

DLP 相关知识

一. DLP 投影机技术

高逼真、高清晰的投影效果永远是投影用户的至爱，然而这样的投影效果对于普通投影机来说，无论我们怎样小心调试、认真操作，好象都很难实现，毕竟普通投影机本身的性能以及所利用的技术很有限，我们再怎么小心“伺候”它都不会使它达到质的飞跃！为此，要想获得超大画面和亮丽色彩的投影效果的话，我们还是将眼光投向那些使用新技术的高档投影机吧。

目前市场上的高档多媒体投影机主要分为 LCD 投影机 and DLP 投影机两大类，而 LCD 投影机更是市场上的主流产品，对于它的各方面知识相信大家肯定能耳熟能详了；但 DLP 投影机由于最近才被人们推出，因此了解 DLP 投影机的用户可能就不是很多了。现在让大家更进一步了解 DLP 投影机。

1. DLP 投影机的概念

DLP 投影机中的 DLP 是一种新兴的投影技术，这种技术是英文 **Digital Light Processing** 的缩写，中文含义为数字光处理技术，该技术是由美国德州仪器公司研制推出的一种全数字的反射式投影技术，专门生产开发的一种特殊半导体元件，它可以被称为是投影和显示信息领域中的一个新思路。由这种技术生成的投影机采用 **DMD (Digital Micromirror Device)** 数字微镜作为光学成像器件，这是指在 DLP 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 CMOS 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，一个 DMD 芯片中含有许许多多的细微的正方形反射镜片，这些镜片中的每一片微镜都代表一个像素，每一个像素面积为 $16\mu\text{m} \times 16\mu\text{m}$ ，镜片与镜片之间是按照行列的方式来紧密排列的，并可由相应的存储器控制在开或关的两种状态下切换转动，从而控制光的反射，后调制投影机中的视频信号，驱动 DMD 光学系统，通过投影透镜来完成数字投影显示的，这一技术的诞生，不仅打破了传统投影机市场上多媒体液晶投影机的垄断局面，更使我们普通投影用户在拥有捕捉、接收、存储数字信息能力的同时，进一步实现了数字化信息显示；可以毫不夸张地说，DLP 技术的核心就是用 DMD 数字微镜装置来替代投影机中普通的成像器件。也就是说 DLP 投影技术是应用了数字微镜晶片 (DMD) 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 (Integrator)，将光均匀化，通过一个有色彩三原色的色环 (Color Wheel)，将光分成 R、G、B 三色，再将色彩由透镜成像在 DMD 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。

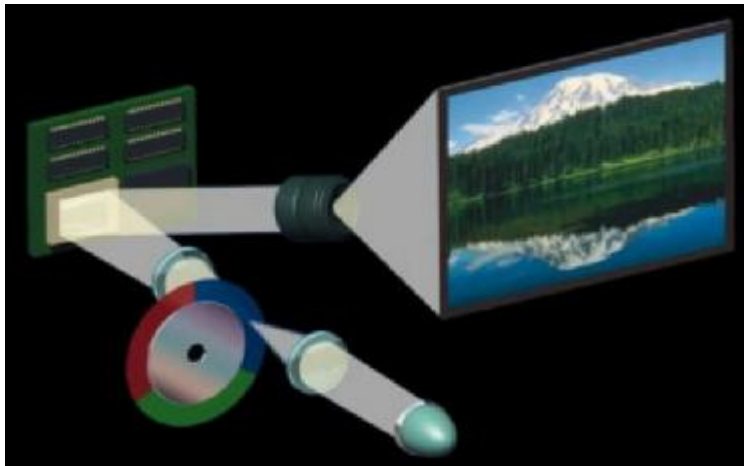
DLP 投影机使用了反射式数字微镜后，它内部的光学成像部分的总光效率高达 60% 左右，这使得 DLP 投影机无论工作在光线充足的环境还是光线暗淡的环境时，都能将更多的光线投射到投影屏幕上，这也是为什么 DLP 投影机比传统的模拟投影机具有更高的亮度、对比度的原因所在。

根据 DLP 投影机中包含的 DMD 数字微镜的片数，人们又将投影机分为单片 DLP 投影机，两片 DLP 投影机和三片 DLP 投影机。单片 DMD 由很多微镜组成，每个微镜对应一个像素点，DLP 投影机的物理分辨率就是由微镜的数目决定的。



单片 DLP 系统

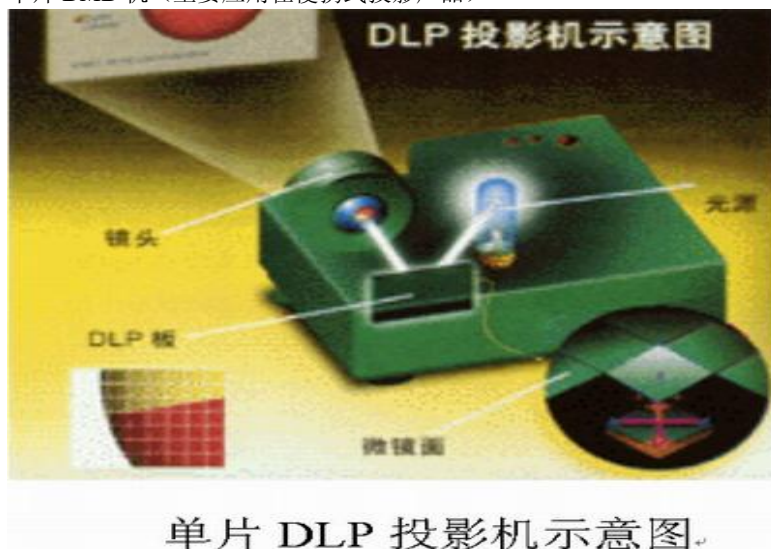
在一个单 DMD 投影系统中，用一个色轮来产生全彩色投影图象。色轮是由一个红、绿、蓝滤波系统组成，它以 60Hz 的频率转动，每秒提供 180 色场。在这种结构中，DLP 工作在顺序颜色模式。输入信号被转化为 RGB 数据，数据按顺序写入 DMD 的 SRAM。白光光源通过聚焦透镜聚焦在色轮上，通过色轮的光线然后成像在 DMD 的表面。当色轮旋转时，红、绿、蓝光顺序地射在 DMD 上。色轮和视频图象是顺序进行的，所以当红光射到 DMD 上时，镜片按照红色信息应该显示的位置和强度倾斜到“开”，绿色和蓝色光及视频信号亦是如此工作。人体视觉系统集中红、绿、蓝信息并看到一个全彩色图象。通过投影透镜，在 DMD 表面形成的图象可以被投影到一个大屏幕上。



图中单片 DLP 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 DMD。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，看到一幅全彩色图象。

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。

单片 DMD 机（主要应用在便携式投影产品）

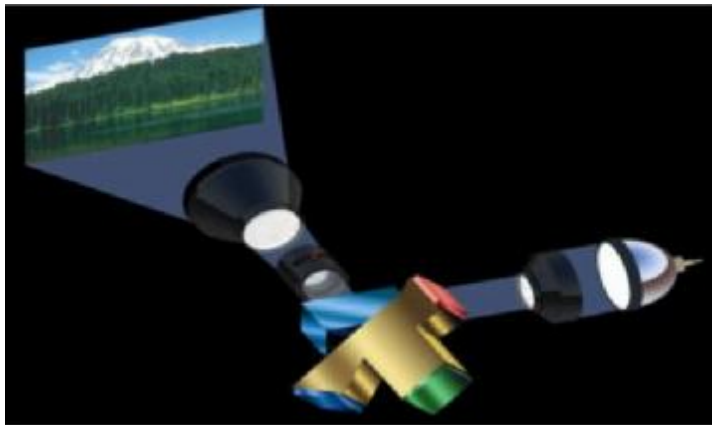


两片 DLP 系统

两片 DLP 投影机与单片 DLP 投影机相比，利用了一般金属卤化物投影灯光谱平衡输出的优点，多使用了一片 DMD 芯片，其中一片单独控制红色光，另一片控制蓝、绿色光的反射，与单片 DLP 投影机相同的，使用了高速旋转的色轮来产生全彩色的投影图像，它主要应用于大型的显示墙，适用于一些大型的娱乐场合和需要大面积显示屏幕的用户。

三片 DLP 系统

是由三片 DMD 芯片分别反射三原色中的一种颜色，已经不需要再使用色轮来滤光了；将白光通过棱镜系统分成三原色。这种方法使用三个 DMD，一个 DMD 对应于一种原色。应用三片 DLP 投影系统的主要原因是为了增加亮度。通过三片 DMD，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 DMD 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 DMD 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。



上图为三片 DLP 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 DMD 上，比颜色一顺序系统中产生更大的亮度。

2. DLP 投影机的原理

由于 DLP 投影机的核心部件就是数字微镜 DMD 装置，因此 DLP 投影机的工作原理其实就是数字微镜 DMD 的工作原理。不同数量的 DMD 芯片，它们的工作原理又是不同的。

单片 DLP 投影机只包含有一片 DMD 芯片，这个芯片其实就是在一片硅晶片的电子节点上紧密排列着许多片微小的正方形反射镜片，这里的每一片反射镜片都对应着生成图像的一个像素，所以如果一个数字微镜 DMD 芯片中包含的反射镜片的片数越多，那么对应 DMD 芯片的 DLP 投影机所能达到的物理分辨率就越高。

DMD 微镜在工作时由相应的存储器控制在两个不同的位置上进行切换转动。当光源投射到反射镜片上时，DMD 微镜就通过由红绿蓝三色块组成的滤色轮来产生全色彩的投影图像，这个滤色轮以 60 转/秒的速度在旋转着，这样就能保证光源发射出来的白色光变成红绿蓝三色光循环出现在 DMD 微镜的芯片表面上。当其中某一种颜色的光投射到 DMD 微镜芯片的表面后，DMD 芯片上的所有微镜，根据自身对应的像素中该颜色的数量，决定了其对这种色光处于开位置的次数，也即决定了反射后通过投影镜头投射到屏幕上的光的数量。当其他颜色的光依次照射到 DMD 表面时，DMD 表面中的所有微镜将极快地重复上面的动作，最终表现出来的结果就是在投影屏幕上出现彩色的投影图像。

与单片 DLP 投影机一样，两片 DLP 投影机同样在投射光源的路径上设置有高速旋转的滤色轮，不过这里的滤色轮并不是由红绿蓝三色块组成的，而是由洋红和黄色两色块组成，这样当洋红色块通过旋转的色轮时，会相应地过滤白色光中的绿色光，而通过的蓝色光和红色光则被分隔开来，其中红色光单独投射到两片 DMD 芯片中的一片上，蓝色光则投射到由蓝色光和绿色光共享使用的另一片 DMD 芯片上。

当某一颜色的光投射到 DMD 微镜芯片上后，对应 DMD 芯片上的所有微镜，同样会根据自身对应的像素中该颜色的数量，决定了其对这种色光处于开位置的次数，从而决定反射后通过投影镜头投射到屏幕上的光的数量。当黄色色块通过旋转的色轮时，光线中的红色和绿色光就会被通过，而蓝色光就会被过滤掉，这样红色光和蓝色光就会被分隔投影。

三片 DLP 投影机的工作原理与单片、两片投影机的原理是完全不同的，最大的区别就是三片 DLP 投影机中根本就没有采用滤色轮，三片 DLP 投影机中的每一片 DMD 分别直接反射红绿蓝中的一种颜色，然后将红、绿、蓝三种颜色分别投射到投影屏幕上。

3. DLP 投影机的特点

在高效率、快节奏的今天，投影机已经成为许多单位办公时一种不可或缺的必需品，特别是超便携式投影机更是深受移动用户的喜爱！而目前超便携式投影机主要有 LCD 液晶显示投影机和 DLP 数字式投影机两种，但 LCD 投影机存在明显的缺陷，那就是投影亮度 and 对比度均感不足。而 DLP 因采用的是微镜反射投影图像，亮度 and 对比度明显提高，且体积和重量可以做得更小更轻。在短短几年的时间里，DLP 投影机以其更清晰、更细致、更明亮、更逼真的图像显示效果，在市场中得到了越来越广泛的认可了。相比而言，DLP 投影机比 LCD 液晶显示投影机拥有更多的优点，主要表现在下面几个方面：

a. 画面均匀、噪音消除

由于 DLP 投影机采用的是数字技术，这种技术可以直接捕获相关的数字信号，而投影机的输入信号不需要经过数模转换就能直接调制生成图像，因此信号的中间处理环节减少之后，投影信号的衰减幅度就会很自然地要减少很多，最终的结果将是投影机产生很小的噪音甚至消除了噪音。

此外，由于 DLP 投影机还采用了数字微镜处理技术，每片 DMD 微镜是由许许多多的细微镜片以方形阵列紧密排列在一起的，其中每一个细微镜片就对应投影图像中的一个像素，每一片 DMD 芯片之下就有一个控制器，这种控制器可以对输入进来的数字信号做出每秒开关超过五千次的响应来产生投影像素，这样的切换速度和被称为双脉冲宽度调制的一种精确的图像颜色和灰度复制技术相结合，产生的是透明似水晶的令人叹为观止的图像，生成的这种图像灰度等级达到 256-1024 级，色彩达到 2563-10243 种，而且 DLP 技术使图像随着窗口的刷新而更加清晰，它通过增强黑白对比度、描绘边界线和分离单个颜色而将图像中的缺陷抹去，最终呈现出更清晰、层次丰富、画面均匀的显示效果。

b. 画面效果更加逼真

DLP 投影机投影出来的图像中的每一个像素都对应 DMD 数字微镜装置上的一个细微反射镜片，而细微镜片以方形阵列紧密排列在一起的，它们之间的间隔距离大约不到 1 μ m，这种紧密排列的细微反射镜片组使得那些电脑中的图像投影到显示屏上拥有了逼真的色彩；而且 DLP 投影机也不是只简单地把电脑中的图像投影到屏幕上，它还把每一次要投影的图像先进行数字化处理，使得待投影的图像变为 8 到 10 位每色的灰度级图像。

接着再将这些数字化后的灰度级图像发送到 DMD 数字微镜装置中，在这个装置中这些灰度级的图像和来自投射光源并经过滤色轮精确过滤的彩色光融合在一起，直接输出到投影屏幕上。

当然，DLP 投影机对上面的图象处理过程并不是一次就完成的，它还会把上面的图象处理过程中不断地重复复制，每次的处理结果都会重复地投射到屏幕上，这样投影屏幕上的图象就会处于不断刷新之中，那么源图像的所有细节都在这不断的刷新之中得到很完美的展现，从而使画面效果更加逼真。

c .清晰、色彩锐利

画面清晰、色彩锐利是 DLP 投影机的又一个功能特点。DLP 投影机中的 DMD 数字微镜是由将近 50 万片的细微反射镜片排列而成，构成 DLP 图像像素的微镜面之间的间距很小，相邻镜片之间的距离间隔不到 1 微米，这样使 DLP 投影系统和 LCD 透射式投影系统成像原理相比，DLP 投影机能得到更高的光效率；

而且每个细微反射镜片上的大部分面积都会动态地反射光线以生成一个投影图像，因此在相邻镜片之间的距离如此接近的情况下，投影在屏幕上的图像看起来没有缝隙；并且 DLP 投影机中的 DMD 数字微镜在处理分辨率增大的图象时，它的大小和相邻间距仍然保持固定值，这样的话不管输入图象的分辨率怎样增大或者怎样缩小，最终投影到屏幕上的图像始终不会出现间隔缝隙，观众们将始终看到清晰度一直很高的投影效果。

相比而言，LCD 投影机就没有这个本领了，这种投影机在输入图象分辨率增大时，就会在投影屏幕上出现很明显的恼人缝隙，而且缝隙的间隔也是随着输入图象分辨率的增大而不断扩大的。

d.投影画面更加明亮

传统的模拟投影机在光线比较充足的情况下工作时，投影出来的效果就变得非常模糊了，即使在光线暗淡的环境中工作，投影屏幕的亮度也总感觉不够，这就导致了传统的模拟投影机受使用环境的限制很大，这也注定了这种投影机适用的场合不是很多。

现在越来越多的公众场合都有使用投影机的需要了，那么在这种场合下工作的投影机就必须能够在白天或者黑夜都能投影出很明亮的画面出来。基于这样的要求，DLP 投影机采用了五十多万个细微镜片来反射图象，而每个镜片 90% 的光线都直接反射投影到显示屏幕上，更为重要的是，基于 DLP 技术的投影机的亮度是随着输入图象分辨率的增加而不断增大的，比方说在 SXGA 等更高分辨率下工作时，细微镜片将会提供更多的反射面积，这样一来，用户无论在白天中还是黑夜里都能享受到 DLP 投影机给我们带来的明亮的投影效果。

e.性能更加稳定可靠

前面笔者曾经提到过，数字微镜 DMD 装置是 DLP 投影机的核心部件，因此这种装置的性能稳定直接决定了投影机整体性能的可靠稳定，因此在生产研制 DMD 装置的过程中，人们对组成 DMD 的材质进行了严格的筛选，并对 DMD 装置的整体性能进行了各种严格的测试，测试的最终结果告诉我们，DMD 在各种恶劣的测试条件下，包括将它放在热、冷、振动、爆炸、潮湿以及许许多多其它苛刻的条件下进行检测，其内部的所有材质都表现出较强的稳定性。

而且还证明了在模拟操作环境中，DMD 芯片已经被测试了超过 1G 次循环，相当于 20 年的连续使用寿命。基于数千小时的寿命及环境测试，我们完全有理由确信 DMD 以及其它组成 DLP 技术的所有元件在相当长的时间内可以保持高可靠性。

f.体积可以更小、重量更轻

由于 DLP 投影机摒弃了传统投影机中的复杂、笨重的光学成像器件，取而代之的是宽度只有 16 微米的 DMD 芯片，而且每只芯片上紧密排列着若干个细微反射镜片来进行光学反射，每一个细微镜片之间的间隔距离也不到 1 微米，由此可见整个 DMD 光学成像器件无论是在体积上还是重量上都不会很大；况且 DLP 投影机是采用的 DLP 数字技术光

学成像原理，这个原理可以直接将图象进行数字化处理，而不需要象传统投影机那样需要有许多中间处理环节，这样 DLP 投影机很自然地就可以在影机体积和重量上做得更小了。

二. DLP 彩电工作过程简介

DLP 即英文“**Digital Lighting Processing**”缩写，它表示投影设备或背投彩电图象显示采用的是数字光处理技术。DLP 投影机的核心部件主要由美国德州仪器(TI)研制的 DMD (**Digital Micromirror Device**)数据微镜装置，其它的部件还有：氙灯泡、光学棱镜和投射镜头。其工作原理是：当光线经过棱镜(色轮)分解为 R、G、B 三原色后，投射 DMD 芯片。DMD 芯片采用了 IC 芯片制造技术在一块芯片上生成成千上万个微小的镜片，如果显示接收机格式为：SVGA 格式，分辨率 800×600，则 DMD 芯片上有 48 万个小镜片；如果显示格式为 XVGA1024*768 的，则 DMD 芯片将有 78 万多个小反射镜片，每个小镜片均可在+10°与-10°或+12°与-12°之间自由旋转并且由电磁定位，小镜片的运动速度可达 5000 次/秒。一束光通过小镜片，控制小镜片在±12°范围内时旋转角度实现光通量控制，即实现画面亮度控制，当光束射到旋转角度外，这束光将反射到屏幕外，在屏幕上形成的像素点将不发光，表现为最黑。光束通过小镜片自由旋转角度同时也实现了画面对比度控制。DLP 背投彩电画面对比度控制可实现最亮与最黑比值为 400: 1、1000: 1，甚至达 4000: 1，因此 DLP 背投彩电真正实现高清晰、层次感强，真实再现数字影院画面效果。入射光线经过 DMD 镜片的反射后由通过投影镜头投影在屏幕上成像。

DMD 芯片的数量又分为单片、双片和三片 DMD 投影机。DLP 投影机是一种继 LCD 投影机后发展起来的另一类微显数字产品。DLP 背投彩电分为 4: 3 和 16: 9 两种显示格式。长虹公司生产的 DLP5132、DLP5131(家用)、JP5131(教学系统使用)即为 4: 3 显示方格。DLP5131W 即为 16: 9 显示方格。许多生产 LCD、LCOS、CRT 背投彩电厂家纷纷转向研制生产的 DLP 背投彩电，其原因就在于 DLP 背投彩电有如下优点：亮度高、全屏亮度均匀，亮度超过了 500 尼特/M²；对比度强、色彩还原性好；大视角。众多背投厂家放弃 LCD 背投的主要原因在于 DLP 背投比 LCD 背投寿命更长、画质更好，且成本也会随着生产量提高变得更低。尤其是在画质方面，弥补了 LCD 背投的很多缺陷。LCD 背投彩电因存在视觉范围窄、反映速度慢、彩色还原不足等受到市场发展限制。

DLP 背投彩电分整机分为电路组成部分和光学成像部分。电路部分处理图象信号处理方式与 CHD 背投彩电相同，采用高、中频二合一组件、CPU 组件及变频组件等电路，不同处在于电路上不再设置扫描电路，CRT 成像电路、会聚电路而由光机取代。故 DLP 背投彩电是正直意义上的环保电视。

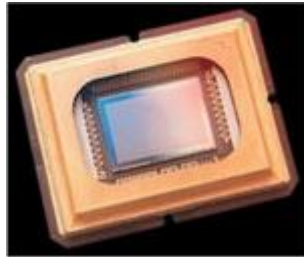
DLP 背投是普通 CRT 背投的替代产品，DLP 数码光显电视在分辨率、亮度、对比度等三项技术指标均大大超越 CRT 背投，所以 DLP 数码光显电视被业界公认代表了未来彩电发展方向，它也势必会成为中国下一代高端电视的主力产品。

光机是 DLP 背投彩电的关键部件，它由是光源(灯泡)、棱镜(色轮)、反光镜、数字微镜(DMD)、投影镜、显示屏(与背投使用的屏幕相似)等组成。光机完成图象信号通过棱镜转换 RGB 分离信号，通过 DMD 微镜片完全反射至投影屏上形成图象再现。

DLP 背投彩电优点：DLP 与 PDP、LCD 投影、LCOS 投影等均属于微显示技术产品，由于 PDP 目前价格较昂贵，暂无法实现无法家用普及。L-COS 背投虽存在解晰度、亮度高、光学引擎因制造结构简单，可实现市场认知，但因使用 LCOS 芯片制作工艺非常复杂，半导体和液晶两项技术相结合技术难度很大，导致 LCOS 背投彩电无法短时间普及。LCD 投影电视采用液晶技术成像，LCD 液晶彩电虽然实现了画质更精细显示，但却存在图象质量不理想，彩色不鲜艳、视觉范围窄、图象显示响应时间不理想，播放运动图象不太理想等特点，决定了液晶电视无法作为采用 CRT 生产的彩电那样受到百姓的喜爱，当然作为电脑显示器还是比较理想的。DLP、LCD 这两种投影电视都属于点阵显示方式，二者却克服了 CRT 投影电视因会聚易受地磁场、温度影响引起会聚变、光栅边沿几何失真、边缘聚焦差和 X-RAY 辐射等固有缺陷。DLP 投影电视分为单芯片和三芯片两种机型。单芯片 DLP 投影电视通常用作数据投影电视，它能投射明亮、高分辨率和高对比度的图像。此外，单芯片 DLP 投影电视还有显示更逼真的活动图

像和色调的特点。其彩色还原能力更是令人叹为观止。三芯片 DLP 投影系统目前已被用于大屏幕工业投影电视和数字影院的投影电视。DLP 的一些显著特点是：由于采用的是反射成像方式，因而光的利用率非常高，所以亮度可以做到最高。此外 DLP 投影机的色彩和亮度一致性也不错。在分辨率方面，部分机型也达到了 1280×1024 。可以说 DLP 投影机正处于一个不断发展完善的过程。

三. DMD 芯片及结构



数字光学处理：正如中央处理单元(CPU)是计算机的核心一样，DMD 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 投影系统组成：一个光源、一个颜色滤波系统、一个冷却系统及投影光学元件 (DMD)。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 16×16 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(图 1)。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， $+10$ 度为“开”。 -10 度为“关”，当镜片不工作时，它们处于 0 度的“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、兰(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是在一种数字格式下，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。这一区域外的其它镜片将简单地被置于“关”的位置。

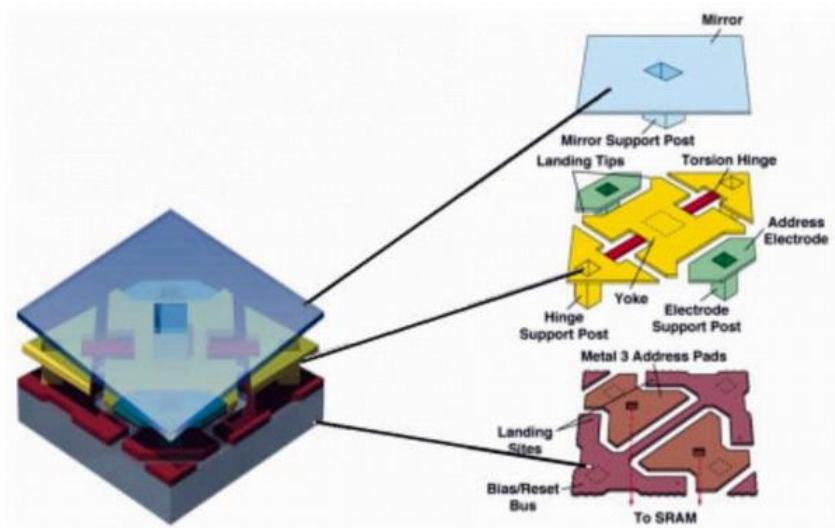
图中一个 848×600 数字微镜器件。器件中部反射部分包括 508,800 个细小的、可倾斜的镜片。一个玻璃窗口密封和保护镜片。DMD 显示为实际尺寸。

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，DMD 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(PWM)。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，DLP 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 DMD 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。

图中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。中央镜片倾斜至“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。

每个 DMD 是由成千上万个倾斜的、显微的、铝合金镜片组成，这些镜片被固定在隐藏的轭上，扭转铰链结构连接轭和支柱，扭力铰链结构允许镜片旋转 ± 10 度。支柱连接下面的偏置 / 复位总线，偏置 / 复位总线连接起来

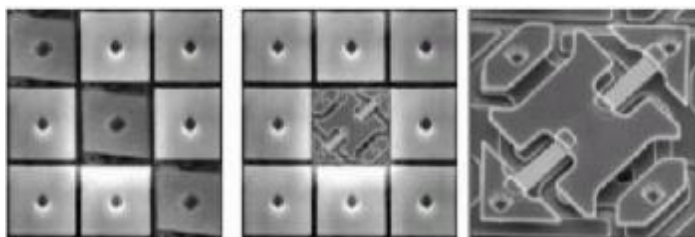
使得偏置和复位电压能够提供给每个镜片。镜片、铰链结构及支柱都在互补金属氧化半导体上（CMOS）地址电路及一对地址电极上形成。



在一个地址电极上加上电压，连带着把偏置 / 复位电压加到镜片结构上，将在镜片与地址电极一侧产生一个静电吸引，镜片倾斜直到与具有同样电压的着陆点电极接触为止。在这点，镜片以机电方式锁定在位置上。在存储单元中存入一个二进制数字使镜片倾斜 $+10^\circ$ 度，同时在存储单元中存入一个零使镜片倾斜 -10° 度。

DMD 以 2048×1152 的阵列构成，每一个器件共有约 2.3×10^6 镜面，这些器件具有显示真的高分辨率电视的能力。首次大量生产的 DMD 为 848×600 。这种 DMD 将能投影 NTSC、相位交换线（PAL）、VGA 以及高级视频图形适配器（SVGA）图形，并且它将可以显示 16:9 纵横比的信号源。

图中一个 DMD 上单独镜片的分解示意图。DMD 上每一个 $16 \mu m^2$ 镜片包括这样三个物理层和两个“空气隙”层，“空气隙”层分离三个物理层并且允许镜片倾斜 $+10^\circ$ 度或 -10° 度。



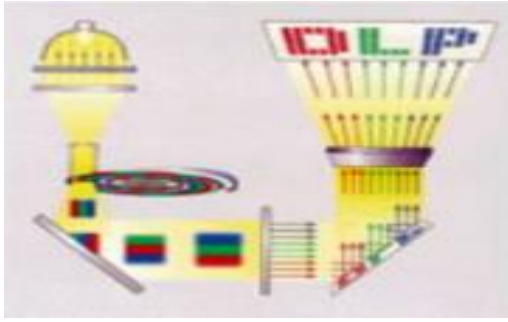
图中一个 DMD 的表面的镜片的特写镜头以及它的底层结构。左图演示九个镜片中的三个镜片倾斜到“开”位置， $+10^\circ$ 度。中图中央的镜片被移开以演示底部隐藏的铰链结构。右图给出镜片微观的结构特写。与镜片相连的支柱，直接位于底部表面的中央。

四. DLP 色轮和色彩处理技术

DLP 色轮技术的基本原理

由于 DLP 采用 DMD 微镜片反射技术，在色彩处理中，单片和两片 DMD 方式均采用色轮来完成对色彩的分离和处理。

一般来说，色轮（**COLOR WHEEL**）是由红、绿、蓝、白等分色滤光片的组合，可将透过的白光进行分色，并通过高速马达使其转动，然后顺序分出不同单色光于指定的光路上，最后经由其它光机元件合成并投射出全彩影像。



从物理结构来看，色轮的表面为很薄的金属层，金属层采用真空膜镀技术，镀膜厚度根据红、绿、蓝三色的光谱波长相对应，白色光通过金属镀膜层时，所对应的光谱波长的色彩将透过色轮，其它色彩则被阻挡和吸收，从而完成对白色光的分离和过滤。

在单片 DMD 投影系统中，输入信号被转化为 R G B 数据，数据按顺序写入 DMD 的 S R A M，白光光源通过聚焦透镜聚集在色轮上，通过色轮的光线然后成像在 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。

在两片 DMD 投影系统中，为了提高亮度并弥补金属卤化物的红色不足，色轮采用两个辅助颜色一品红和黄色。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。而三片 DMD 则采用分色棱镜，无需分色轮。

以下我们主要讨论目前在 DLP 背投单元中主要采用的单片 DMD 的几种色轮技术。

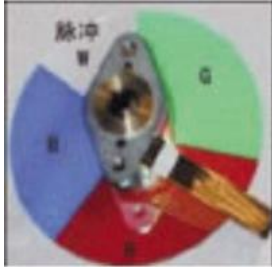
由于单片 DMD 投影机色轮在同一时间内一次只能处理一种颜色，因此会带来部分的亮度的损失，同时，由于不同颜色光的光谱波长的固有特性存在着差别，从而会产生色彩还原的不同，画面色彩往往表现出红色不够鲜艳。因此，如何使投影机既具有足够的显示亮度，同时又能充分的保证色彩的真实还原，是每个投影机厂家在产品设计中一个关键的问题，而其中一个最重要的因素，就是色轮技术的设计解决方案。

DLP 三段色轮 RGB



由红 R、绿 G、蓝 B 三段色组成，不同厂家的产品，其红、绿、蓝的开口角度的设计各不相同，一般来说，红色开口角度较大，这样可以弥补图像红色的不足。采用该色轮技术的前提条件是投影机光机部分具有比较足够的光亮度，否则可能会带来图像的亮度问题，同时，使用三段色轮技术的色彩还原性相对来说比较好。

DLP 四段色轮 RGBW



由红 R、绿 G、蓝 B、白 W 四段色组成，加白段色的目的主要是为了进一步提高投影机亮度，一般可比三段色轮提高 20% 左右。但同时，这种色轮技术也会带来投影机的色彩还原不够的问题，使图像色彩失真，降低了画质。另外，在设计中，可以将脉冲信号同步锁定在 W 段中，脉冲宽度与 W 段宽度对应，可以一定程度上减少画面的闪烁现象。该技术主要应用在会议室、教学用投影机。

DLP 六段色轮 RGBRGB



由于 DLP 技术越来越广泛的应用在具有巨大市场潜力的家庭影院投影和背投电视，因此，人们对 DLP 的色彩体现和播放连续动态视频画面效果提出了更高的要求。

六段色轮是由 RGBRGB 共 6 段颜色组成的色轮，随着色轮转速相应提高（180HZ）和单位时间内处理画面更多，因此，这种设计有效地减少了运动图象和边缘的彩虹效应，视频动态效果更好，图象的色彩更丰富、更艳丽。但由于六色分段分隔较多，集光柱通过各色段之间时光损耗也较多，因此，投影机的光亮度往往比较低，因此，也有少数投影机厂家开始设计采用 7 段色轮 RGBRGBW 技术，以提高投影机亮度和减少画面的闪烁。该技术主要用于针对家用消费和视频要求较高的应用。

DLP 增益型色轮 SCR



SCR（Sequential Color Recapture）也称连续色彩补偿技术，其基本原理与以上色轮技术相似，不同之处在于色轮表面采用阿基米德原理螺旋状光学镀膜，集光柱（光通道）采用特殊的增益技术，可以补偿部分反射光，使系统亮度有较大提高（约 40%）。但该色轮的处理技术相对较复杂，目前只有少数投影机厂家在产品中采用，从技术发展方向来说，该技术非常具有市场潜力。

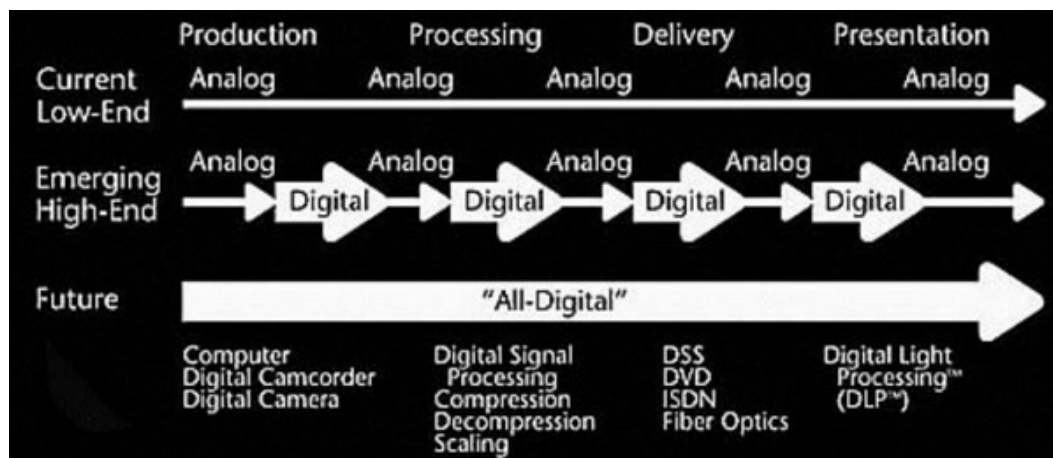
五. DLP 技术优势

1. 技术优势

DLP 是由数字电路驱动的光学系统。数字电路及光学元件会聚于 DMD，用一个视频或图形输入信号，DLP 创造出数字投影图象。DLP 有三个关键的优势超过现在的投影技：DLP 的数字本质能实现数字灰度等级和颜色再现，并且把 DLP 置于数字视频底层结构的最后一环；它以反射 DMD 为基础，所以 DLP 比与其竞争的透过式 LCD 技术更有效；DLP 有产生无缝、胶片式图象的能力，DLP 使图象更为好看。

2. 数字优势

DLP 固有的数字性质能使噪声消失，获得具有数字灰度等级的精细的图象质量以及颜色再生。它的数字性质也把 DLP 置于数字视频底层结构的最后环节。DLP 比与此竞争的透射式液晶显示（LCD）技术更有效，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。转换越少噪音越降，并且当（A/D）、（D/A）转换器减少时成本随之降低。DLP 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。



上图为视频底层结构，DLP 为一个完全数字视频底层结构提供了最后环节。

DLP 的另一个数字优势是它的精确的灰度等级与颜色水平的再生，并且因为每个视频或图象帧是由数字产生，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 256³，或 16.7 百万个不同的颜色组合。



DLP 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 16.7×10⁶ 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

DLP 以反射式 **DMD** 为基础，不需要偏振光。因为 **DMD** 是一种反射器件，它有超过 **60%** 的光效率，使得 **DLP** 系统比 **LCD** 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。

LCD 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 **LCD**，因为这些光被偏振片滤掉了。剩下的光被 **LCD** 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，结果是只有一部分入射光透过 **LCD** 面板照到屏幕上。最近，**LCD** 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. 无缝图象优势

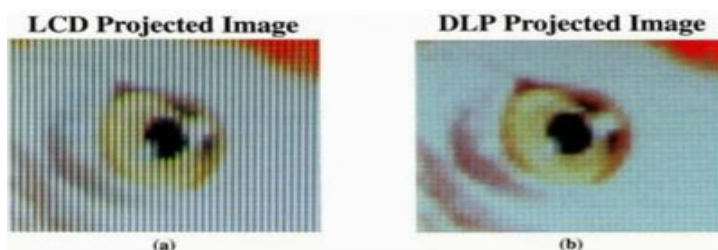
DLP 封闭间隔的微反射镜使视频图象投影成具有更高可见分辨率的无缝隙图象。对于影视投影显示、计算机幻灯展示或全球范围内多人通过交互技术进行合作方面，**DLP** 是现在和未来在数字可视通信方面的唯一选择。

DMD 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象。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。**LCD** 最好也只有 **70%** 的填充因子。越高的 **DMD** 填充因子给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象。

主导的视频图形适配器 (**VGA**)**LCD** 投影机用来投影图 5 的鹦鹉照片。在图 6 a 中，可以很容易看到 **LCD** 投影机中常见的像素点、屏幕门效应。同样这副鹦鹉的照片用 **LCD** 投影机投影成像，如图 6 b 所示。由于 **DLP** 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象。尽管，如证明过的一样，两个投影机投影的图象分辨率是相同的，通过 **DLP** 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，**DLP** 提供令人喜爱的更加优质的画面。



上图用来证明 **DLP** 优点的照片。一个鹦鹉的数字化照片被用来证明无缝的象胶片一样效果的 **DLP** 图象的优点，其细节将在图 a 和 图 b 中演示。



LCD 投影图象 (a) 和 **DLP** 投影图象 (b) 中实际的特写图象。一个三板多晶硅 **VGA** 分辨率的 **LCD** 投影机 (a) 和一个单片 **VGA** 分辨率的 **DLP** 投影机 (b) 都投影显示在图 5 中的鹦鹉的照片。**LCD** 和 **DLP** 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。注意，**LCD** 图象中像素的高水平对照于无缝 **DLP** 图象。**DLP**

提供了优越的图象质量，因为 DMD 镜片像素间隔仅为 $1\ \mu\text{m}$ ，这样消除了像素。

5. 可靠性优势

DLP 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 DMD 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 DMD 上，因为它依赖于移动绞链结构。为测试绞链失灵，大约 100 个不同的 DMD 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绞链折断现象。绞链失灵不是 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。简而言之，DLP 是由数字电路驱动的光学系统。数字电路及光学元件会聚于 DMD。用一个视频或图形输入信号，DLP 创造出具有史无前例图象质量的数字投影图象。DLP 有三个关键的优势超过现在的投影技术。DLP 的数字本质能实现数字灰度等级和颜色再现，并且把 DLP 置于数字视频底层结构的最后一环。因为它以反射 DMD 为基础，所以 DLP 比与其竞争的透过式 LCD 技术更有效。最后，DLP 有产生无缝、胶片式图象的能力，DLP 使图象更为好看。

6. 噪音优势

技术发展至今天，我们已经拥有了数字扑捉、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，转换越少噪音越降，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音消失，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，具有最少的信号噪音。