

《数字通信原理与应用》 (ISBN 978-7-121-30781-2)

魏媛 龙燕 周冬梅 主 编

电子工业出版社

习题 4 参考答案

一、 填空题

- 1、在数字通信系统中采用差错控制编码的目的是提高通信系统的可靠性。
- 2、偶校验能发现 奇数 个错误, 不能检出 偶数 个错误。
- 3、偶校验码组中“1”的个数为偶数。
- 4、码字 1110010 的码重为 4。
- 5、已知 (n, k) 的循环码生成多项式为 $x^4 + x^3 + x^2 + 1$, 该码的监督位长为 4。
- 6、卷积码 $(2, 1, 7)$ 的编码效率为 $\frac{1}{2}$ 。

二、 选择题

- 1、码组 10100 与 11000 之间的码距为 (B)。
A. 1 B. 2 C. 3 D. 4
- 2、在一个码组中信息位为 k 位, 附加的监督位为 r 位, 则编码效率为 (A)。
A. $\frac{r}{r+k}$ B. $\frac{1}{r+k}$ C. $\frac{k}{r+k}$ D. $\frac{r}{k}$
- 3、汉明码最小码距为 (C)。
A. 1 B. 2 C. 3 D. 4
- 4、下面的 4 中线性分组码中, (B) 是汉明码。
A. $(7, 4)$ B. $(7, 3)$ C. $(8, 4)$ D. $(8, 3)$
- 5、循环码属于 (D)。
A. 奇偶监督码 B. 非分组码 C. 非线性分组码 D. 线性分组码

三、 计算题

- 1、已知八个码字分别为 000000、001110、010101、011011、100011、101101、110110、111000, 试求其最小码距 d_{\min} 。

解: 两两比较, 可得最小汉明码距离为 3。

- 2、上题所给的码组若用于检错, 能检测几位错误? 用于纠错能纠正几位错误? 若干同时用于检错与纠错, 情况如何?

解: 得 $d_{\min} = 3$, 利用公式:

- (1) 检测 e 个随机错误, 则要求 $d_{\min} \geq e + 1$
- (2) 纠 t 个随机错误, 则要求 $d_{\min} \geq 2t + 1$
- (3) 纠 t 个错误, 同时检测 e 个 ($e > t$) 随机错误, 则要求 $d_{\min} \geq t + e + 1$

由上述公式得: 能纠正 1 位错误, 检测 2 位错误, 但不能同时纠错和检测 (不满足第 3 条)

- 3、已知 $(15, 7)$ 循环码由 $g(x) = x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + 1$ 生成, 问接收码字为 $T(x) = x^{14} + x^5 + x + 1$, 是否需要重发?

解: 接收端收到的码组多项式除以生成多项式 $g(x)$, 如果能除尽, 则接收码字正确, 否则接收的码字错误, 需要重复。

$$\frac{T(x)}{g(x)} = \frac{x^{14} + x^5 + x + 1}{x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + 1} = x^6 + x^5 + x^3 + 1 + \frac{x^7 + x^6 + x^3 + 1}{x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + 1}$$

接收到的码组多项式除以生成多项式，余数不为 0.说明码组多项式错误，需要重复。

四、简答题

1、差错产生的原因和类型？

答：信号在传输过程中不可避免的受到干扰，主要归结为两个方面：一是信道特性不理想造成的码间干扰；二是噪声对信号的干扰。信号到达接收端时，接收信号是信号与各种干扰的叠加，接收电路在取样时判断信号电平。如果干扰对信号叠加的结果在电平判断时出现错误，就会引起通信数据的错误，就出现了误码。

数字通信系统中码元的错误有三种形式：随机错误、突发错误和混合错误。

2、信道编码与信源编码有何不同？

答：信源编码：主要是利用信源的统计特性，解决信源的相关性，去掉信源冗余信息，从而达到压缩信源输出的信息率，提高系统有效性的目的。

信道编码：为了保证通信系统的传输可靠性，克服信道中的噪声和干扰的。它根据一定的（监督）规律在待发送的信息码元中（人为的）加入一些必要的（监督）码元，在接受端利用这些监督码元与信息码元之间的监督规律，发现和纠正差错，以提高信息码元传输的可靠性。信道编码的目的是试图以最少的监督码元为代价，以换取最大程度的可靠性的提高。

3、为什么要进行差错控制？简述常用差错控制方法的基本原理和特点。

答：进行差错控制是为了保证通信系统的传输可靠性，将信道中的噪声和干扰的引起的误码控制在可接受的范围内。

常用信道编码的差错控制的方式主要有前向纠错、自动请求重传和混合纠错三种。

FEC 的基本思想是利用纠错编码来控制传输差错，在发送端将信息按照一定规则附加冗余码元，使之具有一定的纠错能力；在接收端收到码元后，按预先规定的规则校验信息与冗余码元之间的关系，若发现错误则确定其出错位置并进行纠正。通过纠错编码可以降低误比特率，但如果差错超过了其纠错能力，那接收的码组将被错误地译码，并将错误码组传给用户。

ARQ 的基本思想是在发送端和接收端之间引入反向链路，发送端对信息进行编码，编码后的信息具有很强的检错能力，通过前向信道发送到接收端。在接收端进行检错译码，如果没有检出错误，则提交给用户(或存入缓冲寄存器备用)，同时，通过反向信道向发送端返回一个确定应答（ACK），通知发送端此信息已经正确接收。如果检出错误，则通过反向信道返回一个否定应答（NAK），请求对方把刚才的信息重发一次，这样持续进行下去直到正确接收或达到最大重传次数为止。由此可知，应用 ARQ 方式必须存在一条反馈信道，并要求发送端信息的产生速率可以控制(或有大容量的信息发送缓冲存储器)，整个通信系统的发送和接收两端必须密切协作，互相配合，因此 ARQ 方式的控制过程相对比较复杂。由于进行反馈重发的次数与信道情况有关，若信道情况较差，则系统经常处于反馈重发的状态，所以信息传输的实时性和连贯性较差。

混合纠错：发送端发出同时具有检错和纠错能力的码，接收端收到码后，检查错误情况，如果错误少于纠错能力，则自行纠正；如果干扰严重，错误很多，超出纠正能力，但能检测出来，则经反向信道要求发端重发。混合纠错检错方式在实时性和译码复杂性方面是前向纠错和检错重发方式的折衷。

4、什么是奇偶校验？常用的奇偶校验编码方式有哪些？各有什么特点？

答：奇偶监督码，是奇校验码和偶校验码的统称，在发送端，奇（偶）监督码编码规则是先将所要传输的数据码元（信息码元）分组，在分组后的信息码元后加上一位监督码元，使信息码元和监督码元中 1 的个数为奇数（偶数）。常用的编码方式有垂直奇偶校验码、水平奇偶校验码，垂直水平奇偶校验码三种，其中水平奇偶校验和垂直水平奇偶校验在编码过程中引入了交织，可以一定程度的对抗突发误码。

