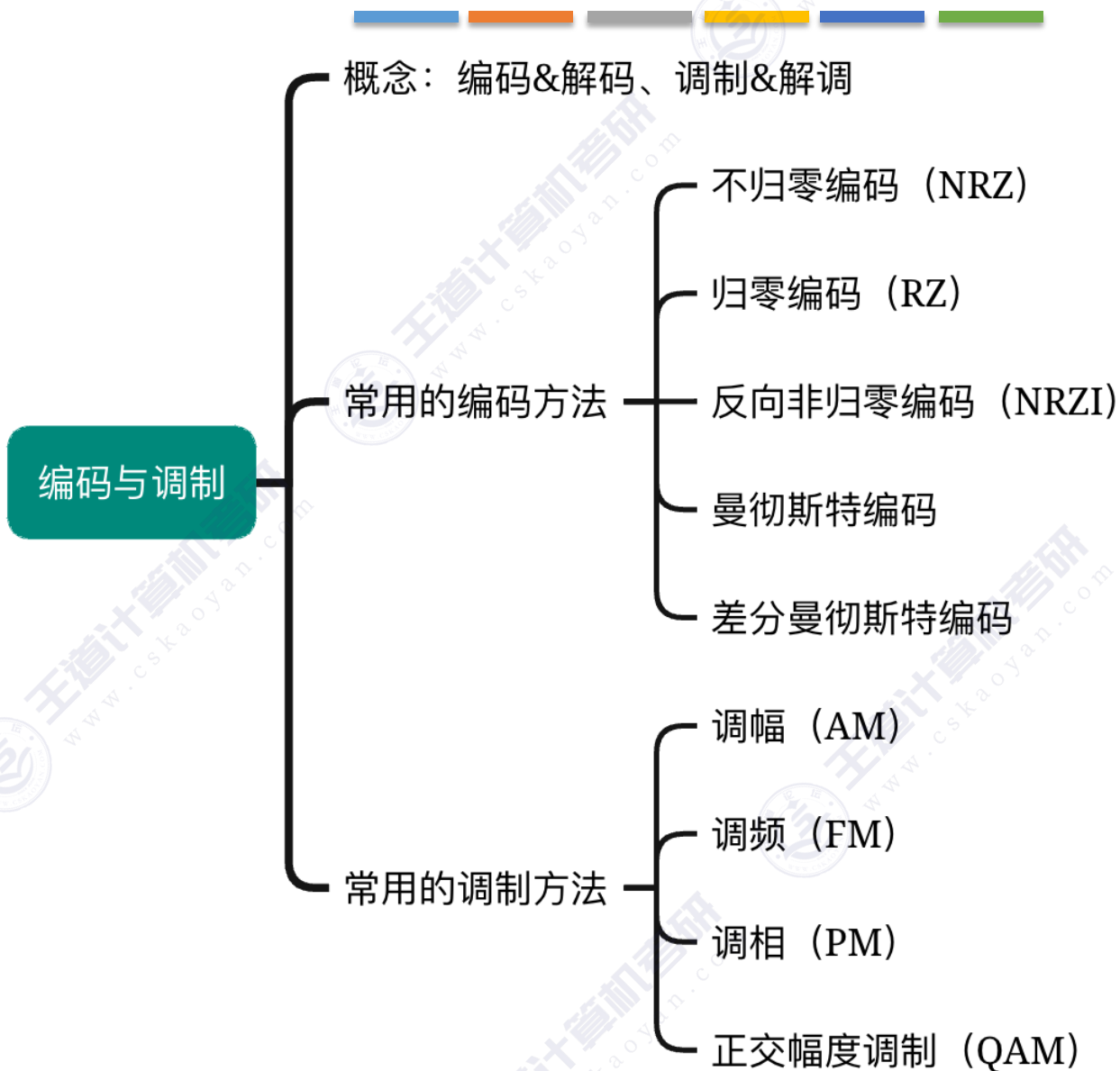


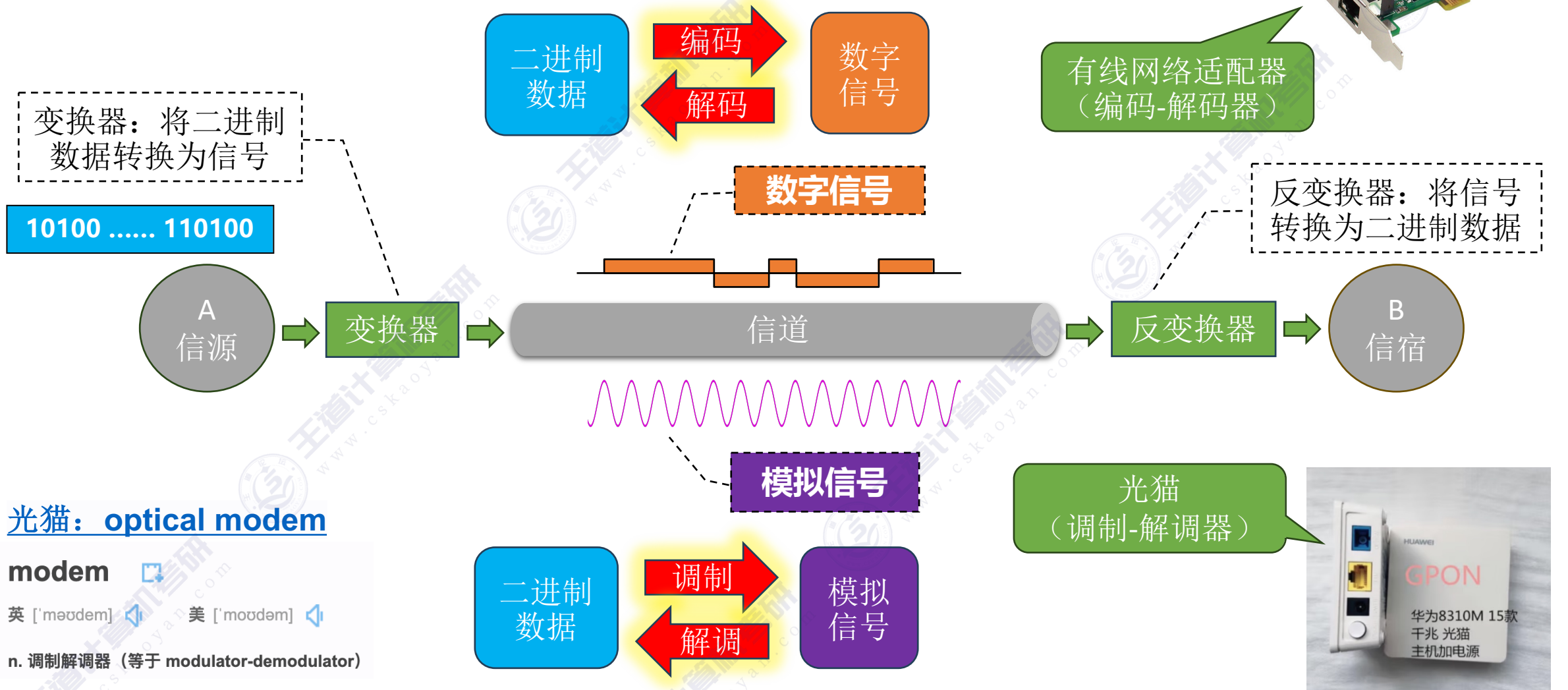
本节内容

编码与调制

知识总览



编码&解码、调制&解调



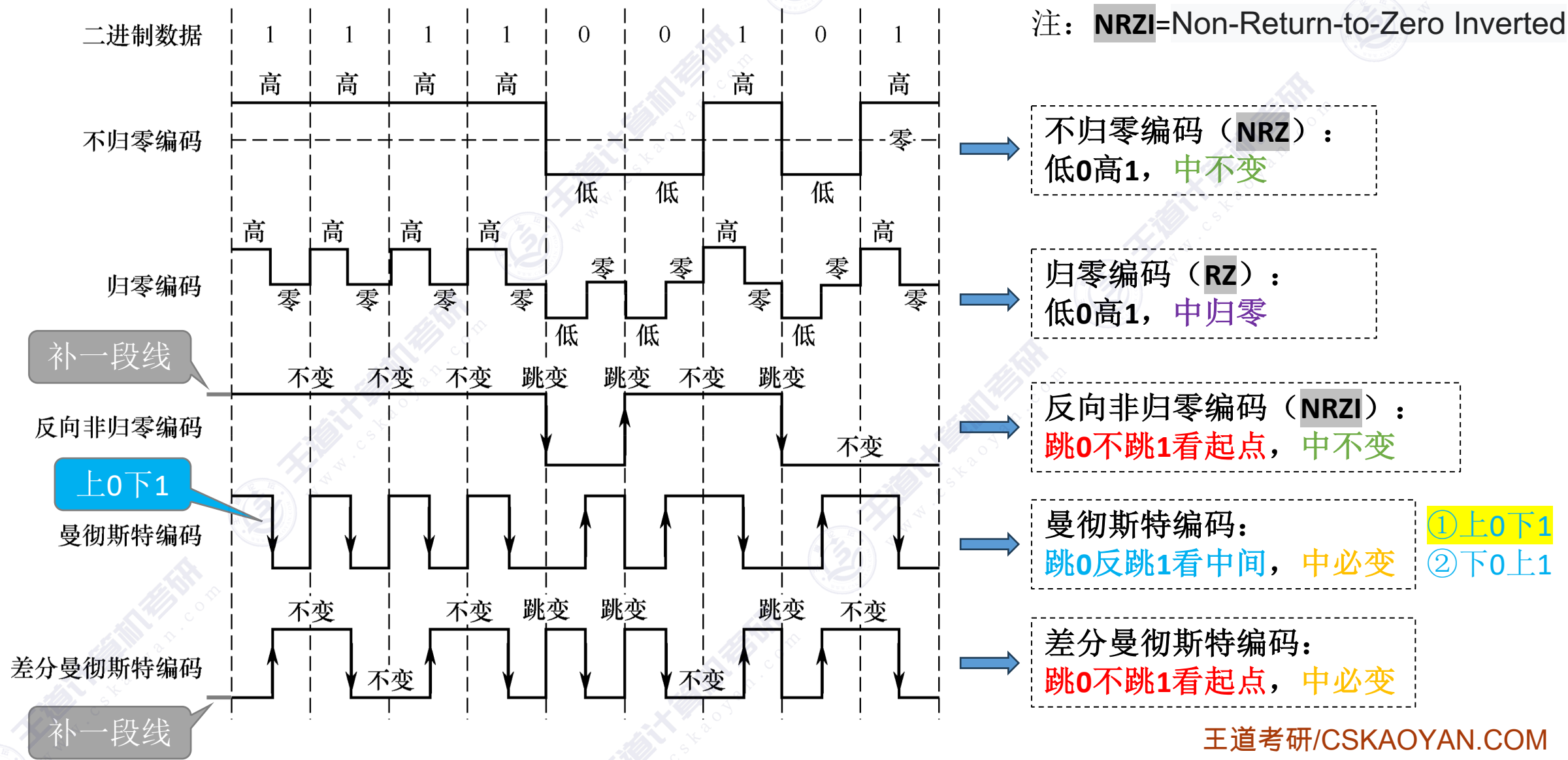
光猫: **optical modem**

modem

英 ['mɒdəm] 美 ['moʊdəm]

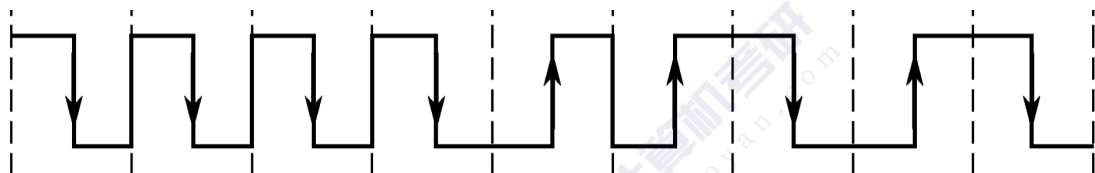
n. 调制解调器 (等于 modulator-demodulator)

常用的编码方法



曼彻斯特编码的两种标准

曼彻斯特编码



曼彻斯特编码：
跳0反跳1看中间，中必变

①上0下1

②下0上1

Data

1 0 1 0 0 1 1 1 0 0 1

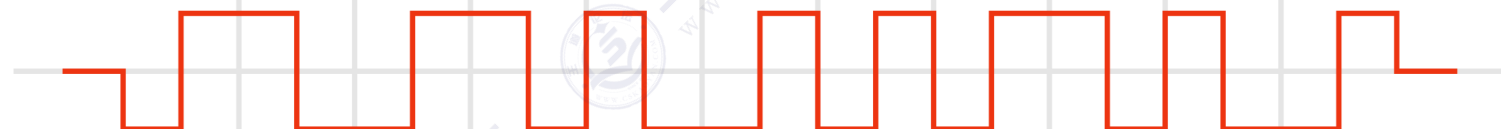
②下0上1

Manchester
(as per G. E. Thomas)



①上0下1

Manchester
(as per IEEE 802.3)



Tips: 做题时需注意，两种情况都可能出现。408真题中通常遵循 IEEE标准，即①上0下1

各种编码的特点

自同步能力：信源和信宿可以根据信号完成“节奏同步”，无需时钟信号

😭 **自同步能力** —— 无
😎 **浪费带宽**? —— 不浪费
😭 **抗干扰能力** —— 弱

😎 **自同步能力**? —— 有
😭 **浪费带宽**? —— 浪费
😭 **抗干扰能力** —— 弱

😎 **自同步能力** —— 若增加冗余位
(eg: 8+1bit), 可支持自同步
😎 **浪费带宽**? —— 浪一点, 但不多
😭 **抗干扰能力** —— 弱

😎 **自同步能力** —— 有
😭 **浪费带宽**? —— 浪费
😎 **抗干扰能力** —— 强

😎 **自同步能力** —— 有
😭 **浪费带宽**? —— 浪费
😎 **抗干扰能力** —— 强👍

二进制数据

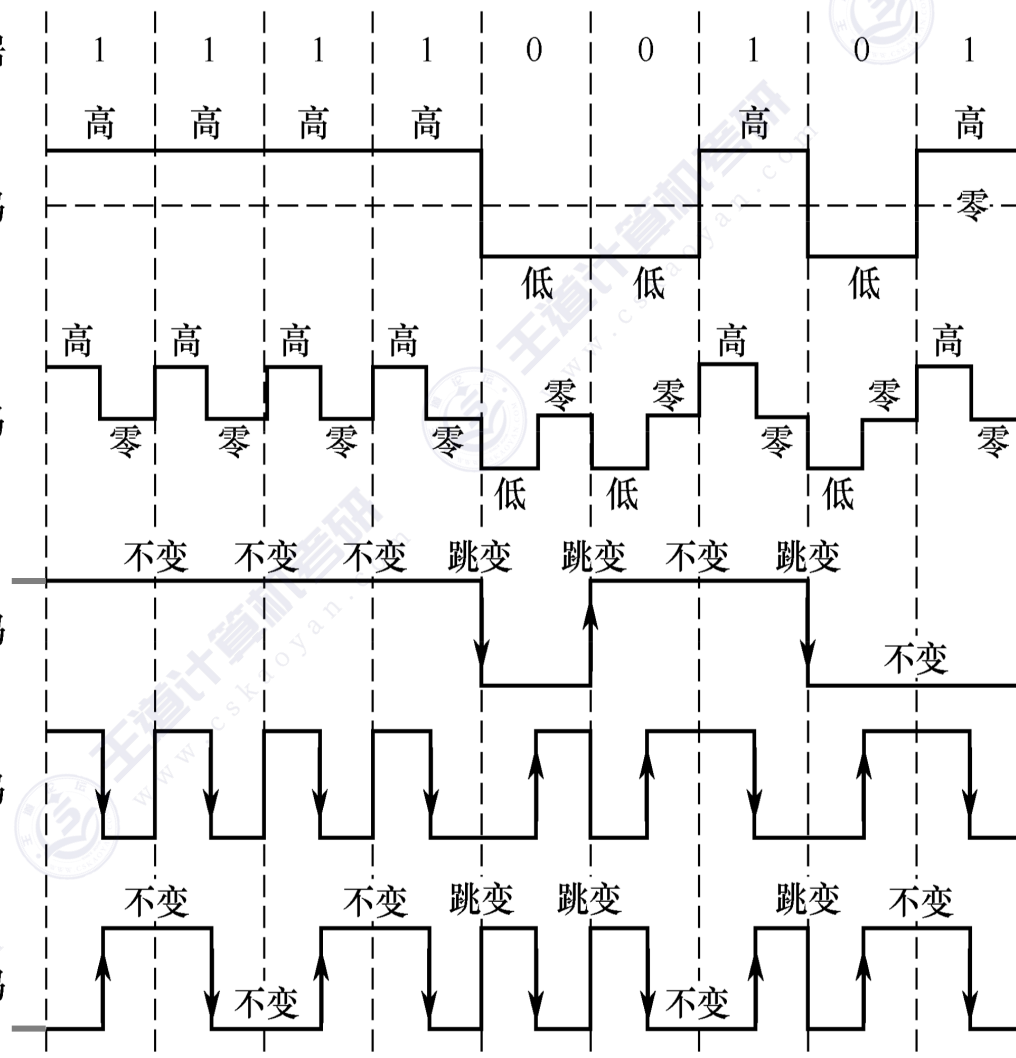
不归零编码

归零编码

反向非归零编码

曼彻斯特编码

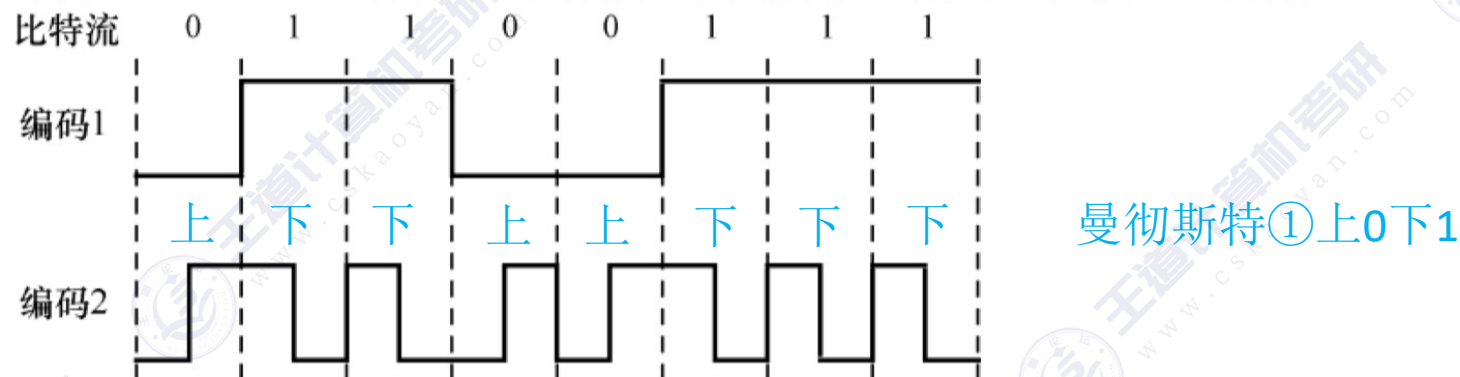
差分曼彻斯特编码



例题1

【2015年408真题_34】

34. 使用两种编码方案对比特流 01100111 进行编码的结果如下图所示，编码 1 和编码 2 分别是 ()。



A. NRZ 和曼彻斯特编码

B. NRZ 和差分曼彻斯特编码

C. NRZI 和曼彻斯特编码

D. NRZI 和差分曼彻斯特编码

不归零编码 (NRZ):
低0高1, 中不变

反向不归零编码 (NRZI):
跳0不跳1看起点, 中不变

曼彻斯特编码:
跳0反跳1看中间, 中必变

①上0下1
②下0上1

差分曼彻斯特编码:
跳0不跳1看起点, 中必变

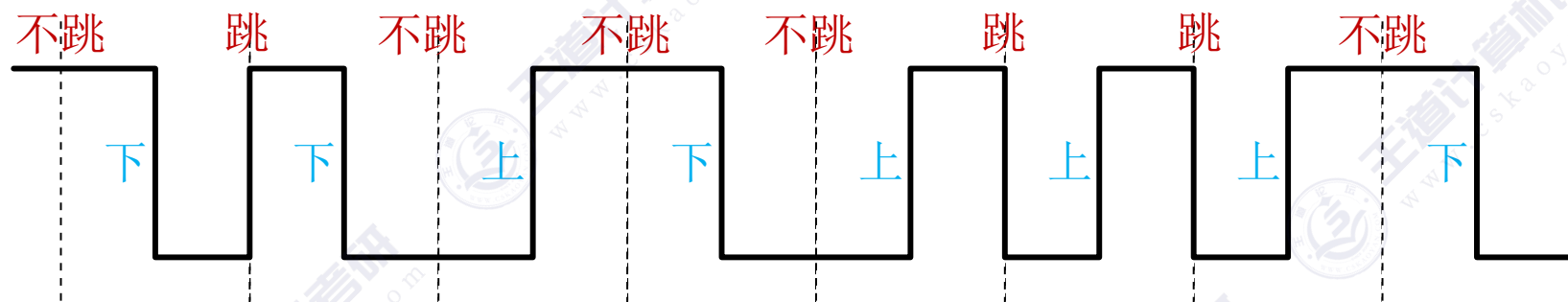
思考: 给你二进制串和信号波形, 如何判断是曼彻斯特 or 差分曼彻斯特?

技巧: 两种编码都是“中必变”, 如果中间跳变方向和二进制能够一一对应, 就是曼彻斯特

例题2

【2021年408真题_34】

34. 若下图为一段差分曼彻斯特编码信号波形，则其编码的二进制位串是（ ）。



如果是曼彻斯特：

①上0下1：11010001

②下0上1：00101110

A. 1011 1001

B. 1101 0001

C. 0010 1110

D. 1011 0110

差分曼彻斯特编码：

跳0不跳1看起点，中必变

曼彻斯特编码：

跳0反跳1看中间，中必变

①上0下1

②下0上1

思考：给你二进制串和信号波形，如何判断是曼彻斯特or差分曼彻斯特？

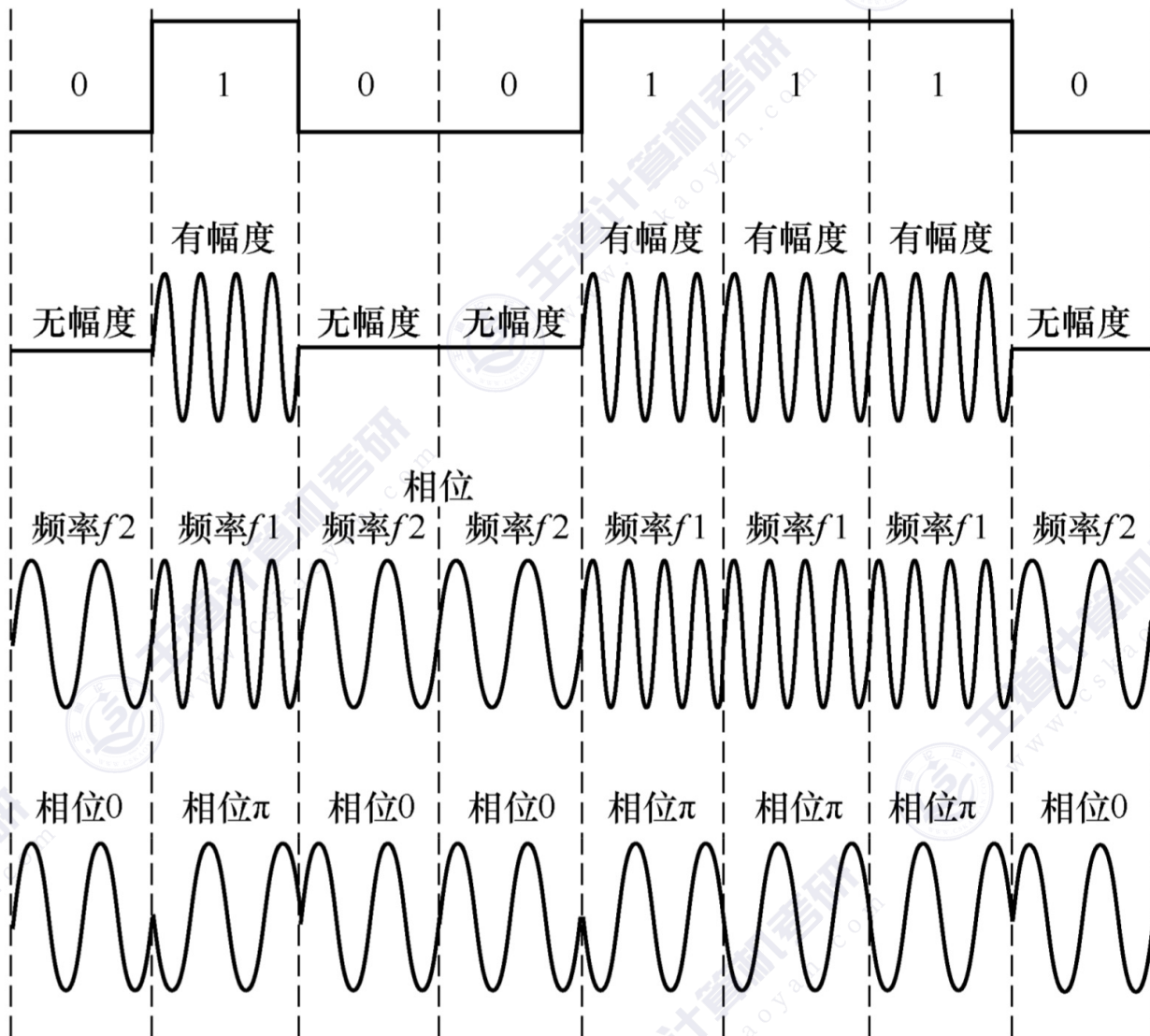
技巧：两种编码都是“中必变”，如果中间跳变方向和二进制能够一一对应，就是曼彻斯特

基带信号：来自信源的数字信号，需**调制**后才能在某些信道上传输

常用的调制方法

假设：一个信号周期为 4π 毫秒，记信号值为 y ，记时间为 x

基带信号



又名：幅移键控 (ASK)

调幅AM

频移键控 (FSK)

调频FM

相移键控 (PSK)

调相PM

正弦波**振幅**

$$y = \begin{cases} 0 \cdot \sin 2x & , \text{表示二进制0} \\ 1 \cdot \sin 2x & , \text{表示二进制1} \end{cases}$$

正弦波**频率**

$$y = \begin{cases} \sin 1 \cdot x & , \text{表示二进制0} \\ \sin 2 \cdot x & , \text{表示二进制1} \end{cases}$$

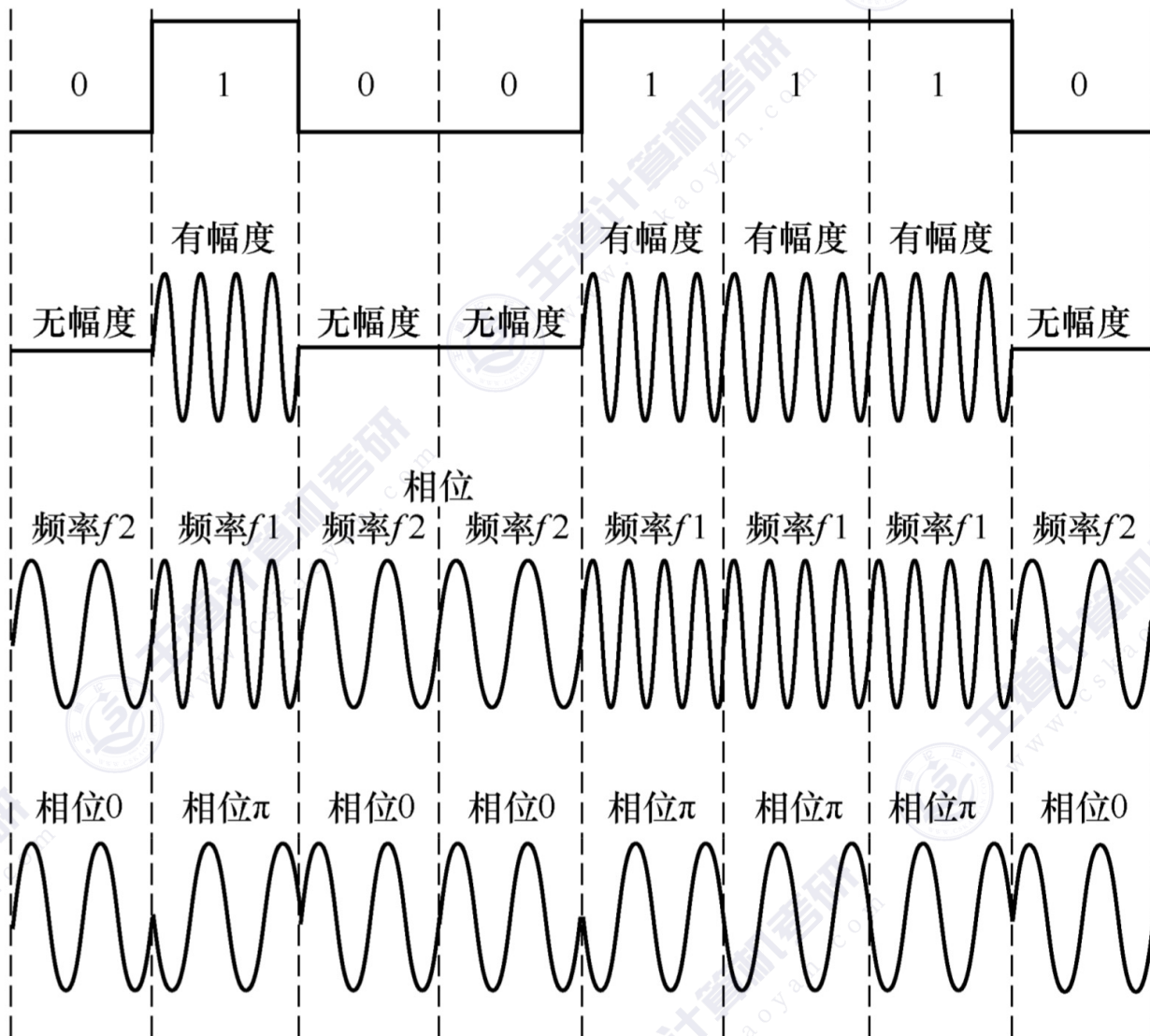
正弦波**相位**

$$y = \begin{cases} \sin(x + 0) & , \text{表示二进制0} \\ \sin(x + \pi) & , \text{表示二进制1} \end{cases}$$

基带信号：来自信源的数字信号，需**调制**后才可能在某些信道上传输

让一个码元携带更多比特

基带信号



又名：幅移键控 (ASK)

调幅AM

频移键控 (FSK)

调频FM

相移键控 (PSK)

调相PM

假设：一个信号周期为 4π 毫秒，记信号值为 y ，记时间为 x

若设计 K 个幅值，则
 $1\text{码元} = \log_2 K \text{ bit}$

$$y = \begin{cases} 0 \cdot \sin 2x & , \text{表示二进制0} \\ 1 \cdot \sin 2x & , \text{表示二进制1} \end{cases}$$

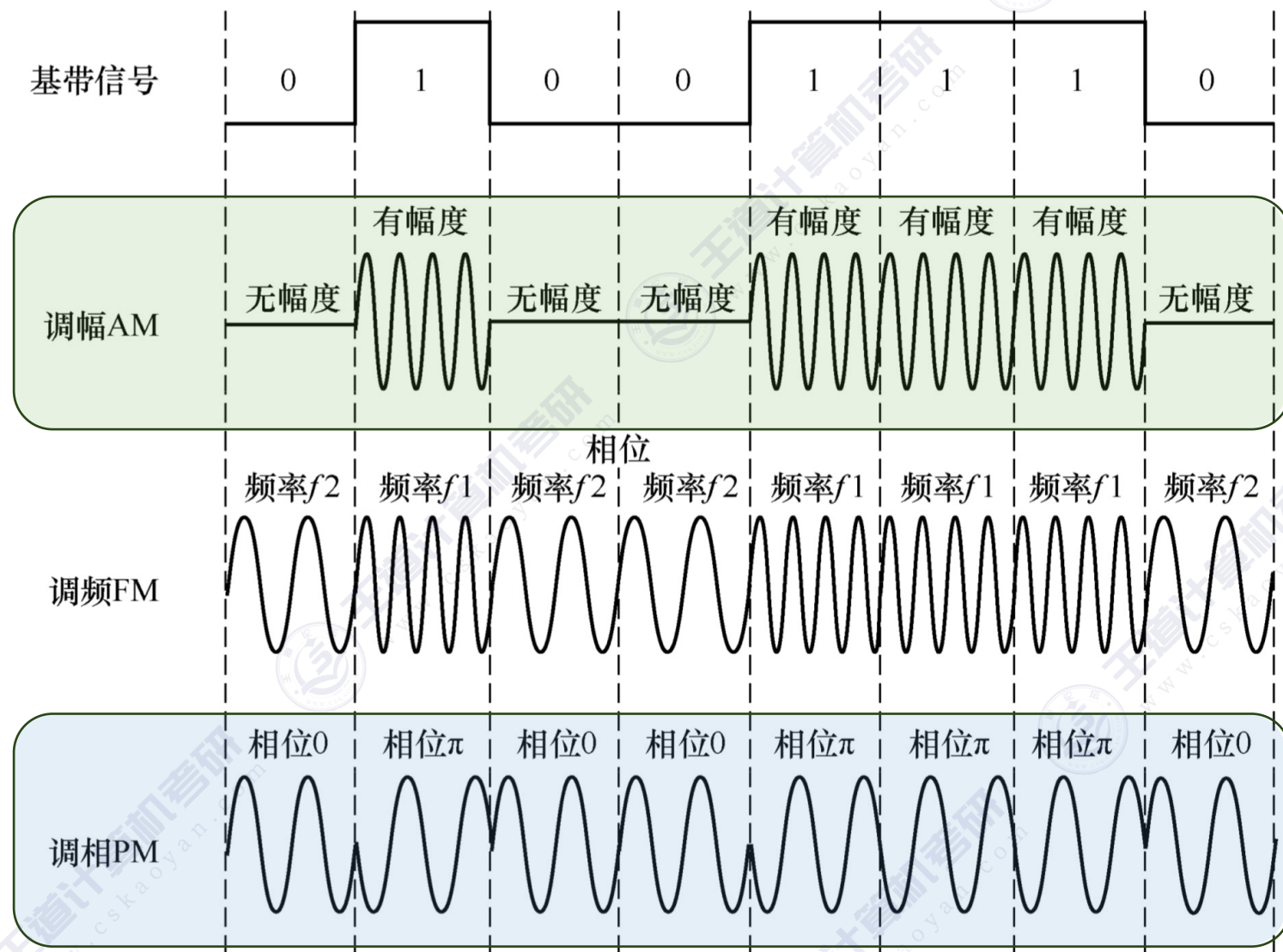
若设计 K 个频率，则
 $1\text{码元} = \log_2 K \text{ bit}$

$$y = \begin{cases} \sin 1 \cdot x & , \text{表示二进制0} \\ \sin 2 \cdot x & , \text{表示二进制1} \end{cases}$$

若设计 K 个相位，则
 $1\text{码元} = \log_2 K \text{ bit}$

$$y = \begin{cases} \sin(x + 0) & , \text{表示二进制0} \\ \sin(x + \pi) & , \text{表示二进制1} \end{cases}$$

正交幅度调制 (QAM)



若设计 m 种幅值、 n 种相位，则将AM、PM信号两两“复合”，可调制出 mn 种信号，则QAM

$$1 \text{ 码元} = \log_2 mn \text{ bit}$$

AM

PM

正交幅度调制 (QAM)：将AM、PM结合起来，形成叠加信号

补充：常用的QAM调制方案

【2023年408真题_34】

34. 某无噪声理想信道带宽为 4MHz，采用 QAM 调制，若该信道的最大数据传输速率是 48Mbps，则该信道采用的 QAM 调制方案是（ ）。

A. QAM-16

B. QAM-32

C. QAM-64

D. QAM-128

常用的QAM调制方案：

QAM-16 即调制**16种信号**，1码元携带 $\log_2 16 = 4$ **bit** 数据

QAM-32 即调制**32种信号**，1码元携带 $\log_2 32 = 5$ **bit** 数据

QAM-64 即调制**64种信号**，1码元携带 $\log_2 64 = 6$ **bit** 数据

QAM-128 即调制**128种信号**，1码元携带 $\log_2 128 = 7$ **bit** 数据

例题3

【2022年408真题_34】

使用奈奎斯特定理的前提条件

ASK调制，4种信号，即4种码元

34. 在一条带宽为 200 kHz 的无噪声信道上，若采用4个幅值的 ASK 调制，则该信道的最大数据传输速率是（ ）。

A. 200 kbps

B. 400 kbps

C. 800 kbps

D. 1600 kbps

奈奎斯特定理：无噪声信道上，极限波特率 = $2W$ （单位：波特，即 码元/秒）

每个码元携带 $\log_2 4 = 2\text{bit}$ 数据

该信道最大数据传输速率 = $2 \times 200\text{k} \times \log_2 4 = 800\text{kbps}$

例题4

【2009年408真题_34】

使用奈奎斯特定理
的前提条件

QAM调制, $4 \times 4 = 16$ 种信号,
即16种码元

34. 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 ()。
- A. 12kbps **B. 24kbps** C. 48kbps D. 96kbps

奈奎斯特定理: **无噪声**信道上, **极限波特率** = $2W$ (单位: 波特, 即 码元/秒)

每个码元携带 $\log_2 16 = 4\text{bit}$ 数据

该信道最大数据传输速率 = $2 \times 3\text{k} \times \log_2 16 = 24\text{kbps}$

知识回顾与重要考点

编码与调制



总结：各种编码的特点

注意：以太网默认使用曼彻斯特编码

	不归零（NRZ）	归零（NR）	反向不归零（NRZI）	曼彻斯特	差分曼彻斯特
自同步能力	无	有	若增加冗余位可实现自同步	有	有
浪费带宽？	无	浪费	不太浪费	浪费	浪费
抗干扰能力	弱	弱	弱	强	强