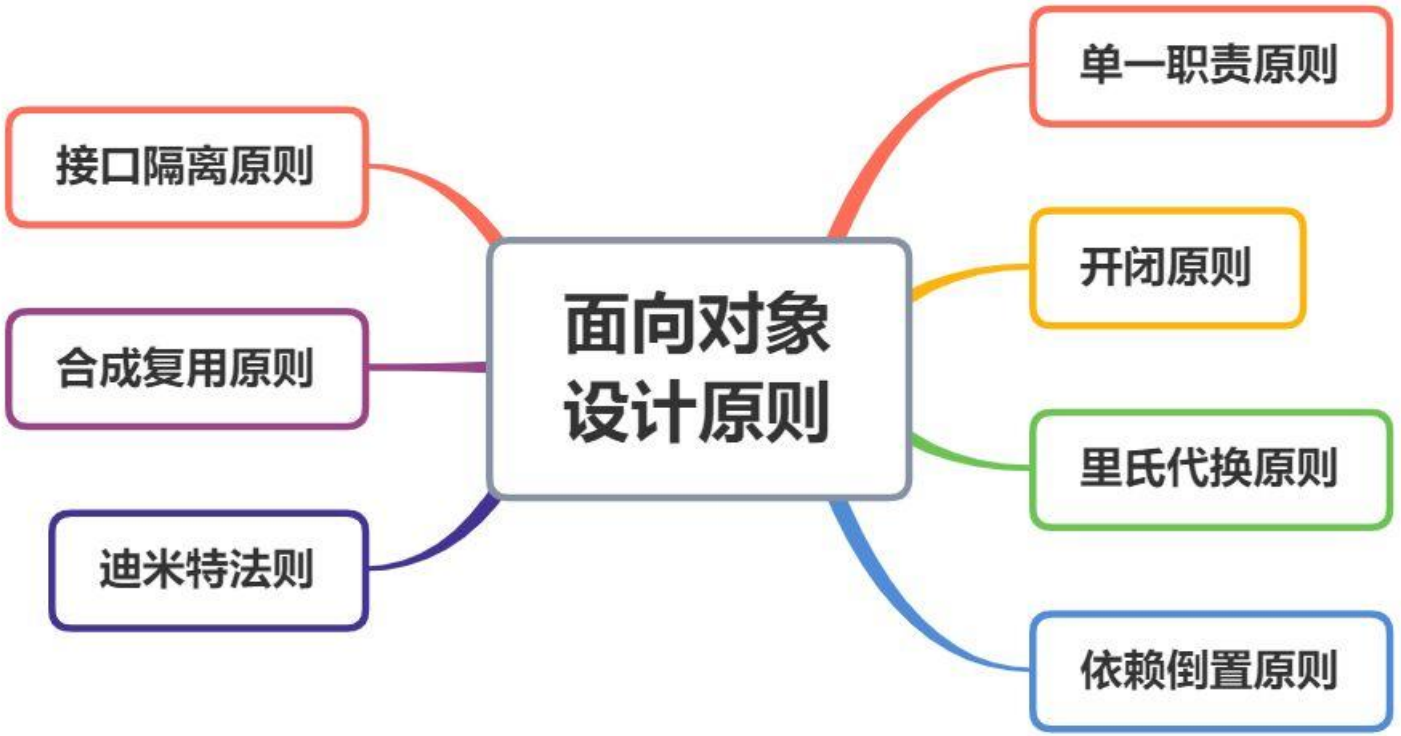
第六章:软件测试及代码质量保障

第五章：设计模式导论

- 面向对象设计原则
- 设计模式
- 单例模式
- 简单工厂模式
- 工厂模式
- 抽象工厂设计模式

面向对象设计原则

- 在设计面向对象的程序时，需遵循的常用原则有七个，包括：



设计模式的分类

- 根据**目的**来分（模式是用来完成什么工作）
  - 创建型模式：用于描述“怎样创建对象”，它的主要特点是“将对象的创建与使用分离”。
  - 结构型模式：用于描述如何将类或对象按某种布局组成更大的结构行。
  - 行为型模式：用于描述类或对象之间怎样相互协作共同完成单个对象都无法单独完成的任务，以及怎样分配职责。
- 根据**范围**来分（模式主要用于类还是对象）
  - 类模式：用于处理类与子类之间的关系，这些关系通过继承来建立，是静态的，在编译时刻便确定下来了。
  - 对象模式：用于处理对象之间的关系，这些关系可以通过组合或聚合来实现，在运行时刻是可以变化的，更具动态性。

设计模式的分类

GoF 23种设计模式的分类图:

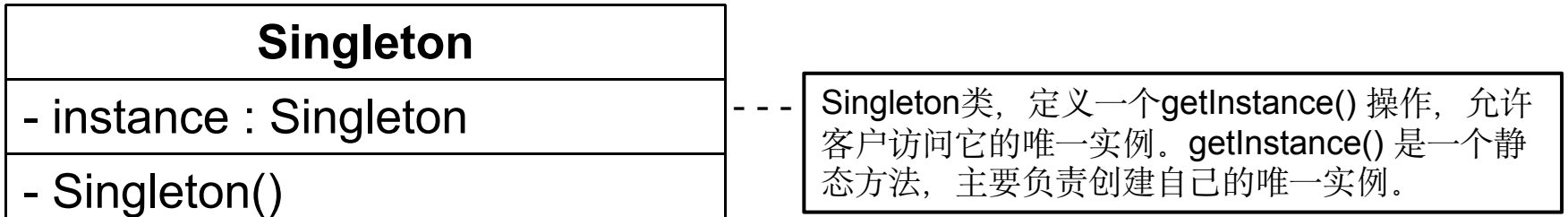
		目的		
		创建型	结构型	行为型
范围	类	工厂方法	适配器（类）	模板方法、解释器
	对象	抽象工厂 生成器 原型 单例	适配器（对象） 桥接 组合 装饰 外观 享元 代理	职责链 命令 迭代器 中介者 备忘录 观察者 状态 策略 访问者

单例模式

如何保证一个类只有一个实例，且这个实例易于被访问呢?

全局变量使得一个对象可以被全局访问，但它不能防止你实例化多个对象。一个最好的办法就是让类自身负责保存它的唯一实例，这个类可以保证没有其他实例可以被创建，并且它可以提供一个访问该实例的方法。

单例模式（Singleton）结构图



单例模式（1）：饿汉式

经典单例模式实现

饿汉模式就是在类加载的时候立刻会实例化，后续使用就只会出现一份实例。

Singleton类，定义一个getInstance() 操作，允许客户访问它的唯一实例。

```
public class Singleton{
    private static Singleton singleton = new Singleton ();

    private Singleton(){
    }

    public static Singleton GetInstance () {
      return singleton;
    }
}
```

1.类初始化时，立即加载这个对象，天然的线性安全保障

2. 把构造方法声明为私有，使外界无法利用new创建此类实例

3.方法无需同步，调用效率高

单例模式（2）：懒汉式

经典单例模式实现

在类加载的时候没有直接实例化，而是调用指定实例方法的时候再进行实例化，这样就能保证不想使用的时候也不会实例化。一般来说比饿汉模式的效率高。

Singleton类，定义一个getInstance() 操作，允许客户访问它的唯一实例。getInstance() 是一个静态方法，主要负责创建自己的唯一实例。

```
public class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton (){}

    public static Singleton getInstance() {
    if (instance == null) {
        instance = new Singleton();
    }
    return instance;
    }
}
```

1. 利用一个私有的静态变量来记录Singleton类的唯一实例

2. 把构造方法声明为私有，使外界无法利用new创建此类实例

3. 利用公有的静态方法getInstance()来实例化对象，并返回该唯一实例

单例模式（3）：同步锁

多线程同时访问Singleton类， 调用getInstance()方法，则有可能创建多个实例，如何避免?

通过增加**synchronized**关键字到 getInstance() 方法中，迫使每个线程在进入这个方法之前， 要先等候别的线程离开该方法。也就是说， 不会有两个线程可以同时进入这个方法。

```
public class Singleton {
    private static Singleton instance;
    private Singleton (){}
    public static synchronized Singleton getInstance() {
    if (instance == null) {
        instance = new Singleton();
    }
    return instance;
    }
}
```

线程安全， 但效率低!

课外拓展：双重检验锁

单例模式

单例模式总结：

要素	描述
模式名 Pattern Name	单例模式（**Singleton Pattern**）
目的 Intent	只希望有一个对象，系统所有地方都可以访问这个对象，且不使用全局变量，也不需要传递对象的引用。
问题 Problem	几个不同的客户对象都希望引用同一个对象，如何保证?
解决方案 Solution	保证一个唯一实例 1）定义私有的静态成员变量保存单实例的引用；2）定义公有的静态方法getInstance() 获取唯一实例；3）该类自己负责“第一次使用时”实例化对象。
效果 Consequence	优点：1）对唯一实例的受控访问；2）在内存里只有一个实例，减少了内存的开销，避免频繁地创建销毁对象，提高性能；3）避免对共享资源的多重占用；4）允许可变数目的实例；5）可以全局访问。

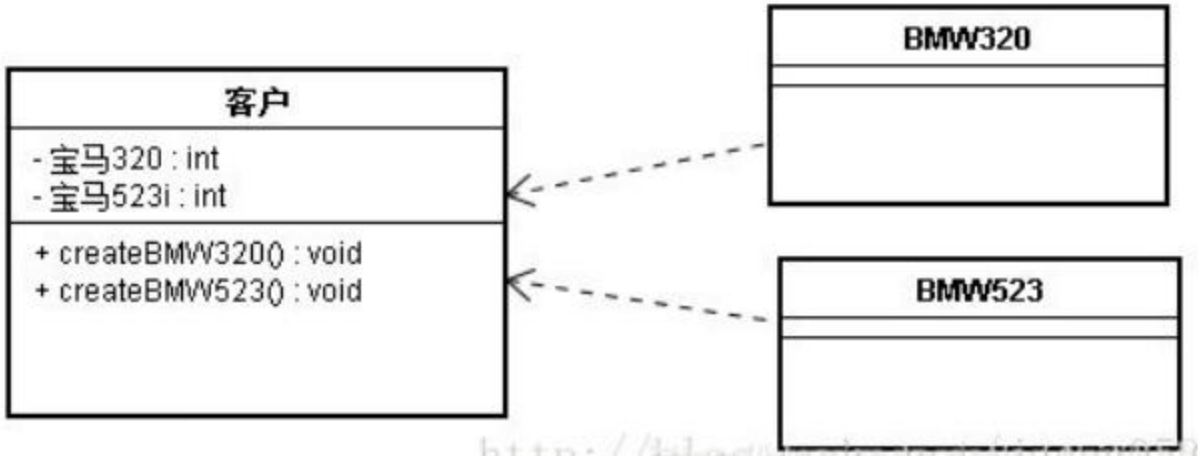
工厂模式

案例背景

- （1）在没有工厂的时代，如果客户需要一款宝马车，那么就需要客户去创建一款宝马车，然后拿来用。
- （2）简单工厂模式：后来出现了工厂，用户不再需要去创建宝马车，由工厂进行创建，想要什么车，直接通过工厂创建就可以了。比如想要320i系列车，工厂就创建这个系列的车。
- （3）工厂方法模式：为了满足客户，宝马车系列越来越多，如320i、523i等等系列，一个工厂无法创建所有的宝马系列，于是又单独分出来多个具体的工厂，每个具体工厂创建一种系列，即具体工厂类只能创建一个具体产品。但是宝马工厂还是个抽象，你需要指定某个具体的工厂才能生产车出来

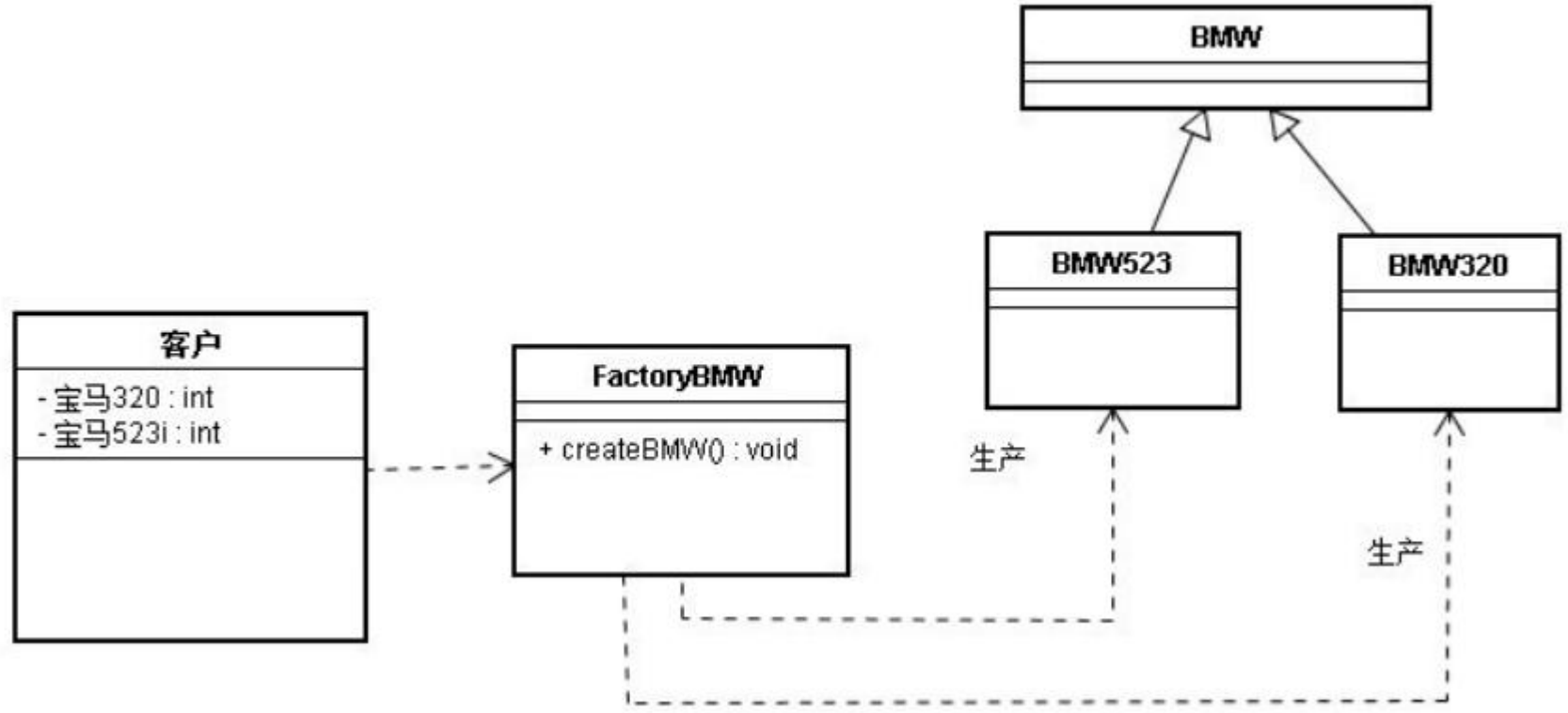
案例背景

```java
public class BMW320 {
    public BMW320(){
        System.out.println("制造-->BMW320");
    }
}

public class BMW523 {
    public BMW523(){
        System.out.println("制造-->BMW523");
    }
}

public class Customer {
    public static void main(String[] args) {
        BMW320 bmw320 = new BMW320();
        BMW523 bmw523 = new BMW523();
    }
}
```



案例背景

用户需要知道怎么创建一款车，这样子客户和车就紧密耦合在一起了，为了降低耦合，就出现了简单工厂模式，把创建宝马的操作细节都放到了工厂里，而客户直接使用工厂的创建方法，传入想要的宝马车型号就行了，而不必去知道创建的细节。



案例背景

产品类:

```
abstract class BMW {
    public BMW(){}
}

public class BMW320 extends BMW {
    public BMW320() {
        System.out.println("制造-->BMW320");
    }
}
public class BMW523 extends BMW{
    public BMW523(){
        System.out.println("制造-->BMW523");
    }
}
```

工厂类:

```
public class Factory {
    public BMW createBMW(int type) {
        switch (type) {

        case 320:
            return new BMW320();

        case 523:
            return new BMW523();

        default:
            break;
        }
        return null;
    }
}
```

用户类:

```
public class Customer {
    public static void main(String[] args) {
        Factory factory = new Factory();
        BMW bmw320 = factory.createBMW(320);
        BMW bmw523 = factory.createBMW(523);
    }
}
```

案例背景

简单工厂模式提供专门的工厂类用于创建对象，实现了对象创建和使用的职责分离，客户端不需知道所创建的具体产品类的类名以及创建过程，只需知道具体产品类所对应的参数即可，通过引入配置文件，可以在不修改任何客户端代码的情况下更换和增加新的具体产品类，在一定程度上提高了系统的灵活性。

但缺点在于不符合“开闭原则”，每次添加新产品就需要修改工厂类。在产品类型较多时，有可能造成工厂逻辑过于复杂，不利于系统的扩展维护，并且工厂类集中了所有产品创建逻辑，一旦不能正常工作，整个系统都要受到影响。

为了解决简单工厂模式的问题，出现了工厂方法模式

产品类：

```
abstract class BMW {
    public BMW(){}
}
public class BMW320 extends BMW {
    public BMW320() {
        System.out.println("制造-->BMW320");
    }
}
public class BMW523 extends BMW{
    public BMW523(){
        System.out.println("制造-->BMW523");
```

客户类：

```
public class Customer {
    public static void main(String[] args) {
        FactoryBMW320 factoryBMW320 = new FactoryBMW32
        BMW320 bmw320 = factoryBMW320.createBMW();

        FactoryBMW523 factoryBMW523 = new FactoryBMW523();
        BMW523 bmw523 = factoryBMW523.createBMW();
    }
}
```

工厂类：

```
interface FactoryBMW {
    BMW createBMW();
}

public class FactoryBMW320 implements FactoryBMW{

    @Override
    public BMW320 createBMW() {
        return new BMW320();
    }

}
public class FactoryBMW523 implements FactoryBMW {
    @Override
    public BMW523 createBMW() {
        return new BMW523();
    }
}
```

案例背景

工厂方法模式将工厂抽象化，并定义一个创建对象的接口。每增加新产品，只需增加该产品以及对应的具体实现工厂类，由具体工厂类决定要实例化的产品是哪个，将对象的创建与实例化延迟到子类，这样工厂的设计就符合“开闭原则”了，扩展时不必去修改原来的代码。在使用时，用于只需知道产品对应的具体工厂，关注具体的创建过程，甚至不需要知道具体产品类的类名，当我们选择哪个具体工厂时，就已经决定了实际创建的产品是哪个了。

但缺点在于，每增加一个产品都需要增加一个具体产品类和实现工厂类，使得系统中类的个数成倍增加，在一定程度上增加了系统的复杂度，同时也增加了系统具体类的依赖

简单工厂模式 VS 工厂方法模式

- 简单工厂模式
  - 创建对象的逻辑判断放在了工厂类中，客户不感知具体的类，但是其违背了开闭原则，如果要增加新的披萨类型，就必须修改工厂类。

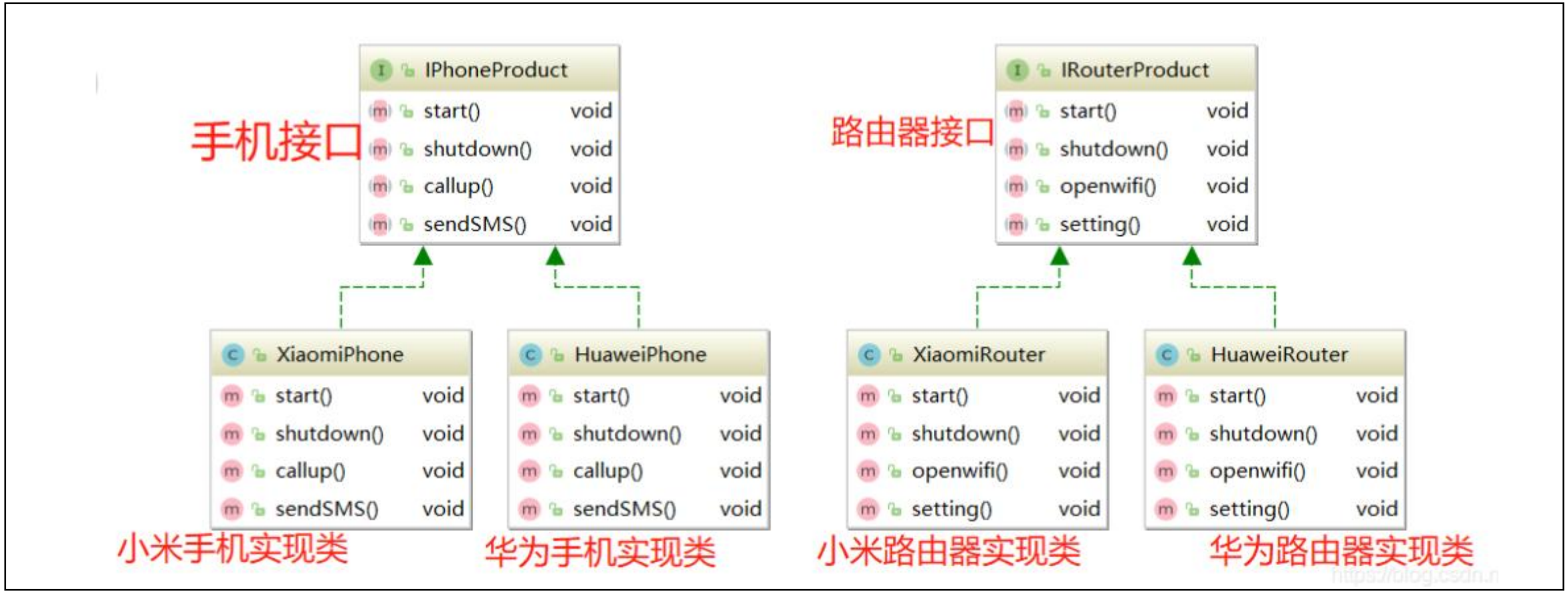
- 工厂方法模式
  - 通过扩展来新增具体类的，符合开闭原则，但是在客户端就必须要感知到具体的工厂类，也就是将判断逻辑由简单工厂的工厂类挪到客户端。
  - 工厂模式横向扩展很方便，假如又有新区域的加盟店，那么只需要创建相应的披萨店子类和披萨子类去实现抽象工厂接口和抽象产品接口即可，而不用去修改原有已经存在的代码。

抽象工厂模式概述

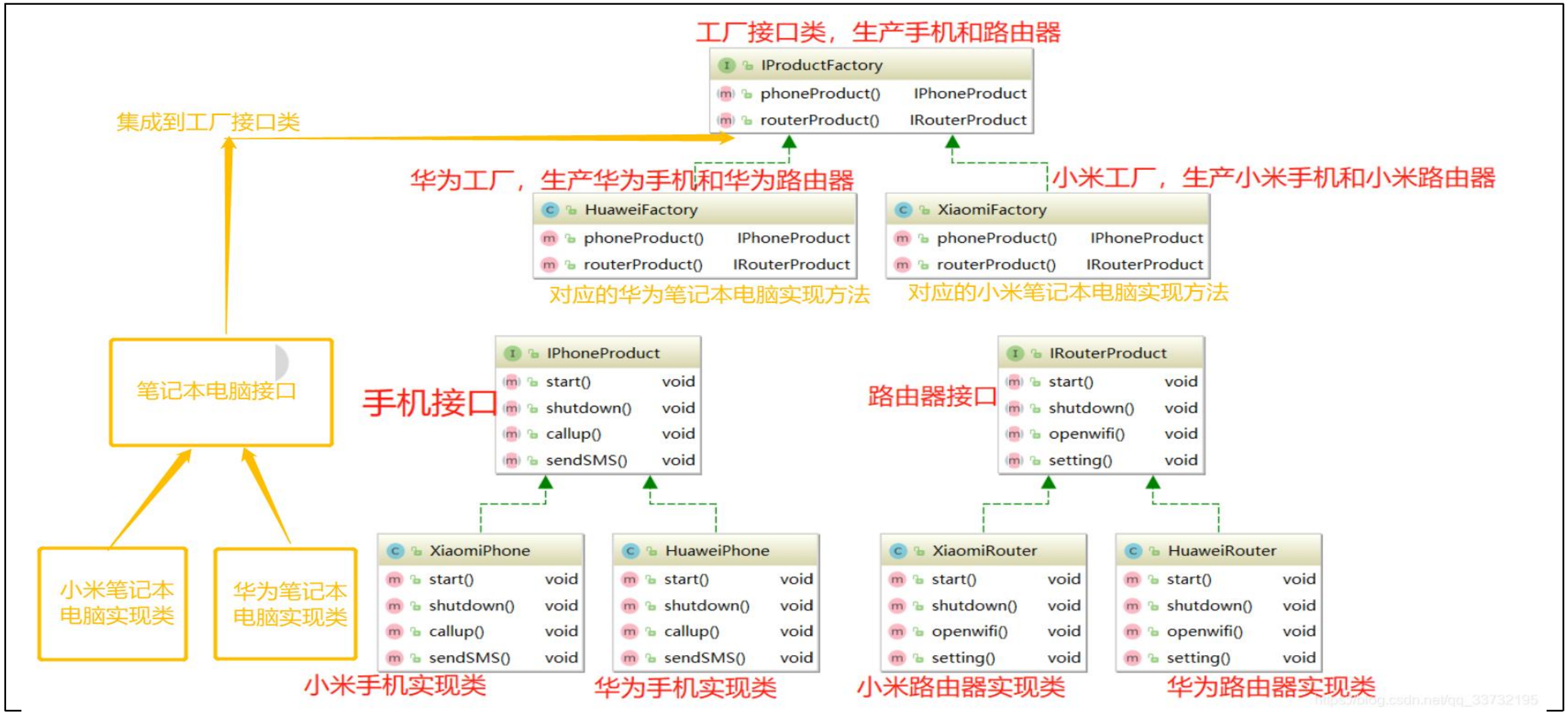
- 抽象工厂模式（Abstract Factory Pattern）是围绕一个超级工厂创建其他工厂。该超级工厂又称为其他工厂的工厂。这种类型的设计模式属于创建型模式，它提供了一种创建对象的方式。

抽象工厂模式

类图分析：


手机接口
IPhoneProduct
start() void
shutdown() void
callup() void
sendSMS() void
路由器接口
IRouterProduct
start() void
shutdown() void
openwifi() void
setting() void
XiaomiPhone
start() void
shutdown() void
callup() void
sendSMS() void
HuaweiPhone
start() void
shutdown() void
callup() void
sendSMS() void
XiaomiRouter
start() void
shutdown() void
openwifi() void
setting() void
HuaweiRouter
start() void
shutdown() void
openwifi() void
setting() void
小米手机实现类
华为手机实现类
小米路由器实现类
华为路由器实现类

抽象工厂模式

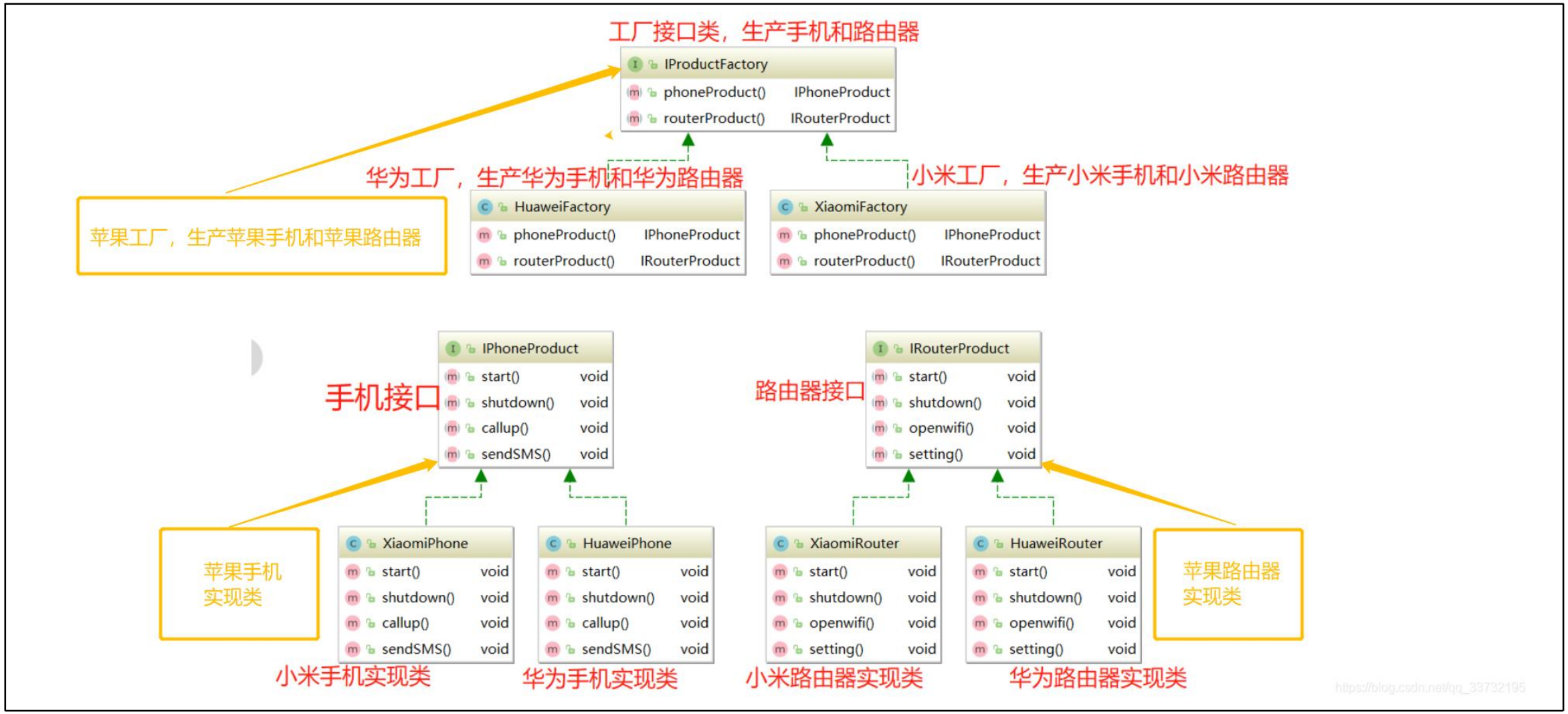

工厂接口类，生产手机和路由器
IProductFactory
phoneProduct() IPhoneProduct
routerProduct() IRouterProduct
集成到工厂接口类
华为工厂，生产华为手机和华为路由器
小米工厂，生产小米手机和小米路由器
HuaweiFactory
phoneProduct() IPhoneProduct
routerProduct() IRouterProduct
XiaomiFactory
phoneProduct() IPhoneProduct
routerProduct() IRouterProduct
对应的华为笔记本电脑实现方法
对应的小米笔记本电脑实现方法
笔记本电脑接口
手机接口
IPhoneProduct
start() void
shutdown() void
callup() void
sendSMS() void
路由器接口
IRouterProduct
start() void
shutdown() void
openwifi() void
setting() void
小米笔记本电脑实现类
华为笔记本电脑实现类
XiaomiPhone
start() void
shutdown() void
callup() void
sendSMS() void
HuaweiPhone
start() void
shutdown() void
callup() void
sendSMS() void
XiaomiRouter
start() void
shutdown() void
openwifi() void
setting() void
HuaweiRouter
start() void
shutdown() void
openwifi() void
setting() void
小米手机实现类
华为手机实现类
小米路由器实现类
华为路由器实现类

抽象工厂模式

拓展一个品牌（产品族）

- 如果新增一个品牌，也就是说新增一个厂商来生产手机和路由器，如下页图片所示（黄色字体为新增一个产品族需要做的事），新增一个产品族不用修改原来的代码，符合OCP原则，十分方便。

抽象工厂模式


工厂接口类，生产手机和路由器
IProductFactory
phoneProduct() IPhoneProduct
routerProduct() IRouterProduct
华为工厂，生产华为手机和华为路由器
小米工厂，生产小米手机和小米路由器
苹果工厂，生产苹果手机和苹果路由器
HuaweiFactory
phoneProduct() IPhoneProduct
routerProduct() IRouterProduct
XiaomiFactory
phoneProduct() IPhoneProduct
routerProduct() IRouterProduct
手机接口
IPhoneProduct
start() void
shutdown() void
callup() void
sendSMS() void
路由器接口
IRouterProduct
start() void
shutdown() void
openwifi() void
setting() void
苹果手机
实现类
XiaomiPhone
start() void
shutdown() void
callup() void
sendSMS() void
HuaweiPhone
start() void
shutdown() void
callup() void
sendSMS() void
XiaomiRouter
start() void
shutdown() void
openwifi() void
setting() void
HuaweiRouter
start() void
shutdown() void
openwifi() void
setting() void
苹果路由器
实现类
小米手机实现类
华为手机实现类
小米路由器实现类
华为路由器实现类

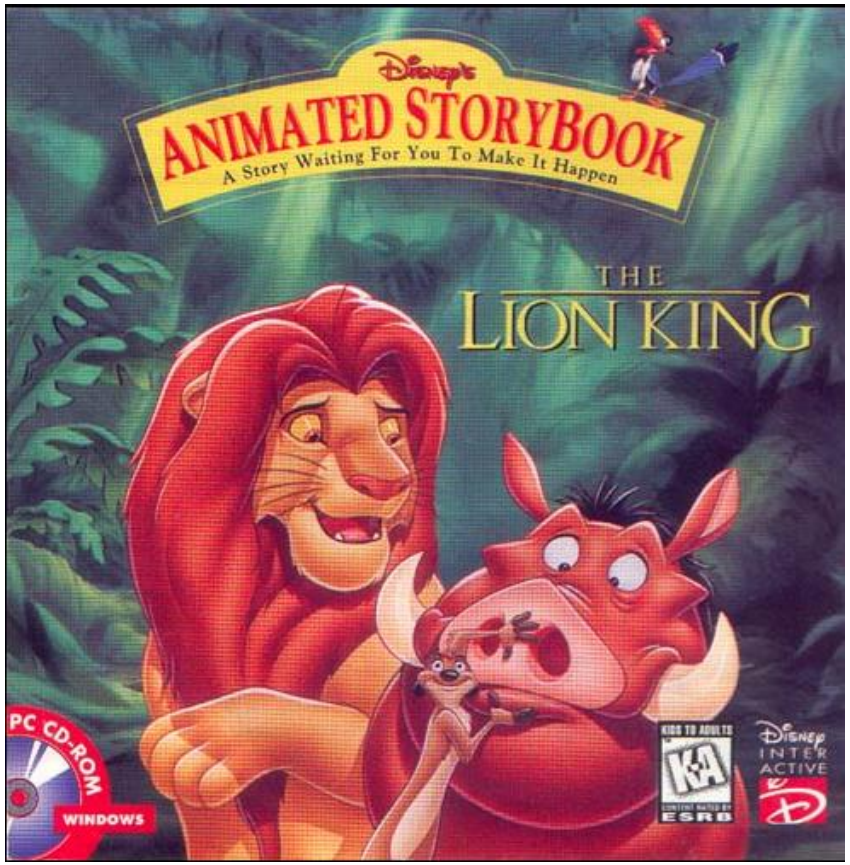
抽象工厂模式优缺点

- 优点
  - 一个产品族中的多个对象被设计成一起工作时，它能保证客户端始终只使用同一个产品族中的对象（将一个品牌的产品统一一起创建）。
- 缺点
  - 产品类型扩展非常困难，要新增一个产品类，既要修改工厂抽象类里的代码，又修改具体的实现类里面的代码。
  - 增加了系统的抽象性和理解难度。

第六章：软件测试及代码质量保障

- 1. 软件测试的定义和分类
- 2. 测试用例的定义和其设计方法
- 3. 白盒测试（定义、控制流程图、逻辑覆盖方法、测试用例设计）
- 4. 黑盒测试（定义、等价类划分、边界值分析、场景法）
- 5. 压力测试，性能测试和代码覆盖率测试
- 6. 代码质量保证

软件缺陷的典型案例分析



狮子王动画故事书

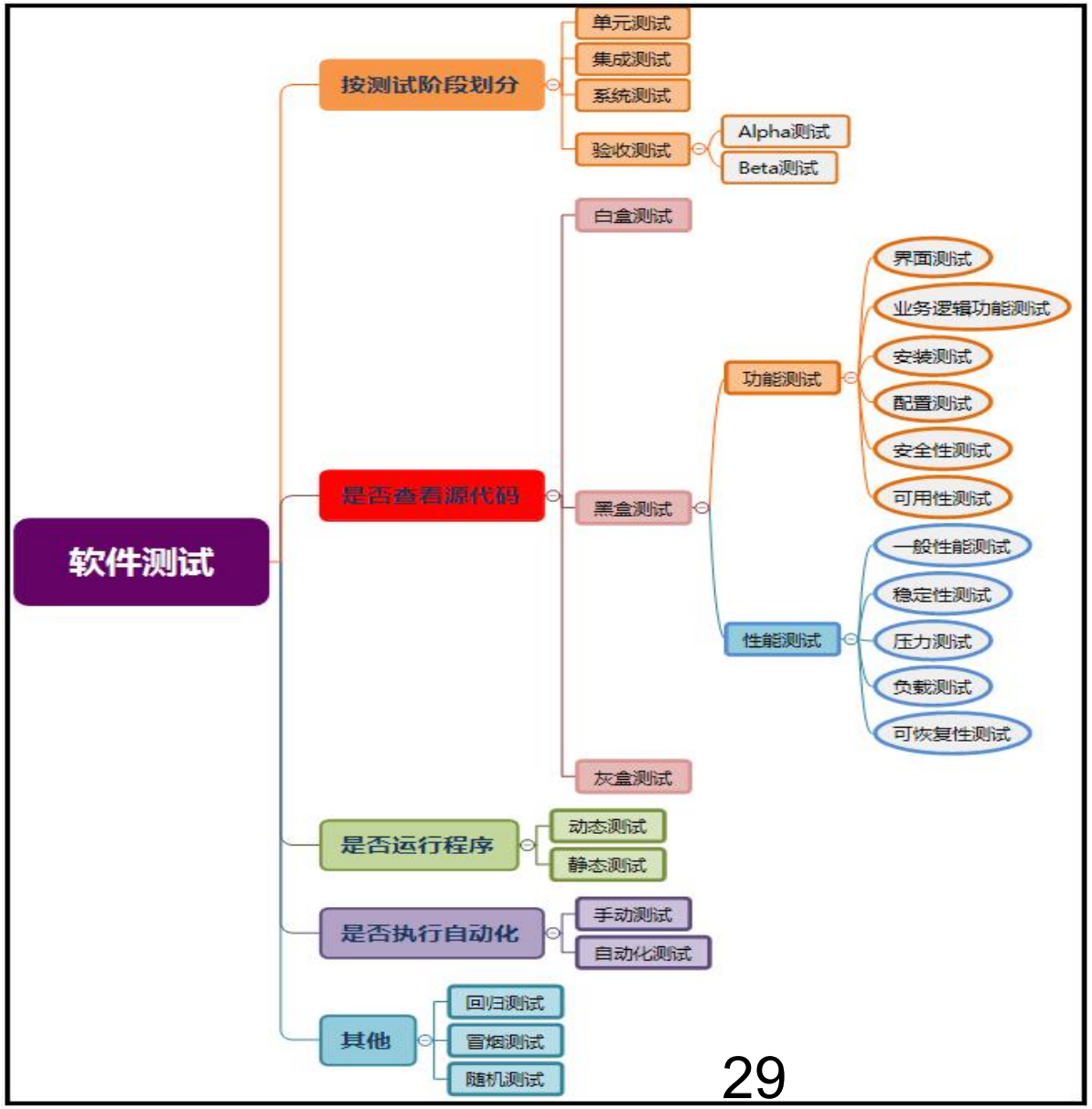
波音737-800MAX

软件测试的定义(IEEE)

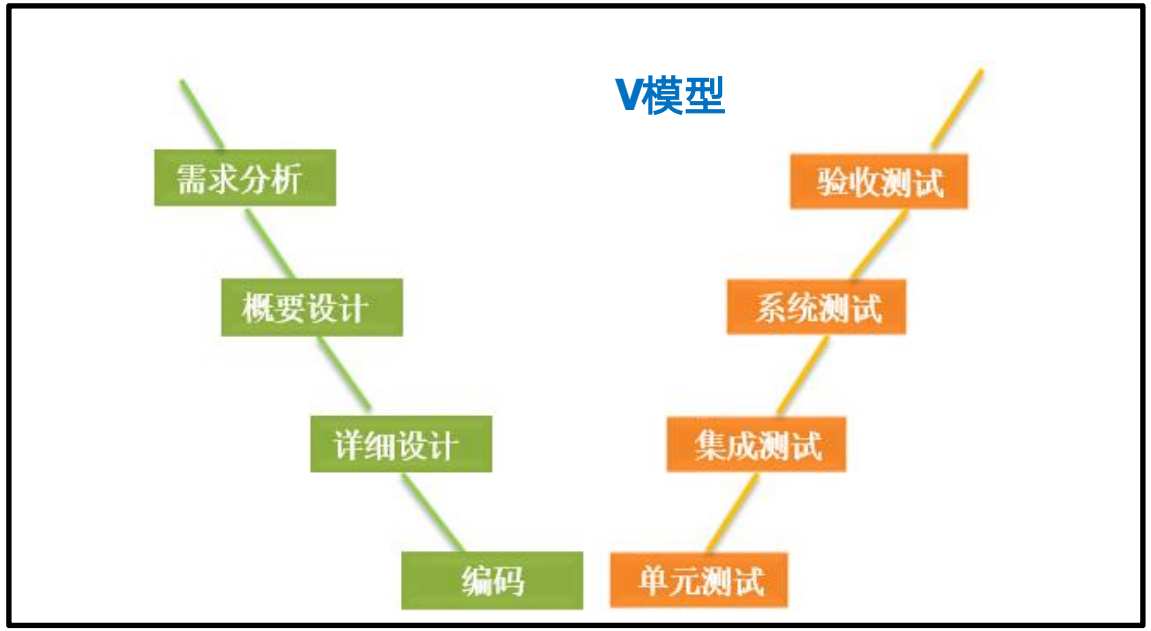
使用人工或自动的手段来运行或测量被测系统，或静态检查被测系统的过程，其目的在于校验被测系统是否满足需求，并找出实际系统输出和预期结果之间的差异。软件测试是以需求为中心，并非以缺陷为中心!

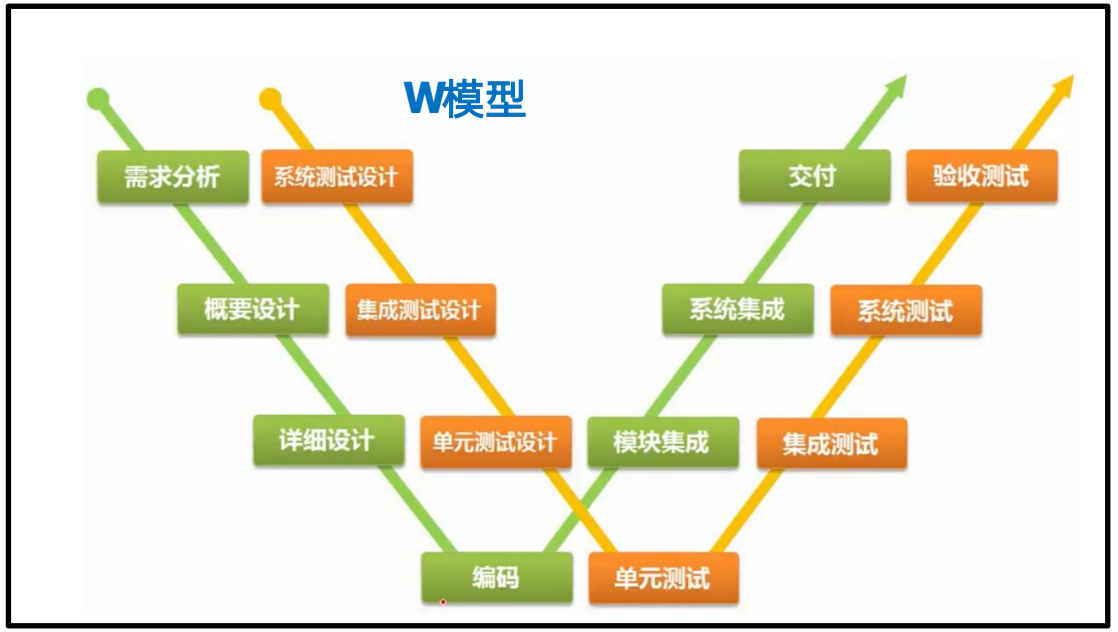
软件测试的分类

软件生命周期中将会执行不同类型或级别的软件测试，组合应用这些不同类型的测试才能确保软件系统功能和行为符合预期要求。



软件测试的分类





- 单元测试对应编码阶段，其测试对象是单个模块或组件；
- 集成测试对应详细设计，其测试对象是一组模块或组件；
- 系统测试和验收测试分别对应概要设计和需求阶段，测试对象是整个系统。

测试用例：定义

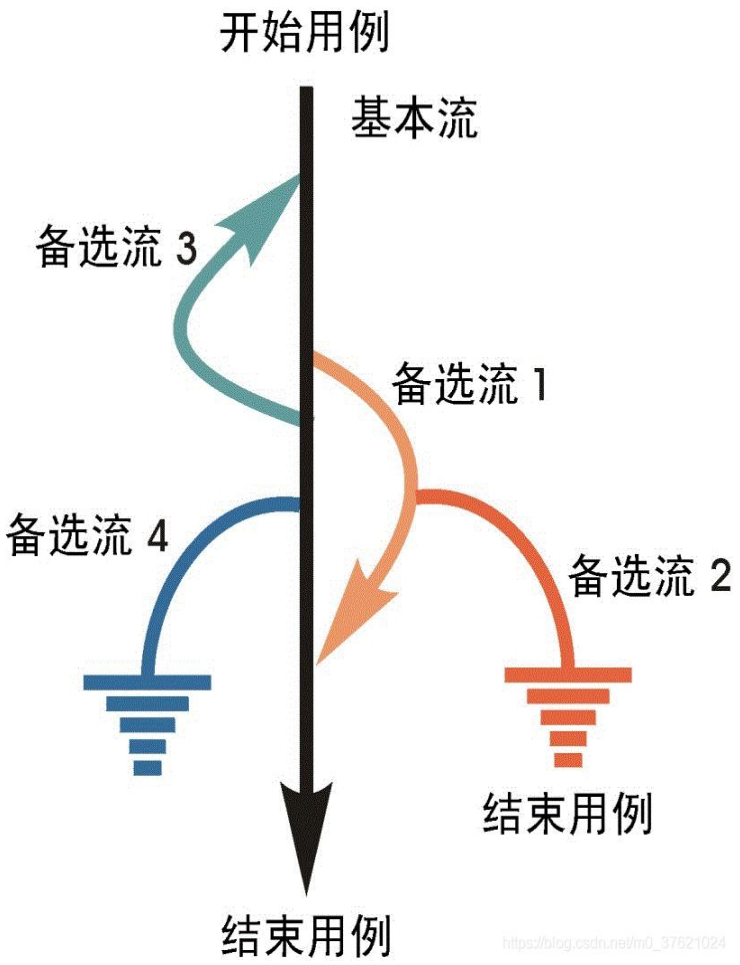
测试用例(Test Case)是指对一项特定的软件产品进行测试任务的描述，体现测试方案、方法、技术和策略。其内容包括测试目标、测试环境、输入数据、测试步骤、预期结果、测试脚本等，最终形成文档。

简单地认为，**测试用例是为某个特殊目标而编制的一组测试输入、执行条件以及预期结果，用于核实是否满足某个特定软件需求**。

测试用例：设计方法

测试用例（Test Case）是将软件测试的行为活动做一个科学化的组织归纳，目的是能够将软件测试的行为转化成**可管理**的模式；同时测试用例也是将测试**具体量化**的方法之一，不同类别的软件，测试用例是不同的。

测试用例的设计方法主要有黑盒测试法和白盒测试法。
黑盒测试也称功能测试，黑盒测试着眼于程序外部结构，不考虑内部逻辑结构，主要针对软件界面和软件功能进行测试。
白盒测试又称结构测试、透明盒测试、逻辑驱动测试或基于代码的测试。白盒法全面了解程序内部逻辑结构、对所有逻辑路径进行测试。

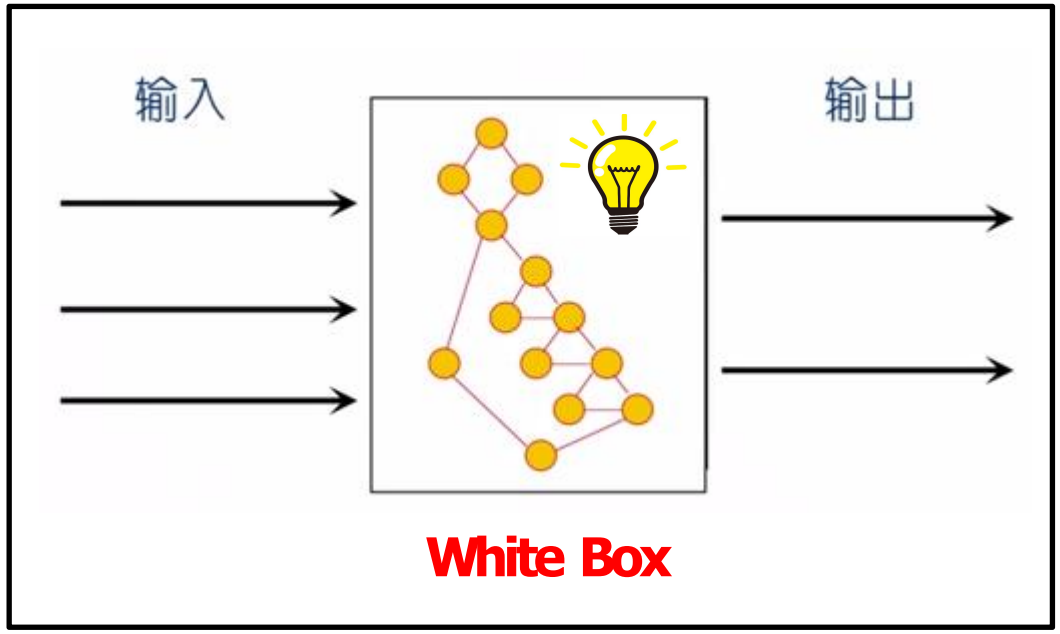


测试用例：设计原则

- 测试用例设计一般遵循以下原则：
  - **正确性**。输入用户实际数据以验证系统是否满足需求规格说明书的要求;测试用例中的测试点应首先保证要至少覆盖需求规格说明书中的各项功能，并且正常。
  - **全面性**。覆盖所有的需求功能项;设计的用例除对测试点本身的测试外，还需考虑用户实际使用的情况、与其他部分关联使用的情况、非正常情况(不合理、非法、越界以及极限输入数据)操作和环境设置等。
  - **连贯性**。用例组织有条理、主次分明，尤其体现在业务测试用例上; 用例执行粒度尽量保持每个用例都有测点，不能同时覆盖很多功能点，否则执行起来牵连太大，所以每个用例间保持连贯性很重要。
  - **可判定性**。测试执行结果的正确性是可判定的，每一个测试用例都有相应的期望结果。
  - **可操作性**。测试用例中要写清楚测试的操作步骤，以及与不同的操作步骤相对应的测试结果。

白盒测试：定义

也称作结构测试或逻辑驱动测试，它是基于程序的源代码，已知产品的内部工作过程，主要是对程序内部结构展开测试，关注程序实现细节，检验程序中的每条通路是否都有按照预定要求正确工作。



优势：

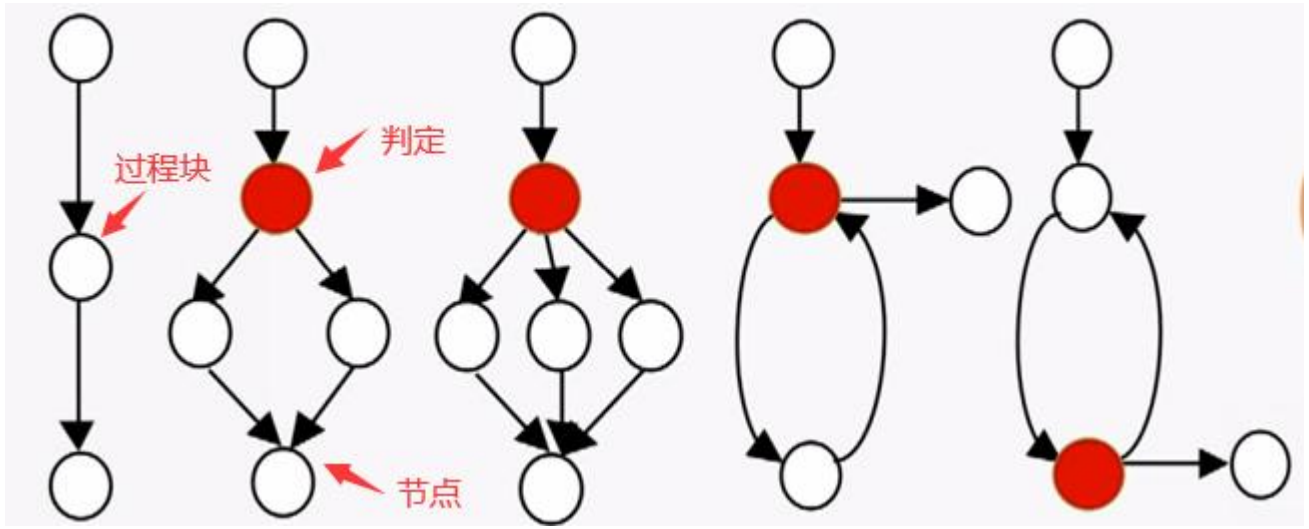
- 针对性强，可快速定位Bug
- 函数级别，Bug修复成本低
- 有助于了解测试的覆盖程度
- 有助于优化代码，预防缺陷

劣势：

- 对测试人员要求高
- 成本高

白盒测试：控制流程图

一种表示程序控制结构的图形工具，其基本元素是节点、**判定节点**、过程块。

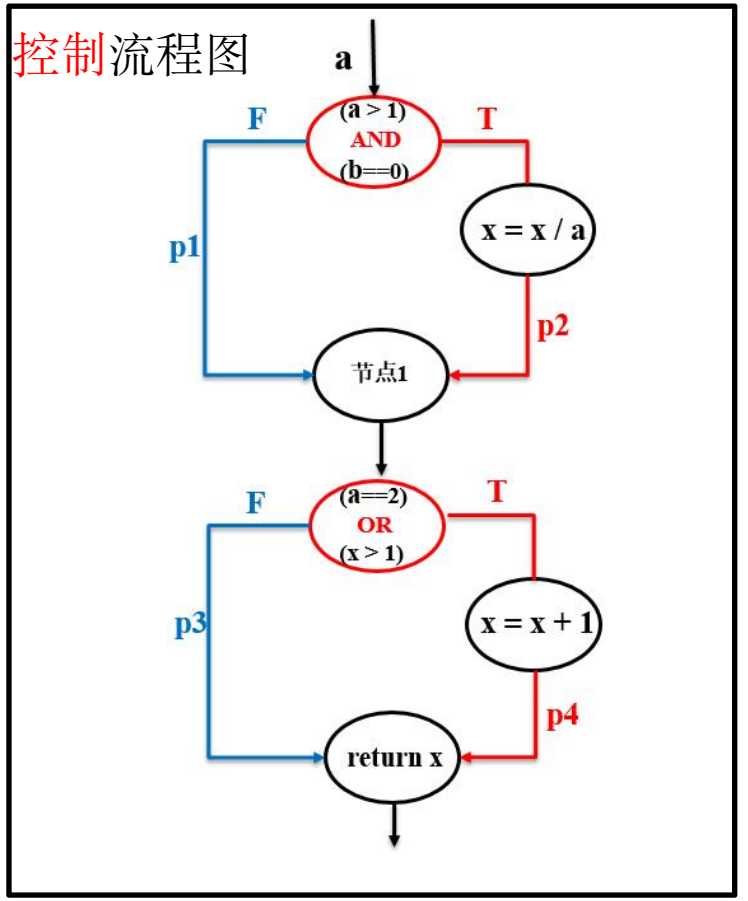


缺陷风险：线性结构 < 两分支的条件判定 < 多分支的条件判定 < 循环结构

白盒测试：建立被测对象模型

源代码

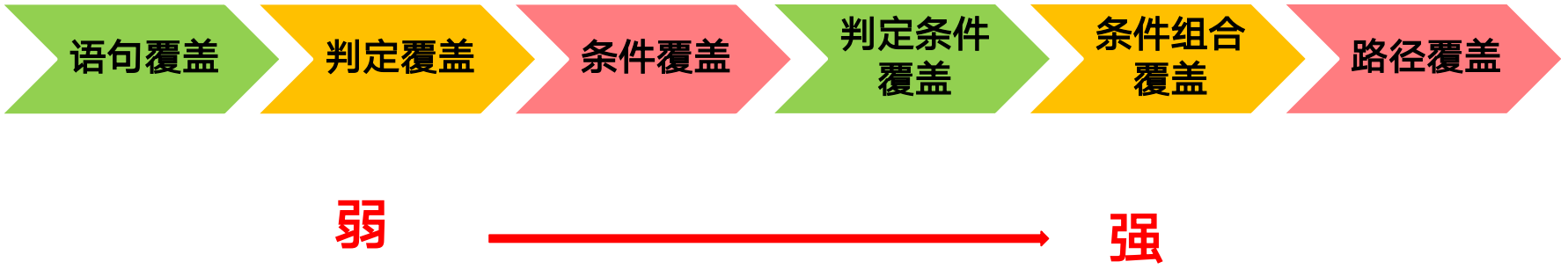
```
int Func1 (int a, int b, int x)
{
    if ((a > 1) && (b == 0))
        x = x / a;

    if ((a == 2) || (x > 1))
        x = x + 1;

    return x;
}
```



白盒测试：逻辑覆盖方法

对判定的测试

- 关注点：判定表达式本身的复杂度
- 原理：考察源代码中的判定表达式，通过对程序逻辑结构的遍历，来实现测试对程序的覆盖。
- 常见覆盖指标：



白盒测试：逻辑覆盖方法

覆盖指标	
语句覆盖	至少执行程序中所有语句一次。语句覆盖是最弱的逻辑覆盖准则。
判定覆盖	也称为分支覆盖，至少执行程序中每个分支一次，保证程序中每个判定节点取得每种可能的结果至少一次。
条件覆盖	保证程序中每个复合判定表达式中，每个简单判定条件的取真和取假情况至少执行一次。
判定条件覆盖	保证程序中每个复合判定表达式中，每个简单判定条件的取真和取假情况至少执行一次（条件覆盖），同时保证程序中每个判定节点取得每种可能的结果至少一次（判定覆盖）。
条件组合覆盖	保证程序每个判定节点中，所有简单判定条件的所有可能的取值组合情况至少执行一次。
路径覆盖	使程序中每一条可能的路径至少执行一次。该策略是最强的， 但一般是不可实现的。

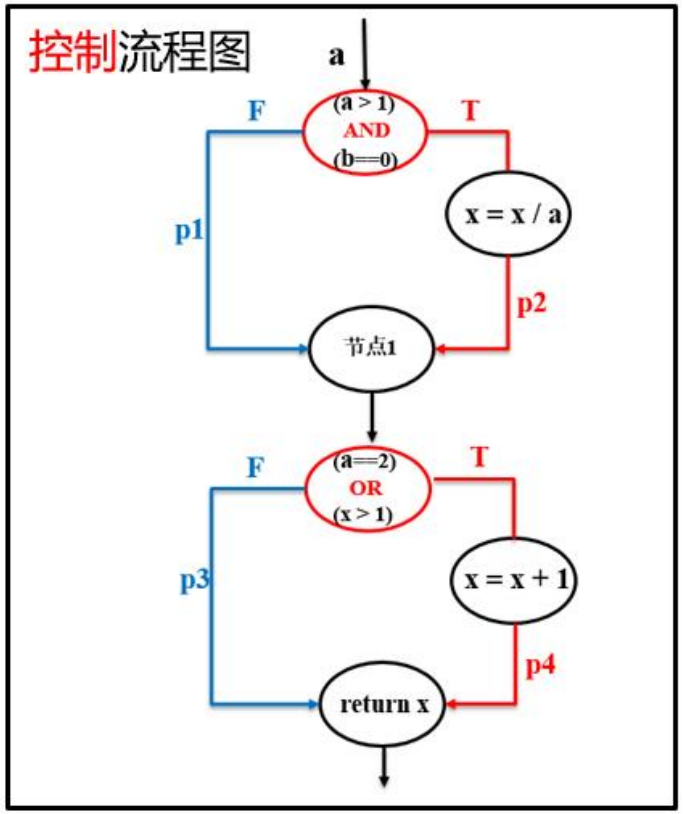
白盒测试：一个例子

- **4个基本逻辑判定条件**

T1	a > 1
T2	b==0
T3	a==2
T4	X>1

- **4条执行路径**

L13	p1->p3
L14	p1->p4
L23	p2->p3
L24	p2->p4



白盒测试：一个例子

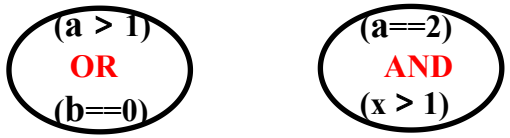
（一）语句覆盖

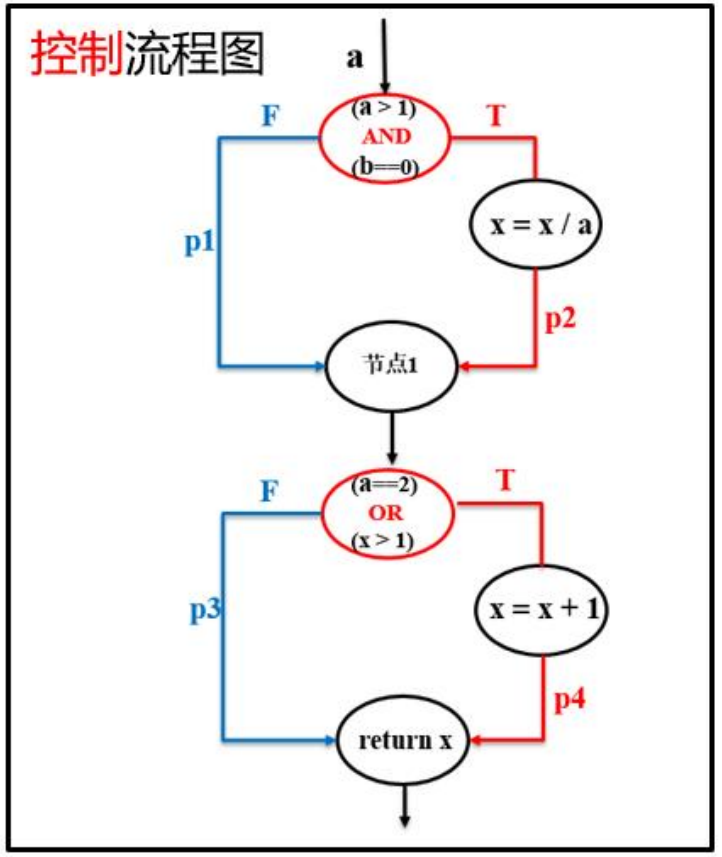
至少执行程序中所有语句一次。语句覆盖是最弱的逻辑覆盖准则。

设计测试用例，实现语句覆盖：

测试用例ID	输入			预期输出	覆盖路径
	a	b	x	x	
TC1	2	0	4	3	L24

测试漏洞：





白盒测试：一个例子

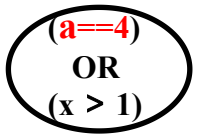
（二）判定覆盖

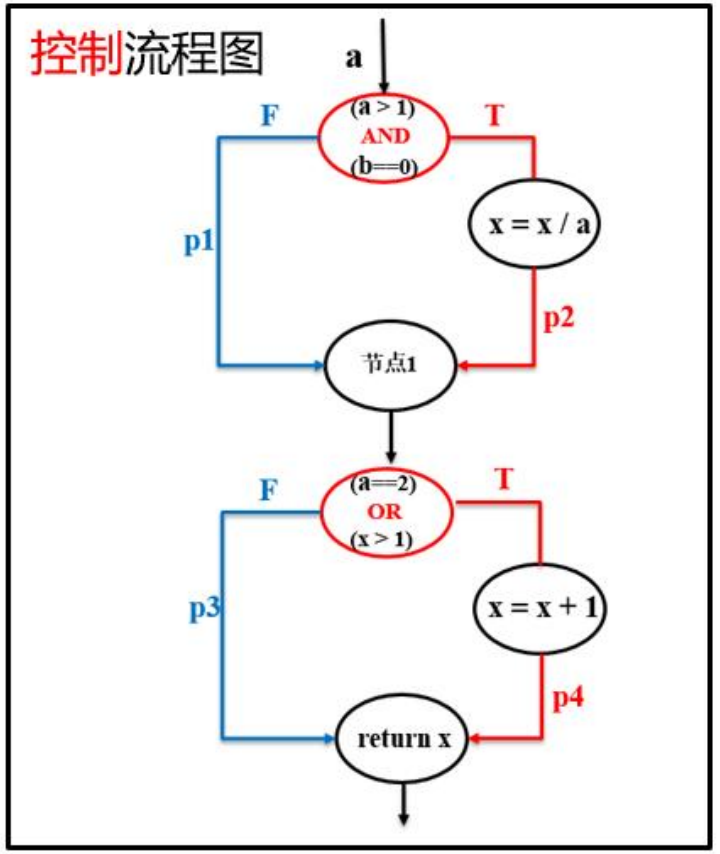
也称为分支覆盖，至少执行程序中每个分支一次，保证程序中每个判定节点取得每种可能的结果至少一次。

设计测试用例，实现判定覆盖：

测试用例ID	输入			预期输出	覆盖路径
	a	b	x	x	
TC1	1	1	2	3	L14
TC2	3	0	3	1	L23

测试漏洞：





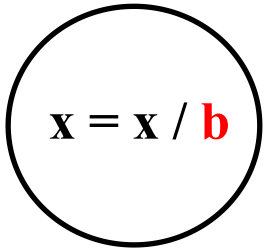
白盒测试：一个例子

（三）条件覆盖

不仅**每个语句**至少执行一次，而且使判定表达式中的**每个条件**都取到各种可能的结果（真、假）。

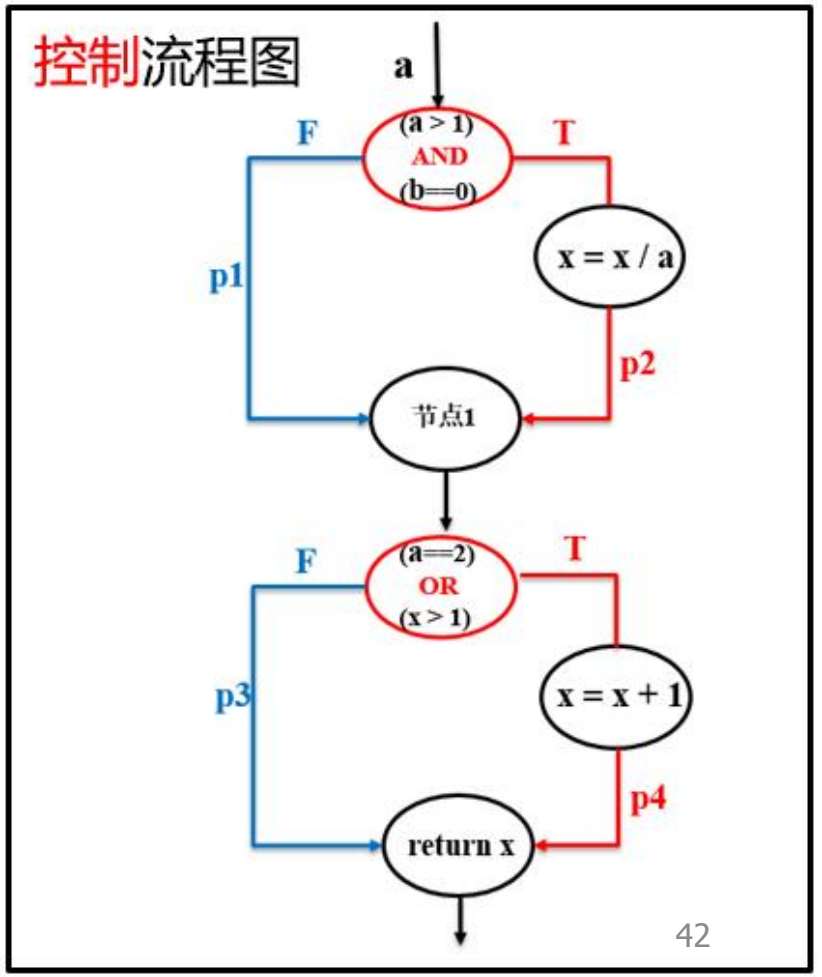
测试用例ID	输入			预期输出	覆盖路径	覆盖条件
	a	b	x	x		
TC1	2	1	0	1	L14	T1(T) T2(F) T3(T) T4(F)
TC2	1	0	2	3	L14	T1(F) T2(T) T3(F) T4(T)

测试漏洞：



- 4个基本逻辑判定条件

T1	a > 1	T3	a==2
T2	b==0	T4	x > 1

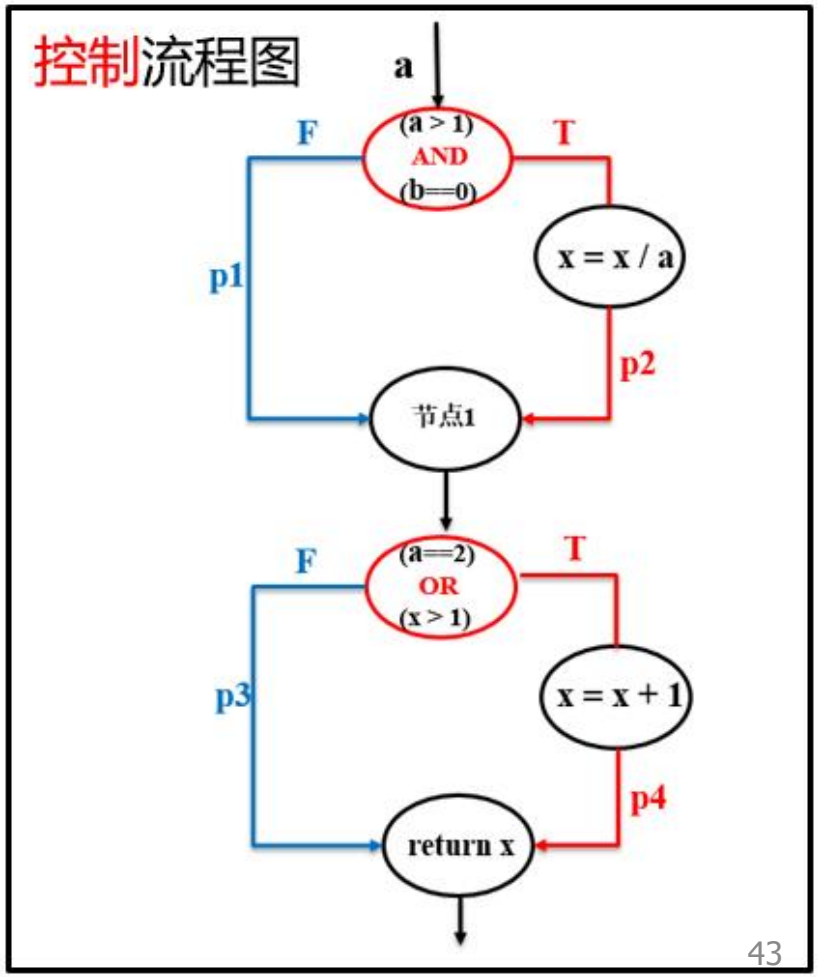


白盒测试：一个例子

（四）判定/条件覆盖

同时满足判定覆盖和条件覆盖。

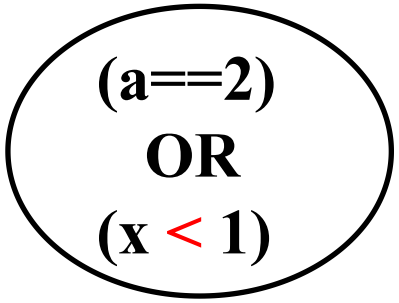
测试用例ID	输入			预期输出	覆盖路径	覆盖条件
	a	b	x	x		
TC1	2	0	4	3	L24	T1(T) T2(T) T3(T) T4(T)
TC2	1	1	1	1	L13	T1(F) T2(F) T3(F) T4(F)



- 4个基本逻辑判定条件

T1	a > 1	T3	a==2
T2	b==0	T4	X>1

测试漏洞：



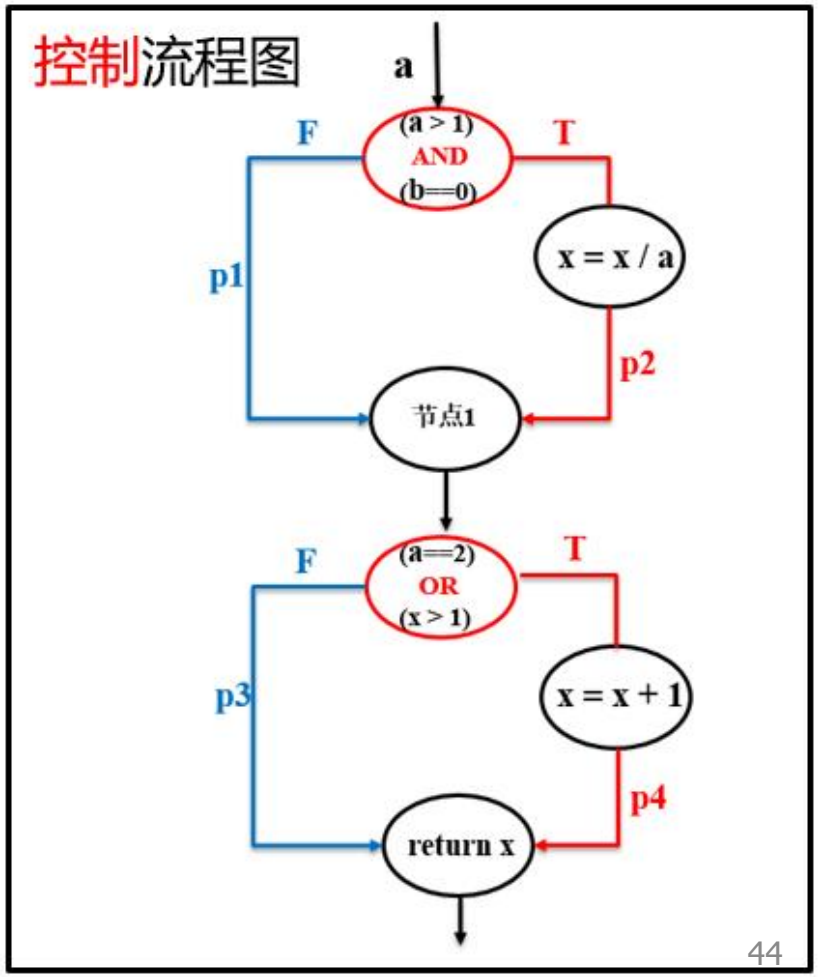
白盒测试：一个例子

（五）条件组合覆盖

保证程序每个判定节点中，所有简单判定条件的所有可能的**取值组合情况**至少执行一次。

简单判定条件	
T1:a > 1	T2:b==0
T	T
T	F
F	T
F	F

简单判定条件	
T3:a==2	T4:x > 1
T	T
T	F
F	T
F	F



白盒测试：一个例子

（五）条件组合覆盖

设计用例，实现条件组合覆盖：

可以选择 TC1、TC6、TC9、TC12

测试用例ID	输入			预期输出	判定条件				覆盖路径
	a	b	x	x	T1	T2	T3	T4	
TC1	2	0	4	3	T	T	T	T	L24
TC2	2	0	2	2	T	T	T	F	L24
TC3	3	0	6	3	T	T	F	T	L24
TC4	3	0	3	1	T	T	F	F	L23
TC5	2	1	2	3	T	F	T	T	L14
TC6	2	1	1	2	T	F	T	F	L14
TC7	3	1	2	3	T	F	F	T	L14
TC8	3	1	2	2	T	F	F	F	L13
					F	T	T	T	不存在
					F	T	T	F	不存在
TC9	1	0	2	3	F	T	F	T	L14
TC10	1	0	1	1	F	T	F	F	L13
					F	F	T	T	不存在
					F	F	T	F	不存在
TC11	1	1	2	3	F	F	F	T	L14
TC12	1	1	1	1	F	F	F	F	L13

缺点：

- 可能存在冗余。如红框内的用例，有相同的覆盖路径。
- 组合数量大，花费时间多

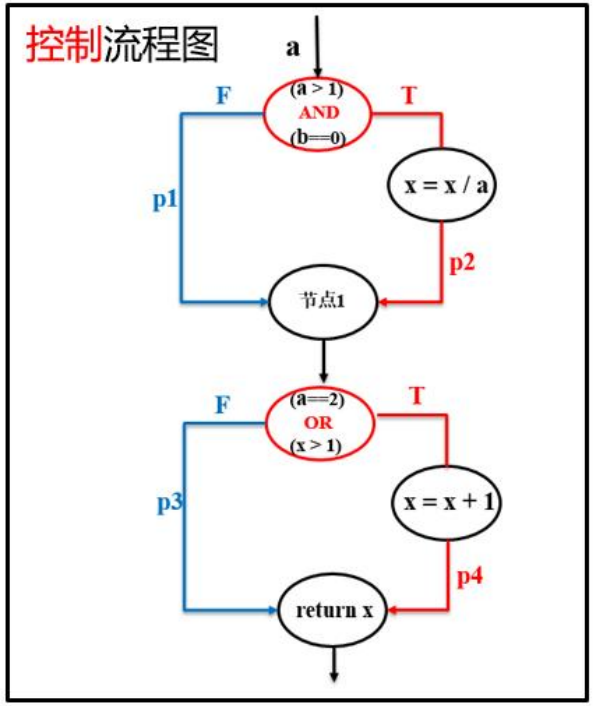
白盒测试：一个例子

（六）路径覆盖

使程序中每一条可能的路径至少执行一次。该策略是最强的， 但一般是不可实现的。

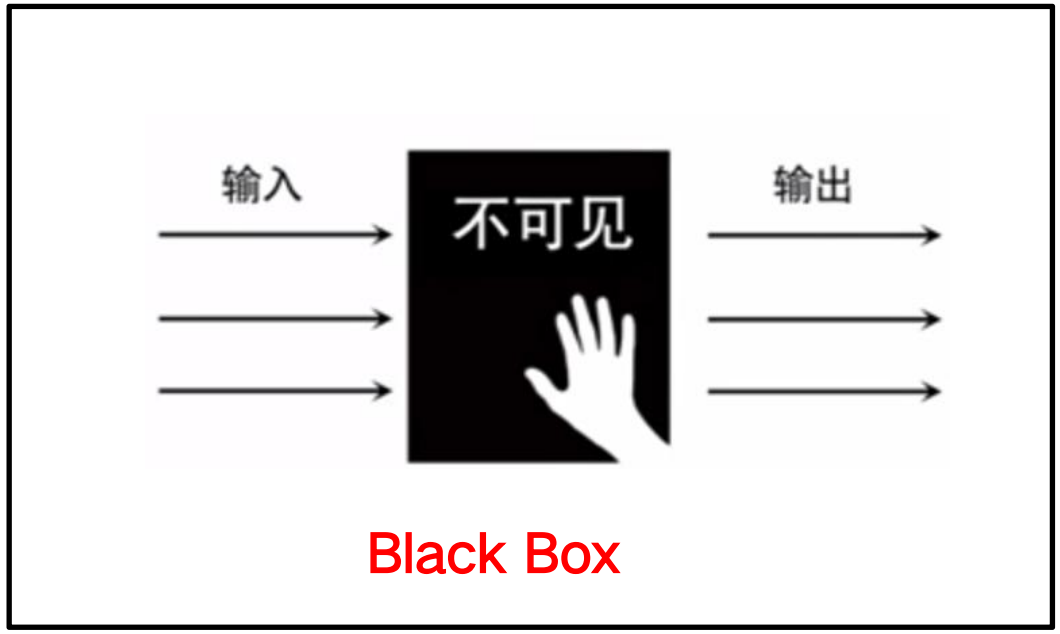
设计测试用例，实现路径覆盖：

测试用例ID	输入			预期输出	覆盖路径
	a	b	x	x	
TC1	2	0	4	3	L24
TC2	1	1	1	1	L13
TC3	1	1	2	3	L14
TC4	3	0	3	1	L23



黑盒测试：定义

也称作功能测试或数据驱动测试，它着眼于程序外部结构，在完全不考虑程序的内部逻辑结构和内部特性的情况下，测试者在程序接口进行测试，它只检查程序功能是否按照需求规格说明书的规定正常使用，程序是否能适当的接收输入数据而产生正确的输出信息。



优势：

- 方法简单有效
- 可以整体测试系统行为
- 开发与测试可以并行
- 对测试人员技术要求相对较低

劣势：

- 覆盖率较低
- 直接依赖于需求规格说明书
- 入门门槛低

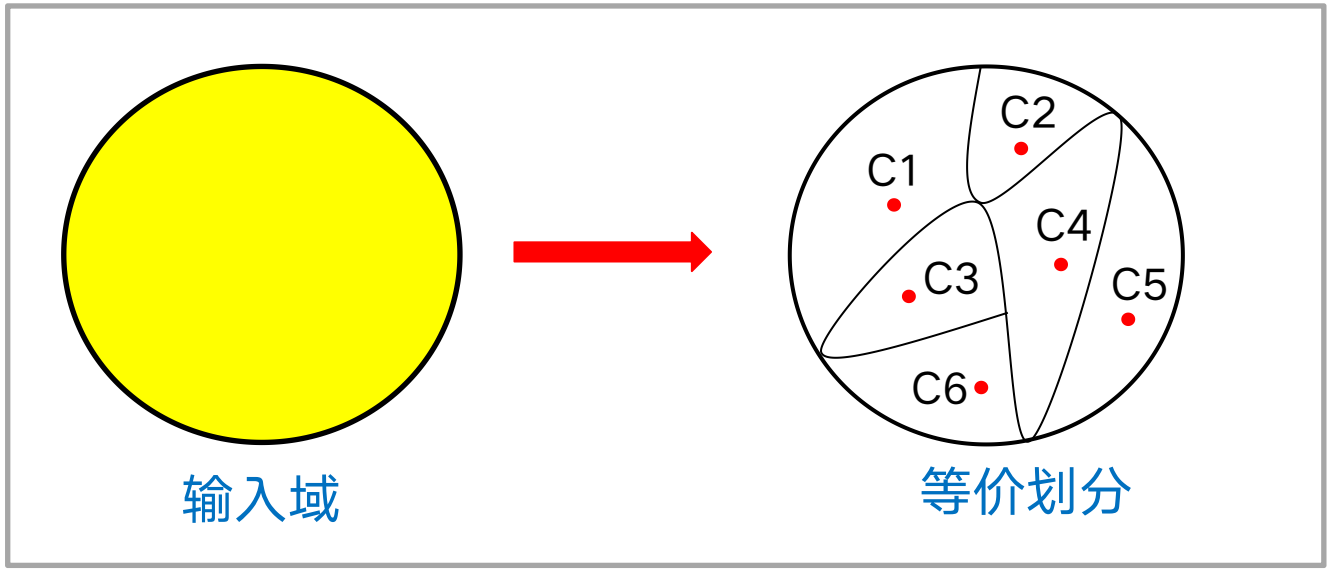
黑盒测试：等价类划分

等价类

输入域的一个子集，在该子集中，各个输入数据对揭示程序中错误是等效的。

等价类测试

将无穷多的数据缩减到有限个等价区域中，通过测试等价区域完成穷尽测试。



- 分而不交
- 合而不变
- 类内等价

黑盒测试：等价类划分

有效等价类

- 指对于软件的规格说明书而言，是合理的，有意义的输入数据所构成的集合。
- 用于检验被测系统是否能够完成指定功能。

无效等价类

- 指对于软件的规格说明书而言，是不合理的，没有意义的输入数据所构成的集合。
- 用于考察被测系统的容错性。

黑盒测试：等价类划分

划分原则：

①如果输入条件规定了一个取值范围或取值个数，则可确定一个有效等价类和两个无效等价类。（如：数量从1到999）

②如果输入条件规定了一个输入值的集合（假定n个），而且软件要对每个输入值进行不同处理，则可确定n个有效等价类和一个无效等价类。

③如果存在输入条件规定了“必须是”的情况，则可确定一个有效等价类和一个无效等价类。（如：标识符第一个字符必须是字母）

④如果输入的是布尔表达式，则可确定一个有效等价类和一个无效等价类。

黑盒测试：一个例子

系统某查询条件是 1990 年 1 月到 2019 年 12 月，由 6 位数字表示，前 4 位表示年份，后 2 位表示月份。

- 确定有效等价类和无效等价类：

输入条件	有效等价类		无效等价类	
日期的类型和长度	C1	6位数字字符	C2	有非数字字符
			C3	少于6位数字字符
			C4	多于6位数字字符
年份范围	C5	1990~2019	C6	小于1990
			C7	大于2019
月份范围	C8	01~12	C9	等于00
			C10	大于12

黑盒测试：一个例子

- **编写测试用例覆盖所有等价类**
  - 覆盖有效等价类

测试数据	期望结果	覆盖的有效等价类
201408	输入有效	C1、C5、C8

  - 覆盖无效等价类（单缺陷原则）

测试数据	期望结果	覆盖的无效等价类
aaa123	无效输入	C2
2011	无效输入	C3
20140408	无效输入	C4
187905	无效输入	C6
209811	无效输入	C7
200100	无效输入	C9
200156	无效输入	C10

黑盒测试：边界值分析

是一种常用的黑盒测试技术。它倾向于选择系统边界或边界附近的数据来设计测试用例，考虑了边界条件的测试用例具有更高的测试回报率。

基本原理

经过长期的测试工作经验表明，大量的缺陷经常发生在输入域或输出域的边界上。因此设计一些测试用例，使程序运行在边界情况附近，这样揭露错误的可能性比较大。

黑盒测试：边界值分析

边界点：

指等价类中那些恰好处于边界的点，可能导致被测系统内部处理机制发生变化的点。

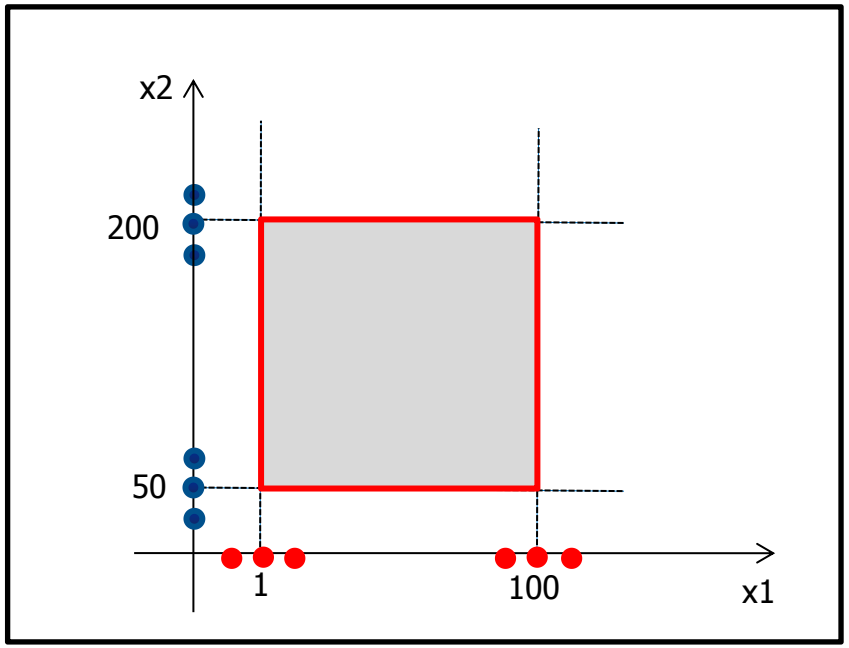
- 举个例子

int Add （int x1, int x2）

1 <= x1<=100

50<= x2<=200

- 需求说明：
  - 对于有效输入，函数返回x1与x2的和；
  - 对于无效输入，函数返回-1。



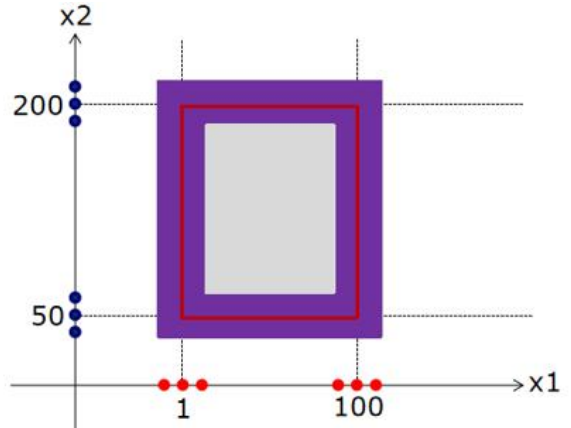
找到每个输入条件的边界点，即可找到系统边界。

黑盒测试：边界值分析

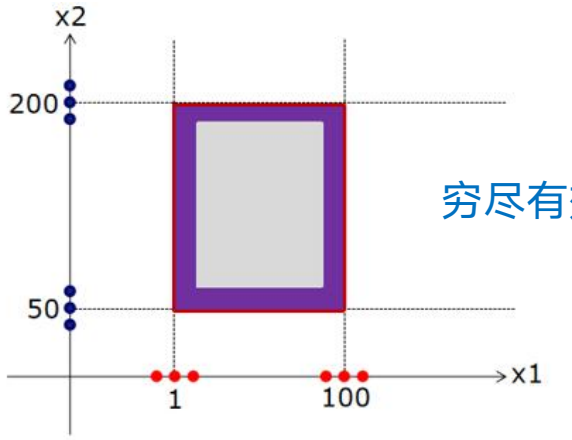
组织测试数据设计测试用例：

用例评价标准：数量、覆盖度、冗余度、缺陷定位能力、复杂度。

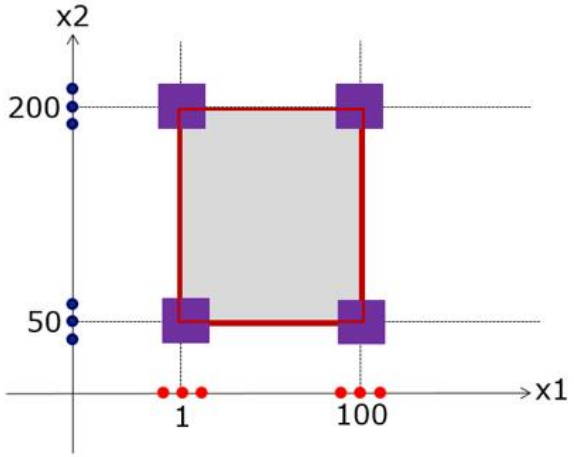
穷尽测试



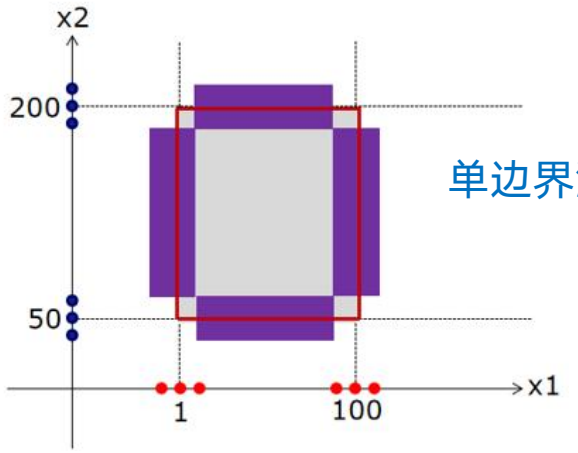
穷尽有效域测试



多边界测试



单边界测试



黑盒测试：边界值分析

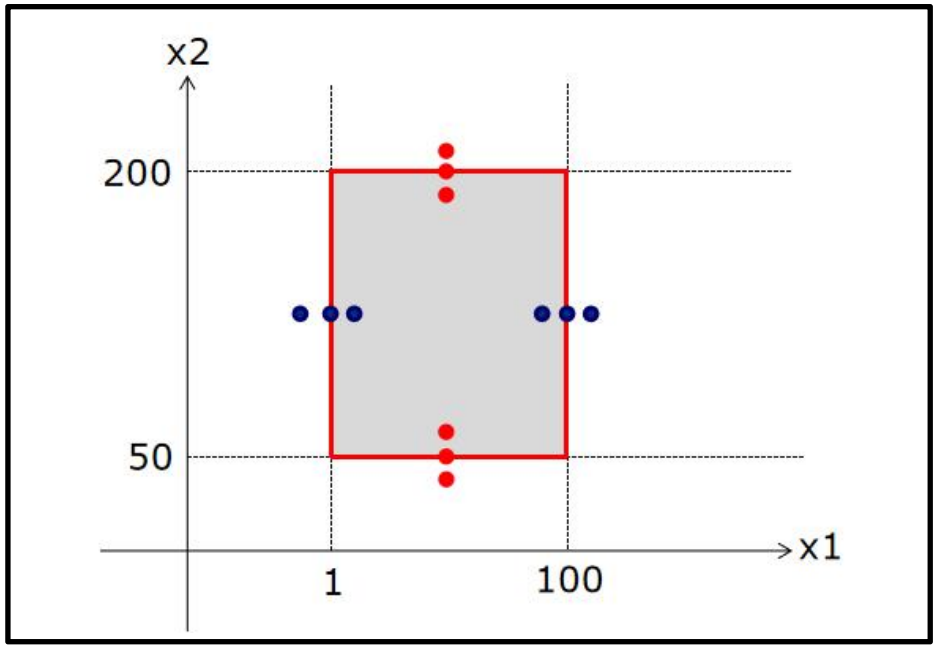
组织测试数据设计测试用例：

- 最终方案：**优化后的单边界**

int Add （int x1, int x2）

1 <= x1<=100

50<= x2<=200



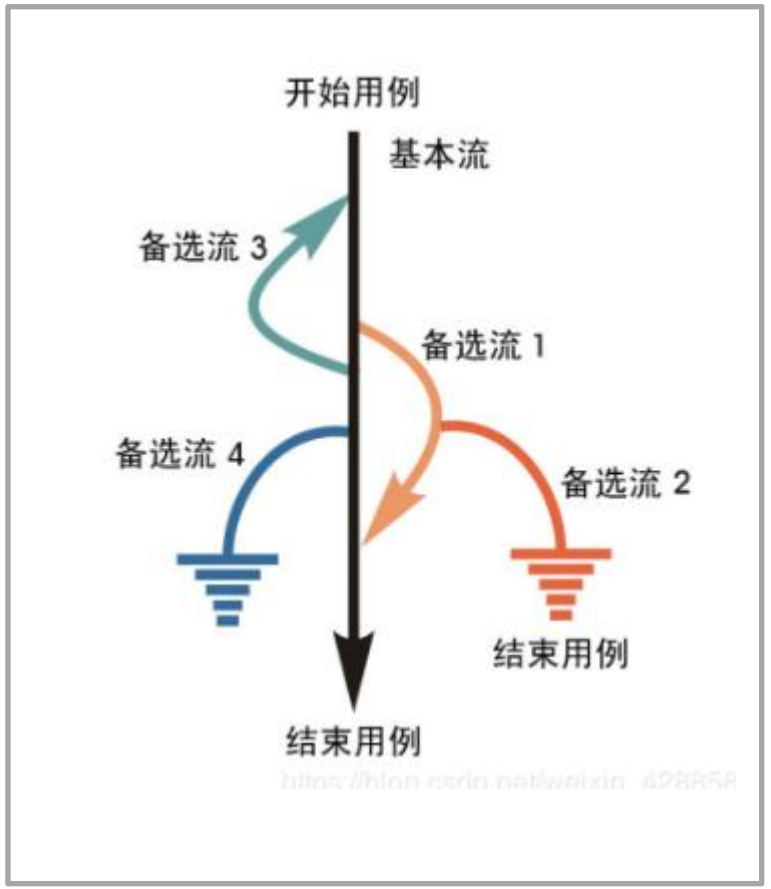
- 用例数量：12
- 覆盖度：100%
- 冗余度：无
- 缺陷定位能力：容易
- 复杂度：低

黑盒测试：场景法

以事件流为核心，主要目的是测试软件的主要业务流程、主要功能的正确性和异常处理能力 。

测试步骤：

- 定义基本流和备选流；
- 定义场景；
- 从场景设计测试用例；
- 输入测试数据，完善测试用例。



黑盒测试：一个例子

举个例子：ATM取款

基本流（正确取款）	
1	插入银行卡
2	验证银行卡
3	输入密码
4	验证密码
5	进入ATM机主界面
6	取款并选择金额
7	ATM机验证
8	更新账户余额并出钞
9	返回主界面

基本流

备选流（出错环节）	
1	银行卡错误
2	密码错误
3	密码3次错误
4	卡内余额不足
5	超出当日可取
6	ATM机余额不足

备选流

黑盒测试：一个例子

➢ 定义场景并设计测试用例

用例编号	场景	银行卡号	密码	账户余额	当日可取	ATM余额	预期结果
1	场景1：成功取款	V	V	V	V	V	成功取款
2	场景2：银行卡无效	I	N/A	N/A	N/A	N/A	提示错误、退卡
3	场景3：密码错误	V	I	N/A	N/A	N/A	提示错误
4	场景4：密码3次错误	V	I	N/A	N/A	N/A	提示错误、吞卡
5	场景5：账户余额不足	V	V	I	N/A	N/A	提示错误、退卡
6	场景6：总取款金额超出当日可取限额	V	V	V	I	N/A	提示错误、退卡
7	场景7：ATM机余额不足	V	V	V	V	I	提示错误、退卡

注：V 表示有效的数值；I 表示无效的数值；N/A表示不适用。

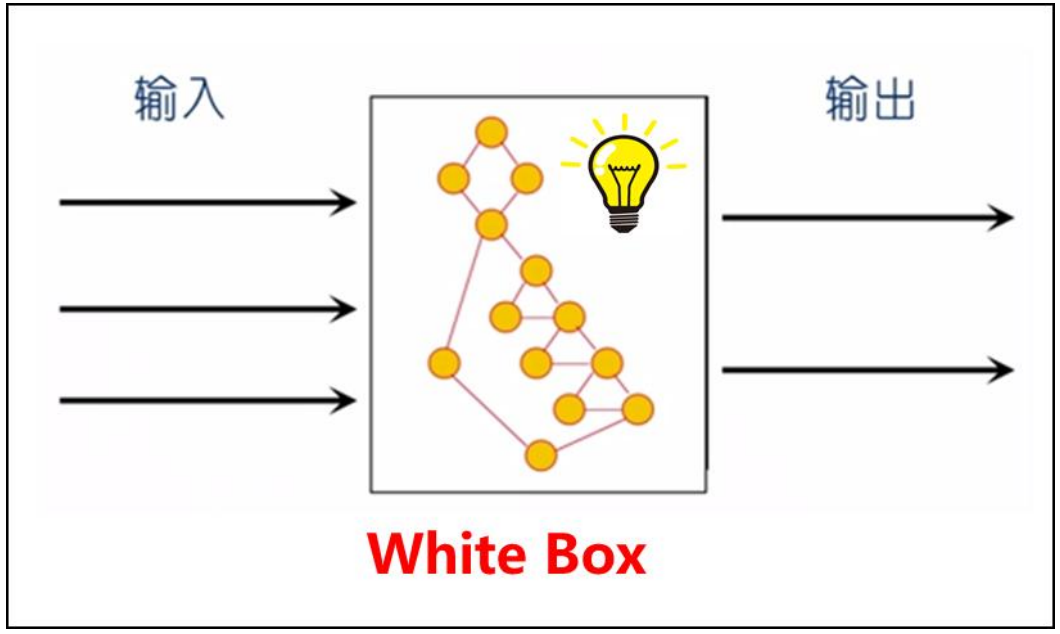
黑盒测试：一个例子

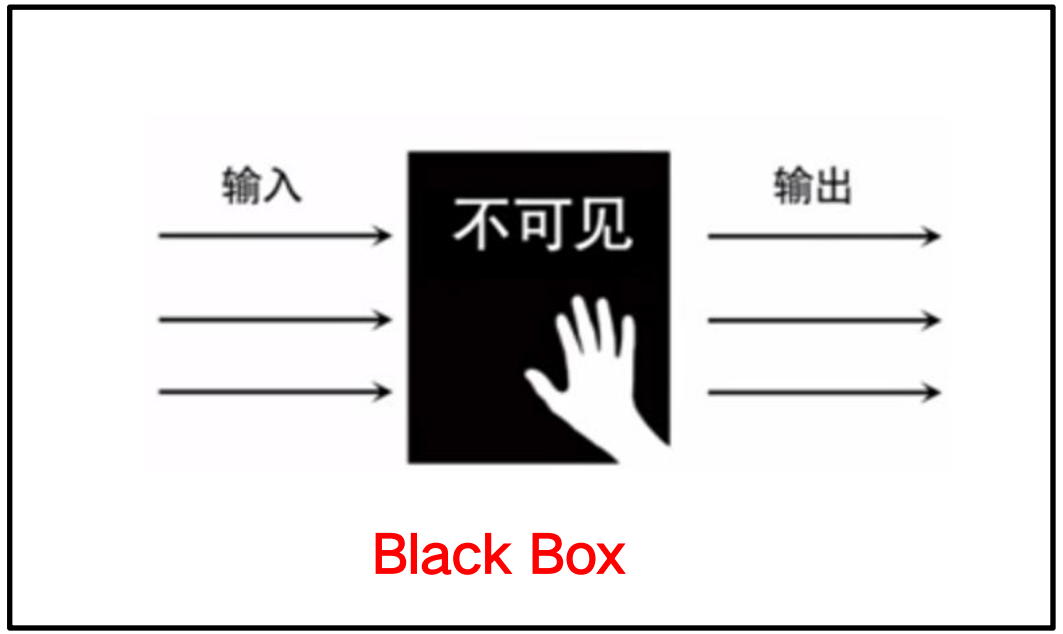
➢ **输入测试数据，完善测试用例**

用例编号	对应场景	前提条件	操作步骤	预期结果
C1	**场景1**	① ATM机余额5000元 ② 银行卡号：1234567812345678 ③ 密码：123456 ④ 卡内余额：2000元	① 插入银行卡 ② 输入正确密码 ③ 进入主页后选择取款1000元	① ATM机输出1000元，提示用户取走并返回主界面 ② ATM余额4000元 ③ 用户卡内余额1000元
C2	**场景2**	ATM机余额4000元	插入无效银行卡	提示银行卡无效并退卡
C3	**场景3**	① ATM机余额4000元 ② 银行卡号：1234567812345678 ③ 密码：123456 ④ 卡内余额：1000元	① 插入银行卡 ② 输入错误密码：654321	提示密码错误，并清空密码
C4	**场景3**	① ATM机余额4000元 ② 银行卡号：1234567812345678 ③ 密码：123456 ④ 卡内余额：1000元	在C3基础上再次输入错误密码：987654	提示密码错误，并清空密码
C5	**场景4**	① ATM机余额4000元 ② 银行卡号：1234567812345678 ③ 密码：123456 ④ 卡内余额：1000元	在C4基础上再次输入错误密码：876543	提示密码错误，并没收该卡

对比总结

- **白盒测试**（结构测试）：主要检测软件编码过程中的错误。
- **黑盒测试**（功能测试）：主要检测功能是否能够按照规格说明书正常使用。





- 对测试人员要求高
- 发现代码中的问题

- 相对简单
- 从用户角度测试功能

单元测试（Unit Testing）

是代码层面的测试，是对软件中的最小可测试单元进行检查和验证。单元测试，顾名思义是测试一个“单元”，有别于集成测试，这个“单元”一般是类或函数，而不是模块或者系统。

单元测试可看作是编码工作的一部分，应该由程序员完成，经过了单元测试的代码才是已完成的代码，提交产品代码时也要同时提交测试代码。

单元测试和JUnit

JUnit：一个Java语言的单元测试框架

- 由Kent Beck （极限编程）和 Erich Gamma （设计模式）建立的。
- 是xUnit家族中最成功的的一个。
- 大部分的Java IDE都集成了JUnit作为单元测试工具。
- 官网： http://www.junit.org

工欲善其事必先利其器！

单元测试和JUnit

传统测试方法：使用main函数

*Calculator.java

```
1  package com.junit.main;
2
3  public class Calculator {
4
5      public int add(int a, int b) {
6
7          return a + b;
8      }
9
10     public int substract(int a, int b) {
11
12         return a - 1;
13     }
14
15     public int multiply(int a, int b) {
16
17         return a * b;
18     }
19
20     public int divide(int a, int b) {
21
22         return a / b;
23     }
24
25
26 }
27
```

待测方法

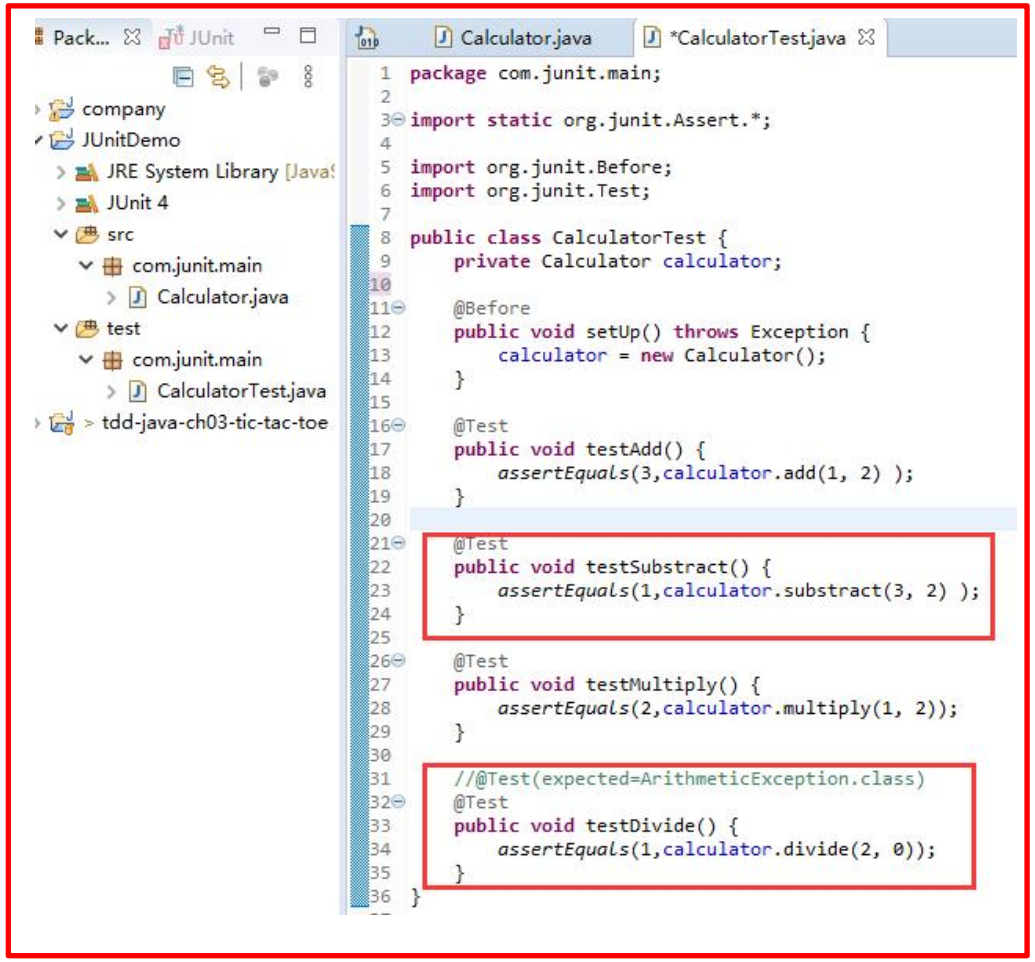
Calculator.java

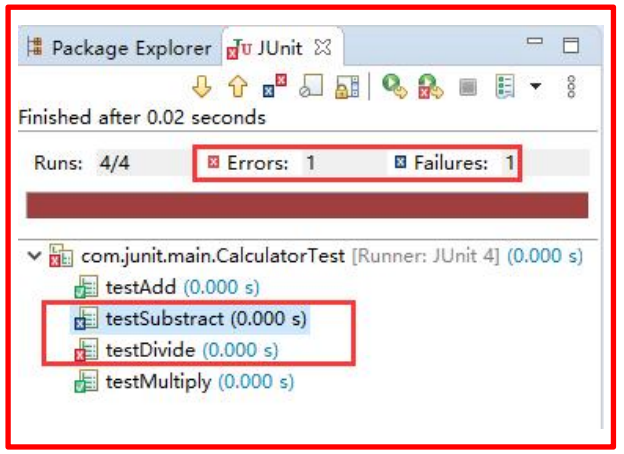
```
1  package com.junit.main;
2
3  public class Calculator {
4      public int add(int a, int b) {
5          return a + b;
6      }
7
8      public int substract(int a, int b) {
9          return a - 1;
10     }
11
12     public int multiply(int a, int b) {
13         return a * b;
14     }
15
16     public int divide(int a, int b) {
17             return a / b;
18     }
19
20     public static void main(String[] args)
21     {
22         Calculator calculator = new Calculator();
23         System.out.println(3 == calculator.add(1, 2));
24         System.out.println(1 == calculator.substract(3, 2));
25         System.out.println(2 == calculator.multiply(1, 2));
26         System.out.println(1 == calculator.divide(2, 2));
27     }
28
29 }
30
```

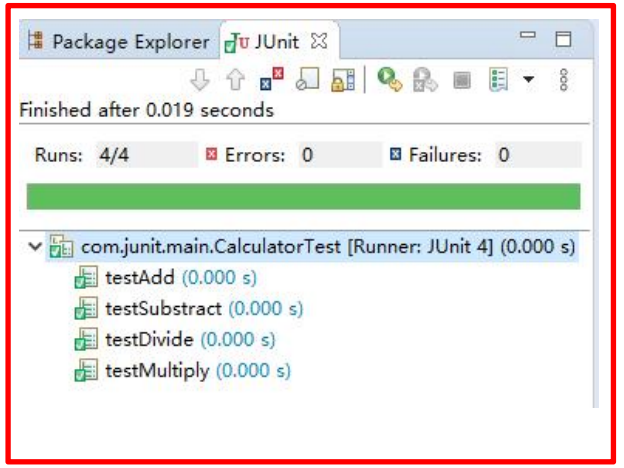
Problems Javadoc Declaration Console

```
<terminated> Calculator [Java Application] C:\Program Files\Java\jdk-11.0.2\bin\javaw
true
false
true
true
```

单元测试和JUnit







Keeps the bar green to keeps the code clean!

——JUnit格言

性能测试（Performance testing）

通常收集所有和测试有关的性能，被不同人在不同场合下进行使用。 性能测试是一种“正常”测试，主要测试使用时系统是否满足要求，同时可能为了保留系统的扩展空间而进行的一些稍稍超过“正常”范围的测试。

性能测试工具:Load impact
http://loadimpact.com/

压力测试（Stress Testing）

压力测试是**性能测试的一种**，它的目标是测试在一定的负载下系统长时间运行的稳定性，但是这个负载不一定是应用系统本身造成的。压力测试尤其关注大业务量情况下长时间运行系统性能的变化（例如是否反应变慢、是否会内存泄漏导致系统逐渐崩溃、是否能恢复）。

压力测试工具:JMeter
官网：https://jmeter.apache.org

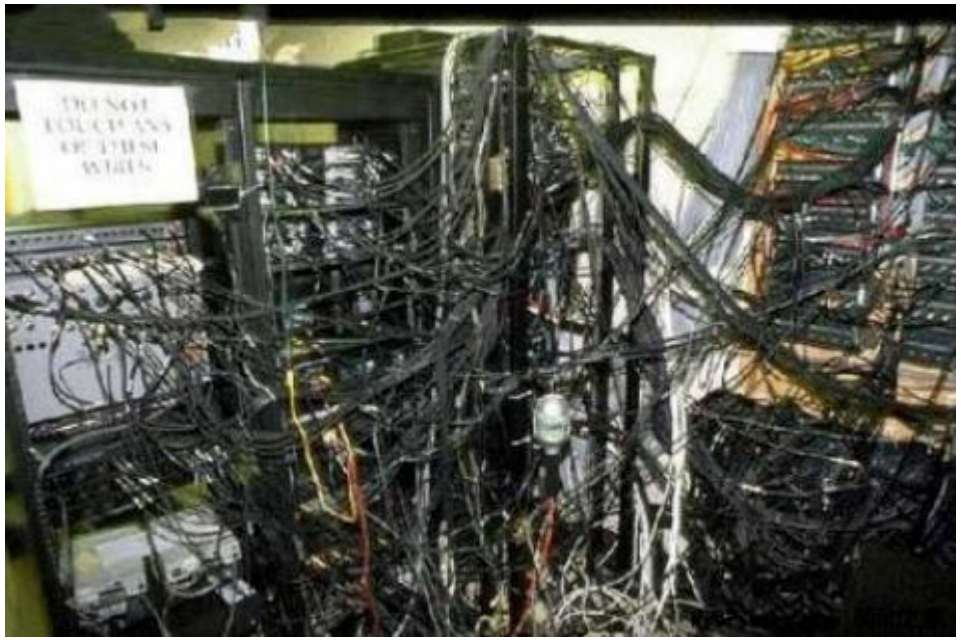
代码覆盖率测试

- **代码覆盖率 = 代码的覆盖程度，一种度量方式**
  - 语句覆盖(StatementCoverage)
  - 判定覆盖(DecisionCoverage)
  - 条件覆盖(ConditionCoverage)
  - 路径覆盖(PathCoverage)

代码覆盖率测试工具:JaCoCo 官网：https://www.jacoco.org/jacoco/trunk/index.html

代码质量

软件质量，不但依赖于架构及项目管理，而且与代码质量紧密相关。代码质量是软件开发不可或缺的一部分。



Bad Code

Good Code

如何评价代码质量

1. **可维护性 （Maintainability）**
   - 在不破坏原有代码设计、不引入新的 bug 的情况下，是否能够快速地修改或者添加代码。
2. **可读性 （Readability）**
   - 代码是否符合编码规范、命名是否达意、注释是否详尽、函数是否长短合适、模块划分是否清晰、是否符合高内聚低耦合等。
3. **可扩展性 （Extensibility）**
   - 在不修改或少量修改原有代码的情况下，是否可以通过扩展的方式添加新的功能代码。

如何评价代码质量

4. 可复用性 （Reusability）

- 代码中排名第一的坏味道就是代码重复。

——Kent Benk 和Martin Fowler

- 应该编写可重用的、通用的代码，复用已有的代码。

5. 可测试性 （Testability）

- 是否易于针对代码编写单元测试；
- 代码可测试性差、单元测试覆盖率低通常意味着代码设计得不够合理。

6. 简洁性 （Simplicity）

- KISS 原则：“Keep It Simple，Stupid”；
- 尽量保持代码简单、逻辑清晰。

如何提高代码质量

1. 严格遵循编码规范

   阿里巴巴Java开发手册插件

2. 编写高质量的单元测试

3. 代码审查 (Code Review)

4. 开发未动文档先行

5. 持续重构，重构，重构

单选题 1分

设置

下面哪一项关于白盒测试和黑盒测试的描述是错误的？

A 白盒测试侧重于软件编码中的错误，而黑盒测试侧重于功能错误

B 白盒测试对测试人员要求高，而黑盒测试相对要求较低

C 白盒测试的代码覆盖率较低，而黑盒测试的代码覆盖率非常高

D 白盒测试侧重于开发者角度，而黑盒测试侧重于用户角度

提交

单选题 1分

设置

下面哪一项关于白盒测试和黑盒测试的描述是错误的？

A 白盒测试侧重于软件编码中的错误，而黑盒测试侧重于功能错误

B 白盒测试对测试人员要求高，而黑盒测试相对要求较低

C 白盒测试的代码覆盖率较低，而黑盒测试的代码覆盖率非常高

D 白盒测试侧重于开发者角度，而黑盒测试侧重于用户角度

提交

本讲小结

- 1. 软件测试的定义和分类
- 2. 测试用例的定义和其设计方法
- 3. 白盒测试（定义、控制流程图、逻辑覆盖方法、测试用例设计）
- 4. 黑盒测试（定义、等价类划分、边界值分析、场景法）
- 5. 压力测试，性能测试和代码覆盖率测试
- 6. 代码质量保证