coderwhy
V8引擎和内存管理

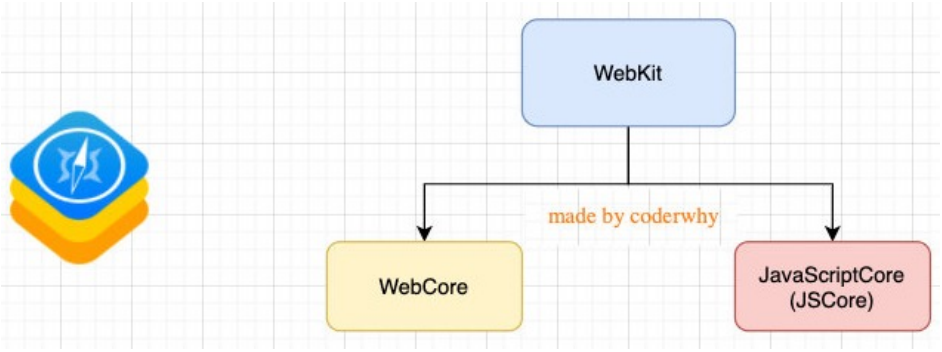
讲解人：coderwhy

20XX-X

目录
content

JavaScript引擎

- **JavaScript代码下载好之后，是如何一步步被执行的呢？**（什么是JavaScript引擎？）
- **我们知道，浏览器内核主要是由两部分组成的，以webkit为例：**
  - WebCore：负责HTML解析、布局、渲染等等相关的工作；
  - JavaScriptCore：解析、执行JavaScript代码；
- Webkit源码地址：https://github.com/WebKit/WebKit

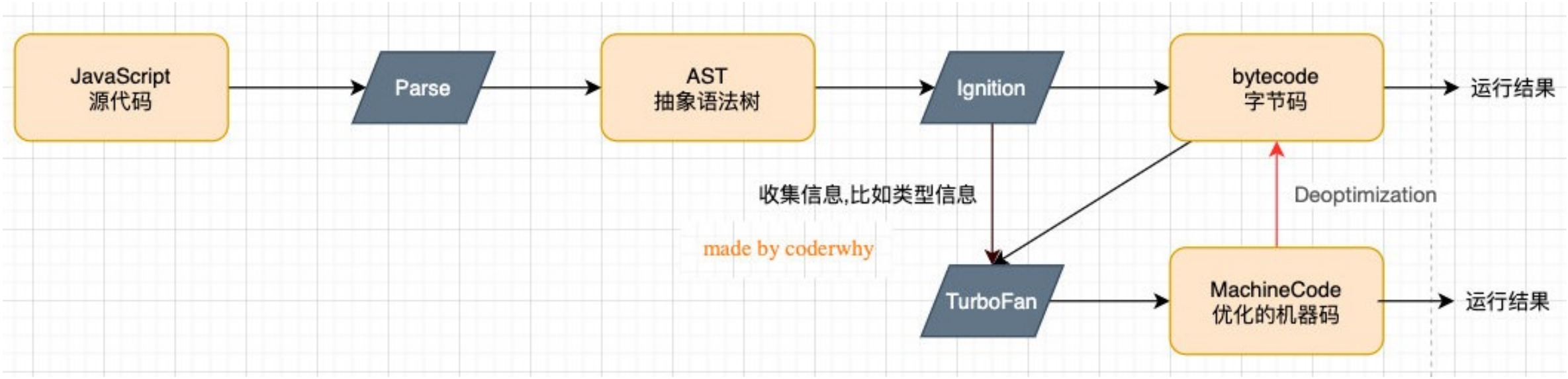


- **JavaScript引擎非常多，我们来介绍几个比较重要的**（面试题：常见的JavaScript引擎有哪些？）：
  - SpiderMonkey：第一款JavaScript引擎，由Brendan Eich开发（也就是JavaScript作者），在1996年发布；
  - Chakra：Chakra 最初是 Internet Explorer 9 的 JavaScript 引擎，并在后续成为了 Edge 浏览器的引擎，直到 Microsoft 转向 Chromium 架构并采用了 V8。
  - JavaScriptCore：JavaScriptCore 是 WebKit 浏览器引擎的一部分，主要用于 Apple 的 Safari 浏览器，它也被用在所有 iOS 设备的应用中。
  - V8引擎：V8 是 Chrome 浏览器和 Node.js 的 JavaScript 引擎，也是我们后续讲解的重点。

- 接下来我们以V8引擎为例，来讲解一下JavaScript代码具体的执行过程。

V8引擎的执行原理

- **我们来看一下官方对V8引擎的定义：**
  - V8是用C++编写的Google开源高性能JavaScript和WebAssembly引擎，它用于Chrome和Node.js等。
  - 它实现ECMAScript和WebAssembly，并在Windows 7或更高版本，macOS 10.12+和使用x64，IA-32，ARM或MIPS处理器的Linux系统上运行。
  - V8可以独立运行，也可以嵌入到任何C ++应用程序中。



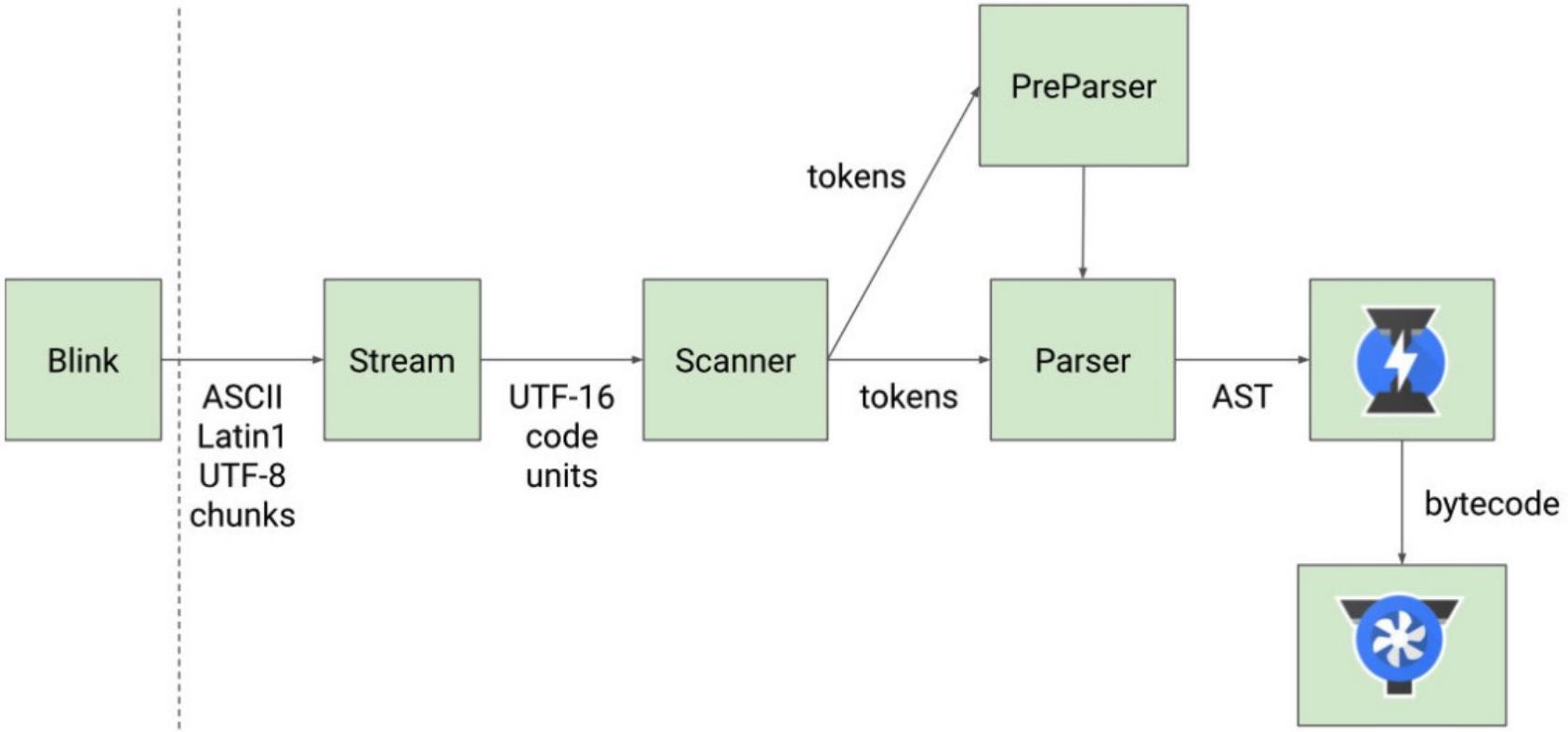
图例的详细解析

- **面试题：JavaScript代码是如何被执行的？V8引擎如何执行JavaScript代码？**
- **解析 (Parse)**：JavaScript 代码首先被解析器处理，转化为抽象语法树（AST）。
  - 这是代码编译的初步阶段，主要转换代码结构为V8内部可进一步处理的格式。
- **AST**：抽象语法树（AST）是源代码的树形表示，用于表示程序结构。之后，AST 会被进一步编译成字节码。
- **Ignition**：Ignition 是 V8 的解释器，它将 AST 转换为字节码。
  - 字节码是一种低级的、比机器码更抽象的代码，它可以快速执行，但比直接的机器码慢。
- **字节码**（Bytecode）：字节码是介于源代码和机器码之间的中间表示，它为后续的优化和执行提供了一种更标准化的形式。
  - 字节码是由 Ignition 生成，可被直接解释执行，同时也是优化编译器 TurboFan 的输入。
- **TurboFan**：TurboFan 是 V8 的优化编译器，它接收从 Ignition 生成的字节码并进行进一步优化。
  - 比如如果一个函数被多次调用，那么就会被标记为热点函数，那么就会经过TurboFan转换成优化的机器码，提高代码的执行性能。
  - 当然还会包括很多其他的优化手段，如死代码消除（Dead Code Elimination）等，总之V8有很多手段可以提高代码执行效率。
- **机器码**：经过 TurboFan 处理后，字节码被编译成机器码，即直接运行在计算机硬件上的低级代码。
  - 这一步是将 JavaScript 代码转换成 CPU 可直接执行的指令，大大提高了执行速度。
- **运行时优化**：在代码执行过程中，V8 引擎会持续监控代码的执行情况。
  - 如果发现之前做的优化不再有效或者有更优的执行路径，它会触发去优化（Deoptimization）。
  - 去优化是指将已优化的代码退回到优化较少的字节码状态，然后重新编译以适应新的运行情况。

V8三大模块的核心分析（GC垃圾回收后续讲解）

- **V8引擎本身的源码非常复杂，大概有超过100w行C++代码，通过了解它的架构，我们可以知道它是如何对JavaScript执行的：**
- 面试题：V8引擎包括哪些部分（部件），它们的作用是什么？（后续学习完GC后也可以把GC回答上去，来引导问你GC相关的面试题）
- **Parse模块会将JavaScript代码转换成AST（抽象语法树），这是因为解释器并不直接认识JavaScript代码；**
  - 将代码转化成AST树是一个非常常见的操作，比如在Babel、Vue源码中都需要进行这样的操作；
  - Parse的V8官方文档：https://v8.dev/blog/scanner
- **Ignition是一个解释器，会将AST转换成ByteCode（字节码）**
  - 同时会收集TurboFan优化所需要的信息（比如函数参数的类型信息，有了类型才能进行真实的运算）；
  - 如果函数只调用一次，Ignition会解释执行ByteCode；
  - Ignition的V8官方文档：https://v8.dev/blog/ignition-interpreter
- **TurboFan是一个编译器，可以将字节码编译为CPU可以直接执行的机器码；**
  - 比如如果一个函数被多次调用，那么就会被标记为热点函数，那么就会经过TurboFan转换成优化的机器码，提高代码的执行性能；
  - 但是，机器码实际上也会被去优化为ByteCode（ Deoptimization ），这是因为如果后续执行函数的过程中，类型发生了变化（比如sum函数原来执行的是number类型，后来执行变成了string类型），之前优化的机器码并不能正确的处理运算，就会去优化的转换成字节码；
  - TurboFan的V8官方文档：https://v8.dev/blog/turbofan-jit

V8引擎的解析图（官方）

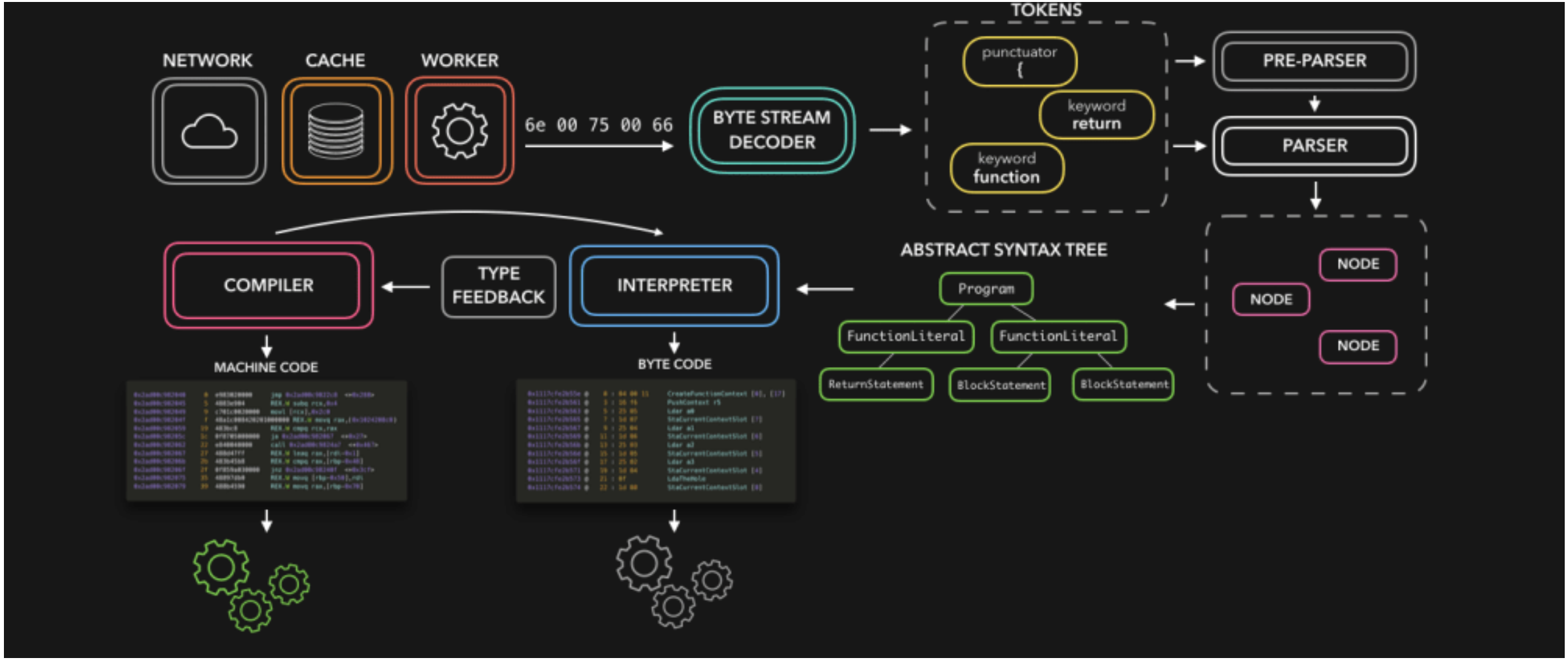


- **词法分析（英文lexical analysis）**
  - 将字符序列转换成token序列的过程。
  - token是**记号化**（tokenization）的缩写
  - **词法分析器**（lexical analyzer，简称lexer），也叫**扫描器**（scanner）
- **语法分析（英语：syntactic analysis，也叫 parsing）**
  - **语法分析器也可以称之为**parser。

V8执行的细节分析

- **那么我们的JavaScript源码是如何被解析（Parse过程）的呢？**
  - Blink将源码交给V8引擎，Stream获取到源码并且进行编码转换；
  - Scanner会进行词法分析（lexical analysis），词法分析会将代码转换成tokens；
  - 接下来tokens会被转换成AST树，经过Parser和PreParser：
    - ✓ Parser就是直接将tokens转成AST树结构；
    - ✓ PreParser称之为预解析；
- **为什么需要预解析PreParser呢？**
  - 预解析一方面的作用是快速检查一下是否有语法错误，另一方面也可以进行代码优化。
  - 这是因为并不是所有的JavaScript代码，在一开始时就会被执行。那么对所有的JavaScript代码进行解析，必然会影响网页的运行效率；
  - 所以V8引擎就实现了Lazy Parsing（延迟解析）的方案，它的作用是将不必要的函数进行预解析，也就是只解析暂时需要的内容，而对函数的全量解析是在函数被调用时才会进行；
  - 比如我们在一个函数outer内部定义了另外一个函数inner，那么inner函数就会进行预解析；
  - 生成AST树后，会被Ignition转成字节码（bytecode）并且可以执行字节码，之后的过程就是代码的执行过程（后续会详细分析）。

V8引擎的解析图


NETWORK
CACHE
WORKER
6e 00 75 00 66
BYTE STREAM DECODER
TOKENS
punctuator
{
keyword
return
keyword
function
PRE-PARSER
PARSER
NODE
NODE
NODE
ABSTRACT SYNTAX TREE
Program
FunctionLiteral
FunctionLiteral
ReturnStatement
BlockStatement
BlockStatement
COMPILER
TYPE FEEDBACK
INTERPRETER
MACHINE CODE
BYTE CODE

认识内存管理

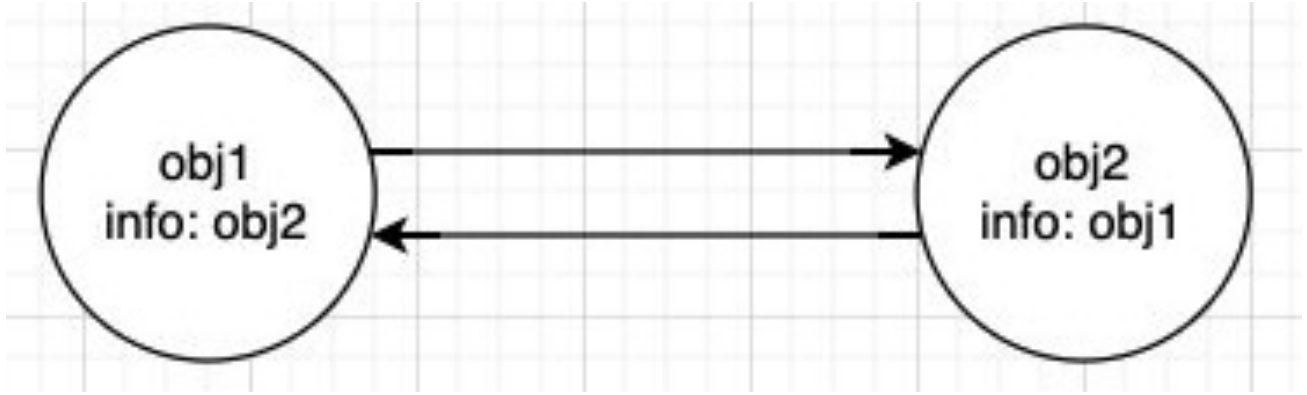
- 不管什么样的编程语言，在**代码的执行过程中都是需要给它分配内存**的，不同的是**某些编程语言**需要我们**自己手动的管理内存**，**某些编程语言**会可以**自动帮助我们管理内存**：
- 不管以什么样的方式来管理内存，**内存的管理都会有如下的生命周期**：
  - 第一步：分配申请你需要的内存（申请）；
  - 第二步：使用分配的内存（存放一些东西，比如对象等）；
  - 第三步：不需要使用时，对其进行释放；
- **不同的编程语言对于第一步和第三步会有不同的实现：**
  - 手动管理内存：比如C、C++，包括早期的OC，都是需要手动来管理内存的申请和释放的（malloc和free函数）；
  - 自动管理内存：比如Java、JavaScript、Python、Swift、Dart等，它们有自动帮助我们管理内存；
- **对于开发者来说，JavaScript 的内存管理是自动的、无形的。**
  - 我们创建的原始值、对象、函数……这一切都会占用内存；
  - 但是我们并不需要手动来对它们进行管理，JavaScript引擎会帮助我们处理好它；

JavaScript的垃圾回收

- 因为**内存的大小是有限**的，所以当**内存不再需要的时候**，我们需要**对其进行释放**，以便腾出**更多的内存空间。**
- 在**手动管理内存的语言**中，我们需要通过**一些方式自己来释放不再需要的内存，比如free函数**：
  - 但是这种管理的方式其实非常的低效，影响我们编写逻辑的代码的效率；
  - 并且这种方式对开发者的要求也很高，并且一不小心就会产生内存泄露（memory leaks），野指针（dangling pointers）；
- 所以大部分**现代的编程语言都是有自己的垃圾回收机制**：
  - 垃圾回收的英文是Garbage Collection，简称GC；
  - 对于那些不再使用的对象，我们都称之为是垃圾，它需要被回收，以释放更多的内存空间；
  - 而我们的语言运行环境，比如Java的运行环境JVM，JavaScript的运行环境js引擎都会内存 **垃圾回收器**；
  - 垃圾回收器我们也会简称为GC，所以在很多地方你看到GC其实指的是垃圾回收器；
- 自动垃圾回收提高了开发效率，使开发者可以更多地关注业务逻辑的实现而非内存管理的细节。
  - 这在管理复杂数据结构和大量数据时非常重要。
- 但是这里又出现了另外一个很关键的问题：**GC怎么知道哪些对象是不再使用的呢？**
  - 这里就要用到GC的实现以及对应的算法；

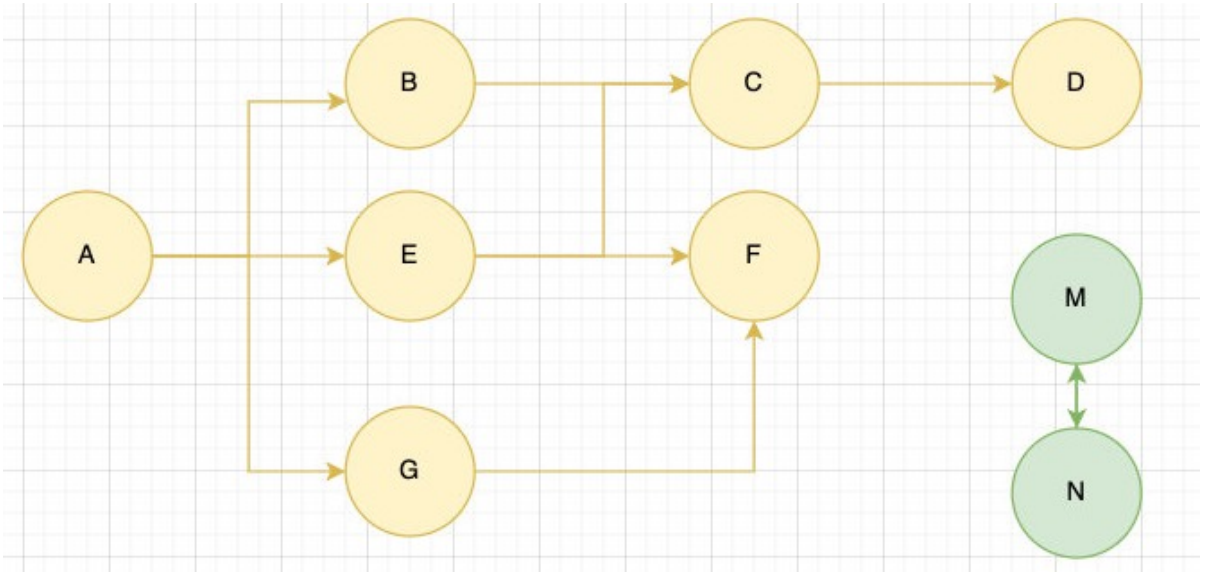
常见的GC算法 – 引用计数（Reference counting）

- **引用计数垃圾回收（Reference Counting）：**
  - 每个对象都有一个关联的计数器，通常称为“引用计数”。
  - 当一个对象有一个引用指向它时，那么这个对象的引用就+1；
  - 如果另一个变量也开始引用该对象，引用计数加1；如果一个变量停止引用该对象，引用计数减1。
  - 当一个对象的引用为0时，这个对象就可以被销毁掉；
- **这个算法有一个很大的弊端就是会产生循环引用，当然我们可以通过一些方案，比如弱引用来解决（WeakMap就是弱引用）；**



常见的GC算法 – 标记清除（mark-Sweep）

- **标记清除：**
  - 标记清除的核心思路是可达性（Reachability）
  - 这个算法是设置一个根对象（root object），垃圾回收器会定期从这个根开始，找所有从根开始有引用到的对象，对于哪些没有引用到的对象，就认为是不可用的对象；
  - 在这个阶段，垃圾回收器标记所有可达的对象，之后，垃圾回收器遍历所有的对象，收集那些在标记阶段未被标记为可达的对象。这些对象被视为垃圾，因为它们不再被程序中的其他活跃对象或根对象所引用。
  - 这个算法可以很好的解决循环引用的问题；

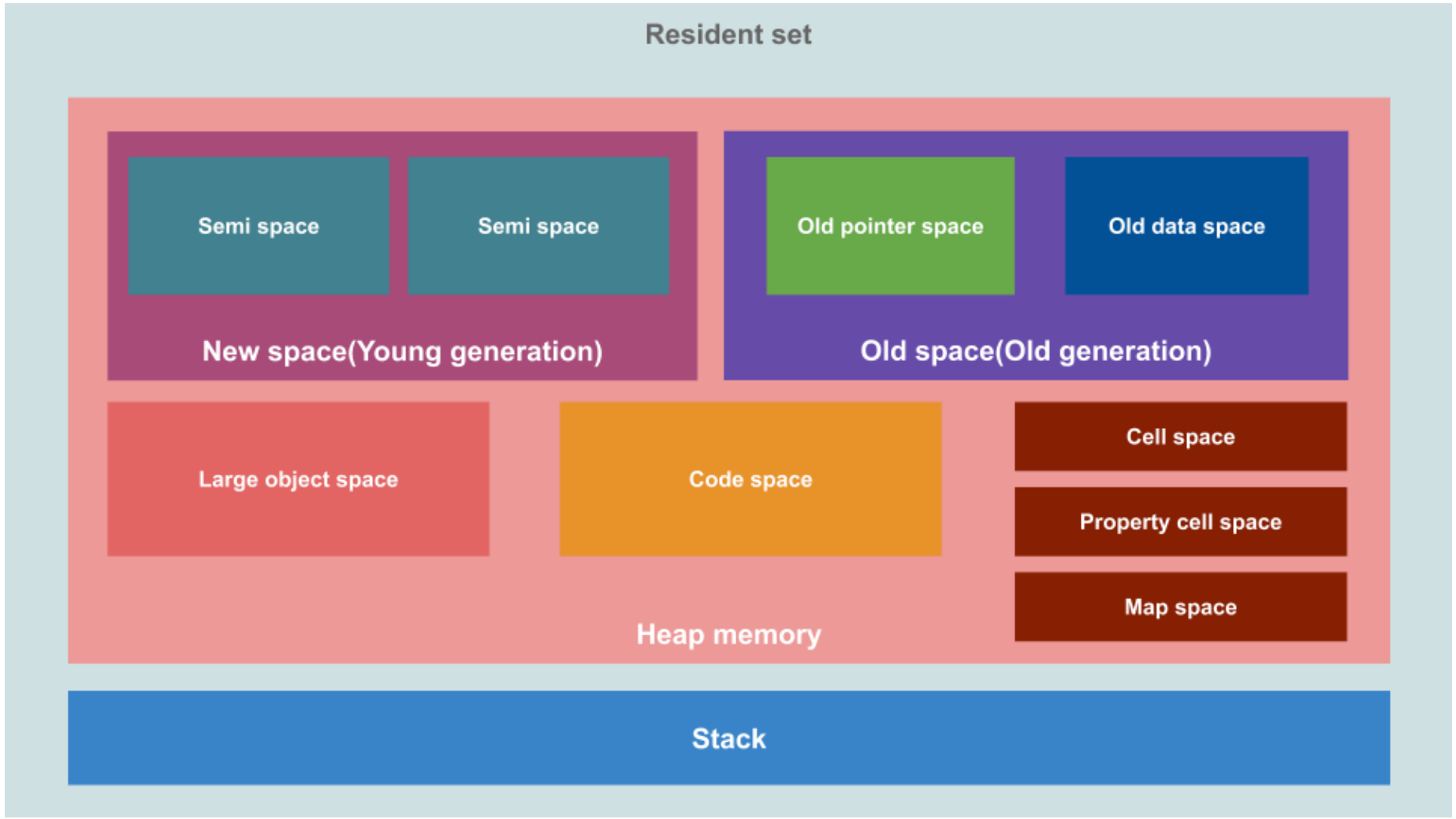


常见的GC算法 – 其他算法优化补充

- **JS引擎比较广泛的采用的就是可达性中的标记清除算法，当然类似于V8引擎为了进行更好的优化，它在算法的实现细节上也会结合一些其他的算法。**
- **标记整理（Mark-Compact）**和“标记 - 清除”相似；
  - 不同的是，回收期间同时会将保留的存储对象搬运汇集到连续的内存空间，从而整合空闲空间，避免内存碎片化；
- **分代收集（Generational collection）**—— 对象被分成两组：“新的”和“旧的”。
  - 许多对象出现，完成它们的工作并很快“死去”，它们可以很快被清理；
  - 那些长期存活的对象会变得“老旧”，而且被检查的频次也会减少；
- **增量收集（Incremental collection）**
  - 如果有许多对象，并且我们试图一次遍历并标记整个对象集，则可能需要一些时间，并在执行过程中带来明显的延迟。
  - 所以引擎试图将垃圾收集工作分成几部分来做（分解成多个小步骤或“增量”），然后将这几部分会逐一进行处理，这样会有许多微小的延迟而不是一个大的延迟；
- **闲时收集（Idle-time collection）**
  - 垃圾收集器只会在 CPU 空闲时尝试运行，以减少可能对代码执行的影响。

V8引擎详细的内存图

- 事实上，V8引擎为了提供内存的管理效率，对内存进行非常详细的划分：



V8引擎详细的内存图解析

- **新生代空间 (New Space / Young Generation)**

  - **作用**：主要用于存放生命周期短的小对象。这部分空间较小，但对象的创建和销毁都非常频繁。
  - **组成**：新生代内存被分为两个半空间：From Space 和 To Space。
    - ✓ 初始时，对象被分配到 From Space 中。
    - ✓ 使用复制算法（Copying Garbage Collection）进行垃圾回收。
    - ✓ 当进行垃圾回收时，活动的对象（即仍然被引用的对象）被复制到 To Space 中，而非活动的对象（不再被引用的对象）被丢弃。
    - ✓ 完成复制后，From Space 和 To Space 的角色互换，新的对象将分配到新的 From Space 中，原 To Space 成为新的 From Space。

- **老生代空间 (Old Space / Old Generation)**

  - **作用**：存放生命周期长或从新生代晋升过来的对象。
    - ✓ 当对象在新生代中经历了一定数量的垃圾回收周期后（通常是一到两次），且仍然存活，它们被认为是生命周期较长的对象。
  - **分为二个主要区域**：
    - ✓ **老指针空间 (Old Pointer Space)**：主要存放包含指向其他对象的指针的对象。
    - ✓ **老数据空间 (Old Data Space)**：用于存放只包含原始数据（如数值、字符串）的对象，不含指向其他对象的指针。

V8引擎详细的内存图解析

- **大对象空间 (Large Object Space)**：用于存放大对象，如超过新生代大小限制的数组或对象。
  - 这些对象直接在大对象空间中分配，避免在新生代和老生代之间的复制操作。
- **代码空间 (Code Space) ：**存放编译后的函数代码。
- **单元空间 (Cell Space)**：用于存放小的数据结构，比如闭包的变量环境。
- **属性单元空间 (Property Cell Space)**：存放对象的属性值
  - 主要针对全局变量或者属性值，对于访问频繁的全局变量或者属性值来说，V8在这里存储是为了提高它的访问效率。
- **映射空间 (Map Space)**：存放对象的映射（即对象的类型信息，描述对象的结构）。
  - 当你定义一个 Person 构造函数时，可以通过它创建出来person1和person2。
  - 这些实例（person1 和 person2）本身存储在堆内存的相应空间中，具体是新生代还是老生代取决于它们的生命周期和大小。
  - 每个实例都会持有一个指向其映射的指针，这个映射指明了如何访问 name 和 age 属性（目的是访问属性效果变高）。
- **堆内存 (Heap Memory) 与 栈 (Stack)**
  - **堆内存**：JavaScript 对象、字符串等数据存放的区域，按照上述分类进行管理。
  - **栈**：用于存放执行上下文中的变量、函数调用的返回地址（继续执行哪里的代码）等，栈有助于跟踪函数调用的顺序和局部变量。