

## 第二部分 黑盒测试

1. 边界值测试
2. 等价类测试
3. 基于决策表测试

# 等价类测试/等价类划分

- 目标：测试用例集
  - 避免冗余
  - 减少遗漏 → 完备性
- 依据：

“集合的划分”：将一个集合分成互不相交的若干子集，这些子集的并是该集合的全集。

  - 子集互不相交：无冗余
  - 子集的并为全集：提供了一种形式的完备性

# 等价类测试

- 基本思想：
  1. 划分等价类。
  2. 选取测试用例：
    - 从等价类（子集）中取若干元素来代表整个等价类
      - 等价类：输入域的子集。合理地假设：在该子集中，每一个数据对于揭露程序的错误上是等效的。
      - 将所有可能的输入数据，即程序的输入域，划分为若干部分，从每一部分中选取少数有代表性的数据作为测试用例。
    - 覆盖所有的等价类
- 关键：如何划分等价类。
- 特点：典型的黑盒测试方法
  - 不考虑程序的内部结构，只依据程序的规格说明来设计测试用例。

# 等价类测试的几种分类

- 基于输入的等价类测试：根据输入划分等价类  
基于输出的等价类测试：根据输出划分等价类
- 强等价类测试：基于多缺陷假设  
弱等价类测试：基于单缺陷假设
- 健壮等价类测试：考虑无效数据的处理  
一般等价类测试：不考虑无效数据的处理

# 等价类

## •有效等价类:

- 是指对于程序的规格说明来说，是合理的，有意义的输入数据所构成的集合；
- 检验程序是否实现了预期的功能。

## •无效等价类:

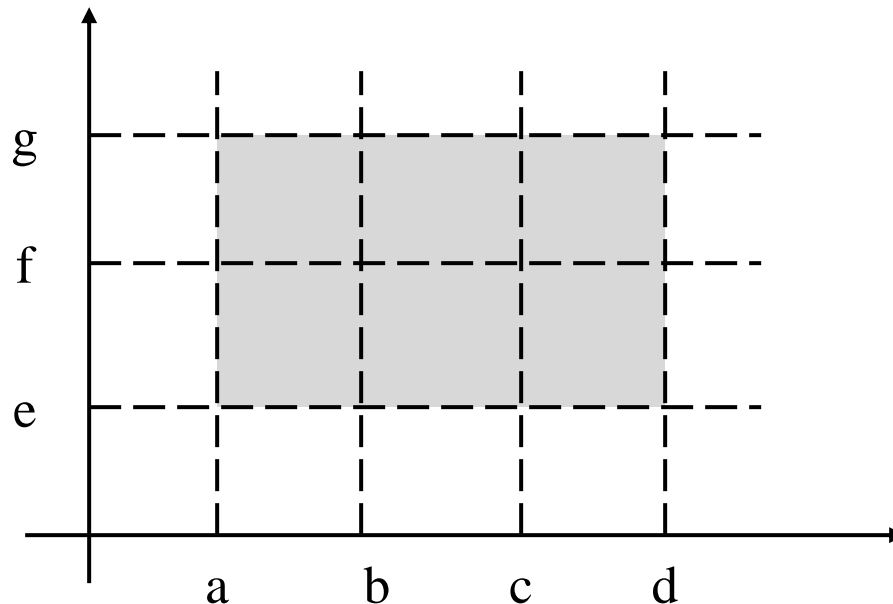
- 是指对于程序的规格说明来说，是不合理的，无意义的输入数据所构成的集合；
- 检验程序对于无效数据的处理—意外处理能力，可靠性

# 例：基于输入的等价类划分

程序有两个输入变量 $x_1$ 、 $x_2$ ，其边界及边界内的区间如下：

$a \leq x_1 \leq d$  区间为 $[a, b)$ ,  $[b, c)$ ,  $[c, d]$

$e \leq x_2 \leq g$  区间为 $[e, f)$ ,  $[f, g]$



$x_1$ 的无效区间为：  $x_1 < a$ ,  $x_1 > d$

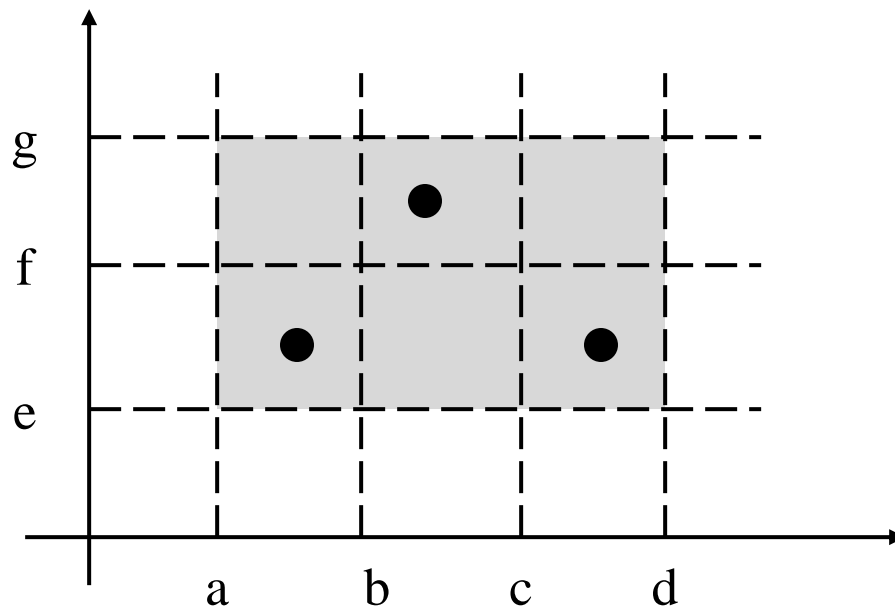
$x_2$ 的无效区间为：  $x_2 < e$ ,  $x_2 > g$

# 弱一般等价类测试

弱： 单缺陷假设

一般： 不考虑无效值

- 对每个输入变量来说：自身的各个有效区间都被覆盖即可。



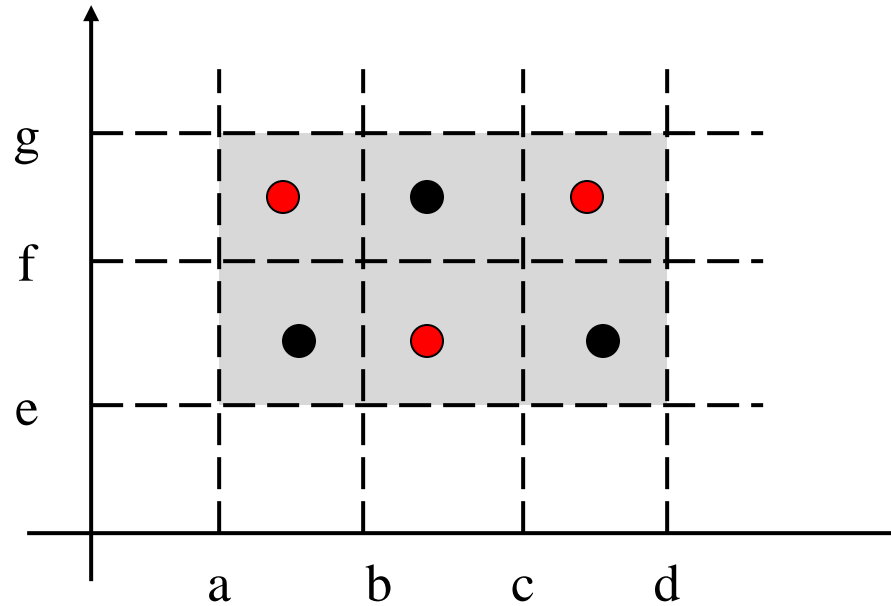
不完备，未覆盖：一半的有效等价类；无效等价类

# 强一般等价类测试

强： 多缺陷假设

一般： 不考虑无效值

- 所有输入变量的有效组合区间都被覆盖。
- 所有的有效等价类都被覆盖。



不完备，未覆盖：无效等价类

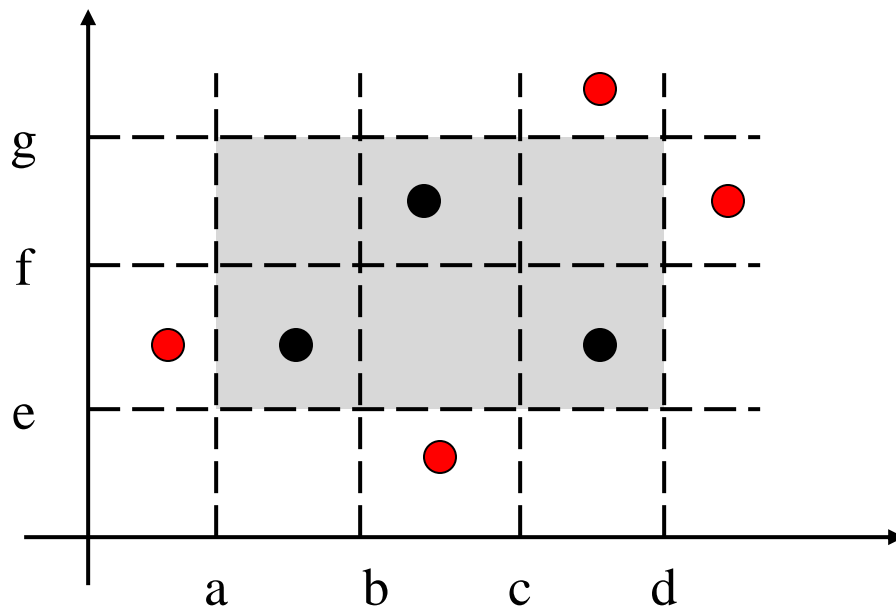


# 弱健壮等价类测试

弱： 单缺陷假设

健壮： 考虑无效值

1. 有效等价类：同“弱一般等价类测试”，保证每个输入变量各自的有效区间被覆盖即可。
2. 无效等价类：覆盖使得单个输入变量无效的区间。



不完备，未覆盖：多个变量同时无效的等价类

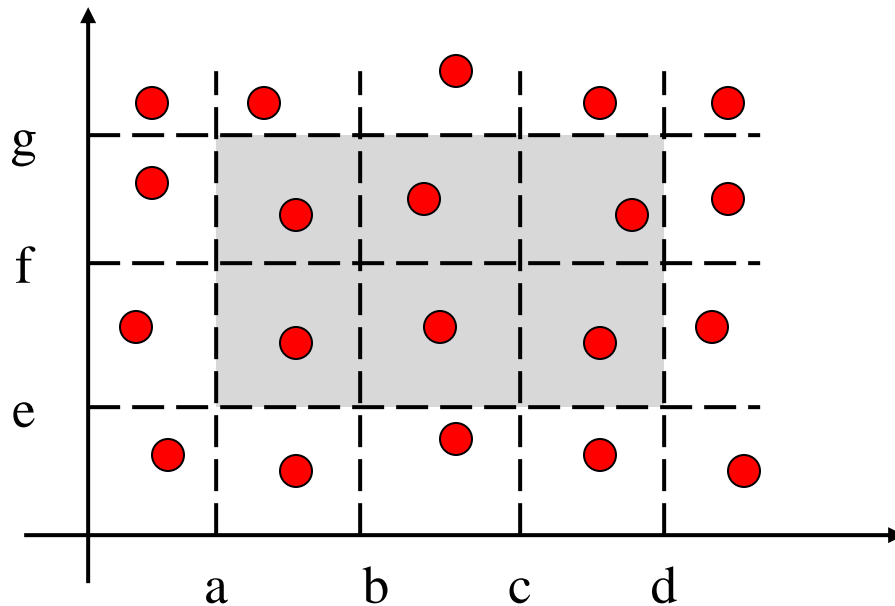
# 强健壮等价类测试

强： 多缺陷假设

健壮： 考虑无效值

完备性：

- 所有的输入组合都被覆盖。
- 所有的等价类都被覆盖。



# 例：三角形问题

## 第一步：划分等价类

**R1**={<a, b, c>: 有三条边a、b和c的等边三角形}

**R2**={<a, b, c>: 有三条边a、b和c的等腰三角形}

**R3**={<a, b, c>: 有三条边a、b和c的不等边三角形}

**R4**={<a, b, c>: 三条边a、b和c不构成三角形}

[ 注：是基于输出的等价类划分 ]

## 第二步：选取测试用例

# 三角形问题：

## 弱（强）一般等价类测试用例

测试用例	a	b	c	预期输出
WN1	5	5	5	等边三角形
WN2	2	2	3	等腰三角形
WN3	3	4	5	不等边三角形
WN4	4	1	2	非三角形

### •为什么弱（强）一般等价类测试用例相同？

•因为：每个变量的有效区间： $1 \leq a \leq 200$ ，只有单个区间，没有子区间，不同于前面坐标所示的例子。

•所以每两个变量组成的坐标系中，根据输入得到的有效区间只有一个，等价类只有一个。

•方法：**覆盖所有有效等价类**, (无论强弱)

# 三角形问题—弱健壮等价类测试用例

测试用例	a	b	c	预期输出
WR1	-1	5	5	a取值不在允许的范围内
WR2	5	-1	5	b取值不在允许的范围内
WR3	5	5	-1	c取值不在允许的范围内
WR4	201	5	5	a取值不在允许的范围内
WR5	5	201	5	b取值不在允许的范围内
WR6	5	5	201	c取值不在允许的范围内

（注意：预期输出如何描述“无效的输入”）

- 每次只有一个变量取无效值
- 每个变量对应两个无效区间
- 如：  $a < 1$ ,  $a > 200$

# 三角形问题的强健壮等价类测试用例 (部分)

测试用例	a	b	c	预期输出
SR1	-1	-1	5	a、b取值不在允许的范围内
SR2	5	-1	-1	b、c取值不在允许的范围内
SR3	-1	5	-1	a、c取值不在允许的范围内
SR4	-1	-1	-1	a、b、c取值不在允许的范围内

- 多个变量可以同时取无效值
- 部分，补充？
  - 单个变量取无效值
  - 每个变量对应两个无效区间

# 三角形问题的另一种等价类划分

用基于输入的等价类划分，可以更细化，得到更丰富的测试用例：

$$D1 = \{ \langle a, b, c \rangle : a = b = c \}$$

$$D2 = \{ \langle a, b, c \rangle : a = b, a \neq c, a+b > c \}$$

$$D3 = \{ \langle a, b, c \rangle : a = c, a \neq b, a+c > b \}$$

$$D4 = \{ \langle a, b, c \rangle : c = b, a \neq c, c+b > a \}$$

$$D5 = \{ \langle a, b, c \rangle : b \neq a \neq c, a+b > c, a+c > b, b+c > a \}$$

$$D6 = \{ \langle a, b, c \rangle : a \geq b+c \}$$

$$D7 = \{ \langle a, b, c \rangle : b \geq a+c \}$$

$$D8 = \{ \langle a, b, c \rangle : c \geq a+b \}$$

[ 注： 这里，实际是同时考虑输入和输出，即 等边，等腰，不等边，非三角形 ]

# 例：NextDate问题

一种等价类划分法：

（单个变量的）有效等价类：

**M1 = {月份：  $1 \leq \text{月份} \leq 12$ }**

**D1 = {日期：  $1 \leq \text{日期} \leq 31$ }**

**Y1 = {年：  $1812 \leq \text{年} \leq 2012$ }**

（单个变量的）无效等价类：

M2 = {月份： 月份 < 1}

M3 = {月份： 月份 > 12}

D2 = {日期. : 日期 < 1}

D3 = {日期： 日期 > 31}

Y2 = {年： 年 < 1812}

Y3 = {年： 年 > 2012}



# 另一种划分法

(单个变量的) 有效等价类: • 弱一般等价类测试?

**M1 = {月份: 每月有30天}**

**M2 = {月份: 每月有31天}**

**M3 = {月份: 此月是2月}**

**D1 = {日期:  $1 \leq \text{日期} \leq 28$ }**

**D2 = {日期: 日期=29}**

**D3 = {日期: 日期=30}**

**D4 = {日期: 日期=31}**

**Y1 = {年: 年=2000}**

**Y2 = {年: 年是闰年}**

**Y3 = {年: 年是平年}**

用例ID	月份	日期	年	预期输出
WR1	6	14	2000	6/15/2000
WR2	7	29	1996	7/30/1996
WR3	2	30	2002	不合理输入
WR4	6	31	2000	不合理输入

• 强一般等价类测试, 测试用例个数?

$$3 \times 4 \times 3 = 36$$

• 强健壮等价类测试, 测试用例个数?

$$5 \times 6 \times 5 = 150$$

# 例：佣金问题—基于输入的等价类划分

有效等价类：

$L1 = \{\text{枪机: } 1 \leq \text{枪机} \leq 70\}$

$S1 = \{\text{枪托: } 1 \leq \text{枪托} \leq 80\}$

$B1 = \{\text{枪管: } 1 \leq \text{枪管} \leq 90\}$

无效等价类：

$L2 = \{\text{枪机: } \text{枪机} < 1\}$

$L3 = \{\text{枪机: } \text{枪机} > 70\}$

$S2 = \{\text{枪托: } \text{枪托} < 1\}$

$S3 = \{\text{枪托: } \text{枪托} > 80\}$

$B2 = \{\text{枪管: } \text{枪管} < 1\}$

$B3 = \{\text{枪管: } \text{枪管} > 90\}$

# 例：佣金问题—基于输出的等价类划分

销售额 =  $45 \times \text{枪机} + 30 \times \text{枪托} + 25 \times \text{枪管}$

等价类：

$S1 = \{ \langle \text{枪机}, \text{枪托}, \text{枪管} \rangle : \text{销售额} \leq 1000 \}$

$S2 = \{ \langle \text{枪机}, \text{枪托}, \text{枪管} \rangle : 1000 < \text{销售额} \leq 1800 \}$

$S3 = \{ \langle \text{枪机}, \text{枪托}, \text{枪管} \rangle : \text{销售额} > 1800 \}$

用例ID	枪机	枪托	枪管	销售额	佣金
OR1	5	5	5	500	50
OR2	15	15	15	1500	175
OR3	25	25	25	2500	360

## 等价类测试的特点（书P97）

- 等价类测试的弱形式不如对应的强形式全面。
- 健壮性测试适用于 “错误处理非常重要” 的软件。
- 通过结合边界值测试，等价类测试可得到加强。
- 在发现 “合适” 的等价关系之前，可能需要进行多次尝试。

# （根据输入条件） 划分等价类的原则

•一、如果输入条件规定了取值范围，或者值的个数，则可以确定一个有效等价类和两个无效等价类；

•例如，在需求规格说明中，对输入条件有一句话“... 项数可以从1到999 ...”，则有效等价类是“ $1 \leq \text{项数} \leq 999$ ”；两个无效等价类是“项数 $< 1$ ”或“项数 $> 999$ ”。

•又如：输入“百分制的学生成绩”？

•二、如果输入条件规定了取值的集合，或者是规定了“必须...”的条件，这时可以确立一个有效等价类和一个无效等价类；

•例如：性别；“标识符应以字母开头”

•三、如果输入是一个布尔量，则可以确立两个有效等价类和一个无效等价类

•例如：婚否

# （根据输入条件） 划分等价类的原则

•四、如果输入数据规定了一组值，而且程序要对每一个输入值分别进行处理，这时要对每一个规定的输入值确立一个等价类，而对于这组值之外的所有值确立一个等价类；

•例如：在教师工作量计算中，规定对教授、副教授、讲师和助教分别计算分数，做相应的处理。→4个有效等价类:教授、副教授、讲师和助教，1个无效等价类:所有不符合以上身分的人员的输入值的集合。

•五、如果规定了输入数据必须遵守的规则，则可以确立一个有效等价类（符合规则）和若干个无效等价类（从不同角度违反规则）。

•例如，C语言规定“一个语句必须以分号‘;’结束”。这时，可以确定一个有效等价类“以‘;’结束”，若干个无效等价类“以‘:’结束”、“以‘,’结束”、“以‘ ’结束”等。

•六、如果确知以划分的等价类中的各元素在程序中的处理方式不同，则应进一步划分成更小的等价类

# 等价类测试的步骤

## 1. 划分等价类，建立等价类表：

输入条件	有效等价类	无效等价类
.....	.....	.....
.....	.....	.....

## 2. 生成测试用例：

- (1) 为每一个等价类规定一个唯一的编号；
- (2) 设计一个新的测试用例，使其覆盖尽可能多的尚未覆盖的有效等价类；重复这一步骤，直到所有的有效等价类均被覆盖；
- (3) 设计一个新的测试用例，使其只覆盖一个无效等价类，重复这一步骤，直到所有的无效等价类均被覆盖。

# 等价类测试的步骤

- 对有效等价类: 用一个测试用例覆盖尽可能多  
对无效等价类: 每个测试用例只覆盖一个
- 注: 必须针对每个无效等价类分别设计测试用例。

例: 需求规格说明 “. . . 科技类书20册”,

测试用例为 “小说10册”

若被测程序对书的类型的处理出错且对书的数量的处理出错,

则上述测试用例可能使得测试员只发现其中的一个错,  
而忽略了另一个错。



# 案例1

## 等价类划分法—报表日期测试

某报表处理系统要求用户输入处理报表的日期，日期限制在2001年1月至2005年12月，即系统只能对该段期间内的报表进行处理，如日期不在此范围内，则显示输入错误信息。系统日期规定由年、月的6位数字字符组成，前四位代表年，后两位代表月。

用等价类划分法设计测试用例，测试该系统的日期检查功能。

## 步骤1：等价类划分

### “报表日期”输入条件的等价类表

输入条件	有效等价类	无效等价类
报表日期的类型及长度	6位数字字符 (1)	有非数字字符 (4) 少于6个数字字符 (5) 多于6个数字字符 (6)
年份范围	在2001~2005之间 (2)	小于2001 (7) 大于2005 (8)
月份范围	在1~12之间 (3)	小于1 (9) 大于12 (10)

## 步骤2：设计有效类的测试用例

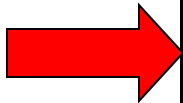
对表中编号为1, 2, 3的3个有效等价类用一个测试用例覆盖

输入	预期输出	覆盖范围
20010 5	输入有效	等价类(1) (2) (3)

### 步骤3：设计无效类的测试用例

对上表中每个无效类至少设计一个测试用例

不能出现相同的测试用例



输入	预期输出	覆盖范围
001WAY	输入无效	等价类(4)
20015	输入无效	等价类(5)
2001005	输入无效	等价类(6)
200005	输入无效	等价类(7)
200805	输入无效	等价类(8)
200100	输入无效	等价类(9)
200113	输入无效	等价类(10)

# 思考：案例2



## 等价类划分法－测试“Pascal编译器检查标识符的功能”

- 在Pascal语言的某一版本中有如下有关标识符的规定：
  - “标识符是由字母开头，后跟字母或数字的任意组合构成。  
有效字符数为8个，最大字符数为80个。”
  - “标识符必须先说明，再使用。”
  - “在同一说明语句中，标识符至少必须有一个。”
- 用等价类划分法设计测试用例，测试“Pascal编译器是否能按规定检查标识符”



# 总结

- 等价类测试的思想
- 有效/无效等价类
- 强/弱,健壮/一般 等价类测试
- 基于输入/输出的等价类测试
- 等价类测试的经验
  - 根据输入条件，划分等价类的原则
  - 等价类测试的步骤



---

  判断正误 针对是否对无效数据进行测试，可将等价类测试分为一般等价类测试和强等价类测试。


---

  判断正误 强等价类测试是基于多缺陷假设

---

  判断正误 在使用等价类测试时，首先划分等价类，然后生成测试用例。其生成原则是：新生成的测试用例，应尽可能多地覆盖尚未覆盖的有效等价类和无效等价类；重复生成测试用例，...

---

  判断正误 通过结合边界值测试，等价类测试可得到加强。