

----- SPIR-V & New shader system -----

》》》这次 Chernov 做了很多提交，所以我的笔记可能篇幅较长，但我会仔细记录。
我做了一些笔记，请认真浏览。
实际操作步骤请转到：《》》》我将逐次的提交这些代码，并记录自己的疑惑

《》》》介绍与引入

《》》》 basic architecture layout of this episode (本集基本构架)

(截图仅供个人参考，并无侵犯版权的想法。若违反版权条款，并非本人意愿)

个人在学习过程中觉得最值得查阅的几个文档：

游戏开发者大会文档 (关于 SPIR-V 与 渲染接口 OpenGL/Vulkan 、 GLSL/HLSL 之间的关系，SPIR-V 的工具及其执行流程)	https://www.neilhenning.dev/wp-content/uploads/2015/03/AnIntroductionToSPIR-V.pdf
俄勒冈州立大学演示文档 (SPIR-V 与 GLSL 之间的关系， SPIR-V 的实际使用方法：Win10)	https://web.engr.oregonstate.edu/~mjb/cs557/Handouts/VulkanGLSL1pp.pdf
Vulkan 官方 Github Readme 文档 (GLSL 与 SPIR-V 之间的映射关系，以及可以在线使用的编辑器，非常好用)	https://github.com/KhronosGroup/Vulkan-Guide/blob/main/chapters/mapping_data_to_shaders.adoc 在线文档示例 (https://godbolt.org/z/oMz58a78T)
大阪Khronos开发者大会 (SPIR-V 语言的规范，及其意义)	https://www.lunarg.com/wp-content/uploads/2023/05/SPIRV-Osaka-MAY2023.pdf

前 33 分钟，基本上讲述以下几点：

<p>1.着色器将会支持 OpenGL 和 Vulkan ，故着色器中做了更改（涉及到 OpenGL 和 Vulkan 在着色器语法上的不同：比如 Uniform 的使用）</p> <p>2.为了避免性能浪费，并高效的使用数据/统一变量，将采用 UniformBuffer 这种高级 GLSL。</p> <p>(参考文献1-来自 LearnOpenGL 教程： https://learnopengl-cn.github.io/04%20Advanced%20OpenGL/08%20Advanced%20GLSL/)</p> <p>(参考文献2-来自 Vulkan 教程： https://vulkan-tutorial.com/Uniform_buffers/Descriptor_layout_and_buffer#page-Uniform-buffer)</p> <p>建议阅读全文，这样理解更加深刻。</p>	<p>• Uniform buffer</p> <h3>使用Uniform缓冲</h3> <p>我们已经讨论了如何在着色器中定义Uniform块，并设定它们的内存布局了，但我们还没有讨论如何使用它们。</p> <p>首先，我们需要调用<code>glGenBuffers</code>，创建一个Uniform缓冲对象。一旦我们有了一个缓冲对象，我们需要将它绑定到<code>GL_UNIFORM_BUFFER</code>目标，并调用<code>glBufferData</code>，分配足够的内存。</p> <pre>unsigned int uboExampleBlock; glGenBuffers(1, &uboExampleBlock); glBindBuffer(GL_UNIFORM_BUFFER, uboExampleBlock); glBufferData(GL_UNIFORM_BUFFER, 152, NULL, GL_STATIC_DRAW); // 分配152字节的内存 glBindBuffer(GL_UNIFORM_BUFFER, 0);</pre> <p>现在，每当我们需要对缓冲更新或者插入数据，我们就会绑定到<code>uboExampleBlock</code>，并使用<code>glBufferSubData</code>来更新它的内存。我们只需要更新这个Uniform缓冲一次，所有使用这个缓冲的着色器就都使用的是更新后的数据了。但是，如何才能让OpenGL知道哪个Uniform缓冲对应的是哪个Uniform块呢？</p> <p>在OpenGL上下文中，定义了一些绑定点(Binding Point)。我们可以将一个Uniform缓冲链接至它。在创建Uniform缓冲之后，我们将它绑定到其中一个绑定点上，并将着色器中的Uniform块绑定到相同的绑定点，把它们连接到一起。下面的这个图展示了这个：</p> <p>• Uniform buffer:</p>
--	---

Uniform buffer 均匀缓冲

In the next chapter we'll specify the buffer that contains the UBO data for the shader, but we need to create this buffer first. We're going to copy new data to the uniform buffer every frame, so it doesn't really make any sense to have a staging buffer. It would just add extra overhead in this case and likely degrade performance instead of improving it.

在下一章中，我们将指定包含着色器 UBO 数据的缓冲区，但我们需要先创建此缓冲区。我们将每帧将新数据复制到统一缓冲区，因此拥有 staging 缓冲区实际上没有任何意义。在这种情况下，它只会增加额外的开销，并且可能会降低性能而不是提高性能。

We should have multiple buffers, because multiple frames may be in flight at the same time and we don't want to update the buffer in preparation of the next frame while a previous one is still reading from it! Thus, we need to have as many uniform buffers as we have frames in flight, and write to a uniform buffer that is not currently being read by the GPU

我们应该有多个缓冲区，因为多个帧可能同时在飞行，我们不想在前一帧仍在读取时更新缓冲区以准备下一帧！因此，我们需要拥有与飞行中的帧一样多的统一缓冲区，并写入 GPU 当前未读取的统一缓冲区

To that end, add new class members for `uniformBuffers`, and `uniformBuffersMemory`:

为此，为 `uniformBuffers` 和 `uniformBuffersMemory` 添加新的类成员：

```
VkBuffer indexBuffer;
VkDeviceMemory indexBufferMemory;

std::vector<VkBuffer> uniformBuffers;
std::vector<VkDeviceMemory> uniformBuffersMemory;
std::vector<void*> uniformBuffersMapped;
```

Similarly, create a new function `createUniformBuffers` that is called after `createIndexBuffer` and allocates the buffers.

类似地，创建一个新函数 `createUniformBuffers`，该函数在 `createIndexBuffer` 之后调用并分配缓冲区：

```
void initVulkan() {
    ...
    createVertexBuffer();
    createIndexBuffer();
    createUniformBuffers();
}
```

3.OpenGL 和 Vulkan 在着色器语言上的使用规范，还有不同之处。

参考文献：OpenGL教程（<https://learnopengl-cn.github.io/02%20Lighting/03%20Materials/>）

参考文献：俄勒冈州立大学演示文件《GLSL For Vulkan》（<https://eecs.oregonstate.edu/~mjb/cs557/Handouts/VulkanGLSL.1pp.pdf>）

附录：
参考文献：Github 中文 Readme（<https://github.com/zenny-chen/GLSL-for-Vulkan>）

参考文献：Vulkan 教程官网（<https://vulkan-tutorial.com/introduction>）

• GLSG 中的结构体示例：

```
#version 330 core
struct Material {
    vec3 ambient;
    vec3 diffuse;
    vec3 specular;
    float shininess;
};

uniform Material material;
```

在片段着色器中，我们创建一个结构体(Struct)来储存物体的材质属性。我们也可以把它们储存为独立的uniform值，但是作为一个结构体来储存会更有条理一些。我们首先定义结构体的布局(Layout)，然后简单地以刚创建的结构体作为类型声明一个uniform变量。

• 如果想查看 Vulkan API 在编写着色器时使用 GLSL 的语法规则，可以查看 Github 仓库（中文：<https://github.com/zenny-chen/GLSL-for-Vulkan>）或者在 Vulkan 教程官网中搜寻（<https://vulkan-tutorial.com/introduction>）

• 不同之处：

How Vulkan GLSL Differs from OpenGL GLSL4

Detecting that a GLSL Shader is being used with Vulkan/SPIR-V:

- In the compiler, there is an automatic `#define VULKAN 100`

Vulkan Vertex and Instance indices:

```
gl_VertexIndex
gl_InstanceIndex
```


- Both are 0-based

OpenGL uses:

```
gl_VertexID
gl_InstanceID
```

gl_FragColor:

- In OpenGL, `gl_FragColor` broadcasts to all color attachments
- In Vulkan, it just broadcasts to color attachment location #0
- Best idea: don't use it at all – explicitly declare out variables to have specific location numbers



mpg - December 17, 2020

Shader combinations of separate texture data and samplers:

```
uniform sampler s;  
uniform texture2D t;  
vec4 rgba = texture( sampler2D( t, s ), vST );
```

Descriptor Sets:

```
layout( set=0, binding=0 ) ... ;
```

Push Constants:

```
layout( push_constant ) ... ;
```

Specialization Constants:

```
layout( constant_id = 3 ) const int N = 5;
```

- Only for scalars, but a vector's components can be constructed from specialization constants

Specialization Constants for Compute Shaders:

```
layout( local_size_x_id = 8, local_size_y_id = 16 );
```

- This sets gl_WorkGroupSize.x and gl_WorkGroupSize.y
- gl_WorkGroupSize.z is set as a constant

4.SPIR-V的使用思路，使用逻辑。

参考文献: SPIR-V 官网 (https://www.khronos.org/api/index_2017/spir/)

参考文献: Vulkan 教程 (https://vulkan-tutorial.com/Drawing_a_triangle/Graphics_pipeline_basics/Shader_modules)

参考文献: Vulkan 指南
(https://docs.vulkan.org/guide/latest/what_is_spirv.html)

参考文献: 俄勒冈州立大学演示文件 (<https://web.engr.oregonstate.edu/~mjb/cs557/Handouts/VulkanGLSL.1pp.pdf>)

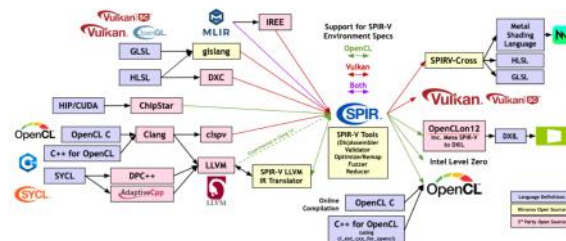
参考文献: 2016 年 3 月 - 游戏开发者大会
(<https://www.neilhenning.dev/wp-content/uploads/2015/03/AnIntroductionToSPIR-V.pdf>)

附件: 关于 SPIR-V 也可以参考 SPIR-V 的 github 仓库:
(<https://github.com/KhronosGroup/SPIRV-Guide>)

• SPIR-V 的生态系统:

SPIR-V Language Ecosystem
SPIR-V 语言生态系统

The SPIR-V ecosystem includes a rich variety of language front-ends (producers), development tools and run-times (consumers).
SPIR-V 生态系统包括丰富多样的语言前端 (生产者)、开发工具和运行时 (消费者)。



• SPIR-V 的概念:

Unlike earlier APIs, shader code in Vulkan has to be specified in a bytecode format as opposed to human-readable syntax like GLSL and HLSL. This bytecode format is called **SPIR-V** and is designed to be used with both Vulkan and OpenCL (both Khronos APIs). It is a format that can be used to write graphics and compute shaders, but we will focus on shaders used in Vulkan's graphics pipelines in this tutorial.

与早期的 API 不同, Vulkan 中的着色器代码必须以字节码格式指定,而不是像 GLSL 和 HLSL 这样的人类可读语法。这种字节码格式称为 **SPIR-V**, 旨在与 Vulkan 和 OpenCL (均为 Khronos API) 一起使用。它是一种可用于编写图形和计算着色器的格式,但在本教程中我们将重点关注 Vulkan 图形管道中使用的着色器。

Vulkan Guide / Logistics Overview / What is SPIR-V

What is SPIR-V 什么是 SPIR-V

NOTE

Please read the [SPIR-V Guide](#) for more in detail information about SPIR-V

请阅读 [SPIR-V 指南](#), 了解有关 SPIR-V 的更多详细信息

SPIR-V is a binary intermediate representation for graphical shader stages and compute kernels. With Vulkan, an application can still write their shaders in a high-level shading language such as GLSL or HLSL, but a SPIR-V binary is needed when using `vkCreateShaderModule`. Khronos has a very nice [white paper](#) about SPIR-V and its advantages, and a high-level description of the representation. There are also two great Khronos presentations from Vulkan DevDay 2016 [here](#) and [here](#) (video of both).

SPIR-V 是图形着色阶段和计算内核的二进制中间表示。使用 Vulkan, 应用程序仍然可以使用高级着色语言 (例如 GLSL 或 HLSL) 编写着色器,但使用 `vkCreateShaderModule` 时需要 SPIR-V 二进制文件。Khronos 有一份关于 SPIR-V 及其优势的非常好的 [白皮书](#), 以及对表示的高级描述。这[里](#)和[这里](#)还有 2016 年 Vulkan DevDay 的两场精彩的 Khronos 演示 ([两者的视频](#))。

• SPIR-V 管线:

The Shaders' View of the Basic Computer Graphics Pipeline

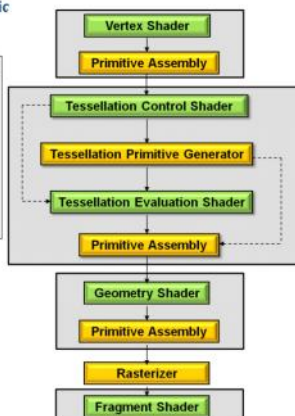
- In general, you want to have a vertex and fragment shader as a minimum.

- A missing stage is OK. The output from one stage becomes the input of the next stage that is there.

- The last stage before the fragment shader feeds its output variables into the rasterizer. The interpolated values then go to the fragment shaders

= Fixed Function

= Programmable



• SPIR-V 的使用流程:

》》》 SPIR-V SPIR-V ？ 什么是 SPIR-V ？ SPIR-V SPIR-V

SPIR-V 简介

SPIR-V (Standard Portable Intermediate Representation for Vulkan) 是一种低级中间表示语言 (Intermediate Representation, IR) ， 通常是由高层语言（如 GLSL 或 H LSL）编译而成，主要用于图形和计算程序的编译。（开发者写的 GLSL 或 HLSL 代码会被编译成 SPIR-V，然后交给 Vulkan 或 OpenCL 、OpenGL等图形计算 API 来执行。）

SPIR-V 允许开发者编写更加底层的图形或计算代码，并通过它来与图形硬件交互。

实际使用流程：

OpenGL	通常使用 GLSL (OpenGL Shading Language) 来编写着色器代码
Vulkan	使用 SPIR-V (Standard Portable Intermediate Representation for Vulkan) 作为着色器的中间语言。

为什么说 SPIR-V 是中间语言？

在 Vulkan 中，着色器代码（如顶点着色器、片段着色器等）首先用高级语言（如 GLSL 或 HLSL）编写，然后通过工具（如 glslang）编译成 SPIR-V 字节码，最后通过 Vulkan API 加载并使用这些字节码。

OpenGL 与 SPIR-V的工作模式：	<p>在 Vulkan 出现之前，OpenGL 是主要的图形 API，GLSL 是 OpenGL 使用的着色器语言。随着 Vulkan 的推出，SPIR-V 成为了 Vulkan 着色器的中间表示，SPIR-V也被引入到 OpenGL 中。</p> <p>尽管 OpenGL 一直使用 GLSL 作为着色器语言，但 OpenGL 4.5 及更高版本已经支持通过 SPIR-V 加载编译好的着色器二进制文件。</p> <p>这意味着OpenGL 虽然仍旧使用 GLSL 来编写着色器，但编译过程可以将 GLSL 代码转化为 SPIR-V，之后在 OpenGL 中加载 SPIR-V 二进制代码进行执行。这一过程通过 glslang (Khronos 提供的 GLSL 编译器) 实现。</p>
Vulkan 与 SPIR-V 的工作模式：	<p>Vulkan 作为低级 API，要求所有着色器都以 SPIR-V 格式存在。由于着色器源代码通常使用高级着色器语言（如 GLSL 或 HLSL）编写，所以需要先编译成 SPIR-V 二进制格式，然后将该 SPIR-V 二进制代码上传到 GPU 进行执行。</p>
参考文献：游戏开发者大会 2016（ https://www.neilhenning.dev/wp-content/uploads/2015/03/AnIntroductionToSPIR-V.pdf ）	<p>作用：SPIR-V 使 Vulkan 可以实现跨平台的着色器支持，依靠 SPIR-V 这种中间语言，着色器能够在不同平台和硬件上正常运行。SPIR-V 规范的语言比纯文本的着色器语言（如 GLSL）更接近底层硬件，便于优化和硬件加速。</p> <p>示例：</p> <pre>； SPIR-V ； Version: 1.0 ； Generator: Khronos Glslang Reference Front End; 1 ； Bound: 14 ； Schema: 0 OpCapability Shader %1 = OpExtInstImport "GLSL.std.450" OpMemoryModel Logical GLSL450 OpEntryPoint Fragment %4 "main" %9 OpExecutionMode %4 OriginUpperLeft OpSource GLSL 450 OpName %4 "main" OpName %9 "out_colour" OpDecorate %9 Location 0 %2 = OpTypeVoid %3 = OpTypeFunction %2 %6 = OpTypeFloat 32 %7 = OpTypeVector %6 4 %8 = OpTypePointer Output %7 %9 = OpVariable %8 Output %10 = OpConstant %6 0.4 %11 = OpConstant %6 0.8 %12 = OpConstant %6 1 %13 = OpConstantComposite %7 %10 %10 %11 %12 %4 = OpFunction %2 None %3 %5 = OpLabel OpStore %9 %13 OpReturn OpFunctionEnd</pre>

实际使用实例：

1. GLSL 源代码编写	<p>首先，编写 GLSL 源代码。这些 GLSL 代码通常包括顶点着色器、片段着色器、计算着色器等。</p> <p>示例：GLSL 着色器</p> <pre>#version 450 out vec4 FragColor; void main() { FragColor = vec4(1.0, 0.0, 0.0, 1.0); // 输出红色 }</pre>
2. GLSL 编译为 SPIR-V	<p>将 GLSL 源代码转换为 SPIR-V 二进制格式，得到一个平台无关的二进制文件，这意味着 SPIR-V 代码可以在不同的硬件和操作系统上运行。</p> <p>工具1：</p> <p>glslang (Khronos 提供的编译器，广泛用于将 GLSL 转换为 SPIR-V) 。</p> <p>编译过程：</p> <p>GLSL 代码通过 glslang 编译器进行语法检查和优化，并得到一个二进制文件。</p> <p>工具2：</p> <p>你也可以使用命令行工具 glslangValidator 来编译 GLSL 代码。</p> <p>编译过程：</p> <p>使用命令：glslangValidator -V shader.glsl -o shader.spv</p> <p>这将会把 shader.glsl 编译成 shader.spv，即 SPIR-V 二进制文件。</p>
3. 加载 SPIR-V 到 Vulkan 或 OpenGL 中	<p>3.1 在 OpenGL 中使用 SPIR-V</p> <p>前提提要：</p> <p>从 OpenGL 4.5 开始，OpenGL 也支持通过 SPIR-V 加载编译好的着色器二进制文件。流程与 Vulkan 类似，只不过 OpenGL 在内部做了更多的高层封装。</p> <p>加载过程：</p> <p>示例：</p>

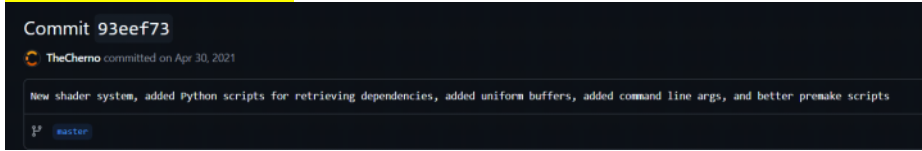
	<pre>GLuint program = glCreateProgram(); // 加载 SPIR-V 二进制文件 GLuint shader = glCreateShader(GL_VERTEX_SHADER); glShaderBinary(1, &shader, GL_SHADER_BINARY_FORMAT_SPIR_V, spirvData, spirvDataSize); glSpecializeShader(shader, "main", 0, nullptr, nullptr); // 绑定和链接程序 glAttachShader(program, shader); glLinkProgram(program);</pre> <hr/> <p>3.2 在 Vulkan 中使用 SPIR-V</p> <p>加载过程：</p> <p>创建一个 VkShaderModule 对象，该对象包含 SPIR-V 二进制代码。</p> <p>使用 SPIR-V 二进制代码来创建 Vulkan 着色器管线（例如，创建顶点着色器和片段着色器的管线）。</p> <p>示例：Vulkan 使用 SPIR-V</p> <pre>// 加载 SPIR-V 文件（假设你已经将 shader.spv 文件加载为二进制数据） VkShaderModuleCreateInfo createInfo = {}; createInfo.sType = VK_STRUCTURE_TYPE_SHADER_MODULE_CREATE_INFO; createInfo.codeSize = shaderData.size(); createInfo.pCode = reinterpret_cast<const uint32_t*>(shaderData.data()); // 创建着色器模块 VkShaderModule shaderModule; VkResult result = vkCreateShaderModule(device, &createInfo, nullptr, &shaderModule); // 使用这个 shaderModule 来创建图形管线</pre>
4. 执行着色器程序	<p>在 OpenGL 中，SPIR-V 着色器程序被链接到程序对象中，并通过调用 glUseProgram 来激活该程序，之后通过绘制调用来执行。</p> <p>在 Vulkan 中，着色器被绑定到渲染管线或计算管线中，随后可以通过绘制命令（例如 vkCmdDraw）或计算命令（例如 vkCmdDispatch）来执行。</p>

》》》上述涉及语言的纵向对比图

GLSL	<pre>#version 330 core in vec3 fragColor; // 从顶点着色器传递过来的颜色 out vec4 FragColor; // 输出颜色到屏幕 void main() { FragColor = vec4(fragColor, 1.0); // 输出最终颜色 }</pre>
<p>SPIR-V</p> <p>SPIR-V 本身的核心是一个二进制格式，然而为了便于开发和调试，SPIR-V 也可以以类似汇编语言的文本形式表达，这种形式通常称为 SPIR-V Assembly。</p> <p>它是 SPIR-V 的一种可读性较好的文本表示方式，开发者可以通过这种形式来编写、调试和优化 SPIR-V 代码，然后再将其转换为二进制格式以供图形 API 使用。</p> <p>实际上，SPIR-V Assembly 代码最终还是会通过工具（如 spirv-as）转化为二进制格式，供 Vulkan 或 OpenGL 使用。</p>	<pre>SPIR-V 0302 2307 0000 0100 0100 0800 0e00 0000 0000 0000 1100 0200 0100 0000 0b00 0600 0100 0000 474c 534c 2e73 7464 2e34 3530 0000 0000 0e00 0300 0000 0000 0100 0000 0f00 0600 0400 0000 0400 0000 6d61 696e 0000 0000 0900 0000 1000 0300 0400 0000 0700 0000 0300 0300 0200 0000 8c00 0000 0500 0400 0400 0000 6d61 696e 0000 0000 0500 0600 0900 0000 676c 5f46 7261 6743 6f6c 6f72 0000 0000 1300 0200 0200 0000 2100 0300 0300 0000 0200 0000 1600 0300 0600 0000 2000 0000 1700 0400 0700 0000 0600 0000 0400 0000 2000 0400 0800 0000 0300 0000 0700 0000 3b00 0400 0800 0000 0900 0000 0300 0000 2b00 0400 0600 0000 0a00 0000 cdc0 cc3e 2b00 0400 0600 0000 0b00 0000 cdc0 4c3f 2b00 0400 0600 0000 0c00 0000 0000 803f 2c00 0700 0700 0000 0d00 0000 0a00 0000 0a00 0000 0b00 0000 0c00 0000 3600 0500 0200 0000 0400 0000 0000 0000 0300 0000 f800 0200 0500 0000 3e00 0300 0900 0000 0d00 0000 fd00 0100 3800 0100 SPIR-V Assembly ; SPIR-V ; Version: 1.0 ; Generator: Khronos Glslang Reference Front End; 1 ; Bound: 14 ; Schema: 0 OpCapability Shader %1 = OpExtInstImport "GLSL.std.450" OpMemoryModel Logical GLSL450 OpEntryPoint Fragment %4 "main" %9 OpExecutionMode %4 OriginUpperLeft OpSource GLSL 450 OpName %4 "main" OpName %9 "out.colour" OpDecorate %9 Location 0 %2 = OpTypeVoid %3 = OpTypeFunction %2 %6 = OpTypeFloat 32 %7 = OpTypeVector %6 4 %8 = OpTypePointer Output %7 %9 = OpVariable %8 Output %10 = OpConstant %6 0.4 %11 = OpConstant %6 0.8 %12 = OpConstant %6 1 %13 = OpConstantComposite %7 %10 %10 %11 %12 %4 = OpFunction %2 None %3 %5 = OpLabel OpStore %9 %13 OpReturn OpFunctionEnd</pre>

OpenGL	<pre>GLuint shaderProgram = glCreateProgram(); glAttachShader(shaderProgram, vertexShader); glAttachShader(shaderProgram, fragmentShader); glLinkProgram(shaderProgram); glUseProgram(shaderProgram); // 主要渲染循环 while (!glfwWindowShouldClose(window)) { glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT); glUseProgram(shaderProgram); }</pre>
Vulkan	<pre>VkInstance instance; VkApplicationInfo appInfo = {}; appInfo.sType = VK_STRUCTURE_TYPE_APPLICATION_INFO; appInfo.pApplicationName = "Vulkan 示例"; appInfo.applicationVersion = VK_MAKE_VERSION(1, 0, 0); appInfo.pEngineName = "No Engine"; appInfo.engineVersion = VK_MAKE_VERSION(1, 0, 0); appInfo.apiVersion = VK_API_VERSION_1_0; VkInstanceCreateInfo createInfo = {}; createInfo.sType = VK_STRUCTURE_TYPE_INSTANCE_CREATE_INFO; createInfo.pApplicationInfo = &appInfo;</pre>

《》《》具体代码更改细则



以下是更新详情（图示）：

1 premake脚本更改
(and better premake scripts)

```
2 + -- Hazel Dependencies
3 +
4 + VULKAN_SDK = os.getenv("VULKAN_SDK")

15 + IncludeDir["shaderc"] = "%{wks.location}/Hazel/vendor/shaderc/include"
16 + IncludeDir["SPIRV_Cross"] = "%{wks.location}/Hazel/vendor/SPIRV-Cross"
17 + IncludeDir["VulkanSDK"] = "%{VULKAN_SDK}/include"
18 +
19 + LibraryDir = {}
20 +
21 + LibraryDir["VulkanSDK"] = "%{VULKAN_SDK}/Lib"
22 + LibraryDir["VulkanSDK_Debug"] = "%{wks.location}/Hazel/vendor/VulkanSDK/Lib"
23 +
24 + Library = {}
25 + Library["Vulkan"] = "%{LibraryDir.VulkanSDK}/vulkan-1.lib"
26 + Library["VulkanUtils"] = "%{LibraryDir.VulkanSDK}/VkLayer_utils.lib"
27 +
28 + Library["ShaderC_Debug"] = "%{LibraryDir.VulkanSDK_Debug}/shaderc_shared.lib"
29 + Library["SPIRV_Cross_Debug"] = "%{LibraryDir.VulkanSDK_Debug}/spirv-cross-core.lib"
30 + Library["SPIRV_Cross_GLSL_Debug"] = "%{LibraryDir.VulkanSDK_Debug}/spirv-cross-glsl.lib"
31 + Library["SPIRV_Tools_Debug"] = "%{LibraryDir.VulkanSDK_Debug}/SPIRV-Tools.lib"
32 +
33 + Library["ShaderC_Release"] = "%{LibraryDir.VulkanSDK}/shaderc_shared.lib"
34 + Library["SPIRV_Cross_Release"] = "%{LibraryDir.VulkanSDK}/spirv-cross-core.lib"
35 + Library["SPIRV_Cross_GLSL_Release"] = "%{LibraryDir.VulkanSDK}/spirv-cross-glsl.lib"

-----

premake5.lua
... @@ -1,4 +1,5 @@
1 include "../vendor/premake/premake_customization/solution_items.lua"
2 + include "Dependencies.lua"
3
4 workspace "Hazel"
5 architecture "x86_64"
@@ -23,17 +24,6 @@ workspace "Hazel"
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
```

```
▼ Hazelnut/premake5.lua
+ @@ -2,7 +2,7 @@ project "Hazelnut"
2 2      kind "ConsoleApp"
3 3      language "C++"
4 4      cppdialect "C++17"
5 -      staticruntime "on"
5 +      staticruntime "off"
6 6
7 7      targetdir ("%{wks.location}/bin/" .. outputdir .. "/"%{prj.name})
8 8      objdir ("%{wks.location}/bin-int/" .. outputdir .. "/"%{prj.name})
+ +
```

```
▼ Hazel/premake5.lua
+ @@ -2,7 +2,7 @@ project "Hazel"
2 2      kind "StaticLib"
3 3      language "C++"
4 4      cppdialect "C++17"
5 -      staticruntime "on"
5 +      staticruntime "off"
6 6
7 7      targetdir ("%{wks.location}/bin/" .. outputdir .. "/"%{prj.name})
8 8      objdir ("%{wks.location}/bin-int/" .. outputdir .. "/"%{prj.name})
+ +
+ @@ -40,7 +40,8 @@ project "Hazel"
40 40      "%{IncludeDir.stb_image}",
41 41      "%{IncludeDir.entt}",
42 42      "%{IncludeDir.yaml_cpp}",
43 -      "%{IncludeDir.ImGuizmo}"
43 +      "%{IncludeDir.ImGuizmo}",
44 +      "%{IncludeDir.VulkanSDK}"
44 45      }
45 46
46 47      links
+ +
+ @@ -67,12 +68,13 @@ project "Hazel"
67 68      runtime "Debug"
68 69      symbols "on"
69 70
71 +      links
72 +      {
73 +          "%{Library.ShaderC_Debug}",
74 +          "%{Library.SPIRV_Cross_Debug}",
75 +          "%{Library.SPIRV_Cross_GLSL_Debug}"
76 +      }
```

```
▼ Hazel/premake5.lua
+ +
73 +      "%{Library.ShaderC_Debug}",
74 +      "%{Library.SPIRV_Cross_Debug}",
75 +      "%{Library.SPIRV_Cross_GLSL_Debug}"
76 +      }
77 +
70 78      filter "configurations:Release"
71 79          defines "HZ_RELEASE"
72 80          runtime "Release"
73 81          optimize "on"
74 82
83 +      links
84 +      {
85 +          "%{Library.ShaderC_Release}",
86 +          "%{Library.SPIRV_Cross_Release}",
87 +          "%{Library.SPIRV_Cross_GLSL_Release}"
88 +      }
89 +
75 90      filter "configurations:Dist"
76 91          defines "HZ_DIST"
77 92          runtime "Release"
78 93          optimize "on"
94 +
95 +      links
96 +      {
97 +          "%{Library.ShaderC_Release}",
98 +          "%{Library.SPIRV_Cross_Release}",
99 +          "%{Library.SPIRV_Cross_GLSL_Release}"
100 +      }
```

2 py脚本
(Python scripts for retrieving dependencies)

```
▼ scripts/CheckPython.py
+ +
+ + @@ -0,0 +1,18 @@
1 + import subprocess
2 + import pkg_resources
3 +
4 + def install(package):
5 +     print(f"Installing {package} module...")
6 +     subprocess.check_call(['python', '-m', 'pip', 'install', package])
7 +
8 + def ValidatePackage(package):
9 +     required = { package }
10 +     installed = {pkg.key for pkg in pkg_resources.working_set}
11 +     missing = required - installed
12 +
13 +     if missing:
14 +         install(package)
15 +
16 + def ValidatePackages():
17 +     ValidatePackage('requests')
18 +     ValidatePackage('fake-useragent')
```

1. 确保在执行过程中 requests 和 fake-useragent 这两个模块已经安装。如果没有安装，它会自动使用 pip 安装它们。


```
scripts/Setup.py
***  @ -0,0 +1,20 @@
1 + import os
2 + import subprocess
3 + import CheckPython
4 +
5 + # Make sure everything we need is installed
6 + CheckPython.ValidatePackages()
7 +
8 + import Vulkan
9 +
10 + # Change from Scripts directory to root
11 + os.chdir('../')
12 +
13 + if (not Vulkan.CheckVulkanSDK()):
14 +     print("Vulkan SDK not installed.")
15 +
16 + if (not Vulkan.CheckVulkanSDKDebugLibs()):
17 +     print("Vulkan SDK debug libs not found.")
18 +
19 + print("Running premake...")
20 + subprocess.call(["vendor/premake/bin/premake5.exe", "vs2019"])
```

1. 确保所需的 Python 包已经安装。
2. 检查 Vulkan SDK 是否安装，并确保 Vulkan SDK 的调试库存在。
3. 改变当前工作目录到项目根目录。
4. 使用 premake 工具生成 Visual Studio 2019 项目的构建文件。

```
scripts/Utils.py
***  @ -0,0 +1,41 @@
1 + import requests
2 + import sys
3 + import time
4 +
5 + from fake_useragent import UserAgent
6 +
7 + def DownloadFile(url, filepath):
8 +     with open(filepath, 'wb') as f:
9 +         ua = UserAgent()
10 +         headers = {'User-Agent': ua.chrome}
11 +         response = requests.get(url, headers=headers, stream=True)
12 +         total = response.headers.get('content-length')
13 +
14 +         if total is None:
15 +             f.write(response.content)
16 +         else:
17 +             downloaded = 0
18 +             total = int(total)
19 +             startTime = time.time()
20 +             for data in response.iter_content(chunk_size=max(int(total/1000), 1024*1024)):
21 +                 downloaded += len(data)
22 +                 f.write(data)
23 +                 done = int(50*downloaded/total)
24 +                 percentage = (downloaded / total) * 100
25 +                 elapsedTime = time.time() - startTime
26 +                 avgKBPerSecond = (downloaded / 1024) / elapsedTime
27 +                 avgSpeedString = '{:.2f} KB/s'.format(avgKBPerSecond)
28 +                 if (avgKBPerSecond > 1024):
29 +                     avgKBPerSecond = avgKBPerSecond / 1024
30 +                     avgSpeedString = '{:.2f} MB/s'.format(avgKBPerSecond)
```

DownloadFile(url, filepath) 函数的作用是从指定 URL 下载文件，并显示实时的下载进度（包括下载进度条和速度）。
YesOrNo() 函数用于与用户进行交互，获取用户的确认输入，返回布尔值表示“是”或“否”。

```
scripts/Vulkan.py
***  @ -0,0 +1,60 @@
1 + import os
2 + import subprocess
3 + import sys
4 + from pathlib import Path
5 +
6 + import Utils
7 +
8 + from io import BytesIO
9 + from urllib.request import urlopen
10 + from zipfile import Zipfile
11 +
12 + VULKAN_SDK = os.environ.get("VULKAN_SDK")
13 + VULKAN_SDK_INSTALLER_URL = 'https://sdk.lunarg.com/sdk/download/1.2.170.0/windows/vulkan_sdk.exe'
14 + HAZEL_VULKAN_VERSION = '1.2.170.0'
15 + VULKAN_SDK_EXE_PATH = 'Hazel/vendor/VulkanSDK/VulkanSDK.exe'
16 +
17 + def InstallVulkanSDK():
18 +     print('Downloading {} to {}'.format(VULKAN_SDK_INSTALLER_URL, VULKAN_SDK_EXE_PATH))
19 +     Utils.DownloadFile(VULKAN_SDK_INSTALLER_URL, VULKAN_SDK_EXE_PATH)
20 +     print('Done!')
21 +     print("Running Vulkan SDK installer...")
22 +     os.startfile(os.path.abspath(VULKAN_SDK_EXE_PATH))
23 +     print("Re-run this script after installation")
24 +
25 + def InstallVulkanPrompt():
```

用于检查和安装 Vulkan SDK

InstallVulkanSDK(): 下载并运行 Vulkan SDK 安装程序。
InstallVulkanPrompt(): 提示用户是否安装 Vulkan SDK。
CheckVulkanSDK(): 检查 Vulkan SDK 是否安装并且版本是否正确。
CheckVulkanSDKDebugLibs(): 检查 Vulkan SDK 的调试库是否存在，如果缺失则下载并解压缩。

3 Application 中的 ApplicationCommandLineArgs
(added command line args)

```
Hazel/src/Hazel/Core/Application.cpp
+
+  @ -13,7 +13,8 @@ namespace Hazel {
13
14
15     Application* Application::s_Instance = nullptr;
16
17     - Application::Application(const std::string& name)
18     + Application::Application(const std::string& name, ApplicationCommandLineArgs args)
19     + : m_CommandLineArgs(args)
20
21     {
22         HZ_PROFILE_FUNCTION();
23     }
24 }
```



```

Hazel/src/Hazel/Core/Application.h
18 + struct ApplicationCommandLineArgs
19 + {
20 +     int Count = 0;
21 +     char** Args = nullptr;
22 +
23 +     const char* operator[](int index) const
24 +     {
25 +         HZ_CORE_ASSERT(index < Count);
26 +         return Args[index];
27 +     }
28 + };
29 +
30 + class Application
31 + {
32 + public:
33 +     Application(const std::string& name = "Hazel App");
34 +     Application(const std::string& name = "Hazel App", ApplicationCommandLineArgs args = ApplicationCommandLineArgs());
35 +     ~Application();
36 +
37 +     void OnEvent(Event& e);
38 +
39 +     // @ -37,11 +43,14 @ namespace Hazel {
40 +     InDllLayer* GetInDllLayer() { return m_InDllLayer; }
41 +
42 +     static Application& Get() { return *s_Instance; }
43 +
44 +     ApplicationCommandLineArgs GetCommandLineArgs() const { return m_CommandLineArgs; }
45 +
46 + private:
47 +     void Run();
48 +     bool OnWindowClose(WindowCloseEvent& e);
49 +     bool OnWindowResize(WindowResizeEvent& e);
50 +
51 + private:
52 +     ApplicationCommandLineArgs m_CommandLineArgs;
53 +     ScopedWindow m_Window;
54 +     InDllLayer* m_InDllLayer;
55 +     bool m_Running = true;

```

```

Hazel/src/Hazel/Core/EntryPoint.h
1 1 #pragma once
2 2 #include "Hazel/Core/Base.h"
3 3 #include "Hazel/Core/Application.h"
4 4
5 5 #ifdef HZ_PLATFORM_WINDOWS
6 6 - extern Hazel::Application* Hazel::CreateApplication();
7 7 + extern Hazel::Application* Hazel::CreateApplication(ApplicationCommandLineArgs args);
8 8
9 9 int main(int argc, char** argv)
10 10 {
11 11     Hazel::Log::Init();
12 12
13 13     HZ_PROFILE_BEGIN_SESSION("Startup", "HazelProfile-Startup.json");
14 14 - auto app = Hazel::CreateApplication();
15 15 + auto app = Hazel::CreateApplication({ argc, argv });
16 16     HZ_PROFILE_END_SESSION();
17 17
18 18     HZ_PROFILE_BEGIN_SESSION("Runtime", "HazelProfile-Runtime.json");

```

```

Hazelnut/src/EditorLayer.cpp
1 1 @ -33,6 +33,14 @ namespace Hazel {
2 2
3 3     m_ActiveScene = CreateRef<Scene>();
4 4
5 5
6 6 + auto commandLineArgs = Application::Get().GetCommandLineArgs();
7 7 + if (commandLineArgs.Count > 1)
8 8 + {
9 9 +     auto sceneFilePath = commandLineArgs[1];
10 10 +     SceneSerializer serializer(m_ActiveScene);
11 11 +     serializer.Deserialize(sceneFilePath);
12 12 + }
13 13
14 14     m_EditorCamera = EditorCamera(30.0f, 1.778f, 0.1f, 1000.0f);
15 15
16 16 #if 0

```

```

Hazelnut/src/HazelnutApp.cpp
1 1 @ -8,8 +8,8 @ namespace Hazel {
2 2
3 3     class Hazelnut : public Application
4 4     {
5 5     public:
6 6     Hazelnut()
7 7     : Application("Hazelnut")
8 8     {
9 9     Hazelnut(ApplicationCommandLineArgs args)
10 10     : Application("Hazelnut", args)
11 11     {
12 12     PushLayer(new EditorLayer());
13 13     }
14 14
15 15 @ -19,9 +19,9 @ namespace Hazel {
16 16
17 17
18 18
19 19 Application* CreateApplication()
20 20 Application* CreateApplication(ApplicationCommandLineArgs args)
21 21 {
22 22     return new Hazelnut();
23 23     return new Hazelnut(args);
24 24 }
25 25
26 26
27 27 - }
28 28 + }

```

4 Uniform Buffer 的定义以及使用，包括着色器更新 (added uniform buffers)

```
Hazel/src/Hazel/Renderer/UniformBuffer.h
+++ @@ -0,0 +1,16 @@
1 + #pragma once
2 +
3 + #include "Hazel/Core/Base.h"
4 +
5 + namespace Hazel {
6 +
7 +     class UniformBuffer
8 +     {
9 +     public:
10 +         virtual ~UniformBuffer() {}
11 +         virtual void SetData(const void* data, uint32_t size, uint32_t offset = 0) = 0;
12 +
13 +         static Ref<UniformBuffer> Create(uint32_t size, uint32_t binding);
14 +     };
15 + }
```

```
Hazel/src/Hazel/Renderer/UniformBuffer.cpp
+++ @@ -0,0 +1,21 @@
1 + #include "hzpch.h"
2 + #include "UniformBuffer.h"
3 +
4 + #include "Hazel/Renderer/Renderer.h"
5 + #include "Platform/OpenGL/OpenGLUniformBuffer.h"
6 +
7 + namespace Hazel {
8 +
9 +     Ref<UniformBuffer> UniformBuffer::Create(uint32_t size, uint32_t binding)
10 +     {
11 +         switch (Renderer::GetAPI())
12 +         {
13 +             case RendererAPI::API::None: HZ_CORE_ASSERT(false, "RendererAPI::None is cu
14 +             case RendererAPI::API::OpenGL: return CreateRef<OpenGLUniformBuffer>(size, bi
15 +         }
16 +
17 +         HZ_CORE_ASSERT(false, "Unknown RendererAPI!");
18 +         return nullptr;
19 +     }
20 +
21 + }
```

```
Hazel/src/Platform/OpenGL/OpenGLUniformBuffer.h
+++ @@ -0,0 +1,17 @@
1 + #pragma once
2 +
3 + #include "Hazel/Renderer/UniformBuffer.h"
4 +
5 + namespace Hazel {
6 +
7 +     class OpenGLUniformBuffer : public UniformBuffer
8 +     {
9 +     public:
10 +         OpenGLUniformBuffer(uint32_t size, uint32_t binding);
11 +         virtual ~OpenGLUniformBuffer();
12 +
13 +         virtual void SetData(const void* data, uint32_t size, uint32_t offset = 0) override;
14 +     private:
15 +         uint32_t m_RendererID = 0;
16 +     };
17 + }
```

```
Hazel/src/Platform/OpenGL/OpenGLUniformBuffer.cpp
+++ @@ -0,0 +1,26 @@
1 + #include "hzpch.h"
2 + #include "OpenGLUniformBuffer.h"
3 +
4 + #include <glad/glad.h>
5 +
6 + namespace Hazel {
7 +
8 +     OpenGLUniformBuffer::OpenGLUniformBuffer(uint32_t size, uint32_t binding)
9 +     {
10 +         glCreateBuffers(1, &m_RendererID);
11 +         glNamedBufferData(m_RendererID, size, nullptr, GL_DYNAMIC_DRAW); // TODO: Im
12 +         glBindBufferBase(GL_UNIFORM_BUFFER, binding, m_RendererID);
13 +     }
14 +
15 +     OpenGLUniformBuffer::~OpenGLUniformBuffer()
16 +     {
17 +         glDeleteBuffers(1, &m_RendererID);
18 +     }
19 +
20 +
21 +     void OpenGLUniformBuffer::SetData(const void* data, uint32_t size, uint32_t offset)
22 +     {
23 +         glNamedBufferSubData(m_RendererID, offset, size, data);
24 +     }
25 +
26 + }
```

```
Hazel/src/Hazel/Renderer/Renderer2D.cpp
+++ @@ -0,0 +1,11 @@
1 +
2 +
3 +
4 + #include "Hazel/Renderer/VertexArray.h"
5 + #include "Hazel/Renderer/Shader.h"
6 + #include "Hazel/Renderer/UniformBuffer.h"
7 + #include "Hazel/Renderer/RenderCommand.h"
8 +
9 + #include <glm/gtc/matrix_transform.hpp>
10 + #include <glm/gtc/type_ptr.hpp>
11 +
12 + namespace Hazel {
13 +
14 +
15 +
16 +
17 +
18 +
19 +
20 +
21 +
22 +
23 +
24 +
25 +
26 +
27 +
28 +
29 +
30 +
31 +
32 +
33 +
34 +
35 +
36 +
37 +
38 +
39 +
40 +
41 +
42 +
43 +
44 +
45 +
46 +
47 +
48 +
49 +
50 +
51 +
52 +
53 +
54 +
55 +
56 +
57 +
58 +
59 +
60 +
61 +
62 +
63 +
64 +
65 +
66 +
67 +
68 +
69 +
70 +
71 +
72 +
73 +
74 +
75 +
76 +
77 +
78 +
79 +
80 +
81 +
82 +
83 +
84 +
85 +
86 +
87 +
88 +
89 +
90 +
91 +
92 +
93 +
94 +
95 +
96 +
97 +
98 +
99 +
100 +
101 +
102 +
103 +
104 +
105 +
106 +
107 +
108 +
109 +
110 +
111 +
112 +
113 +
114 +
115 +
116 +
117 +
118 +
119 +
120 +
121 +
122 +
123 +
124 +
125 +
126 +
127 +
128 +
129 +
130 +
131 +
132 +
133 +
134 +
135 +
136 +
137 +
138 +
139 +
140 +
141 +
142 +
143 +
144 +
145 +
146 +
147 +
148 +
149 +
150 +
151 +
152 +
153 +
154 +
155 +
156 +
157 +
158 +
159 +
160 +
161 +
162 +
163 +
164 +
165 +
166 +
167 +
168 +
169 +
170 +
171 +
172 +
173 +
174 +
175 +
176 +
177 +
178 +
179 +
180 +
181 +
182 +
183 +
184 +
185 +
186 +
187 +
188 +
189 +
190 +
191 +
192 +
193 +
194 +
195 +
196 +
197 +
198 +
199 +
200 +
201 +
202 +
203 +
204 +
205 +
206 +
207 +
208 +
209 +
210 +
211 +
212 +
213 +
214 +
215 +
216 +
217 +
218 +
219 +
220 +
221 +
222 +
223 +
224 +
225 +
226 +
227 +
228 +
229 +
230 +
231 +
232 +
233 +
234 +
235 +
236 +
237 +
238 +
239 +
240 +
241 +
242 +
243 +
244 +
245 +
246 +
247 +
248 +
249 +
250 +
251 +
252 +
253 +
254 +
255 +
256 +
257 +
258 +
259 +
260 +
261 +
262 +
263 +
264 +
265 +
266 +
267 +
268 +
269 +
270 +
271 +
272 +
273 +
274 +
275 +
276 +
277 +
278 +
279 +
280 +
281 +
282 +
283 +
284 +
285 +
286 +
287 +
288 +
289 +
290 +
291 +
292 +
293 +
294 +
295 +
296 +
297 +
298 +
299 +
300 +
301 +
302 +
303 +
304 +
305 +
306 +
307 +
308 +
309 +
310 +
311 +
312 +
313 +
314 +
315 +
316 +
317 +
318 +
319 +
320 +
321 +
322 +
323 +
324 +
325 +
326 +
327 +
328 +
329 +
330 +
331 +
332 +
333 +
334 +
335 +
336 +
337 +
338 +
339 +
340 +
341 +
342 +
343 +
344 +
345 +
346 +
347 +
348 +
349 +
350 +
351 +
352 +
353 +
354 +
355 +
356 +
357 +
358 +
359 +
360 +
361 +
362 +
363 +
364 +
365 +
366 +
367 +
368 +
369 +
370 +
371 +
372 +
373 +
374 +
375 +
376 +
377 +
378 +
379 +
380 +
381 +
382 +
383 +
384 +
385 +
386 +
387 +
388 +
389 +
390 +
391 +
392 +
393 +
394 +
395 +
396 +
397 +
398 +
399 +
400 +
401 +
402 +
403 +
404 +
405 +
406 +
407 +
408 +
409 +
410 +
411 +
412 +
413 +
414 +
415 +
416 +
417 +
418 +
419 +
420 +
421 +
422 +
423 +
424 +
425 +
426 +
427 +
428 +
429 +
430 +
431 +
432 +
433 +
434 +
435 +
436 +
437 +
438 +
439 +
440 +
441 +
442 +
443 +
444 +
445 +
446 +
447 +
448 +
449 +
450 +
451 +
452 +
453 +
454 +
455 +
456 +
457 +
458 +
459 +
460 +
461 +
462 +
463 +
464 +
465 +
466 +
467 +
468 +
469 +
470 +
471 +
472 +
473 +
474 +
475 +
476 +
477 +
478 +
479 +
480 +
481 +
482 +
483 +
484 +
485 +
486 +
487 +
488 +
489 +
490 +
491 +
492 +
493 +
494 +
495 +
496 +
497 +
498 +
499 +
500 +
501 +
502 +
503 +
504 +
505 +
506 +
507 +
508 +
509 +
510 +
511 +
512 +
513 +
514 +
515 +
516 +
517 +
518 +
519 +
520 +
521 +
522 +
523 +
524 +
525 +
526 +
527 +
528 +
529 +
530 +
531 +
532 +
533 +
534 +
535 +
536 +
537 +
538 +
539 +
540 +
541 +
542 +
543 +
544 +
545 +
546 +
547 +
548 +
549 +
550 +
551 +
552 +
553 +
554 +
555 +
556 +
557 +
558 +
559 +
560 +
561 +
562 +
563 +
564 +
565 +
566 +
567 +
568 +
569 +
570 +
571 +
572 +
573 +
574 +
575 +
576 +
577 +
578 +
579 +
580 +
581 +
582 +
583 +
584 +
585 +
586 +
587 +
588 +
589 +
590 +
591 +
592 +
593 +
594 +
595 +
596 +
597 +
598 +
599 +
600 +
601 +
602 +
603 +
604 +
605 +
606 +
607 +
608 +
609 +
610 +
611 +
612 +
613 +
614 +
615 +
616 +
617 +
618 +
619 +
620 +
621 +
622 +
623 +
624 +
625 +
626 +
627 +
628 +
629 +
630 +
631 +
632 +
633 +
634 +
635 +
636 +
637 +
638 +
639 +
640 +
641 +
642 +
643 +
644 +
645 +
646 +
647 +
648 +
649 +
650 +
651 +
652 +
653 +
654 +
655 +
656 +
657 +
658 +
659 +
660 +
661 +
662 +
663 +
664 +
665 +
666 +
667 +
668 +
669 +
670 +
671 +
672 +
673 +
674 +
675 +
676 +
677 +
678 +
679 +
680 +
681 +
682 +
683 +
684 +
685 +
686 +
687 +
688 +
689 +
690 +
691 +
692 +
693 +
694 +
695 +
696 +
697 +
698 +
699 +
700 +
701 +
702 +
703 +
704 +
705 +
706 +
707 +
708 +
709 +
710 +
711 +
712 +
713 +
714 +
715 +
716 +
717 +
718 +
719 +
720 +
721 +
722 +
723 +
724 +
725 +
726 +
727 +
728 +
729 +
730 +
731 +
732 +
733 +
734 +
735 +
736 +
737 +
738 +
739 +
740 +
741 +
742 +
743 +
744 +
745 +
746 +
747 +
748 +
749 +
750 +
751 +
752 +
753 +
754 +
755 +
756 +
757 +
758 +
759 +
760 +
761 +
762 +
763 +
764 +
765 +
766 +
767 +
768 +
769 +
770 +
771 +
772 +
773 +
774 +
775 +
776 +
777 +
778 +
779 +
780 +
781 +
782 +
783 +
784 +
785 +
786 +
787 +
788 +
789 +
790 +
791 +
792 +
793 +
794 +
795 +
796 +
797 +
798 +
799 +
800 +
801 +
802 +
803 +
804 +
805 +
806 +
807 +
808 +
809 +
810 +
811 +
812 +
813 +
814 +
815 +
816 +
817 +
818 +
819 +
820 +
821 +
822 +
823 +
824 +
825 +
826 +
827 +
828 +
829 +
830 +
831 +
832 +
833 +
834 +
835 +
836 +
837 +
838 +
839 +
840 +
841 +
842 +
843 +
844 +
845 +
846 +
847 +
848 +
849 +
850 +
851 +
852 +
853 +
854 +
855 +
856 +
857 +
858 +
859 +
860 +
861 +
862 +
863 +
864 +
865 +
866 +
867 +
868 +
869 +
870 +
871 +
872 +
873 +
874 +
875 +
876 +
877 +
878 +
879 +
880 +
881 +
882 +
883 +
884 +
885 +
886 +
887 +
888 +
889 +
890 +
891 +
892 +
893 +
894 +
895 +
896 +
897 +
898 +
899 +
900 +
901 +
902 +
903 +
904 +
905 +
906 +
907 +
908 +
909 +
910 +
911 +
912 +
913 +
914 +
915 +
916 +
917 +
918 +
919 +
920 +
921 +
922 +
923 +
924 +
925 +
926 +
927 +
928 +
929 +
930 +
931 +
932 +
933 +
934 +
935 +
936 +
937 +
938 +
939 +
940 +
941 +
942 +
943 +
944 +
945 +
946 +
947 +
948 +
949 +
950 +
951 +
952 +
953 +
954 +
955 +
956 +
957 +
958 +
959 +
960 +
961 +
962 +
963 +
964 +
965 +
966 +
967 +
968 +
969 +
970 +
971 +
972 +
973 +
974 +
975 +
976 +
977 +
978 +
979 +
980 +
981 +
982 +
983 +
984 +
985 +
986 +
987 +
988 +
989 +
990 +
991 +
992 +
993 +
994 +
995 +
996 +
997 +
998 +
999 +
1000 +
1001 +
1002 +
1003 +
1004 +
1005 +
1006 +
1007 +
1008 +
1009 +
1010 +
1011 +
1012 +
1013 +
1014 +
1015 +
1016 +
1017 +
1018 +
1019 +
1020 +
1021 +
1022 +
1023 +
1024 +
1025 +
1026 +
1027 +
1028 +
1029 +
1030 +
1031 +
1032 +
1033 +
1034 +
1035 +
1036 +
1037 +
1038 +
1039 +
1040 +
1041 +
1042 +
1043 +
1044 +
1045 +
1046 +
1047 +
1048 +
1049 +
1050 +
1051 +
1052 +
1053 +
1054 +
1055 +
1056 +
1057 +
1058 +
1059 +
1060 +
1061 +
1062 +
1063 +
1064 +
1065 +
1066 +
1067 +
1068 +
1069 +
1070 +
1071 +
1072 +
1073 +
1074 +
1075 +
1076 +
1077 +
1078 +
1079 +
1080 +
1081 +
1082 +
1083 +
1084 +
1085 +
1086 +
1087 +
1088 +
1089 +
1090 +
1091 +
1092 +
1093 +
1094 +
1095 +
1096 +
1097 +
1098 +
1099 +
1100 +
1101 +
1102 +
1103 +
1104 +
1105 +
1106 +
1107 +
1108 +
1109 +
1110 +
1111 +
1112 +
1113 +
1114 +
1115 +
1116 +
1117 +
1118 +
1119 +
1120 +
1121 +
1122 +
1123 +
1124 +
1125 +
1126 +
1127 +
1128 +
1129 +
1130 +
1131 +
1132 +
1133 +
1134 +
1135 +
1136 +
1137 +
1138 +
1139 +
1140 +
1141 +
1142 +
1143 +
1144 +
1145 +
1146 +
1147 +
1148 +
1149 +
1150 +
1151 +
1152 +
1153 +
1154 +
1155 +
1156 +
1157 +
1158 +
1159 +
1160 +
1161 +
1162 +
1163 +
1164 +
1165 +
1166 +
1167 +
1168 +
1169 +
1170 +
1171 +
1172 +
1173 +
1174 +
1175 +
1176 +
1177 +
1178 +
1179 +
1180 +
1181 +
1182 +
1183 +
1184 +
1185 +
1186 +
1187 +
1188 +
1189 +
1190 +
1191 +
1192 +
1193 +
1194 +
1195 +
1196 +
1197 +
1198 +
1199 +
1200 +
1201 +
1202 +
1203 +
1204 +
1205 +
1206 +
1207 +
1208 +
1209 +
1210 +
1211 +
1212 +
1213 +
1214 +
1215 +
1216 +
1217 +
1218 +
1219 +
1220 +
1221 +
1222 +
1223 +
1224 +
1225 +
1226 +
1227 +
1228 +
1229 +
1230 +
1231 +
1232 +
1233 +
1234 +
1235 +
1236 +
1237 +
1238 +
1239 +
1240 +
1241 +
1242 +
1243 +
1244 +
1245 +
1246 +
1247 +
1248 +
1249 +
1250 +
1251 +
1252 +
1253 +
1254 +
1255 +
1256 +
1257 +
1258 +
1259 +
1260 +
1261 +
1262 +
1263 +
1264 +
1265 +
1266 +
1267 +
1268 +
1269 +
1270 +
1271 +
1272 +
1273 +
1274 +
1275 +
1276 +
1277 +
1278 +
1279 +
1280 +
1281 +
1282 +
1283 +
1284 +
1285 +
1286 +
1287 +
1288 +
1289 +
1290 +
1291 +
1292 +
1293 +
1294 +
1295 +
1296 +
1297 +
1298 +
1299 +
1300 +
1301 +
1302 +
1303 +
1304 +
1305 +
1306 +
1307 +
1308 +
1309 +
1310 +
1311 +
1312 +
1313 +
1314 +
1315 +
1316 +
1317 +
1318 +
1319 +
1320 +
1321 +
1322 +
1323 +
1324 +
1325 +
1326 +
1327 +
1328 +
1329 +
1330 +
1331 +
1332 +
1333 +
1334 +
1335 +
1336 +
1337 +
1338 +
1339 +
1340 +
1341 +
1342 +
1343 +
1344 +
1345 +
1346 +
1347 +
1348 +
1349 +
1350 +
1351 +
1352 +
1353 +
1354 +
1355 +
1356 +
1357 +
1358 +
1359 +
1360 +
1361 +
1362 +
1363 +
1364 +
1365 +
1366 +
1367 +
1368 +
1369 +
1370 +
1371 +
1372 +
1373 +
1374 +
1375 +
1376 +
1377 +
1378 +
1379 +
1380 +
1381 +
1382 +
1383 +
1384 +
1385 +
1386 +
1387 +
1388 +
1389 +
1390 +
1391 +
1392 +
1393 +
1394 +
1395 +
1396 +
1397 +
1398 +
1399 +
1400 +
1401 +
1402 +
1403 +
1404 +
1405 +
1406 +
1407 +
1408 +
1409 +
1410 +
1411 +
1412 +
1413 +
1414 +
1415 +
1416 +
1417 +
1418 +
1419 +
1420 +
1421 +
1422 +
1423 +
1424 +
1425 +
1426 +
1427 +
1428 +
1429 +
1430 +
1431 +
1432 +
1433 +
1434 +
1435 +
1436 +
1437 +
1438 +
1439 +
1440 +
1441 +
1442 +
1443 +
1444 +
1445 +
1446 +
1447 +
1448 +
1449 +
1450 +
1451 +
1452 +
1453 +
1454 +
1455 +
1456 +
1457 +
1458 +
1459 +
1460 +
1461 +
1462 +
1463 +
1464 +
1465 +
1466 +
1467 +
1468 +
1469 +
1470 +
1471 +
1472 +
1473 +
1474 +
1475 +
1476 +
1477 +
1478 +
1479 +
1480 +
1481 +
1482 +
1483 +
1484 +
1485 +
1486 +
1487 +
1488 +
1489 +
1490 +
1491 +
1492 +
1493 +
1494 +
1495 +
1496 +
1497 +
1498 +
1499 +
1500 +
1501 +
1502 +
1503 +
1504 +
1505 +
1506 +
1507 +
1508 +
1509 +
1510 +
1511 +
1512 +
1513 +
1514 +
1515 +
1516 +
1517 +
1518 +
1519 +
1520 +
1521 +
1522 +
1523 +
1524 +
1525 +
1526 +
1527 +
1528 +
1529 +
1530 +
1531 +
1532 +
1533 +
1534 +
1535 +
1536 +
1537 +
1538 +
1539 +
1540 +
1541 +
1542 +
1543 +
1544 +
1545 +
1546 +
1547 +
1548 +
1549 +
1550 +
1551 +
1552 +
1553 +
1554 +
1555 +
1556 +
1557 +
1558 +
1559 +
1560 +
1561 +
1562 +
1563 +
1564 +
1565 +
1566 +
1567 +
1568 +
1569 +
1570 +
1571 +
1572 +
1573 +
1574 +
1575 +
1576 +
1577 +
1578 +
1579 +
1580 +
1581 +
1582 +
1583 +
1584 +
1585 +
1586 +
1587 +
1588 +
1589 +
1590 +
1591 +
1592 +
1593 +
1594 +
1595 +
1596 +
1597 +
1598 +
1599 +
1600 +
1601 +
1602 +
1603 +
1604 +
1605 +
1606 +
1607 +
1608 +
1609 +
1610 +
1611 +
1612 +
1613 +
1614 +
1615 +
1616 +
1617 +
1618 +
1619 +
1620 +
1621 +
1622 +
1623 +
1624 +
1625 +
1626 +
1627 +
1628 +
1629 +
1630 +
1631 +
1632 +
1633 +
1634 +
1635 +
1636 +
1637 +
1638 +
1639 +
1640 +
1641 +
1642 +
1643 +
1644 +
1645 +
1646 +
1647 +
1648 +
1649 +
1650 +
1651 +
1652 +
1653 +
1654 +
1655 +
1656 +
1657 +
1658 +
1659 +
1660 +
1661 +
1662 +
1663 +
1664 +
1665 +
1666 +
1667 +
1668 +
1669 +
1670 +
1671 +
1672 +
1673 +
1674 +
1675 +
1676 +
1677 +
1678 +
1679 +
1680 +
1681 +
1682 +
1683 +
1684 +
1685 +
1686 +
1687 +
1688 +
1689 +
1690 +
1691 +
1692 +
1693 +
1694 +
1695 +
1696 +
1697 +
1698 +
1699 +
1700 +
1701 +
1702 +
1703 +
1704 +
1705 +
1706 +
1707 +
1708 +
1709 +
1710 +
1711 +
1712 +
1713 +
1714 +
1715 +
1716 +
1717 +
1718 +
1719 +
1720 +
1721 +
1722 +
1723 +
1724 +
1725 +
1726 +
1727 +
1728 +
1729 +
1730 +
1731 +
1732 +
1733 +
1734 +
1735 +
1736 +
1737 +
1738 +
1739 +
1740 +
1741 +
1742 +
1743 +
1744 +
1745 +
1746 +
1747 +
1748 +
1749 +
1750 +
1751 +
1752 +
1753 +
1754 +
1755 +
1756 +
1757 +
1758 +
1759 +
1760 +
1761 +
1762 +
1763 +
1764 +
1765 +
1766 +
1767 +
1768 +
1769 +
1770 +
1771 +
1772 +
1773 +
1774 +
1775 +
1776 +
1777 +
1778 +
1779 +
1780 +
1781 +
1782 +
1783 +
1784 +
1785 +
1786 +
1787 +
1788 +
1789 +
1790 +
1791 +
1792 +
1793 +
1794 +
1795 +
1796 +
1797 +
1798 +
1799 +
1800 +
1801 +
1802 +
1803 +
1804 +
1805 +
1806 +
1807 +
1808 +
1809 +
1810 +
1811 +
1812 +
1813 +
1814 +
1815 +
1816 +
1817 +
1818 +
1819 +
1820 +
1821 +
1822 +
1823 +
1824 +
1825 +
1826 +
1827 +
1828 +
1829 +
1830 +
1831 +
1832 +
1833 +
1834 +
1835 +
1836 +
1837 +
1838 +
1839 +
1840 +
1841 +
1842 +
1843 +
1844 +
1845 +
1846 +
1847 +
1848 +
1849 +
1850 +
1851 +
1852 +
1853 +
1854 +
1855 +
1856 +
1857 +
1858 +
1859 +
1860 +
1861 +
1862 +
1863 +
1864 +
1865 +
1866 +
1867 +
1868 +
1869 +
1870 +
1871 +
1872 +
1873 +
1874 +
1875 +
1876 +
1877 +
1878 +
1879 +
1880 +
1881 +
1882 +
1883 +
1884 +
1885 +
1886 +
1887 +
1888 +
1889 +
1890 +
1891 +
1892 +
1893 +
1894 +
1895 +
1896 +
1897 +
1898 +
1899 +
1900 +
1901 +
1902 +
1903 +
1904 +
1905 +
1906 +
1907 +
1908 +
1909 +
1910 +
1911 +
1912 +
1913 +
1914 +
1915 +
1916 +
1917 +
1918 +
1919 +
1920 +
1921 +
1922 +
1923 +
1924 +
1925 +
1926 +
1927 +
1928 +
1929 +
1930 +
1931 +
1932 +
1933 +
1934 +
1935 +
1936 +
1937 +
1938 +
1939 +
1940 +
1941 +
1942 +
1943 +
1944 +
1945 +
1946 +
1947 +
1948 +
1949 +
1950 +
1951 +
1952 +
1953 +
1954 +
1955 +
1956 +
1957 +
1958 +
1959 +
1960 +
1961 +
1962 +
1963 +
1964 +
1965 +
1966 +
1967 +
1968 +
1969 +
1970 +
1971 +
1972 +
1973 +
1974 +
1975 +
1976 +
1977 +
1978 +
1979 +
1980 +
1981 +
1982 +
1983 +
1984 +
1985 +
1986 +
1987 +
1988 +
1989 +
1990 +
1991 +
1992 +
1993 +
1994 +
1995 +
1996 +
1997 +
1998 +
1999 +
2000 +
2001 +
2002 +
2003 +
2004 +
2005 +
2006 +
2007 +
2008 +
2009 +
2010 +
2011 +
2012 +
2013 +
2014 +
2015 +
2016 +
2017 +
2018 +
2019 +
2020 +
2021 +
2022 +
2023 +
2024 +
2025 +
2026 +
2027 +
2028 +
2029 +
2030 +
2031 +
2032 +
2033 +
2034 +
2035 +
2036 +
2037 +
2038 +
2039 +
2040 +
2041 +
2042 +
2043 +
2044 +
2045 +
2046 +
2047 +
2048 +
2049 +
2050 +
2051 +

```

```

Hazel/src/assets/shaders/Texture.glsl
... @@ -1,7 +1,7 @@
1 1 // Basic Texture Shader
2 2
3 3 #type vertex
4 4 - #version 450
4 4 + #version 450 core
5 5
6 6 layout(location = 0) in vec3 a_Position;
7 7 layout(location = 1) in vec4 a_Color;
8 8
9 9 @@ -10,76 +10,90 @@ layout(location = 3) in float a_TexIndex;
10 10 layout(location = 4) in float a_TilingFactor;
11 11 layout(location = 5) in int a_EntityID;
12 12
13 13 - uniform mat4 u_ViewProjection;
13 13 + layout(std140, binding = 0) uniform Camera
14 14 + {
15 15 +     mat4 u_ViewProjection;
16 16 + };
17 17
18 18 + struct VertexOutput
19 19 + {
20 20 +     vec4 Color;
21 21 +     vec2 TexCoord;
22 22 +     float TexIndex;
23 23 +     float TilingFactor;
24 24 + };

```

5 着色器系统更新:
(New shader system)

Timer 的定义

```

Hazel/src/Hazel/Core/Timer.h
... @@ -2,8 +1,34 @@
1 1 + #pragma once
2 2 +
3 3 + #include <chrono>
4 4 +
5 5 + namespace Hazel {
6 6 +
7 7 +     class Timer
8 8 +     {
9 9 +     public:
10 10 +         Timer()
11 11 +         {
12 12 +             Reset();
13 13 +         }
14 14 +
15 15 +         void Timer::Reset()
16 16 +         {
17 17 +             m_Start = std::chrono::high_resolution_clock::now();
18 18 +         }
19 19 +
20 20 +         float Timer::Elapsed()
21 21 +         {
22 22 +             return std::chrono::duration_cast<std::chrono::nanoseconds>
23 23 +                 (std::chrono::high_resolution_clock::now() - m_Start).count() * 0.001f;
24 24 +         }
25 25 +
26 26 +         float Timer::ElapsedMillis()
27 27 +         {
28 28 +             return Elapsed() * 1000.0f;
29 29 +         }
30 30 +     private:

```

着色器更新

```

Hazel/src/Platform/OpenGL/OpenGLShader.cpp
... @@ -6,26 +6,104 @@
6 6
7 7 #include <glm/gtc/type_ptr.hpp>
8 8
9 9 + #include <shaders/shaders.hpp>
10 10 + #include <spirv_cross/spirv_cross.hpp>
11 11 + #include <spirv_cross/spirv_gslsl.hpp>
12 12 +
13 13 + #include "Hazel/Core/Timer.h"
14 14 +
15 15 + namespace Hazel {
16 16 +
17 17 +     static GLenum ShaderTypeFromString(const std::string& type)
18 18 +     {
19 19 +         if (type == "vertex")
20 20 +             return GL_VERTEX_SHADER;
21 21 +         if (type == "fragment" || type == "pixel")
22 22 +             return GL_FRAGMENT_SHADER;
23 23 +
24 24 +         namespace Utils {
25 25 +
26 26 +             static GLenum ShaderTypeFromString(const std::string& type)
27 27 +             {
28 28 +                 if (type == "vertex")
29 29 +                     return GL_VERTEX_SHADER;
30 30 +                 if (type == "fragment" || type == "pixel")
31 31 +                     return GL_FRAGMENT_SHADER;
32 32 +
33 33 +                 HZ_CORE_ASSERT(false, "Unknown shader type!");
34 34 +                 return 0;
35 35 +             }
36 36 +         }
37 37 +     }
38 38 + }

```

```

Hazel/src/Platform/OpenGL/OpenGLShader.h
... @@ -41,18 +41,28 @@ namespace Hazel {
41 41     private:
42 42         std::string ReadFile(const std::string& filePath);
43 43         std::unordered_map<GLenum, std::string> PreProcess(const std::string& source);
44 44         void Compile(const std::unordered_map<GLenum, std::string&> shaderSources);
45 45
46 46         void CompileShaderVulkanGLSL(const std::unordered_map<GLenum, std::string&>
47 47             shaderSources);
48 48         void CreateProgram();
49 49         void Reflect(GLenum stage, const std::vector<uint32_t*> shaderData);
50 50     private:
51 51         uint32_t m_RendererID;
52 52         std::string m_FilePath;
53 53         std::string m_Name;
54 54
55 55         std::unordered_map<GLenum, std::vector<uint32_t*>> m_VulkanSPIRV;
56 56         std::unordered_map<GLenum, std::vector<uint32_t*>> m_OpenGLSPIRV;
57 57         std::unordered_map<GLenum, std::string> m_OpenGLSourceCode;
58 58
59 59     };
60 60 }

```

6 平台工具的更新（打开或保存文件）

```

1  Hazel/src/Hazel/Utils/PlatformUtils.h
2
3  *
4  @author Hazel
5  namespace Hazel {
6
7  {
8
9  public:
10
11     // These return empty strings if cancelled
12
13     static std::optional<std::string> QosInfo(const char* filter);
14     static std::optional<std::string> SvcInfo(const char* filter);
15     static std::optional<std::string> SvcInfo(const char* filter);
16     static std::string SvcInfo(const char* filter);
17
18 };
19
20 }

```

```

10 10
11 11 namespace Hazel {
12 12
13 13 - std::optional<std::string> FileDialogs::OpenFile(const char* filter)
14 14 + std::string FileDialogs::OpenFile(const char* filter)
15 15 {
16 16     OPENFILENAME ofn;
17 17     CHMR szFile[260] = { 0 };
18 18
19 19 - @ -28,10 +28,12 @@ namespace Hazel {
20 20
21 21 if (GetOpenFileNames(&ofn,
22 22     return ofn.lpstrFile;
23 23
24 24 + return std::nullopt;
25 25
26 26 + return std::string();
27 27
28 28 }
29 29
30 30 - std::optional<std::string> FileDialogs::SaveFile(const char* filter)
31 31 + std::string FileDialogs::SaveFile(const char* filter)
32 32 {
33 33     OPENFILENAME ofn;
34 34     CHMR szFile[260] = { 0 };

```

```

405 void EditorPage::OpenDoc()
406 {
407     std::wstring strFilepath = FileDialogs::Open(L"Save Scan (*.hwd)");
408     if (strFilepath.empty())
409         return;
410     std::string filepath = FileDialogs::Open(L"Save Scan (*.hwd)");
411     if (filepath.empty())
412         return;
413     *ActiveDoc = LoadDoc(filepath);
414     ActiveDoc->SetFilePath(L"\\dotnet\\_M_Visualize.hwd", L"dotnet\\_M_Visualize.hwd");
415     *ScanHistoryPanel->SetContent(*ActiveDoc);
416     ScanHistoryPanel->Refresh();
417     ScanHistoryPanel->Serialize(*ActiveDoc);
418     ScanHistoryPanel->Serialize(filepath);
419     ScanHistoryPanel->Serialize(filepath);
420 }
421 void EditorPage::SaveDoc()
422 {
423     std::wstring strFilepath = FileDialogs::Save(L"Save Scan (*.hwd)");
424     if (strFilepath.empty())
425         return;
426     std::string filepath = FileDialogs::Save(L"Save Scan (*.hwd)");
427     if (filepath.empty())
428         return;
429     *ScanHistoryPanel->Serialize(*ActiveDoc);
430     ScanHistoryPanel->Serialize(filepath);
431     ScanHistoryPanel->Serialize(filepath);
432 }

```

7 视口与摄像机更新:

```

142:         template<
143:             void Scene: (GetComponent<CameraComponent>()<Entity entity, CameraComponent> component)
144:         {
145:             component.Camera.SetViewportSize(m_VisportWidth, m_VisportHeight);
146:             if (m_VisportWidth > 0 && m_VisportHeight > 0)
147:             {
148:                 component.Camera.SetViewportSize(m_VisportWidth, m_VisportHeight);
149:             }
150:         }
151:     template<>
152: }
153:
154: #endif
155:
156: #endif
157:
158: #endif
159:
160: #endif
161:
162: #endif
163:
164: #endif
165:
166: #endif
167:
168: #endif
169:
170: #endif
171:
172: #endif
173:
174: #endif
175:
176: #endif
177:
178: #endif
179:
180: #endif
181:
182: #endif
183:
184: #endif
185:
186: #endif
187:
188: #endif
189:
190: #endif
191:
192: #endif
193:
194: #endif
195:
196: #endif
197:
198: #endif
199:
200: #endif
201:
202: #endif
203:
204: #endif
205:
206: #endif
207:
208: #endif
209:
210: #endif
211:
212: #endif
213:
214: #endif
215:
216: #endif
217:
218: #endif
219:
220: #endif
221:
222: #endif
223:
224: #endif
225:
226: #endif
227:
228: #endif
229:
230: #endif
231:
232: #endif
233:
234: #endif
235:
236: #endif
237:
238: #endif
239:
240: #endif
241:
242: #endif
243:
244: #endif
245:
246: #endif
247:
248: #endif
249:
250: #endif
251:
252: #endif
253:
254: #endif
255:
256: #endif
257:
258: #endif
259:
260: #endif
261:
262: #endif
263:
264: #endif
265:
266: #endif
267:
268: #endif
269:
270: #endif
271:
272: #endif
273:
274: #endif
275:
276: #endif
277:
278: #endif
279:
280: #endif
281:
282: #endif
283:
284: #endif
285:
286: #endif
287:
288: #endif
289:
290: #endif
291:
292: #endif
293:
294: #endif
295:
296: #endif
297:
298: #endif
299:
300: #endif
301:
302: #endif
303:
304: #endif
305:
306: #endif
307:
308: #endif
309:
310: #endif
311:
312: #endif
313:
314: #endif
315:
316: #endif
317:
318: #endif
319:
320: #endif
321:
322: #endif
323:
324: #endif
325:
326: #endif
327:
328: #endif
329:
330: #endif
331:
332: #endif
333:
334: #endif
335:
336: #endif
337:
338: #endif
339:
340: #endif
341:
342: #endif
343:
344: #endif
345:
346: #endif
347:
348: #endif
349:
350: #endif
351:
352: #endif
353:
354: #endif
355:
356: #endif
357:
358: #endif
359:
360: #endif
361:
362: #endif
363:
364: #endif
365:
366: #endif
367:
368: #endif
369:
370: #endif
371:
372: #endif
373:
374: #endif
375:
376: #endif
377:
378: #endif
379:
380: #endif
381:
382: #endif
383:
384: #endif
385:
386: #endif
387:
388: #endif
389:
390: #endif
391:
392: #endif
393:
394: #endif
395:
396: #endif
397:
398: #endif
399:
400: #endif
401:
402: #endif
403:
404: #endif
405:
406: #endif
407:
408: #endif
409:
410: #endif
411:
412: #endif
413:
414: #endif
415:
416: #endif
417:
418: #endif
419:
420: #endif
421:
422: #endif
423:
424: #endif
425:
426: #endif
427:
428: #endif
429:
430: #endif
431:
432: #endif
433:
434: #endif
435:
436: #endif
437:
438: #endif
439:
440: #endif
441:
442: #endif
443:
444: #endif
445:
446: #endif
447:
448: #endif
449:
450: #endif
451:
452: #endif
453:
454: #endif
455:
456: #endif
457:
458: #endif
459:
460: #endif
461:
462: #endif
463:
464: #endif
465:
466: #endif
467:
468: #endif
469:
470: #endif
471:
472: #endif
473:
474: #endif
475:
476: #endif
477:
478: #endif
479:
480: #endif
481:
482: #endif
483:
484: #endif
485:
486: #endif
487:
488: #endif
489:
490: #endif
491:
492: #endif
493:
494: #endif
495:
496: #endif
497:
498: #endif
499:
500: #endif
501:
502: #endif
503:
504: #endif
505:
506: #endif
507:
508: #endif
509:
510: #endif
511:
512: #endif
513:
514: #endif
515:
516: #endif
517:
518: #endif
519:
520: #endif
521:
522: #endif
523:
524: #endif
525:
526: #endif
527:
528: #endif
529:
530: #endif
531:
532: #endif
533:
534: #endif
535:
536: #endif
537:
538: #endif
539:
540: #endif
541:
542: #endif
543:
544: #endif
545:
546: #endif
547:
548: #endif
549:
550: #endif
551:
552: #endif
553:
554: #endif
555:
556: #endif
557:
558: #endif
559:
560: #endif
561:
562: #endif
563:
564: #endif
565:
566: #endif
567:
568: #endif
569:
570: #endif
571:
572: #endif
573:
574: #endif
575:
576: #endif
577:
578: #endif
579:
580: #endif
581:
582: #endif
583:
584: #endif
585:
586: #endif
587:
588: #endif
589:
590: #endif
591:
592: #endif
593:
594: #endif
595:
596: #endif
597:
598: #endif
599:
600: #endif
601:
602: #endif
603:
604: #endif
605:
606: #endif
607:
608: #endif
609:
610: #endif
611:
612: #endif
613:
614: #endif
615:
616: #endif
617:
618: #endif
619:
620: #endif
621:
622: #endif
623:
624: #endif
625:
626: #endif
627:
628: #endif
629:
630: #endif
631:
632: #endif
633:
634: #endif
635:
636: #endif
637:
638: #endif
639:
640: #endif
641:
642: #endif
643:
644: #endif
645:
646: #endif
647:
648: #endif
649:
650: #endif
651:
652: #endif
653:
654: #endif
655:
656: #endif
657:
658: #endif
659:
660: #endif
661:
662: #endif
663:
664: #endif
665:
666: #endif
667:
668: #endif
669:
670: #endif
671:
672: #endif
673:
674: #endif
675:
676: #endif
677:
678: #endif
679:
680: #endif
681:
682: #endif
683:
684: #endif
685:
686: #endif
687:
688: #endif
689:
690: #endif
691:
692: #endif
693:
694: #endif
695:
696: #endif
697:
698: #endif
699:
700: #endif
701:
702: #endif
703:
704: #endif
705:
706: #endif
707:
708: #endif
709:
710: #endif
711:
712: #endif
713:
714: #endif
715:
716: #endif
717:
718: #endif
719:
720: #endif
721:
722: #endif
723:
724: #endif
725:
726: #endif
727:
728: #endif
729:
730: #endif
731:
732: #endif
733:
734: #endif
735:
736: #endif
737:
738: #endif
739:
740: #endif
741:
742: #endif
743:
744: #endif
745:
746: #endif
747:
748: #endif
749:
750: #endif
751:
752: #endif
753:
754: #endif
755:
756: #endif
757:
758: #endif
759:
760: #endif
761:
762: #endif
763:
764: #endif
765:
766: #endif
767:
768: #endif
769:
770: #endif
771:
772: #endif
773:
774: #endif
775:
776: #endif
777:
778: #endif
779:
780: #endif
781:
782: #endif
783:
784: #endif
785:
786: #endif
787:
788: #endif
789:
790: #endif
791:
792: #endif
793:
794: #endif
795:
796: #endif
797:
798: #endif
799:
800: #endif
801:
802: #endif
803:
804: #endif
805:
806: #endif
807:

```

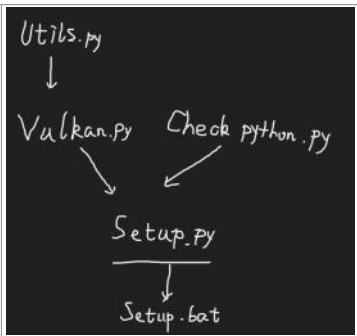
》》》》 我将逐次的提交这些代码，并记录自己的疑虑

》》》一：我首先使用更新并使用 py 文件下载 Vulkan SDK

首先第一步：运行 bat 脚本，通过该文件下载 Vulkan SDK。

(Vulkan.py 文件使用了 Utils.py 中的函数, 当你在 Hazel\scripts 的路径下通过 Setup.py 使用 Vulkan.py 时, Vulkan.py 会将 Vulkan 默认下载到 Nut/vendor/VulkanSDK。)

》》 以下是这些 py 文件的结构:



问题零

运行脚本时，请关闭代理。

问题一

如果将文件放在 Scripts 文件夹下，并直接通过 Setup.bat 运行 Setup.py 的话，会出现报错，表示文件路径已经不存在。-->

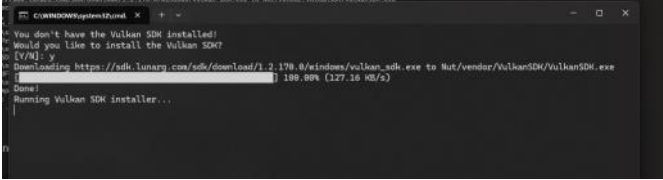
```
[V\N]: y
Downloading https://sdk.lunarg.com/sdk/download/1.2.170.0/windows/vulkan_sdk.exe to Nut/vendor/VulkanSDK/VulkanSDK.exe
Traceback (most recent call last):
  File "Setup.py", line 13, in <module>
    if (not Vulkan.CheckVulkanSDK()):
  File "E:\VS\Nut\scripts\Vulkan.py", line 36, in CheckVulkanSDK
    InstallVulkanPrompt()
  File "E:\VS\Nut\scripts\Vulkan.py", line 29, in InstallVulkanPrompt
    InstallVulkanSDK()
  File "E:\VS\Nut\scripts\Vulkan.py", line 18, in InstallVulkanSDK
    utils.DownloadFile(VULKAN_SDK_INSTALLER_URL, VULKAN_SDK_EXE_PATH)
  File "E:\VS\Nut\scripts\utils.py", line 8, in DownloadFile
    with open(filepath, 'ab') as f:
FileNotFoundError: [Error 2] No such file or directory: 'Nut/vendor/VulkanSDK/VulkanSDK.exe'
请按任意键继续. . .
```

spdiog	2024/11/11 17:38	文件夹
stb_image	2024/11/11 17:38	文件夹
VulkanSDK	2024/11/27 20:43	文件夹
yaml-cpp	2024/11/13 14:45	文件夹

这需要提前在 vendor 创建 VulkanSDK 文件夹。
(记得修改 .py 中的下载路径，这取决于你的项目名称，还有你想下载到本地的路径)

问题二

创建好 VulkanSDK 文件夹之后，重新运行 Setup.py，脚本运行之后开始尝试运行 Vulkan installer:



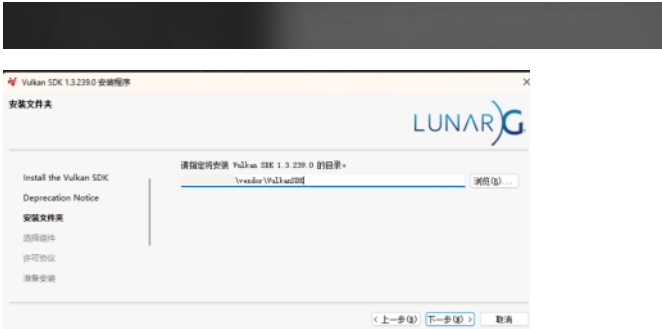
但是随后的弹窗中提示:



这可能是 Vulkan.py 中存放的 VulkanSDK 下载地址不适合 64 位系统，我将其更新为 2023 年的某一版本。

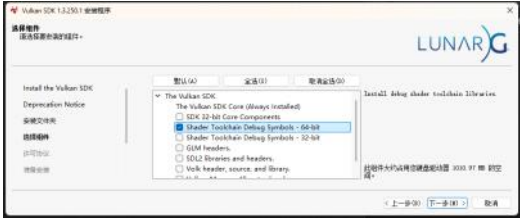
```
10 VULKAN_SDK = os.environ.get('VULKAN_SDK')
11
12 VULKAN_SDK_INSTALLER_URL = "https://sdk.lunarg.com/sdk/download/1.2.170.0/windows/vulkan_sdk.exe"
13
14 VULKAN_SDK_EXE_PATH = "Nut/vendor/VulkanSDK/VulkanSDK.exe"
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100
2101
2102
2103
2104
2105
2106
2107
2108
2109
2110
2111
2112
2113
2114
2115
2116
2117
2118
2119
2120
2121
2122
2123
2124
2125
2126
2127
2128
2129
2130
2131
2132
2133
2134
2135
2136
2137
2138
2139
2140
2141
2142
2143
2144
2145
2146
2147
2148
2149
2150
2151
2152
2153
2154
2155
2156
2157
2158
2159
2160
2161
2162
2163
2164
2165
2166
2167
2168
2169
2170
2171
2172
2173
2174
2175
2176
2177
2178
2179
2180
2181
2182
2183
2184
2185
2186
2187
2188
2189
2190
2191
2192
2193
2194
2195
2196
2197
2198
2199
2200
2201
2202
2203
2204
2205
2206
2207
2208
2209
2210
2211
2212
2213
2214
2215
2216
2217
2218
2219
2220
2221
2222
2223
2224
2225
2226
2227
2228
2229
2230
2231
2232
2233
2234
2235
2236
2237
2238
2239
2240
2241
2242
2243
2244
2245
2246
2247
2248
2249
2250
2251
2252
2253
2254
2255
2256
2257
2258
2259
2260
2261
2262
2263
2264
2265
2266
2267
2268
2269
2270
2271
2272
2273
2274
2275
2276
2277
2278
2279
2280
2281
2282
2283
2284
2285
2286
2287
2288
2289
2290
2291
2292
2293
2294
2295
2296
2297
2298
2299
2300
2301
2302
2303
2304
2305
2306
2307
2308
2309
2310
2311
2312
2313
2314
2315
2316
2317
2318
2319
2320
2321
2322
2323
2324
2325
2326
2327
2328
2329
2330
2331
2332
2333
2334
2335
2336
2337
2338
2339
2340
2341
2342
2343
2344
2345
2346
2347
2348
2349
2350
2351
2352
2353
2354
2355
2356
2357
2358
2359
2360
2361
2362
2363
2364
2365
2366
2367
2368
2369
2370
2371
2372
2373
2374
2375
2376
2377
2378
2379
2380
2381
2382
2383
2384
2385
2386
2387
2388
2389
2390
2391
2392
2393
2394
2395
2396
2397
2398
2399
2400
2401
2402
2403
2404
2405
2406
2407
2408
2409
2410
2411
2412
2413
2414
2415
2416
2417
2418
2419
2420
2421
2422
2423
2424
2425
2426
2427
2428
2429
2430
2431
2432
2433
2434
2435
2436
2437
2438
2439
2440
2441
2442
2443
2444
2445
2446
2447
2448
2449
2450
2451
2452
2453
2454
2455
2456
2457
2458
2459
2460
2461
2462
2463
2464
2465
2466
2467
2468
2469
2470
2471
2472
2473
2474
2475
2476
2477
2478
2479
2480
2481
2482
2483
2484
2485
2
```

于是运行后出现这样的窗口:

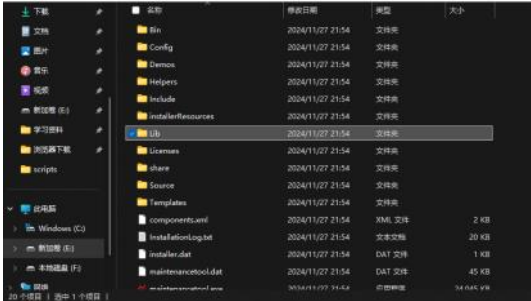


安装 vulkan SDK

我目前没有选择任何拓展, 但在安装过程中, 我不是很确定这个拓展和 DebugLibs 有没有什么直接关系. 就先标注一下. (毕竟这将会占用我1G空间 bushi)



随后便得到这样的文件构架:



问题三

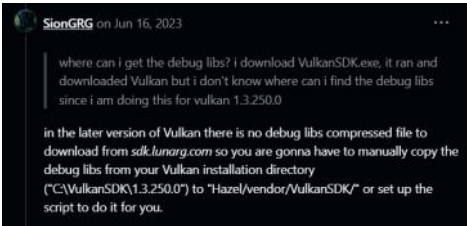
我们发现 Cherno 另外下载了一个 Debuglib.zip, 并对其进行了一些处理.

但是在1.2.198.1版本之后, lunarg 公司不再支持 debuglibs 的单独下载. 现在 SDK 中的调试库通常随着 Vulkan 库一起分发, 不再单独打包成一个 zip 文件.

所以现在, 这些文件通常直接包含在 Vulkan SDK 的核心目录下, 特别是在 lib 目录中

```
48 VulkanSDKDebugLibsURL = "https://files.lunarg.com/SDK-1.2.170.0/VulkanSDK-1.2.170.0-DebugLibs.zip"
49 OutputDirectory = "lut/vendor/VulkanSDK"
50 TempZipFile = f"{OutputDirectory}/VulkanSDK.zip"
51
52
53 def CheckVulkanSDKDebugLibs():
54     shadercdlib = Path(f"{OutputDirectory}/lib/shaderc_shared.lib")
55     if (not shadercdlib.exists()):
56         print(f"No Vulkan SDK debug libs found. (checked {shadercdlib})")
57         print("Downloading", VulkanSDKDebugLibsURL)
58         with urlopen(VulkanSDKDebugLibsURL) as zipresp:
59             with zipfile.ZipFile(zipresp.read()) as zfile:
60                 zfile.extractall(OutputDirectory)
61         print(f"Vulkan SDK debug libs located at {OutputDirectory}")
62     return True
```

我们也可以从评论中窥见这一更改. (@SionGRG)



现在我们需要更改这个函数 (CheckVulkanSDKDebugLibs) 的逻辑

```
VulkanSDKDebugLibsURL = "https://files.lunarg.com/SDK-1.2.170.0/VulkanSDK-1.2.170.0-DebugLibs.zip"
OutputDirectory = "lut/vendor/VulkanSDK"
TempZipFile = f"{OutputDirectory}/VulkanSDK.zip"

def CheckVulkanSDKDebugLibs():
    shadercdlib = Path(f"{OutputDirectory}/lib/shaderc_shared.lib")
    if (not shadercdlib.exists()):
        print(f"No Vulkan SDK debug libs found. (checked {shadercdlib})")
        print("Downloading", VulkanSDKDebugLibsURL)
        with urlopen(VulkanSDKDebugLibsURL) as zipresp:
            with zipfile.ZipFile(zipresp.read()) as zfile:
                zfile.extractall(OutputDirectory)
        print(f"Vulkan SDK debug libs located at {OutputDirectory}")
    return True
```

首先, 我对这个 shaderc_shared.lib 的路径有点疑惑: 因为我的确找到了 shaderc_shared.lib 这个库, 而不是shaderc_shared.lib.

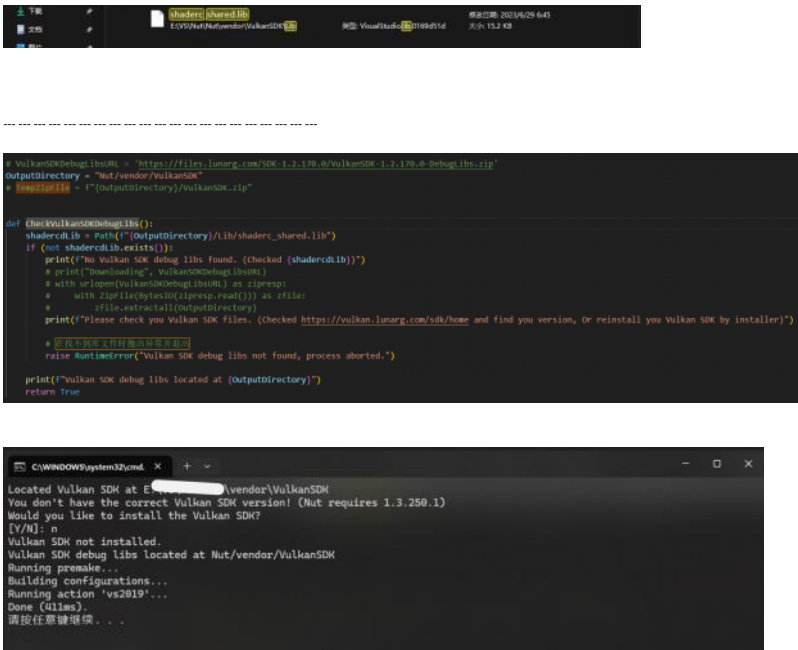
```
53 def CheckVulkanSDKDebugLibs():
54     shadercdlib = Path(f"{OutputDirectory}/lib/shaderc_shared.lib")
55     if (not shadercdlib.exists()):
```



现在我开始更改，不过我发现原先的逻辑是：如果没有找到调试库，就在线去下载。
但现在这些文件将会在安装 Vulkan SDK 时，同步安装在文件夹中，所以如果没有找到的话，一定是安装是出了什么问题。

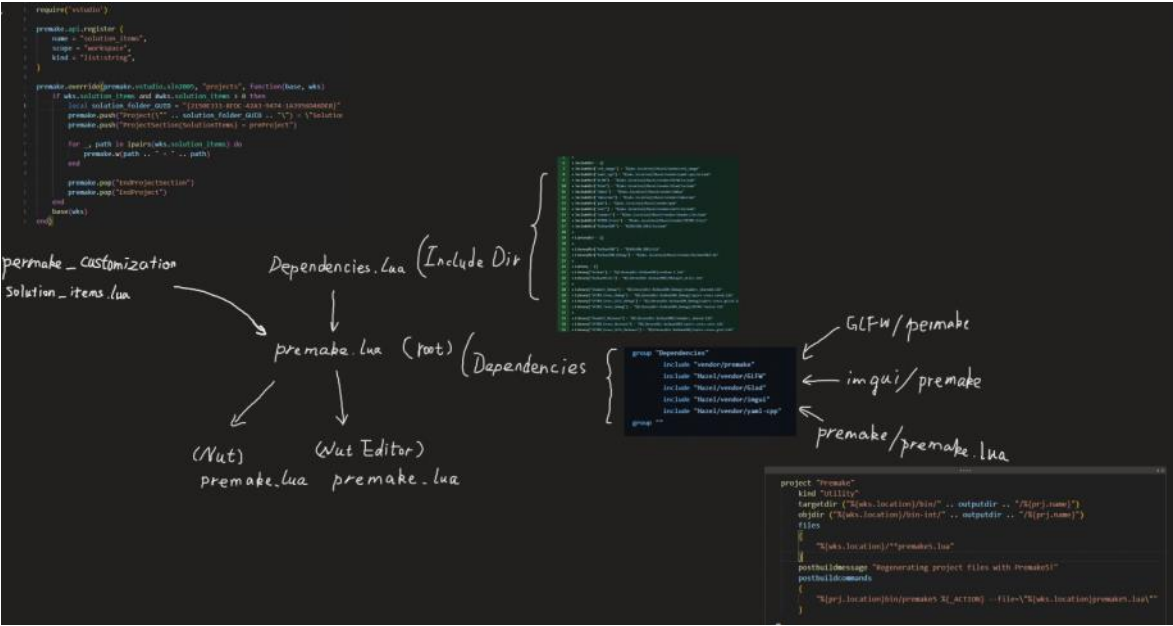
我便做了以下更改：（仅仅是口头提醒一下~）

随后我重新运行 Setup.bat，并拒绝再次安装 installer，便得到这样的结果：



我想应该是对的。

》》》二：现在我们已经成功安装了 Vulkan，现在则需要更新 premake 文件内容。
这是将要实现的 premake 文件架构图（以及细则）

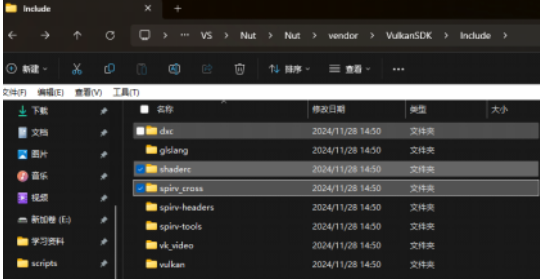


》》》接下来我先更新 Premake Dependencies.lua 文件（这里为预处理，实际操作步骤在后面）。

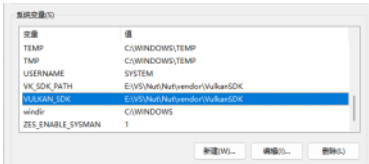
第一步，我们在项目的根目录下重新编写一个 premake 文件，这个文件主要用来索引 vendor 中的外部库（API）

```
1 --! Nut Dependencies
2
3 VULKAN_SDK = os.getenv("VULKAN_SDK")
4
5 IncludeDir = {}
6 IncludeDir["stb_image"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/stb_image"
7 IncludeDir["yaml_cpp"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/yaml-cpp/include"
8 IncludeDir["GLFW"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/GLFW/include"
9 IncludeDir["Glad"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/Glad/include"
10 IncludeDir["ImGui"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/ImGui"
11 IncludeDir["ImGuiZmo"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/ImGuiZmo"
12 IncludeDir["glm"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/glm"
13 IncludeDir["entt"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/entt/include"
14 IncludeDir["shaderc"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/shaderc/include"
15 IncludeDir["SPIRV_cross"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/SPIRV-cross"
16 IncludeDir["VulkanSDK"] = "%(VULKAN_SDK)/include"
17
18 LibraryDir = {}
19
20 LibraryDir["VulkanSDK"] = "%(VULKAN_SDK)/lib"
21 LibraryDir["VulkanSDK_Debug"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/VulkanSDK/Lib"
22
23 Library = {}
24
25 Library["Vulkan"] = "%(LibraryDir.VulkanSDK)/vulkan-1.lib"
26 Library["VulkanUtils"] = "%(LibraryDir.VulkanSDK)/VkLayer_utils.lib"
27
28 Library["ShaderC_Debug"] = "%(LibraryDir.VulkanSDK_Debug)/shaderc_shared.lib"
29 Library["SPIRV_cross_Debug"] = "%(LibraryDir.VulkanSDK_Debug)/spirv-cross-core.lib"
30 Library["SPIRV_cross_GLSL_Debug"] = "%(LibraryDir.VulkanSDK_Debug)/spirv-cross-gslslib"
31 Library["SPIRV_tools_Debug"] = "%(LibraryDir.VulkanSDK_Debug)/SPIRV-tools.lib"
32
33 Library["ShaderC_Release"] = "%(LibraryDir.VulkanSDK)/shaderc_shared.lib"
34 Library["SPIRV_cross_Release"] = "%(LibraryDir.VulkanSDK)/spirv-cross-core.lib"
35 Library["SPIRV_cross_GLSL_Release"] = "%(LibraryDir.VulkanSDK)/spirv-cross-gslslib"
```

但我发现有些问题，比如 shaderc 和 spirv_cross 的路径已经发生改变，参考 1.3.250.1 版本：这两个文件夹位于 VulkanSDK/Include 下



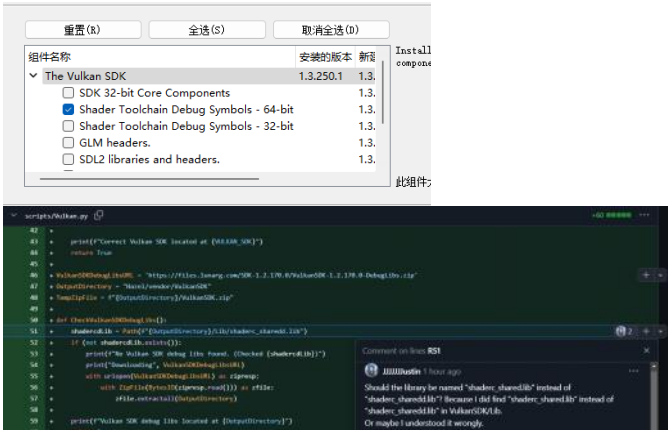
系统变量示例：

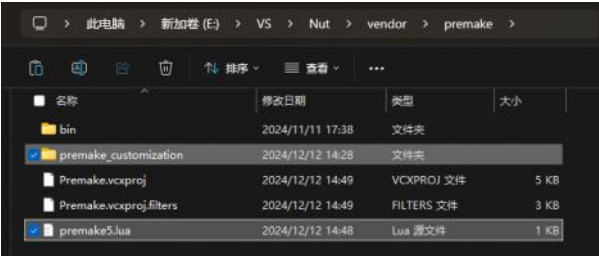


而且由于我没有下载某些组件，这使很多文件并不存在。（我将其标注出来）

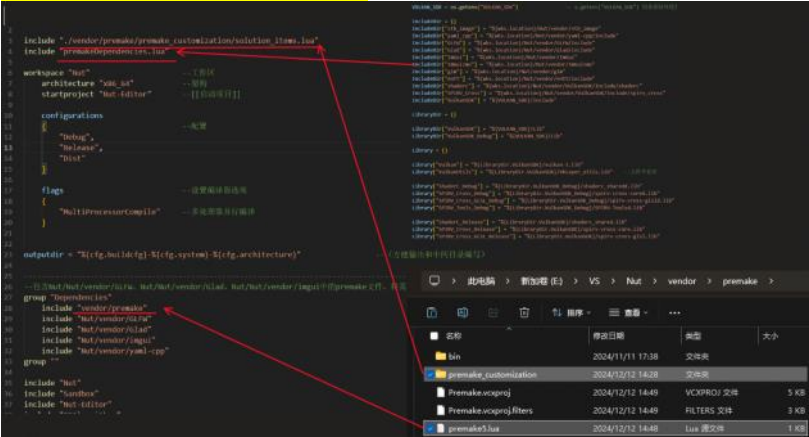
```
1 --! Nut Dependencies
2
3 VULKAN_SDK = os.getenv("VULKAN_SDK")
4
5 IncludeDir = {}
6 IncludeDir["stb_image"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/stb_image"
7 IncludeDir["yaml_cpp"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/yaml-cpp/include"
8 IncludeDir["GLFW"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/GLFW/include"
9 IncludeDir["Glad"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/Glad/include"
10 IncludeDir["ImGui"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/ImGui"
11 IncludeDir["ImGuiZmo"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/ImGuiZmo"
12 IncludeDir["glm"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/glm"
13 IncludeDir["entt"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/entt/include"
14 IncludeDir["shaderc"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/shaderc/include"
15 IncludeDir["SPIRV_cross"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/SPIRV-cross"
16 IncludeDir["VulkanSDK"] = "%(VULKAN_SDK)/include"
17
18 LibraryDir = {}
19
20 LibraryDir["VulkanSDK"] = "%(VULKAN_SDK)/lib"
21 LibraryDir["VulkanSDK_Debug"] = "%(wks.location)/Nut/vendor/VulkanSDK/Lib"
22
23 Library = {}
24
25 Library["Vulkan"] = "%(LibraryDir.VulkanSDK)/vulkan-1.lib"
26 Library["VulkanUtils"] = "%(LibraryDir.VulkanSDK)/VkLayer_utils.lib"
27
28 Library["ShaderC_Debug"] = "%(LibraryDir.VulkanSDK_Debug)/shaderc_shared.lib"
29 Library["SPIRV_cross_Debug"] = "%(LibraryDir.VulkanSDK_Debug)/spirv-cross-core.lib"
30 Library["SPIRV_cross_GLSL_Debug"] = "%(LibraryDir.VulkanSDK_Debug)/spirv-cross-gslslib"
31 Library["SPIRV_tools_Debug"] = "%(LibraryDir.VulkanSDK_Debug)/SPIRV-tools.lib"
32
33 Library["ShaderC_Release"] = "%(LibraryDir.VulkanSDK)/shaderc_shared.lib"
34 Library["SPIRV_cross_Release"] = "%(LibraryDir.VulkanSDK)/spirv-cross-core.lib"
35 Library["SPIRV_cross_GLSL_Release"] = "%(LibraryDir.VulkanSDK)/spirv-cross-gslslib"
```

于是我决定下载拓展(shader toolchain debug symbols)，这一步通过运行 maintenancetool.exe 文件实现：





》》333 修改 Nut/premake.lua 内容，使其包含上述三个文件



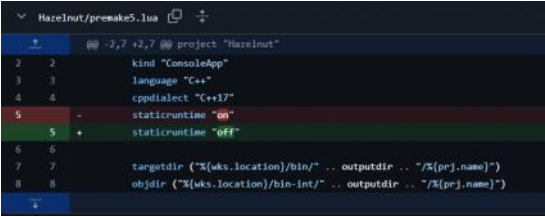
》》444 修改 Nut/Nut/premake5.lua 和 Nut/Nut-Editor/premake5.lua 文件内容

具体内容是： Nut-premake 文件需要包含 Vulkan 的库目录，并在对应配置下添加相关链接。

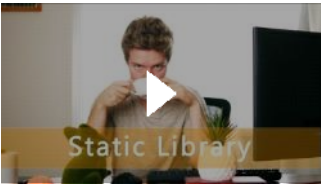
》》问题：

在此处我遇到一个问题，就是 Chernobyl 对这两个文件关闭了 staticruntime 设置。这表示禁用静态链接运行时库，使用动态链接的运行时库。意味着程序在运行时将依赖外部的动态链接库（DLL），而不是将运行时库直接嵌入到可执行文件中。

示例：



而我印象里 Chernobyl 没有说明要转回使用动态库的方式，所以现在我没有将其打开。
(在之后的提交中，我修改掉了这里的代码，可以查看：》》》》对着色器系统进行修改后，需要将 Premake 中的运行时静态链接关掉：)
(顺便一提，如果需要打开的话，还需要额外进行动态链接的配置操作，具体可以回看 Chernobyl 的视频：Static Libraries and ZERO Warnings | Game Engine series)



》》》》接下来谈谈 vendor/premake 文件中我们新添的两个文件：premake5.lua 和 premake_customization/solution_items.lua
具体的 Pull&requests 记载于 #301 (https://github.com/TheCherno/Haze/pull/301)

premake5.lua	定义一个工具类型的项目 Premake，并且在构建后通过 premake5 工具来重新生成或更新项目文件。 这个脚本的目的是 生成或重新生成构建项目文件（如 Visual Studio 工程文件、Makefile 等），使用的是 premake5 工具。它是一个自动化构建的过程，通常用于生成构建系统（如 Makefile 或 Visual Studio 工程文件）等。
solution_items.lua	这段代码的作用是为 Visual Studio 解决方案文件（.sln）添加一个新的部分，称为 Solution Items，并将工作区中指定的文件（通过 solution_items 命令）添加到这个部分中。 解决方案项是指那些不是属于任何特定项目的文件，例如文档、配置文件等，通常用于存储一些和整个解决方案相关但不属于某个单独项目的文件。 这添加了对 Visual Studio 解决方案项（solution items）的支持。文档、配置文件、README 或其他相关文件将可以被作为解决方案项添加到解决方案中。

》》》三：Application 中的 ApplicationCommandLineArgs
(added command line args) 命令行参数

》》流程与定义的概述

首先，我们位于入口点的主函数中使用了 (argc, argv) 来获取命令行信息。并且将参数传入到 CreateApplication() 中，以便后续使用这些信息：

```
...#ifdef NUT_PLATFORM_WINDOWS
extern Nut::Application* Nut::CreateApplication(ApplicationCommandLineArgs
int main(int argc, char** argv) //将其设置为windows平台上的win
{
    Nut::Log::Init();

    NUT_CORE_WARN("Initialized Log!");
    NUT_INFO("Goodbye World!");

    NUT_CORE_WARN("Command line args:");
    for (int i = 0; i < argc; i++) {
        NUT_TRACE("Argument (0): {i}", i, argv[i])

    NUT_PROFILE_BEGIN_SESSION("Startup", "NutProfile-Startup.json");
    auto app = Nut::CreateApplication({argc, argv}); // ? 这里的 ar
    NUT_PROFILE_END_SESSION();

    NUT_PROFILE_BEGIN_SESSION("Runtime", "NutProfile-Runtime.json");
    app->Run();
    NUT_PROFILE_END_SESSION();

    NUT_PROFILE_BEGIN_SESSION("Shutdown", "NutProfile-Shutdown.json");
    delete app;
    NUT_PROFILE_END_SESSION();

}
#endif
```

在入口点使用的 Nut::CreateApplication({argc, argv})，实际上是在构造一个 ApplicationCommandLineArgs 类型的对象，并将 argc 和 argv 传递给它。

<p>流程：</p> <pre>Application* CreateApplication(ApplicationCommandLineArgs args) { return new NutEditor(args); }</pre>	<p>这里是 CreateApplication() 的定义。</p> <p>CreateApplication() 中使用了NutEditor()</p>
<pre>class NutEditor : public Application { public: NutEditor(ApplicationCommandLineArgs args) : Application("Nut Editor", args) { PushLayer(new EditorLayer()); } NutEditor() { } };</pre>	<p>这里是 NutEditor() 的定义。</p> <p>NutEditor() 是 Application() 的子类，故 NutEditor() 的构造函数会自动先使用父类 Application() 的构造函数，我们可以通过这个特性将 args 参数传给 Application() 的构造函数，并实现一些目的。</p>
<pre>class Application { public: Application(const std::string& name = "Nut App", ApplicationCommandLineArgs = ApplicationCommandLineArgs()) : virtual Application() { } void OnEvent(Event& e); //事件分发 void PushLayer(Layer* layer); void PushOverlay(Layer* overlay); inline Window& GetWindow() { return *_m_Window; } //返回下面这个指向Window的指针 inline InputLayer& GetInputLayer() { return *_m_InputLayer; } inline static Application& Get() { return *_Instance; } // !!! 返回的是 *_Instance 这个指向 Application 的指 // (为什么函数是引用传递？因为Application是一个单例 inline ApplicationCommandLineArgs GetCommandLineArgs() const { return *_m_CommandLineArgs; } auto sceneFilePath0 = commandLineArgs[0]; NUT_CORE_WARN(sceneFilePath0); }</pre>	<p>这是父类 Application() 构造函数的新定义。</p> <p>同时我们新添了一个 GetCommandLineArgs() 的函数，用于获取私有变量 m_CommandLineArgs 中存放的数据。</p>

```
[15:23:15] NUT: version: 0.0.0 - Build 31 0 101 0000
[15:23:15] NUT: E:\VS\Nut\bin\Debug-windows-x86_64\Nut-Editor\Nut-Editor.exe
[15:23:15] NUT: Pixel data: -1
```

我们可以在运行时查看argv获取到的信息是什么。

》》》知识

》》》关于 Argc, Argv

1. argc 和 argv 的含义

定义：

在 C 和 C++ 程序中，argc 和 argv 是由编译器（如 GCC、Clang 或 Visual Studio）在程序启动时自动传递给程序的 main 函数的两个参数。用于传递命令行的输入参数。

- argc：是 argument count 的缩写，表示命令行参数的数量。它是一个整数，包含程序名和任何附加的命令行参数。
- argv：是 argument vector 的缩写，表示命令行参数的数组。它是一个字符指针数组，每个元素是一个指向命令行参数的字符串。

例如，当你使用指令运行一个程序（./myapp input.txt --verbose）时，argc 和 argv 的内容如下：

argc = 3，因为有三个参数 (程序名、input.txt 和 --verbose)	argv[0] = "./myapp"，表示程序的路径。 argv[1] = "input.txt"，表示第一个参数（输入文件）。 argv[2] = "--verbose"，表示第二个参数（开启调试模式）。
--	--

运行机制：

1. 内容传递。 (什么时候传递？传递什么内容？)	argc 和 argv 是由操作系统在启动程序时根据命令行输入自动传递的，不需要手动获取。 程序中 argc 和 argv 的值取决于你启动程序时后台输入到命令行中的命令或参数内容。在不同的操作系统上，命令行参数的格式和解释规则可能会有所不同。 比如： <ul style="list-style-type: none">• 在 Windows 上，命令行参数是由 命令提示符 (cmd.exe) 或 PowerShell 等工具传递给程序的。• 在 Unix/Linux 上，命令行参数是由 shell (如 Bash) 传递给程序的。
2. 内容	argc 和 argv 是实时的，但它们是程序启动时由操作系统从命令行提取的参数，并且在程序执行过程中保持不

一句指令:

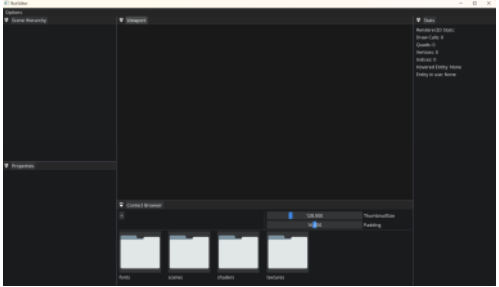


argc	1
argv[0]	"E:\VS\Nut\bin\Debug-windows-x86_64\Nut-Editor\Nut-Editor.exe"

通常情况下, 这一段指令将直接打开引擎, 但并不会在开启时加载一个场景, 因为现在只有一段完整的指令, 也就是说, 这个条件判断不满足:

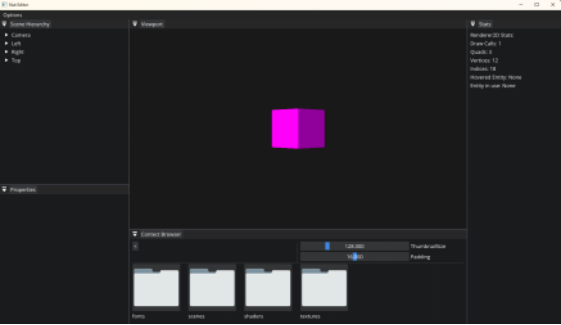
```
auto commandLineArgs = Application::Get().GetCommandLineArgs();
if (commandLineArgs.Count > 1)
{
    auto sceneFilePath = commandLineArgs[1];
    SceneSerializer serializer(m_ActiveScene);
    serializer.Deserialize(sceneFilePath);
}

auto sceneFilePath0 = commandLineArgs[0];
```



argc	2
argv[0]	"E:\VS\Nut\bin\Debug-windows-x86_64\Nut-Editor\Nut-Editor.exe"
argv[1]	"E:\VS\Nut\Nut-Editor\assets\scenes\3DExample.yaml"

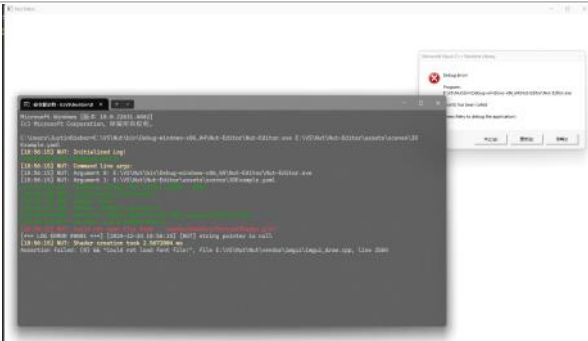
此时运行指令, 你将会在启动时看到一个预先加载的场景。



遇到问题:

在理想状态下, 运行指令后, 程序应该能正常打开, 但实际上我遇到了一些错误。

更新了着色器系统之后, 我发现问题似乎出自文件路径。我猜测是绝对路径和相对路径导致的错误。



第一个错误: "Could not open file from:..."

现在我将 Renderer2d.cpp 中的代码进行修改: (将此前的相对路径改为绝对路径)

```
100 // QuadVertex Ptr
101 s_Data.QuadVertexBuffer = new QuadVertex[s_Data.MaxVertices]; // 保存顶点初始值
102
103 // Shader
104 s_Data.TextureShader = Shader::Create("E:\VS\Nut\Nut-Editor\assets\shaders\TextureShader.glsl");
105
106 // UBO
107 s_Data.CameraUniformBuffer = UniformBuffer::Create(sizeof(Renderer2DData::CameraData), 0);
108
109 // Texture
```

第二个错误: 我发现报错还来自这个函数:

AddFontFromFileTTF, 于是我在使用这个函数的时候, 将路径改为绝对路径 (虽然这会导致该应用的可移植性降低), 但着实是无奈之举。

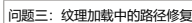
```
ImFontAtlas::AddFontFromFileTTF(const char* filename, float size_pixels, const ImFontConfig* font_cfg_template, const ImVec4* glyph_ranges)
{
    IM_ASSERT(!locked && "cannot modify a locked ImFontAtlas between NewFrame() and EndFrame/Render()");
    size_t data_size = 0;
    void* data = ImFileLoadToMemory(filename, "rb", &data_size, 0);
    if (!data)
    {
        IM_ASSERT(!data && "could not load font file!");
        return NULL;
    }
    ImFontConfig font_cfg = font_cfg_template ? *font_cfg_template : ImFontConfig();
    if (font_cfg.Name == "Default")
    {
        // Store a short copy of filename into the font name for convenience
        const char* p;
        for (p = filename + strlen(filename); p > filename && p[-1] != '/' && p[-1] != '\\; p--) {}
        ImFormatString(font_cfg.Name, IM_ARRAYSIZE(font_cfg.Name), "%s, %.0fpx", p, size_pixels);
    }
    return AddFontFromMemoryTTF(data, (int)data_size, size_pixels, &font_cfg, glyph_ranges);
}
```

ImGuiLayer.cpp 中:

更改前:

```
io.Fonts->AddFontFromFileTTF("assets/fonts/opensans/static/OpenSans-Bold.ttf", 20.0f);
io.FontDefault = io.Fonts->AddFontFromFileTTF("assets/fonts/opensans/static/OpenSans-Regular.ttf", 20.0f);
```

更改后:



(ContentBrowserPanel.cpp)



现在，便能够通过终端输入：“E:\VS\Nut\bin\Debug-windows-x86_64\Nut-Editor\Nut-Editor.exe E:\VS\Nut\Nut-Editor\assets\scenes\3DExample.yaml”，来启动游戏引擎，并保证启动时预先加载了一个场景。



或者需要手动删除一些缓存文件（例如着色器缓存文件，OpenGLShader的更新中会涉及到），这样才能保证我们在终端使用指令运行游戏引擎的时候，得到最新的报错日志等信息。



这里的调试手段就是将 相对路径 改为了 绝对路径， 以避免中断。但这非常影响项目的可移植性，我暂时没有想到好的解决办法，如果有人可以补充，或者此后我有了想法，我会将其合并于项目代码中。

》》》》 四：添加Uniform Buffer

》关于 Uniform Buffer 的定义：具体可以查看（<https://learnopengl.com/Advanced-OpenGL/Uniform-Buffers>）
建议浏览该页面之后，再查看更新的代码。

Uniform缓冲对象

但我们使用OpenGL渲染时花了，学会了一些渲染的技巧，但也遇到了一些渲染的问题，比如，使用更多的一个颜色时，发现大部分的uniforms变量是标量的，我们这是干嘛呢？我们设置它们，所以为什么我们这次和上次渲染设置不一样呢？

OpenGL为我们提供了这样一个叫做[Uniform Buffer Objects](#)的工具，它允许我们定义一系列在多个渲染器中共享的变量，[Uniform Buffer](#)，使用这些变量，我们可以在渲染器中设置不同的uniform。当然，我们仍然需要设置每个颜色块不同的uniform，并设置每个Uniform Buffer Object的每个成员。

因为Uniform Buffer Objects是一个结构，我们可以使用[OpenGL的glUniformBlockIndex](#)，将每个成员与[GL_UNIFORM_BLOCK_INDEX](#)绑定，并给每个成员一个uniform的变量名，比如我们使用[glUniformBlockIndex](#)的每个成员都有一个相同的值，我们称之为它的索引，我们使用它的索引来设置每个成员的值。

```

//compute HSB color
Segment Extraction = 80; //in vec3 rgb;

Segment (int id) uniform Matrices
{
    mat3 projection;
    mat3 view;
}

uniform mat4 model;

void main()
{
    gl_Position = projection * view * model * vec4(pos, 1.0);
}

```

在我们大多的例子中，我们都会使用 `Unicode` 版本的一个非常小的

使用Uniform缓冲

我们只讨论过了如何从数据集中取出10个样本，并从中取出5个内容来画了，下面我们讨论一下如何从这10个样本中取出5个内容来画。

首先，我们需要调用 `glGenBuffers`，创建一个 `GLuint` 缓冲对象。一旦我们有了一个缓冲对象，我们需要将它绑定到 `GL_ARRAY_BUFFER` 目标，并使用 `glBufferData` 分配所需的内存。

[illegible]

现在，每当我们想要对表中某些行做插入数据，我们都会调用到`PreparedStatement`，并使用`PreparedStatement`来更新内容，我们只需要更新这个`PreparedStatement`一次，然后使用这个语句的`executeBatch()`方法来使用我们准备好的数据了。但是，`PreparedStatement`只能更新一次，如果我们想更新多次，那么我们就需要多次调用`PreparedStatement`的`executeBatch()`方法。

在OpenGL上下文中，定义了一个着色点(Shading Point)，我们可以将一个Uniform值绑定至它。在创建Uniform值后，我们将它绑定到网格中一个顶点上，并将着色器中的Uniform值绑定到相同的顶点上。把它们连接到一起，下面的图展示了这个：



Uniform缓冲对象

我们还在使用OpenGL成长时期了，学会了一些很酷的技巧，但也遇到了一些很麻烦的地方，比如，使用多于一个的着色器时，尽管大部分的uniform变量都是相同的，我们还是需要不断地设置它们。所以为什么要这么麻烦地重复设置它们呢？

OpenGL已经向我们提供了一个叫做Uniform Buffer Object的Uniform Buffer Object的工具，它允许我们定义一系列在多个着色器程序中相同的着色器uniform，也允许我们在Uniform Buffer Object中设置它们。我们不需要设置相同的uniform一次，当然，我们仍需手动设置每个着色器中不同的uniform，并让每个着色器中的Uniform Buffer Object对象包含一些数据。

因为Uniform缓冲块仍是一个缓冲块，我们可以使用`glBufferData`来创建它。我们添加如下的`GLuintIFORM_BUFFER`缓冲块，并给每个顶点表的`GLuintIFORM_BUFFER`缓冲块添加一些数据。我们稍等之后讨论它。首先，我们使用一个缓冲块的顶点数据。而`projectionOver`缓冲块存储到我们的`GLuintIFORM_BUFFER`中：

```

@Override void core()
{
    InputGenerator = g; // in each offset;

    Input = (short[]) uniformMatrices;

    {
        mat1 = projMatrices;
        mat2 = view;
    }

    orTransform mat1 model;

    void main()
    {
        gl_Position = projMatrices * view * model * vec4(offset, 1.0f);
    }
}

```

在我们大部分的例子中，我们都会在每个渲染迭代中，为每个着色器设置projection和view Uniform数据。这是利用Uniform表中定义的一个非常完美的例子，因为现在我们只需要存储这些矩阵一次就可以了。

这里，我们声明了一个叫做`matrices`的Uniform块，它包含了两个4x4矩阵。Uniform块中的变量可以直接访问，不需要加块名作为前缀。接下来，我们在OpenGL代码中将这些矩阵传入渲染中。每个声明了这个Uniform块的着色器都能访问这些矩阵。

你现在可能在想 `layout (out)` 这个语句是什么意思。它的意思是说，当GLSL的Uniform块对它的内容使用一个特定的内存布局。这个语句设置了**Uniform块布局**(Uniform Block Layout)。

Uniform块布局

Use和env块的内容是储存在一个虚拟对象中的，它实际上只是一块暂留内存，因为这块内存并不会保存它具体保存的是什么数据。

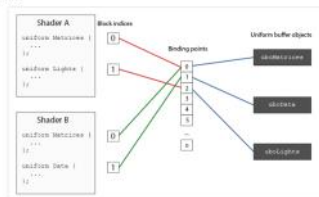
etc....

GL_UNIFORM_BUFFER的标, 并调用glBufferData, 分配目标内存。

```
unsigned int virtcomp(eBlock)
{
    g(buffers[1], virtcomp(eBlock));
    g(buffers[0], INTPTR_BUFFER, virtcomp(eBlock));
    g(buffers[0], INTPTR_BUFFER, 10, MALL, 0, STATOC, 0); // 内存管理模块
}
```

现在，每当我们需要为着色器或者输入数据，我们都会使用到`glUniformBlockPointer`，并使用`glUniformBlockIndex`来更新它的内存。我们只需要使用这个Uniform块一次，然后使用这个块+的着色器就使用它是更新后的数据了。但是，如何能让OpenGL知道哪个Uniform块对应的是哪个Uniform块呢？

在OpenGL上下文中，定义了一条[着色点（binding point）](#)，我们可以将一个Uniform绑定到着色点。在创建Uniform之前，我们可以把它绑定到着色点中的一个着色点上，并将着色点中的Uniform绑定到着色点的着色点，把它们连接在一起。下面的这个示例展示了这个：



》》操作步骤

现在我们了解了 Uniform Buffer 的原理及其使用方式，现在开始更新代码：

首先	是设置着色器UniformBuffer (UniformBuffer.cpp, OpenGLUniformBuffer.h, OpenGLUniformBuffer.cpp)
接着	是修改着色器中的统一变量，将其改为统一变量块 (Uniform 块)
最后	需要更新实际绘制是，绑定统一变量的代码 (之前是一个一个绑定，现在可以直接绑定 Uniform 块)，使用时方便快捷。
示例：	 <pre> void Render2D::BeginScene(const EditorCamera& camera) { NUT_PROFILE_FUNCTION(); glm::mat4 viewProjectionMatrix = camera.GetViewProjection(); s_Data.TextureShader->Bind(); s_Data.TextureShader->SetMat4("u_ViewProjection", viewProjectionMatrix); s_Data.QuadIndexCount = 0; s_Data.TextureSlotIndex = 1; s_Data.QuadVBIndex = s_Data.QuadVBBase; void Render2D::BeginScene(const EditorCamera& camera) { NUT_PROFILE_FUNCTION(); s_Data.CameraUniformBuffer.ViewProjection = camera.GetViewProjection(); s_Data.CameraUniformBuffer->SetData(glm::mat4(camera.GetData())); s_Data.QuadIndexCount = 0; s_Data.TextureSlotIndex = 1; s_Data.QuadVBIndex = s_Data.QuadVBBase; } </pre>
运行机制：	 <p>运行机制：</p> <p>具体可以参考 https://learnopengl-cn.github.io/04%20Advanced%20OpenGL/08%20Advanced%20GLSL/%uuniform_2</p>

所以在设置了 Uniform Buffer 之后，可以取消绑定着色器并绑定统一变量的操作：

```
// Shader
s_Data.TextureShader = Shader::Create("assets/shaders/TextureShader.glsl"); //创建纹理着色器
//s_Data.TextureShader->Bind(); //绑定纹理着色器
//s_Data.TextureShader->SetIntArray("u_Textures", samplers, s_Data.MaxTextureSlots); //设置纹理槽
s_Data.CameraUniformBuffer = UniformBuffer::Create(sizeof(Renderer2DData::CameraData), 0);
```

在更新代码以使用 Uniform Buffer 的时候，我发现一个问题：

前提：

我们在着色器中将两个统一变量更改为统一变量块，他们分别是：“u ViewProjection”和“u Textures”。

这都是为了UBO的使用而做的更改，因为Uniform buffer的使用需要在着色器统一变量块与UBO之间建立一种联系：“Binding Points”->绑定点。

需要做的修改：

当然，我们也需要在着色器做完更改之后，再去更新相应的代码，比如：

<p>修改前 (未使用 Uniform Buffer)</p> <pre>s_Data.TextureShader->SetMat4("u_ViewProjection", camera.GetViewProjectionMatrix());</pre>	<p>在这里，我们直接将 <code>u_ViewProjection</code> 作为一个 <code>mat4</code> 变量传递给着色器，实现统一变量的直接绑定。</p>
<p>修改后 (已使用 Uniform Buffer)</p> <pre>s_Data.CameraUniformBuffer = UniformBuffer::Create(sizeof(Renderer2DData::CameraData), 0); s_Data.CameraUniformBuffer->SetData(&s_Data.CameraBuffer, sizeof(Renderer2DData::CameraData));</pre>	<p>现在我们先创建了UBO，然后将着色器中的统一变量块(Uniform block)通过封装好的函数 <code>SetData()</code>，绑定 UBO 到正确的绑定点 (Binding Point)。</p>

Eg: u_ViewProjection 的更新结果:

```
void Renderer2D::BeginScene(const Camera& camera, const glm::mat4& viewMatrix)
{
    NUT_PROFILE_FUNCTION();

    s_Data.CameraBuffer.ViewProjection = camera.GetProjection() * glm::inverse(viewMatrix);
    s_Data.CameraUniformBuffer->SetData(&s_Data.CameraBuffer, sizeof(Renderer2DData));

    s_Data.QuadIndexCount = 0;
    s_Data.TextureSlotIndex = 1;
    s_Data.QuadVBIndex = s_Data.QuadVBBase;
}
```

疑问:

我发现 Chernov 虽然为 u_ViewProjection 进行了更新,但是在将 u_Textures 由统一变量设置为统一变量块之后,他不仅删除了之前显示绑定统一变量的代码,还没有对 u_Textures 进行类似的更新,这让我有点迷惑。

```
#type fragment
#version 450 core

layout(location = 0) out vec4 color;
layout(location = 1) out int color2;

in vec4 v_Color;
in vec2 v_TexCoord;
in float v_TexIndex;
in float v_TilingFactor;
in flat int v_EntityID;

layout(binding = 0) uniform sampler2D u_Textures[32];

void main()
{
    color = texture(u_Textures[int(v_TexIndex)], v_TexCoord);
    color2 = v_EntityID;
}
```

```
s_Data.TextureShader = Shader::Create("assets/shaders/Texture.glsl");
s_Data.TextureShader->Bind();
s_Data.TextureShader->SetIntArray("u_Textures", samplers, s_Data.MaxTextureSlots);
```

思考:

这个问题的原因这是为何呢?

其实这和 Uniform buffer obj 没有很大的关系,这仅仅与 u_Textures 的一些特性有关。具体来讲,这和 OpenGL 纹理的特性相关。

答案:

纹理是 OpenGL 中的一种特殊资源,在着色器中使用 layout(binding = 0) 声明绑定点后,你只需对纹理进行绑定操作即可(将纹理绑定到对应的纹理单元),OpenGL 会自动处理纹理与着色器变量的映射。因此,在提前声明了 layout(binding = 0) 的情况下,纹理数组不需要像 UBO 那样通过 SetIntArray 或 SetData 来更新。

分析:

1. layout(binding = 0) 的原理

layout(binding = 0) 语法在 GLSL 中告诉 OpenGL, 某个 uniform 变量(例如纹理或 UBO) 会和一个 绑定点 (binding point) 关联。这种方式是 OpenGL 中的一种标准机制,允许你将资源(如纹理、UBO) 直接绑定到特定的资源绑定点,从而避免了逐个设置 uniform 值的麻烦。

具体来说:

- 对于纹理 (sampler2D、samplerCube 等): 当你使用 layout(binding = N) 时,着色器的该纹理变量会与 OpenGL 中的绑定点 N 关联。
- 对于 Uniform Buffer Objects (UBO): UBO 的工作方式类似,也需要通过绑定点 (binding = N) 来绑定到 OpenGL 中某个绑定点

2. 但为什么纹理可以直接通过 layout(binding = 0) 来绑定,而不需要额外的操作?

对于纹理数组 (sampler2D u_Textures[32]), 其实你并不需要像 UBO 那样来传递数据。因为纹理绑定在 OpenGL 中已经是一个非常内建的机制,你只需要使用 layout(binding = N) 来声明绑定点,而不需要手动传递纹理单元索引。就能直接将这些纹理单元与着色器中的纹理数组自动对应。

》》》五: OpenGL Shader 更新

》》》接下来我将对着色器系统进行相关更新。(其中包括了: Vulkan 植入,日志错误提醒的更新,着色器缓存文件的生成)

》》》关于 Timer 的使用

示例:

```
class Timer
{
public:
    Timer()
    {
        Reset();
    }

    void Timer::Reset()
    {
        m_Start = std::chrono::high_resolution_clock::now();
    }

    float Timer::Elapsed()
    {
        return std::chrono::duration_cast<std::chrono::milliseconds>(std::chrono::high_resolution_clock::now() - m_Start).count();
    }

    float Timer::ElapsedMillis()
    {
        return Elapsed() * 1000.0f;
    }

private:
    std::chrono::time_point<std::chrono::high_resolution_clock> m_Start;
};

// 创建一个 Timer 对象
Hazel::Timer timer;

// 第一个操作: 模拟一个短时间的操作
std::this_thread::sleep_for(std::chrono::milliseconds(500)); // 模拟 500 毫秒的延迟
std::cout << "Time after first operation: " << timer.ElapsedMillis() << " ms\n";

// 重置计时器
timer.Reset();

// 第二个操作: 模拟一个稍长的操作
std::this_thread::sleep_for(std::chrono::seconds(1)); // 模拟 1 秒的延迟
std::cout << "Time after second operation: " << timer.ElapsedMillis() << " ms\n";
```

》》》对着色器系统进行修改后,需要将 Premake 中的运行时静态链接关掉:

```
staticruntime "on"
改为
staticruntime "off"
```

包括 Nut/premake5.lua、Nut-Editor/premake5.lua、Nut/vendor/yaml-cpp/premake5.lua 这三个文件中的相关代码。

》》》着色器中的 Location 要求

SPIR-V 作为 Vulkan 的中间表示语言，需要为每个输入/输出变量分配一个 **location** 值（为输入和输出变量明确指定 **location** 属性），以便于着色器编译器正确地将这些变量与 GPU 的管线绑定。在 OpenGL 中，某些输入/输出变量（如顶点属性、uniforms等）可以通过其他方式来绑定。而在 Vulkan 中，SPIR -V **显式**要求在着色器中为所有的输入和输出变量指定唯一的 location。

比如：

```
17 //
18
19 struct VertexOutput
20 {
21     vec4 Color;
22     vec2 TexCoord;
23     float TexIndex;
24     float TilingFactor;
25 };
26
27 layout(location = 0) out VertexOutput Output;
28 layout(location = 4) out flat int v_EntityID;
29
30 void main()
31 {
32     Output.Color = a_Color;
33     Output.TexCoord = a_TexCoord;
34     Output.TexIndex = a_TexIndex;
35     Output.TilingFactor = a_TilingFactor;
36     v_EntityID = a_EntityID;
37
38     gl_Position = u_ViewProjection * vec4(a_Position, 1.0);
39     //gl_Position = u_ViewProjection * u_Transform * vec4(a_Position, 1.0);
40 }
41
```

》》》我差不多是直接复制了 OpenGLShader 更新的代码，所以没有仔细查看，可能会补充关于更新的理解笔记，我也不知道。

TODO:

（着色器更新中包括了： Vulkan 植入，日志错误提醒的更新，着色器缓存文件的生成 这几点）
在我做出更改之前，如果有人补充着色器中代码更新的细则与用意，我可以将其合并进来。

》》》六：平台工具的更新（打开或保存文件）

》》》这里我不需要做更改，因为我的代码似乎是正确的。

》》》七：视口与摄像机更新

》》》这里只是新增一些判断条件，非常简单。

Anyway，这一集的提交应该到此结束了。这期间过了很久，并不是因为这一集很难，而是因为期末事情比较多，时间比较赶紧。
现在终于提交完毕了，无论如何，请享受接下来的学习。

----- Content browser panel -----

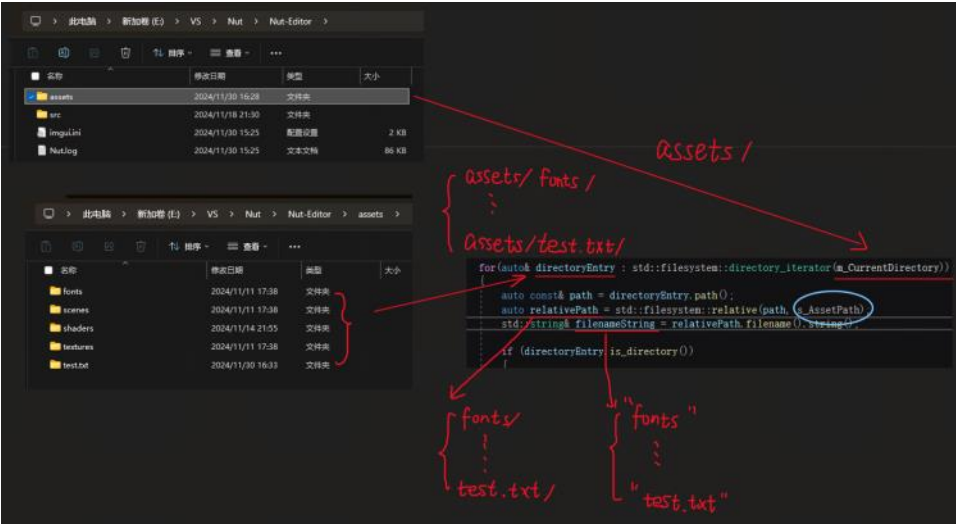
》》》std::filesystem::relative()

```
const auto& path = directoryEntry.path();
auto relativePath = std::filesystem::relative(path, s_AssetPath);
```

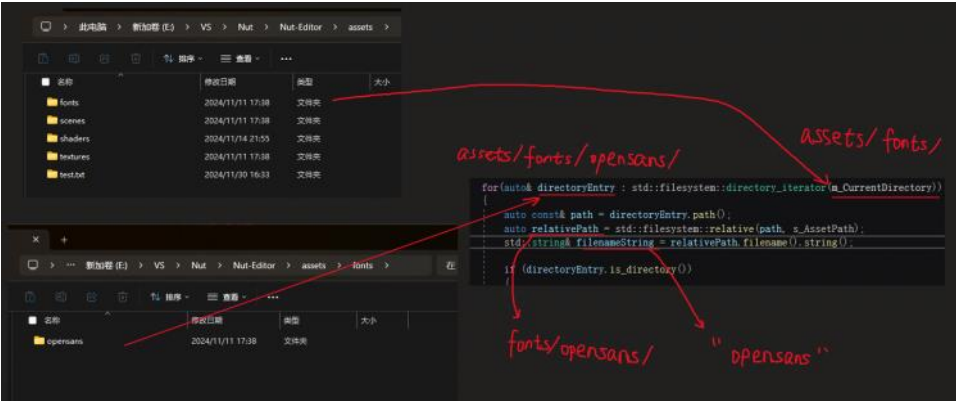
如果 s_AssetPath 是 C:\Projects\MyGame\Assets， path 是 C:\Projects\MyGame\Assets\Models\Character.obj。
那么 std::filesystem::relative(path, s_AssetPath) 会返回 Models\Character.obj，这是 path 相对于 s_AssetPath 的相对路径。

》》操作图示：

第一次循环：



第二次循环:



》》》"/=" 运算符重载

Eg.

"m_CurrentDirectory /= path.filename();"

/= 运算符的重载

概念:

在 C++17 的 std::filesystem::path 中, /= 运算符是被重载的, 用于拼接路径。其功能是将路径对象 path 中的部分与左侧的路径进行合并。

使用要求:

m_CurrentDirectory 是一个表示当前目录的路径, 通常是一个 std::filesystem::path 类型的对象。path.filename() 返回的是 path 对象中的文件名部分, 且其类型也是 std::filesystem::path。

示例说明:

假设

m_CurrentDirectory	C:\Projects\MyGame\Assets.
path	C:\Projects\MyGame\Assets\Models\Character.obj.
path.filename()	Character.obj.

那么, m_CurrentDirectory /= path.filename(); 的结果会是 m_CurrentDirectory 等于 C:\Projects\MyGame\Assets\Character.obj

》》》ImGui::Columns(columnCount, 0, false);

ImGui::Columns()

原型:

void ImGui::Columns(int columns_count = 1, const char* id = NULL, bool border = true);

参数解释:

columns_count (类型: int, 默认值: 1)	功能: 指定列的数量。默认值是 1, 表示只有一列。如果你想创建多个列, 可以设置为大于 1 的数字。
id (类型: const char*, 默认值: NULL)	功能: 这是一个可选的字符串, 用来指定一个唯一的 ID。 如果多个列使用相同的 ID, ImGui 会为它们创建一个统一的状态。这个 ID 在 ImGui 的内部用于区分不同的列布局, 但如果不需区分, 可以传入 NULL 或忽略它。
border (类型: bool, 默认值: true)	功能: 指定是否显示列之间的边框。如果为 true, 列之间会有一个分隔线。如果为 false, 则没有边框, 列之间没有分隔线。

示例:	示例: ImGui::Columns(3) 表示创建 3 列布局。
	示例: ImGui::Columns(3, "MyColumns"), 通过指定 ID, 可以在后续的操作中区分不同的列布局。
	示例: ImGui::Columns(3, NULL, false) 表示创建 3 列, 并且不显示列间的边框。

》》》一段错误代码诱发的思考:

错误的:

```
Ref<Texture> icon = (directoryEntry.is_directory() ? m_FolderIcon : m_FileIcon);
if (ImGui::ImageButton((ImTextureID)icon->GetRenderedID(), { thumbnailSize, thumbnailSize }, { 0, 1}, { 1, 0}))
{
    if (ImGui::IsItemHovered() && ImGui::IsMouseClicked(ImGuiMouseButton_Left))
    {
        if (directoryEntry.is_directory())
            m_CurrentDirectory /= path.filename();
    }
}
```

如果将 ImGui::ImageButton() 放在条件判断中, 会导致优先判断按钮是否被单击, 随后才会判断使用者是否在指定区域双击图标, 这会导致鼠标双击的逻辑不能正常触发。

正确的

```
Ref<Texture> icon = (directoryEntry.is_directory() ? m_FolderIcon : m_FileIcon);
ImGui::ImageButton((ImTextureID)icon->GetRenderedID(), { thumbnailSize, thumbnailSize }, { 0, 1}, { 1, 0});
if (ImGui::IsItemHovered() && ImGui::IsMouseClicked(ImGuiMouseButton_Left))
{
    if (directoryEntry.is_directory())
        m_CurrentDirectory /= path.filename();
}
```

》》》ImGui::TextWrapped()

概念:

ImGui::TextWrapped() 是一个用于在 ImGui 中显示文本的函数, 主要特点是当文本内容超出当前窗口或控件的宽度时, 会自动换行显示。这个特性适用于显示多行文本, 因为文本宽度是动态的, 可以适应父容器的大小。这避免了手动计算的麻烦。

函数原型:

```
void ImGui::TextWrapped(const char* fmt, ...);
void ImGui::TextWrapped(const std::string& str);
```

参数:

fmt: 一个格式化字符串, 允许你使用 ImGui 的格式化语法来插入变量。例如, 可以传入一个字符串, 或者传入多个参数, 通过 fmt 来格式化它们。
str: 传入一个 std::string 对象。它会自动转化为 C 字符串并显示在界面上。

用法:	
1. 基本用法:	ImGui::TextWrapped("This is a very long line of text that will automatically wrap when it reaches the edge of the window.");
2. 与格式化字符串一起使用: 你可以通过格式化字符串来显示动态内容。例如显示文件名、错误信息等。	const char* filename = "example.txt"; ImGui::TextWrapped("The file %s has been loaded successfully.", filename);
3. 使用 std::string: 如果你有一个 std::string 对象, 也可以直接传给 TextWrapped。	std::string filename = "example.txt"; ImGui::TextWrapped(filename); // 直接显示 std::string 的内容

》》》DragFloat 和 SliderFloat 的区别。

ImGui::DragFloat 和 ImGui::SliderFloat 的区别

DragFloat:

既可以通过鼠标在输入框中直接滑动, 也可以输入值。

SliderFloat :
只能操作滑块来改变大小。



----- Content browser panel (Drag & drop) -----

》》》PushID 和 PopID 的作用是什么？PopID 是否可以放在 if 条件判断之前？

```
for(auto& directoryEntry : std::filesystem::directory_iterator(m_CurrentDirectory)) // 当前目录
{
    auto const& path = directoryEntry.path();
    auto relativePath = std::filesystem::relative(path, m_AssetPath);
    std::string filenameString = relativePath.filename().string();
    // 获得缩略图

    ImGui::PushID(filenameString.c_str());
    ImGui::Image(textureID, ImVec2(40, 40, 0, 0));
    Ref(Texture) icon = (directoryEntry.is_directory() ? m_FolderIcon : m_FileIcon);
    ImGui::ImageButton((ImGuiTextureID)icon->GetRendererID(), { thumbnailSize, thumbnailSize },
    ImGui::StyleColor());

    if (ImGui::IsItemHovered() && ImGui::IsMouseDoubleClicked(ImGuiMouseButton_Left))
    {
        if (directoryEntry.is_directory())
        {
            m_CurrentDirectory /= path.filename();
        }
        if (directoryEntry.is_regular_file())
        {
            std::filesystem::path absolutePath = "E:\\VS\\Vut\\Vut-Editor" / path;
            // 使用 ShellExecute 打开记事本
            ShellExecute(nullptr, "open", "F:\\Microsoft VS Code\\Code.exe", absolutePath.string(), nullptr, SW_SHOW);
        }
    }

    ImGui::TextWrapped(filenameString.c_str());
    // 增加文本

    ImGui::NextColumn();
    ImGui::PopID();
}
```

一：PushID 和 PopID 的作用

在 ImGui 中，当你渲染多个相似的控件（例如多个交互式按钮）时，它们通常会基于 ID 来管理自己的状态（如是否被点击、是否被悬停）。如果没有使用 PushID，这些控件可能会因为共享相同的 ID 而相互干扰（例如，所有的按钮都会共享同一个按下状态，或者鼠标悬停状态）。通过 PushID 和 PopID，你确保每次循环渲染时，都为每个控件生成一个独特的 ID，这样每个文件的按钮、拖放等行为都能独立工作。

二：PopID 是否可以放在 If 判断之前？：不可以

如果在创建完控件之后就结束 ID 的作用范畴，接下来的条件判断 if(ImGui::IsItemHovered()) && ImGui::IsMouseDoubleClicked() 将不再依赖于正确的 ID，而是随机的对某些按钮进行响应，这可能导致行为不一致或 UI 控件无法正常工作。

》》》BeginDragDropTarget() 使用细则

如果手动跟进了 Chernov 的代码，我们会发现，使用 DragDrop 功能只需要两步操作：设置拖动源、设置拖动目标。

拖动源的设置 (ContentBrowserPanel.cpp)	<pre>// allow drag & drop function if (ImGui::BeginDragDropSource()) { const wchar_t* itemPath = relativePath.c_str(); ImGui::SetDragDropPayload("CONTENT_BROWSER_ITEM", itemPath, (wcslen(itemPath) + 1) * sizeof(wchar_t)); ImGui::EndDragDropSource(); }</pre>
拖动目标的设置 (EditorLayer.cpp)	<pre>ImGuiTextureID textureID = (void*)m_Framebuffer->GetColorAttachmentRendererID(); ImGui::Image(textureID, ImVec2(m_ViewPortSize.x, m_ViewPortSize.y), ImVec2(0, 1), ImVec2(1, 1)); // Confirm boundary values ImVec2 minBound = ImGui::GetWindowPos(); minBound.x += viewportOffset.x; minBound.y += viewportOffset.y; m_ViewPortBounds[0] = { minBound.x, minBound.y }; m_ViewPortBounds[1] = { minBound.x + m_ViewPortSize.x, minBound.y + m_ViewPortSize.y }; if (ImGui::BeginDragDropTarget()) { if (const ImGuiPayload* payload = ImGui::AcceptDragDropPayload("CONTENT_BROWSER_ITEM")) { const wchar_t* path = (const wchar_t*)payload->Data; OpenScene(std::filesystem::path(m_AssetPath) / path); } ImGui::EndDragDropTarget(); }</pre>

》》计算const char* 类型字符串

如果有这样一个变量：const char* path = "abc/def/g"。计算其长度时，如下两种方式，一个错一个对：

Sizeof(path)	错误：这行代码只计算了指针的大小，而不是整个字符串的大小。（指针~指的是"abc/def/g"中首字符的内存位置，也就是'a'在内存中的存储位置。
(Strlen(path) + 1) * size(char)	正确：strlen() 计算字符串的长度，但不包含'\0'，故加一。然后对其乘以 char 类型的大小，得到正确结果。

》》关于拖拽预览的绘制，还需要注意一点：

注意：在使用 BeginDragDropTarget() 之前，需要绘制一个有效的交互区域。

比如在视口的设置之后，我们使用了BeginDragDropTarget()，你会发现拖动文件到视口区域时，视口的可用区域会高亮，并且能够处理后续文件拖入操作。
可是如果注释掉 ImGui::Image() 这一行代码，你会发现拖动文件的功能会无响应。
这是因为 ImGui::Image 不仅显示了图像，还会自动处理它的交互区域，因此它是一个“有效”的拖放目标。



操作。
可是如果注释掉 `ImGui::Image()` 这一行代码，你会发现拖动文件的功能会无响应。
这是因为 `ImGui::Image` 不仅显示了图像，还会自动处理它的交互区域，因此它是一个“有效”的拖放目标。



如果你只绘制了一个窗口，或者在窗口中放置了 `Text`、`Child` 等“不可交互”的空间，可用区域高亮便不会出现。同样的，文件拖动也会不起作用。

Eg.

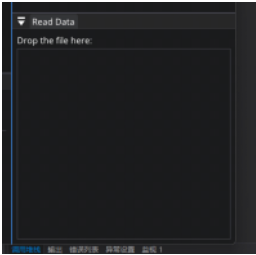
```
// Read Test Data
ImGui::Begin("Read Data");
ImGui::Text("Drop the file here:");

ImGuiVec2 targetSize = ImGui::GetContentRegionAvail();

// 创建一个子窗口，用于显示拖放目标区域
if (ImGui::BeginChild("DropTarget", targetSize, true))
{
    // 通过Dummy元素创建一个可交互的区域
    ImGui::Dummy(ImGuiVec2(targetSize.x, targetSize.y)); // 只创建一个空的区域

    // Allow Drag & drop
    if (ImGui::BeginDragDropTarget())
    {
        if (const ImGuiPayload* payload = ImGui::AcceptDragDropPayload("CONTENT_BROWSER_ITEM"))
        {
            const wchar_t* path = (const wchar_t*)payload->Data;
            ReadTestFile(std::filesystem::path(g_AssetPath) / path);
        }
        ImGui::EndDragDropTarget();
    }
}

ImGui::EndChild();
ImGui::End();
```

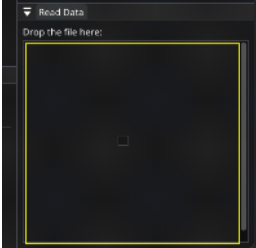


此时便需要我们创建一个可交互的区域： `ImGui::Button`、 `ImGui::Dummy` 等等控件，以此来完善文件拖动的功能。

```
// 创建一个子窗口，用于显示拖放目标区域
if (ImGui::BeginChild("DropTarget", targetSize, true))
{
    // 通过Dummy元素创建一个可交互的区域
    ImGui::Dummy(ImGuiVec2(targetSize.x, targetSize.y)); // 只创建一个空的区域

    // Allow Drag & drop
    if (ImGui::BeginDragDropTarget())
    {
        if (const ImGuiPayload* payload = ImGui::AcceptDragDropPayload("CONTENT_BROWSER_ITEM"))
        {
            const wchar_t* path = (const wchar_t*)payload->Data;
            ReadTestFile(std::filesystem::path(g_AssetPath) / path);
        }
        ImGui::EndDragDropTarget();
    }
}

ImGui::EndChild();
ImGui::End();
```



》》什么是 `ImGui::Dummy`

概念：
`ImGui::Dummy` 是 `ImGui` 提供的一个函数，用于创建一个“占位符”或“虚拟”元素，它不会渲染任何实际的内容，但可以用来占据空间或提供一个交互区域。

主要用途：	占位符： <code>ImGui::Dummy</code> 可以作为一个占位符，帮助你设置一些占用空间但不渲染任何实际内容的区域。这对于需要控制布局、调整空间或创建拖放目标区域非常有用。 控制布局： 通过 <code>ImGui::Dummy</code> ，你可以创建精确的布局区域，而不会干扰其他控件的显示。例如，当你需要创建一个特定大小的区域来接收拖放操作时，可以使用 <code>Dummy</code> 来占据空间。
语法：	<code>void ImGui::Dummy(const ImVec2& size);</code>
参数：	<code>size</code> : 指定占位符的大小，通常是一个 <code>ImVec2</code> (x 和 y 坐标)。这定义了 <code>Dummy</code> 占据的区域的大小。
示例：	假设你想在 <code>ImGui</code> 窗口中创建一个区域，它不会显示任何内容，但你希望它占据一个特定的空间： <code>ImGui::Begin("Example Window");</code> <code>// 创建一个大小为 200x200 的占位符区域</code> <code>ImGui::Dummy(ImVec2(200, 200));</code> <code>ImGui::End();</code>

----- Texture Drag&Drop -----

》》》很久没回来更新了，懒人一个。
之前把游戏引擎的视频看完了，但一直疏于更新，接下来我好好更新。（真的）

》》》没什么要记的

-----Something you need to know in GAME ENGINE -----

》》》看了一会看不动了，应该也没什么代码提交，So I skip that

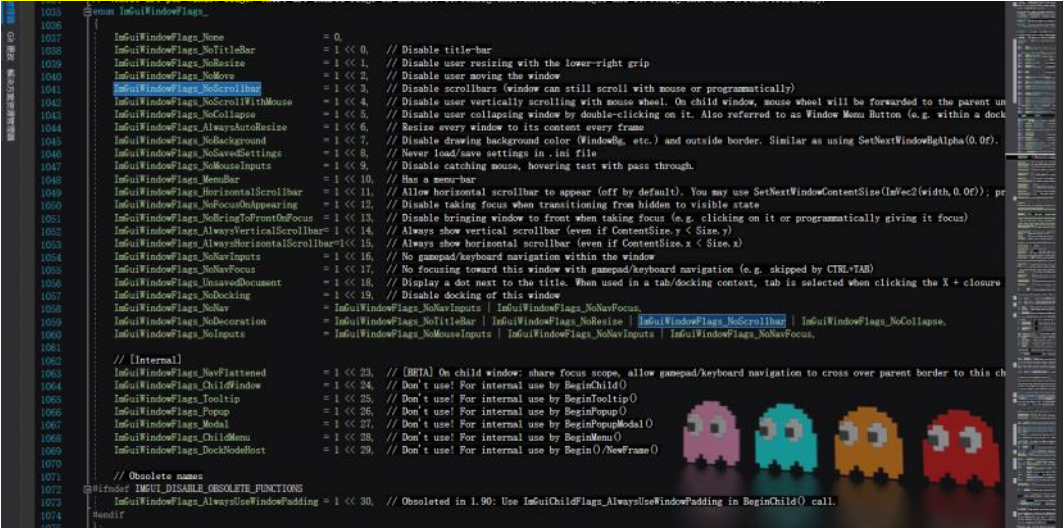
----- Play Button -----

》》》5:28 ~ 15:05 修复纹理撕裂的Bug

》》》后面好像也没什么好记的

ImGui::GetWindowContentRegionMax()	
函数签名:	ImVec2 ImGui::GetWindowContentRegionMax();
返回值:	ImVec2 类型，表示当前窗口内容区域的最大坐标（右下角的坐标）。
通常与ImGui::GetWindowContentRegionMin()一起使用。	

》》》一些 ImGuiWindowFlags_ 的定义:



》》》GL_LINEAR 和 GL_NEAREST 的概念及区别:

概念:

GL_NEAREST (也叫最近过滤, Nearest Neighbor Filtering) 是OpenGL默认的纹理过滤方式。当设置为GL_NEAREST的时候, OpenGL会选择中心点最接近纹理坐标的那个像素。下面图中你可以看到四个像素, 加号代表纹理坐标, 左上角那个纹理像素的中心距离纹理坐标最近, 所以它会被选择为样本颜色:

GL_LINEAR (也叫线性过滤, Bilinear Filtering) 它会根据纹理坐标附近的纹理像素, 计算出一个插值, 近似出该处纹理像素之间的颜色。一个纹理像素的中心距离纹理坐标越近, 那么这个纹理像素的颜色对最终的颜色贡献越大。下面你可以看到返回的颜色是邻近像素的混合色:

那么这两种纹理过滤方式有怎样的视觉效果呢? 让我们看看在一个很大的物体上应用一张低分辨率的纹理会发生什么吧 (纹理被放大了, 每个纹理像素都能看到):

GL_NEAREST产生了锯齿状的图案。我们能够清晰看到组成纹理的像素, 而GL_LINEAR能够产生更平滑的图案, 很模糊出单个的纹理像素。GL_LINEAR可以产生更真实的输出, 但也有开发者更喜欢0-bits风格, 所以他们会用GL_NEAREST选项。

对比

特性	GL_NEAREST	GL_LINEAR
工作原理	选择最接近纹理坐标的像素	对周围 4 个像素进行双线性插值
放大效果	像素化 (块状)	平滑
缩小效果	可能出现闪烁或锯齿	平滑
性能	计算简单, 性能开销低	计算复杂, 性能开销较高
通用场景	像素艺术、性能敏感场景	高质量纹理渲染、3D 游戏

----- 2D Physics -----

》》》概述

2: 51 ~ 9: 40 修复一个无法编译的错误

9:50 ~ 13:30 将 Box2D 设置为子模块

- 13: 50 ~ 16: 25 修改 Premake 文件
- 18: 30 ~ 25:18 Box2D 使用解释
- 25: 20 ~ 25: 58 引擎的一些小改变
- 26: 00 ~ 56: 32 设计组件和实际使用 Box2D
- 56: 32 ~ 1: 08: 00 UI 界面的设置以及成果运行展示
- 1: 08: 20 ~ 1: 19: 45 序列化与反序列化以及成果演示

》》》网址 Box2D (3.1.0)	
官网:	https://box2d.org/
文档:	https://box2d.org/documentation/
Github:	https://github.com/erincatto/box2d

非常建议在开始写代码前阅读 (3.1.0) :

简单演示参考->	https://box2d.org/documentation/hello.html
模拟时的代码参考->	https://box2d.org/documentation/md_simulation.html (包含了 ID, World, Body,Shapes,Contacts, Joints 的定义、初始化、概念等等)

》》》网址 (2.4.1)	
官网:	https://box2d.org/doc_version_2_4/
Github	https://github.com/erincatto/box2d/tree/9ebbbcd960ad424e03e5de6e66a40764c16f51bc

》》》开始之前

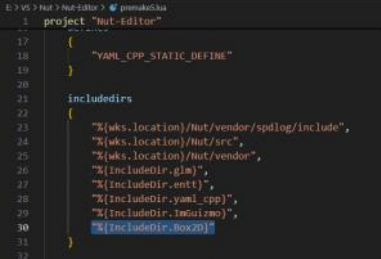


我发现有人曾经提示过版本更改的问题, Cherno 使用的是 2.4.1, 当前已经更新到 3.1.0. 但我选择先使用 3.1.0 试试看, 毕竟新的库更前卫一些, 我也想尝尝鲜. 如果你想按照 Cherno 的想法来, 就照他的方法做, 使用 2.4.1. 如果你想保持 2.4.1 版本中的 C++ 特性, 且对性能要求不敏感, 那就使用 2.4.1 .

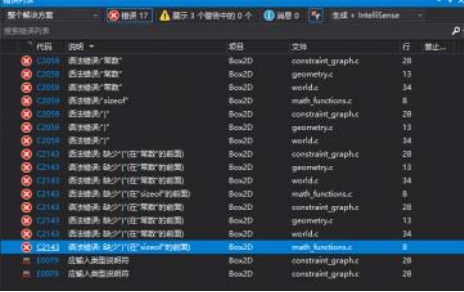
更改和操作:

3.0.1 相较于 2.4.1 有了较大变化, 文件结构发生变化. 另外, 由 C++ 转换为了 C. (迁移指南: https://box2d.org/documentation/md_migration.html)

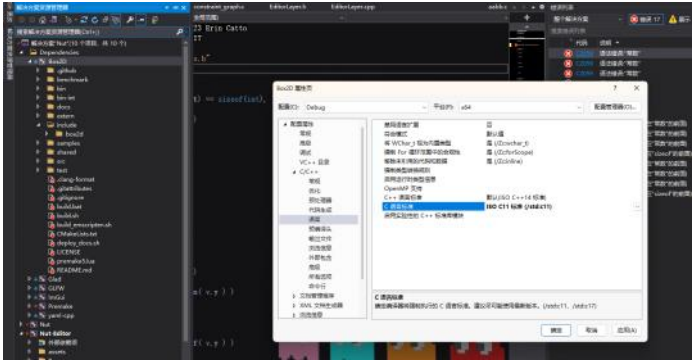
》》遇到的第一个错误: 来自 Nut-Editor 的 LINK 错误, 解决方案:



》》遇到的第二个错误: 许多语法错误



并且所有的错误都指向一个函数: _Static_assert() 我想这是因为没有将C语言的编译器设置为 /std:c11, 因为 _Static_assert() 是 c11 中的特性. 在 C++11 中, 这个函数被定义为 Static_assert() . 我手动在 Box2D 的属性页中设置了 C 编译器, 将其从默认 (旧MSVC) 修改为 ISO C11标准(/std:c11)



》》但是还有一个问题，就是我们无法将这个操作写在 premake 文件中，即无法将其脚本化。

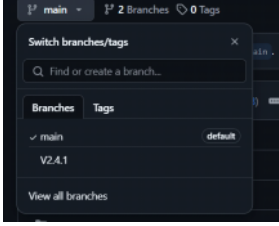
我搜集了很多论坛和答案，但是 premake 好像无法为 msvc 提供合适的指令，也就是说没有可用的指令对 C 编译器的版本进行修改。
类似的指令有： `buildoptions { "/std:c11" }` 或者 `buildoptions { "-std=c11" }`，但是这两个指令似乎只能针对 GCC/Clang 的 C 编译器，对其进行自动化更改。

这会导致一个结果，如果我选用了 Box2D 的 3.1.0 版本，为了在项目中正常使用 Box2D，则必须修改 MSVC 中的 C 编译器（以修正报错。但是我无法在 premake 中脚本化这个操作，就只能手动设置。这时，如果在外部重新使用 bat 脚本（Win-GenProjects.bat）运行或更新项目，则会导致 Box2D API 受它本身的 Premake 脚本影响，从手动设置的 /std:c11 状态退回到默认（因为 premake 中的指令无法对 msvc 进行 C 编辑器的修改，即使写下类似的代码，也相当于空白，所以只要重新调用 Box2D 的 premake5.lua，就总是会撤回 VS 中手动设置 C 编辑器的版本）

这里我提供3个解决方案：

第一（我选择的）	退回至 Box2D 2.4.1 版本的使用，因为这个版本由C++开发而成，没有上述问题。虽然性能不如 3.1.0 好，但目前引擎还没有遇到性能瓶颈，而且在项目中植入 C++ 很容易。
第二	将 Box2D 在 MSVC 中 C 编辑器的修改，调整到独立于 premake 之外的脚本中，以实现自动化操作。
第三	对 Box2D.vcproj 直接进行修改，在该文件中直接标明 Box2d C 编辑器的版本为 /std:c11，这个操作可能会受到 premake 脚本重新运行的影响。（我是说可能，我也没有仔细思考）

》》》没想到经过一番查证和思索，到头来还是使用 Box2D 老版本。
<https://github.com/JJJJJJustin/box2d> 这是我 fork 之后创建的库，其中有两个分支：main 代表最新的 Box2d，V2.4.1 代表 2.4.1 版本，你们可以使用。

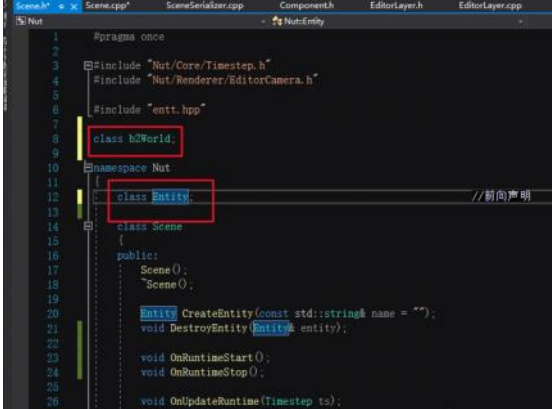


》》》我先提交序列化-反序列化部分的代码，然后再提交逻辑更新，以及UI设置。

》》》return {}: 和 return; 的区别

<code>return;</code>	用于 <code>void</code> 函数，表示结束函数。
<code>return {};</code>	用于有返回值的函数，它返回一个默认初始化的对象，通常会将返回值设为类型的默认值（例如， <code>0</code> 、 <code>nullptr</code> 、空字符串等）。

》》》关于前向声明的位置问题（命名空间之内与命名空间之外）



命名空间的影响：

- 处于命名空间内部：Entity 的前向声明位于 Nut 命名空间内，这意味着编译器会认为这个 Entity 类是属于 Nut 命名空间的 Entity 类。
所有在 Nut:Scene 类中使用 Entity 类型的地方，编译器都会以 Nut 命名空间下定义的 Entity 类进行条件判断。
- 移到命名空间外部：如果你将前向声明移到 Nut 命名空间外，那么 Entity 类将不再被视为 Nut 命名空间的一部分。此时，编译器将 Entity 视为全局作用域中的一个类。
任何在 Nut 命名空间内使用 Entity 的地方，将无法正确识别它是属于 Nut 命名空间的类，编译器将会在全局作用域中寻找 Entity 类的定义。

后果：

- 如果 Scene 中的 Entity 使用的是命名空间内的 Entity（即 Nut:Entity），而前向声明被移到命名空间外部，就会导致编译错误，提示找不到 Nut:Entity。

- 编译器会试图查找一个全局作用域中的 `Entity` 类，而实际上你可能需要的是 `Nut.Entity`，因此会出现命名冲突或找不到类定义的问题。

》》》关于初始化（OnRuntimeStart()）

Creating a World

Every Box2D program begins with the creation of a `b2World` object. `b2World` is the physics hub that manages memory, objects, and simulation. You can allocate the physics world on the stack, heap, or data section. It is easy to create a Box2D world. First, we define the gravity vector.

```

// Init the Box2d world & Attach all Physical properties
void Scene::OnRuntimeStart()
{
    m_PhysicsWorld = new b2World({ 0.0f, -9.8f });
    b2Vec2 gravity(0.0f, -10.0f);
    Now we create the world object
    b2World world(gravity);
}

```

Creating a Dynamic Body

So now we have a ground body. We can use the same technique to create a dynamic body. The main difference, besides dimensions, is that we must establish the dynamic body's mass properties. First we create the body using `CreateBody`. By default bodies are static, so we should set the `b2BodyType` at construction time to make the body dynamic.

```

b2BodyDef bodyDef;
bodyDef.type = b2_dynamicBody;
bodyDef.position.Set(0.0f, 4.0f);
b2Body* body = world->CreateBody(&bodyDef);

```

Next we create and attach a polygon shape using a fixture definition. First we create a box shape:

```

b2PolygonShape dynamicBox;
dynamicBox.SetAsBox(1.0f, 1.0f);

```

Next we create a fixture definition using the box. Notice that we set density to 1. The default density is zero. Also, the friction on the shape is set to 0.3.

```

b2FixtureDef fixtureDef;
fixtureDef.shape = &dynamicBox;
fixtureDef.density = 1.0f;
fixtureDef.friction = 0.3f;

```

Using the fixture definition we can now create the fixture. This automatically updates the mass of the body. You can add as many fixtures as you like to a body. Each one contributes to the total mass.

```

body->CreateFixture(&fixtureDef);

```

Caution: A dynamic body should have at least one fixture with a non-zero density. Otherwise you will get strange behavior.

》》》关于内存泄漏问题

```

// Destroy the Box2d world
void Scene::OnRuntimeStop()
{
    delete m_PhysicsWorld;
    m_PhysicsWorld = nullptr;
}

```

如果 Delete 之后，不执行 `m_PhysicsWorld = nullptr`，这句代码，会出现什么情况？

悬挂指针 (Dangling Pointer)

- 执行 `delete m_PhysicsWorld`；会释放 `m_PhysicsWorld` 指向的内存，但 `m_PhysicsWorld` 本身仍然持有之前指向已释放内存的地址。
- 如果后续尝试使用 `m_PhysicsWorld`（例如访问它或再次删除它），会导致未定义的行为（通常是崩溃），因为 `m_PhysicsWorld` 现在是一个悬挂指针，指向已经无效的内存。

》》》OnUpdateRuntime() 中的更新

```

void Scene::OnUpdateRuntime(float timestep)
{
    // Allow physics simulation & Update the transform of body pre-frame for rendering
    const int velocityIterations = 6;
    const int positionIterations = 2;
    m_PhysicsWorld->Step(timestep, velocityIterations, positionIterations);

    auto& view = m_Registry.view<Rigidbody2DComponent>();
    for(auto& e : view)
    {
        Entity entity = { e, this };
        auto& tc = entity.GetComponent<TransformComponent>();
        auto& rb2c = entity.GetComponent<Rigidbody2DComponent>();

        b2Body* body = (b2Body*)rb2c.RuntimeBody;
        b2Vec2 position = body->GetPosition();
        float angle = body->GetAngle();

        tc.Translation.x = position.x;
        tc.Translation.y = position.y;
        tc.Rotation.z = angle;
    }
}

```

The suggested iteration count for Box2D is 8 for velocity and 3 for position. You can tune this number to your liking, just keep in mind that this has a trade-off between performance and accuracy. Using fewer iterations increases performance but accuracy suffers. Likewise, using more iterations decreases performance but improves the quality of your simulation. For this simple example, we don't need much iteration. Here are our chosen iteration counts.

```

int32 velocityIterations = 6;
int32 positionIterations = 2;

```

Note that the time step and the iteration count are completely unrelated. An iteration is not a sub-step. One solver iteration is a single pass over all the constraints within a time step. You can have multiple passes over the constraints within a single time step.

We are now ready to begin the simulation loop. In your game the simulation loop can be merged with your game loop. In each pass through your game loop you call `b2World::Step`. Just one call is usually enough, depending on your frame rate and your physics time step.

The Hello World program was designed to be simple, so it has no graphical output. The code prints out the position and rotation of the dynamic body. Here is the simulation loop that simulates 60 time steps for a total of 1 second of simulated time.

```

for (int32 i = 0; i < 60; ++i)
{
    world.Step(timestep, velocityIterations, positionIterations);
    b2Vec2 position = body->GetPosition();
    float angle = body->GetAngle();
    printf("w:2f h:2f a:3f\n", position.x, position.y, angle);
}

```

The output shows the box falling and landing on the ground box. Your output should look like this:

》》》OnRuntimeStart() 和 OnUpdateRuntime() 中代码的作用：

初始化 Box2d 世界, 并预先将所有物理属性附加到对象上

```
// Init the Box2d world & Attach all physical properties to the object beforehand
void Scene::OnRuntimeStart()
{
    m_PhysicsWorld = new b2World({ 0.0f, -9.8f });

    auto view = m_Registry.view<Rigidbody2DComponent>();
    for (auto e : view)
    {
        Entity entity = { e, this }; // Just for using member function of class Entity
        auto& tc = entity.GetComponent<TransformComponent>();
        auto& rb2c = entity.GetComponent<Rigidbody2DComponent>();

        b2BodyDef bodyDef;
        bodyDef.type = Rigidbody2DTypeToBox2DBody(rb2c.Type);
        bodyDef.position.Set(tc.Translation.x, tc.Translation.y);
        bodyDef.angle = tc.Rotation.z;
        b2Body* body = m_PhysicsWorld->CreateBody(&bodyDef);

        body->SetFixedRotation(rb2c.FixedRotation);
        rb2c.RuntimeBody = body;

        if (entity.HasComponent<BoxCollider2DComponent>())
        {
            auto& bc2c = entity.GetComponent<BoxCollider2DComponent>();

            b2PolygonShape boxShape;
            boxShape.SetAsBox(bc2c.Size.x, bc2c.Size.y);

            b2FixtureDef fixtureDef;
            fixtureDef.shape = &boxShape;
            fixtureDef.density = bc2c.Density;
            fixtureDef.friction = bc2c.Friction;
            fixtureDef.restitution = bc2c.Restitution;
            fixtureDef.restitutionThreshold = bc2c.RestitutionThreshold;

            body->CreateFixture(&fixtureDef);
        }
    }
}
```

允许物理模拟, 并每帧都更新物体的 Transform 以进行渲染

```
void Scene::OnUpdateRuntime(Timestep ts)
{
    {
        // Allow physics simulation & Update the body transform every frame for rendering
        const int velocityIterations = 6;
        const int positionIterations = 2;
        m_PhysicsWorld->Step(ts, velocityIterations, positionIterations);

        auto view = m_Registry.view<Rigidbody2DComponent>();
        for (auto e : view)
        {
            Entity entity = { e, this };
            auto& tc = entity.GetComponent<TransformComponent>();
            auto& rb2c = entity.GetComponent<Rigidbody2DComponent>();

            b2Body* body = (b2Body*)rb2c.RuntimeBody;
            b2Vec2 position = body->GetPosition();
            float angle = body->GetAngle();

            tc.Translation.x = position.x;
            tc.Translation.y = position.y;
            tc.Rotation.z = angle;
        }
    }
}
```

》》》我发现 yaml 的序列化系统似乎没有将 Texture 的结果进行保存, 每次进入引擎的场景之后, 纹理都会被刷新掉。

----- UUID -----

》》》xhash ?

》》》代码理解:

》解释代码:

1. `std::random_device s_RandomDevice;`
 - o `std::random_device` 是用于生成随机数的设备 (通常依赖硬件或操作系统提供的随机源), 用来初始化 `std::mt19937_64` 引擎。
2. `std::mt19937_64 s_Engine(s_RandomDevice());`
 - o `s_Engine` 是一个基于 `std::mt19937_64` 的随机数生成器。它的种子是从 `s_RandomDevice` 获取的一个值。
3. `std::uniform_int_distribution<uint64_t> s_UniformDistribution;`
 - o `s_UniformDistribution` 是一个均匀分布对象, 用于生成在某个范围内的随机整数。
 - o 当前这行代码并没有指定范围, 默认情况下它生成的随机数范围是 `{std::numeric_limits<uint64_t>::min(), std::numeric_limits<uint64_t>::max()}`, 即 `uint64_t` 类型的最小值到最大值。

```
static std::random_device s_RD; // 设置随机数种子, 用于初始化引擎
static std::mt19937_64 s_Engine(s_RD); // 根据随机数种子, 创建随机数生成器 (随机数引擎)
static std::uniform_int_distribution<uint64_t> m_UniformDistribution; // 创建分布对象 (用于约束随机数生成的范围、频率等特征)

UUID::UUID()
: m_UUID(m_UniformDistribution(s_Engine)) // 使用随机数引擎生成一个数字, 并使用分布对象将其转化
{
}
{
}
```

》范围设置 与 实际使用

默认情况下, `s_UniformDistribution` 可以生成的随机数范围是: `std::numeric_limits<uint64_t>::min() ~ std::numeric_limits<uint64_t>::max()`
即 $0 \sim 2^{64} - 1$ -> (0, 18446744073709551615)

如果需要设置范围, 可以这样操作:

```
int main() {
    // 随机设备，用于初始化引擎的种子
    std::random_device rd;

    // 创建 Mersenne Twister 引擎，并用随机设备初始化
    std::mt19937_64 engine(rd());

    // 创建均匀整数分布，范围是 [100, 1000]
    std::uniform_int_distribution<uint64_t> dist(100, 1000);

    // 从引擎中生成一个随机数，并使用分布转换它
    uint64_t randomValue = dist(engine);

    std::cout << "Generated random number: " << randomValue << std::endl;

    return 0;
}
```

》》》运算符重载的定义方式：

》》》

operator uint64_t() const { return m_UUID; }
uint64_t operator() const { return m_UUID; }
这两个有什么区别？ 哪一个运算符重载？

<pre>operator uint64_t() const { return m_UUID; }</pre> <ul style="list-style-type: none">• 目的： 这是一个运算符重载，旨在将 <code>UUID</code> 类型的对象转换为 <code>uint64_t</code> 类型。• 用途： 当你想隐式或显式地将 <code>UUID</code> 类型转换为 <code>uint64_t</code> 类型时，会调用这个运算符。• 示例：<pre>Nut::UUID uuid(123456); uint64_t val = uuid; // 隐式调用 operator uint64_t()</pre>• 结论： 语法正确，并且是运算符重载。	<pre>uint64_t operator() const { return m_UUID; }</pre> <ul style="list-style-type: none">• 目的： 这是一个函数调用运算符（<code>operator()</code>），它允许对象像函数一样被调用。这并不是类型转换运算符，而是定义了一个函数调用行为。• 用途： 你可以通过 <code>()</code> 操作符调用一个 <code>UUID</code> 对象。例如，如果你实例化了 <code>UUID</code> 对象，可以像调用函数一样调用它，<code>operator()</code> 会返回 <code>m_UUID</code> 的值。• 示例：<pre>Nut::UUID uuid(123456); uint64_t val = uuid(); // 调用 operator(), 返回 m_UUID</pre>• 结论： 语法正确，能够使得 <code>UUID</code> 对象像函数一样被调用。
--	---

结论：

- 如果你的目的是将 `UUID` 对象转换为 `uint64_t` 类型，那么 **第一个**（`operator uint64_t()`）更为合适。因为它是运算符重载，能够让 `UUID` 对象与 `uint64_t` 类型之间进行无缝转换。
- 如果你的目的是让 `UUID` 对象像函数一样被调用并返回 `m_UUID`，那么 **第二个**（`uint64_t operator() const`）是正确的。它实现了函数调用操作符。

》》同样的，这里也可以看到 函数调用操作符 的痕迹：

```
static std::random_device s_RD;          // 设置随机数种子。  
static std::mt19937_64 s_Engine(s_RD()); // 根据随机数种子。  
static std::uniform_int_distribution<uint64_t> s_UniformDistribution;
```

<code>s_RD</code> 只是对象本身，它本身并没有直接生成随机数。	<code>s_RD()</code> 是对 <code>std::random_device</code> 对象的调用，它会生成一个随机数（通常是 <code>unsigned int</code> 类型），并返回。 <code>s_RD()</code> 实际上是调用 <code>std::random_device</code> 的 <code>operator()</code> ，它返回一个随机数，并将这个数作为种子传递给 <code>std::mt19937_64</code> 引擎。
---	---

----- Rendering Circles -----

》》》概述

0:00 ~ 8:41 Hazel3D 中对于圆形渲染和多边形碰撞的演示

8:42 ~ 13:18 一些赘述

13: 18~19:36 CircleComponent 的设置、CircleComponent UI 绘制、CircleComponent 的添加途径

19:45~35:42 渲染代码的编写

35:45~42:42 着色器的编写

42:44 ~ 44:43 渲染函数的更新

44:44~54:22 调试与演示

54:43~1:00:00 边缘检测和选中物体

1:00:04~1:01:55 圆形渲染调试

1:02:00 ~ 1:04:27 序列化文件