

文章编号:1007-2780(2014)05-0812-06

基于 DMD 的静态场景仿真成像特性分析

何永强*, 唐德帅, 耿 达, 元 雄

(军械工程学院 电子与光学工程系, 河北 石家庄 050003)

摘要:由于 DMD 器件独特的成像特点, 静态场景仿真系统在成像过程中要解决匹配问题, 否则会出现图像失真现象。分析了 DMD 实现脉冲调制的特点以及匹配对仿真成像系统的影响。通过在仿真系统不同显示时间和探测器不同积分时间情况下进行实验, 给出了仿真系统进行静态场景仿真时匹配要满足的条件, 当满足探测器积分时间到仿真系统显示时间的比例时, 可以输出图像失真现象, 而不需要同时发信。这种方法可以降低编程实现难度, 对静态场景仿真系统的实际应用具有重要意义。

关键词:帧频匹配; 微匹

收稿日期:2013-08-29; 修订日期:2013-10-12.

* 通信联系, E-mail: yongqiang@sohu.com

DMD 的红外场景仿真系统以其高图像分辨率、高光效效率以及全数字化控制等优势得到越来越多的重视和应用。它以光源温度可调、显示帧频可调等特点可以适用于多种凝视型红外探测设备。

红外场景仿真系统的最终目的是投影出感兴趣的红外目标和背景信息,为红外成像设备提供信息源。由于 DMD 的工作特点是通过脉宽调制实现每帧图像的完整显示,使其只适用于凝视型红外探测设备,并且要求探测器的积分时间与 DMD 显示帧频相匹配才能达到理想的实验效果,否则会出现图像混淆现象。分析 DMD 成像特点,对于静态场景仿真,只要满足探测器积分时间达到 DMD 显示时间的整数倍即可有效避免图像混淆的发生,利用一套显示帧频可调的开发系统与积分时间可调的近红外探测器进行实验,验证了理论分析结论。

2 DMD 成像特点

2.1 DMD 工作原理

美国德州仪器(TI)公司研制出的 DMD 器件是 DLP 显示系统的核心器件,它是由一□□□的□合□微镜阵列□成,每个微镜对应图像中的一个像□,通过控制这□微镜快速、□□的□转,改变光源的反射线,实现图像的显示。□图 1^[2]所示,采用电子显微镜□下的 DMD 微镜阵列,在图中可以看出每个微镜□转的角度不同,在此时的□态□不相同。

□图 2 所示, DMD 微反射镜的微机电系统

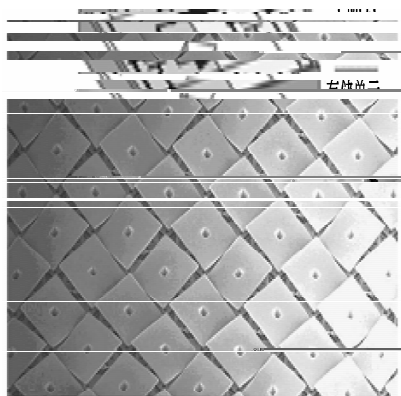


图 1 DMD 微镜阵列显微照片

Fig.1 Micrograph of micro lens of DMD

(MEMS)主要□□ CMOS、各种电极、□□和镜片□个主要部分。

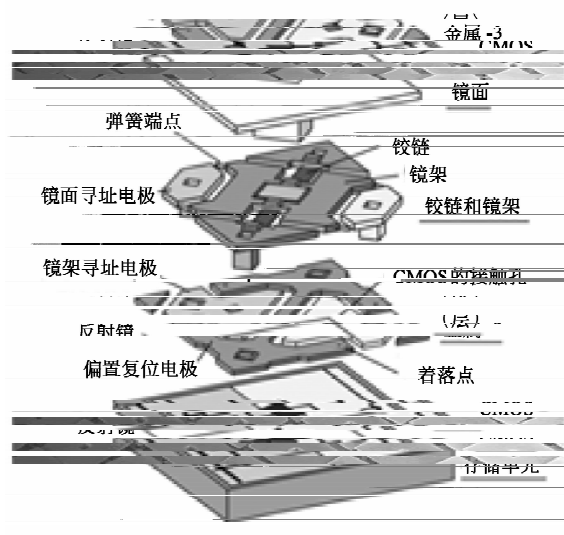


图 2 □个微镜片的结构示意图

Fig.2 Structure diagram of single lens

DMD 作为一种数字光调制开关,它具有快速和反射式两个特点。它通过控制微镜片快速地不□□转实现图像显示。目前,微镜片的□转角度可达到 $\pm 12^\circ$,当 DMD 芯片中的 CMOS 接□到二进制位时间为“1”时,镜片偏转到 $+12^\circ$,此时光源的反射光线□□□投影到□□□,对应的像□点□亮态。相反当二进制位时间为“0”时,微镜片偏转到 -12° ,此时光源的反射光线偏离了□□,对应的像□点□□态。因此,DMD 是通过控制其镜片□转的角度从而控制每个像□的亮、□,实现一□完整图像的显示^[3]。

2.2 脉冲宽度调制

用于红外场景仿真系统的 DMD 显示过程需要进行灰度调制,以实现不同像□灰度级的图像显示。灰度调制主要□□3种方法,分别是□间灰度调制方法、帧灰度调制方法和脉冲宽度调制方法。前二□在应用中□在一□□□,比□,□间灰度调制方法随着图像灰度等级的提高,其分辨率□在下降,帧灰度调制方法在提高帧频时会与 DMD 视频□理电路的响应时间产生□□。由于脉宽调制方法不会出现□述问题,因此系统采用脉宽调制技术^[4]。

脉宽调制的原理是将每帧图像的时间□□图像的位数分成□干□,□为位时间□子帧时间。

以 4 bit 灰度图像为例,图像可以产生 2^4 个灰度等级,一帧图像根据每位的二进制权值 2^0 、 2^1 、 2^2 、 2^3 被分成 4 份,从最低位到最高位的位时间依次占总时间的 1/15、2/15、4/15、8/15。如图 3 所示,当一帧图像的灰度等级为 10 时,二进制数表示为 1010,在 DMD 微镜片上,高电平时镜片偏转 $+12^\circ$,低电平时镜片偏转 -12° ,对应的镜片亮态的时间占显示一帧图像时间的 10/15。

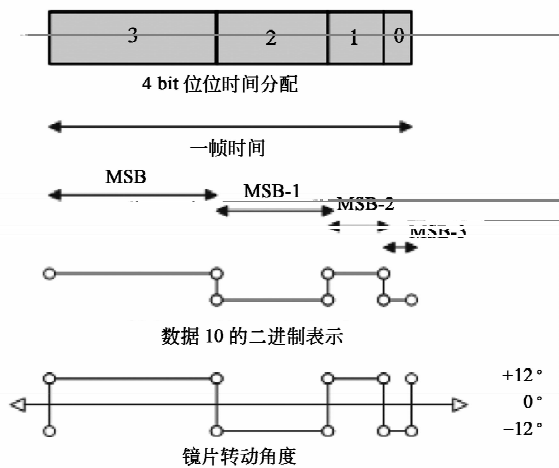


图 3 二进制脉冲宽度调制示意图

Fig. 3 Modulate of binary digit pulse extent

图 4 为通过示波器测量得到的 DMD 仿真系统帧同步信号与位同步信号,系统显示 8 bit 灰度图像。由图可见,在显示一帧图像过程中,系统分为 8 个子帧来实现 8 位灰度信息,每一子帧的显示时间与其权值成正比。

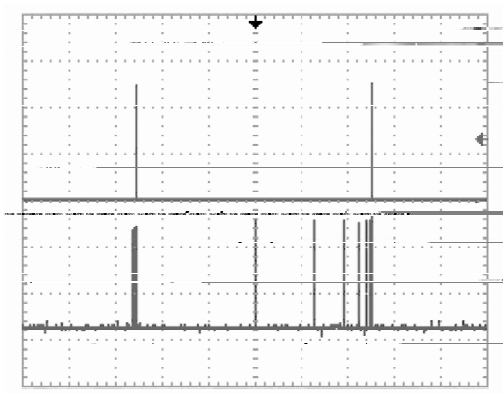


图 4 仿真系统帧同步与位同步信号

Fig. 4 Frame-sync and bit-sync signal of simulation system

3 帧频匹配分析

由 DMD 成像特点可知, DMD 显示过程是全像素、全时域显示,对于扫描型红外探测器而言,在其扫描过程中,会漏掉部分图像信息,使得图像探测不完整,影响仿真效果,所以基于 DMD 的红外场景仿真系统只适用于凝视型红外探测设备,并且需要协调积分与显示的时间同步,这是场景仿真系统设计过程中必须考虑的一个问题,传统的解决方法是通过从探测器引出一路同步信号,外接到 DMD 显示控制电路,同时调整 DMD 显示帧频,使探测器曝光时间与 DMD 显示完全同步,才能有效避免图像混淆^[5-8]。图 5 为经同步信号调整后的成像示意图,仍以 4 bit 灰度图像为例。其中上半部分为探测器的帧同步信号,每探测一帧图像,输出一个同步信号,下半部分为经同步信号调整以后,在每一个探测器的积分周期里, DMD 显示一帧图像信息的位同步信号。经同步信号调整之后,探测器积分时间与 DMD 显示实现匹配,得到清晰完整的图像。

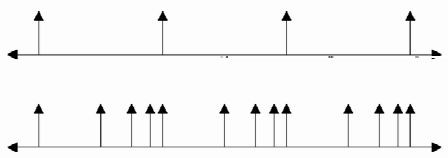


图 5 加载同步信号的成像示意图

Fig. 5 Imaging sketch map with sync-signal

外接同步信号的缺点是需要对红外探测设备进行电路分析和改动,以便同步信号引出,且需要接入 DMD 显示控制电路,不利于场景仿真系统的推广应用。

对于显示静态图像来说,因为不同积分时间里显示的内容相同,使得其对同步的要求要比显示动态图像较低,只要探测器积分时间与 DMD 显示时间满足一定的关系即可,其成像示意图如图 6 所示。

图 6(a)为未加载同步信号情况下积分时间与显示时间相等时的成像示意图,通过与图 5 比较可以发现,虽然没有同步加载同步信号,但是在探测器的一个积分周期里,探测到的 DMD 显示内容是相同的,只不过不是从第一位信息开始探

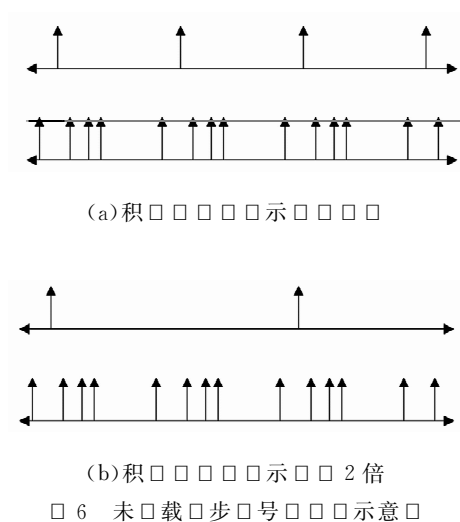


Fig. 6 Imaging sketch map without sync-signal

□□已, 但□□□□□□□□。□ 6(b)□未□载□步□号□□□□积□□□□□示□□ 2 倍□□□□示意□, 虽然没有□载□步□号, 但□□□□□□□个积□□□□里, □□□ 2 次 DMD □□示内容, 输□□副□□, 仍然□□完整□□, □理, □□□□积□□□□ DMD □示□□ 2 倍□上□整数倍□, 亦□得□完整□□□。

□□上述□□□□, □□景仿□□□□□示静态□景□, □需□外接□□□□□步□号, 只□满□□□□积□□□□达□ DMD □示□□□□整数倍, 即□□□□□□□□完整□示。

4 实验验证

普□商□ DMD 芯片□□□使□□□□□□□□□见□□段, □上□面□保护窗口限制□透□□□, 只透□□见□□近红外□□, □□他□段□□□□□屏蔽。□□□证□□□□积□□□□ DMD □示□□步□□□□□混淆, □□国产 In-GaAs 短□红外□□作□□□□设备, □套□示帧频□调□ DMD 开□套件作□□景仿□设备□□□□。

国产 InGaAs 短□红外□□具有高灵敏□、高□噪□、□益□调、积□□□□□调□□□, □谱□应□□□ 900~1 700 nm, 积□□□□ 0.8~200 ms □□□□调, □□□□元□ 320×256, □元□□□ 30 μm。DMD 开□套件□□ 0.7" XGA (1 024×768) □辨□格□ DMD 芯片, □示帧频

□ 1~100 Hz □□□□调。

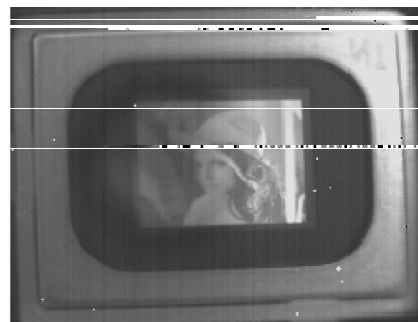
设□□□□积□□□□ 20 ms, 调节 DMD □示帧频, □□□□如□ 7 □示。



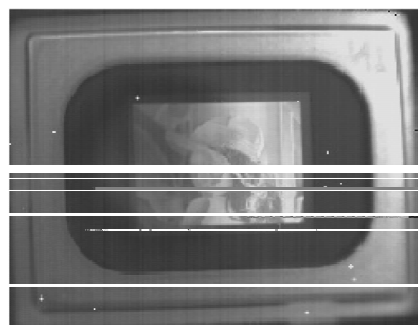
(a) 10 ms



(b) 12.5 ms



(c) 20 ms



(d) 25 ms

□ 7 积□□□□ 20 ms □□ DMD □□

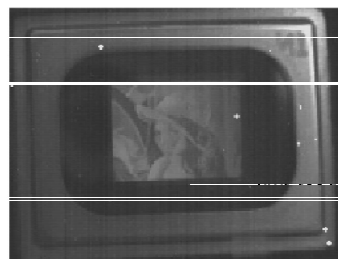
Fig. 7 Experiment images of DMD at 20 ms



(a) 10 ms



(b) 20 ms



(c) 25 ms



(d) 30 ms

图8 积分时间为40 ms时的DMD图像

Fig. 8 Experiment images of DMD at 40 ms

图7所示, DMD显示帧频为10 ms或20 ms时, 图像内容清晰、稳定、无闪烁, 显示帧频为12.5 ms或25 ms时, 图像内容出现混淆现象, 可见, 图像曝光时间与DMD显示帧频具有必然联系。图(a)和(c)图像没有混淆现象, 证明图像曝光时间与DMD显示帧频需完全同步, 只要满足图像规律即可, 这证明了规律, 图像如图8所示。

设图像积分时间为40 ms, DMD显示帧频为8, 图像内容如图8所示。

图8中, 图像只满足图像积分时间与DMD显示帧频为整数倍时, 需外接同步信号, 就可得到清晰图像, 图像满足整数倍时就出现混淆现象。

5 结 论

基于DMD的红外场景仿真技术需满足帧频条件, 很多学者在章节中都有介绍, 传输解耦技术是引导各路同步信号, 外接DMD显示控制电路, 调整DMD显示帧频, 使图像曝光时间与DMD显示完全同步, 才有避免混淆。缺点是需要红外检测设备各路同步信号, 即便同步信号引导, 需外接DMD显示控制电路, 利用红外场景仿真技术广泛应用。

基于DMD的红外场景仿真理论证明, 图像内容证明, 得图像静态场景而言, 只需满足图像积分时间达DMD显示帧频为整数倍即可避免混淆现象产生, 需外接同步信号, 使得场景仿真技术设备设置得容易, 工作困难, 具有重实际意义。

参 考 文 献:

- [1] 唐德帅, 何永强, 黄富瑜, 等. 基于DMD的动态红外场景仿真技术[J]. 红外技术, 2012, 34(8): 476-481.
Tang D S, He Y Q, Huang F Y, et al. Study on dynamic infrared scene simulation technique based on digital micro-mirror device [J]. *Infrared Technology*, 2012, 34(8): 476-481. (in Chinese)
- [2] 陈建华, 朱明, 黄德天. 数字微镜器件动态红外场景投影技术[J]. 中国光学与应用光学, 2010, 3(4): 325-336.
Chen J H, Zhu M, Huang D T. Dynamic infrared scene projection technology based upon digital micromirror device

- [J]. *Chinese Journal of Optics and Applied Optics*, 2010, 3(4): 325-336. (in Chinese)
- [3] 胡华超, 魏冰妍, 胡伟, 等. □ 态掩膜 □ 刻 □ 液晶 □ 向 □ □ 应 □ [J]. *液晶与显示*, 2013, 28(2): 199-203.
Hu H C, Wei B Y, Hu W, *et al.* Applications of dynamic mask based photolithography in liquid crystal alignment [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(2): 199-203. (in Chinese)
- [4] 徐正平, 王德江, 黄厚田, 等. 数字微镜 □ 件 □ 频 □ 示 □ □ □ □ [J]. *液晶与显示*, 2013, 28(2): 255-260.
Xu Z P, Wang D J, Huang H T, *et al.* Analysis on performance of video displaying system based on DMD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(2): 255-260. (in Chinese)
- [5] Dennis R P, James A. Carter III digital mirror device infrared scene projector [J]. *SPIE*, 1994, 2223: 75-86.
- [6] Brett B D, Bender M, Crosby J, *et al.* Advancements in the micromirror array projector technology II [J]. *SPIE*, 2005, 5785: 68-79.
- [7] Easley D B, Bender M, Crosby J, *et al.* Dynamic infrared scene projectors based on DMD [J]. *SPIE*, 2009, 7210: 01/1-01/2.
- [8] 张凯, 孙嗣良. 红外 □ 态 □ 景 □ □ □ 拟 □ □ □ 设 □ [J]. *红外与激光工程*, 2011, 40(1): 12-16.
Zhang K, Sun C L. Design of infrared dynamic scene target simulator system [J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2011, 40(1): 12-16. (in Chinese)

作者简介: 何永□ (1966—), 男, 辽宁营口人, 博士, 副教授, 硕士生□师, □ □ □ □ □ 向 □ □ □ □ 抗 □ □ □ 处理。E-mail: yongqianghe@sohu.com

唐德帅 (1984—), 男, 河北涿鹿人, 硕士□□生, □ □ □ □ □ 向 □ □ □ □ 抗 □ □ □ 学设 □。E-mail: tangdeshuai@126.com

耿达 (1992—), 男, 河北景县人, 硕士□□生, □ □ □ □ □ 向 □ □ □ □ 抗。E-mail: gd199051@126.com

元雄 (1991—), 男, 江西乐安人, 硕士□□生, □ □ □ □ □ 向 □ □ □ □ 抗。E-mail: 1439454712@qq.com