

Application Brief

TI 面向光纤网络的 DLP® 创新技术



Faizan Kalam, Zach Walker

光纤网络

光纤网络是一种高速通信技术，通过光纤缆线将数据作为光信号传输，从而实现超高带宽和远距离连接。要充分利用这一能力，可编程波长控制至关重要。它能确保以更好的精度和速度实现关键网络功能，包括动态增益均衡 (DGE)、光纤通道监测 (OCM)、波长选择开关 (WSS) 以及光路交换 (OCS)。然后，通过滤波和信号处理算法，可对每个通道的功率和路由路径实现精细的控制，进而可直接用于优化网络性能或进行扩展以满足 AI 工作负载和下一代数据中心的需求。

TI DLP® 技术围绕数字微镜器件 (DMD) 和相位光调制器 (PLM) 构建，在满足这些需求方面具有独特的优势。通过利用可靠的 MEMS 微镜，DLP® 技术在单个芯片上提供了多应用光学平台，集成了 WSS、DGE、OCM 和 OCS 系统，具备现代光纤基础设施所需的切换速度、信号完整性和可扩展性。

特性和优势

- 超快速、软件定义的波长控制
 - DMD 的切换速度小于 $10\mu\text{s}$ ，PLM 的切换速度小于 $75\mu\text{s}$ — 远超当前竞争技术
- 可靠的数字 MEMS 运行
 - 纯数字微镜设计可确保不会随时间或温度的变化产生模拟漂移，性能优于竞争对手的技术
- 单芯片实现多应用
 - DGE 和 OCM
 - WSS 和 OCM
 - DGE、WSS 和 OCS
- 紧凑且可扩展的设计
 - 可跨城域、远距离和数据中心部署进行扩展，光学模块尺寸比当前基于市场的设计缩小 30% 至 50%

TI 面向光纤网络的 DLP 设计

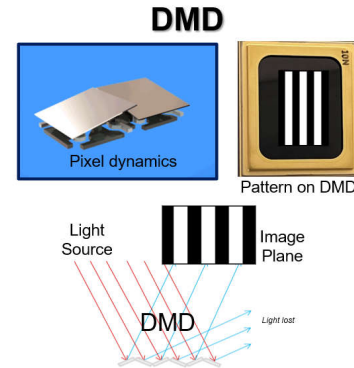


图 1. DMD 信息图

DMD (振幅调制) 采用可单独寻址的微镜阵列来调制光线，在将光反射到光路径的导通状态与将光偏转的关断状态之间切换。这种二进制控制可以实现针对 DGE 和 OCM 应用的高精度波长衰减和通道监测，但与 WSS 和 OCS 系统的兼容性有限。

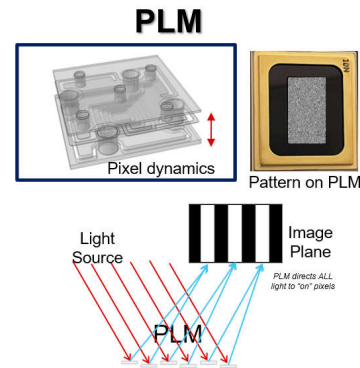


图 2. PLM 信息图

PLM (相位光调制) 采用不同的方法，通过在空间上延迟波前来生成可编程的衍射图案，将所有光引导至导通状态的像素。这种高效的光导向显著减少了插入损耗，使得 PLM 在 WSS 和 OCS 应用中特别适合波长切换和路由，同时保持与所有系统 (包括 OCM 和 DGE) 兼容。

动态增益均衡 (DGE)

DGE 可校正不同波长通道间的信号功率波动，确保整个网络的光学性能保持一致。在 DGE 系统中，衍射光栅将波分复用 (WDM) 信号分离为各个波长通道，每个通道都被引导至 DMD 或 PLM 的相应区域。DMD 通过精确的微镜调制独立衰减每个通道，而 PLM 通过可编程相位调制实现衰减。经过均衡处理的通道随后被重新组合，并馈送到掺铒光纤放大器 (EDFA) 中进行放大，从而提供均衡的信号，可直接用于远距离、城域和数据中心网络段的传输。

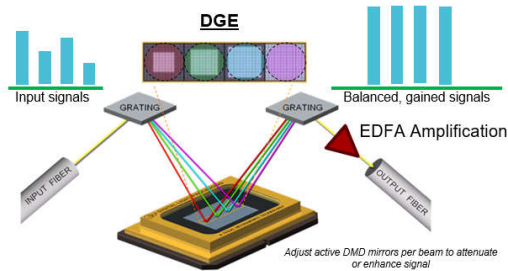


图 3. EDFA 放大前 DGE 流程示意图

光纤通道监测 (OCM)

OCM 充当 DGE 的反馈环路，持续测量通道信号强度并提供实时衰减要求。衍射光栅将传入的 WDM 信号按波长分离，DLP 器件依次将每个通道引导至单点探测器以测量功率级别。TI DLP DMD 技术如今在 OCM 领域占据主导地位，其切换速度小于 $10\mu s$ ，可与 DGE 实现板载集成，无需单独的 InGaAs 线性阵列探测器，从而降低了系统成本和复杂度。展望未来，TI 的 PLM 将进一步扩展 OCM 功能，显著降低整体系统复杂度。

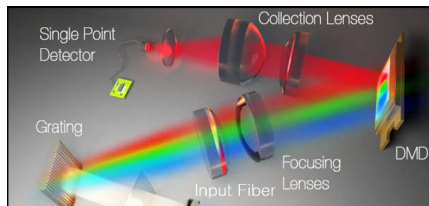


图 4. OCM 配置示意图

波长选择开关 (WSS)

WSS 将各个波长通道从单个输入光纤路由到多个输出端口，从而实现光纤网络的动态软件定义重构。衍射光栅将传入的 WDM 信号按波长分离，PLM 通过可编程相位调制将每个通道引导至其指定的输出端口。PLM 具有小于 $75\mu s$ 的切换速度，插入损耗小于 2dB，端口隔离大于 30dB，且完全不受偏振影响，从而消除了导致竞争对手 WSS 技术性能下降的相位闪烁和串扰。TI 基于 PLM 的 WSS 主要部署在跨远距离和城域网络的

可重构光分插复用器 (ROADM) 中，支持与 OCM 和 DGE 功能无缝集成。

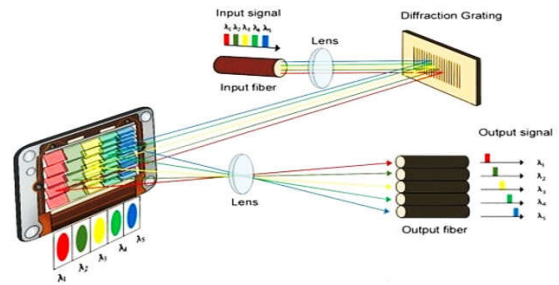


图 5. WSS 配置示意图

光路交换 (OCS)

OCS 通过跨多个光纤端口同时交换所有波长来实现大容量连接，使其成为动态光网络应用的首选。与仅路由单个通道的 WSS 不同，OCS 采用 PLM 架构，通过单次操作即可引导输入端口与输出端口之间的所有波长通道，从而消除了单个通道的切换，并降低了整体系统复杂度。OCS 与 WSS 具有相同的 PLM 性能和可靠性特征，包括切换速度、插入损耗、端口隔离以及长期运行稳定性。

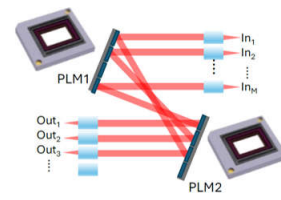


图 6. OCS 配置示意图

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。

重要通知和免责声明

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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月