

# 通信原理期末考试题库

共 126 道题, 80 道简答题, 30 道计算题, 13 道证明题, 3 道

## 综述题

### 一、简答题

#### 第一章

1. 什么是模拟信号什么是数字信号

答: 在取值上连续的是模拟信号, 取值离散的是数字信号.

2. 消息和信息有何区别信息和信号有何区别

答: 消息是信息的形式, 信息是消息的内容, 而信号则是消息的表现形式

3. 数字通信有何优点

答: 数字通信采用 0 和 1 表示信息, 错误率较低, 而且在数字通信系统中, 可以采用纠错编码等差错控制及数字加密技术, 大大提高系统的抗干扰性, 同时数字信号便于储存和处理. 数字通信设备相对于模拟通信设备而言, 设计制造更容易, 体积更小, 重量更轻

4. 信息量的定义是什么信息量的单位是什么

答: 信息量表示传输信息的多少, 且信息量  $I = -\log_2 p_x$ . 当  $a=2$

时信息量的单位为比特, 简记为  $b$ ; 当  $a=e$  时信息量的单位为奈特; 当  $a=10$  时信息量的单位为哈特莱.

5. 按照占用频带区分, 信号可以分为哪几种

答: 基带信号和带通信号.

6. 信源编码的目的是什么信道编码的目的是什么

答: 信源编码的目的是它用以减小数字信号的冗余度, 提高数字信号的有效性. 信道编码的目的是提高信号传输的可靠性.

7. 调制的目的是什么

答: 1. 通过调制可以把基带调制信号的频谱搬移到载波频率附近. 2. 通过调制可以提高信号通过信道传输时的抗干扰能力

8. 数字通信系统有哪些性能指标

答: 传输速率、错误率、频带利用率和能量利用率.

9. 信道有哪些传输特性

答: 多径效应、快衰落和慢衰落.

10. 无线信道和有线信道的种类有哪些

答: 无线信道有: 地波、天波、视线传播, 有线信道有: 明线、对称电缆、同轴电缆.

11. 信道模型有哪几种

答：有调制信道模型和编码信道模型

12. 什么是调制信道什么是编码信道

答：把发送端调制器输出端至接收端解调器输入端之间的部分称为调制信道. 把编码器输出端至解码器输入端之间的部分称为编码信道.

13. 何谓多径效应

答：1. 信号的传输衰减随时间而变 2. 信号的传输时延随时间在变 3. 信号经过几条路径到达接收端, 而且每条路径的长度时延和衰减都随时间而变, 即存在多径传播现象.

14. 电磁波有哪几种传播方式

答：视线传播、地波和天波三种.

15. 适合在光纤中传输的光波波长有哪几个

答：和, 这两个光波波长在光纤中传输时损耗最小

16. 什么是快衰落什么是慢衰落

答：信号包络因传播有了起伏的现象称为衰落, 衰落得快, 则为快衰落, 衰落的慢, 则称慢衰落.

17. 信道中的噪声有哪几种

答：按照来源分类, 信道中的噪声可分为人为噪声和自然噪声两大类. 按照性质分类, 信道中的噪声可分为脉冲噪声、窄带噪声和起伏噪声三类

18. 热噪声是如何产生的

答：热噪声是由电阻性元器件中自由电子的布朗运动产生的

19. 何为确知信号何为随机信号

答：确知信号：取值在任何时间都是确知和可预知的信号.

随机信号：取值不确定, 且不能事先确切预知的信号.

## 第二章

20. 试分别说明能量信号和功率信号的特性.

答：能量信号：其能量等于一个有限正值, 但平均功率为 0;  
功率信号：其平均功率等于一个有限的正值, 但能量为无穷大.

21. 试用语言描述单位冲激函数的定义

答：单位冲激函数可以看做是一个高度为无穷大, 宽度无穷小, 面积为 1 的脉冲.

22. 试述信号的四种频率特性分别适用于何种信号.

答：频谱和功率谱密度适用于功率信号, 频谱密度和能量

谱密度适用于能量信号.

23. 频谱密度  $S_f$  和频谱  $C(j\omega_0)$  的量纲分别是什么

答: 频谱密度  $S_f$  的单位是幅度/频率  $V/Hz$ , 而  $C(j\omega_0)$  的单位是幅度  $V$ .

24. 随机过程的功率谱密度和自相关函数有什么关系

答: 平稳随机过程的功率谱密度  $f$  和自相关函数  $R$  是一对傅里叶变换, 即:

$$f = \frac{dR}{d\omega} \quad R = \int f d\omega$$

25. 随机变量的数字特征主要有哪几个

答: 数学期望、方差、矩.

26. 何谓平稳随机过程广义平稳随机过程和严格平稳随机过程有何区别

答: 若一个随机过程的统计特性与时间起点无关, 则称此随机过程是在严格意义上的平稳随机过程, 简称严格平稳随机过程. 若一个随机过程的平均值、方差和自相关函数等与时间起点无关, 则称其为广义平稳随机过程. 由于平均值、方差和自相关函数只是统计特性的一部分, 所以严格平稳随机过程一定也是广义平稳随机过程, 但是反过来广义平稳随机过程就不一定是严格平稳随机过程.

27. 何谓窄带平稳随机过程

答: 在通信系统中, 由于设备和信道受带通特性限制, 信号和噪声的频谱常被限制在一个较窄的频带内. 换句话说, 若信号或噪声的带宽和其“载波”或中心频率相比很窄,

则称其为窄带随机过程.

28. 何谓白噪声其频谱和自相关函数有何特点

答: 白噪声是指具有均匀功率谱密度  $f$  的噪声, 其功率谱密度和自相关函数是一对傅里叶变换.

29. 自相关函数有哪些性质

答. 1. 自相关函数的二阶原点矩  $R_0$  是平稳随机过程  $X_t$  的平均归一化功率.

2. 平稳随机过程的自相关函数  $R_\tau$  是偶函数

3. 平稳随机过程的归一化平均功率  $R_0$  是  $|R_\tau|$  的上界

30. 何谓随机过程各态历经性

答: 各态历经性表示一个平稳随机过程的一个实现能够经历此过程的所有状态.

31. 何谓物理可实现系统, 它应该具有什么性质

答: 对于物理可实现的系统, 首先应当满足因果关系, 即在信号输入之前不应有输出. 也就是说, 在输入冲激脉冲前不应有输出冲激响应, 并且冲激响应的能量应该是有限的.

32. 信号无失真传输的条件是什么

答: 1. 要求线性系统传输函数的振幅特性与频率无关, 是一条水平直线

2 要求其相位是一条通过原点的直线

33 随机过程通过线性系统时, 系统输出功率谱密度和输入

功率谱密度之间有什么关系

答：输出信号的功率谱密度等于输入信号的功率谱密度乘以，即： $f=f$

### 第三章

34. 调制的目的是什么

答：第一，通过调制可以把基带信号的频谱搬移到载波频率附近。第二，通过调制可以提高信号通过信道传输时的抗干扰能力。

35. 模拟调制可以分为哪几类

答：线性调制和非线性调制。

36. 线性调制有哪几种

答：线性调制主要有振幅调制；双边带调制；单边带调制；残留边带调制。

37. 双边带语音信号的带宽是否等于单边带语音信号带宽的两倍

答：是。

38. 对产生残留边带信号的滤波器特性有何要求

答：滤波器应该满足  $[H(f_0) + H(f - f_0)] = C; |f| < f_m$ 。

39. 振幅调制和双边带调制的区别何在两者已调信号带宽是否相等。

答：振幅调制的调制信号包含有直流分量，故已调信

号含有载频分量. 而双边带调制的一条信号不含直流分量, 故已调信号也就不含载频分量. 两者的已调信号带宽相等, 均为调制信号带宽的两倍

40. 残留边带调制特别适合与哪种基带信号

答: 它适合用于包含直流分量和很低频率分量的基带信号.

41. 非线性调制有哪几种

答: 频率调制和相位调制.

42. 试写出频率调制信号的带宽近似表达式

答:  $B \approx 2(\Delta\omega + \omega_m)(rad/s)$        $B \approx 2(\Delta f \text{ 或者 } Hz)$

43. 试述角度调制的主要优点

答: 抗干扰能力强, 特别适合在衰落信道中传输.

## 第四章

44. 模拟信号经过抽样后, 是否成为取值离散的信号了

答: 否. 只是成了时间上取值离散的信号.

45. 对于低通模拟信号而言, 为了无失真的恢复, 抽样频率和其带宽有什么关系

答: 抽样频率等于两倍的带宽.

46. 何为奈奎斯特抽样速率和奈奎斯特抽样间隔

答：模拟信号最高频率的两倍，称为奈奎斯特抽样速率，相应的最小抽样时间间隔称为奈奎斯特抽样间隔。

47. 发生频谱混叠的原因是什么

答：采样频率小于两倍的信号的频率。即  $f_s < 2f_H$ 。

语音通信通常用的标准抽样频率等于多少

答：8000Hz；

49. 非均匀量化有什么优点

答：能改善小信号的信噪比。

50. 信号量化的目的是什么

答：因为模拟信号是时间和幅度都连续变化的，而数字信号时间和幅度都是离散的，为了将模拟信号转化为数字信号，需要对其进行幅度上的量化。

51. 在 A 压缩律特性中，若用  $A=1$ ，将得到什么压缩效果

答：将会得到均匀量化的压缩效果。

52. 在  $\mu$  压缩律特性中，若选用  $\mu=0$ ，将会的到什么压缩效果

答：将会得到均匀量化的压缩效果。

53. 我国采用的语音量化标准，是符合 A 律还是  $\mu$  律。

答：我国采用的是 A 律

54. 在 PCM 电话系统中, 为什么常用折叠码进行编码

答: 因为电话信号是语音信号. 由于语音信号小电压出现的概率较大, 所以折叠码有利于减小语音信号的平均量化噪声.

55. 在 PCM 系统中, 信号量噪比和信号系统带宽有什么关系

答: PCM 系统的输出信号量噪比随系统的带宽  $B$  按指数规律增长.

56. 何为信号量噪比, 有无办法消除它

答: 信号量噪比是信号功率与量化噪声之比, 无法消除只能降低信噪比.

## 第五章

57. 何谓码间串扰它产生的原因是什么是否只在相邻的两个码元之间才有码间串扰

答: 相邻码元的相互重叠称为码间串扰. 码间串扰产生的原因是系统传输特性的不理想. 码间串扰不仅在两个码元之间才有.

58. 基带传输系统的传输函数满足什么条件时才不会引起码间串扰

答: 传输函数满足奈奎斯特准则就不会引起码间串扰, 即传输函数是实函数并且在  $f = W$  处奇对称.

59. 何谓奈奎斯特准则何谓奈奎斯特速率

答：当传输函数为实函数并且  $f = W$  处奇对称，那么系统就不会引起码间串扰。这称为奈奎斯特准则。一个低通传输系统能够达到的最高速率为带宽的两倍，这一速率称为奈奎斯特速率。

60. 何谓迫零调整法它有什么优缺点

答：在输出中除了所需码元的抽样值外，另输出中其他的抽样值均为 0，用着一方法来调整横向滤波器的系数，称为迫零法，优点：实现相对简单，缺点：没有考虑噪声的影响。

61. 何谓“眼图”它有什么功用在示波器的 X 和 Y 轴上加入什么电压才能观看眼图

答：用示波器显示的基带信号的波形多构成的图形称为眼图，眼图可以显示传输系统性能缺陷对于基带数字信号传输的影响，在示波器的 X 轴上加入一个锯齿波，Y 轴上加入接收信号的码元序列，才能观看眼图。

## 第六章

62. 何谓带通调制带通调制的目的是什么

答：将基带数字信号调制到一个载波上，使载波的一个或几个参量上载有基带数

字信号的信息，这样的调制称为带通调制。带通调制的目的是使已调信号的频谱

位置适合在给定的带通信道中传输.

63. 在用矢量图表示一个正弦波时, 试问矢量的旋转方向规定是顺时针方向, 还是逆时针方向

答: 逆时针. 图见 P115 何谓相干接收何谓非相干接收

答: 接收端需用一个与发送端同频同相的相干载波与接收信号做乘法, 这种接收

方法称为相干接收. 若不需要相干载波的接收方法称为非相干接收.

65. 试问 2ASK 信号的带宽和其基带信号的带宽有何关系

答: 2ASK 信号的带宽是基带信号带宽的两倍.

66. 试问常用的 2FSK 解调方法是相干解调还是非相干解调为什么

答: 2FSK 信号常采用非相干解调方法. 因为非相干解调无需本地载波, 实现成

本较低, 而抗信道干扰和信道噪声的能力也挺强.

67. 试问 2PSK 信号相邻码元间的波形是否连续和什么因素有关

答: 载波频率和码元速率之间的关系决定了 2PSK 信号相邻码元之间的波形是否

连续.

68. 试问 2DPSK 信号相邻码元波形是否连续和什么因素有关

答: 除了与 2PSK 类似的因素外, 2DPSK 信号相邻码元波形

是否连续还和基带信号跳变有关.

69. 试问 2PSK 信号和 2ASK 信号之间有什么关系

答: 两种信号的功率谱相似, 只是 2ASK 信号多了对应载波的离散谱分量. 2PSK 信号可以看成是抑制载波的 2ASK 信号, 也可看成是两个载波相反的 2ASK 信号. 两者的带宽相等.

## 第七章

70. 何谓载波同步试问在什么情况下需要载波同步

答: 本地载波和接收信号的频率和相位的同步称为载波同步. 在接收端作相干解调时需要载波同步.

71. 试问插入导频法载波同步有什么优缺点

答: 不增加频谱资源, 但需要消耗功率.

72. 试问哪类信号频谱中没有离散载频分量

答: 无直流分量的基带信号经过调制后就没有离散的载频分量, 如 SSB、VSB、2PSK 等等.

73. 试问载波同步的性能有哪些要求

答: 载波同步精度, 同步建立时间、同步保持时间.

74. 何谓位同步试问位同步分为几类

答: 位同步的目的是使每个码元得到最佳的解调和判决. 位同步可以分为外同步法和自同步法两大类.

75. 何谓自同步法自同步法又可以分为几种

答：自同步法是从信号码元中提取其包含的位同步信息. 可以分为开环码元同步法和闭环码元同步法.

76. 何谓群同步群同步有哪几种方法

答：群同步的目的是能够正确的将接收码元序列分组, 使接收信息能够被正确理解. 群同步有方法分为两种, 第一种是在发送端利用特殊的编码方法使码组本身自带分组信息. 第二种是在发送码元序列中插入用于同步的群同步码.

77 群同步的主要性能指标是什么

答：假同步概率和漏同步概率.

78. 比较开环法和闭环法网同步优缺点.

答：开环法优点是捕捉快, 不需要反向链路也能工作和实时运算量小. 缺点是需要外部提供所需的链路参量数据, 并且缺乏灵活性. 闭环法则不需要预先得知链路参量的数据, 缺点是终端站需要有较高的实时处理能力, 并且每个终端站和中心站之间要有双向链路.

79. 在英文字母中 E 的出现概率最大, 等于, 其信息量是多少

答：信息量  $I = -\log_2 p$

80. 一个信号源输出四进制等概率信号, 其码元宽度为 125us. 其码元速率和信息速率是多少

答：其码元速率 $=8000$  Bd, 等概率时 $M=8000 \times 4=16$  Kb/s

## 二、计算题

1. 某个信息源由 A、B、C 和 D 等 4 个符号组成. 设每个符号独立出现, 其出现的概率分别为  $1/4$ 、 $1/4$ 、 $3/16$ 、 $5/16$ , 试求该信息源中每个符号的信息量.

解：根据  $I=-p_x$  得：

符号 A 的信息量为 $=-p_A=-\log_2(1/4)=2$  b

符号 B 的信息量为 $=-p_B=-\log_2(1/4)=2$  b

符号 C 的信息量为 $=-p_C=-\log_2(3/16)=4-3=1$  b

符号 D 的信息量为 $=-p_D=-\log_2(5/16)=4-5=1$  b

2. 某个信息源由 A、B、C 和 D 等 4 个符号组成. 这些符号分别用二进制码组 00、01、10、11 表示. 若每个二进制码元用宽度为 5ms 的脉冲传输, 试分别求出在下列条件下的平均信息速率.

1 这 4 个符号等概率出现；

2 这 4 个符号出现的概率分别为  $1/4$ 、 $1/4$ 、 $3/16$ 、 $5/16$ .

解：1 平均信息量  $I = -4 = 2 \text{ b}$

平均信息速率  $= 200 \text{ b/s}$

2 平均信息量  $I = \dots = \text{b}$

平均信息速率  $= \text{b}$

3. 国际莫尔斯电码用点和划的序列发送英文字母, 划用持续 3 单元的电流脉冲表示, 点用持续 1 个单位的电流脉冲表示, 且划出现的概率是点出现概率的 1/3.

1 求点和划的信息量;

2 求点和的平均信息量.

解：1 由已知条件划出现的概率是点出现概率的 1/3, 即

$$P_f = \frac{1}{3} P_2$$

且  $P_1 + P_2 = 1$ , 所以  $P_1 = 1/4, P_2 = 3/4$

划的信息量  $I_1 = -\log_2 \frac{1}{4} = 2 \text{ bit}$

点的信息量  $I_2 = -\log_2 \frac{3}{4} = 0.415 \text{ bit}$

2 平均信息量  $H = \frac{3}{4} \times 0.415 + \frac{1}{4} \times 2 = 0.8 \text{ bit/符号}$

4. 设随机过程  $X_t$  可以表示成:

$$X(t) = 2\cos(2\pi t + \theta), -\infty < t < \infty$$

式中 $\theta$ ，是一个离散随机变量，它具有如下概率分布：

$$P(\theta=0)=0.5, P(\theta=\pi/2)=0.5$$

试求  $E[X(t)]$  和  $R_X(0, 1)$ 。

解：由数学期望的公式

$$E[X(t)] = p_1 X(t)|_{\theta=0} + p_2 X(t)|_{\theta=\frac{\pi}{2}}$$

$$\text{得： } E[X(t)] = \frac{1}{2} \cdot 2\cos 2\pi t + \frac{1}{2} \cdot 2\cos\left(2\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

代入  $t=1$ ，可得

$$E[X(1)] = \frac{1}{2} \cdot 2\cos 2\pi + \frac{1}{2} \cdot 2\cos\left(2\pi + \frac{\pi}{2}\right) = 1$$

由自相关函数公式可得：

$$\begin{aligned} R_X(t_1, t_2) &= E[X(t_1)X(t_2)] = p_1 [X(t_1)X(t_2)]|_{\theta=0} + p_2 [X(t_1)X(t_2)]|_{\theta=\frac{\pi}{2}} \\ &= \frac{1}{2} [2\cos 2\pi t_1 \times 2\cos 2\pi t_2] + \frac{1}{2} \left[ 2\cos\left(2\pi t_1 + \frac{\pi}{2}\right) \times 2\cos\left(2\pi t_2 + \frac{\pi}{2}\right) \right] \end{aligned}$$

$t_1=0, t_2=1$  代入得

$$R_X(0, 1) = \frac{1}{2} \times 4 \cos^2 0 + \frac{1}{2} \times 4 \cos^2 \frac{\pi}{2} = 2$$

5. 设一个信号  $s(t)$  可以表示成  $s(t) = 2\cos(2\pi t + \theta) \quad -\infty < t < \infty$ ，

试问它是功率信号还是能量信号，并求出其功率谱密度

或能量谱密度

解：∵  $s(t) = 2 \cos(2\pi t + \theta) = 2 \cos[2\pi(t+1) + \theta] = s(t+1)$  是持续时间无限长的周期信号，周期为  $2\pi$

∴ 它是功率信号，下面求其功率谱密度  $P(f)$ 。

频谱函数：

$$\begin{aligned} C_n &= \frac{1}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} s(t) e^{-j2\pi n f_0 t} dt = \frac{1}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} 2 \cos(2\pi t + \theta) e^{-j2\pi n f_0 t} dt \\ &= e^{j\theta} \frac{\sin[\pi(1-n)]}{\pi(1-n)} + e^{-j\theta} \frac{\sin[\pi(1+n)]}{\pi(1+n)} \end{aligned}$$

仅当  $n = \pm 1$  时  $C_n$  才不等于 0，其它值为零

即

$$C_n = e^{j\theta} \quad n = 1$$

$$C_n = e^{-j\theta} \quad n = -1$$

$$C_n = 0 \quad n = \text{其它值}$$

所以  $|C_n|^2 = 1 \quad n = \pm 1$

$$\text{令 } C_f = \begin{cases} C_n & f_0 = n f_0 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

则功率谱密度为：

$$f(x) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |C_f|^2 \delta(f_0 - n f_0) = \delta(f_0 - f_0) + \delta(f_0 + f_0)$$

6. 已知噪声的自相关函数  $R_n(\tau) = \frac{k}{2} e^{-k|\tau|}$ ,  $k$  为常数.

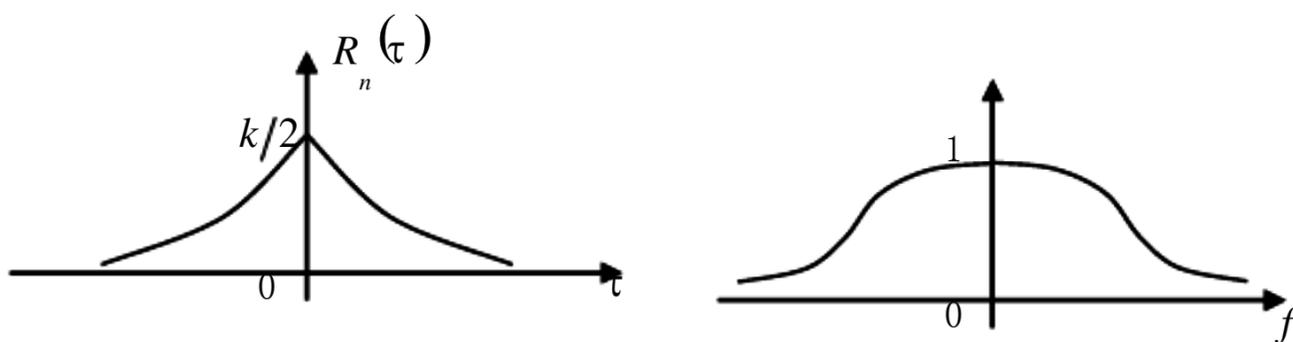
1 试求其功率谱密度函数和功率  $P$ ;

2 画出和的曲线.

解: 1 
$$P_n(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} R_n(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{k}{2} e^{-k\tau} e^{-j\omega\tau} d\tau = \frac{k^2}{k^2 + (2\pi f)^2}$$

$$P = R_n(0) = k/2$$

2 和的曲线如图所示:



7. 设有一个 LC 低通滤波器如图 2-4 所示. 若输入信号是一个均值为 0、双边功率谱密度为的高斯白噪声时, 试求

1 输出噪声的自相关函数.

2 输出噪声的方差.

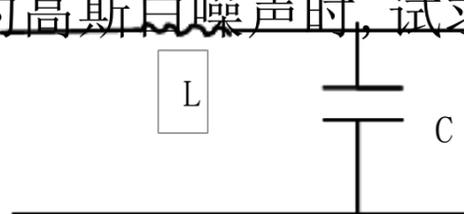


图 2-4 LC 低通滤波器

解: 1 LC 低通滤波器的系统函数为 :

$$\frac{\frac{2}{j2\pi fC}}{\frac{2}{j2\pi fL} + j2\pi fL} = \frac{1}{1 - 4\pi^2 f^2 LC}$$

输出过程的功率谱密度为:

$$P_0(\omega) = P_i(\omega) |H(\omega)|^2 = \frac{n}{2} \frac{1}{1 - \omega^2 LC}$$

对功率谱密度做傅立叶反变换, 可得自相关函数为:

$$R_0(\tau) = \frac{Cn}{4L} \exp\left(-\frac{C}{L} |\tau|\right)$$

输出亦是高斯过程, 因此

(2)

$$\sigma^2 = R_0(0) - R_0(\infty) = R_0(0) = \frac{Cn}{4L}$$

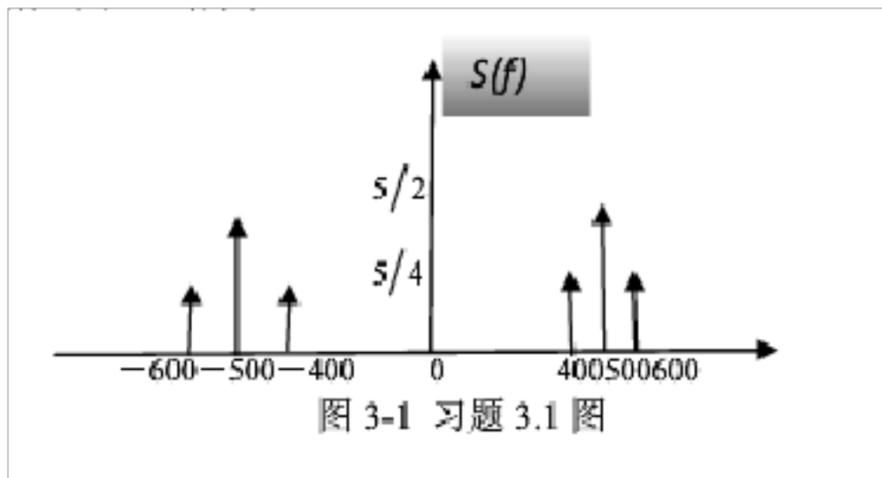
8. 设一个载波的表达式  $c(t) = 5\cos 1000\pi t$ , 基带调制信号的表达式为:  $m(t) = 1 + \cos 200\pi t$ . 是求出振幅调制时已调信号的频谱, 并画出此频谱图.

$$\begin{aligned} \text{解: } s(t) &= m(t)c(t) = (1 + \cos 200\pi t) \cdot 5\cos 1000\pi t \\ &= 5\cos 1000\pi t + 5\cos 200\pi t \cos 1000\pi t \\ &= 5\cos 1000\pi t + \frac{5}{2}(\cos 1200\pi t + \cos 800\pi t) \end{aligned}$$

由傅里叶变换得

$$S(f) = \frac{5}{2}[\delta(f + 500) + \delta(f - 500)] + \frac{5}{4}[\delta(f + 600) + \delta(f - 600)] + \frac{5}{4}[\delta(f + 400) + \delta(f - 400)]$$

已调信号的频谱如图



9. 设一个频率调制信号的载频等于 10KHz, 基带调制信号是频率为 2KHz 的单一正弦波, 调制频移等于 5kHz. 试求其调制指数和已调信号的带宽.

解: 由题意, 已知  $f_m = 2\text{kHz}$ ,  $\Delta f = 5\text{kHz}$ , 则调制指数为

$$m_f = \frac{\Delta f}{f_m} = \frac{5}{2} = 2.5$$

已调信号的带宽:  $B = 2(\Delta f + f_m) = 2(5 + 2) = 14\text{kHz}$

10. 设一基带调制信号为正弦波, 其频率等于 10KHz. 振幅等于 1V. 它对频率为 10mHz 的载波进行相位调制, 最大调制相移为 10rad. 试计算次相位调制信号的近似带宽. 若现在调制信号的频率变为 5kHz, 试求其带宽.

解: 由题意,  $f_m = 10\text{kHz}$ ,  $A_m = 1\text{V}$       最大相移  $\varphi_{\max} = 10\text{rad}$

瞬时相位偏移为  $\varphi(t) = k_p m(t)$       则  $k_p = 10 \cdot$

瞬时角频率偏移为  $d \frac{d\varphi(t)}{dt} = k_p \omega_m \sin \omega_m t$

最大角频偏移  $\Delta\omega = k_p \omega_m$

因为相位调制和频率调制的本质是一致的, 根据对频率调制的分析, 可得调制指数

$$m_f = \frac{\Delta\omega}{\omega_m} = \frac{k_p \omega_m}{\omega_m} = k_p = 10$$

因此, 此相位调制信号的近似带宽为

$$B = 2(1 + m_f) f_m = 2(1 + 10) * 10 = 220 \text{kHz}$$

若  $f_m = 5 \text{kHz}$ , 则带宽为

$$B = 2(1 + m_f) f_m = 110 \text{kHz}$$

11. 设角度调制信号的表达式为

$$s(t) = 10 \cos(2\pi * 10^6 t + 10 \cos 2\pi * 10^3 t).$$

试求: 1 已调信号的最大频移; 2 已调信号的最大相移; 3 已调信号的带宽;

解: 1 该角波的瞬时角频率为

$$\omega(t) = 2 * 10^6 \pi + 2000\pi \sin 2000\pi t$$

$$\text{故最大频偏 } \Delta f = 10 * \frac{2000\pi}{2\pi} = 10 \text{kHz}$$

$$2 \text{ 调频指数 } m_f = \frac{\Delta f}{f_m} = 10 * \frac{10^3}{10^3} = 10$$

故已调信号的最大相移  $\Delta\theta = 10rad$

3 因为 FM 波与 PM 波的带宽形式相同, 即

$$B_{FM} = 2(1 + m_f) f_m,$$

所以已调信号的带宽为

$$B = 2(10 + 1) * 10^3 = 22kHz$$

12. 若语音信号的带宽在 300-400Hz 之间, 试按照奈奎斯特准则计算理论上信号不失真的最小抽样频率.

解: 由题意  $f_H = 3400Hz, f_L = 300Hz$

故语音信号的带宽为

$$B = 3400 - 300 = 3100Hz;$$

$$f_H = 3400Hz = 1 * 3100 + \frac{3}{31} * 3100 = nB + kB;$$

即  $n=1, k=3/31$ ;

根据带通信号的抽样定理, 理论上信号不失真的最小抽样频率为

$$f_s = 2B(1 + \frac{k}{n}) = 2 * 3100 * (1 + \frac{3}{31}) = 6800$$

13. 若信号  $x(t) = \sin(314t) / 314t$

试问:

1 最小抽样频率为多少才能保证其无失真地恢复

2 在最小抽样频率对其抽样时, 为保存 3min 的抽样, 需要保存多少个抽样值

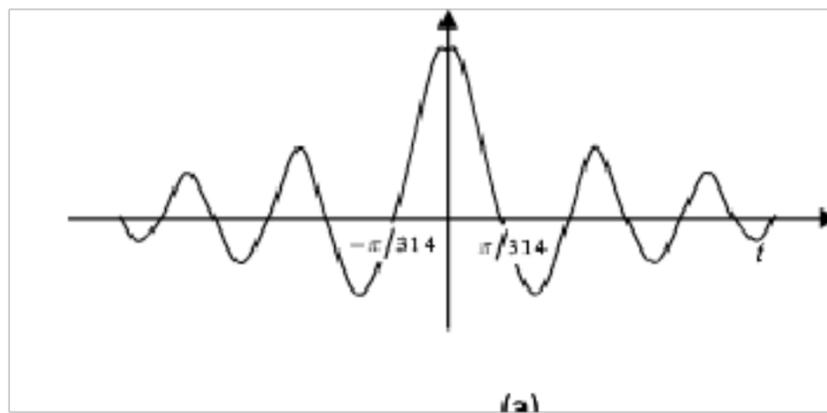
解:  $s(t) = \sin(314t) / 314t$  , 对应的傅里叶变换为

$$S(\omega) = \begin{cases} \frac{\pi}{314}, & |\omega| \leq 314 \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

信号  $s(t)$  和对应的频谱  $S(\omega)$  如图所示, 所以

$$f_H = \omega_H / 2\pi = 314 / 2\pi = 50\text{Hz};$$

根据低通信号的抽样定理, 最小频率为  $f_s = 2f_H = 100\text{Hz}$ , 即每秒采 100 个抽样点, 所以 3min 共有:  $100 \times 360 = 36000$  个抽样值



14. 设被抽样的语音信号的带宽限制在 300-3400Hz, 抽样频率等于 8000Hz. 试画出已抽样信号的频谱, 并在图上注明各频率点的坐标值

解: 已抽样语音信号的频谱如图所示

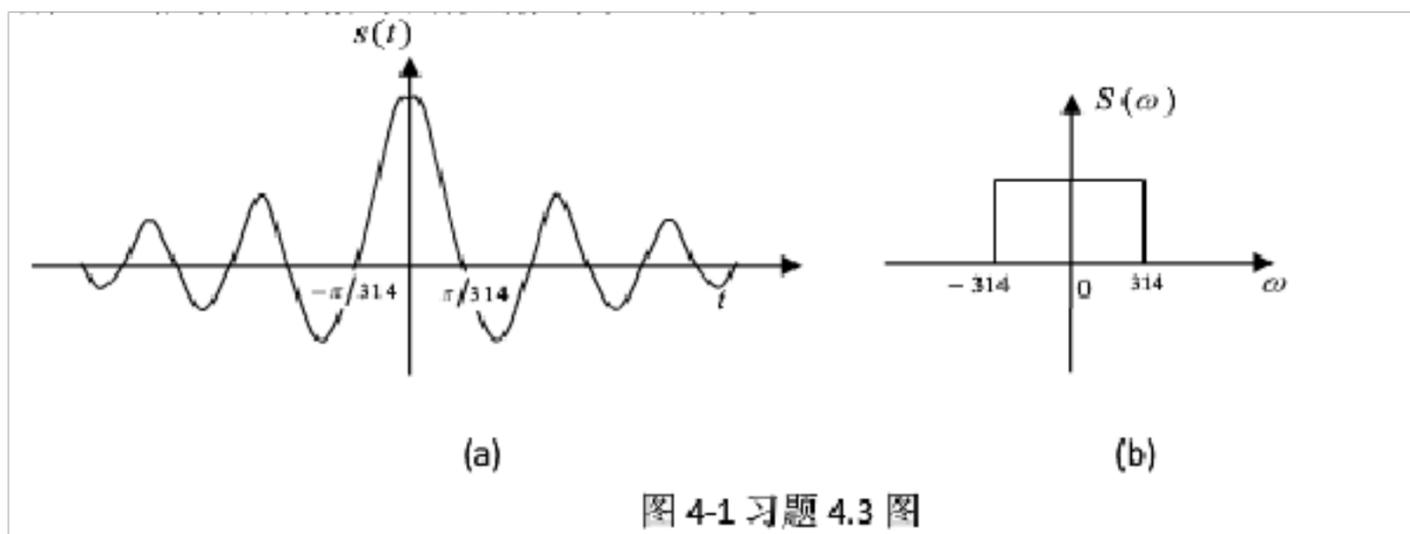
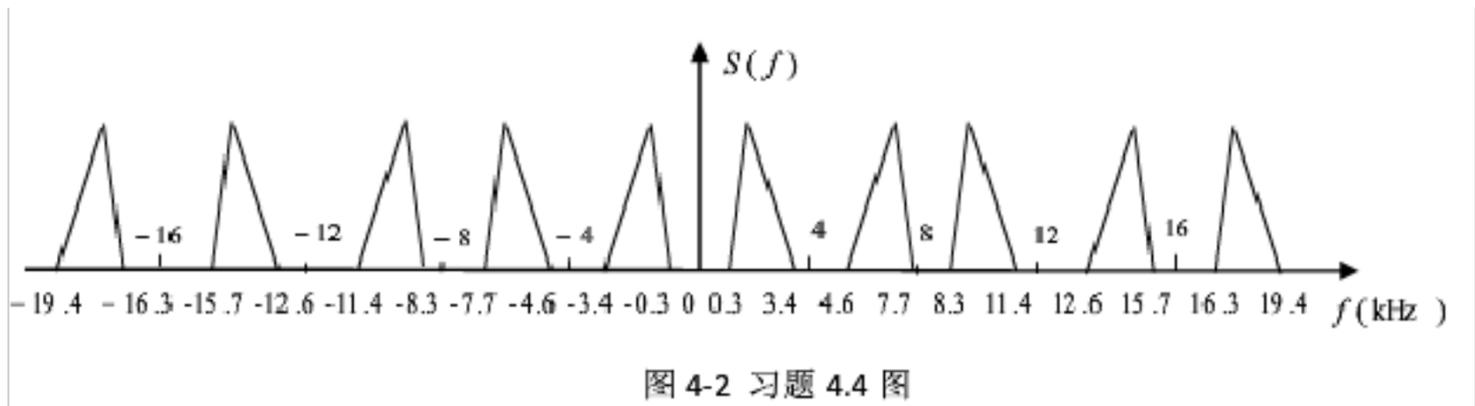


图 4-1 习题 4.3 图

$S_f$  的频谱为:



15. 已知消息码序列为 101, 试写出相应的 AMI 码及其  $HDB_3$  码序列.

解:

消息码:

1 01100000000101

AMI 码:

-1 0 +1-1000000000 +10-1

HDB3 码:

-1 0 +1-1000 -V +B 00+V0 -10+1

或:

+1 0 -1 +10 00 +V -B 0 0 -V 0 +10-1

16. 设一个二进制基带传输系统的传输函数为

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/867016030043006055>