

答题纸上写清楚学号、班级、姓名、题号

注意：所有题目都必须写出解题过程，只写答案，即使正确未必得高分。

### 1、关于香农公式

- (1) 写出香农公式，解释其中各参数的含义；
- (2) 说明香农公式的作用。

#### 【答案要点】

(1) 香农公式： $C = W \log_2(1 + S/N)$  (bit/s)

$W$  为信道的带宽（以 Hz 为单位）；

$S$  为信道内所传信号的平均功率；

$N$  为信道内部的高斯噪声功率。

信噪比  $S/N$  就是信号的平均功率和噪声的平均功率之比。

(2) 香农（Shannon）用信息论的理论推导出了带宽受限且有高斯白噪声干扰的信道的无差错的、极限信息传输速率；

香农公式给出了信道信息传送速率的上限（比特每秒）和信道信噪比及带宽的关系，即信道的带宽或信道中的信噪比越大，则信息的极限传输速率就越高。

若信道带宽  $W$  或信噪比  $S/N$  没有上限（当然实际信道不可能是这样的），则信道的极限信息传输速率  $C$  也就没有上限。

### 2、在无噪声情况下，若某通信链路的带宽为 3KHZ，采用 4 个相位，每个相位具有 4 种振幅的 QAM 调制技术，则该通信链路的最大数据传输速率是多少？要求写出详细解题过程。

#### 【答案要点】

根据奈奎斯特公式，无噪声信道的最高码元传输速率为：

$$2W = 2 \times 3 \text{ KHZ} = 6 \text{ KBaud}$$

因为采用的是 QAM 调制技术（4 个相位，每个相位具有 4 种振幅），即有 16 种码元波形，每个码元可含有 4bit 信息，

所以，通信链路的最大数据传输速率是：

$$6 \text{ KBaud} \times 4 \text{ b/Baud} = 24 \text{ kbps}$$

### 3、描述曼彻斯特编码的编码规则，给出下图曼彻斯特传输码所对应的 12 位二进制数字序列。



#### 【答案要点】

(1) 曼彻斯特编码规则：0 — 位中间上跳，1 — 位中间下跳

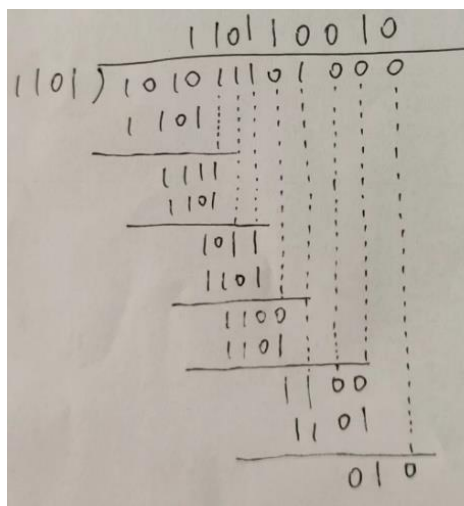
(2) 由图可得 12 位二进制序列为 011011100011。

### 4、某 CRC 的生成多项式 $G(x) = x^3 + x^2 + 1$ ，待发送信息为 101011101，求实际发送的信息是什么？要求写出详细计算过程。

#### 【答案要点】

除数  $G(x) = 1101$

被除数： $C(x) \cdot 2^3 = 101011101000$



101010101000 模 2 除 1101 = 110110010 余 010

实际发送的信息为 101010101010

### 5、有两个序列(-1,-1,-1,-1)和(+1,-1,+1,-1)

(1) 请判断这两个序列是否可以选为四位的码片序列？要求给出详细的判断过程

(2) 如果这两个序列作为码片序列分配给终端 A 和 B，现收到叠加信号(+2,0,+2,0)，试问 A 和 B 是否发送了信号？如果发送了，发送的是比特 0 还是比特 1？

【答案要点】

(1)

- 两个不同站的码片序列正交，就是向量 **S** 和 **T** 的规格化内积(inner product)都是 0:

$$\mathbf{S} \cdot \mathbf{T} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i T_i = 0$$

$$(-1, -1, -1, -1) \cdot (+1, -1, +1, -1) = 0$$

因为点积为 0，所以可以构成码片序列

(2)

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 识别A发送信息的点积将是<br/> <math>(-1, -1, -1, -1) \cdot (+2, 0, +2, 0)</math><br/> <math>= 1/4 * (-2 + 0 + -2 + 0)</math><br/> <math>= -1</math></li> <li>◆ 表示终端A发送的是比特0。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 识别B发送信息的点积将是<br/> <math>(+1, -1, +1, -1) \cdot (+2, 0, +2, 0)</math><br/> <math>= 1/4 * (+2 + 0 + +2 + 0)</math><br/> <math>= +1</math></li> <li>◆ 表示终端B发送的是比特1。</li> </ul> |
|--|--|

### 6、关于 ARP 协议

(1) ARP 协议的中英文全称是什么？

(2) ARP 有什么作用？

(3) ARP 的实现过程是什么？

(4) ARP 协议的四个使用场景分别是什么？

(5) 假设主机 A 发送 IP 数据报给主机 B，经过了 2 个路由器，请问此过程总共使用了几次 ARP 协议？画出此过程的示意图，并标出使用的请求方和应答方。

【答案要点】

(1) ARP, Address Resolution Protocol, 地址解析协议

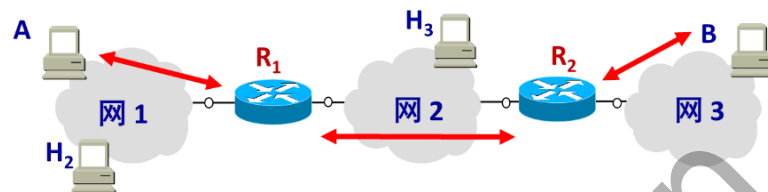
(2) ARP 根据 IP 地址获取物理地址

(3) 主机发送信息时将包含目标 IP 地址的 ARP 请求广播到局域网络上的所有主机，并接收返回消息，以此确定目标的物理地址；收到返回消息后将该 IP 地址和物理地址存入本机 ARP 缓存中并保留一定时间，下次请求时直接查询 ARP 缓存以节约资源。

(4) ARP 协议 4 种典型情况：

- ①主机 A 发给本网络上的主机 B：用 ARP 找到主机 B 的硬件地址
- ②主机 A 发给另一网络上的主机 B：用 ARP 找到本网络上一个路由器（网关）的硬件地址
- ③路由器发给本网络的主机 A：用 ARP 找到主机 A 的硬件地址
- ④路由器发给另一网络的主机 B：用 ARP 找到本网络上的一个路由器的硬件地址

(5) 使用三次 ARP 协议



## 7、关于 CIDR

(1) 什么是 CIDR 技术？

(2) 详述 CIDR 的路由器分组转发算法？

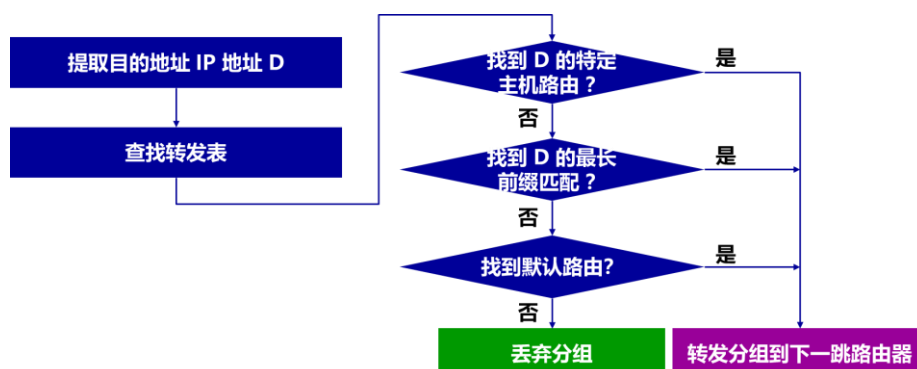
(3) 路由器 R0 的路由表如下：若进入路由器 R0 的分组的目的地址为 132.10.237.5，请问该分组应该被转发到哪一个下一跳路由器？要求写出详细的求解过程。

目的网络	下一跳
132.0.0.0/8	R1
132.0.0.0/11	R2
132.19.232.0/22	R3
0.0.0.0/0	R4

### 【答案要点】

(1) CIDR 的正式名字是无分类域间路由选择 CIDR (Classless Inter-Domain Routing)，也称为无分类编址。CIDR 使用各种长度的“网络前缀”(network-prefix)来代替分类地址中的网络号和子网号，IP 地址从三级编址（使用子网掩码）又回到了两级编址。

(2) CIDR 的路由器转发分组算法



(3)

132.10.237.5 => 132.00001010.11101101.00000101

目的网络	与操作	是否匹配?	下一跳
132.0.0.0/8	132.0.0.0	✓	R1
132.00000000.0.0/11	132.0.0.0	✓	R2
132.19.11101000.0/22	132.10.11101100.0	×	R3
0.0.0.0/0	路由表有匹配项, 不需要考虑默认路由		R4

根据最长前缀匹配原则, 该分组被转发到下一跳路由器 R2。

8、某学校申请了一个 CIDR 地址块: 138.165.68.0/23。该校有三个系, 每个系包含的主机数分别为 200、62、15。要求设计一个地址利用效率最高的地址块分配方案。给出分配的每个地址块的最小地址、最大地址、可分配主机地址个数和掩码, 以及剩余地址块。要求写出详细的地址块划分过程。

单位	地址块	最小地址	最大地址	可分配主机地址个数	掩码
一系					
二系					
三系					
剩余					

### 【答案要点】

思路: CIDR 地址下的子网划分是对地址块的划分, 只要是按照 2 的幂次来划分, 并且每个地址块能够满足主机数量要求, 就可以进行多次划分, 并且不需要排除子网号为全 0 和全 1 的情况。

为了提高地址利用率, 从最小地址开始, 先为最多主机数分配地址块

138.165.68.0/23 用二进制表示 138.165.01000100.00000000/23

第一次划分:

$$2^7 - 2 = 126 < 200 + 1 < 2^8 - 2 = 254$$

主机号需要 8 位, 则前缀为 24 位, 所以把地址块 138.165.68.0/23 一分为二

138.165.01000100.00000000/24 【138.165.68.0/24】 分配给 200 台主机的一系

剩下地址块为

138.165.01000101.00000000/24 【138.165.69.0/24】

第二次划分:

$$2^6 - 2 = 62 < 62 + 1 < 2^7 - 2 = 126$$

主机号需要 7 位, 则前缀为 25 位, 所以把地址块 138.165.69.0/24 一分为二

138.165.01000101.00000000/25 【138.165.69.0/25】 分配给 62 台主机的二系

剩下地址块为

138.165.01000101.10000000/25 【138.165.69.128/25】

第三次划分:

$$2^4 - 2 = 14 < 15 + 1 < 2^5 - 2 = 30$$

主机号需要 5 位，则前缀为 27 位，所以把地址块 138.165.69.128/25 一分为四  
 138.165.01000101.10000000/27 【138.165.69.128/27】 分配给 15 台主机的三系  
 剩下地址块为

138.165.01000101.10100000/27 【138.165.69.160/27】

138.165.01000101.11000000/27 【138.165.69.192/27】

138.165.01000101.11100000/27 【138.165.69.224/27】

上述后两个地址块可以合并 为 【138.165.69.192/26】

## 最终地址分配方案

分配给一系 200 台主机的地址块：

138.165.01000100.00000000/24 【138.165.68.0/24】 可分配主机地址个数 252

最小地址： 138.165.68.0

最大地址： 138.165.68.255

掩码： /24 或者 255.255.255.0

分配给二系 62 台主机的地址块：

138.165.01000101.00000000/25 【138.165.69.0/25】 可分配主机地址个数 126

最小地址： 138.165.69.0

最大地址： 138.165.69.127

掩码： /25 或者 255.255.255.128

分配给三系 15 台主机的地址块：

138.165.01000101.10000000/27 【138.165.69.128/27】 可分配主机地址个数 30

最小地址： 138.165.69.128

最大地址： 138.165.69.159

掩码： /27 或者 255.255.255.224

剩下地址块为：

138.165.01000101.10100000/27 【138.165.69.160/27】

138.165.01000101.11000000/26 【138.165.69.192/26】

单位	地址块	最小地址	最大地址	可分配主机地址个数	掩码
一系	138.165.68.0/24	138.165.68.0	138.165.68.255	$2^8 - 2 = 254$	/24 或 255.255.255.0
二系	138.165.69.0/25	138.165.69.0	138.165.69.127	$2^7 - 2 = 126$	/25 或 255.255.255.128
三系	138.165.69.128/27	138.165.69.128	138.165.69.159	$2^5 - 2 = 30$	/27 或 255.255.255.224
剩余	138.165.69.160/27 138.165.69.192/26				

9、现在 B 收到其相邻路由器 C 发来的路由信息，请画出 B 更新后的路由表。

要求：

(1) 写出 C 路由表修改情况；

(2) 写出 B 路由表更新结果，给出更新后 B 路由表中每个条目的存在原因。

C 的路由信息

目的网络	距离
N <sub>2</sub>	3
N <sub>3</sub>	1
N <sub>5</sub>	1
N <sub>6</sub>	4
N <sub>9</sub>	2

B 的路由表

目的网络	距离	下一跳
N <sub>1</sub>	1	-
N <sub>2</sub>	3	E
N <sub>3</sub>	3	G
N <sub>5</sub>	3	C
N <sub>6</sub>	4	C

【答案要点】

C 的路由信息修改		
目的网络	距离	下一跳
N <sub>2</sub>	3+1=4	C
N <sub>3</sub>	1+1=2	C
N <sub>5</sub>	1+1=2	C
N <sub>6</sub>	4+1=5	C
N <sub>9</sub>	2+1=3	C

B 的路由表更新			
目的网络	距离	下一跳	
N <sub>1</sub>	1	-	保持不变
N <sub>2</sub>	3	E	没有找到更好的，保持不变
N <sub>3</sub>	2	C	被跳数更少的条目替代
N <sub>5</sub>	2	C	相同的下一跳，新的替代旧的
N <sub>6</sub>	5	C	相同的下一跳，新的替代旧的
N <sub>9</sub>	3	C	新增条目