



ICVFX主摄影系统构建

基于nDisplay的集群渲染与同步优化

ICVFX Principal Photography System Construction:
Cluster Rendering and Synchronization Optimization based on nDisplay

汇报人：钱俊赫，祝庆



ICVFX主摄影系 统构建研究

目录

媒体集成

ICVFX

- 镜头内视效概述
- LED面板
- 硬件
- 摄像机追踪
- ICVFX快速入门

nDisplay

- nDisplay概述
- Genlock
- nDisplay快速入门

与媒体组件通信

Switchboard

- Switchboard概述
- Switchboard快速入门



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

虚拟制作的背景介绍

虚拟制片的产生与计算机图形学（CGI）、实时渲染技术、虚拟现实（VR）、增强现实（AR）等数字技术的迅速发展密切相关。尤其是近年来图形处理能力的提升和渲染技术的突破，使得在虚拟环境中拍摄和实时渲染成为可能。

一些电影进行了早期的虚拟制作尝试，比如《星际迷航》、《阿凡达》、《曼达洛人》等系列影片，均使用了虚拟制作。（<https://youtu.be/gUnxzVOs3rk?si=xV-6ULtMzY7qCbio>）

随着如Unreal Engine（虚幻引擎）、Unity等游戏引擎的发展，实时渲染技术变得越来越成熟。这些游戏引擎能够快速渲染出高质量的图像，使得虚拟制片成为现实。在电影拍摄中，导演和演员能够实时看到虚拟环境的效果，大大提高了拍摄过程中的创作效率。

同时随着技术软硬件技术的不断更新，目前虚拟制作已经被多个行业应用

ICVFX主摄影系统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

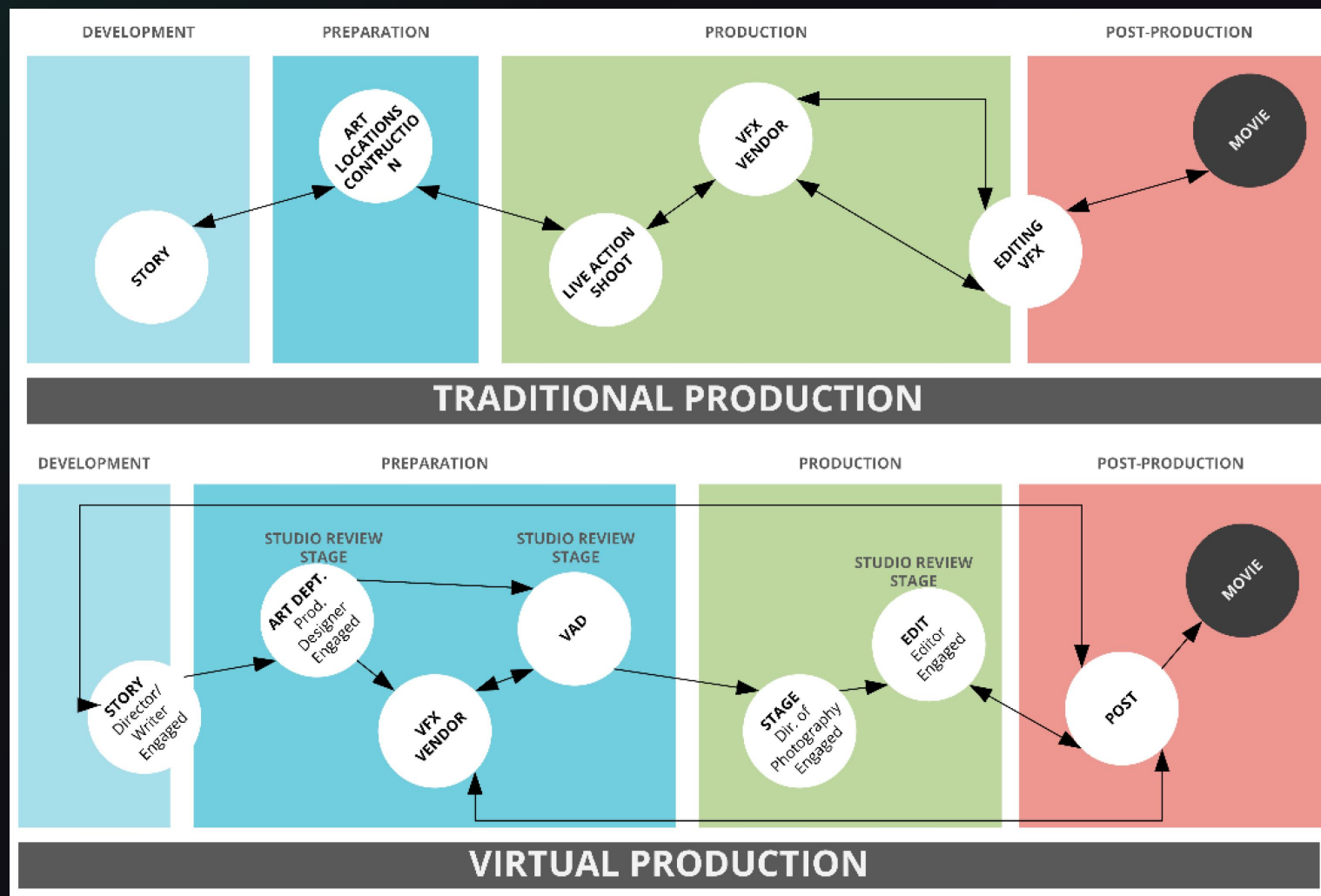
Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

虚拟制作的背景介绍



虚拟制作与传统制作的差异

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

📹 镜头内视效概述

镜头内视效（In-Camera VFX）是一种令人激动的全新理念，用于在实时拍摄中直接拍摄实时视效。此技术依靠**LED光照**、**实时摄像机追踪**和**实时渲染离轴投影**这三者的结合，实现前台演员和虚拟后台之间的无缝整合。其主目标是消除对绿幕合成的需求，以便让摄像机直接拍摄最终成像。对于制作高品质实时视效来说，其中一个最大的挑战就是如何同步所有技术，以便同时推进所有内容。



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

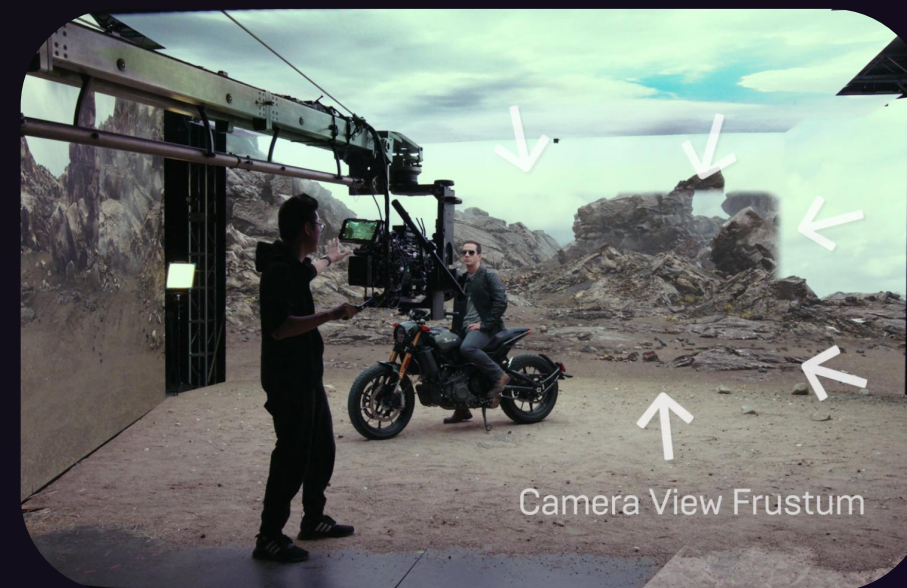
📹 镜头内视效概述

镜头透视问题的正常操作（基于UE）：

镜头内视锥：LED墙上所示的画中画将显示摄像机视图。

镜头外视锥：在摄像机视场外的LED摄影棚中显示的内容

UE通过多种系统（如nDisplay、Live Link、Multi-User Editing和Web Remote Control）支持此技术。



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

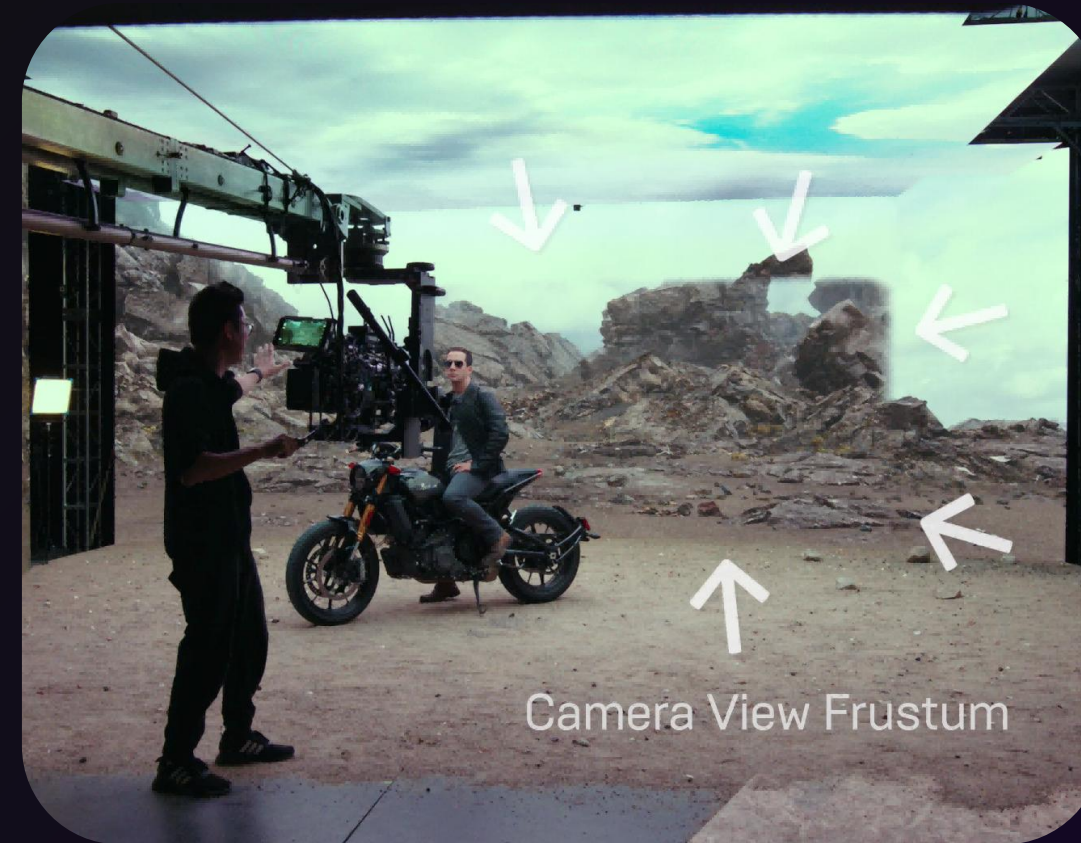
Switchboard

Switchboard概述

快速入门

📹 镜头内视效概述

右图显示了在沉浸式 LED 摄影棚 (LED volume) 中采用in-camera VFX的场景。主LED墙上所示的画中画将显示摄像机视图，其被称为摄像机的**内视锥 (inner frustum)** 渲染。此内视锥代表从摄像机视角的视场(FOV) (基于当前镜头焦距)。内视锥中所示的图像随摄像机在场景内的移动，而通过实体摄像机进行追踪，并始终显示摄像机的虚拟对等物在虚幻引擎环境中看到的内容。当通过真实世界的摄像机进行查看时，系统会形成一个视差效应，并利用完整的虚拟3D世界而非扁平的背景板形成在真实世界位置中拍摄出来的感觉。



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

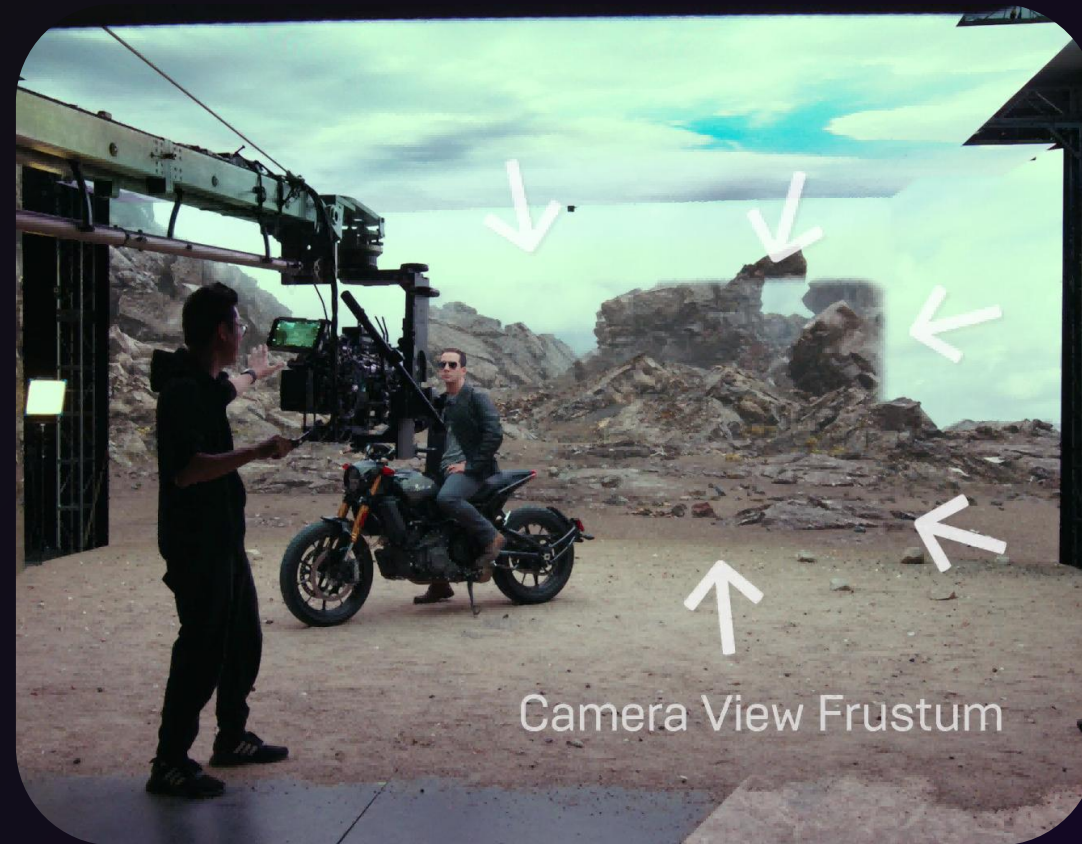
Switchboard

Switchboard概述

快速入门

📹 镜头内视效概述

在摄像机视场外的LED摄影棚中显示的内容被称为 **外视锥 (outer frustum)**。此外视锥可将LED面板转变为物理组的动态光源和反射光源，因为这些面板以虚拟世界包围组集，并还原光线照射在真实世界位置上的效果。摄像机移动时，外视锥保持静态。这模仿了光照和反射在真实世界中不随摄像机移动的原理。每个拍摄点可架设于虚幻引擎环境中的预期位置，并指示用哪种外视锥渲染照亮当前场景。



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

📹 镜头内视效概述

绿幕拍摄

绿幕拍摄在时间上属于LED背景墙的前一代，但是我们任然要提一下这个技术，他对我们认识LED技术也会有些帮助。

你可以使用UE中的Composure系统或AE以及NUKE软件来为影视制作中的绿幕场景进行合成，如果你了解环境，制作了视效预览，完成了采景工作，你就可以只使用绿幕。



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

📹 镜头内视效概述

绿幕拍摄

在这里要注意几点：

保持绿幕 均匀、无阴影、无反光。演员与背景分离，留出足够空间防止**溢色 (Spill)**。主光与虚拟背景方向一致（方向光需参考 UE 虚拟场景）。其次和现场的色彩匹配也非常重要，这决定了最终成片色彩是否能够一致的重要性。但总之，绿幕合成并不属于即时合成技术的一种。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

11 LED墙 + ICVFX (LED Wall + ICVFX)

高分辨率LED屏幕 + 虚幻引擎实时渲染 + 摄像机追踪系统，让导演在拍摄现场就能“看到最终画面”——不用绿幕、不用后期抠像。



2025.12.22

11/178

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

11 LED面板

LED舞台设计及其预期用途是in-camera VFX设置不可或缺的部分。所需的LED摄影棚内面板数量，及其布局方式推动实现剩余的硬件设置。LED面板可置于环绕actor的弧形图案中，以提供更好的环境光照和反射。它也有利于提供LED天花板，为整个场景的环境光照和反射做贡献。旨在创建完全虚拟的环境的制片过程可能需要至少**270度的封闭体积**，以实现精确的组集光照和反射。如果组集的主体部分为实体构建，且该组集仅一部分需要虚拟世界，如组集窗口，那么可以考虑单面或曲面墙。其他因素，包括制片预算、实体空间限制以及某些情况下，生产商面板的可用性，都会影响LED舞台的设计。



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

LED面板

LED面板做成270度的好处：

- 能够满足大多数镜头的拍摄需要（左中右，同时还能容纳如摇臂、moco等大型摄影器材）
- 能够提供更好的包围式光照
- 能够提供更好的置景空间以及提供更好的演员表演空间
- 比立方体布局的LED屏更好的隐藏如屏幕接缝，光源亮度不统一，透视不统一问题



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

LED墙 + ICVFX (LED Wall + ICVFX)

这项技术的难点在于对镜头的把控和机内视效的结合，在拍摄中要考虑镜头畸变，屏幕反射，屏幕点距等技术指标以及灯光效果、色彩效果等对最终视效有影响的技术指标。

因此我将实拍部分分为LED墙与摄影机两个部分讲述。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

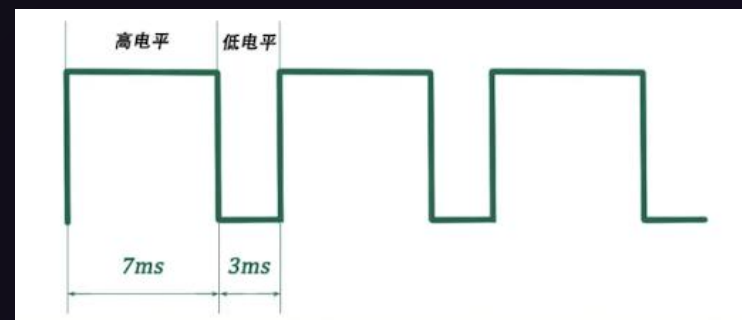
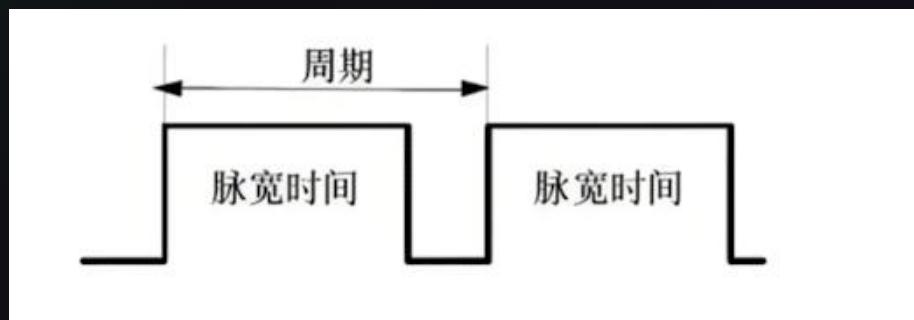
2025.12.22



LED墙

首先是对LED屏幕技术的分析。

LED屏幕运行机制：PWM，全称**脉冲宽度调制**，是一种对模拟信号电平进行数字编码的方法。通过改变一系列脉冲的宽度，PWM可以等效地获得所需的波形，包括形状和幅值。即在合适的信号频率下，通过一个周期里改变占空比的方式来改变输出的有效电压。**占空比**即为信号处于高电平时间与整个周期时间的比例。



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

LED墙——频闪

那么接下来我想介绍一下LED屏幕第一个问题——**频闪**。

举个例子，比如我们这次拍摄虚拟制作作业时，有低光环境画面，但此时当我们要拍摄时发现，镜头画面出现了频闪问题，那么通过以上介绍，我们得知这个问题出现的员原因就是：

低亮度 = 低占空比PWM调光——即闪光频率与相机快门速度不同——即相机能更容易补获闪烁画面

因此第一个问题会出现：相机会捕捉到 LED 每一帧真正亮和灭的瞬间

- 条纹
- 明暗跳动
- “波纹”抖动（滚动条纹）
- 屏幕部分变暗或变亮

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

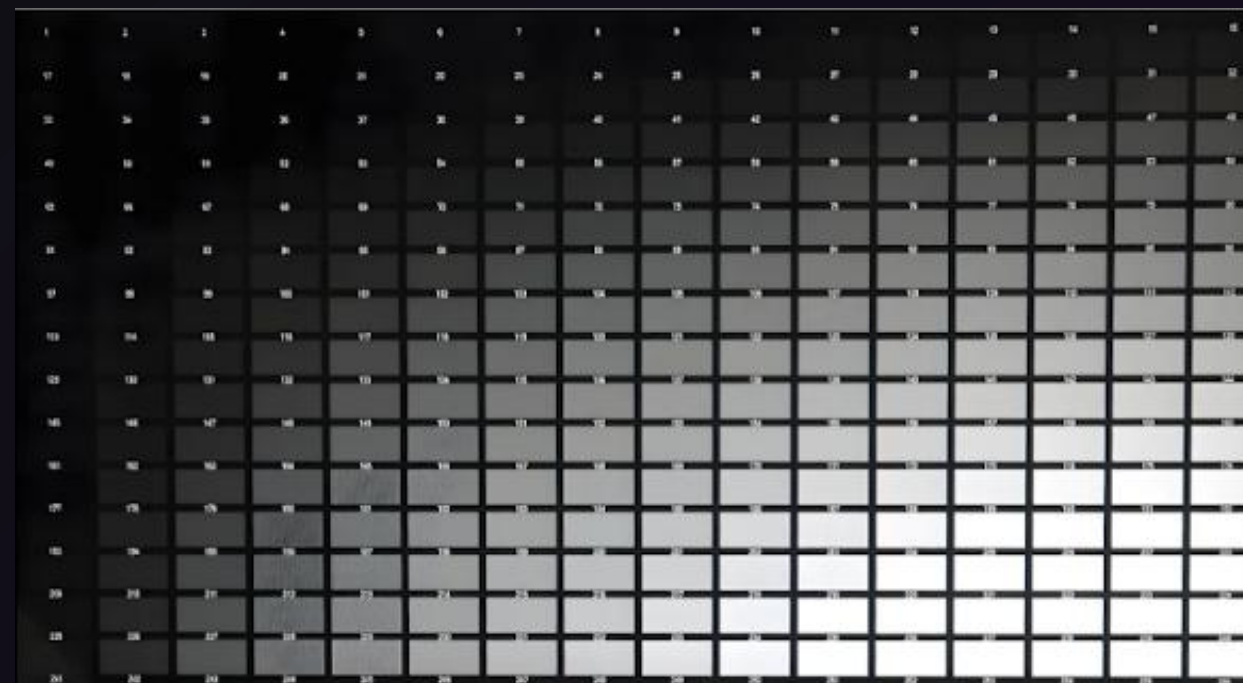
LED墙——频闪

第二点屏幕有可能出现频闪的问题是LED刷新率过低或灰度系数更低，因为：

LED 灰度数 = LED 可以呈现的亮度阶梯数量。

所以相当于灰度系数越低，亮度的调节阶梯越短，这就间接的导致了PWM脉冲变得粗糙，如原本每秒38000次闪烁降为300次或打乱RGB灯珠闪烁次序，进而导致其画面出现频闪问题。所以若在低亮度时，灰度系数丢失明显，则画面也会出现频闪问题。

(当然也有可能与摄影机的灰度系数有关)



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门



LED墙——频闪

对于频闪问题，还有一个要素需要提及，频率，导致其频率出现变化的硬件设施就是——**LED屏幕驱动器**。

LED驱动器的带宽限制了调光频率和对比度，大部分的还路带宽都设定在了低于50khz，进而对比度被大幅度限制，而因此若要更好的缓解频闪问题，调整LED驱动器也是一个好的方法。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门



LED墙——频闪

但提升对比度来解决频闪问题也并不简单，原因在于屏幕的技术限制，比如峰值亮度和色域问题，举个例子如果屏幕达到峰值亮度后，过明过暗的画面在相机内显示为过曝或无法捕捉，则会导致画面无法使用，再比如屏幕的色域不够宽，则提高对比度可能会导致暗部画面细节大幅度丢失，进而画面也不能够使用。

因此这个解决方案是需要屏幕自身品质和摄像机的性能紧密结合才能完成的。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门



LED墙——伪影

在 LED 虚拟制作中，出现画面伪影是一个常见问题，通常表现为图像失真、重影、模糊、条纹等不真实的视觉现象。这些伪影会影响虚拟制作的视觉质量，尤其是在拍摄时，对演员和环境的光照和细节呈现可能造成干扰。

例如，如果屏幕的刷新率（如 60Hz）与相机的快门速度（如 1/60s）匹配，则相机捕捉到的画面会显得平滑。如果刷新率和快门速度不匹配，屏幕的亮灭周期和相机的曝光周期会出现错位，导致滚动条纹或闪烁。

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

LED墙——摩尔纹

香农奈奎斯特定理指出：我们采样的**频率必须至少是信号频率的两倍**，才能准确的表示原信号，小于时，会出现混叠，即摩尔纹。



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门



LED墙——摩尔纹

在虚拟制片中，摩尔纹问题通常出现在 LED 屏幕 与 摄像机传感器 之间的相互作用中，主要是因为：

- 像素结构差异：摄像机的图像传感器（尤其是图像传感器像素网格）与 LED 屏幕的像素结构发生干涉。这是因为摄像机传感器的采样频率和屏幕像素的排列方式不匹配。
- 摄像机的快门速度或扫描方式：例如使用滚动快门的摄像机会影响摩尔纹的表现，因为它逐行扫描图像，导致与屏幕图像刷新不完全同步，出现不规则的伪影。
- LED屏幕的刷新率：虚拟制片中使用的 LED 墙通常会有一定的刷新频率。如果刷新率与摄像机的帧率不匹配，也容易产生摩尔纹。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

LED墙——摩尔纹

解决方法：

- 选择合适的像素间距：对于LED屏幕的选择，像素间距应与摄像机的传感器像素大小匹配，以减少干涉。
- 调整摄像机设置：使用全局快门的摄像机可以避免摩尔纹，因为全局快门可以同步捕捉整个图像。而使用滚动快门时，则需要调整快门速度或使用其他技术来减少摩尔纹的影响。
- 调整对焦距离、焦距或者调整拍摄角度，减少混叠产生的影响

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

⑩ LED墙——摩尔纹

- 调节LED墙的刷新率和频率：确保摄像机帧率与LED墙的刷新率一致，避免不同步导致的伪影。
- 使用抗摩尔纹滤镜：使用图像处理工具或物理滤镜，减少摄像机图像中的摩尔纹。

$$f_{\text{moiré}} = |f_{\text{sensor}} - f_{\text{display}}|$$

$f_{\text{moiré}}$ 是摩尔纹的频率。

f_{sensor} 是摄像机传感器的采样频率（或采样周期），即传感器每单位时间内采集的样本数。

f_{display} 是显示屏的像素频率（或周期），即显示屏每单位时间内显示的像素数。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

⑩ LED墙——分辨率与控制方式

LED背景墙接收视频信号并将影像显示，其分辨率表现为显示分辨率与物理分辨率两方面。因为LED显示是逐点寻址，每一个像素点是单独的显示器件，因此显示分辨率是逻辑层面设定的分辨率，例如外视锥显示分辨率等同于处理器输出分辨率，而内视锥显示分辨率由内视锥面积和像素密度决定，即真正的人眼分辨率。物理分辨率则由LED灯珠总数决定，是背景墙支持的最高显示分辨率，例如整面背景墙尺寸为10m×5m、灯珠间距为2mm时，物理分辨率为5000×2500像素。

摄影机通过拍摄前景演员与LED背景墙虚拟背景的组合，生成最终合成影像。此环节的分辨率包括镜头解像力（如100 lp/mm）、CMOS靶面物理分辨率（如8192×4320像素）、拍摄设置分辨率（如4K输出影像）以及内视效背景的显示分辨率和物理分辨率。例如，LED背景墙的内视锥显示分辨率为1920×1080时，当单个像素在视网膜上的投影角度小于人眼极限分辨率时，每2×2个物理像素，才能稳定构成一个“可分辨视觉像素”，所以其物理分辨率为3840×2160，直接影响摄影机拍摄的虚拟背景清晰度。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

11 LED墙——分辨率与控制方式

对于实时渲染输出影像分辨率,一方面受虚拟场景的模型及材质贴图本身的分辨率影响,另一方面在经由nDisplay执行渲染输出时还受制于渲染的硬件设备与配置参数,包括渲染分辨率的配置,运动模糊、抗锯齿、后处理视效等

目前,单个GPU nDisplay视口在渲染中所支持的分辨率上限可达UHD(3840×2160)。因此在分配各视口的输出分辨率参数时,一方面尽可能直接引用LED背景墙的形状、大小及其物理分辨率,以避免缩放;另一方面可以根据LED显示屏数与每个渲染群集节点的渲染能力,合理分配渲染视口及其分辨率。

主要影响因素		与渲染分辨率的关系
3D 场景的分辨率		正相关
渲染 硬件配置	GPU	正相关
	输出带宽	正相关
渲染 配置参数	分辨率	相等 (受渲染能力制约)
	比特深度	负相关
	帧率	负相关
	后处理视效	负相关

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

11 LED墙——分辨率与控制方式

为了支持多屏拼接的大型LED背景墙,在完成虚拟场景的实时渲染后,视频信号还需要经由LED视频处理器及配套的数据分发单元转支持LED背景墙显示的规格,并完成视频信号分发、信号同步拼接等步骤。LED视频处理器的相关性能以及对输入影像信号的处理操作、参数配置,都会影响其输出分辨率,并影响到LED背景墙所显示的影像质。主流LED视频处理器中,相关硬件与参数配置对分辨率影响如右表所示

目前,主流LED视频处理器每台最高支持每通道8Bit位深的单像素输出,最大支持4K甚至8K分辨率;帧率在支持最大60Hz输入的基础上,通过插帧算法可实现120Hz乃至240Hz的输出。因此,配置视频处理器参数时,一般按照最大支持参数(8Bit/4K/60Hz)进行设置,并确保硬件性能能够支持LED背景墙的物理分辨率。在选购和安装视频处理器时,应确保输出端口的最大带载能力(总和) \geq 帧率 \times LED背景墙的物理分辨率,以在不影响帧率同步的情况下,实现单帧输出影像的分辨率最大化。

主要影响因素		与输出分辨率的关系	说明
支持输入	最大分辨率	正相关	/
	比特深度	正相关	/
输出端口	端口类型与端口数	正相关	/
	最大带载	正相关	/
输出配置参数	输出分辨率	相等	受输出带载制约
	比特深度	负相关	
	最大帧率	负相关	
	缩放	正相关	受输入分辨率制约

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

⑩ LED墙——分辨率与控制方式

具体而言，LED背景墙的物理分辨率与像素密度可通过点间距计算获得，计算公式如下：

$$MP = Dh \times Dv \times \frac{d^2}{p^2}, \quad m = \frac{1}{p^2}$$

MP 表示LED背景墙的物理分辨率；

Dh 表示横向屏体数；

Dv 表示纵向屏体数；d 表示屏体宽度（米）

m 表示像素密度（像素数/平方米）

p 表示点间距（米）

当面积相同时，点间距越小的LED背景墙像素密度越高，物理分辨率也越大。拍摄虚拟背景时，背景影像也会更加清晰。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

⑩ LED墙——分辨率与控制方式

CMOS靶面与靶面像素间距对影像分辨率的影响

由于输入影像在LED背景墙的显示分辨率等于背景墙的物理分辨率时,可以使影像的清晰度达到最高,此时显示分辨率的像素宽度便相当于背景墙的点间距(此处考虑开口率为100%的理想情况)。理论上,当LED背景墙的点间距越小,其单个像素在摄影机感光器件CMOS靶面上的成像面积也越小,这也意味着拍摄所获得的摄影机内视效背景的原始分辨率更高,因此最终所成影像也更清晰。但在实际拍摄中,并不是LED背景墙点间距无限制地越小越好,摄影机成像一方面受CMOS靶面的物理分辨率以及靶面像素间距的制约,另一方面也受成像的最小弥散圈影响

$$P \geq d = \frac{(U-1)}{M} \times d$$

P表示LED背景墙点间距, d表示摄影机成像的最小弥散圈直径, M表示放大率, U表示物距, f表示焦距。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

⑩ LED墙——分辨率与控制方式

CMOS靶面与靶面像素间距对影像分辨率的影响

因此结合摄影机性能以及拍摄要求，当LED背景墙的点间距缩小到一定程度以后便不需要再缩小。例如，0.03mm是目前全画幅摄影机较通用的最小弥散圈直径要求，在拍摄距离是5米的LED虚拟摄影棚内，结合24mm至200mm的常用镜头焦段，可以计算对于LED背景墙的点间距最小值

镜头类型	常用焦段	LED 屏幕的最小点间距
广角	24mm 到 40mm	3.72mm
标准	40mm 到 75mm	1.97mm
长焦	75mm 到 200mm	0.72mm

由于LED虚拟摄影棚内往往以75mm以内的焦段进行拍摄，且LED背景墙往往处于焦外因此结合上表，LED屏幕点间距大约保持在2-4mm即可满足绝大部分拍摄需求

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

LED墙——ICVFX

ICVFX (in camera VFX) :用于在实时拍摄中直接拍摄实时视效。此技术依靠LED光照、实时摄像机追踪和实时渲染离轴投影这三者的结合，实现前台演员和虚拟后台之间的无缝整合。这也是nDisplay 系统运行的基础。



⑩ LED墙——ICVFX透视问题

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

镜头透视指的是在拍摄中，由于镜头的焦距、相机位置、虚拟场景的深度等因素，产生的空间透视变形。

画面可能发生的问题：

- 虚拟场景和实际拍摄对象之间的透视不匹配
- 不自然的虚拟物体大小变化
- 失真的深度感
- 运动模糊和镜头动态不协调

镜头透视问题的成因：

- 虚拟场景的相机视角与实际相机不一致
- 虚拟场景的比例和缩放设置不匹配
- 焦距和景深设置不一致
- 相机移动和虚拟场景运动不匹配
- 虚拟景深模拟不足

ICVFX主摄影系统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

LED墙——ICVFX硬件布局

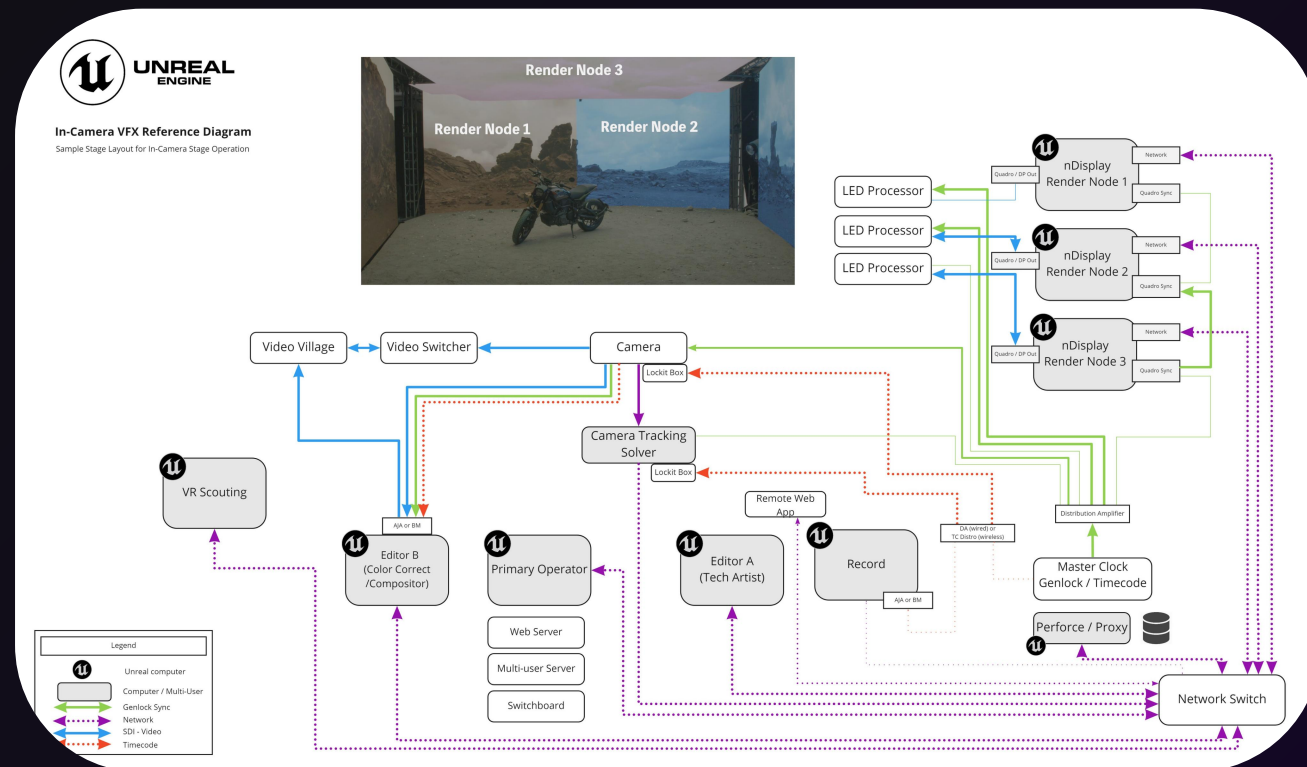
硬件设施是保证nDisplay系统正常运行的重要环节

图中所示为带有三个LED面板的组集硬件布局示例

1. Render Nodes (渲染节点)

Render Node 1, 2, 3: 这些节点负责渲染虚拟场景的图像，并将这些图像输出到LED屏幕上。每个渲染节点处理一个特定区域的场景图像。

这些节点通过 nDisplay同步，以保证画面的一致性和无缝连接。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

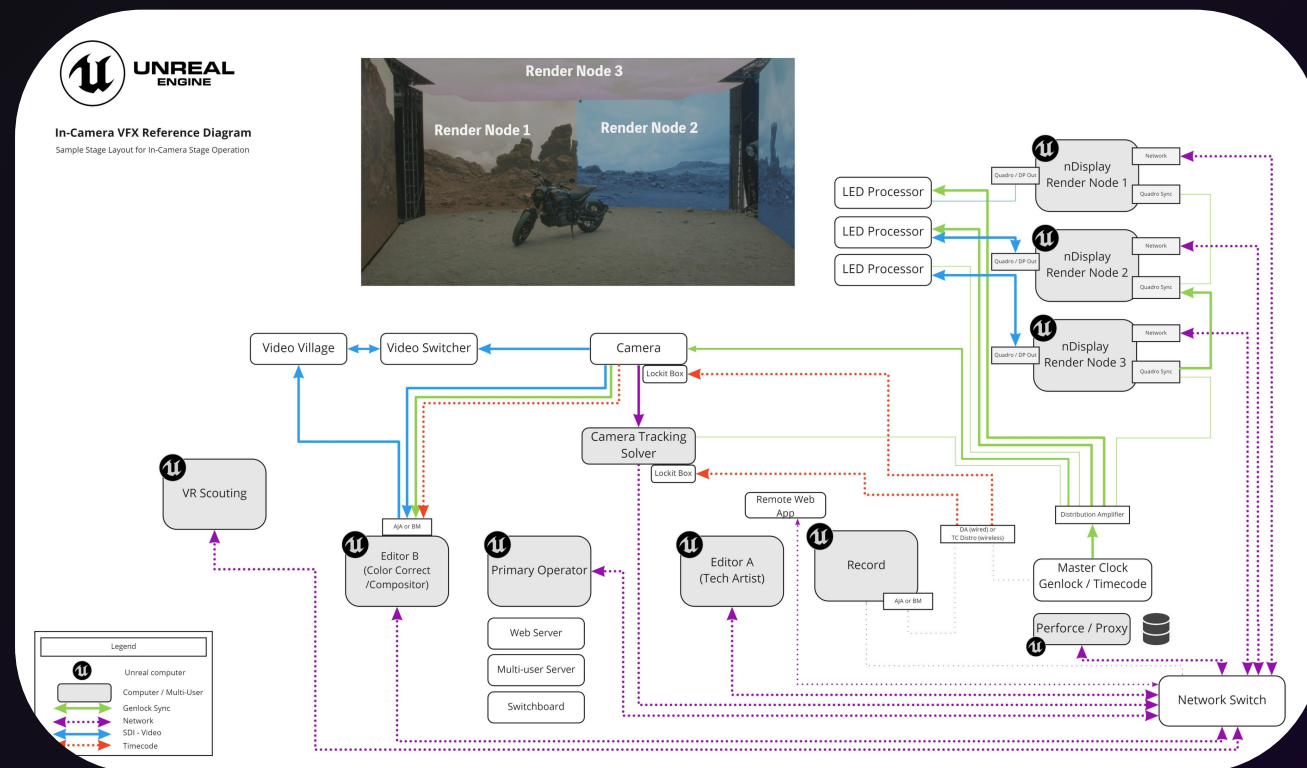
LED墙——ICVFX硬件布局

2. LED Processor (LED处理器)

负责接收渲染节点输出的图像信号，并将其转化为能够显示在 LED 屏幕上的信号。它们处理图像的色彩、亮度、分辨率等设置，确保图像在物理屏幕上的准确显示。

3. Camera (摄像机)

拍摄现场的摄像机，该摄像机通过 Camera Tracking Solver进行实时追踪，用来获取摄像机的位置、角度和运动信息。这个信息会同步到虚拟环境中，确保虚拟背景与摄像机视角的匹配，避免出现透视错误或虚拟背景与实际拍摄不协调的问题。



ICVFX主摄影系统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

LED墙——ICVFX硬件布局

4. Camera Tracking Solver (相机追踪解析器)

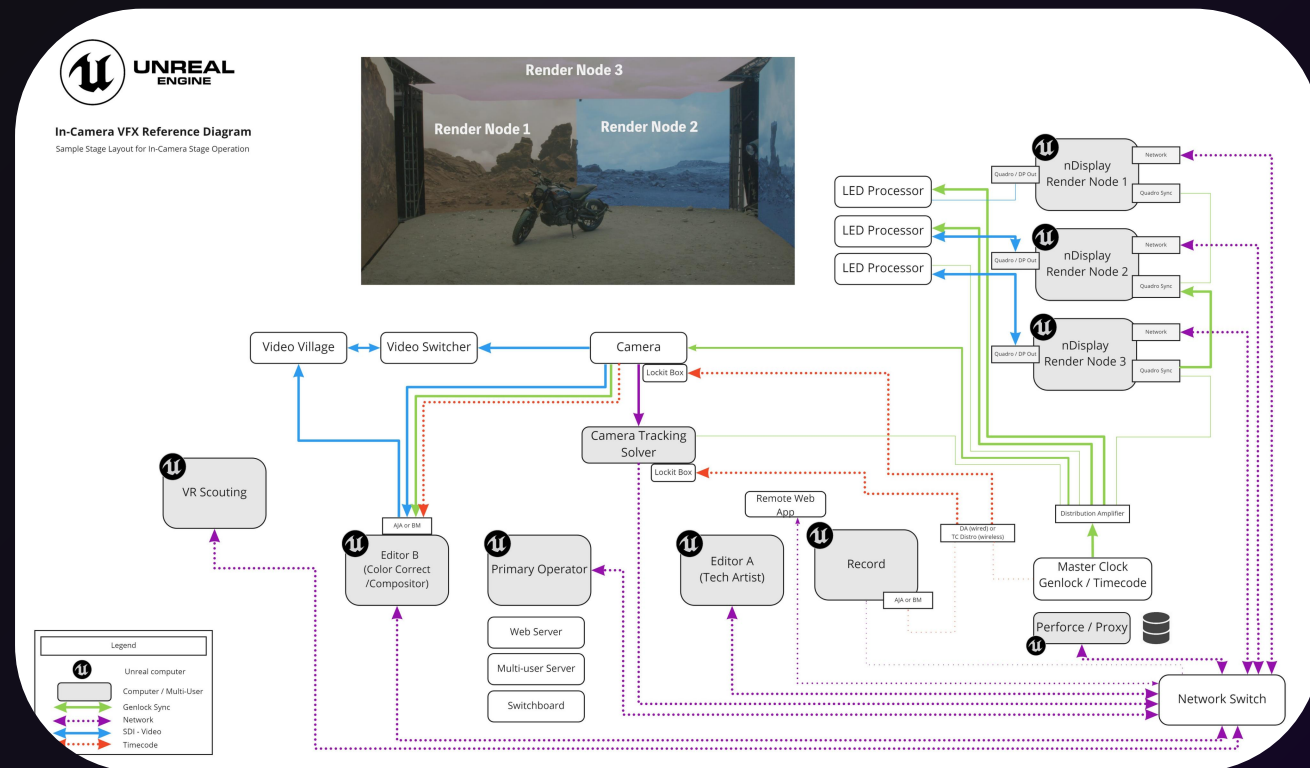
负责处理摄像机的追踪数据。通过对摄像机的实时位置、旋转角度等数据的处理，使虚拟背景中的图像能够实时根据摄像机的位置和角度进行调整，从而保持虚拟背景和摄像机视角的匹配。

5. Video Village (视频控制室)

这是一个视频监控区域，通常包括所有虚拟制作的监控设备，帮助导演、制片人和其他工作人员实时观看和回放拍摄效果，并做出调整。所有来自摄像机和LED墙的信号都可以在这里监控和切换。

6. Video Switcher (视频切换器)

该设备负责切换不同的视频信号源，如切换摄像机画面、虚拟背景、实时图像等，确保拍摄现场的多视频源信号可以流畅转换。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

LED墙——ICVFX硬件布局

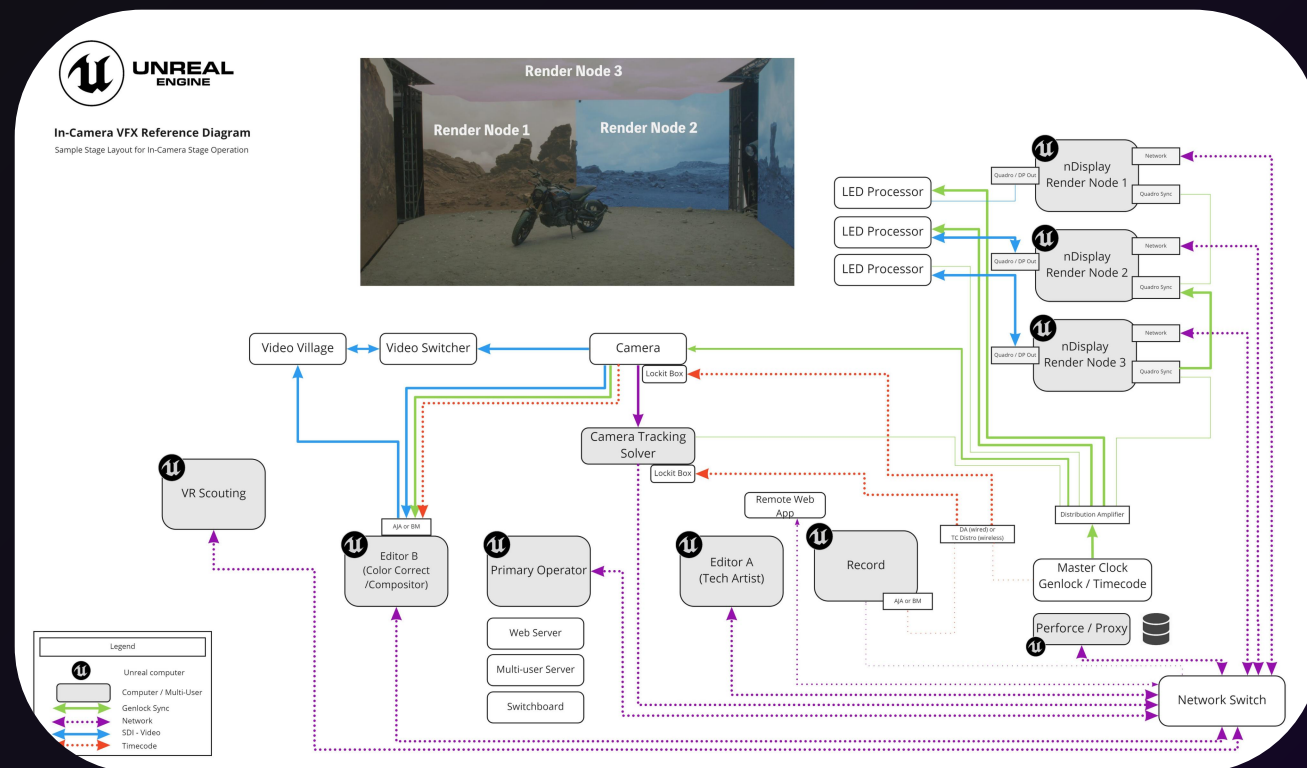
7. Editor A & B (编辑员 A 和 B)

A负责虚拟制作中的技术艺术部分，确保虚拟背景与实际拍摄画面良好对接，并调整技术细节，如摄像机数据和虚拟内容的实时渲染。

B专门负责对图像进行颜色校正和合成工作，确保画面的一致性和质量，特别是在后期制作中，调整虚拟背景和前景的颜色与亮度。类似于Qtake工作。

8. Primary Operator (主操作员)

负责操作虚拟制作系统中的核心部分，管理整个虚拟拍摄流程，确保所有设备（如摄像机、虚拟背景、LED墙等）能够同步工作。



ICVFX主摄影系统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

LED墙——ICVFX硬件布局

9. VR Scouting (虚拟实地勘探)

这是一个虚拟勘探工具，允许导演和团队通过虚拟现实技术进行场景规划和预览，帮助他们在实际拍摄之前预先查看虚拟环境的效果。

10. Distribution Amplifier (分配放大器)

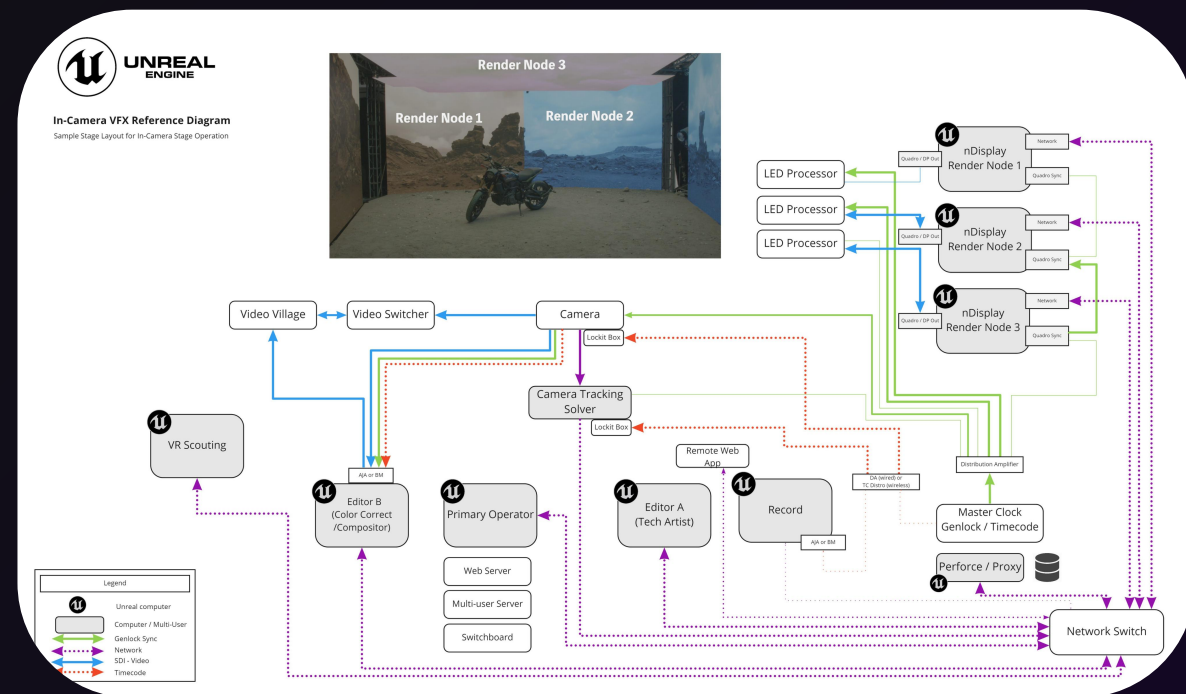
负责将信号分配到多个设备中，确保不同的 Render Nodes、LED处理器和摄像机追踪系统能够正确同步工作。

11. Master Clock / Genlock / Timecode

Master Clock：确保所有系统的时间和信号同步，包括摄像机、渲染节点和LED屏幕的刷新。

Genlock：用于同步多个设备的时钟，以保证多台设备在同一时间内进行操作，避免画面失真或不同步。

Timecode：提供精确的时间同步，确保各设备按照时间码同步工作，避免时间上的偏差影响拍摄。



ICVFX主摄影系统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

12. LED墙——ICVFX硬件布局

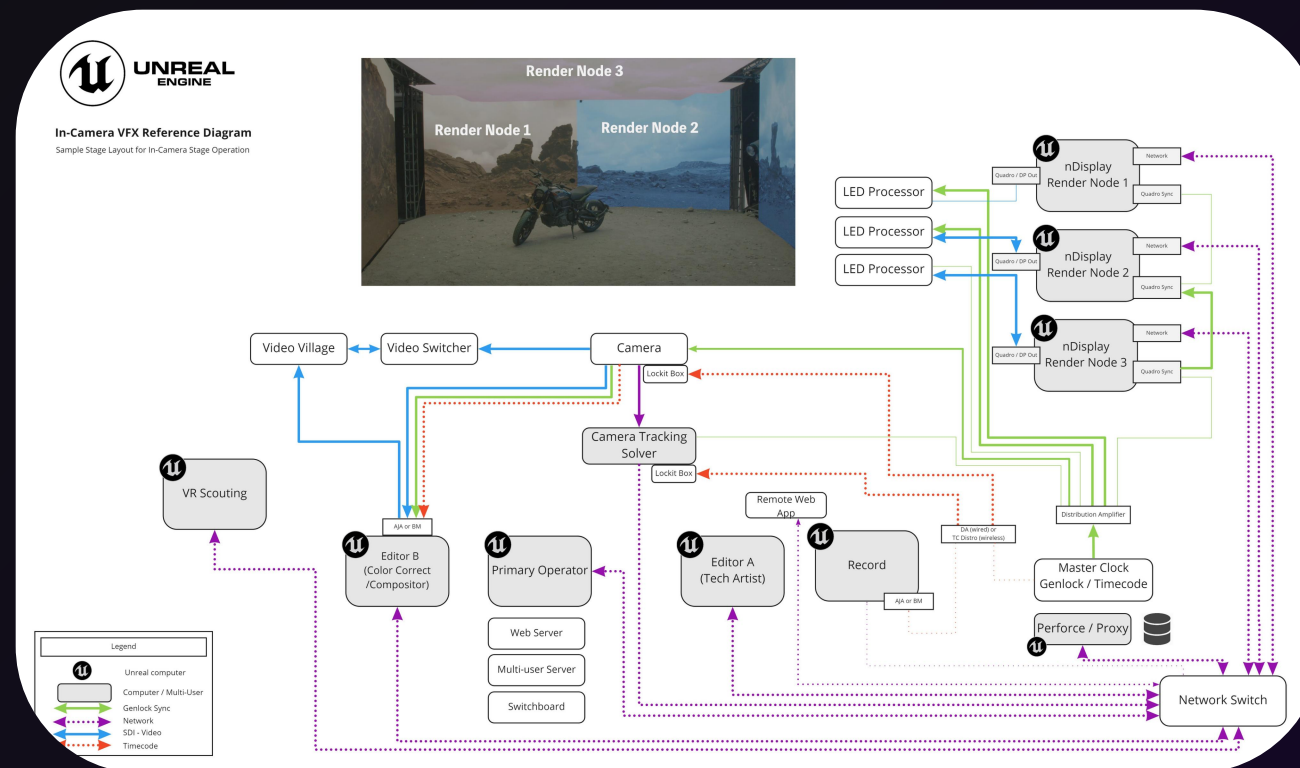
12. Network Switch (网络交换机)

该节点负责将所有系统的网络信号进行交换和分配，确保数据在不同设备间的快速传输。比如，摄像机、渲染节点、LED处理器等都通过网络交换机互相连接，以保证整个虚拟拍摄系统的协同工作。

13. Perforce / Proxy (版本管理系统/代理文件)

Perforce：是一个版本控制系统，用于管理项目中的所有数字资产，确保团队成员之间共享的虚拟场景和资源是最新的。

Proxy：用于创建项目文件的代理版本，通常是在编辑、渲染或传输过程中使用，降低文件的大小，提高数据传输效率。



ICVFX主摄影系统构建研究

LED墙——ICVFX硬件布局

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

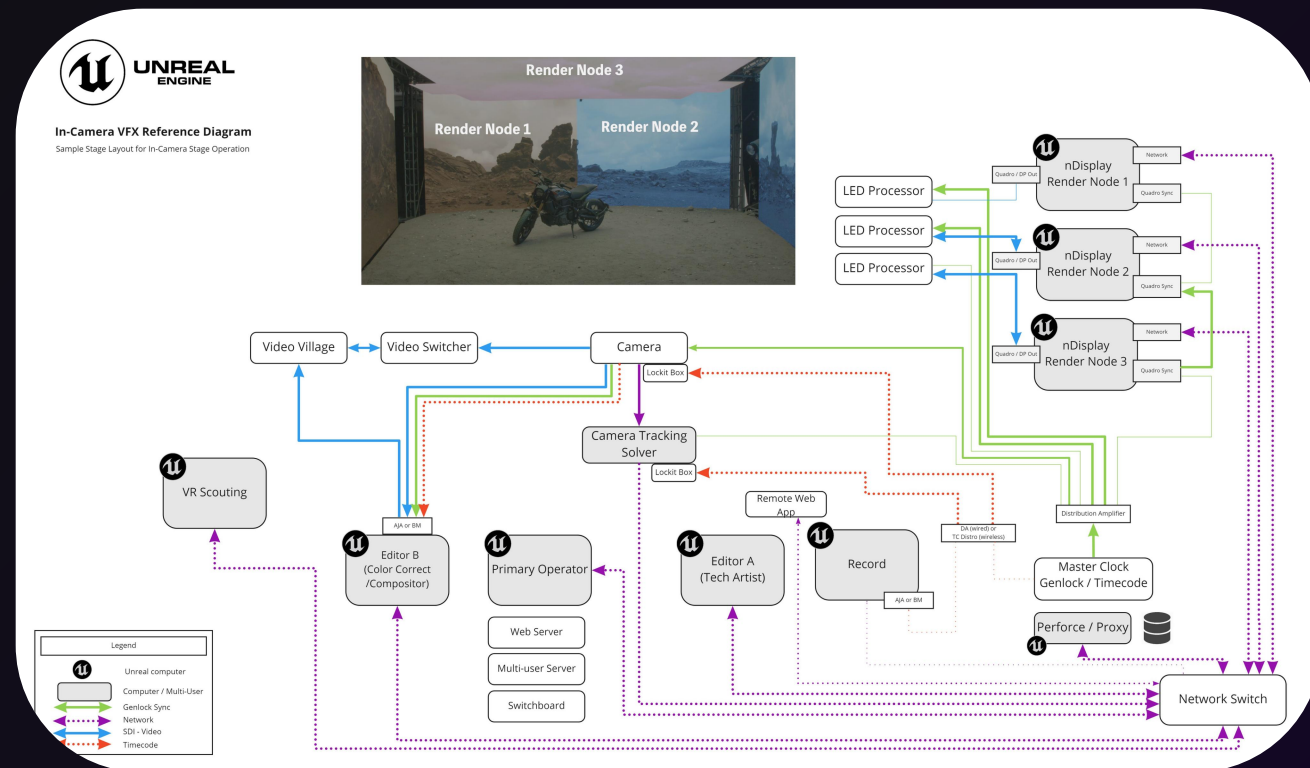
Switchboard概述

快速入门

14. Remote Web App (远程应用)

Remote Web App: 远程控制应用程序，使操作员或工作人员可以通过网络远程控制和调整虚拟制作过程中的各项参数，方便不同人员之间的协作。

2025.12.22



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

11 LED墙——摄影机追踪

摄影机追踪技术

摄像机跟踪技术用于将摄像机的位置和运动从现实世界传递到虚拟世界。借助这项技术，可以相对于虚拟环境渲染出制作摄像机的正确视角。

目前有多种不同的方法可用于结合机内特效进行摄像机跟踪。



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

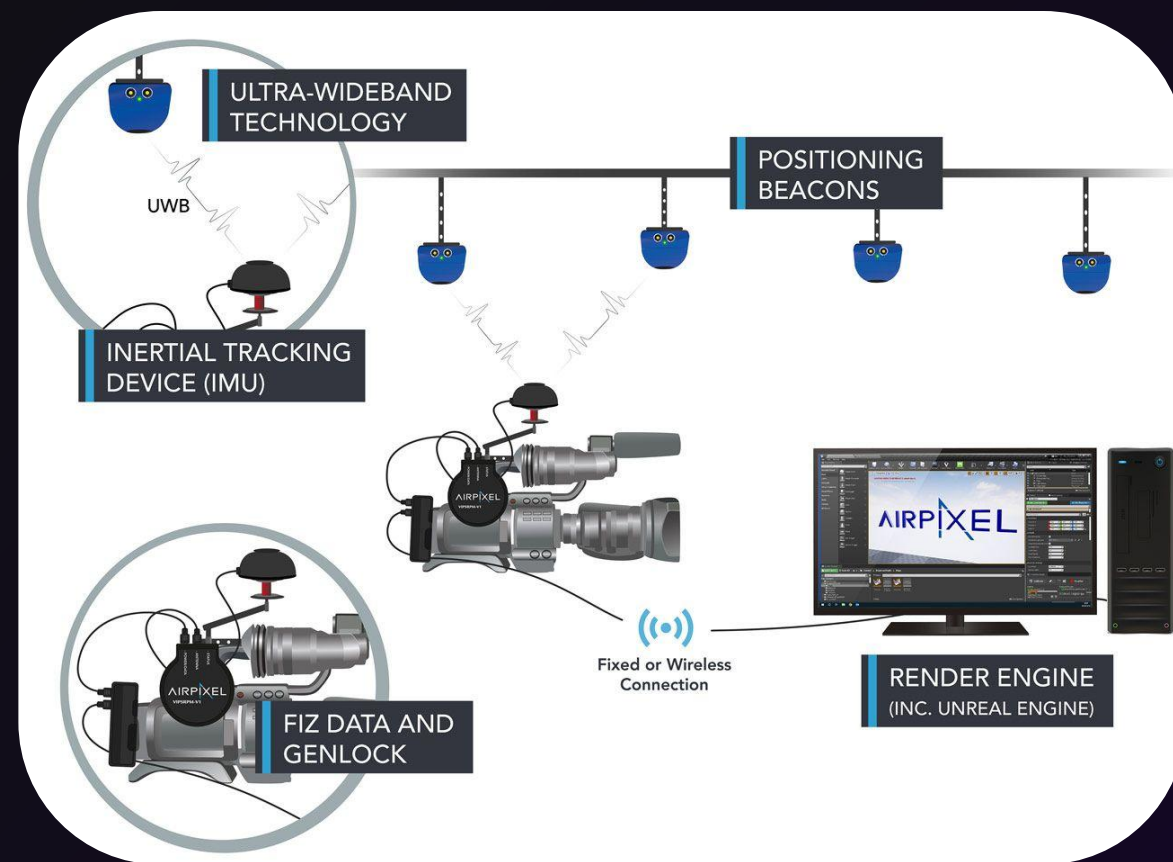
📹 摄影机追踪

1.光学追踪技术 (optitrack)

光学跟踪系统利用专用红外敏感摄像机跟踪反射式或主动式红外标记，以确定生产摄像机的位置。分为以下三步：

- 在空间中布置 红外摄像头
- 摄像机上贴反光球或识别标记
- 系统通过三角测量计算位置

缺点：当场景中出现沿轴线运动的镜头时，易出现红外遮挡问题，同时还会受到场景内可能发生的遮挡问题，导致识别不够灵敏。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

📷 摄影机追踪

2.特性追踪技术

特征跟踪不是跟踪光学跟踪系统使用的自定义标记，而是将现实世界物体的特定图像模式作为跟踪源，比如类似AR技术，识别环境几何纹理与特征点实现自身定位：

- 在摄影机上布置光学雷达
- 扫描环境，计算空间位置

缺点：当场景为LED背景时，呈现的画面对人是背景，但对于机器来说依然有透视以及渲染变化，因此系统会判定背景动画为相机运动，导致精度不准。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

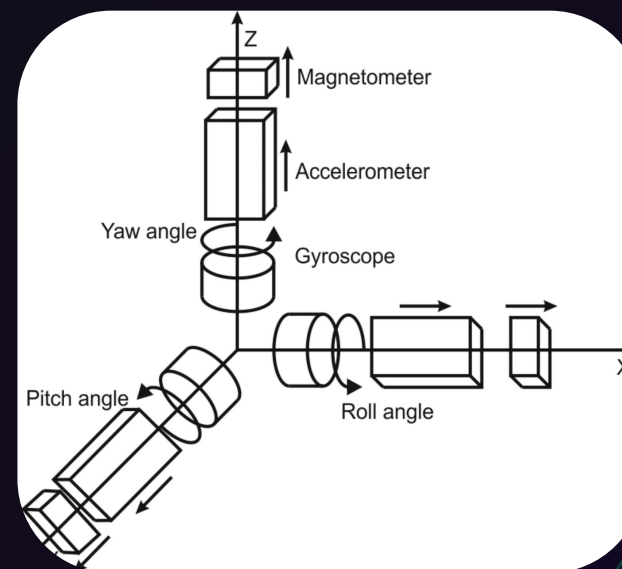
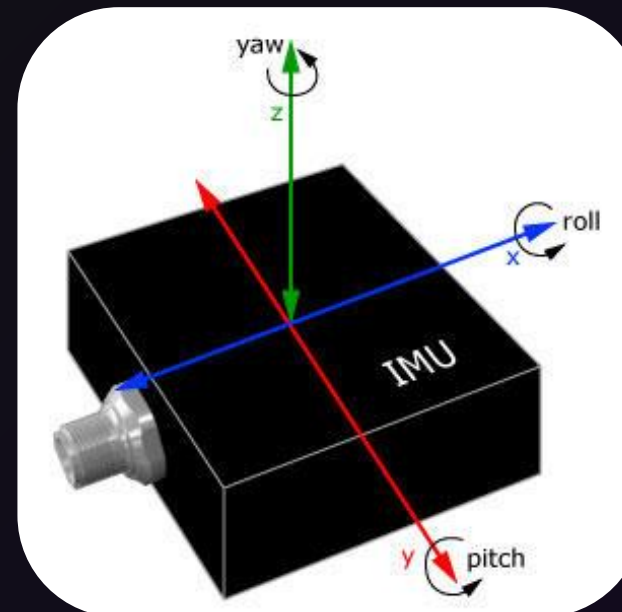
📹 摄影机追踪

3. 惯性追踪技术

惯性测量单元 (IMU) 包含陀螺仪和加速度计，用于确定相机的位置和姿态。IMU 常与光学跟踪系统和特征跟踪系统配合使用：

- 角速度 → 积分 → 旋转角度
- 加速度 → 积分 → 速度 → 积分 → 位移

缺点：假设加速度计积分存在误差 C ，那么两次积分后就会出现平方级误差，进而导致误差逐渐增大，因此这种方法；同时，角速度 ω ，角度 $= \omega dt$ ， $\theta(t) = \delta\omega \cdot t$ ，则零偏误差越大，则陀螺仪误差也会变大。（零偏=传感器在“ δ 理论上应该输出0”时，却始终输出的那个固定偏移量）



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

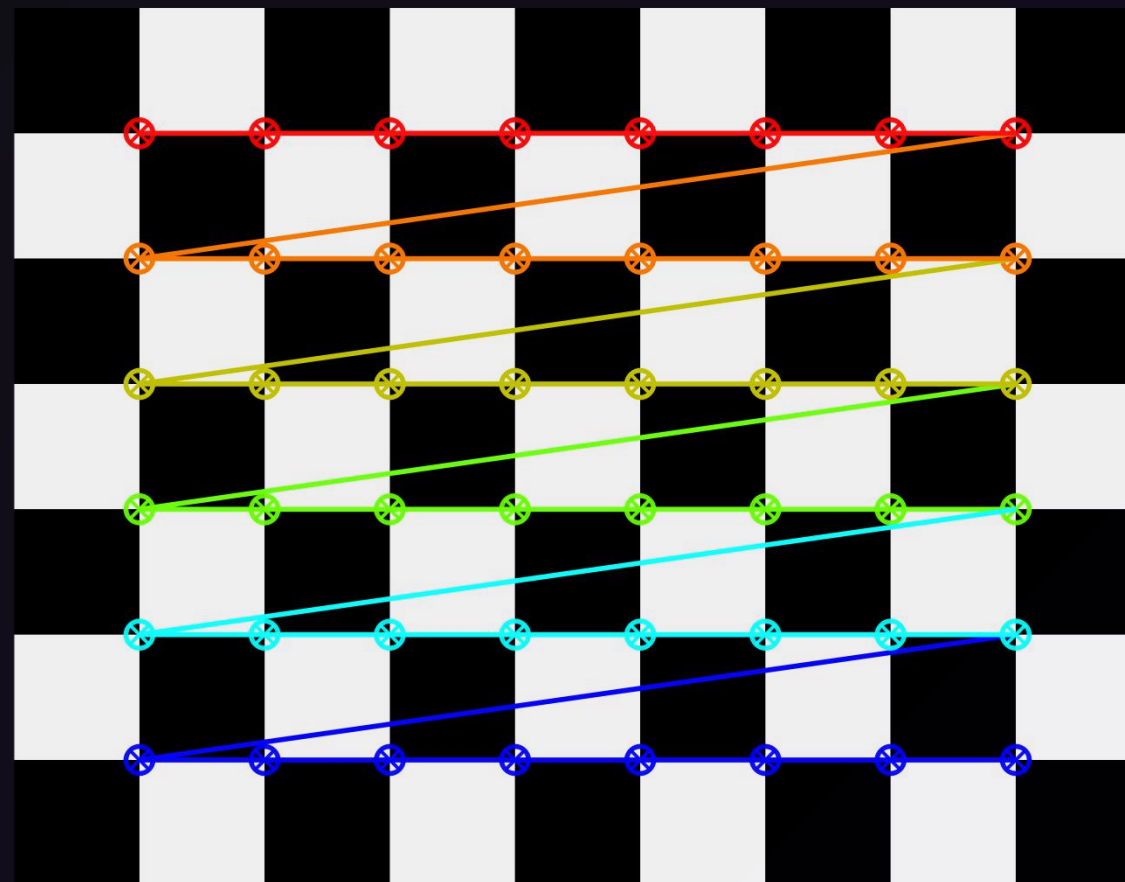
2025.12.22

📷 摄影机追踪

Camera Calibration Tools摄像机校准解算器

UE内置摄像机校准解算器现在可以利用校准器跟踪信息，大幅提高预估镜头和摄像机参数的准确性，且无需依赖跟踪设备的精确安装。系统还可以同时解算镜头失真和节点偏移，从而为操作员加速整个过程。

此外，还支持过扫描时的自适应分辨率，同样还支持带有时间超级分辨率（TSR）的镜头失真功能，这两项功能都能改善视觉效果的质量。



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

摄影机追踪——实时链接技术

实时链接技术

我们可以通过虚幻引擎中的Live Link插件，用于接收实时数据，包括摄像机、灯光、变换和基本属性。对于摄像机内视觉特效，Live Link 在分发跟踪的摄像机信息方面发挥着至关重要的作用，并且可以与 nDisplay 配合使用，将跟踪信息传递到每个集群节点。虚幻引擎通过 Live Link 支持众多摄像机跟踪合作伙伴，例如 Vicon、Stype、Mo-Sys 和 Ncam等第三方建模软件：

比如使用Maya 或 Motionbuilder 等 DDC 工具，Live Link 允许在外部编辑动画，同时在虚幻引擎中实时预览成片。并且动作捕捉系统也可以使用 Live Link 将数据流传输到引擎中，并进行实时预览。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

📹 摄影机追踪——实时链接技术

实时链接技术底层原理——live link客户端

Live Link 的核心是Live Link 客户端，它是在项目中启用 Live Link 插件时创建的。它有两个主要职责：

管理数据源：这些是数据源，主要代表与同一台机器上或通过网络的其他应用程序的连接，这些应用程序向 Live Link 提供数据。

管理主体：主体是客户端内的各个数据流。例如，一个动画角色就是一个主体。

一个主题由以下数据构成：

- 一个名字。
- 不会改变的静态数据（例如动画角色的骨架）。
- 一个或多个“帧”数据（例如动画角色的骨骼变换）。

客户端还负责构建引擎要使用的下一帧数据。这可以是最新接收数据的直接副本，也可以是通过缓冲传入数据并以用户定义的延迟播放而创建的插值帧。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

📷 摄影机追踪——实时链接技术

实时链接技术底层原理——live link客户端

角色

Live Link 还采用了角色的概念，用于定义如何使用传入的数据。这使得数据能够更轻松地映射到引擎中的目标 Actor。支持的角色包括摄像机、灯光、角色、变换以及基础角色（用于通用数据）。一个主题由以下数据构成：

来源

数据源是数据进入 Live Link 客户端的方式。数据源可以在插件中定义，这样第三方就可以构建自己的数据源，而无需修改引擎代码。数据源负责管理如何接收动画数据（例如，通过网络协议，或从连接到机器本身的设备的 API 读取数据）。每个数据源都会获得一个指向客户端的引用，以便客户端能够向其传递数据。在 Live Link 插件中，我们定义了自己的数据源（称为消息总线数据源），它从虚幻引擎消息总线连接读取数据。我们已使用此数据源为 Maya 和 MotionBuilder 构建了 Live Link 插件。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

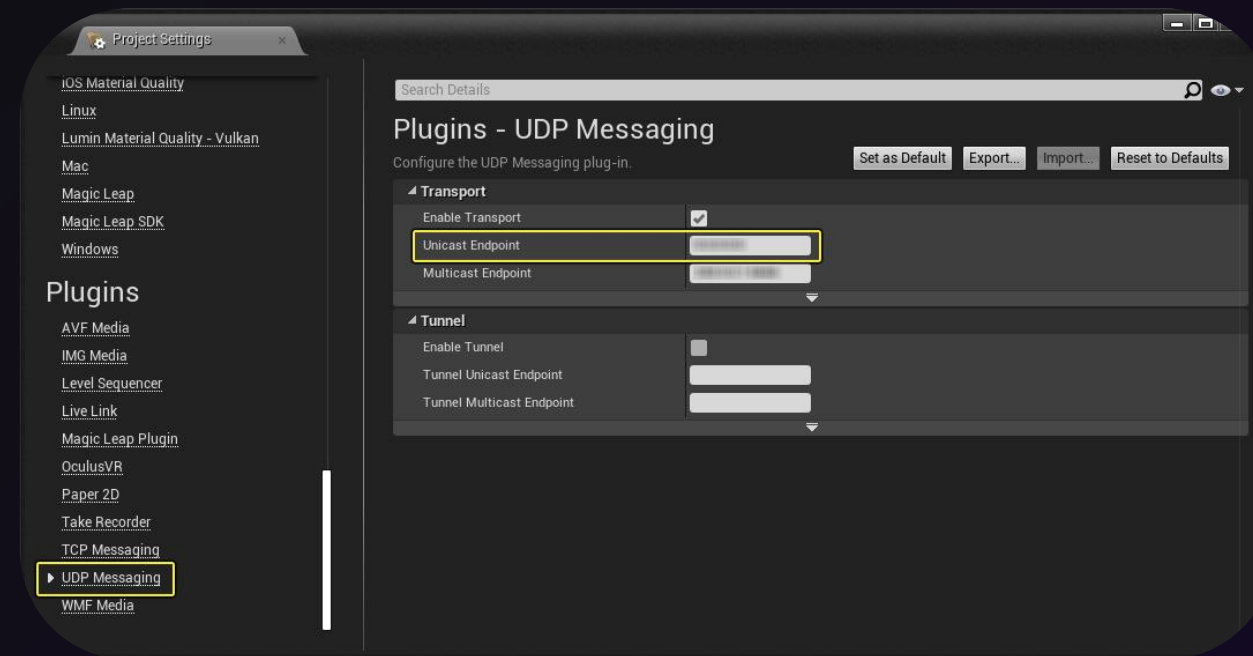
2025.12.22

📹 摄影机追踪——实时链接技术

实时链接技术底层原理——live link客户端

UDP消息传递（使用 UDP 协议在网络中发送和接收数据包）

使用 Live Link 消息总线源时，它底层使用 UDP 消息传递，并且（默认情况下）会使用找到的第一个网络适配器。如果电脑上有多个网络适配器，希望从特定适配器接收数据，则可能会出现这个问题。如果从特定网络适配器接收 UDP 数据，则需要修改项目设置，方法是转到“编辑”>“项目设置”>“UDP 消息传递”，然后更改单播端点。



（UE中更改端点的方式）

ICVFX主摄影系统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

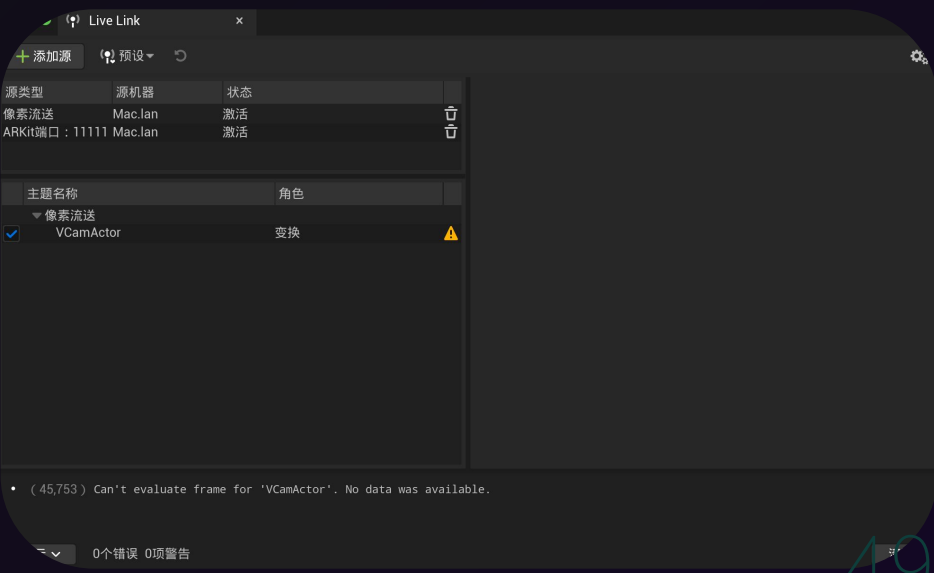
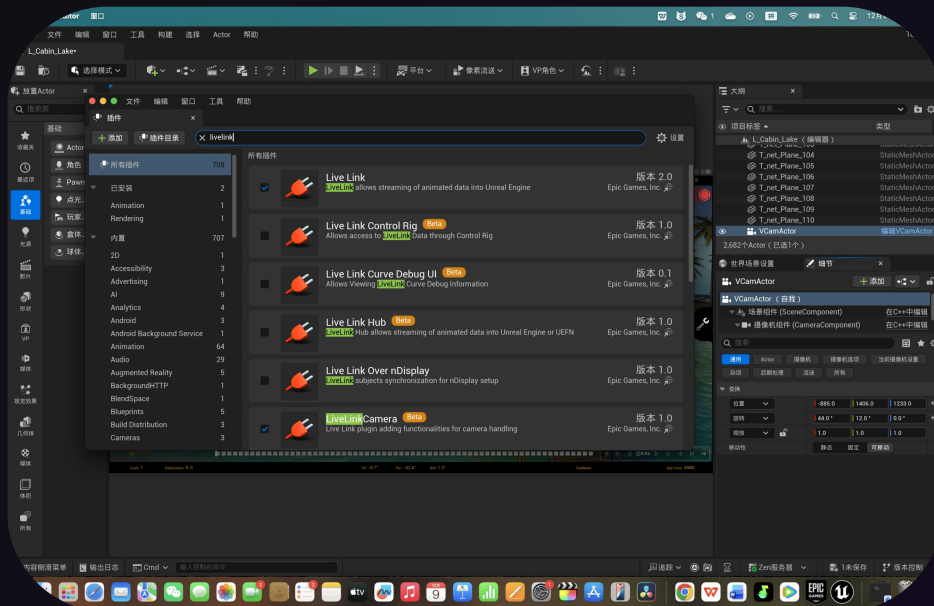
2025.12.22

摄影机追踪——实时链接技术

实时链接技术底层原理——操作方式

我们可以首先选择编辑-插件寻找livelink插件，选中后我们可以在其中添加源类型和主题。

选择“实时链接”选项后，将打开“实时链接连接”窗口，我们可以在其中添加源类型和主题。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

📷 摄影机追踪——实时链接技术

实时链接技术底层原理——操作方式

我们还可以选择添加源来选择源类型

除了通过消息总线接收数据外，Live Link 还支持 Magic Leap 等设备的手部追踪数据源，以及创建虚拟主体的功能，允许我们将多个主体合并为一个“虚拟主体”。例如，可以提取角色 A 的下半身和角色 B 的上半身，然后将它们合并成一个新的主体。或者可以使用来自一个来源的摄像头追踪数据，并仅结合另一个追踪对象的平移数据，然后手动控制该主体。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

📷 摄影机追踪——实时链接技术

实时链接技术底层原理——实时链接组件

可以将Live Link Controller和Live Link Skeletal Animation组件添加到 Actor 中，以便通过连接的外部源使用 Live Link 来驱动其参数。

对于 Live Link 控制器，我们可以在“详细信息”面板中使用“主体表示”属性，并从已连接的主体中进行选择。系统会根据主体自动分配角色（如有需要，您可以进行更改）。“要控制的组件”才是实际通过 Live Link 驱动的组件。在下面的示例中，我们有一个带有 Live Link 控制器组件的电影摄像机 Actor，该组件允许我们从 Maya 中移动摄像机并更改焦距。我们还在一个骨骼网格体上使用 Live Link 骨骼动画组件，并导入动画数据。为此，我们已将 Live Link 姿势节点添加到动画蓝图中，并选择了我们的主体。



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

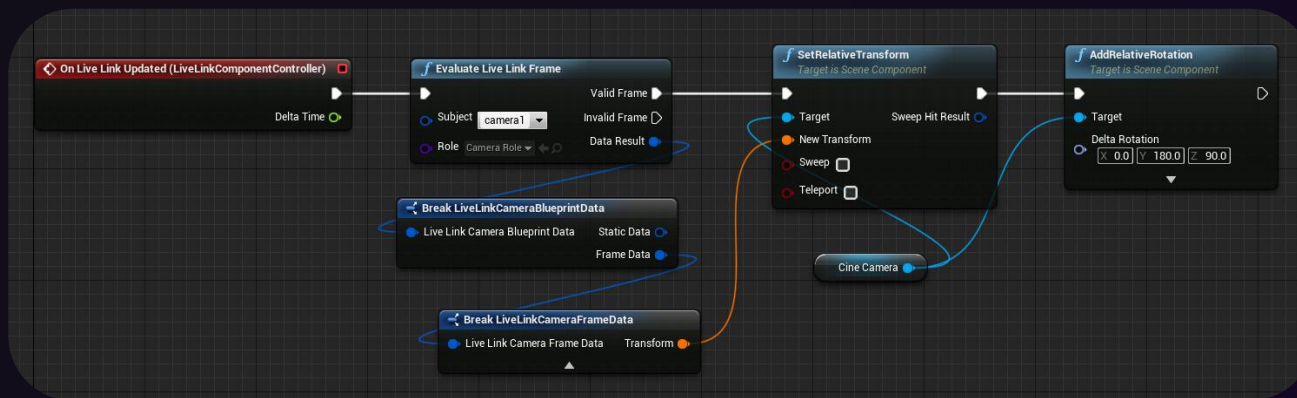
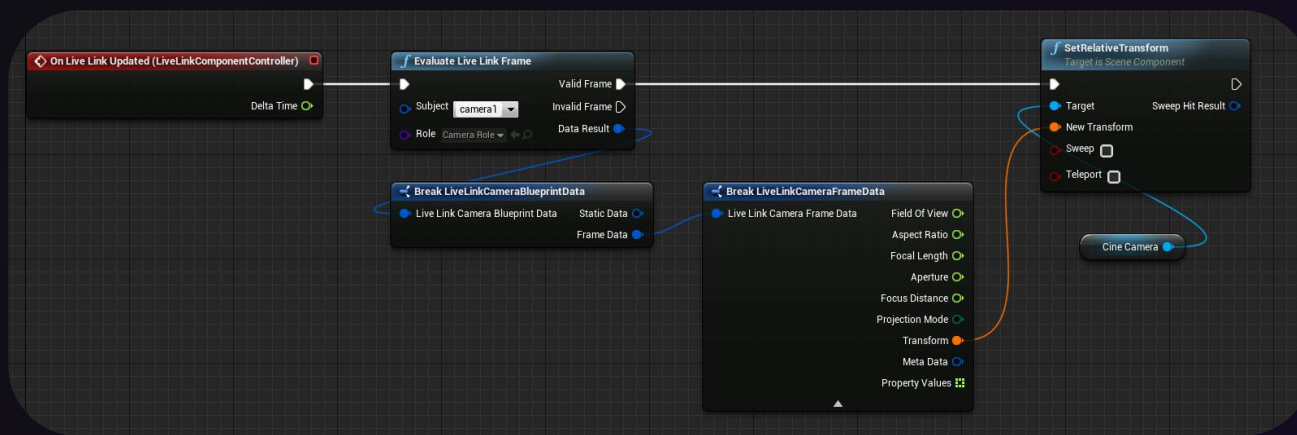
2025.12.22

📷 摄影机追踪——实时链接技术

实时链接技术底层原理——蓝图中的实时连接

我们还可以使用蓝图函数调用来访问实时链接数据。“评估实时链接帧”函数尝试使用给定的角色从指定的主体获取实时链接帧（在下面的示例中，访问的是主体“camera1”和摄像机角色）。

然后我们可以从数据结果中获取帧数据，在本例中，即来自被摄对象的变换信息。



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

📷 摄影机追踪——实时链接技术

实时链接技术底层原理——重定向

Live Link 本质上是实时读取外部数据流（骨骼、曲线、变换）：

数据来源：

动捕系统（OptiTrack / Vicon / Xsens）

面捕（ARKit / iPhone）

DCC（Maya / MotionBuilder）

数据内容：

骨骼 Transform

BlendShape / Curve

相机 / 灯光参数

如果不做重定向：

骨骼名对不上 → 动不了

骨骼层级不同 → 姿态错乱

比例不同 → 拉伸、穿模、畸形

Live Link 重定向就是用来“对齐规则”的中间层。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

📹 摄影机追踪——实时链接技术

实时链接技术底层原理——重定向

《曼达洛人》第二季的第五集，制作团队将一个实际的场景扩展到了在其之外的一个音棚里，这段漫长的连续行走的物理场景是从室外开始建造的。这个场景的设计是要做到尽可能多地隐藏LED墙的背面，但是**运动捕捉容器**扩展到了棚内正常技术区域，因此可以跟踪从LED墙的外侧进入容积的中间。考虑到镜头的属性，在长时间移动的镜头后面看到的LED棚内的任何部分在视觉上都需要是正确的，但是LED体积之外的演员身上的照明都是传统照明。摄像机内部的运动和照明看起来是无缝的，因为摄像机可以从传统的音棚移到LED捕捉容器中。

这个片段在这里是用了工业光魔公司推出的“Helios”插件，允许摄影机跑出LED屏外拍摄并实时渲染，同时运用了Livelink插件对动作捕捉的数据重定向，完成了更大范围的拍摄任务。

有了动态的LED容积，工作人员就可以通过连接现实走廊、渠道或开口从不同的房间或空间拍摄新的镜头了。这种动态的实时世界通过移动场景来实现，而这在以前是不可能被设计成在摄像机中拍摄的场景的。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

📹 摄影机追踪——实时链接技术

实时链接技术底层原理——重定向

Live Link 重定向目前是通过重定向资源实现的。Live Link 姿态节点有一个引脚，用于指定要使用的重定向资源。UE允许将 Live Link 中的变换映射到 USkeleton（“骨骼规则与动画数据的公共参照系”）。

实时链接重定向资产需要覆盖一个函数，此函数接受以下参数：

A LiveLinkSubjectFrame：Live Link 看到的变换/骨架，可选择进行缓冲和插值。

A FLiveLinkRetargetContext：允许重新定位实例数据，因为 ULiveLinkRetargetAsset 不会为每次使用都进行实例化（可以通过重写 CreateRetargetContext 进行自定义）。

答FCompactPose：这是重定向后的输出姿态。FCompactPose 是我们在动画评估期间使用的格式。

答FBlendedCurve：这是输出曲线数据。ULiveLinkRetargetAsset 有一个辅助函数 BuildCurveData，它会根据提供的 Live Link 数据填充此数据。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

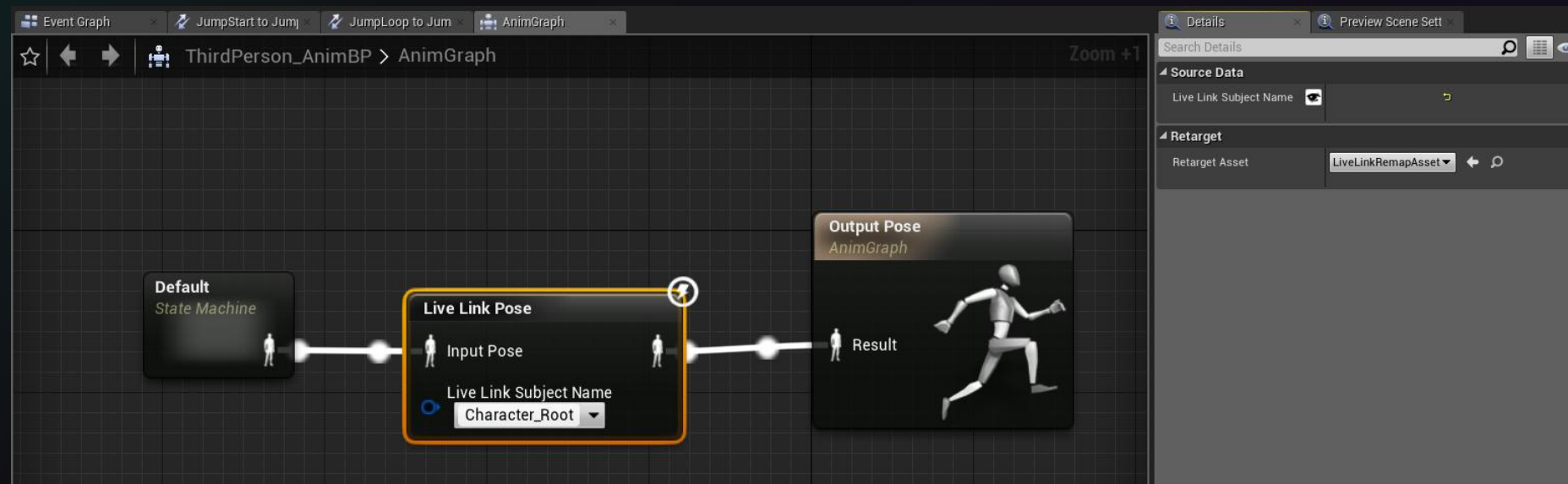
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

📷 摄影机追踪——实时链接技术

实时链接技术底层原理——动画蓝图



这是通过在动画蓝图的动画图中创建一个实时链接姿态节点来实现的。该节点有两个属性：

主题名称： 实时链接中指向流数据的主题名称

重定向资源： 用于将 Live Link 中的数据应用到动画蓝图使用的骨骼的重定向资源。

“实时链接姿势”节点的输出是一个普通的姿势，就像动画蓝图中的任何其他姿势节点一样，因此可以像其他姿势一样进行操作（例如，输入到修改器或混合节点）。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

摄影机追踪——实时链接技术

实时链接技术底层原理——ART追踪实时链接插件

Live Link 支持以下使用场景的 ART 跟踪（高级实时跟踪）：

- 身体追踪器
- Flystick追踪器
- 手部追踪器
- 人体模型

通过 Live Link 实现的 ART 跟踪功能，能够利用 ART 技术在 VR、增强现实和动作捕捉等应用中进行各种跟踪操作。

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

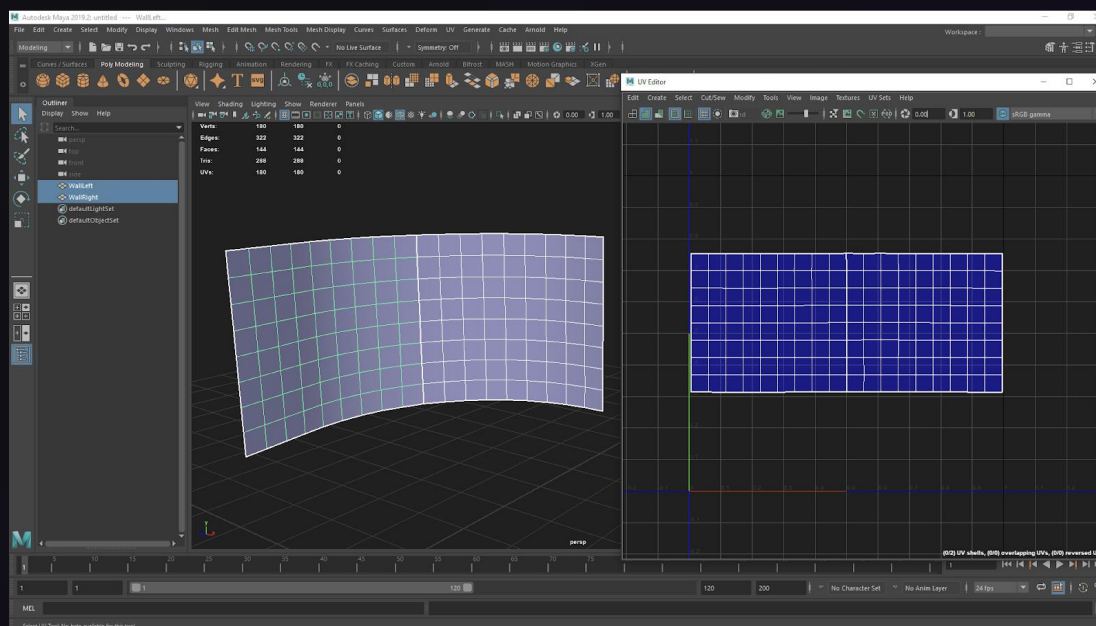
快速入门

2025.12.22

ICVFX快速入门

在ICVFX技术中，有三要素：摄影机、LED屏幕、虚拟渲染系统

1. 我们首先可以通过第三方软件将我们的LED屏幕参数建立起来，以使虚幻资产能够定向到屏幕上
这里我们使用了LiveLink插件将MAYA中制作的屏幕建模和数据定向至虚幻引擎中



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

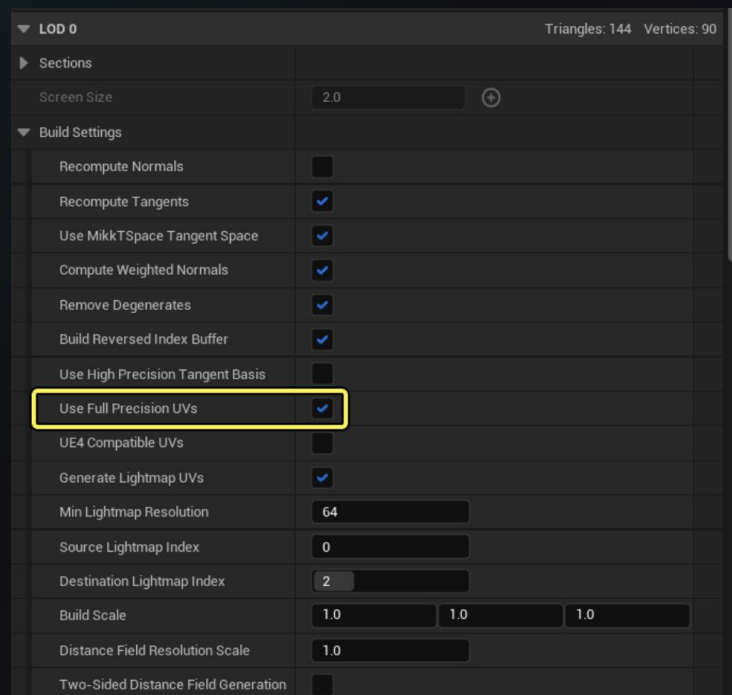
快速入门

2025.12.22

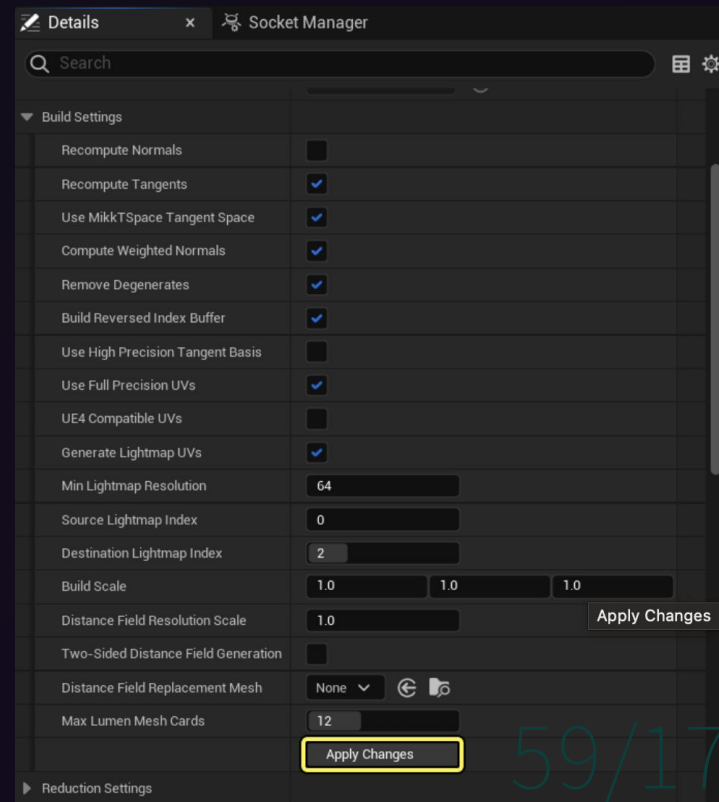
ICVFX快速入门

接着我们在每个网格体上启用使用全精度UV，防止出现UV瑕疵。对导入的每个网格体执行这种操作：

- 在静态网格体编辑器中打开。
- 在细节面板下，展开构建设置，并启用使用全精度UV。



- apply后即可创建LED屏幕几何体



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

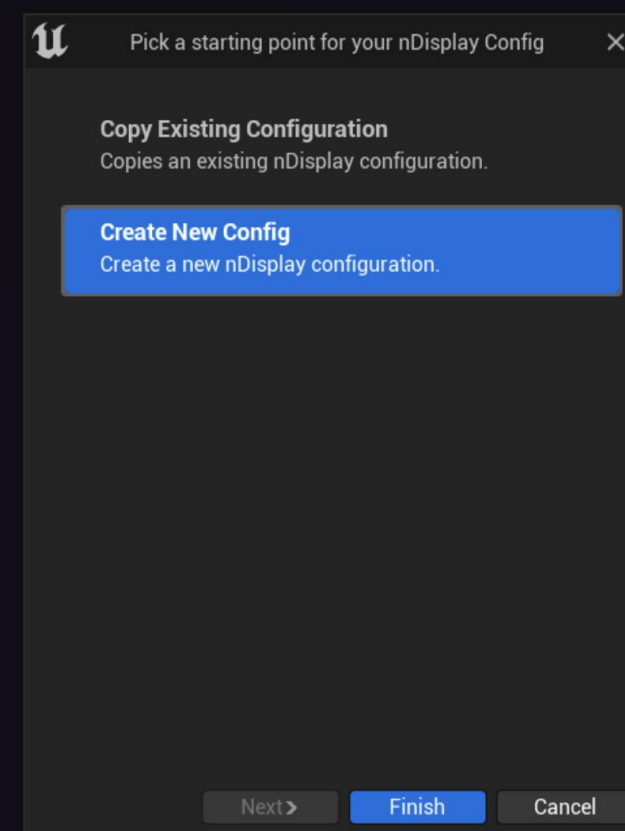
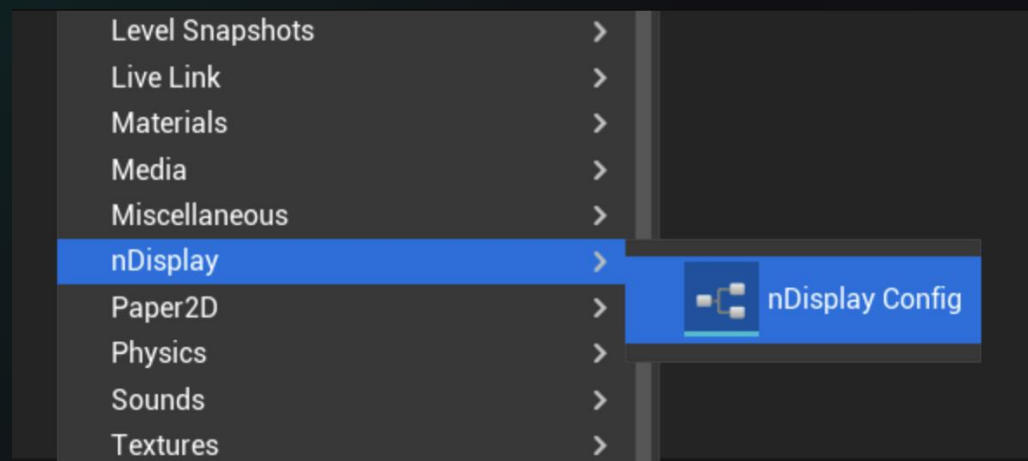
Switchboard

Switchboard概述

快速入门

ICVFX快速入门

2. 我们需要导入我们真实LED屏幕的信息，在这里我们需要配置nDisplay系统，在内容浏览器中打开nDisplay config并创建新的配置



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX快速入门

接着我们在3D配置器中打开我们的资产，删除自带的nDisplayscreen，添加我们自己制作的LED网格体

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

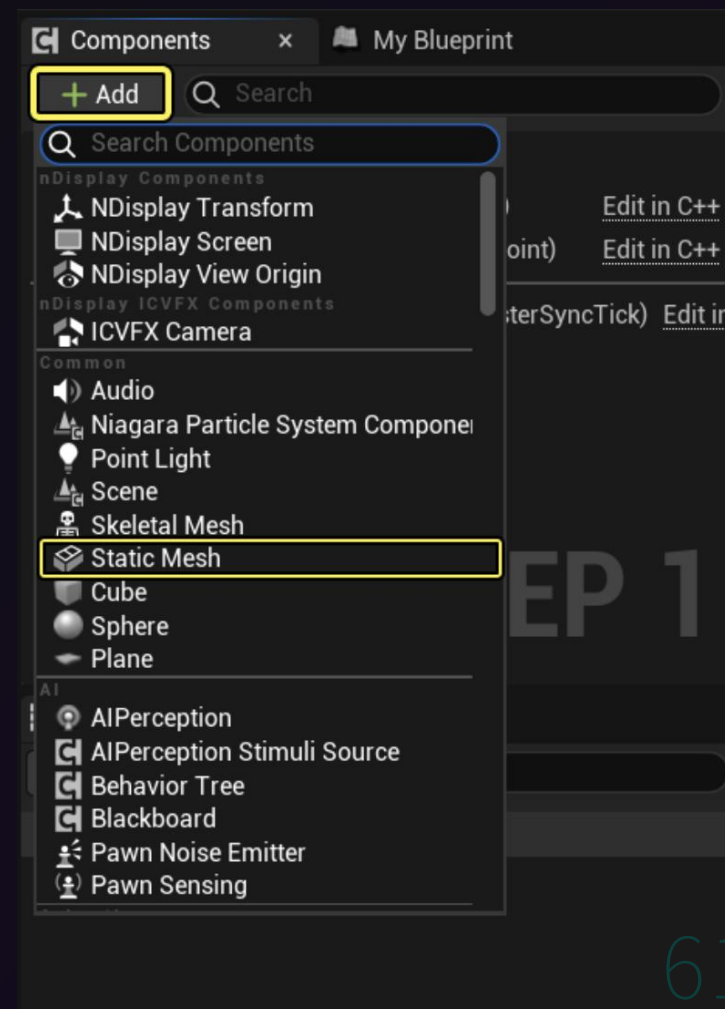
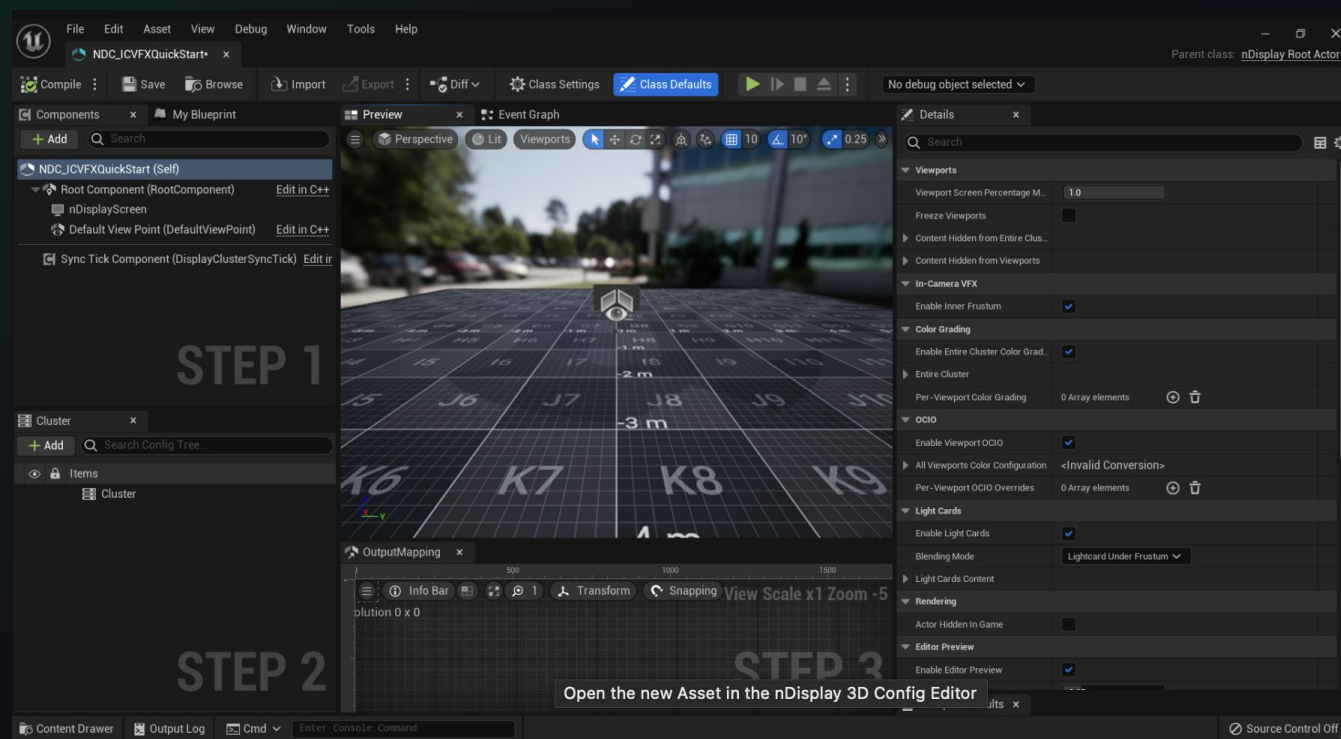
Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

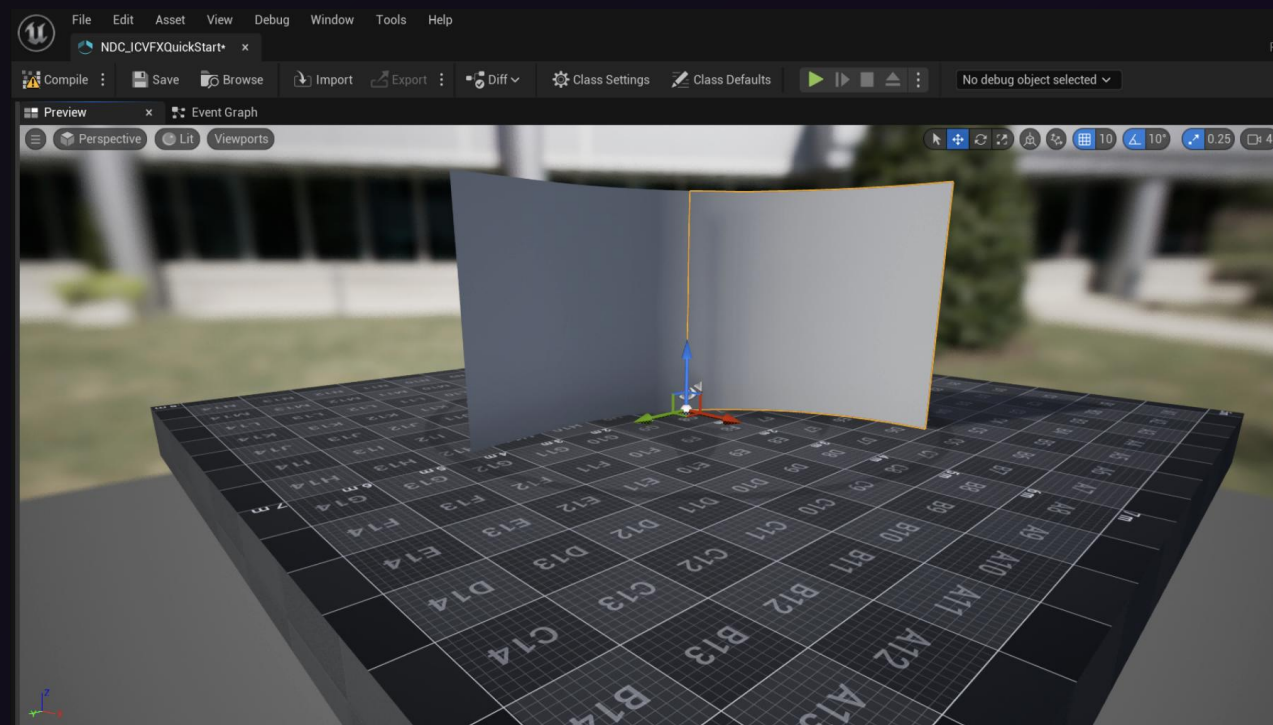
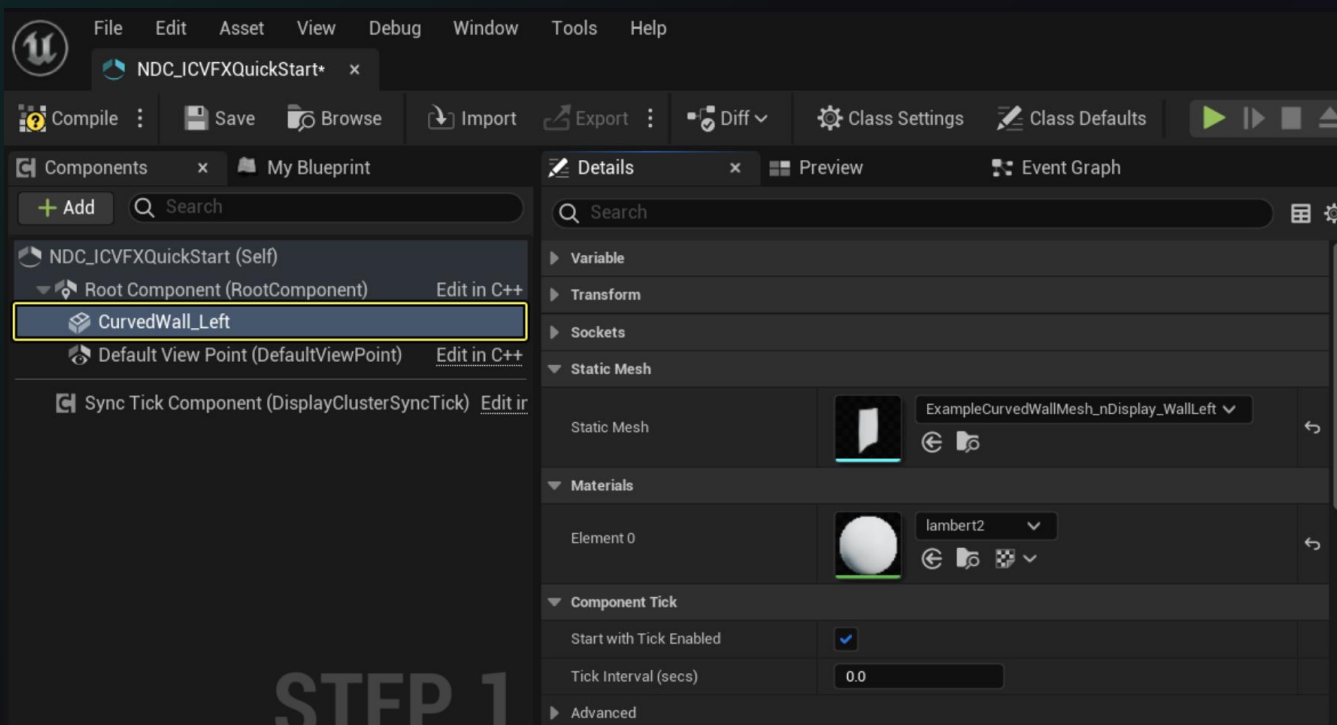
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

ICVFX快速入门

接着我们重新命名两块屏幕，指定其在正确的位置上为其网格体的正确参数
选择网格体后我们可以对网格体旋转到我们想要的角度



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

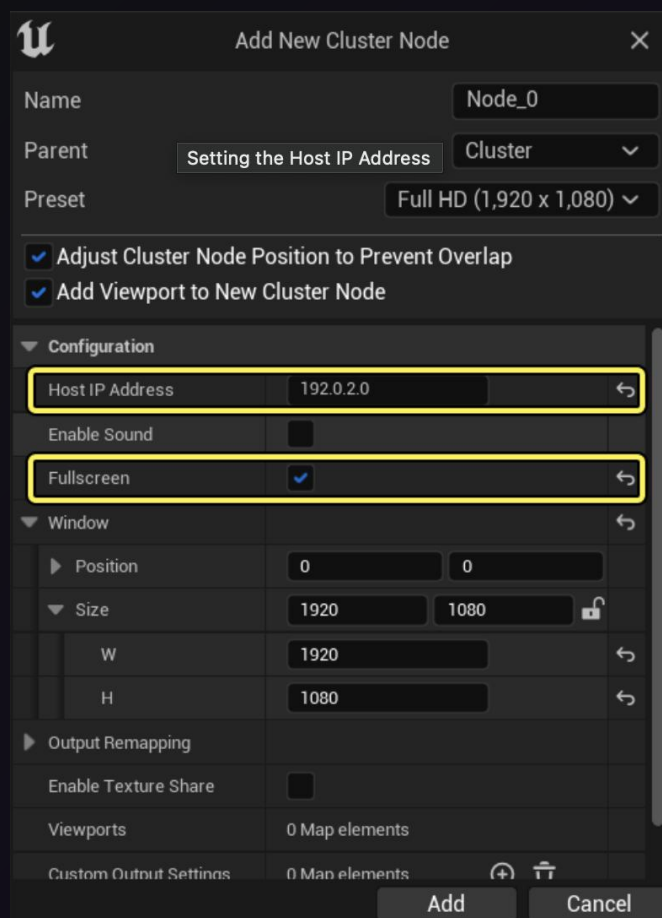
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

ICVFX快速入门

我们新增群集节点后，将主机IP地址设置为计算机的外部IP地址。如果后续要向nDisplay群集添加更多计算机，必须使用计算机的外部IP地址，而不是默认的本地主机IP地址127.0.0.1，因为在多机设置中，无法同时使用回环和非回环地址。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

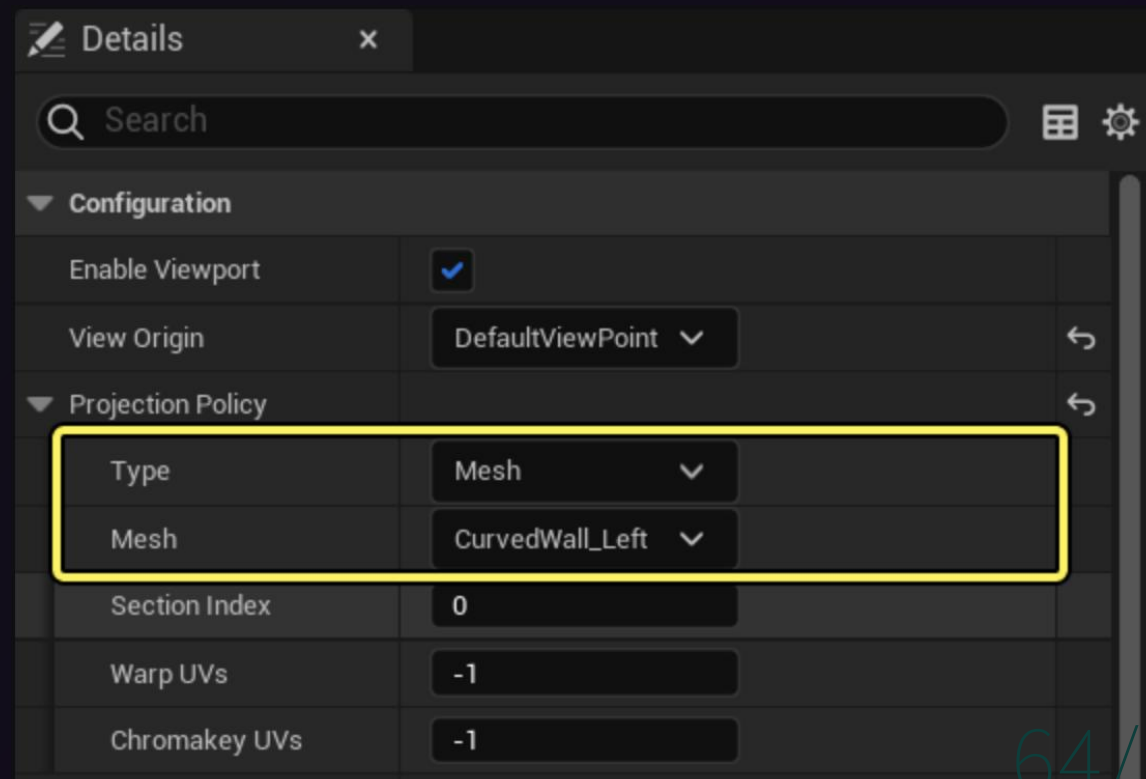
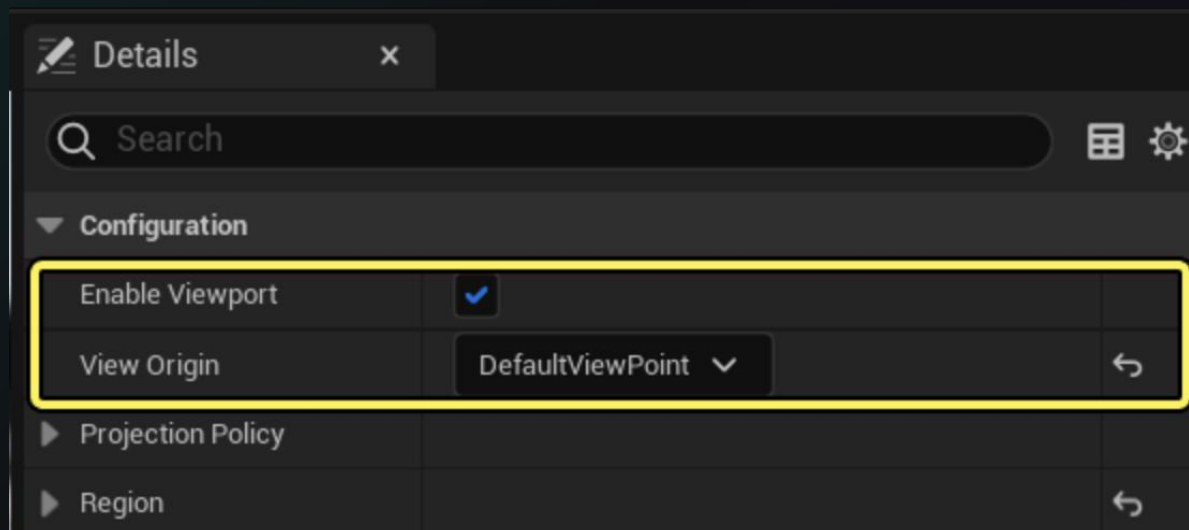
快速入门

ICVFX快速入门

创建群集节点，并为该节点分配新视口。在群集面板中选择该视口，打开其细节面板。

在细节面板中，将视图原点设置为。这样一来，关联的组件就可以控制外视锥的投影点。

在视口细节面板的投影策略分段下，将类型设置为网格体，并从列表中选择网格体。仅添加到组件面板的静态网格体组件才会显示在网格体列表中。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

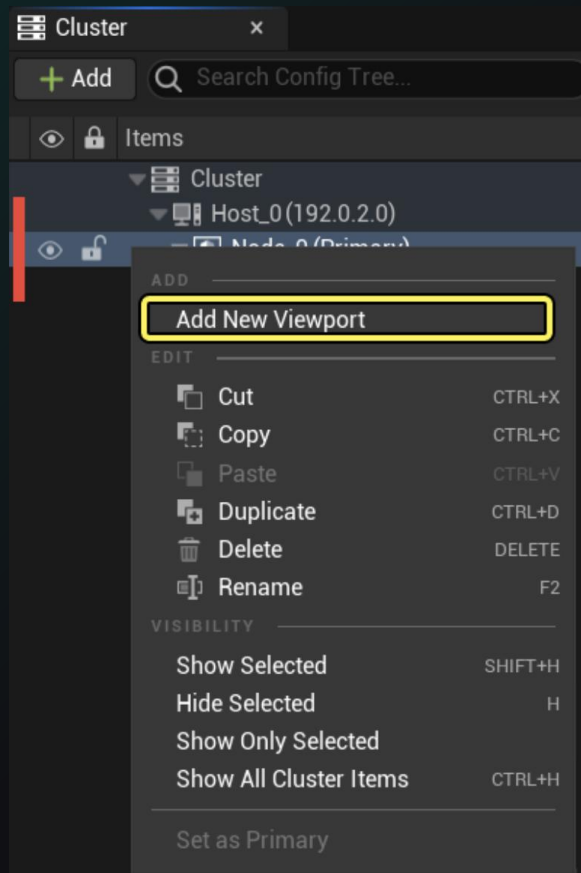
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

ICVFX快速入门

在视口和输出映射面板中查看出现在网格体上的测试场景。同时为另一个墙网格体创建视口。右键点击 群集节点，然后选择新增视口。



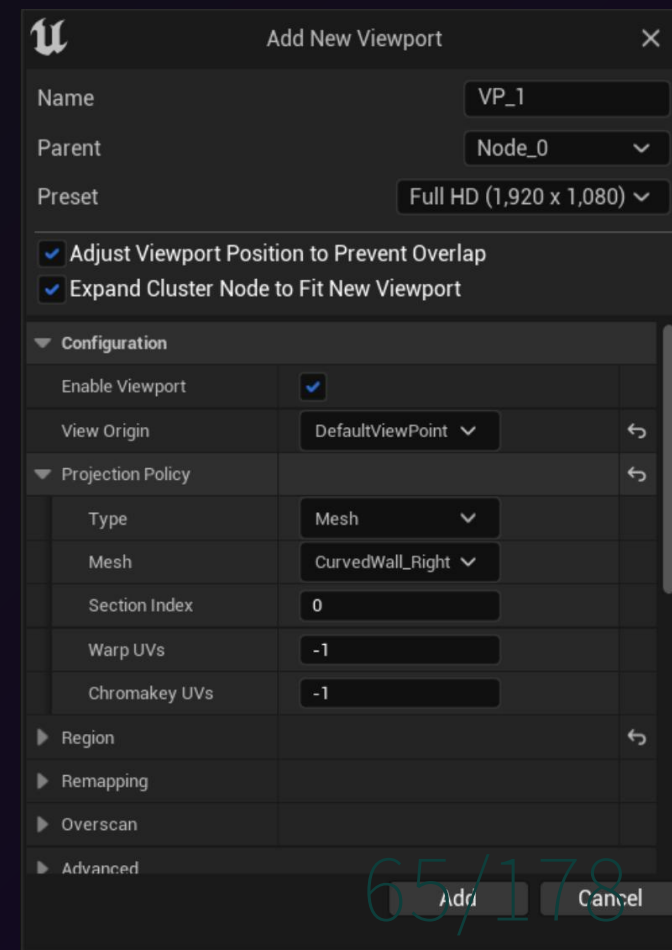
在出现的新增视口窗口中：

将视图原点设置为 DefaultViewPoint。

在投影策略下，将类型设置为网格体。

在投影策略下，将 网格体设置为 CurvedWall_Right。

点击添加。



65/178

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX快速入门

在视口和输出映射面板中查看出现在网格体上的测试场景。同时为另一个墙网格体创建视口。右键点击 群集节点，然后选择新增视口。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

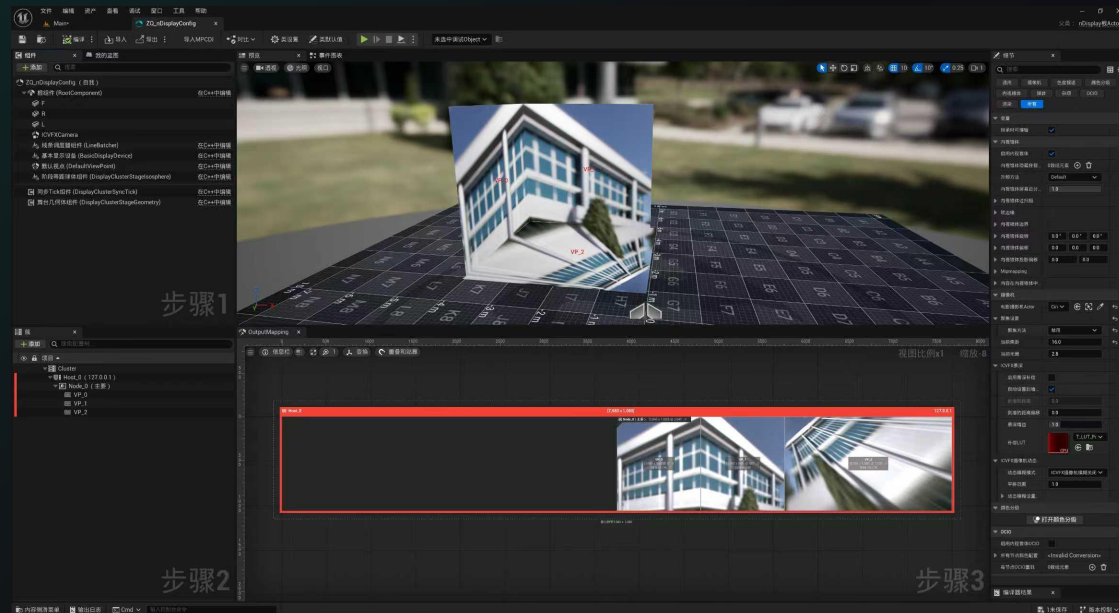
Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

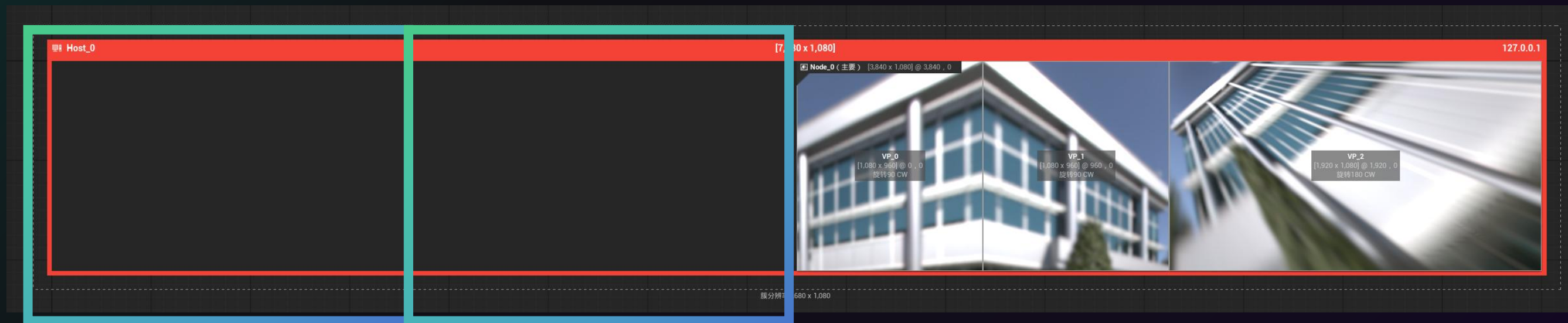
Switchboard

Switchboard概述

快速入门

ICVFX快速入门

左边第一个是原始屏幕，右边是电视机。再右边是xr屏



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

实时渲染

使用nDisplay在多显
示屏上进行渲染



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

实时渲染

虚拟拍摄不仅限于显示在一个屏幕上，或者像**VR头显**这样的双屏设备上。越来越多的视觉化系统想要通过多个同步显示屏实时渲染内容，更高效地让观众沉浸在游戏世界中。

这些系统可能由多个相邻的物理显示屏组成，如Powerwall显示屏；或者可能使用多个投影仪将3D环境投影到穹顶、倾斜幕墙、曲面屏等物理表面，如Cave虚拟环境。

虚幻引擎通过一个名为 **nDisplay** 的系统为这些使用场景提供支持。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

nDisplay概述 -介绍在nDisplay渲染网络中多台计算机协同工作的方法。

在所有的nDisplay系统中，都有一台**主计算机**和数量不定的附加计算机（称为二级节点）。

- 网络中的每台计算机都会运行一个或多个虚幻项目实例（以 -game 或者打包格式运行）。
- 每个虚幻项目实例都对应一台或多台显示设备上的渲染画面。这里的显示设备包括：屏幕、LED屏幕，或投影仪。
- 这些显示设备的视口拥有同一个视点。通过让每块屏幕的渲染视角与屏幕的实际位置保持一定的对应关系，我们可以为观众营造仿佛身处虚拟世界中的错觉。
- 主节点会通过虚拟现实外围网络（VRPN，通过Live Link连接）来接受空间跟踪器和控制器的输入信号，并将这些输入信号复制给网络中的其他计算机。

ICVFX主摄影系统构建研究

ICVFX

- 镜头内视效概述
- LED面板
- 硬件
- 摄像机追踪
- ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

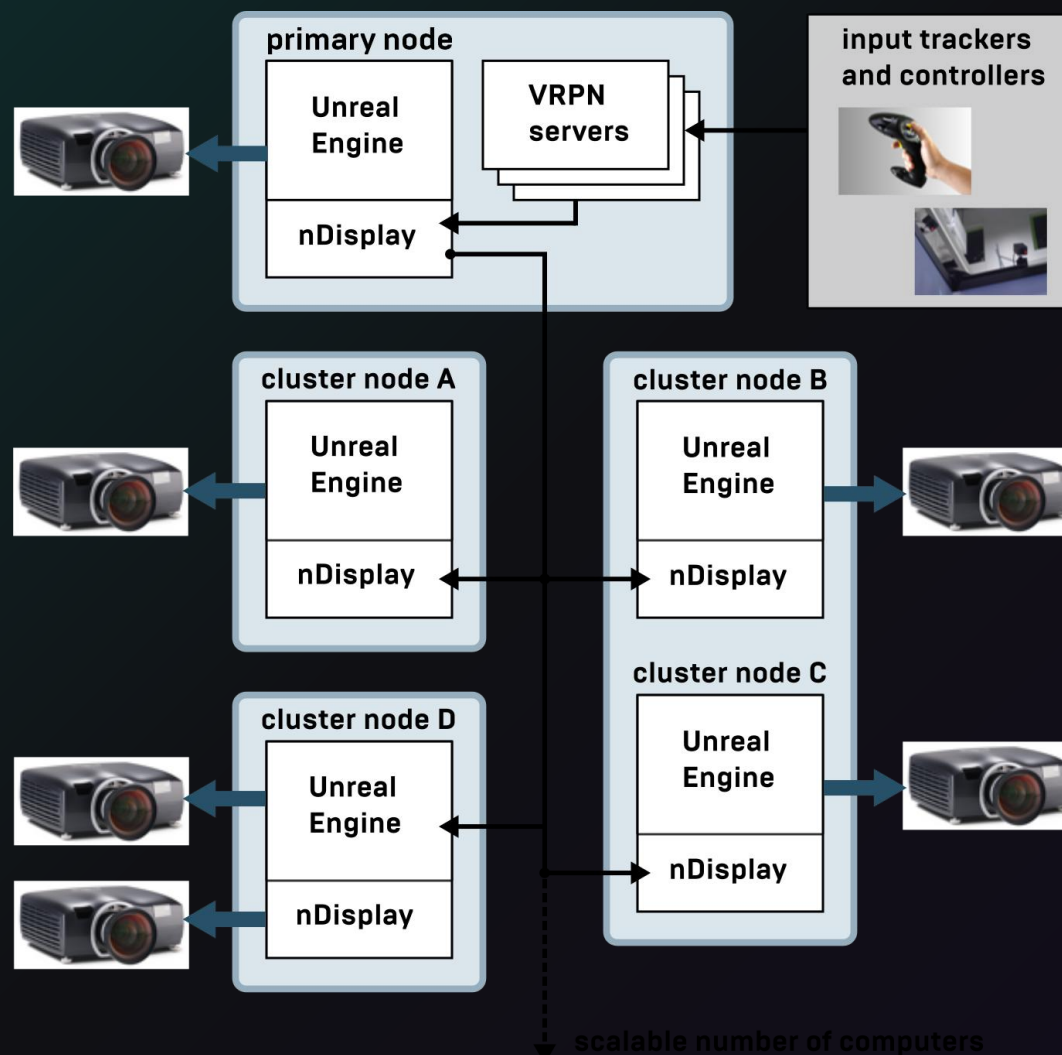
- Genlock
- nDisplay快速入门

Switchboard

- Switchboard概述
- 快速入门

2025.12.22

nDisplay概述 -介绍在nDisplay渲染网络中多台计算机协同工作的方法。



左图显示了一种可能的nDisplay网络结构。与所有nDisplay网络相同，其中的一台电脑充当主节点。此主节点会接受VRPN服务器的系统输入信号（VRPN服务器中继来自空间跟踪设备和其他控制器设备的信号）。网络中还包含一些其他电脑（二级节点，也会运行许虚幻项目）。每个二级节点都负责渲染一台或多台显示设备。

ICVFX主摄影系统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

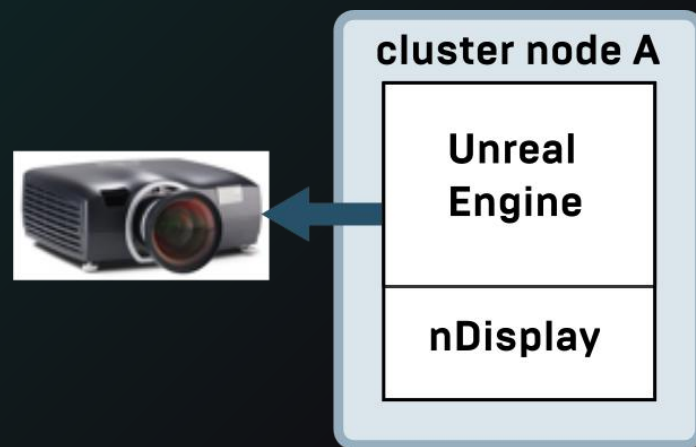
nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

nDisplay概述 -介绍在nDisplay渲染网络中多台计算机协同工作的方法。



每台显示设备对应一台电脑和一个应用程序实例

这是nDisplay中最常见的设置方法。每当你需要新增一台物理显示设备，你都需要新增一台电脑来为该设备渲染内容。在这台计算机上，你只运行一个虚幻引擎项目实例。这种情况下，这个项目实例通常只渲染一个视口（即一个3D场景画面）。

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

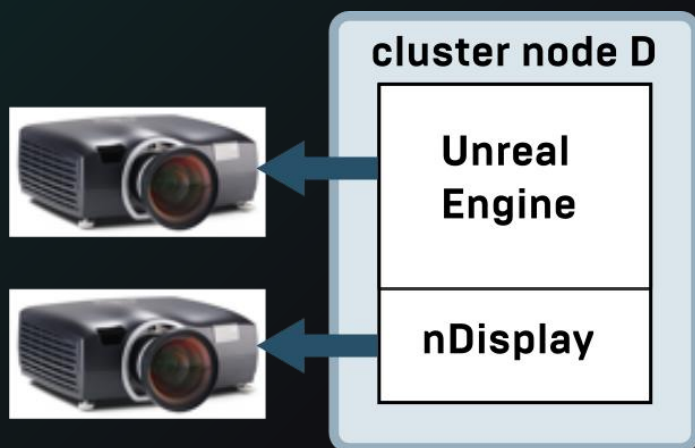
Switchboard

Switchboard概述

快速入门



nDisplay概述 -介绍在nDisplay渲染网络中多台计算机协同工作的方法。



一台电脑和一个项目实例对应多台显示设备。

在这种方案下，每台电脑只运行一个项目实例，但需要将3D场景渲染成多个视口。借助输出映射工具，这些视口会被映射到一幅完整2D画幅的不同区域上——这个2D画幅又称为应用程序窗口。

显卡厂商的多屏显示技术可以实现屏幕的拼接效果——例如NVIDIA Mosaic或AMD Eyefinity技术。这些技术可以让虚幻引擎在屏幕上渲染内容时，整体上拥有更好的同步效果和性能表现。可以使用nDisplay输出映射工具在整个画幅上映射你的所有视口。

为了提升性能表现，还可以多添加一张显卡来渲染每个视口。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

多GPU支持

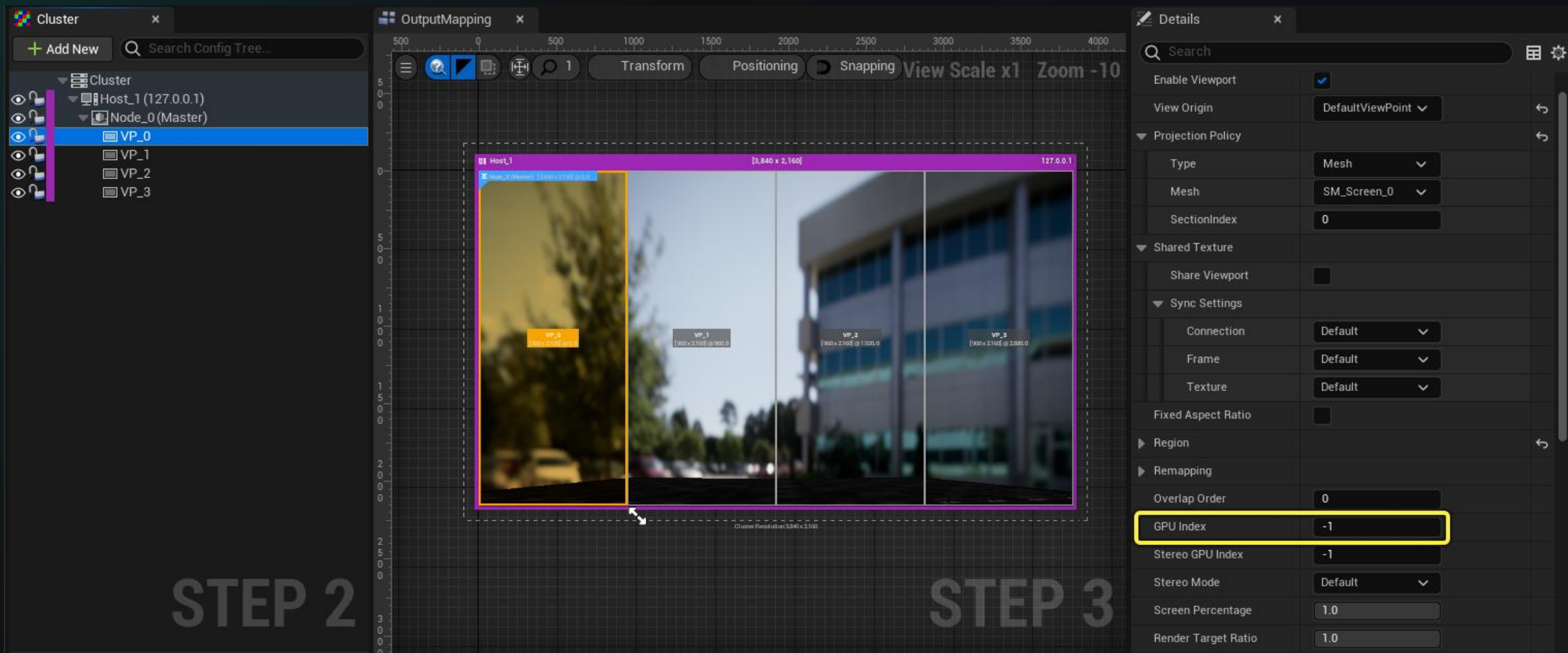
nDisplay支持使用多个GPU (mGPU)进行视口渲染，因此我们可以指定一个GPU设备来渲染特定的视口，然后将该帧复制到另一个GPU进行显示。

在虚拟制作和摄像机内视觉特效场景中，可以在第二个GPU上渲染整个内部视锥，从而提升性能和硬件利用率。

下面是在具有NVLink的NVIDIA GPU上进行操作的一个方法：

多GPU支持

- 在nDisplay 3D配置编辑器中打开你的nDisplay配置资产。

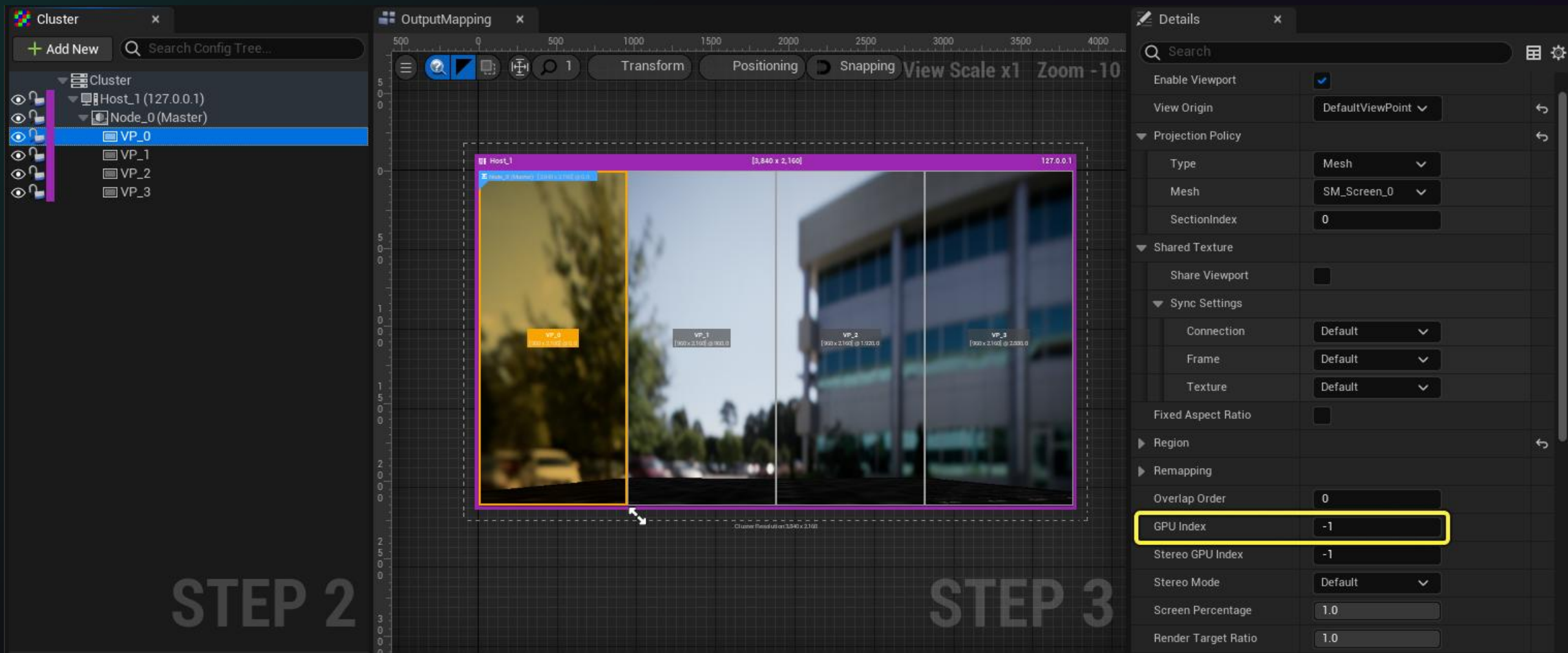


The screenshot displays the nDisplay 3D configuration editor interface, divided into three main sections:

- Cluster (STEP 2):** A tree view on the left showing the configuration hierarchy: Cluster > Host_1 (127.0.0.1) > Node_0 (Master) > VP_0, VP_1, VP_2, VP_3. VP_0 is currently selected.
- OutputMapping (STEP 3):** A central 3D viewport showing a scene rendered across four vertical viewports (VP_0, VP_1, VP_2, VP_3). The scene features a building and trees. The viewports are labeled with their respective resolutions and refresh rates.
- Details:** A properties panel on the right for the selected viewport. The **GPU Index** property is highlighted with a yellow box and set to **-1**. Other visible properties include: Enable Viewport (checked), View Origin (DefaultViewPoint), Projection Policy (Type: Mesh, Mesh: SM_Screen_0, SectionIndex: 0), Shared Texture (Share Viewport: unchecked), Sync Settings (Connection: Default, Frame: Default, Texture: Default), Fixed Aspect Ratio (unchecked), Region, Remapping (Overlap Order: 0), Stereo GPU Index (-1), Stereo Mode (Default), Screen Percentage (1.0), and Render Target Ratio (1.0).

多GPU支持

- 在组件 (Components) 面板中，选择配置资产以打开细节 (Details) 面板，然后将配置 (Configuration) > 渲染帧设置 (Render Frame Settings) > 多GPU模式 (Multi GPU Mode) 设置为启用 (Enabled)。



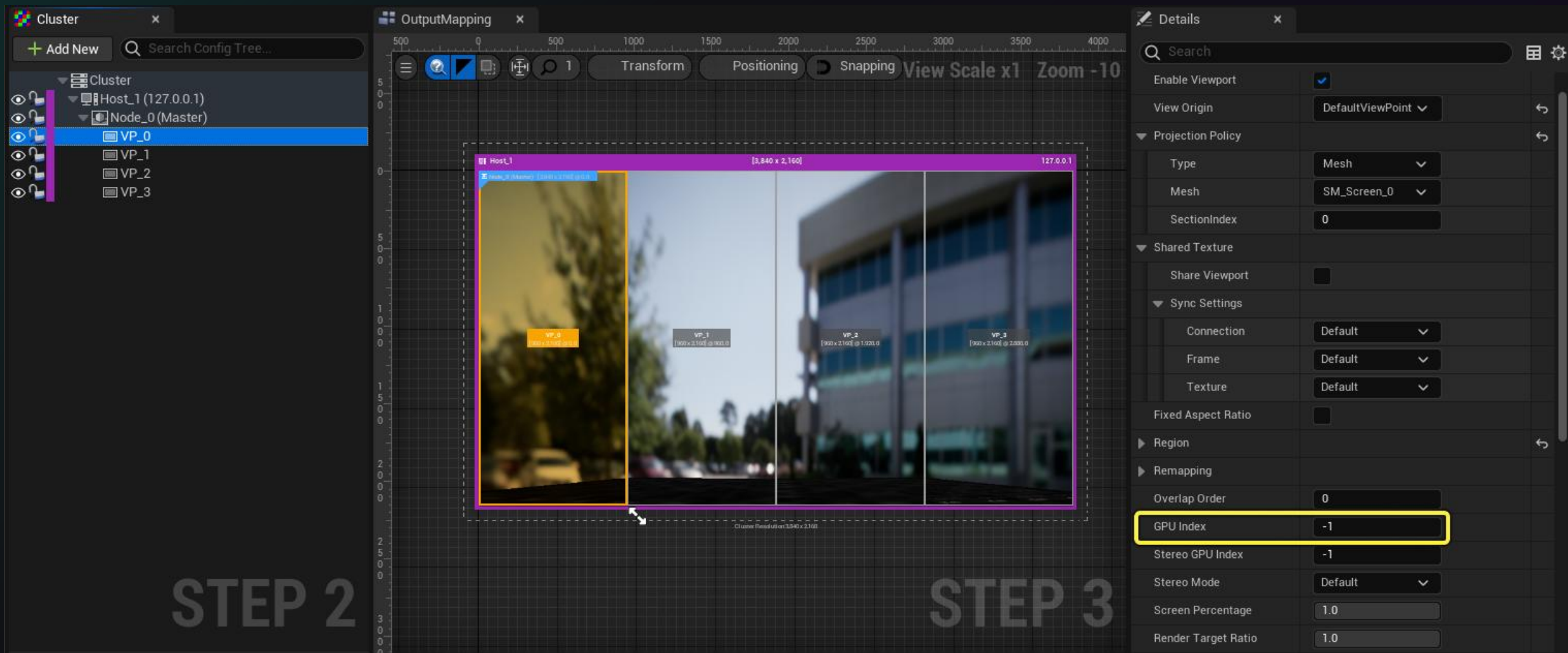
The screenshot displays the software interface for configuring multi-GPU rendering. It is divided into three main sections:

- Cluster Panel (Left):** Shows a hierarchical tree structure. The 'Cluster' is expanded to show 'Host_1 (127.0.0.1)', which contains 'Node_0 (Master)'. Under 'Node_0', four viewports are listed: 'VP_0', 'VP_1', 'VP_2', and 'VP_3'. 'VP_0' is currently selected.
- OutputMapping Viewport (Center):** A large central window showing a 3D scene rendered across four viewports. The viewports are labeled 'VP_0', 'VP_1', 'VP_2', and 'VP_3'. The overall dimensions are 3,840 x 2,160. The interface includes standard toolbars for Transform, Positioning, Snapping, View Scale (x1), and Zoom (-10).
- Details Panel (Right):** Shows the configuration options for the selected viewport. The 'GPU Index' field is highlighted with a yellow box and set to '-1'. Other settings include 'Enable Viewport' (checked), 'View Origin' (DefaultViewPoint), 'Projection Policy' (Mesh), 'Mesh' (SM_Screen_0), 'SectionIndex' (0), 'Sync Settings' (Connection: Default, Frame: Default, Texture: Default), 'Fixed Aspect Ratio' (unchecked), 'Region', 'Remapping', 'Overlap Order' (0), 'Stereo GPU Index' (-1), 'Stereo Mode' (Default), 'Screen Percentage' (1.0), and 'Render Target Ratio' (1.0).

STEP 2 is indicated at the bottom left, and **STEP 3** is indicated at the bottom right.

多GPU支持

• 如果是视口渲染：
在nDisplay 3D配置编辑器中，选择视口，
在其细节（Details）面板中将GPUIndex字段
设置为你的GPU的索引。



The screenshot displays the nDisplay 3D configuration editor interface, divided into three main sections:

- Cluster (STEP 2):** A tree view on the left showing the configuration hierarchy. Under 'Host_1 (127.0.0.1)', 'Node_0 (Master)' is expanded to show four viewports: 'VP_0', 'VP_1', 'VP_2', and 'VP_3'. 'VP_0' is currently selected.
- OutputMapping (STEP 3):** A central 3D viewport showing a rendered scene of a building. The viewport is divided into four quadrants, each representing a different GPU's output. The top-left quadrant is labeled 'Host_1' and 'VP_0'. The other quadrants are labeled 'VP_1', 'VP_2', and 'VP_3'. The overall dimensions are [3,840 x 2,160].
- Details:** A properties panel on the right for the selected viewport. The 'GPU Index' field is highlighted with a yellow box and set to '-1'. Other visible settings include 'Enable Viewport' (checked), 'View Origin' (DefaultViewPoint), 'Projection Policy' (Mesh), 'Mesh' (SM_Screen_0), 'SectionIndex' (0), 'Shared Texture' (Share Viewport: unchecked), 'Sync Settings' (Connection: Default, Frame: Default, Texture: Default), 'Fixed Aspect Ratio' (unchecked), 'Region', 'Remapping' (Overlap Order: 0), 'Stereo GPU Index' (-1), 'Stereo Mode' (Default), 'Screen Percentage' (1.0), and 'Render Target Ratio' (1.0).

多GPU支持

• 如果是内部视锥渲染：在nDisplay 3D配置编辑器中，选择ICVFX摄像机，在其细节（Details）面板中将GPUIndex字段设置为你的GPU的索引。

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

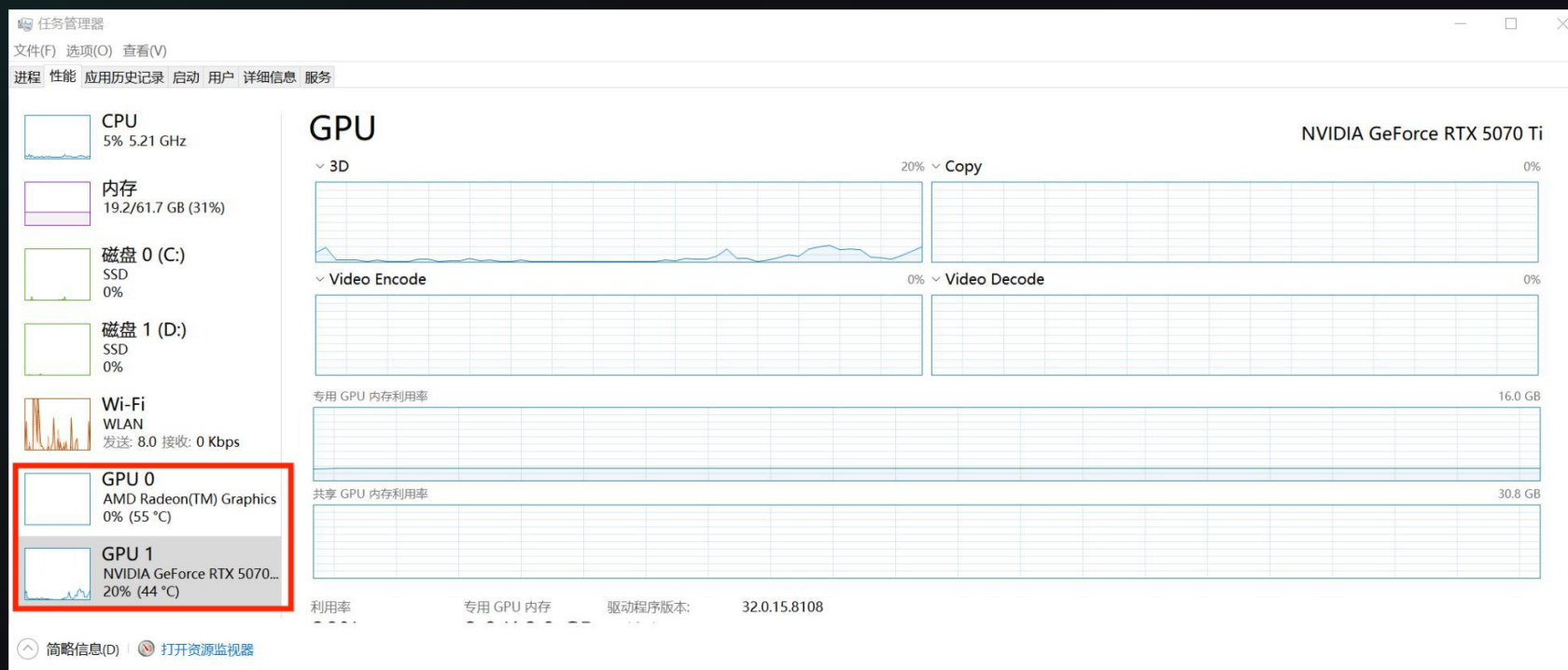
快速入门

2025.12.22

11 多GPU支持

在任务管理器（Task Manager）中找到GPU设备编号：

1. 打开任务管理器（Task Manager）。
2. 切换到性能（Performance）选项卡。
3. 窗口的左侧将显示你的计算机中的所有GPU及其设备编号。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

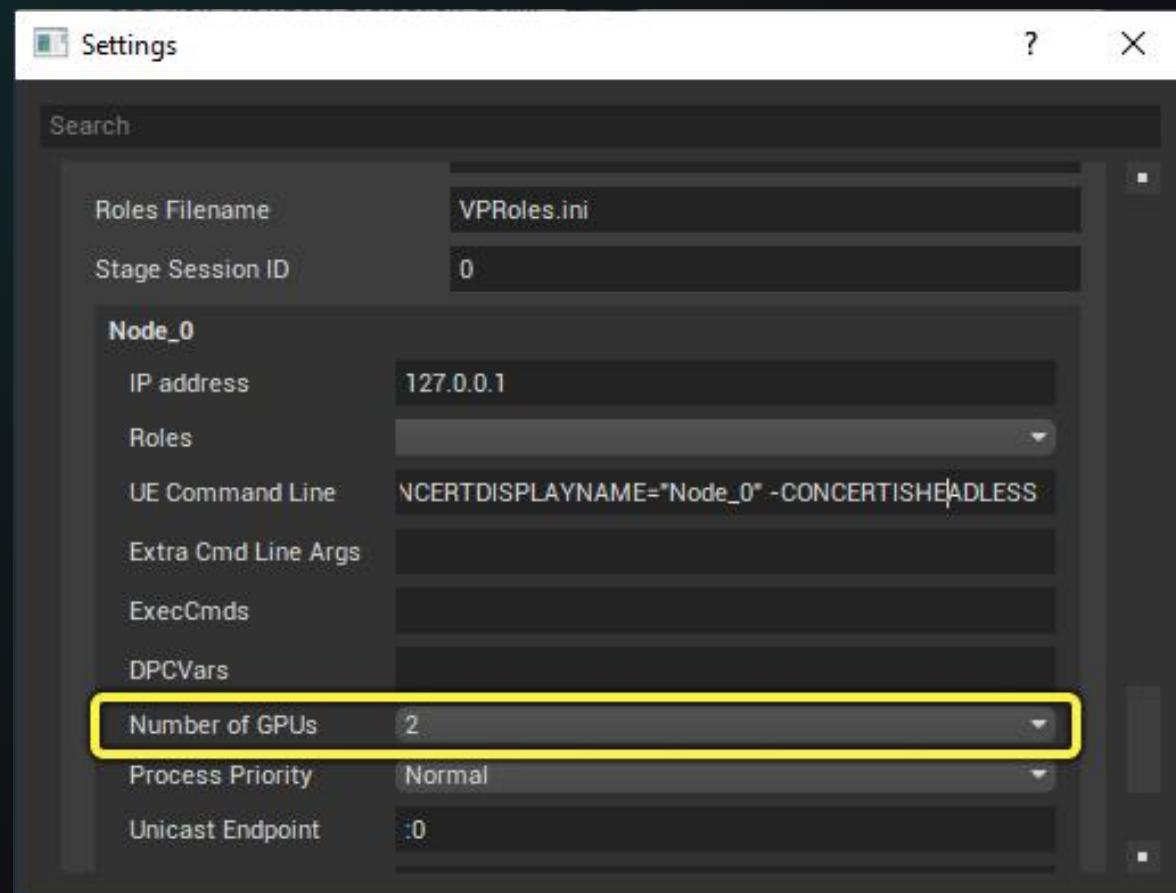
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

🔌 多GPU支持

在nDisplay节点的Switchboard设置中，将 GPU数量 (Number of GPUs) 设置为nDisplay节点中GPU的实际数量。



后续会介绍Switchboard

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

运行时的摄像机控制

在虚拟3D空间中，nDisplay将内部维护配置文件中设置的场景对象的层级。例如，此场景层级通常定义摄像机位置，以及3D空间画面矩形集的位置，此类位置在虚拟场景中代表真实显示画面或投射表面。相对于虚拟空间中固定位于原点（0,0,0）的单个**根**位置来定义此类nDisplay场景对象的位置。

在运行启用了nDisplay的项目时，此虚拟空间的根基于关卡中附加到摄像机的DisplayClusterRoot组件的位置和旋转。nDisplay每帧均会将此根组件的位置和旋转用作配置文件中设置的场景节点的层级起始点。

nDisplay在启动时会默认创建DisplayClusterRoot组件，并将其附加到默认摄像机。从而产生整个nDisplay簇中的所有设备和投影仪，将以活跃摄像机的视角自动渲染场景的效果。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

扩展nDisplay

nDisplay API将渲染通道分解为数个主要概念：

- **DisplayClusterRenderingDevice**，本质上是本地 IStereoRendering 接口的扩展。
- **DisplayClusterPostProcess**，一组六个回调，用于对特定视口应用后期处理效果。
- **DisplayClusterProjectionPolicy**，负责自定义投射方法，如支持可扩展显示、VIO SO、DomeProjection，或MPCDI，以便渲染至曲面或任意平面上，或执行简单平面投射。
- **DisplayClusterRenderSyncPolicy**，用于各种同步方法，如 nvSwapLock、vSync或24hz显示的自定义跳帧同步。

创建上述自有元素之后，即可自定义nDisplay系统生成的图像，以适应使用的任何投射或显示技术，同时仍可享受nDisplay群集系统的所有关键优势，无需修改发布的虚幻引擎源代码。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

Genlock

Genlock 是一种时间同步机制，通常用于同步多个设备（如摄像机、显示器、渲染节点等）的工作时钟。它确保这些设备的信号在时间上对齐，以便它们能精确地协同工作。Genlock 通过发送一个同步信号（通常是来自主设备的时钟信号）来调整其它设备的时钟，确保所有设备的工作频率相同。

设备构成：

Genlock 通常有一个 Master（主）设备，它提供时钟信号，其他设备作为 Slave（从设备）接收该时钟信号进行同步。主设备发出的时钟信号就是“genlock”信号，其他设备根据该信号来调整自己工作的时序。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

Genlock

Genlock 对与虚拟制作的项目来说十分重要，他可以让摄像机、渲染引擎（Unreal）、LED墙、追踪系统等所有设备使用同一个主时钟（Master Clock）同步工作。

1. 防止 LED 画面与摄像机不同步 → 避免闪烁、滚动条、曝光波纹

LED 屏幕在不断刷新，而摄像机在不断曝光。如果两个刷新点不一致，就会出现：

- 条纹（scanline banding）
- 闪烁（flickering）
- 暗亮块跳动（brightness pulsing）
- 画面局部曝光异常

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

Genlock

2. 保证虚拟背景实时追随摄像机 → 视差和透视不出错

虚拟制作使用的是：

摄像机追踪数据（位置、角度），nDisplay实时渲染背景，如果渲染帧的时间和摄像机的曝光帧不一致：

透视错位（角色与背景比例不对，直线弯曲，物体位置跳）

视差跳动（摄像机一移动，背景看起来像贴图）

Genlock 让摄像机追踪数据与渲染帧的时间统一 → 保证虚拟背景完全按照摄像机视角变化。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

Genlock

3.nDisplay 多渲染节点同步刷新 → 拼接 LED 场景不撕裂

虚拟制作 LED 背景不是一台电脑渲染，而是三个空间组成部分，即：

- Render Node 1（左）
- Render Node 2（右）
- Render Node 3（顶部）

如果每台机器的“帧”不一致，就会出现：

- 拼缝（bezel）处撕裂
- 左右画面不连贯
- 场景突然跳帧

Genlock 让每个 Render Node 使用同一个主时钟 → 拼接大屏幕画面完全一致，不撕裂。

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

Genlock

基于全新的Genlock技术，现在画面的拍摄不仅仅可以靠摄影机搞定，甚至还可以通过手机搞定

在这里还需介绍一下TC与Genlock的不同之处，通俗的讲：

TC：为视频或音频的每一帧标记开始与结束的时码，只是标记，起辅助作用

Genlock：强制保证视频或音频开始与结束的时间，起决定作用

因此Genlock能够保证现场制作中不出现画面问题，而通过TC制作还可能出现音画不同步的问题



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

Genlock

在虚拟制作中，为什么采用Genlock技术？

普通影视制作中，绝大多数还是采用TC技术来统一时间码，因为这类制作没有现场画面频闪以及渲染节点同步的问题，所以仅需要保证他们在后期制作中能够实现音画同步即可。

但对于虚拟制作来说，不仅仅要保证后期制作能够音画同步，更重要的是要保证ndisplay的渲染能够有实时性，能绝对匹配摄影机的快门速度和LED屏幕的刷新速度，这样才能够避免后期制作所不能修改的问题。

但制作中仍需使用TC，如果没有TC，那将会导致后期制作无法得知准确的拍摄时间。（目前BMD推出的Camera ProDock拓展坞能够同时解决Genlock与TC）

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

Genlock

Genlock技术对于制作中仍会出现的问题

目前虚拟制作中最重要的环节如LED、摄影机、GPU、nDisplay渲染集群均需要Genlock技术保证一致性，但各个设备的内部时钟环仍存在稳定速度不同的问题，可能会在制作中产生误差

举个例子：LED屏幕搭建方式会有很多种，有一体式的也有多个小屏幕拼接而成的，同时还有曲面的，那么此时当他们的空间体积以及屏幕使用的实际面积越大，则对于精度的要求更高，进而使Genlock对全局的同步要求更高。

对于逐行曝光的摄影机来说，Genlock只能同步帧开始时刻，但逐行曝光会产生时间偏移，虽然很微小，但随着时间的增长，还是会出现精度问题。

同时目前Genlock还并不适配绝大多数设备。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门



Genlock技术在未来的发展前景

- 在产品适配性方面，对于目前新媒体的飞速发展，小型轻量化的设备逐渐热门，因此对更多设备的适配能够更好的辅助与提升更多项目的制作效率
- 能够适配更多的设备特性，比如能够兼顾摄影机逐行扫描的时间误差，做到真正的帧精准
- 能够减少设备传输环节，从Genlock单方向传输信号到摄影机与LED通过Genlock相互传输信号，做到帧平衡;GPU直连LED控制器，减少设备传输环节，降低延迟，提升精度

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

时间码和同步锁定

Genlock (Generator Locking):

这是系统与“外部世界”的锚点。它强迫计算设备的视频输出频率与外部基准信号（House Sync）的相位和频率保持一致。其核心目的是解决摄像机与屏幕的同步问题。如果缺乏 Genlock，摄像机的感光元件可能会在 LED 屏幕正在刷新数据的瞬间进行曝光，导致画面上出现黑条或色彩断层。

Framelock (Frame Locking):

这是系统内部各节点间的契约。它强迫集群中的每一台计算机（Render Node）在同一时刻交换帧缓冲区（Swap Buffer）。其核心目的是解决屏幕与屏幕的拼接同步问题。如果缺乏 Framelock，相邻的两块 LED 屏幕（分别由不同计算机驱动）可能会显示不同帧号的画面，导致跨屏的运动物体出现断裂。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

时间码和同步锁定

默认情况下，虚幻编辑器会根据计算机上的当前系统时间生成自己的时间码。该时间码默认设置为每秒30帧，但是引擎在任何给定秒内渲染的帧数通常都超过了30帧。因此，通常会为**输出中的多个连续帧指定相同的时间码值**。

在多个不同的视频源和信号处理设备之间保持时间码的同步，需要使虚幻引擎的时间码与正在处理的视频源的时间码匹配。

ICVFX主摄影系统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

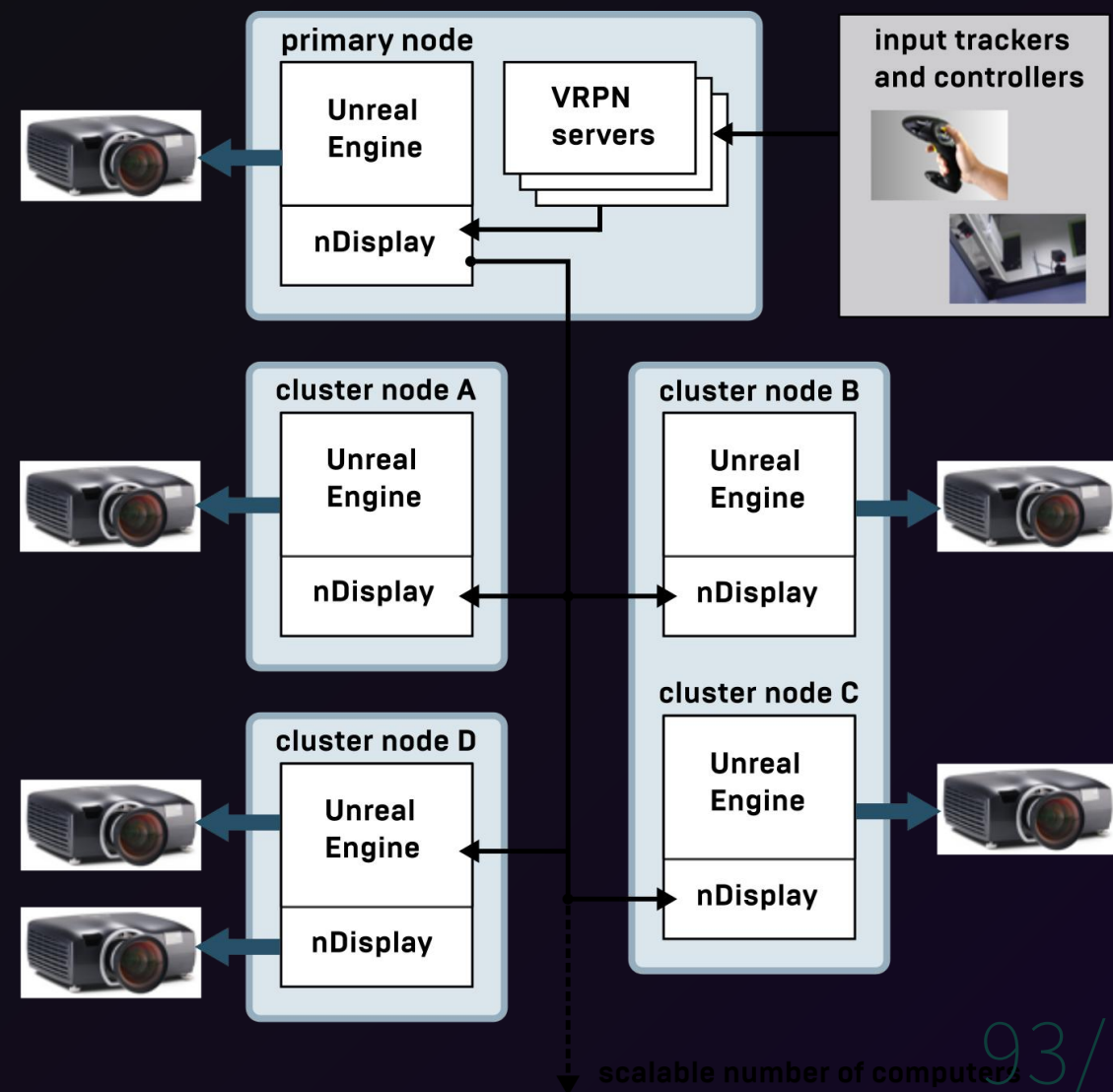
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

时间码和同步锁定

在 Unreal Engine 的 nDisplay 体系中，唯有将二者结合——
利用 Genlock 锁定主节点（Master Node），
利用 Framelock 锁定子节点（Client Nodes）——才能构建出真正可用于拍摄的虚拟环境。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

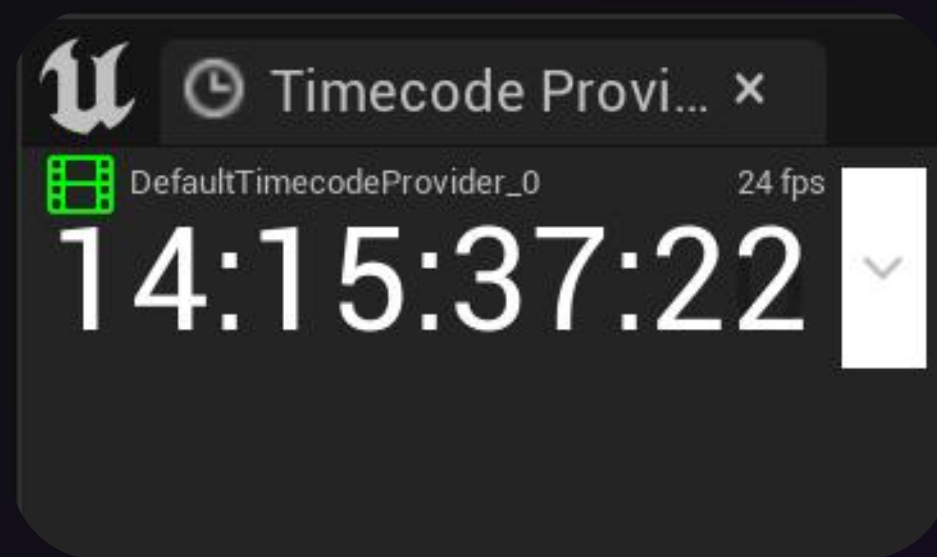
Switchboard概述

快速入门

在虚幻编辑器中显示时间码

打开**时间码提供者 (Timecode Provider)** 面板。

在主菜单的 **窗口 (Window) > 虚拟制片 (Virtual Production) > 时间码提供者 (Timecode Provider)** 下找到该面板。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

🕒 在虚幻编辑器中显示时间码

或者，可以使用以下控制台命令：

```
stat timecode
```



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

🕒 同步信号发生器

所有同步系统的“心脏”是同步信号发生器（如 AJA GEN10, Blackmagic Sync Generator, Rosendahl Nanosyncs）。该设备负责产生极其稳定的时钟脉冲信号。

帧率匹配：

发生器的输出帧率必须与拍摄帧率严格匹配。例如，如果电影拍摄帧率为 23.976fps，发生器必须设置为对应的 23.98PsF 或 23.98p 格式。任何频率上的微小失配（例如 24.00fps 与 23.976fps）都会导致同步信号在数分钟内发生漂移，最终导致同步丢失（Sync Drop）。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

🕒 时间码与自定义步长：逻辑时间的锁定

除了画面的物理刷新同步，虚拟制片还要求游戏引擎的逻辑时间（Logic Time）与现实时间严格锁定。这涉及到 Unreal Engine 的 DeltaTime 计算方式的改变。

在标准游戏运行模式下，UE 会尽可能快地渲染。DeltaTime（两帧之间的时间差）是动态变化的。如果上一帧渲染用了 16ms，下一帧可能用 15ms。这种动态步长在虚拟制片中是不可接受的，因为它会导致物理模拟（如重力下落、粒子运动）与摄像机捕捉的真实时间流逝速度不一致。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

自定义步长

Custom TimeStep 是 Genlock 在引擎逻辑层的体现。它强制引擎的主循环（Main Loop）等待外部信号。

• workflow:

1. 引擎完成一帧计算。
2. 引擎**暂停 (Block)**，进入休眠状态。
3. Sync 卡接收到 BNC 信号的下一个脉冲。
4. 驱动程序唤醒引擎。
5. 引擎开始下一帧计算，且将 `DeltaTime` 强制设为固定值（例如 1/24 秒）。

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

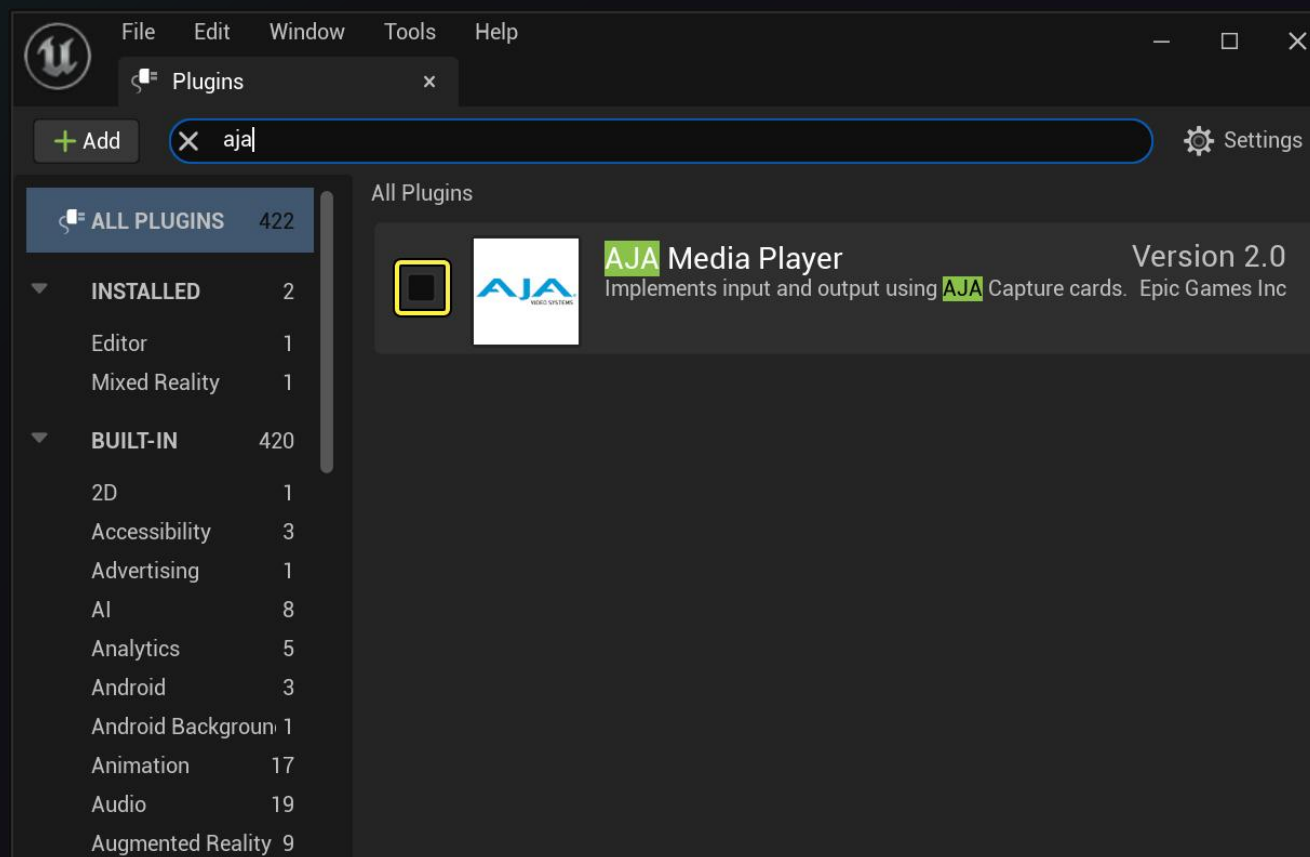
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

Genlock快速入门

下面将介绍如何设置一个虚幻引擎项目来使用AJA Video Systems中的专业视频卡。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

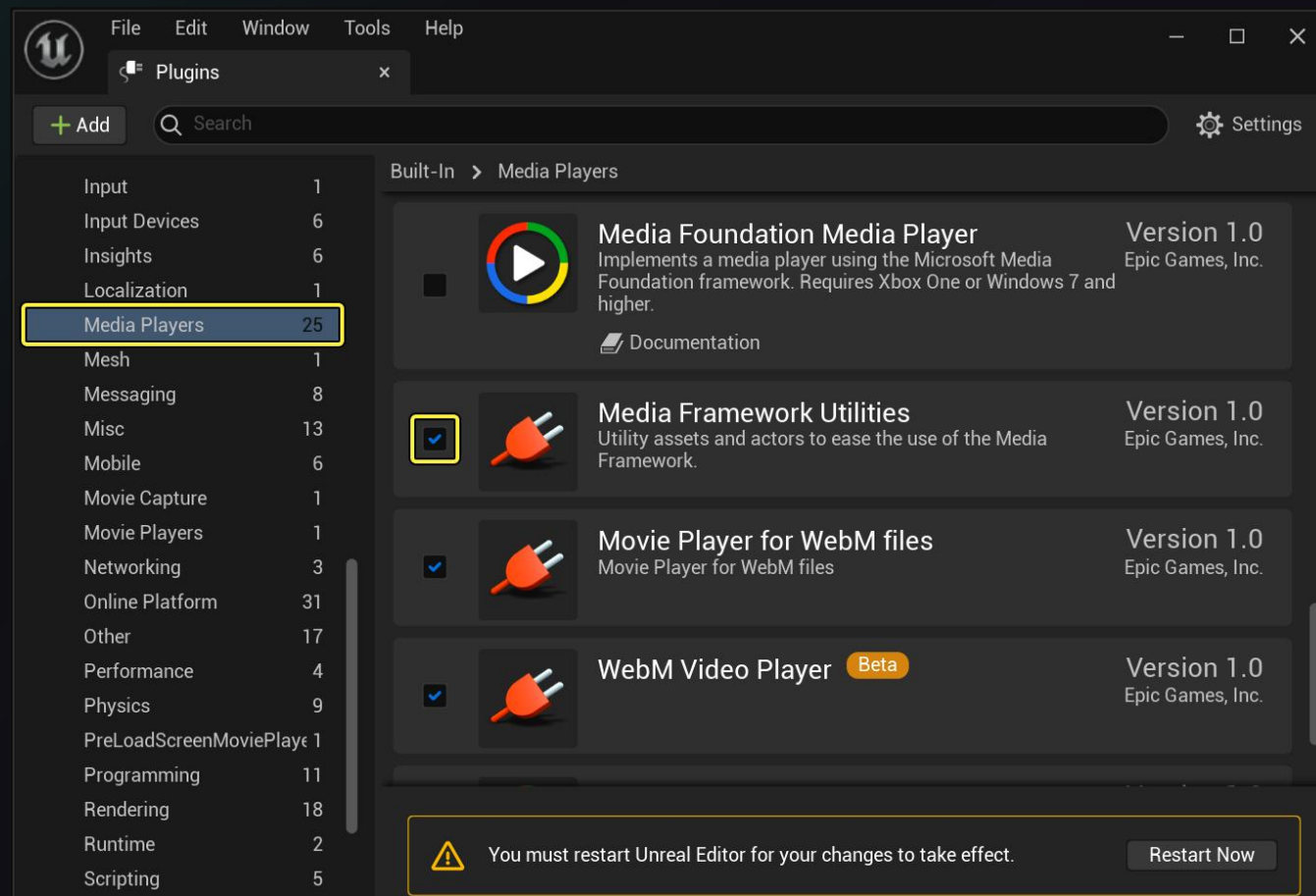
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

Genlock快速入门

在 媒体播放器 (Media Players) 类别下找到 媒体框架工具 (Media Framework Utilities) 插件。选中其启用 (Enabled) 复选框



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

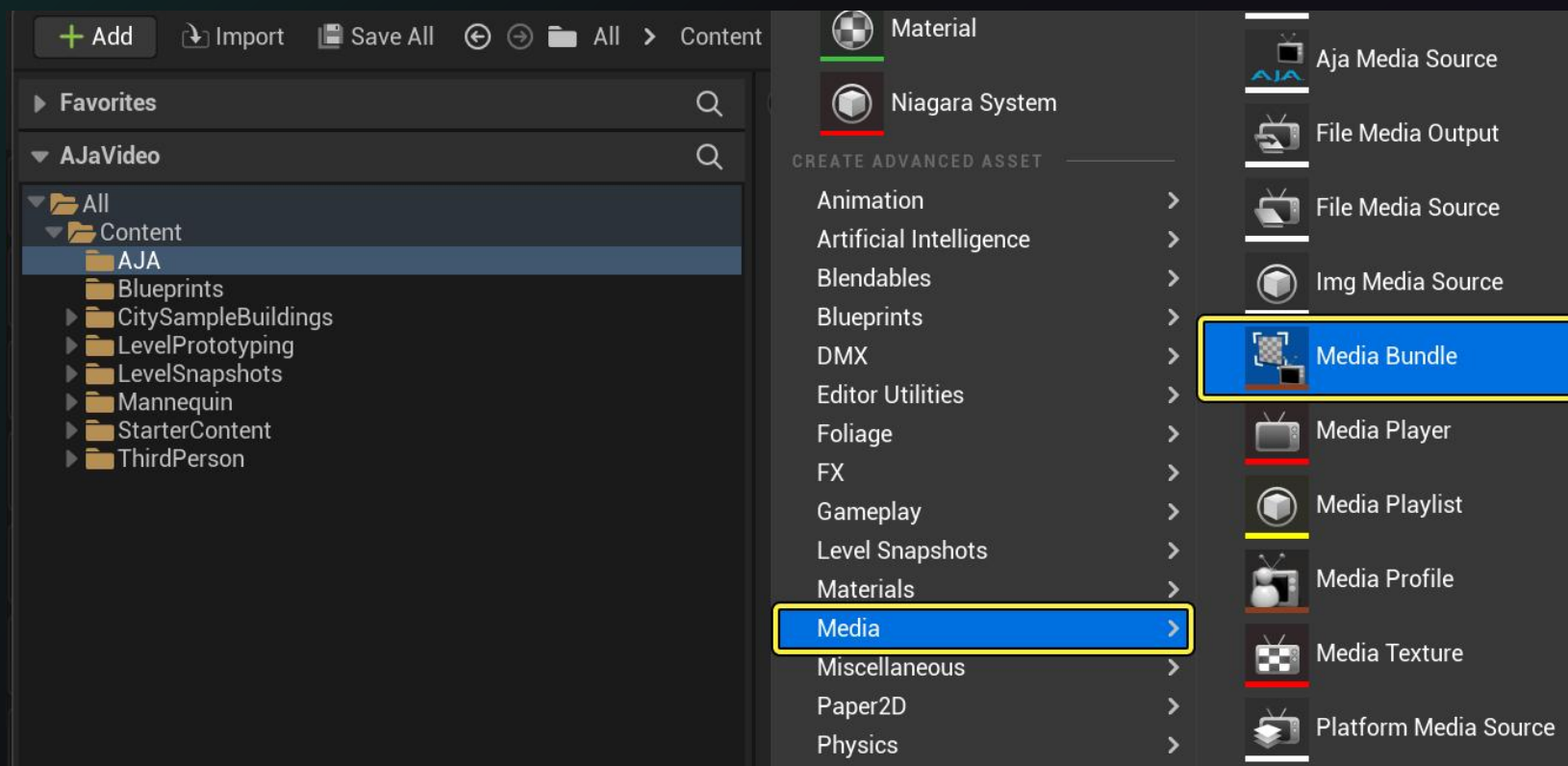
Switchboard

Switchboard概述

快速入门

Genlock快速入门

新建文件夹，右键单击**内容浏览器**（Content Browser）选择**媒体**（Media）>**媒体束**（Media Bundle）



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

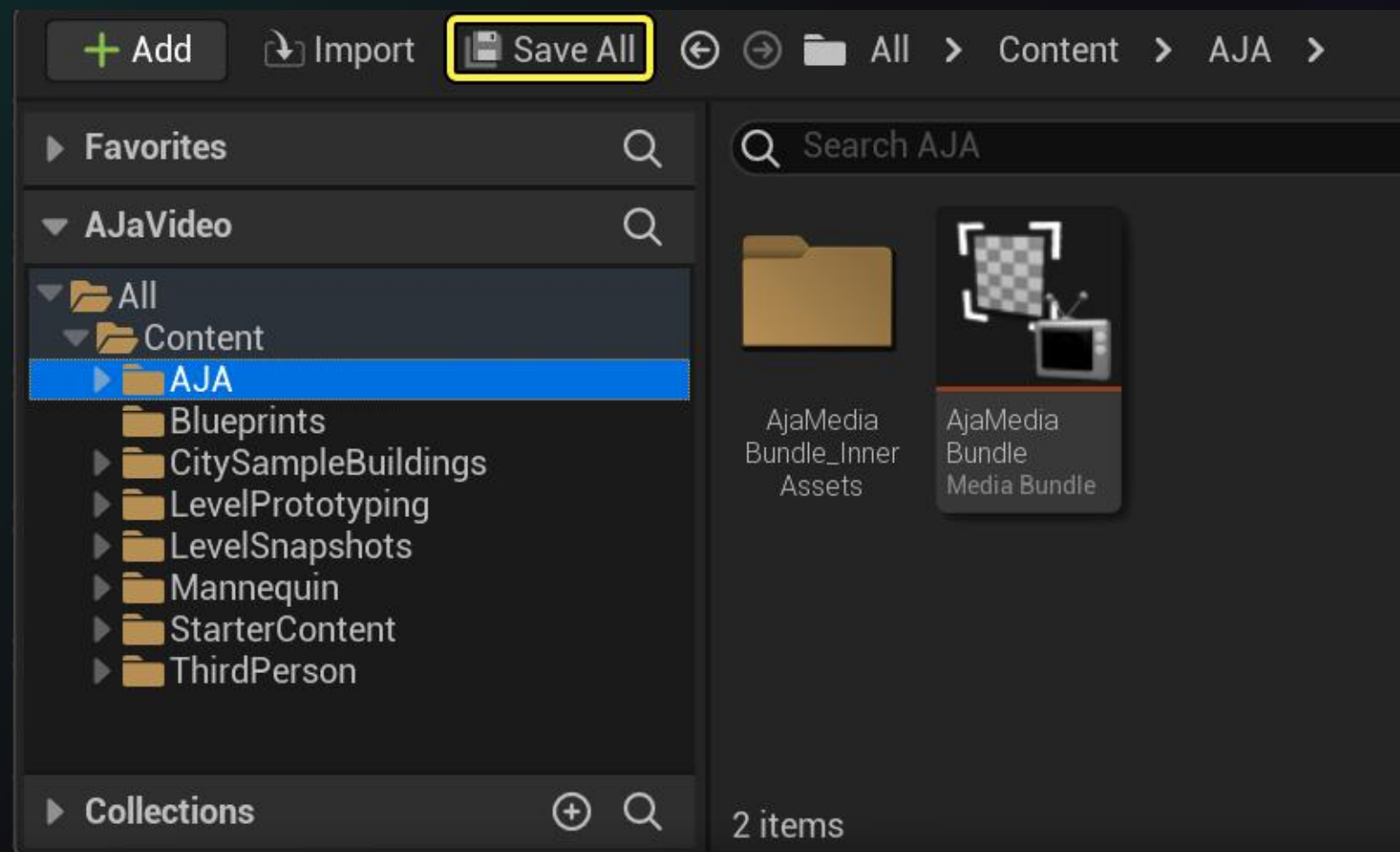
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

Genlock快速入门

重命名，会自动生成新文件夹，别管它，直接保存全部然后双击刚刚的媒体束。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

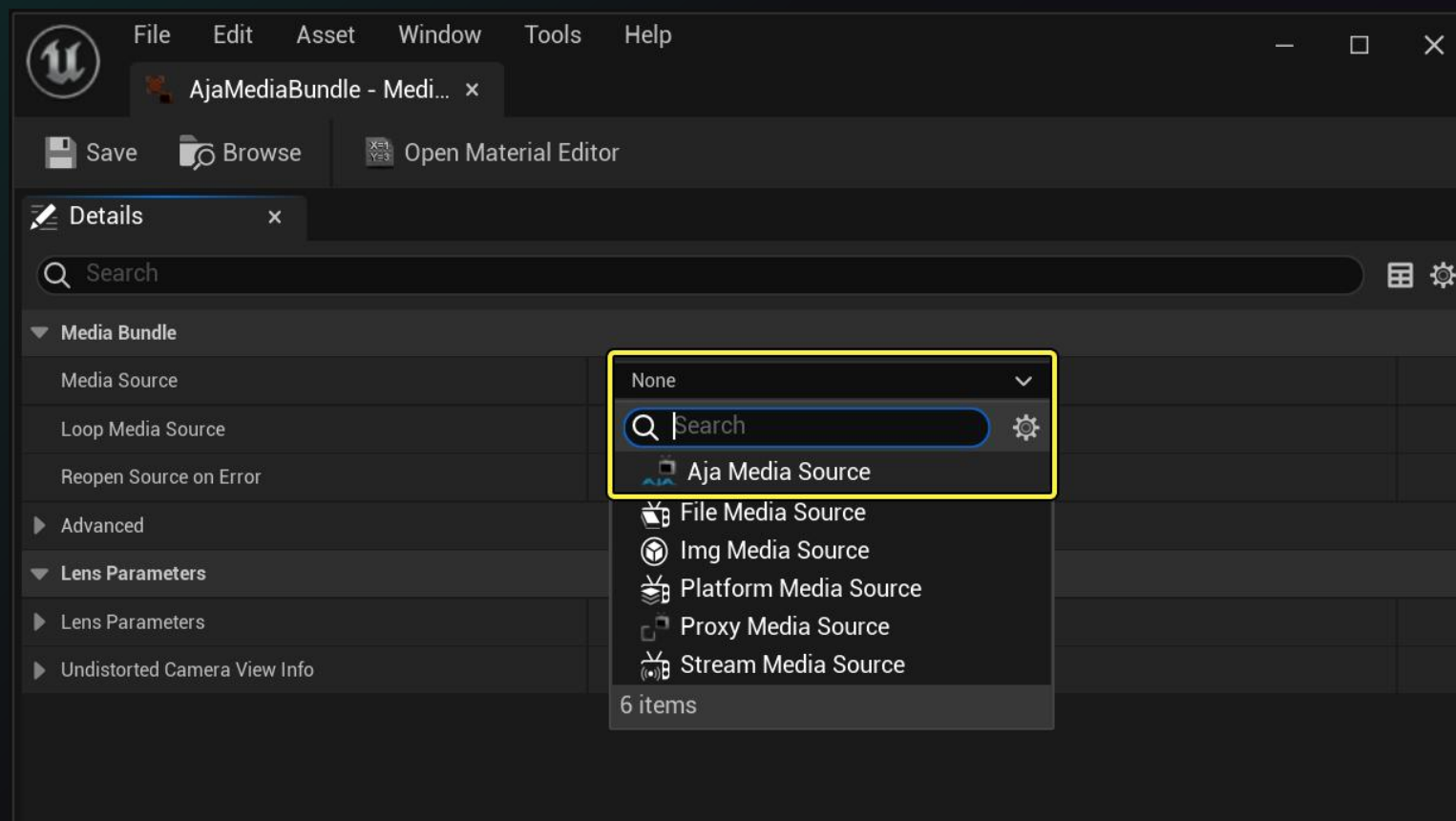
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

Genlock快速入门

双击新媒体束以编辑其属性。媒体束能够播放来自引擎支持的任何媒体源的视频，因此你需要告诉它你想从AJA卡获取视频。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

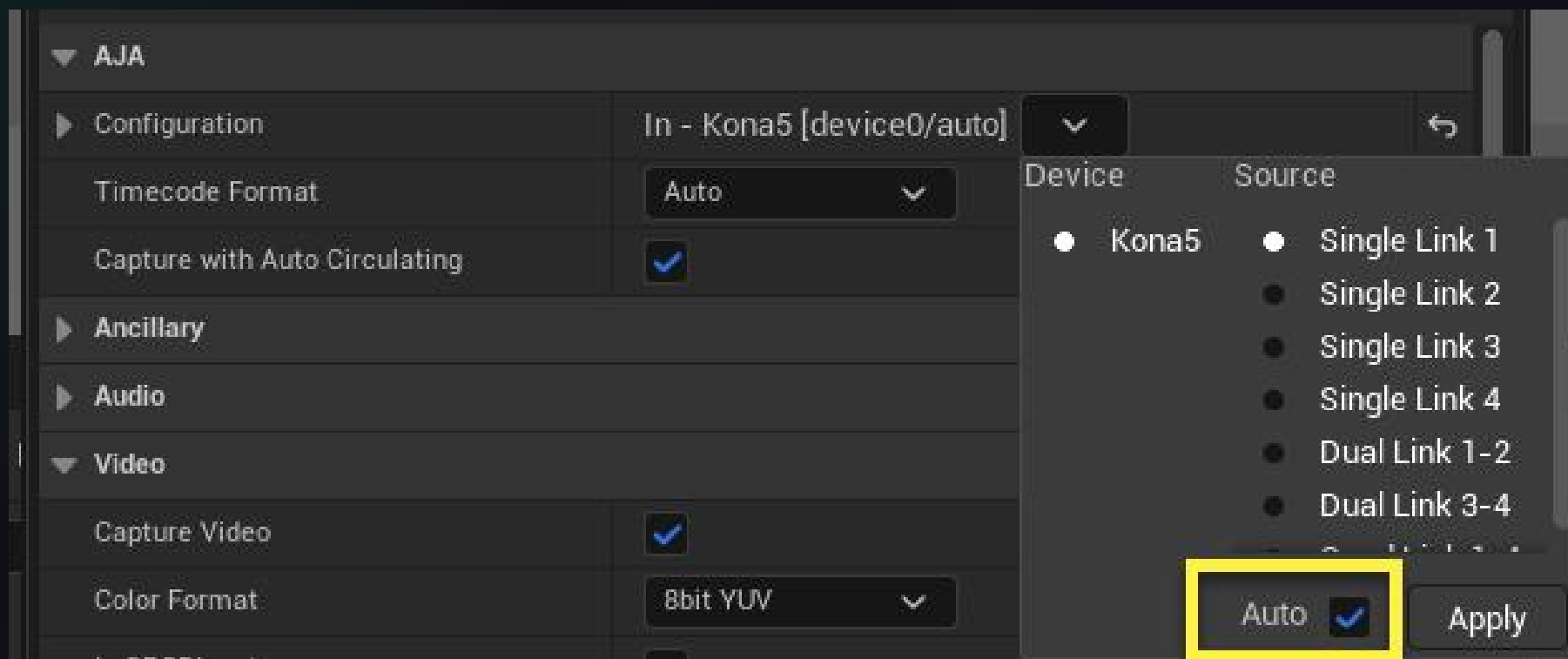
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

🔗 Genlock快速入门

你可以让虚幻引擎自动匹配输入视频信号的格式和帧率。要启用自动匹配检测，请点击配置（Configuration）下拉菜单，启用自动（Auto），然后点击应用（Apply）。这样，引擎就能在临时丢失信号时自动无缝处理修改和重启。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

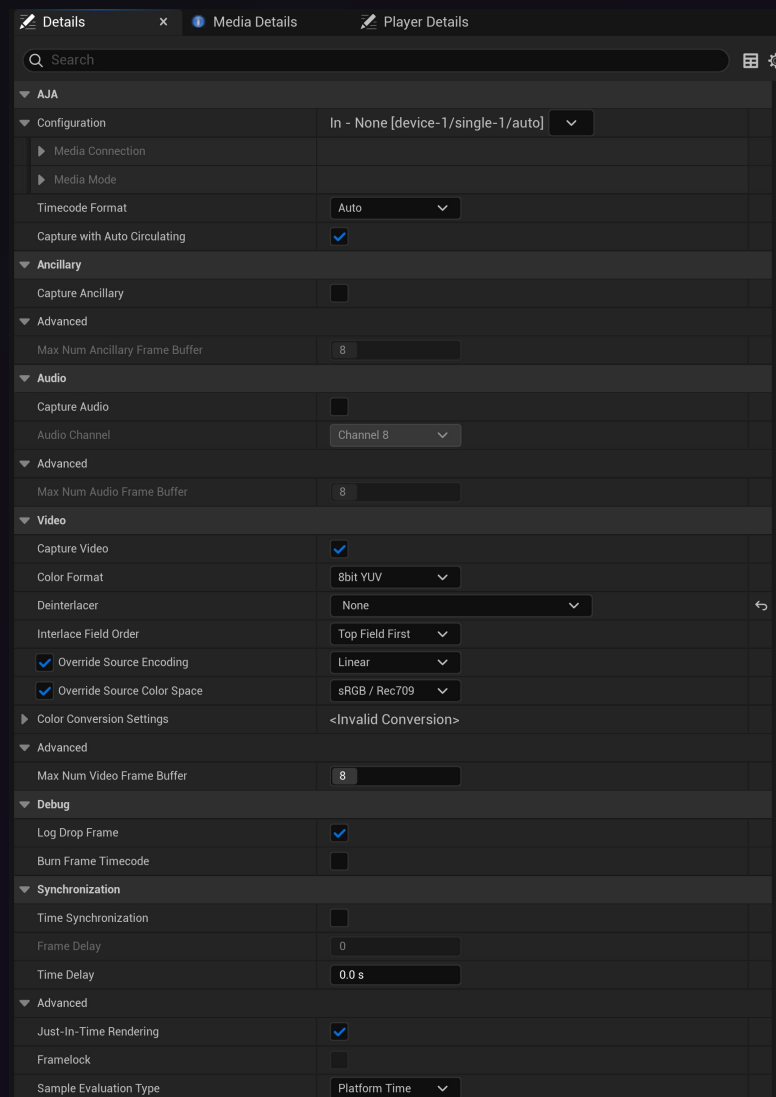
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

Genlock快速入门

AJA媒体源细节面板设置



AJA媒体输出配置下拉菜单设置

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

The screenshot shows a configuration window for Genlock output. It features a table with columns for Output Type, Device, Destination, Resolution, Standard, Frame Rate, and Reference. The 'Kona5-8K' device is selected, and the '4K UHD' resolution is chosen. The 'Progressive' standard and '29.97 fps' frame rate are also selected. An 'Apply' button is visible in the bottom right corner.

Output Type	Device	Destination	Resolution	Standard	Frame Rate	Reference
<input type="radio"/> Fill	<input type="radio"/> Kona5-8K	<input type="radio"/> Single Link 1	<input type="radio"/> HD 720	<input checked="" type="radio"/> Progressive	<input type="radio"/> 23.976 fps	<input type="radio"/> Free Run
		<input type="radio"/> Single Link 2	<input type="radio"/> HD 1080	<input type="radio"/> PSF	<input type="radio"/> 24 fps	<input checked="" type="radio"/> External
		<input checked="" type="radio"/> Single Link 3	<input type="radio"/> 2K DCI		<input type="radio"/> 25 fps	<input type="radio"/> Input
		<input type="radio"/> Single Link 4	<input checked="" type="radio"/> 4K UHD		<input type="radio"/> 29.97 fps	
		<input type="radio"/> Dual Link 1-2	<input type="radio"/> 4K DCI		<input type="radio"/> 30 fps	
		<input type="radio"/> Dual Link 3-4	<input type="radio"/> 8K UHD		<input type="radio"/> 50 fps	
		<input type="radio"/> Quad Link 1-4	<input type="radio"/> 8K DCI		<input type="radio"/> 50.04 fps	

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

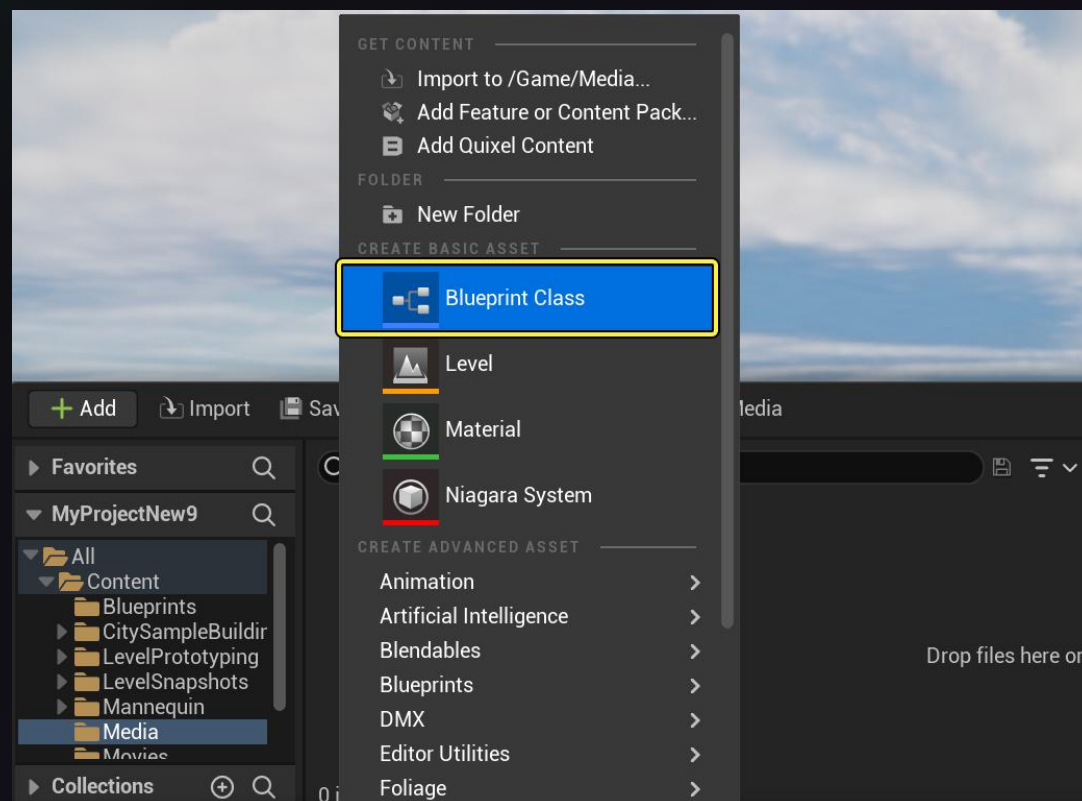
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

📌 Genlock快速入门

下面的步骤显示了如何使虚幻引擎采用来自AJA或Blackmagic设备的输入SDI视频源的时间码值，以及如何使虚幻引擎将其帧率锁定到该来源，以便它仅为每个输入帧生成一个输出帧。



Actor	the world.	?
Pawn	A Pawn is an actor that can be 'possessed' and receive input from a controller.	?
Character	A character is a type of Pawn that includes the ability to walk around.	?
Player Controller	A Player Controller is an actor responsible for controlling a Pawn used by the player.	?
Game Mode Base	Game Mode Base defines the game being played, its rules, scoring, and other facets of the game type.	?
Actor Component	An ActorComponent is a reusable component that can be added to any actor.	?
Scene Component	A Scene Component is a component that has a scene transform and can be attached to other scene	?

Actor	the world.	?
Pawn	A Pawn is an actor that can be 'possessed' and receive input from a controller.	?
Character	A character is a type of Pawn that includes the ability to walk around.	?
Player Controller	A Player Controller is an actor responsible for controlling a Pawn used by the player.	?
Game Mode Base	Game Mode Base defines the game being played, its rules, scoring, and other facets of the game type.	?
Actor Component	An ActorComponent is a reusable component that can be added to any actor.	?
Scene Component	A Scene Component is a component that has a scene transform and can be attached to other scene	?

▼ ALL CLASSES 1

X AjaT

- Object
 - TimecodeProvider
 - GenlockedTimecodeProvider
 - AjaTimecodeProvider (AJA SDI Input)** 2

4 items (1 selected)

▼ ALL CLASSES 1

X BlackMagicTi

- Object
 - TimecodeProvider
 - GenlockedTimecodeProvider
 - BlackmagicTimecodeProvider (Blackmagic SDI Input)** 2

4 items (1 selected)

3 **Select** Cancel

3 **Select** Cancel

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

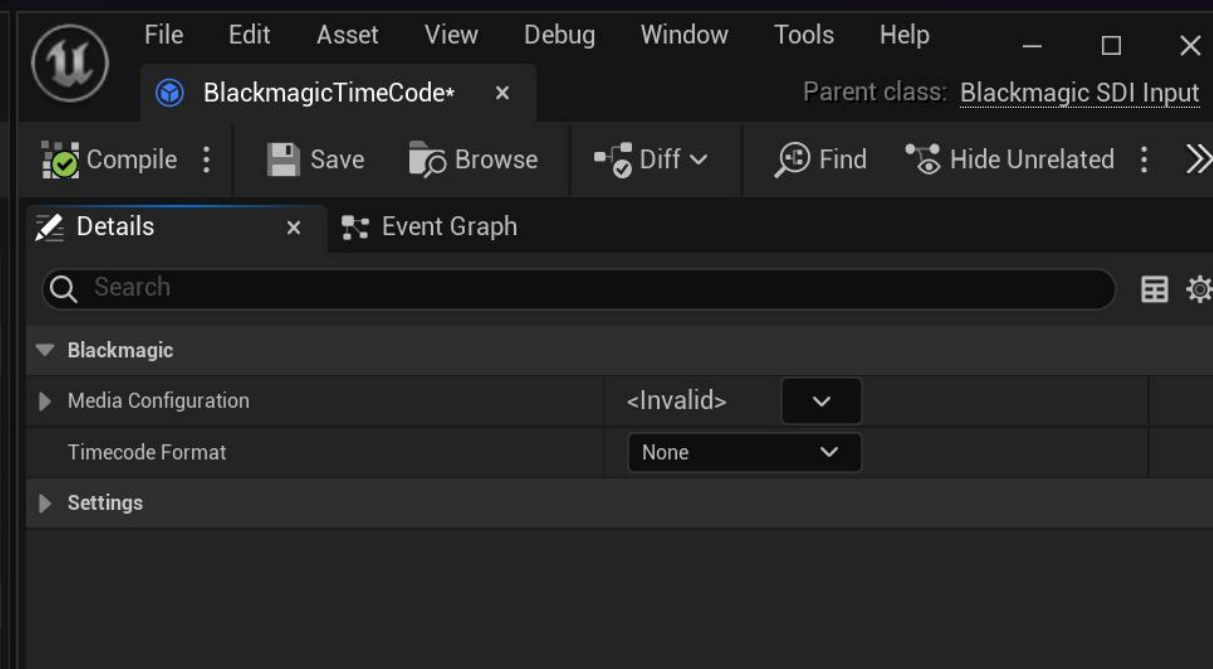
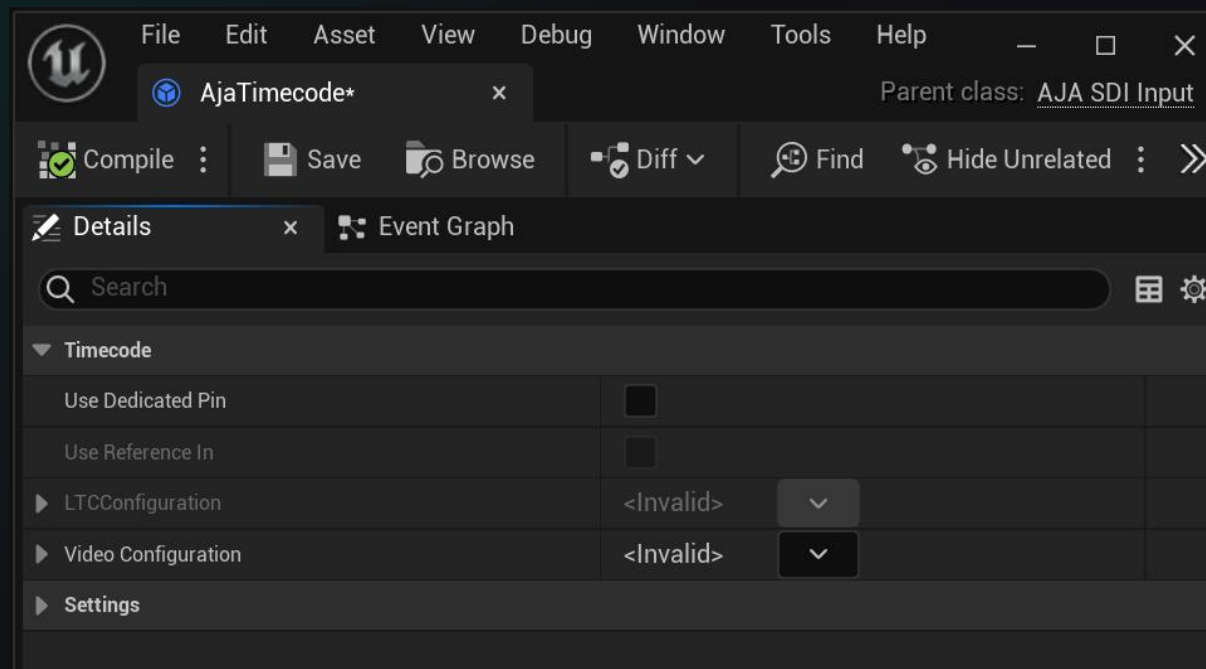
Switchboard

Switchboard概述

快速入门

Genlock快速入门

双击新资源以在蓝图编辑器中打开它，并在 详细信息 (Details) 面板中设置属性。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

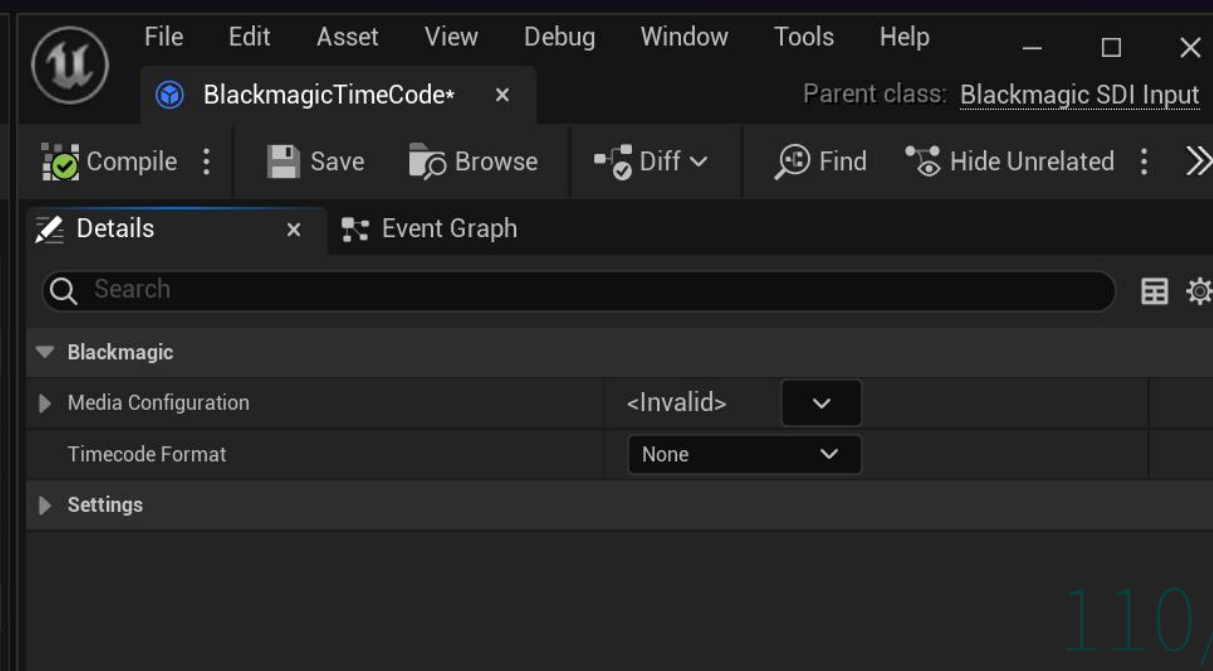
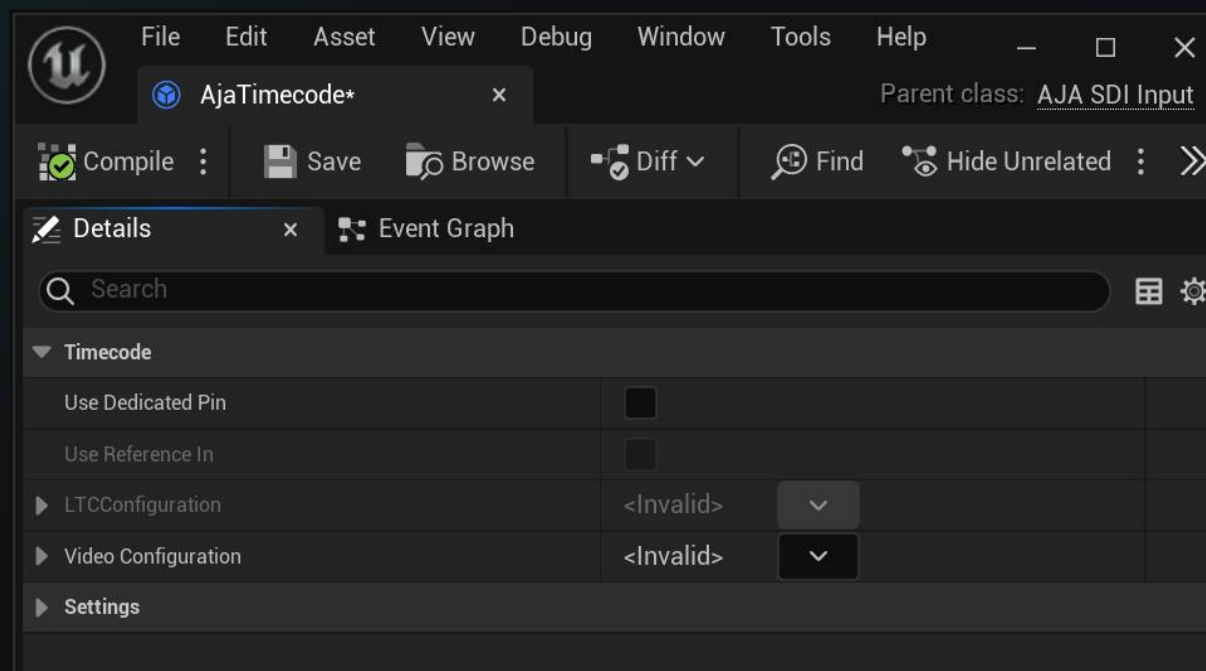
快速入门

2025.12.22

Genlock快速入门

要从传入视频流读取时间码，请设置 视频配置 (Video Configuration) 或 媒体配置 (Media Configuration) 以指向AJA或Blackmagic卡上的端口，并设置要从源 (LTC或VITC) 读取的时间码类型 (如果适用)。

如果您使用的是AJA卡，想要从该卡上的引用端口而不是从视频流读取时间码，请启用 Use Reference In，并设置 引用配置 (Reference Configuration)，而非 视频配置 (Video Configuration)。



ICVFX主摄影系 系统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

nDisplay快速入门

介绍nDisplay的首次设置和运行方法。

先决条件：

1. 确保已设置物理设备（屏幕、投影仪等）并可正常工作。
2. 确保要在主计算机上使用的Windows帐户拥有要在nDisplay网络中使用的所有计算机的管理权限。
3. 确保要在nDisplay网络中使用的所有计算机都可通过端口41000、41001、41002和41003接收TCP/IP通信。（可转而使用不同端口；参阅更改nDisplay通信端口。）

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

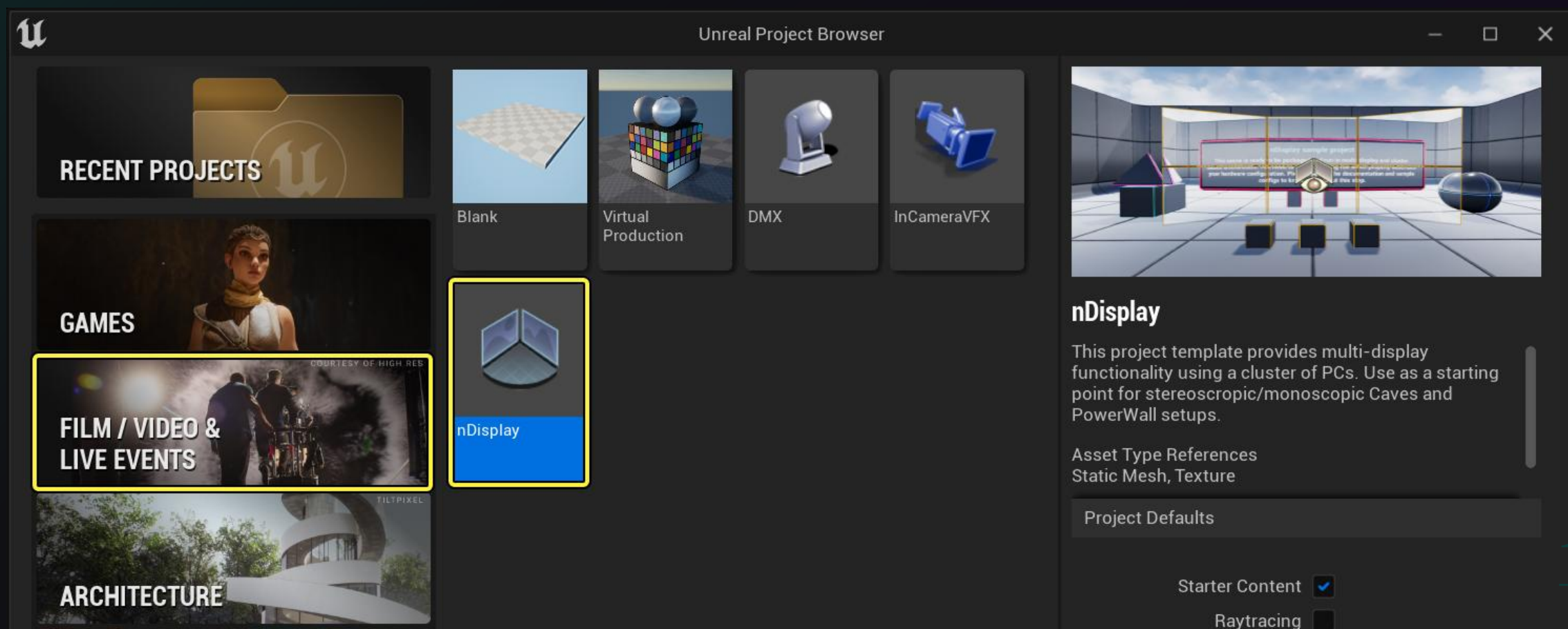
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

nDisplay快速入门

设置项目以使用nDisplay的最简单方法是用 nDisplay模板项目进行创建。你可以在新建项目窗口的 "电影、电视与实况活动" 分类中找到此模板：



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

nDisplay快速入门

此模板将自动启用nDisplay和Switchboard插件，配置一些实用的额外设置，包括一些示例配置文件。

使用 NDC_Basic nDisplay配置资产来演示如何启动nDisplay（包含一个群集节点和一个视图）。

也可手动进行相同的配置。为现有项目添加nDisplay。

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

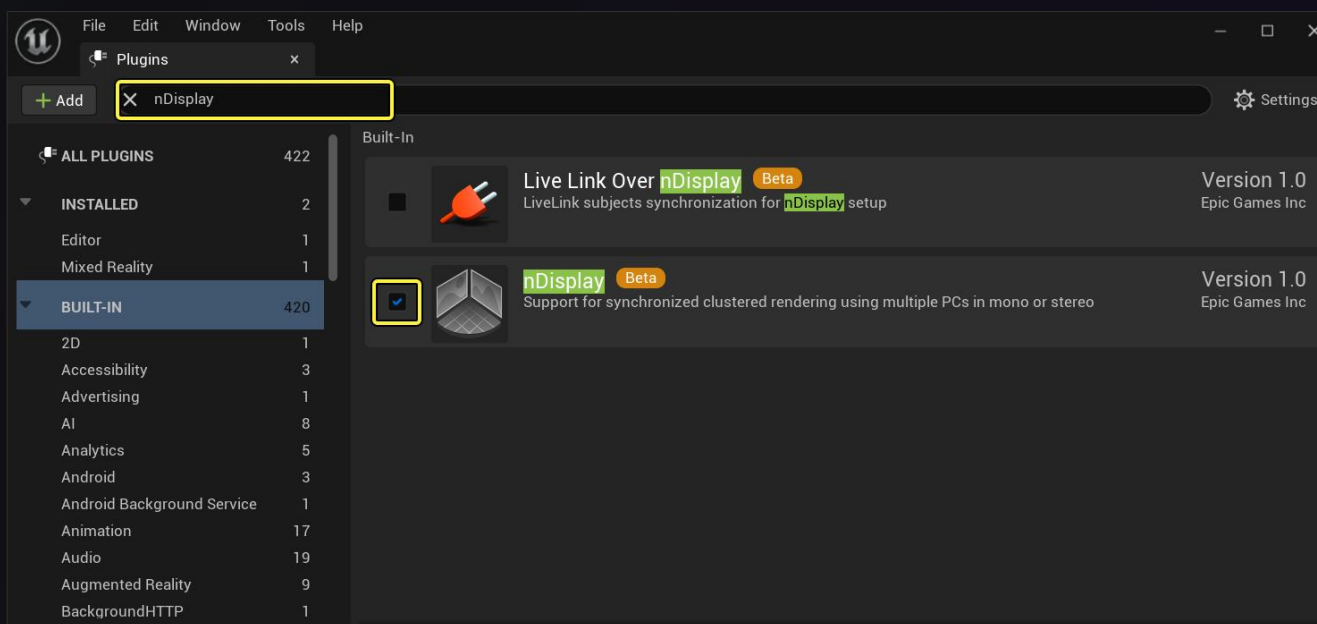
2025.12.22

nDisplay快速入门

要设置现有项目以使用nDisplay：

1. 启用nDisplay插件。

在虚幻编辑器中，在主菜单中选择 编辑（Edit）>插件（Plugins）。搜索"nDisplay"，并选中 已启用（Enabled）复选框。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

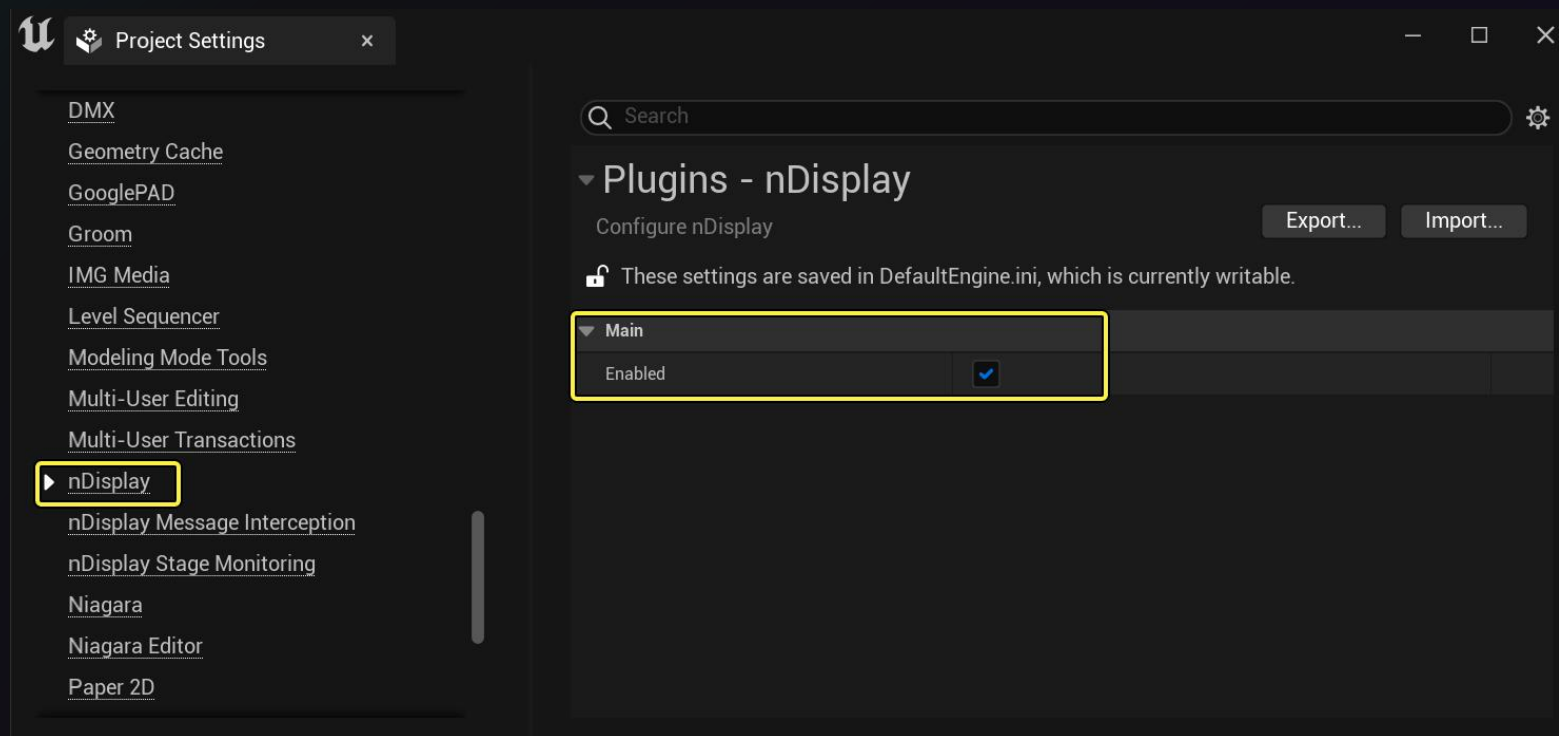
快速入门

2025.12.22

nDisplay快速入门

1. 启用项目的nDisplay。

在主菜单中选择 **编辑 (Edit) > 项目设置 (Project Settings)**，找到 **插件 (Plugins) > nDisplay** 部分。选中 **已启用 (Enabled)** 复选框。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

[镜头内视效概述](#)

[LED面板](#)

[硬件](#)

[摄像机追踪](#)

[ICVFX快速入门](#)

nDisplay

[nDisplay概述](#)

[Genlock](#)

[nDisplay快速入门](#)

Switchboard

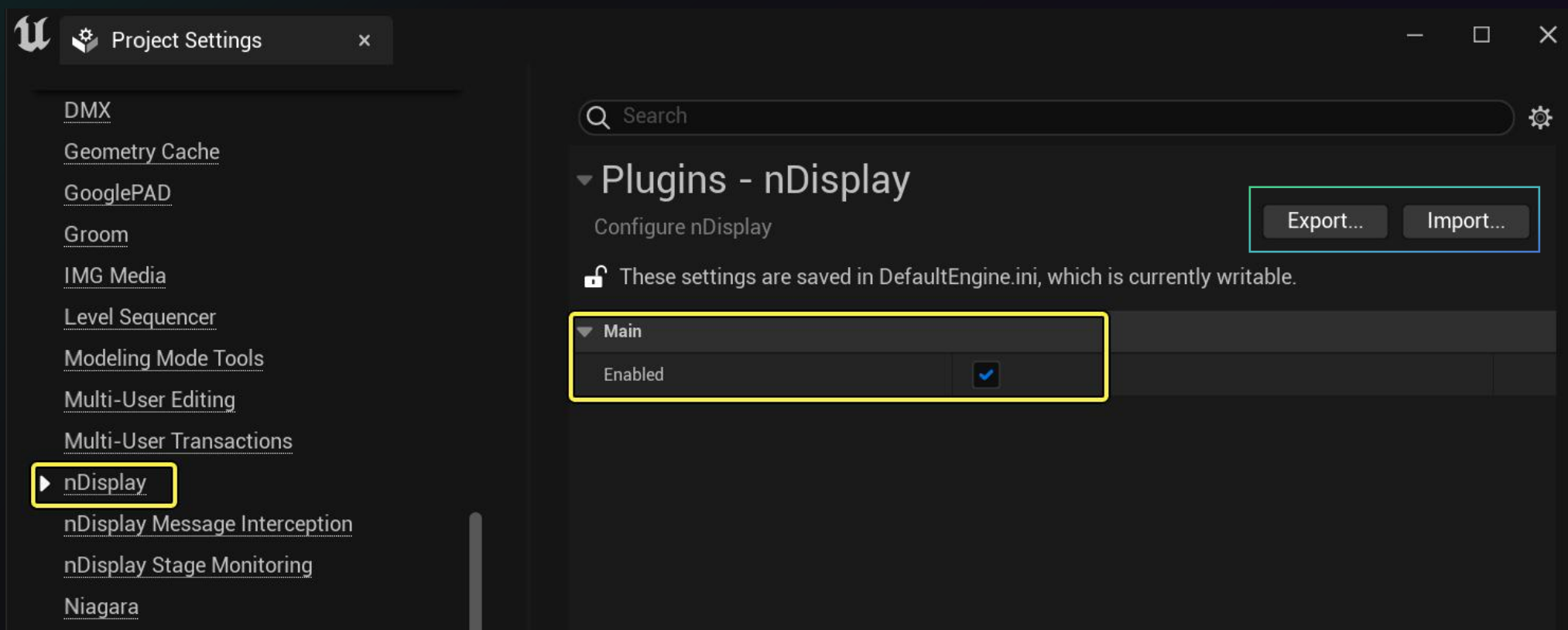
[Switchboard概述](#)

[快速入门](#)

2025.12.22

nDisplay快速入门

- 重新启动虚幻编辑器并重新打开项目。
- 将生成的配置文件拖入内容浏览器。它会被自动转换为 UAsset。或者，添加一个新的 nDisplay配置 UAsset（位于 nDisplay 内容浏览器中的媒体分类中）



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

nDisplay快速入门

步骤2 - 设置配置文件

模板项目已经包含一个nDisplay Root Actor，用于NDC_Basic配置。选中该Actor并在场景中移动它，以便在 nDisplay 群集配置中进行预览。这个实时配置预览旨在作为 nDisplay 设置的副本，供你在任何关卡或项目中预览。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

nDisplay快速入门

步骤3 - 打包和部署

nDisplay的核心概念在于，它不会像你预期的那样点击"播放"就可以在编辑器中运行。

实际上，nDisplay会作为虚幻引擎的单独实例运行，而我们会通过名为Switchboard的工具来启动实例。Switchboard及其随附的侦听程序还会在虚幻引擎外部运行。

ICVFX主摄影系 系统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

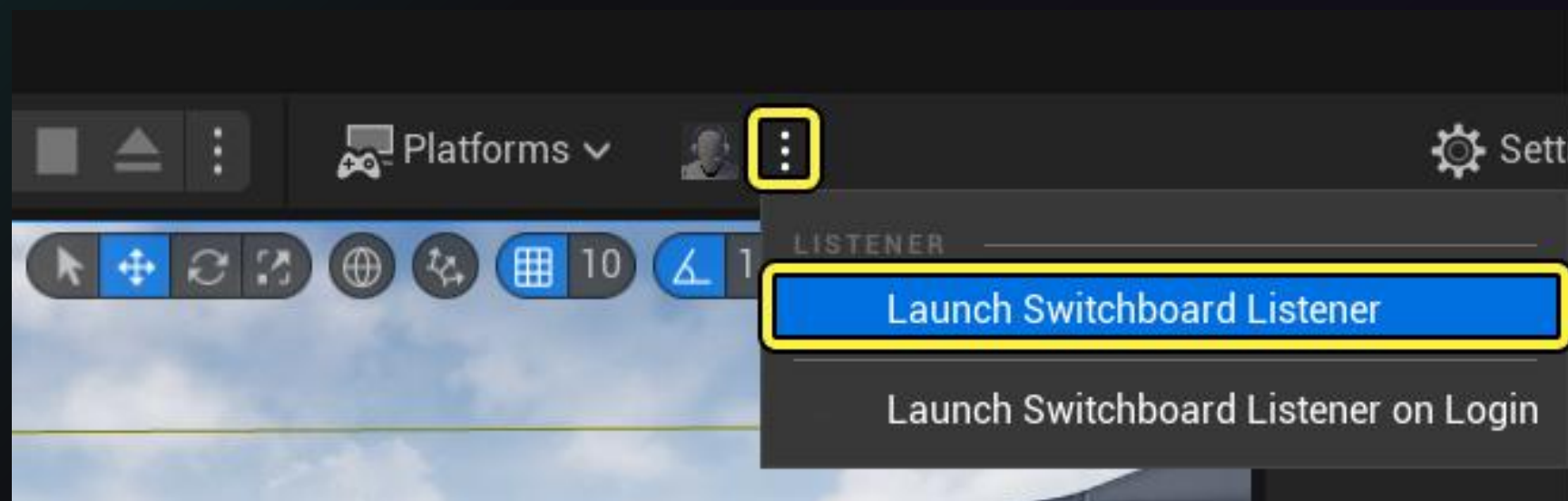
Switchboard概述

快速入门

nDisplay快速入门

请以下步骤来启动nDisplay群集。

在工具栏中，点击 Switchboard 旁的下拉箭头，选择 启动SwitchboardListener。SwitchboardListener会启动并立即最小化。SwitchboardListener需要在nDisplay群集中的每台计算机上启动。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

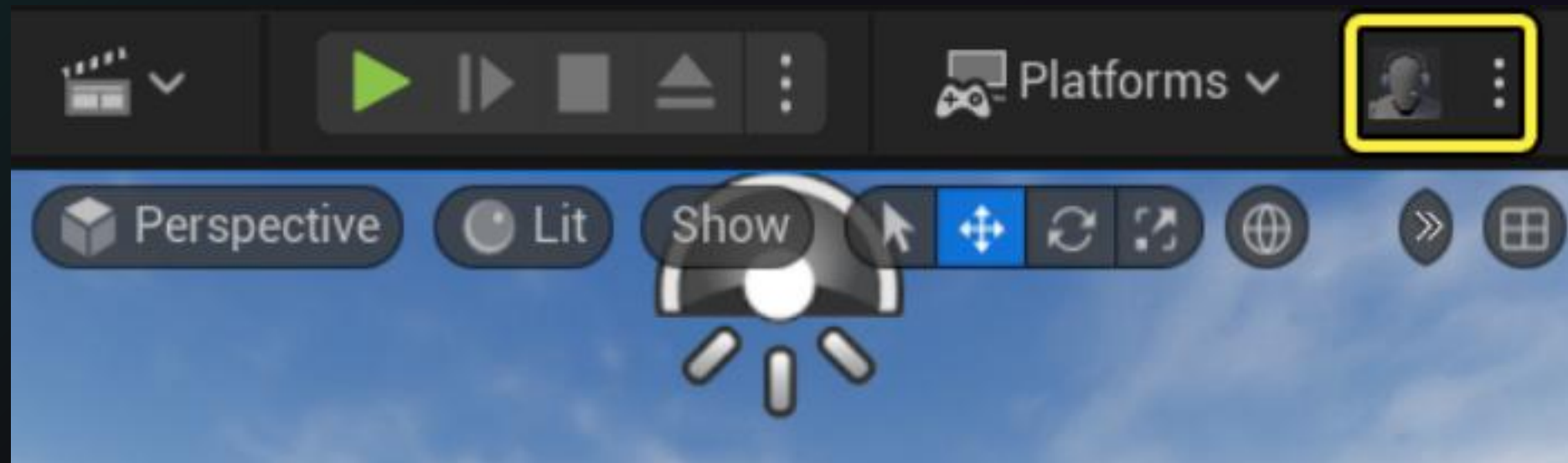
Switchboard概述

快速入门

nDisplay快速入门

在工具栏中，点击 Switchboard 按钮，启动电脑上的Switchboard应用程序。

首次启动Switchboard时，可能会出现一个命令提示窗口，用于在Switchboard窗口打开前安装所需的依赖项。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

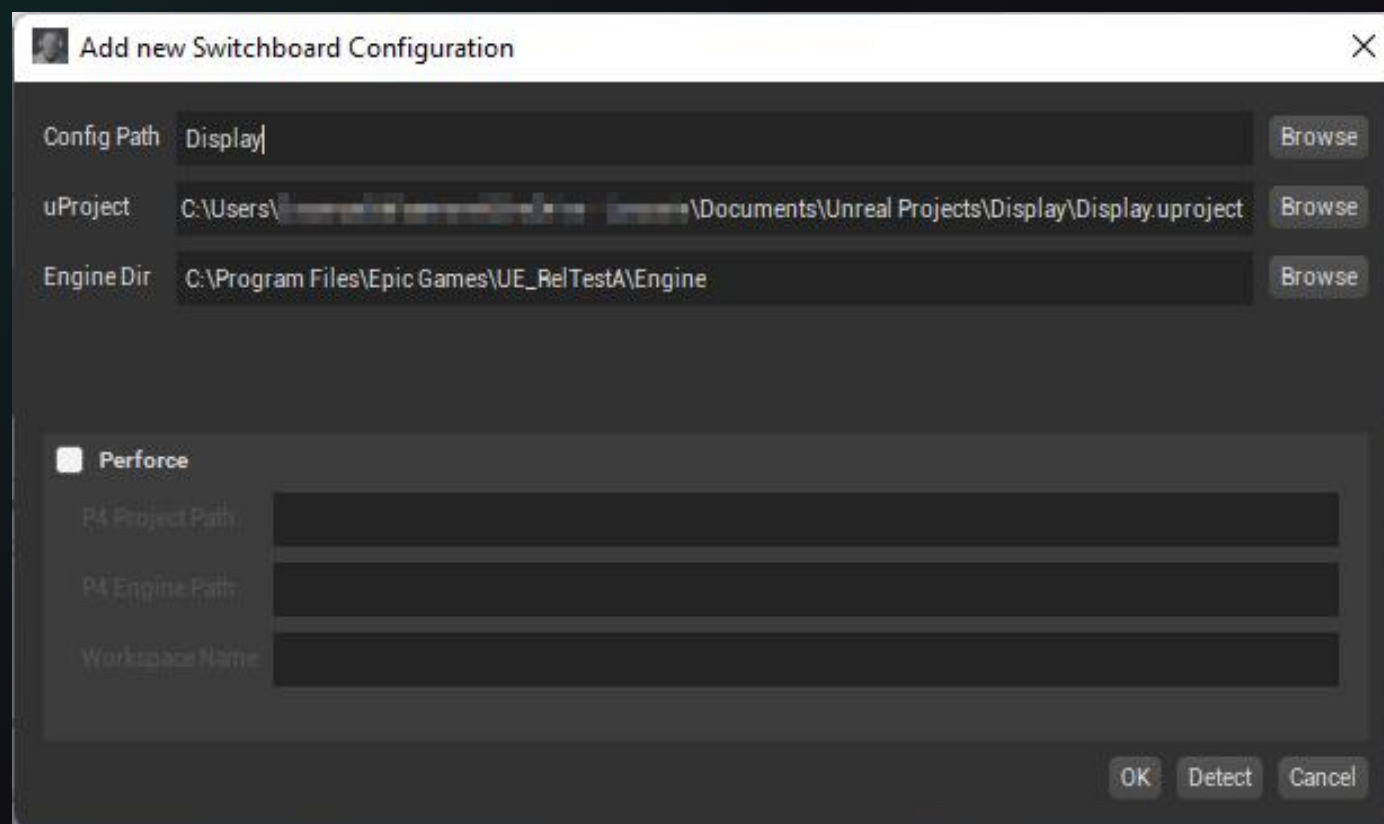
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

nDisplay快速入门

当Switchboard打开后，会出现 添加新的Switchboard配置 窗口。在该窗口中，请确保 配置路径、uProject 和 Engine Dir 字段正确设置，然后单击 OK，打开一个空白配置。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

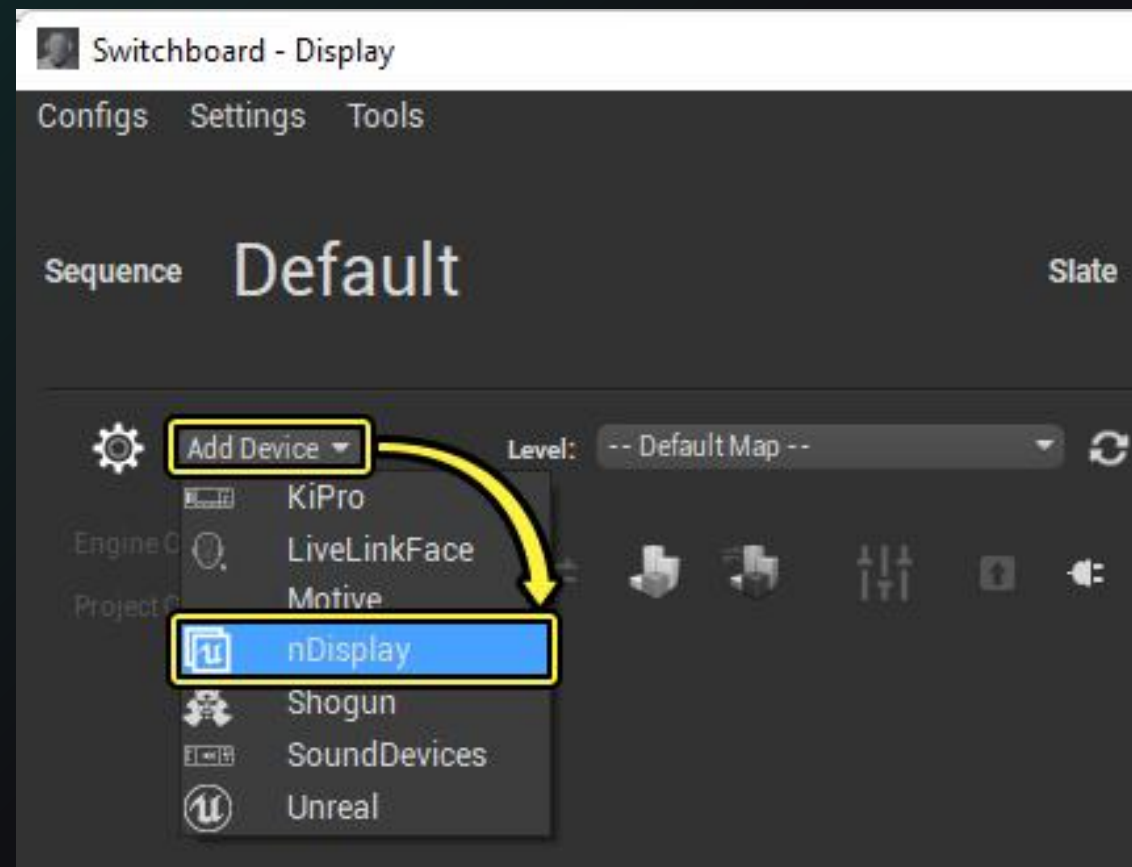
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

nDisplay快速入门

在Switchboard中，点击左上方的 添加设备（Add Device），选择 nDisplay，打开 添加 nDisplay设备（Add nDisplay Device） 窗口。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

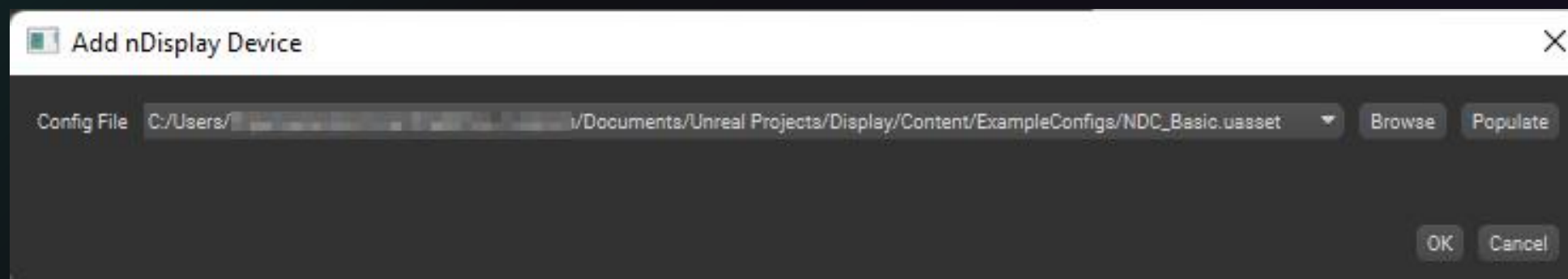
Switchboard

Switchboard概述

快速入门

nDisplay快速入门

浏览并选择项目中的 NDC_Basic.uasset 配置文件，然后单击 OK，将配置资产中描述的所有nDisplay设备添加到Switchboard中。



ICVFX主摄影系 系统构建研究

ICVFX

[镜头内视效概述](#)

[LED面板](#)

[硬件](#)

[摄像机追踪](#)

[ICVFX快速入门](#)

nDisplay

[nDisplay概述](#)

[Genlock](#)

[nDisplay快速入门](#)

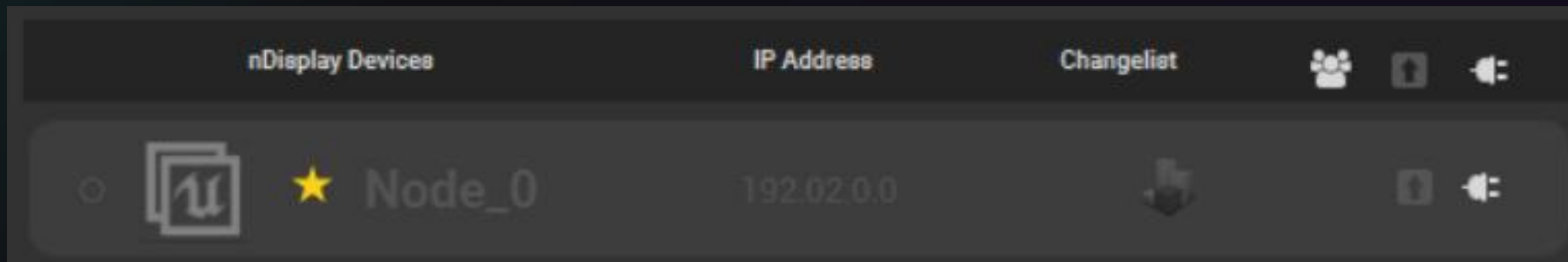
Switchboard










[Switchboard概述](#)

[快速入门](#)

nDisplay快速入门

由于配置资产只指定了一个 nDisplay 群集节点，因此只有一个 nDisplay 设备会出现在 Switchboard 中（位于 nDisplay 设备中）。将 IP 地址设置成你的计算机的外部 IP 地址。如果你想之后添加更多计算机到 nDisplay 集群中，你必须使用外部 IP 地址，而不是默认的 localhost IP 地址 127.0.0.1，因为你无法在多机设置中同时使用环回和非环回地址。这些步骤使用 IP 地址 192.0.2.0 作为例子。



nDisplay Devices	IP Address	Changelist			
  Node_0	192.02.0.0				

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

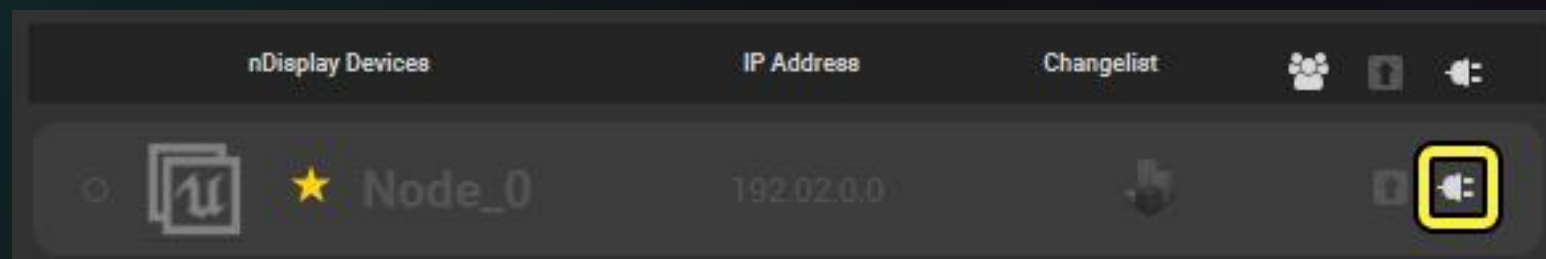
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

nDisplay快速入门

单击 **连接监听器**（Connect to listener），连接计算机的 SwitchboardListener。



单击 **启动虚幻**（Start Unreal）按钮，在电脑上启动虚幻和nDisplay渲染器。



nDisplay 实例启动后，计算机上的所有其他窗口将最小化，留下 nDisplay 视口出现在桌面上。

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

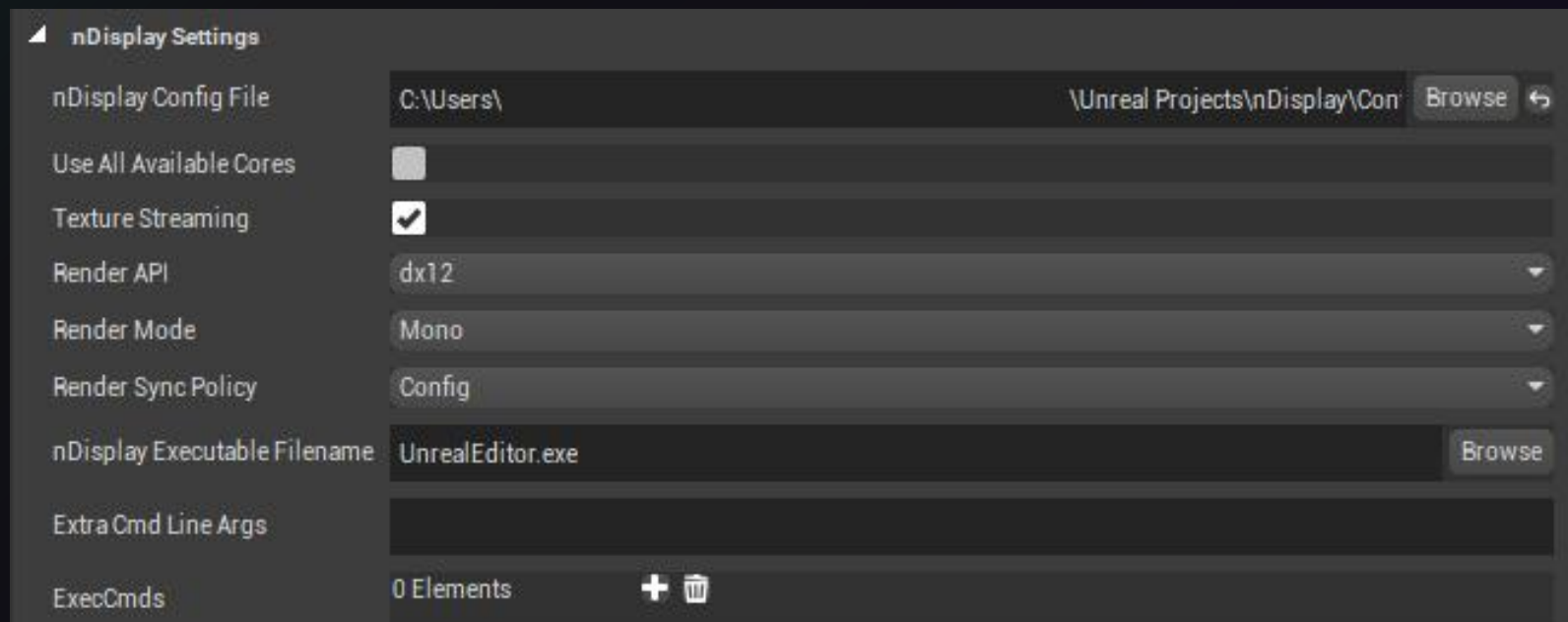
快速入门

2025.12.22

nDisplay快速入门

上述默认 Switchboard 启动机制使用了 -game 模式。你也可以使用烘焙好的版本。这需要你指定烘焙好的可执行文件的文件路径，而不是 uproject 文件的路径。

在处理烘焙好的版本时，你必须更新Switchboard设置，确保包含.exe文件的路径，并清空UProject路径。这样Switchboard就会忽略项目路径，转而烘焙好的 .exe 文件。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

🔄 nDisplay中的同步机制

每当需要在大型显示器上同时显示实时内容的多个区域时，同步就显得至关重要。渲染/显示生态系统中的所有系统都必须严格计算时间（以秒为单位），以便给人无缝显示的错觉。

多显示设置通常要求在软件和硬件层面实现同步功能。使用相同的模拟时间信息，不仅生成内容要在所有PC上同时准备就绪，而且还需要在正确的时间进行显示内容的交换（将当前图像换成显卡缓冲区中的下一张图像），以免显示中出现类似撕裂的瑕疵效果。

对于VR和其他类型的双屏显示器，由于存在两幅画面（每只眼睛对应一副画面）并且二者必须完美协调，因此同步问题会成倍增加。



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

nDisplay中的同步机制

有两种管理同步的方法：

确定性： 设置每个服务器（PC、渲染节点）的方式为：在给定特定输入集的情况下，输出始终可预测，这意味着服务器与系统中其他机器同步仅需准确的时间和每台独立机器的输入/输出信息。

非确定性： 为了确保同步，系统强制复制场景中所有actor或对象的变换矩阵和其他相关特征，并在整个系统中复制它们。

两种方法各有优缺点。确定性系统的主要优势在于项目的简单性，并且不会对每个对象进行每帧的变换数据共享，从而节省数据带宽。缺点在于，如果一个系统出现偏离，随着时间的推移，这种偏离将产生未知问题。渲染均匀性可能会受到严重影响，从而导致视觉效果不连续和出现瑕疵。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

nDisplay中的同步机制

尽管 nDisplay主PC 会确保从游戏进程的角度（例如，渲染哪个帧），将时间信息告知所有群集（节点）PC，但仍需要专用的硬件同步卡和兼容的专业显卡，以便在物理显示设备上以完全相同的时间同步渲染帧的显示。

例如，在广播应用中，通常要同步许多设备，例如摄像机、监视器和其他显示器，以便它们都可以在同一时间精准地切换和采集下一帧。在这个行业中，发生器锁定信号（genlock）被广泛采用。

通常，设置涉及硬件发生器（硬件发生器将时钟发送到需要同步的硬件）。至于用于实时渲染的PC，专业显卡（例如NVIDIA Quadro系列显卡）与NVIDIA Quadro Sync II卡都支持该技术，它们能锁定接收到的时间信号或脉冲。

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

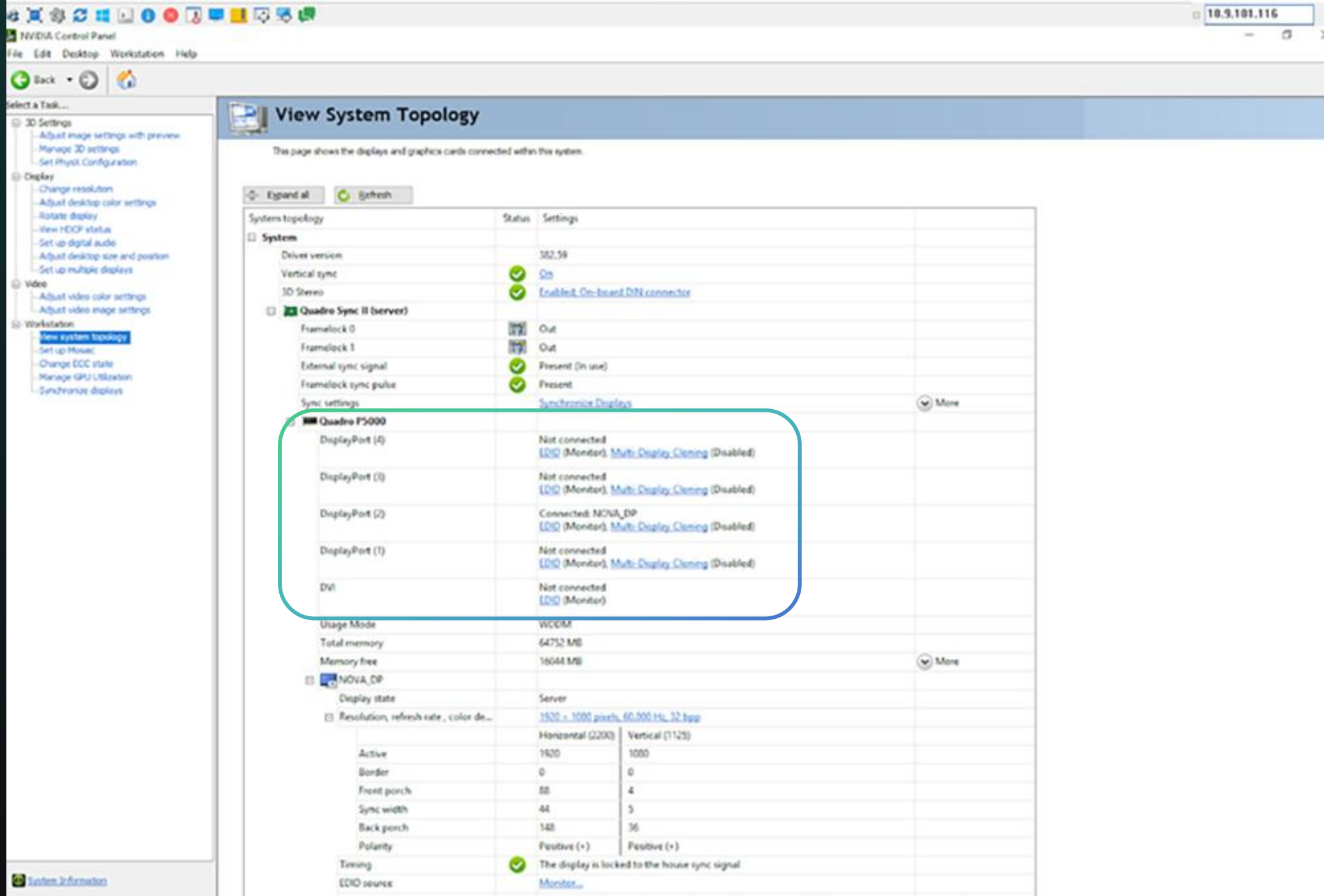
nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

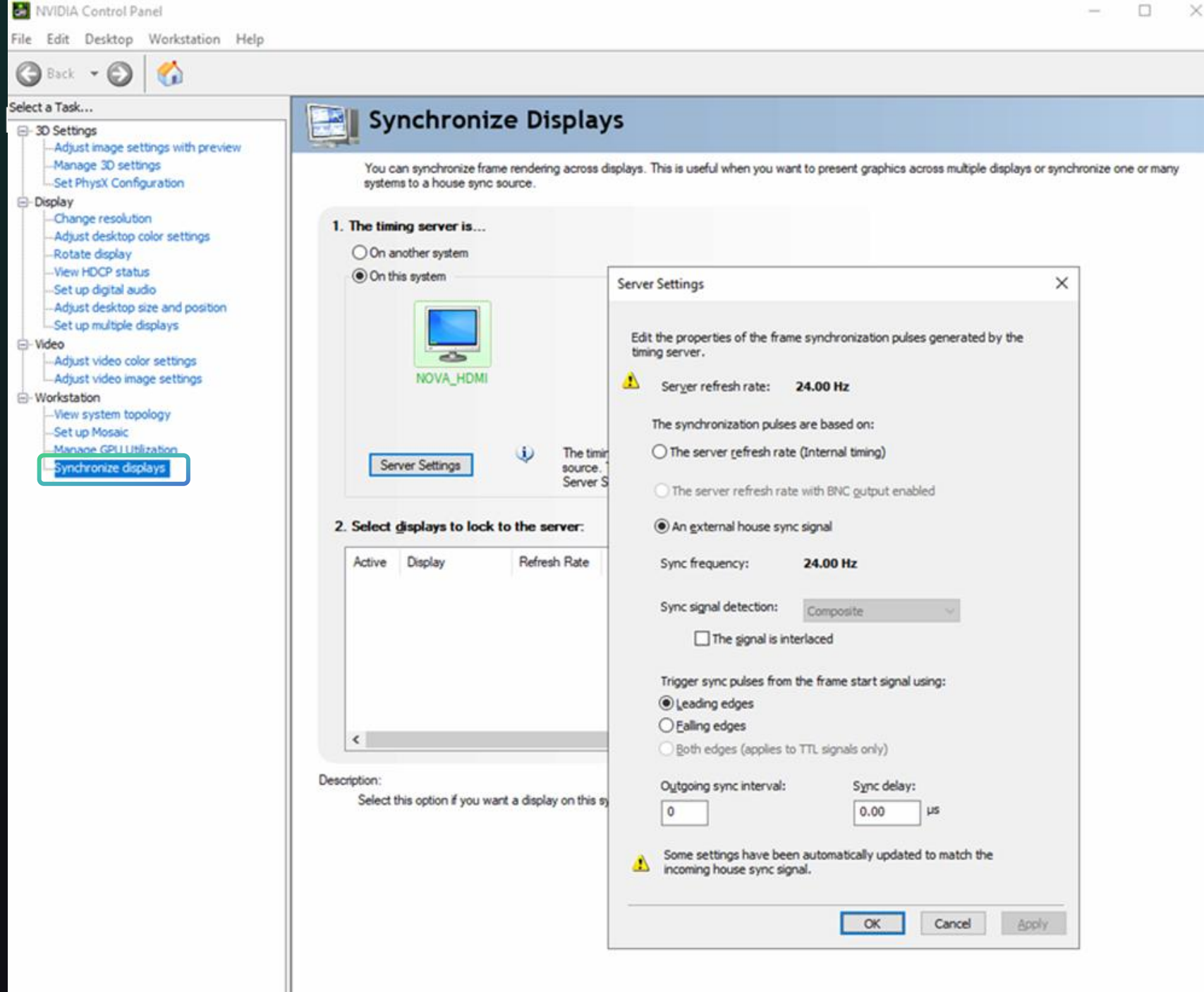
nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22



主节点（内部时钟发生器）

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

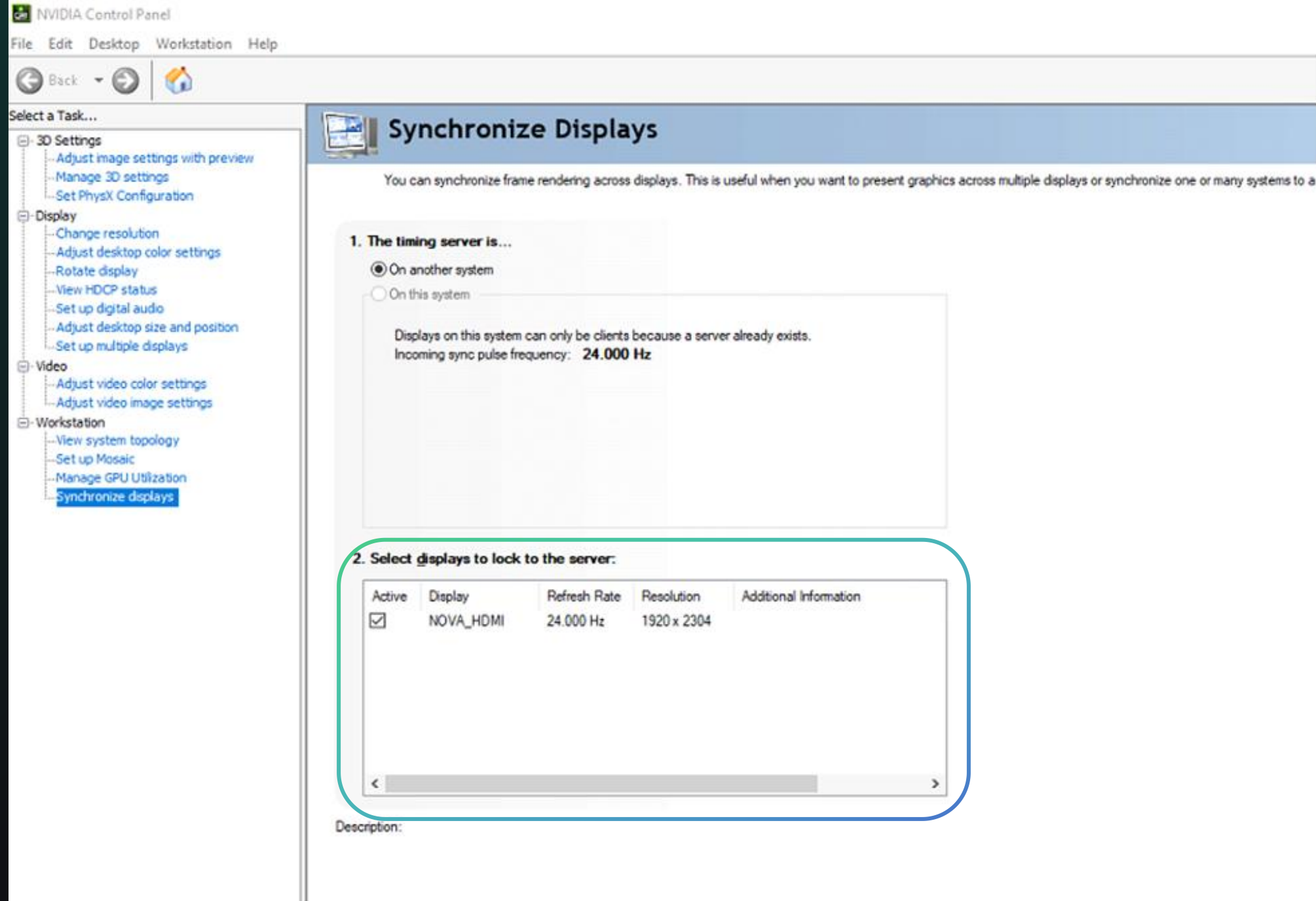
nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22



群集节点（从主节点GPU接收时钟）

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

nDisplay中的同步机制

仅帧锁 (Framelock only) :

该方法在多个GPU之间使用菊花链技术，通常被NVIDIA称为 帧锁定/交换同步

(FrameLock/SwapSync)。此处没有使用Genlock。主nDisplay PC上的GPU会从输出显示或与之连接的处理器获得主时钟，然后传递给作为渲染节点的PC的GPU。所有PC都在树形拓扑结构内相互连接，其中主PC是根节点。该方法允许借助NVIDIA API使用NVIDIA交换组/屏障。

这种方法不适合虚拟制片，因为它与空间内的其他使用设备相互独立工作，所有设备都与外部主时钟同步。

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

nDisplay中的同步机制

Genlock + 帧锁定:

此方法最适合虚拟制片。所有舞台设备都连接到一台主时钟，包括主nDisplay PC的GPU。群集内的同步，是通过主PC和渲染节点PC之间的菊花链连接实现的。

此方法允许使用NVIDIA API，因此可以利用NVIDIA屏障，从而使UE能够在应用层面上控制帧的呈现。这种是最可靠的同步显示方法，同时还提供了外部时钟(Genlock)。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

nDisplay中的同步机制

菊花链和直接Genlock

菊花链 是直接Genlock以外的另一种信号锁定技术，该技术将主时钟发送到单个PC或设备（此处为主PC）。然后使用单独的电缆将信号传播到所有其他硬件。尽管以前使用nDisplay的经验表明，直接Genlock（每台PC直接从主源接收时钟）比菊花链更简单、更有效，但是基于菊花链的新硬件方法为实现更可靠、更具成本效益的信号锁定解决方案带来了希望。此解决方案被称为 NVIDIA交换同步/锁定。

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

nDisplay中的同步机制

NVIDIA Mosaic和AMD EyeFinity

NVIDIA的 Mosaic模式和AMD的 EyeFinity 是类似的GPU技术，它们在一个显卡中组合并同步多个输出，因此从操作系统或软件角度来看，是一种独特的显示手段。该虚拟显示本质上是多个物理显示器的聚合，这些物理显示器充当一个同步显示器，也可以使用基础的帧锁或Genlock技术与来自不同系统的其他显示器同步。

使用内部时钟锁定多个显示器的过程称为 帧锁定。Genlock 是指使用外部时钟替而代之的情况。在Genlock的情况下，外部时钟用于所有设备，包括显示设备、摄像机和跟踪传感器。

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

nDisplay中的同步机制

假设GPU用的是Quadro Sync II或Firepro S400显卡的GPU，并且连接正确，Mosaic和EyeFinity技术都允许单个显卡的多个输出具有完全相同的时钟，并且从操作系统角度来看，它们被视为一个大型显示画布。你可以在每台PC上创建一个或多个Mosaic或Eyefinity组，但不能跨PC创建——每台PC必须有自己的Mosaic或Eyefinity组。

如果要用菊花链技术同步由多PC或GPU驱动的显示器，必须要有一个GPU充当主时钟发生器，并使用Nvidia Quadro Sync II或AMD Firepro S400等同步卡将其时钟共享给同其他GPU（同一台PC上或不同PC上的GPU）。

ICVFX主摄影系 系统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

Whether you want to see your work across multiple displays or project your ideas in 4K, you can with NVIDIA Mosaic™ multi-display technology. With NVIDIA Mosaic, you can easily span any application across up to 16 high-resolution panels or projectors from a single system, conveniently treating the multiple displays as a single desktop, without application software changes or visual artifacts.

无论您是想在多个显示器上查看工作内容，还是以 4K 分辨率展示您的想法，借助 NVIDIA Mosaic 多显示器技术都能实现。通过 NVIDIA Mosaic，您可以轻松地将任何应用程序扩展到多达 16 个高分辨率面板或投影仪上，从单个系统中进行操作，方便地将多个显示器当作一个桌面使用，无需更改应用程序软件，也不会出现视觉瑕疵。

NVIDIA RTX and NVIDIA Quadro professional visualization products deliver the power of Mosaic technology, making it easy to configure a multi-display solution that expands your view.

NVIDIA RTX 和 NVIDIA Quadro 专业可视化产品提供 Mosaic 技术的强大功能，让您能够轻松配置多显示器解决方案，从而扩展您的视野。

Technologies 技术

ICVFX主摄影系统构建研究

ICVFX

[镜头内视效概述](#)

[LED面板](#)

[硬件](#)

[摄像机追踪](#)

[ICVFX快速入门](#)

nDisplay

[nDisplay概述](#)

[Genlock](#)

[nDisplay快速入门](#)

Switchboard

[Switchboard概述](#)

[快速入门](#)

2025.12.22

KEY FEATURES 关键特性

UNIFIED DESKTOP 统一的桌面

The system views multiple displays as a single unified desktop environment without software customization or performance degradation.

该系统将多个显示器视为一个统一的桌面环境，无需软件定制，也不会造成性能下降。

Change the appearance of your display



Display:

Resolution:

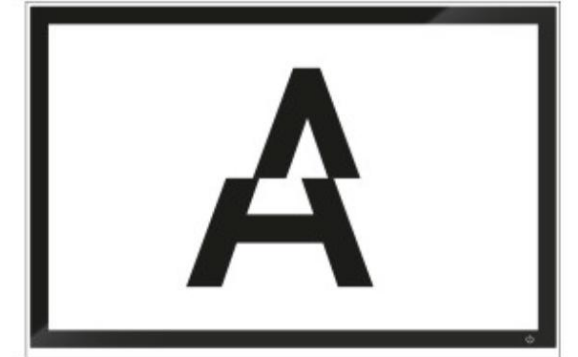
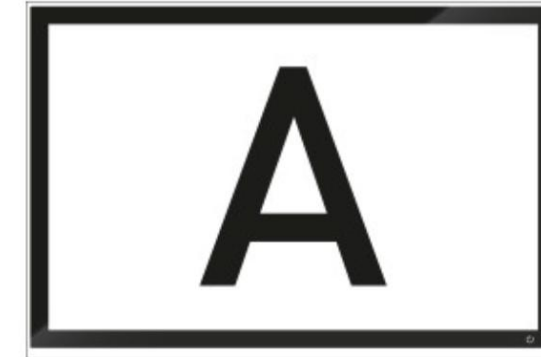
Orientation:

Multiple displays:

SEAMLESS IMAGE 无缝的形象

See a flawless image without any tearing artifacts from a fully synchronized display environment across more than one card. Available on NVIDIA Quadro M4000 and higher.

在多卡的完全同步显示环境中，呈现无任何撕裂瑕疵的完美图像。适用于 NVIDIA Quadro M4000 及更高版本。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

nDisplay中的同步机制

AMD Eyefinity 技术在相应显卡上最多可支持六台 DisplayPort 显示器。所支持的显示器数量、类型和分辨率因型号和板卡设计而异。部分 AMD Radeon R7 系列和 R9 系列显卡支持混合使用不同分辨率的显示器。请在购买前向制造商确认相关规格。为了实现一个输出端口支持两台或更多显示器，可能需要额外的硬件，例如支持 DisplayPort™ 的显示器或者启用 DisplayPort 1.2 MST 的集线器。对于消费类系统，推荐最多使用两个有源转接器。有关完整详情，请访问 www.amd.com/eyefinityfaq。

（但是这个网站已经打不开了）

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

nDisplay中的同步机制

<https://www.amd.com/en/resources/support-articles/faqs/DH3-014.html>

我找到了另一个网站讲了如何用A卡设置，但我身边没有用A卡的，所以有兴趣的大家自己去测试吧~



A卡网站



N卡网站

ICVFX主摄影系 系统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

🔗 nDisplay中的同步机制

显示同步的其他方面

游戏线程和渲染线程始终通过所谓的"线程屏障"同步。"线程屏障"是以下两项内容的核心功能。屏障无法禁用。你可以将它们看作时间刻度上的许多点，有助于主节点同步处理从节点，从而在多台装有虚幻引擎的PC上提供统一的内容体验。

功能	描述
软件/模拟（你应看到的内容）	同步所有软件相关事务的过程。其涉及使虚幻引擎及其内容正确同步：功能确定性、增量时间同步、输入复制、自定义变换、线程屏障、群集事件、游戏逻辑等。
硬件/操作系统（查看内容的方式）	使用一个共享时钟（内部同步或Genlock信号）同步硬件设备（例如GPU、显示设备和DWM（桌面窗口管理器））的过程。其涉及如何让一个操作系统和硬件同步显示你想要的内容，而不出现撕裂。这需要NVIDIA Quadro显卡、Sync li卡以及Genlock发生器。如果未启用，则至少会出现一帧硬件延迟。

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

Switchboard概述

在单机游戏开发中，点击“Play”即可开始运行；但在虚拟制片（Virtual Production）现场，我们面对的是一个由多台计算机（Render Nodes）、多块屏幕和多个追踪系统组成的分布式集群。

Switchboard 是虚幻引擎专为这种复杂环境设计的统一控制接口，可以借助Switchboard从一个应用程序控制多个远程机器。

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

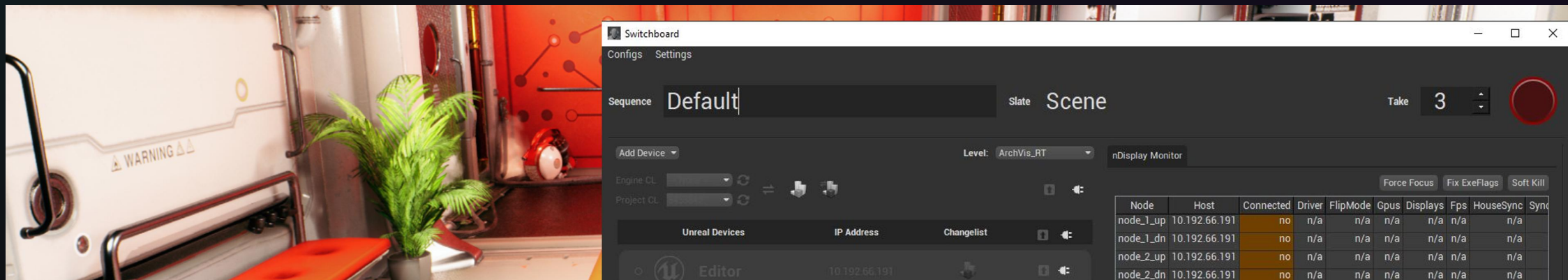
快速入门

🔊 Switchboard概述

Switchboard 是Python应用程序，用于控制多个远程设备，依赖伙伴应用程序

SwitchboardListener来与这些远程设备通信。

SwitchboardListener 是虚幻引擎的C++应用程序，在每个设备上运行TCP套接字服务器来与Switchboard共享JSON消息。



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

Switchboard概述

Switchboard Listener（监听员）

- 概念：这是一个轻量级的后台程序，运行在每一台渲染节点上。
- 作用：它是 Switchboard 主程序的“驻外大使”。它静静地在后台运行，等待控制端发来的指令（如“启动引擎”、“关闭进程”、“汇报状态”）。
- 意义：正是因为有了 Listener，操作员才不需要远程桌面（Remote Desktop）连入每一台电脑进行操作。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

Switchboard概述

Multi-User Session（多用户会话）

- 概念：Switchboard 不仅启动渲染画面，还会建立一个即时的数据同步通道。
- 作用：它让 LED 墙上的渲染节点与场边的控制电脑（Operator PC）处于同一个“房间”里。
- 场景：当你在控制电脑上移动了一盏灯光或修改了颜色，LED 墙上的画面会实时同步变化，无需重新打包或重启。Switchboard 是搭建这个实时修改环境的桥梁。

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

Switchboard概述

PresentMode（呈现模式监控）

- 概念：Switchboard 面板上最重要的“生命体征”指标。
- 作用：它不仅仅告诉你程序是否在运行，还告诉你程序是如何把画面交给屏幕的。
- 与 Genlock 的关系：这是验证 Genlock 是否生效的软件窗口。
- 如果显示 Hardware Composed: Independent Flip：代表显卡直接控制扫描，同步完美（绿灯）。
- 如果显示 Composed: Flip：代表 Windows 操作系统干扰了画面，同步可能失效（黄灯/红灯）。

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

[镜头内视效概述](#)

[LED面板](#)

[硬件](#)

[摄像机追踪](#)

[ICVFX快速入门](#)

nDisplay

[nDisplay概述](#)

[Genlock](#)

[nDisplay快速入门](#)

Switchboard

[Switchboard概述](#)

[快速入门](#)

Switchboard概述

Switchboard的功能包括：

- 在多用户会话中，在设备上远程启动虚幻引擎。
- 在多个设备上启动nDisplay。
- 使用嵌入的镜头试拍录制器功能按钮进行录制。
- 将所有设备同步到特定的变更列表，并根据源编译你的项目和虚幻引擎。
- 连接到以下设备并进行控制：Live Link Face和SoundDevices。
- 添加你自己的设备插件，并扩展Switchboard和SwitchboardListener的自定义功能按钮。

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

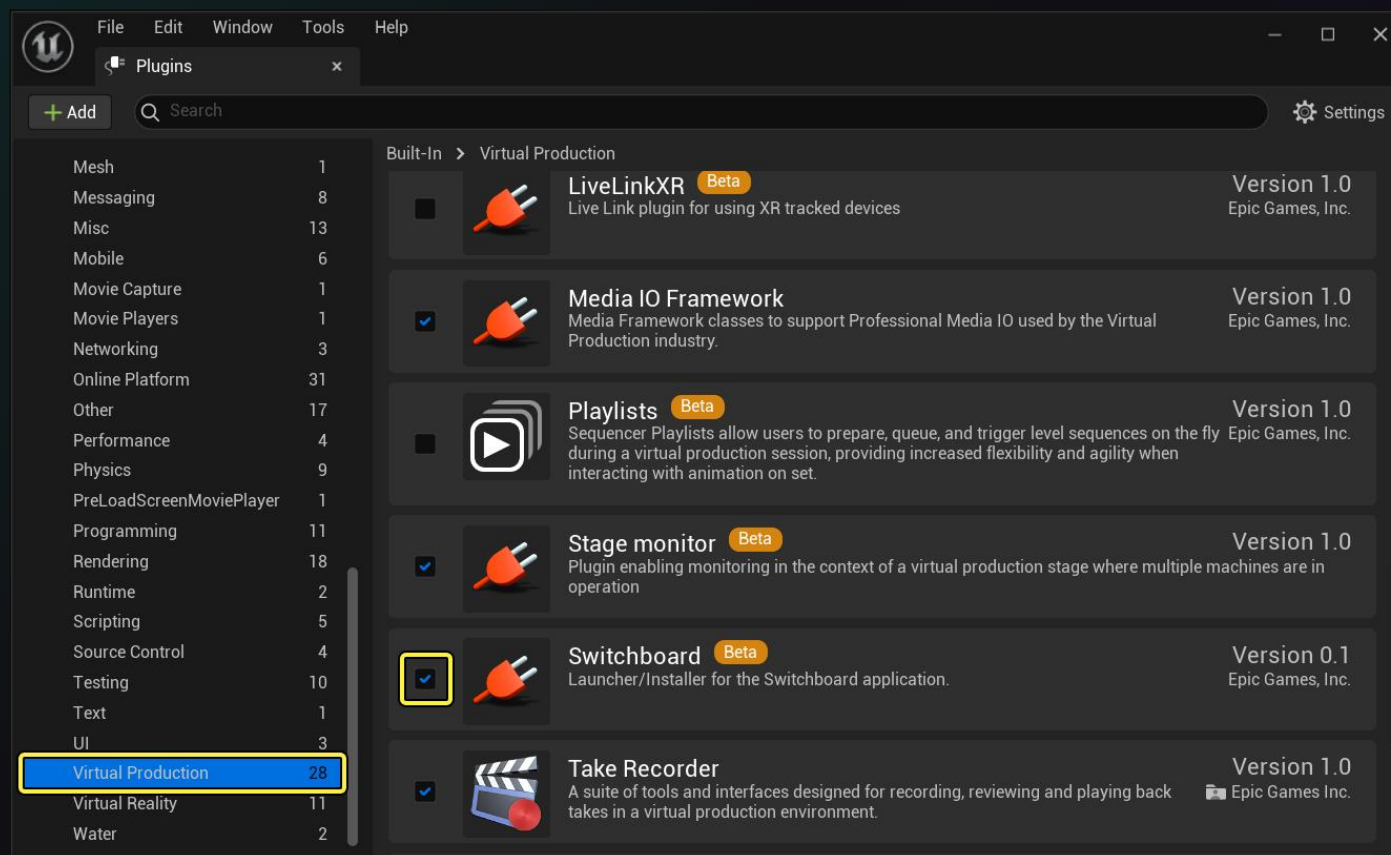
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

Switchboard快速入门

启用 Switchboard 插件。添加插件并重新启动引擎后，工具栏中将显示Switchboard和SwitchboardListener选项。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

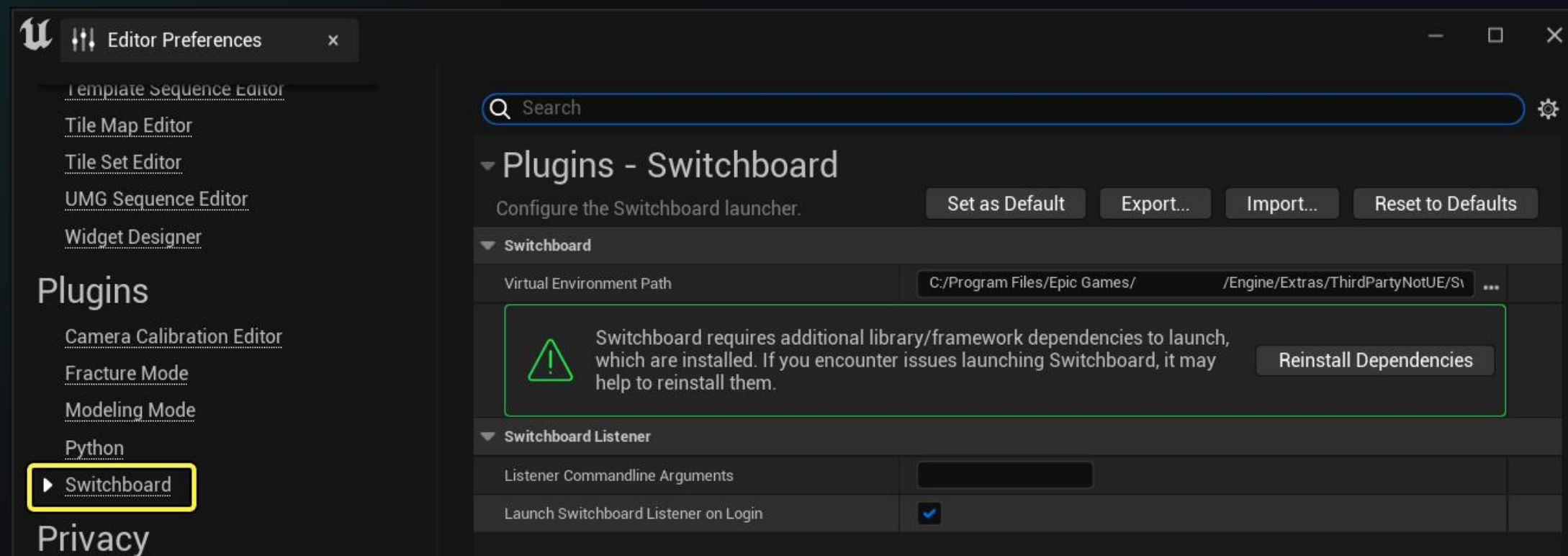
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

Switchboard快速入门

安装依赖性在主菜单中，选择 编辑 (Edit) > 编辑器偏好设置 (Editor Preferences) > 插件 (Plugins) > Switchboard，然后点击 安装依赖性 (Install Dependencies)。



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

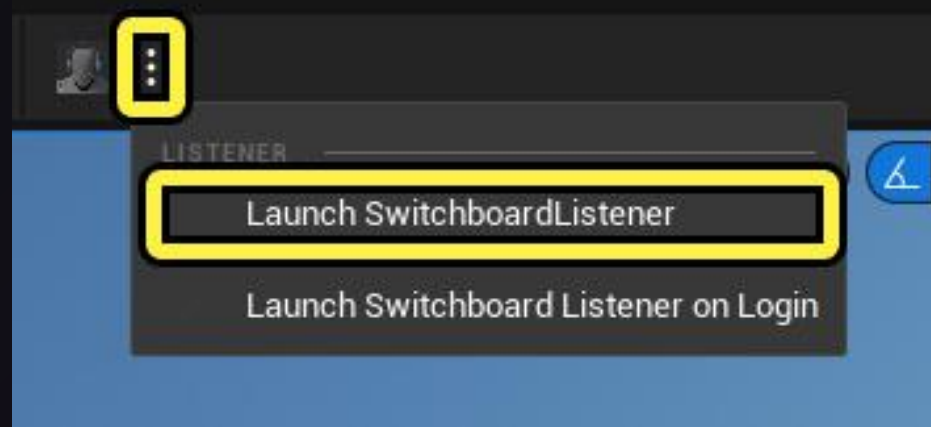
Switchboard概述

快速入门

🔊 第1步 - 启动Switchboard Listener

每个要连接到Switchboard的设备上都需要启动SwitchboardListener。

在工具栏中，选择 Switchboard选项（Switchboard Options）> 启动Switchboard Listener（Launch Switchboard Listener），这会使用默认地址0.0.0.0:2980（或你在编辑器偏好设置中为 侦听程序命令行参数 指定的地址），在本地机器上启动侦听程序。



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

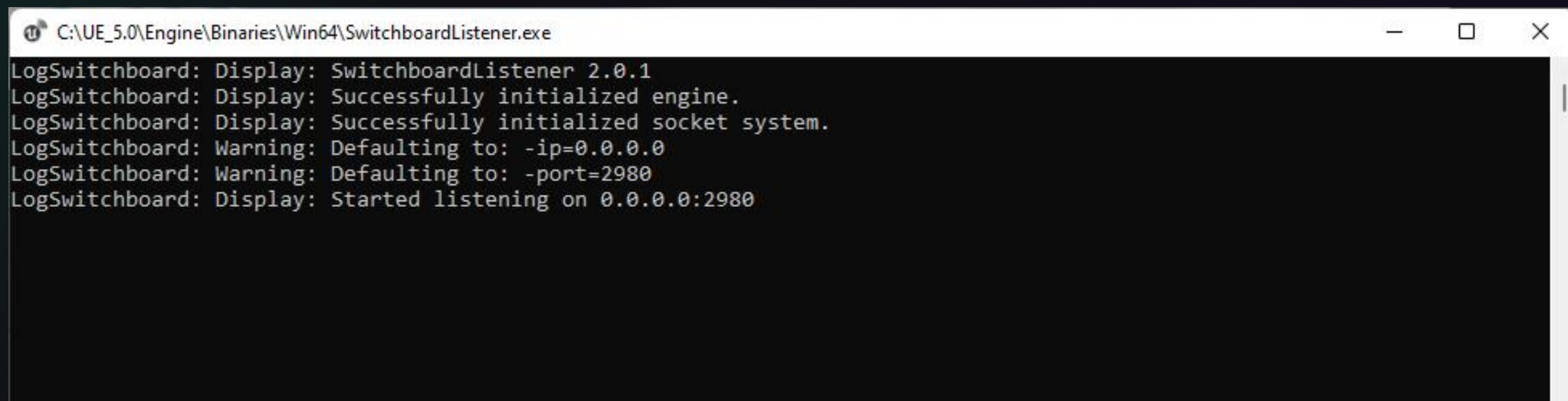
Switchboard

Switchboard概述

快速入门

🔊 第1步 - 启动Switchboard Listener

侦听程序会在启动时自动最小化其窗口，避免nDisplay设备发生问题。可以在操作系统的任务栏中找到该应用程序。



```
C:\UE_5.0\Engine\Binaries\Win64\SwitchboardListener.exe
LogSwitchboard: Display: SwitchboardListener 2.0.1
LogSwitchboard: Display: Successfully initialized engine.
LogSwitchboard: Display: Successfully initialized socket system.
LogSwitchboard: Warning: Defaulting to: -ip=0.0.0.0
LogSwitchboard: Warning: Defaulting to: -port=2980
LogSwitchboard: Display: Started listening on 0.0.0.0:2980
```

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

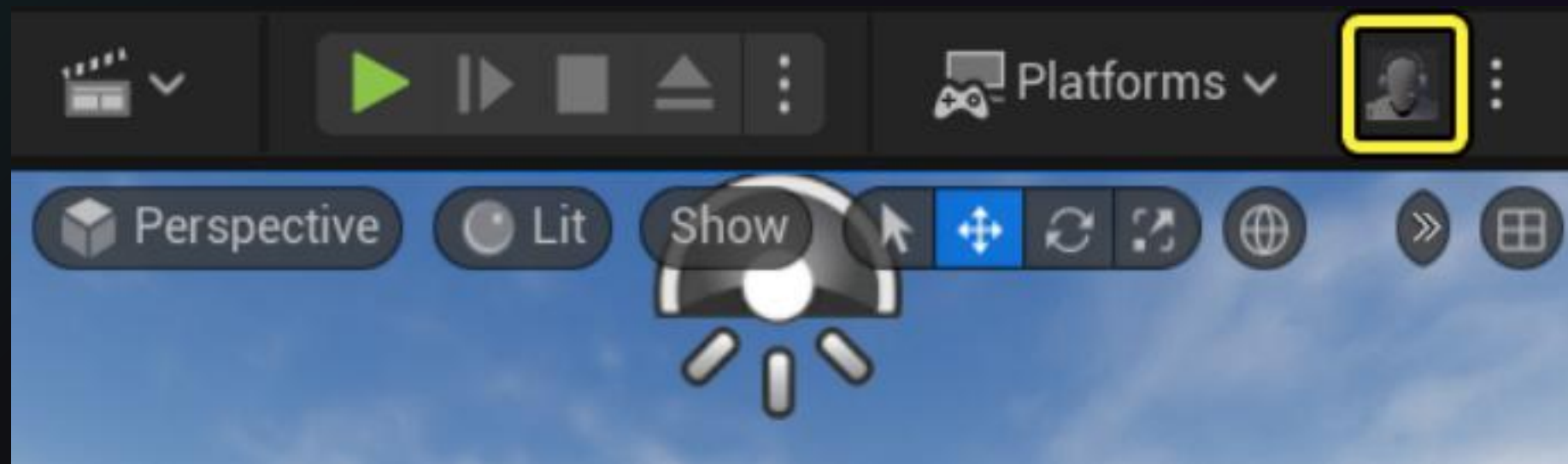
Switchboard概述

快速入门

② 第2步 - 启动Switchboard

有多种方法可启动Switchboard:

1. 在虚幻编辑器中打开项目，并从工具栏选择 启动Switchboard (Launch Switchboard) 。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

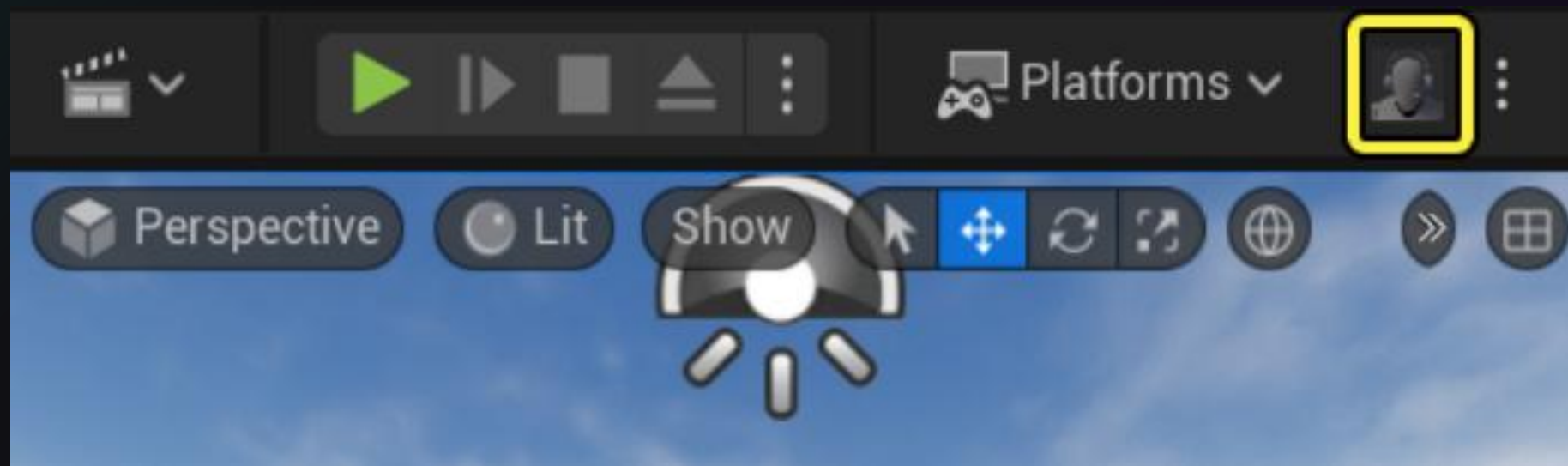
快速入门

② 第2步 - 启动Switchboard

2. 使用桌面快捷方式（比如说XR棚的计算机上）。

3. 运行

Engine\Plugins\VirtualProduction\Switchboard\Source\Switchboard\Switchboard.bat。



ICVFX主摄影系统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

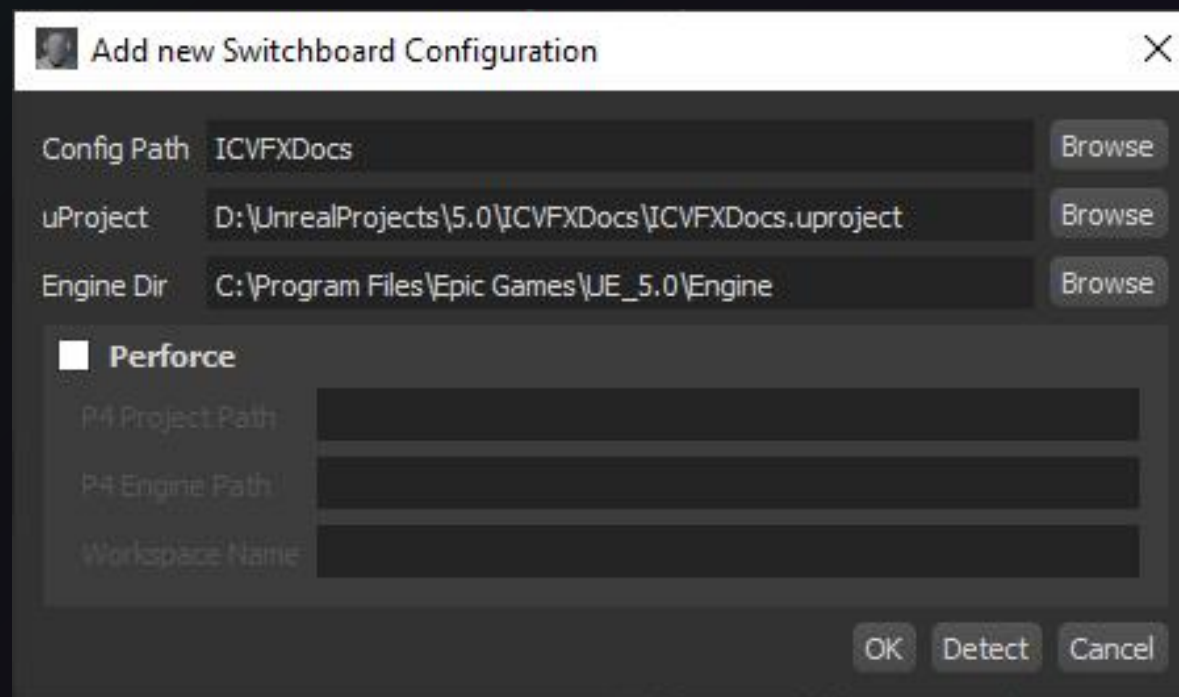
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

🔁 第2步 - 启动Switchboard

首次启动Switchboard时，将显示 添加新Switchboard配置（Add New Switchboard Configuration） 窗口。你可以填写字段并选择 确定（OK），或选择 取消（Cancel） 并在以后在Switchboard设置中进行更新。两个选项都会在一个窗口中打开Switchboard。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

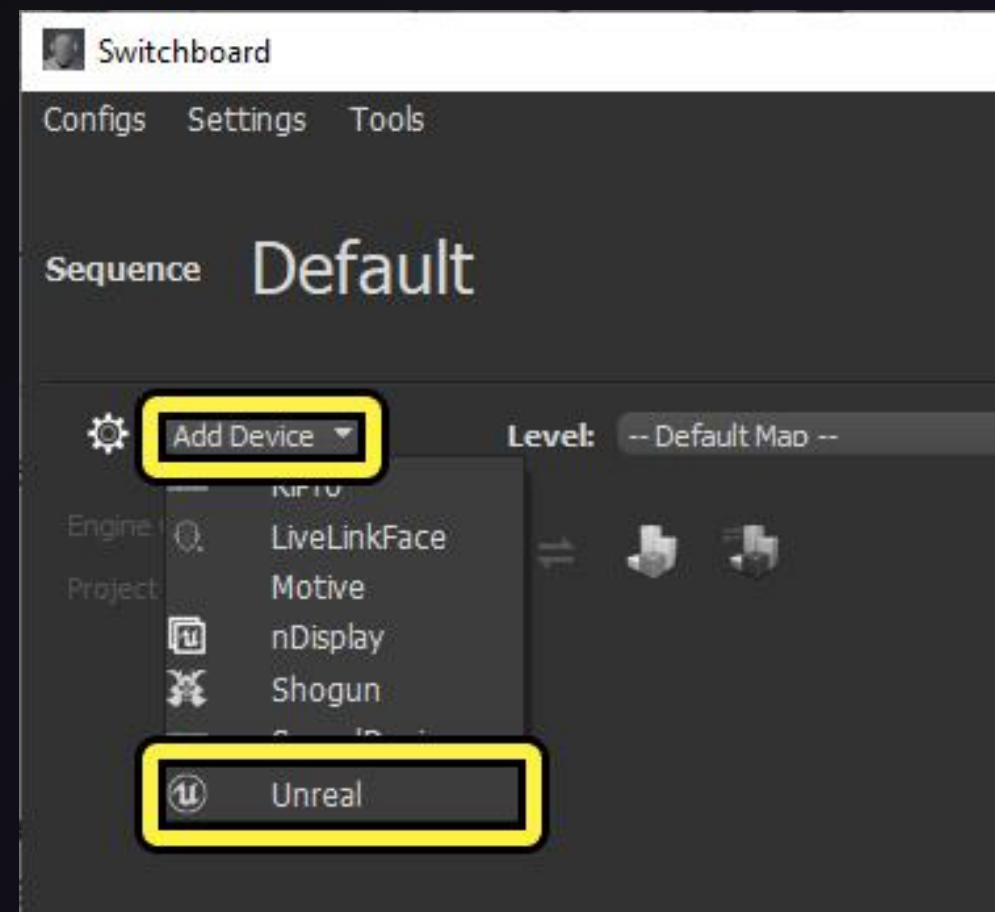
Switchboard

Switchboard概述

快速入门

🕒 第3步 - 在Switchboard中添加设备

在Switchboard中，选择 添加设备 (Add Device) > 虚幻 (Unreal) 以打开 添加虚幻设备 (Add Unreal Device) 窗口。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

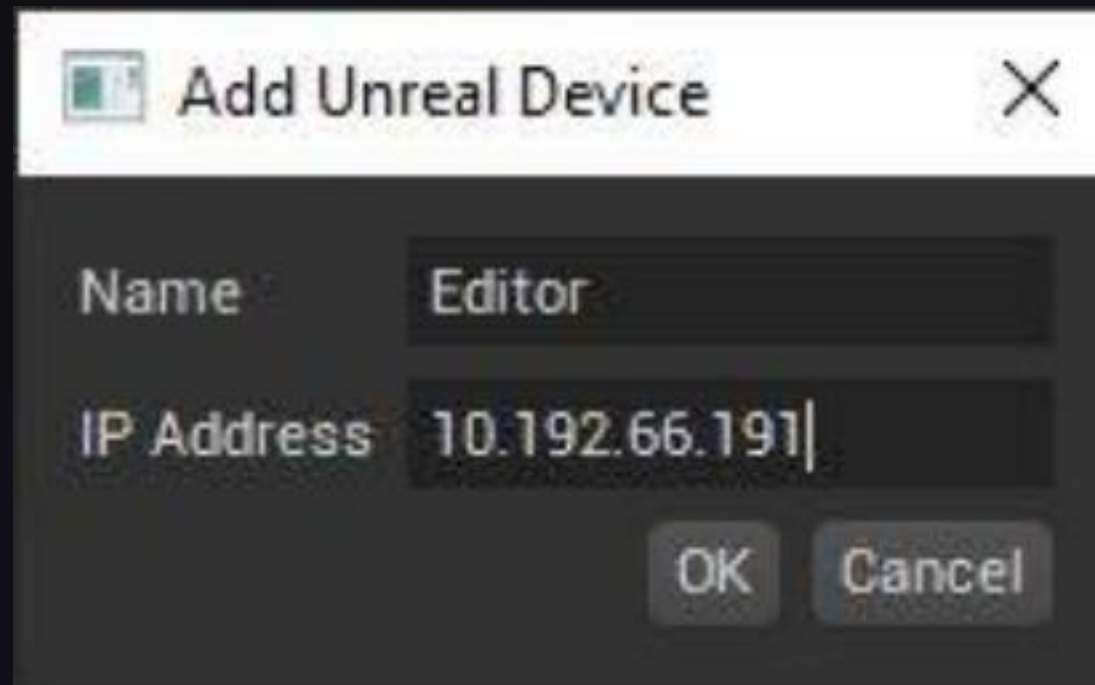
Switchboard

Switchboard概述

快速入门

③ 第3步 - 在Switchboard中添加设备

在"添加虚幻设备 (Add Unreal Device) "窗口中, 将名称分配给运行虚幻引擎的机器和计算机的IP地址。选择 确定 (OK) 。设备已添加到Switchboard中的虚幻设备列表。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

[镜头内视效概述](#)

[LED面板](#)

[硬件](#)

[摄像机追踪](#)

[ICVFX快速入门](#)

nDisplay

[nDisplay概述](#)

[Genlock](#)

[nDisplay快速入门](#)

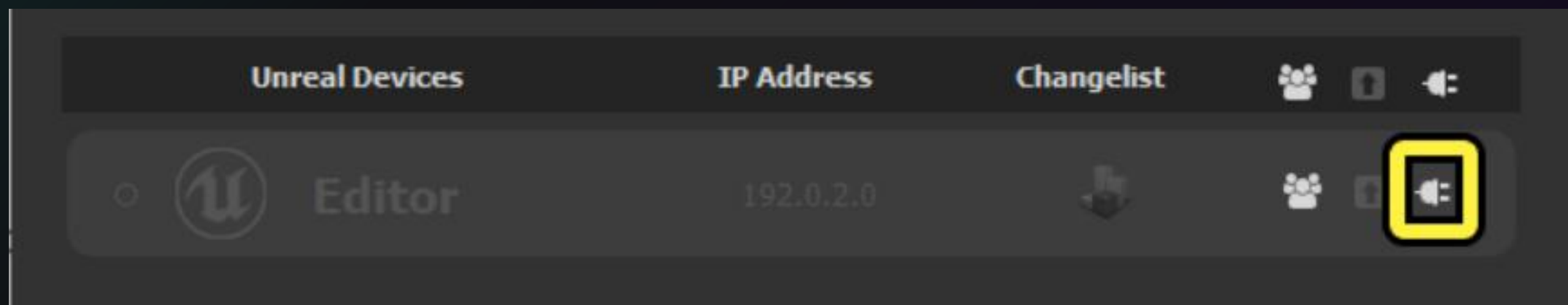
Switchboard

[Switchboard概述](#)

[快速入门](#)

第3步 - 在Switchboard中添加设备

点击 [连接到侦听程序](#)（Connect to listener）以连接到远程机器上运行的 SwitchboardListener应用程序。设备连接时，状态图标会变成蓝色。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

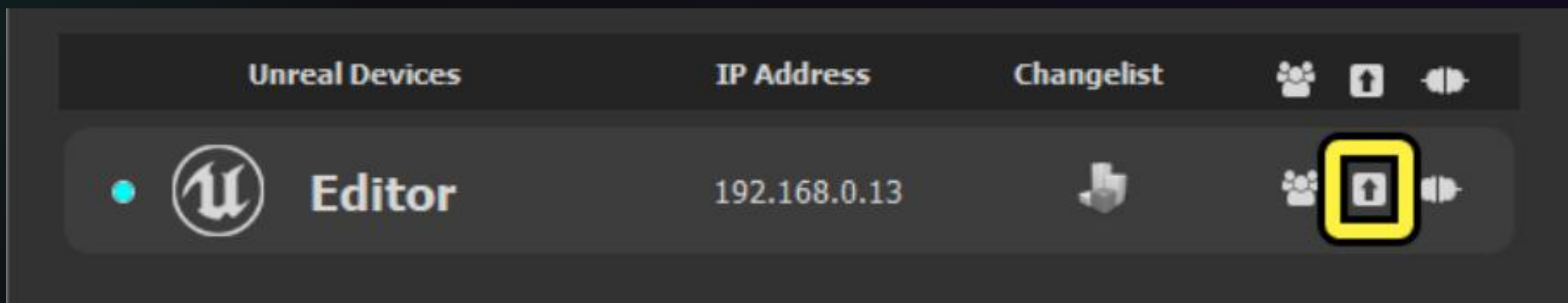
Switchboard

Switchboard概述

快速入门

🔁 第3步 - 在Switchboard中添加设备

点击 启动虚幻（Start Unreal） 以在远程机器上启动虚幻编辑器的实例。



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

③ 第3步 - 在Switchboard中添加设备

虚幻实例启动之后，左侧的状态图标会变成橙色或绿色。

- 绿色状态表示虚幻实例是通过OSC连接的，因此可以从Switchboard使用镜头试拍录制器。
- 橙色状态表示不是通过OSC连接的。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

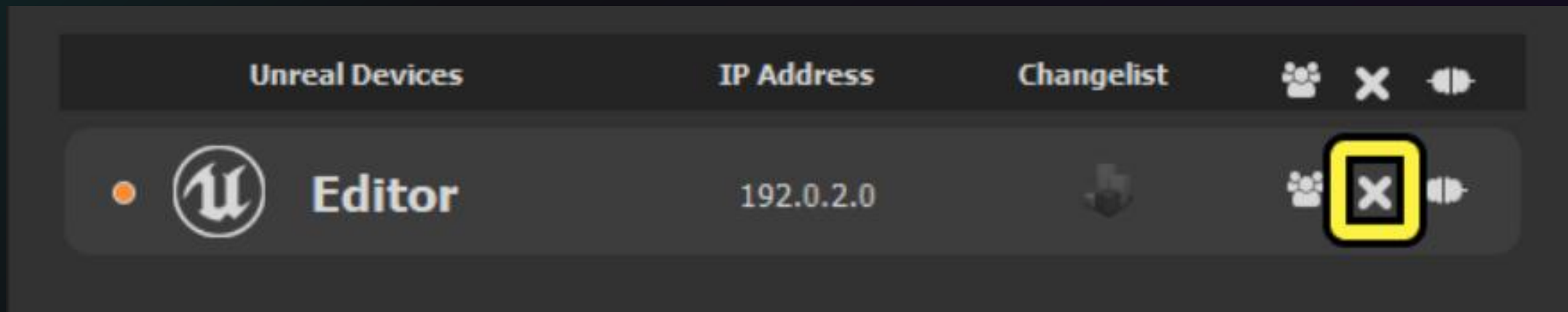
Switchboard

Switchboard概述

快速入门

🔁 第3步 - 在Switchboard中添加设备

点击 停止虚幻（Stop Unreal） 以在远程机器上关闭虚幻编辑器。



ICVFX

[镜头内视效概述](#)

[LED面板](#)

[硬件](#)

[摄像机追踪](#)

[ICVFX快速入门](#)

nDisplay

[nDisplay概述](#)

[Genlock](#)

[nDisplay快速入门](#)

Switchboard

[Switchboard概述](#)

[快速入门](#)

虚拟制片角色

你可以在 虚拟制片 (Virtual Production) 插件中创建设备角色，并将其分配到 Switchboard 中的虚幻设备。

根据设备的角色，你可以在虚幻引擎中运行自定义逻辑并使用它们过滤舞台监控中的事件。

角色可以存储在项目的 Config\Tags 文件夹下的 .ini 文件中。

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

[镜头内视效概述](#)

[LED面板](#)

[硬件](#)

[摄像机追踪](#)

[ICVFX快速入门](#)

nDisplay

[nDisplay概述](#)

[Genlock](#)

[nDisplay快速入门](#)

Switchboard

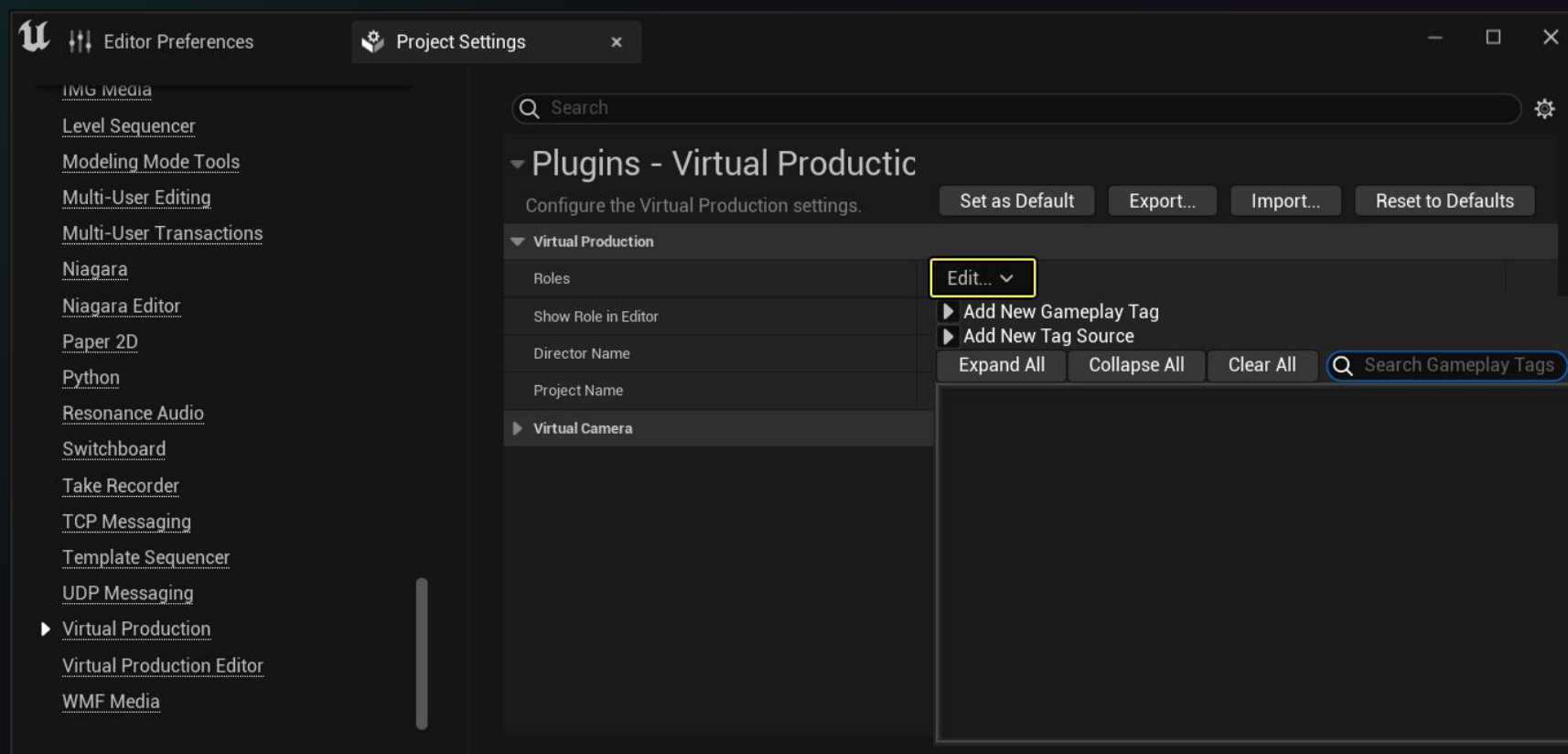
[Switchboard概述](#)

[快速入门](#)

2025.12.22

虚拟制片角色

选择角色 (Roles) 参数旁边的编辑... (Edit...) 以打开 Gameplay 标签 (Gameplay Tag) 下拉窗口。



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

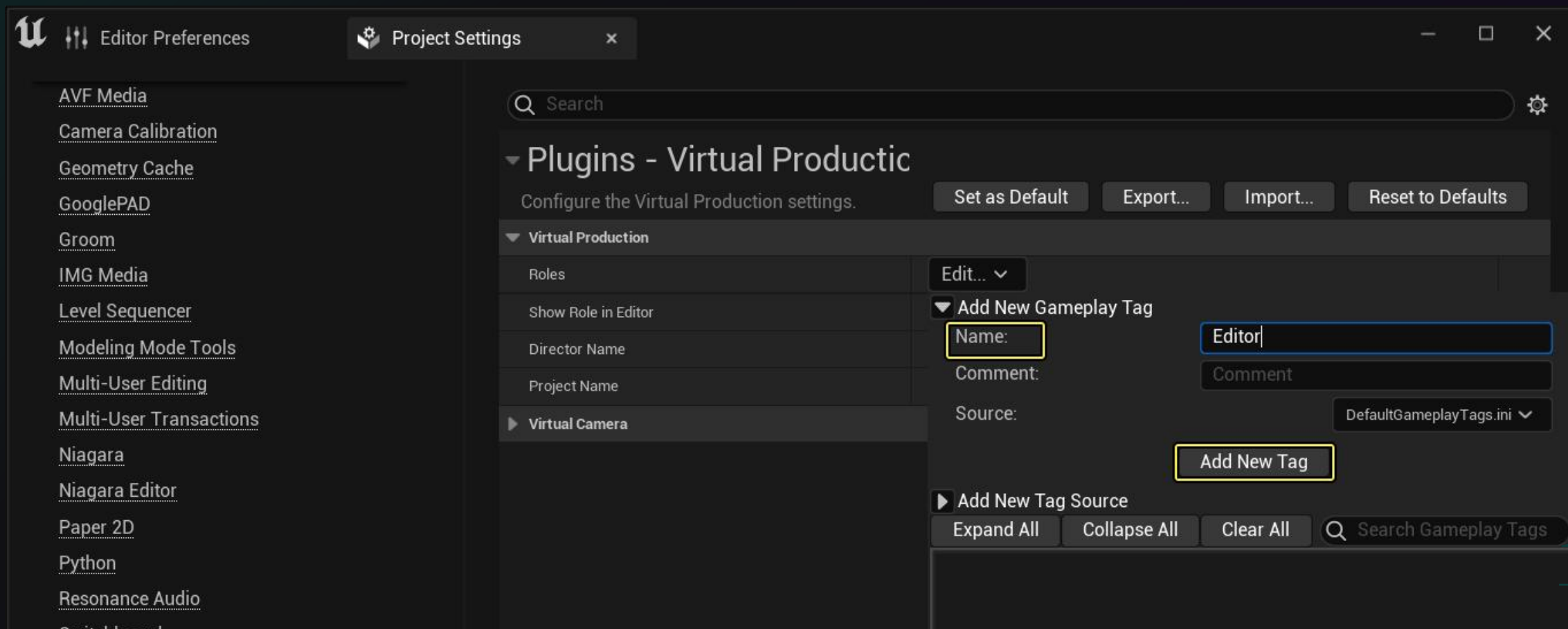
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

虚拟制片角色

展开 添加新Gameplay标签（Add New Gameplay Tag） 并输入角色的名称。选择 添加新标签（Add New Tag） 将角色添加到 .ini 文件。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

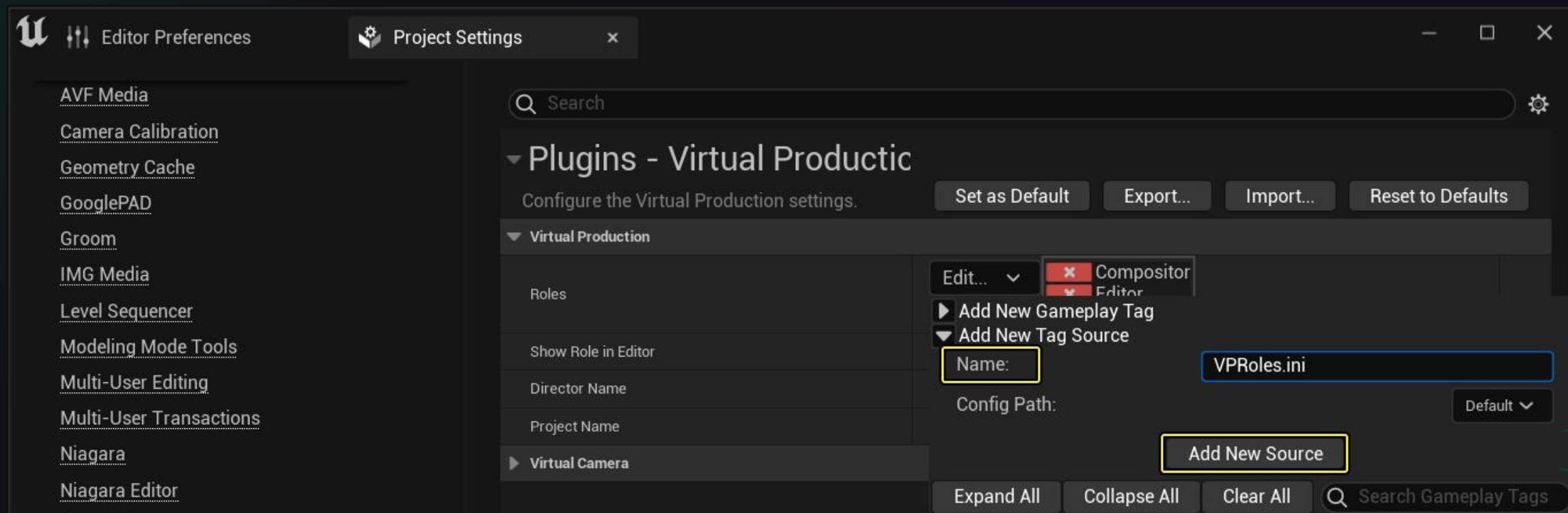
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

虚拟制片角色

角色默认存储在文件 DefaultGameplayTags.ini 中你可以在 项目设置 (Project Settings) 中创建新的 .ini 文件，并在创建新角色时将其用作 源 (Source) 文件。通过展开 新标签源 (New Tag Source) 创建新文件，输入文件名称，然后按 添加新源 (Add New Source) 按钮。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

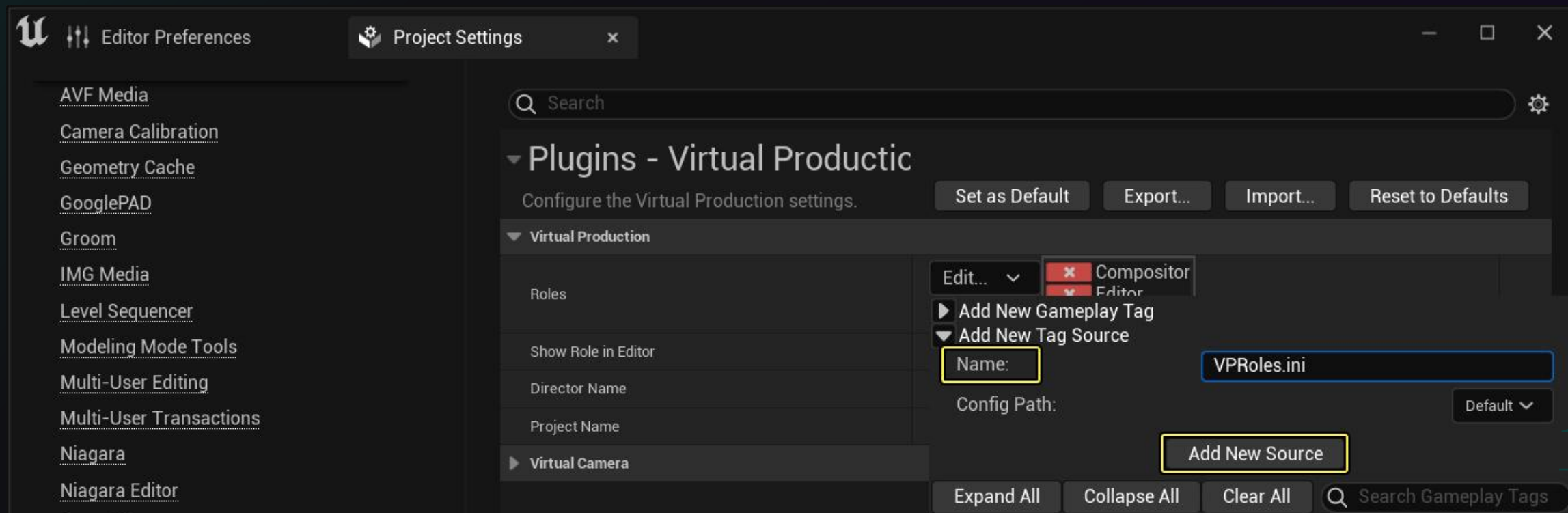
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

🎬 虚拟制片角色

默认情况下，Switchboard将在文件 VPRoles.ini 中查找角色。在Switchboard设置中，你可以设置文件名并为每个设备分配一个或多个角色。在虚幻引擎启动时，角色将传递到虚幻引擎。如果角色不受支持，例如如果 .ini 文件在设备上过期，将在Switchboard中记录一个错误。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

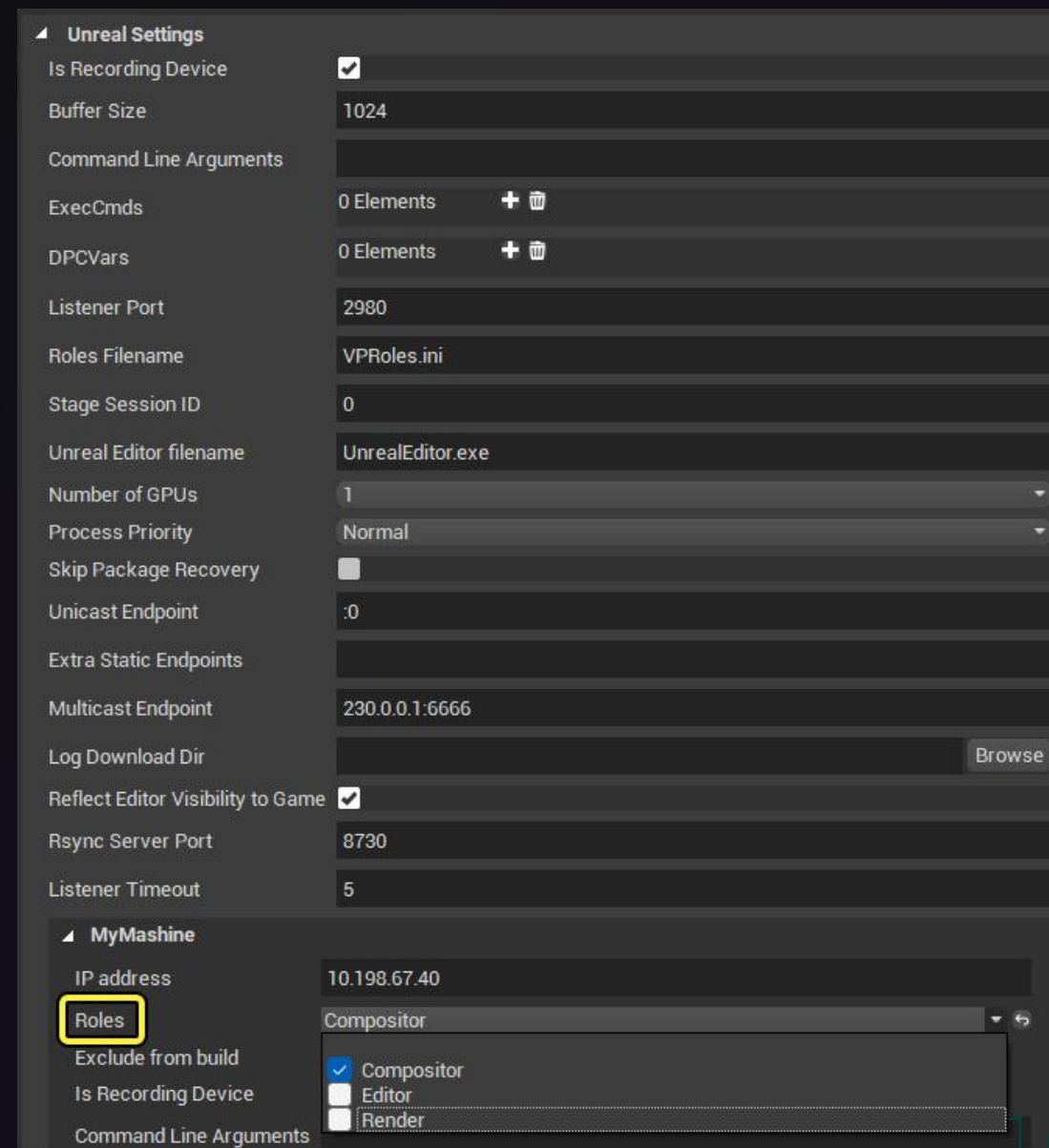
Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

🎬 虚拟制片角色

要查看Switchboard中存在的角色，
必须连接到已连接到设备的
SwitchboardListener。如果角色可用，
可以在Switchboard的设备设置中查
看它们。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

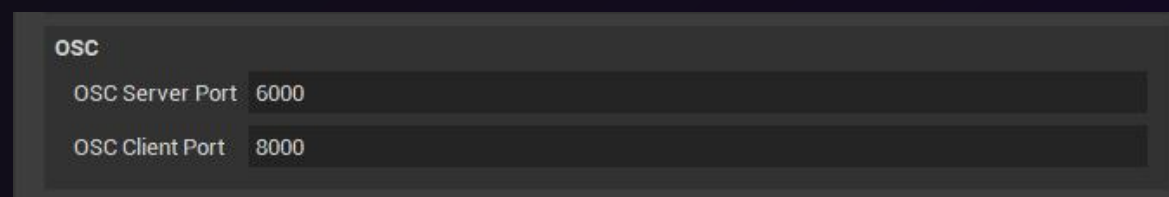
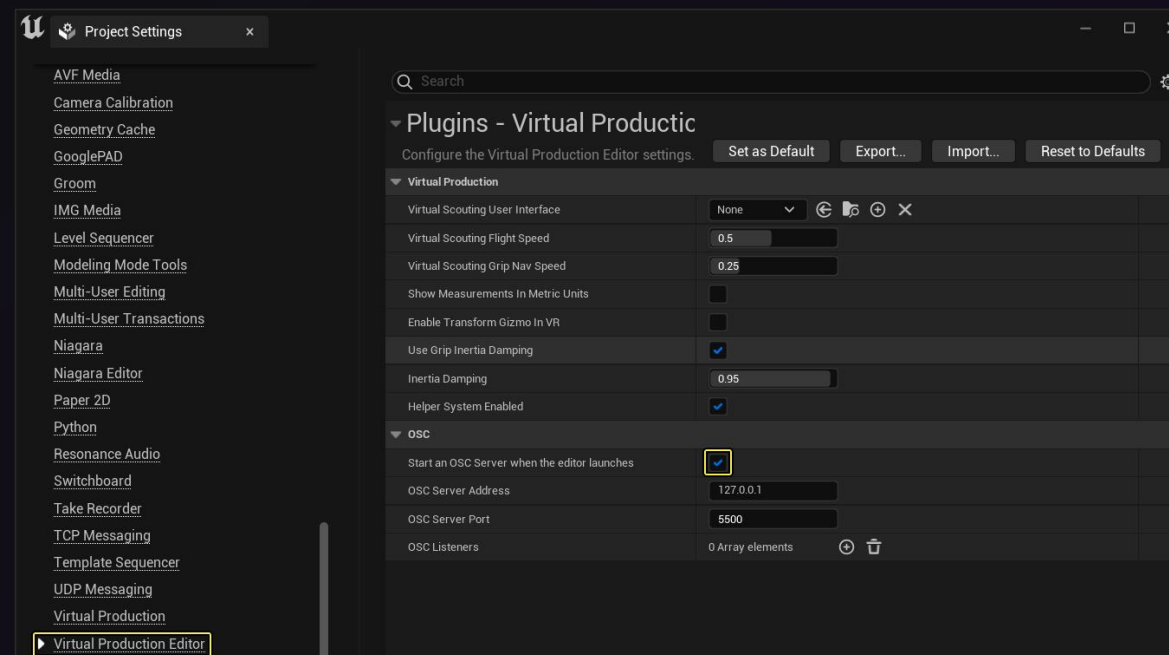
快速入门

2025.12.22

🎥 使用Switchboard录制镜头试拍

确保正确设置以下设置：

- 在虚拟制片编辑器（Virtual Production Editor）插件中，启用在编辑器启动时启动OSC服务器（Start an OSC Server when the editor launches）。
- 虚拟制片编辑器（Virtual Production Editor）插件中的OSC服务器端口（OSC Server Port）与Switchboard设置中的OSC客户端端口（OSC Client Port）匹配。
- 通过Switchboard连接OSC服务器地址（OSC Server Address）。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

使用Switchboard录制镜头试拍

在Switchboard中，如果设备的OSC连接成功，
状态图标将变成绿色。

The screenshot shows the Switchboard application window. At the top, there are tabs for 'Configs' and 'Settings'. Below that, the 'Sequence' is set to 'Default' and the 'Slate' is 'Scene'. A 'Take' counter shows '3'. A large red circular button is visible on the right. The main area is divided into sections. On the left, there are dropdowns for 'Engine CL' and 'Project CL', and a 'Level' dropdown set to 'ArchVis_RT'. Below these are 'Unreal Device' and 'IP Address' columns. A device named 'Editor' with IP '10.192.66.191' is listed, and its status icon is highlighted with a red box. On the right, there is an 'nDisplay Monitor' section with buttons for 'Force Focus', 'Fix ExeFlags', and 'Soft Kill'. Below these buttons is a table showing the status of various nodes.

Node	Host	Connected	Driver	FlipMode	Gpus	Displays	Fps	HouseSync	Sync
node_1_up	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
node_1_dn	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
node_2_up	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
node_2_dn	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
node_3_up	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
node_3_dn	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

使用Switchboard录制镜头试拍

在Switchboard中，如果设备的OSC连接成功，
状态图标将变成绿色。

The screenshot shows the Switchboard application window. At the top, there are tabs for 'Configs' and 'Settings'. Below that, the 'Sequence' is set to 'Default' and the 'Slate' is 'Scene'. The 'Take' counter is at 3. A red circular indicator is visible on the right. The main area is divided into 'Unreal Devices' and 'nDisplay Devices' sections. The 'Unreal Devices' section has a table with columns: Unreal Devices, IP Address, and Changelist. One device, 'Editor', is listed with IP 10.192.66.191 and a green status icon. The 'nDisplay Devices' section has a table with columns: Node, Host, Connected, Driver, FlipMode, Gpus, Displays, Fps, HouseSync, and Sync. All 'Connected' values are 'no'.

Unreal Devices	IP Address	Changelist
Editor	10.192.66.191	

Node	Host	Connected	Driver	FlipMode	Gpus	Displays	Fps	HouseSync	Sync
node_1_up	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
node_1_dn	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
node_2_up	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
node_2_dn	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
node_3_up	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
node_3_dn	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

使用Switchboard录制镜头试拍

在Switchboard中，如果设备的OSC连接成功，
状态图标将变成绿色。

The screenshot shows the Switchboard application window. At the top, there are tabs for 'Configs' and 'Settings'. Below that, the 'Sequence' is set to 'Default' and the 'Slate' is 'Scene'. A 'Take' counter is set to '3'. The main area is divided into 'Unreal Devices' and 'nDisplay Devices' sections. In the 'Unreal Devices' section, a device named 'Editor' with IP address '10.192.66.191' is highlighted with a green circle, indicating a successful connection. The 'nDisplay Monitor' section contains a table with columns for Node, Host, Connected, Driver, FlipMode, Gpus, Displays, Fps, HouseSync, and Sync.

Node	Host	Connected	Driver	FlipMode	Gpus	Displays	Fps	HouseSync	Sync
node_1_up	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
node_1_dn	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
node_2_up	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
node_2_dn	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
node_3_up	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
node_3_dn	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

2025.12.22

🔊 使用Switchboard录制镜头试拍

如果OSC连接未成功，状态图标将在启动虚幻之后变成橙色。

The screenshot shows the Switchboard application window. At the top, there are tabs for 'Configs' and 'Settings'. Below that, the 'Sequence' is set to 'Default' and the 'Slate' is set to 'Scene'. A 'Take' counter is set to '3'. A red circular indicator is visible on the right side. The main area is divided into sections: 'Add Device', 'Level: ArchVis_RT', and 'nDisplay Monitor'. The 'nDisplay Monitor' section contains a table with columns: Node, Host, Connected, Driver, FlipMode, Gpus, Displays, Fps, HouseSync, and Sync. The 'Connected' column for all nodes is highlighted in orange, indicating a connection failure. A red box highlights the 'Unreal Devices' section, which shows a single device named 'Editor' with IP address '10.192.66.191' and a red status icon.

Node	Host	Connected	Driver	FlipMode	Gpus	Displays	Fps	HouseSync	Sync
node_1_up	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
node_1_dn	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
node_2_up	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
node_2_dn	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
node_3_up	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
node_3_dn	10.192.66.191	no	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

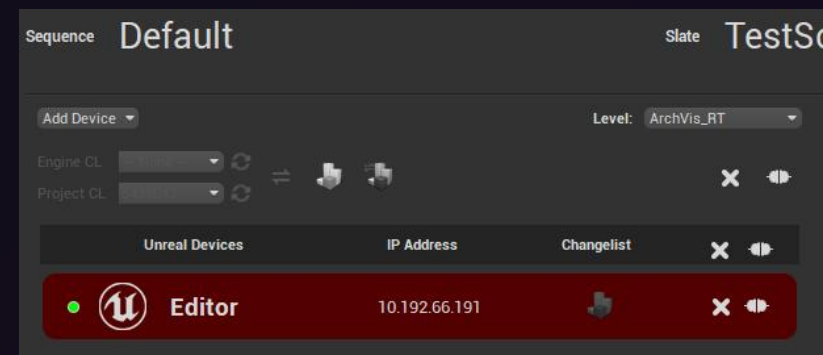
Switchboard概述

快速入门

🎥 使用Switchboard录制镜头试拍

在Switchboard上面，你可以设置 序列（Sequence） 名称、Slate 名称和 镜头试拍（Take） 编号。

- 名称将立即反映在连接了OSC的虚幻设备的 TakeRecorder 中。
- 按右侧的红色按钮可以启动和停止录制。
- 如果设备正在录制，其背景在Switchboard将设置为红色。
- 每次录制后，镜头试拍（Take） 编号都会增大。



ICVFX

[镜头内视效概述](#)

[LED面板](#)

[硬件](#)

[摄像机追踪](#)

[ICVFX快速入门](#)

nDisplay

[nDisplay概述](#)

[Genlock](#)

[nDisplay快速入门](#)

Switchboard













[Switchboard概述](#)

[快速入门](#)

🔁 使用Switchboard启动nDisplay

你可以将Switchboard设置为与你的所有nDisplay设备通信。当你选择在Switchboard中添加nDisplay设备时，将会添加nDisplay配置文件的位置。

Switchboard解析配置文件并将文件中指定的群集节点转换为Switchboard设备。

nDisplay Devices	IP Address	Changelist	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/>  node_3_dn	10.192.66.191		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/>  node_3_up	10.192.66.191		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/>  node_2_dn	10.192.66.191		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/>  node_2_up	10.192.66.191		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/>  node_1_dn	10.192.66.191		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/>  node_1_up	10.192.66.191		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

[镜头内视效概述](#)

[LED面板](#)

[硬件](#)

[摄像机追踪](#)

[ICVFX快速入门](#)

nDisplay

[nDisplay概述](#)

[Genlock](#)

[nDisplay快速入门](#)

Switchboard

[Switchboard概述](#)

[快速入门](#)

同步和编译

你可以将源功能按钮连接到Switchboard，然后根据特定的变更列表在所有已连接的设备中同步和编译你的项目和引擎。你可以在每个连接的设备上查看变更列表的内容，以了解哪些项需要更新。

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

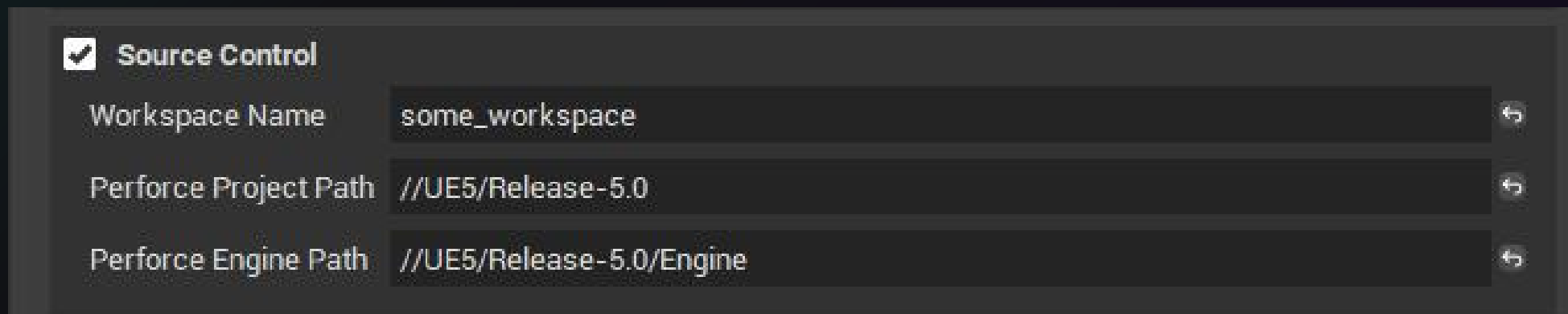
Switchboard概述

快速入门

🔄 同步和编译

按照下面的步骤将你的源功能按钮信息添加到Switchboard:

1. 打开 Switchboard设置 (Switchboard Settings) 。
2. 在Switchboard设置 (Switchboard Settings) 对话框中, 选中 源功能按钮 (Source Control) 旁边的框。



ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

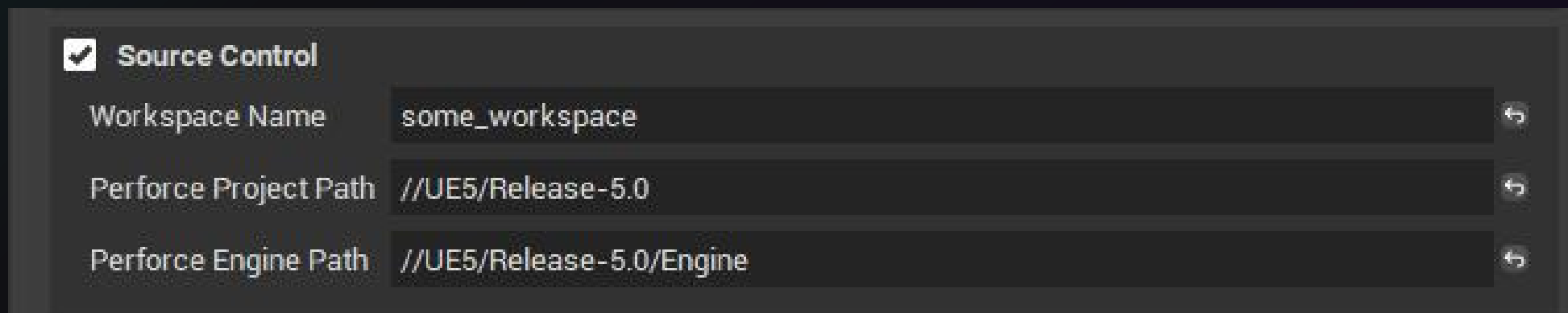
Switchboard概述

快速入门

🔄 同步和编译

在 源功能按钮（Source Control） 下的部分中：

- 将 P4项目路径（P4 Project Path） 设置为你项目的Perforce流。
- 如果要从源编译引擎，请将 P4引擎路径（P4 Engine Path） 设置为你引擎的Perforce流。如果仅计划同步和编译项目，则不需要设置此路径。
- 将 工作区名称（Workspace Name） 设置为你Perforce工作区的名称。



ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

📌 结语

在本次介绍中，我们深入探讨了**ICVFX**技术及其应用，涵盖了多个关键技术领域。首先，我们讨论了绿幕拍摄的基本要求，强调了保持绿幕均匀无阴影、无反光的重要性，并指出它与即时合成技术的区别。

接着，我们转向了更先进的**LED墙+ICVFX**系统，该系统利用高分辨率LED屏幕结合虚幻引擎实时渲染和摄像机追踪技术，使得导演能够在拍摄现场直接预览最终效果，无需依赖传统的绿幕和后期抠像工作流程。此外，我们还详细分析了LED面板的技术细节，包括PWM调光机制及频闪问题的原因和解决方案。

对于硬件方面，我们特别关注了摄像机追踪技术，包括光学追踪、特征追踪和惯性测量单元(IMU)的应用，每种方法都有其独特的优势和局限。同时，我们也介绍了UE内置的摄像机校准解算器，以及如何通过**Live Link**插件实现数据的实时传输和同步，这对于提升虚拟制片过程中的效率至关重要。

ICVFX主摄影系 统构建研究

ICVFX

镜头内视效概述

LED面板

硬件

摄像机追踪

ICVFX快速入门

nDisplay

nDisplay概述

Genlock

nDisplay快速入门

Switchboard

Switchboard概述

快速入门

📌 结语

最后，我们还讲解了**Switchboard**作为控制接口的重要性，它能够帮助我们在复杂的分布式环境中协调多台计算机和设备，确保内容的一致性和流畅性。

综上所述，通过这些技术和工具的应用，我们可以看到虚拟制片正在经历一场革命性的变革，它不仅极大地提升了制作效率，也为创作者提供了更多样化的表达手段。未来，随着这些技术的不断进步和完善，我们有理由相信，影视制作将会变得更加高效、灵活且充满无限可能。