# [c++11]我理解的右值引用、移动语义和完美转发

StormZhu 关注
9 2018.08.16 20:36:02 字数 4,100 阅读 101,459

c++中引入了`右值引用`和`移动语义`，可以避免无谓的复制，提高程序性能。有点难理解，于是花时间整理一下自己的理解。

## 左值、右值

`C++`中所有的值都必然属于左值、右值二者之一。左值是指表达式结束后依然存在的*持久化对象*，右值是指表达式结束时就不再存在的*临时对象*。所有的具名变量或者对象都是左值，而右值不具名。很难得到左值和右值的真正定义，但是有一个可以区分左值和右值的便捷方法：**看能不能对表达式取地址，如果能，则为左值，否则为右值。**

看见书上又将右值分为将亡值和纯右值。纯右值就是`c++98`标准中右值的概念，如非引用返回的函数返回的临时变量值；一些运算表达式，如1+2产生的临时变量；不跟对象关联的字面量值，如2，'c'，true，"hello"；这些值都不能够被取地址。

而将亡值则是`c++11`新增的和右值引用相关的表达式，这样的表达式通常时将要移动的对象、`T&&`函数返回值、`std::move()`函数的返回值等，

不懂将亡值和纯右值的区别其实没关系，统一看作右值即可，不影响使用。

示例：

```
int i=0;// i是左值，  0是右值

class A {
  public:
    int a;
};
A getTemp()
{
    return A();
}
A a = getTemp();   // a是左值  getTemp()的返回值是右值（临时变量）
```

## 左值引用、右值引用

`c++98`中的引用很常见了，就是给变量取了个别名，在`c++11`中，因为增加了**右值引用**(rvalue reference)的概念，所以`c++98`中的引用都称为了**左值引用**(lvalue reference)。

```
int a = 10;
int& refA = a; // refA是a的别名， 修改refA就是修改a, a是左值，左移是左值引用

int& b = 1; //编译错误! 1是右值，不能够使用左值引用
```

`c++11`中的右值引用使用的符号是`&&`，如

```
int&& a = 1; //实质上就是将不具名(匿名)变量取了个别名
int b = 1;
int && c = b; //编译错误！ 不能将一个左值复制给一个右值引用
class A {
  public:
    int a;
};
A getTemp()
{
    return A();
}
A && a = getTemp();   //getTemp()的返回值是右值（临时变量）

```

`getTemp()`返回的右值本来在表达式语句结束后，其生命也就该终结了（因为是临时变量），而通过右值引用，该右值又重获新生，其生命期将与右值引用类型变量`a`的生命期一样，只要`a`还活着，该右值临时变量将会一直存活下去。实际上就是给那个临时变量取了个名字。

**注意**：这里`a`的**类型**是右值引用类型(`int &&`)，但是如果从左值和右值的角度区分它，它实际上是个**左值**。因为可以对它取地址，而且它还有名字，是一个已经命名的右值。

所以，左值引用只能绑定左值，右值引用只能绑定右值，如果绑定的不对，编译就会失败。但是，**常量左值引用**却是个奇葩，它可以算是一个"万能"的引用类型，它可以绑定非常量左值、常量左值、右值，而且在绑定右值的时候，常量左值引用还可以像右值引用一样将右值的生命期延长，缺点是，只能读不能改。

```
const int & a = 1; //常量左值引用绑定 右值， 不会报错

class A {
  public:
    int a;
};
A getTemp()
{
    return A();
}
const A & a = getTemp();   //不会报错 而 A& a 会报错

```

事实上，很多情况下我们用来常量左值引用的这个功能却没有意识到，如下面的例子：

```
#include <iostream>
using namespace std;

class Copyable {
public:
    Copyable(){}
    Copyable(const Copyable &o) {
        cout << "Copied" << endl;
    }
};
Copyable ReturnRvalue() {
    return Copyable(); //返回一个临时对象
}
void AcceptVal(Copyable a) {

}
void AcceptRef(const Copyable& a) {

}

int main() {
    cout << "pass by value: " << endl;
    AcceptVal(ReturnRvalue()); // 应该调用两次拷贝构造函数
    cout << "pass by reference: " << endl;
    AcceptRef(ReturnRvalue()); //应该只调用一次拷贝构造函数
}
```

当我敲完上面的例子并运行后，发现结果和我想象的完全不一样！**期望**中`AcceptVal(ReturnRvalue())`需要调用两次拷贝构造函数，一次在`ReturnRvalue()`函数中，构造好了`Copyable`对象，返回的时候会调用拷贝构造函数生成一个临时对象，在调用`AcceptVal()`时，又会将这个对象拷贝给函数的局部变量`a`，一共调用了两次拷贝构造函数。而`AcceptRef()`的不同在于形参是常量左值引用，它能够接收一个右值，而且不需要拷贝。

而实际的结果是，不管哪种方式，一次拷贝构造函数都没有调用！

这是由于编译器默认开启了返回值优化(RVO/NRVO, RVO, Return Value Optimization 返回值优化，或者NRVO， Named Return Value Optimization)。编译器很聪明，发现在`ReturnRvalue`内部生成了一个对象，返回之后还需要生成一个临时对象调用拷贝构造函数，很麻烦，所以直接优化成了1个对象对象，避免拷贝，而这个临时变量又被赋值给了函数的形参，还是没必要，所以最后这三个变量都用一个变量替代了，不需要调用拷贝构造函数。

虽然各大厂家的编译器都已经都有了这个优化，但是这并不是`c++`标准规定的，而且不是所有的返回值都能够被优化，而这篇文章的主要讲的**右值引用**，**移动语义**可以解决编译器无法解决的问题。

为了更好的观察结果，可以在编译的时候加上`-fno-elide-constructors`选项(关闭返回值优化)。

```
// g++ test.cpp -o test -fno-elide-constructors
pass by value:
Copied
Copied //可以看到确实调用了两次拷贝构造函数
pass by reference:
Copied

```

上面这个例子本意是想说明常量左值引用能够绑定一个右值，可以减少一次拷贝（使用非常量的左值引用会编译失败），但是顺便讲到了编译器的返回值优化。。编译器还是干了很多事情的，很有用，但不能过于依赖，因为你也不确定它什么时候优化了什么时候没优化。

总结一下，其中`T`是一个具体类型：

1. 左值引用， 使用 `T&`，只能绑定**左值**
2. 右值引用， 使用 `T&&`， 只能绑定**右值**
3. 常量左值， 使用 `const T&`，既可以绑定**左值**又可以绑定**右值**
4. 已命名的**右值引用**，编译器会认为是个**左值**
5. 编译器有返回值优化，但不要过于依赖

## 移动构造和移动赋值

回顾一下如何用c++实现一个字符串类`MyString`，`MyString`内部管理一个C语言的`char *`数组，这个时候一般都需要实现拷贝构造函数和拷贝赋值函数，因为默认的拷贝是浅拷贝，而指针这种资源不能共享，不然一个析构了，另一个也就完蛋了。

具体代码如下：

```
#include <iostream>
#include <cstring>
#include <vector>
using namespace std;

class MyString
{
public:
    static size_t CCtor; //统计调用拷贝构造函数的次数
//    static size_t CCtor; //统计调用拷贝构造函数的次数
public:
    // 构造函数
   MyString(const char* cstr=0){
       if (cstr) {
          m_data = new char[strlen(cstr)+1];
          strcpy(m_data, cstr);
       }
       else {
          m_data = new char[1];
          *m_data = '\0';
       }
   }

   // 拷贝构造函数
   MyString(const MyString& str) {
       CCtor ++;
       m_data = new char[ strlen(str.m_data) + 1 ];
       strcpy(m_data, str.m_data);
   }
   // 拷贝赋值函数 =号重载
   MyString& operator=(const MyString& str){
       if (this == &str) // 避免自我赋值!!
          return *this;

       delete[] m_data;
       m_data = new char[ strlen(str.m_data) + 1 ];
       strcpy(m_data, str.m_data);
       return *this;
   }

   ~MyString() {
       delete[] m_data;
   }

   char* get_c_str() const { return m_data; }
private:
   char* m_data;
};
size_t MyString::CCtor = 0;

int main()
{
    vector<MyString> vecStr;
    vecStr.reserve(1000); //先分配好1000个空间，不这么做，调用的次数可能远大于1000
    for(int i=0;i<1000;i++){
        vecStr.push_back(MyString("hello"));
    }
    cout << MyString::CCtor << endl;
}
```

代码看起来挺不错，却发现执行了`1000`次拷贝构造函数，如果`MyString("hello")`构造出来的字符串本来就很长，构造一遍就很耗时了，最后却还要拷贝一遍，而`MyString("hello")`只是临时对象，拷贝完就没什么用了，这就造成了没有意义的资源申请和释放操作，如果能够直接使用临时对象已经申请的资源，既能节省资源，又能节省资源申请和释放的时间。而`C++11`新增加的**移动语义**就能够做到这一点。

要实现移动语义就必须增加两个函数：移动构造函数和移动赋值构造函数。

```
#include <iostream>
#include <cstring>
#include <vector>
using namespace std;

class MyString
{
public:
    static size_t CCtor; //统计调用拷贝构造函数的次数
    static size_t MCtor; //统计调用移动构造函数的次数
    static size_t CAsgn; //统计调用拷贝赋值函数的次数
    static size_t MAsgn; //统计调用移动赋值函数的次数

public:
    // 构造函数
   MyString(const char* cstr=0){
       if (cstr) {
          m_data = new char[strlen(cstr)+1];
          strcpy(m_data, cstr);
       }
       else {
          m_data = new char[1];
          *m_data = '\0';
       }
   }

   // 拷贝构造函数
   MyString(const MyString& str) {
       CCtor ++;
       m_data = new char[ strlen(str.m_data) + 1 ];
       strcpy(m_data, str.m_data);
   }
   // 移动构造函数
   MyString(MyString&& str) noexcept
       :m_data(str.m_data) {
       MCtor ++;
       str.m_data = nullptr; //不再指向之前的资源了
   }

   // 拷贝赋值函数 =号重载
   MyString& operator=(const MyString& str){
       CAsgn ++;
       if (this == &str) // 避免自我赋值!!
          return *this;

       delete[] m_data;
       m_data = new char[ strlen(str.m_data) + 1 ];
       strcpy(m_data, str.m_data);
       return *this;
   }

   // 移动赋值函数 =号重载
   MyString& operator=(MyString&& str) noexcept{
       MAsgn ++;
       if (this == &str) // 避免自我赋值!!
          return *this;

       delete[] m_data;
       m_data = str.m_data;
       str.m_data = nullptr; //不再指向之前的资源了
       return *this;
   }

   ~MyString() {
       delete[] m_data;
   }

   char* get_c_str() const { return m_data; }
private:
   char* m_data;
};
size_t MyString::CCtor = 0;
size_t MyString::MCtor = 0;
size_t MyString::CAsgn = 0;
size_t MyString::MAsgn = 0;
int main()
{
    vector<MyString> vecStr;
    vecStr.reserve(1000); //先分配好1000个空间
    for(int i=0;i<1000;i++){
        vecStr.push_back(MyString("hello"));
    }
    cout << "CCtor = " << MyString::CCtor << endl;
    cout << "MCtor = " << MyString::MCtor << endl;
    cout << "CAsgn = " << MyString::CAsgn << endl;
    cout << "MAsgn = " << MyString::MAsgn << endl;
}

/* 结果
CCtor = 0
MCtor = 1000
CAsgn = 0
MAsgn = 0
*/

```

可以看到，移动构造函数与拷贝构造函数的区别是，拷贝构造的参数是`const MyString& str`，是*常量左值引用*，而移动构造的参数是`MyString&& str`，是*右值引用*，而`MyString("hello")`是个临时对象，是个右值，优先进入**移动构造函数**而不是拷贝构造函数。而移动构造函数与拷贝构造不同，它并不是重新分配一块新的空间，将要拷贝的对象复制过来，而是"偷"了过来，将自己的指针指向别人的资源，然后将别人的指针修改为`nullptr`，这一步很重要，如果不将别人的指针修改为空，那么临时对象析构的时候就会释放掉这个资源，"偷"也白偷了。下面这张图可以解释copy和move的区别。

copy和move的区别.png

不用奇怪为什么可以抢别人的资源，临时对象的资源不好好利用也是浪费，因为生命周期本来就是很短，在你执行完这个表达式之后，它就毁灭了，充分利用资源，才能很高效。

对于一个左值，肯定是调用拷贝构造函数了，但是有些左值是局部变量，生命周期也很短，能不能也移动而不是拷贝呢？`C++11`为了解决这个问题，提供了`std::move()`方法来将左值转换为右值，从而方便应用移动语义。我觉得它其实就是告诉编译器，虽然我是一个左值，但是不要对我用拷贝构造函数，而是用移动构造函数吧。。。

```
int main()
{
    vector<MyString> vecStr;
    vecStr.reserve(1000); //先分配好1000个空间
    for(int i=0;i<1000;i++){
        MyString tmp("hello");
        vecStr.push_back(tmp); //调用的是拷贝构造函数
    }
    cout << "CCtor = " << MyString::CCtor << endl;
    cout << "MCtor = " << MyString::MCtor << endl;
    cout << "CAsgn = " << MyString::CAsgn << endl;
    cout << "MAsgn = " << MyString::MAsgn << endl;

    cout << endl;
    MyString::CCtor = 0;
    MyString::MCtor = 0;
    MyString::CAsgn = 0;
    MyString::MAsgn = 0;
    vector<MyString> vecStr2;
    vecStr2.reserve(1000); //先分配好1000个空间
    for(int i=0;i<1000;i++){
        MyString tmp("hello");
        vecStr2.push_back(std::move(tmp)); //调用的是移动构造函数
    }
    cout << "CCtor = " << MyString::CCtor << endl;
    cout << "MCtor = " << MyString::MCtor << endl;
    cout << "CAsgn = " << MyString::CAsgn << endl;
    cout << "MAsgn = " << MyString::MAsgn << endl;
}

/* 运行结果
CCtor = 1000
MCtor = 0
CAsgn = 0
MAsgn = 0

CCtor = 0
MCtor = 1000
CAsgn = 0
MAsgn = 0
*/
```

下面再举几个例子：

```
MyString str1("hello"); //调用构造函数
MyString str2("world"); //调用构造函数
MyString str3(str1); //调用拷贝构造函数
MyString str4(std::move(str1)); // 调用移动构造函数、
//    cout << str1.get_c_str() << endl; // 此时str1的内部指针已经失效了！不要使用
//注意：虽然str1中的m_dat已经称为了空，但是str1这个对象还活着，知道出了它的作用域才会析构！而不是move
MyString str5;
str5 = str2; //调用拷贝赋值函数
MyString str6;
str6 = std::move(str2); // str2的内容也失效了，不要再使用

```

需要注意一下几点：

1. `str6 = std::move(str2)`，虽然将`str2`的资源给了`str6`，但是`str2`并没有立刻析构，只有在`str2`离开了自己的作用域的时候才会析构，所以，如果继续使用`str2`的`m_data`变量，可能会发生意想不到的错误。
2. 如果我们没有提供移动构造函数，只提供了拷贝构造函数，`std::move()`会失效但是不会发生错误，因为编译器找不到移动构造函数就去寻找拷贝构造函数，也这是拷贝构造函数的参数是`const T&`常量左值引用的原因！
3. `c++11中`的所有容器都实现了`move`语义，`move`只是转移了资源的控制权，本质上是将左值强制转化为右值使用，以用于移动拷贝或赋值，避免对**含有资源的对象**发生无谓的拷贝。`move`对于拥有如内存、文件句柄等资源的成员的对象有效，如果是一些基本类型，如int和char[10]数组等，如果使用move，仍会发生拷贝（因为没有对应的移动构造函数），所以说`move`对含有资源的对象说更有意义。

## universal references(通用引用)

当右值引用和模板结合的时候，就复杂了。`T&&`并不一定表示右值引用，它可能是个左值引用又可能是个右值引用。例如：

```
template<typename T>
void f( T&& param){

}
f(10);  //10是右值
int x = 10; //
f(x); //x是左值
```

如果上面的函数模板表示的是右值引用的话，肯定是不能传递左值的，但是事实却是可以。这里的`&&`是一个未定义的引用类型，称为`universal references`，它必须被初始化，它是左值引用还是右值引用却决于它的初始化，如果它被一个左值初始化，它就是一个左值引用；如果被一个右值初始化，它就是一个右值引用。

**注意**：只有当**发生自动类型推断**时（如函数模板的类型自动推导，或auto关键字），`&&`才是一个`universal references`。

例如：

```
template<typename T>
void f( T&& param); //这里T的类型需要推导，所以&&是一个 universal references

template<typename T>
class Test {
  Test(Test&& rhs); //Test是一个特定的类型，不需要类型推导，所以&&表示右值引用
};

void f(Test&& param); //右值引用

//复杂一点
template<typename T>
void f(std::vector<T>&& param); //在调用这个函数之前，这个vector<T>中的推断类型
//已经确定了，所以调用f函数的时候没有类型推断了，所以是 右值引用

template<typename T>
void f(const T&& param); //右值引用
// universal references仅仅发生在 T&& 下面，任何一点附加条件都会使之失效

```

所以最终还是要看`T`被推导成什么类型，如果`T`被推导成了`string`，那么`T&&`就是`string&&`，是个右值引用，如果`T`被推导为`string&`，就会发生类似`string& &&`的情况，对于这种情况，`c++11`增加了引用折叠的规则，总结如下：

1. 所有的右值引用叠加到右值引用上仍然使一个右值引用。
2. 所有的其他引用类型之间的叠加都将变成左值引用。

如上面的`T& &&`其实就被折叠成了个`string &`，是一个左值引用。

```
#include <iostream>
#include <type_traits>
#include <string>
using namespace std;

template<typename T>
void f(T&& param){
    if (std::is_same<string, T>::value)
        std::cout << "string" << std::endl;
    else if (std::is_same<string&, T>::value)
        std::cout << "string&" << std::endl;
    else if (std::is_same<string&&, T>::value)
        std::cout << "string&&" << std::endl;
    else if (std::is_same<int, T>::value)
        std::cout << "int" << std::endl;
    else if (std::is_same<int&, T>::value)
        std::cout << "int&" << std::endl;
    else if (std::is_same<int&&, T>::value)
        std::cout << "int&&" << std::endl;
    else
        std::cout << "unkown" << std::endl;
}

int main()
{
    int x = 1;
    f(1); // 参数是右值 T推导成了int, 所以是int&& param, 右值引用
    f(x); // 参数是左值 T推导成了int&, 所以是int&&& param, 折叠成 int&,左值引用
    int && a = 2;
    f(a); //虽然a是右值引用，但它还是一个左值， T推导成了int&
    string str = "hello";
    f(str); //参数是左值 T推导成了string&
    f(string("hello")); //参数是右值， T推导成了string
    f(std::move(str));//参数是右值， T推导成了string
}

```

所以，归纳一下， 传递左值进去，就是左值引用，传递右值进去，就是右值引用。如它的名字，这种类型确实很"通用"，下面要讲的完美转发，就利用了这个特性。

## 完美转发

所谓转发，就是通过一个函数将参数继续转交给另一个函数进行处理，原参数可能是右值，可能是左值，如果还能继续保持参数的原有特征，那么它就是完美的。

```
void process(int& i){
    cout << "process(int&):" << i << endl;
}
void process(int&& i){
    cout << "process(int&&):" << i << endl;
}

void myforward(int&& i){
    cout << "myforward(int&&):" << i << endl;
    process(i);
}

int main()
{
    int a = 0;
    process(a); //a被视为左值 process(int&):0
    process(1); //1被视为右值 process(int&&):1
    process(move(a)); //强制将a由左值改为右值 process(int&&):0
    myforward(2);  //右值经过forward函数转交给process函数，却称为了一个左值，
    //原因是该右值有了名字  所以是 process(int&):2
    myforward(move(a));  // 同上，在转发的时候右值变成了左值  process(int&):0
    // forward(a) // 错误用法，右值引用不接受左值
}
```

上面的例子就是不完美转发，而c++中提供了一个`std::forward()`模板函数解决这个问题。将上面的`myforward()`函数简单改写一下：

```
void myforward(int&& i){
    cout << "myforward(int&&):" << i << endl;
    process(std::forward<int>(i));
}

myforward(2); // process(int&&):2
```

上面修改过后还是不完美转发，`myforward()`函数能够将右值转发过去，但是并不能够转发左值，解决办法就是借助`universal references`通用引用类型和`std::forward()`模板函数共同实现完美转发。例子如下：

```
#include <iostream>
#include <cstring>
#include <vector>
using namespace std;

void RunCode(int &&m) {
    cout << "rvalue ref" << endl;
}
void RunCode(int &m) {
    cout << "lvalue ref" << endl;
}
void RunCode(const int &&m) {
    cout << "const rvalue ref" << endl;
}
void RunCode(const int &m) {
    cout << "const lvalue ref" << endl;
}

// 这里利用了universal references，如果写T&,就不支持传入右值，而写T&&，既能支持左值，又能支持右值
template<typename T>
void perfectForward(T && t) {
    RunCode(forward<T> (t));
}

template<typename T>
void notPerfectForward(T && t) {
    RunCode(t);
}

int main()
{
    int a = 0;
    int b = 0;
    const int c = 0;
    const int d = 0;

    notPerfectForward(a); // lvalue ref
    notPerfectForward(move(b)); // lvalue ref
    notPerfectForward(c); // const lvalue ref
    notPerfectForward(move(d)); // const lvalue ref

    cout << endl;
    perfectForward(a); // lvalue ref
    perfectForward(move(b)); // rvalue ref
    perfectForward(c); // const lvalue ref
    perfectForward(move(d)); // const rvalue ref
}

```

上面的代码测试结果表明，在`universal references`和`std::forward`的合作下，能够完美的转发这4种类型。

## emplace_back减少内存拷贝和移动

我们之前使用`vector`一般都喜欢用`push_back()`，由上文可知容易发生无谓的拷贝，解决办法是为自己的类增加移动拷贝和赋值函数，但其实还有更简单的办法！就是使用`emplace_back()`替换`push_back()`，如下面的例子：

```
#include <iostream>
#include <cstring>
#include <vector>
using namespace std;

class A {
public:
    A(int i){
//        cout << "A()" << endl;
        str = to_string(i);
    }
    ~A(){}
    A(const A& other): str(other.str){
        cout << "A&" << endl;
    }

public:
    string str;
};

int main()
{
    vector<A> vec;
    vec.reserve(10);
    for(int i=0;i<10;i++){
        vec.push_back(A(i)); //调用了10次拷贝构造函数
//        vec.emplace_back(i);  //一次拷贝构造函数都没有调用过
    }
    for(int i=0;i<10;i++)
        cout << vec[i].str << endl;
}
```

可以看到效果是明显的，虽然没有测试时间，但是确实可以减少拷贝。`emplace_back()`可以直接通过构造函数的参数构造对象，但前提是**要有对应的构造函数**。

对于`map`和`set`，可以使用`emplace()`。基本上`emplace_back()`对应`push_bakc()`，`emplce()`对应`insert()`。

移动语义对`swap()`函数的影响也很大，之前实现swap可能需要三次内存拷贝，而有了移动语义后，就可以实现高性能的交换函数了。

```
template <typename T>
void swap(T& a, T& b)
{
    T tmp(std::move(a));
    a = std::move(b);
    b = std::move(tmp);
}
```

如果T是可移动的，那么整个操作会很高效，如果不可移动，那么就和普通的交换函数是一样的，不会发生什么错误，很安全。

## 总结

- 由两种值类型，左值和右值。
- 有三种引用类型，左值引用、右值引用和通用引用。左值引用只能绑定左值，右值引用只能绑定右值，通用引用由初始化时绑定的值的类型确定。
- 左值和右值是独立于他们的类型的，右值引用可能是左值可能是右值，如果这个右值引用已经被命名了，他就是左值。
- 引用折叠规则：所有的右值引用叠加到右值引用上仍然是一个右值引用，其他引用折叠都为左值引用。当`T&&`为模板参数时，输入左值，它将变成左值引用，输入右值则变成具名的右值应用。
- 移动语义可以减少无谓的内存拷贝，要想实现移动语义，需要实现移动构造函数和移动赋值函数。
- `std::move()`将一个左值转换成一个右值，强制使用移动拷贝和赋值函数，这个函数本身并没有对这个左值什么特殊操作。
- `std::forward()`和`universal references`通用引用共同实现完美转发。
- 用`empalce_back()`替换`push_back()`增加性能。

## TODO

- 对模板类型自动推导还不太熟悉，继续学习Effective Modern C++。
- `std::move()和std::forward()`好像实现的并不复杂，有机会弄明白实现原理。

我的SegmentFault链接

## 参考

- 深入理解C++11:C++11新特性解析与应用
- 深入应用C++11:代码优化与工程级应用
- Effective Modern C++

181人点赞>

c/c++

"小礼物走一走，来简书关注我"

赞赏支持

共5人赞赏

181赞
5赞赏
更多好文

StormZhu
总资产81 共写了5.3W字 获得526个赞 共447个粉丝 关注

写下你的评论...

全部评论 41 只看作者 按时间倒序 按时间正序

**潘大梁**
30楼 01.29 23:51
有个想请教一下，如果移动构造函数可以偷资源，为什么拷贝构造不能也写成夺取临时变量的字符而要写成申请内存再复制的过程呢?
赞 回复

> **潘大梁**
> 01.29 23:52
> 这个问题主要是 &&和&的临时变量都会析构的话，那写成一样的形式不是一样的吗
> 回复

添加新评论

**JOKOI**
29楼 2021.11.02 01:02
虽然你一开始说"hello"是右值有点让人劝退,但是后面说的还行,建议把开头的错误改一下,字面量应该是const lvalue但不是glvalue
1 回复

**金科_**
28楼 2021.09.29 17:17
手动给你个赞，写的很好
赞 回复

**东京的雨不会淋湿首尔**
27楼 2021.09.16 10:27
大佬可以转载吗
赞 回复

**f97ecb293d53**
26楼 2021.08.09 10:53
“我觉得它其实就是告诉编译器，虽然我是一个左值，但是不要对我用拷贝构造函数，而是用移动构造函数吧。。。“---好!
赞 回复

**吾_**
25楼 2021.08.03 17:07
没搞懂移动构造函数意义何在，深拷贝是new了一个，可是移动语义临时变量也会调用构造函数一样会new啊，像这样的赋值为什么不直接声明一个局部变量去赋值至少不用调用1000次构造函数2000次析构函数吧
赞 回复

> **MrAir_bb9b**
> 2021.10.12 20:23
> 移动语义 采用的是浅拷贝，不会new
> 回复

添加新评论

**62e28d84c84e**
24楼 2021.05.21 09:56
process(move(a)); //强制将a由左值改为右值 process(int&&):0
myforward(2); //右值经过forward函数转交给process函数，却称为了一个左值，
//原因是该右值有了名字 所以是 process(int&):2
博主你这个注释写反了吧，msvc2019 c++14标准 刚好反过来的
赞 回复

**IceCream_jy**
23楼 2021.03.17 15:21
博主写的很好，不过有一点不太认同，emplace_back和push_back相比不一定会提高性能，c++11中push_back也对右值引用作为参数进行了重载，我的理解二者区别是emplace_back可以原地利用参数构造，而push_back只能调用移动构造函数或拷贝构造函数
1 回复

**bf43ff8e480c**
22楼 2020.10.06 13:40
楼主可以测试一下我下面这段代码，Test中的临时对象和Main中的右值引用并非指向同一个对象。

```
struct Data
{
int i = 10;
};

Data Test()
{
Data d;
cout << "Test的地址:" << &d.i << endl;
return d;
}

int main()
{
Data&& d = Test();
cout << "Main的地址：" << &d.i << endl;
return 0;
}//main()
```

赞 回复

> **博语**
> 2020.10.26 10:48
> 你的结构体没有移动构造函数，所以没有办法进行隐式转换，补充了移动构造函数后就可以了
> 回复

添加新评论

**刘云飞_9dba**
21楼 2020.09.17 20:55
你好,整篇都分析得不错, 我想咨询下为什么我们不能对"hello"取地址?这个字符串常量存储在静态区, 然后我们就可以取其地址吧?
说明字符串常量其实是个左值才对.
赞 回复

> **常恒毅**
> 2021.09.07 17:30
> 应该是在寄存器里吧
> 回复

> **MrAir_bb9b**
> 2021.10.12 20:26
> 常量 也可以是 右值。“hello” 无法取地址，常量无法取地址。变量才能。
> 回复

添加新评论

1 2 3 下一页

被以下专题收入，发现更多相似内容

C语言那些事 C++ C++ C++ 程序员技术栈 C语言 C++2.0

推荐阅读 更多精彩内容

**C++11 移动语义和右值引用**
以下内容引自[wikipedia](https://zh.wikipedia.org/wiki) ### 什么是右...
alenstar 阅读 539 评论 0 赞 0

**C++11中的右值引用和移动语义**
右值引用是C++11中新增的一种新的引用类型，它可以通过减少内存的重复申请、拷贝和释放，有效的提高C++程序的性能...
georgeguo 阅读 1,375 评论 0 赞 4

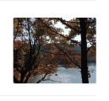
**C++11 右值引用与移动构造函数**
本文根据众多互联网博客内容整理后形成，引用内容的版权归原始作者所有，仅限于学习研究使用，不得用于任何商业用途。 左...
深红的眼眸 阅读 9,280 评论 1 赞 11

**C++右值引用和移动（for beginners）**
Attention：this blog is a translation of https://www.inter...
琼蕊无徵朝霞难挹 阅读 4,907 评论 3 赞 10

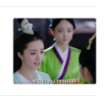
**C++11新特性--右值引用与移动语义**
引子-深拷贝和浅拷贝 在cpp11之前，我们定义一个类如果类中有指针成员，并且其指向一块堆内存，那么往往本...
于天佐 阅读 2,884 评论 1 赞 8

**猫群预备群0404晨读笔记**
乔布斯：不是暴君，而是专业的决策者 公司的决策者决定了公司的发展，苹果的强大离不开乔布斯。从苹果员工对乔布斯的支持...
柳絮纷飞啊 阅读 63 评论 0 赞 5

**南方城市里的孩子如何能理解色彩斑斓的秋天**
晚上下班回到家，儿子在写作业。 上了一天的课，有点累，跟儿子打了个招呼，直接去卧室休息了。 刚躺下没几分钟，儿子就...
爱自己多一点的猫 阅读 266 评论 6 赞 4



**那些杀不死的终将毁于自己的誓言，《独孤天下》告诉我们...**
最近网剧中要说话题最高的当属这部由胡冰卿、安以轩、张丹峰、徐正溪主演的《独孤天下》了。除了各种CP颇有看点，随便拎...
娱扒乩 阅读 250 评论 0 赞 0



**叶子**
林小刀159 阅读 154 评论 1 赞 3

热门故事

当了三年上门女婿备受屈辱，今天我终于做了一回男人

一个故事告诉你，古代后宫不受宠的女人有多惨

如果最后那个人不是你，那么是谁都可以

当女人出现这些行为，说明她想放弃婚姻了

推荐阅读

C++<第三十二篇>：转换构造函数和类型转换函数
阅读 156

Swift基础语法（三）函数
阅读 169

js相关面试题
阅读 240

Swift -- 4.指针&内存管理
阅读 207

Swift基础语法（一）常量变量、注释、运算符、数据类型的认识
阅读 188

写下你的评论... 评论41 赞181