

## Application Note

## TI DLP® 디스플레이 기술 시작하기

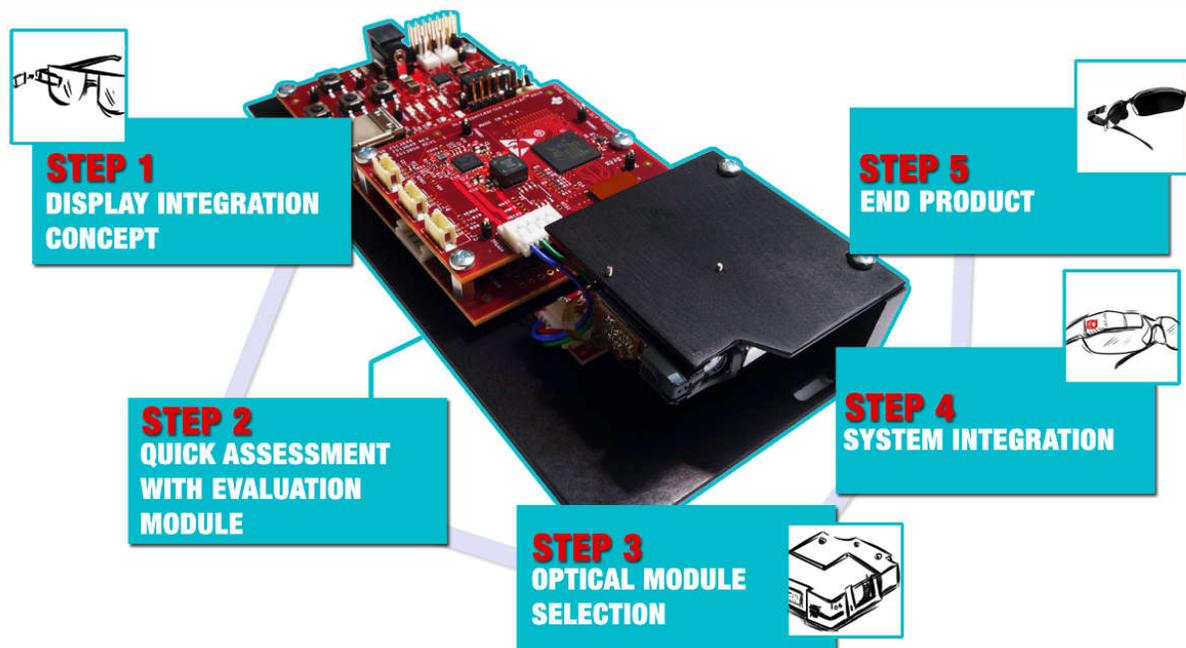


Juan Alvarez and Jesse Richuso

## 추상

본 애플리케이션 노트는 산업용, 기업용 또는 개인용 전자제품 용도로 만들어진 DLP® 디스플레이 제품에 관련해 중요한 리소스를 찾을 때 유용한 빠른 종합 가이드입니다. 이 문서는 DLP 칩셋 선택, 평가, 설계 및 제조를 위한 시작 가이드 역할을 합니다. 이 문서는 경험 수준이나 DLP 디스플레이 시스템 업무 관여 정도에 관계 없이 활용할 수 있습니다. 을 사용해 이 문서에 대한 피드백 또는 의견을 제출하실 수 있습니다 [TI DLP 제품 E2E 지원 포럼](#).

개발자들은 DLP 디스플레이 기술을 위한 설계 및 제조 에코시스템의 성숙도를 이용해 디스플레이 애플리케이션 개념을 아래에 묘사된 것처럼 신속하게 생산 단계로 전환할 수 있습니다.



산업용, 기업용 및 개인용 전자제품 디스플레이 용도 이외에 DLP 기술에 관심이 있으십니까? [여기를 클릭](#)해 차량용 애플리케이션을 확인하거나, [여기를 클릭](#)해 조명 제어 애플리케이션을 확인해 보세요. DLP 3D 인쇄, 3D 머신 비전, 3D 스캐닝 등 DLP 기술을 이용한 애플리케이션 정보를 확인하실 수 있습니다.

## 목차

<b>1 머리말</b> .....	3
<b>2 DLP 디스플레이 프로젝션의 이점</b> .....	4
<b>3 DLP 기술이란?</b> .....	6
<b>4 DLP 디스플레이 시스템</b> .....	7
4.1 구성 부품 번호 식별.....	7
4.2 전자 장치 하드웨어.....	8
4.3 광학.....	10
<b>5 올바른 DLP® 디스플레이 칩셋 선택하기</b> .....	13
5.1 밝기.....	13
5.2 해상도.....	14
5.3 크기.....	14
<b>6 선택한 DLP® 디스플레이 칩셋 평가 방법</b> .....	15
<b>7 올바른 광학 엔진 선택하기</b> .....	16
7.1 광학 모듈 선택.....	16
7.2 광학 모듈 소싱.....	16
<b>8 DLP 제품 공급망</b> .....	17
<b>9 개발 및 제조</b> .....	17
9.1 전기적 고려 사항.....	17
9.2 소프트웨어 고려 사항.....	17
9.3 광학 고려 사항.....	17
9.4 기계적 고려 사항.....	17
9.5 열 고려 사항.....	18
9.6 제조 고려 사항.....	18
<b>10 온라인 리소스</b> .....	19
10.1 DLP 칩셋 정보.....	19
<b>11 보편적으로 사용되는 디스플레이 및 프로젝션 용어</b> .....	20
<b>12 참고 문헌</b> .....	22
<b>13 개정 내역</b> .....	23

## 그림

그림 3-1. DMD(디지털 마이크로미러 디바이스).....	6
그림 4-1. 일반적인 DLP 디스플레이 블록 다이어그램.....	7
그림 4-2. DLP .2 nHD (DLP2000) 칩셋 평가 모듈(EVM) 전자 장치.....	8
그림 4-3. 소형 기판 설계 예시.....	10
그림 4-4. DLP Pico .23 1080p(DLP230NP) 디스플레이 광학 엔진.....	11
그림 4-5. .2 WVGA (DLP2010) 광학 모듈 예.....	11
그림 5-1. 최소 목표 해상도.....	14
그림 6-1. .33 1080p(DLP3310) EVM PC 도구 DLP IntelliBright 알고리즘 화면.....	15
그림 11-1. 수직 키스톤 보정.....	20
그림 11-2. 영사된 이미지에 대한 오프셋 효과.....	21
그림 11-3. 투사 비율 다이어그램.....	21

## 표

표 1-1. 우선순위 부여 도움.....	3
표 2-1. DLP 프로젝션의 이점.....	4
표 2-2. DLP 기술의 이점.....	5
표 4-1. DLP 디스플레이 칩셋 명명법.....	7
표 4-2. 전자 장치 구성품.....	9
표 4-3. 광학 모듈 안에 들어 있는 광학 구성 요소들.....	12
표 5-1. 사용 가능한 리소스.....	13
표 7-1. 광학 모듈 사양표 예시.....	16
표 10-1. 사용 가능한 리소스.....	19
표 10-2. 인기 리소스.....	19
표 11-1. 보편적으로 사용되는 디스플레이 및 프로젝션 용어.....	20

## 상표

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

DLP® is a registered trademark of Texas Instruments.

모든 상표는 해당 소유권자의 자산입니다.

## 1 머리말

DLP® 디스플레이 제품은 다양한 기존 액세서리 프로젝터 및 새로 출시되는 디스플레이 장비에서 사용되고 있습니다. 여기에는 스마트폰과 태블릿의 내장 프로젝터, 대화형 서피스 컴퓨팅, 스크린리스 및 레이저 TV, 증강 현실 안경, 디지털 사이니지, 프로젝션 매핑, 대규모 장소 및 영화관 등이 포함됩니다. DLP 디스플레이 기술은 DLP Pico™ 칩셋과 DLP 표준 칩셋 등 2개 제품군으로 구성되어 있습니다. **DLP Pico 칩셋**은 다양한 디스플레이 목적으로 활용 가능하며, 사실상 울트라모바일 기기의 모든 표면에서 이미지를 만들어 낼 수 있습니다. 소형 고대비 저전력 디스플레이가 필요한 모든 애플리케이션에 잘 맞습니다. **DLP 표준 칩셋**을 이용하면 높은 밝기와 고해상도를 요구하는 시스템에 놀라운 이미지를 제공합니다.

이 문서를 쉽게 둘러보실 수 있도록 관심을 가지실 만한 섹션을 우선적으로 보실 수 있도록 **표 1-1**을(를) 제공해 드리고 있습니다.

**표 1-1. 우선순위 부여 도움**

내 직업은...	전기 엔지니어	광학 엔지니어	소프트웨어 엔지니어	시스템 엔지니어	포트폴리오 매니저
새로운 DLP 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>DLP 디스플레이 프로젝션의 이점</li> <li>DLP 기술이란?</li> </ul>				
DLP 칩셋 선택하기	<ul style="list-style-type: none"> <li>DLP 디스플레이 전자 장치 시스템이란?</li> <li>올바른 DLP 디스플레이 칩셋 선택 방법</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>디스플레이 광학 시스템이란?</li> <li>올바른 DLP 디스플레이 칩셋 선택 방법</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DLP 디스플레이 전자 장치 시스템이란?</li> <li>올바른 DLP 디스플레이 칩셋 선택 방법</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DLP 디스플레이 전자 장치 및 광학 시스템이란?</li> <li>올바른 DLP 디스플레이 칩셋 선택 방법</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>올바른 DLP 디스플레이 칩셋 선택 방법</li> </ul>
DLP 칩셋 평가하기	<ul style="list-style-type: none"> <li>칩셋 평가</li> </ul>				
개발 및 제조	<ul style="list-style-type: none"> <li>설계 및 제조</li> </ul>				

디스플레이 애플리케이션 개발과 함께 이동하는 경우, **표 1-1**의 내용을 참조하십시오. DLP Pico 기술에 대한 빠른 참조 가이드는 **DLP Pico 기술 시작하기**를 참조하십시오.

## 2 DLP 디스플레이 프로젝션의 이점

표 2-1은(는) 거의 모든 디스플레이 애플리케이션에서 DLP 프로젝션이 지원하는 주요 이점을 보여줍니다.

표 2-1. DLP 프로젝션의 이점

장점		설명
탁월한 이미지 품질		PMA Research에 따르면 전 세계 영화관 10곳 중 9곳에서 사용되고 있는 것과 동일한 디스플레이 기술을 바탕으로 한 DLP 칩셋은 높은 채도와 대비를 제공하는 디스플레이를 지원합니다. 디스플레이 시스템 성능은 광학 엔진에 따라 달라질 수 있습니다.
높은 명암비		DLP 기술의 반사 기술은 꺼진 미러가 프로젝션 광학에서 먼 쪽으로 빛을 반사하게 만들어 디스플레이 표면에 깊은 검정 픽셀을 생성하면서 높은 명암 대비를 만들어 냅니다.
자유 형태 디스플레이		프로젝션의 성격과 높은 명암비로 거의 모든 폼 팩터의 디스플레이를 만들 수 있습니다. 검정 픽셀은 디스플레이 표면에 표시되지 않습니다(따라서 해당 영역에는 투명 배경이 생깁니다).
거의 모든 표면에 디스플레이 가능		프로젝션은 거의 모든 표면에 디스플레이합니다. 정경을 통해 비정형 디스플레이 표면을 기하학적으로 보상할 수 있습니다.
작은 크기, 큰 이미지		DLP 기술 광학 아키텍처와 픽셀 설계로 표시되는 이미지 대비 극히 작은 폼 팩터로도 디스플레이 가능합니다.
필요할 시에만 보입니다		DLP 프로젝션 디스플레이는 필요에 따라 켜고 끌 수 있습니다. 전원을 끄면 디스플레이는 사라집니다.

DLP 제품 메시지 전송 및 아이콘 지침 문서를 통해 DLP 기술이 지원하는 기능을 홍보하는 방법에 대해 알아보실 수 있습니다(myTI 로그인 필요).

웹사이트 방문 시 애플리케이션별로 나열되는 DLP 기술의 이점이 표 2-2에 나와 있습니다.

**표 2-2. DLP 기술의 이점**

웹 사이트	애플리케이션 예시
<p>DLP Pico 칩셋용 애플리케이션</p>	<p>Pico 프로젝터, 엔터프라이즈 휴대용 프로젝터, 레이저 TV &lt;85", 스마트 홈 디스플레이, 산업용 디스플레이 (DLP 사이니지, 휴머노이드, 상업용 게이밍), 가상 현실/증강 현실용 안경, 스마트폰 및 태블릿(모바일 액세서리) 등 다양함.</p> 
<p>DLP 표준 칩셋 애플리케이션</p>	<p>레이저 TV &gt; 85", 스마트 프로젝터, 디지털 사이니지, 엔터프라이즈 프로젝터, 넓은 장소 및 영화관.</p> 

### 3 DLP 기술이란?

개발자가 **DLP**가 무엇의 약자인지 물어보는 경우가 종종 있습니다. 이 문자 조합에는 아무런 의미가 없습니다. DLP 기술은 DMD가 지원하는 기술의 등록 상표명입니다. 자세한 사항은 [텍사스 인스트루먼트 DLP® 브랜드 및 로고 지침](#)에서 확인하실 수 있습니다.

텍사스 인스트루먼트 DLP 기술은 DMD(디지털 마이크로미러 디바이스)를 사용해 빛을 변조하는 고속 스위칭 MEMS(초소형 전자 기계 시스템) 기술입니다. [그림 1-1](#). DMD는 다양한 해상도와 크기로 제공되며 8백만 개 이상의 마이크로미러를 포함할 수 있습니다. 각 마이크로미러는 디스플레이상에서 1개 또는 여러 개의 픽셀을 표시합니다. 마이크로미러는 개별적으로 제어되며, 순차적 컬러 조명에 동기화되어 어떤 표면에서나 환상적인 이미지를 연출합니다. 경우에 따라 DLP 칩의 속도, 독점 알고리즘 및 광학 엔진 내에 들어 있는 광학 액추에이터를 결합하면 픽셀 밀도가 증가하기 때문에 유효 픽셀 피치를 2.7 $\mu$ m, 4방향 액추에이터를 사용하면 5.4 $\mu$ m TRP 픽셀 노드까지 줄일 수 있습니다.

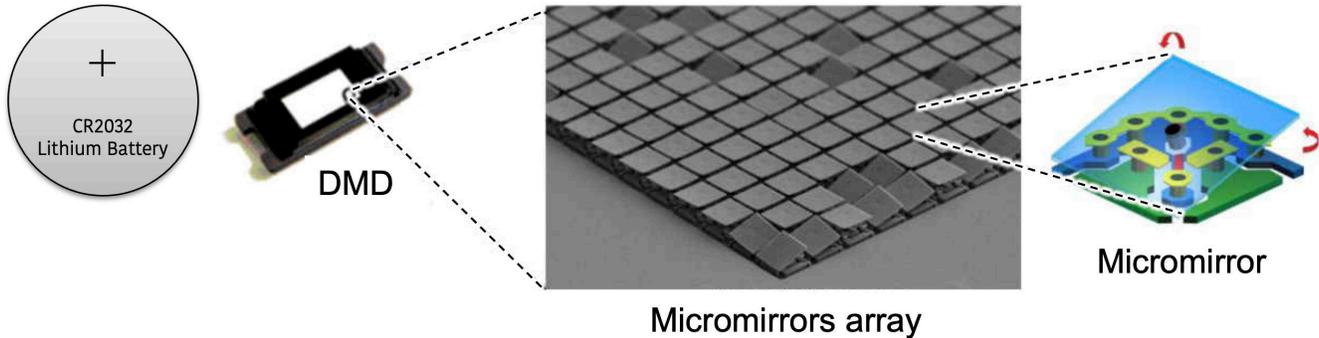


그림 3-1. DMD(디지털 마이크로미러 디바이스)

다음 [동영상](#)을 통해 DLP 기술이 환상적인 이미지를 만들어 내는 작동 원리를 확인해보세요.

## 4 DLP 디스플레이 시스템

디스플레이 시스템은 동영상 입력 신호로 시작해 환상적인 영상 이미지를 만들어 냅니다. 디스플레이 시스템이 작동하려면 세 가지 주요 구성 요소가 필요합니다. DMD, DLP 디스플레이 컨트롤러, 전원 관리 집적 회로(PMIC). 그림 1-1은(는) LED DLP 디스플레이 시스템의 일반적인 블록 다이어그램입니다. 또한 [여기를 클릭](#)하면 DLP 디스플레이 시스템의 블록 다이어그램을 자세히 설명하는 동영상을 보실 수 있습니다.

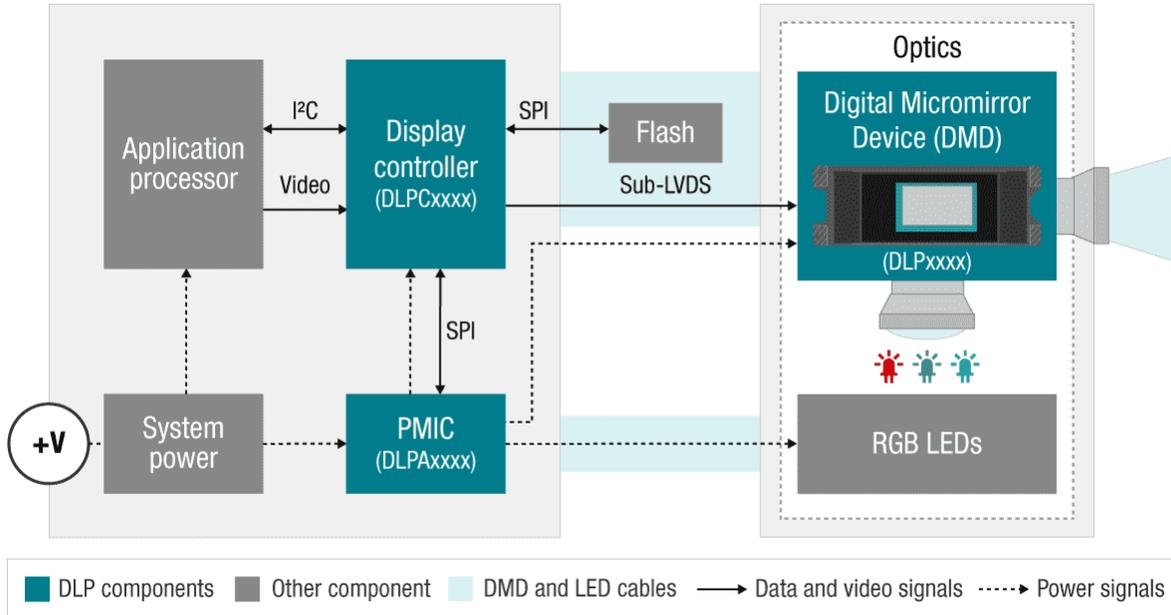


그림 4-1. 일반적인 DLP 디스플레이 블록 다이어그램

디스플레이 시스템에는 두 개의 주요 연결부, 전원과 데이터가 필요합니다. DLP PMIC에는 반드시 전원이 공급되어야 합니다. DLP 디스플레이 컨트롤러 칩에는 반드시 디지털 동영상 데이터(24비트 RGB, DSI 또는 Vx1 포함)가 공급되어야 합니다. HDMI 같은 외부 소스 입력을 받고 스트리밍 온라인 콘텐츠를 처리하는 미디어 프로세서는 DLP 디스플레이 컨트롤러로 디지털 동영상 데이터를 출력합니다. 또는 스마트폰이나 태블릿 같은 제품의 애플리케이션 프로세서에서도 디지털 동영상 데이터를 DLP 디스플레이 컨트롤러로 전송할 수 있습니다.

### 4.1 구성 부품 번호 식별

표 4-1에서는 DLP 디스플레이 칩셋의 부품 번호 명명법에 관한 종합적인 가이드라인을 제공합니다.

표 4-1. DLP 디스플레이 칩셋 명명법

부품	부품 번호 설명
DMD	DMD 파트 번호는 <b>DLP</b> 로 시작하고 그 뒤에 활성 어레이 대각선 길이(인치 단위)를 나타내는 숫자 두 자리가 나옵니다. 숫자는 각 구성품별로 다릅니다. 예: <b>DLP4710</b> , 대각선 길이가 .47인치인 DLP DMD
디스플레이 컨트롤러	DLP 디스플레이 컨트롤러는 <b>DLPC</b> 로 시작하고 각 구성품별로 다른 숫자가 나옵니다. 예: <b>DLPC3439</b> , DLP Pico .47 1080p 디스플레이 컨트롤러
PMIC	DLP PMIC 구성품은 <b>DLPA</b> 로 시작하고, 각 고유 구성품별로 다른 숫자가 나옵니다. 예: <b>DLPA2000</b> , LED 드라이브 전류를 200mA까지 지원하는 DLP Pico PMIC

디스플레이 시스템은 전자 장치와 광학 모듈 하드웨어로 나뉩니다.

## 4.2 전자 장치 하드웨어

디스플레이 시스템의 전자 장치 부분은 동영상 입력 신호(예: 12/16/18/24비트 RGB(적색, 녹색, 청색) 병렬, DSI, FPD 링크 또는 Vx1 인터페이스, 보통 애플리케이션 또는 미디어 프로세서에 의해 구동됨)에 의해 작동됩니다. 전자 장치 부분의 출력으로는 보통 LVDS(저전압 차동 신호) 또는 Sub-LVDS, 조명 드라이브 및 전력을 사용하여 DMD에 보내는 비디오 신호가 있습니다. [그림 1-1](#)은(는) 전자 장치 하드웨어의 예시입니다.

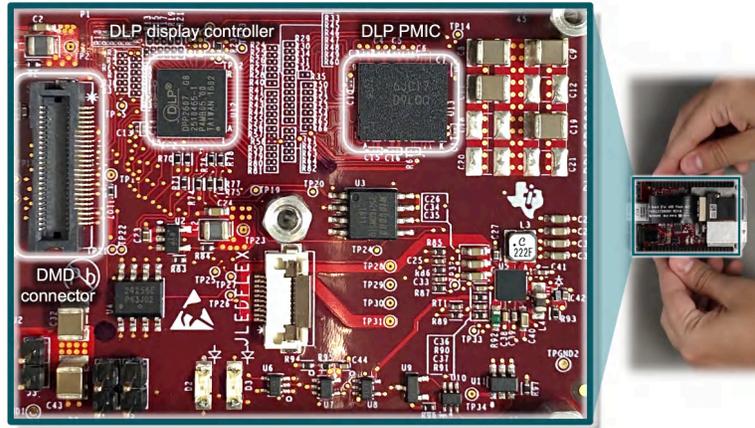


그림 4-2. DLP .2 nHD (DLP2000) 칩셋 평가 모듈(EVM) 전자 장치

표 4-2에는 디스플레이 시스템의 전자 장치 부분을 구성하는 구성품이 포함됩니다.

**표 4-2. 전자 장치 구성품**

부품	설명
애플리케이션 프로세서	애플리케이션 프로세서의 기능은 DLP 디스플레이 시스템과 I2C(통합 회로 간) 인터페이스로 비디오 신호를 전송하여 명령 및 제어 기능을 제공하는 것입니다. 동영상을 지원하는 프로세서라면 어느 프로세서나 이 작업을 처리할 수 있습니다.
디스플레이 컨트롤러	<p>DLP 디스플레이 컨트롤러는 DMD와 시스템 나머지 부분 사이의 디지털 인터페이스입니다. 컨트롤러는 애플리케이션 프로세서로부터 디지털 입력 신호를 받아 고속 인터페이스를 통해 DMD를 구동합니다. 또한 DLP 컨트롤러는 DMD에 이미지를 표시하는 데 필요한 신호(데이터, 프로토콜, 타이밍)를 생성합니다.</p> <p>각 디스플레이 컨트롤러에는 그 컨트롤러가 지원하는 동영상 처리 기능을 자세히 설명하는 소프트웨어 사용자 가이드가 포함되어 있으며, 처리 기능은 선택한 DLP 칩셋마다 다릅니다. 47 1080p DLP Pico 칩셋(DLP4710)에 대한 소프트웨어 프로그램머 가이드 예제를 보려면 <a href="#">DLPC3439 소프트웨어 프로그래머 가이드</a>를 참조하십시오.</p> <p><b>비디오 신호 입력</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>동영상 인터페이스.</b> DLP 디스플레이 컨트롤러는 다양한 동영상 인터페이스 입력 신호를 지원할 수 있습니다. DLP 포트폴리오 전체에 걸쳐 8/16/18/24비트 RGB 병렬 인터페이스가 가장 흔히 사용됩니다. 경우에 따라 휴대성이 뛰어난 내장형 애플리케이션 용도로 DSI를 지원하고 4K 해상도용으로 Vx1를 지원하기도 합니다. 또한 동영상 인터페이스 입력을 FPGA(Field Programmable Gate Array)에서 받는 경우도 있습니다</li> </ul> <p>(그럴 경우 FPD-Link를 지원할 수 있습니다).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>디스플레이 컨트롤러를 명령 및 제어하는 데는 <b>I2C</b>를 사용하며, 보통 애플리케이션 프로세서에서 연결됩니다</li> <li>디스플레이 시스템의 전원 켜기/끄기/재설정할 때는 <b>PROJ_ON</b> 신호를 사용합니다</li> </ul> <p><b>DMD 신호 출력</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>DMD 동영상 인터페이스.</b> 칩셋에 따라 디스플레이 컨트롤러는 보통 Sub-LVDS 또는 LVDS 신호를 DMD로 출력합니다.</li> <li><b>SPI(직렬 주변기기 인터페이스).</b> DLP PMIC(지원되는 경우)와의 통신을 명령 및 제어합니다</li> </ul> <p>디스플레이 컨트롤러는 데이터 압축을 포함해 표시되는 이미지의 품질을 최적화하는 이미지 처리를 지원합니다. DLP 조명 제어 칩셋은 정밀한 픽셀 대 픽셀 간 매핑이 필요한 경우 사용해야 합니다(보통 구조화된 조명 애플리케이션에서 사용됩니다. 자세한 사항은 <a href="#">여기</a>를 참조).</p> <p>칩셋에 따른 이미지 프로세싱 기능에는 <a href="#">DLPC343x 컨트롤러용 TI DLP® IntelliBright™ 알고리즘</a>, DLP BrilliantColor™ 기술, <a href="#">이미지 키스톤 보정</a>, 와핑, 혼합, 프레임 속도 변환, 3D 디스플레이 통합 지원 등이 포함될 수 있습니다.</p> <p>시스템에 따라 입력 데이터를 DMD로 전송하기 전에 포맷하기 위해 듀얼 컨트롤러를 요하는 경우도 있습니다. 신뢰도 높은 작동을 보장하기 위해서는 시스템 설계에서 DMD와 적절한 컨트롤러를 함께 사용하도록 해야 합니다.</p>
FPGA	<p>칩셋 중에는 단일 DMD 마이크로미터에서 화면에 2개 또는 4개의 픽셀 이미지를 만드는 기술을 포함하고 있는 경우가 있습니다. 이 기술은 광학 액추에이터와 독점 이미지 처리 기술을 결합해 만든 것입니다. 액추에이터는 DMD와 영사 렌즈 사이의 광 경로에 위치한 광기계 요소로, 영상 광선의 방향을 살짝 바꿔놓을 수 있습니다. 2 방향 액추에이터는 광선을 2개의 각기 다른 방향으로 보낼 수 있으며, 4방향 액추에이터는 광선을 4개의 각기 다른 방향으로 보낼 수 있습니다. 독점 이미지 처리는 (고객 애플리케이션 프로세서에서) 이미지 데이터를 2개 또는 4개의 데이터 서브 프레임으로 변환합니다. 그런 다음 이러한 데이터 서브 프레임은 액추에이터의 방향 상태에 동기화되어 DMD에 표시됩니다. 이 기술을 포함하는 칩셋의 경우 고객 애플리케이션 프로세서와 DLP 컨트롤러 사이의 데이터 경로 상에 위치한 FPGA에서 이미지 처리가 이루어집니다. 이 FPGA는 DLP 컨트롤러와 동일한 방식으로 데이터를 수신하고 서브 프레임 데이터와 액추에이터 제어 신호를 모두 생성하도록 설계되어 있습니다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>애플리케이션 프로세서에서 <b>동영상 인터페이스 입력</b>. 일반적으로 RGB 병렬, 평면 패널 디스플레이 링크(FPD-Link) 또는 Vx1 인터페이스.</li> <li>디스플레이 컨트롤러(들)에 연결된 <b>동영상 인터페이스 출력 및 I2C</b>.</li> <li>동영상 서브 프레임과 동기 발생적으로 액추에이터 파형을 구동하는 역할을 맡고 있는 <b>액추에이터 출력 드라이브 데이터</b> (DAC_DATA 및 DAC_CLK).</li> </ul>
PMIC, LED 드라이브 및 모터 드라이버	<p>대부분의 경우 DLP PMIC는 DLP 디스플레이 컨트롤러, DMD 및 LED 조명 구성 요소에 입력 전원을 제공하는 역할을 합니다. PMIC는 DLP 칩셋과 관련된 핵심 전압을 공급하고 올바른 작동을 보장하기 위해 DMD를 부드럽게 전원 시퀀싱하는 일을 담당합니다.</p> <p>또한 그 외 모니터링 및 보호 기능과 이미지 컬러 콘텐츠 기반의 동적 LED 제어를 제공합니다(예를 들어 <a href="#">DLPC343x 컨트롤러용 TI DLP® IntelliBright™ 알고리즘</a>). 소형 IC 내에 전원 공급과 LED 드라이버 회로를 결합함으로써 소형 전자 장치 설계를 가능하게 만들 뿐 아니라 제품 설계 주기 시간도 단축합니다.</p> <p>컬러 휠이 포함된 시스템에는 모터 드라이버도 필요합니다. 이 기능은 인광 레이저 조명 기반 애플리케이션 뿐 아니라 고객이 설계한 주변 기기에 대해 스위칭 레귤레이터와 조정식 선형 레귤레이터에 대한 컬러 휠 모터 드라이브 제어를 제공합니다. 컬러 휠에 대한 모터 드라이버 또는 컨트롤러인 3상 BEMF(역기전력) 1개와 팬 드라이버 1개를 제공하여 2개의 주변 장치를 지원합니다.</p>
플래시 메모리	애플리케이션별 구성은 플래시 메모리에 저장됩니다. 이 구성 요소는 보통 전자 장치 보드 또는 DMD 플렉스 케이블 위에 배치합니다.

DLP Pico DMD에 들어 있는 DLP 디스플레이 컨트롤러와 PMIC는 매우 작아 초소형 디스플레이 제품을 지원합니다. [그림 1-1](#)에서는 .2 WVGA(DLP2010) DMD를 구동하는 DLPA2000 PMIC와 DLPC3430 컨트롤러 장치의 샘플 PCB(인쇄회로 기판) 설계(추정) 양쪽 면을 볼 수 있습니다.

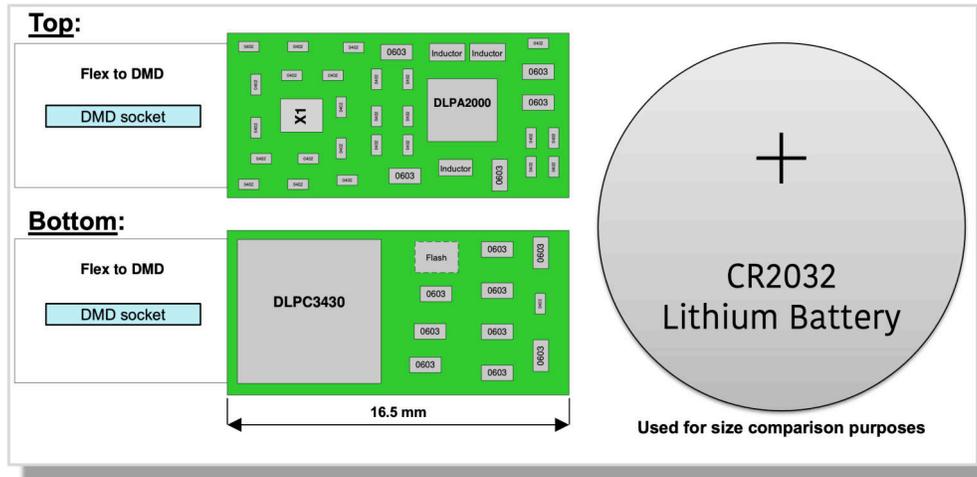


그림 4-3. 소형 기판 설계 예시

### 4.3 광학

DMD는 그 관련 전자 장치, 조명원, 광학 요소 및 필요한 기계적 구성 요소와 함께 광학 모듈 또는 조명 엔진이라고 하는 컴팩트한 고내구성 조립물에 결합됩니다([그림 1-1](#)). 광학 모듈은 시스템의 핵심 디스플레이 구성 요소입니다. 광학 모듈은 애플리케이션과 요구 사항에 따라 다양한 크기로 만들어질 수 있습니다. 보통 휘도가 더 높을수록 조명원과 광학, DMD, 그리고 히트싱크나 팬과 같은 열 관리 구성 요소가 사용되기 때문에 광학 모듈의 크기는 더 커집니다.

디스플레이 하드웨어 시스템의 광학부는 영사 이미지를 생성하는 데 필요한 모든 구성 요소가 들어 있는 광학 모듈 안으로 전자 신호가 입력되면서 작동을 시작합니다. 광학 모듈에 관한 종합적인 내용은 DLP Pico 칩셋의 경우 [여기](#), DLP 표준 칩셋의 경우 [여기](#)에서 확인할 수 있습니다.

DMD는 플렉스 케이블이나 보드-보드 커넥터로 DLP Pico 컨트롤러에 연결됩니다. 광학 모듈의 LED는 DLP PMIC에 전선으로 연결됩니다(LED 드라이버). 시스템 보드, 팬, 히트싱크, 기계 부품, 스위치 및 그 외 부품들은 조립을 거쳐 광학 모듈을 둘러싸고 있는 컴팩트한 다기능 최종 제품 안에 들어갑니다.

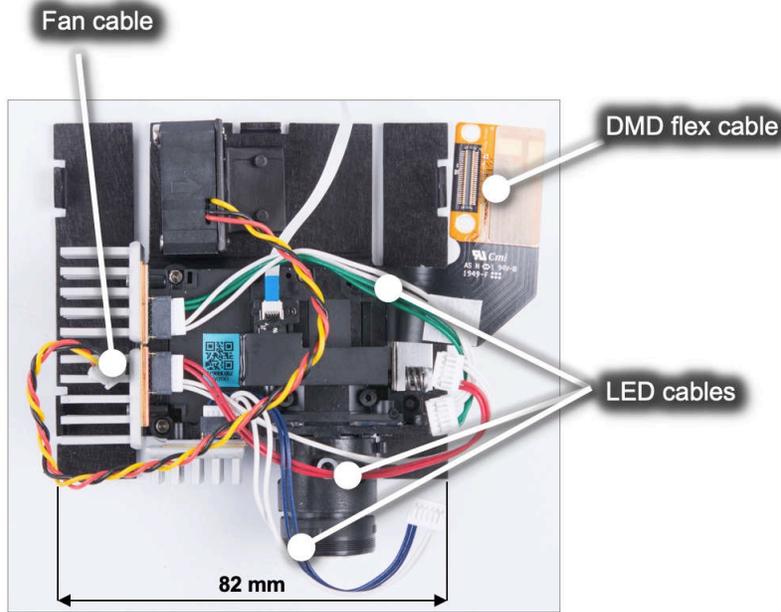


그림 4-4. DLP Pico .23 1080p(DLP230NP) 디스플레이 광학 엔진

그림 1-1에는 광학 모듈에 들어갈 수 있는 광학 구성 요소들이 나와 있습니다. [여기](#)를 클릭하면 샘플 광학 모듈 참조 설계 동영상을 확인할 수 있습니다(.23 qHD DMD; DLP230GP). 광학 모듈의 세부 사항은 양산형 광학 엔진을 소싱하려는 회사에는 해당되지 않을 수 있습니다. 광학 모듈 사양을 지정하는 방법을 자세히 다루는 애플리케이션 노트를 읽으려면 [TI DLP® Pico™ 시스템 설계: 광학 모듈 사양](#)을 참조하십시오. 또한 [여기](#)를 클릭하면 구입 가능한 양산형 광학 모듈을 검색할 수 있습니다. 그림 1-1은 [DLP2010 DMD 광학 엔진 레퍼런스 설계](#)의 광학 모듈 설계 예를 보여줍니다.

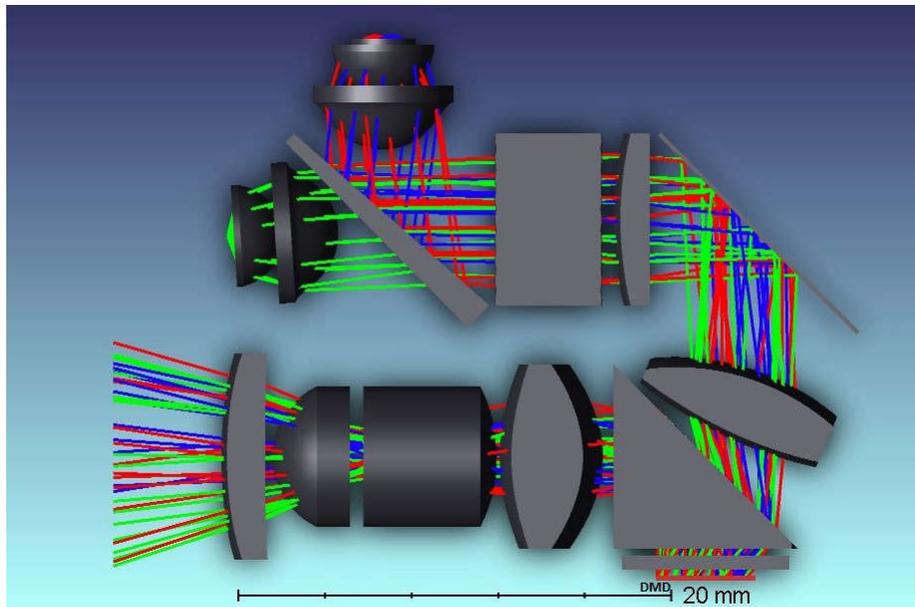


그림 4-5. .2 WVGA (DLP2010) 광학 모듈 예

**표 4-3. 광학 모듈 안에 들어 있는 광학 구성 요소들**

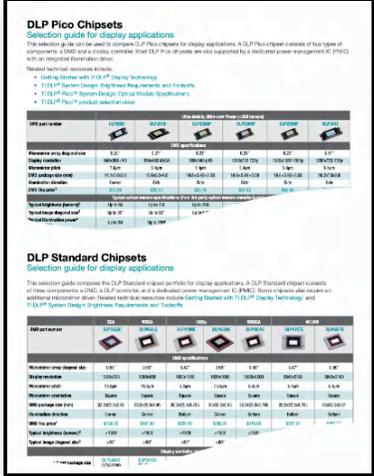
구성 요소	설명
DMD	<p>디지털 마이크로미터 장치 안에는 조명원과 함께 영사 이미지를 만들어내는 색평면 생성을 가능하게 하는 활성 디지털 마이크로미터 어레이가 들어 있습니다. 각 DMD는 다음과 같은 고유 특성을 가지고 있습니다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>활성 어레이:</b> 이미저의 대각선 길이와 이미저상의 픽셀 개수를 포함합니다</li> <li>• <b>픽셀 아키텍처:</b> (a) 평평한 면 대비 기울어진 각도 - 12°, 더 최근에는 17° 마이크로미터 기울기 포함, (b) 마이크로미터의 형태 - 직교배열 및 마름모꼴 픽셀 포함, (c) 픽셀 피치 - 7.6<math>\mu</math>m 또는 5.4<math>\mu</math>m, (d) 조명 방향 - 측면, 하단 및 코너 조명 포함하고 있습니다.</li> <li>• <b>동영상 인터페이스:</b> 칩셋에 따라 디스플레이 컨트롤러가 제공하는 신호가 sub-LVDS 또는 LVDS 인터페이스를 포함해 활성 어레이를 업데이트하는 데 필요한 동영상 데이터 입력값을 제공합니다.</li> </ul>
DMD 장착 메커니즘	DMD를 장착하는 데에는 다음과 같은 요소가 필요합니다. (a) 애플리케이션의 광학 축을 기준으로 DMD 활성 어레이를 적절히 배치, (b) DMD 및 광학 어셈블리 샤프트 사이에 먼지 방지 밀봉, (c) 확실한 전기적 연결, (d) 적절한 열 관리. 다양한 DLP 칩셋의 장착 개념에 대한 자세한 내용은 <a href="#">DLP® 고급 조명 제어 DMD에 대한 하드웨어 장착 및 빠른 참조 가이드</a> 를 참조하십시오.
DMD 플렉스 케이블	DMD와 디스플레이 컨트롤러 사이에 전기 신호를 전달하는 데 사용되는 케이블.
조명원 (컬러 메커니즘)	<p>DLP 기술은 모든 종류의 조명원에 사용 가능합니다. 현재 널리 사용되고 있는 조명원은 RGB LED와 레이저 인광체입니다.</p> <p><b>RGB LED 조명.</b> 이 조명 방식은 단일 색평면 재생율로 표시되는 적색, 녹색, 청색 LED를 사용합니다. 때에 따라 휘도를 높이기 위해 네 번째 LED를 사용하는 경우도 있는데, 이 경우 휘도가 높아지면서 전력 효율은 크게 감소합니다. 3채널 아키텍처는 20 루멘/와트(lm/W) 이상의 휘도 효율을 지원할 수 있는 반면, 4채널 아키텍처의 경우 지원할 수 있는 휘도 효율이 10 lm/W 미만으로 떨어집니다.</p> <p><b>레이저 인광체 조명.</b> 이 조명 방식에서는 RGB 광원을 제공하기 위해 1개 내지 2개의 인광체 컬러 휠과 함께 분산된 단일 청색 레이저 소스를 사용합니다. 경우에 따라 컬러 성능을 높이기 위해 적색 또는 녹색 채널을 추가하기도 합니다.</p> <p><b>RGB 레이저 조명.</b> 적색, 녹색 및 청색 레이저 광원을 사용하는 조명 방식입니다. 필수 사항은 아니지만 보통 이 방식에서는 이미지 품질을 향상시키기 위해 디스펙클러(de-speckler) 광학 요소를 사용합니다.</p>
광학 액추에이터 (필요한 경우)	<p>DMD는 속도가 빨라 광학 액추에이터를 사용할 수 있습니다. TI 규격을 충족하는 2방향 및 4방향 액추에이터를 사용해 5.4<math>\mu</math>m 픽셀 노드의 광학적 강점을 유지하면서 화면상 해상도를 높입니다.</p> <p><b>2방향 액추에이터:</b> DLP Pico .33 1080p(<a href="#">DLP3310</a>) 같은 제품에서는 DMD 활성 어레이의 화면상 해상도를 2배로 늘리기 위해 2방향 액추에이터를 사용합니다.</p> <p><b>4방향 액추에이터:</b> DLP 표준 .47 4K(<a href="#">DLP471TE</a>) 같은 제품에서는 DMD 활성 어레이의 화면상 해상도를 4배로 늘리기 위해 4방향 액추에이터를 사용합니다.</p>
균일화기	균일화기의 기능은 광원의 강도 프로필을 보다 균일하게 만드는 것입니다. 보통 이 용도로 사용할 경우 파리 눈 어레이나 빛 터널을 사용합니다. 광학 요소는 조명원과 DMD 사이에 위치시킵니다.
프로젝션 렌즈	프로젝션 렌즈는 DMD에서 디스플레이 표면으로 들어오는 이미지를 확대하는 것입니다. 또한 프로젝션 렌즈와 디스플레이 표면 간 거리를 표시된 이미지의 너비로 나눈 값으로 정의되는 <b>투사 비율</b> 을 결정하는 역할도 합니다. 또한 디스플레이 표면 대비 프로젝션 렌즈의 <b>이미지 오프셋</b> 도 결정합니다. 이 <b>동영상</b> 에서 투사 비율과 이미지 오프셋에 대해 자세히 알아보세요.
조명 프로젝션 인터페이스	DMD와 프로젝션 광학 요소 사이의 인터페이스를 담당하는 광학 요소입니다. 필드 렌즈, 비 텔리센트릭, TIR(전반사) 프리즘 및 역 TIR(RTIR) 프리즘 등의 선택 사항이 있습니다.
열 관리	광학 모듈이 올바르게 작동하도록 하려면 DMD와 조명원의 열 관리를 고려하는 것이 중요합니다. 이 <b>동영상</b> 에서 초소형 프로젝션 기반 스마트 디스플레이에 대한 혁신적인 열 관리 방법의 예시를 확인해 보세요.

이 **동영상**을 통해 투사 비율의 정의, 오프셋의 정의, 텔리센트릭 및 비 텔리센트릭 아키텍처 비교 등, 흔히 사용되는 프로젝션 렌즈 사양에 관한 자세한 사항을 알아보세요.

## 5 올바른 DLP® 디스플레이 칩셋 선택하기

용도에 맞는 올바른 칩셋을 선택할 때는 몇 가지 고려해야 할 사항이 있습니다. 표 5-1에 보이는 것과 같이 제공되는 리소스를 활용해 더 빠르게 칩셋을 선택할 수 있습니다.

표 5-1. 사용 가능한 리소스

리소스	예
현재 시판되고 있는 모든 DLP 디스플레이 칩셋을 비교하려면 <b>텍사스 인스트루먼트 DLP® 디스플레이 및 프로젝션 칩셋 선택 가이드</b> 를 참조하십시오.	
내 애플리케이션에 맞는 올바른 칩셋을 선택할 수 있는 방법에 대해 전반적으로 이해하는데 도움을 주는 <b>동영상</b> 을 시청해보세요.	<p><b>TI DLP® Pico™ product selection training</b></p> 

다음은 내 디스플레이 애플리케이션에 필요한 DLP 칩셋을 선택하는 데 유용한 수식어들이입니다.

**포트폴리오 개요:** DLP 디스플레이 제품은 50 lm을 지원하는 nHD 해상도부터 10,000 lm 이상을 지원하는 4K 해상도까지 다양합니다. 제품은 일반적으로 두 가지 그룹으로 나뉩니다.

- **DLP 표준 칩셋.** .55 XGA(DLP550JE) 해상도부터 0.66 4K UHD(DLP660TE) 해상도까지 다양한 해상도와 높은 밝기 요구 사항을 가진 대형 디스플레이에 가장 적합한 제품군입니다. 이 칩셋들은 ECD(Enterprise and Cinema Display, 엔터프라이즈 및 영화관 디스플레이)라고도 합니다.
- **DLP Pico 칩셋.** 0.16 인치부터 0.47 인치의 미러 어레이를 가진 DLP Pico 제품들은 소형 애플리케이션을 위해 설계되었습니다. QnHD(DLP160AP)에서 4K UHD(DLP472TP) 해상도에 이르기까지, DLP 마이크로디스플레이는 다채로운 색상과 생동적인 이미지를 거의 모든 표면에 구현할 수 있습니다.

### 5.1 밝기

밝기 요구 사항(루멘 단위로 표시)은 이미지 크기, 주변 조명 및 니트(nit) 등 다양한 요인에 따라 달라질 수 있습니다. 밝기 요구 사항은 DMD 활성 어레이의 대각선 길이에 영향을 미칩니다. **DLPC343x 컨트롤러용 TIDLP® IntelliBright™ 알고리즘**을 읽거나 이 **비디오**를 시청하여 애플리케이션에 적합한 밝기 수준을 선택하는 방법에 대해 자세히 알아볼 수 있습니다.

- **밝기 vs. 전력 소비.** 일반적으로 프로젝션 모듈이 더 밝을수록 전력 소비량이 더 많습니다(주로 조명 전력 소비가 원인). 내장형 애플리케이션의 경우, 목표 전력은 대개 1~2 W이며, 액세서리 프로젝터의 경우 몇 와트부터 수십 와트까지 다양합니다. LED 조명원의 경우, 효율성이 보통 선형적이지 않으며, 따라서 **LED 전력 공급량을 2배로 늘리더라도 밝기는 2배로 늘어나지 않습니다.** 밝기와 전력 소비량 사이에 적절한 균형점을 찾는 것이 중요합니다.
- **밝기 vs. 크기.** 광학 모듈은 내장형 스마트폰 또는 태블릿 애플리케이션의 몇 입방센티미터부터 고휘도 액세서리 프로젝터의 수백 입방센티미터까지 그 크기가 매우 다양합니다. 보통 휘도가 더 높은 프로젝션 모듈이 크기도 더 큼니다. 더 높은 휘

도를 구현하고자 하는 경우 더 큰 조명원, 광학 및 DLP DMD을 사용할 수 있습니다. 조명원이 공급하는 전력과 거기서 발생하는 열로 인해 휘도가 높아집니다. 히트싱크나 환풍기가 필요한 경우 열 발산 요구 사항으로 인해 크기가 더 커집니다. 작은 저전력 DLP Pico 시스템의 크기는 주로 광학 모듈의 크기에 따라 결정되는 반면, 더 크고 더 밝은 DLP 디스플레이 시스템의 크기는 광학 모듈 크기 뿐 아니라 열 솔루션의 크기에 따라서도 결정됩니다.

### 5.2 해상도

애플리케이션에 따라 디스플레이상에 양질의 이미지 품질을 구현하려면 최소한의 해상도가 필요합니다. **그림 1-1**을(를) 보면 시야 거리, 이미지 크기 및 콘텐츠 유형에 따라 어느 정도의 해상도가 필요한지 알 수 있습니다.

Image Diagonal (inches)	Minimum Required Resolution (horizontal pixels)		
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
<b>Image Quality</b>	<b>Good</b>	<b>Better</b>	<b>Best</b>

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)

그림 5-1. 최소 목표 해상도

### 5.3 크기

최종 제품 크기 요구 사항이 너무 까다로울 수도 있습니다. 제품의 전체적인 물리적 크기를 결정하는 광학 모듈의 크기는 다음과 같은 몇 가지 사항에서 결정됩니다.

1. 앞서 언급한 밝기 수준
2. 조명원
3. **f 값**: 광학 시스템 초점 거리를 입사동(유효 구경)의 지름으로 나눈 값
4. **투사 비율 또는 배율**: 투사 비율이 짧을수록 렌즈나 미러 같은 광학 구성 요소들이 더 커지기 때문에 광학 모듈도 더 커집니다
5. 열 관리

## 6 선택한 DLP® 디스플레이 칩셋 평가 방법

내 애플리케이션에 맞는 칩셋을 선택하고 나면 DLP 디스플레이 LightCrafter™ 평가 모듈(EVM)을 구입할 수 있습니다. EVM에는 칩셋과 밝기 수준 선택, 소프트웨어 구성 설정을 최종 완료하는 데 유용한 몇 가지 주요 기능들이 있습니다.

- **이미지 품질 평가.** 지정된 밝기 수준에서 광학 모듈을 제공하는 도구입니다. 시판 중인 프로젝터들 중에는 특정한 밝기를 광고하는 제품들이 있습니다. 반드시 개별 프로젝터의 밝기를 측정해 제품의 밝기를 검증해야 합니다.
- **칩셋 소프트웨어 매개 변수 수정.** EVM은 대부분 PC Windows 소프트웨어 패키지와 함께 사용해 테스트 패턴/이미지, 색 온도, 키스톤, DLP IntelliBright™ 알고리즘 및 RGB LED 현재 수정 사항 등 디스플레이 설정을 변경할 수 있습니다. 또한 PC 도구를 사용해 EVM 펌웨어를 업데이트할 수도 있습니다.

그림 1-1은 화면 캡처 예시를 보여줍니다.

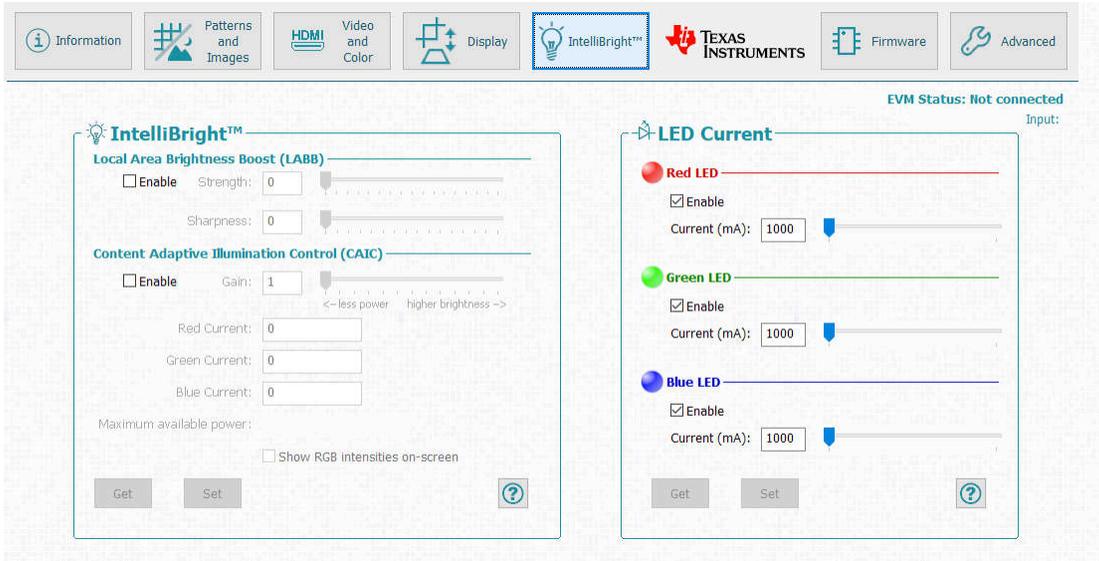


그림 6-1. .33 1080p(DLP3310) EVM PC 도구 DLP IntelliBright 알고리즘 화면

간혹 PC 소프트웨어를 사용하는 대신 EVM을 SBC(단일 보드 컴퓨터)에 연결해 디스플레이를 사용자 설정할 수 있는 경우도 있습니다. .2nHD(DLP2000) 및 .23 1080p(DLP230NP) DLP Pico 칩셋의 경우가 여기에 해당됩니다.

- **I2C 통신.** I2C는 항상 칩셋에 명령을 전달/제어해 칩셋의 소프트웨어 사용자 가이드에 나와 있는 다양한 소프트웨어 기능을 활성화하는 데 사용됩니다. I2C 통신은 모든 EVM과 직접 실행할 수 있습니다. 하지만 그렇게 하는 데 필요한 요구 사항은 EVM별로 다릅니다.
- **DLP Pico 펌웨어 선택기.** DLP Pico 제품의 경우 칩셋, PMIC, 디스플레이 컨트롤러 핀 매핑 및 애플리케이션 프로필에 따라 달라지는 폭넓은 펌웨어 옵션을 **다운로드**할 수 있습니다.
- **광학 모듈 옵션.** 다양한 수준의 밝기, 투사 비율 및 광학 설계 등, 특정 칩셋에 대한 다양한 광학 모듈 선택 사항을 살펴볼 수 있습니다. 당사의 **광학 모듈 검색 도구**를 이용하면 현재 시판되고 있는 다양한 광학 모듈 중에서 선택할 수 있습니다. 모듈에 관한 자세한 사항은 광학 모듈 제조사에 문의하시기 바랍니다. 프로덕션 광학 모듈을 DLP EVM에 직접 연결할 수 있는 경우는 드뭅니다. 광학 모듈 제조사에서 자체 평가 도구를 제공하거나 TI EVM을 연결하는 방법을 안내해 드려야 할 수 있습니다. EVM은 특정 LED 전류 드라이브에 대한 정격 조정되어 나오며, 원하는 광학 모듈과 매칭시켜야 한다는 점을 참고하십시오.

## 7 올바른 광학 엔진 선택하기

### 7.1 광학 모듈 선택

광범위한 광학 모듈 중에서 원하는 모듈을 선택할 수 있습니다. 정확히 어떤 사양의 광학 모듈이 필요한지를 파악하는 것이 중요합니다. **TI DLP® Pico™ 시스템 설계: 광학 모듈 사양**을 읽고 광학 모듈 사양 및 기타 관련 시스템 설계 고려 사항을 이해할 수 있습니다. 내게 필요한 광학 모듈 사양을 파악하고 나면 그 사양을 문서화해 광학 모듈 제조사 후보군에 전달합니다. 아래 예시에서 사용된 용어들은 모두 애플리케이션 노트에 자세히 설명되어 있습니다.

**표 7-1. 광학 모듈 사양표 예시**

사양	우선 순위	목표	TMU 최소/최대	예
<b>애플리케이션과 필수 광학 모듈 사양/기능 요소를 개괄적으로 설명합니다.</b>				
설명				
밝기(루멘)				30 루멘 초과
해상도(가로 x 세로 y 픽셀 수)				854 × 480
크기(x-y-z 치수, 단위: mm) - 특정 치수에 우선 순위가 있는 경우 그렇게 기재합니다				25mm × 25mm × 6mm (두께 최소화)
소비 전력(일반)				< 1.5 W
투사 비율				1.0 ~ 1.5
오프셋(보통 0% 또는 100~120%)				100%
<b>AC 사양</b>				
밝기 균일성				> 70%
대비율(완전히 켜짐, 완전히 꺼짐)				> 500:1
대비율(바둑판)				> 200:1
광학 줌(필수 항목 또는 필수 항목 아님으로 기재)				필수 항목 아님
긴 초점 심도(필수 항목 또는 필수 항목 아님으로 기재)				필수 항목 아님
초점 방식(예: 수동, 전동, 자동초점)				전동

### 7.2 광학 모듈 소싱

광학 모듈을 소싱하는 데에는 몇 가지 방법이 있습니다. 가장 빠른 방법은 광학 모듈 제조사로부터 이미 양산 중인 광학 모듈을 소싱하는 것입니다. 경우에 따라 광학 모듈을 일부 변경하고자 할 수도 있습니다. 그런 경우, 광학 모듈 제조사와 협의해 카탈로그 광학 모듈을 사용자 정의함으로써 요구 사항을 충족할 수 있습니다. 광학 모듈 제조사 입장에서는 광학 구성 요소를 공구 작업해야 할 수 있기 때문에 상업 약관 계약이 필요할 수 있습니다. 광학 분야 전문성을 보유하고 계신 기업이라면 광학 모듈을 직접 설계하고 제조해 줄 업체를 찾거나 사내에서 직접 제조하실 수 있습니다. 또한, 대신 광학 모듈 설계를 맡아 줄 외부 광학 엔진 설계업체와 계약해 설계하고 그 설계업체에 제조를 맡기거나 광학 모듈 제조사에 제조를 의뢰할 수도 있습니다.

경우에 따라 DMD에 그 특정 칩셋에 대한 요구 사항을 이해하는 데 도움이 되는 광학 모듈 설계 가이드가 포함되어 있는 경우도 있습니다.

## 8 DLP 제품 공급망

하드웨어 전자제품 및 광학 사업부와 일관성을 갖도록 다음 공급망 계약 방식을 적용하는 것이 보편적입니다.

- 텍사스 인스트루먼트는 DLP 칩셋(DMD, 컨트롤러 및 PMIC)을 설계 및 공급합니다.
- **OMM(광학 모듈 제조사)**는 광학 시스템을 설계하고 DMD, 조명원, 플렉스 케이블 및 히트 싱크(일부의 경우) 등 전체 광학 하우징을 공급합니다.
- **SI(시스템 통합업체)**는 전자 장치 및 케이싱을 설계하고 광학 모듈 및 DLP 칩셋을 포함한 완제품을 공급합니다.

경우에 따라 SI가 광학 모듈을 설계 및 공급하는 경우도 있습니다.

## 9 개발 및 제조

당사 전문가들이 만든 디스플레이 애플리케이션의 개발 및 램프업 진행 과정에서 유용하게 사용할 수 있는 목록입니다.

### 9.1 전기적 고려 사항

- 권장 작동 조건을 초과하지 마십시오
- DLP Composer™ 소프트웨어를 사용해 제품에서 필요할 것과 유사한 펌웨어 빌드 샘플을 생성하는 방법으로 플래시 장치 메모리 크기를 선택합니다.
- 필요한 LED 전압과 전류를 기준으로 제품 용도에 가장 적합한 DLP PMIC를 선택합니다.
- 관련 사용자 가이드와 전기 애플리케이션 노트를 빠짐없이 읽고 해당 DLP 칩셋과 관련된 가이드에 따라 진행합니다.
- DLP 칩셋을 사용해 PCB를 설계할 때는 TI 레퍼런스 회로도 및 레이아웃 지침을 사용합니다.

### 9.2 소프트웨어 고려 사항

- DLP Composer 소프트웨어를 사용해 제품의 필요에 맞게 플래시 드라이브에 저장되어 있는 DLP 칩셋 펌웨어를 구성합니다.
- DLP 칩셋의 소프트웨어 프로그래머 가이드를 활용해 DLP 칩셋을 제어하기 위해 입력할 수 있는 I2C(또는 USB) 명령어를 익힙니다.
- 대부분의 DLP 디스플레이 컨트롤러에 포함되어 있는 다음 이미지 조작 기능을 구현하는 것을 고려해 보세요.
  - 보기 표면과 수직 정렬되어 있지 않은 프로젝션 엔진에서 이미지 기하를 수직 보상하는 1D 키스톤 보정.
  - 같은 전력량으로 밝기를 50% 증가시키거나 밝기 감소 없이 전력 소비량을 50% 감소시켜 주는 DLPC343x 시리즈의 **CAIC** 및 **LABB**용 DLP IntelliBright™ 알고리즘.
  - 불규칙한 보기 표면상의 이미지를 보정하고 대비율 기능을 향상시키는 DLPC654x 및 DLPC754x 시리즈용 와핑(warping) 및 DynamicBlack.

### 9.3 광학 고려 사항

- 조명 오버필(overflow)을 최소화해 DMD의 열 부하를 감소시키고 빛 출력을 최대화합니다.
- 열 또는 광학적 문제로 인해 발생하는 꺼진 상태 조명을 제거하거나 최소화하려면 광 흡수제가 필요할 수 있습니다.
- 대비를 위해 조명과 프로젝션 전구의 동 분리를 유지함으로써 꺼진 상태의 조명을 적절하게 프로젝션 광학과 별개로 관리합니다. 이는 DMD 픽셀 아키텍처, 조명 각도 및 F/#에 따라 결정됩니다.
- TIR 또는 역 TIR 프리즘은 텔레센트릭 시스템에서 조명과 프로젝션을 분리하는 데 효과적입니다. 적절한 광경로 전송을 위해서는 굴절률과 광선각에 신경 써야 합니다.
- 비 텔레센트릭 시스템의 경우 광학 광선각이 DMD 최대 광선각을 초과하지 않도록 주의합니다. 높은 입사각에서는 DMD 원도위의 전송이 감소하지만 DMD 패키지 구경 내에서 빛이 비네팅할 수 있습니다. 그 결과 이미지의 균일도가 저하될 수 있습니다.
- 밝기 수준에 따라 유리 vs. 플라스틱의 경우처럼 사용된 광학 소재를 신중하게 선택해야 합니다. 플라스틱 소재 중에는 선속 밀도가 높거나 온도가 높을 때 적절히 유지되지 않아 광학 효율성이나 이미지 품질, 또는 양쪽 모두 감소시키는 경우가 있습니다.

### 9.4 기계적 고려 사항

- 기계 장착 권장사항을 초과하지 마십시오
- DMD 데이터 시트에서는 열 및 전기적 열 영역과 각 영역별로 적용 가능한 최대 부하(힘)를 정의합니다. 최대 부하를 초과하는 경우 DMD가 손상될 수 있습니다.
- DMD를 장착할 때 적용되는 부하는 설계를 통해 제어하거나 조립 공정을 통해 제어할 수 있습니다.
  - 설계를 통한 제어는 설계 요소들이 최대치를 초과할 수 있는 DMD 부하를 방지하는 설계를 말합니다. 여기서는 보통 솔더 스크류 또는 스프링 요소(납작 또는 코일 스프링)를 활용합니다

- 조립 공정을 통한 제어는 DMD의 부하가 초과되지 않도록 하기 위해 조립 공정을 이용하는 설계를 말합니다. 여기서는 보통 절차 및 나사의 토크를 활용합니다.
- 설계를 통한 제어가 가장 강력한 설계입니다.

## 9.5 열 고려 사항

- 실용성과 스타일을 모두 갖춘 설계
- DMD 작동 중에 제품이 권장 작동 조건을 충족할 수 있도록 설계합니다. 절대 최대 정격은 장기 작동 목적이 아니라 단기 수명 테스트용 가이드로 제공되는 것입니다.
- 보관 조건은 DMD가 작동 중이 아닐 때는 항상 적용됩니다. 여기에는 DMD 설치 전과 후 기간이 모두 포함됩니다
- 냉각 장치는 DMD가 사용될 전체 온도 범위를 모두 포괄하도록 설계합니다. 혹독한 주변 조건에서 DMD 온도 조건을 충족할 수 있도록 냉각 팬 속도를 높이거나 광학 전력 공급량을 감소시킵니다.
- 부품 설계가 완료되고 톨링이 시작되기 전에 열 실험모형을 사용해 초기 시험을 실시하면 간단한 조정을 통해 일정이나 톨링 비용에 영향을 미치지 않으면서 열 성능을 향상시킬 수 있습니다.
- 설계 완성도가 높아지는 데 따라 열 실험모형을 개선한 후 추가 테스트를 실시합니다.
- DMD 데이터 시트에는 열 테스트를 실시할 때 사용해야 하는 구체적인 열 테스트 지점이 표시됩니다.
- DMD 데이터 시트의 T 어레이 사양은 식별된 열 테스트 지점에서 테스트 결과 계산된 어레이 온도입니다. 데이터 시트에 계산 샘플이 나와 있습니다.
- DMD의 열 테스트는 장치 인클로저 내에서 실시해야 합니다. 독립형 광학 모듈에서 열 테스트를 실시할 경우 공기 흐름과 냉각 특성이 매우 달라 인클로저 내 장치에 대해 실시하는 경우와 온도 결과가 매우 다르게 나타납니다.

## 9.6 제조 고려 사항

- 절대 조립 중 DMD를 핫스왑하지 마십시오.
- 모든 전원 투입 및 전원 차단 요건을 준수하십시오.
- 기계적으로 장착한 하드웨어를 과하게 조이지 마십시오.
- 응력 집중과 DMD에 부하가 불균일하게 적용되는 현상을 방지할 수 있도록 최종적으로 조이기 전에 장착 나사를 부분적으로 조여 두십시오.
- DMD 구경 또는 접착선이 과열되지 않도록 광학 정렬 작업 중에는 낮은 조명을 사용합니다.
- 조립(조명 정렬, 특성화, 번인), 보관 및 작동 중에는 DMD 온도가 항상 유지되도록 해야 합니다.
- 조명 정렬 작업 중과 같이 아주 잠깐 동안이라도 DMD 윈도우 온도를 초과하는 경우 제조 공정 중에는 감지되지 않지만 DMD에 영구적인 손상이 발생할 수 있습니다.

## 10 온라인 리소스

이 섹션은 선택한 칩셋에 대해 이용 가능한 리소스를 신속하게 찾는 것을 도와드리는 참조 섹션입니다.

### 10.1 DLP 칩셋 정보

각 칩셋에 관련된 모든 리소스를 찾는 최고의 방법은 관심 있는 DMD, 컨트롤러 및 PMIC 제품 페이지를 방문하는 것입니다. 제품 페이지에 가시면 [표 10-1](#)에 보이는 것과 같은 정보를 찾을 수 있습니다.

**표 10-1. 사용 가능한 리소스**

부품	리소스
DMD	데이터시트 제품 상세 정보 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 데이터 시트 하이라이트</li> <li>• 패키징</li> </ul> 기술 문서 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 애플리케이션별 기술 문서 및 백서</li> <li>• 장착 및 전기 연결 정보</li> <li>• 광학 참조 설계 예시</li> <li>• DMD 광학 효율성</li> </ul> 설계 및 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 칩셋 EVM(평가 모듈) 정보</li> <li>• 디스플레이 시스템 레퍼런스 설계</li> </ul>
디스플레이 컨트롤러	데이터시트 소프트웨어 프로그래머 가이드 이미지 보정 PCB 설계 요구 사항 IntelliBright 알고리즘 칩셋 EVM 정보 실시간 색 관리 레퍼런스 설계 IBIS 모델 펌웨어 선택기
PMIC	데이터시트 PCB 설계 요구 사항

**표 10-2. 인기 리소스**

리소스	설명
DLP Pico 디스플레이 시작하기 <a href="#">웹사이트</a>	DLP Pico 디스플레이 애플리케이션의 학습, 선택, 평가 및 개발을 돕는 빠른 시작을 위한 콘텐츠
<b>제품 선택 문서</b>	
제품 선택 <a href="#">동영상</a>	매개 변수를 바탕으로 내게 맞는 DLP 디스플레이를 선택하는 방법을 설명하는 교육
<a href="#">DLP® 디스플레이 및 프로젝션 칩셋 선택 가이드</a>	대량 생산되고 있는 모든 DLP 디스플레이 칩셋이 포함되어 있습니다.
밝기 장단점 <a href="#">DLP 시스템 설계: 밝기 요구 사항 및 절충점 및 비디오</a>	내 애플리케이션에 맞는 밝기 수준(루멘)을 선택하는 방법을 안내하는 가이드라인을 제공합니다.
<b>광학 모듈 선택 문서</b>	
보편적으로 사용되는 프로젝션 렌즈 사양 <a href="#">동영상</a>	프로젝션 시스템의 작동 방식을 설명하는 동영상과 광학 엔진 사양을 지정하는 방법에 관한 가이드라인을 제공하는 노트.
OMM 검색 도구	즉시 양산 가능한 다양한 광학 모듈을 전 세계에서 구매할 수 있습니다.
<b>설계 리소스</b>	
<a href="#">DLP 제품에 관한 E2E 포럼</a>	당사 전문가에게 궁금한 사항을 질문하거나 이미 응답이 이루어진 기술 관련 질문을 살펴볼 수 있는 포럼입니다.

**표 10-2. 인기 리소스 (계속)**

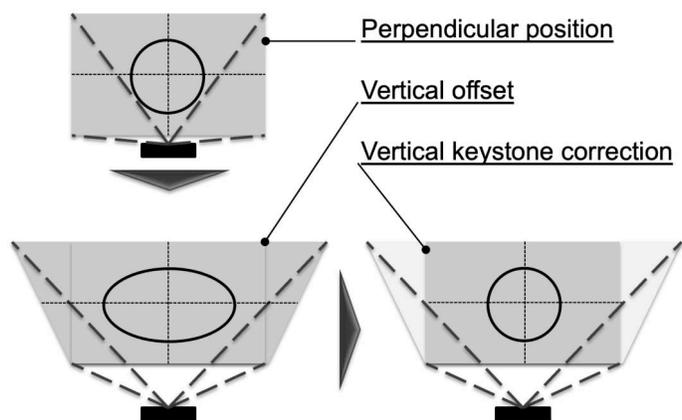
리소스	설명
TI DLP® 표준 TRP 디지털 마이크로미러 디바이스에 대한 PCB 설계 요구 사항 및 TI DLP Pico TRP 디지털 마이크로미러 디바이스에 대한 PCB 설계 요구 사항 TRP 칩셋에 대한 PCB 설계 요구 사항(myTI 로그인 필요)	디스플레이 컨트롤러와 DMD의 인터페이스를 위해 전자 장치를 배치하는 방법에 관한 전기적 권장 사항

## 11 보편적으로 사용되는 디스플레이 및 프로젝션 용어

표 11-1은(는) 흔히 쓰는 디스플레이 및 프로젝션 용어를 제공합니다.

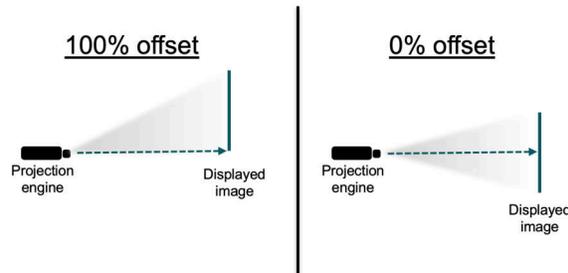
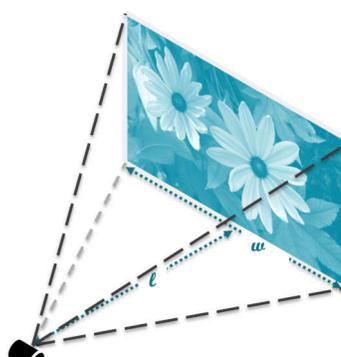
**표 11-1. 보편적으로 사용되는 디스플레이 및 프로젝션 용어**

용어	설명
밝기	밝기(brightness)는 주어진 장면에서 사람의 눈에 감지되는 빛의 양을 측정하는 것입니다. 빛의 양(광자 개수)과 전체 컬러 스펙트럼에 걸친 확산 정도(광자 에너지), 그리고 가시 스펙트럼(황색-녹색 영역에서 가장 높은 감도, 청색 및 적색 영역에서 상대적으로 낮은 감도)에 걸쳐 사람 눈에 감지되는 정도로 이루어진 함수입니다. SI(국제단위계)는 루멘(lumen)을 밝기의 측정 단위로 정하고 있습니다
루멘	DLP 프로젝터는 영사된 이미지에서 전달할 수 있는 루멘 수치가 사양으로 표시되는 경우가 많습니다. 밝기(루멘)은 프로젝터가 얼마나 큰 화면을 만들 수 있으며 그 화면이 주어진 주변 조명 환경에서 눈에 보이는가를 결정하는 요소입니다. 더 밝을수록 화면에 표시되는 이미지를 더 크게 만들 수 있습니다. DLP 디스플레이 기술을 이용한 최종 제품의 밝기 정도는 스마트폰과 태블릿에서 20~30 루멘부터 디지털 시네마 프로젝터에서 50,000 루멘 이상까지 다양합니다.
대비	표시되는 이미지의 품질은 보여지는 이미지에서 가장 밝은 영역과 가장 어두운 영역 사이의 차이에 따라 크게 좌우됩니다. 이를 수치로 나타낸 것이 이미지에서 최대한 밝은 영역 대 이미지에서 최대한 어두운 영역의 비율인 대비율입니다. DLP 시스템의 대비율 사양은 시스템 성능에 따라 결정되지만, 주변 조명도 시청 경험에 크게 영향을 미칠 수 있습니다. 화면에 비치는 주변 조명량이 많을수록 이미지에서 볼 수 있는 대비가 감소합니다. 시스템 대비와 주변 조명이 한데 합쳐져 이미지에서 실제 볼 수 있는 대비가 결정됩니다. 대비를 최대화하려면 광학 설계와 광학 모듈에서 사용된 광학 요소의 품질에 특별한 주의를 기울여야 합니다.
해상도	이미지에서 표시되는 디테일의 세밀함 정도를 결정하는 것은 표시되는 이미지를 구성하는 픽셀의 개수입니다. DLP 시스템에서 이는 디스플레이 이미지에서 1개 이상의 픽셀로 나타낼 수 있는 DMD 미러 개수의 함수입니다. 해상도는 표시할 수 있는 픽셀의 개수입니다. 표시되는 디테일의 세밀함 정도는 프로젝터 시스템의 해상도 뿐 아니라 소스 콘텐츠의 해상도에 따라서도 결정됩니다. 소스 콘텐츠의 해상도가 프로젝터 시스템의 해상도와 일치하지 않는 경우, 컨트롤러가 표시 해상도를 최대한 활용할 수 있도록 소스 콘텐츠를 매핑합니다. DLP 디스플레이 해상도의 범위는 640 × 360(nHD)부터 3840 × 2160(4K UHD)까지입니다.
키스톤	프로젝션 시스템의 광학 축이 이미지 화면과 수직을 이루지 않는 경우 그 이미지는 기하학적으로 왜곡됩니다. 이러한 왜곡 중에 화면 상단과 하단까지의 거리가 달라서 생기는 왜곡이 있는데 이를 키스톤 왜곡(keystone distortion)이라고 합니다. 그 결과 표시되는 이미지는 상단부터 하단까지 폭이 다르며 건축에서 사용되는 키스톤(아치 상단에 사용되는 이마돌) 모양을 띠게 됩니다. 이러한 왜곡은 프로젝션 축을 화면과 수직 상태로 유지하는 방법으로 방지할 수 있습니다. 하지만 방지가 불가능한 경우도 있습니다. 키스톤 왜곡은 광학적 방식(매우 어렵고, 비용이 많이 들며, 조정이 불가함), 또는 이미지 처리 수단을 사용해 보정할 수 있습니다. DLP 컨트롤러는 입력 이미지에 대해 재매핑해 화면에 직사각형 이미지를 재생하는 방법으로 키스톤 보정을 제공합니다. 키스톤 보정 기능은 보통 시스템의 가속도계와 페어링되어 프로젝터가 위아래로 기울어지면 이미지를 자동 조정합니다.
컬러 순차 디스플레이	DLP DMD는 마이크로미러들로 이루어져 있습니다. 이 미러들은 자신들을 비추는 빛만 반사합니다. 그렇다면 DMD 칩은 어떻게 풀 컬러 이미지를 생성할까요? 비밀은 바로 사람의 눈이 작동하는 원리에 있습니다. 사람의 망막과 뇌는 3가지 유형의 망막 원추(적색 감지, 녹색 감지, 청색 감지)에 와서 부딪히는 빛의 양에 대한 단기 시간 평균 차등 반응을 통해 인지되는 색을 합성합니다. 눈은 계속해서 약 1/50초 동안 망막에 와서 부딪히는 빛의 평균을 내기 때문에, 적색, 녹색, 청색 이미지를 충분한 속도로 연속해서 눈에 조사하면 보는 사람이 풀 컬러 이미지를 인지하게 만드는 것이 가능합니다. DLP 광학 모듈이 R, G, B 광원을 연속적으로 켜다 켜다 하는 방법(예를 들어 적색 이미지, 녹색 이미지, 청색 이미지 순서로)으로 이러한 결과를 만들 수 있습니다.
전면 영사 / 후면 영사와 화면	DLP 디스플레이 시스템은 광학 시스템을 사용해 DMD에 표시되는 픽셀 패턴의 실제 이미지를 생성합니다. 영사된 이미지가 사용자에게 보이도록 하려면 반드시 이미지 초점 평면에 공존하는 표면에 빛이 산포되어야 합니다. 이런 기능을 하는 것이 화면이며, 화면은 특수 최적화된 시트 형태의 소재이거나, 단순히 벽, 바닥 또는 카운터 상단 등, 훌륭한 이미지를 만들 수 있는 매끄럽고 연한 색의 표면이면 됩니다. 전면 영사 시스템의 경우 화면은 반드시 반사성 표면이어야 합니다. 후면 영사 시스템의 경우 반투명의 분산성 화면이 필요합니다. 양쪽 모두 영사된 이미지를 보여준 사용자는 화면에 시선을 집중시켜야 합니다. 가상 이미지를 생성하는 방법으로 작동하는 디스플레이 시스템도 있습니다. 예를 들어, 눈 근처 디스플레이와 전면(헤드업) 화면이 빛이 눈을 통과해 망막으로 들어온 후에 형성되는 이미지를 생성합니다.



**그림 11-1. 수직 키스톤 보정**

표 11-1. 보편적으로 사용되는 디스플레이 및 프로젝션 용어 (계속)

용어	설명
오프셋	<p>많은 DLP 프로젝터에서 DMD는 수평면 위로 이미지를 이동시키기 위해 영사 렌즈의 광학 축 아래 위치로 오프셋됩니다. 이 오프셋 기능은 영사되는 이미지의 하단부가 잘리는 것을 피하기 위해 프로젝터를 테이블 위에 올려놓는 경우 유용합니다. 또한 오프셋 기능은 프로젝터가 위를 향해 기울어 있는 경우 발생하는 이미지 왜곡을 막아줍니다.</p> <div style="text-align: center;">  <p>그림 11-2. 영사된 이미지에 대한 오프셋 효과</p> </div>
투사 비율	<p>대부분의 영사 애플리케이션에서 시청 화면 대비 프로젝터의 위치가 중요합니다. 프로젝터의 투사 비율 비율은 일정한 화면 크기를 만들기 위해 프로젝터를 얼마나 멀리 놓아야 하는지를 결정합니다. 렌즈로부터 화면 중심까지의 거리(D)에 대한 영사된 이미지의 폭(W)의 비율이 투사 비율(T)입니다. 투사 비율에 대해 흔히 사용하는 참조: 표준 투사: 투사 비율 &gt;1, 짧은 투사(ST): &gt;투사 비율&gt;0.4, 초단 투사(UST): 투사 비율&lt;0.4.</p> <div style="text-align: center;">  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>Throw ratio = <math>\frac{l}{w}</math> distance from the lens to the image / horizontal width of the image</p> </div> <p>그림 11-3. 투사 비율 다이어그램</p> </div>
F 값	<p>영사된 이미지의 상대적 밝기는 조명 시스템의 밝기와 렌즈 구경 양쪽 모두의 함수입니다. 다시 말해 렌즈 초점 길이(f)에 대한 렌즈 개구부의 폭(D)의 비율이라는 뜻입니다(영사된 이미지의 크기를 결정). 이 값은 F 값(N)이라고 하는 값으로 표시됩니다. <math>N = f/D</math>. 렌즈 2개의 상대적 밝기(rb)는 각 f 값의 역비의 제곱인 함수입니다. <math>rb = (N_2 / N_1)^2</math>. 예를 들어, <math>N_1=2</math>인 렌즈는 <math>N_2=4</math>인 렌즈에 비해 4배 더 밝습니다. f 값은 밝기와 부피(치수) 사이의 트레이오프 시스템에 영향을 미칩니다. f 값이 더 높은(<math>N=2.4</math>) 시스템이 더 얇지만, 그 예텐듀에 따라 f 값이 더 낮은(<math>N=1.7</math>) 시스템에 비해 밝기가 떨어질 수 있습니다(보통 LED 시스템에 적용).</p>
DLP 칩셋 명명법	<p>DLP 칩셋은 보통 다음과 같이 활성 어레이 대각선, 해상도 및 포트폴리오를 이름으로 부르는 경우가 많습니다. [어레이 대각선의 인치 길이] [해상도] DLP [표준 또는 Pico] 칩셋 예시: .47 1080p DLP Pico 칩셋은 화면상 해상도 1080p를 지원하는 .47인치 대각선 활성 어레이를 가진 DLP Pico 칩셋을 가리킵니다. 표 4-1은(는) DMD, DLP 디스플레이 컨트롤러 및 DLP PMIC에 대한 DLP 칩셋 부품 번호 명명법을 개괄적으로 설명합니다.</p>

## 12 참고 문헌

- 텍사스 인스트루먼트: [DLP 제품 메시지 전송 및 아이콘 지침](#)
- 텍사스 인스트루먼트: [DLPC3439 소프트웨어 프로그래머 가이드](#)
- 텍사스 인스트루먼트: [TI DLP® Pico™ 시스템 설계: 광학 모듈 사양](#)
- 텍사스 인스트루먼트: [DLP® 고급 조명 제어 DMD용 장착 하드웨어 및 빠른 참조 가이드](#)
- 텍사스 인스트루먼트: [DLP® 디스플레이 및 프로젝션 칩셋 선택 가이드](#)
- 텍사스 인스트루먼트: [DLPC343x 컨트롤러용 TI DLP® IntelliBright™ 알고리즘](#)
- 텍사스 인스트루먼트: [DLP 시스템 설계: 밝기 요구 사항 및 절충점](#)
- 텍사스 인스트루먼트: [TI DLP® 표준 TRP 디지털 마이크로미러 디바이스에 대한 PCB 설계 요구 사항](#)
- 텍사스 인스트루먼트: [TI DLP Pico TRP 디지털 마이크로미러 디바이스에 대한 PCB 설계 요구 사항](#)

## 13 개정 내역

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

- 0.2인치에서 0.16인치로 업데이트됨..... 13
- nHD(DLP2000)에서 4K UHD(DLP471TP) 해상도로, QnHD(DLP160AP)에서 4K UHD(DLP472TP) 해상도로 업데이트됨..... 13

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

- 중복 테이블 삭제됨.....4
- DLP 시스템 블록 다이어그램 비디오 하이퍼링크가 업데이트됨.....7
- 업데이트된 TI DLP® Pico™ 제품 선택 비디오 하이퍼링크.....13
- 제품 선택 비디오 하이퍼링크 업데이트됨..... 19

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

- 문서 전체에서 표, 그림 및 상호 참조에 대한 번호 매기기 형식이 업데이트되었습니다..... 3
- DLP 디스플레이 프로젝션의 이점 섹션이 업데이트됨..... 4
- DLP 기술이란 주제가 업데이트됨..... 6
- 섹션 4 업데이트됨..... 7

## 중요 알림 및 고지 사항

TI는 기술 및 신뢰성 데이터(데이터시트 포함), 디자인 리소스(레퍼런스 디자인 포함), 애플리케이션 또는 기타 디자인 조언, 웹 도구, 안전 정보 및 기타 리소스를 "있는 그대로" 제공하며 상업성, 특정 목적 적합성 또는 제3자 지적 재산권 침해에 대한 묵시적 보증을 포함하여(그러나 이에 국한되지 않음) 모든 명시적 또는 묵시적으로 모든 보증을 부인합니다.

이러한 리소스는 TI 제품을 사용하는 숙련된 개발자에게 적합합니다. (1) 애플리케이션에 대해 적절한 TI 제품을 선택하고, (2) 애플리케이션을 설계, 검증, 테스트하고, (3) 애플리케이션이 해당 표준 및 기타 안전, 보안, 규정 또는 기타 요구 사항을 충족하도록 보장하는 것은 전적으로 귀하의 책임입니다.

이러한 리소스는 예고 없이 변경될 수 있습니다. TI는 리소스에 설명된 TI 제품을 사용하는 애플리케이션의 개발에만 이러한 리소스를 사용할 수 있는 권한을 부여합니다. 이러한 리소스의 기타 복제 및 표시는 금지됩니다. 다른 모든 TI 지적 재산권 또는 타사 지적 재산권에 대한 라이선스가 부여되지 않습니다. TI는 이러한 리소스의 사용으로 인해 발생하는 모든 청구, 손해, 비용, 손실 및 책임에 대해 책임을 지지 않으며 귀하는 TI와 그 대리인을 완전히 면책해야 합니다.

TI의 제품은 [ti.com](https://www.ti.com)에서 확인하거나 이러한 TI 제품과 함께 제공되는 [TI의 판매 약관](#) 또는 기타 해당 약관의 적용을 받습니다. TI가 이러한 리소스를 제공한다고 해서 TI 제품에 대한 TI의 해당 보증 또는 보증 부인 정보가 확장 또는 기타의 방법으로 변경되지 않습니다.

TI는 사용자가 제안했을 수 있는 추가 또는 기타 조건을 반대하거나 거부합니다.

주소: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated

## IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated