理工科考研辅导系列 电子信息类

通信原理

「名校考研真题详解」

金圣才 主编

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

理工科考研辅导系列（电子信息类）

通信原理名校考研真题详解

金圣才　主　编

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书分为10章，每章包括三部分内容：第一部分是重点和难点解析；第二部分是名校考研真题详解；第三部分是名校期末考试真题详解。

本书所选题目均为知名院校近年的考研或期末考试真题，且本书对所有真题均进行了详细解答。通过这些真题及其详解，读者可以在很大程度上了解和掌握相关院校考研、期末考试的出题特点和解题方法。

本书适合备战考研和大学期末考试的读者，同时，对于参加相关专业同等学力考试、自学考试、资格考试的考生而言，本书也具有较高的参考价值。

图书在版编目（CIP）数据

通信原理名校考研真题详解 / 金圣才主编. -- 北京
: 中国水利水电出版社, 2010.3
（理工科考研辅导系列. 电子信息类）
ISBN 978-7-5084-7267-6

Ⅰ. ①通… Ⅱ. ①金… Ⅲ. ①通信理论－研究生－入学考试－解题 Ⅳ. ①TN911-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第034579号

书　　名	理工科考研辅导系列（电子信息类） **通信原理名校考研真题详解**
作　　者	金圣才　主　编
出版发行	中国水利水电出版社 （北京市海淀区玉渊潭南路1号D座　100038） 网址：www.waterpub.com.cn E-mail：sales@waterpub.com.cn 电话：（010）68367658（营销中心）
经　　售	北京科水图书销售中心（零售） 电话：（010）88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排　　版	北京零视点图文设计有限公司
印　　刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规　　格	184mm×260mm　16开本　18.5印张　462千字
版　　次	2010年3月第1版　2010年3月第1次印刷
印　　数	0001—4000册
定　　价	35.00元

编　委　会

前　　言

通信原理是通信、电子、电气、信息等相关学科的重要专业基础课程，也是相关专业硕士研究生入学考试的必考内容之一。为了帮助广大读者掌握电路课程的学习方法和解题思路，顺利通过研究生入学考试或大学期末考试，我们在综合分析各大院校近年来出题特点的基础上，编写了本书。

本书共分为10章，每章包括三部分内容：第一部分主要是根据各高校的教学大纲、考试大纲等对本章的重点和难点进行归纳，并进行简要解析；第二部分主要是精选知名院校近年的考研真题，并进行详细解答；第三部分主要是精选知名院校近年的本科期末考试真题，并进行详细解答。

本书具有如下特点：

（1）所选题目均为知名院校近年的考研或期末考试真题，这些题目具有很高的代表性。通过这些真题及其详解，读者可以在很大程度上判断和把握相关院校考研和大学期末考试的出题特点、解题要求等。

（2）对所有考试真题均进行了详细解答，了解历年真题不是目的，关键是要通过真题解答掌握和理解相关知识点，因此，本书不但精选了真题，同时还对所有的真题进行了详细解答。

本书适合备战电路考研和大学期末考试的读者，同时，对于参加相关专业同等学力考试、自学考试、资格考试的考生而言，本书也具有较高的参考价值。

参与本书编写的人员主要有辛灵轩、张永翰、陈志、董兵兵、许明波、孔丽娜、张彩云、汤明旺、辛灵暧、吴义东、段辛云、段辛雷等。

我们始终抱着一种严肃、认真的态度来编写本书，力求使内容准确、完整。但由于编者水平有限，时间仓促，不妥之处，真诚地请读者批评和指正。

在本书编写过程中，参考了很多考生的复习资料，不能一一核实其最终出处。如有疑问，请与编辑或作者（ytchenzip@163.com）联系。

作者

2009年12月

目　　录

第 1 章　绪　　论

1.1　重点与难点解析

（一）本章重点与难点

1．通信与通信系统的基本概念。
2．通信系统的组成及各部分的作用。
3．数字通信系统和模拟通信系统的比较。
4．数字系统性能优化——有效性和可靠性。

（二）重点与难点解析

1．通信与通信系统的基本概念

通信：传输与交换消息的过程。

电通信：用电信号携带所要传递的消息，然后经过各种电信道进行传输与交换，以达到通信的目的。

通信系统：为完成通信任务所需的一切设备和传输媒质所构成的总体。

2．通信系统的组成和各部分的作用

通信系统的一般模型如图 1-1 所示：

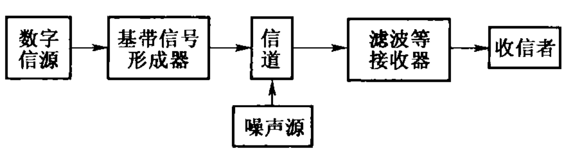


图 1-1　数字通信系统的一般模型

（1）信源：即原始电信号的来源，它的作用是把原始消息信号转换为相应的电信号。这样的电信号通常称为消息信号或基带信号。一般基带信号的频率都比较低，而且最高频率与最低频率之间的比值很大，可以远大于 1。

（2）发送设备：基带传输时，发送设备只要有放大器、滤波器等即可。但通常基带信号需要经过调制以后，将频谱搬移到较高的频率范围后再传输，这种经过调制后频谱变高的信号称为频带信号，对于频带信号的传输称为频带传输。当采用频带传输时，发送设备主要包括调制器、振荡器、放大器、滤波器等。

（3）信道与噪声：在发送设备和接收设备之间用于传输信号的媒质称为信道，目前常用的信道有架空明线、电缆、光缆等有线信道和中长波、短波、微波等无线信道。

信号在处理和传输过程中都会受到各种噪声的干扰，从而使信号产生失真。噪声主要来自信道，但也分散在通信系统的其他部分。为方便起见，在通信系统的一般模型中把噪声集中画在一起，以噪声源表示。

（4）接收设备：接收设备的功能与发送设备相反，其作用是从受噪声影响的有噪信号中区分信号和噪声，对其进行必要的处理和变换，以恢复相应的基带信号。

（5）收信者：其作用是将恢复出来的基带信号转换成相应的消息。

3. 数字通信系统与模拟通信系统的比较

数字通信系统与模拟通信系统相比，其主要优点如下：

（1）抗噪声性能好。

（2）数字接力通信（中继）时可以消除噪声的积累。

（3）可以采用信道编码降低误码率，提高通信质量。

（4）便于加密。

（5）便于处理、存储和交换。

（6）便于和计算机等连接，综合传递各种消息，使通信系统功能增强。

其主要缺点是占用的频带比较宽。

4. 提高数字通信可靠性的技术

（1）以付出带宽换取可靠性，如无线扩频调制 CDMA，可扩展带宽成百上千倍，甚至当信噪比小于 1，即 0dB 以下时，仍可有较强抗干扰性，正确接收信号。

（2）降低传输速率，即在同样信息量的条件下延长传输时间可提高可靠性。

（3）采用适当的信号波形及均衡措施，可消除信号码元波形间干扰，提高正确判决概率。第五章基带数字信号传输理论的奈奎斯特三个准则，有效地解决了“符号间干扰”(ISI)`问题。

（4）选用调制与解调方式提高可靠性，如采用数字调频较调幅有较好的接收质量，最佳接收的解调方式优于包络解调效果。

（5）优良的信号设计可提高抗干扰能力，发送信号序列表示不同信号的码字或波形函数之间的相关性。

（6）提高抗干扰能力，减少差错最有效、也最常用的方法是利用差错控制编码。前面已经提到，它是以增加冗余而实施自动纠错或检错重发的技术措施，或者在要求的误码率不变时，采用纠错码可以降低对信噪比的要求。

1.2 名校考研真题详解

【1-1】（同济大学 2006 年硕士研究生入学考试试题）数字通信系统的重要质量指标之一是有效性，请分析提高数字通信系统信息传输有效性的措施。

解：提高数字通信系统信息传输有效性的措施主要包括：

（1）以带宽换取可靠性，如无线扩频调制。

（2）降低传输速率，即在同样信息量的条件下，延长传输时间可以提高可靠性。

（3）采用适当的信号波形及均衡措施，可消除信号码元波形间的干扰，提高正确判决概率。

（4）选用调制与解调方式提高可靠性，如采用数字调频较调幅有较好的接收质量。

（5）优良的信号设计可以提高抗干扰能力，可使发送符号波形之间正交。

（6）提高抗干扰能力、减少差错最有效且最常用的方法是利用差错控制编码——即信道编码技术。

【1-2】（同济大学 2005 年硕士研究生入学考试试题）数字化已成为信息社会发展的方向，从通信系统原理出发分析通信系统采用数字信号的优点，并讨论数字通信系统的主要性能指标及其关系。

解：

（1）对通信系统而言，采用数字信号的优点是：

1）各种信源信息形式便于用统一的编码格式进行处理与存储，也便于构成进入信道或通信网进行有效与可靠传输的信号方式；

2）数字编码系列中可以按要求加入有关附加信息代码，以达到控制、管理和纠错等功能；

3）可设计不同的编码格式，表达码字的码型、波形，提高抗干扰、抗噪声能力；

4）按香农公式，以增加传输带宽或降低传输速率为代价，使抗噪声能力（信噪比）指数律增大；

5）便于加密与保密通信和信息存储；

6）可以适应各种信道环境进行传输，如数字基带传输；

7）可以进行时分复用、正交复用，采用数字频带传输可利用指定或适宜的传输频带；

8）实现频分复用、码分复用多址等多用户共享通信资源，有效和可靠地传输。

（2）数字通信系统的主要性能指标及其关系如下：

1）传输速率（码元传输速率 P_{B}，信息传输速率 R_{b}， $R_{\mathrm{b}} = R_{\mathrm{B}} \log_2 M$；频带利用率：

$$\eta = \frac{R_{\mathrm{B}}}{B} Bd / Hz = \frac{R_{\mathrm{b}}}{B} b/(s.\mathrm{Hz})$$

2）差错率（误码率 P_{e}，误信率（误比特率） P_{b}，在二进制系统中 $P_{\mathrm{e}} = P_{\mathrm{b}}$）。

3）传输速率反映数字通信系统的有效性，而差错率反映数字通信系统的可靠性，设计数字通信系统时要综合考虑传输速率和差错率。

【1-3】（天津大学 2004 年研究生入学考试试题）在移动通信中，什么是越区切换？什么是漫游？

解：

（1）越区切换：当移动用户离开基站较远时，无线传输质量将慢慢下降，这时通信系统需将移动用户转移到另一个基站，这种过程即为切换。

（2）漫游：在移动通信系统中，每个移动用户都归属于某个特定的交换局，并由该交换局为其提供通信服务，当移动用户离开其归属的交换局的服务区，而进入其他交换局（被访交换局）服务区时，如果该用户仍能享受移动业务服务，则称该服务业务为漫游。

【1-4】（南京邮电大学 2004 年硕士研究生入学考试试题）举例说明现行的有线电话系统、移动通信系统以及无线市话（小灵通）系统所采用的调制方式？

解：各种通信系统的调整方式举例说明如下：

有线电话系统（PCM）

移动通信系统：移动（GMSK），联通（CDMA）——QPSK

无线市话（小灵通）（$\frac{p}{4}$QRSK）

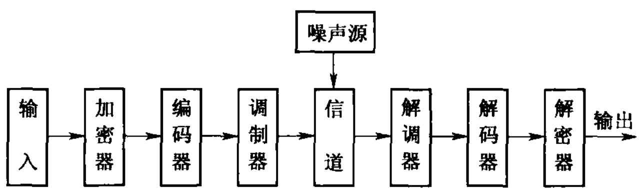
【1-5】（北京邮电大学 2000 年硕士研究生入学考试试题）什么是通信系统的误码率和误信率？两者是否相等？

解：误码率是码元在传输系统中被传错的概率；误信率是二进制码元在传输系统中被丢失的概率。

对二进制码元传输系统，两者在数值上相等；多进制时，误码率和误信率在数值上不等。

【1-6】（西安电子科技大学 2000 年硕士研究生入学考试试题）画出数学通信系统的一般模型，并简述其主要优缺点。

解：数字通信系统的一般模型如图 1-2 所示：



或：

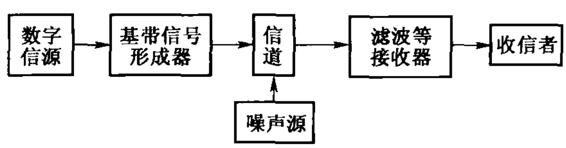


图 1-2

数字通信的主要优点是：①抗干扰能力强，尤其可利用中继方式并消除噪声积累，以实现远距离通信；②传输差错可以受到控制；③便于用现代数字信号处理技术；④易于实现加密；⑤便于传递各种信息。

数字通信的一般缺点是：传输同样的模拟信号（比如话音）时数字通信系统所需带宽要比模拟通信系统的带宽要宽得多。

【1-7】（同济大学 2006 年硕士研究生入学考试试题）数字通信系统有效性的主要性能指标是______或______；可靠性的主要性能指标是______或______；信源编码提高通信系统的______；信道差错控制编码提高通信系统的______。

答案：比特率；单位带宽的比特率、频带利用率；误码率；差错率、误比特率；有效性；可靠性

【1-8】（同济大学 2006 年硕士研究生入学考试试题）通信使用的频段是按频率划分的，音频的频率范围是______，而卫星或太空通信的频率范围是______。

答案：0.3~3 KHz；3~30 GHz

【1-9】（同济大学 2006 年硕士研究生入学考试试题）通信系统中码间串扰是指______，码间串扰影响通信系统的______；改善码间串扰的主要方法有______、______。

答案：本码元判决时有别的码元值；误码率；部分响应技术；时域均衡技术

【1-10】(北京邮电大学 2005 年硕士研究生入学考试试题) 设一离散无记忆信源的输出由 4 种不同的符号组成，它们的出现概率分别为 1/2、1/4、1/8、1/8，则此信源平均每个符号包含的信息熵为______。若信源每毫秒发出一个符号，那么此信源平均每秒输出的信息量为______。

答案：1.75 bit/symbol；1.75 kbps

解析：根据信息熵的计算公式 $-(p_1\log p_1+\cdots p_n\log p_n)$ 可求得，此信源平均每个符号包含的信息熵为 1.75 bit/symbol。而对于上述信号源，若每毫秒发出一个符号，则此信源平均每秒输出的信息量显然为 1.75 kbps。

【1-11】(西安电子科技大学 2002 年硕士研究生入学考试试题) B-ISDN 是指______。

答案：宽带综合业务数字网

解析：B-ISDN 即 Broadband ISDN，为宽带综合业务数字网。

【1-12】(西安电子科技大学 2001 年硕士研究生入学考试试题) 信道多路复用的方法有______、______和码分复用。

答案：频分复用；时分复用

【1-13】(西安电子科技大学 2001 年硕士研究生入学考试试题) ATM 是指______

答案：异步传输模式

解析：ATM (Asynchronous Transfer Mode) 顾名思义就是异步传输模式。

【1-14】(天津大学 2002 年硕士研究生入学考试试题) 以下均为目前通信领域的常用英文缩写，试说明各自的中文含义。

(1) ISDN (2) ATM (3) CDMA (4) GSM (5) SDH

解：

(1) ISDN：Integrated Service Digital Network，综合业务数据网

(2) ATM：Asynchronous Transition Mode，异步传输模式

(3) CDMA：Code Division Multiple Access，码分多址

(4) GSM：Group Special Mobile，泛欧数字蜂窝移动通信

(5) SDH：Synchronous Digital Hierarchy，同步数字体系

1.3 名校期末考试真题详解

【1-15】(武汉科技大学 2004-2005 年第 2 学期期末考试试题) 如何对数字通信系统的性能进行评价？

解：数字通信系统的主要性能指标就是可靠性和有效性，其中：

可靠性即指接收机输出的误码率，误码率越小，可靠性越好；

有效性即指频带利用率，频带利用率越高，有效性越好。

第2章 确定信号分析

2.1 重点与难点解析

（一）本章重点与难点

1．傅里叶变换及其性质。
2．希氏变换的主要性质。
3．能量谱、功率谱和帕氏定理。

（二）重点与难点解析

1．傅里叶变换及其性质

傅里叶变换：非周期信号，即能量信号，其时域表示式通过傅里叶（积分）变换映射到频域，也可表示信号的全部信息特征——频谱函数，更便于信号和系统的分析。信号的傅里叶变换对为：

频谱函数：$F(\omega)=\int_{-\omega}^{\omega} f(t)\mathrm{e}^{-\mathrm{j}et}\mathrm{d}t \triangleq F[f(t)]$

反演式：$f(t)=\int_{-\omega}^{\omega} F(\omega)\mathrm{e}^{\mathrm{j}et}\dfrac{\mathrm{d}\omega}{2\pi} \triangleq F^{-1}[F(\omega)]$

表示该傅里叶变换对的缩写符号为：$f(t)\leftrightarrow F(\omega)$

2．希氏变换的主要性质

（1）信号 $f(t)$ 与其希氏变换 $\hat{f}(t)$ 的幅度频谱、功率（能量）谱以及自相关函数和功率（能量）均相等。这是由于功率谱、能量谱不反映信号相位特征；相应地，自相关函数也不反映信号的时间位置。

（2）$f(t)$ 希氏变换 $\hat{f}(t)$ 再进行希氏变换表示为 $\hat{\hat{f}}(t)$，则有：

$$\hat{\hat{f}}(t)=H[\hat{f}(t)]=-f(t)$$

（3）$f(t)$ 与 $\hat{f}(t)$ 互为正交。

为证明最后一个性质的正确性，可通过互相关与能量谱进行计算：

$$\int_{-\omega}^{\omega} f(t)\hat{f}(t)\mathrm{d}t=\int_{-\omega}^{\omega}[\int_{-\omega}^{\omega} F(f)\hat{F}(-f)\mathrm{d}f]\mathrm{d}t$$

式中右边：$\int_{-\omega}^{\omega} F(f)\hat{F}(-f)\mathrm{d}f=\mathrm{j}\int_{-\omega}^{\omega}[\mathrm{Sgn}F(f)]F(f)\mathrm{d}f=0$

由上式最后一个积分式可以看出，被积函数为奇函数与偶函数之乘积，因此该项积分等于0。于是，可得正交关系，即：

$$\int_{-\omega}^{\omega} f(t)\hat{f}(t)\mathrm{d}t = 0 \text{（能量信号）}$$

或：

$$\lim_{T\to\omega}\frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} f(t)\hat{f}(t)\mathrm{d}t = 0 \text{（功率信号）}$$

3. 能量谱、功率谱及帕氏定理

（1）能量谱密度。若存在傅里叶变换对 $f(t)\leftrightarrow F(\omega)$，能量信号 $f(t)$ 的能量谱与其自相关函数也是一对傅里叶变换，即：

$$R_{\mathrm{f}}(\tau) = \int_{-\omega}^{\omega} f(t)f(t+\tau)\mathrm{d}t \leftrightarrow F(\omega)F(-\omega) = F(\omega)F^*(\omega) = |F(\omega)|^2$$

简明表示为：

$$R_{\mathrm{f}}(\tau) \leftrightarrow |F(\omega)|^2$$

这里 $|F(\omega)|^2$ 为能量谱函数，或称能量谱密度。

（2）功率谱密度。 若存在傅里叶变换对 $f(t)\leftrightarrow F(\omega)$，且 $f(t)$ 为功率信号，其自相关函数与其功率谱也是一对傅里叶变换，即：

$$R_{\mathrm{f}}(\tau) = \lim_{T\to\omega}\frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} f(t)f(t+\tau)\mathrm{d}t \leftrightarrow \lim_{T\to\omega}\frac{|F_{\mathrm{T}}(\omega)|^2}{F} \triangleq S_{\mathrm{f}}(\omega)$$

上式可表示周期信号和随机信号两种情况。周期为 T 的信号在一个周期的时间平均自相关函数，随机信号截短信号的时间自相关函数，两者都对应着单位时段能量谱，当时间无限扩展时的时间平均能量谱等于它们的功率谱，只是当周期信号时，上式不必用极限运算。

因为 $f(t)$ 为随机信号时不存在周期，以 $|F_{\mathrm{T}}(\omega)|^2$ 表示该 $f(t)$ 的截短段为 T 的能量谱，$\frac{|F_{\mathrm{T}}(\omega)|^2}{T}$ 为此段时间平均功率谱，取时间极限后才为该信号准确功率谱。这一计算方式在后面随机信号分析将要用到。

（3）帕氏定理（Parseval）——信号能量与功率的计算。

帕氏定理：能量谱或功率谱在其频率范围内，对频率的积分等于信号的能量或功率，并且在时域、频域积分以及自相关函数 $\tau=0$ 时，三者计算结果是一致的。

2.2 名校考研真题详解

【2-1】（北京邮电大学 2007 年硕士研究生入学考试试题）一 PAM 信号表示式为：

$$S(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n g_T(t - nT_b)$$

其中， $a_{\mathrm{n}} = b_{\mathrm{n}} - b_{\mathrm{n}-2}$（算术加），二进制信息序列 $\{b_n\}$ 等概取值于+1 或-1，$\{b_n\}$ 的各符号之间统计独立。

（1）求序列 $\{a_{\mathrm{n}}\}$ 的自相关函数 $R_{\mathrm{a}}(m)$；

（2）求序列 $\{a_{\mathrm{n}}\}$ 的功率谱密度 $P_{\mathrm{a}}(f)$；

（3）若 $g_{\mathrm{T}}(t)$ 的傅里叶变换。

$$G_T(f)=\begin{cases}e^{-j2\pi fT_b} & |f|\leqslant\dfrac{1}{2T_b}\\ 0 & 其他\end{cases}$$

请求出 $s(t)$ 的功率谱密度 $P_s(f)$。

解：

（1）根据自相关函数计算公式：

$$E[a_n a_{n+m}]=E[(b_n-b_{n-2})(b_{n+m}-b_{n+m-2})]=2R_b(m)-R_b(m-2)-R_b(m+2)$$

其中，$R_b(m)=E[b_n b_{n+m}]=\delta(m)$，$\delta(m)=\begin{cases}1, & m=0\\ 0, & m\neq 0\end{cases}$ 是离散冲激函数。

因此，可以求出序列 $\{a_n\}$ 的自相关函数为：

$$R_a(m)=2\delta(m)-\delta(m-2)-\delta(m+2)=\begin{cases}2, & m=0\\ -1, & m=\pm 2\\ 0, & 其他\end{cases}$$

（2）根据离散信号功率谱密度的计算公式，可得：

$$P_a(f)=\sum_{m=-\infty}^{\infty}R_a(m)e^{-j2\pi fmT_b}=2-e^{-j4\pi fT_b}-e^{j4\pi fT_b}=2-2\cos 4\pi fT_b=4\sin^2 2\pi fT_b$$

（3）$s(t)$ 的功率谱密度为：

$$P_s(f)=\frac{1}{T_b}P_a(f)|G_T(f)|^2=\begin{cases}\dfrac{4}{T_b}\sin^2(2\pi fT_b) & |f|\leqslant\dfrac{1}{2T_b}\\ 0 & |f|>\dfrac{1}{2T_b}\end{cases}$$

【2-2】（电子科技大学 2006 年硕士研究生入学考试试题）已知 $f(t)=\dfrac{\sin 2t}{\pi t}$，$y(t)=\dfrac{d}{dt}f(t-1)\times\dfrac{1}{\pi t}$。计算 $y(t)$的傅里叶变换表达式，画出其幅度谱和相位谱的图形，并计算 $\int_{-\infty}^{\infty}y^2(t)dt$ 的值。

解：因为 $f(t)=\dfrac{\sin 2t}{\pi t}$ 是一个 Sinc 函数，可知它和 rect 函数互为傅里叶变换对，故有：

$$f(t)\xleftrightarrow{FT}F(j\omega)=\begin{cases}1, & |\omega|<2\\ 0, & |\omega|>2\end{cases}$$

由傅里叶变换的微分和时移性质，得：

$$\frac{d}{dt}f(t-1)\xleftrightarrow{FT}j\omega F(j\omega)e^{-j\omega}$$

又因为有以下傅里叶变换对：

$$\frac{1}{\pi t}\xleftrightarrow{FT}-j\mathrm{Sgn}(\omega)$$

其中 sgn 函数为符号函数，其图形如图 2-1 所示：

所以，由傅里叶变换的时域卷积性质，得：

$$y(t)=\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}f(t-1)\times\frac{1}{\pi t}\xleftrightarrow{FT}Y(\mathrm{j}\omega)=\omega\mathrm{Sgn}(\omega)F(\mathrm{j}\omega)\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\omega}$$

$$Y(\mathrm{j}\omega)=|\omega|F(\mathrm{j}\omega)\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\omega}=\begin{cases}|\omega|\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\omega} & |\omega|<2\\ 0, & |\omega|>2\end{cases},$$

其幅度谱 $|Y(\mathrm{j}\omega)|=\begin{cases}|\omega|, & |\omega|<2\\ 0, & |\omega|>2\end{cases}$，相位谱 $\angle Y(\mathrm{j}\omega)=-\omega$。它们的图形如图 2-2（a）、（b）所示。

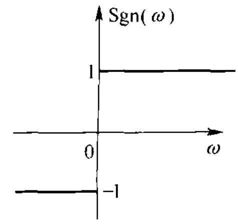


图 2-1

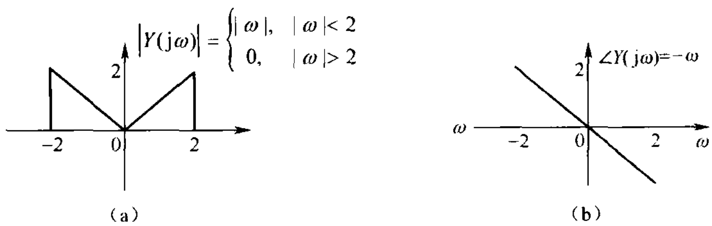


图 2-2

利用 Parseval 关系式，得：

$$\int_{-\infty}^{\infty}y^2(t)\mathrm{d}t=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}|Y(\mathrm{j}\omega)|^2\mathrm{d}\omega=\frac{1}{2\pi}\int_{-2}^{2}|\omega|^2\mathrm{d}\omega=\frac{8}{3\pi}$$

【2-3】（电子科技大学 2006 年硕士研究生入学考试试题）如图 2-3（a）所示的系统，已知 $x(t)=\sum\limits_{n=-\infty}^{\infty}\mathrm{e}^{-|t-2n|}$，$H(\mathrm{j}\omega)$如图 2-3（b）所示。试求 $y(t)$的表达式。

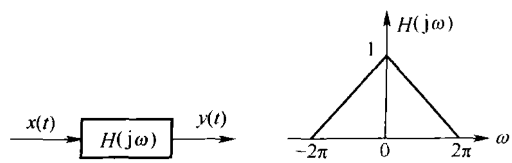


图 2-3

解：依题意可知，$x(t)=\sum\limits_{n=-\infty}^{\infty}\mathrm{e}^{-|t-2n|}=\mathrm{e}^{-|t|}\times\sum\limits_{n=-\infty}^{\infty}\delta(t-2n)$ 为周期信号，其周期为：

$$T=2,\quad \omega_0=\frac{2\pi}{T}=\pi$$

且有 $x_0(t)=\mathrm{e}^{-|t|}\xleftrightarrow{FT}X_0(\mathrm{j}\omega)=\dfrac{2}{1+\omega^2}$

其傅里叶级数为：

$$x(t)=\sum_{k=-\infty}^{+\infty}a_k\mathrm{e}^{\mathrm{j}k\omega_0 t}$$

$$a_k=\frac{X(\mathrm{j}k\omega_0)}{T}=\frac{1}{1+(k\pi)^2}$$

响应为：

$$y(t)=\sum_{k=-\infty}^{\infty}a_k H(\mathrm{j}k\omega_0)\mathrm{e}^{\mathrm{j}k\omega_0 t}$$

其中：
$$H(\mathrm{j}k\omega_0)=\begin{cases}1, & k=0\\ \dfrac{1}{2}, & k=\pm 1\\ 0, & |k|\geqslant 2\end{cases}$$

所以有：

$$y(t)=a_0+a_{-1}\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\pi t}+a_1\mathrm{e}^{\mathrm{j}\pi t}$$

即 $y(t)$的表达式可写成：

$$y(t)=1+\frac{1}{1+\pi^2}\cos(\pi t)$$

【2-4】（北京邮电大学 2005 年硕士研究生入学考试试题）一窄带调幅信号 $s(t)=m(t)\cos 2\pi f_c t$ 通过带通信道，其中 $m(t)$是带宽为 W 的基带信号，傅里叶频谱为 $M(f)$，带通信道在 $s(t)$的频带范围内的幅频特性为常数（设定 A=1），相频特性在 $f_c\pm W$ 范围内是 $\varphi(f)=-2\pi(f-f_c)t_0-\varphi_0$，其中 t_0、φ_0 为常数。请写出：

（1）$s(t)$的解析信号（复信号）$\tilde{s}(t)$ 表示式；

（2）$s(t)$的复包络 $s_L(t)$ 表示式及其傅里叶频谱 $S_L(f)$ 表示式；

（3）带通信道传递函数 $H(f)$ 的表示式及其等效低通 $H_L(f)$ 表示式；

（4）带通信道输出信号 $s_o(t)$ 的复包络 $s_{L_o}(t)$ 的傅里叶频谱 $S_{L_o}(f)$ 的表示式及 $S_{L_o}(t)$ 的表示式；

（5）带通信道输出的复信号 $\widetilde{s_o}(t)$ 及实信号 $s_o(t)$ 的表示式。

解：

（1）根据希尔伯特变换性质，实函数 $f(t)$ 的希尔伯特变换 $\widehat{f(t)}$ 可表示为：

$$\hat{f}(t)=f(t)\frac{1}{\pi t}=\frac{-1}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{f(\tau)}{t-\tau}\mathrm{d}\tau$$

将 $s(t)$代入上式，可求其希尔伯特变换为：$\hat{s}(t)=m(t)\sin 2\pi f_c t$，

又因为解析信号可表示为：$z(t)=f(t)+\mathrm{j}\hat{f}(t)$，因此 $s(t)$的解析信号 $\tilde{s}(t)$ 的表示式为：

$$\begin{aligned}\tilde{s}(t)&=s(t)+\mathrm{j}\hat{s}(t)\\&=m(t)\cos 2\pi f_c t+\mathrm{j}m(t)\sin 2\pi f_c t\\&=m(t)\mathrm{e}^{+\mathrm{j}2\pi f_c t}\end{aligned}$$

（2）因为信号的解析信号和复包络的关系为：

$$z(t)=f_L(t)\mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega_c t}$$

所以 $s(t)$的复包络的表示式为：

$$s_L(t)=\tilde{s}(t)\mathrm{e}^{-\mathrm{j}2\pi f_c t}=m(t)$$

其傅里叶频谱的表示式为：

$$S_L(f)=M(f)$$

（3）基带信号对应的带通信道函数传递函数表示为 $H(f)=A\mathrm{e}^{\mathrm{j}\varphi(f)}$，则由题意可知，带通信道传递函数的表达式为：