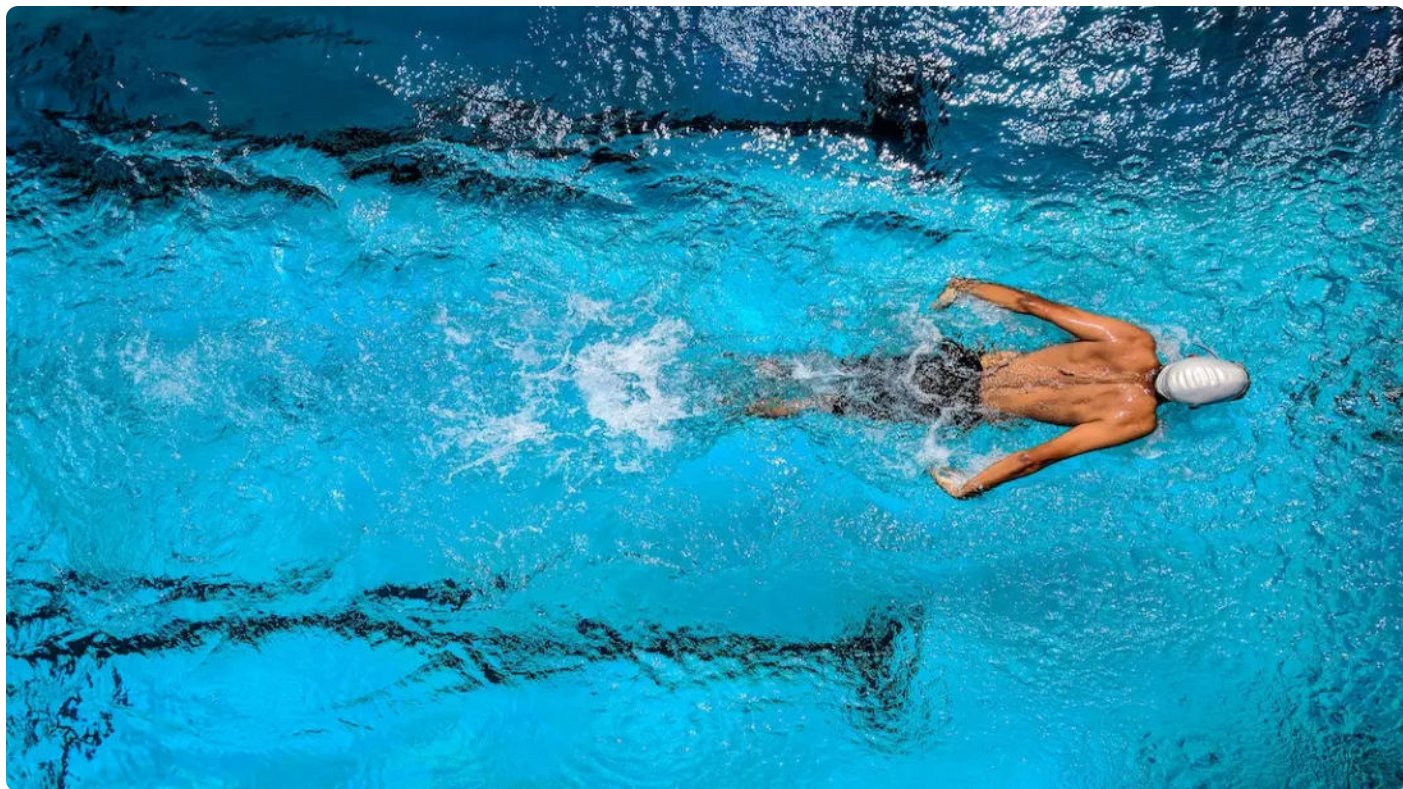


15 | 消息队列和事件循环：页面是怎么“活”起来的？

2019-09-07 李兵

《浏览器工作原理与实践》

课程介绍 >



讲述：李兵

时长 12:53 大小 11.81M



前面我们讲到了每个渲染进程都有一个主线程，并且主线程非常繁忙，既要处理 DOM，又要计算样式，还要处理布局，同时还需要处理 JavaScript 任务以及各种输入事件。要让这么多不同类型的任务在主线程中有条不紊地执行，这就需要一个系统来统筹调度这些任务，这个统筹调度系统就是我们今天要讲的消息队列和事件循环系统。

在写这篇文章之前，我翻阅了大量的资料，却发现没有一篇文章能把消息循环系统给讲清楚的，所以我决定用一篇文章来专门介绍页面的事件循环系统。事件循环非常底层且非常重要，学会它能让你理解页面到底是如何运行的，所以在本篇文章中，我们会将页面的事件循环给梳理清楚、讲透彻。

为了能让你更加深刻地理解事件循环机制，我们就从最简单的场景来分析，然后带你一步步了解浏览器页面主线程是如何运作的。




需要说明的是，文章中的代码我会采用 C++ 来示范。如果你不熟悉 C++，也没有关系，这里并没有涉及到任何复杂的知识点，只要你了解 JavaScript 或 Python，你就会看懂。

使用单线程处理安排好的任务

我们先从最简单的场景讲起，比如有如下一系列的任务：

- 任务 1：1+2
- 任务 2：20/5
- 任务 3：7*8
- 任务 4：打印出任务 1、任务 2、任务 3 的运算结果

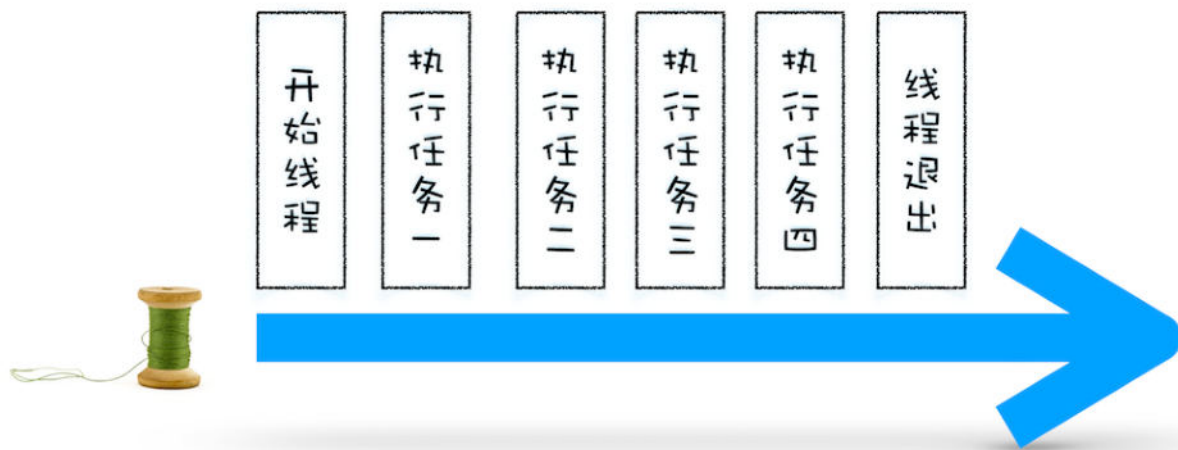
现在要在一个线程中去执行这些任务，通常会这样编写代码：

 复制代码

```
1 void MainThread(){
2     int num1 = 1+2; //任务1
3     int num2 = 20/5; //任务2
4     int num3 = 7*8; //任务3
5     print("最终计算的值为:%d,%d,%d",num1,num2,num3); //任务4
6 }
```

在上面的执行代码中，我们把所有任务代码按照顺序写进主线程里，等线程执行时，这些任务会按照顺序在线程中依次被执行；等所有任务执行完成之后，线程会自动退出。可以参考下图来直观地理解下其执行过程：





第一版：线程的一次执行

在线程运行过程中处理新任务

但并不是所有的任务都是在执行之前统一安排好的，大部分情况下，新的任务是在线程运行过程中产生的。比如在线程执行过程中，又接收到了一个新的任务要求计算“10+2”，那上面那种方式就无法处理这种情况了。

要想在线程运行过程中，能接收并执行新的任务，就需要采用事件循环机制。我们可以通过一个 for 循环语句来监听是否有新的任务，如下面的示例代码：

复制代码

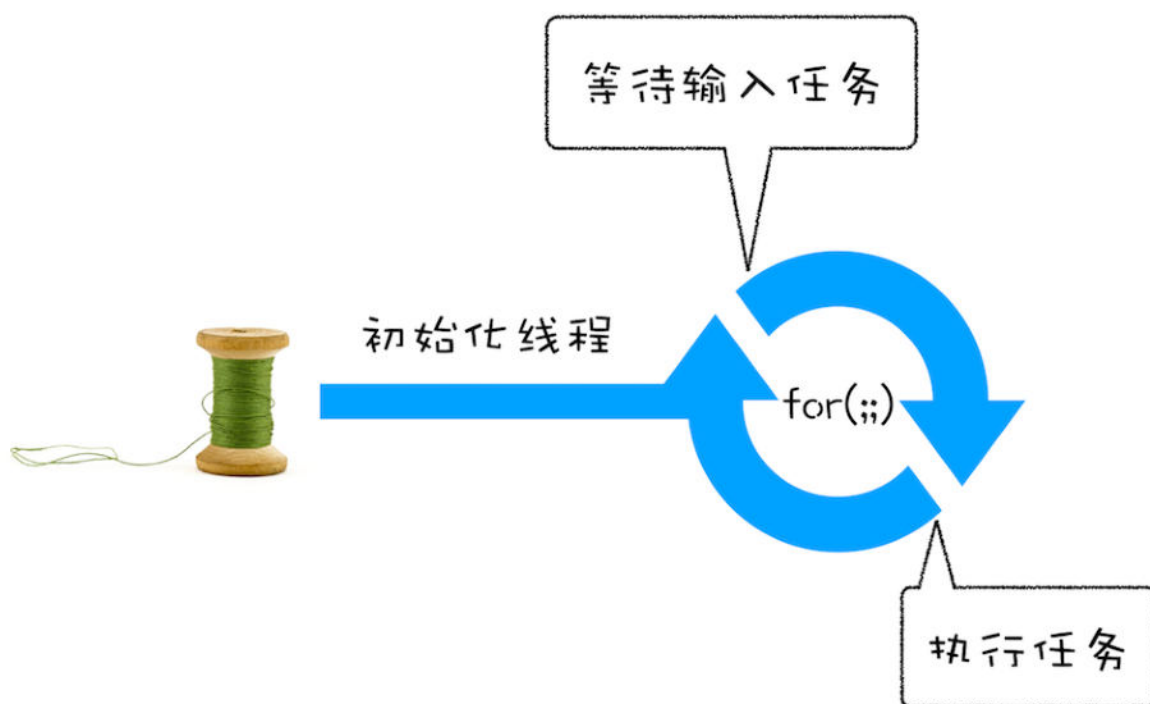
```
1 //GetInput
2 //等待用户从键盘输入一个数字，并返回该输入的数字
3 int GetInput(){
4     int input_number = 0;
5     cout<<"请输入一个数:";
6     cin>>input_number;
7     return input_number;
8 }
9
10 //主线程(Main Thread)
11 void MainThread(){
12     for(;;){
13         int first_num = GetInput();
14         int second_num = GetInput();
15         result_num = first_num + second_num;
16         print("最终计算的值为:%d",result_num);
17     }
18 }
```



相较于第一版的线程，这一版的线程做了两点改进。

- **第一点引入了循环机制**，具体实现方式是在线程语句最后添加了一个 **for 循环语句**，线程会一直循环执行。
- **第二点是引入了事件**，可以在线程运行过程中，等待用户输入的数字，等待过程中线程处于暂停状态，一旦接收到用户输入的信息，那么线程会被激活，然后执行相加运算，最后输出结果。

通过引入事件循环机制，就可以让该线程“活”起来了，我们每次输入两个数字，都会打印出两数字相加的结果，你可以结合下图来参考下这个改进版的线程：



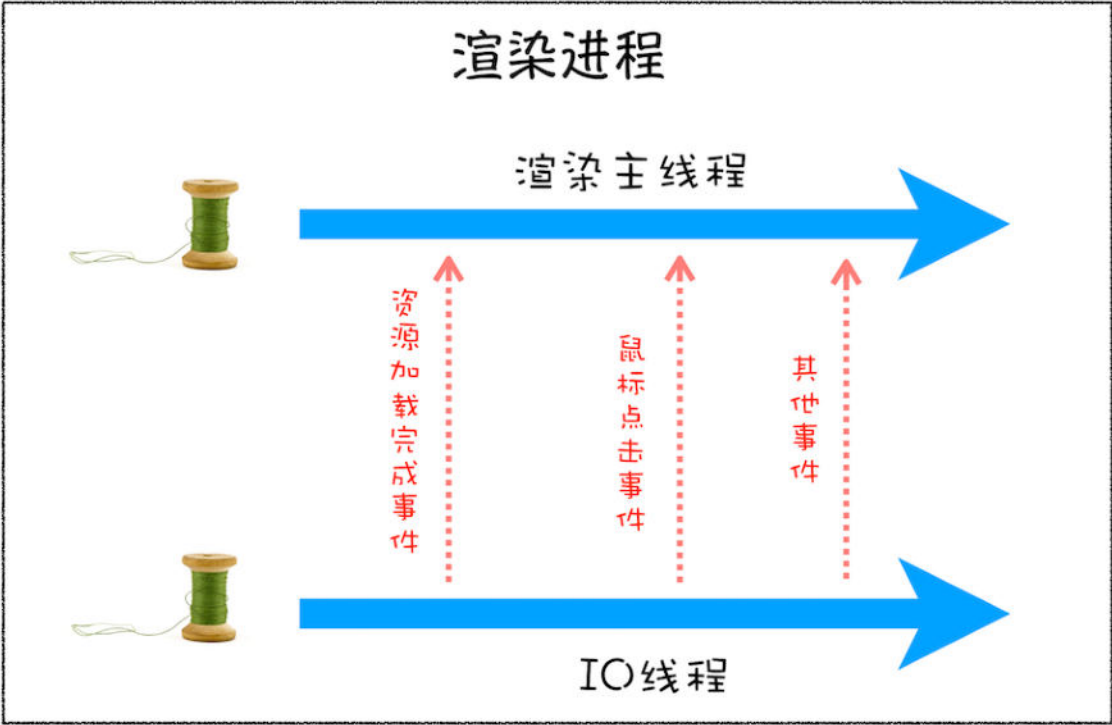
第二版：在线程中引入事件循环

处理其他线程发送过来的任务

上面我们改进了线程的执行方式，引入了事件循环机制，可以让其在执行过程中接受新的任务。不过在第二版的线程模型中，所有的任务都是来自于线程内部的，如果另外一个线程想让主线程执行一个任务，利用第二版的线程模型是无法做到的。



那下面我们就来看看其他线程是如何发送消息给渲染主线程的，具体形式你可以参考下图：

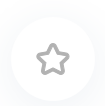


渲染进程线程之间发送任务

从上图可以看出，渲染主线程会频繁接收到来自于 IO 线程的一些任务，接收到这些任务之后，渲染进程就需要着手处理，比如接收到资源加载完成的消息后，渲染进程就要着手进行 DOM 解析了；接收到鼠标点击的消息后，渲染主线程就要开始执行相应的 JavaScript 脚本来处理该点击事件。

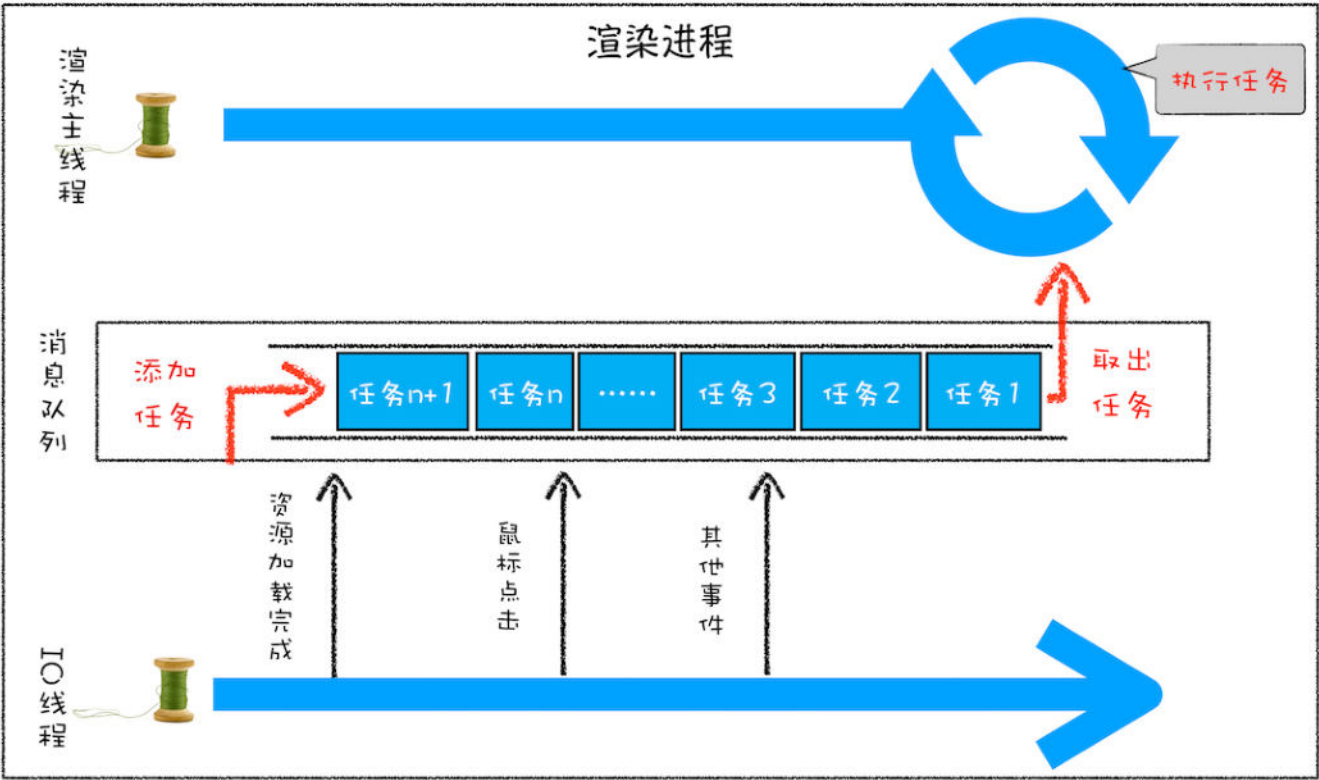
那么如何设计好一个线程模型，能让其能够接收其他线程发送的消息呢？

一个通用模式是使用**消息队列**。在解释如何实现之前，我们先说说什么是消息队列，可以参考下图：



从图中可以看出，消息队列是一种数据结构，可以存放要执行的任务。它符合队列“先进先出”的特点，也就是说要添加任务的话，添加到队列的尾部；要取出任务的话，从队列头部去取。

有了队列之后，我们就可以继续改造线程模型了，改造方案如下图所示：



第三版线程模型：队列 + 循环

从上图可以看出，我们的改造可以分为下面三个步骤：

1. 添加一个消息队列；
2. IO 线程中产生的新任务添加进消息队列尾部；
3. 渲染主线程会循环地从消息队列头部中读取任务，执行任务。

有了这些步骤之后，那么接下来我们就可以按步骤使用代码来实现第三版的线程模型。

首先，构造一个队列。当然，在本篇文章中我们不需要考虑队列实现的细节，只是构造队列的接口：



```
1 class TaskQueue{
2     public:
3     Task takeTask(); //取出队列头部的一个任务
4     void pushTask(Task task); //添加一个任务到队列尾部
5 };
```

接下来，改造主线程，让主线程从队列中读取任务：

```
1 TaskQueue task_queue;
2 void ProcessTask();
3 void MainThread(){
4     for(;;){
5         Task task = task_queue.takeTask();
6         ProcessTask(task);
7     }
8 }
```

在上面的代码中，我们添加了一个消息队列的对象，然后在主线程的 for 循环代码块中，从消息队列中读取一个任务，然后执行该任务，主线程就这样一直循环往下执行，因此只要消息队列中有任务，主线程就会去执行。

主线程的代码就这样改造完成了。这样改造后，主线程执行的任务都全部从消息队列中获取。所以如果有其他线程想要发送任务让主线程去执行，只需要将任务添加到该消息队列中就可以了，添加任务的代码如下：

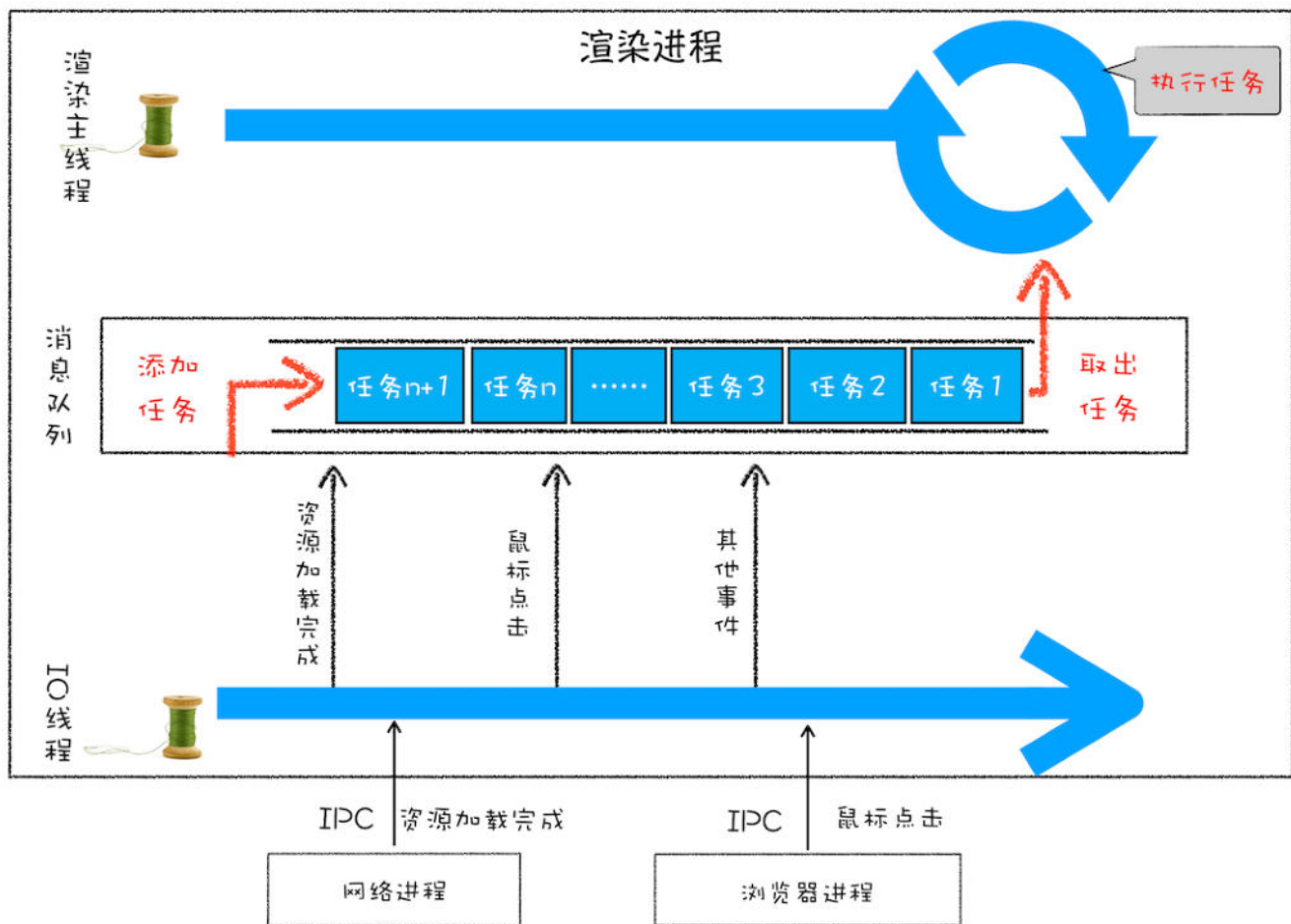
```
1 Task clickTask;
2 task_queue.pushTask(clickTask)
```

由于是多个线程操作同一个消息队列，所以在添加任务和取出任务时还会加上一个同步锁，这块内容你也要注意下。

处理其他进程发送过来的任务

通过使用消息队列，我们实现了线程之间的消息通信。在 Chrome 中，跨进程之间的任务也是频繁发生的，那么如何处理其他进程发送过来的任务？你可以参考下图：





跨进程发送消息

从图中可以看出，渲染进程专门有一个 IO 线程用来接收其他进程传进来的消息，接收到消息之后，会将这些消息组装成任务发送给渲染主线程，后续的步骤就和前面讲解的“处理其他线程发送的任务”一样了，这里就不再重复了。

消息队列中的任务类型

现在你知道页面主线程是如何接收外部任务的了，那接下来我们再来看看消息队列中的任务类型有哪些。你可以参考下 [Chromium 的官方源码](#)，这里面包含了很多内部消息类型，如输入事件（鼠标滚动、点击、移动）、微任务、文件读写、WebSocket、JavaScript 定时器等。

除此之外，消息队列中还包含了很多与页面相关的事件，如 JavaScript 执行、解析 DOM、样式计算、布局计算、CSS 动画等。



以上这些事件都是在主线程中执行的，所以在编写 Web 应用时，你还需要衡量这些事件所占用的时长，并想办法解决单个任务占用主线程过久的问题。

如何安全退出

当页面主线程执行完成之后，又该如何保证页面主线程能够安全退出呢？Chrome 是这样解决的，确定要退出当前页面时，页面主线程会设置一个退出标志的变量，在每次执行完一个任务时，判断是否有设置退出标志。

如果设置了，那么就直接中断当前的所有任务，退出线程，你可以参考下面代码：

 复制代码

```
1 TaskQueue task_queue;
2 void ProcessTask();
3 bool keep_running = true;
4 void MainThread(){
5     for(;;){
6         Task task = task_queue.takeTask();
7         ProcessTask(task);
8         if(!keep_running) //如果设置了退出标志，那么直接退出线程循环
9             break;
10    }
11 }
```

页面使用单线程的缺点

上面讲述的就是页面线程的循环系统是如何工作的，那接下来，我们继续探讨页面线程的一些特征。

通过上面的介绍，你应该清楚了，页面线程所有执行的任务都来自于消息队列。消息队列是“先进先出”的属性，也就是说放入队列中的任务，需要等待前面的任务被执行完，才会被执行。鉴于这个属性，就有如下两个问题需要解决。

第一个问题是如何处理高优先级的任务。

比如一个典型的场景是监控 DOM 节点的变化情况（节点的插入、修改、删除等动态变化），然后根据这些变化来处理相应的业务逻辑。一个通用的设计的是，利用 JavaScript 设计一套监听接口，当变化发生时，渲染引擎同步调用这些接口，这是一个典型的观察者模式。



不过这个模式有个问题，因为 DOM 变化非常频繁，如果每次发生变化的时候，都直接调用相应的 JavaScript 接口，那么这个当前的任务执行时间会被拉长，从而导致**执行效率的下降**。

如果将这些 DOM 变化做成异步的消息事件，添加到消息队列的尾部，那么又会影响到监控的实时性，因为在添加到消息队列的过程中，可能前面就有很多任务在排队了。

这也就是说，如果 DOM 发生变化，采用同步通知的方式，会影响当前任务的**执行效率**；如果采用异步方式，又会影响到**监控的实时性**。

那该如何权衡**效率**和**实时性**呢？

针对这种情况，微任务就应用而生了，下面我们来看看微任务是如何权衡效率和实时性的。

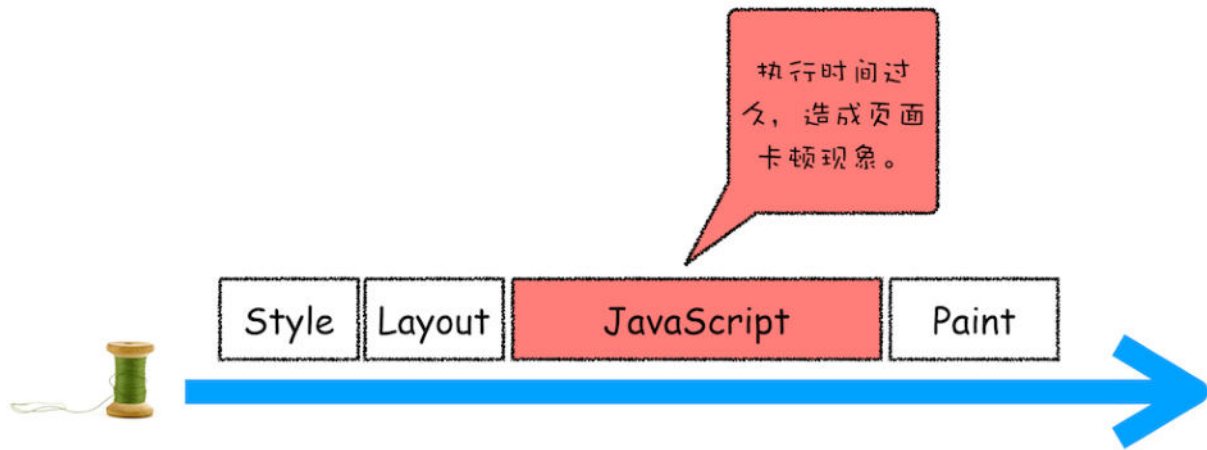
通常我们把消息队列中的任务称为**宏任务**，每个宏任务中都包含了一个**微任务队列**，在执行宏任务的过程中，如果 DOM 有变化，那么就会将该变化添加到微任务列表中，这样就不会影响到宏任务的继续执行，因此也就解决了执行效率的问题。

等宏任务中的主要功能都直接完成之后，这时候，渲染引擎并不着急去执行下一个宏任务，而是执行当前宏任务中的微任务，因为 DOM 变化的事件都保存在这些微任务队列中，这样也就解决了实时性问题。

第二个是如何解决单个任务执行时长过久的问题。

因为所有的任务都是在单线程中执行的，所以每次只能执行一个任务，而其他任务就都处于等待状态。如果其中一个任务执行时间过久，那么下一个任务就要等待很长时间。可以参考下图：





单个任务执行时间过久

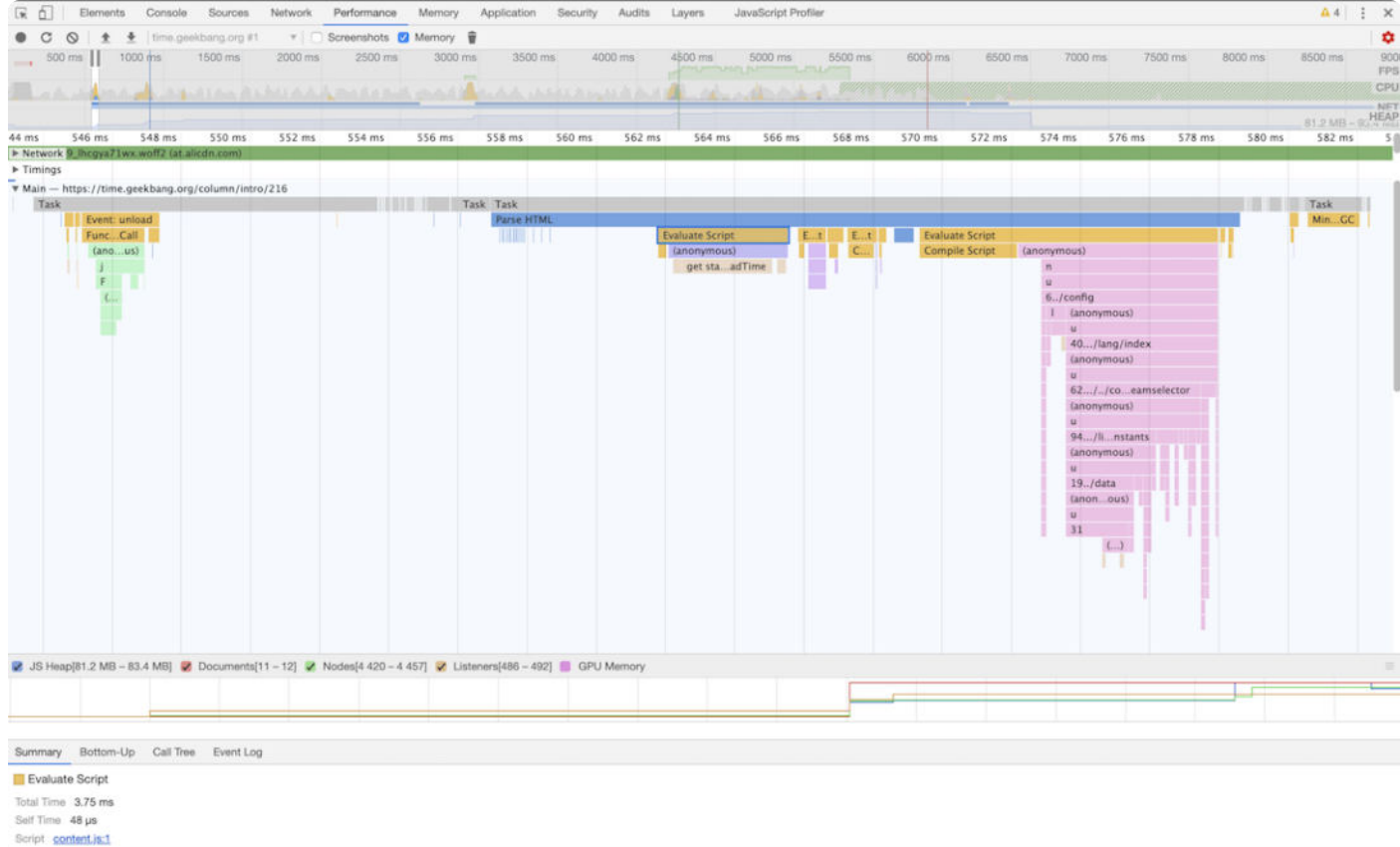
从图中你可以看到，如果在执行动画过程中，其中有个 JavaScript 任务因执行时间过久，占用了动画单帧的时间，这样会给用户制造了卡顿的感觉，这当然是极不好的用户体验。针对这种情况，JavaScript 可以通过回调功能来规避这种问题，也就是让要执行的 JavaScript 任务滞后执行。至于浏览器是如何实现回调功能的，我们在后面的章节中再详细介绍。

实践：浏览器页面是如何运行的

有了上面的基础知识之后，我们最后来看看浏览器的页面是如何运行的。

你可以打开开发者工具，点击“Performance”标签，选择左上角的“start profiling and load page”来记录整个页面加载过程中的事件执行情况，如下图所示：





Performance 页面

从图中可以看出，我们点击展开了 Main 这个项目，其记录了主线程执行过程中的所有任务。图中灰色的就是一个任务，每个任务下面还有子任务，其中的 Parse HTML 任务，是把 HTML 解析为 DOM 的任务。值得注意的是，在执行 Parse HTML 的时候，如果遇到 JavaScript 脚本，那么会暂停当前的 HTML 解析而去执行 JavaScript 脚本。

至于 Performance 工具，在后面的章节中我们还会详细介绍，在这里你只需要建立一个直观的印象就可以了。

总结

好了，今天就讲到这里，下面我来总结下今天所讲的内容。

- 如果有一些确定好的任务，可以使用一个单线程来按照顺序处理这些任务，这是第一版线程模型。
- 要在线程执行过程中接收并处理新的任务，就需要引入循环语句和事件系统，这是第二版线程模型。
- 如果要接收其他线程发送过来的任务，就需要引入消息队列，这是第三版线程模型。

- 如果其他进程想要发送任务给页面主线程，那么先通过 IPC 把任务发送给渲染进程的 IO 线程，IO 线程再把任务发送给页面主线程。
- 消息队列机制并不是太灵活，为了适应效率和实时性，引入了微任务。

基于消息队列的设计是目前使用最广的消息架构，无论是安卓还是 Chrome 都采用了类似的任务机制，所以理解了本篇文章的内容后，你再理解其他项目的任务机制也会比较轻松。


思考时间


今天给你留的思考题是：结合消息队列和事件循环，你认为微任务是什么？引入微任务能带来什么优势呢？

欢迎在留言区与我分享你的想法，也欢迎你在留言区记录你的思考过程。感谢阅读，如果你觉得这篇文章对你有帮助的话，也欢迎把它分享给更多的朋友。

分享给需要的人，Ta订阅超级会员，你将得 50 元

Ta单独购买本课程，你将得 20 元

 生成海报并分享

 赞 38  提建议

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得传播售卖。页面已增加防盗追踪，如有侵权极客邦将依法追究其法律责任。

[上一篇](#) 14 | 编译器和解释器：V8是如何执行一段JavaScript代码的？

[下一篇](#) 16 | WebAPI：setTimeout是如何实现的？



JVM + NIO + Spring

各大厂面试题及知识点详解

限时免费



精选留言 (94)

写留言



肥嘟嘟左卫门

2019-09-09

老师，我感觉最近学起来很迷茫。我本身是非计算机专业的，转行前端将近一年，也能照搬代码去干活，但是总感觉很多东西不通，整个就是一个闭塞的状态，于是我把今年的目标定为恶补计算机基础知识，然后我就找计算机网络方面的知识，浏览器方面的，也包括您的这个专栏，并且也结合着极客时间另外一个关于http的专栏，感觉看的时候好像是懂了（其实我也知道也只是停留在我这个知识层面的“懂了”），会有那种原来平时工作时候他们说的那些概念是这样的意思，也会觉得曾经觉得很难得东西，一下子就通了的感觉，但是另一边我又发现一个问题就是看到现在，像之前专栏讲的我就忘了，平时打通的点也都没有太多印象。我有点迷茫了，我不知道是不是因为我实操太少了，平时遇到的问题太少，所以在学这些的时候会印象不深刻。难道我现在应该把更多的精力放在框架的使用，不停的写代码，而不是基础上吗？

作者回复：首先我的观点是工作和知识体系的构建都是重要的，这两者相辅相成。

所以学习过程也是停不下来的，基础知识的学习不要间断。

工作是实践的好机会，但是在工作中你涉及到内容通常会限定在一个很窄的领域，要想通过工作拓宽自己的知识边界，那该如何突破呢？

我是这样做：



把工作中的项目看成是一个探险游戏，游戏中有你熟悉的领域，也有你不熟悉的领域，通常你所做的工作都是在你最熟悉的领域。

不过我还会做另外一件事，就是把游戏地图画出来，画地图的过程也就是全面熟悉项目架构的过程，其中可能涉及到很多你不熟悉的领域，然后你要做的事逐步拓宽这张地图！

当然人的精力是有限的，所以搭建知识架构很重要，然后再找几个领域深耕。

共 9 条评论 >

👍 128



易儿易

2019-09-08

宏任务是开会分配的工作内容，微任务是工作过程中被临时安排的内容，可以这么比喻吗？

作者回复: 这个比喻形象

共 3 条评论 >

👍 118



拖鞋

2019-09-16

老师请教个问题 用CSS3实现动画是不是不会影响主线程，和用JS实现动画会影响主线程，这个说法对么

作者回复: 是这样的，部分css3的动画效果是在合成线程上实现的，不需要主线程介入，所以省去了重拍和重绘的过程，这就大大提升了渲染效率。

JavaScript都是在主线程上执行的，所以JavaScript的动画需要主线程的参与，所以效率会大打折扣！



👍 64



052D-131

2020-03-21

早就了解宏任务和微任务的区别了，但这篇文章让我一下子明白了微任务的来龙去脉，有拨云见日之感。

共 1 条评论 >

👍 32



阿桐

2019-09-22

老师，为什么说页面是单线程架构？

默认情况下每个标签页都会配套一个渲染进程，而一个渲染进程里不是有主线程、合成线程、IO线程等多个线程吗

是因为【排版引擎 blink】和【JavaScript引擎 v8】都工作在渲染进程的主线程上并且是互斥的，基于这点说页面是单线程架构？

作者回复: 是的，他们都是在渲染进程的主线程上工作，所以同时只能执行一个。

比如v8除了在主线程上执行JavaScript代码之外，还会在主线程上执行垃圾回收，所以执行垃圾回收时停止主线程上的所有任务，我们把垃圾回收这个特性叫着全停顿。



👍 32



mfist

2019-09-07

微任务的本质结合消息队列和事件循环我理解：当事件循环接受到消息时候，判断是否是优先级高的任务，选择插入消息队列的位置不同，进而影响消息执行的顺序。

很期待通过js回调方式解决一次执行很长js带来的页面卡顿的问题。

今日总结

为了应对渲染进程主线程繁琐的任务（DOM解析、样式计算、布局、处理js任务、各种输入事件），引入了消息队列和事件循环系统。

从任务的复杂度逐渐增加，循序渐进的分析每种场景的处理方式。

1. 单线程处理安排好的同步任务
2. 引入事件循环接受新的任务
3. 引入消息队列处理其他进程发来的任务
4. 引入宏任务和微任务解决任务优先级的问题
5. 通过Js回调功能解决单个js任务执行时间过长的时间。

作者回复: 你对微任务的理解还是有些偏差的！

每个宏任务都有一个微任务列表，在宏任务的执行过程中产生微任务会被添加到该列表中，等宏任务快执行结束之后，会执行微任务列表，所以微任务依然运行在当前宏任务的执行环境中，这个特性会导致宏任务和微任务有一些本质上的区别！我们后面再介绍，你可以重点关注下。

共 12 条评论 >

👍 32



A6六个周

2019-11-25

由于是多个线程操作同一个消息队列，所以在添加任务和取出任务时还会加上一个同步锁。

请问老师，JS执行不是单线程的吗？为什么这里会说是由多个线程操作同一个队列？

作者回复: 这里提到的任务是指浏览器所以需要处理的任务！

浏览器是基于多进程+多线程架构的，所以多进程通讯（IPC）和多线程同步的问题！

因为JavaScript引擎是运行在渲染进程的主线程上的，所以我们说JavaScript是单线程执行的！

共 4 条评论 >

👍 25



Shopee内推码：NTAGx...

2019-12-20

老师，请问浏览器的事件循环和js event loop是一回事吗？

作者回复: JavaScript没有自己循环系统，它依赖的就是浏览器的循环系统，也就是渲染进程提供的循环系统！

所以可以说是一回事



👍 16



鹿一君

2020-06-01

这是目前买的几个课里面讲的最好和最认真的

共 1 条评论 >

👍 14



L-Chris

2020-05-14

事件循环的本质是for循环，循环不会一直迭代导致主线程卡主吗？

作者回复: 不会，实际过程中采用系统级中断机制，也就是有事件时，线程才会被激活，没事件时，线程就会被挂起



👍 14



Rapheal

2019-09-08

老师，可以请问下：渲染进程的主线程和V8执行机主线程是同一个线程吗？一个渲染进程有几个线程，分别有啥作用？



作者回复: 主要有IO线程, 用开负责和其它进程IPC通信的, 然后主线程主要跑页面的!

V8是在主线程上执行的, 因为dom操作啥的都是在主线程上执行的。

当然还有其它很多辅助线程, 比如预解析DOM的线程, 垃圾回收也有一些辅助线程。



👍 11



趁你还年轻233

2020-06-13

宏任务是开会时PM定好的需求, 微任务是开发过程中PM新加的加急需求。

假设一场迭代会议定下来3个宏任务, 在开发第2个宏任务到60%进度的时候, PM新提了一些小的微任务。执行时间可以表示为: 第2个宏任务完成之后---[执行新加入的微任务]---第3个宏任务开始之前。



👍 9



瞧

2019-09-08

宿主发起的任务是宏任务 如点击事件, `settimeout` 进消息队列; js引擎发起的任务是微任务如promise

共 4 条评论 >

👍 8



得闲读书

2019-09-07

老师, 所以, 事件循环其实是监听执行任务的循环机制吗? 而每一个执行任务都存档在消息队列里面, 这些统称为宏任务, 微任务是执行宏任务中遇到的异步操作吧, 就是异步代码, 如promise, `settimeout`任务。执行宏任务遇到异步任务先将其放入微任务列表, 等该宏任务执行一遍后再执行该宏任务的微任务列表, 我这样理解对吗?

作者回复: 第一个理解没错, 事件循环系统就是在监听并执行消息队列中的任务!

第二个理解也没问题, 不过promise触发的微任务, `settimeout`触发的是宏任务!



👍 7



GY

2019-09-25

非常疑惑, 几个问题希望能解答一下

1.我在查阅一些资料, 是这么描述的, 渲染进程主要有GUI渲染渲染线程, JS引擎线程, 事件触发线程, 定时触发器线程。而本文一直在讲主线程, 那么主线程到底是什么? 是独立于这几



个线程吗，还是这几个线程中的某一个

2.您在回答提问中，有提到了IO线程，以及辅助线程，这些又是什么？我在网上查不到比较好的回答

3.比较好奇window.onload的是如何执行的，js引擎执行到这段代码时，不会立即执行，那么会将这段代码怎么处理，什么时候执行，当他被触发时，是作为宏任务进入消息队列还是微任务进入微任务队列，还是其他方式？

4.我该如何理解任务，因为我在测试一个HTML文件中出现多个script标签且都包含一段setTimeout，前面的script中的setTimeout函数，有时会先于后面的script块执行，那么我应该如何理解这个过程，他并不是按照 第一个script标签中代码编译--执行--setTimeout进入消息队列--微任务执行--第二个script标签编译--执行--setTimeout进入消息队列--微任务执行.....--从消息队列取出第1个script标签中的setTimeout执行--从消息队列取出第2个script标签中的setTimeout执行

共 13 条评论 >

👍 7



阿段

2019-09-19

每一个宏任务都有一个微任务队列？还是整个任务队列有一个微任务队列？

作者回复：每个宏任务都有微任务队列

共 3 条评论 >

👍 5



阿桐

2019-09-07

老师，专栏中有段内容我看了几遍还是似懂非懂，您方便举个例子再给我说说吗？

“比如一个典型的场景是监控 DOM 节点的变化情况（节点的插入、修改、删除等动态变化），然后根据这些变化来处理相应的业务逻辑。一个通用的设计的是，利用 JavaScript 设计一套监听接口，当变化发生时，渲染引擎同步调用这些接口，这是一个典型的观察者模式。不过这个模式有个问题，因为 DOM 变化非常频繁，如果每次发生变化的时候，都直接调用相应的 JavaScript 接口，那么这个当前的任务执行时间会被拉长，从而导致执行效率的下降。”

作者回复：这个我会在微任务那节详细分析

共 2 条评论 >

👍 3



张萌

2020-05-20

怎么区分宏任务还是微任务，宏任务中不能产生新的宏任务吗



👍 2





L

2019-10-14

老师我觉得在第一篇那个进程哪里，应该可以顺手说一下浏览器主进程中的那些线程。。。

作者回复: 等专栏结束后起来补充介绍。几个主要线程的架构

共 3 条评论 >

👍 2



朱维娜 🍌

2019-09-11

在渲染进程里面，除了I/O线程，其他线程也会往消息队列中添加任务，是吗？

作者回复: 有啊，比如渲染过程就有合成线程，解析DOM过程中还有预解析线程，这些现场都会和主线程有交互的



👍 2

