

数字投影技术 D L P 简介

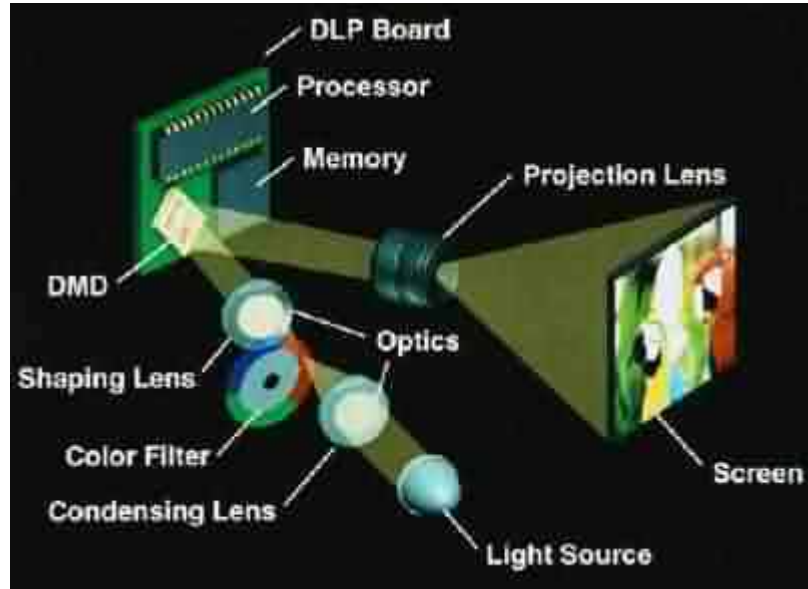
摘要 越来越多的现代信息在数字领域被产生、编辑和传播。由美商德仪公司开发的 D L P 数字投影技术正在被广泛应用。D L P 数字投影机对业界来说早已不是一个陌生的名词，因为近年来，在业界的努力下，应用其技术的投影机产品早已批量上市，所以这个名词大家都知道。但大部分人对于数字投影技术的工作方式并不十分了解，因此该产品迅猛发展而带来的更多投资机遇，特别是长期工作在传统光学领域的人来说，对其中关键光学产品的应用也显得知识茫然。为此，本文将以最简单的方式来为大家介绍数字投影技术的工作原理，对 D L P 的优势和一个数字显示系统的基本优点做了描述。了解 D L P 工作方式和技术原理是理解目前日常生活工作中日益增长的数字产品的必不可少的知识。

关键词 数字投影 D L P 投影机

一、什么是 D L P 数字投影

D L P 是“D i g t a l L i g h t P r o c e s s i n g ”的缩写。它的意思为数字光处理，也就是说这种技术要先把影像讯号经过数字处理，然后再把光投影出来。它是基于德仪公司开发的数字微反射镜器件—D M D 来完成显示数字可视信息的最终环节，而 D M D 则是 D i g t a l M i c r o m u r r o r D e v i c e 的缩写，字面意思为数字微镜元件，这是指在 D L P 技术系统中的核心——光学引擎心脏采用的数字微镜晶片，它是在 C M O S 的标准半导体制程上，加上一个可以调变反射面的旋转机构形成的器件。

说得更具体些，就是 D L P 投影技术是应用了数字微镜晶片（D M D）来做主要关键元件以实现数字光学处理过程。其原理是将光源藉由一个积分器（I n t e g r a t o r），将光均匀化，通过一个有色彩三原色的色环（C o l o r W h e e l），将光分成 R、G、B 三色，再将色彩由透镜成像在 D M D 上。以同步讯号的方法，把数字旋转镜片的电讯号，将连续光转为灰阶，配合 R、G、B 三种颜色而将色彩表现出来，最后在经过镜头投影成像。参见下图：



二、数字光学处理过程

如上所述，DMD 器件是 DLP 的基础。单片、双片以及多片 DLP 系统被设计出来以满足不同市场的需要。一个 DLP 为基础的投影系统包括内存及信号处理功能来支持全数字方法。DLP 投影机的其它元素包括一个光源、一个颜色滤波系统、一个冷却系统、照明及投影光学元件。

一个 DMD 可被简单描述成为一个半导体光开关。成千上万个微小的方形 $16 \times 16 \mu\text{m}$ 镜片，被建造在静态随机存取内存（SRAM）上方的铰链结构上而组成 DMD，如图 1 所示。

每一个镜片可以通断一个像素的光。铰链结构允许镜片在两个状态之间倾斜， $+10^\circ$ 为“开”。 -10° 为“关”，当镜片不工作时，它们处于 0° “停泊”状态。

根据应用的需要，一个 DLP 系统可以接收数字或模拟信号。模拟信号可在 DLP 的或原设备生产厂家（OEM's）的前端处理中转换为数字信号，任何隔行视频信号通过内插处理被转换成一个全图形帧视频信号。从此，信号通过 DLP 视频处理变成先进的红、绿、蓝（RGB）数据，先进的 RGB 数据然后格式化为全部二进制数据的平面。

一旦视频或图形信号在一种数字格式下，就被送入 DMD。信息的每一个像素按照 1:1 的比例被直接映射在它自己的镜片上，提供精确的数字控制，如果信号是 640×480 像素，器件中央的 640×480 镜片采取动作。这一区域处的其它镜片将简单的被置于“关”的位置。

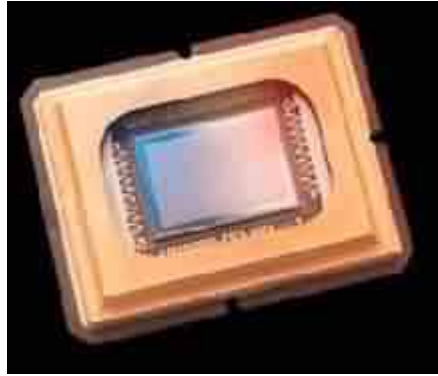


图 1：一个 848x600 数字微镜器件。器件中部反射部分包括 508,800 个细小的、可倾斜的镜片。一个玻璃窗口密封和保护镜片。D M D 显示为实际尺寸。

通过对每一个镜片下的存储单元以二进制平面信号进行电子化寻址，D M D 阵列上的每个镜片被以静电方式倾斜为开或关态。决定每个镜片倾斜在哪个方向上为多长时间的技术被称为脉冲宽度调制（P W M）。镜片可以在一秒内开关 1000 多次，这一相当快的速度允许数字灰度等级和颜色再现。

在这一点上，D L P 成为一个简单的光学系统。通过聚光透镜以及颜色滤波系统后，来自投影灯的光线被直接照射在 D M D 上。当镜片在开的位置上时，它们通过投影透镜将光反射到屏幕上形成一个数字的方型像素投影图像，如图 2 所示。

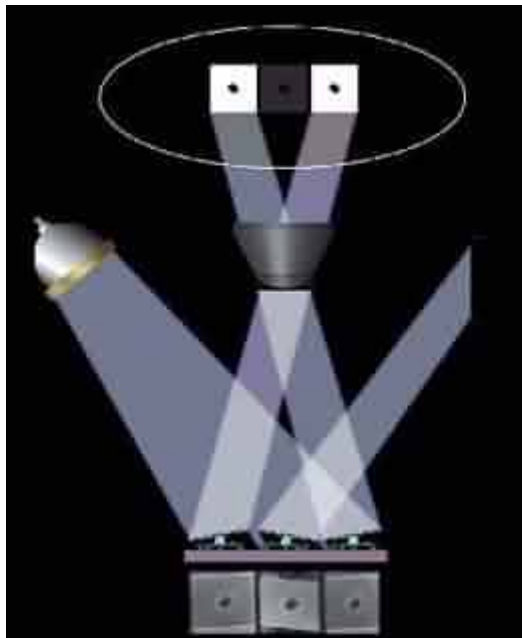


图 2：三个镜片有效地反射光线来投影一个数字形象。入射光射到三个镜片像素上，两个外面的镜片设置为开，反射光线通过投影镜头然后投射在屏幕上。这两个“开”状态的镜片产生方形白色像素图形。中央镜片倾斜到“关”的位置。这一镜片将入射光反射偏离开投影镜头而射入光吸收器，以致在那个特别的像素上没有光反射上去，形成一个方形、黑色像素图像。同理，剩下的 508797 个镜片像素将光线反射到屏幕上或反射离开镜片，通过使用

一个彩色滤光系统以及改变适量的 508,800 DMD 镜片的每个镜片为开态,一个全彩色数字图像被投影到屏幕上。

三、DLP 技术的优势

1. 噪音优势

技术发展至今天,我们已经拥有了数字捕捉、编辑、广播、接收数字信息的能力,不过必须先把它转换成模拟信号后才能显示。信号每次由数字转换为模拟(D/A)或从模拟转换为数字(A/D),信号噪音都会进入数据通道,转换越少噪声越降,并且当(A/D)、(D/A)转换器减少时成本随之降低。由于DLP固有的数字性质能使噪声消失,因为DLP具有完成数字视频底层结构的最后环节的能力,并且为开发数字可视通信环境提供了一个平台,DLP技术提供了一个可以达到的显示数字信号的投影方法,这样就完成了全数字底层结构(图3),具有最少的信号噪音。

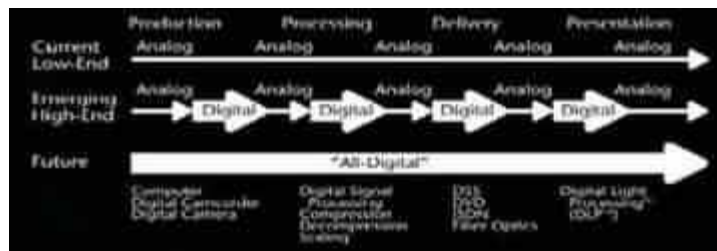


图3: 视频底层结构。DLP为一个完全数字视频底层结构提供了最后环节。

2 精确的灰度等级

它的数字性质可以获得具有精确数字灰度等级的精细的图像质量以及颜色再现。DLP比之要竞争的透射式液晶显示(的LCD)技术更有效,因为它以反射式DMD为基础,不需要偏振光;并且因为每个视频或图像帧是由数字产生,每种颜色8位到10位的灰度等级,精确的数字图象可以一次又一次地重新再现。例如:一个每种颜色为8位的灰度等级使每个原色产生256不同的灰度,允许数字化生成256x3,或16.7百万个不同的颜色组合(图4)。

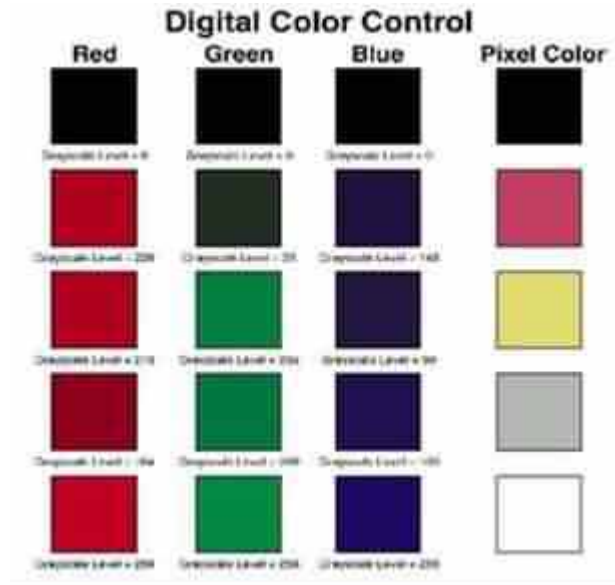


图 4：D L P 可产生数字灰度等级和颜色等级。假设每种颜色用 8 位，可以数字化地产生 16.7×10^6 的 6 次方个颜色组合。以上是每一种原色不同灰度的几种组合和产生的数字像素颜色。

3. 反射优势

因为 D M D 是一种反射器件，它有超过 60% 的光效率，使得 D L P 系统比 L C D 投影显示更有效率。这一效率是反射率、填充因子、衍射效率和实际镜片“开”时间产生的结果。

而 L C D 依赖于偏振，所以其中一个偏振光没有用。这意味着 50% 的灯光甚至从来都不进入 L C D，因为这些光被偏振片滤掉了。剩下的光被 L C D 单元中的晶体管、门、以及信号源的线所阻挡。除了这些光损失外，液晶材料本身吸收了一部分光，结果是只有一小部分入射光透过 L C D 面板照到屏幕上。最近，L C D 在光学孔径和光传输上有经验上的进展，但它的性能仍然有局限，因为它们依赖于偏振光。

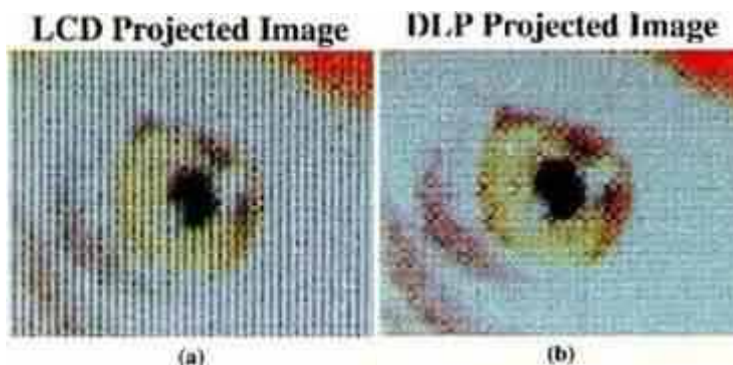
4 无缝图像优势

D M D 上的小方镜面积为 $16 \mu\text{m}^2$ ，每个间隔 $1 \mu\text{m}$ ，给出大于 90% 的填充因子。换言之，90% 的像素/镜片面积可以有效地反射光而形成投影图像。整个阵列保持了像素尺寸及间隔的均匀性，并且不依赖于分辨率。越高的 D M D 填充因子给予出越高的可见分辨率，这样，加上逐行扫描，创造出比普通投影机更加真实自然的活生生的投影图像（图 5）。



图 5：用来证明 D L P 优点的照片。一个鸚鵡的数字化照片被用来证明无缝的象胶片一样效果的 D L P 图像的优点，其细节将在图 6a 和 6b 演示。

在图 5 a 中，是主导的视频图形适配器（VGA）L C D 投影机用来投影图 5 的鸚鵡照片。可以很容易看到 L C D 投影机中常见的象素点、屏幕门效应，如图 5 a；同样这副鸚鵡的照片用 D L P 投影机投影成像，如图 5 b 所示。由于 D L P 的高填充因子，屏幕门效应不见了，我们所看到的是由信息的方形象素形成的数字化投影图像。注意，L C D 图像中象素的高水平对照于无缝 D L P 图像。D L P 提供了优越的图像质量，因为 D M D 镜片象素间隔仅为 1 μ m，这样消除了象素。如证明过的一样，两个投影机投影的图像分辨率是相同的，通过 D L P 人眼可以看到更多的可视信息、察觉到更高的分辨率。如照片表明的一样，D L P 提供令人喜爱的更加优质的画面。



L C D 投影图像 5 (a) 和 D L P 投影图像 5 (b) 中实际的特写图像。L C D 和 D L P 照片都在相同条件下摄得，每个投影机都把聚焦、亮度和颜色调到最佳。

5. 可靠性

D L P 系统成功地完成了一系列规定的、环境的及操作的测试。选择已证明可靠的标准元件来组成用于驱动 D M D 的数字电路。对于照明和投影透镜，无明显的可靠性降低的现象。绝大部分可靠性测试集中在 D M D 上，因为它依赖于移动铰链结构。为测试铰链失灵，大约 100 个不同的 D M D 被用

于模拟一年的操作。一些 DMD 已经被测试了超过 1G 次循环，相当于 20 年的操作。在这些测试以后检查这些器件，发现在任何器件上均无铰链折断现象。铰链失灵不是 DMD 可靠性的一个因素。

DMD 已通过所有标准半导体合格测试。它还通过了模拟 DMD 实际操作环境条件的障碍测试，包括热冲击、温度循环、耐潮湿、机械冲击，振动及加速实验。基于数千小时的寿命及环境测试，DMD 和 DLP 系统表现出内在的可靠性。

四、DLP 系统简介

通过多种配置，DLP 可以满足一个广泛的不同种类的市场和需要。每一种 DLP 系统都可实现优秀的投影质量，单片 DLP 系统年可提供诱人的性能价格比，三片 DLP 系统可提供最高亮度的性能，能显示高达几千流明的亮度。双片 DLP 系统依靠单片的颜色滤波系统和三片的分光镜概念可提供 DLP 的另一种性能水平。这三种 DLP 系统为 DLP 提供了满足从台式监视器到未来的数字电影的广泛的投影机市场的能力。下面解释单片、双片和三片 DLP 系统如何用来投影数字彩色影像。

1. 单片 DLP 系统

在一个单 DMD 投影系统中，用一个色轮来产生全彩色投影图像。色轮是由一个红、绿、蓝滤波系统组成，它以 60Hz 的频率转动，每秒提供 180 色场。在这种结构中，DLP 工作在顺序颜色模式。

输入信号被转化 RGB 数据，数据按顺序写入 DMD 的 SRAM，白光光源通过聚焦透镜聚集焦在色轮上，通过色轮的光线然后成象在 DMD 的表面。当色轮旋转时，红、绿、蓝光顺序地射在 DMD 上。色轮和视频图像是顺序进行的，所以当红光射到 DMD 上时，镜片按照红色信息应该显示的位置和强度倾斜到“开”，绿色和蓝色光及视频信号亦是如此工作。人体视觉系统集中红、绿、蓝信息并看到一个全彩色图像。通过投影透镜，在 DMD 表面形成的图像可以被投影到一个大屏幕上（图 6-1）。

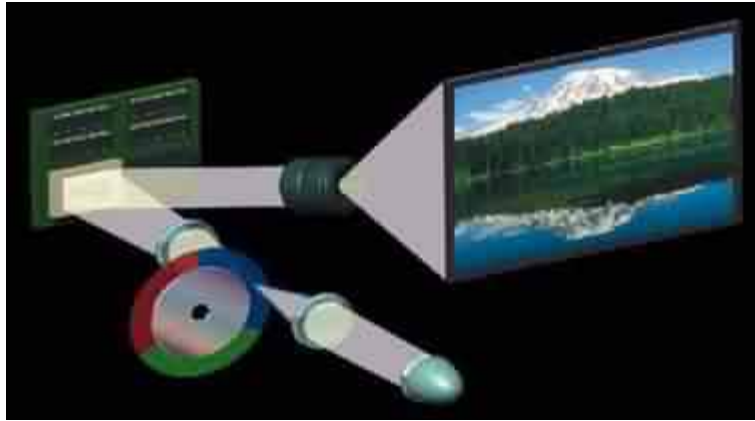


图 6 -1：单片 D L P 投影系统。白光聚焦在以 60Hz 旋转的色轮滤光系统上，这个轮子以红、绿、蓝的顺序旋转，将视频信号送到 D M D。依照每个电视场中每个彩色的位置及亮度，镜片打开。人体视觉系统将顺序的颜色叠加在一起，看到一幅全彩色图像。

因为电视系统委员会（NTSC）制定的电视场为 16.7 毫秒（1/60 秒），每一原色必须被显示在 5.6 毫秒。因为 D M D 有一个小于 20 微秒的开关速度，一个 8 比特/颜色的灰度等级（256 灰度）可以用单 D M D 系统实现。这给出每一原色 256 灰度，或者说能够产生 256 的 3 次方（ 16.7×10^6 ）种颜色组合。

当使用一个色轮时，在任一给定的时间内有 2/3 的光线被阻挡。当白光射到红色滤光片时，红光透过，而蓝光和绿光被吸收。蓝光和绿光拥有同样的道理，蓝色滤光片通过蓝光而吸收红、绿光；绿色滤光片通过绿色而吸收红、蓝光。

2. 三片 D L P 系统

另外一种添加颜色的方法是将白光通过棱镜系统分成三原色。这种方法使用三个 D M D，一个 D M D 对应于一种原色。应用三片 D L P 投影系统的主要原因为了增加亮度。通过三片 D M D，对整个 16.7 毫秒的电视场，来自每一原色的光可直接连续地投射到它自己的 D M D 上。结果是更多的光线到达屏幕，给出一个更亮的投影图像，除了已增加的亮度，可使用更高字节的颜色。因为光线在整个电视场直接投到每个 D M D 上，使每种颜色 10 比特灰度等级成为可能。这种高效的三片投影系统将被用在大屏幕和高亮度应用领域。



图 6 -2 : 三片 D L P 投影机系统。白光分解成原色，每一原色在整个帧时间内直接投射到它自己的 D M D 上，比颜色一顺序系统中产生更大的亮度。

3 . 双片 D L P 系统

此外还有州一种独特的双 D M D 结构，为某些投影显示应用提供了理想的工具。这一系统利用了一般金属卤化物投影灯光谱平衡输出的优点。

单片和三片 D L P 系统为了光谱平衡输出依靠来自投影灯的相等数量的红、绿、蓝光。为了在单片 D L P 系统中得到均匀颜色的光，设计了顺序滤色片系统来通过一个来自三原色的均衡数量的光。为了低成本和高效率，在单片系统中使用了金属卤化物灯。三原色中任意一种多余的光线可用来提高整体的光输出，或者多余的光被颜色滤光片的密度滤掉来保持光谱的均匀性。典型地，在投影工业中要在光输出和精确的颜色水平之间进行权衡。

应用来自单片 D L P 系统的顺序色轮的方法以及来自三片 D L P 系统的双色分光棱镜的概念，双片 D L P 系统利用了金属卤化物灯红光缺乏的优点。这一系统中的色轮不用红、绿、蓝滤光片，取而代之，系统使用两个辅助颜色，品红和黄色。色轮的品红片段允许红光和蓝光通过，同时黄色片段可通过红色和绿色。结果是红光一直通过滤色系统，红光在所有时间内都通过，蓝色和绿色在品红-黄色色轮交替旋转中每种光实质上占用一半时间。

一旦通过色轮，光线直接射到双色分光棱镜系统上。在这点上，连续的红光被分离出来而射到专门用来处理红光和红色视频信号的 D M D 上，顺序的蓝色与绿色光投射到另一个 D M D 上，专门处理交替颜色，这一 D M D 由绿色和蓝色视频信号驱动（图 6 -3）。

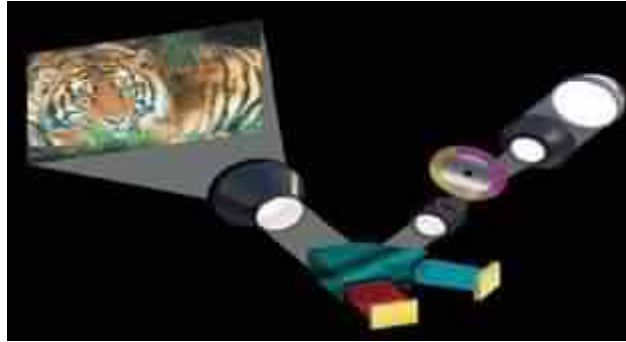


图 6 -3 : 双片 D L P 投影系统。红光通过棱镜系统直接照射在它自己的 D M D 上，同时蓝光和绿光顺序照射到另外的 D M D 上，这两种颜色组合成青色。不同的红色与青色混合形成非常协调的全彩色图像。

单片 D L P 系统中，红光只能通过 1/3 的时间，与此相比，双片系统红光输出是原来的大约三倍。并且因为色轮现在只由两个而不是三个滤光片组成，在一给定的视频画面中蓝光和绿光输出增加了大约 50% ($16.7\text{ms}/2=8.35\text{ms}$, $8.35\text{ms}/5.6\text{ms}-1=49.1\%$)。

尽管一般金属卤化物灯红光缺乏，三倍的红光输出以及蓝光和绿光输出 50% 的增大，使双片 D L P 系统有能力产生优秀逼真的颜色。由于更多的光在更长的时间内被收集，光学效率也很高了。二片 D L P 系统的结构能够对每瓦输入得到大于 3 流明的光谱平衡光输出。

五、D L P 技术的发展

D L P 投影技术的关键是 D M D 器件，为了提高集光效率和 D M D 的良率，德仪公司首先将每一个微小镜片 (Micro mirror) 的尺寸从 2 年前的 $1.7\ \mu\text{m}$ 减小到 $1.4\ \mu\text{m}$ ，D M D 的晶片缩小后，良率也随之增加。同时制程中镜片的旋转轴的尺寸也减小，以提高收光效能。目前最大的突破是镜片的旋转角度从 10 度增加到 12 度，若以系统的集光效率观之，此增加角度的动作 F/# 会从 3.5 提高到 3.0，此整体的 D L P 光机引擎的效率已经可与 L C D D 投影机相媲美了。

在 D L P 技术应用市场方面，与 L C D 投影技术相比，D L P 投影的最大优势在于有高解析度与高亮度等优点，图像更加清晰锐利，黑色和白色更纯正，灰度层次更加丰富，更具有体积小和重量轻的优势。其应用正逐渐朝向大型投影机及电影放映机 (Digital Cinema) 用等高阶机种以及 2 kg (或低于 2 kg) 以下超小型等两极化方向发展。特别是在大型会场投影放映中，目前仍是以 D L P 投影机一枝独秀。

中所周知，投影技术最大的应用市场其实是在家用电视中，随着经济生活水平的提高以及数字技

术的发展，未来数字电视的开播将为此市场大门的打开起到决定性的作用，因此无论做为前投影还是做为背投影，D L P 技术的投影机都将在这一市场中得到新的应用。

展望未来，D L P 技术具有微机电高速成长的产业相助，同时也有巨大的应用市场正在开发之中，应用前景非常看好。目前厂商应及时掌握 D L P 技术及 D M D 器件的开发动态，同时掌握投影显示器中的其他关键技术，在最佳的时间点将产品推出，获取最大的利润。