Motor de Jogos e Arquitetura

Gerenciamento de memória e processo, ECS

Slides por:
Gustavo Ferreira Ceccon (TEDJE - FoG - ICMC, 2017)

Este material é uma criação do
Time de Ensino de Desenvolvimento de Jogos Eletrônicos (TEDJE)
Filiado ao grupo de cultura e extensão Fellowship of the Game (FoG), vinculado ao ICMC - USP

Objetivos

- Representação e acesso de objetos a memória
- Aumentar performance de um jogo

Índice

1. Gerenciamento de Memória

1. Gerenciamento de Memória

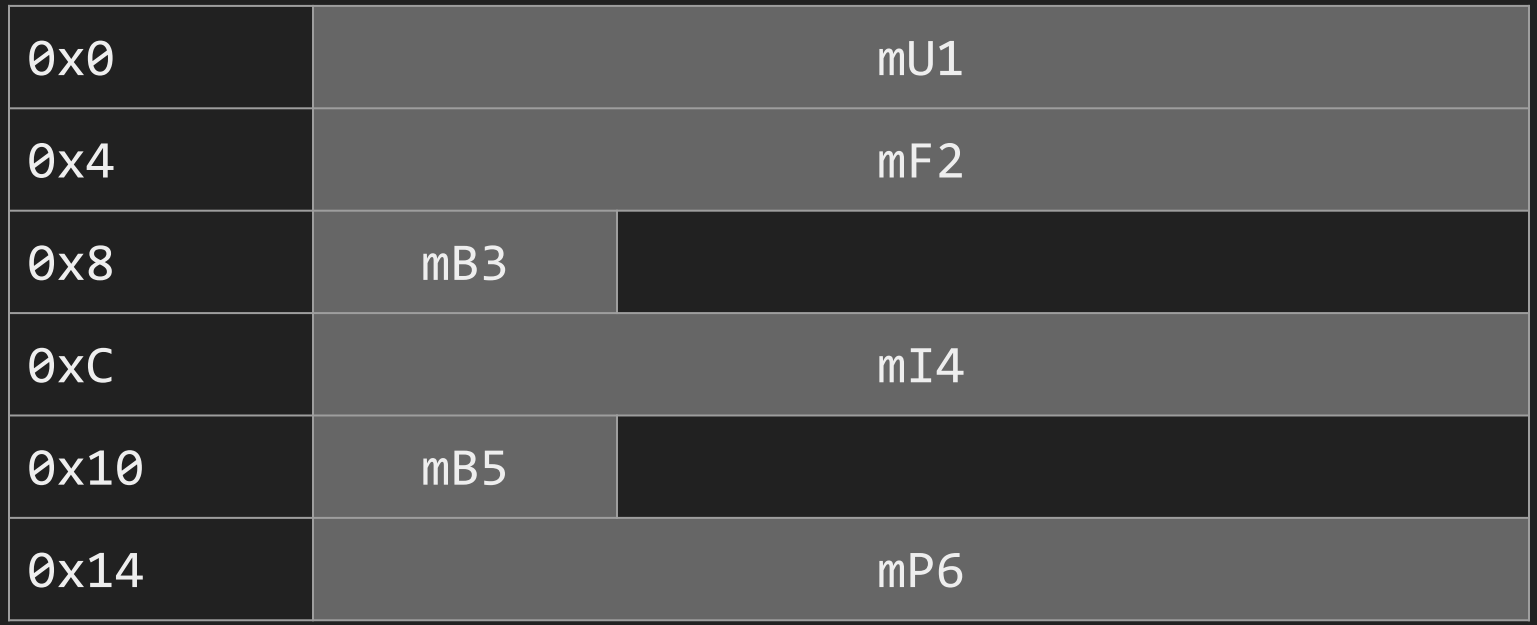
- Como jogos são sistema de tempo real, é necessário aproveitar cada milésimo de segundo possível
  - Isso só é possível paralelizando as tarefas e otimizando o uso de memória e processamento
- Gerenciamento de memória tem um papel importante, já que o custo de alocação e desalocação é alto
- Também implica no aproveitamento da cache

1. Gerenciamento de Memória

- Alinhamento é como os dados de uma estrutura estão organizados na memória
  - Em geral eles estão na ordem da declaração, o problema é aproveitamento de espaço
  - Quando temos variáveis pequenas que não podem ser agrupadas com variáveis vizinhas, criamos um buraco
  - Alguns compiladores têm otimização

1. Gerenciamento de Memória

```
struct InefficientPacking {
    U32 mU1; // 32 bits
    F32 mF2; // 32 bits
    U8 mB3; // 8 bits
    I32 mI4; // 32 bits
    bool mB5; // 8 bits
    char* mP6; // 32 bits
};
```



Alinhamento do InefficientPacking

1. Gerenciamento de Memória

```
struct MoreEfficientPacking {
    U32 mU1; // 32 bits (4-byte aligned)
    F32 mF2; // 32 bits (4-byte aligned)
    I32 mI4; // 32 bits (4-byte aligned)
    char* mP6; // 32 bits (4-byte aligned)
    U8 mB3; // 8 bits (1-byte aligned)
    bool mB5; // 8 bits (1-byte aligned)
};
```

0x0	mU1		
0x4	mF2		
0x8	mI4		
0xC	mP6		
0x10	mB3	mB5	

Alinhamento do MoreEfficientPacking

1. Gerenciamento de Memória

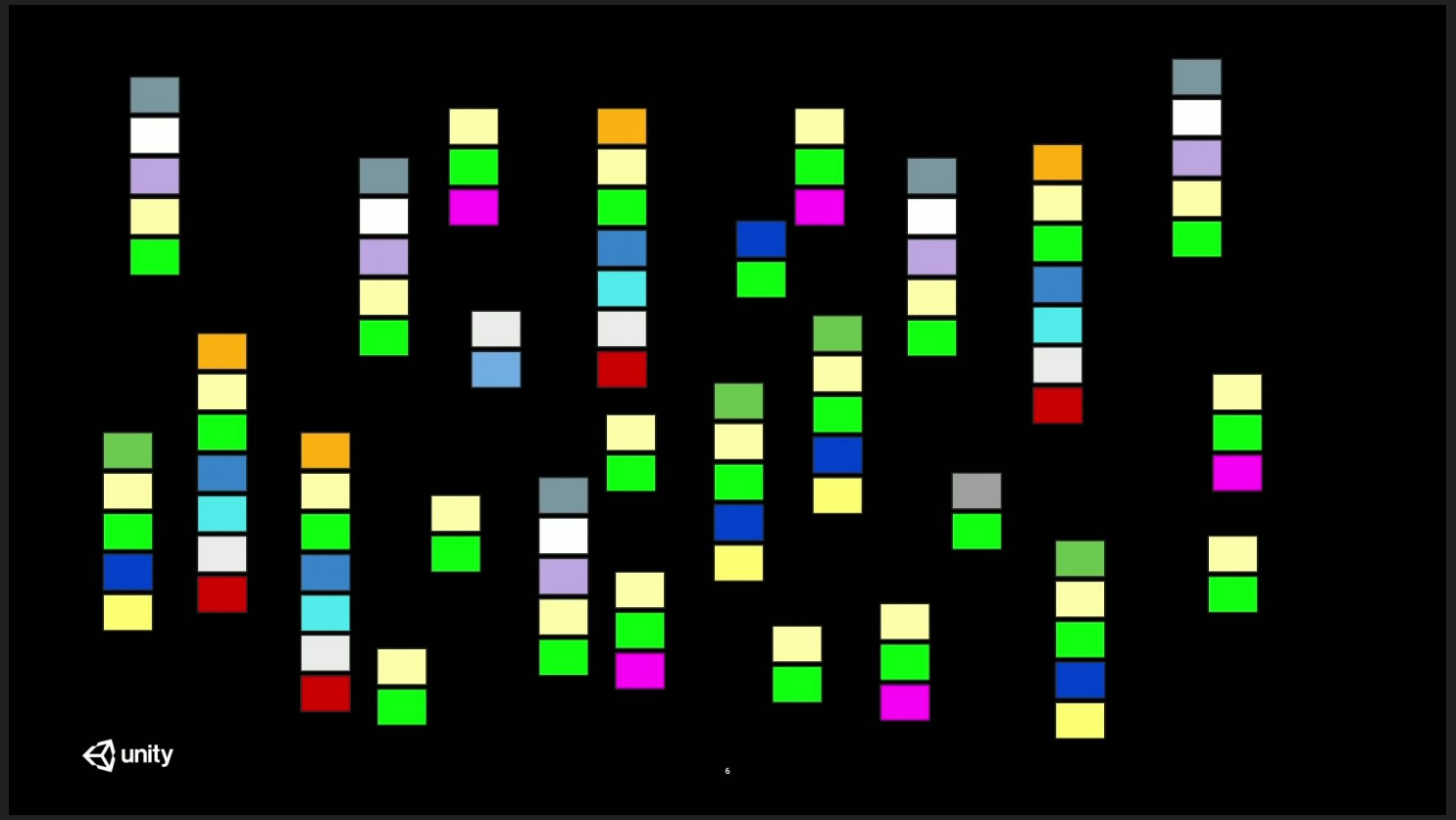
- ➔ Alocação de memória é custoso, o sistema operacional faz o que é possível para tornar menos custoso e aproveitar melhor a memória
- ➔ Nem sempre ele faz um trabalho bom (obrigado Windows), então o programador fica encarregado de implementar sua própria classe de gerenciamento de memória

1. Gerenciamento de Memória

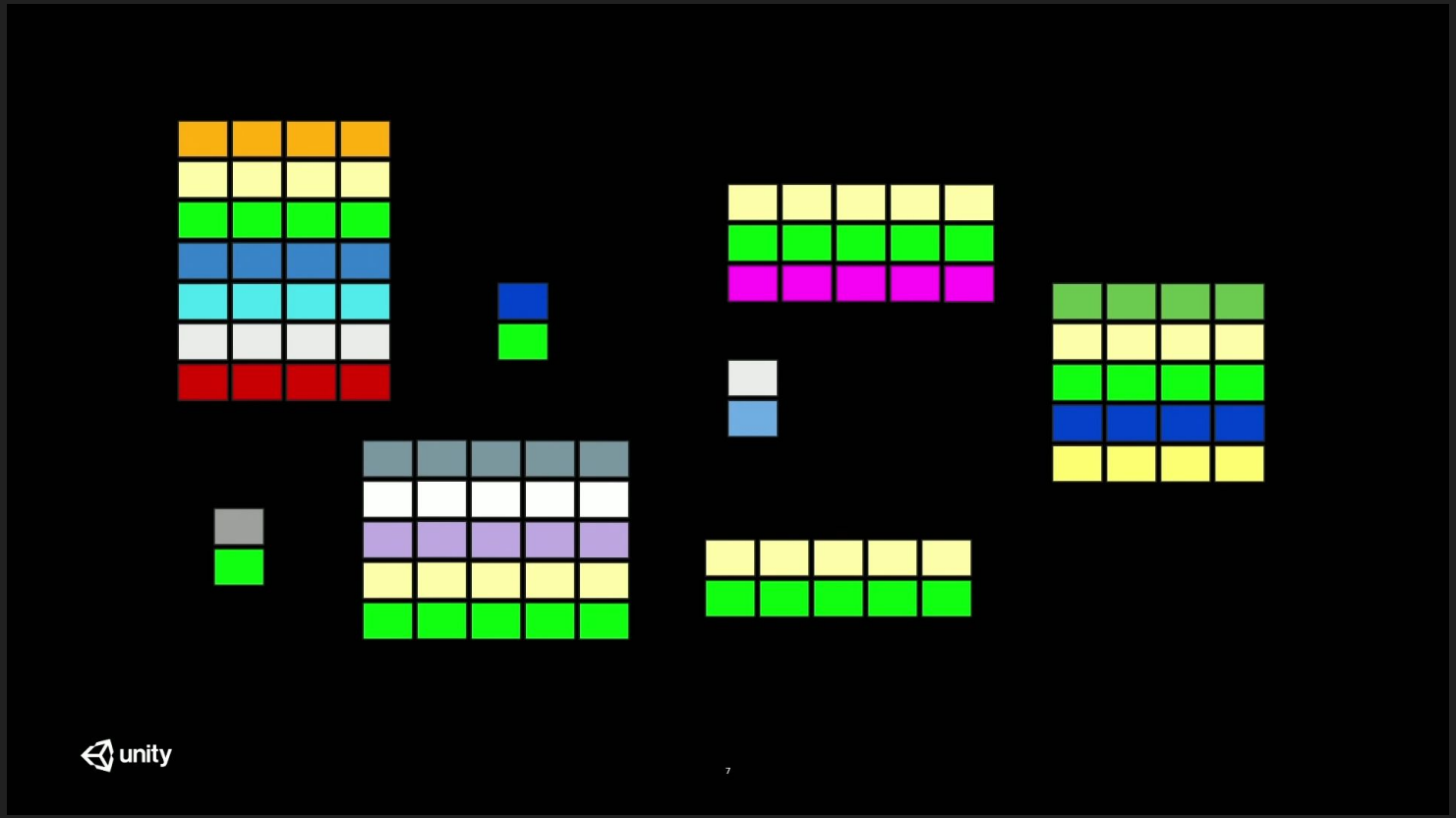
- Object-Centric Architecture (AOS - Array Of Structures)
  - Instâncias de objetos contém as propriedades e temos uma coleção de objetos
  - Mais legível e amigável com programador
- Property-Centric Architecture (SOA - Structure Of Arrays)
  - Temos uma coleção de propriedades e cada objeto tem um id para as propriedades
  - Menos legível e amigável com a máquina

Objeto 1		Objeto 2		
HP	Mana	HP	Mana	Mago
100	10	50	200	Object

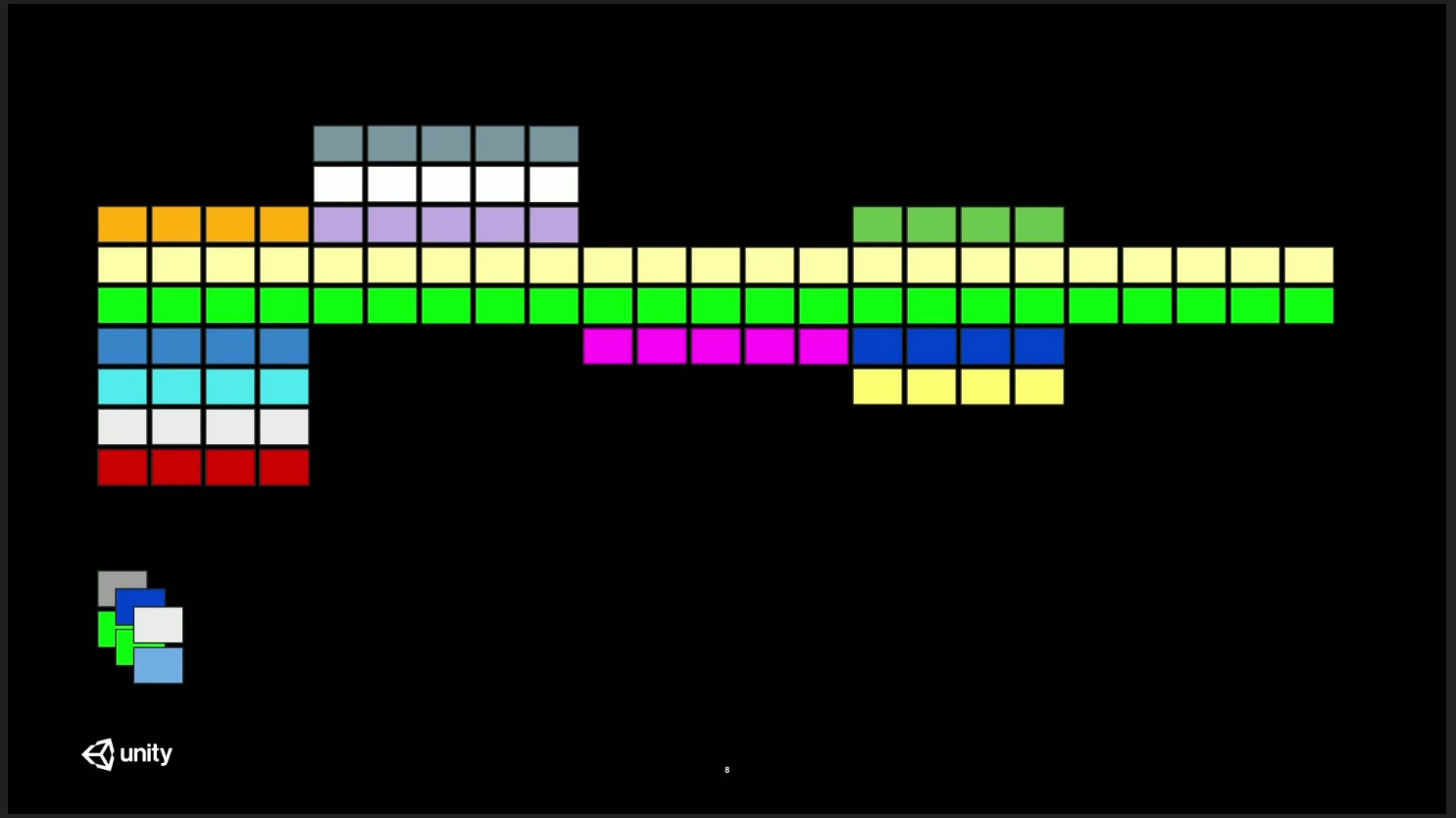
HP		Mana		Mago
Objeto 1	Objeto 2	Objeto 1	Objeto 2	Objeto 2
100	50	10	200	Object



Alocação Padrão de Memória no Unity



Alocação usando Unity DOTS



Processamento de Memória usando Unity DOTS

1. Gerenciamento de Memória

- O disco rígido também sofre seus problemas, por exemplo, fragmentação
  - Um jogo contém muitos arquivos de arte, música, som, texto etc., isso ocupa muito espaço
  - Muitos arquivos também podem acabar fragmentando o disco
  - Além da compressão de cada asset, compactamos todos eles em zip, por exemplo

1. Gerenciamento de Memória

- ➔ Assim diminuímos o desperdício de memória, porém aumentamos o custo de processamento, para descompactar esses assets
- ➔ Por isso organizamos em diferentes packs, podendo seguir a linha de game design e similaridade
  - ◆ Um level tem um zip próprio com os assets daquele level, por exemplo

2. ECS

2. ECS

- Não confundir com arquitetura baseada em componentes!
  - Apesar de ter entidades e componentes, ela funciona de forma totalmente diferente
- Component - Puro dado, sério, tipo, nada de código, só dado
- Entity - Conjunto de componentes, ou seja, mais dados
- System - Puro código, ele coleta as entidades e faz um loop

2. ECS

- Components
  - A ideia é criar uma arquitetura data-oriented, deixar dados o mais organizado possível (contínuo) e otimizar o acesso
  - Dados contínuos na memória são cache-friendly
  - Alocação e desalocação simplificada

2. ECS

- Entity
  - Responsável por agrupar componentes, portanto componentes são estruturas reaproveitadas por diversas entidades
  - Entidades funcionam de forma parecida do game objects, porém ainda não contém código
  - Forma organizada de agrupar dados de diferentes componentes

2. ECS

- System
  - Aqui jaz toda nossa lógica do jogo, desde game play até graphics e audio
  - Ela filtra as entidades e componentes e itera sobre todos as entidades, executando a lógica e comportamento dessas entidades
  - Se não há dependência de dados, podemos paralelizar o processo! (Burst Compiler)

2. ECS

- Pure ECS vs. Hybrid ECS
  - ECS puro geralmente não traz bastante suporte para o jogo, muitas vezes é preciso reescrever código da engine
  - ECS híbrido utiliza algumas propriedades da arquitetura antiga da Unity e facilita o desenvolvimento

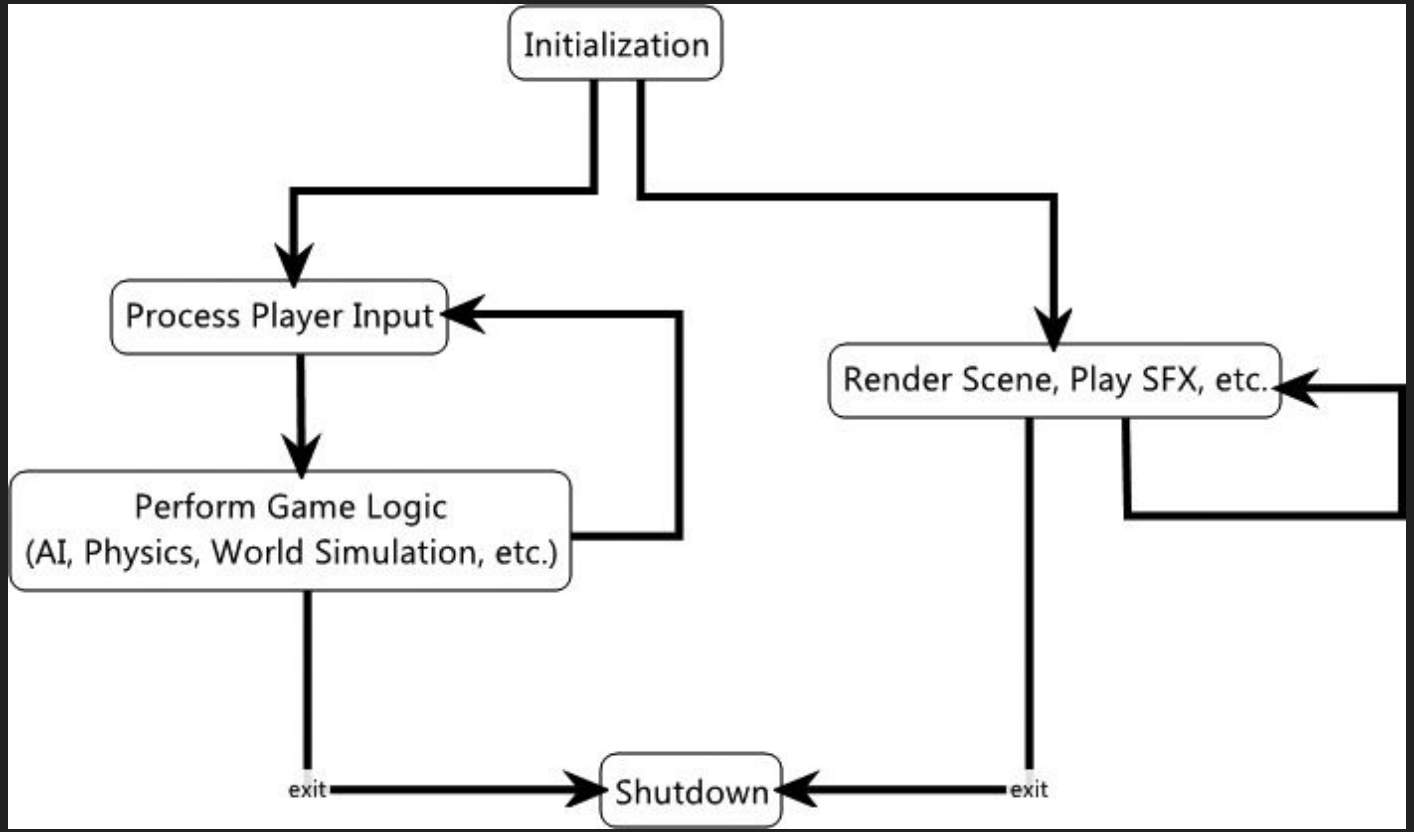
3. Gerenciamento de Processo

3. Gerenciamento de Processo

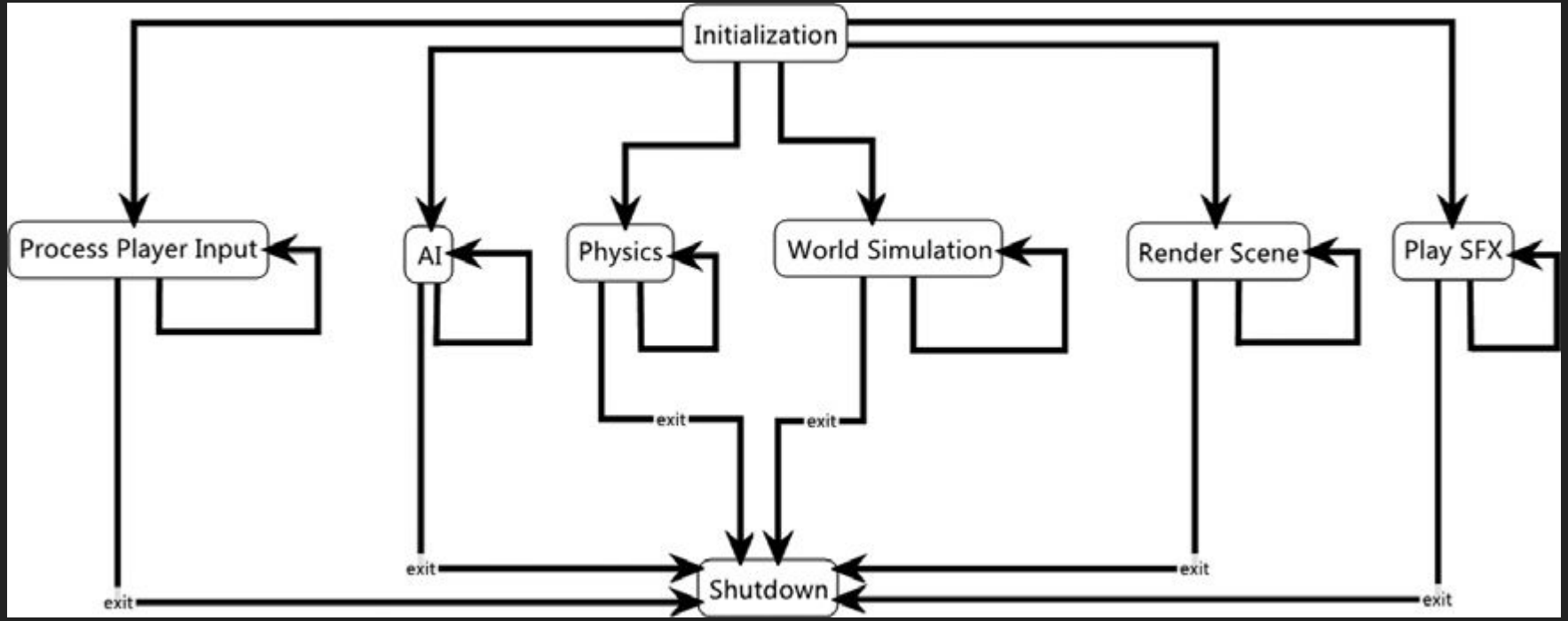
- Além de melhorar o aproveitamento de memória, precisamos melhorar o aproveitamento de processamento
- Temos muitas tarefas para cumprir, num pequeno espaço de tempo, como vamos dividir essas tarefas?
  - Paralelismo
- Mais fácil falar do que fazer, existem diversos problemas de concorrência

3. Gerenciamento de Processo

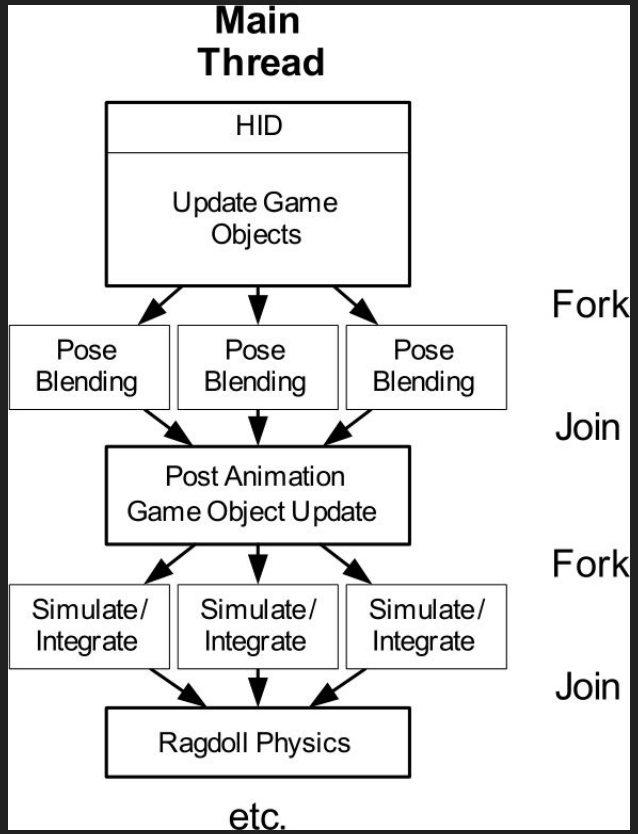
- Opções:
  - Paralelizar cada pedaço da engine (áudio, gráficos, física, IA, entidades etc.)
  - Paralelizar cada tarefa dentro de cada pedaço
  - Paralelizar tudo
- Problemas:
  - Dependência de dados
  - Memória compartilhada



Multithread simples



Multithread cooperativo

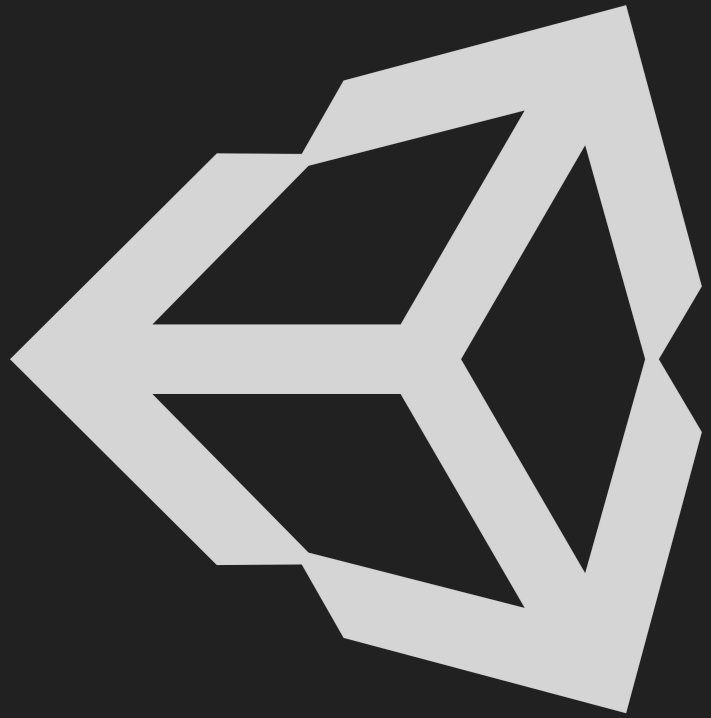

Main Thread
HID
Update Game Objects
Fork
Pose Blending
Pose Blending
Pose Blending
Join
Post Animation Game Object Update
Fork
Simulate/ Integrate
Simulate/ Integrate
Simulate/ Integrate
Join
Ragdoll Physics
etc.

Fork e Join

3. Gerenciamento de Processo

- Job System
  - Sistema de threads onde é fácil criar e rodar processos simples (tarefas) em threads separadas
  - Ele cuida de criar, manter (Thread Pool) e priorizar as threads

UNITY TIME !!!! - ECS



Dúvidas?

Referências

Referências

[1] Jason Gregory-Game Engine Architecture-A K Peters (2009)
[2] Game Coding Complete, Fourth Edition (2012) - Mike McShaffry, David Graham
[3] David H. Eberly 3D Game Engine Architecture Engineering Real-Time Applications with Wild Magic The Morgan Kaufmann Series in Interactive 3D Technology 2004
[4] http://gameprogrammingpatterns.com/
[5] http://gafferongames.com/
[6] http://docs.unity3d.com/Manual/index.html
[7] http://cowboyprogramming.com/2007/01/05/evolve-your-heirachy/
[8] https://en.wikipedia.org/wiki/Software_design_pattern
[9] https://www.youtube.com/user/BSVino/videos
[10] https://www.youtube.com/user/thebennybox/videos
[11] https://www.youtube.com/user/GameEngineArchitects/videos
[12] https://www.youtube.com/user/Cercopithecan/videos
[13] http://www.glfw.org/docs/latest/input_guide.html
[14] http://lazyfoo.net/tutorials/SDL/index.php
[15] https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.entities@0.0/manual/index.html
[16] https://www.youtube.com/watch?v=ILfUuBLfzGI&list=PLzDRvYVwl53s40yP5ROXitbT--IRcHqba
[17] https://www.youtube.com/watch?v=ObnVELXf5RQ