25讲两个单元测试库：C++里如何进行单元测试

你好，我是吴咏炜。

单元测试已经越来越成为程序员工作密不可分的一部分了。在 C++ 里，我们当然也是可以很方便地进行单元测试的。今天，我就来介绍两个单元测试库：一个是 Boost.Test [1]，一个是 Catch2 [2]。

Boost.Test

单元测试库有很多，我选择 Boost 的原因我在上一讲已经说过：“如果我需要某个功能，在标准库里没有，在 Boost 里有，我会很乐意直接使用 Boost 里的方案，而非另外去查找。”再说，Boost.Test 提供的功能还挺齐全的，我需要的都有了。作为开胃小菜，我们先看一个单元测试的小例子：

```
#define BOOST_TEST_MAIN
#include <boost/test/unit_test.hpp>
#include <stdexcept>

void test(int n)
{
  if (n == 42) {
    return;
  }
  throw std::runtime_error(
    "Not the answer");
}

BOOST_AUTO_TEST_CASE(my_test)
{
  BOOST_TEST_MESSAGE("Testing");
  BOOST_TEST(1 + 1 == 2);
  BOOST_CHECK_THROW(
    test(41), std::runtime_error);
  BOOST_CHECK_NO_THROW(test(42));

  int expected = 5;
  BOOST_TEST(2 + 2 == expected);
  BOOST_CHECK(2 + 2 == expected);
}

BOOST_AUTO_TEST_CASE(null_test)
{
}
```

我们从代码里可以看到：

- 我们在包含单元测试的头文件之前定义了 `BOOST_TEST_MAIN`。如果编译时用到了多个源文件，只有一个应该定义该宏。多文件测试的时候，我一般会考虑把这个定义这个宏加包含放在一个单独的文件里（只有两行）。
- 我们用 `BOOST_AUTO_TEST_CASE` 来定义一个测试用例。一个测试用例里应当有多个测试语句（如 `BOOST_CHECK`）。
- 我们用 `BOOST_CHECK` 或 `BOOST_TEST` 来检查一个应当成立的布尔表达式（区别下面会讲）。
- 我们用 `BOOST_CHECK_THROW` 来检查一个应当抛出异常的语句。
- 我们用 `BOOST_CHECK_NO_THROW` 来检查一个不应当抛出异常的语句。

如 [第 21 讲] 所述，我们可以用下面的命令行来进行编译：

- MSVC：`cl /DBOOST_TEST_DYN_LINK /EHsc /MD test.cpp`
- GCC：`g++ -DBOOST_TEST_DYN_LINK test.cpp -lboost_unit_test_framework`
- Clang：`clang++ -DBOOST_TEST_DYN_LINK test.cpp -lboost_unit_test_framework`

运行结果如下图所示：

```
Running 2 test cases...
test.cpp:23: error: in "my_test": check 2 + 2 == expected has failed [2
+ 2 != 5]
test.cpp:24: error: in "my_test": check 2 + 2 == expected has failed

*** 2 failures are detected in the test module "Master Test Suite"
```

我们现在能看到 BOOST_CHECK 和 BOOST_TEST 的区别了。后者是一个较新加入 Boost.Test 的宏，能利用模板技巧来输出表达式的具体内容。但在某些情况下，BOOST_TEST 试图输出表达式的内容会导致编译出错，这时可以改用更简单的 BOOST_CHECK。

不管是 BOOST_CHECK 还是 BOOST_TEST，在测试失败时，执行仍然会继续。在某些情况下，一个测试失败后继续执行后面的测试已经没有意义，这时，我们就可以考虑使用 BOOST_REQUIRE 或 BOOST_TEST_REQUIRE——表达式一旦失败，整个测试用例会停止执行（但其他测试用例仍会正常执行）。

缺省情况下单元测试的输出只包含错误信息和结果摘要，但输出的详细程度是可以通过命令行选项来进行控制的。如果我们在运行测试程序时加上命令行参数 `--log_level=all`（或 `-l all`），我们就可以得到下面这样更详尽的输出：

```
Running 2 test cases...
Entering test module "Master Test Suite"
test.cpp:14: Entering test case "my_test"
Testing
test.cpp:17: info: check 1 + 1 == 2 has passed
test.cpp:19: info: check 'exception "std::runtime_error" raised as expec
ted' has passed
test.cpp:20: info: check 'no exceptions thrown by test(42)' has passed
test.cpp:23: error: in "my_test": check 2 + 2 == expected has failed [2
+ 2 != 5]
test.cpp:24: error: in "my_test": check 2 + 2 == expected has failed
test.cpp:14: Leaving test case "my_test"; testing time: 262us
test.cpp:27: Entering test case "null_test"
Test case null_test did not check any assertions
test.cpp:27: Leaving test case "null_test"; testing time: 29us
Leaving test module "Master Test Suite"; testing time: 344us

*** 2 failures are detected in the test module "Master Test Suite"
```

我们现在额外可以看到：

- 在进入、退出测试模块和用例时的提示
- BOOST_TEST_MESSAGE 的输出
- 正常通过的测试的输出
- 用例里无测试断言的警告

使用 Windows 的同学如果运行了测试程序的话，多半会惊恐地发现终端上的文字颜色已经发生了变化。这似乎是 Boost.Test 在 Windows 上特有的一个问题：建议你把单元测试的色彩显示关掉。你可以在系统高级设置里添加下面这个环境变量，也可以直接在命令行上输入：

```
set BOOST_TEST_COLOR_OUTPUT=0
```

下面我们看一个更真实的例子。

假设我们有一个 split 函数，定义如下：

```
template <typename String,
          typename Delimiter>
class split_view {
public:
  typedef
    typename String::value_type
      char_type;
  class iterator { … };

  split_view(const String& str,
             Delimiter delimiter);
  iterator begin() const;
  iterator end() const;
  vector<basic_string<char_type>>
  to_vector() const;
  vector<basic_string_view<char_type>>
  to_vector_sv() const;
};

template <typename String,
          typename Delimiter>
split_view<String, Delimiter>
split(const String& str,
      Delimiter delimiter);
```

这个函数的意图是把类似于字符串的类型（string 或 string_view）分割开，并允许对分割的结果进行遍历。为了方便使用，结果也可以直接转化成字符串的数组（to_vector）或字符串视图的数组（to_vector_sv）。我们不用关心这个函数是如何实现的，我们就需要测试一下，该如何写呢？

首先，当然是写出一个测试用例的框架，把试验的待分割字符串写进去：

```
BOOST_AUTO_TEST_CASE(split_test)
{
  string_view str{
    "&grant_type=client_credential"
    "&appid="
    "&secret=APPSECRET"};
}
```

最简单直白的测试，显然就是用 to_vector 或 to_vector_sv 来查看结果是否匹配了。这个非常容易加进去：

```
  vector<string>
    split_result_expected{
      "",
      "grant_type=client_"
      "credential",
      "appid=",
      "secret=APPSECRET"};
  auto result = split(str, '&');
  auto result_s =
    result.to_vector();
  BOOST_TEST(result_s ==
             split_result_expected);
```

如果 to_vector 实现正确的话，我们现在运行程序就能在终端输出上看到：

```
*** No errors detected
```

下面，我们进一步检查 to_vector 和 to_vector_sv 的结果是否一致：

```
  auto result_sv =
    result.to_vector_sv();
  BOOST_TEST_REQUIRE(
    result_s.size() ==
    result_sv.size());
  {
    auto it = result_sv.begin();
    for (auto& s : result_s) {
      BOOST_TEST(s == *it);
      ++it;
    }
  }
```

最后我们再测试可以遍历 result，并且结果和之前的相同：

```
size_t i = 0;
auto it = result.begin();
auto end = result.end();
for (; it != end &&
       i < result_s.size();
     ++it) {
  BOOST_TEST(*it == result_s[i]);
  ++i;
}
BOOST_CHECK(it == end);
```

而这，差不多就接近我实际的 `split` 测试代码了。完整代码可参见：

https://github.com/adah1972/nvwa/blob/master/test/boosttest_split.cpp

---

Boost.Test 产生的可执行代码支持很多命令行参数，可以用 `--help` 命令行选项来查看。常用的有：

- `build_info` 可用来展示构建信息
- `color_output` 可用来打开或关闭输出中的色彩
- `log_format` 可用来指定日志输出的格式，包括纯文本、XML、JUnit 等
- `log_level` 可指定日志输出的级别，有 all、test_suite、error、fatal_error、nothing 等一共 11 个级别
- `run_test` 可选择只运行指定的测试用例
- `show_progress` 可在测试时显示进度，在测试数量较大时比较有用（见下图）

```
Running 13 test cases...

0%   10   20   30   40   50   60   70   80   90   100%
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
**************************************************

*** No errors detected
```

我这儿只是个简单的介绍。完整的 Boost.Test 的功能介绍还是请你自行参看文档。

Catch2

说完了 Boost.Test，我们再来看一下另外一个单元测试库，Catch2。仍然是和上一讲里说的一样，我要选择 Boost 之外的库，一定有一个比较强的理由。Catch2 有着它自己独有的优点：

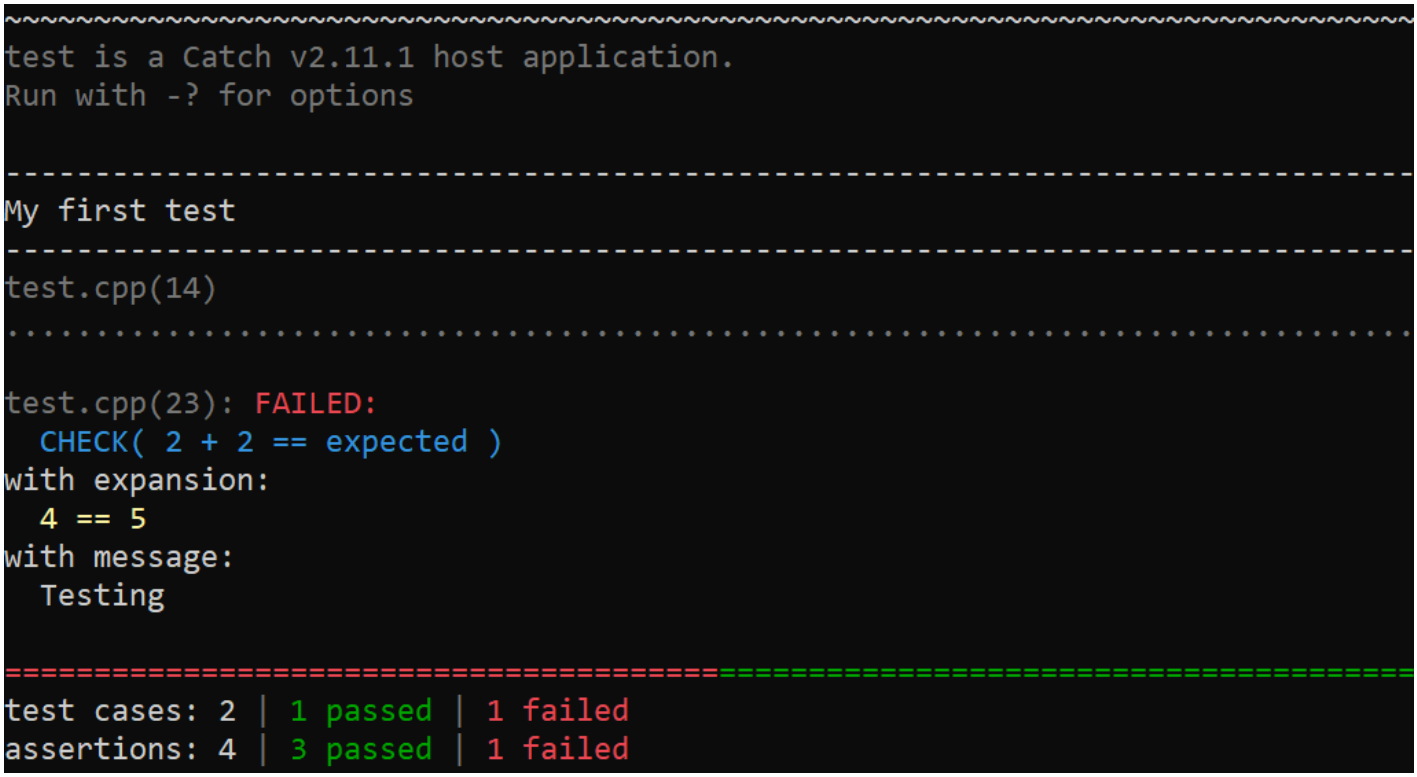
- 只需要单个头文件即可使用，不需要安装和链接，简单方便
- 可选使用 BDD（Behavior-Driven Development）风格的分节形式
- 测试失败可选直接进入调试器（Windows 和 macOS 上）

我们拿前面 Boost.Test 的示例直接改造一下：

```
#define CATCH_CONFIG_MAIN
#include "catch.hpp"
#include <stdexcept>

void test(int n)
{
  if (n == 42) {
    return;
  }
  throw std::runtime_error(
    "Not the answer");
}

TEST_CASE("My first test", "[my]")
{
  INFO("Testing");
  CHECK(1 + 1 == 2);
  CHECK_THROWS_AS(
    test(41), std::runtime_error);
  CHECK_NOTHROW(test(42));

  int expected = 5;
  CHECK(2 + 2 == expected);
}

TEST_CASE("A null test", "[null]")
{
}
```

可以看到，两者之间的相似性非常多，基本只是宏的名称变了一下。唯一值得一提的，是测试用例的参数：第一项是名字，第二项是标签，可以一个或多个。你除了可以直接在命令行上写测试的名字（不需要选项）来选择运行哪个测试外，也可以写测试的标签来选择运行哪些测试。

这是它在 Windows 下用 MSVC 编译的输出：



终端的色彩不会被搞乱。缺省的输出清晰程度相当不错。至少在 Windows 下，它看起来可能是个比 Boost.Test 更好的选择。但反过来，在浅色的终端里，Catch2 的色彩不太友好。Boost.Test 在 Linux 和 macOS 下则不管终端的色彩设定，都有比较友好的输出。

和 Boost.Test 类似，Catch2 的测试结果输出格式也是可以修改的。默认格式是纯文本，但你可以通过使用 `-r junit` 来设成跟 JUnit 兼容的格式，或使用 `-r xml` 输出成 Catch2 自己的 XML 格式。这方面，它比 Boost.Test 明显易用的一个地方是格式参数大小写不敏感，而在 Boost.Test 里你必须用全大写的形式，如 `-f JUNIT`，麻烦！

下面我们通过另外一个例子来展示一下所谓的 BDD [3] 风格的测试。

BDD 风格的测试一般采用这样的结构：

- Scenario：场景，我要做某某事
- Given：给定，已有的条件
- When：当，某个事件发生时
- Then：那样，就应该发生什么

如果我们要测试一个容器，那代码就应该是这个样子的：

```
SCENARIO("Int container can be accessed and modified",
         "[container]")
{
  GIVEN("A container with initialized items")
  {
    IntContainer c{1, 2, 3, 4, 5};
    REQUIRE(c.size() == 5);

    WHEN("I access existing items")
    {
      THEN("The items can be retrieved intact")
      {
          CHECK(c[0] == 1);
          CHECK(c[1] == 2);
          CHECK(c[2] == 3);
          CHECK(c[3] == 4);
          CHECK(c[4] == 5);
      }
    }

    WHEN("I modify items")
    {
      c[1] = -2;
      c[3] = -4;

      THEN("Only modified items are changed")
      {
        CHECK(c[0] == 1);
        CHECK(c[1] == -2);
        CHECK(c[2] == 3);
        CHECK(c[3] == -4);
        CHECK(c[4] == 5);
      }
    }
  }
}
```

你可以在程序前面加上类型定义来测试你自己的容器类或标准容器（如 `vector<int>`）。这是一种非常直观的写测试的方式。正常情况下，你当然应该看到：

```
All tests passed (12 assertions in 1 test case)
```

如果你没有留意到的话，在 GIVEN 里 WHEN 之前的代码是在每次 WHEN 之前都会执行一遍的。这也是 BDD 方式的一个非常方便的地方。

如果测试失败，我们就能看到类似下面这样的信息输出了（我存心制造了一个错误）：

```
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
test is a Catch v2.11.1 host application.
Run with -? for options

-------------------------------------------------------------------------------
Scenario: Int container can be accessed and modified
      Given: A container with initialized items
       When: I modify items
       Then: Only modified items are changed
-------------------------------------------------------------------------------
test.cpp(32)
.....................................................................................

test.cpp(37): FAILED:
  CHECK( c[3] == -4 )
with expansion:
  0 == -4

=================================================================================
test cases:  1 |  0 passed | 1 failed
assertions: 12 | 11 passed | 1 failed
```

如果没有失败的情况下，想看到具体的测试内容，可以传递参数 `--success`（或 `-s`）。

如果你发现 Catch2 的编译速度有点慢的话，那我得告诉你，那是非常正常的。在你沮丧之前，我还应该马上告诉你，这在实际项目中完全不是一个问题。因为慢的原因通常主要是构建 Catch2 的主程序部分，而这部份在项目中只需要做一次，以后不会再有变动。你需要的是分离下面这部分代码在主程序里：

```
#define CATCH_CONFIG_MAIN
#include "catch.hpp"
```

只要这两行，来单独编译 Catch2 的主程序部分。你的实际测试代码里，则不要再定义 `CATCH_CONFIG_MAIN` 了。你会发现，这样一分离后，编译速度会大大加快。事实上，如果 Catch2 的主程序部分不需要编译的话，Catch2 的测试用例的编译速度在我的机器上比 Boost.Test 的还要快。

我觉得 Catch2 是一个很现代、很好用的测试框架。它的宏更简单，一个 `CHECK` 可以替代 Boost.Test 中的 `BOOST_TEST` 和 `BOOST_CHECK`，也没有 `BOOST_TEST` 在某些情况下不能用、必须换用 `BOOST_CHECK` 的问题。对于一个新项目，使用 Catch2 应该是件更简单、更容易上手的事——尤其如果你在 Windows 上开发的话。

目前，在 GitHub 上，Catch2 的收藏数超过一万，复刻（fork）数达到一千七，也已经足以证明它的流行程度。

内容小结

今天我们介绍了两个单元测试库，Boost.Test 和 Catch2。整体上来看，这两个都是很优秀的单元测试框架，可以满足日常开发的需要。

课后思考

请你自己试验一下本讲中的例子，来制造一些成功和失败的情况。使用一下，才能更容易确定哪一个更适合你的需求。

参考资料

[1] Gennadiy Rozental and Raffi Enficiaud, Boost.Test. https://www.boost.org/doc/libs/release/libs/test/doc/html/index.html

[2] Two Blue Cubes Ltd., Catch2. https://github.com/catchorg/Catch2

[3] Wikipedia, “Behavior-driven development”. https://en.wikipedia.org/wiki/Behavior-driven_development

精选留言

承君此诺

我用的是cmake ctest，个人观点，它很适合测试整个程序，不适合细分到测试某个功能函数。所以，我在看google的gtest。这2个测试框架，您怎么看

2020-01-22 09:33

作者回复

这两个都没有实际使用经验。如果你需要的功能都有，那就没有切换的理由吧。如果不足，就试试其他的。鉴于选择实在太多，重点试几个，满足需求就行了。我一直用 Boost.Test 的理由就是没找到换门的理由，而不是它有多好。当然，至少它是不差的。从下面这个列表里看（几十个 C++ 单元测试框架的概要对比），看起来没有严重缺的东西：

https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_unit_testing_frameworks#C++

2020-01-22 17:05

fl260919784

gtest有人有吗

2020-02-18 08:16

晚风·和煦

老师，map里面插入成万条数据，如何释放内存呢

2020-01-23 00:49

作者回复

全部清空吗？用clear()有问题？

2020-01-23 09:31

EricHu

老师，我想请教一下C++的友元类，它会破坏类的封装性，实际在开发中建议使用吗？要怎么做到类似JAVA反射的效果，访问修改内部静态变量

2020-01-22 23:51

作者回复

尽量不用，但有时候必须用啊。比如我在智能指针的实现里就用了。

跟Java的比较，你说的情况我不熟。泛泛而言，不要在C++里模拟其他语言的做法。退一步，看你要达到的目的是什么，再看语言有什么机制可以满足目标。C++里目前没反射机制，可预见的将来也大概只会有供编译期使用的静态反射。

2020-01-23 09:29