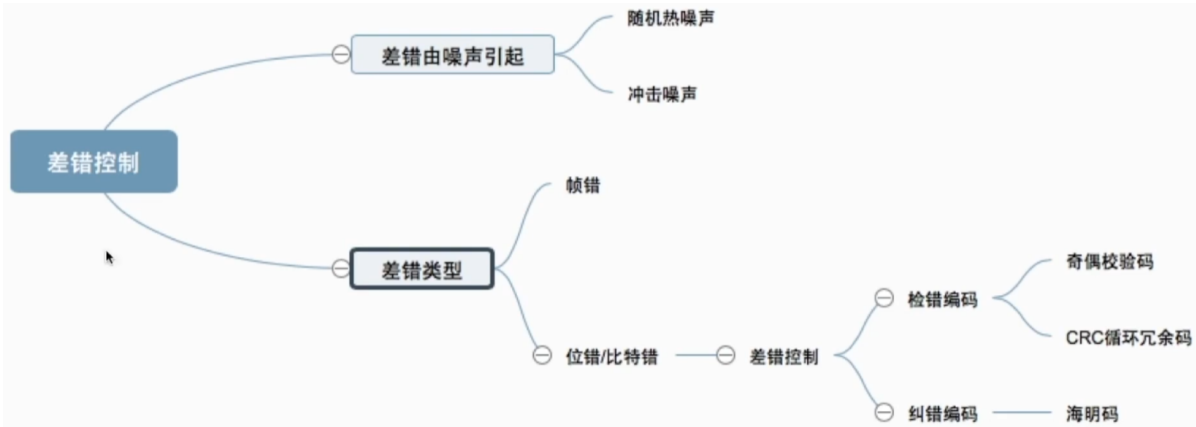


差错控制（纠错编码）



海明码

奇偶校验码

奇校验码

n 个

x.....

"1"的个数为奇数

偶校验码

n 个

x.....

"1"的个数为偶数

☒ 发现错误 ☒ 找到位置 ☒ 纠正错误

工作流程：



海明距离



两个合法编码(码字)的对应比特取值不同的比特数称为这两个码字的海明距离(码距)，一个有效编码集中,任意两个合法编码(码字)的海明距离的最小值称为该编码集的海明距离(码距)。

000
001
010
011
100
101
110
111

该编码系统中的码距为1

传输中出错了咋整?

0000
1001
1010
0011
1100
0101
0110
1111

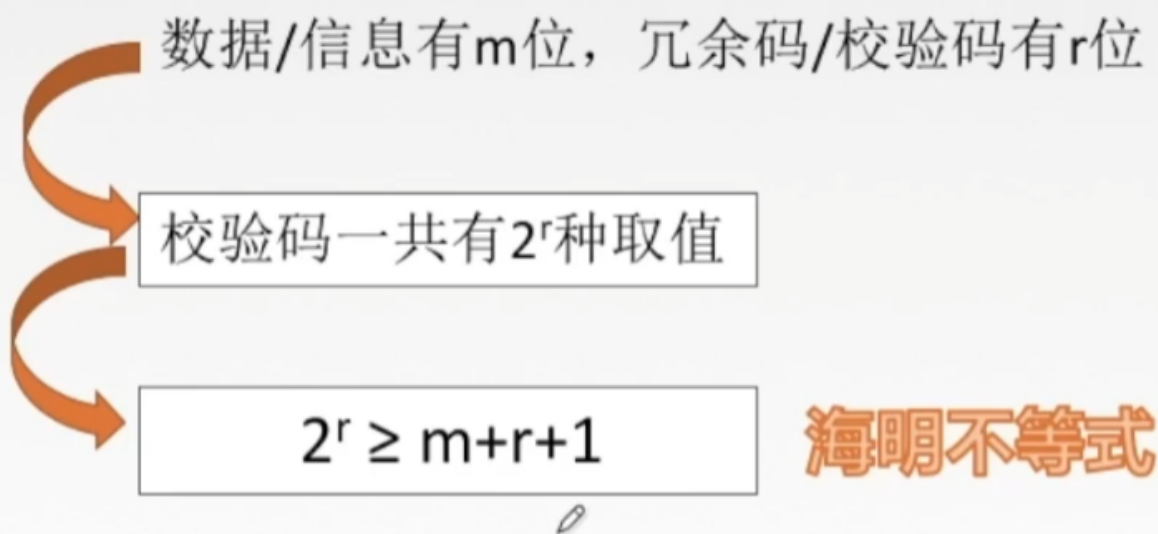
该编码系统中的码距为2

传输中出错了咋整?

可检测出1位错
但不可被纠正

如果码距为3呢?

1.确定校验码位数r



要发送的数据：D=1100

数据的位数 $m=4$ ，
满足不等式的最小r为3，
也就是D=1100的海明码应该有 $4+3=7$ 位，
其中原数据4位，校验码3位。

2.确定校验码和数据的位置

D=1100

校验码放在序号为 2^n 的位置，数据按序填上

序号	7	6	5	4	3	2	1
值	1	1	0	x_4	0	x_2	x_1

3. 求出校验码的值

原始数据D=1100

二进制	111	110	101	100	011	010	001
序号	7	6	5	4	3	2	1
值	1	1	0	x_4	0	x_2	x_1

4号校验码负责4, 5, 6, 7的校验
2号校验码负责2, 3, 6, 7的校验
1号校验码负责1, 3, 5, 7的校验

采用偶校验

$$x_4 = 0$$

$$x_2 = 0$$

$$x_1 = 1$$

完整海明码：

序号	7	6	5	4	3	2	1
值	1	1	0	0	0	0	1

4. 检错并纠错



二进制	111	110	101	100	011	010	001
序号	7	6	5	4	3	2	1
值	1	1	0	0	0	0	1



若接收方收到的数据为1110001，检错类似奇偶校验

4号校验码负责4, 5, 6, 7的校验 $\rightarrow 0, 1, 1, 1$ ☒
2号校验码负责2, 3, 6, 7的校验 $\rightarrow 0, 0, 1, 1$ ☒
1号校验码负责1, 3, 5, 7的校验 $\rightarrow 1, 0, 1, 1$ ☒



纠错方法二：

$$\begin{aligned} X_4 &= 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1 \\ X_2 &= 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 = 0 \\ X_1 &= 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 = 1 \end{aligned}$$

满足偶校验
Or异或为0

$$X_4 = 1$$

$$X_2 = 0$$

$$X_1 = 1$$

$$X_4 X_2 X_1$$

$$1 \ 0 \ 1$$

第五位错了