

07 | 类型转换：V8是怎么实现1+“2”的？

2020-03-31 李兵

《图解 Google V8》

课程介绍 >



讲述：李兵

时长 11:20 大小 10.39M



你好，我是李兵。

前面我们花了很多篇幅聊了 JavaScript 中最基础却很容易被忽略的“对象”，以及 V8 是怎么处理“对象”的，今天我们继续来聊另一个非常基础，同时也是很容易被大家忽略的问题，那就是 JavaScript 中的“类型系统”。

在理解这个概念之前，你可以先思考一个简单的表达式，那就是在 JavaScript 中，“1+‘2’”等于多少？”

其实这相当于是问，在 JavaScript 中，让数字和字符串相加是会报错，还是可以正确执行。如果能正确执行，那么结果是等于数字 3，还是字符串“3”，还是字符串“12”呢？



如果你尝试在 Python 中使用数字和字符串进行相加操作，那么 Python 虚拟机会直接返回一个执行错误，错误提示是这样的：

```
1 >>> 1+'2'  
2 Traceback (most recent call last):  
3   File "<stdin>", line 1, in <module>  
4 TypeError: unsupported operand type(s) for +: 'int' and 'str'
```

这段错误代码提示了这是个类型错误，表明 Python 并不支持数字类型和字符串类型相加的操作。

不过在 JavaScript 中执行这段表达式，是可以返回一个结果的，最终返回的结果是字符串“12”。

最终结果如下所示：

```
1 >>> 1+'2'  
2 >>> "12"
```

为什么同样一条的表达式，在 Python 和 JavaScript 中执行会有不同的结果？为什么在 JavaScript 中执行，输出的是字符串“12”，不是数字 3 或者字符串“3”呢？

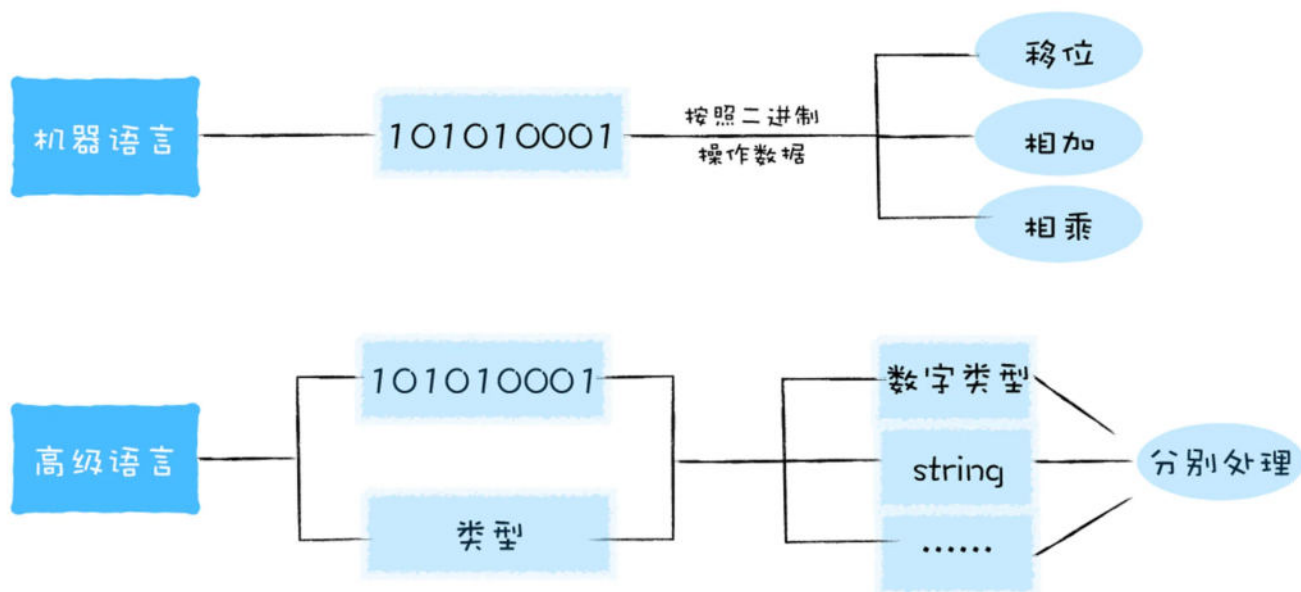
什么是类型系统 (Type System)?

在这个简单的表达式中，涉及到了两种不同类型的数据的相加。要想理清以上两个问题，我们就需要知道类型的概念，以及 JavaScript 操作类型的策略。

对机器语言来说，所有的数据都是一堆二进制代码，CPU 处理这些数据的时候，并没有类型的概念，CPU 所做的仅仅是移动数据，比如对其进行移位，相加或相乘。

而在高级语言中，我们都会为操作的数据赋予指定的类型，类型可以确认一个值或者一组值具有特定的意义和目的。所以，类型是高级语言中的概念。





比如在 C/C++ 中，你需要为要处理的每条数据指定类型，这样定义变量：

```
1 int counter = 100 # 赋值整型变量
2 float miles = 1000.0 # 浮点型
3 char* name = "John" # 字符串
```

复制代码

C/C++ 编译器负责将这些数据片段转换为供 CPU 处理的正确命令，通常是二进制的机器代码。

在某些更高级的语言中，还可以根据数据推断出类型，比如在 Python 或 JavaScript 中，你就不必为数据指定专门的数据类型，在 Python 中，你可以这样定义变量：

```
1 counter = 100 # 赋值整型变量
2 miles = 1000.0 # 浮点型
3 name = "John" # 字符串
```

复制代码

在 JavaScript 中，你可以这样定义变量：

复制代码



```
1 var counter = 100 # 赋值整型变量
2 let miles = 1000.0 # 浮点型
3 const name = "John" # 字符串
```

虽然 Python 和 JavaScript 定义变量的方式不同，但是它们都不需要直接指定变量的类型，因为虚拟机会根据数据自动推导出类型。

通用的类型有数字类型、字符串、Boolean 类型等等，引入了这些类型之后，编译器或者解释器就可以根据类型来限制一些有害的或者没有意义的操作。

比如在 Python 语言中，如果使用字符串和数字相加就会报错，因为 Python 觉得这是没有意义的。而在 JavaScript 中，字符串和数字相加是有意义的，可以使用字符串和数字进行相加的。再比如，你让一个字符串和一个字符串相乘，这个操作是没有意义的，所有语言几乎都会禁止该操作。

每种语言都定义了自己的类型，还定义了如何操作这些类型，另外还定义了这些类型应该如何相互作用，我们就把这称为**类型系统**。

关于类型系统，[wiki 百科](#)上是这样解释的：

在计算机科学中，类型系统（type system）用于定义如何将编程语言中的数值和表达式归类为许多不同的类型，如何操作这些类型，这些类型如何互相作用。

直观地理解，一门语言的类型系统定义了各种类型之间应该如何相互操作，比如，两种不同类型相加应该如何处理，两种相同的类型相加又应该如何处理等。还规定了各种不同类型应该如何相互转换，比如字符串类型如何转换为数字类型。

一个语言的类型系统越强大，那编译器能帮程序员检查的东西就越多，程序员定义“检查规则”的方式就越灵活。

V8 是怎么执行加法操作的？

了解了 JavaScript 中的类型系统，接下来我们就可以来看看 V8 是怎么处理 $1+2$ 的了。

当有两个值相加的时候，比如：



1 a+b

V8 会严格根据 ECMAScript 规范来执行操作。ECMAScript 是一个语言标准，JavaScript 就是 ECMAScript 的一个实现，比如在 ECMAScript 就定义了怎么执行加法操作，如下所示：

12.7.3.1 Runtime Semantics: Evaluation

AdditiveExpression : *AdditiveExpression* + *MultiplicativeExpression*

1. Let *lref* be the result of evaluating *AdditiveExpression*.
2. Let *lval* be [GetValue](#)(*lref*).
3. [ReturnIfAbrupt](#)(*lval*).
4. Let *rref* be the result of evaluating *MultiplicativeExpression*.
5. Let *rval* be [GetValue](#)(*rref*).
6. [ReturnIfAbrupt](#)(*rval*).
7. Let *lprim* be [ToPrimitive](#)(*lval*).
8. [ReturnIfAbrupt](#)(*lprim*).
9. Let *rprim* be [ToPrimitive](#)(*rval*).
10. [ReturnIfAbrupt](#)(*rprim*).
11. If [Type](#)(*lprim*) is String or [Type](#)(*rprim*) is String, then
 - a. Let *lstr* be [ToString](#)(*lprim*).
 - b. [ReturnIfAbrupt](#)(*lstr*).
 - c. Let *rstr* be [ToString](#)(*rprim*).
 - d. [ReturnIfAbrupt](#)(*rstr*).
 - e. Return the String that is the result of concatenating *lstr* and *rstr*.
12. Let *lnum* be [ToNumber](#)(*lprim*).
13. [ReturnIfAbrupt](#)(*lnum*).
14. Let *rnum* be [ToNumber](#)(*rprim*).
15. [ReturnIfAbrupt](#)(*rnum*).
16. Return the result of applying the addition operation to *lnum* and *rnum*. See the Note below [12.7.5](#).

ECMAScript定义加法语义

具体细节你也可以 [参考规范](#)，我将标准定义的内容翻译如下：

AdditiveExpression : AdditiveExpression + MultiplicativeExpression

1. 把第一个表达式 (AdditiveExpression) 的值赋值给左引用 (lref)。
2. 使用 [GetValue](#)(lref) 获取左引用 (lref) 的计算结果，并赋值给左值。
3. 使用 [ReturnIfAbrupt](#)(lval) 如果报错就返回错误。
4. 把第二个表达式 (MultiplicativeExpression) 的值赋值给右引用 (rref)。
5. 使用 [GetValue](#)(rref) 获取右引用 (rref) 的计算结果，并赋值给 rval。
6. 使用 [ReturnIfAbrupt](#)(rval) 如果报错就返回错误。



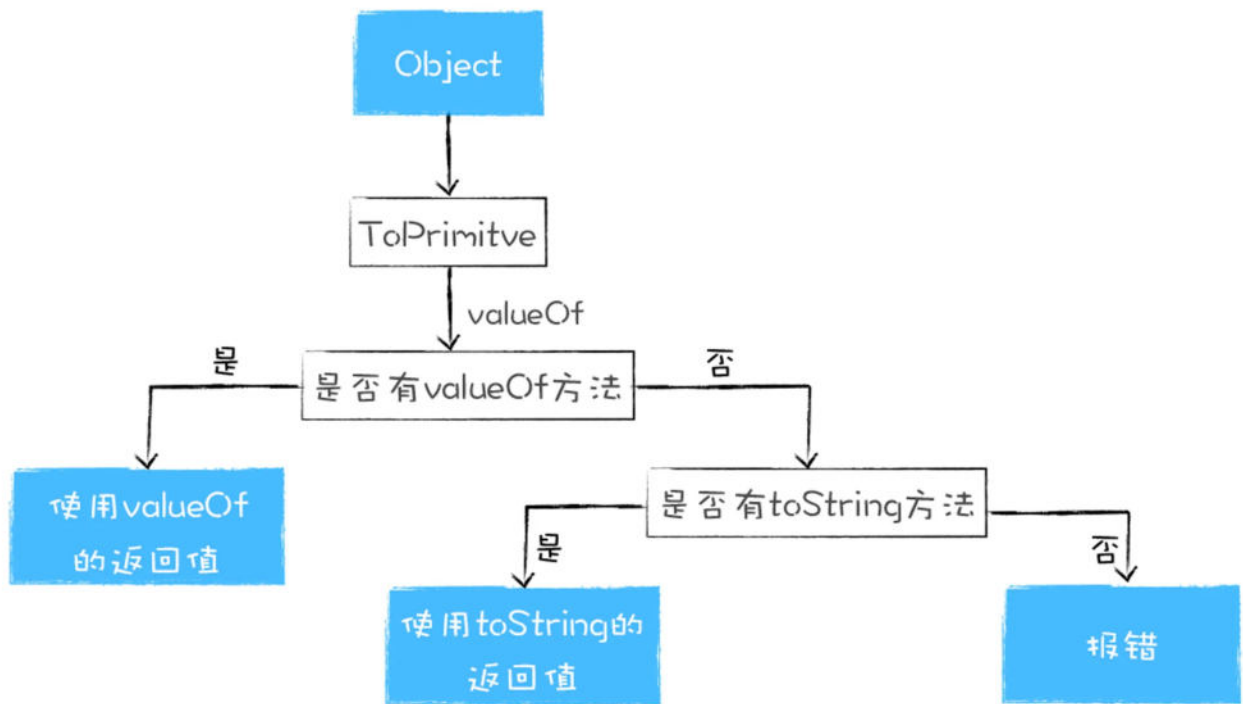
7. 使用 `ToPrimitive(lval)` 获取左值 (`lval`) 的计算结果, 并将其赋值给左原生值 (`lprim`)。
8. 使用 `ToPrimitive(rval)` 获取右值 (`rval`) 的计算结果, 并将其赋值给右原生值 (`rprim`)。
9. 如果 `Type(lprim)` 和 `Type(rprim)` 中有一个是 `String`, 则:
 - a. 把 `ToString(lprim)` 的结果赋给左字符串 (`lstr`);
 - b. 把 `ToString(rprim)` 的结果赋给右字符串 (`rstr`);
 - c. 返回左字符串 (`lstr`) 和右字符串 (`rstr`) 拼接的字符串。
10. 把 `ToNumber(lprim)` 的结果赋给左数字 (`lnum`)。
11. 把 `ToNumber(rprim)` 的结果赋给右数字 (`rnum`)。
12. 返回左数字 (`lnum`) 和右数字 (`rnum`) 相加的数值。

通俗地理解, V8 会提供了一个 `ToPrimitive` 方法, 其作用是将 `a` 和 `b` 转换为原生数据类型, 其转换流程如下:

- 先检测该对象中是否存在 `valueOf` 方法, 如果有并返回了原始类型, 那么就使用该值进行强制类型转换;
- 如果 `valueOf` 没有返回原始类型, 那么就使用 `toString` 方法的返回值;
- 如果 `vauleOf` 和 `toString` 两个方法都不返回基本类型值, 便会触发一个 `TypeError` 的错误。

将对象转换为原生类型的流程图如下所示:





当 V8 执行 `1+"2"` 时，因为这是两个原始值相加，原始值相加的时候，如果其中一项是字符串，那么 V8 会默认将另外一个值也转换为字符串，相当于执行了下面的操作：

```
1 Number(1).toString() + "2"
```

[复制代码](#)

这里，把数字 1 偷偷转换为字符串“1”的过程也称为强制类型转换，因为这种转换是隐式的，所以如果我们不熟悉语义，那么就很容易判断错误。

我们还可以再看一个例子来验证上面流程，你可以看下面的代码：

```
1 var Obj = {
2   toString() {
3     return '200'
4   },
5   valueOf() {
6     return 100
7   }
8 }
9 Obj+3
```

[复制代码](#)



执行这段代码，你觉得应该返回什么内容呢？

上面我们介绍过了，由于需要先使用 ToPrimitive 方法将 Obj 转换为原生类型，而 ToPrimitive 会优先调用对象中的 valueOf 方法，由于 valueOf 返回了 100，那么 Obj 就会被转换为数字 100，那么数字 100 加数字 3，那么结果当然是 103 了。

如果我改造下代码，让 valueOf 方法和 toString 方法都返回对象，其改造后的代码如下：

 复制代码

```
1 var Obj = {
2   toString() {
3     return new Object()
4   },
5   valueOf() {
6     return new Object()
7   }
8 }
9 Obj+3
```

再执行这段代码，你觉得应该返回什么内容呢？

因为 ToPrimitive 会先调用 valueOf 方法，发现返回的是一个对象，并不是原生类型，当 ToPrimitive 继续调用 toString 方法时，发现 toString 返回的也是一个对象，都是对象，就无法执行相加运算了，这时候虚拟机就会抛出一个异常，异常如下所示：

 复制代码

```
1 VM263:9 Uncaught TypeError: Cannot convert object to primitive value
2   at <anonymous>:9:6
```

提示的是类型错误，错误原因是无法将对象类型转换为原生类型。

所以说，在执行加法操作的时候，V8 会通过 ToPrimitive 方法将对象类型转换为原生类型，最后就是两个原生类型相加，如果其中一个值的类型是字符串时，则另一个值也需要强制转换为字符串，然后做字符串的连接运算。在其他情况时，所有的值都会转换为数字类型值，然后做数字的相加。



总结

今天我们主要学习了 JavaScript 中的类型系统是怎么工作的。类型系统定义了语言应当如何操作类型，以及这些类型如何互相作用。因为 Python 和 JavaScript 的类型系统差异，所以当处理同样的表达式时，返回的结果是不同的。

在 Python 中，数字和字符串相加会抛出异常，这是因为 Python 认为字符串和数字相加是无意义的，所以限制其操作。

在 JavaScript 中，数字和字符串相加会返回一个新的字符串，这是因为 JavaScript 认为字符串和数字相加是有意义的，V8 会将其中的数字转换为字符，然后执行两个字符串的相加操作，最终得到的是一个新的字符串。

在 JavaScript 中，类型系统是依据 ECMAScript 标准来实现的，所以 V8 会严格根据 ECMAScript 标准来执行。在执行加法过程中，V8 会先通过 ToPrimitive 函数，将对象转换为原生的字符串或者是数字类型，在转换过程中，ToPrimitive 会先调用对象的 valueOf 方法，如果没有 valueOf 方法，则调用 toString 方法，如果 valueOf 和 toString 两个方法都不返回基本类型值，便会触发一个 TypeError 的错误。

思考题

我们一起来分析一段代码：

 复制代码

```
1 var Obj = {  
2   toString() {  
3     return "200"  
4   },  
5   valueOf() {  
6     return 100  
7   }  
8 }  
9 Obj+"3"
```

你觉得执行这段代码会打印出什么内容呢？欢迎你在留言区与我分享讨论。

感谢你的阅读，如果你觉得这一讲的内容对你有所启发，也欢迎把它分享给你的朋友。



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 4 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 06 | 作用域链：V8是如何查找变量的？

下一篇 08 | 答疑：如何构建和使用V8的调试工具d8？

学习推荐

JVM + NIO + Spring

各大厂面试题及知识点详解

限时免费



精选留言 (27)

写留言



Silence

2020-03-31

1003 , 先调 valueOf, 存在则不调 toString , Number(100).toString() + '3' = '1003'

作者回复: 赞



31





狂躁小胖

2020-04-10

忽然想明白一个问题，为什么数字要转为字符串，而不是字符串转为数字，因为的数字一定可以转为字符串，而字符串不一定可以转为数字

作者回复: 为什么这样做，我也没弄明白

共 3 条评论 >

👍 16



红白十万一只

2020-04-17

ToPrimitive的第二个参数期望值
如果没填默认值是number
但是date类型的默认值是string。

Number就是valueOf先调用
string就是toString先调用

toNumeric

toNumber

toBigint

>和<

都是传递Number

toprimitive (arguments,Number)

toString

是传递string

toprimitive (arguments, string)

==和+都是没传递preferredtype的，会使用当前类型的默认值（日期是string，其他都是Number）

作者回复: 赞

共 2 条评论 >

👍 12



杨越

2020-03-31

图解v8、浏览器原理、罗剑锋老师的HTTP三个专栏就是面试神器和学习神器

作者回复: 嘿嘿，的确是



**潇潇雨歇**

2020-03-31

字符串1003，先调用对象的valueOf方法转为100，原始类型直接可以进行+操作，这里为字符串连接

作者回复: 没问题



👍 4

**子云**

2020-05-02

一开始我以为应该是2003，后面才反应过来是数字100和字符串3相加。虽然我很喜欢js，但我觉得这样的操作真的是毒瘤

作者回复: 是啊，javascript的细节坑很多



👍 2

**wuqilv**

2020-03-31

"1003", 如果其中一项是字符串，那么 V8 会默认将另外一个值也转换为字符串

作者回复: 对的



👍 2

**bright**

2020-03-31

'1003',先调用obj的valueOf方法返回100，然后使用强制类型转换为'100'

作者回复: 赞的



👍 2

**Stony.修行僧**

2020-03-31

2003 V8 会先通过 ToPrimitive 函数，将对象转换为原生的字符串或者是数字类型，在转换过程中，ToPrimitive 会先调用对象的 valueOf 方法，如果没有 valueOf 方法，则调用 toStri



ng 方法，如果 valueOf 和 toString 两个方法都不返回基本类型值，便会触发一个 TypeError 的错误。

作者回复: 是的

共 3 条评论 >

👍 2



王楚然

2020-03-31

思考题：

结果是字符串“1003”。Obj有valueOf并返回数字，与字符串类型相加，会做以下隐式转换：
Number(100).toString() + "3"

作者回复: 赞的



👍 1



Geek_3894f9

2020-03-31

思考题答案是'1003'。第一个对象，valueOf()有效，返回数字100，第二个对象是字符串，所以都转成字符串，再拼接。

作者回复: 是的



👍 1



伏枫

2020-03-31

思考题，应该返回字符串1003。obj先被调用valueOf方法，得到了一个原始类型number的值100，然后就是100 + '3'，相加表达式中 有一个为字符串类型，则将另一个也转换为字符串再进行相加，最后结果为字符串'1003'

作者回复: 是的



👍 1



马亮

2021-10-18

“1003”，结合原型链知识，此时 obj 存在两个 valueOf 方法，一个在对象内部，一个在原型链上，由于原型链先查找对象内部是否存在该属性，如果存在则停止查找，这时候直接使用



对象内部自定义的 `valueOf`，也可以直接改写原型链上的 `valueOf`，`Object.prototype.valueOf`，但是所有对象的在表达式中的计算均返回 100，不好。



陈琦

2021-05-11

"1003"



.

2021-04-06

有时候面试会考察这个，但是考察这个又有什么用呢？这些不过是语言的缺陷而已。



senga

2020-04-29

在判断相等时，ES5 规范 11.9.3.4-5 这样定义：

(1) 如果 `Type(x)` 是数字，`Type(y)` 是字符串，则返回 `x == ToNumber(y)` 的结果。(2) 如果 `Type(x)` 是字符串，`Type(y)` 是数字，则返回 `ToNumber(x) == y` 的结果；为什么相加时，是将 `number` 转换为 `string`

共 1 条评论 >



泷沁心

2020-04-29

言简意赅，补充一下大佬们写的其他类型的转换规则：<https://github.com/mqyqingfeng/Blog/issues/159>

作者回复：赞



HenryJia

2020-04-08

请问如何解释 `1 + new Date()` 的结果呢，或者 `var d2 = new Date(); 1 + d2`，结果类似 `"1Wed Apr 08 2020 00:15:07 GMT+0800 (中国标准时间)"`

共 3 条评论 >



大蓝

2020-04-05

老师可以衍生讲一下这个 `sum(1)(2)(3) == sum(1,2,3)`; `Function` 也有 `valueOf`;



墨灵

2020-04-02

哈哈，看到标题，感觉是被老师点名表扬了

作者回复: 哈哈，你说之前的留言吧

