深蓝学院
shenlanxueyuan.com

C++ 基础

第 4 章：表达式

主讲人 李伟

微软高级工程师

《C++ 模板元编程实战》作者

目录

表达式基础—引入

- 表达式由一到多个操作数组成，可以求值并（通常会）返回求值结果
  - 最基本的表达式：变量、字面值
  - 通常来说，表达式会包含操作符（运算符）
  - 操作符的特性
    - 接收几个操作数：一元、二元、三元
    - 操作数的类型—类型转换
    - 操作数是左值还是右值
    - 结果的类型
    - 结果是左值还是右值 https://en.cppreference.com/w/cpp/language/operator_precedence 处于同一个优先级的operator都有相同的associativity
    - 优先级与结合性 (cpp-reference)，可以通过小括号来改变运算顺序
    - 操作符的重载—不改变接收操作数的个数、优先级与结合性
  - 操作数求值顺序的不确定性

右侧不同编译器输出的结果不同，原因是你写出了一个不安全的程序
warning: multiple unsequenced modifications to 'x'
原因：为了提高计算效率，c++和c可能会采取乱序执行的方式来执行代码

```cpp
void fun(int p1, int p2)
{
    std::cout << p1 << ' ' << p2 << '\n';
}

int main()
{
    int x = 0;
    fun(x = x + 1, x = x + 1);
}
```

表达式基础—左值与右值

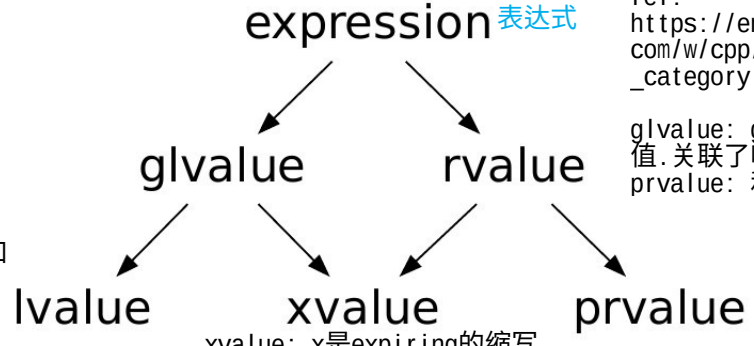
```
//左值不一定能放在等号左边
const int x = 3; // enmuteable(不能修改) lvalue
// x是一个左值，因为首先，他的确标识了一个对象。所有他属于glvalue,其次他不是将亡值，因此他是左值
x = 4;//这句话是错误的。这里的左值也不能放在等号左边。
```

```
//右值也可能放在等号左边
struct Str {};
int main()
{  Str x = Str();
   Str() = Str(); }
```

把可以放在等号左边的称为左值。不能放在等号左边的称为右值。

- 传统的左值与右值划分
  - 来源于 C 语言：左值可能放在等号左边；右值只能放在等号右边
  - 在 C++ 中，左值也不一定能放在等号左边；右值也可能放在等号左边

- 所有的划分都是针对表达式的，不是针对对象或数值
  - glvalue： 标识一个对象、位或函数
  - prvalue： 用于初始化对象或作为操作数
  - xvalue： 表示其资源可以被重新使用 将亡值



ref: https://en.cppreference.com/w/cpp/language/value_category

glvalue: generalized泛左值.关联了唯一的一块内存
prvalue: 和glvalue相对应

```
int main() {
  int x;
  x = 3; //程序运行的顺序是先对x求值，再对等号右面的3求值，再对等号求值。对x求值可以理解为获取x所对应的那块内存。
x就可以理解为是一个泛左值 glvalue.可以理解为x是一个标识，关联了那个x所在的内存。
```

讲完泛左值，再讲纯右值。纯右值是和glvale相对应的。
* 计算某个运算符的操作数：
x = 3;这里面的3就是一个prvalue.他只能作为一个操作数。因为我们不能写3=x;prvalue主要作用就是作为运算符的操作数，例如：3+2;3和2都是prvalue.
* 初始化某个对象或位域

```
int a = int{}; //我们也会对等号右面的int{}叫做prvalue
```

xvalue: x是expiring的缩写是代表其资源能够被重新使用的对象或位域的泛左值
std::move(x);//将x转化为了一个将亡值(xvalue),表明了，在后续的代码中，我们不再会对x这个资源进行任何的处理。我们已经把x的资源交出去了

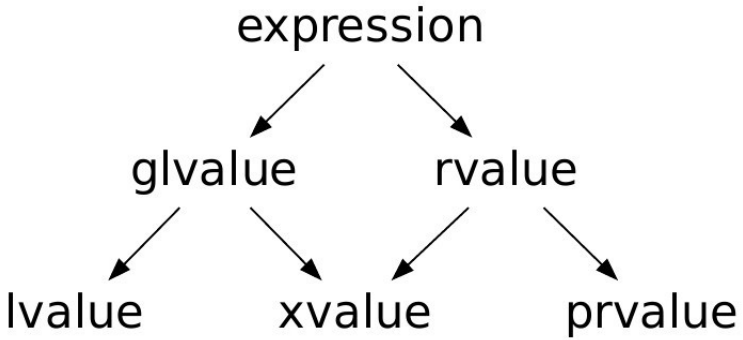
表达式基础—左值与右值（续）

- 左值与右值的转换
  - 左值转换为右值（lvalue to rvalue conversion）
  - 临时具体化（Temporary Materialization）prvalue -> xvalue
    为了匹配左值和右值的关系而引入的这个概念
- 再论 decltype
  - prvalue → type
  - lvalue → type&
  - xvalue → type&&

```
//左值转换为右值
int x = 3; // x is lvalue
int y = x; // 我们需要使用纯右值来对y进行初始化
y = x; //这句话合法，是因为c++支持左值转换为右值
x+y;
```

```
void fun(const ind& par) {} // 引用必须绑定到某个具体的对象上

int main() {
   fun(3); // 3是一个纯右值。这里就涉及到了temporaty materialization,把3转化为了xvalue
}
```



表达式基础—类型转换

- 一些操作符要求其操作数具有特定的类型，或者具有相同的类型，此时可能产生类型转换
- 隐式类型转换
  - 自动发生
  - 实际上是一个（有限长度的）转型序列
  - https://en.cppreference.com/w/cpp/language/implicit_conversion

```
void fun(void* par, int t)
{
    if(t ==1) {
        int* ptr = static_cast<int*> (par);
    }
    else if (t == 2) {
        double* ptr = static_cast<double*> (par);
        // ...
    }
}
```

- 显式类型转换 不止下面这五种，但是下面这几种是用得比较多的。c++故意把类型转换做的这么麻烦，因为它尽量不想让人们使用这个功能。
  - 显式引入的转换
  - static_cast 可以在一定程度上把基类转换为派生类，但可能不安全.比较安全的方法是用dynamic_cast
    不能去除常量性，会报错. `const int* ptr; static_cast<int*>(ptr);`
  - const_cast
  - dynamic_cast
  - reinterpret_cast `int x = 3; double y = reinterpret_cast<double>(x); // 编译报错。`
    大部分做的是有关指针的转换
    `int x = 3; int* ptr = &x; double* ptr2 = reinterpret_cast<double*>(ptr); // 此时ptr2已经是一个未知的值了`
  - C 形式的类型转换 explicit_cast. 一般在c语言中使用。不建议在c++中使用

表达式详述——算术操作符

- 共分为三个优先级
  - +，-（一元） 就是代表正负号
  - *，/，% % 表示求余
  - +，-（二元）
- 均为左结合的
- 通常来说，操作数与结果均为算数类型的右值；但加减法与一元 + 可接收指针 引入+，实现了强制的类型转换。+不能用于数组，但是可以用于指针。
- 一元 + 操作符会产生 integral promotion
- 整数相除会产生整数，向 0 取整
- 求余只能接收整数类型操作数，结果符号与第一个操作数相同
- 满足 (m / n) * n + m % n == m

Source:

```cpp
#include <cstdio>

int main()
{
  int a[3] = {1, 2, 3};
  const auto& x = +a;
}
```

Insight:

```cpp
#include <cstdio>

int main()
{
  int a[3] = {1, 2, 3};
  int *const & x = +a;
}
```

Source:

```cpp
#include <cstdio>

int main()
{
  int a[3] = {1, 2, 3};
  const auto& x = a;
}
```

Insight:

```cpp
#include <cstdio>

int main()
{
  int a[3] = {1, 2, 3};
  int const (&x)[3] = a;
}
```

Source:

```cpp
#include <cstdio>

int main()
{
  short x = 3;
  auto y = x;
}
```

Insight:

```cpp
#include <cstdio>

int main()
{
  short x = 3;
  short y = x;
}
```

Source:

```cpp
#include <cstdio>

int main()
{
  short x = 3;
  auto y = +x;
}
```

Insight:

```cpp
#include <cstdio>

int main()
{
  short x = 3;
  int y = +static_cast<int>(x);
}
```

表达式详述——逻辑与关系操作符

- 关系操作符接收算术或指针类型操作数；逻辑操作符接收可转换为 bool 值的操作数
- 操作数与结果均为右值（结果类型为 bool ）
- 除逻辑非外，其它操作符都是左结合的
- 逻辑与、逻辑或具有短路特性
- 逻辑与的优先级高于逻辑或
- 通常来说，不能将多个关系操作符串连
- 不要写出 val == true 这样的代码
- Spaceship operator: <=>
  - strong_ordering

中的equal表示二者具有可替换性

  - weak_ordering

二者在某一方面是相等的。但是二者不是相同的。

  - partial_ordering

增加了个unodered. NaN values compare unordered with any other value.
NaN (not a number)

Source:

```
#include <cstdio>
#include <compare>

int main()
{
  auto res = (3.0 <=> 5.0);
}
```

Insight:

```
#include <cstdio>
#include <compare>

int main()
{
  std::partial_ordering res = (3.0 <=> 5.0);
}
```

```
#include <compare>
#include <cmath>
#include <iostream>

int main()
{
  double f = 3.0;

  auto res = (sqrt(-1) <=> 5.0);

  std::cout << (res > 0) << std::endl;
  std::cout << (res < 0) << std::endl;
  std::cout << (res == 0) << std::endl;
  std::cout << (res == std::partial_ordering::unordered) << std::endl;
}
```

```
0 0 0 1
```

```
c++20 new feature
如果判断a和b的关系比较费时。就可以采用这个方法，仅判断一次，就等到a和b的关系。不用先判断a>b，再判断a<b
a <=> b; // 会返回a和b的关系。
auto res = (a <=> b);
if (res > 0)
{
}
else if (res < 0)
{
}
else if (res = 0)
{
}
```

表达式详述——位操作符

- 接收右值，进行位运算，返回右值
- 除取反外，其它运算符均为左结合的
- 注意计算过程中可能会涉及到 integral promotion
- 注意这里没有短路逻辑
- 移位操作在一定情况下等价于乘（除） 2 的幂，但速度更快
- 注意整数的符号与位操作符的相关影响
  - integral promotion 会根据整数的符号影响其结果
  - 右移保持符号，但左移不能保证

原因：int是在硬件系统中相对经常使用的类型。对char来做位操作，对硬件来说处理的没有那么好。因此我们通常会把char变成int的数据类型。然后再做位操作

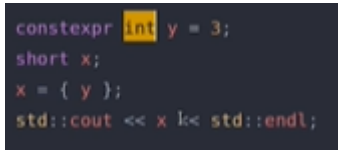
```
int main()
{
    char x = 0xff; // 11111111
    //1111..11111111111
    //0000..00000000000
    auto y = ~x;
    std::cout << y << std::endl;
}
```

会在不同环境下的结果不同。因为你不知道编译器是解释为了unsigned 还是signed

表达式详述——赋值操作符

- 左操作数为可修改左值；右操作数为右值，可以转换为左操作数的类型
- 赋值操作符是右结合的 `x = y = 3; //因为赋值操作符是右结合的，所以3会先给y。然后把y=3的求值结果（求值结果是y）给x`
- 求值结果为左操作数 `(x=5)=2; //1. 把5赋予x，然后返回求值结果x。然后再把2赋予x`
- 可以引入大括号（初始化列表）以防止收缩转换（narrowing conversion）

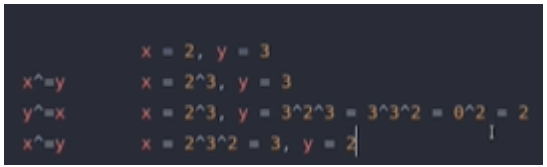
```
short x;
x = { 0x8000000 }; // 如果发生收缩转换会直接报错
// 不用大括号只有warning
```



左侧情况会报错，右侧情况不会报错。因为左侧编译器不知道y运行到此处的值是多少。而右侧程序知道y还是3.不会收缩

- 小心区分 = 与 ==
- 复合赋值运算符

异或操作：1.有交换律。2.两个数相同的，异或出来是0 3. 任何东西和0异或都是它本身




```
int x = 2;
int y = 3;
x^=y^=x^=y; //交换了x和y，
//优点节省了一个内存空间
// ^= 右结合。所以会先算
最右边的两个表达式
// 其实也并不推荐上面的方法。
仅用作简单的思维训练

//典型的方法：
int tmp;
tmp = x;
x = y;
y = tmp;
```

表达式详述——自增与自减运算符

- ++; --
- 分前缀与后缀两种情况
- 操作数为左值；前缀时返回左值；后缀时返回右值

返回变化后的值

返回x的原始值，因为x已经加1了，所以返回的是一个临时变量。所以返回的是一个右值

- 建议使用前缀形式 后缀：先构建tmp=x；再x+1， 再返回tmp。付出了更多的成本。

```
++++x; //合法的
(x++)++; //不合法。因为x++返回是右值。
```

```
x++; //如果你不使用临时变量。那么编译器一般会优化，省去临时变量。但是这个并不是标准，不一定会优化。
```

表达式详述——其它操作符

- 成员访问操作符：. 与 ->
  - -> 等价于 (*).
  ```
  Str* ptr = &a;
  (*ptr).x; //和下面的语句等价
  ptr->x;
  ```
  - . 的左操作数是左值（或右值），返回左值（或右值 xvalue ）
  - -> 的左操作数指针，返回左值
- 条件操作符
  - 唯一的三元操作符 `true ? 3 : 5;`
  - 接收一个可转换为 bool 的表达式与两个类型相同的表达式，只有一个表达式会被求值
  - 如果表达式均是左值，那么就返回左值，否则返回右值
  ```
  int x = 2;
  false ? 1 : x; //表达式返回右值
  int y = 2;
  false ? x : y; // 表达式返回左值
  ```
  - 右结合
  ```
  int score = 100;
  int res = (score > 0) ? 1 : (score == 0) ? 0 : -1;
  // 右结合，所以先算后半部分 (score == 0) ? 0 : -1
  // 不过这样的代码看起来太复杂了
  ```

表达式详述——其它操作符（续）

- 逗号操作符　2，3 // 逗号是个二元操作符，会先求2， 再求3．求值的顺序是确定的。这个表达式返回的结果是3．
  - 确保操作数会被从左向右求值
  - 求值结果为右操作数　fun(2，3);//这里面逗号并不是一个操作符。这里面对于2还是3哪个先求值是不确定的
  - 左结合
- sizeof 操作符
  - 操作数可以是一个类型或一个表达式
  - 并不会实际求值，而是返回相应的尺寸

```
int* ptr = nullptr;
*ptr; //非法的，我们不能对一个空指针解引用
sizeof(*ptr); // 合法的
```

- 其它操作符
  - 域解析操作符 ::
  - 函数调用操作符 ()
  - 索引操作符 []
  - 抛出异常操作符　throw
  - …

C++ 17 对表达式的求值顺序限定

- 以下表达式在 C++17 中，可以确保 e1 会先于 e2 被求值
  - e1[e2]
  - e1.e2
  - e1.*e2
  - e1→*e2
  - e1<<e2　　左移右移操作符
  - e1>>e2
  - e2 = e1 / e2 += e1 / e2 *= e1…（赋值及赋值相关的复合运算）

c++之前a会在b之前被执行的情况：

```
a, b
a ? b : c
a && b
a || b
```

- new Type(e) 会确保 e 会在分配内存之后求值

深蓝学院
shenlanxueyuan.com

感谢聆听！

Thanks for Listening