软件测试基础与实践

Software Testing: Foundations and Practices

第4讲 单元测试与集成测试

教师：汪鹏　廖力

软件工程专业 主干课程

大爆炸开发模式与软件测试：

- 开发过程混乱
- 期待奇迹出现

测试的困难：

- 难以找到导致缺陷的原因
- 某些缺陷掩盖了其它缺陷，造成测试失败

解决：

- 代码分阶段构建
- 模块分阶段测试
- 模块组合形成更大的部分

本讲内容

单元测试	基本概念、测试规程、特点 …
集成测试	基本概念、集成测试策略 …
测试插桩	白盒插桩：监测状态/条件/前提/常量 黑盒插桩：测试预言、随机数据生成
测试工具	**Junit, VSUnit, CPPUnit, …**

一 单元测试

1. 单元测试的特点？
2. 单元测试的关注点？
3. 单元测试的实施？
4. 驱动器和程序桩？

单元测试基本概念

软件单元

软件单元(**Software Unit**)：

一个应用程序中的最小可测部分

面向过程中的单元：

单独的程序、函数、过程、网页、菜单、...

面向对象中的单元：

类（基类、抽象类、子类）

单元测试基本概念

定义

单元测试(Unit Testing)/模块测试(Module Testing):

对最小的软件设计单元（模块/源程序单元）的验证工作

意义

1. 消除软件单元本身的不确定性
2. 其它测试阶段的必要的基础环节

实施者

软件开发人员

单元测试基本概念

测试目标

1. 单元体现了预期的功能
2. 单元的运行能够覆盖预先设定的各种逻辑
3. 单元工作中：内部数据能够保持完整性
4. 可以接受正确数据，也能处理非法数据
5. 在数据边界条件上，单元能正确工作
6. 单元的算法合理，性能良好
7. 扫描单元代码没有发现任何安全性问题

……

单元测试基本概念

- 测试关注点
  1. 模块功能
  2. 内部逻辑处理
  3. 数据结构
  4. 性能
  5. 安全

单元测试基本概念

测试技术和步骤

白盒测试技术：

使用一种或多种白盒测试方法分析模块的逻辑结构

黑盒测试技术：

使用黑盒测试方法对照模块的规格说明以补充测试用例

步骤：

先设计测试用例，然后执行测试

单元测试基本概念

■进入和退出条件

进入条件：

编码开始：设计测试数据并执行测试

退出条件：

(1) 完成测试计划
(2) 发现并修正了错误
(3) 预算和开发时间

单元测试考虑事项

- 一、模块或构件接口
- 二、局部数据结构
- 三、边界条件
- 四、独立路径
- 五、处理错误的路径

单元测试考虑事项

一、模块或构件接口

目标：

进出模块/构件的数据流正确

关注点：

(1)接口名称、参数个数、类型、顺序的匹配

(2)输出或返回值及其类型是否正确

测试接口正确与否应该考虑下列因素：

1 输入的实际参数与形式参数的个数是否相同；

2 输入的实际参数与形式参数的属性是否匹配；

3 输入的实际参数与形式参数的量纲是否一致；

4 调用其他模块时所给实际参数的个数是否与被调模块的形参个数相同；

5 调用其他模块时所给实际参数的属性是否与被调模块的形参属性匹配；

6调用其他模块时所给实际参数的量纲是否与被调模块的形参量纲一致；

7 调用预定义函数时所用参数的个数、属性和次序是否正确；

8 是否存在与当前入口点无关的参数引用；

9 是否修改了只读型参数；

。 。 。

如果模块内包括外部输入输出，还应该考虑下列因素：

1 文件属性是否正确；

2 OPEN/CLOSE语句是否正确；

3 格式说明与输入输出语句是否匹配；

4缓冲区大小与记录长度是否匹配；

5文件使用前是否已经打开；

6是否处理了文件尾；

7是否处理了输入/输出错误；

8输出信息中是否有文字性错误；

单元测试考虑事项

二、局部数据结构

目标：

数据在模块执行过程中都维持完整性和正确性

关注点：

(1) 数据结构定义和使用过程的正确性

(2) 局部数据结构对全局数据结构的影响

对于局部数据结构，单元测试要发现：

1 不合适或不相容的类型说明；

2变量无初值；

3变量初始化或省缺值有错；

4不正确的变量名（拼错或不正确地截断）；

5出现上溢、下溢和地址异常。

同时，还应该查清全局数据（例如FORTRAN的公用区）对模块的影响

单元测试考虑事项

三、边界条件

目标：

保证模块在条件边界上能够正确执行

关注点：

(1)数据结构中的边界（例如：数组a[n]）

(2)控制流中的边界（例如：循环次数、判断条件）

单元测试考虑事项

四、独立路径

目标：

保证模块中的每条独立路径(基本路径)都要走一遍，使得所有语句都被执行过一次

关注点：

对路径的选择性测试（基本路径测试+循环测试）

单元测试考虑事项

- 测试用例应发现的错误
  - 在不同数据类型间进行比较
  - 不正确的逻辑操作或优先级
  - 由于精度错误，该相等的地方不能相等
  - 不正确的变量
  - 不正常的循环终止
  - 循环不能退出
  - 循环变量修改错误

单元测试考虑事项

五、处理错误的路径

目标：

保证错误处理的正确性, 软件的健壮性

好的软件设计要求错误条件是可预知的，并且当错误发生时，错误处理路径被建立，以重定向或终止处理。

Java: try、catch、throw、throws、finally
C++: try、catch、throw

错误处理关注点：

1输出的出错信息难以理解；

2记录的错误与实际遇到的错误不相符；

3在程序自定义的出错处理段运行之前，系统已介入；

4异常处理不当；

5错误陈述中未能提供足够的定位出错信息。

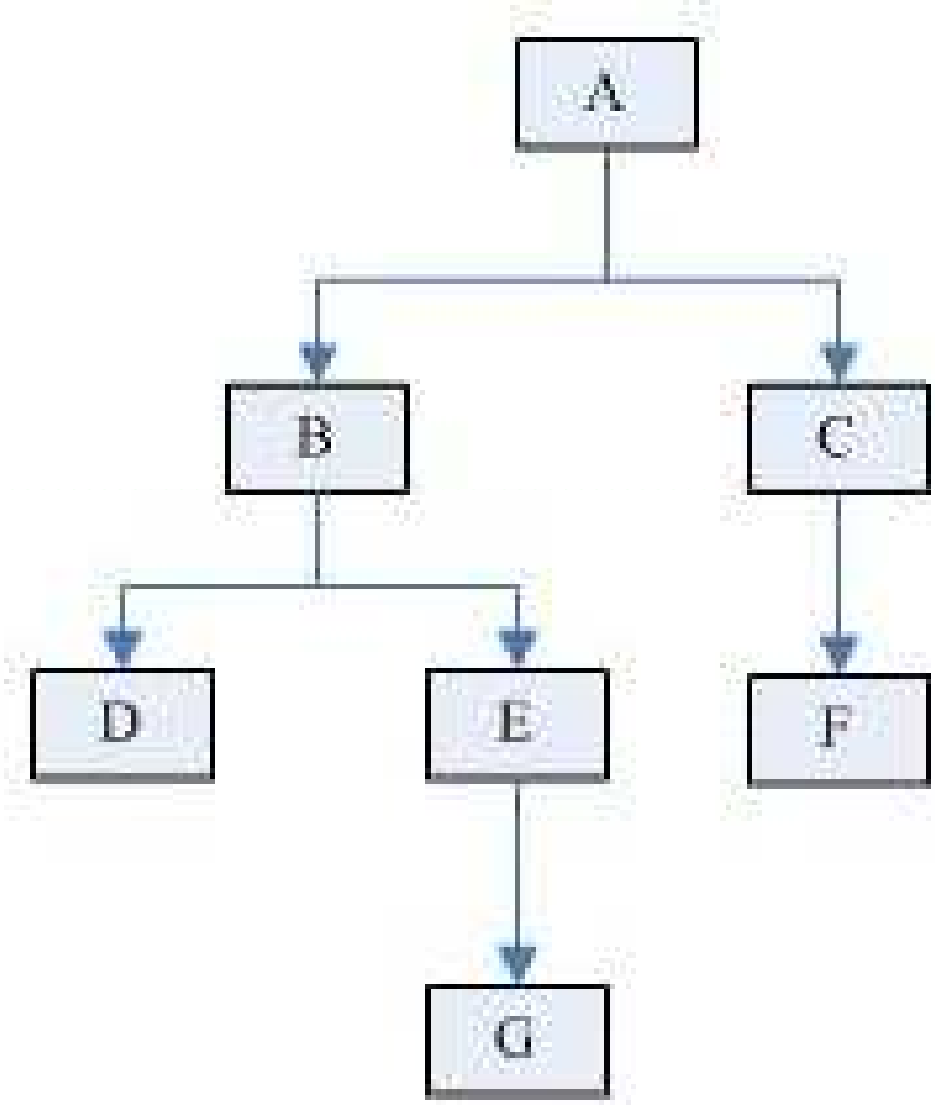
足够进行单元测试了吗？

单元测试规程

驱动器和程序桩

绝大多数情况下，单个单元是不能正常工作的，而是要和其他单元一起才能正常工作。

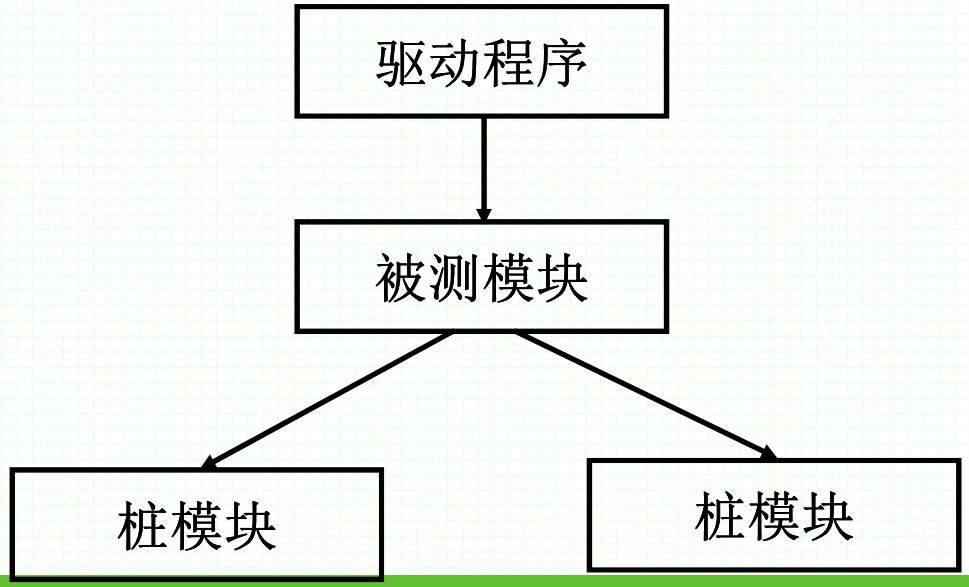
实际测试活动中的普遍问题：
其它单元不存在的情况下，如何运行单个模块？


A
B
C
D
E
F
G

单元测试规程

驱动器和程序桩

- 单元测试通常与编码工作结合起来进行。
- 模块本身不是一个独立的程序，在测试模块时，必须为每个被测模块开发一个驱动器(driver）和若干个桩程序(stub）。



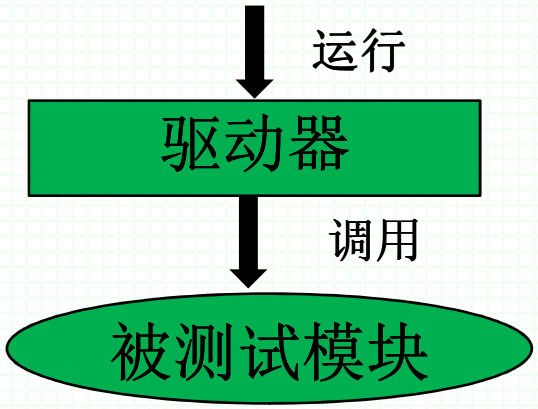
单元测试规程

驱动器和程序桩

驱动器（Driver）：

对底层或子层模块进行测试时所编制的调用被测模块的程序，用以模拟被测模块的上级模块。

接收测试数据，并把数据传送给被测模块，最后输出相关结果。



单元测试规程

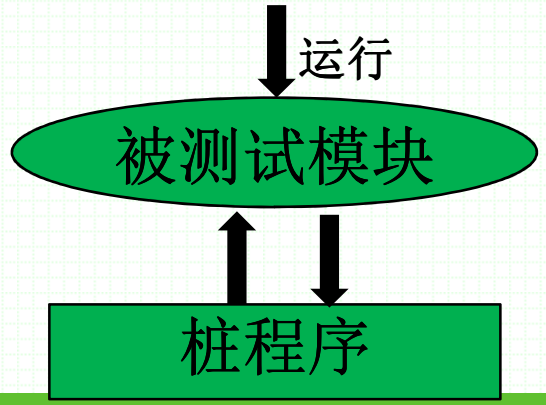
驱动器和程序桩

桩程序（Stub）：

对上层模块进行测试时，所编制的替代下层模块的程序，用以模拟被测模块工作过程中所调用的模块.

模拟未被测试模块/隶属模块的功能

插桩：或为获取特定的测试信息而添加进程序的测试操作



单元测试规程

驱动器和程序桩

驱动器结构一般如下：

数据说明；
初始化；
输入测试数据；
调用被测模块；
输出测试结果；
停止

桩程序结构一般如下：

数据说明；
初始化；
输出提示信息（表示进入了哪个桩模块）
验证调用参数；
打印验证结果；
将模拟结果送回被测程序；
返回

单元测试规程

驱动器和程序桩

高内聚性程序：

驱动器和程序桩简单，错误容易被发现

低内聚性程序：

驱动器和程序桩工作量大。某些白盒测试需要推迟到集成测试阶段

单元测试规程

手工和自动化测试

手工测试：

按照需求规格设计测试用例完成测试

静态测试

自动测试：

自动化方法的效果：有效验证较为独立单元的正确性

单元测试驱使程序员创建松耦合、高内聚的代码体，有助于开发健壮的软件

单元测试局限性

1. 只验证单元自身的功能，不能捕获系统范围的错误

系统错误：集成错误、性能问题等

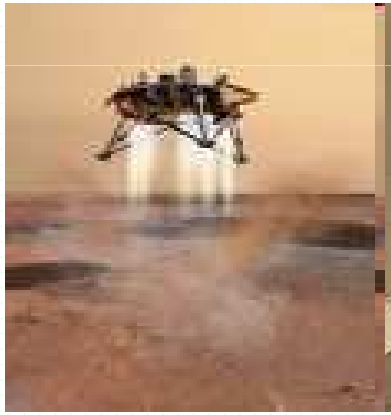
2. 被测模块现实中可能接收的所有输入情况难以预料

二 集成测试

1. 集成测试的概念？
2. 集成测试的关注点？
3. 集成测试的策略？

集成测试基本概念

火星登陆事故(Mars Polar Lander)



Nancy G. Leveson, The Role of Software in Spacecraft Accidents

集成测试基本概念

定义

集成测试(**Integration Testing**)：

把单独的软件模块结合在一起作为整体接受测试

意义

1. 验证软件单元间能否协调工作
2. 验证单元集合的功能、性能和可靠性需求

实施者

软件测试人员+软件开发人员

集成测试基本概念

测试技术和步骤

技术：

黑盒测试技术为主

白盒测试技术为辅

步骤：

与集成测试策略相关

集成测试基本概念

进入和退出条件

进入条件：

设计阶段：测试场景和测试数据

编码阶段：若干模块有集成需求时便执行测试

退出条件：

(1) 完成测试计划

(2) 发现并修正了错误

(3) 预算和开发时间

集成测试基本概念

集成测试必要性

接口连接问题：

- 函数相互调用；
- 模块间的相互影响；
- 单个模块中的缺陷发生扩散；
- 全局数据结构；
- ……

集成测试基本概念

集成测试情形

三种进行集成测试的情形：

（1）由若干单元/模块组成一个构件；
（2）由若干构件组成一个工件；
（3）由若干工件组成为一个系统；

集成测试基本概念

集成测试目标

集成测试用来构造程序并实施测试以发现与接口连接有关的错误，它把经过单元测试的模块拿来，构造一个在设计中所描述的场景

集成测试基本概念

接口

内部接口：

产品内部两模块之间通信的接口

外部接口：

产品之外第三方可以看到的接口

接口提供方法：API、SDK

桩程序：

以合适的格式提供合适的值，模拟实际组件

集成测试基本概念

接口

显式接口：

写入文档的明确化的接口

隐含接口：

未写入文档，只有开发人员知道
如：Windows隐藏的API

如何进行集成测试？

集成测试策略

- 瞬时集成测试
- 增量集成测试

集成测试策略

瞬时集成测试

又称大爆炸测试策略

特点：

当所有构件都通过单元测试，就把他们组合成一个最终系统，并观察它是否正常运转

集成测试策略

瞬时集成测试

缺陷：

1. 无休止的错误：错误很多；错误修复很困难；修正错误后，新的错误马上出现
2. 模块一次性结合，难以找出错误原因
3. 接口错误和其它错误容易混淆

适用领域：

小型软件开发

集成测试策略

增量集成测试

特点：

将程序分成小的部分进行构造和测试

优点：

1. 错误容易分离和修正
2. 接口容易进行彻底测试

缺点：

会有额外开销，但能大大减少发现和修正错误的时间

集成测试策略——增量集成测试

- 三种增量集成测试
  - 自顶向下集成
  - 自底向上集成
  - 混合式集成

集成测试策略——增量集成测试

自顶向下集成

集成顺序：

首先集成主模块(主程序)，然后按照控制层次向下进行集成

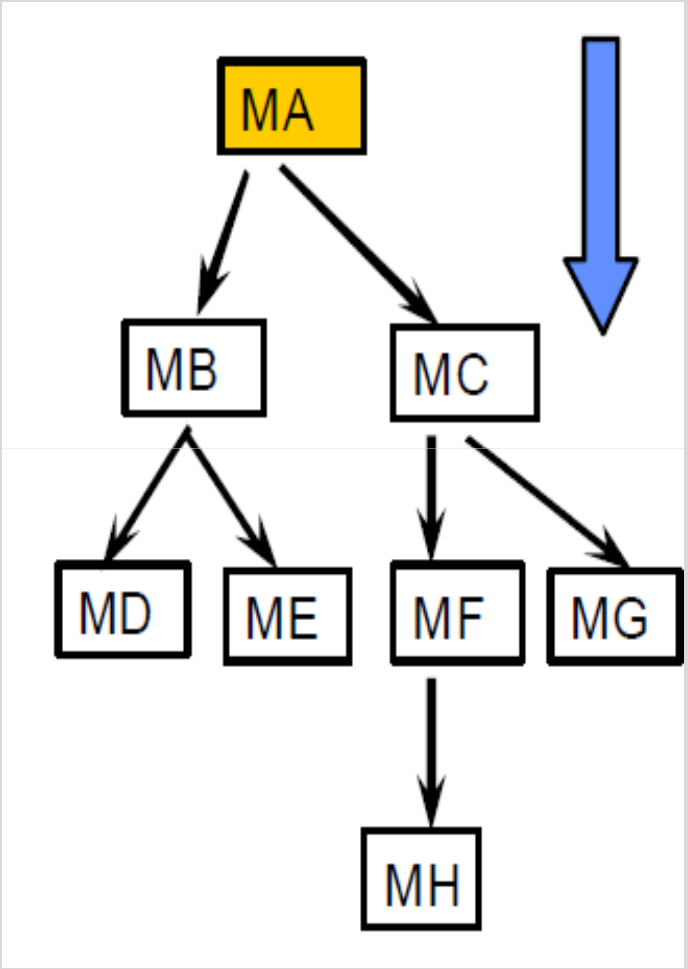
集成方式：

1. 深度优先
2. 广度优先

广度优先集成

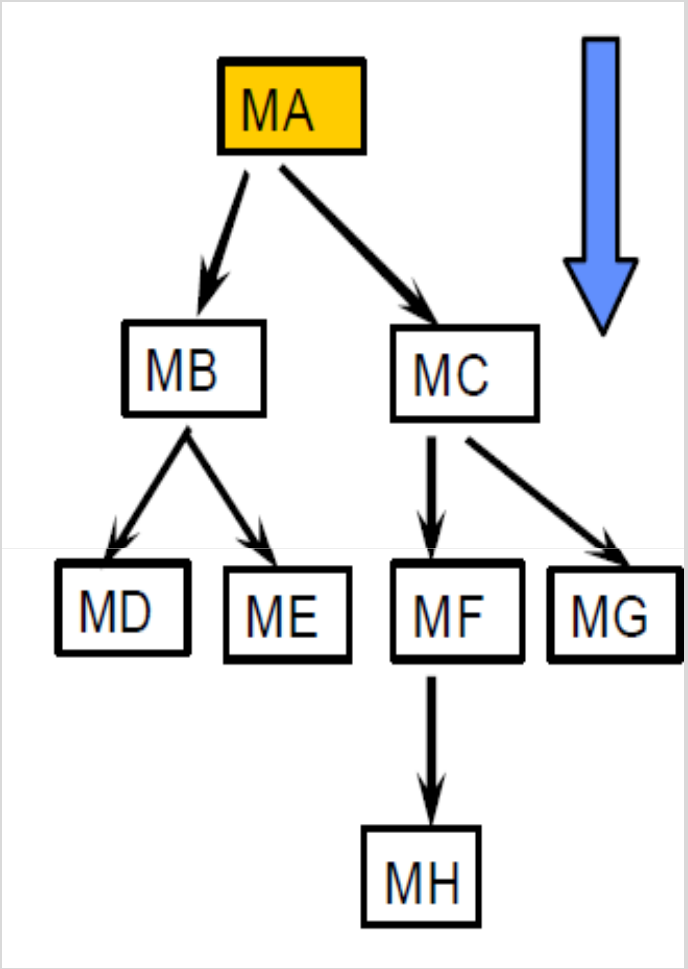
A possible sequence of integration is:

- Unit test MA
- Integration test MA, MB
- Integration test MA, MB, MC
- Integration test MA, MB, MC, MD
- Integration test MA, MB, MC, MD, ME
- Integration test MA, MB, MC, MD, ME, MF
- Integration test MA, MB, MC, MD, ME, MF, MG
- Integration test all modules



广度优先：**A B C D E F G H**

深度优先集成



深度优先：**A B D E C F H G**

集成测试策略——增量集成测试

自顶向下集成

集成步骤：

***Step*1.** 主程序作为测试驱动器

***Step*2.** 根据集成顺序，程序桩逐渐被各模块替换

***Step*3.** 每个模块集成时都需要进行测试

***Step*4.** 每完成一次测试后，将新模块替换程序桩

***Step*5.** 利用回归测试来保证没有引进新的错误

集成测试策略——增量集成测试

- 自顶向下集成

优点：

1. 尽早发现高层控制和决策错误
2. 最多只需要一个驱动器
3. 每步只增加一个模块
4. 支持深度优先和广度优先

集成测试策略——增量集成测试

- 自顶向下集成

缺点：

1. 对低层模块行为的验证比较晚
2. 需要编写额外程序（stub）模拟未测试的模块
3. 部分测试用例由于依赖于其他层次的模块，在该模块未测试之前，这些测试用例的输入和输出很难确定

集成测试策略——增量集成测试

- 自顶向下集成

实施的主要难点：

对于高层测试需要在低层测试完成后才可进行的情形难于编写桩模块

解决方法：

推迟测试，直到低层模块完成测试；
设计程序桩，模拟低层模块；
自底向上测试

集成测试策略——增量集成测试

- 自底向上集成

集成顺序：

从原子模块，即程序最底层模块开始就构造并进行集成测试

原子模块→造件(Build)→应用软件系统

集成测试策略——增量集成测试

- 自底向上集成

集成步骤：

***Step*1.** 低层模块组成实现特定子功能的造件

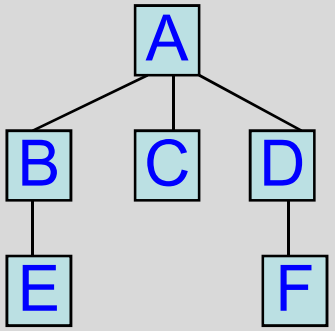
***Step*2.** 编写测试控制程序协调输入输出

***Step*3.** 测试特定子功能的造件

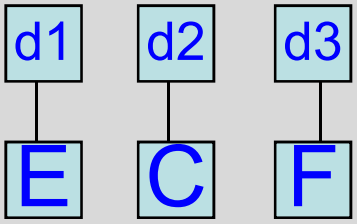
***Step*4.** 沿层次向上对造件进行组合

自底向上

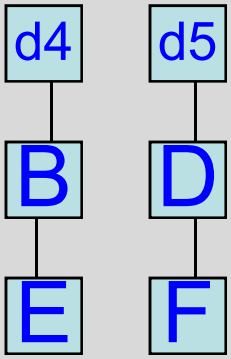
从模块结构的最底层的模块开始组装和测试



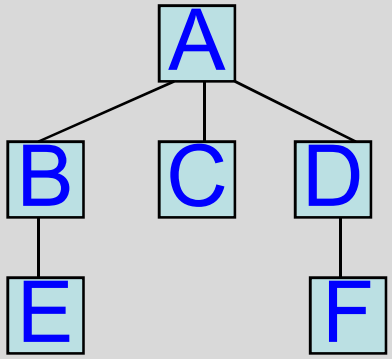
如何测试？



第一步



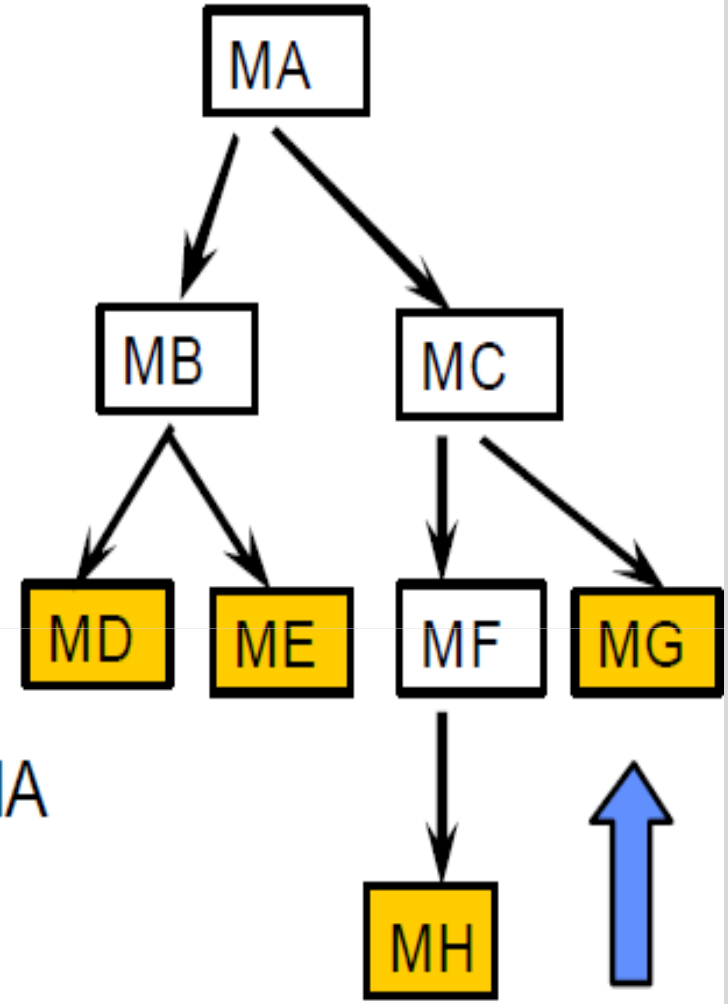
第二步



第三步

A possible sequence of integration is:

- Unit test MD
- Unit test ME
- Unit test MH
- Unit test MG
- Integration test MD, MB
- Integration test MD, MB, ME
- Integration test MD, MB, ME, MA
- Integration test MH, MF
- Integration test MH, MF, MC
- Integration test MH, MF, MC, MG
- Integration test all modules



集成测试策略——增量集成测试

- 自底向上集成

优点：

1. 尽早确认低层行为
2. 无需编写程序桩
3. 对实现特定功能的树容易表示输入输出

缺点：

1. 推迟确认高层行为
2. 需编写驱动器
3. 组合子树时，有许多元素要进行集成

集成测试策略——增量集成测试

混合式集成

集成顺序：

综合自顶向下和自底向上，是实际测试中的实用集成测试策略。

特点：

开发小组对各自的低层模块向上集成；
专门的集成小组进行自顶向下集成；

集成测试策略——增量集成测试

- 混合式集成

  步骤：

  ***Step*1**：用程序桩独立测试上层模块；

  ***Step*2**：用驱动器独立测试低层模块；

  ***Step*3**：集成时对中间层进行测试；

集成测试策略——增量集成测试

增量测试策略比较

	优点	缺点
自顶向下	1.如果主要的缺陷发生在程序的顶层将非常有利 2.一旦引入I/O功能，提交测试用例会更容易 3.早期的程序框架可以进行演示，并可激发积极性	1.必须开发桩模块 2.桩模块要比最初表现的更复杂 3.在引入I/O功能之前，向桩模块引入测试用例比较困难 4.创建测试环境可能很难，甚至无法实现 5.观察测试输出很困难 6.会导致特定模块测试的完成延后
自底向上	1.如果主要的缺陷发生在程序的底层将非常有利 2.测试环境比较容易建立 3.观察测试输出比较容易	1.必须开发驱动模块 2.直到最后一个模块添加进去，程序才形成一个整体

集成测试方法的选择

集成测试方法选择指南

因素	建议使用集成方法
设计和需求清晰	自顶向下
需求、设计和体系结构不断变化	自底向上
体系结构改变、设计稳定	混合
体系结构较小，规模小	瞬时集成
体系结构复杂，软件规模大	混合

集成测试总结

集成测试是一个必要的测试阶段：

从将两个组件集成到一起开始，到所有系统组件在一起运行位置的所有测试活动，都是集成测试阶段的一部分

集成测试是一种测试类型：

集成测试测试组件间的接口

集成测试不应被淡化：

集成测试能减少系统测试阶段的缺陷

三 测试插桩（Instrumentation）

1. 插桩在测试中的作用？
2. 如何在测试中插桩？

测试插桩

测试插桩背景

测试过程中，往往需要知道某些信息：

程序中可执行语句被执行（即被覆盖）的情况

程序执行的路径

变量的使用、定义

传统方法：

跟踪被测程序的执行过程，人工收集信息

测试插桩

测试插桩背景

程序插桩技术最早是由**J.C. Huang**教授提出的，它是在保证被测程序原有逻辑完整性的基础上在程序中插入一些探针（又称为“探测仪”），通过探针的执行并抛出程序运行的特征数据，通过对这些数据的分析，可以获得程序的控制流和数据流信息，进而得到逻辑覆盖等动态信息，从而实现测试目的的方法。

http://www2.cs.uh.edu/~jhuang/

测试插桩

测试插桩基础

原理：

在程序特定部位附加一些操作或功能，用来检验程序运行结果以及执行特性，以便支持测试

两类插桩技术：

(1) 白盒测试插桩技术
(2) 黑盒测试插桩技术

测试插桩

插桩方式

一、目标代码插桩

优点：

- 目标代码的格式主要和操作系统相关，和具体的编程语言及版本无关，应用范围广；
- 特别适合需要对内存进行监控的软件中

缺点：

- 目标代码中语法、语义信息不完整

测试插桩

插桩方式

二、源代码插桩

优点：

- 词法分析和语法分析的基础上进行的，这就保证对源文件的插桩能够达到很高的准确度和针对性。

缺点：

- 作业量较大，而且随着编码语言和版本的不同需要做一定的修改

测试插桩

■测试插桩基础——白盒测试插桩技术

考虑如下算法：

- 《九章算术》是中国古代的数学专著，其中的“更相减损术”可以用来求两个数的最大公约数，即“可半者半之，不可半者，副置分母、子之数，以少减多，更相减损，求其等也。以等数约之。”

例：用更相减损术求98与63的最大公约数。

解：由于63不是偶数，把98和63以大数减小数，并辗转相减：

98-63=35

63-35=28

35-28=7

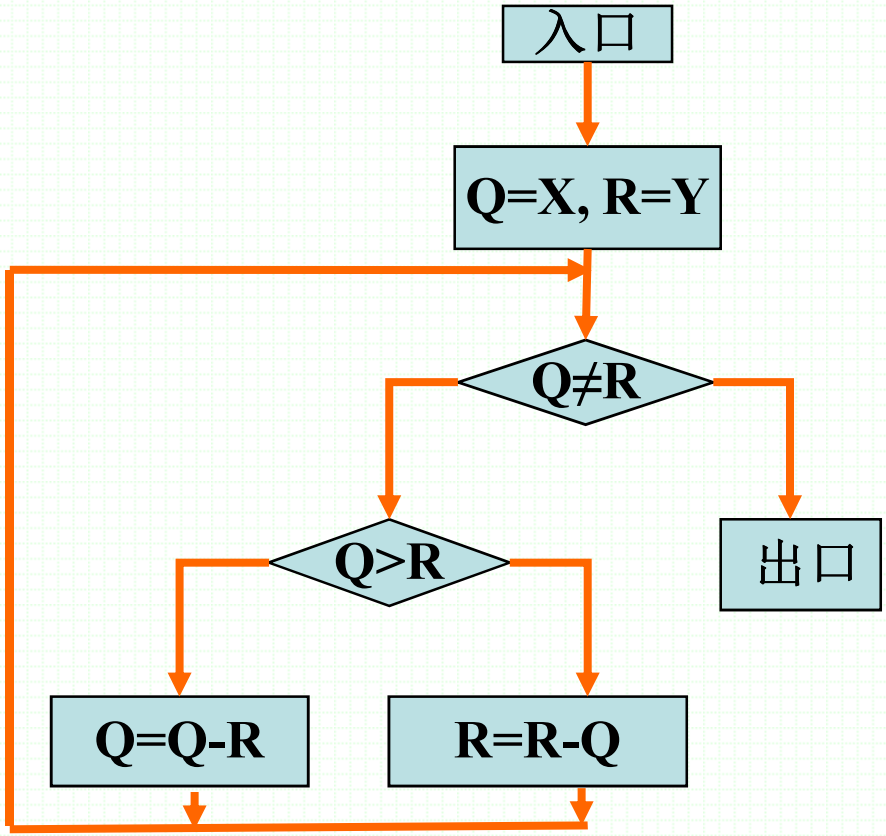
28-7=21

21-7=14

14-7=7

所以，98和63的最大公约数等于7。

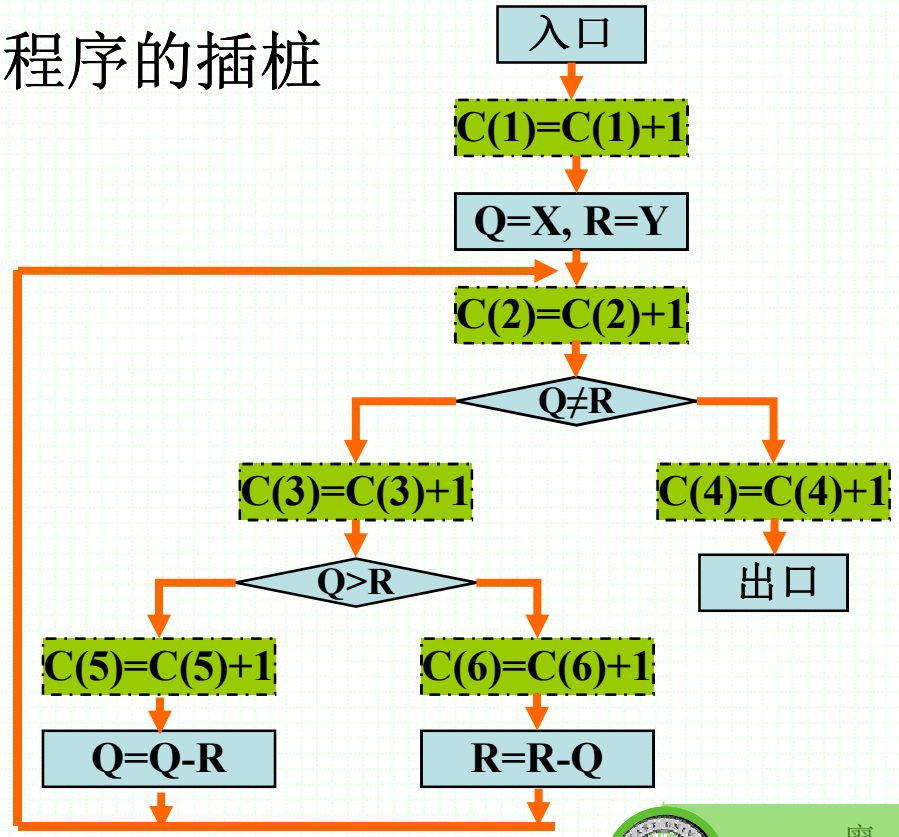
求整数X和Y的最大公约数程序



测试插桩

例：分析覆盖率和测试用例有效性

求整数X和Y的最大公约数程序的插桩



测试插桩——白盒测试插桩技术

- 设计插桩程序时要考虑的问题

1、探测什么信息？
2、在程序的什么部位设置探测点？
3、需要设置多少个探测点？
4、如何在程序中特定部位插入语句？

测试插桩

■测试插桩基础——白盒测试插桩技术

问题1：探测什么信息？

Answer:由具体需求而定

覆盖率？

中间结果？

测试数据生成？

统计信息？

…

测试插桩

■测试插桩基础——白盒测试插桩技术

问题2：插桩位置？

Answer:由具体需求而定.

原则：

探针的植入要做到紧凑精干，才能保证在做到收集的信息全面而无冗余，减少代码的膨胀率。

测试插桩

■测试插桩基础——白盒测试插桩技术

探针的植入位置有以下几种情况：

a. 程序的第一条语句；
b. 分支语句的开始；
c. 循环语句的开始；
d. 下一个入口语句之前的语句；
e. 程序的结束语句；
f. 分支语句的结束；
g. 循环语句的结束；

总之，随测试需求的不同而所有变化

测试插桩

■测试插桩基础——白盒测试插桩技术

插桩策略：

语句覆盖插桩（基本块插桩）：在基本块的入口和出口处，分别植入相应的探针，以确定程序执行时该基本块是否被覆盖。

分支覆盖插桩：分支由分支点确定。对于每个分支，在其开始处植入一个相应的探针，以确定程序执行时该分支是否被覆盖。

条件覆盖插桩：**if, swich,while, do-while, for** 几种语法结构都支持条件判定，在每个条件表达式的布尔表达式处植入探针，进行变量跟踪取值，以确定其被覆盖情况。

测试插桩

■测试插桩基础——白盒测试插桩技术

问题3：探测点数目？

Answer:个数越少越好

插桩会影响原有程序执行的效率

很多测试工具能根据需求进行自动插桩

测试插桩

■测试插桩基础——白盒测试插桩技术

问题4：如何在程序中特定部位插入语句？

Answer:可以在程序中特定部位插入某些用以判断变量特性的语句（断言），使得程序执行中这些语句得以证实。

断言语句：**assert（expression）**

assert的作用是现计算表达式 **expression**， 如果其值为假（即为**0**），那么它先打印一条出错信息，然后通过调用 **abort** 来终止程序运行。

测试插桩

■测试插桩基础——白盒测试插桩技术

例：断言检测

```
int main( void )
{      FILE *fp;
       。 。 。
       fp = fopen( “noexitfile.txt”, “r” ); );//以只读的方式打开一个文件，如果不存在就打开文件失败
       assert( fp );
       fclose( fp );

。 。 。
}
```

测试插桩

■测试插桩基础——白盒测试插桩技术

```
void *memcpy(void *pvTo, const void *pvFrom,
    size_t size)
    {
       assert((pvTo != NULL) && (pvFrom !=
    NULL));

       byte *pbTo = (byte *) pvTo;

        byte *pbFrom = (byte *) pvFrom;
       while(size -- > 0) *pbTo ++ = *pbFrom ++ ;
       return pvTo;
    }
```

测试插桩

■测试插桩基础——白盒测试插桩技术

断言语句：**assert（expression）缺点**

1.频繁的调用会极大的影响程序的性能，增加额外的开销。

2.每个**assert**只检验一个条件,因为同时检验多个条件时,如果断言失败,无法直观的判断是哪个条件失败

测试插桩

■测试插桩基础——白盒测试插桩技术

作用：

（1）生成特定状态，检验状态的可达性；
（2）显示或读取内部数据或私有数据；
（3）监测不变数据
（4）监测前提条件
（5）人为触发事件时间
（6）监测事件时间

测试插桩

- 测试插桩基础——黑盒测试插桩技术

（1）测试预言（Test Oracle）

（2）随机数据生成

测试插桩

■测试插桩基础——黑盒测试插桩技术

测试预言(Test Oracle)

定义：

一种独立于被测系统的程序或机制，用于确认对于给定的输入，系统是否有一个给定输出。

特点：

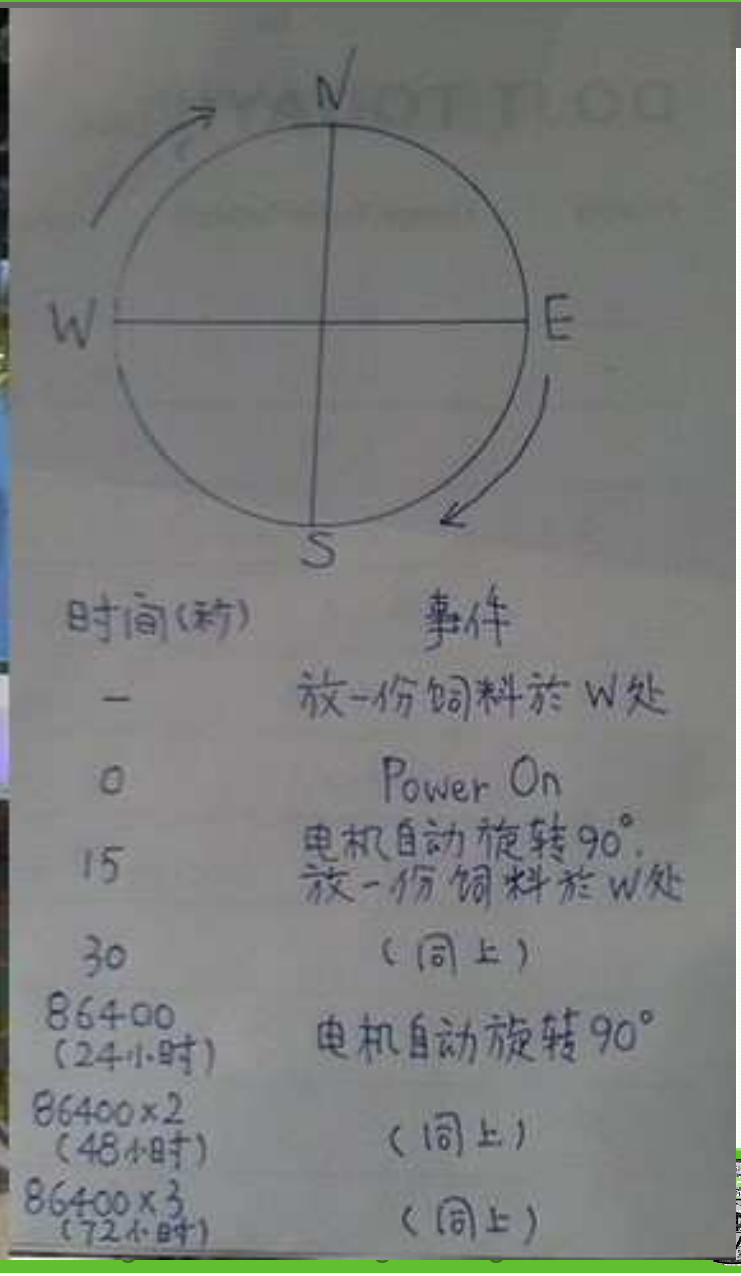
不能获得源代码，但可以调用API等信息

不属于纯黑盒测试，而是一种灰盒测试

作用：

检查函数正确性、系统安全性、...

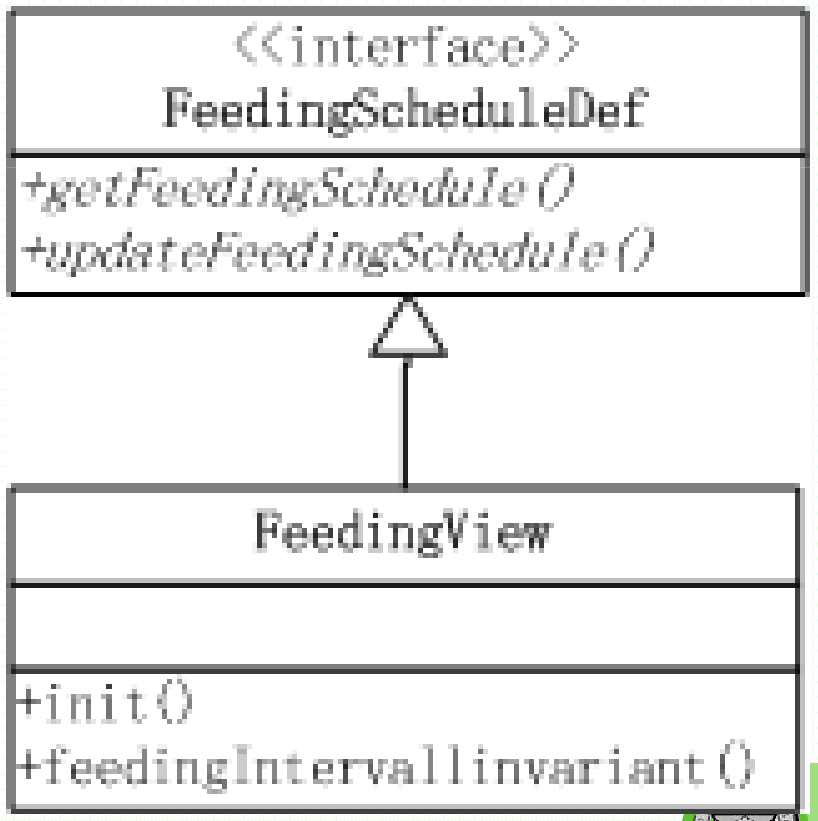
http://en.wikipedia.org/wiki/Oracle_(software_testing)


N
W
E
S
时间(秒)
事件
-
放一份饲料於W处
0
Power On
15
电机自动旋转90°.
放一份饲料於W处
30
(同上)
86400
(24小时)
电机自动旋转90°
86400×2
(48小时)
(同上)
86400×3
(72小时)
(同上)

测试插桩

■测试插桩基础——黑盒测试插桩技术

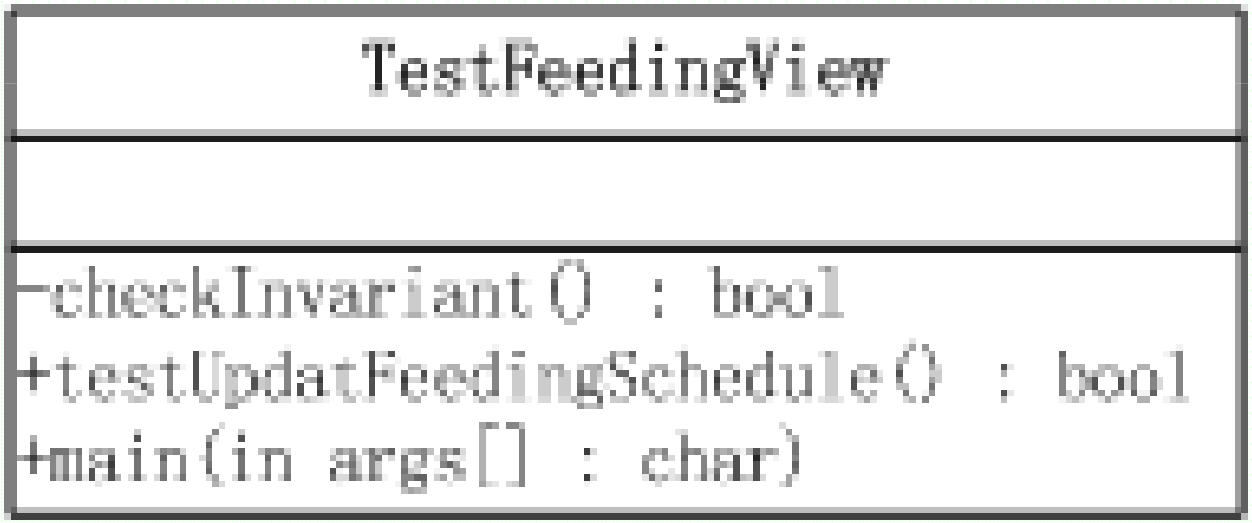
例：喂鱼软件类图



测试插桩

■测试插桩基础——黑盒测试插桩技术

例：喂鱼的测试预言程序



```
Public class TestFeedingView{
FeedingView fv=new FeedingView();
//检查不变量
Private Boolean checkInvariant() {
 FeedingSchedule fs= fv.
    getFeedingSchedule();
 return (fs.getEnd()-
    fs.getStart()>30*60)?false:true;
}
Public static void main (args[]) {
 TestFeedingView tfv=new
    TestFeedingView();
If (!tfv.testUpdateFeedingSchedule())
  system.out “testing failed”
Else
  system.out “testing succeeded”
}
```

```
Public boolean
    testUpdateFeedingSchedule(){
  FeedingSchedule fs=new
    FeedingSchedule();
  Calendar
    now=Calendar.getInstance();
  fs.setStart(now);
  now.add(now.MINUTE,31);
  fs.setEnd(now);
  fs.updateFeedingSchedule(fs);
  return checkInvariant();
}
```

测试插桩

■测试插桩基础——黑盒测试插桩技术

随机数据生成器（随机测试技术）

定义：

一种在可能输入集中选取一个任意子集进行测试的技术.

作用：

避免只测试所知道的将奏效的场景

测试插桩

■测试插桩基础——黑盒测试插桩技术

有效测试用例生成方法：

（1）软件输入域进行等价划分；
（2）各子域边界进行边界值选取；
（3）各子域内进行随机测试选择输入样本；

测试插桩

■测试插桩基础——黑盒测试插桩技术

例：测试输入为1-100整数的输入框

（1）等价类划分：
无效域：x<1
有效域：1<=x<=100
无效域：x>100

（2）边界值：
{0, -1}
{1, 2, 99, 100}
{101}

（3）随机数据生成：
在{x|x<=0}，{x| 1<=x<=100}，
{x| x>100}的样本空间内生成随机数。
Java API random()

四 单元/集成测试工具

1. 单元和集成测试中的工具？

开源工具

单元/集成测试工具

C/C++语言测试工具

- 通用各种操作系统的测试工具

C Unit Test System, CPPTest, CPPUnit, CxxTest

- **Win32/Linux/Mac OS X**

UnitTest++

- **Mac OS X**

ObjcUnit, OCUnit, TestKit

- **UNIX**

cutee

单元/集成测试工具

C/C++语言测试工具

- **Windows**

simplectest

- 嵌入式系统

Embedded Unit

- 其它

Cgreen, POSIX Check

单元/集成测试工具

Java语言测试工具

- **TestNG**

灵活的Java测试框架

- **JUnit**

最著名的测试框架之一

- 其它

PMD, MockRunner, jWebUnit, JSFUnit等

单元/集成测试工具

其它语言测试工具

- **HtmlUnit**

Junit扩展的测试框架之一

- **Nunit**

C#, .Net

- 其它

PHPUnit,DUnit, SQLUnit, RSpec等

商业工具

单元/集成测试工具

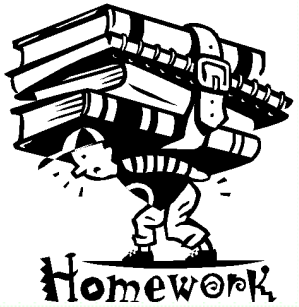
- 商业工具
  - **DevPatner Studio**
  - **Parasoft C++ Test**
  - **Parasoft Jtest**
  - **Parasoft .TEST**
  - **…**

参考文献

1. 郁莲，软件测试方法与实践，p84-p100，清华大学出版社
2. Srinivasan Desikan, Gopalaswamy Ramesh,（韩柯，李娜 译），软件测试：原理与实践，p68-p78，机械工业出版社
3. 朱少民，软件测试

课后习题

习题将结合实验



本讲总结

- 单元测试
- 集成测试

内容预告

- **JUnit**

衷心感谢各位老师莅临指导！

欢迎各位老师同学批评指正！

Email: pwang@seu.edu.cn