

第1讲 从小白鼠验毒到数据传输校验 ——初识计算思维

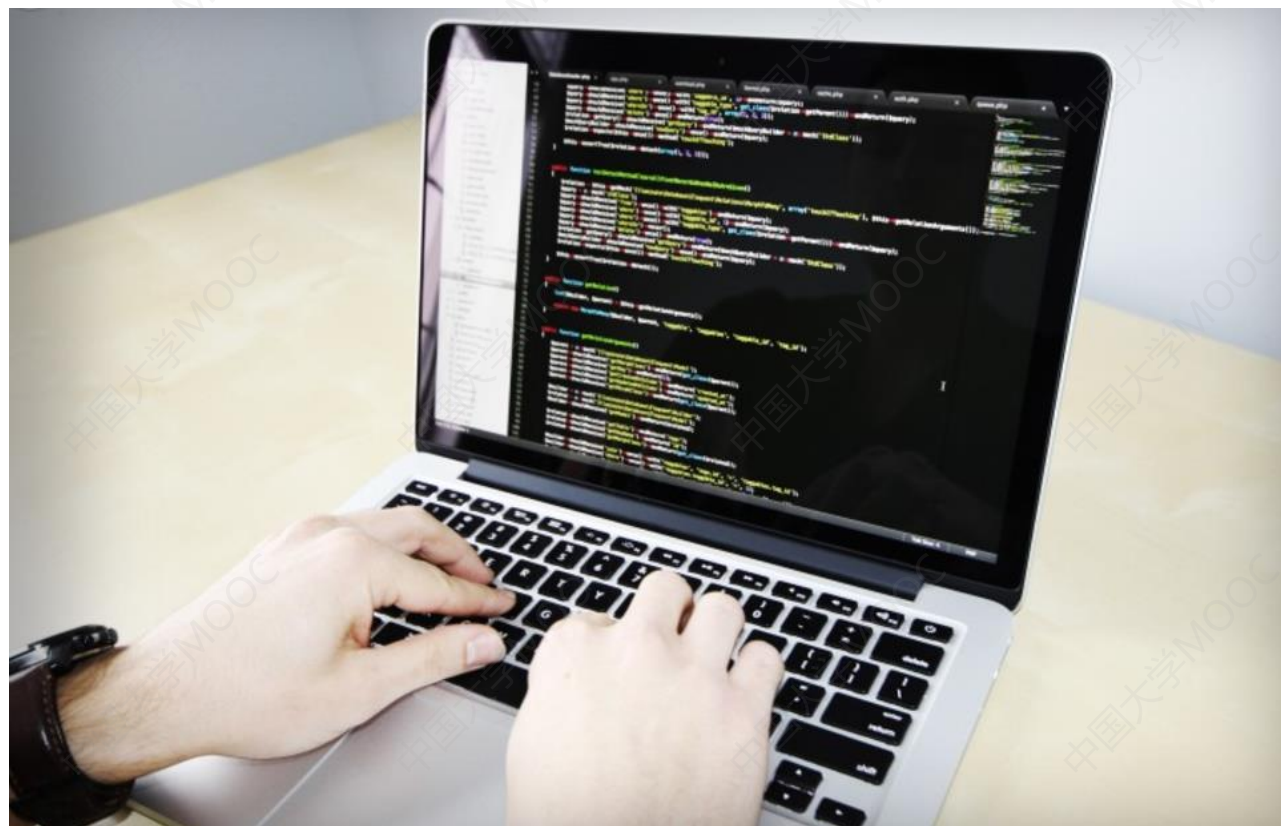
战 德 臣

哈尔滨工业大学计算学部教学委员会主任
国家教学名师

什么是计算思维?

2

计算机，仅仅是这样的吗？



**计算机不仅仅是编程，还有计算思维。计算思维是人们普适的思维方式
思维有多远，决定你能走多远**

一个示例

3

【问题】小白鼠验毒问题？

测试一下你的思维...

有1000瓶水，其中有一瓶有毒，小白鼠只要尝一点带毒的水24小时内就会死亡，问：至少要多少只小白鼠才能在24小时内鉴别出哪瓶水有毒？

一个示例

4

【求解】小白鼠验毒问题之求解



0
1

1位
 $2^1=2$ 个

00
01
10
11

2位
 $2^2=4$ 个

000
001
010
011
100
101
110
111

3位
 $2^3=8$ 个

9位
 $2^9=512$ 个

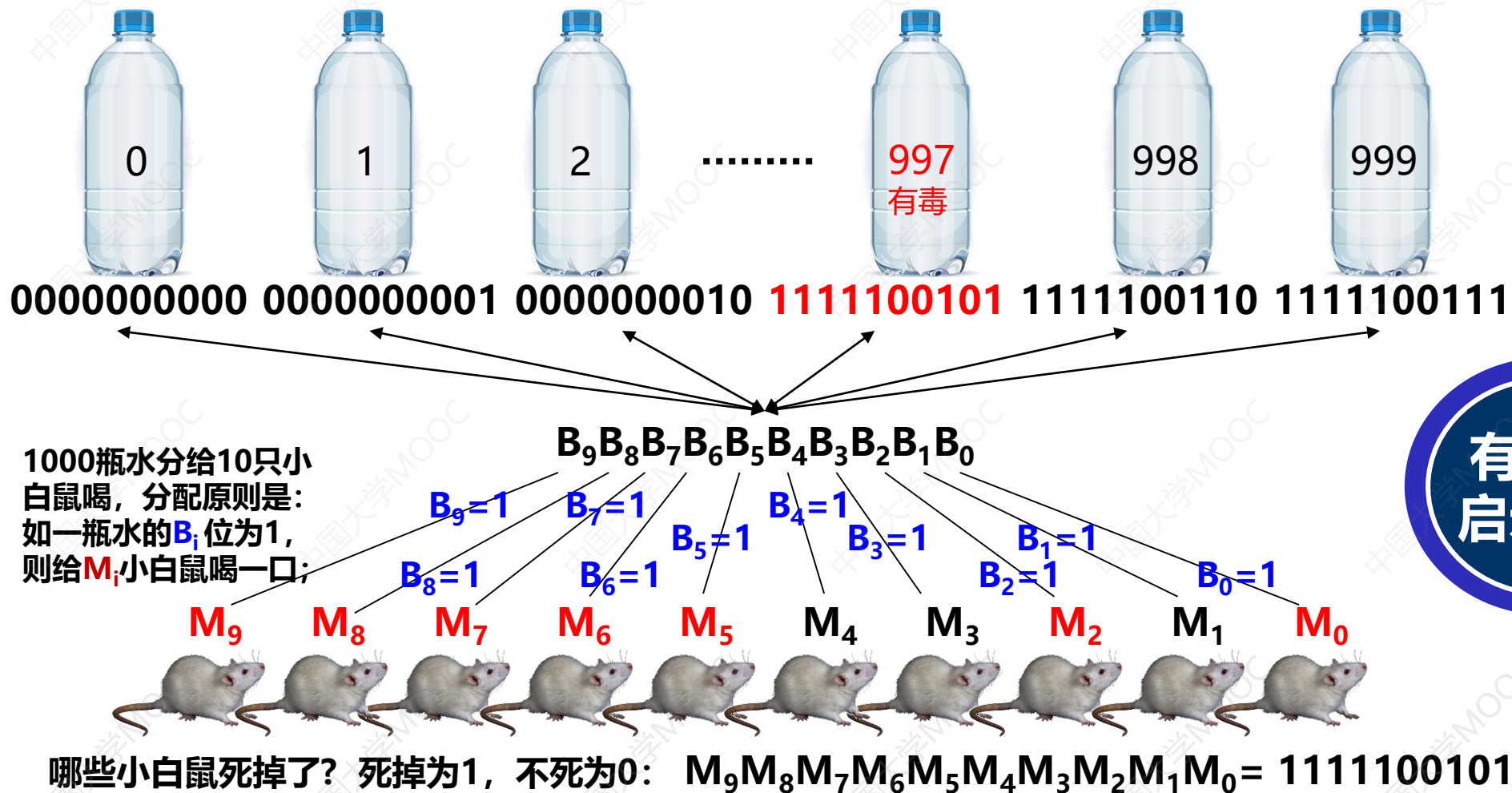
10位
 $2^{10}=1024$ 个

这里用到了
递推，也是
计算思维

一个示例

5

【求解】小白鼠验毒问题之求解



示例背后的思维

6

0 和 1

多种不同的含义均用01串表达

- 不同的两种状态都可表达为0和1

- 小白鼠- “死” 与 “活” ;

- 小白鼠对某瓶水- “喝” 与 “不喝” ;

- 水 “有毒” 与 “无毒”

- 用0/1编码串表示不同的含义

- 000010---对应第(000010的十进制)瓶水

- 000010---第i位对应第i只小白鼠, 1喝0不喝;

- 000010---第i位对应第i只小白鼠, 死1 活0 ;

000010

多种不同的含义统一在一个01串中, 可无缝隙实现含义转换

计算思维
理解的
关键点

难度: 【0和1的多种语义的组合应用】

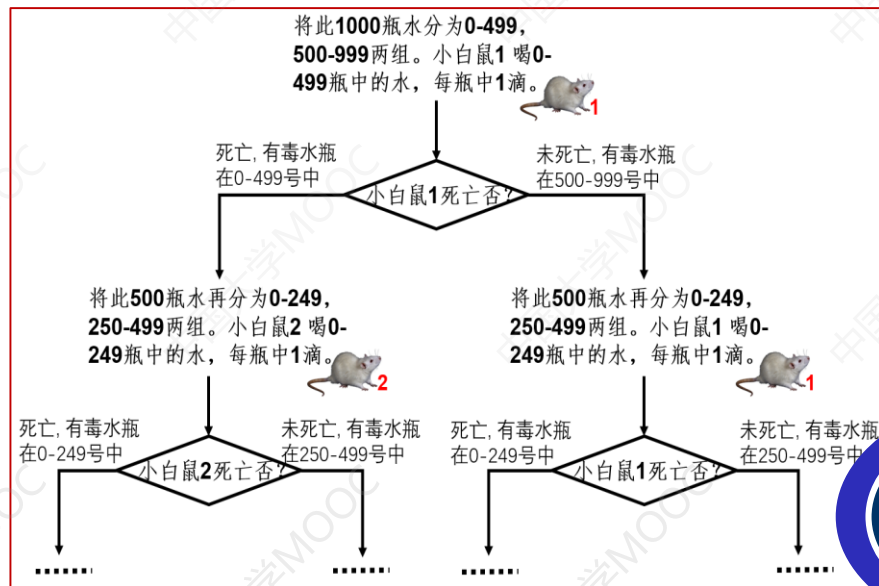
小白鼠 “喝” 与 “不喝” 与 小白鼠 “死” 与 “活” ,
水的 “有毒” 与 “无毒”

示例背后的思维

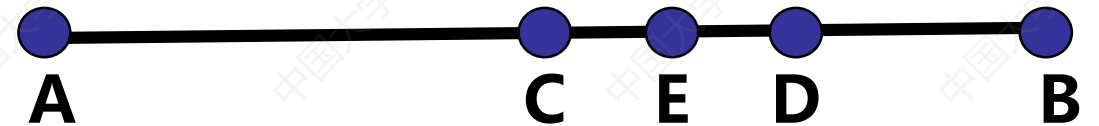
二分法

二分法思维

- 1000瓶分为A₁组500瓶,B₁组500瓶
- 500瓶分为A₂组250瓶,B₂组250瓶
- 250瓶分为A₃组125瓶,B₃组125瓶
-
- 2瓶分为A₁₀组1瓶, B₁₀组1瓶



二分法为什么不行呢?



示例背后的思维

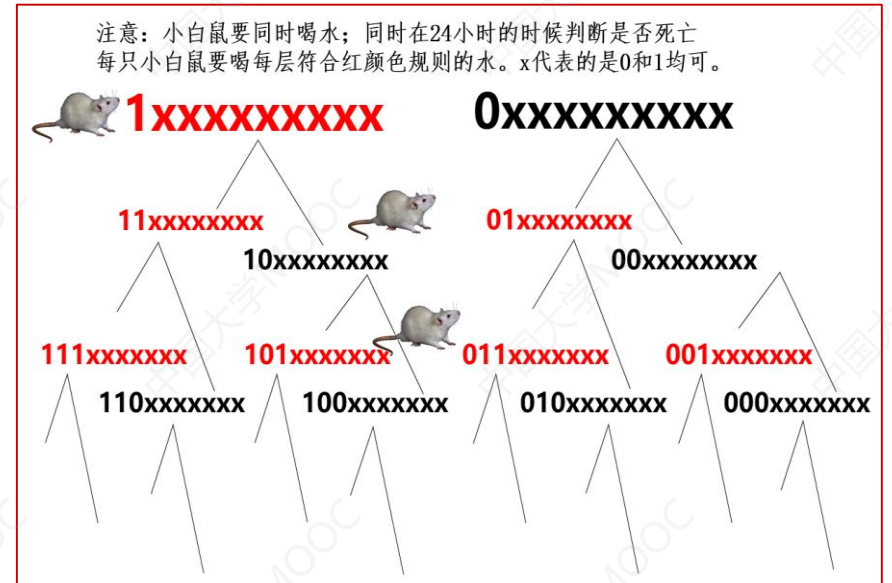
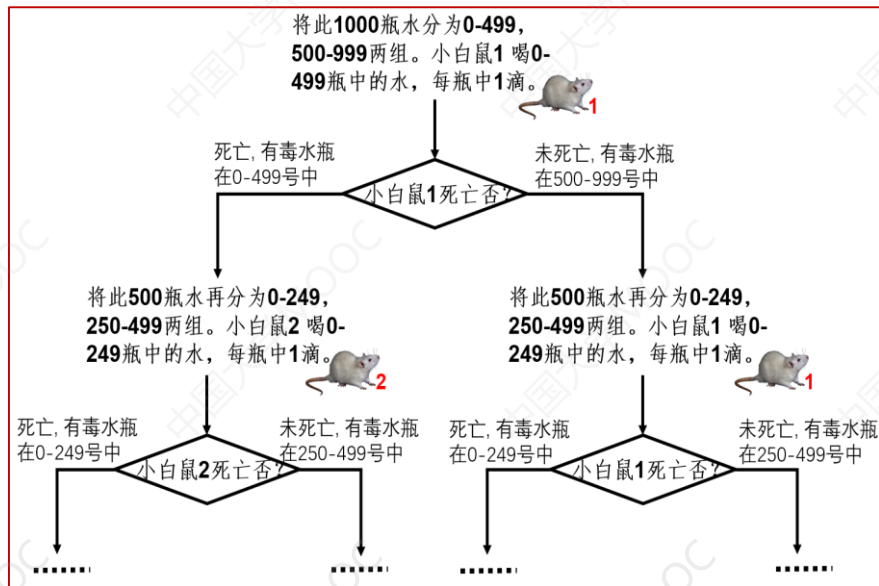
8

二进制与并行二分法

二分法与二进制思维

● 二分法-串行使用小白鼠

---1只能区分2瓶, 2只能区分4瓶, ..., n只能区分 2^n 瓶



● 二分法-并行使用小白鼠

--- “组合” 识别水瓶, n位编码能区分出 2^n 瓶的某一瓶

串行-并行也是计算思维

用二进制编码作并行划分也是计算思维

示例背后的思维

9

符号变换与过程化

过程化与符号变换思维

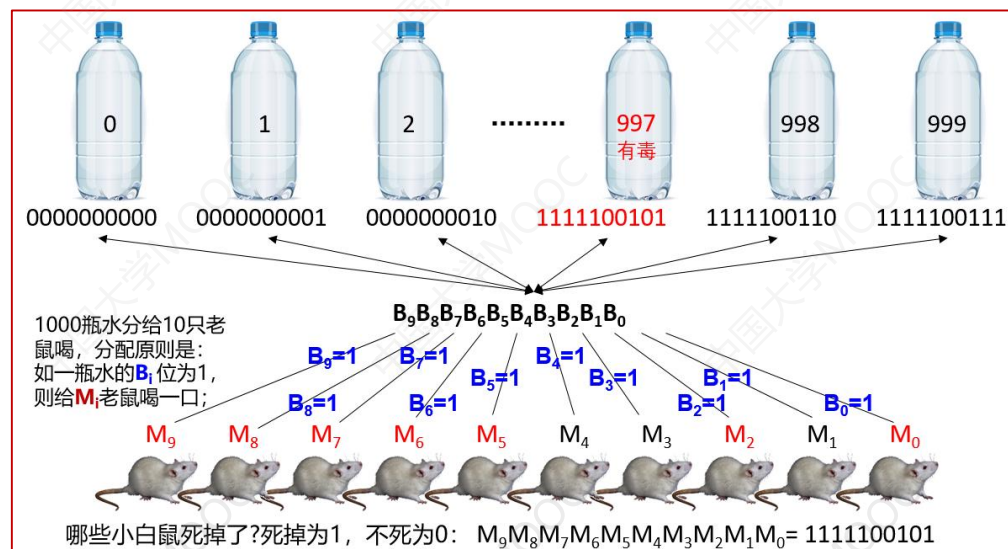
● 过程化思维

---水瓶十进制编号(所有)→**二进制编码**→分配给小白鼠喝(第*i*位对应第*i*只小白鼠, 1喝0不喝)→**小白鼠死与活**→再形成二进制编码(第*i*位对应第*i*只小白鼠, 死1活0)→**十进制编号(有毒编号的水瓶)**。

● 符号变换与逻辑推理

---由小白鼠的死活 用计算的手段推断 第几瓶水有毒

---符号变换: 十进制变换为二进制, 二进制再变换为十进制。



什么是计算思维？

10

【思维】什么是计算思维？

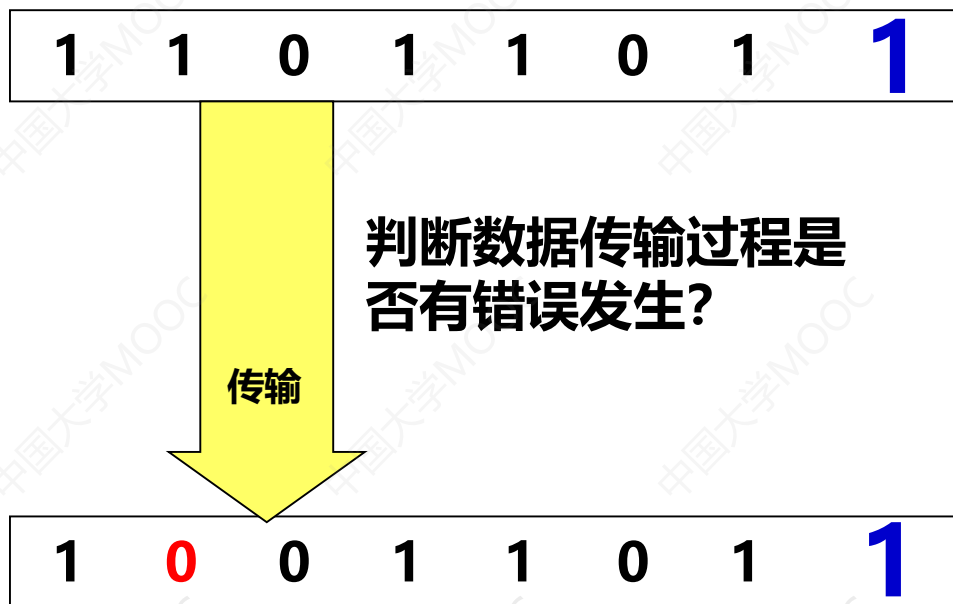
- **【计算思维】是运用计算科学的基础概念去求解问题、设计系统和理解人类行为。** From 周以真，前卡耐基.梅隆大学计算机系系主任教授、前微软公司高级副总裁、前美国国家科学基金会助理局长。她在世界范围内推动了计算思维教育，尤其强调在大学低年级以及中学阶段进行计算思维教育，她认为到21世纪中叶计算思维能力是人都应具备的一种基本能力。
- **计算思维是一种科学与工程思维，是未来可以转化为创新的思维**
- **计算思维是关于计算方法与计算系统的思维（包括设计、构造和应用）、是一种大思维而非小技巧**
- **计算思维不仅仅是程序思维、算法思维和问题求解思维（这些可被认为是计算+思维），而是覆盖计算+思维、互联网+思维、大数据思维和人工智能+思维等相对完整的计算思维内容体系**

怎样创新？
且看下例

示例思维的价值

【应用】通讯数据校验问题及其求解

问题：数据传输的检错与纠错。



• “偶校验规则”

--使传输前和传输后相关位1的个数始终为偶数

--偶数个1相加和为0；奇数个1相加和为1




01011010 0

01010100 1

示例思维的价值

12

【应用】通讯数据校验问题及其求解

								
数据位二 进制编号	111	110	101	100	011	010	001	
数据位	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	校验位 P4 P2 P1
数据	1	1	0	1	1	0	1	1 1 1

1 1 0 1 1 0 1 1 1 1

传输

1 1 0 1 0 0 1 1 1 1

$P4 = D7 + D6 + D5 + D4$ --- 编号的第3位为1

$P2 = D7 + D6 + D3 + D2$ --- 编号的第2位为1

$P1 = D7 + D5 + D3 + D1$ --- 编号的第1位为1

小白鼠“喝”
与“不喝”

小白鼠“死”
与“活”

P4' 0
P2' 1
P1' 1

$P4' = D7 + D6 + D5 + D4 + P4$








$P2' = D7 + D6 + D3 + D2 + P2$

$P1' = D7 + D5 + D3 + D1 + P1$



示例思维的价值

【应用】通讯数据校验问题及其求解

										
数据位二 进制编号	7	6	5	4	3	2	1	校验位		
	111	110	101	100	011	010	001			
数据位	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	P4	P2	P1
数据	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1

1 1 0 1 1 0 1 1 1 1

传输

1 0 0 1 1 0 1 1 1 1

$P4 = D7 + D6 + D5 + D4$ --- 编号的第3位为1
 $P2 = D7 + D6 + D3 + D2$ --- 编号的第2位为1
 $P1 = D7 + D5 + D3 + D1$ --- 编号的第1位为1

小白鼠“喝”
与“不喝”

小白鼠“死”
与“活”

$P4' = D7 + D6 + D5 + D4 + P4$
 $P2' = D7 + D6 + D3 + D2 + P2$
 $P1' = D7 + D5 + D3 + D1 + P1$

$P4'$ 1
 $P2'$ 1
 $P1'$ 0

换一位出
错是否能
判断?

示例思维的价值

14

【应用】通讯数据校验问题及其求解

如果校验位出错怎么办？

1011	1010	1001	1000	0111	0110	0101	0100	0011	0010	0001
			2^3				2^2		2^1	2^0
11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
D11	D10	D9	P8	D7	D6	D5	P4	D3	P2	P1

P8 = 编号的第4位为1的位相加
= D11+D10+D9 = 0

P4 = 编号的第3位为1的位相加
= D7+D6+D5 = 0

P2 = 编号的第2位为1的位相加
= D11+D10+D7+D6+D3 = 1

P1 = 编号的第1位为1的位相加
= D11+D9+D7+D5+D3 = 1

1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 1

传输

传输

1 0 0 0 1 1 0 0 1 1 1

1 1 0 0 1 1 0 1 1 1 1

P8' = D11+D10+D9+**P8** = 0

P4' = D7+D6+D5+**P4** = 1

P2' = D11+D10+D7+D6+D3+**P2** = 0

P1' = D11+D9+D7+D5+D3+**P1** = 0

小白鼠“喝”
与“不喝”

小白鼠“死”
与“活”

P8' P4' P2' P1'

1 0 1 0



P8' = D11+D10+D9+**P8** = 1

P4' = D7+D6+D5+**P4** = 0

P2' = D11+D10+D7+D6+D3+**P2** = 1

P1' = D11+D9+D7+D5+D3+**P1** = 0

示例思维的价值

15

【应用】通讯数据校验问题及其求解

计算 vs. 检错/纠错

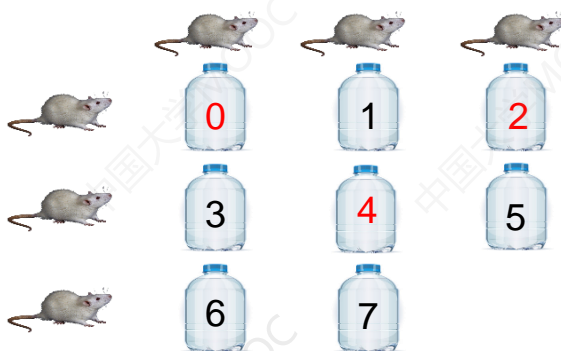
小白鼠验毒问题

检错与纠错问题

---如果7瓶水中有2瓶有毒，则需几只小白鼠，才能确定是哪2瓶有毒？

---如果7位二进制位传输过程中有2位出差错，则需几位校验位才能判断是哪2位有差错？

编码效率问题？



	$x\%3=0$	$x\%3=1$	$x\%3=2$
$x/3=0$	001 001 (0)	001 010 (1)	001 100 (2)
$x/3=1$	010 001 (3)	010 010 (4)	010 100 (5)
$x/3=2$	100 001 (6)	100 010 (7)	

计算机/通讯领域重要的发明

【汉明码/海明码】

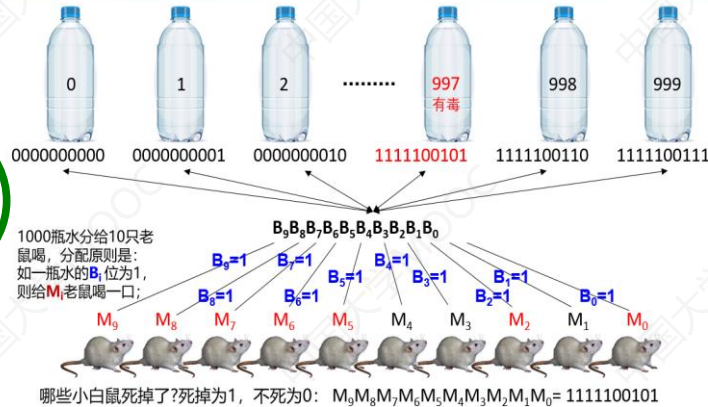


图灵奖获得者
理查德·汉明

什么是计算思维?

【小结】从示例中，你学到了什么？

【小白鼠检验毒水瓶】问题求解

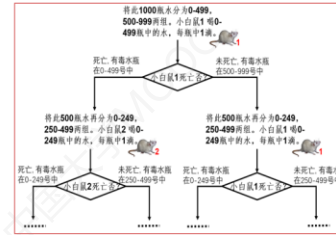


学而有
趣

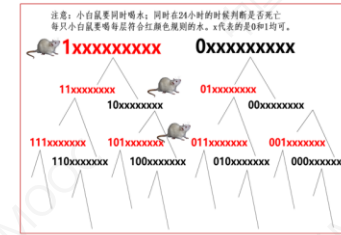
【小白鼠检验毒水瓶】问题求解背后的思维

二分法与二进制思维

- 串行使用小白鼠 vs. 并行使用小白鼠
- 1只能区分2瓶，2只能区分4瓶，...， n 只能区分 2^n 瓶
- “组合”识别水瓶， n 位编码能区分出 2^n 瓶的某一瓶



二分法-串行使用小白鼠



二分法-并行使用小白鼠

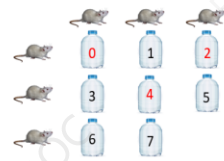
学而有
思

类比【小白鼠检验毒水瓶】问题求解，做一个发明...

计算 vs. 检错/纠错

检错与纠错问题

- 如果7瓶水中有2瓶有毒，则需几只小白鼠，才能确定是哪2瓶有毒？
- 如果7位二进制位传输过程中有2位出差错，则需几位校验位才能判断是哪2位有差错？
- 编码效率问题？



	$x\%3=0$	$x\%3=1$	$x\%3=2$
$x/3=0$	001 001 (0)	001 010 (1)	001 100 (2)
$x/3=1$	010 001 (3)	010 010 (4)	010 100 (5)
$x/3=2$	100 001 (6)	100 010 (7)	(x)

学而有
索

类比【小白鼠检验毒水瓶】问题求解，做一个发明...



$P4'$ $P2'$ $P1'$
0 1 1

$P4 = D7 + D6 + D5 + D4$ --- 编号的 2^4 位为1
 $P2 = D7 + D6 + D3 + D2$ --- 编号的 2^2 位为1
 $P1 = D7 + D5 + D3 + D1$ --- 编号的 2^0 位为1

小白鼠“喝”
与“不喝”

$P4' = D7 + D6 + D5 + D4 + P4$
 $P2' = D7 + D6 + D3 + D2 + P2$
 $P1' = D7 + D5 + D3 + D1 + P1$

小白鼠“死”
与“活”

学而有
用

趣味故事 → 思维挖掘 → 价值再现 → 对比联想 → 计算与专业融合