

用于近眼显示器的 **DLP®** 技术

应用报告



Literature Number: ZHCA622A
September 2014–Revised August 2017

1	什么是 DLP® Pico™ 技术?	4
2	什么是近眼显示器?	5
3	采用 DLP 技术实现 NED 系统的光学注意事项	7
3.1	光学设计的利弊权衡	8
3.2	照明方向如何影响光学布局和尺寸	10
4	采用 DLP 技术实现 NED 的系统和电子学注意事项.....	11
5	用于近眼显示器的 DLP Pico 芯片组产品组合	13
6	为什么为近眼显示器选择使用 DLP 技术?	14
7	后续步骤	16
	修订历史记录	17

附图目录

1-1.	德州仪器 (TI) DLP TRP 技术: 更小、更亮、功耗更低	4
2-1.	媒体从大型共享媒体到小型个人媒体的演变	5
2-2.	两种常见的近眼显示器	6
3-1.	光学系统概述	7
3-2.	采用 DLP 技术的基本波导光学系统 (未显示照明光学器件)	8
3-3.	不同 DMD 尺寸的 F 值与 FoV 之间的关系	9
3-4.	不同光瞳直径的 F 值与 FoV 之间的关系	9
3-5.	灵活的照明方向: 侧面或底部	10
3-6.	具有侧面和底部照明方向的示例光学设计	10
4-1.	示例小板设计	11
4-2.	示例系统方框图	12
6-1.	随着亮度的增加, 高光学效率会降低系统功耗	14
6-2.	低对比度 (左) 与高对比度 (右) 对比	15

(1)(2)(3)

⁽¹⁾ Pico is a trademark of Texas Instruments.

⁽²⁾ 用于近眼显示器的 DLP, DLP, Cinema are registered trademarks of Texas Instruments.

⁽³⁾ All other trademarks are the property of their respective owners.

什么是 **DLP® Pico™** 技术？

德州仪器 (TI) 的数字光处理 (DLP) 技术是一种利用数字微镜器件 (DMD) 来调制光的微电子机械系统 (MEMS) 技术。DMD 上的每个微镜代表屏幕上的一个像素，并与色序照明同步进行独立调制，以创建惊艳的显示效果。DLP 技术可为全球范围内从数字影院投影仪到智能手机在内的显示产品提供支持。2014 年，我们推出了一种基于突破性微镜技术的新型 DLP-Pico 芯片组，称为 DLP-TRP (图 1-1)。

TI 的 DLP TRP 芯片组具有 $5.4\mu\text{m}$ 的更小像素间距和 17° 的更大倾斜角，具有更高的分辨率、更低的功耗和增强的图像处理功能，同时保持了 DLP 技术的一流光学效率。TI 的 TRP 芯片组非常适合任何需要以紧凑的尺寸和低功耗实现高分辨率和高亮度的显示系统。

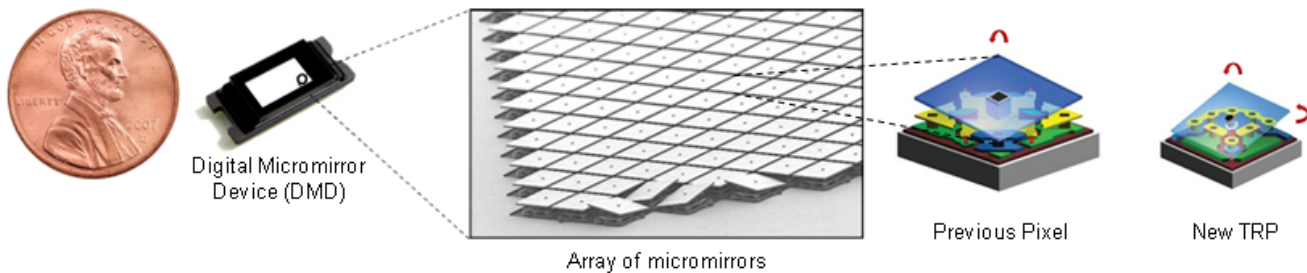


图 1-1. 德州仪器 (TI) DLP TRP 技术：更小、更亮、功耗更低

什么是近眼显示器？

近眼显示器 (NED)，也称为头戴显示器 (HMD) 或可穿戴显示器，可在单眼或双眼视场中创建虚像。对于人眼来说，虚拟图形可呈现在一定距离之外，并且与用于创建图像的相对较小的显示面板和光学器件相比，所呈现图像要大得多。为了更好地理解近眼显示器可以提供的体验类型，让我们看一下另一种媒体：音频 (图 2-1)。



图 2-1. 媒体从大型共享媒体到小型个人媒体的演变

传统扬声器体积大，不易携带，可创造一种共享的听觉体验。而另一方面，头戴式耳机和耳塞则小巧便携，可带来个人听觉体验。同理，电视和监视器很大，不便于携带，但可以创造一种共享的视觉体验。近眼显示器是显示世界的头戴式耳机，可提供小型、便携式的个人视觉体验。

相比于传统显示器，近眼显示器有以下几项重要优势：

- 体积小，重量轻，便于携带
- 功耗极低
- 可以透视

虽然大屏幕电视的体积很大，但近眼显示器可以通过一个可穿戴的小尺寸封装产生一个看起来像大屏幕电视的虚拟图像。

近眼显示器大致可分为两类：沉浸式和透视式（请参阅图 2-2）。

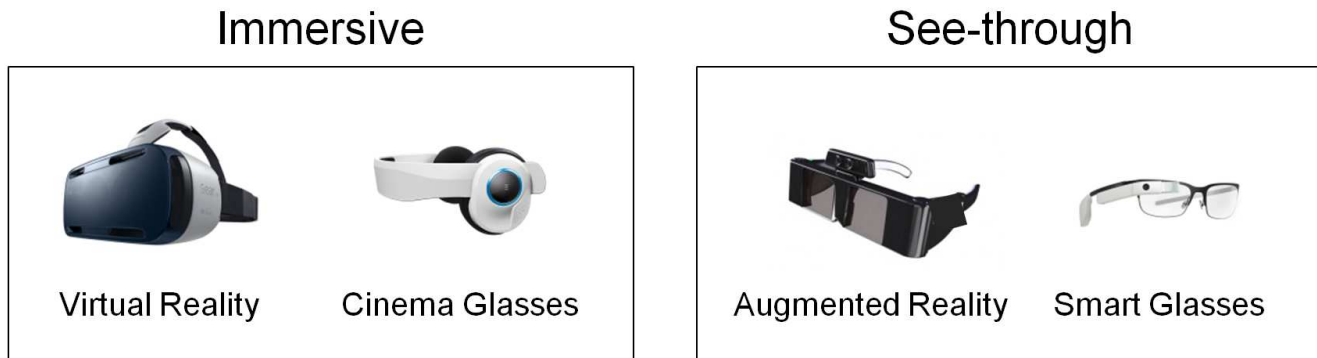


图 2-2. 两种常见的近眼显示器

沉浸式近眼显示器可阻挡用户看到现实世界，并可创建一个较大视场的图像，通常影院眼镜的视场为 30-60 度，虚拟现实显示器的视场为 90+。这些产品可以充当用户的个人电影或游戏环境。

穿透式 NED 留出了让用户观看现实世界的视角，并可创建一个透明的图像或一个非常小的不透明图像，从而仅遮挡了用户外围视场的一小部分。穿透式应用按类型可以分为两种：增强现实和智能眼镜。增强现实头戴式耳机通常具有 20 到 60 度的视场，并在用户对现实世界的视图之上叠加信息和图形。智能眼镜（如谷歌眼镜）通常具有较小的视场和显示器，用户可通过该显示器进行间歇性扫视而不是不间断浏览。

NED 可用于工业和消费市场的各种应用中：

表 2-1. 近眼显示器应用

	工业类	消费类
增强现实/穿透式显示	<ul style="list-style-type: none"> • 仓库库存管理 • 设备维修和组装 • 警察/消防/EMS 	<ul style="list-style-type: none"> • AR 控制台游戏机 • 智能手机/平板电脑附件 • 智能眼镜 • 运动/户外活动监视器
虚拟现实/沉浸式显示器	<ul style="list-style-type: none"> • 虚拟现实/沉浸式显示器 • VR 培训模拟器 • 遥控无人机/机器人 	<ul style="list-style-type: none"> • VR 游戏机 • 3D 控制台游戏机 • 智能手机/平板电脑附件 • 3D 电影

采用 **DLP** 技术实现 **NED** 系统的光学注意事项

DLP 技术与各种近眼显示光学系统兼容 (图 3-1)。通常，使用 DLP 技术的光学系统必须包括：

- 照明系统，包括光源（通常为 RGB LED）和用于将光引导到 DMD 上的照明光学器件
- DMD，用于智能地反射入射光以创建图像
- 光学系统，用于收集从 DMD 反射的光并将其引导进入人眼

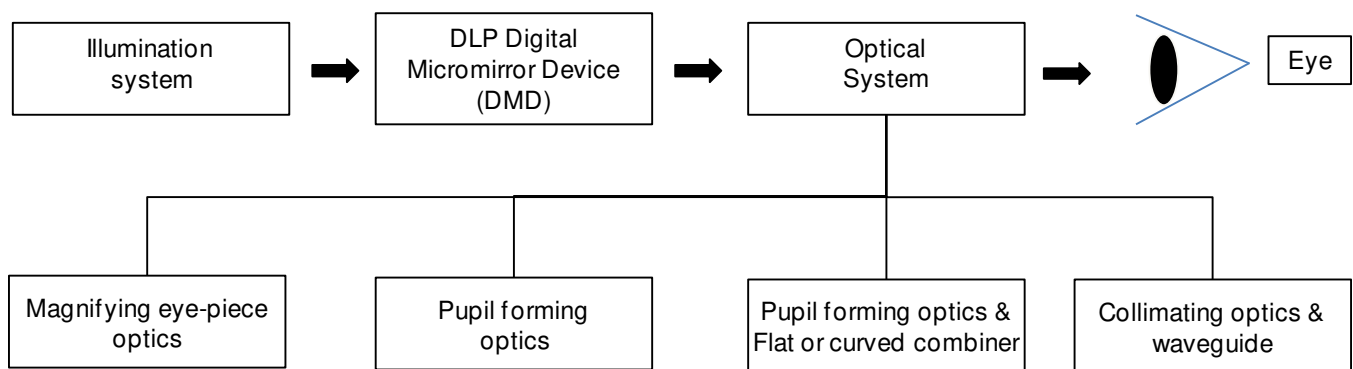


图 3-1. 光学系统概述

关于近眼显示光学系统的一个常见误解是，小型投影仪模块将图像投射到半透明的表面（例如眼镜镜片）上以创建显示。这是不可行的，因为眼睛无法看到很近的物体。实际上，近眼显示光学系统与传统的投影系统大不相同，近眼显示不是在表面上产生真实的图像，而是形成一个光瞳，而眼睛则是光学链中的最后一个元素，用于将从光瞳发出的光转换成视网膜上的图像。

基于波导的设计 (图 3-2) 因其透明显示和光瞳扩展功能而备受关注。波导在输入端收集光线并将其传输到眼睛。它允许将微显示器、光学器件和照明设备放置在便利之处，例如在头部侧面，仅在眼睛前面留下一个相对较小的、透光的透明波导光学器件。

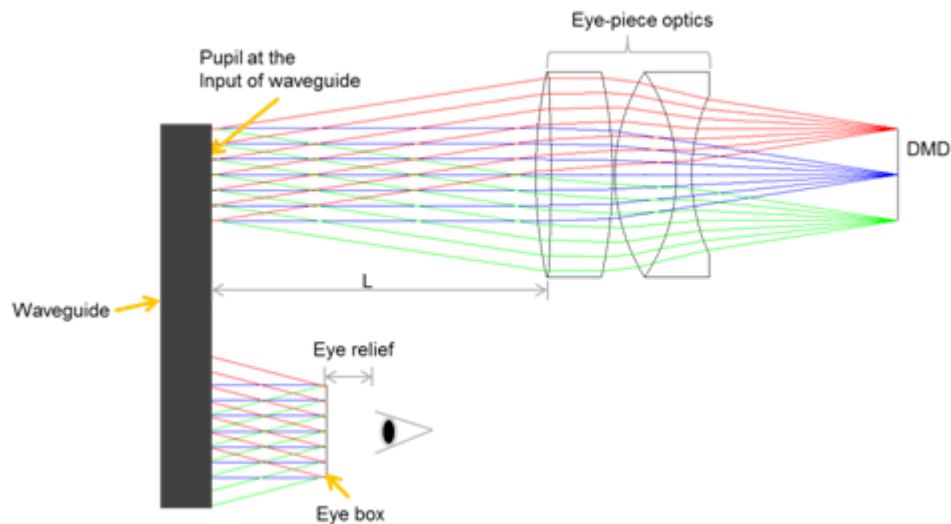


图 3-2. 采用 DLP 技术的基本波导光学系统（未显示照明光学器件）

3.1 光学设计的利弊权衡

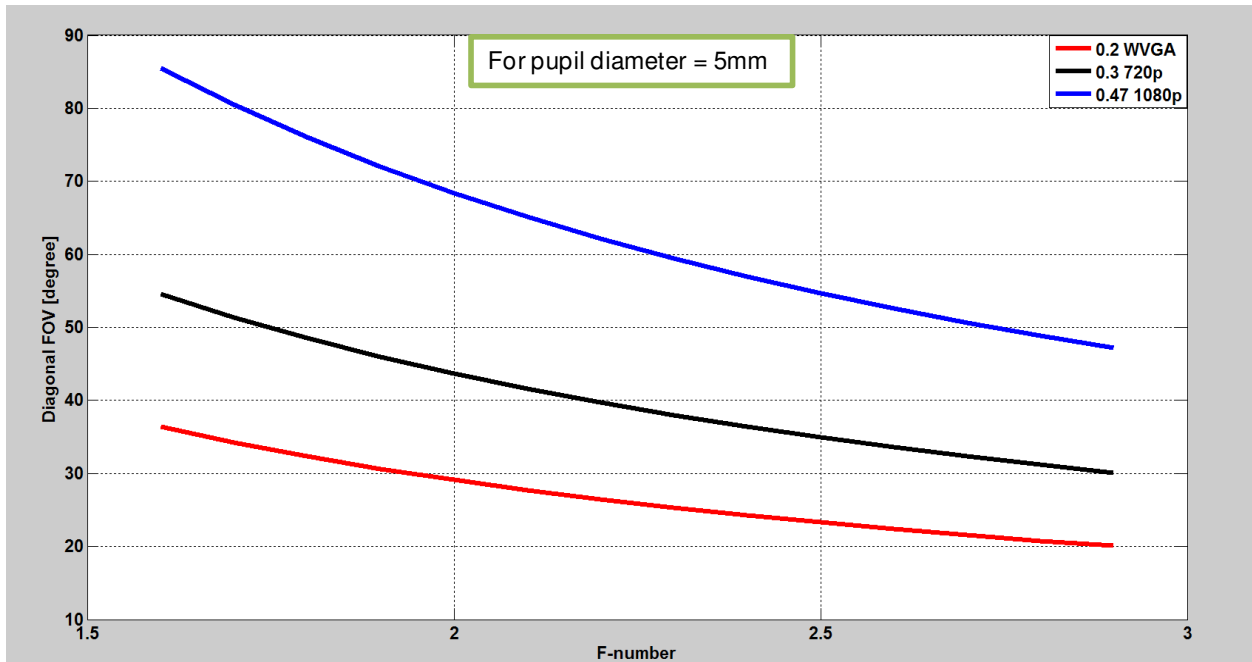
在近眼显示系统的光学设计中有许多需要进行利弊权衡的地方。四个关键参数是视场、分辨率、对比度和系统尺寸。

控制视场的主要因素有三个：DMD 尺寸、光学器件的 f 值和波导输入端的光瞳尺寸。图 3-3 显示了不同 DMD 尺寸的 5mm 光瞳直径的 F 值与对角线视场的权衡。关键参数包括：

DMD 尺寸— 视场和分辨率要求决定了所需的 DMD 对角线尺寸。更大的视场将需要更大的 DMD，而 DMD 所需的更大光学器件继而会增加系统的尺寸。尽管 DLP 光学模块的尺寸会因系统要求而有所不同，但它可能小至几立方厘米，包括 LED、DMD、照明光学器件和光瞳形成光学器件。

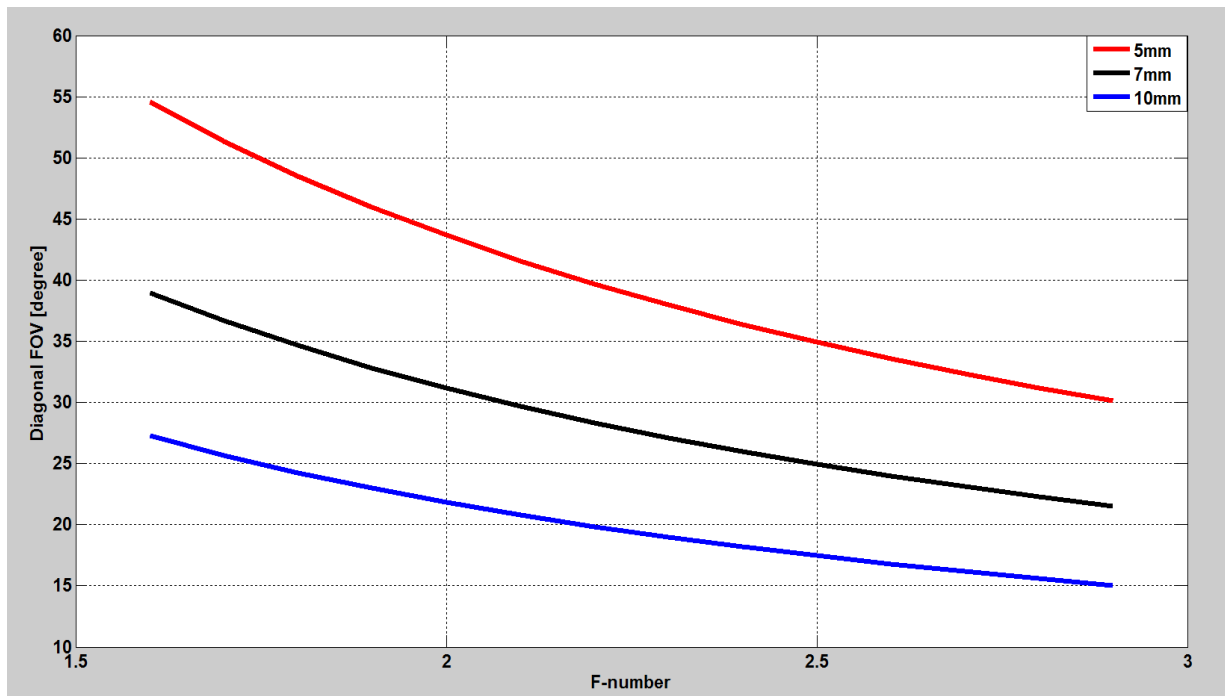
光学设计的 F 值— 光学系统的 F 值表示镜头焦距与入射光瞳直径的比率。一般来说，较低的 F 值系统可实现更大的视场和更大的展度。然而，不利之处是增加了光学器件的尺寸。此外， F 值越小，对比度越低。另一方面，较大的 F 值系统会产生较高的对比度，降低光学设计复杂性，减小光学器件尺寸，但会降低视场和光学展度/亮度。

波导输入端的光瞳尺寸— 通常情况下，如果使用波导来扩大光瞳并增大眼动范围的大小，则 5mm 的光瞳直径就足够了。光瞳尺寸越大，相同 DMD 对角线的视场越小 (图 3-4)。



Contrast increases as F-number increases →
 Optical system size decreases as F-number increases →

图 3-3. 不同 DMD 尺寸的 F 值与 FoV 之间的关系



Contrast increases as F-number increases →
 Optical system size decreases as F-number increases →

图 3-4. 不同光瞳直径的 F 值与 FoV 之间的关系

3.2 照明方向如何影响光学布局和尺寸

5.4 μm 像素 DMD 的 DLP TRP 架构可实现两种可能的照明方向：侧面或底部 (图 3-6)。这两个选项在光学布局中提供了更大的灵活性。例如，图 4-1 显示了使用侧面照明的较长但较薄的布局，以及使用底部照明的较短但较厚的布局。根据系统要求，可以采用多种光学布局，例如盒形、薄形或 L 形。例如，薄而长的光学模块可能非常适合将模块置于头部侧面的基于波导的设计，而短而厚的光学设计可能适合用于减小模块的整体体积。每个 DMD 都具有所需的特定照明方向。有关各种 DMD 的照明方向，请参阅表 5-1。

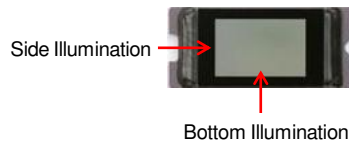


图 3-5. 灵活的照明方向：侧面或底部

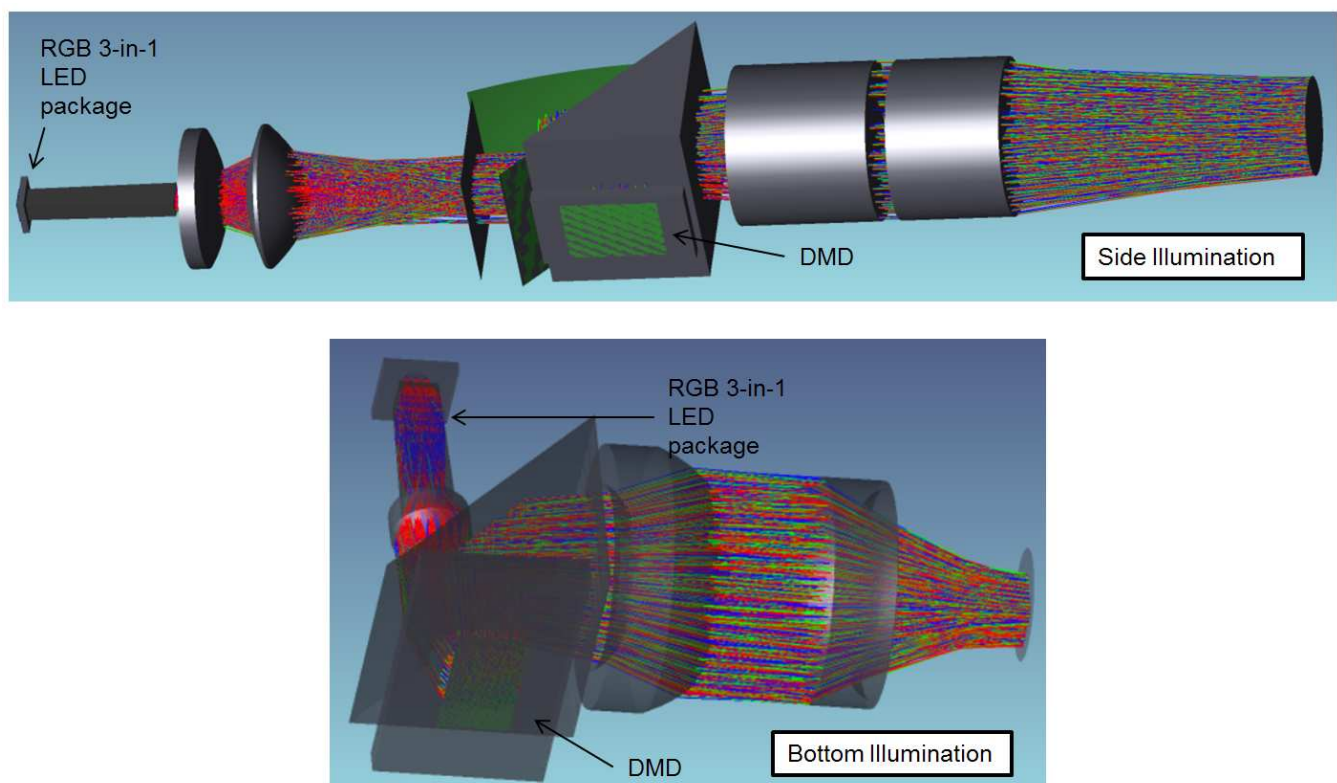


图 3-6. 具有侧面和底部照明方向的示例光学设计

采用 **DLP** 技术实现 **NED** 的系统和电子学注意事项

DLP Pico 芯片组具有小巧、高效的控制器和 PMIC/LED 驱动器，尺寸紧凑，功耗较低，可实现集成、可靠的系统。控制器的尺寸小至 7mm × 7mm，而 PMIC 则小至 3.4mm × 3.2mm（示例电路板布局请参阅图 4-1）。DMD 和控制器通常会消耗 150mW 至 300mW 的功耗，具体取决于阵列的大小和分辨率。图 4-2 显示了采用 DLP 技术解决方案的近眼显示应用的典型系统框图。

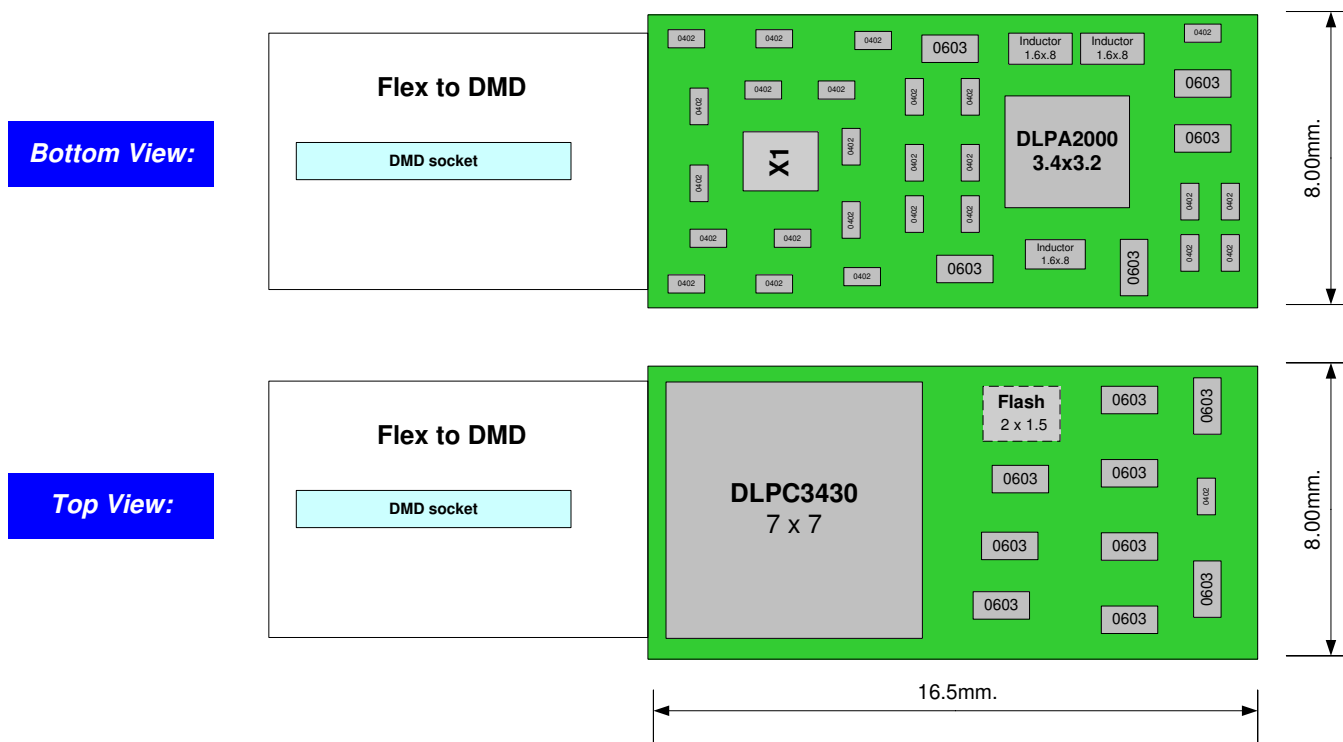


图 4-1. 示例小板设计

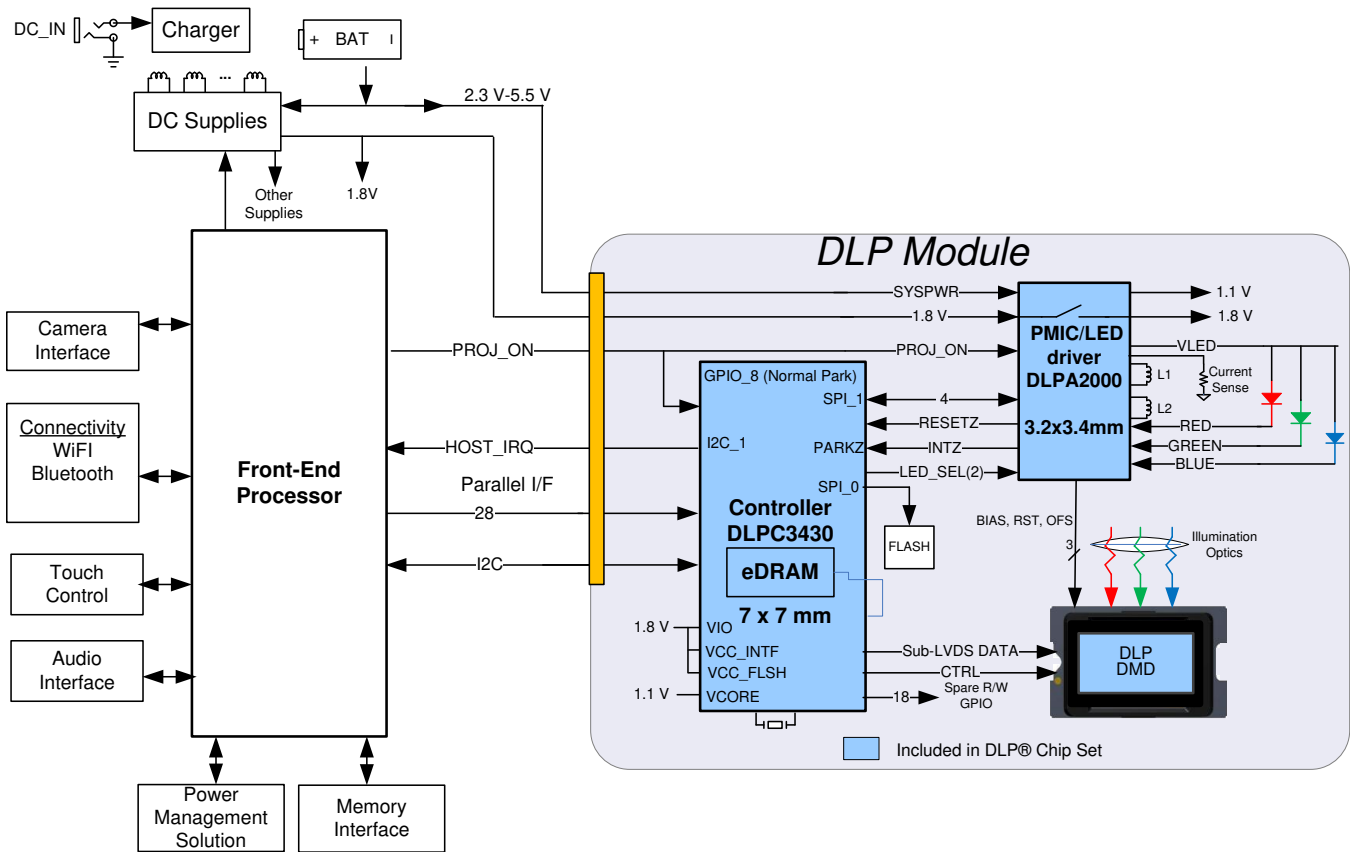


图 4-2. 示例系统方框图

DLP 控制器通过 I²C 与前端处理器通信，并通过并行接口接收 24 位 RGB 视频数据。前端处理器使用 PROJ_ON 信号控制 DLP 系统的上电/断电。PMIC/LED 驱动器为控制器和 DMD 提供所有必需的电源，而集成的 LED 驱动器提供可配置的 RGB LED 电流。

用于近眼显示器的 **DLP Pico** 芯片组产品组合

以下芯片组非常适合近眼显示器：

表 5-1. 适用于 NED 的 DLP Pico 芯片组产品组合

	.2" nHD	.24" VGA	.3" WVGA	.2" WVGA	.3" 720p	.47" 1080p
微镜阵列对角线	0.2"	0.24"	0.3"	0.21"	0.31"	0.47"
分辨率	640x360	640x480	854x480	854x480	1280x720	1920x1080
像素间距	7.6µm	7.6µm	7.6µm	5.4µm (TRP)	5.4µm (TRP)	5.4µm (TRP)
像素方向	方波	菱形	菱形	方波	方波	方波
最大 FOV ⁽¹⁾	24°	29°	36°	34°	51°	86°
DMD 器件型号	DLP2000	待定	DLP3000	DLP2010	DLP3010	DLP4710
控制器器件型号	DLPC2607	DLPC2607	DLPC2607	DLPC3430	DLPC3433	DLPC3439
PMIC 器件型号	DLPA1000	不适用	不适用	DLPA2000	DLPA2000	DLPA3000
DLP IntelliBright™ 算法	无	无	无	有	是	有
DMD 照明方向	角落	侧面	侧面	侧面	侧面	底部

⁽¹⁾ 假设光学设计理想，光瞳直径为 5mm，TRP 为 F/1.7，VSP DMD 为 F/2.5。

为什么为近眼显示器选择使用 **DLP** 技术？

在近眼显示器中使用 DLP 技术有以下几项重要优势：

高光学效率 —DLP 技术可提供极高的光学效率。微型铝微镜能够反射绝大多数入射光，并能在较低的照明电源下产生更明亮的近眼显示。

偏振无关型 —DLP 技术可用于任何光源，包括 LED、激光、激光荧光体和荧光灯。在非偏振光源（例如 LED）的情况下，基于 DLP 的解决方案不具有偏振转换和捕获损耗，因此可产生高光学系统效率。

DLP 技术在光学效率方面的优势使其特别适合用于更高亮度的近眼显示应用，例如透视、大视场应用。随着亮度增加，DLP 系统的功耗优势也会增加 (图 6-1)。

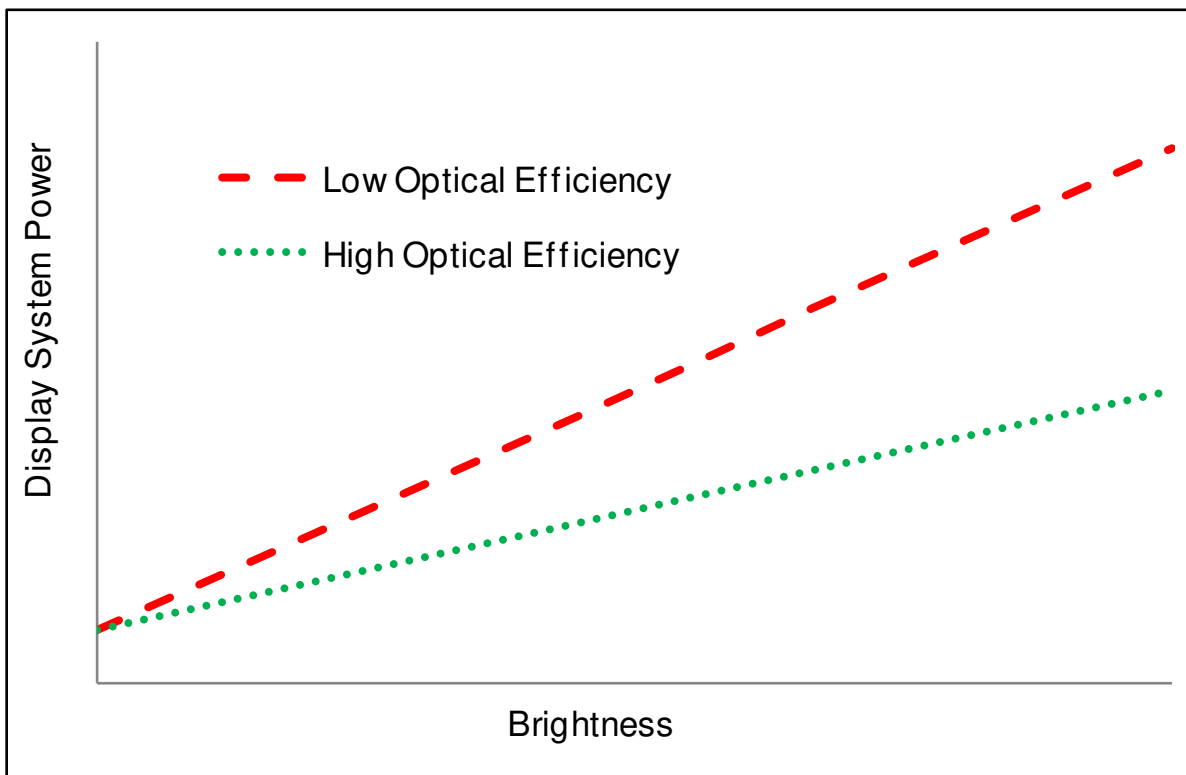


图 6-1. 随着亮度的增加，高光学效率会降低系统功耗

高对比度 —根据光学设计的不同，DLP 技术可以实现超过 2000:1 的对比度，从而为沉浸式显示创建深黑色，为增强现实显示创建高透明背景（请参阅图 6-2）。

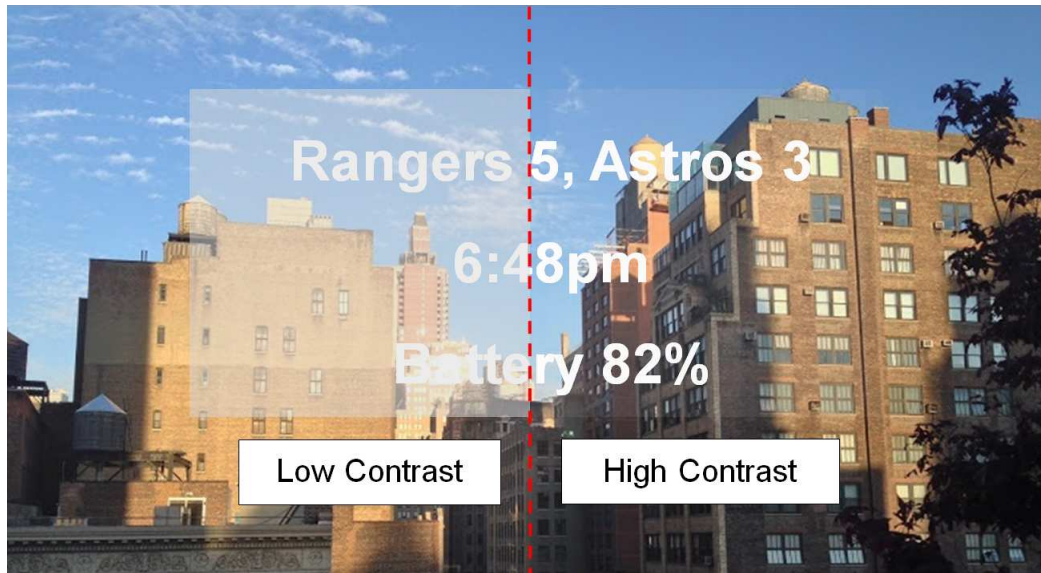


图 6-2. 低对比度（左）与高对比度（右）对比

高速 — 低延迟：DLP 技术是世界上最快的显示技术之一 - 每个微镜每秒可翻转数千次。这可以实现快速的颜色刷新率和低延迟，这对于近眼显示应用尤为重要。

此外，TI 的 TRP 芯片组还具有一些额外的功能，使其特别适合用于近眼显示应用。

尺寸更小，分辨率更高 —TI 的 TRP 在面积上比以前的 DLP 像素技术小 50%，从而使相同阵列尺寸的像素增加 2 倍。例如，采用 TI TRP 的 0.3” 阵列对角线可实现 1280×720 像素，相比之下，采用以前的像素技术的 0.3” 阵列对角线为 854×480 像素。

灵活的照明方向 —TI 的 TRP 技术使 DMD 可以按侧面或底部照明方向进行设计。有关各种 TRP DMD 的照明方向，请参阅表 5-1。

低功耗 —TI 的 TRP 芯片组在设计时就考虑了节能问题。例如，TI 的 TRP 0.2” WVGA (854×480) 芯片组比上一代 WVGA 芯片组的功耗低约 50%，而 0.3” 720p 芯片组的功耗比上一代 720p 芯片组低约 80%。

先进的图像处理算法 —DLP IntelliBright™ 算法套件执行两个关键功能：1) 内容自适应照明控制：动态调整每个 RGB LED 以根据逐帧内容优化功耗；2) 局部区域亮度增强：根据环境照明条件智能增强图像的较暗区域。有关更多信息，请参阅《DLPC343x 软件编程人员指南》。

DLP 技术是最成熟的显示技术之一。已售出了数千万个 DLP 芯片，DLP Cinema®是全球近 90% 的数字电影屏幕的首选技术。用于近眼显示的 DLP 芯片组采用了相同的核心技术，并将其转换为微型显示器，几乎可以在任何近眼显示应用中创建影院品质的图像。

后续步骤

如果您具有光学设计专业知识，并希望设计自己的光学模块

1. 请访问 www.ti.com/dlp，了解有关 DLP 视频和数据显示芯片组的更多信息，包括数据表、参考设计等
2. 购买 EVM：www.ti.com.cn/lscs/ti_zh/dlp/video-and-data-display/tools.page
3. 浏览 TI 的 E2E 社区，以搜索解决方案、寻求帮助、分享知识，并与工程师同行及 TI 专家一起解决问题。e2e.ti.com/support/dlp__mems_micro-electro-mechanical_systems/default.aspx
4. 联系当地 TI 销售人员或 TI 分销商代表。www.ti.com/general/docs/contact.tsp
5. 与具有光学设计、电子学和软件专业知识的 DLP 设计网络合作伙伴合作。www.ti.com.cn/lscs/ti_zh/dlp/video-and-data-display/solutions-services.page

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 (September 2014) to A Revision	Page
• 将 .2" nHD 的 DMD 器件型号和 PMIC 器件型号分别从 TBD 和 N/A 更新为 DLP2000 和 DLPA1000	13

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