

运算符

Typescript 使用各种类型运算符，对已有的类型进行计算，得到新类型。

1. keyof 运算符

keyof 是一个单目运算符，接受一个对象类型作为参数，返回该对象的所有键名组成的联合类型。

```
type MyObj = {  
  foo: number,  
  bar: string,  
};  
type Keys = keyof MyObj; // 'foo' | 'bar'
```

上例中，**keyof MyObj** 返回 **MyObj** 的所有键名组成的联合类型，即 **'foo' | 'bar'**。

```
interface T {  
  0: boolean;  
  a: string;  
  b(): void;  
}  
type KeyT = keyof T; // 0 | 'a' | 'b'
```

由于 JavaScript 对象的键名只有三种类型，所以对于任意对象的键名的联合类型就是 **string | number | symbol**。

```
type KeyT = keyof any; // type KeyT = string | number | symbol
```

对于没有自定义键名的类型使用 **keyof** 运算符，返回 **never** 类型，表示不可能有这样类型的键名。

```
type KeyT = keyof object; // never
```

上例中，由于 **object** 类型没有自身的属性，也就没有键名，所以 **keyof object** 返回 **never** 类型。

由于 **keyof** 返回的类型是 **string | number | symbol**，如果有些场合只需要其中的一种类型，那么可以采用交叉类型的写法。

```
type Capital<T extends string> = Capitalize<T>;  
type MyKeys<Obj extends object> = Capital<keyof Obj>; // 报错
```

上例中，类型 `Capital` 只接受字符串作为类型参数，传入 `keyof Obj` 会报错，原因是这时的类型参数是 `string|number|symbol`，跟字符串不兼容。采用下面的交叉类型写法，就不会报错。

```
type MyKeys<Obj extends object> = Capital<string & keyof Obj>;
```

上例中，`string & keyof Obj` 等同于 `string & string | number | symbol` 进行交集运算，最后返回 `string`，因此 `Capital<T extends string>` 就不会报错了。

如果对象属性名采用索引形式，`keyof` 会返回属性名的索引类型。

```
// 示例一
interface T {
  [prop: number]: number;
}
// number
type KeyT = keyof T;

// 示例二
interface T {
  [prop: string]: number;
}
// string|number
type KeyT = keyof T;
```

上面的示例二，`keyof T` 返回的类型是 `string|number`，原因是 JavaScript 属性名为字符串时，包含了属性名为数值的情况，因为数值属性名会自动转为字符串。

如果 `keyof` 运算符用于数组或元组类型，得到的结果可能出人意料。

```
type Result = keyof ['a', 'b', 'c']; // number | "0" | "1" | "2" | "length" |
"pop" | "push" | ...
```

上例中，`keyof` 会返回数组的所有键名，包括数字键名和继承的键名。

对于联合类型，`keyof` 返回成员共有的键名。

```
type A = { a: string; z: boolean };
type B = { b: string; z: boolean };
type KeyT = keyof (A | B); // type KeyT = "z", keyof (A | B) <=> 'z'
```

对于交叉类型，`keyof` 返回所有键名。

```
type A = { a: string; x: boolean };
type B = { b: string; y: number };
```

```
type KeyT = keyof (A & B); // 返回 'a' | 'x' | 'b' | 'y'

// 相当于
keyof (A & B) ≡ keyof A | keyof B
```

keyof 取出的是键名组成的联合类型，如果想取出键值组成的联合类型，可以像下面这样写。

```
type MyObj = {
  foo: number,
  bar: string,
};

type Keys = keyof MyObj;

type Values = MyObj[Keys]; // type Values9 = string | number, MyObj9[Keys] <=>
string | number
```

上例中，`Keys` 是键名组成的联合类型，而 `MyObj[Keys]` 会取出每个键名对应的键值类型，组成一个新的联合类型，即 `number|string`。

1.1. keyof 运算符的用途

keyof 运算符往往用于精确表达对象的属性类型。

举例来说，取出对象的某个指定属性的值，JavaScript 版本可以写成下面这样。

```
function prop(obj, key) {
  return obj[key];
}
```

上面这个函数添加类型，只能写成下面这样。

```
function prop(
  obj:object, key:string
):any {
  return obj[key];
}
```

上面的类型声明有两个问题，一是无法表示参数 `key` 与参数 `obj` 之间的关系，二是返回值类型只能写成 `any`。

有了 `keyof` 以后，就可以解决这两个问题，精确表达返回值类型。

```
function prop<Obj, K extends keyof Obj>(
  obj:Obj, key:K
):Obj[K] {
  return obj[key];
}
```

上例中, `K extends keyof Obj` 表示 `K` 是 `Obj` 的一个属性名, 传入其他字符串会报错。返回值类型 `Obj[K]` 就表示 `K` 这个属性值的类型。

`keyof` 的另一个用途是用于属性映射, 即将一个类型的所有属性逐一映射成其他值。

```
type NewProps<Obj> = {
  [Prop in keyof Obj]: boolean;
};

// 用法
type MyObj = { foo: number; };

// 等于 { foo: boolean; }
type NewObj = NewProps<MyObj>;
```

上例中, 类型 `NewProps` 是类型 `Obj` 的映射类型, 前者继承了后者的所有属性, 但是把所有属性值类型都改成了 `boolean`。

下面的例子是去掉 `readonly` 修饰符。

```
type Mutable<Obj> = {
  -readonly [Prop in keyof Obj]: Obj[Prop];
};

// 用法
type MyObj = {
  readonly foo: number;
}

// 等于 { foo: number; }
type NewObj = Mutable<MyObj>;
```

上例中, `[Prop in keyof Obj]` 是 `Obj` 类型的所有属性名, `-readonly` 表示去除这些属性的只读特性。对应地, 还有 `+readonly` 的写法, 表示添加只读属性设置。

下面的例子是让可选属性变成必需的属性。

```
type Concrete<Obj> = {
  [Prop in keyof Obj]-?: Obj[Prop];
};
```

```
// 用法
type MyObj = {
  foo?: number;
}

// 等于 { foo: number; }
type NewObj = Concrete<MyObj>;
```

上例中，`[Prop in keyof Obj]` 后面的 `-?` 表示去除可选属性设置。对应地，还有 `+` 的写法，表示添加可选属性设置。

2. in 运算符

JavaScript 语言中，`in` 运算符用来确定对象是否包含某个属性名。

```
const obj = { a: 123 };

if ('a' in obj)
  console.log('found a');
```

`in` 运算符的左侧是一个字符串，表示属性名，右侧是一个对象。它的返回值是一个布尔值。

TypeScript 语言的类型运算中，`in` 运算符有不同的用法，**用来取出（遍历）联合类型的每一个成员类型。**

```
type U = 'a' | 'b' | 'c';

type Foo = {
  [Prop in U]: number;
};
// 等同于
type Foo = {
  a: number,
  b: number,
  c: number
};
```

上例中，`[Prop in U]` 表示依次取出联合类型 `U` 的每一个成员。

`[Prop in keyof Obj]` 表示取出对象 `Obj` 的每一个键名。`keyof Obj` 表示取出 `Obj` 对象的所有键名组成的联合类型（假设为 `U`），`Prop in U` 表示取出联合类型的每一个成员类型。

3. 方括号运算符

方括号运算符（`[]`）用于取出对象的键类型，比如 `T[K]` 会返回对象 `T` 的属性 `K` 的类型。

```
type Person = {
  age: number;
  name: string;
  alive: boolean;
};
type Age = Person['age']; // type Age = number, Person['age'] <=> number
```

方括号的参数如果是联合类型，那么返回的也是联合类型。

```
type Person = {
  age: number;
  name: string;
  alive: boolean;
};
type T = Person['age' | 'name']; // type T = string | number, Person[keyof Person]
<=> string | number
type A = Person[keyof Person]; // type A = string | number | boolean,
Person[keyof Person] <=> string | number | boolean
```

如果访问不存在的属性，会报错。

```
type T = Person['notExisted']; // Property 'notExisted' does not exist on type
'Person'.
```

方括号运算符的参数也可以是属性名的索引类型。

```
type Obj = {
  [key:string]: number,
};
// number
type T = Obj[string];
```

上例中，Obj 的属性名是字符串的索引类型，所以可以写成 Obj[string]，代表所有字符串属性名，返回的就是它们的类型 number。

对于数组，可以使用number作为方括号的参数。

```
// MyArray 的类型是 { [key:number]: string }
const MyArray = ['a', 'b', 'c'];
// 等同于 (typeof MyArray)[number], typeof 运算符优先级高于方括号
type Person = typeof MyArray[number]; // type Person = string, typeof
MyArray[number] <=> string
```

上例中，`MyArray` 是一个数组，它的类型实际上是属性名的数值索引，而 `typeof MyArray[number]` 的 `typeof` 运算优先级高于方括号，所以返回的是所有数值键名的键值类型 `string`。

方括号里面不能有值的运算。

```
const key = 'age'; // key 是值类型，类型为 'age'
type Age = Person[key]; // 'key' refers to a value, but is being used as a type here. “key”指的是一个值，但在这里被用作类型。
type Age = Person[typeof key]; // 正确：typeof key 表示取 key 的类型 'age'
```

4. `extends...?:` 条件运算符

TypeScript 提供类似 JavaScript 的 `?:` 运算符这样的三元运算符，但多出了一个 `extends` 关键字。

条件运算符 `extends...?:` 可以根据当前类型是否符合某种条件，返回不同的类型。

`T extends U ? X : Y` 中的 `extends` 用来判断，类型 `T` 是否可以赋值给类型 `U`，即 `T` 是否为 `U` 的子类型，这里的 `T` 和 `U` 可以是任意类型。如果 `T` 能够赋值给类型 `U`，表达式的结果为类型 `X`，否则结果为类型 `Y`。

```
// 1 是 number 的子类型，返回 true
type T = 1 extends number ? true : false; // type T = true, 1 extends number ? true : false <=> true
```

```
interface Animal {
  live(): void;
}
interface Dog extends Animal {
  woof(): void;
}
type T1 = Dog extends Animal ? number : string; // type T1 = number
type T2 = RegExp extends Animal ? number : string; // type T2 = string
```

上例中，`Dog` 是 `Animal` 的子类型，所以 `T1` 的类型是 `number`。`RegExp` 不是 `Animal` 的子类型，所以 `T2` 的类型是 `string`。

一般来说，调换 `extends` 两侧类型，会返回相反的结果。举例来说，有两个类 `Dog` 和 `Animal`，前者是后者的子类型，那么 `Dog extends Animal` 就为真，而 `Animal extends Dog` 就为伪。

如果需要判断的类型是一个联合类型，那么条件运算符会展开这个联合类型。

```
(A|B) extends U ? X : Y
// <=>
(A extends U ? X : Y) |
(B extends U ? X : Y)
```

上例中，A|B是一个联合类型，进行条件运算时，相当于A和B分别进行运算符，返回结果组成一个联合类型。

如果不希望联合类型被条件运算符展开，可以把extends两侧的操作数都放在方括号里面。

```
// 示例一
type ToArray<Type> =
  Type extends any ? Type[] : never;

// string[]|number[]
type T = ToArray<string|number>;

// 示例二
type ToArray<Type> =
  [Type] extends [any] ? Type[] : never;

// (string | number)[]
type T = ToArray<string|number>;
```

上面的示例一，传入 `ToArray<Type>` 的类型参数是一个联合类型，所以会被展开，返回的也是联合类型。示例二是 `extends` 两侧的运算数都放在方括号里面，所以传入的联合类型不会展开，返回的是一个数组。

条件运算符还可以嵌套使用。

```
type LiteralTypeName<T> =
  T extends undefined ? "undefined" :
  T extends null ? "null" :
  T extends boolean ? "boolean" :
  T extends number ? "number" :
  T extends bigint ? "bigint" :
  T extends string ? "string" :
  never;
```

上面示例是一个多重判断，返回一个字符串的值类型，对应当前类型。下面是它的用法。

```
// "bigint"
type Result1 = LiteralTypeName<123n>;

// "string" | "number" | "boolean"
type Result2 = LiteralTypeName<true | 1 | 'a'>;
```

5. infer 关键字

`infer` 关键字用来定义泛型里面推断出来的类型参数，而不是外部传入的类型参数。

它通常跟条件运算符一起使用，用在 `extends` 关键字后面的父类型之中。


```
type Flatten<Type> =
  Type extends Array<infer Item> ? Item : Type;
```

上例中，`infer Item` 表示 `Item` 这个参数是 TypeScript 自己推断出来的，不用显式传入，而 `Flatten<Type>` 则表示 `Type` 这个类型参数是外部传入的。`Type extends Array<infer Item>` 则表示，如果参数 `Type` 是一个数组，那么就将该数组的成员类型推断为 `Item`，即 `Item` 是从 `Type` 推断出来的。

一旦使用 `Infer Item` 定义了 `Item`，后面的代码就可以直接调用 `Item` 了。下面是上例的泛型 `Flatten<Type>` 的用法。

```
type Str = Flatten<string[]>; // string
type Num = Flatten<number>;  // number
```

上例中，第一个例子 `Flatten<string[]>` 传入的类型参数是 `string[]`，可以推断出 `Item` 的类型是 `string`，所以返回的是 `string`。第二个例子 `Flatten<number>` 传入的类型参数是 `number`，它不是数组，所以直接返回自身。

6. is 运算符

函数返回布尔值的时候，可以使用 `is` 运算符，限定返回值与参数之间的关系。

`is` 运算符用来描述返回值属于 `true` 还是 `false`。

```
function isFish(
  pet: Fish|Bird
):pet is Fish {
  return (pet as Fish).swim !== undefined;
}
```

上例中，函数 `isFish()` 的返回值类型为 `pet is Fish`，表示如果参数 `pet` 类型为 `Fish`，则返回 `true`，否则返回 `false`。

`is` 运算符总是用于描述函数的返回值类型，写法采用 `parameterName is Type` 的形式，即左侧为当前函数的参数名，右侧为某一种类型。它返回一个布尔值，表示左侧参数是否属于右侧的类型。

```
type A = { a: string };
type B = { b: string };

function isTypeA(x: A|B): x is A {
  if ('a' in x) return true;
  return false;
}
```

`is` 运算符可以用于类型保护。

```
function isCat(a:any): a is Cat {
    return a.name === 'kitty';
}

let x:Cat|Dog;

if (isCat(x)) {
    x.meow(); // 正确, 因为 x 肯定是 Cat 类型
}
```

上例中, 函数 `isCat()` 的返回类型是 `a is Cat`, 它是一个布尔值。后面的 `if` 语句就用这个返回值进行判断, 从而起到类型保护的作用, 确保 `x` 是 `Cat` 类型, 从而 `x.meow()` 不会报错 (假定 `Cat` 类型拥有 `meow()` 方法)。

`is` 运算符还有一种特殊用法, 就是用在类 (`class`) 的内部, 描述类的方法的返回值。

```
class Teacher {
    isStudent():this is Student {
        return false;
    }
}

class Student {
    isStudent():this is Student {
        return true;
    }
}
```

上例中, `isStudent()` 方法的返回值类型, 取决于该方法内部的 `this` 是否为 `Student` 对象。如果是的, 就返回布尔值 `true`, 否则返回 `false`。

`this is T` 这种写法, 只能用来描述方法的返回值类型, 而不能用来描述属性的类型。

7. 模板字符串

TypeScript 允许使用模板字符串, 构建类型。**模板字符串的最大特点, 就是内部可以引用其他类型。**

```
type World = "world";
type Greeting = `hello ${World}`; // type Greeting = "hello world"
```

模板字符串可以引用的类型一共6种, 分别是 `string`、`number`、`bigint`、`boolean`、`null`、`undefined`。引用这6种以外的类型会报错。

```
type Num = 123;
type Obj = { n : 123 };
```

```
type T1 = `${Num} received`; // 正确
type T2 = `${Obj} received`; // Type 'Obj' is not assignable to type 'string |
number | bigint | boolean | null | undefined'.
type T3 = `${Obj['n']} received`; // 正确
```

模板字符串里面引用的类型，如果是一个联合类型，那么它返回的也是一个联合类型，即模板字符串可以展开联合类型。

```
type T = 'A' | 'B';
type U = `${T}_id`; // type U = "A_id" | "B_id"
```

如果模板字符串引用两个联合类型，它会交叉展开这两个类型。

```
type T = 'A' | 'B';
type U = '1' | '2';
type V = `${T}${U}`; // type V = "A1" | "A2" | "B1" | "B2"
```

上例中，**T** 和 **U** 都是联合类型，各自有两个成员，模板字符串里面引用了这两个类型，最后得到的就是一个 **4** 个成员的联合类型。