

通信原理复习题答案（参考）

四、简答题

- 1、有效性用于反映通信系统的传输的容量大小。
可靠性用于反映通信系统的传输的质量好坏。
通信系统有效性和可靠性是相互矛盾的，即提高有效性则可靠性下降。
- 2、抗干扰能力强；差错可以控制，从而改善传输可靠性；便于进行各种数字信号处理；保密性强；有利于实现综合业务通信网。
- 3、误码率是码元在传输中被传错的概率；
误信率是指错误接收的信息量占传输的总信息量的比例。
在二进制时，误码率和误信率在数值上相等；在 N 进制时，误信率要小于误码率。
- 4、有效性用于反映通信系统的传输的容量大小；
可靠性用于反映通信系统的传输的质量好坏。
模拟通信对有效性指标的指标为传输带宽，对有效性的指标为信噪比；
数字通信对有效性的指标为传输速率，对有效性的指标为差错率；
- 5、码元速率 R_B ——每秒钟传输的码元数目，单位波特；
信息速率 R_b ——每秒钟传输的信息量，单位比特/秒 (bit/s)
在二进制时，码元速率等于信息速率，只是单位不同；
在多进制时， $R_b = R_B \log_2 M$ ，M 为进制数。
- 6、信源编码、解码——考虑传输效率；
加密、解密——根据方法不同可能会带来有效性下降；
信道编码、解码——考虑适应信道，提高可靠性为主要目的，有效性将下降；
调制、解调——考虑适应信道，可靠性和有效性相矛盾，占用频带小的调制其可靠性将降低；
信道——传输特性的不理想和噪声的干扰是影响可靠性的主要因素。
- 7、恒参信道信号传输的影响是引起幅频特性和相频特性的畸变，从而最终导致产生码间干扰。
克服方法主要是采用均衡技术。
随参信道对信号传输的影响是引起衰落，克服方法主要是分集接收。
- 8、香农公式中“三要素”为：信道带宽、噪声功率谱密度和信号平均功率。
“三要素”的关系：理论上当 $S \rightarrow \infty$ 或 $n_0 \rightarrow 0$ 时信道容量 $C \rightarrow \infty$ ；
即使传输带宽无穷大，此时的信道容量也是有限的，因为此时的噪声功率也趋于无穷大。
- 9、香农公式表示在信道容量一定的情况下，信道带宽越宽（有效性下降），则要求信道提供的信噪比可以越小（可靠性提高），即可以提高抗干扰能力。对于调幅方式，其占用的频带要比调频方式占用的频带小，而抗干扰能力则要比调频方式的差，这正好符合香农公式所反映的两者间关系
- 10、插入导频法：插入导频法需要在发送端加导频插入电路，在接收段需加导频提取电路。
直接法：是从接收到的已调信号中提取载波，由于 DSB 信号其功率谱中不含有载波分量，必须加一非线性电路，然后再提取。
相比较而言，直接法无需在发送端增加任何电路，因此直接法较插入导频法容易实现且对信号传输的影响要小。
- 11、图 a 为抑制载波的双边带调幅 (DSB)；
图 b 为双边带调幅 (AM)。
图 a 的解调只能采用同步解调；
图 b 的解调可以采用包络检波和同步解调。

- 12、AM 已调信号波形的包络即为调制信号，采用包络检波的方式获得 AM 的包络线即恢复出原始信号；
DSB 已调信号波形的包络与调制信号的波形不一样，因此采用包络检波的方式所获得的 DSB 包络线不是已调信号波形，无法恢复出原始信号。
- 13、传输码应具备的特性为：①易于时钟提取；②无直流、高频和低频分量要少；③尽可能提高传输码的传输效率；④具有一定的检错能力；⑤设备简单。
- 14、NRZ 码含有直流且低频丰富，不易时钟提取，无检测差错能力，不适合作为传输码；
RZ 码含有直流且低频丰富，可以时钟提取，无检测差错能力，也不适合作为传输码；
AMI 码无直流、低频少，虽无时钟但易提取，有检测差错能力，可以作为传输码；
HDB₃码无直流、低频少，虽无时钟但易提取，有检测差错能力，弥补了 AMI 码受长串连0的影响但电路略比 AMI 码复杂，可以作为传输码；
- 15、AMI 码和 HDB₃码的共同点：不含直流分量、高低频分量较少；易于提取位定时的信息；具有一定的检错能力。适合于用作传输码。
AMI 码和 HDB₃码的不同点：AMI 码受信源的统计特性影响较大，尤其是出现长串连0时严重影响时钟的提取；HDB₃码解决了 AMI 码中长串连0的问题，最大连0数不超过3个。
- 16、含义是：把从波形形成输入到接收滤波器输出的传递函数 $H(\omega)$ 的幅频特性在 ω 轴上以 $2\pi/T_s$ 为间隔切开，然后分段沿 ω 轴平移到 $(-\pi/T_s, \pi/T_s)$ 区内将它们叠加起来，其结果应当为一固定值 T_s ，即叠加后的结果为理想低通特性就可以做到在抽样点上无码间干扰。
- 17、数字基带传输系统中由于传输特性的不理想，即频率特性失真，将引起脉冲信号的拖尾等现象，从而对后面的脉冲产生干扰，即码间干扰。
部分响应波形是将当前的脉冲响应波形与该脉冲、延时一各码元周期后的响应波形进行叠加的结果，显然在后一位码的位置存在有一个幅度与当前码幅度相等的人为码间干扰，由于该码间干扰是已知的，因此可以消除，也即对于部分响应来讲可以实现无码间干扰传输。
- 18、特点：人为加入码间干扰，在收端可以消除，带来频谱利用率等于理想低通 $2B/s$ ，相应波形的收敛加快从而减小定时抖动和漂移带来的影响。
关编码为：0+2+20-20+200+2+2+20
- 19、用示波器观察到的眼图可以反映数字脉冲经过传输后的变化和受影响情况以及接收系统对信号识别的相互间关系，如判决点偏离情况、抽样点偏离情况、过零点畸变情况、噪声和码间干扰情况等；
方法为：示波器采用外触发，即外触发信号用接收时钟，在判决再生器之前测量。
- 20、这是由于数字信号可以看作是模拟信号的特殊情况，因此从调制的原理上看是完全一致的，数字调制不采用模拟调制器来实现的原因是数字调制可以利用数字信号的开关特性来实现调制，这样可以使实现方便、电路简单。
- 21、采用非相干解调方式的数字通信系统可以不需要载波同步，但必须有位同步。
位同步的性能好坏将直接影响到抽样判决的结果，最终影响系统的误码率的大小。
- 22、数字调相系统多采用直接法载波同步方式，因此存在载波相位模糊现象。对于绝对调相的基带码元与载波相位间关系是固定的，因此载波相位模糊使得解调出的基带信号出现不确定，从而无法实现正常传输；而相对调相是利用载波相位的变化来表示基带码元，因此载波相位模糊不会影响载波相位的变化，故对相对调相解调出的基带信号不会产生影响。
- 23、数字相位调制的数学表示为

$$\begin{aligned} f_{PSK}(t) &= \cos[\omega_c t + \varphi(t)] \\ &= \cos \varphi(t) \cos \omega_c t - \sin \varphi(t) \sin \omega_c t \\ &= a(t) \cos \omega_c t + b(t) \sin \omega_c t \end{aligned}$$

显然 $a(t)$ 、 $b(t)$ 由调制信号确定，由此可见原来载波相位受调制信号控制的调相变成了幅度受调制信号控制的正交调幅。即数字调相可以用正交调幅来实现。

24、数字调制与模拟调制就调制原理而言完全一样，因为数字信号可以看作是模拟信号的特殊情况；然而由于数字信号具有开关特性，因此数字信号的调制可以利用其开关特性来实现，即键控方式，这样可以使调制实现起来简单。

多进制调制相比二进制调制在信息速率相同的情况下，可以获得较高的频谱利用率，进制数越高，频谱利用率也就越高；但抗干扰能力则较二进制有所下降，且进制数越高，抗干扰能力越差。

25、2PSK 的表示可写成正交调幅，由此其占用频带与调幅一样为 $B = 2f_s$ ，而 2FSK 的占用频谱为 $B = (f_2 - f_1) + 2f_s$ ，因此 2FSK 占用频带要大于 2ASK 和 2PSK；

2ASK、2FSK 和 2PSK 的抗干扰能力（均为相干解调）为：

$$\begin{array}{lll} 2\text{ASK} & p_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{\sqrt{r}}{2}\right) & 2\text{FSK} \quad p_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{r}{2}}\right) \quad 2\text{PSK} \quad p_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(\sqrt{r}) \end{array}$$

显然 2PSK 的抗干扰性能优于 2FSK，2FSK 的抗干扰性能优于 2ASK。

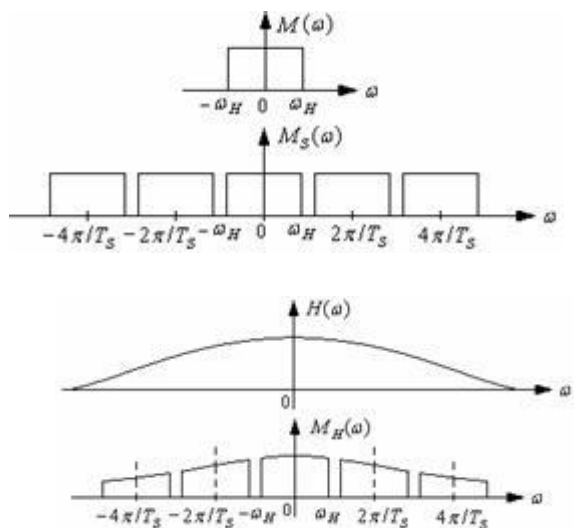
26、当 $f_s = f_H$ 时频谱前后相连，采用截止频率为 f_H 的理想低通滤波器可以还原出信号；当

$f_s \geq f_H$ 时频谱间有一些空隙，同样可以采用截止频率为 f_H 的理想低通滤波器还原出信号；

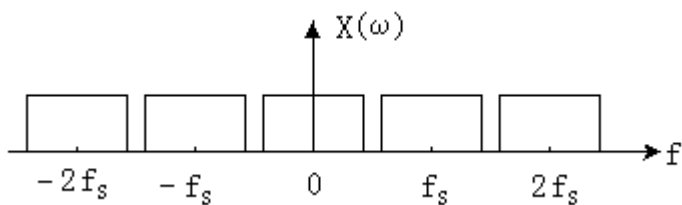
在 $f_s < f_H$ 时频谱产生重叠现象，此时还原不出原始信号。显然前两种可以不失真地还原出

原始信号，考虑到理想低通无法实现因此实际可行的为 $f_s \geq f_H$

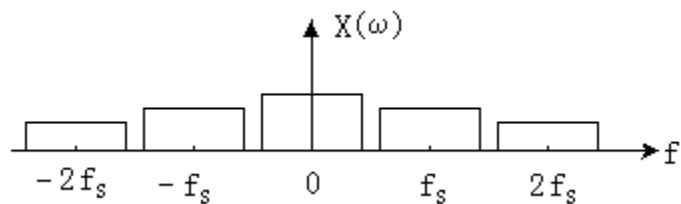
27、平顶抽样各点波形为：



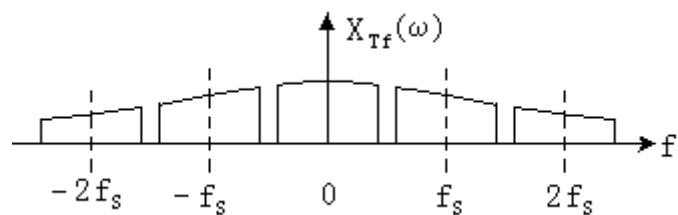
平顶抽样带来的失真的弥补方法：在接收端的低通滤波器前加一个特性为 $1/H(\omega)$ 的补偿网络。



30、冲击抽样、自然抽样和平顶抽样后的频谱如图：
冲击抽样频谱



自然抽样频谱

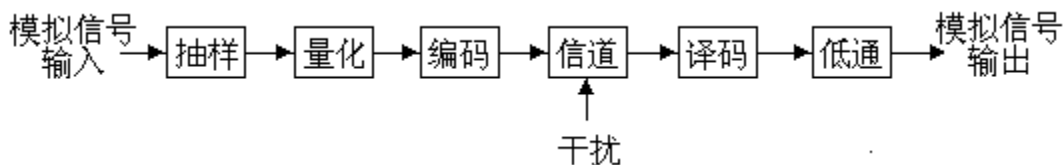


平顶抽样频谱有以上三种抽样后的频谱不难看出：三种抽样后的频谱排列规律是一样的，但幅度有所不同，其中冲击抽样、自然抽样后的频谱没有产生频谱失真，可以还原出原始信号；而平顶抽样后频谱产生了失真因此还原出的信号存在失真干扰，通常要采取均衡措施。

28、带通型信号是指信号的带宽 $B < f_L$ 的信号，该信号若采用低通型抽样定理进行抽样可以符合抽样要求，但将带来频谱利用不合理，抽样速率较高的现象，因此应采用带通型抽样定理进行抽样可以降低抽样速率。

29、由于电话信号小信号的概率大，采用均匀量化时小信号的量化误差较大（量化信噪比不够）。

各段的改善量分别为：24dB、24dB、18dB、12dB、6dB、0dB、-6dB、-12dB。



或 (16)、(16)、(8)、(4)、(2)、(1)、(1/2)、(1/4)

30、框图各部分的作用：抽样----将连续的模拟信号进行时间上的离散；
量化----将时间离散幅度连续的模拟信号进行幅度取值上的离散；
编码----将时间离散和幅度离散的多进制数字信号编成二进制码；
信道----用于信号传输媒介和设备；

干扰----传输信号的信道和设备所带来的噪声；

译码----编码的反变换过程；

低通----将译码输出的样值信号平滑还原成原始模拟信号。

31、抽样----实现时间上的离散，由于电话信号的带宽为4kHz 因此抽样频率取8kHz；

量化----实现幅度上的离散，采用非均匀量化以提高小信号时的量化信噪比；

编码----将非均匀量化后的信号编为8位二进制码。

信道----适合于数字信号传输的媒介和设备；

译码----编码的反变换过程，应补上半个量化级，使量化误差最小；

低通----恢复模拟信号，截止频率为4kHz，并应具有 $\frac{x}{\sin x}$ 的补偿。

32、这是由于四个基群的码元速率存在偏差，因此在复接前必须进行码速调整，同时还需要加入同步码，因此要将2048kb/s 调整到2112kb/s 然后才能进行复接。

采用正码速调整

33、最佳基带传输系统的含义是消除码间干扰且抗噪声性能最理想的系统；

在理想信道符合恒参信道且传输特性不会带来频率失真，因此不用考虑码间干扰，此时基带传输系统的结构为接收滤波器的特性与信号特性共轭匹配。

34、连贯式插入法是在每帧的开头集中插入帧同步码组的方法，接收端只要检测出帧同步码的位置，就可识别出帧的开头，从而确定各路码组的位置获得收发间的帧同步。

35、由于相调制方式，如 DSB、SSB、PSK、QAM 等，其已调信号的功率谱中不含有载波频率的成分。因此无法用窄带滤波器或锁相环直接从信号中提取出载波频率。这时首先需要将接收到的已调信号通过一个非线性的电路来产生载波频率（通常是载波频率二次谐波），然后再用窄带滤波器或锁相环来滤出载波频率。

36、采用非相干解调方式的数字通信系统可以不需要载波同步但必须要有位同步。

位同步用来进行抽样和信号整形，因此同步性能的好坏将对系统的误码率产生影响

37、插入导频法需要在发送端加导频插入电路，在接收段需加导频提取电路。直接法是从接收到的基带信号中提取位时钟，必须加一非线性电路来处理，然后再提取。

直接法无需在发送端增加任何电路，因此直接法较插入导频法容易实现且对信号传输的影响要小。