



软件测试

第5章 功能测试

问题



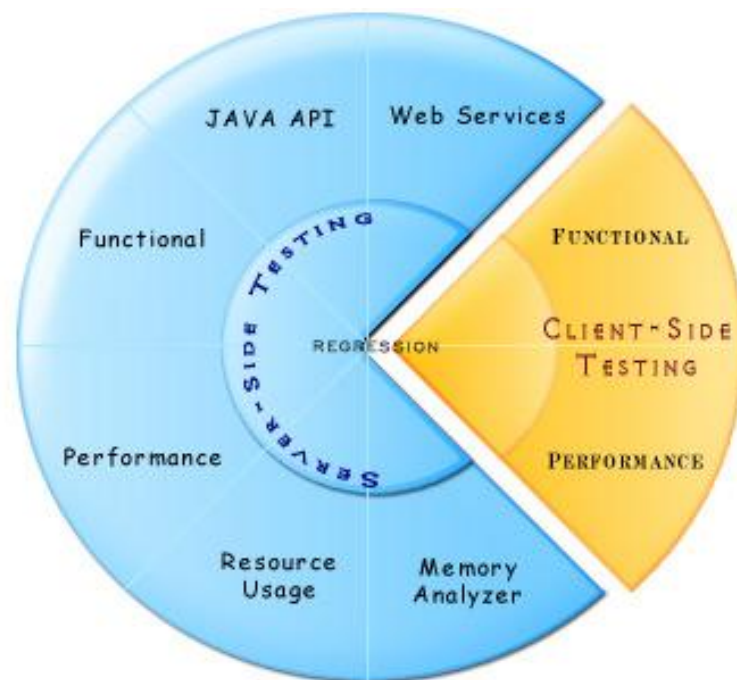
软件产品的功能就是为了满足用户的实际需求而设计的，所有的功能都需要得到验证，确认真正地满足了用户的需求——功能测试



本章内容



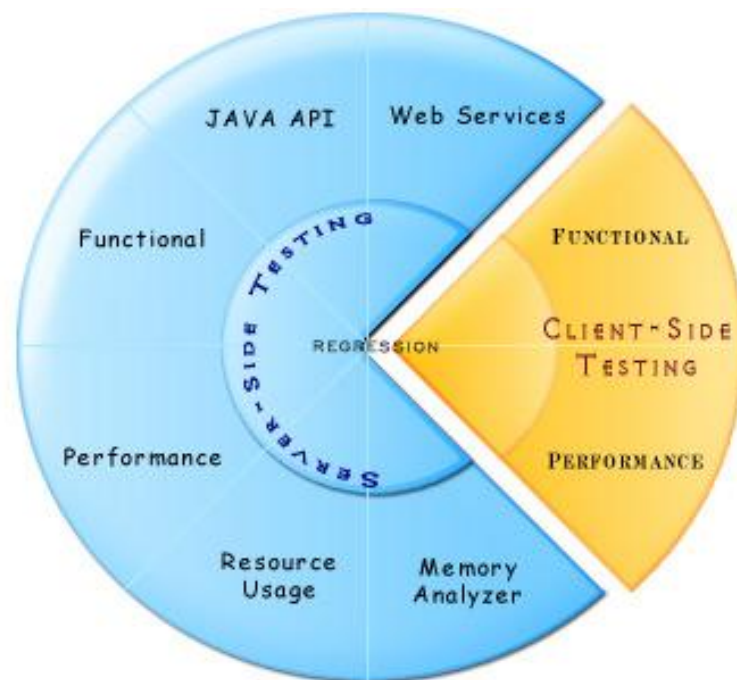
- 5.1 功能测试
- 5.2 功能测试用例的设计
- 5.3 可用性测试
- 5.4 功能测试执行
- 5.5 功能测试工具



本章内容



- 5.1 功能测试
- 5.2 功能测试用例的设计
- 5.3 可用性测试
- 5.4 功能测试执行
- 5.5 功能测试工具



功能测试



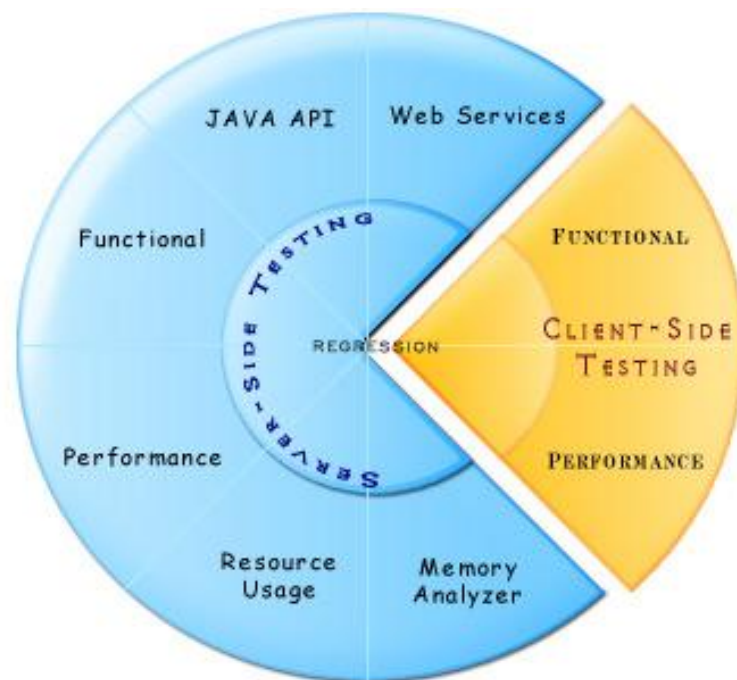
- ❖ 功能测试，依据产品设计规格说明书完成对产品功能进行操作，以验证系统是否满足用户的功能性需求
- 功能测试又称为黑盒测试又叫数据驱动测试，它是把测试对象看做一个黑盒子，测试人员完全不考虑程序内部的逻辑结构和内部特性，只依据程序的需求规格说明书，检查程序的功能是否符合它的功能说明。

- 界面 (UI) 测试
- 数据输入/输出
- 操作 (场景)
- (业务) 逻辑
- 接口

本章内容



- 5.1 功能测试
- **5.2 功能测试用例的设计**
- 5.3 可用性测试
- 5.4 功能测试执行
- 5.5 功能测试工具



功能测试用例的设计



- 5.2.1 等价类划分法
- 5.2.2 边界值分析法
- 5.2.3 因果图法
- 5.2.4 决策表方法
- 5.2.5 功能图法
- 5.2.6 正交试验设计方法



如果不采用等级类方法？



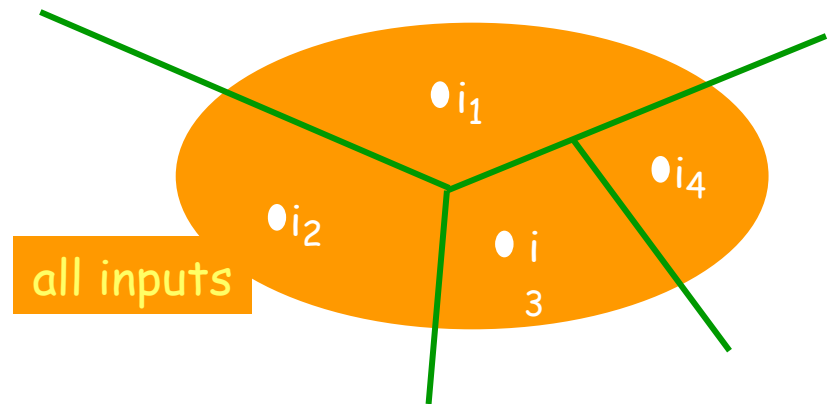
连一个计算器程序的测试工作量都是惊人的！



等价类法



- ❖ 等价类是某个输入域的子集，在该子集中每个输入数据的作用是等效的
- ❖ 将程序可能的输入数据分成若干个子集，从每个子集选取一个代表性的数据作为测试用例、
- ❖ 在分析需求规格说明的基础上划分等价类，列出等价类表



有效等价类和无效等价类



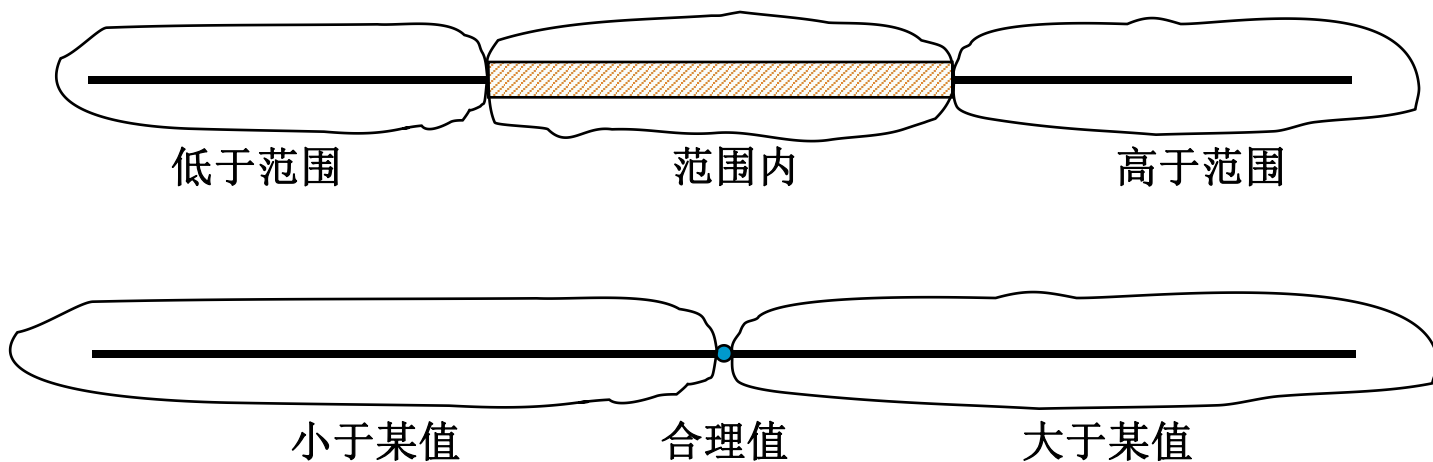
- ❖ 有效等价类是有意义的、合理的输入数据，可以检查程序是否实现了规格说明中所规定的功能和性能
- ❖ 无效等价类和有效等价类相反，即不满足程序输入要求或者无效的输入数据构成的集合

设计测试用例时，要同时考虑这两种等价类。因为软件不仅要能接收合理的数据，也要能经受意外的考验。经过正反的测试才能确保软件具有更高的可靠性。

确定等价类的方法



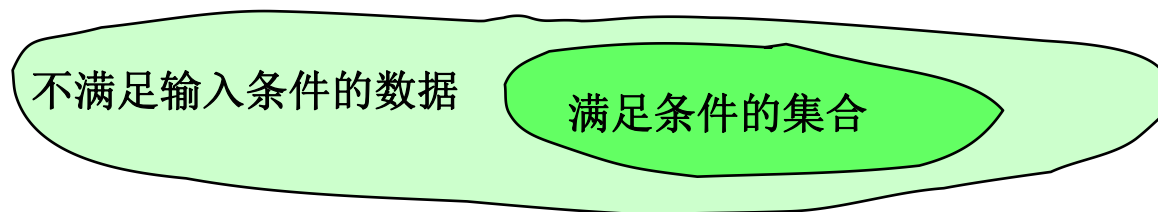
- ❖ 在输入条件规定了取值范围或值的个数的情况下，则可以确立一个有效等价类和两个无效等价类。



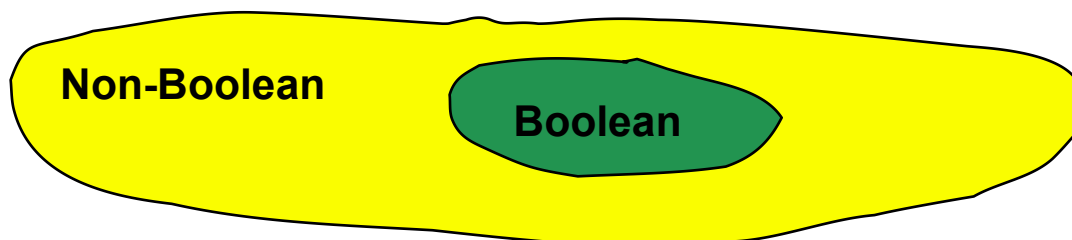
确定等价类的方法 (2)



- ❖ 在输入条件规定了输入值的集合或者规定了“必须如何”的条件的情況下，可以确立一个有效等价类和一个无效等价类。



- ❖ 在输入条件是一个布尔量的情況下，可确定一个有效等价类和一个无效等价类



确定等价类的方法(3)



- ❖ 在规定了输入数据的一组值(假定 n 个), 并且程序要对每一个输入值分别处理, 这种情况下可确立 n 个有效等价类和一个无效等价类。
- ❖ 在规定了输入数据必须遵守的规则的情况下, 可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)。

等价类测试用例-Example



等价类1: Integer

等价类2: Decimal fraction

等价类3: Negative

等价类4: Invalid input

等价类方法的应用步骤



- a) 数据分类，分出有效等价类和无效等价类
- b) 针对有效等价类，进一步分割，直至不能划分为止，形成等价类表，为每一等价类规定一个唯一的编号
- c) 对无效等价类进行相同的处理

输入条件	有效等价类	无效等价类
...
...

等价类测试用例的设计原则



测试用例设计

- ❖ 从划分出的等价类中按以下三个原则设计测试用例:
 - 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,使其尽可能多地覆盖尚未被覆盖地有效等价类,重复这一步.直到所有的有效等价类都被覆盖为止。
- ❖ ③设计一个新的测试用例,使其仅覆盖一个尚未被覆盖的无效等价类,重复这一步,直到所有的无效等价类都被覆盖为止。

实例一



电话号码

某城市电话号码由三部分组成。它们的名称和内容分别是：

地区码：空白或三位数字；

前 缀：非 ‘0’、非 ‘1’开头的3位数字；

后 缀：4位数字。

假定被测程序能接受一切符合上述规定的电话号码，拒绝所有不符合规定的电话号码。根据该程序的规格说明，作等价类的划分，并设计测试方案。

□ 有效等价类？

□ 无效等价类？



□ 测试用例？

例一，等价类的划分



输入条件	有效等价类	无效等价类
地区码	1.空白; 2.三位数;	5.有非数字字符; 6.少于三位数字; 7.多于三位数字。
前 缀	3.从200到999之间的三位	8.有非数字字符; 9.起始位为 '0'; 10.起始位为 '1'; 11.少于三位数字; 12.多于三位数字。
后 缀	4.四位数字。	13.有非数字字符; 14.少于四位数字; 15.多于四位数字。

例一-测试用例的实现



方案	内容			输 入	预期输出
	地区码	前缀	后缀		
1	空白 (1)	200~999之间的三位数字 (3)	四位数字 (4)	()276-2345	有效
2	三位数字 (2)		四位数字 (4)	(635)805-9321	有效
3	有非数字字符 (5)			(20A)723-4567	无效
4	少于三位数字 (6)			(33)234-5678	无效
5	多于三位数 (7)			(5555)345-6789	无效
6		有非数字字符 (8)		(345)5A2-3456	无效
7		起始位为 '0' (9)		(345)012-3456	无效
8		起始位为 '1' (10)		(345)132-3456	无效
9		少于三位数字 (11)		(345) 92-3456	无效
10		多于三位数字 (12)		(345)4562-3456	无效
11			有非数字字符 (13)	(345)342-3A56	无效
12			少于四位数字 (14)	345)342- 356	无效
13			多于四位数字 (15)	(345)562-34567	无效

实例二---三角形



- ❖ 输入三个整数a、b、c，分别作为三角形的三条边，通过程序判断这三条边是否能构成三角形？如果能构成三角形，则判断三角形的类型（等边三角形、等腰三角形、一般三角形）。要求输入三个整数a、b、c，必须满足以下条件： $1 \leq a \leq 200$ ； $1 \leq b \leq 200$ ； $1 \leq c \leq 200$ 。请用等价类设计测试用例。

判断三角形...

请输入三个1到200的整数：

A

B

C

形状

判断形状 重新输入

实例三---三角形



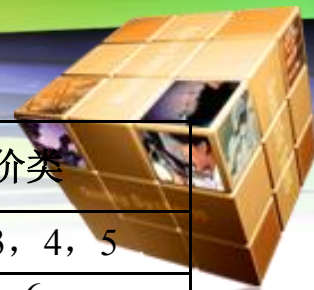
❖ 首先分析题目中给出的条件和隐含的输入要求，
输入条件如下：

- 正整数；
- 三个数；
- 构成一般三角形；
- 构成等腰三角形；
- 构成等边三角形；
- 不能构成三角形

等价类输入条件	有效等价类	编号	无效等价类		编号
三个正整数	正整数	1	一边为非正整数	a为非正整数	10
				b为非正整数	11
				c为非正整数	12
			两边为非正整数	a, b为非正整数	13
				a, c为非正整数	14
				b, c为非正整数	15
			三边均为非正整数		16
	三个数	2	只输入一个数	只给a	17
				只给b	18
				只给c	19
			只输入两个数	只给a, b	20
				只给a, c	21
				只给b, c	22
			未输入数		23
构成一般三角形	a + b > c, 且a≠b≠c	3	a + b < c		24
			a + b = c		25
	a + c > b, 且a≠b≠c	4	a + c < b		26
			a + c = b		27
	b + c > a, 且a≠b≠c	5	b + c < a		28
			b + c = a		29
构成等腰三角形	a = b, a ≠ c, 且两边之和大于第三边	6			
	a = c, a ≠ b, 且两边之和大于第三边	7			
	b = c, a ≠ b, 且两边之和大于第三边	8			
构成等边三角形	a = b = c	9			



测试用例 编号	输入数据			预期输出	覆盖等价类
	a	b	c		
1	5	6	7	一般三角形	1, 2, 3, 4, 5
2	6	6	5	等腰三角形	6
3	6	5	6	等腰三角形	7
4	5	6	6	等腰三角形	8
5	6	6	6	等边三角形	9
6	-5	6	6	提示：输入不符合要求	10
7	6	0	6	提示：输入不符合要求	11
8	6	6	3.6	提示：输入不符合要求	12
9	0	-5	6	提示：输入不符合要求	13
10	5.6	6	-2	提示：输入不符合要求	14
11	6	0	3.5	提示：输入不符合要求	15
12	3.5	5.6	4.5	提示：输入不符合要求	16
13	6	-	-	提示：请输入数据	17
14	-	5	-	提示：请输入数据	18
15	-	-	5	提示：请输入数据	19
16	6	6	-	提示：请输入数据	20
17	6	-	4	提示：请输入数据	21
18	-	5	6	提示：请输入数据	22
19	-	-	-	提示：请输入数据	23
20	5	6	15	不能构成三角形	24
21	6	7	13	不能构成三角形	25
22	4	10	5	不能构成三角形	26
23	6	10	4	不能构成三角形	27
24	5	6	15	不能构成三角形	28
25	7	8	15	不能构成三角形	29



功能测试用例的设计



- 5.2.1 等价类划分法
- **5.2.2 边界值分析法**
- 5.2.3 因果图法
- 5.2.4 决策表方法
- 5.2.5 功能图法
- 5.2.6 正交试验设计方法



边界值计方法



- 程序的很多错误发生在输入或输出范围的边界上，因此针对各种边界情况设置测试用例，可以更有效地发现缺陷。
- 设计方法：
 - 确定边界情况（输入或输出等价类的边界）
 - 选取正好等于、刚刚大于或刚刚小于边界值作为测试数据

如何确定边界值?

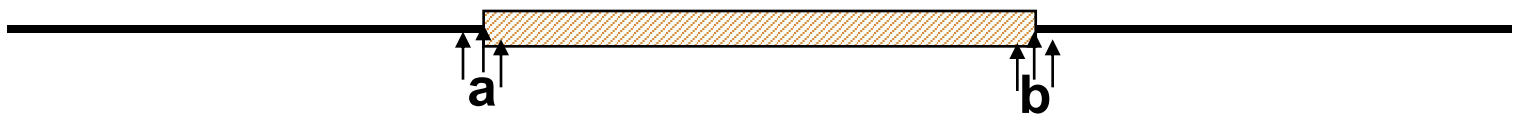


项	边界值附近数据	测试用例的设计思路
字符	起始-1 个字符/结束+1 个字符	假设一个文本输入区域要求允许输入 1 到 255 个字符，输入 1 个和 255 个字符作为有效等价类；不输入字符（0 个）和输入 256 个字符作为无效等价类。
数值范围	开始位-1/结束位+1	如数据输入域为 1~999，其最小值为 1，而最大值为 999，则 0、1000 则刚好在边界值附近。从边界值方法来看，要测试 4 个数据：0、1、999、1000
空间	比零空间小一点/比满空间大一点	如测试数据的存储，使用比剩余磁盘空间大几 K 的文件作为测试的边界条件附近值。

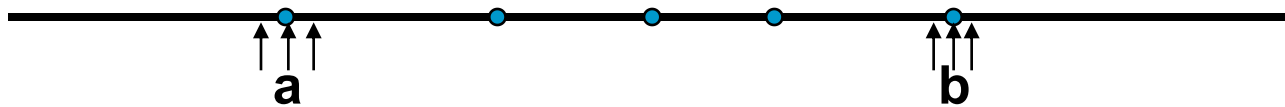
如何确定边界值?



- ❖ 如果输入条件规定了值的范围，则应取刚达到这个范围的边界的值，以及刚刚超越这个范围边界的值作为测试输入数据。



- ❖ 如果输入条件规定了值的个数，则用最大个数、最小个数、比最小个数少一、比最大个数多一的数作为测试数据。



如何确定边界值？



- ❖ 如果软件规格说明给出的输入/输出域是有序集合，则应选取集合的第一个元素和最后一个元素作为测试用例。
- ❖ 如果程序中使用了一个内部数据结构，则应当选择这个内部数据结构的边界上的值作为测试用例。
- ❖ **Test cases for ABS(x) :**
 - class $x < 0$, arbitrary value: $x = -10$**
 - class $x \geq 0$, arbitrary value $x = 100$**
 - classes $x < 0$, $x \geq 0$, on boundary : $x = 0$**
 - classes $x < 0$, $x \geq 0$, below and above: $x = -1$, $x = 1$**

一些特殊的边界值



- 输入域的默认值、空值或空格
- 报表的第一行、最后一行或第一列、最后一列
- 循环的开始（第一次）和最后一次
- 屏幕上光标移到最右边、最下面等

- ☐ 隐藏已知文件类型的扩展名
- ☐ 用彩色显示加密或压缩的 NTFS 文件
- ☐ 在标题栏显示完整路径
- ☐ 在单独的进程中打开文件夹窗口
- ☐ 在登录时还原上一个文件夹窗口
- ☐ 在地址栏中显示完整路径
- ☐ 在文件夹提示中显示文件大小信息
- ☐ 在我的电脑上显示控制面板
- ☐ 在资源管理器文件夹列表中显示简单文件夹查看
- ☐ 自动搜索网络文件夹和打印机

- ☒ 隐藏已知文件类型的扩展名
- ☒ 用彩色显示加密或压缩的 NTFS 文件
- ☒ 在标题栏显示完整路径
- ☒ 在单独的进程中打开文件夹窗口
- ☒ 在登录时还原上一个文件夹窗口
- ☒ 在地址栏中显示完整路径
- ☒ 在文件夹提示中显示文件大小信息
- ☒ 在我的电脑上显示控制面板
- ☒ 在资源管理器文件夹列表中显示简单文件夹查看
- ☒ 自动搜索网络文件夹和打印机

实例- 字符编辑域



Default
Empty
Blank
Null
Zero
None

Paragraph [?] [X]

Indents and Spacing | Line and Page Breaks | Asian Typography

General

Alignment: Left [v]
Outline level: Body text [v]

Indentation

Left: [v]
Right: [v]
Special: (none) [v]
By: [v]

☒ Automatically adjust right indent when document grid is defined

Spacing

Before: 0 line [v]
After: 0 line [v]
Line spacing: Single [v]
At: [v]

☐ Don't add space between paragraphs of the same style
☒ Snap to grid when document grid is defined

等价类和边界值方法的结合



- ❖ 在进行等价类分析时，往往先要确定边界。如果不能确定边界，就很难定义等价类所在的区域。只有边界值确定下来，才能划分出有效等价类和无效等价类。边界确定清楚了，等价类就自然产生了。
- ❖ 边界值分析方法是对等价类划分法的补充。在测试中，会将两者方法结合起来共同使用

个人月收入- x	税率
$x \leq 1600$	0%
$1600 < x < 2100$	5%
$500 \leq x < 3600$	10%
$3600 \leq x < 6600$	15%
$6600 \leq x < 21600$	20%
$21600 \leq x < 41600$	25%
...	
> 101600	45%

三角形问题—边界值分析



- ❖ 1. 用边界值测试方法设计测试用例
- ❖ 用边界值分析法设计测试用例，按照下列步骤进行：
- ❖ 分析各变量取值
 - 边界值分析的基本思想是使用输入变量的最小值、略高于最小值、正常值、略低于最大值和最大值设计测试用例。因此 a , b , c 的边界取值是：1, 2, 100, 199, 200。
- ❖ 测试用例数
 - 有 n 个变量的程序，其边界值分析会产生 $4n+1$ 个测试用例。这里有 3 个变量，因此会产生 13 个测试用例。
- ❖ 设计测试用例
 - 用边界值分析法设计测试用例就是使一个变量取边界值（分别取最小值、略高于最小值、正常值、略低于最大值和最大值），其余变量取正常值，然后对每个变量重复进行。

三角形--边界值测试用例



测试用例	输入数据			预期输出
	a	b	c	
1	100	100	1	等腰三角形
2	100	100	2	等腰三角形
3	100	100	100	等边三角形
4	100	100	199	等腰三角形
5	100	100	200	非三角形
6	100	1	100	等腰三角形
7	100	2	100	等腰三角形
8	100	199	100	等腰三角形
9	100	200	100	非三角形
10	1	100	100	等腰三角形
11	2	100	100	等腰三角形
12	199	100	100	等腰三角形
13	200	100	100	非三角形

功能测试用例的设计



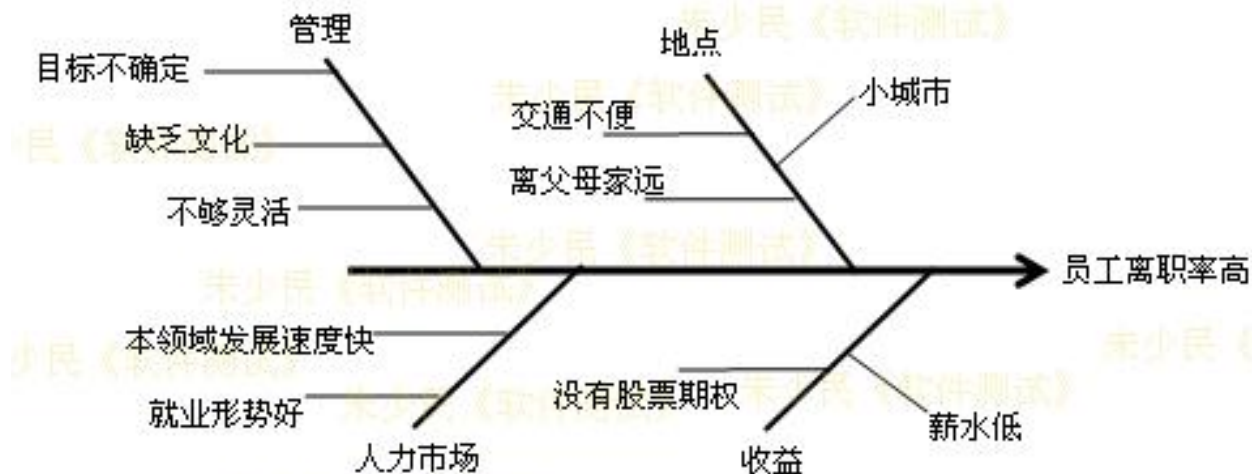
- 5.2.1 等价类划分法
- 5.2.2 边界值分析法
- **5.2.3 因果图法**
- 5.2.4 决策表方法
- 5.2.5 功能图法
- 5.2.6 正交试验设计方法



因果图法



- ❖ 在实际应用的测试之中，经常碰到多种条件及其组合的情况
- ❖ 通过因果图，可以建立输入条件和输出之间的逻辑模型，从而比较容易确定输入条件组合和输出之间的逻辑关系，有利于设计全面的测试用例



输入与输出关系




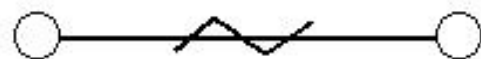
❖ 在因果图中出现的基本符号

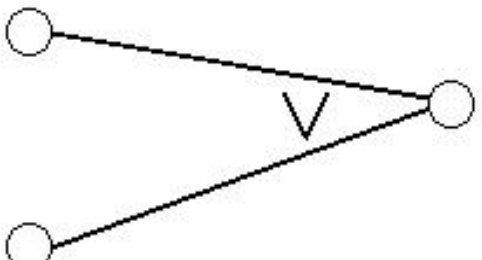
通常在因果图中用 C_i 表示原因，用 E_i 表示结果，各结点表示状态，可取值“0”或“1”。

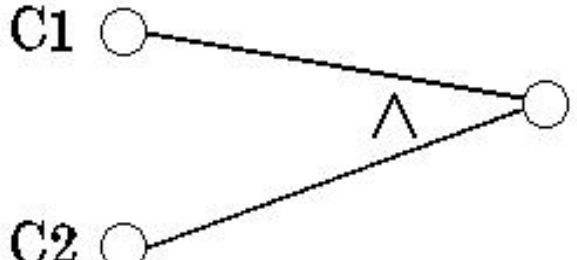
“0”表示某状态不出现，“1”表示某状态出现。

❖ 主要的原因和结果之间的关系有:

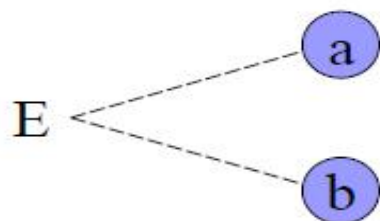
(a) 恒等  $E1$

(b) 非  $E1$

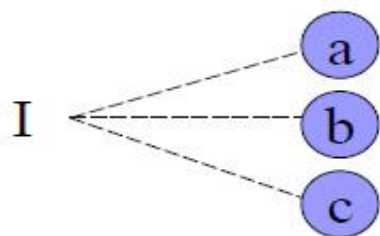
(c) 或  $E1$

(d) 与  $E1$

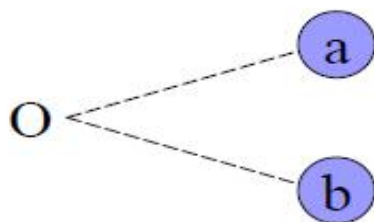
输入条件的约束关系



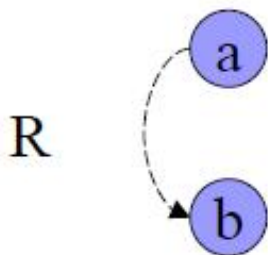
E约束（异）： a, b中至多有一个可能为1，即a和b不能同时为1



I 约束（或）： a, b和c中至少有一个必须是1，即a、b和c不能同时为0

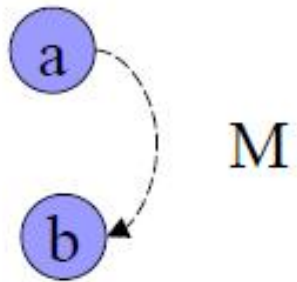


O约束（唯一）： a和b中必须有一个且仅有一个为1



R约束（要求）： a是1时，b必须是1，即不可能a是1时b为0

输出条件约束



约束（强制）：若结果a是1时，则结果b强制为0



■ 使用因果图的一般步骤为：

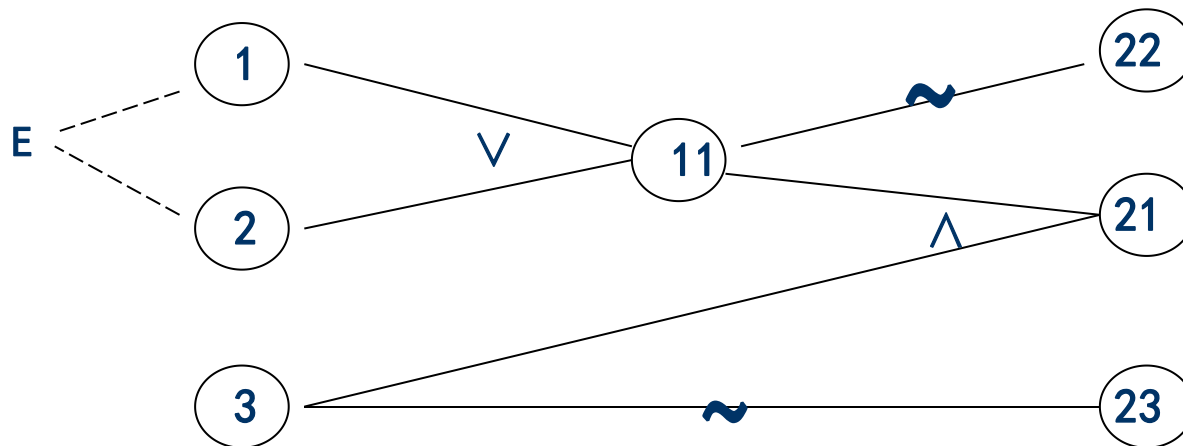
- 分析软件规格说明描述中，哪些是原因（即输入条件或输入条件的等价类），哪些是结果（即输出条件），并给每个原因和结果赋予一个标识符。
- 分析软件规格说明描述中的语义，找出原因与结果之间，原因与原因之间对应的是什么关系？根据这些关系，画出因果图。
- 由于语法或环境限制，有些原因与原因之间，原因与结果之间的组合情况不可能出现。为表明这些特殊情况，在因果图上用一些记号标明约束或限制条件。
- 把因果图转换成判定表。
- 把判定表的每一列拿出来作为依据，设计测试用例。

例1



- ❖ 例，某个软件的规格说明中包含这样的要求：
- ❖ “第一列字符必须是**A**或**B**，第二列字符必须是一个数字，在此情况下进行文件的修改。但如果第一列字符不正确，则给出信息**L**；如果第二列字符不是数字，则给出信息**M**。”
- ❖ 原因：
 - 1——第一列字符是**A**；
 - 2——第一列字符是**B**；
 - 3——第二列字符是数字。
- ❖ 结果：
 - 21——修改文件；
 - 22——给出信息**L**；
 - 23——给出信息**M**。

例1-因果图



例1 判定表



		1	2	3	4	5	6	7	8
条件 (原因)	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	2	1	1	0	0	1	1	0	0
	3	1	0	1	0	1	0	1	0
中间结果	11			1	1	1	1	0	0
动作 (结果)	22			0	0	0	0	1	1
	21			1	0	1	0	0	0
	23			0	1	0	1	0	1
测试用例				A2	AV	B4	BT	V4	RW

实例 (2)



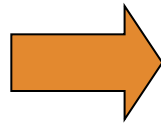
C1: 售货机有零钱

C2: 投入1元硬币

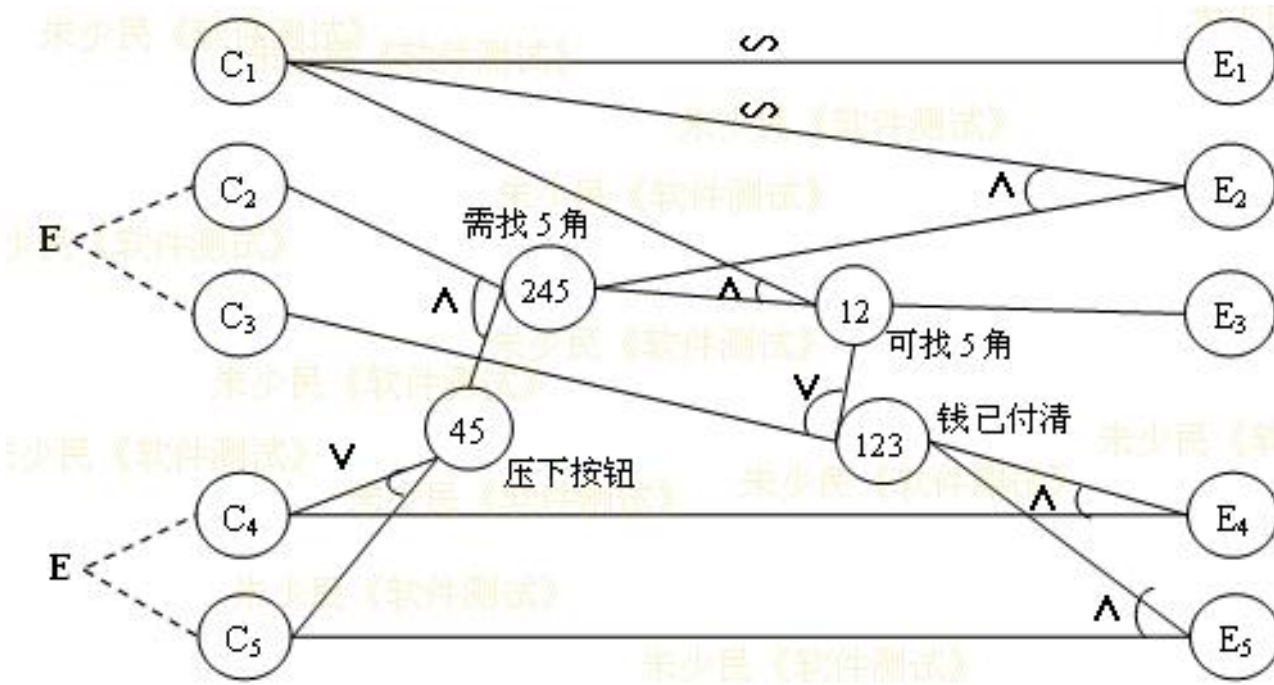
C3: 投入5角硬币

C4: 压下橙汁按钮

C5: 压下可乐按钮



- E1: 售货机“零钱找完”红灯亮
- E2: 退还1元硬币
- E3: 退还5角硬币
- E4: 送出橙汁饮料
- E5: 送出可乐饮料



实例 (1)



根据因果图，就可以转化为判定表。这里根据条C2 与 C3、C4与C5的E约束（互斥），可以减少组合

输入	C ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	C ₂	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
	C ₃	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
	C ₄	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
	C ₅	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
结果	E ₁	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	E ₂	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E ₃	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	E ₄	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	E ₅	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0

功能测试用例的设计



- 5.2.1 等价类划分法
- 5.2.2 边界值分析法
- 5.2.3 因果图法
- **5.2.4 决策表方法**
- 5.2.5 功能图法
- 5.2.6 正交试验设计方法



决策表方法



决策表也称为判定表，是分析和表达多逻辑条件下执行不同操作的情况的工具。

❖ 优势：

- 能够将复杂的问题按照各种可能的情况全部列举出来，简明并避免遗漏。因此，利用决策表能够设计出完整的测试用例集合。
- 在一些数据处理问题当中，某些操作的实施依赖于多个逻辑条件的组合，即：针对不同逻辑条件的组合值，分别执行不同的操作。决策表很适合于处理这类问题。

如何制定决策表？



- ❖ 列出所有的条件桩和动作桩；
- ❖ 填入条件项；
- ❖ 填入动作项，制定初始判定表；
- ❖ 简化、合并相似规则或者相同动作。

进一步优化

序号		序号	1	5	7	8	8
条件	I	条件	功率大于 100 马力？	Y	N	N	N
	II		维修记录不全吗	-	Y	N	N
	III		运行时间超过 6 年吗？	-	-	Y	N
动作	IV	动作	优先维修	✓	✓	✓	
	I		正常维修				✓

两项因素没有影响

优化

实例-1



根据输入3条边（ a 、 b 、 c ）边长的值来判断是否构成一个三角形，如果是三角形，继续判断是等腰三角形还是等边三角形等

- ❖ 如果不能构成三角形，则不需要判断后3个条件
- ❖ 如果构成三角形，即 $a+b>c$ 、 $a+c>b$ 和 $b+c>a$ 都必须成立，没有例外
- ❖ 如果 $a=b$ 且 $a=c$ ，则 $b=c$ 肯定成立
- ❖ 如果 $a=b$ ，而 $a=c$ 不成立，就不需要判断 $b=c$ ，实际上 $b=c$ 也肯定不能成立，只能为等腰三角形

实例1的决策表



序号		1	2	3	4	5	6	7	8
条件	$a+b>c?$	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	$a+c>b?$	-	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	$b+c>a?$	-	-	N	Y	Y	Y	Y	Y
	$a=b?$	-	-	-	Y	Y	N	N	N
	$a=c?$	-	-	-	Y	N	Y	N	N
	$b=c?$	-	-	-	-	-	-	Y	N
动作	非三角形	✓	✓	✓					
	不等边三角形								✓
	等腰三角形				✓	✓	✓	✓	
	等边三角形				✓				

功能测试用例的设计



- 5.2.1 等价类划分法
- 5.2.2 边界值分析法
- 5.2.3 因果图法
- 5.2.4 决策表方法
- **5.2.5 功能图法**
- 5.2.6 正交试验设计方法



功能图法

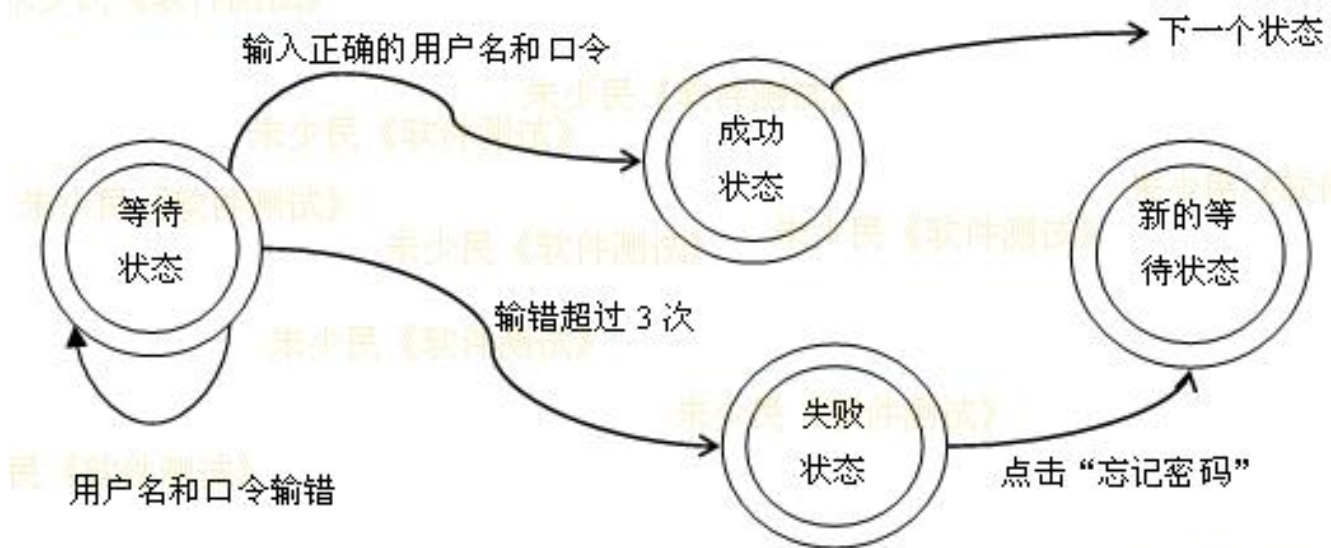


- ❖ 每个程序的功能通常由静态说明和动态说明组成，静态说明描述了输入条件和输出条件之间的对应关系，而动态说明描述了输入数据的次序或者转移的次序。
- ❖ **功能图法**就是为了解决动态说明问题的一种测试用例的设计方法
- ❖ 功能图由状态迁移图（state transition diagram, STD）和逻辑功能模型（logic function model, LFM）构成

状态迁移图



❖ **状态迁移图**，描述系统状态变化的动态信息——动态说明，由状态和迁移来描述，状态指出数据输入的位置（或时间），而迁移则指明状态的改变

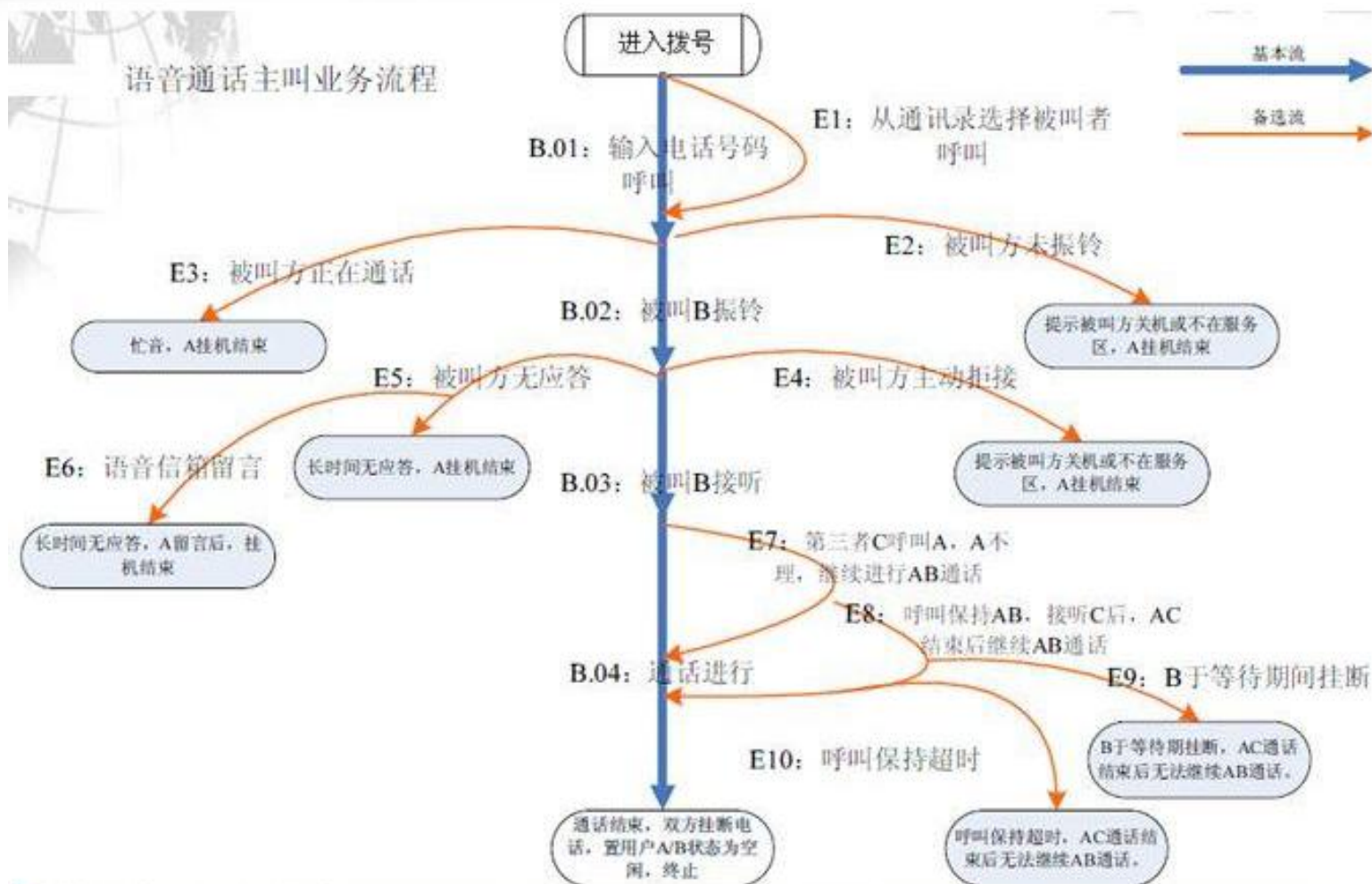


功能图测试



- ❖ 角色：需确定被测流程共涉及几种角色，因为每种角色对应的权限不同，测试工程师应当从用户角色考虑流程的合理性。
- ❖ 权限：不同的角色对应不同的权限，通过流程测试，可发现权限设计方面的缺陷。
- ❖ 路径：是业务包含的分支路径。分支路径说明了业务流程的复杂度。路径根据其处理业务流程的方式不同，划分为基本流、备选流及异常流等三种形式。

功能图实例



功能图测试实例



基本流 (Basic flow)

B(基本流)	用户A	拨号呼叫联系人B成功
B.01	用户A输入电话号码呼叫用户B	
B.02	用户B振铃	
B.03	用户B接听	
B.04	AB通话进行	
B.05	双方挂机，AB通话结束。	

备选流 (Extension flow)

E1.	用户A使用	通讯录呼叫联系人B成功
E1.01	在B.01中，在弹出的拨号界面上单击选择联系人B，点击发起通话	
E1.02	从B.02回到基本流	
E2.	被叫方未开机	
E2.01	在B.02中，B用户关机或不在服务区	
E2.02	A用户听到提示音：“您拨打的用户暂时无法接通，请稍候再拨”	
E2.03	A用户挂机结束呼叫	
E3.	被叫方正在通话中	
E3.01	在B.02中，B用户正在通话中	
E3.02	A用户听到提示音：“您拨打的电话正在通话中，请稍候再拨”	
E3.03	A用户挂机结束呼叫	

E4.	被叫方主动拒接	
E4.01	在B.02中，B用户按挂断键拒接来电	
E4.02	A用户听到提示音：“您拨打的用户暂时不方便接听您的来电，请稍候再拨”	
E4.03	A用户挂机结束呼叫	

E5.	被叫方振铃超时，主叫方无留言	
E5.01	在B.03中，被叫振铃超时	
E5.02	A用户听到提示音：“您拨打的电话暂时无人接听，请稍候再拨”	
E5.03	A用户挂机结束呼叫	

功能图测试实例



E6.	被叫方振铃超时，主叫方留言语音信箱	
E6.01	在E5.02中，主叫A听到语音信箱留言提示	
E6.02	A用户留言	
E6.03	A用户挂机结束呼叫	
E7.	A/B通话中，C用户呼叫A，A用户继续和B通话	
E7.01	在B.04中，A用户接到C用户的来电	
E7.02	A用户不接听C的呼叫，直到超时。	
E7.03	从B.04回到基本流	
E8.	呼叫保持AB通话，接听第三者C呼叫，AC通话结束后回到AB通话	
E8.01	在E7.02中，A接听C的来电，呼叫保持和B的通话	
E8.02	A/C开始通话，B等待	
E8.03	A/C通话结束。	
E8.04	A切回AB通话。	
E8.05	从B.04回到基本流	
E9.	呼叫保持时，等待方挂机	
E9.01	在E8.02中，B用户在等待过程中挂机	
E9.02	A/C通话结束，双方挂机	
E10.	呼叫保持超时	
E10.01	在E8.02中，B用户等待超时	
E10.02	B用户被挂断	
E10.03	A/C通话结束，双方挂机	

功能图测试场景



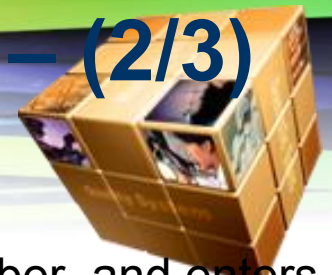
ID	场景说明	参考业务流程设计
1 用户A	拨号呼叫用户B成功	基本流
2 用户A使用	通讯录联系人B成功	基本流+E1
3 用户A	呼叫用户B, B未开机, A用户听到提示音, 呼叫失败	基本流+E2
4 用户A	呼叫用户B, B通话中, A用户听到提示音, 呼叫失败	基本流+E3
5 用户A	呼叫用户B, B拒接来电, A用户听到提示音, 呼叫失败	基本流+E4
6 用户A	呼叫用户B, B超时未接, A用户听到提示音, 呼叫失败	基本流+E5
7 用户A	呼叫用户B, B超时未接, 主叫方留言语音信箱	基本流+E5+E6
8 A/B通话中, C用户呼叫A, A用户继续和B通话		基本流+E7
9 A/B通话中, C用户呼叫A, A用户接通和C的通话, 呼叫保持和B的通话, A/C通话结束后, 恢复A/B通话		基本流+E8
10 A/B通话中, C用户呼叫A, A用户接通和C的通话, 呼叫保持和B的通话, A/C通话未结束前B主动挂断电话		基本流+E8+E9
11 A/B通话中, C用户呼叫A, A用户接通和C的通话, 呼叫保持和B的通话, A/C通话未结束前B等待超时		基本流+E8+E10

Elaboration of ATM Use Case



- ❖ Use Case Name : Withdraw Funds
- ❖ Summary : Customer uses a valid card to withdraw funds from a valid bank account.
- ❖ Actor : ATM Customer
- ❖ Precondition : ATM is displaying the idle welcome message
- ❖ Description :
 - Customer inserts an ATM Card into the ATM Card Reader.
 - If the system can recognize the card, it reads the card number.
 - System prompts the customer for a PIN.
 - Customer enters PIN.
 - System checks the card's expiration date and whether the card has been stolen or lost.
 - If the card is valid, the system checks if the entered PIN matches the card PIN.
 - If the PINs match, the system finds out what accounts the card can access.
 - System displays customer accounts and prompts the customer to choose a type of transaction. There are three types of transactions, Withdraw Funds, Get Balance and Transfer Funds. (The previous eight steps are part of all three use cases; the following steps are unique to the Withdraw Funds use case.)

Elaboration of ATM Use Case – (2/3)



❖ Description (continued) :

- Customer selects Withdraw Funds, selects the account number, and enters the amount.
- System checks that the account is valid, makes sure that customer has enough funds in the account, makes sure that the daily limit has not been exceeded, and checks that the ATM has enough funds.
- If all four checks are successful, the system dispenses the cash.
- System prints a receipt with a transaction number, the transaction type, the amount withdrawn, and the new account balance.
- System ejects card.
- System displays the idle welcome message.

Elaboration of ATM Use Case – (3/3)



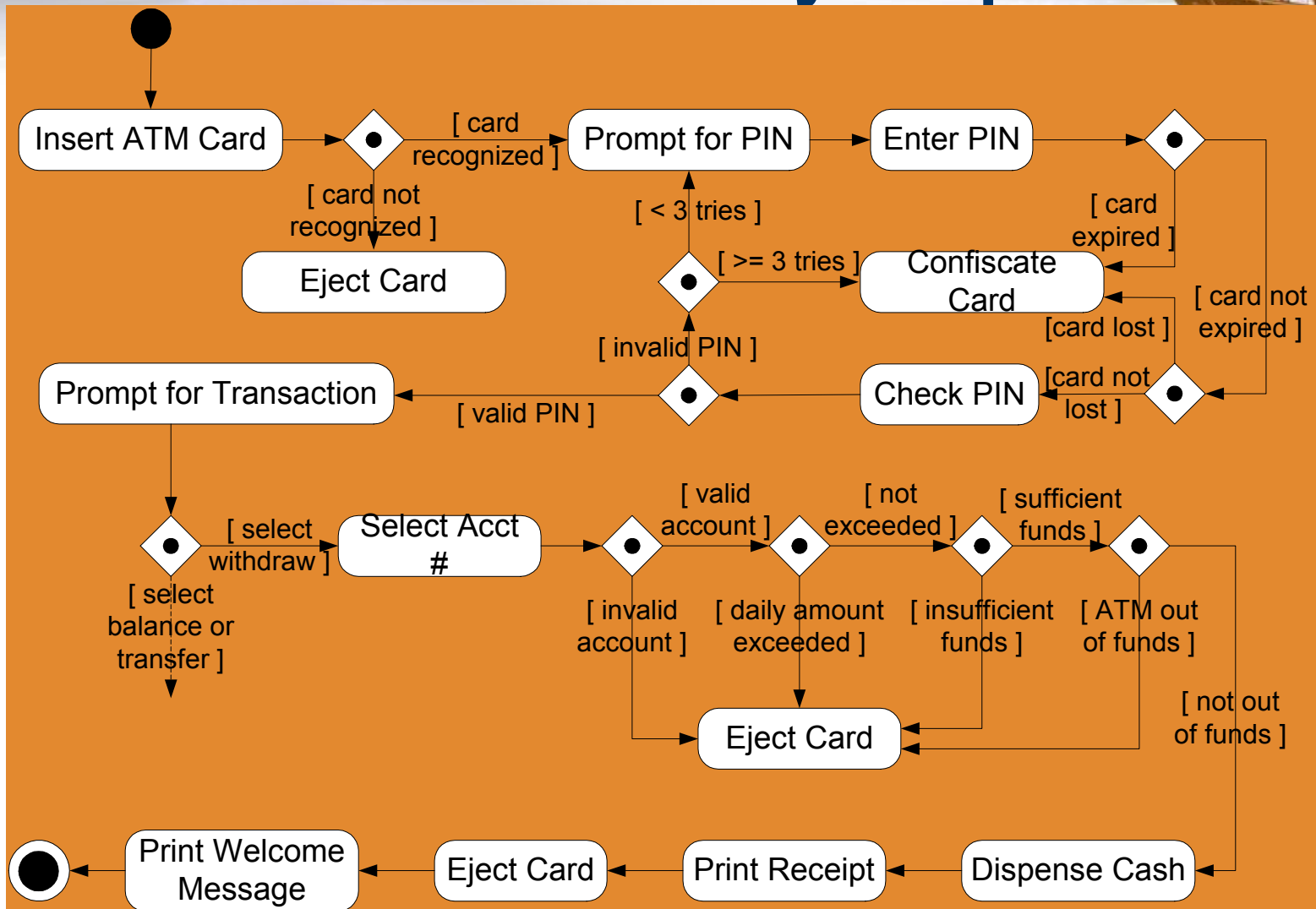
❖ Alternatives :

- If the system cannot recognize the card, it is ejected and the welcome message is displayed.
- If the current date is past the card's expiration date, the card is confiscated and the welcome message is displayed.
- If the card has been reported lost or stolen, it is confiscated and the welcome message is displayed.
- If the customer entered PIN does not match the PIN for the card, the system prompts for a new PIN.
- If the customer enters an incorrect PIN three times, the card is confiscated and the welcome message is displayed.
- If the account number entered by the user is invalid, the system displays an error message, ejects the card and the welcome message is displayed.
- If the request for withdraw exceeds the maximum allowable daily withdrawal amount, the system displays an apology message, ejects the card and the welcome message is displayed.
- If the request for withdraw exceeds the amount of funds in the ATM, the system displays an apology message, ejects the card and the welcome message is displayed.
- If the customer enters Cancel, the system cancels the transaction, ejects the card and the welcome message is displayed.

❖ Postcondition :

- Funds have been withdrawn from the customer's account.

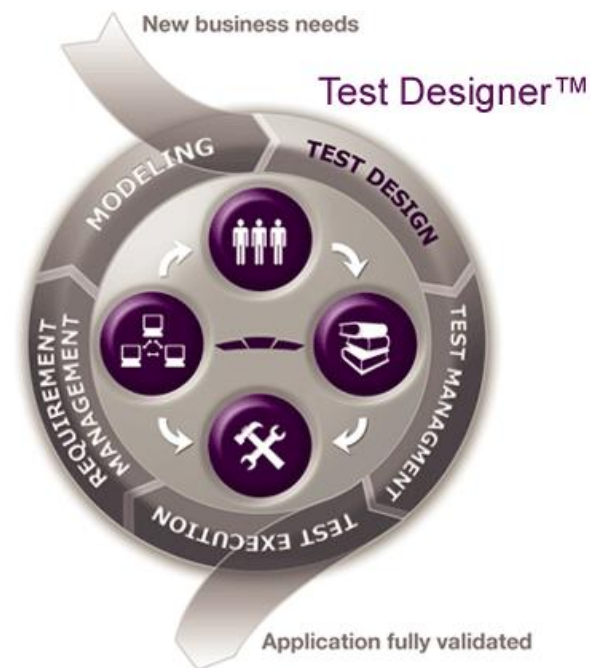
ATM Withdraw Activity Graph



功能测试用例的设计



- 5.1 等价类划分法
- 5.2 边界值分析法
- 5.3 因果图法
- 5.4 决策表方法
- 5.5 功能图法
- **5.6 组合测试设计方法**



组合法测试



TEST

GroupA

- ☒ Option1
- ☐ Option2
- ☐ Option3

GroupB

- ☒ Option1
- ☐ Option2
- ☐ Option3

GroupC

- ☒ Option1
- ☐ Option2
- ☐ Option3

组合法测试



各种变量可能的取值								
A			B			C		
1	2	3	1	2	3	1	2	3

组合法测试



ID	A	B	C
1	1	1	1
2	1	1	2
3	1	1	3
4	1	2	1
5	1	2	2
6	1	2	3
7	1	3	1
8	1	3	2
9	1	3	3

ID	A	B	C
10	2	1	1
11	2	1	2
12	2	1	3
13	2	2	1
14	2	2	2
15	2	2	3
16	2	3	1
17	2	3	2
18	2	3	3

ID	A	B	C
19	3	1	1
20	3	1	2
21	3	1	3
22	3	2	1
23	3	2	2
24	3	2	3
25	3	3	1
26	3	3	2
27	3	3	3

组合法测试



■ 组合覆盖准则

✧ Each Choice : **One value from each block for each characteristic must be used in at least one test case.**

1, 1, 1

2, 2, 2

3, 3, 3

组合法测试



■ 组合覆盖准则

✧ **Pair-Wise (PW)** : A value from each block for each characteristic must be combined with a value from every block for each other characteristic.

ID	A	B	C
1	1	1	2
2	1	2	3
3	1	3	1
4	2	1	1
5	2	2	2
6	2	3	3
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

组合法测试



■ 组合覆盖准则

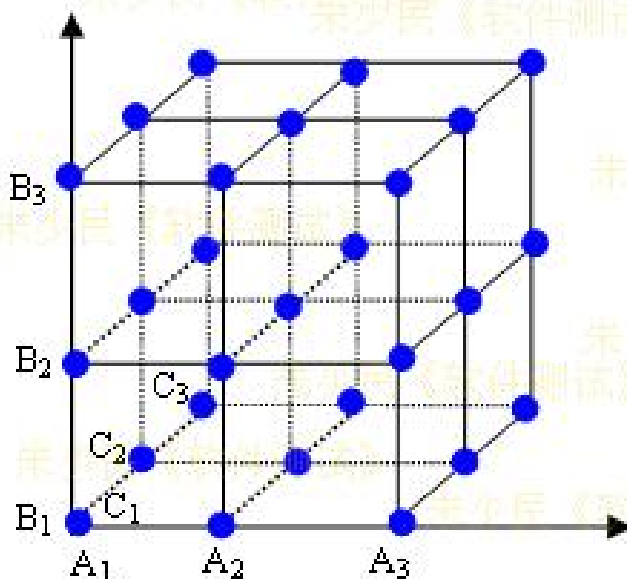
✧ t-Wise (TW) : A value from each block for each group of t characteristics must be combined.

✧ 上例中，当 $T=3$ 时为全覆盖

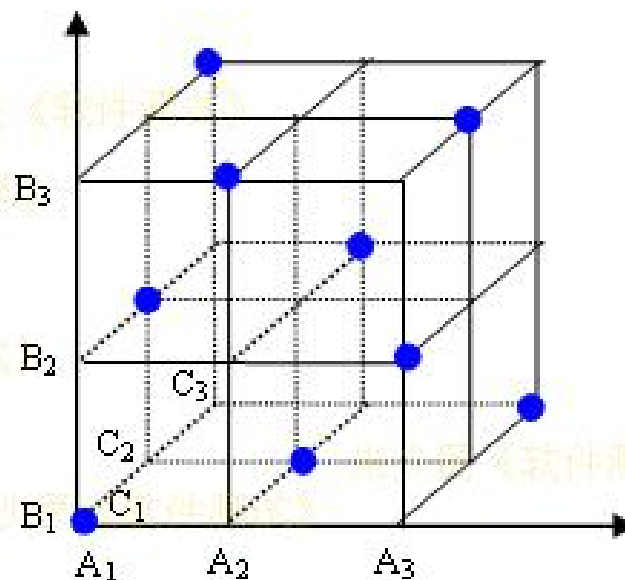
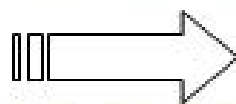
正交实验设计方法



- ❖ 依据Galois理论，从大量的（实验）数据（测试例）中挑选适量的、有代表性的点（条件组合），从而合理地安排实验（测试）的一种科学实验设计方法



全面测试 $3 \times 3 \times 3 = 27$



正交测试 $3 \times 3 = 9$

正交表测试法的适用范围



- ❖ 正交表测试法适用于输入条件相互独立，并且需要对输入条件的各种组合进行测试的场合。

例如：假定一个Web站点，它部署的环境有以下几种情况

- ✓ **Web浏览器** (Netscape 6.2、IE6.0、Opera 4.0)
- ✓ **插件** (RealPlayer、MediaPlayer)
- ✓ **应用服务器** (IIS、Apache、Netscape Enterprise)
- ✓ **操作系统** (Windows2000、Windows NT、Linux)
- ✓ **我们要测试在各种环境下能否部署成功，如何测试？**

正交实验法



- ❖ 正交试验设计(Orthogonal experimental design)是研究多因素多水平的一种设计方法
- ❖ 它是根据正交性从全面试验中挑选出部分有代表性的点进行试验
- ❖ 这些有代表性的点具备了“均匀分散，整齐可比”的特点
- ❖ 正交试验设计是分式析因设计的主要方法。是一种高效率、快速、经济的实验设计方法

正交表的构成



- ❖ **行数(Runs):** 正交表中的行的个数，即试验的次数，也是我们通过正交实验法设计的测试用例的个数。
- ❖ **因素数(Factors) :** 正交表中列的个数，即我们要测试的功能点。
- ❖ **水平数(Levels):** 任何单个因素能够取得的值的最大个数。

正交表的构成



❖ $L_{\text{行数}}(\text{水平数}^{\text{因素数}})$

❖ 如: $L_8(2^7)$

		列 号						
		1	2	3	4	5	6	7
行号	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	0	0	0	0
	3	1	0	0	1	1	0	0
	4	1	0	0	0	0	1	1
	5	0	1	0	1	0	1	0
	6	0	1	0	0	1	0	1
	7	0	0	1	1	0	0	1
	8	0	0	1	0	1	1	0

正交表的正交性



❖ 整齐可比性

- 在同一张正交表中，每个因素的每个水平出现的次数是完全相同的。由于在试验中每个因素的每个水平与其它因素的每个水平参与试验的机率是完全相同的，这就保证在各个水平中最大程度的排除了其它因素水平的干扰。

❖ 均衡分散性

- 在同一张正交表中，任意两列（两个因素）的水平搭配（横向形成的数字对）是完全相同的。这样就保证了试验条件均衡地分散在因素水平的完全组合之中，因而具有很强的代表性，容易得到好的试验条件。

计算理论



❖ 行数为mn型的正交表中

- 试验次数（行数）= \sum （每列水平数-1）+1
- 例：7个2水平因子，试验次数为 $7*(2-1)+1=8$
- 例：5个3水平因子及一个2水平因子，表示为 3^5*2^1 ，试验次数 = $5*(3-1)+1*(2-1)+1=12$ ，
- 即 $L_{12}(3^5*2)$

正交测试用例设计步骤



- ❖ (1) 有哪些因素（变量）
- ❖ (2) 每个因素有哪几个水平（变量的取值）
- ❖ (3) 选择一个合适的正交表
- ❖ (4) 把变量的值映射到表中
- ❖ (5) 把每一行的各因素水平的组合做为一个测试用例
- ❖ (6) 加上你认为可疑且没有在表中出现的组合

如何选择正交表



- ❖ 考虑因素（变量）的个数
- ❖ 考虑因素水平（变量的取值）的个数
- ❖ 考虑正交表的行数
- ❖ 取行数最少的一个

三种情况



- ❖ 因素数（变量）、水平数（变量值）相符
- ❖ 因素数不相同
- ❖ 水平数不相同

例1：因素数与水平数刚好符合正交表



- ❖ 个人信息查询系统中的一个窗口
- ❖ 要测试的控件有3个，也就是要考虑的因素有三个；
 - 姓名
 - 身份证号码
 - 手机号码
- ❖ 每个因素里的状态有两个：填与不填。

例1



- ❖ 表中的因素数 ≥ 3 ;
- ❖ 表中至少有3个因素数的水平数 ≥ 2
- ❖ 行数取最少的一个。
- ❖ 从正交表公式中开始查找，结果为：

$$L_4(2^3)$$

例1



		列 号			→		列 号		
行号		1	2	3			姓名	身份证号	手机号码
	1	0	0	0		1	填	填	填
	2	0	1	1		2	填	不填	不填
	3	1	0	1		3	不填	填	不填
	4	1	1	0		4	不填	不填	填
0--填		1--不填							

例1



❖ 测试用例如下：

- 1: 填写姓名、填写身份证号、填写手机号
- 2: 填写姓名、不填身份证号、不填手机号
- 3: 不填姓名、填写身份证号、不填手机号
- 4: 不填姓名、不填身份证号、填写手机号

❖ 增补测试用例

- 5: 不填姓名、不填身份证号、不填手机号

❖ 测试用例可以看出：如果按每个因素两个水平数来考虑的话，需要8个测试用例，而通过正交实验法进行的测试用例只有5个，大大减少了测试用例数。用最小的测试用例集合去获取最大的测试覆盖率。

因素数不同



- ❖ 可以采用包含的方法，在正交表公式中找到包含该情况的公式，如果有 N 个符合条件的公式，那么选取行数最少的公式。

水平数不相同



- ❖ 采用包含和组合的方法选取合适的正交表公式。

例2: ppt打印的需求



❖ 假设功能描述如下:

- 打印范围: 全部、当前幻灯片、给定范围 共三种情况
- 打印内容: 幻灯片、讲义、备注页、大纲视图 共四种方式
- 打印颜色/灰度: 颜色、灰度、黑白 共三种设置
- 打印效果: 幻灯片加框和幻灯片不加框两种方式

因素状态表



状态/因素	A打印范围	B打印内容	C打印颜色/灰度	D打印效果
0	全部	幻灯片	颜色	幻灯片加框
1	当前幻灯片	讲义	灰度	幻灯片不加框
2	给定范围	备注页	黑白	
3		大纲视图		

因素状态表:



状态/因素	A	B	C	D
0	A1	B1	C1	D1
1	A2	B2	C2	D2
2	A3	B3	C3	
3		B4		

例2



❖ 被测项目中一共有四个被测对象，每个被测对象的状态都不一样。

❖ 选择正交表：

- 1、表中的因素数 ≥ 4
- 2、表中至少有4个因素的水平数 ≥ 2
- 3、行数取最少的一个
- 4、最后选中正交表公式： $L_{16}(4^5)$



	1	2	3	4	5
1	0	0	0	0	0
2	0	1	1	1	1
3	0	2	2	2	2
4	0	3	3	3	3
5	1	0	1	2	3
6	1	1	0	3	2
7	1	2	3	0	1
8	1	3	2	1	0
9	2	0	2	3	1
10	2	1	3	2	0
11	2	2	0	1	3
12	2	3	1	0	2
13	3	0	3	1	2
14	3	1	2	0	3
15	3	2	1	3	0
16	3	3	0	2	1



	1	2	3	4	5
1	A1	B1	C1	D1	0
2	A1	B2	C2	D2	1
3	A1	B3	C3	2	2
4	A1	B4	3	3	3
5	A2	B1	C2	2	3
6	A2	B2	C1	3	2
7	A2	B3	3	D1	1
8	A2	B4	C3	D2	0
9	A3	B1	C3	3	1
10	A3	B2	3	2	0
11	A3	B3	C1	D2	3
12	A3	B4	C2	D1	2
13	3	B1	3	D2	2
14	3	B2	C3	D1	3
15	3	B3	C2	3	0
16	3	B4	C1	2	1



	1	2	3	4	5
1	A1	B1	C1	D1	0
2	A1	B2	C2	D2	1
3	A1	B3	C3	D1	2
4	A1	B4	C1	D2	3
5	A2	B1	C2	D1	3
6	A2	B2	C1	D2	2
7	A2	B3	C2	D1	1
8	A2	B4	C3	D2	0
9	A3	B1	C3	D2	1
10	A3	B2	C3	D1	0
11	A3	B3	C1	D2	3
12	A3	B4	C2	D1	2
13	A1	B1	C1	D2	2
14	A2	B2	C3	D1	3
15	A3	B3	C2	D2	0
16	A1	B4	C1	D1	1

测试用例1



测试用例编号	PPT—ST—FUNCTION—PRINT—001
测试项目	测试powerpoint打印功能
测试标题	打印PowerPoint文件A全部的幻灯片，有颜色，加框
重要级别	高
预置条件	PowerPoint文件A已被打开，电脑主机已连接有效打印机
输入	文件A：D:\系统测试.ppt
操作步骤	<ol style="list-style-type: none">1、打开打印界面；2、打印范围选择“全部”；3、打印内容选择“幻灯片”；4、颜色/灰度选择“颜色”；5、在“幻灯片加框”前打勾；6、点击“确定”。
预期输出	打印出全部幻灯片，有颜色且已加框。

测试用例2



测试用例编号	PPT—ST— FUNCTION—PRINT—002
测试项目	测试powerpoint打印功能
测试标题	打印PowerPoint文件A全部的幻灯片为讲义，灰度，不加框
重要级别	中
预置条件	PowerPoint文件A已被打开，电脑主机已连接有效打印机
输入	文件A： D:\系统测试.ppt
操作步骤	<ol style="list-style-type: none">1、打开打印界面；2、打印范围选择“全部”；3、打印内容选择“讲义”；4、颜色/灰度选择“灰度”；5、点击“确定”。
预期输出	打印出全部幻灯片为讲义，灰度且不加框。

测试用例3



测试用例编号	PPT—ST—FUNCTION—PRINT—003
测试项目	测试powerpoint打印功能
测试标题	打印PowerPoint文件A全部的备注页，黑白，加框
重要级别	中
预置条件	PowerPoint文件A已被打开，电脑主机已连接有效打印机
输入	文件A： D:\系统测试.ppt
操作步骤	<ol style="list-style-type: none">1、打开打印界面；2、打印范围选择“全部”；3、打印内容选择“备注页”；4、颜色/灰度选择“黑白”；5、在“幻灯片加框”前打勾；6、点击“确定”。
预期输出	打印出全部备注页，黑白且已加框。

组合测试实用的策略



- ❖ 发现所有的单点缺陷（Single-model fault）
- ❖ 发现所有的双点缺陷（Double-model fault）
- ❖ 发现部分的多点缺陷（Multi-model fault）

组合测试工具



- ❖ Microsoft PICT(Pairwise Independent Combinatorial Testing tool)

- ❖ James Bach :Allpairs工具下载地址:

www.satisfice.com/tools.shtml

- ❖ **Advanced Combinatorial Testing System (ACTS)**

<http://csrc.nist.gov/groups/SNS/acts/documents/comparison-report.html#acts>

总结



❖ 功能测试或黑盒测试的主要方法分类

- 面向单个输入点的测试用例设计（分类+边界值）
- 面向多个输入点的测试用例设计（组合方法）
- 面向输入、输出的因果联系（因果图+决策表）



Q & A

