

# Generator

## 基本概念

Generator 函数是 ES6 提供的一种异步编程解决方案，语法行为与传统函数完全不同。

Generator 函数有多种理解角度。语法上，首先可以把它理解成，Generator 函数是一个状态机，封装了多个内部状态。

执行 Generator 函数会返回一个遍历器对象，也就是说，Generator 函数除了状态机，还是一个遍历器对象生成函数。返回的遍历器对象，可以依次遍历 Generator 函数内部的每一个状态。

形式上，Generator 函数是一个普通函数，但是有两个特征。一是，`function` 关键字与函数名之间有一个星号；二是，函数体内部使用 `yield` 表达式，定义不同的内部状态（`yield` 在英语里的意思就是“产出”）。

```
function* helloWorldGenerator() {  
  yield 'hello';  
  yield 'world';  
  return 'ending';  
}  
  
var hw = helloWorldGenerator();
```

Generator 函数的调用方法与普通函数一样，也是在函数名后面加上一对圆括号。不同的是，调用 Generator 函数后，该函数并不执行，返回的也不是函数运行结果，而是一个指向内部状态的指针对象，也就是遍历器对象（Iterator Object）

下一步，必须调用遍历器对象的 `next` 方法，使得指针移向下一个状态。也就是说，每次调用 `next` 方法，内部指针就从函数头部或上一次停下来的地方开始执行，直到遇到下一个 `yield` 表达式（或 `return` 语句）为止。换言之，Generator 函数是分段执行的，`yield` 表达式是暂停执行的标记，而 `next` 方法可以恢复执行。

```
hw.next()  
// { value: 'hello', done: false }  
  
hw.next()
```

```
// { value: 'world', done: false }  
  
hw.next()  
// { value: 'ending', done: true }  
  
hw.next()  
// { value: undefined, done: true }
```

总结:调用 Generator 函数, 返回一个遍历器对象, 代表 Generator 函数的内部指针。以后, 每次调用遍历器对象的 `next` 方法, 就会返回一个有着 `value` 和 `done` 两个属性的对象。 `value` 属性表示当前的内部状态的值, 是 `yield` 表达式后面那个表达式的值; `done` 属性是一个布尔值, 表示是否遍历结束。

ES6 没有规定, `function` 关键字与函数名之间的星号, 写在哪个位置。这导致下面的写法都能通过。

```
function * foo(x, y) { ... }  
function *foo(x, y) { ... }  
function* foo(x, y) { ... }  
function*foo(x, y) { ... }
```

## yield 表达式

由于 Generator 函数返回的遍历器对象, 只有调用 `next` 方法才会遍历下一个内部状态, 所以其实提供了一种可以暂停执行的函数。 `yield` 表达式就是暂停标志。

遍历器对象的 `next` 方法的运行逻辑如下。

1. 遇到 `yield` 表达式, 就暂停执行后面的操作, 并将紧跟在 `yield` 后面的那个表达式的值, 作为返回的对象的 `value` 属性值。
2. 下一次调用 `next` 方法时, 再继续往下执行, 直到遇到下一个 `yield` 表达式。
3. 如果没有再遇到新的 `yield` 表达式, 就一直运行到函数结束, 直到 `return` 语句为止, 并将 `return` 语句后面的表达式的值, 作为返回的对象的 `value` 属性值。
4. 如果该函数没有 `return` 语句, 则返回的对象的 `value` 属性值为 `undefined`。

需要注意的是, `yield` 表达式后面的表达式, 只有当调用 `next` 方法、内部指针指向该语句时才会执行, 因此等于为 JavaScript 提供了手动的“惰性求值” ( Lazy Evaluation ) 的语法功能。

```
function* gen() {  
  yield 123 + 456;  
}
```

上面代码中，`yield` 后面的表达式 `123 + 456`，不会立即求值，只会在 `next` 方法将指针移到这一句时，才会求值。

`yield` 表达式与 `return` 语句既有相似之处，也有区别。相似之处在于，都能返回紧跟在语句后面的那个表达式的值。区别在于每次遇到 `yield`，函数暂停执行，下一次再从该位置继续向后执行，而 `return` 语句不具备位置记忆的功能。一个函数里面，只能执行一次（或者说一个）`return` 语句，但是可以执行多次（或者说多个）`yield` 表达式。正常函数只能返回一个值，因为只能执行一次 `return`；Generator 函数可以返回一系列的值，因为可以有任意多个 `yield`。从另一个角度看，也可以说 Generator 生成了一系列的值，这也就是它的名称的来历（英语中，generator 这个词是“生成器”的意思）。

Generator 函数可以不用 `yield` 表达式，这时就变成了一个单纯的暂缓执行函数。

```
function* f() {  
  console.log('执行了！')  
}  
  
var generator = f();  
  
setTimeout(function () {  
  generator.next()  
}, 2000);
```

`yield` 表达式只能用在 Generator 函数里面，用在其他地方都会报错。

```
(function () {  
  yield 1;  
})();  
// SyntaxError: Unexpected number
```

```
var arr = [1, [[2, 3], 4], [5, 6]];

var flat = function* (a) {
  a.forEach(function (item) {
    if (typeof item !== 'number') {
      yield* flat(item);
    } else {
      yield item;
    }
  });
};

for (var f of flat(arr)){
  console.log(f);
}
```

上面代码也会产生句法错误，因为 `forEach` 方法的参数是一个普通函数，但是在里面使用了 `yield` 表达式。一种修改方法是改用 `for` 循环。

```
var arr = [1, [[2, 3], 4], [5, 6]];

var flat = function* (a) {
  var length = a.length;
  for (var i = 0; i < length; i++) {
    var item = a[i];
    if (typeof item !== 'number') {
      yield* flat(item);
    } else {
      yield item;
    }
  }
};

for (var f of flat(arr)) {
  console.log(f);
}
```

[打印](#)

`yield` 表达式如果用在另一个表达式之中，必须放在圆括号里面。

```
function* demo() {
  console.log('Hello' + yield); // SyntaxError
  console.log('Hello' + yield 123); // SyntaxError

  console.log('Hello' + (yield)); // OK
  console.log('Hello' + (yield 123)); // OK
}
```

`yield` 表达式用作函数参数或放在赋值表达式的右边，可以不加括号。

```
function* demo() {
  foo(yield 'a', yield 'b'); // OK
  let input = yield; // OK
}
```

## 与 Iterator 接口的关系

任意一个对象的 `Symbol.iterator` 方法，等于该对象的遍历器生成函数，调用该函数会返回该对象的一个遍历器对象。

由于 Generator 函数就是遍历器生成函数，因此可以把 Generator 赋值给对象的 `Symbol.iterator` 属性，从而使得该对象具有 Iterator 接口。

```
var myIterable = {};
myIterable[Symbol.iterator] = function* () {
  yield 1;
  yield 2;
  yield 3;
};

[...myIterable]
```

[打印](#)

上面代码中，Generator 函数赋值给 `Symbol.iterator` 属性，从而使得 `myIterable` 对象具有了 `Iterator` 接口，可以被 `...` 运算符遍历了。

Generator 函数执行后，返回一个遍历器对象。该对象本身也具有 `Symbol.iterator` 属性，执行后返回自身。

```
function* gen(){
  // some code
}

var g = gen();

g[Symbol.iterator]() === g
```

[打印](#)

上面代码中，`gen` 是一个 Generator 函数，调用它会生成一个遍历器对象 `g`。它的 `Symbol.iterator` 属性，也是一个遍历器对象生成函数，执行后返回它自己。

## next 方法的参数

`yield` 表达式本身没有返回值，或者说总是返回 `undefined`。`next` 方法可以带一个参数，该参数就会被当作上一个 `yield` 表达式的返回值。

```
function* f() {
  for(var i = 0; true; i++) {
    var reset = yield i;
    if(reset) { i = -1; }
  }
}

var g = f();

g.next() // { value: 0, done: false }
```

```
g.next() // { value: 1, done: false }  
g.next(true) // { value: 0, done: false }
```

上面代码先定义了一个可以无限运行的 Generator 函数 `f`，如果 `next` 方法没有参数，每次运行到 `yield` 表达式，变量 `reset` 的值总是 `undefined`。当 `next` 方法带一个参数 `true` 时，变量 `reset` 就被重置为这个参数（即 `true`），因此 `i` 会等于 `-1`，下一轮循环就会从 `-1` 开始递增。

这个功能有很重要的语法意义。Generator 函数从暂停状态到恢复运行，它的上下文状态（context）是不变的。通过 `next` 方法的参数，就有办法在 Generator 函数开始运行之后，继续向函数体内部注入值。也就是说，可以在 Generator 函数运行的不同阶段，从外部向内部注入不同的值，从而调整函数行为。

```
function* foo(x) {  
  var y = 2 * (yield (x + 1));  
  var z = yield (y / 3);  
  return (x + y + z);  
}
```

```
var a = foo(5);  
a.next()  
a.next()  
a.next()
```

```
var b = foo(5);  
b.next()  
b.next(12)  
b.next(1)
```

注意，由于 `next` 方法的参数表示上一个 `yield` 表达式的返回值，所以在第一次使用 `next` 方法时，传递参数是无效的。V8 引擎直接忽略第一次使用 `next` 方法时的参数，只有从第二次使用 `next` 方法开始，参数才是有效的。从语义上讲，第一个 `next` 方法用来启动遍历器对象，所以不用带有参数。

再看一个通过 `next` 方法的参数，向 Generator 函数内部输入值的例子。

```
function* dataConsumer() {  
  console.log('Started');  
  console.log(`1. ${yield}`);  
}
```

```
    console.log(`2. ${yield}`);  
    return 'result';  
}
```

```
let genObj = dataConsumer();  
genObj.next();  
genObj.next('a')  
genObj.next('b')
```

如果想要第一次调用 `next` 方法时，就能够输入值，可以在 Generator 函数外面再包一层。

```
function wrapper(generatorFunction) {  
    return function (...args) {  
        let generatorObject = generatorFunction(...args);  
        generatorObject.next();  
        return generatorObject;  
    };  
}  
  
const wrapped = wrapper(function* () {  
    console.log(`First input: ${yield}`);  
    return 'DONE';  
});  
  
wrapped().next('hello!')
```

打印

## for...of 循环

`for...of` 循环可以自动遍历 Generator 函数时生成的 `Iterator` 对象，且此时不再需要调用 `next` 方法。

```
function *foo() {  
    yield 1;  
    yield 2;  
}
```



```
yield 3;
yield 4;
yield 5;
return 6;
}

for (let v of foo()) {
  console.log(v);
}
```

[打印](#)

注意，一旦 `next` 方法的返回对象的 `done` 属性为 `true`，`for...of` 循环就会中止，且不包含该返回对象。

利用 `for...of` 循环，可以写出遍历任意对象（object）的方法。原生的 JavaScript 对象没有遍历接口，无法使用 `for...of` 循环，通过 Generator 函数为它加上这个接口，就可以用了。

```
function* objectEntries(obj) {
  let propKeys = Reflect.ownKeys(obj);

  for (let propKey of propKeys) {
    yield [propKey, obj[propKey]];
  }
}

let jane = { first: 'Jane', last: 'Doe' };

for (let [key, value] of objectEntries(jane)) {
  console.log(`${key}: ${value}`);
}
```

上面代码中，对象 `jane` 原生不具备 `Iterator` 接口，无法用 `for...of` 遍历。这时，我们通过 Generator 函数 `objectEntries` 为它加上遍历器接口，就可以用 `for...of` 遍历了。加上遍历器接口的另一种写法是，将 Generator 函数加到对象的 `Symbol.iterator` 属性上面。

```
function* objectEntries() {
  let propKeys = Object.keys(this);

  for (let propKey of propKeys) {
    yield [propKey, this[propKey]];
  }
}

let jane = { first: 'Jane', last: 'Doe' };

jane[Symbol.iterator] = objectEntries;

for (let [key, value] of jane) {
  console.log(`${key}: ${value}`);
}
// first: Jane
// last: Doe
```

除了 `for...of` 循环以外，扩展运算符（`...`）、解构赋值和 `Array.from` 方法内部调用的，都是遍历器接口。这意味着，它们都可以将 Generator 函数返回的 Iterator 对象，作为参数。

```
function* numbers () {
  yield 1
  yield 2
  return 3
  yield 4
}

// 扩展运算符
[...numbers()] // [1, 2]

// Array.from 方法
Array.from(numbers()) // [1, 2]

// 解构赋值
let [x, y] = numbers();
```

```
x // 1
y // 2

// for...of 循环
for (let n of numbers()) {
  console.log(n)
}
// 1
// 2
```

## Generator.prototype.throw()

Generator 函数返回的遍历器对象，都有一个 `throw` 方法，可以在函数体外抛出错误，然后在 Generator 函数体内捕获。

```
var g = function* () {
  try {
    yield;
  } catch (e) {
    console.log('内部捕获', e);
  }
};

var i = g();
i.next();

try {
  i.throw('a');
  i.throw('b');
} catch (e) {
  console.log('外部捕获', e);
}
```

打印

上面代码中，遍历器对象 `i` 连续抛出两个错误。第一个错误被 Generator 函数体内的 `catch` 语句捕获。`i` 第二次抛出错误，由于 Generator 函数内部的 `catch` 语句已经执行过了，不会再捕捉到这个错误了，所以这个错误就被抛出了 Generator 函数体，被函数体外的 `catch` 语句捕获。

`throw` 方法可以接受一个参数，该参数会被 `catch` 语句接收，建议抛出 `Error` 对象的实例。

```
var g = function* () {  
  try {  
    yield;  
  } catch (e) {  
    console.log(e);  
  }  
};  
  
var i = g();  
i.next();  
i.throw(new Error('出错了!'));
```

打印

注意，不要混淆遍历器对象的 `throw` 方法和全局的 `throw` 命令。上面代码的错误，是用遍历器对象的 `throw` 方法抛出的，而不是用 `throw` 命令抛出的。后者只能被函数体外的 `catch` 语句捕获。

```
var g = function* () {  
  while (true) {  
    try {  
      yield;  
    } catch (e) {  
      if (e !== 'a') throw e;  
      console.log('内部捕获', e);  
    }  
  }  
};  
  
var i = g();  
i.next();
```

```
try {  
  throw new Error('a');  
  throw new Error('b');  
} catch (e) {  
  console.log('外部捕获', e);  
}
```

[打印](#)

上面代码之所以只捕获了 `a`，是因为函数体外的 `catch` 语句块，捕获了抛出的 `a` 错误以后，就不会再继续 `try` 代码块里面剩余的语句了。

如果 Generator 函数内部没有部署 `try...catch` 代码块，那么 `throw` 方法抛出的错误，将被外部 `try...catch` 代码块捕获。

```
var g = function* () {  
  while (true) {  
    yield;  
    console.log('内部捕获', e);  
  }  
};  
  
var i = g();  
i.next();  
  
try {  
  i.throw('a');  
  i.throw('b');  
} catch (e) {  
  console.log('外部捕获', e);  
}
```

[打印](#)

如果 Generator 函数内部和外部，都没有部署 `try...catch` 代码块，那么程序将报错，直接中断执行。

```
var gen = function* gen(){
  yield console.log('hello');
  yield console.log('world');
}

var g = gen();
g.next();
g.throw();
```

[打印](#)

`throw` 方法被捕获以后，会附带执行下一条 `yield` 表达式。也就是说，会附带执行一次 `next` 方法。

```
var gen = function* gen(){
  try {
    yield console.log('a');
  } catch (e) {
    // ...
  }
  yield console.log('b');
  yield console.log('c');
}

var g = gen();
g.next()
g.throw()
g.next()
```

上面代码中，`g.throw` 方法被捕获以后，自动执行了一次 `next` 方法，所以会打印 `b`。另外，也可以看到，只要 Generator 函数内部部署了 `try...catch` 代码块，那么遍历器的 `throw` 方法抛出的错误，不影响下一次遍历。

`throw` 命令与 `g.throw` 方法是无关的，两者互不影响。

```
var gen = function* gen(){
  yield console.log('hello');
  yield console.log('world');
}

var g = gen();
g.next();

try {
  throw new Error();
} catch (e) {
  g.next();
}
```

[打印](#)

上面代码中，`throw` 命令抛出的错误不会影响到遍历器的状态，所以两次执行 `next` 方法，都进行了正确的操作。

这种函数体内捕获错误的机制，大大方便了对错误的处理。多个 `yield` 表达式，可以只用一个 `try...catch` 代码块来捕获错误。如果使用回调函数的写法，想要捕获多个错误，就不得不为每个函数内部写一个错误处理语句，现在只在 Generator 函数内部写一次 `catch` 语句就可以了。

Generator 函数体外抛出的错误，可以在函数体内捕获；反过来，Generator 函数体内抛出的错误，也可以被函数体外的 `catch` 捕获。

```
function* foo() {
  var x = yield 3;
  var y = x.toUpperCase();
  yield y;
}

var it = foo();

it.next(); // { value:3, done:false }

try {
```

```
    it.next(42);  
  } catch (err) {  
    console.log(err);  
  }  
}
```

[打印](#)

上面代码中，第二个 `next` 方法向函数体内传入一个参数 42，数值是没有 `toUpperCase` 方法的，所以会抛出一个 `TypeError` 错误，被函数体外的 `catch` 捕获。

一旦 Generator 执行过程中抛出错误，且没有被内部捕获，就不会再执行下去了。如果此后还调用 `next` 方法，将返回一个 `value` 属性等于 `undefined`、`done` 属性等于 `true` 的对象，即 JavaScript 引擎认为这个 Generator 已经运行结束了。

```
function* g() {  
  yield 1;  
  console.log('throwing an exception');  
  throw new Error('generator broke!');  
  yield 2;  
  yield 3;  
}  
  
function log(generator) {  
  var v;  
  v = generator.next();  
  console.log('第一次运行next方法', v);  
  
  try {  
    v = generator.next();  
    console.log('第二次运行next方法', v);  
  } catch (err) {  
    console.log('捕捉错误', v);  
  }  
  
  v = generator.next();  
  console.log('第三次运行next方法', v);  
}
```



```
log(g());
```

[打印](#)

## Generator.prototype.return()

Generator 函数返回的遍历器对象，还有一个 `return` 方法，可以返回给定的值，并且终结遍历 Generator 函数。

```
function* gen() {  
  yield 1;  
  yield 2;  
  yield 3;  
}  
  
var g = gen();  
  
g.next()  
g.return('foo')  
g.next()
```

上面代码中，遍历器对象 `g` 调用 `return` 方法后，返回值的 `value` 属性就是 `return` 方法的参数 `foo`。并且，Generator 函数的遍历就终止了，返回值的 `done` 属性为 `true`，以后再调用 `next` 方法，`done` 属性总是返回 `true`。

如果 `return` 方法调用时，不提供参数，则返回值的 `value` 属性为 `undefined`。

如果 Generator 函数内部有 `try...finally` 代码块，那么 `return` 方法会推迟到 `finally` 代码块执行完再执行。

```
function* numbers () {  
  yield 1;  
  try {  
    yield 2;  
    yield 3;  
  }
```

```
    } finally {  
      yield 4;  
      yield 5;  
    }  
    yield 6;  
  }  
var g = numbers();  
g.next()  
g.next()  
g.return(7)  
g.next()  
g.next()
```

上面代码中，调用 `return` 方法后，就开始执行 `finally` 代码块，然后等到 `finally` 代码块执行完，再执行 `return` 方法。

## next()、throw()、return() 的共同点

`next()`、`throw()`、`return()` 这三个方法本质上是同一件事，可以放在一起理解。它们的作用都是让 Generator 函数恢复执行，并且使用不同的语句替换 `yield` 表达式。

`next()` 是将 `yield` 表达式替换成一个值。

```
const g = function* (x, y) {  
  let result = yield x + y;  
  return result;  
};  
  
const gen = g(1, 2);  
gen.next(); // Object {value: 3, done: false}  
  
gen.next(1); // Object {value: 1, done: true}  
// 相当于将 let result = yield x + y  
// 替换成 let result = 1;
```

上面代码中，第二个 `next(1)` 方法就相当于将 `yield` 表达式替换成一个值 `1`。如果 `next` 方法没有参数，就相当于替换成 `undefined`。

`throw()` 是将 `yield` 表达式替换成一个 `throw` 语句。

```
gen.throw(new Error('出错了')); // Uncaught Error: 出错了
// 相当于将 let result = yield x + y
// 替换成 let result = throw(new Error('出错了'));
```

`return()` 是将 `yield` 表达式替换成一个 `return` 语句。

```
gen.throw(new Error('出错了')); // Uncaught Error: 出错了
// 相当于将 let result = yield x + y
// 替换成 let result = throw(new Error('出错了'));
```

`return()` 是将 `yield` 表达式替换成一个 `return` 语句。

```
gen.return(2); // Object {value: 2, done: true}
// 相当于将 let result = yield x + y
// 替换成 let result = return 2;
```

## yield\* 表达式

如果在 Generator 函数内部，调用另一个 Generator 函数，默认情况下是没有效果的。

```
function* foo() {
  yield 'a';
  yield 'b';
}

function* bar() {
  yield 'x';
  foo();
  yield 'y';
}
```

```
for (let v of bar()){  
  console.log(v);  
}
```

[打印](#)

上面代码中，`foo` 和 `bar` 都是 Generator 函数，在 `bar` 里面调用 `foo`，是不会有效果的。

这个就需要用到 `yield*` 表达式，用来在一个 Generator 函数里面执行另一个 Generator 函数。

```
function* bar() {  
  yield 'x';  
  yield* foo();  
  yield 'y';  
}
```

// 等同于

```
function* bar() {  
  yield 'x';  
  yield 'a';  
  yield 'b';  
  yield 'y';  
}
```

// 等同于

```
function* bar() {  
  yield 'x';  
  for (let v of foo()) {  
    yield v;  
  }  
  yield 'y';  
}
```

```
for (let v of bar()){
```

```
console.log(v);  
}
```

[打印](#)

```
function* inner() {  
  yield 'hello!';  
}  
  
function* outer1() {  
  yield 'open';  
  yield inner();  
  yield 'close';  
}  
  
var gen = outer1()  
gen.next().value  
gen.next().value  
gen.next().value  
  
function* outer2() {  
  yield 'open'  
  yield* inner()  
  yield 'close'  
}  
  
var gen = outer2()  
gen.next().value  
gen.next().value  
gen.next().value
```

上面例子中，`outer2` 使用了 `yield*`，`outer1` 没使用。结果就是，`outer1` 返回一个遍历器对象，`outer2` 返回该遍历器对象的内部值。

从语法角度看，如果 `yield` 表达式后面跟的是一个遍历器对象，需要在 `yield` 表达式后面加上星号，表明它返回的是一个遍历器对象。这被称为 `yield*` 表达式。

`yield*` 后面的 Generator 函数（没有 `return` 语句时），等同于在 Generator 函数内部，部署一个 `for...of` 循环。

```
function* concat(iter1, iter2) {  
  yield* iter1;  
  yield* iter2;  
}
```

// 等同于

```
function* concat(iter1, iter2) {  
  for (var value of iter1) {  
    yield value;  
  }  
  for (var value of iter2) {  
    yield value;  
  }  
}
```

上面代码说明，`yield*` 后面的 Generator 函数（没有 `return` 语句时），不过是 `for...of` 的一种简写形式，完全可以用后者替代前者。反之，在有 `return` 语句时，则需要用 `var value = yield* iterator` 的形式获取 `return` 语句的值。

如果 `yield*` 后面跟着一个数组，由于数组原生支持遍历器，因此就会遍历数组成员。

```
function* gen(){  
  yield* ["a", "b", "c"];  
}  
  
gen().next()
```

打印

上面代码中，`yield` 命令后面如果不加星号，返回的是整个数组，加了星号就表示返回的是数组的遍历器对象。

如果被代理的 Generator 函数有 `return` 语句，那么就可以向代理它的 Generator 函数返回数据。

```
function *foo() {
  yield 2;
  yield 3;
  return "foo";
}

function *bar() {
  yield 1;
  var v = yield *foo();
  console.log( "v: " + v );
  yield 4;
}

var it = bar();

for (var value of it) {
  console.log(value);
}
```

打印

`yield*` 命令可以很方便地取出嵌套数组的所有成员。

```
function* iterTree(tree) {
  if (Array.isArray(tree)) {
    for(let i=0; i < tree.length; i++) {
      yield* iterTree(tree[i]);
    }
  } else {
    yield tree;
  }
}

const tree = [ 'a', ['b', 'c'], ['d', 'e'] ];
```

```
for(let x of iterTree(tree)) {  
  console.log(x);  
}
```

[打印](#)

## 作为对象属性的 Generator 函数

如果一个对象的属性是 Generator 函数，可以简写成下面的形式。

```
let obj = {  
  * myGeneratorMethod() {  
    ...  
  }  
};
```

上面代码中，`myGeneratorMethod` 属性前面有一个星号，表示这个属性是一个 Generator 函数。

它的完整形式如下，与上面的写法是等价的。

```
let obj = {  
  myGeneratorMethod: function* () {  
    // ...  
  }  
};
```

## Generator 函数的this

Generator 函数总是返回一个遍历器，ES6 规定这个遍历器是 Generator 函数的实例，也继承了 Generator 函数的 `prototype` 对象上的方法。

```
function* g() {}  
  
g.prototype.hello = function () {
```



```
    return 'hi!';  
};  
  
let obj = g();  
  
obj instanceof g  
obj.hello()
```

[打印](#)

上面代码表明，Generator 函数 `g` 返回的遍历器 `obj`，是 `g` 的实例，而且继承了 `g.prototype`。但是，如果把 `g` 当作普通的构造函数，并不会生效，因为 `g` 返回的总是遍历器对象，而不是 `this` 对象。

```
function* g() {  
  this.a = 11;  
}  
  
let obj = g();  
obj.a
```

[打印](#)

上面代码中，Generator 函数 `g` 在 `this` 对象上面添加了一个属性 `a`，但是 `obj` 对象拿不到这个属性。

Generator 函数也不能跟 `new` 命令一起用，会报错。

```
function* F() {  
  yield this.x = 2;  
  yield this.y = 3;  
}  
  
new F()
```

上面代码中，`new` 命令跟构造函数 `F` 一起使用，结果报错，因为 `F` 不是构造函数。

那么，有没有办法让 Generator 函数返回一个正常的对象实例，既可以用 `next` 方法，又可以获得正常的 `this` ？

```
function* F() {  
  this.a = 1;  
  yield this.b = 2;  
  yield this.c = 3;  
}  
var f = F.call(F.prototype);  
  
f.next();  
f.next();  
f.next();  
  
f.a  
f.b  
f.c
```

再将 `F` 改成构造函数，就可以对它执行 `new` 命令了。

```
function* gen() {  
  this.a = 1;  
  yield this.b = 2;  
  yield this.c = 3;  
}  
  
function F() {  
  return gen.call(gen.prototype);  
}  
  
var f = new F();  
  
f.next();  
f.next();  
f.next();
```

```
f.a  
f.b  
f.c
```

## Generator 与状态机

Generator 是实现状态机的最佳结构。比如，下面的 `toggle` 函数就是一个状态机。

```
var visible = true;  
var toggle = function() {  
  if (visible)  
    console.log('show!');  
  else  
    console.log('hide!');  
  visible = !visible;  
}
```

打印

上面代码的 `toggle` 函数一共有两种状态（`show` 和 `hide`），每运行一次，就改变一次状态。这个函数如果用 Generator 实现，就是下面这样。

```
var toggle = function* () {  
  while (true) {  
    console.log('show!');  
    yield;  
    console.log('hide!');  
    yield;  
  }  
};
```

上面的 Generator 实现与 ES5 实现对比，可以看到少了用来保存状态的外部变量 `visible`，这样就更简洁，更安全（状态不会被非法篡改）、更符合函数式编程的思想，在写法上也更优雅。Generator 之所以可以不用外部变量保存状态，是因为它本身就包含了一个状态信息，即目前是否处于暂停态。

# Generator 与协程

协程（coroutine）是一种程序运行的方式，可以理解成“协作的线程”或“协作的函数”。协程既可以用单线程实现，也可以用多线程实现。前者是一种特殊的子例程，后者是一种特殊的线程。

## （1）协程与子例程的差异

传统的“子例程”（subroutine）采用堆栈式“后进先出”的执行方式，只有当调用的子函数完全执行完毕，才会结束执行父函数。协程与其不同，多个线程（单线程情况下，即多个函数）可以并行执行，但是只有一个线程（或函数）处于正在运行的状态，其他线程（或函数）都处于暂停态（suspended），线程（或函数）之间可以交换执行权。也就是说，一个线程（或函数）执行到一半，可以暂停执行，将执行权交给另一个线程（或函数），等到稍后收回执行权的时候，再恢复执行。这种可以并行执行、交换执行权的线程（或函数），就称为协程。

从实现上看，在内存中，子例程只使用一个栈（stack），而协程是同时存在多个栈，但只有一个栈是在运行状态，也就是说，协程是以多占用内存为代价，实现多任务的并行。

## （2）协程与普通线程的差异

不难看出，协程适合用于多任务运行的环境。在这个意义上，它与普通的线程很相似，都有自己的执行上下文、可以分享全局变量。它们的不同之处在于，同一时间可以有多个线程处于运行状态，但是运行的协程只能有一个，其他协程都处于暂停状态。此外，普通的线程是抢先式的，到底哪个线程优先得到资源，必须由运行环境决定，但是协程是合作式的，执行权由协程自己分配。

由于 JavaScript 是单线程语言，只能保持一个调用栈。引入协程以后，每个任务可以保持自己的调用栈。这样做的最大好处，就是抛出错误的时候，可以找到原始的调用栈。不至于像异步操作的回调函数那样，一旦出错，原始的调用栈早就结束。

Generator 函数是 ES6 对协程的实现，但属于不完全实现。Generator 函数被称为“半协程”（semi-coroutine），意思是只有 Generator 函数的调用者，才能将程序的执行权还给 Generator 函数。如果是完全执行的协程，任何函数都可以让暂停的协程继续执行。

如果将 Generator 函数当作协程，完全可以将多个需要互相协作的任务写成 Generator 函数，它们之间使用 `yield` 表示式交换控制权。

# Generator 与上下文

JavaScript 代码运行时，会产生一个全局的上下文环境（context，又称运行环境），包含了当前所有的变量和对象。然后，执行函数（或块级代码）的时候，又会在当前上下文环境的上层，产生一个函数运行的上下文，变成当前（active）的上下文，由此形成一个上下文环境的堆栈（context stack）。

这个堆栈是“后进先出”的数据结构，最后产生的上下文环境首先执行完成，退出堆栈，然后再执行完成它下层的上下文，直至所有代码执行完成，堆栈清空。

Generator 函数不是这样，它执行产生的上下文环境，一旦遇到 `yield` 命令，就会暂时退出堆栈，但是并不消失，里面的所有变量和对象会冻结在当前状态。等到对它执行 `next` 命令时，这个上下文环境又会重新加入调用栈，冻结的变量和对象恢复执行。

```
function *gen() {  
  yield 1;  
  return 2;  
}  
  
let g = gen();  
  
console.log(  
  g.next().value,  
  g.next().value,  
);
```

上面代码中，第一次执行 `g.next()` 时，Generator 函数 `gen` 的上下文会加入堆栈，即开始运行 `gen` 内部的代码。等遇到 `yield 1` 时，`gen` 上下文退出堆栈，内部状态冻结。第二次执行 `g.next()` 时，`gen` 上下文重新加入堆栈，变成当前的上下文，重新恢复执行。

## 应用

Generator 可以暂停函数执行，返回任意表达式的值。这种特点使得 Generator 有多种应用场景。

### 异步操作的同步化表达

Generator 函数的暂停执行的效果，意味着可以把异步操作写在 `yield` 表达式里面，等到调用 `next` 方法时再往后执行。这实际上等同于不需要写回调函数了，因为异步操作的后续操作可以放在 `yield` 表达式下面，反正要等到调用 `next` 方法时再执行。所以，Generator 函数的一个重要实际意义就是用来处理异步操作，改写回调函数。

```
function* loadUI() {  
  showLoadingScreen();  
  yield loadUIDataAsynchronously();  
}
```

```
    hideLoadingScreen();
}
var loader = loadUI();
// 加载UI
loader.next()

// 卸载UI
loader.next()
```

上面代码中，第一次调用 `loadUI` 函数时，该函数不会执行，仅返回一个遍历器。下一次对该遍历器调用 `next` 方法，则会显示 `Loading` 界面（`showLoadingScreen`），并且异步加载数据（`loadUIDataAsynchronously`）。等到数据加载完成，再一次使用 `next` 方法，则会隐藏 `Loading` 界面。可以看到，这种写法的好处是所有 `Loading` 界面的逻辑，都被封装在一个函数，按部就班非常清晰。

Ajax 是典型的异步操作，通过 Generator 函数部署 Ajax 操作，可以用同步的方式表达。

```
function* main() {
  var result = yield request("http://some.url");
  var resp = JSON.parse(result);
  console.log(resp.value);
}

function request(url) {
  makeAjaxCall(url, function(response){
    it.next(response);
  });
}

var it = main();
it.next();
```

上面代码的 `main` 函数，就是通过 Ajax 操作获取数据。可以看到，除了多了一个 `yield`，它几乎与同步操作的写法完全一样。注意，`makeAjaxCall` 函数中的 `next` 方法，必须加上 `response` 参数，因为 `yield` 表达式，本身是没有值的，总是等于 `undefined`。

下面是另一个例子，通过 Generator 函数逐行读取文本文件。

```
function* numbers() {  
  let file = new FileReader("numbers.txt");  
  try {  
    while(!file.eof) {  
      yield parseInt(file.readLine(), 10);  
    }  
  } finally {  
    file.close();  
  }  
}
```

## (2) 控制流管理

如果有一个多步操作非常耗时，采用回调函数，可能会写成下面这样。

```
step1(function (value1) {  
  step2(value1, function(value2) {  
    step3(value2, function(value3) {  
      step4(value3, function(value4) {  
        // Do something with value4  
      });  
    });  
  });  
});
```

采用 Promise 改写上面的代码。

```
Promise.resolve(step1)  
  .then(step2)  
  .then(step3)  
  .then(step4)  
  .then(function (value4) {  
    // Do something with value4  
  }, function (error) {  
    // Handle any error from step1 through step4  
  })
```

```
  })  
  .done();
```

上面代码已经把回调函数，改成了直线执行的形式，但是加入了大量 Promise 的语法。Generator 函数可以进一步改善代码运行流程。

```
function* longRunningTask(value1) {  
  try {  
    var value2 = yield step1(value1);  
    var value3 = yield step2(value2);  
    var value4 = yield step3(value3);  
    var value5 = yield step4(value4);  
    // Do something with value4  
  } catch (e) {  
    // Handle any error from step1 through step4  
  }  
}
```

然后，使用一个函数，按次序自动执行所有步骤。

```
scheduler(longRunningTask(initialValue));  
  
function scheduler(task) {  
  var taskObj = task.next(task.value);  
  // 如果Generator函数未结束，就继续调用  
  if (!taskObj.done) {  
    task.value = taskObj.value  
    scheduler(task);  
  }  
}
```

利用 `for...of` 循环会自动依次执行 `yield` 命令的特性，提供一种更一般的控制流管理的方法。

```
let steps = [step1Func, step2Func, step3Func];
```



```
function *iterateSteps(steps){
  for (var i=0; i< steps.length; i++){
    var step = steps[i];
    yield step();
  }
}
```

上面代码中，数组 `steps` 封装了一个任务的多个步骤，Generator 函数 `iterateSteps` 则是依次为这些步骤加上 `yield` 命令。

将任务分解成步骤之后，还可以将项目分解成多个依次执行的任务。

```
let jobs = [job1, job2, job3];

function* iterateJobs(jobs){
  for (var i=0; i< jobs.length; i++){
    var job = jobs[i];
    yield* iterateSteps(job.steps);
  }
}
```

上面代码中，数组 `jobs` 封装了一个项目的多个任务，Generator 函数 `iterateJobs` 则是依次为这些任务加上 `yield*` 命令。

最后，就可以用 `for...of` 循环一次性依次执行所有任务的所有步骤。

```
for (var step of iterateJobs(jobs)){
  console.log(step.id);
}
```

### (3) 部署 Iterator 接口

利用 Generator 函数，可以在任意对象上部署 Iterator 接口。

```
function* iterEntries(obj) {
  let keys = Object.keys(obj);
  for (let i=0; i < keys.length; i++) {
    let key = keys[i];
    yield [key, obj[key]];
  }
}

let myObj = { foo: 3, bar: 7 };

for (let [key, value] of iterEntries(myObj)) {
  console.log(key, value);
}
```

上述代码中，`myObj` 是一个普通对象，通过 `iterEntries` 函数，就有了 Iterator 接口。也就是说，可以在任意对象上部署 `next` 方法。

下面是一个对数组部署 Iterator 接口的例子，尽管数组原生具有这个接口。

```
function* makeSimpleGenerator(array){
  var nextIndex = 0;

  while(nextIndex < array.length){
    yield array[nextIndex++];
  }
}

var gen = makeSimpleGenerator(['yo', 'ya']);

gen.next().value // 'yo'
gen.next().value // 'ya'
gen.next().done  // true
```

#### (4) 作为数据结构

Generator 可以看作是数据结构，更确切地说，可以看作是一个数组结构，因为 Generator 函数可以返回一系列的值，这意味着它可以对任意表达式，提供类似数组的接口。

```
function *doStuff() {  
  yield fs.readFile.bind(null, 'hello.txt');  
  yield fs.readFile.bind(null, 'world.txt');  
  yield fs.readFile.bind(null, 'and-such.txt');  
}
```

上面代码就是依次返回三个函数，但是由于使用了 Generator 函数，导致可以像处理数组那样，处理这三个返回的函数。

```
for (task of doStuff()) {  
  // task是一个函数，可以像回调函数那样使用它  
}
```

实际上，如果用 ES5 表达，完全可以用数组模拟 Generator 的这种用法。

```
function doStuff() {  
  return [  
    fs.readFile.bind(null, 'hello.txt'),  
    fs.readFile.bind(null, 'world.txt'),  
    fs.readFile.bind(null, 'and-such.txt')  
  ];  
}
```