

# greenMachine<sup>®</sup>

simply the best



## 用于并行 HDR / SDR 生产的动态转换

Lucien Lenzen, Mike Christmann

## 摘要

当前的并行 HDR/SDR 制作仍然遵循与仅 SDR 制作相同的工作流程。在目前的工作流中，无法执行“真正的 HDR 着色”来创建动态，出色的 HDR 内容。此外，SDR 并不能从提高录像品质中受益。我们将讨论动态转换如何帮助并行 HDR/SDR 制作，以及可以支持的新的工作流。

## 介绍

HDR (高动态范围) 产品的数量正在缓慢增加。即使有市场增长指标，HDR 距离全球接受仍有很长的路要走。在 HDR 产品中仍然存在各种各样的挑战。例如：不能同时创建同样专业的 HDR 和 SDR 版本 (SDR =标准动态范围)。在整个本文中，我们讨论如何通过使用动态 HDR/SDR转换器（例如 LYNX Technik greenMachine® HDR Evie™）来解决这一挑战。HDR/SDR 转换的另一个挑战是色域的调整。符合 ITU-R BT.2100[5] 标准的 HDR 生产还需要一个扩展色域，通常称为宽色域 (WCG)。扩展的色域，通常称为宽色域 (WCG)。根据 ITU-R BT.709 [6] 转换为 SDR 信号时，必须适应较小的色域。有关这些挑战和可能解决方案的更多详细信息，请参考本文档中包含的参考列表—参见 [7]和[8]。



巴伦西亚的阿尔萨斯艺术之城

## 在巴伦西亚进行 HDR 测试生产

为了帮助我们了解与 HDR 制作相关的挑战，有必要看一看 HDR 制作的历史。2014年，第一批突破性的 HDR 测试产品在西班牙巴伦西亚的 MotoGP 上进行。目的是研究 HDR 与 SDR 的附加值。为此目的，进行了两个平行生产。每个产品都带有自己的技术设备（相机，混合器等）和人员（图像工程师，快门操作员等）。

该产品以其在活动期间拍摄的著名的照片[1]而著称，其中 HDR 和 SDR 着色器位于 OB 面包车的控制监视器前面。当 SDR 着色器在旋转光圈的同时专注地观看图像时，HDR 着色器是放松的，并通过操作捕捉更多的动作。

-HDR 的主要优势（通过该比较突出显示）是 HDR 不需要 SDR 中需要的大量光圈控制。当然，在 HDR 制作中，可能需要不时进行调整；但仅当出现较大的亮度波动时。

-HDR 的第二个优点是，它确保可以将较小的亮度变化分配给家庭观看者，而不必在生产中加以抑制。所有这些最终都有助于改善观看者的身临其境的体验。

-HDR 的第三个优点是可以在一次 HDR 曝光中捕获更大的对比度范围，因此与 SDR 环境相比，削波发生的时间要晚得多且发生频率更低。

## 目前的 HDR/SDR 产品和 ITU-R BT.2408

巴伦西亚的测试不仅显示了 HDR 的优点，也显示了它的缺点。在这个测试中，两个产品并行执行。然而，我们知道，由于技术复杂性和相关成本，并行生产从长远来看是不可持续的。因此，在实践中，我们的目标是无需付出太多代价即可从 HDR 程序生成 SDR 程序。目前，HDR/SDR 静态转换(下转换)正用于此目的。这种方法从 HDR 信号中“切出”一个定义的亮度范围，并对其应用经典的伽马曲线。但是，关于光圈控制，由于曝光差异太大，因此无法像 HDR 着色器一样在测试生产过程中进行。重要的图像区域可能落入 SDR 的静态转换器定义的固定通道。但是，情况并非如此，可能很快导致曝光不足或过度曝光，而这些信息可能会在阴影中耗尽或消失。

ITU-R BT.2408 (HDR 电视生产操作实践指南) [2]规定：

“如果不影响 SDR 的制作，则应使用通过下变频器馈入的 SDR 监视器对 HDR 和 SDR 摄像机进行阴影处理。尽管 HDR 信号可能无法始终发挥 HDR 制作格式的全部潜力，但 HDR 图像仍比 SDR 表现出显著改善。”

换句话说，为了控制光圈，在进行静态转换后，可以在 SDR 显示器上查看图像。但是这一过程对上述巴伦西亚制作的三个优势意味着什么呢？一方面，光圈控制保持不变。着色器必须不断地调整光圈以适应不断变化的光照条件，这也意味着 HDR 图像将以其最大亮度和方差进行裁剪。虽然上述引用 ITU-R BT.2408 仍然谈到了一个显著的改进，但 HDR 图像仍无法发挥其功能，并且几乎无法进行亮度方面的创造性工作。反过来，SDR 图像几乎不会从录制品质中受益，因为使用了与当前拐点或增益函数相似的函数进行转换。在确定的狭窄亮度范围之外的信息继续成为剪切的受

受害者。总之，原来 HDR 制作的几乎所有优势都被放弃了。另一方面，这也是因为直到最近还没有上述静态转换器的替代方案。

为了能够调节 HDR 中的光圈，需要一个系统来调节光圈或在 SDR 图像中组合更多的对比度范围，从而使光圈失去相关性。与当前解决方案相比，系统必须根据图像内容动态工作。ITU-R BT.2408 表示：

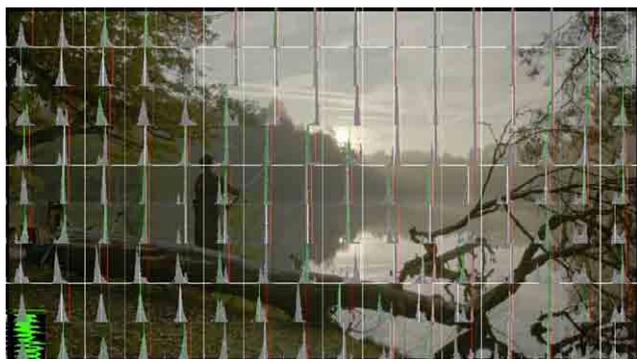
“由于 HDR 图像的曝光范围远大于 SDR，因此可能需要动态的 HDR 到 SDR 转换器来提供令人满意的 SDR 输出。动态转换器旨在针对任何场景优化 HDR 到 SDR 的色调映射曲线，从而比固定（或静态）色调映射曲线可以适应更广泛的曝光范围。”

## 动态转换

动态转换可以分为两个级别：

**Level 1:** 分析整个图像，并根据分析结果调整传递曲线（全局方法）。必须在对比度水平和保留尽可能多的信息之间做出折衷。图像越平坦，高光和阴影中丢失的细节越少。但是，不希望使用平面图像，因此转换算法必须在重要的信息和可接受的灰度等级之间做出决定。在 HDR 工作流程中，真正的优势在于，可以使用真实的 HDR 光圈控制，并在曝光上有较大的差异。

**Level 2:** 上述权衡决定也可以在图像的不同区域上分别执行（分格方法），以便对光和阴影进行不同的处理，因此可以相互调整。可以降低光线，并且可以使阴影变亮而不会互相影响。换句话说，在场景的相同对比度范围内可以实现更陡峭的图像印象。另一个关键优势是增加的对比度范围使 HDR 图像和 SDR 图像受益。可以在 SDR 中显示几乎所有图像信息。



使用 HDR Evie+ 进行分格动态转换的示例

鲜艳和强烈饱和的色彩仍然是 HDR 真正独特的卖点。这个概念可与基于 Windows 的色彩校正媲美。

对于上述 Level 1 和 Level 2，必须执行[8]中所述的适当色域转换。

## 具有动态转换的工作流程

动态转换的使用提供了几个新的工作流：

### 1: 同时制作 HDR/SDR

#### – HDR 制作后创建 SDR 版本

第一种选择（参见图1）是在 HDR 制作后使用动态 HDR/SDR 转换来自动创建 SDR 版本，而不必在制作过程中考虑它。此方法仅通过使用 HDR 监视器即可对图像进行着色和控制。此工作流需要有符合 ITU-R BT.2100 [5] 功能的设备。否则，一方面投资成本很高，另一方面还要考虑到动态转换必须在干净资源信号中执行，因为转换曲线与图像内容相关，可能会稍微扭曲图像。由于图形通常在 SDR 中表现，因此可以在动态转换后添加到干净资源信号中。对于 HDR 通道，可以使用静态 SDR/HDR 图形上转换。除了动态 HDR/SDR 转换外，还需要进行 BT.2100 (WCG) 到 BT.709 (标准色域, SCG) 的自动色域转换。

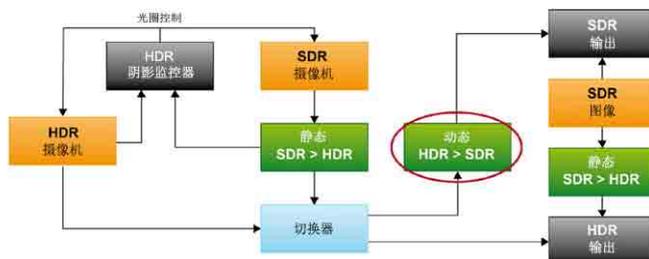


图1: HDR/SDR 制作与输出的动态转换

### 2: HDR/SDR 制作 – 制作前转换

另一个选择是，动态转换可以作为 HDR/SDR 转换直接在每个摄像机后面进行（如下图所示）。这将均化图像，并在输出端启用静态转换。当然，这将会产生一个问题，为什么 HDR 到 HDR 需要进行动态转换？均化又意味着什么？



图2: 在摄像机后进行动态转换的 HDR/SDR 制作

例如：在下面的图3中，左图显示了演示者站在非常明亮的背景前。此图显示了经典 SDR 中的场景，该场景将背景限制为 100 cd / m<sup>2</sup>。可以通过在 HDR 中显示图像来防止剪切。但是，这将如何改变现场的印象呢？在黑暗中已经相对被阴影遮盖的主持人在 HDR 中不会明显变亮。然而，由于不受限制，背景将达到更高的亮度值，并且实际上会使她耀眼。可以在 HDR 监视器上显示场景，但这不会使其在视觉上更具吸引力。为了增强图像，仍将需要使用照明，如图3的中间图像所示。很明显，仅 HDR 并不能解决照明不佳的问题。为了减少照明的使用并获得更自然的图像，可以对 HDR 使用逐个扇区的动态



图4：使用HDR摄像机和动态转换进行SDR生产



图3：在户外运动比赛中，主持人站在帐篷下面。在经典的 SDR（左）中，主持人的脸部十分暗。借助 12kW 照明（中间），尝试平衡场景的照明。另外，也可以使用动态转换（右）。[来源：WDR / HSRM 测试产品，并获得 Westdeutscher Rundfunk 的许可]

转换处理。图3中的右图显示了相同的场景，没有使用补光灯，也没有使用动态转换。这补偿了场景的不均匀照明情况，从而为 HDR 图像带来了所需的效果。

此外，更多的亮度值落入 SDR 走廊。这样，两个信号；可以在输出端生成具有 BT.709 色域的优化 HDR 信号和最佳 SDR 信号（借助于附加的简单静态转换）。

### 3. SDR 制作

第三个选择（参见图4）主要不是关于 HDR 的制作，而是关于改善 SDR 图像和自动化制作过程，以及轻松地处理该过程。与前两个选项相比，只需将摄像机更换为与 HDR 兼容的等效摄像机，或对现有摄像机进行相应的改装。在摄像机后面，HDR/SDR 转换包括进行色域调整所需的必要色彩空间转换，因此在处理链（混合器，监视器等）中，仍然可以与正确诠释 ITU-R BT.709 的设备进行工作。

与所有组件的完整转换相比，此工作流程代表一个低进入选项。但是，它使广播公司可以利用 HDR。一方面，可以立即向每个观看者发送更高的对比度范围，从而获得更好的图像。另一方面，同等重要的是，与现状相比，可以减少生产工作量。这可能是有两个原因的：

1. 增大的镜头光圈范围导致更大的工作区域。这意味着图像需要较少的调整，并且实际曝光更加自动化。
2. 如上面的选项2所示，可以减少补光的使用。由于支持 HDR 的摄像机的对比度范围增加，因此在此工作流程中可以在信号处理中进行一定程度的照明。

对于未来的 HDR 制作，与静态剪辑受损的 SDR 图像相比，借助静态 SDR/HDR 上变频动态转换的 SDR 内容将更接近原始 HDR 内容。因此，该选项可以将 HDR 内容存储在 SDR 存档中，或者允许 HDR 回放与 SDR 回放并行。例如：同步 HDR 实时流应用程序。

## 结论

当前用于并行 HDR/SDR 制作的工作流基于静态 HDR/SDR 转换。已经表明，这种产品的质量增益相当有限 - 特别是在所涉及的努力和投资方面。HDR 和 SDR 图像均无法发挥其功能。在这种情况下，动态转换提供了前所未有的机会，因为一方面光和阴影中的细节保留在 SDR 图像中，另一方面可以基于 HDR 图像进行真正的动态调整。显示了动态 HDR/SDR 转换器它不仅是工作流程中的新设备，而且还影响程序或事件的产生方式。工作流程（图1,2,4）除使用动态转换器外，还使用静态转换器。

## 参考

- [1] Centen, P., „4K HDR 成像系统“ HPA 技术研讨会 2015
- [2] ITU, „ITU-R BT.2048-3 建议书 - 《HDR 电视制作操作规范指南》
- [3] Lenzen, L.: „使用分色调映射的传统显示 HDR”, 2016年 IBC 会议论文集, 阿姆斯特丹, 2016年9月
- [4] Lenzen, L., Hedtke, R., Christmann, M.: „HDR für alle Displays“, Fernseh- und Kinotechnik (FKT), 第72卷, 第5/2018期, 第37-40页
- [5] ITU, „ITU-R BT.2100-2 建议书 - 用于制作和国际节目交换的高动态范围电视的图像参数值”
- [6] ITU, „ITU-R BT.709-1 建议书 - 用于演播室和国际节目交换的 HDTV 标准的基本参数值”, 1993年。
- [7] Kutschbach, P.: „HDR – Farbraumtransformationen – Grundlagen“, Fernseh- und Kinotechnik (FKT), 第73卷, 第10/2019期, 第40-44页
- [8] Kutschbach, P.: „HDR – Farbraumtransformationen – Transformationsalgorithmus“, Fernseh- und Kinotechnik (FKT), 第73卷, 第11/2019版, 第36-41页

# LYNX Technik AG HDR 制作解决方案

greenMachine 的一套 HDR 处理工具解决了同步工作流的问题，通过将优化的 HDR 与上转换的 SDR 信号源组合到单个 HDR 制作过程中，从而消除了昂贵且耗时的 SDR 和 HDR 双重制作成本。

LYNX Technik 的 greenMachine 全线 HDR&SDR 处理解决方案支持转换，色调映射，色域等一系列开放标准，包括 HLG, PQ, SDR 和 SLog3。Rec709, Rec 2020 和 Panasonic, Sony, Arri, ACES, DCI-P3, RED 和 BMD 的相机标准。greenMachine HDR 解决方案还配备了集成的帧同步，4K/UHD 上/下交叉转换和一系列强大的音频处理功能。

免费下载的 greenGUI 对所有 greenMachine 应用程序提供配置和控制。用户可以在没有 greenMachine 硬件连接的情况下以模拟方式运行它，有助于探索无数可用的调整和功能。greenMachine 完全兼容 SNMPv2

## 分格动态 HDR►SDR 转换器



HDR Evie + 是实时，动态和分格，逐帧广播品质的高动态范围（HDR）到标准动态范围（SDR）转换器，支持高达4K UHD（3840x2160）的格式。

HDR Evie + 通过使用独特的，行业领先的动态分格逐帧算法将 HDR Evie 提升到一个新水平，该算法使用分格动态色调映射，可以调整 3G 或 4K HDR 内容的每个分格（每格144分格）- 配置完成后，该过程将完全自动化，每帧144段中会分析和转换传入的 HDR 图像。HDR Evie + 最适合本机 HDR 工作流程，从而降低了设备和手动操作的成本。greenMachine HDR Evie + 的分段动态转换特别适合要求苛刻和不可预

测的内容，具有快速移动的主题和通常在现场体育和新闻广播中出现的高对比度条件。

HDR Evie + 应用程序包还包括用于 HDR◀►SDR 转换以及 HDR 标准之间转换的 HDR Static。

HDR Evie+



产品目录

## 动态 HDR►SDR 转换器



HDR Evie（增强型视频图像引擎）是世界上第一个使用高级算法的 HDR 到 SDR 转换解决方案，该解决方案可以实时，逐帧地自动分析和应用最佳校正。对于经常具有挑战性的照明条件，亮度水平和图像构图的专业直播，它是理想的实时制作工具。

到目前为止，只有通过手动将校正元数据应用于每个帧，然后才能在实时回放中使用，逐帧校正才是可能的。一个非实时的过程，既耗时又昂贵。HDR Evie 解决了这一挑战。

HDR Evie 应用程序包包括用于 HDR◀►SDR 转换以及 HDR 标准之间转换的 HDR 静态。

HDR Evie



产品目录

## 静态 HDR◀►SDR 转换器



HDR Static 是功能齐全的广播品质 HDR►SDR, SDR►HDR 或交叉标准 HDR►HDR 转换器，支持高达 4K UHD（3840x2169）的格式。它在特定内容上应用颜色和对亮度校正，以提供大大增强的图像。它还满足广播公司的广色域（WCG）需求和专业 AV 直播活动要求。

该应用程序包使用户可以通过适当的静态色调映射，在包括 Gamma, PQ, HLG 和 slog3 在内的常见输入和输出曲线之间进行上，下和交叉转换，以及在完整范围和狭窄范围之间进行转换。颜色空间之间的转换，包括 Rec. 709 和 Rec. 2020年也是可能的。HDR 静态 greenMachine 处理

器具有一种先进的算法，可以克服“往返”SDR►HDR►SDR 引起的问题。

HDR Static



产品目录

HDR►SDR



示范

HDR Static 还包括一个空间上/下/交叉转换器，用于最多 4K UHD 视频，音频处理，路由和混洗，色彩校正，定时调整，元数据处理等等。



微信公众号: SHLYNX

中国代表处: 上海

LYNX Technik AG

中国上海四平路775号

天宝华庭1号楼1612室

邮编: 200092

电话: +86 21 5631 8322

Email: [augustz@lynxtechnikapac.com](mailto:augustz@lynxtechnikapac.com)

亚太区总部: 新加坡

LYNX Technik Pte Ltd

114 Lavender Street

#05-92 CTHub2

Singapore 338729

电话: +65 6702 5277

Email: [Joehant@lynxtechnikapac.com](mailto:Joehant@lynxtechnikapac.com)

[www.lynxtechnik.top](http://www.lynxtechnik.top)