

TI DLP® Pico™ 系统设计：光学模块规格

Jesse Richuso

摘要

本应用手册的目标是帮助开发人员更好地了解光学模块规格和相关系统设计注意事项。该信息可帮助加快产品开发以及与光学模块制造商 (OMM) 的对话。

本文档重点介绍采用了德州仪器 (TI) DLP Pico 芯片的投影光学模块，这些模块用于在各种应用（包括智能手机、平板电脑、pico 投影仪、智能家居显示器、数字标牌等）中将图像投影到表面上。开发人员如需有关用于不同光学架构（如头戴式显示 (HMD) 或售后市场抬头显示 (HUD)）的 DLP Pico 光学模块的信息，可以在[技术文档](#)页面中找到更多适用的资源。

在阅读本应用手册之前，建议首先阅读 [DLP Pico 技术入门](#) 白皮书。

请注意，投影行业中也使用术语“光学引擎”和“光源引擎”。为了保持一致性，本文档仅使用术语“光学模块”。

内容

1	光学模块简介	3
2	用例注意事项	5
3	核心光学模块规格	5
4	附加光学模块规格	9
5	软件中实现的功能	12
6	硬件集成注意事项	13
7	业务注意事项	13
8	示例光学模块规格表	14
9	开始开发	15

附图目录

1	示例 DLP2010 投影光学模块 - 尺寸: 44 × 48 × 14mm ³	3
2	示例 Pico 投影光学模块中的光学组件尺寸: 68 × 57 × 15mm ³	4
3	从 TI DLP 芯片到产品的供应链	5
4	75mm DLP4501 光学模块 (左) 和 25mm DLP2010 光学模块 (右) 示例	6
5	0.2" 对角线 DMD (例如 DLP2010) 与 0.45" 对角线 DMD (例如 DLP4501) 的对比	6
6	投射比	7
7	0% 偏移和 100% 偏移	8
8	高对比度投影图像 (上方) 和低对比度投影图像 (下方) 模拟	9
9	色域	10
10	梯形校正	12

附表目录

1	DLP Pico 技术 DMD 产品系列	4
2	用例注意事项	5
3	示例光学模块规格表	14

商标

Pico, IntelliBright are trademarks of Texas Instruments.
DLP is a registered trademark of Texas Instruments.

1 光学模块简介

光学模块（请参阅图 1 和图 2）是 DLP Pico 显示系统的核心子系统。它包含 5 个主要硬件组件：

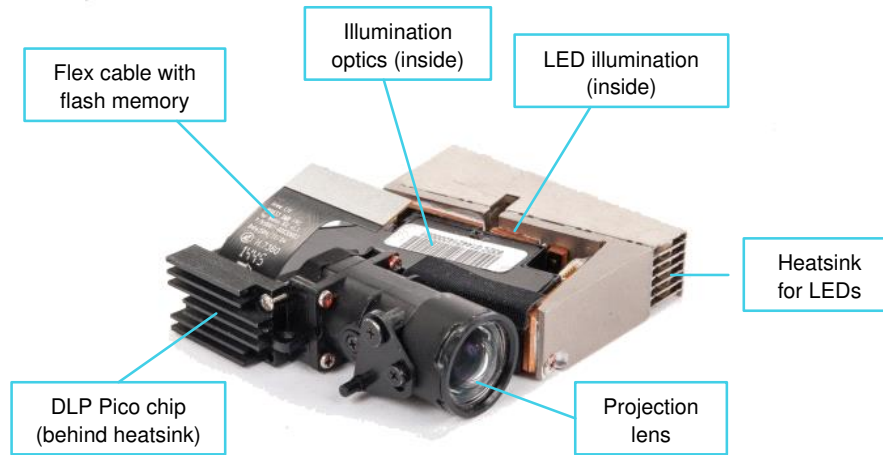


图 1. 示例 DLP2010 投影光学模块 - 尺寸：44 × 48 × 14mm³

1.1 DLP Pico 芯片或数字微镜器件 (DMD)

一种具有多达数百万个微镜的微机电系统 (MEMS) 器件，当与色序照明同步调节时，这些微镜可以快速开关以生成具有不同颜色和强度的投影像素。

1.2 照明

DLP 技术与所有可见光照明源（如 HID 灯、RGB LED、直接激光、激光/LED 混合光源和激光荧光体照明）兼容。当前，大多数 DLP Pico 投影光学模块使用 RGB LED 照明，因为该方式尺寸小并且亮度效率很高。DLP Pico 投影系统还使用激光荧光体照明来实现更高的亮度水平和更小的光学设计。

1.3 照明光学器件

透镜、光束混合光学器件（例如蝇眼或光隧道）、折叠镜、棱镜和二向色镜等照明光学组件会收集来自照明源的光，并以适当的角度将其引导到 DMD 上。

1.4 投影光学器件

投影光学组件收集由 DMD 反射的光，然后将其投射并聚焦到与最终光学组件相隔一定距离的表面上。

1.5 闪存板

闪存板是一个小型板，通常连接到模块本身或连接 DMD 和 DLP 控制器的柔性电缆。特定于光学模块的 DLP 图像处理设置存储在闪存中，由 DLP 控制器在系统配置期间使用。

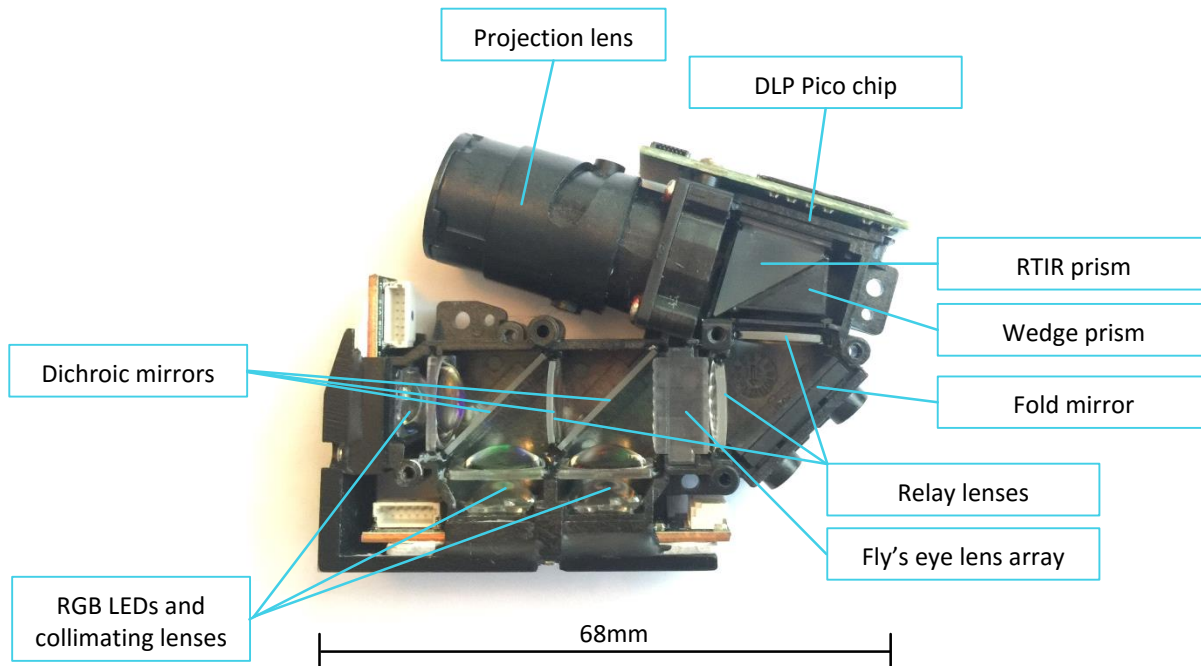


图 2. 示例 Pico 投影光学模块中的光学组件
尺寸：68 × 57 × 15mm³

TI 制造和销售 DLP 芯片组，其中包括 DMD、控制器 IC 和电源管理 IC (PMIC)。在这三个组件中，只有 DMD 包含在光学模块中（控制器和 PMIC 集成在附近的印刷电路板或 PCB 上）。

TI 提供了可支持不同类型的光学模块的 DMD 产品系列（请参阅表 1）。光学模块由第三方公司设计和制造（请参阅图 3）。客户可以从光学模块制造商 (OMM) 处采购已存在且经过装备的光学模块，以缩短设计时间并加快产品上市步伐。或者，可以由 OMM 使用更多的时间和资源来设计定制光学模块。光学模块生态系统非常强大，全球范围内的 OMM 可以大量提供各种光学模块。

表 1. DLP Pico 技术 DMD 产品系列

DLP Pico 芯片组类别	分辨率	典型亮度（流明） ⁽¹⁾	微镜阵列对角线	DMD 器件型号	工具（评估模块）
超便携、超低功耗	640 × 360 (nHD)	高达 40	0.2"	DLP2000	DLPDLCR2000EVM
	640 × 480 (VGA)	高达 50	0.24"	联系 TI	联系 TI
	854 × 480 (WVGA)	高达 150	0.2"	DLP2010	DLPDLCR2010EVM
	854 × 480 (WVGA)	高达 175	0.3"	联系 TI	联系 TI
移动高清	1280 × 720 (720p)	高达 300	0.3"	DLP3010	DLPDLCR3010EVM
	1280 × 800 (WXGA)	高达 1000	0.45"	DLP4501	DLPC6401DISPLAYEVM
移动全高清	1920 × 1080 (1080p)	高达 1500	0.47"	DLP4710	DLPDLCR4710EVM-G2

⁽¹⁾ 亮度在投影镜头处测得。DLP Pico 投影系统的亮度取决于多种变化因素，包括照明源类型、DMD 尺寸以及整个光学设计的通光效率。请阅读《亮度要求和折衷》应用手册以了解更多信息。

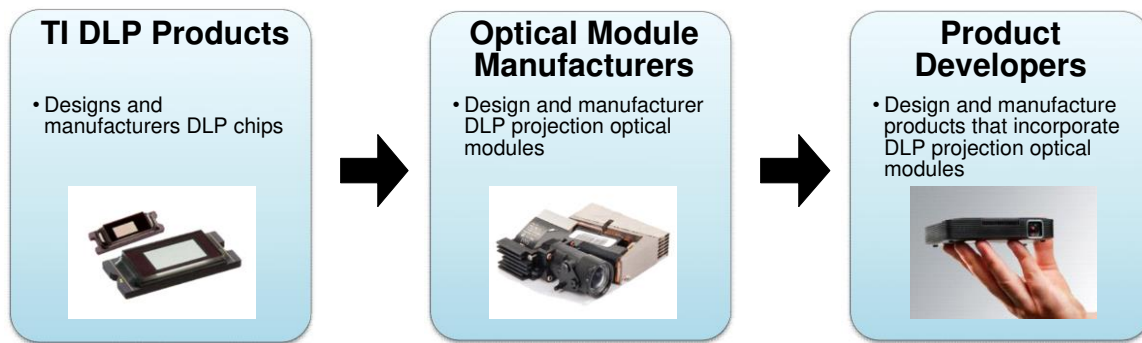


图 3. 从 TI DLP 芯片到产品的供应链

2 用例注意事项

pico 投影系统在最终产品中的使用方式是确定所需光学模块规格的基础。

表 2. 用例注意事项

用例注意事项	受影响的光学模块规格
产品尺寸和投影系统的可用空间	尺寸、功耗、热管理解决方案
周围照明环境	亮度、图像尺寸、DLP IntelliBright™算法
电池供电操作或插入电源插座	亮度
与投影表面的距离和图像尺寸目标	投射比
视频内容内省（例如电影、标牌、PowerPoint 演示等）	分辨率、亮度、对比度、颜色管理
投影表面形状（平坦或弯曲）	焦深
光学模块与投影表面之间的方向（距离、角度、位置）	投射比、梯形校正、偏移
工作环境温度	热管理解决方案
允许的最大物料清单成本	亮度、分辨率、投射比

这只是产品开发人员应回答（以便更好地定义 DLP Pico 投影光学模块所需的规格）的问题类型的一个样例。

2.1 光学模块规格

将光学模块规格分为两类很有用。核心规格是最常用于定义光学模块性能和特性的规格。附加规格不太常用，但对于某些应用而言可能至关重要。建议在定义光学模块要求时仔细考虑所有可能的规格。

3 核心光学模块规格

以下投影光学模块规格通常很重要，并且适用于大多数应用。

3.1 亮度

光学模块的亮度规定为当照明源以峰值输出运行并显示全白图像（即所有 DLP 微镜都处于“打开”位置）时从投影透镜发出的光量，以流明为单位。在所有其他规格相同的情况下，更高亮度的光学模块可以投影更易于观看的图像，尤其是在较亮的环境照明条件下，因为它们可以在投影的内容与背景投影表面之间产生更大的亮度差异。

更高的亮度通常伴随着更大的尺寸和更高的功耗等系统折衷。DLP 技术的高光学效率可通过小型低功耗光学模块实现高亮度，从而减轻这些折衷。要了解有关亮度规格及其对系统折衷影响的更多信息，请阅读《[亮度要求和折衷](#)》应用手册。

光学模块的亮度会随着其白点（即产生白光的红光、绿光和蓝光的相对比例）的调节而变化。为了最准确地衡量性能，应使用目标白点指定亮度。例如，D65 (6500K) 是行业标准。

3.2 尺寸

DLP Pico 投影光学模块的尺寸可能各不相同（请参阅图 4），并且可能小至几立方厘米。DLP 光学模块的尺寸主要取决于 3 个因素：DMD 尺寸（请参阅图 5）、光学设计和照明尺寸。通常，光学模块的尺寸随亮度能力的增加而增加。指定尺寸时可能包含或不包含散热器。散热器的尺寸主要由光学模块中的功耗和照明效率决定。

性能要求和光学设计布局会影响光学模块的尺寸和形状。可以折叠光线（即通过镜片来回反射）以最大程度地减小特定的尺寸（如深度或高度）。此外，投射比和图像偏移规格会影响投影透镜的尺寸。较短的投射比设计通常会导致较大的尺寸，较高的偏移设计通常也会导致较大的尺寸。

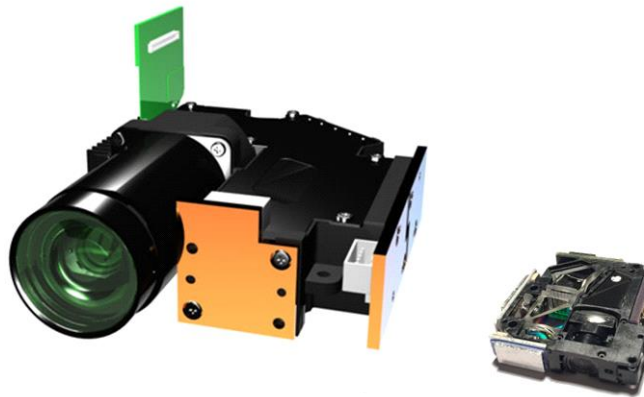


图 4. 75mm DLP4501 光学模块（左）和 25mm DLP2010 光学模块（右）示例



图 5. 0.2" 对角线 DMD（例如 DLP2010）与 0.45" 对角线 DMD（例如 DLP4501）的对比

3.3 分辨率

光学模块的分辨率由模块中使用的 DMD 决定。当前，DLP Pico 投影光学模块的分辨率范围为 640×360 至 1920×1080 ，计划在将来提供更高的分辨率。

分辨率较高的光学模块通常会在尺寸和成本之间进行折衷。不过，随着 DLP 技术不断进步，已通过更小、成本更低的光学模块实现了更高的分辨率。

3.4 照明功耗

DLP Pico 投影系统的功耗主要由光学模块中的照明源决定，通常以瓦特为单位进行测量。

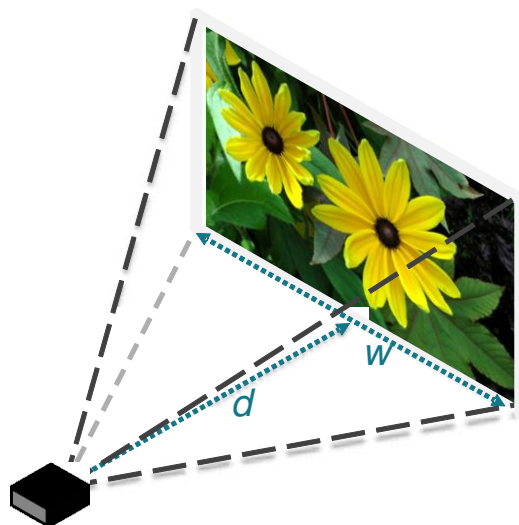
对于采用 RGB LED 进行照明的光学模块，功耗规格包括全部 3 个 LED（红色、绿色和蓝色）。可以将 LED 驱动至 LED 制造商指定的最大电流和温度。LED 的总功耗取决于 LED 驱动电流以及每种颜色的指定占空比。

3.5 投射比

投射比（请参阅图 6）描述光学模块在相对于投影表面给定距离处产生的投影图像的大小。投射比定义为 D （最终光学元件到投影表面的距离）与 W （投影图像的宽度）之比。对于 pico 投影应用，投射比的范围通常为 0.3（“超短”）至 2.0（“长”）。例如：

- 投射比为 1.4 的光学模块将在 24" 距离处生成 17" 宽的投影图像
- 投射比为 0.3 的超短投射光学模块将在相同的 24" 距离处生成 80" 宽的投影图像

较短的投射比通常会导致较大的投影透镜和镜片，从而导致较大的整体光学模块。



$$\text{Throw ratio} = \frac{(d)\text{distance from projection lens to the image}}{(w)\text{horizontal width of the image}}$$

图 6. 投射比

3.6 偏移

偏移描述投射光离开投影透镜后的路径。0% 偏移描述的光学模块所发出的光在离开投影透镜后上下均等地发送。100% 偏移描述的光学模块将图像的顶部向上发送，而使图像的底部与投影透镜轴保持一致。100% 或更高的偏移最常见，用于避免将投影图像的底部发送到放置产品的表面。不过，对于某些应用，可能首选 0% 偏移，0% 偏移光学设计允许使用较薄的光学模块。

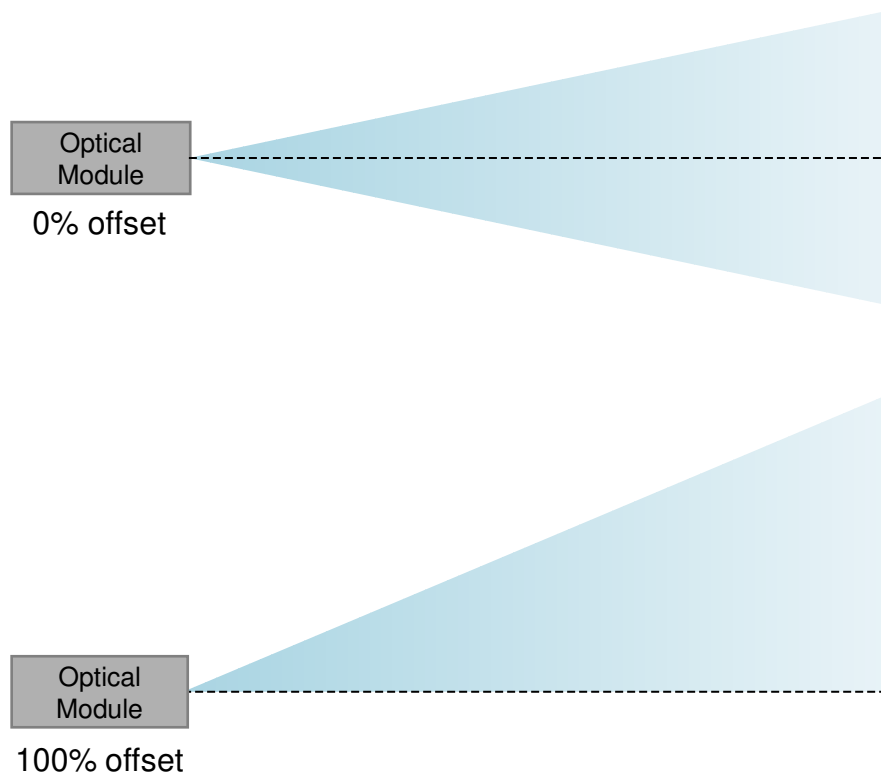


图 7. 0% 偏移和 100% 偏移

3.7 对比度

测量投影系统对比度的一般方法有两种：全开/全关 (FOFO) 和使用棋盘图案的方法（如 IEC 61947 对比度标准，也称为 ANSI 对比度）。光学模块制造商更常使用 FOFO 对比度。

FOFO 对比度测量全白投影图像与全黑投影图像的亮度之比。棋盘图案方法使用 4×4 黑白矩形阵列测量对比度。在这两种情况下，测量值都标准化为“x 比 1”。

FOFO 对比度测量主要受 DMD 固有对比度的影响，而棋盘测量受 DMD 固有对比度和投影光学器件对比度性能的影响。因此，FOFO 对比度高于棋盘对比度。当显示实际视频内容时，棋盘对比度更能指示光学模块的真实对比度性能。

对比度较高的光学模块可以生成更鲜艳、更绚丽多彩的投影图像，而对比度较低的光学模块生成的投影图像可能看起来颜色暗淡（请参阅图 8）。



图 8. 高对比度投影图像（上方）和低对比度投影图像（下方）模拟

4 附加光学模块规格

以下规格不常用于指定光学模块，但对于某些应用而言可能至关重要。

4.1 亮度均匀性

亮度均匀性描述投影图像上不同点的亮度水平的变化。为了测量亮度均匀性，先投影全白图像，然后在图像中的九个点（等间隔的 3×3 阵列）处测量照度（以勒克斯为单位）。然后通过以下公式计算亮度均匀性：
 亮度均匀性 = [（最暗点的勒克斯数）/（平均勒克斯数）] / [（最亮点的勒克斯数）/（平均勒克斯数）] (1)

100% 的亮度均匀性描述一个完全均匀的投影白色图像，在每个点上具有相同的亮度水平。DLP Pico 投影光学模块的亮度均匀性范围通常为 70% 至 90%。亮度均匀性变化是由光学组件性能变化、由于尺寸限制而导致的光学元件截断以及光学失准引起的。亮度均匀性的重要性取决于应用和所投影的图像内容。例如，即使是相对较低的亮度均匀性，也很难用典型的电影或电视节目内容来检测，而纯色可以使亮度差异更加明显。

4.2 聚焦均匀性

理想的投影光学模块具有完美的聚焦均匀性 – 也就是说，整个图像同时聚焦。

如果光学模块存在聚焦不均匀的问题，则图像在至少一个位置（通常是边缘或拐角）上明显没有聚焦。聚焦不均匀性可能由光学组件性能的变化或光学失准引起。

4.3 颜色管理

显示系统的色域定义了显示器可以生成的颜色范围。该范围由三种加色法原色定义：红色、绿色和蓝色。对于 LED 照明的光学模块，这些颜色由系统中各个 LED 的颜色和所有滤镜进行控制。传统上，色域在 1931 CIE 色度空间中绘制。

ITU-R 建议 BT.709（通常称为 Rec. 709）是由 ITU（国际电信联盟）制定的常见高清电视色域建议。LED 照明的 DLP 投影系统可能实现比 Rec. 709 更广的色域（请参阅图 9）。

DLP Pico 投影光学模块可以生成可变白点和色温，它们可由光学模块制造商进行调整并在最终产品中编程为不同的模式（例如冷、正常、暖）。请注意，光学模块的亮度规格可能会因白点而异。如果颜色精度是最终产品的关键要求，则建议指定目标白点，例如光源 D65⁽¹⁾。

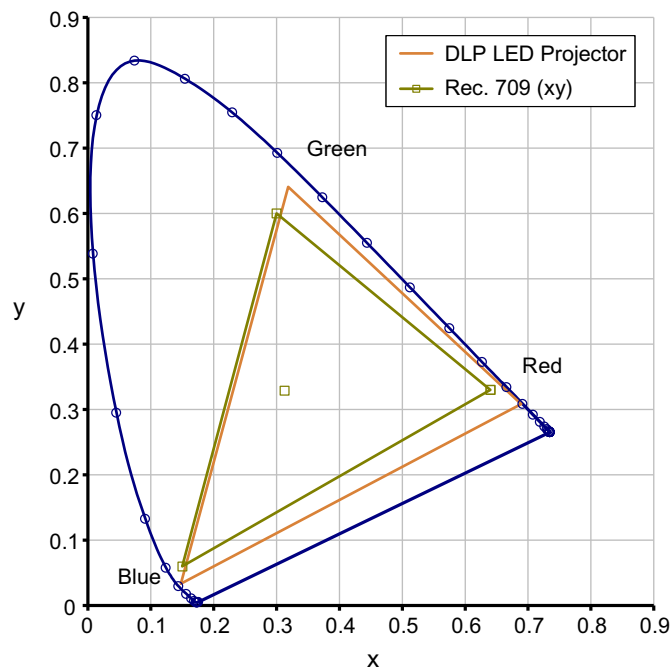


图 9. 色域

4.4 照明类型

DLP 技术可用于任何光源类型。在使用 DLP 芯片设计光学模块时，灯、LED 和激光照明都是潜在的选择。当前，大多数 DLP Pico 投影光学模块使用 RGB LED 照明，因为该方式尺寸小并且亮度效率很高。DLP Pico 投影系统还使用激光照明来实现更高的亮度水平和更小的光学设计。

4.5 热管理

考虑到 DMD 上的最大热负载（请参阅数据表）、最大可用照明驱动电流和照明源的最小效率的限制，由光学模块制造商提供的散热器解决方案（例如均热片或平面铜翅片散热器）会采用适当的物理尺寸，以满足目标亮度规格。根据 OMM 提供的散热器解决方案，机械系统工程师可以确定将 DMD 和照明源保持在各自建议的工作温度范围内所需的相应被动冷却或主动冷却（例如风扇）量。

请记住，如果特定的应用不需要为其设计了光学模块的最大亮度，则可以对系统电子设备进行编程，从而以较低的功耗和亮度水平运行光学模块。对于此类应用，还有机会通过减小气流和/或与光学模块制造商合作以减小散热器尺寸来减小产品尺寸。

⁽¹⁾ “ISO 11664-2:2007(E)/CIE S 014-2/E:2006”，国际照明委员会，http://cie.co.at/index.php?i_ca_id=484

4.6 光学变焦

利用光学变焦，光学模块可以通过机械移动投影透镜的组件来更改其投射比。虽然该功能在 DLP Pico 投影光学模块中不常见，但可以在必要时包含该功能。

4.7 焦深

投影透镜聚焦的距离称为“焦平面”。尽管焦点最好位于焦平面上，但焦点位于焦平面前后一定距离处是可以接受的。可以接受焦点的该距离范围称为“焦深”。

通常需要长焦深，尤其是对于便携式应用（如内置在智能手机或平板电脑中的 pico 投影）。焦深越长，产品可以相对于表面移动并仍被视为聚焦的范围就越大。

4.8 对焦方法

DLP Pico 投影光学模块需要在目标投影表面距离处聚焦。这可以通过调节投影透镜的位置来实现。可以使用步进电机以数字方式手动调节该位置，也可以将外部自动对焦解决方案（例如摄像头或深度感应系统）与步进电机结合使用来自动调节该位置。当前，手动对焦的光学模块最常见。

4.9 自动白点校正

随着时间的流逝，LED 亮度可能会下降并改变投影图像中红光、绿光和蓝光的相对比例。这可能会导致白点发生变化。为了抵消该过程，某些光学模块包括一个用于跟踪每个 LED 相对亮度的传感器。可以在 DLP 控制器中使用该数据，以便随着时间的推移保持一致的白点和色温。有关自动白点校正的更多信息，请参阅 [《DLPC343x 的实时颜色管理》](#) 应用手册和关联的 [参考设计](#)。

5 软件中 实现的功能

以下软件 功能 会影响光学模块的性能和功能。

5.1 梯形校正

通常将光学模块设计成与投影表面正交。当投影仪相对于投影表面倾斜或投影表面相对于投影仪倾斜时，由于投影透镜与投影图像边缘之间的距离变化，图像的形状将变为梯形。为了校正这种效应，某些投影系统包括称为梯形校正的功能，该功能可以在软件中操纵图像以使其适合投影像素的矩形子集（请参阅图 10）。

可以手动调节梯形校正，也可以通过加速度计自动调节，该加速度计测量系统的倾斜角度。垂直梯形校正最常见，但某些投影系统也提供水平梯形校正。请注意，梯形校正是软件功能，而不是硬件功能。在与 DLP2010 和 DLP3010 DMD 一起使用时，DLPC343x 控制器具有垂直梯形校正功能。对于 DLP4710 芯片组，必须在 DLP 控制器外部实施梯形失真校正。

请注意，当产品相对于投影表面倾斜时，较短的投射比光学模块会导致更大的图像失真。

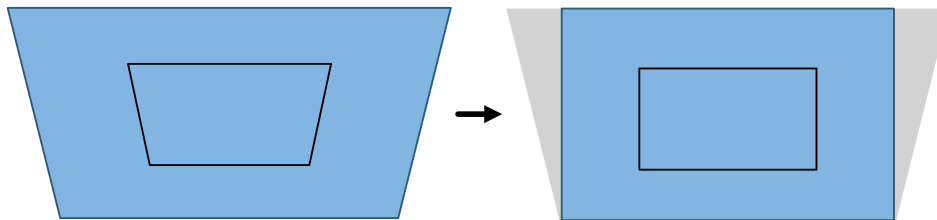


图 10. 梯形校正

5.2 DLP 图像处理设置

DLP 控制器通过图像处理技术和照明控制组合来确定如何显示传入的图像。图像处理技术包括伽马校正以及白点、色温和颜色饱和度调节。

光学模块制造商可以根据特定光学模块的设计属性来定义某些 DLP 图像处理设置。要了解有关这些设置的更多信息，请阅读 [DLPC343x 数据表](#) 和 [《DLPC343x 软件编程人员指南》](#)。

5.3 DLP IntelliBright™ 算法

DLP IntelliBright 是一套 TI 图像处理算法，旨在提高 LED 照明的 pico 投影系统性能。该套件包含两种不同的算法：内容自适应照明控制 (CAIC) 和局部亮度增强 (LABB)。DLP IntelliBright 是基于 DLPC343x 的芯片组的一项功能。

CAIC 算法能够智能地逐帧管理 LED 驱动强度，从而生成光学图像的亮度和对比度。例如，如果某个帧的蓝色比红色或绿色多，那么 CAIC 将增大流向蓝色 LED 的电流。可以调节 CAIC 以最大程度地提高亮度，最大程度地减小功耗（同时保持 CAIC 之前的亮度水平），或者介于两者之间，以实现一定程度的亮度增加和一定程度的节电。

LABB 算法智能地逐帧提高图像亮度，从而生成更明亮、更生动的图像。LABB 算法实时评估每个图像帧，首先确定可以从亮度提升中受益的图像暗区，然后根据配置的“提升强度”设置应用亮度增益。相对较高的增益应用于图像的较暗区域，而很小的增益应用于图像的较亮区域或不对其应用增益。LABB 对于高周围照明环境下的 pico 投影仪特别有用，并且可以使用环境光传感器自动对其进行调节。

有关 DLP IntelliBright 的更多详细信息，请阅读 [《用于 DLPC343x 控制器的 TI DLP IntelliBright 算法》](#) 应用手册。

6 硬件集成注意事项

6.1 闪存

闪存 PCB 通常与光学模块（安装在外部或连接 DLP 控制器和 DMD 的柔性电缆上）集成在一起，用于存储固件和配置数据（由 DLP Composer 软件生成）以及光学模块制造商提供的照明校准数据（例如用于 pico 投影仪中不同图像设置的白点校准）。当光学模块集成到投影系统中时，闪存与 DLP 控制器连接。

6.2 DLP 控制器与 DMD 之间的接口

DLPC343x 控制器与 DMD 之间的接口由 4 个单端控制信号和 1 个子 LVDS 总线组成，该子 LVDS 总线包含 4 个或 8 个（取决于 DMD）数据对和 1 个时钟对。HS（高速）总线包含差分信号，该总线将镜片打开/关闭数据发送到 DMD。4 条控制线中的 3 条（LS_CLK、LS_WDATA 和 LS_RDATA）构成了一条串行控制总线。第 4 条控制线 (ARSTZ) 用于执行上电复位。

6.3 闪存与 DLP 控制器之间的接口

DLPC34xx 不包含非易失性存储器，而是使用外部 SPI（串行外设总线）闪存来保存软件映像。DLPC34xx 支持 1.8 – 3.3V 器件。

7 业务注意事项

7.1 成本

光学模块的成本取决于单元量，并且通常与其性能（包括亮度能力、分辨率和光学组件质量）相关。

亮度和分辨率主要由 DLP 芯片、照明类型和尺寸以及光通量决定。此外，较短的投射比通常需要更大且更复杂的投影光学器件，这会导致更高的成本。

7.2 定制光学模块

为了最大程度地降低成本并缩短交货时间，客户可以利用当前正在生产的现有光学模块。

如果需要修改现有的光学模块或设计一个全新的光学模块，则与 OMM 保持一致的交货时间和非经常性工程 (NRE) 成本（或与 NRE 相关的摊销成本）非常重要。

与开发全新的光学模块相比，对现有光学模块设计进行修改（如开发新的投影透镜以实现更短的投射比）通常成本更低且速度更快。

7.3 最低起订量 (MOQ)

根据商业机会，光学模块制造商会小批量销售光学模块，以支持产品开发和原型设计。

对于生产量，光学模块制造商通常需要最低的订购量。MOQ 因制造商而异。

7.4 交货时间

由于光学模块组件的交货时间和制造时间，对于现有的生产中的光学模块，光学模块制造商通常要求交货时间为 8-12 周或更长。

8 示例光学模块规格表

开发人员可以使用该表来帮助加快与 DLP Pico 投影光学模块制造商的沟通。通过列出目标和边界规格，OMM 将能够更快地确定正确的解决方案。在合理范围内，目标规格应为理想规格，边界规格应为最小或最大可接受规格。

该表中包括的一个列显示了智能手机或平板电脑内置 pico 投影应用的示例目标规格。

表 3. 示例光学模块规格表

规格	优先级	目标	边界（最小/最大）	示例
描述	提供有关 应用 和“必备”光学模块规格/功能的高层次描述。			
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，则进行记录				25mm × 25mm × 6mm （最大程度地减小厚度）
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

9 开始开发

执行以下步骤采用 DLP Pico 技术开始进行产品开发：

1. 了解有关 DLP Pico 技术的更多信息：
 - 浏览[入门资源](#)
 - 了解各种[应用](#)（受 DLP Pico 技术支持）
 - 阅读《[TI DLP Pico 技术入门](#)》白皮书
 - 浏览[产品和数据表](#)
 - 体验 [DLP 投射比和亮度计算器](#)
 - 阅读其他[技术文档](#)
2. 通过易于使用的[评估模块 \(EVM\)](#) 评估 DLP Pico 技术。
3. 下载 TI Designs 参考设计以加快产品开发速度，包括原理图、布局文件、物料清单和测试报告：
 - [DLP2010](#)：采用 DLP® 技术的超便携、超低功耗显示参考设计
 - [DLP3010](#)：采用 DLP® 技术的便携式、低功耗高清投影显示
 - [DLP4710](#)：采用 DLP® 技术的便携式、低功耗全高清投影显示
4. 浏览 [TI 的 E2E 社区](#)，以搜索解决方案、寻求帮助、分享知识并与同行工程师和 TI 专家一起解决问题。
5. 查找光学模块和设计支持：
 - [从经销商那里购买少量的 DLP Pico 投影光学模块](#)
 - [联系光学模块制造商](#)，以获得可用于大批量生产的光学模块
 - [联系 DLP 设计网络成员](#)，以获得定制解决方案

修订历史记录

注：之前版本的页码可能与当前版本有所不同。

Changes from Original (February 2017) to A Revision	Page
<ul style="list-style-type: none"> 在表 1 中为具有 640 x 360 (nHD) 分辨率的超便携、超低功耗芯片组类别添加了新 DMD 器件型号 (DLP2000) 和 EVM (DLPDLCR2000EVM) 链接 	4

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

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性及其可靠性数据（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