视频输入信号开始，最终生成令人震撼的投影图像。显示系统需要三个主要组件才能运行：DMD、DLP 显示控制芯片和电源管理集成电路 (PMIC)。图 4-1 所示为 LED DLP 显示系统的典型方框图。您还可以[点击此处](#)观看视频，该视频详细介绍了 DLP 显示系统的方框图。

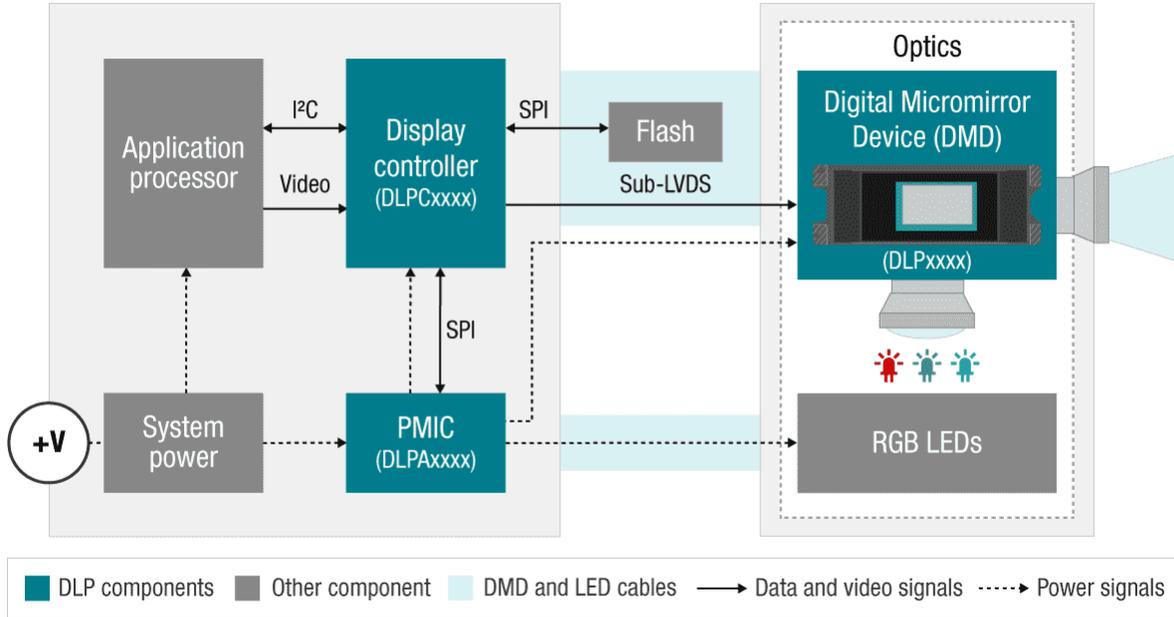


图 4-1. 典型 DLP 显示方框图

显示系统需要两个主要的连接元素：电源和数据。必须为 DLP PMIC 提供电源。必须为 DLP 显示控制芯片提供数字视频数据（包括 24 位 RGB、DSI 或 Vx1）。媒体处理器用来接受外部源（如 HDMI）并处理流式传输的在线内容，它会将数字视频数据向外发送到 DLP 显示控制芯片。或者，可是使用智能手机或平板电脑等产品的应用处理器将数字视频数据发送到 DLP 显示控制芯片。

4.1 组件器件型号标识

表 4-1 提供了有关 DLP 显示芯片组器件型号命名规则的一些通用指南。

表 4-1. DLP 显示芯片组命名规则

元件	器件型号说明
DMD	DMD 器件型号以字母 DLP 开头，后跟两个数字，表示有源阵列对角线（以英寸为单位）。后跟的数字因每个独特组件而异。 示例： DLP4710 ，表示对角线尺寸为 0.47 英寸的 DLP DMD
显示控制芯片	DLP 显示控制芯片以字母 DLPC 开头 后跟其他数字，这些数字因每个独特组件而异。 示例： DLPC3439 ，表示 DLP Pico .47 1080p 显示控制芯片
PMIC	DLP PMIC 组件以字母 DLPA 开头，后跟其他数字，这些数字因每个独特组件而异。 示例： DLPA2000 ，表示最高支持 200mA LED 驱动电流的 DLP Pico PMIC

显示系统拆分为电子器件和光学模块硬件。

4.2 电子硬件

显示系统的电子器件部分从视频输入信号 (例如, 12/16/18/24 位 RGB (红、绿、蓝) 并行、DSI、FPD-Link 或 Vx1 接口) 开始, 通常由应用或媒体处理器驱动。电子器件部分的输出包括向 DMD 发送视频信号, 通常使用低电压差分信号 (LVDS) 或 Sub-LVDS、照明驱动和电源。图 4-2 所示为电子硬件的一个示例。

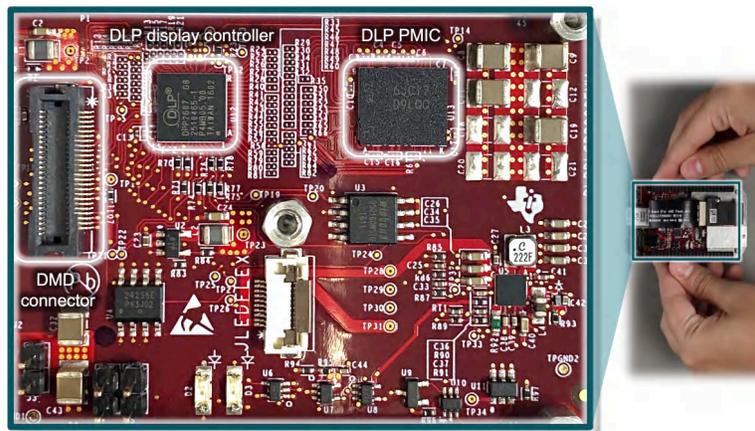


图 4-2. DLP .2 nHD (DLP2000) 芯片组评估模块 (EVM) 电子器件

表 4-2 包括显示系统电子器件部分的组件。

表 4-2. 电子元件

组件	说明
应用处理器	应用处理器的功能是将视频信号传输到 DLP 显示系统以及内部集成电路 (I2C) 接口, 从而提供命令和控制功能。任何支持视频的处理器都应该能够处理此任务。
显示控制芯片	<p>DLP 显示控制芯片是 DMD 与系统其他部分之间的数字接口。该控制芯片从应用处理器获取数字输入, 并通过高速接口驱动 DMD。DLP 控制芯片还会生成在 DMD 上显示图像所需的必要信号 (数据、协议、时序)。</p> <p>每个显示控制芯片都随附一个软件用户指南, 其中详述了其支持的所有视频处理功能, 具体取决于所选的 DLP 芯片组。如需查看 0.47 1080p DLP Pico 芯片组 (DLPA4710) 的示例软件编程人员指南, 请参阅 DLPC3439 软件编程人员指南。</p> <p>视频信号输入</p> <ul style="list-style-type: none"> 视频接口。 DLP 显示控制芯片可以支持多种视频接口输入。8/16/18/24 位 RGB 并行接口在 DLP 产品系列中较为常见。在某些情况下, 超便携和嵌入式应用支持 DSI, 4K 分辨率支持 Vx1 接口。在少数情况下, 视频接口输入将来自现场可编程门阵列 (FPGA) (在此类情况下, 可能支持 FPD-Link)。 I2C 用于命令和控制显示控制芯片, 后者通常从应用处理器连接 PROJ_ON 信号用于加电/断电/复位显示系统 <p>DMD 信号输出</p> <ul style="list-style-type: none"> DMD 视频接口。 根据芯片组的不同, 显示控制芯片通常会向 DMD 输出 Sub-LVDS 或 LVDS 信号。 串行外设接口 (SPI)。 命令和控制与 DLP PMIC 的通信 (如果支持) <p>显示控制芯片支持有助于优化所显示图像质量的图像处理过程, 包括数据压缩。如果需要精确的像素到像素映射, 则应使用 DLP 光控制芯片组 (通常用于结构化照明应用, 点击此处了解更多信息)。</p> <p>图像处理功能 (因芯片组而异) 可能包括 用于 DLPC343x 控制器的 TI DLP® IntelliBright™ 算法、DLP BrilliantColor™ 技术、图像梯形失真校正、扭曲、融合、帧速率转换、针对 3D 显示的集成支持等。</p> <p>有些系统需要双控制芯片来格式化传入的数据, 然后再将其发送到 DMD。</p> <p>在系统设计中, DMD 及其相应的控制芯片需要一同使用, 以确保可靠运行。</p>
FPGA	<p>一些芯片组采用某种技术, 可以通过单个 DMD 微镜在屏幕上创建两个或四个像素图像。这是通过将专有图像处理与光学传动器相结合来实现的。传动器是一个光学机械元件, 位于 DMD 和投影镜头之间的光学路径中, 能够略微改变投影光线的方向。双向传动器可将光引导到两个离散方向, 而四向传动器可以将光引导到四个离散方向。专有图像处理会将图像数据 (来自客户应用处理器) 转换为两个或四个子数据帧。这些子数据帧随后显示在 DMD 上, 与传动器的方向状态同步。对于采用该技术的芯片组, 图像处理在位于数据路径 (在客户应用处理器和 DLP 控制器之间) 中的 FPGA 内执行。该 FPGA 旨在以与 DLP 控制器相同的方式接收数据, 并生成子帧数据和传动器控制信号:</p> <ul style="list-style-type: none"> 来自应用处理器的视频接口输入。通常是 RGB 并行、平板显示链路 (FPD-Link) 或 Vx1 接口。 视频接口输出和 I2C, 连接到显示控制芯片。 传动器输出驱动数据 (DAC_DATA 和 DAC_CLK), 负责驱动与视频子帧同步的传动器波形。
PMIC、LED 驱动和电机驱动器	<p>在大多数情况下, DLP PMIC 负责为 DLP 显示控制芯片、DMD 和 LED 照明组件提供输入电源。PMIC 负责提供与 DLP 芯片组相关的内核电压, 并和缓地对 DMD 进行电源时序控制以确保正确运行。</p> <p>它还提供其他监测和保护功能以及基于图像颜色内容的动态 LED 控制 (例如 用于 DLPC343x 控制器的 TI DLP® IntelliBright™ 算法)。将电源和 LED 驱动器电路集成在小型 IC 中, 不仅可以设计小型电子器件, 还可以缩短产品设计周期。</p> <p>对于包含色轮的系统而言, 其还需要一个电机驱动器。此功能可为基于激光荧光体照明的应用提供色轮电机驱动控制, 并可为由客户设计的外设提供开关稳压器和可调线性稳压器。它通过提供三个风扇驱动器和一个用于色轮的三相反电动势 (BEMF) 电机驱动器或控制器来支持两个外设。</p>
闪存	应用特定配置存储在闪存中。该组件通常放置在电路板或 DMD 柔性电缆上。

DLP Pico DMD 附带的 DLP 显示控制芯片和 PMIC 非常小, 可实现极为紧凑的产品设计。[图 4-3](#) 显示了带有 [DLPA2000](#) PMIC 和 [DLPC3430](#) 控制芯片 (用于驱动 .2 WVGA (DLP2010) DMD) 的印刷电路板设计示例的正反面 (仅估算)。

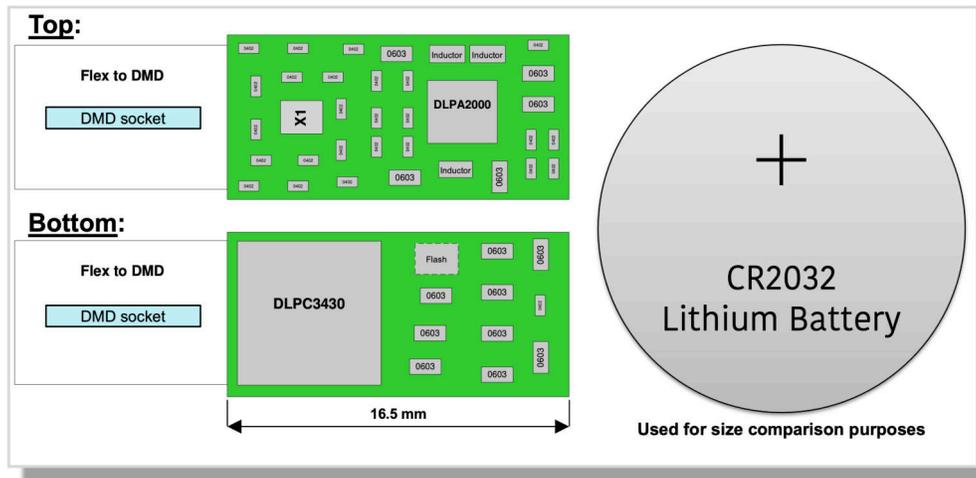


图 4-3. 小电路板设计示例

4.3 光学器件

DMD 及其相关的电子器件、照明光源、光学元件和必要的机械部件共同组合成一个紧凑坚固的模组，称为光学模块或光引擎（图 4-4）。光学模块是系统的核心显示器件。根据应用和要求不同，光学模块的尺寸各不相同。一般来说，亮度越高，所使用的照明光源、光学器件、DMD 和热管理器件（例如散热器和风扇）就越大，光学模块的尺寸也就越大。

显示硬件系统的光学元件部分从进入光学模块外壳的电信号开始，该外壳包含创建投影图像所需的所有组件。有关光学模块的一般信息位于[此处](#)（对于 DLP Pico 芯片组）和[此处](#)（对于 DLP 标准芯片组）。

DMD 通过柔性排线或板对板连接器连接到 DLP Pico 控制芯片，并且光学模块中的 LED 通过电线连接到 DLP PMIC（LED 驱动器）。系统板、风扇、散热器、机械器件、开关和其他器件经过组装，共同构成一个紧凑而可靠的最终产品，安装在光学模块周围。

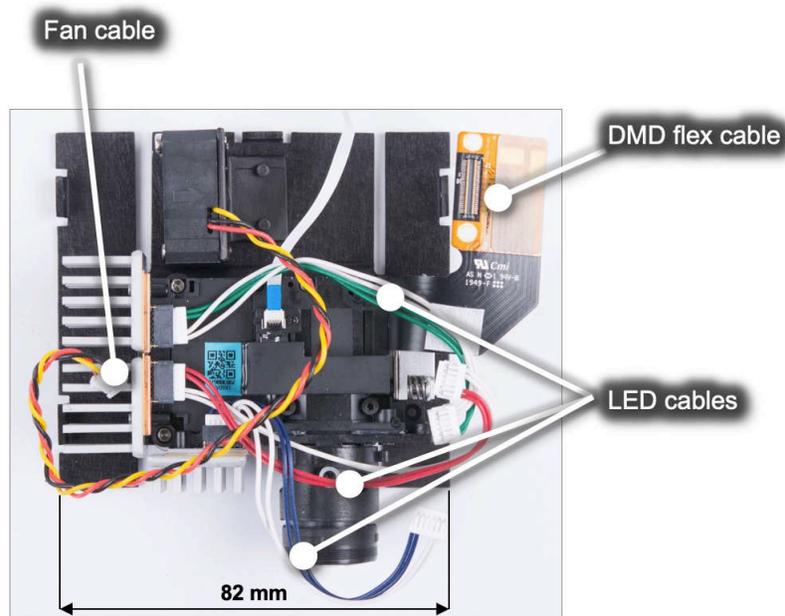


图 4-4. DLP Pico 0.23 1080p (DLP230NP) 显示光学引擎

图 4-5 显示了可包含在光学模块中的光学器件。点击[此处](#)可观看介绍光学模块参考设计示例 (.23 qHD DMD ; DLP230GP) 的视频。请注意，光学模块的详细信息可能与计划采购大规模生产光学引擎的公司无关。如需阅读详细介绍如何指定光学模块的应用手册，请参阅 *TI DLP® Pico™ 系统设计：光学模块规格*。另外，请点击[此处](#)搜索可供购买的大规模生产光学模块。图 4-5 显示了 *DLP2010 DMD 光学引擎参考设计* 中的光学模块设计示例。

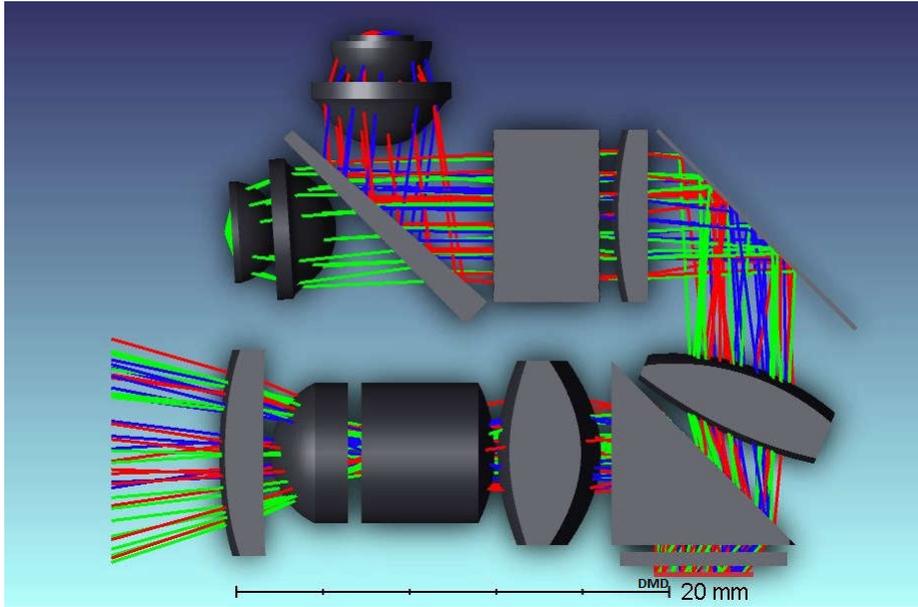


图 4-5. 0.2 WVGA (DLP2010) 光学模块示例

表 4-3. 包含在光学模块中的光学器件

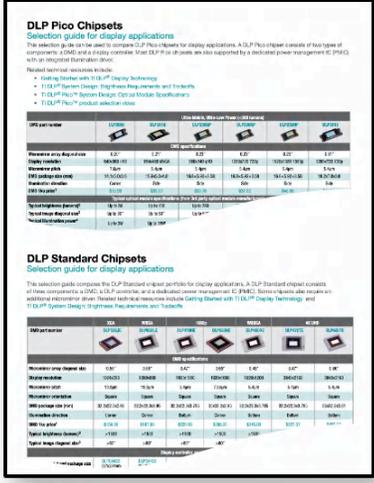
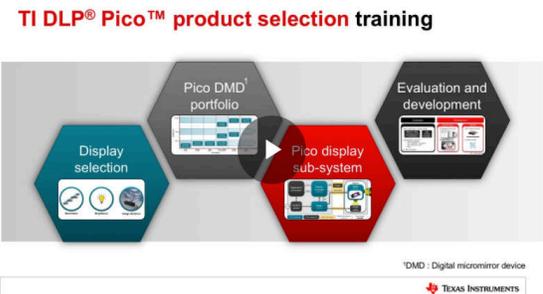
组件	说明
DMD	<p>数字微镜器件是容纳有源数字微镜阵列的组件，它允许创建彩色平面，从而使投影图像与照明光源结合。每个 DMD 都具有以下独特特性：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 有源阵列，包括成像器的对角线尺寸和成像器上的像素数 • 像素架构，包括 (a) 相对于平坦表面的倾斜角，包括 12° 和最近的 17° 微镜倾斜；(b) 微镜的形状，包括正交和菱形像素；(c) 像素间距，包括 7.6 μm 或 5.4 μm；以及 (d) 照明方向，包括侧面、底部和角落照明。 • 视频接口（因芯片组而异），显示控制芯片提供的信号可提供更新有源阵列所需的视频数据输入，包括子 LVDS 或 LVDS 接口。
DMD 安装机制	DMD 的安装包含几项需求：(a) DMD 有源阵列相对于应用光轴正确放置，(b) DMD 和光学组件机箱之间防尘密封，(c) 可靠的电气连接，和 (d) 适当的热管理。如需了解有关各种 DLP 芯片组安装概念的更多信息，请参阅 DLP® 先进光控制 DMD 安装硬件和快速参考指南 。
DMD 柔性排线	用于在 DMD 和显示控制芯片之间传输电信号的电缆。
照明光源 (颜色机制)	<p>DLP 技术与照明光源无关。目前广泛使用的照明光源是 RGB LED 和激光荧光。</p> <p>RGB LED 照明。该照明方案使用以单色平面刷新率显示的红色、绿色和蓝色 LED。在某些情况下，将使用第四个 LED 来增加亮度，但这种亮度增加会严重影响电源效率。3 通道架构可支持超过 20 流明/瓦 (lm/W) 的亮度效率，而 4 通道架构将支持低于 10lm/W 的亮度效率。</p> <p>激光荧光照明。这种照明方法使用散射的单一蓝色激光源，结合一个或两个荧光色轮来提供 RGB 光源。一些实现方案会添加红色或绿色通道以提高色彩表现力。</p> <p>RGB 激光照明。这种照明方法使用红色、绿色和蓝色激光源。去斑光学元件通常用于该实现方案，从而提高图像质量，但它并非必需的。</p>
光学传动器 (如果需要)	<p>DMD 高速模式允许使用光学传动器。符合 TI 规格的双路和四路传动器用于提高屏幕分辨率，同时保留 5.4 μm 像素节点的光学优势。</p> <p>双路传动器，诸如 DLP Pico 0.33 1080p (DLP3310) 之类的产品使用双路传动器将 DMD 有源阵列的屏幕分辨率提高一倍。</p> <p>四路传动器，诸如 DLP 标准 0.47 4K (DLP471TE) 之类的产品使用四路传动器将 DMD 有源阵列的屏幕分辨率提高三倍。</p>
匀束器	匀束器的作用是使光源的强度分布更加均匀。通常，为此目的使用蝇眼阵列或光隧道。光学元件位于照明光源和 DMD 之间。
投影透镜	投影透镜的作用是将来自 DMD 的图像放大到显示表面。它还决定了 投射比 ，投射比定义为投影透镜和显示表面之间的距离除以所显示图像的宽度。它还决定了投影透镜相对于显示表面的 图像偏移 。观看此 视频 ，了解有关投射比和图像偏移的更多信息。
照明 投射接口	该光学元件作为 DMD 和投影光学器件之间的接口。一些选项包括场镜、非远心、全内反射 (TIR) 棱镜和反向 TIR (RTIR) 棱镜。
热管理	为了确保光学模块正常运行，务必要考虑 DMD 和照明光源的热管理。观看本 视频 ，了解基于投影的超小智能显示屏的热管理创新示例。

观看本[视频](#)，获取有关常见投影镜头规格（包括投射比定义、偏移定义以及远心和非远心架构比较）的更多详细信息。

5 选择正确的 DLP 显示芯片组

选择正确的芯片组时要考虑几个因素。为了帮助您快速入门，我们提供了一些可供您利用的资源，如表 5-1 所示。

表 5-1. 可用资源

资源	示例
如需比较所有现已上市的 DLP 显示芯片组，请参阅 德州仪器 (TI) DLP® 显示和投影芯片组选择指南 。	
若要大致了解如何为您的应用选择正确的芯片组，请观看此 视频 。	

以下限定词可以帮助您选择显示应用所需的 DLP 芯片组：

产品系列概述： DLP 显示产品范围广泛，从支持 50lm 的 nHD 分辨率一直到支持超过 10,000lm 的 4K 分辨率。有两种常规产品：

- **DLP 标准芯片组。** 这类产品适用于具有较高亮度和分辨率要求的大型显示器，分辨率范围从 0.55 XGA (DLP550JE) 到 0.66 4K UHD (DLP660TE)。这些芯片组也被称为企业和影院用显示器 (ECD) 芯片组。
- **DLP Pico 芯片组。** 镜片阵列尺寸为 0.16 英寸至 0.47 英寸，DLP Pico 产品适用于小型应用。DLP 微显示器支持从 QnHD (DLP160AP) 到 4K UHD (DLP472TP) 的分辨率，几乎可以在任何目标表面上投射绚丽清晰的图像。

5.1 亮度

亮度要求 (以流明为单位) 取决于一系列因素，包括图像尺寸、环境光和尼特。亮度要求将会影响 DMD 有源阵列的对角线尺寸。您可以阅读 [用于 DLPC343x 控制器的 TI DLP® IntelliBright™ 算法](#) 或观看此 [视频](#)，详细了解如何为您的应用选择合适的亮度水平。

- **亮度或功耗，** 一般来说，投影模块越亮，功耗就越高 (主要由照明功率驱动)。对于嵌入式应用，典型的目标功率为 1 至 2W，而附件投影仪的功率范围可以从几瓦到几十瓦不等。对于 LED 照明光源，效率通常不是线性的，这意味着将 LED 的功率加倍并不会带来亮度的加倍提升。找到亮度和功耗之间的恰当平衡非常重要。
- **亮度与尺寸，** 光学模块的尺寸可能有很大差异，从嵌入式智能手机或平板电脑中的几立方厘米到高亮度投影仪中的数百立方厘米不等。通常，具有更高亮度能力的投影模块的尺寸更大。可以使用更大的照明光源、光学器件和 DLP DMD 来实现更高的亮度。照明光源产生的功率和热量会随着亮度的增加而增加。如果需要散热器或

风扇，则散热要求会增加尺寸。小型低功耗 DLP Pico 系统的尺寸主要由光学模块的大小决定，而体积更大、亮度更高的 DLP 显示系统的尺寸不仅取决于光学模块的大小，而且还由散热解决方案的大小决定。

5.2 分辨率

只需极低的分辨率即可在显示器上获得良好的图像质量，具体取决于应用。图 5-1 可让您大致了解所需的分辨率（根据观看距离、图像大小和内容类型而定）。

Image Diagonal (inches)	Minimum Required Resolution (horizontal pixels)		
	Good	Better	Best
200	1230	1846	2460
160	1200	1802	2402
120	1158	1736	2314
100	1122	1684	2248
80	1076	1614	2154
70	1046	1568	2090
60	1006	1510	2014
50	956	1436	1914
40	890	1334	1780
30	798	1196	1594
25	734	1102	1470
20	660	988	1318
15	560	842	1122
10	432	648	864
Image Quality	Good	Better	Best

Assumptions

- Throw ratio: 1.2:1
- Aspect ratio: 16:9
- Viewing distance: 2' behind projection lens
- Pixels per degree requirements
 - Good: 30 pixels per degree
 - Better: 45 pixels per degree
 - Best: 60 pixels per degree

Target Resolutions
4K UHD (3840x2160)
1080p FHD (1920x1080)
720p HD (1280x720)
qHD (960x540)
WVGA (854x480)
nHD (640x360)

图 5-1. 最小目标分辨率

5.3 大小

您可能对最终产品尺寸有着非常苛刻的要求。光学模块的尺寸决定了产品的整体物理尺寸，其考虑因素包括：

1. 如前所述的亮度级
2. 照明光源
3. **f 数**，用光学系统焦距除以入射光瞳直径（有效孔径）
4. **投射比或放大倍数**，投射比越短，所需的光学器件（例如透镜和反射镜）就越大，光学模块也就越大
5. 热管理

6 如何评估所选 DLP 显示芯片组

在为您的应用选择合适的芯片组后，您可以购买 DLP Display LightCrafter™ 评估模块 (EVM)。EVM 具有一些关键特性，可帮助您完成芯片组和亮度级选择以及软件配置设置。

- **图像质量评估。**该工具为您提供指定亮度级的光学模块。请记住，您可能在市场上找到宣称具有特定亮度的投影仪；您应该自行测量这些投影仪的亮度，以验证每个产品的测量结果。
- **修改芯片组软件参数。**大多数 EVM 都可与 PC Windows 软件包一同使用来更改显示，包括测试图案/图像、色温、梯形失真校正、DLP IntelliBright™ 算法和 RGB LED 电流修改。PC 工具还可以更新 EVM 的固件。

图 6-1 显示了示例屏幕截图。

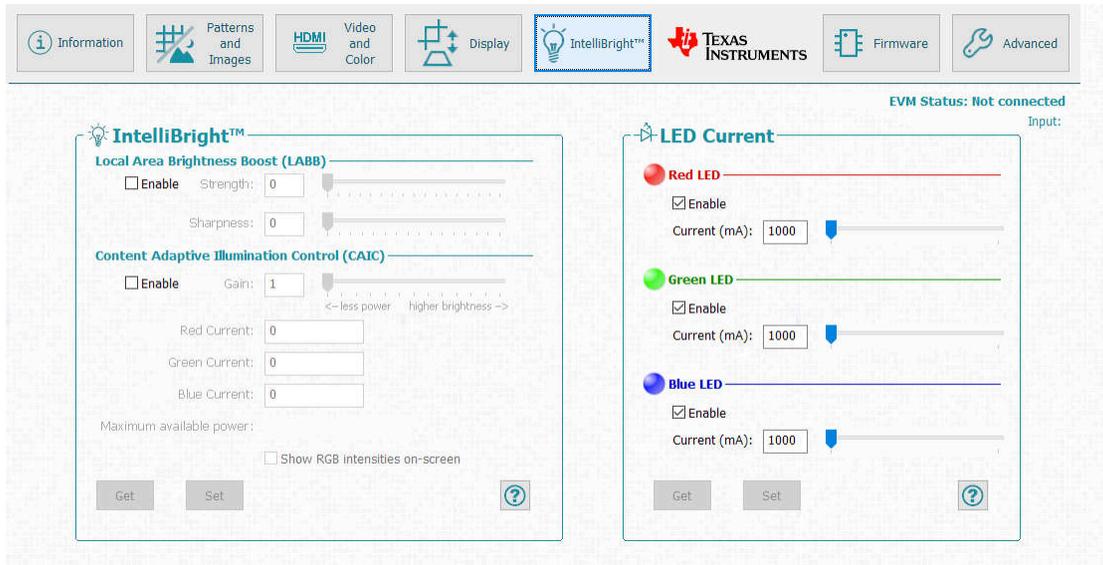


图 6-1. 0.33 1080p (DLP3310) EVM PC 工具 DLP IntelliBright 算法屏幕

在少数情况下，EVM 可以连接到单板计算机 (SBC) 以实现显示器的定制，而不是使用 PC 软件。0.2nHD (DLP2000) 和 0.23 1080p (DLP230NP) DLP Pico 芯片组就是如此。

- **I2C 通信。**在所有情况下，I2C 都用于命令/控制芯片组，以启用芯片组软件用户指南中记录的各种软件功能。可直接使用所有 EVM 进行 I2C 通信。但是，每个 EVM 对如何执行该操作有其独特的要求。
- **DLP Pico 固件选择器。**对于 DLP Pico 产品，您可以[下载](#)多种固件选项，这些选项会因芯片组、PMIC、显示控制器引脚映射和应用规范而异。
- **光学模块选项。**您可能需要查看特定芯片组产品的各种光学模块选择，包括不同亮度级、投射比、对比度和光学元件设计。借助我们的[光学模块搜索工具](#)，您可以从当今市场上提供的诸多光学模块中进行选择。您可以联系光学模块制造商，了解更多关于该模块的信息。很少有光学模块产品可以直接连接到 DLP EVM。光模块制造商可能需要为您提供专门的评估工具或有关如何连接到 TI EVM 的说明。请注意，EVM 的额定值适用于特定的 LED 电流驱动，后者需要与所需的光学模块相匹配。

7 选择正确的光学引擎

7.1 光学模块选择

提供多种光学模块供您选择。请务必清晰地了解需要指定的光学模块。您可以阅读 *TI DLP® Pico™ 系统设计：光学模块规格*，了解光学模块规格和其他相关系统设计注意事项。在确定可满足您需求的光模块规格后，您应该记录该规格并与候选光学模块制造商分享。以下示例中使用的所有术语都在应用手册中进行了详尽的解释。

表 7-1. 示例性光学模块规格表

规格	优先级	目标	边界 (最小/最大)	示例
描述	提供对应用和 必备光学模块规格/功能的简要描述。			
亮度 (流明)				> 30 流明
分辨率 (x × y 像素)				854 × 480
大小 (以 mm 为单位的 x-y-z 尺寸) - 如果某个尺寸具有更高的优先级，则要记录下来				25mm × 25mm × 6mm (尽可能减小厚度)
功耗 (瓦特)				< 1.5W
投射比				1.0 - 1.5
偏移 (通常为 0% 或 100-120%)				100%
可选规格				
亮度均匀性				> 70%
对比度 (全开、全关)				> 500:1
对比度 (棋盘)				> 200:1
光学变焦 (根据需要进行记录，或者不需要记录)				不需要
长焦深 (根据需要进行记录，或者不需要记录)				不需要
对焦方法 (例如手动、使用电机、自动对焦)				使用电机

7.2 光学模块采购

可通过若干方式采购光学模块。最快速的方法是从光学模块制造商处采购已经大规模生产的光学模块。在某些情况下，您可能希望对光学模块进行一些修改。在这种情况下，您可以与光学模块制造商合作，定制符合您需求的目录光学模块；光学模块制造商可能需要一些商业条款和条件来为您提供支持，因为它可能需要加工光学元件。如果您的公司具备光学元件专业知识，则可自行设计光学模块并寻找一家公司来制造或由内部制造。另外，您也可以与第三方光学引擎设计公司订立合同，他们可以为您设计光学模块，然后由设计公司或光学模块制造商来制造。

在某些情况下，DMD 将包含一份光学模块设计指南，可帮助您了解该特定芯片组的要求。

8 DLP 产品供应链

与硬件电子产品和光学元件部门保持一致，通常在供应链方面作以下安排：

- 德州仪器 (TI) 设计和供应 DLP 芯片组 (DMD、控制器和 PMIC)。
- 光学模块制造商 (OMM) 设计光学系统并提供整个光学元件外壳，包括 DMD、光源、柔性电缆和散热器 (在某些情况下)。
- 系统集成商设计电子产品和外壳并提供最终产品，包括光学元件模块和 DLP 芯片组。

在某些情况下，系统集成商也会设计和提供光学模块。

9 开发和制造

我们的专家整合了一个列表，在显示应用的开发和小量生产过程中，该列表非常有用。

9.1 电气注意事项

- 不超出建议的运行条件
- 使用 DLP Composer™ 软件选择闪存器件内存大小，以创建与相关产品中所需固件相似的示例固件版本。
- 根据所需的 LED 电压和电流，选择更适合相关产品的 DLP PMIC
- 阅读所有适用的用户指南和电气应用手册；遵循与 DLP 芯片组相关的指南
- 使用 DLP 芯片组设计 PCB 时，请使用 TI 参考原理图和布局指南

9.2 软件注意事项

- 根据产品的需要，使用 DLP Composer 软件配置存储在闪存器件中的 DLP 芯片组固件
- 使用 DLP 芯片组的软件程序员指南以了解可被输入并用来控制 DLP 芯片组的 I2C (或 USB) 命令
- 考虑实施大多数 DLP 显示控制芯片中集成的以下图像处理功能：
 - 1D 梯形校正，用以对未与观看表面垂直对齐的投影引擎的图像几何形状进行垂直补偿。
 - 用于 DLPC343x 系列的 DLP IntelliBright™ 算法 CAIC 和 LABB，用以在相同功率下将亮度提高多达 50% 或在不降低亮度的情况下将功率降低 50%。
 - DLPC654x 和 DLPC754x 系列的扭曲和 DynamicBlack，用于对不规则观看表面上的图像进行补偿并增强对比度。

9.3 光学注意事项

- 最大限度地减少照明溢出，以减少 DMD 上的热负荷并最大限度地提高光输出。
- 可能需要用光吸收器来消除或尽量减少由热或光学问题导致的关态光。
- 通过保持照明和投影光束的瞳孔分离，正确管理用于对比度目的的关态光，使其远离投影光学器件。这取决于 DMD 像素架构、照度角和 F/#。
- TIR 或反向 TIR 棱镜可有效分离远心系统中的照明和投影光。注意正确光路传输的折射率和光线角度。
- 在非远心系统中，确保光线角度不超过 DMD 最大光线角度。在高入射角下，DMD 窗口的透射率会降低，但光线可能会在 DMD 封装孔内出现渐晕。这会导致图像的均匀性较差。
- 根据亮度级的不同，注意使用的光学材料，例如玻璃与塑料。某些塑料材料可能无法在高通量密度或高温下保持良好状态，从而降低光学效率和/或图像质量。

9.4 机械注意事项

- 不超出机械装配建议
- DMD 数据表定义了热和电接口区域以及能够施加到每个区域的最大负载 (力)。超过最大负载会损坏 DMD
- 装配 DMD 时，施加的负载可由设计控制，也可由装配流程控制。
 - 由设计控制是一种设计，其中的设计特征会阻止 DMD 上的负载超过最大值。此类设计通常使用带肩螺钉和弹簧元件 (扁平或螺旋弹簧)
 - 由装配控制是一种设计，依靠装配流程来确保不会超过 DMD 上的负载。此类设计通常利用程序和螺钉扭矩
 - “由设计控制”是最稳健的设计

9.5 散热注意事项

- 旨在实现低温运行

- 让设计出的产品在 DMD 运行时满足推荐的工作条件。提供的绝对最大额定值是短期寿命测试指南，而非长期运行指南
- DMD 未运行时，存储条件始终适用。这包括安装 DMD 之前和之后的时间
- 设计的散热系统应考虑将使用 DMD 的整个温度范围。为了帮助满足极端环境条件下的 DMD 温度，可以提高冷却风扇的速度，或降低光功率
- 在器件设计最终敲定和模具启动之前，尽早使用热模型进行热测试，可以进行简单的更改，从而提高热性能，而不会影响进度或模具成本。
- 随着设计的成熟，完善热模型并进行额外的测试。
- DMD 数据表确定了进行热测试时应使用的特定热测试点的位置。
- DMD 数据表中的 T_array 规格是根据已确定的热测试点计算出的阵列温度。数据表中给出了计算示例。
- 应该在器件外壳中对 DMD 进行热测试。独立光模块的热测试具有非常不同的空气流量和冷却特性，这会导致与封闭器件中的温度相差很大。

9.6 制造注意事项

- 装配期间切勿对 DMD 进行热交换
- 遵循所有加电和断电要求
- 不要过度拧紧机械装配硬件
- 为防止应力集中和施加在 DMD 上的负载不均匀，在最终拧紧之前先将安装螺钉部分拧紧
- 在光学校准期间使用低功率照明以避免 DMD 孔径或粘合线过热
- 在装配（照明校准、表征/测试、老化）、存储和操作期间应始终满足 DMD 温度要求
- 即使在短时间（如照明校准）内超出 DMD 窗口温度，也会永久性损坏 DMD，这在制造流程中将无法检测到

10 在线资源

本部分供参考之用，可帮助您快速识别与所选芯片组相关的可用资源。

10.1 DLP 芯片组信息

识别与每个芯片组相关的所有资源的理想方法是访问相关 DMD、控制器和 PMIC 的产品页面。在这些页面中，您可以查找如表 10-1 中所所示的信息。

表 10-1. 可用资源

元件	资源
DMD	数据表 产品详细信息 <ul style="list-style-type: none"> 数据表重点内容 封装 技术文档 <ul style="list-style-type: none"> 应用特定技术文档和白皮书 安装和电子互联信息 光学参考设计示例 DMD 光学效率 设计和开发 <ul style="list-style-type: none"> 芯片组评估模块 (EVM) 信息 显示系统参考设计
显示控制器	数据表 软件编程人员指南 图像校准 PCB 设计要求 IntelliBright 算法 芯片组 EVM 信息 实时颜色管理参考设计 IBIS 模型 固件选择器
PMIC	数据表 PCB 设计要求

表 10-2. 热门资源

资源	说明
DLP Pico 显示入门网站	快速入门内容，旨在帮助您学习、选择、评估和开发 DLP Pico 显示应用
产品选择文档	
产品选择视频	介绍如何根据若干参数选择正确的 DLP 显示芯片组的培训
德州仪器 (TI) DLP® 显示和投影芯片组选择指南	包括大规模生产中可用的所有 DLP 显示芯片组
亮度权衡：DLP 系统设计：亮度要求和权衡 以及 视频	提供有关如何为您的应用选择合适亮度水平（流明）的指南
光学模块选择文档	
常见投影透镜规范视频	介绍投影系统如何工作的视频，以及提供有关如何指定光学引擎的指南的应用手册。
OMM 搜索工具	已面向全球推出的可直接用于大规模生产的光学模块
设计资源	
面向 DLP 产品的 E2E 论坛	您可以使用该论坛向我们的专家提问并查看可能已经解决的技术问题
PCB 设计要求：DLP® 标准 TRP 数字微镜器件的 PCB 设计要求 以及 TI DLP Pico TRP 数字微镜器件的 PCB 设计要求 TRP 芯片组（需要登录 myTI）	关于如何布局电子设备以将显示控制器与 DMD 连接的电气建议

11 常用显示和投影术语

表 11-1 提供了常用显示和投影术语。

表 11-1. 常用显示和投影术语

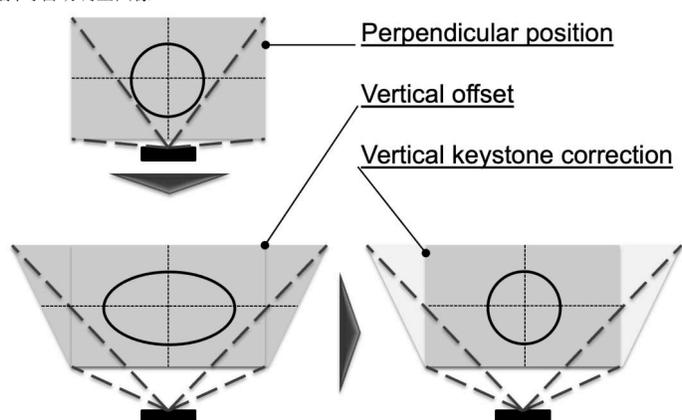
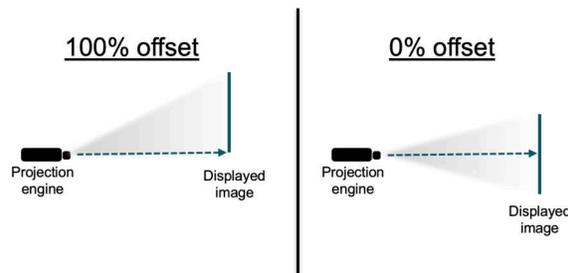
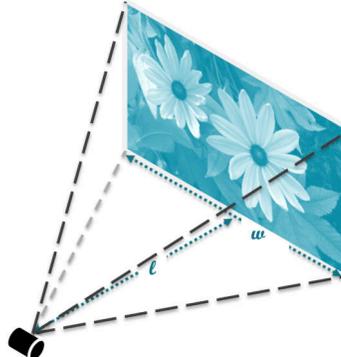
术语	说明
亮度	亮度用于衡量给定场景中人眼感知到光线的多少。它是光量 (光子数) 及其在色谱 (光子能量) 中分布的函数, 也是人眼在可见光谱范围内灵敏度变化 (在黄绿色区域中最敏感, 在蓝色和红色区域不太敏感) 的函数。国际单位制 (SI) 将流明确定为亮度的度量单位
流明	DLP 投影仪的性能通常由其投影图像中能够提供的流明数来指定。亮度 (流明) 决定了在给定的环境光环境中, 投影仪可以创建并仍然可见的屏幕大小。亮度越大, 可以显示的图像越大。利用 DLP 显示技术可设计各种最终产品, 从 20-30 流明的智能手机和平板电脑到大于 50,000 流明的数字电影放映机, 不一而足
对比度	所显示图像的质量在很大程度上取决于所看到图像的最亮和最暗区域之间的区别。这是通过对比度进行量化的, 对比度是图像最亮可能区域与图像最暗可能区域的比率。虽然 DLP 系统的对比度规范是基于系统性能的, 但环境光也会极大地影响观看体验。屏幕上的环境光越多, 图像的可视对比度越低。系统对比度和环境光共同决定了图像的真实可视对比度。必须特别注意光学设计和光学模块中使用的光学器件的质量, 以最大程度地提高对比度。
分辨率	图像中可用的细节级别由构成显示图像的像素数决定。在 DLP 系统中, 这是 DMD 上反射镜数量的函数, 它可以表示显示图像的一个或多个像素。分辨率是可以显示的像素数。显示的细节级别不仅取决于投影仪系统的分辨率, 还取决于源内容的分辨率。如果源内容的分辨率与投影仪系统的分辨率不匹配, 则控制器将映射源内容, 以最大限度地利用显示的分辨率。DLP 显示分辨率范围为 640 × 360 (nHD) 至 3840 × 2160 (4K UHD)。
梯形失真	<p>当投影系统的光轴不垂直于成像屏幕时, 图像将发生几何畸变。这些失真中, 由于与屏幕顶部和底部的距离不同而失真称为梯形失真。生成的图像从顶部到底部的宽度将有所不同, 从而使图像具有建筑梯形的形状 (在拱顶使用)。保持投影轴垂直于屏幕可以避免这种变形。然而, 这有时是不可避免的。梯形失真可以通过光学 (非常困难、成本高昂、不可调节) 或图像处理手段进行校正。DLP 控制器通过将输入图像重新映射到 DMD 阵列来提供梯形失真校正, 从而在屏幕上生成矩形图像。梯形失真校正功能通常与系统中的加速计配合使用, 以在投影仪上下倾斜时自动调整图像。</p> 
图 11-1. 垂直梯形校正	
色彩时序显示	DLP DMD 由微镜组成。它们只反射照亮它们的光线。那么, DMD 芯片如何再现全彩色图像呢? 秘密就在于人眼的工作方式。人类的视网膜和大脑通过对入射到 3 种类型的视网膜锥 (红色敏感、绿色敏感、蓝色敏感) 的光量进行短期平均差分响应来合成感知颜色。眼睛在大约 1/50 秒的时间内连续平均照射到视网膜上的光线, 因此可以使用红色、绿色和蓝色图像以足够的速率按顺序照射眼睛, 从而使观看者能够感知全彩色图像的印象。这是利用 DLP 光学模块通过依次打开和关闭 R、G、B 光源来实现的, 例如, 先红色图像, 然后绿色图像, 最后蓝色图像。
正投影/背投影和屏幕	DLP 显示系统使用光学系统来生成在 DMD 上显示的像素图案的真实图像。为了使观看者看到投影的图像, 光线必须从与图像焦点平面处于同一位置的表面散射出去。该功能是由屏幕提供的, 屏幕可以是经过特殊优化的板材, 也可以只是墙壁、地板或台面 - 任何光滑的浅色表面都可以产生出色的图像。在正投影系统中, 屏幕必须是反射面。背投影系统需要半透明的扩散屏幕。在这两种情况下, 观看者都将眼睛聚焦在屏幕上, 以便看到投影的图像。有些显示系统通过生成虚拟图像来工作。例如, 近眼显示器和抬头显示器创建的图像只有在光线穿过眼睛到达视网膜后才能形成。

表 11-1. 常用显示和投影术语 (续)

术语	说明
偏移	<p>在许多 DLP 投影仪中，DMD 被偏移 to 投影透镜光轴下方的位置，以将图像移动到水平面以上。当投影机放在桌子上时，这非常有用，可避免切掉投影图像的底部。该偏移量还避免了将投影仪简单向上倾斜时可能出现的图像失真。</p>  <p style="text-align: center;">图 11-2. 偏移对投影图像的影响</p>
投射比	<p>在很多投影应用中，投影仪相对于观看屏幕的放置很重要。投影仪的投射比决定了投影仪必须放置多远才能达到一定的屏幕尺寸。投影图像的宽度 (W) 相对于透镜到屏幕中心的距离 (D) 是投射比 (T)。</p> <p>常用的投射比基准：标准投射：投射比>1；短投射 (ST)：1>投射比>0.4；超短投射 (UST)：投射比<0.4。</p>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p style="text-align: center;">Throw ratio = $\frac{(l) \text{ distance from the lens to the image}}{(w) \text{ horizontal width of the image}}$</p> </div> <p style="text-align: center;">图 11-3. 投射比图</p>
F 数	<p>投影图像的相对亮度是照明系统亮度和透镜光圈的函数，即透镜孔径的宽度 (D) 相对于透镜焦距 (f) (确定投影图像的尺寸) 的关系。这表示为被称为 F 数 (N) 的值。N = f/D。两个透镜的相对亮度 (rb) 是其 f 数的反比的平方函数。rb = (N₂ / N₁)²。例如，N₁=2 的透镜比以下透镜亮 4 倍：N₂=4 的透镜。f 数会影响系统，因为它是亮度和体积 (尺寸) 之间进行权衡后取得的结果。f 数 (N=2.4) 较高的系统更薄，但与 f 数 (N=1.7) 较低的系统相比，其亮度可能较低，根据其展度而定 (通常适用于 LED 系统)。</p>
DLP 芯片组命名规则	<p>通常用有源阵列对角线、分辨率和产品组合来提及 DLP 芯片组，如下所示：</p> <p>[阵列对角线，以英寸为单位] [分辨率] DLP [标准或 Pico] 芯片组</p> <p>示例：</p> <p>0.47 1080p DLP Pico 芯片组，这是指支持 1080p 屏幕上分辨率且具有 0.47 英寸对角线有源阵列的 DLP Pico 芯片组。</p> <p>表 4-1 简要概述了 DMD、DLP 显示控制芯片和 DLP PMIC 的 DLP 芯片组器件型号命名规则。</p>

12 参考文献

- 德州仪器 (TI) : [DLP 产品宣传用语和图标指南](#)
- 德州仪器 (TI) : [DLPC3439 软件编程人员指南](#)
- 德州仪器 (TI) : [TI DLP® Pico™ 系统设计：光学模块规格](#)
- 德州仪器 (TI) : [DLP® 先进光控制 DMD 安装硬件和快速参考指南](#)
- 德州仪器 (TI) : [德州仪器 \(TI\) DLP® 显示和投影芯片组选择指南](#)
- 德州仪器 (TI) : [用于 DLPC343x 控制器的 TI DLP® IntelliBright™ 算法](#)
- 德州仪器 (TI) : [DLP 系统设计：亮度要求和权衡](#)
- 德州仪器 (TI) : [DLP® 标准 TRP 数字微镜器件的 PCB 设计要求](#)
- 德州仪器 (TI) : [TI DLP Pico TRP 数字微镜器件的 PCB 设计要求](#)

13 修订历史记录

Changes from Revision G (May 2023) to Revision H (April 2024) Page

- 将 0.2 英寸更新为 0.16 英寸 13
 - 从 nHD (DLP2000) 至 4K UHD (DLP471TP) 分辨率更新为 QnHD (DLP160AP) 至 4K UHD (DLP472TP) 分辨率 13
-

Changes from Revision F (August 2022) to Revision G (May 2023) Page

- 删除了重复的表 4
 - 更新了 DLP 系统方框图 视频超链接 7
 - 更新了 TI DLP® Pico™ 产品选择 视频超链接 13
 - 更新了 产品选择 视频超链接 19
-

Changes from Revision E (August 2021) to Revision F (August 2022) Page

- 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式。 3
 - 更新了 DLP 显示投影优势 主题 4
 - 更新了什么是 DLP 技术 主题 6
 - 更新了 节 4 7
-

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 © 2024，德州仪器 (TI) 公司