21世纪高等院校经典教材同步辅导
ERSHIYISHIJIGAODENGYUANXIAOJINGDIANJIAOCAITONGBUFUDAO

信号与线性系统

第四版

全程导学及习题全解

上册

主　编　王莹莹
副主编　高静波
　　　　方　云
主　审　邓　晖

◆知识归纳　梳理主线重点难点
◆习题详解　精确解答教材习题
◆提高练习　巩固知识迈向更高

中国时代经济出版社
China Modern Economic Publishing House

21 世纪高等院校经典教材同步辅导
ERSHIYISHIJIGAOD ... JIAOCAITONGBUFUDAO

信号与线性系统

第四版

全程导学及习题全解

上册

主　编　王莹莹
副主编　高静波
　　　　方　云
主　审　邓　晖

◆知识归纳 梳理主线重点难点
◆习题详解 精确解答教材习题
◆提高练习 巩固知识迈向更高

中国时代经济出版社
China Modern Economic Publishing House

图书在版编目(CIP)数据

信号与线性系统全程导学及习题全解 上册／王莹莹主编.
—北京：中国时代经济出版社，2007.9
(21 世纪高等院校经典教材同步辅导)
ISBN 978-7-80221-385-2

Ⅰ.信...Ⅱ.王...Ⅲ.①信号理论—高等学校—教学参考资料
②线性系统—高等学校—教学参考资料

Ⅳ.TN911.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 104185 号

信号与线性系统全程导学及习题全解(上册)

王莹莹 主编

出版者	**中国时代经济出版社**
地　址	北京东城区东四十条 24 号 青蓝大厦 11 层东办公区
邮　编	100007
电　话	(010)68320825（发行部） (010)88361317（邮购）
传　真	(010)68320634
发　行	各地新华书店
印　刷	北京鑫海达印刷有限公司
开　本	787 × 1092　1/16
版　次	2007 年 9 月第 1 版
印　次	2007 年 9 月第 1 次印刷
印　张	16.125
字　数	250 千字
印　数	1～5000 册
定　价	18.00 元
书　号	ISBN 978-7-80221-385-2

内容提要

本书是结合普通高等教育“十五”国家级规划教材《信号与线性系统》(高等教育出版社，第四版，管致中等主编)编写的学习辅导教材与习题全解参考书。全书紧扣教材内容，对教材中的相应内容进行了系统、全面的归纳和总结，有助于读者全面掌握基本知识。重点对教材中全部习题给出了详细的解答过程，可以作为读者自我考核的标准与参考。本书还针对每章学习内容的重点难点进行了小结，并精选部分典型题目及其解答，以便读者对所学的知识进行巩固与提高。

本书可以作为高等院校在校学生及自考生学习《信号与线性系统》课程教学辅导材料和复习参考书，考研强化复习的指导书和教师的教学参考书。

前　　言

信号与系统是通信和电子信息类专业的核心基础课，其中的概念和分析方法广泛应用于通信、自动控制、信号与信息处理、电路与系统等领域。而由管致中、夏恭恪、孟桥老师主编，高等教育出版社出版的《信号与线性系统》是一本长期占领全国同类教材市场半壁江山的“老”教材，该教材自 1979 年第一版出版以来，历经二十余年磨砺，四次修订，目前已累计发行几十万册。本书便是与这本教材配合使用的学习辅导用书。

本书紧扣教材，内容结构与教材一致，共十四章，分为上下两册。其中第一～六章为上册，其内容涵盖信号与线性系统的时间域表示与分析方法，包括连续和离散信号与线性系统的表示、分析和求解方法，即第一、二章内容；信号与线性系统的变换域表示与分析方法，包括傅里叶变换、拉普拉斯变换、z 变换、离散傅里叶变换以及基于这些变换的系统分析方法与应用，即第三、四、五、六章内容。其中，每章均包括以下几部分内容：

本章知识要点

本章知识要点，对教材中的相应内容进行了系统、全面的归纳和总结，有助于读者全面掌握基本知识，清晰把握各章知识的脉络。同时，这一部分也可以作为复习备考的重要手册。

重点难点分析及典型例题解析

重点难点分析，针对每一章中的重点、难点以及一些容易混淆的知识点进行了强调，同时也给出一些经典例题的详细解答，从而帮助学习者真正掌握各章的精髓。

习题全解

习题全解，对原教材中的全部习题做了详细解答。从学习者的角度，给出了解题的思路和步骤，对培养学习者的思维能力，树立理论联系实际的科学观点，提高综合分析问题和解决问题的能力等，都有着较好的帮助作用。

全书由王莹莹、高静波、方云、张遥等编写，由邓晖主审。本书编写得到中国时代经济出版社的领导和有关编辑的支持和帮助，在此表示衷心的感谢！对《信号与线性系统》（第四版）作者管致中、夏恭恪、孟桥老师表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免有疏漏与不妥之处，恳请各位专家及广大读者批评指正。

编　者

2007 年 7 月

目　录

第一章　绪　论

本章知识要点

一、引　言

用约定方式组成的符号统称为信息(message),信息依附于某一物理量的变化上就构成信号(signal).

二、信号的概念

信号可以表示为一个时间的函数,所以在信号分析中,信号和函数这两个词常可以相互通用,信号可以按照不同的方式进行分类.

1. 确定信号与随机信号

当信号是一确定的时间函数时,给定某一时间值,就可以确定一相应的函数值,这样的信号是确定信号(determinate signal).但信号往往具有不可预知的不确定性,即随机信号(random signal).随机信号不是一个确定的时间函数,当给定某一时间值时,其函数值不确定,只知道此信号取某一数值的概率.

2. 连续信号与离散信号

确定信号表示为确定的时间函数,如果在某一时间间隔内,对于一切时间值,除了若干不连续点外,该函数都给出确定的时间值,这信号就称为连续信号(continuous signal).

和连续信号相对应的是离散信号(discrete signal),代表离散信号的时间函数只在某些不连续的时间值上给定函数值.

3. 能量信号与功率信号

信号可以按其能量特点来区分.在无限趋大的时间间隔里,把信号加在归一化值为 1Ω 的电阻负载上,负载中就消耗一定的信号能量,把这能量对于时间间隔取平均,即得在此时间内信号的平均功率.若信号总能量为有限值而信号平均功率为零,此类信号称为能量信号(energy signal);若信号总能量为无限大而信号平均功率为有限值,此类信号称为功率信号(power signal).

三、信号的简单处理

常见的信号处理包括叠加、相乘、平移、反褶、尺度变换等.

1. 信号的相加与相乘

两个信号的相加(相乘)即为两个信号的时间函数的相加(相乘),反映在波形上则是将相同时刻对应的函数值相加(相乘).例如,在信号传输过程中常有不需要的干扰和噪声叠加进来影响正常信号的传输.信号相乘则常用于如调制解调、混频、频率变换等系统的分析.

2. 信号的延时

当信号通过多种不同路径传输时,信号所用的传输时间不同,因而产生延时的现象.信号 $f(t)$ 延时 t_0 后的信号表示为 $f(t-t_0)$,就其波形而言,相当于保持信号形状不变而沿时间轴右移 t_0 的距离.图 1-1 所示为信号时延的示例.

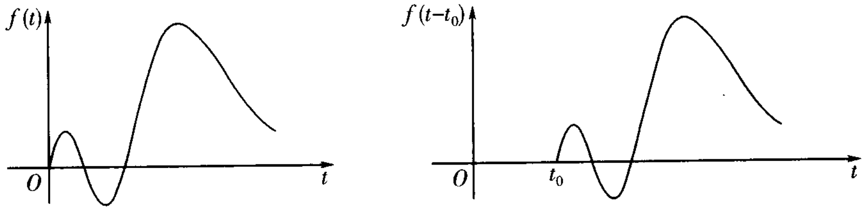


图 1-1　信号的时延示例

3. 信号的尺度变换与反褶

当时间坐标的尺度发生变换时,将使信号产生展缩.信号 $f(t)$ 经尺度变换后的信号记为信号 $f(at)$,其中 a 为一常数.如 a 为正数,当 $a>1$ 时,信号波形被压缩;而当 $a<1$ 时,信号波形被展宽.若 a 为负数,则反褶与尺度变换同时存在,特别当 $a=-1$ 时,$f(at)$ 的波形为 $f(t)$ 的波形对称于坐标轴纵轴的反褶.

四、系统的概念

从一般意义上说,系统(system)是一个由若干互有关联的单元组成的具有某种功能以用来达到某些特定目的有机整体.

系统的功能,可以用图 1-2 所示的方框图来表示.图中的方框代表某种系统;$e(t)$ 是输入信号的函数,称为激励(excitation);$r(t)$ 是输出信号的函数,称为响应(response).

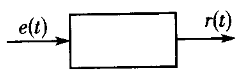


图 1-2　系统的方框图

按照系统的特性,系统可作如下的分类:

1. 线性系统和非线性系统

一般说，线性系统(linear system)是由线性元件组成的系统，非线性系统(nonlinear system)则是含有非线性元件的系统. 但有的还有非线性元件的系统在一定的工作条件下，也可以看成是一线性系统. 所以，对于线性系统应由他的特性来规定其确切的意义. 所谓线性系统是同时具有齐次性(homogeneity)和叠加性(superposition property)的系统.

齐次性表示，当输入激励改变为原来的 k 倍时，输出响应也相应的改变为原来的 k 倍，这里的 k 为任意常数. 即如果由激励 $e(t)$ 产生的系统响应是 $r(t)$，则由激励 $ke(t)$ 产生的系统响应是 $kr(t)$，或用符号表示为

若 $$e_1(t)\rightarrow r_1(t), e_2(t)\rightarrow r_2(t)$$

则 $$ke(t)\rightarrow kr(t)$$

叠加性表示，当有几个激励同时作用于系统上时，系统的总响应等于各个激励分别作用于系统所产生的分量响应之和. 即如果 $r_1(t)$ 为系统在 $e_1(t)$ 单独作用时的响应，$r_2(t)$ 为系统在 $e_2(t)$ 单独作用时的响应，则在激励 $e_1(t)+e_2(t)$ 作用时，该系统的响应为 $r_1(t)+r_2(t)$. 或用符号表示为

若 $$e_1(t)\rightarrow r_1(t), e_2(t)\rightarrow r_2(t)$$

则 $$k_1e_1(t)+k_2e_2(t)\rightarrow k_1r_1(t)+k_2r_2(t)$$

或者说，具有这种特性的系统，称为线性系统. 非线性系统不具有上述特性.

对于初始状态不为零的系统，如将初始状态视为独立于信号源的产生响应的因素，则运用叠加性特性，系统的全响应可以分为零输入响应与零状态响应两部分，即

$$r(t)=r_{zi}(t)+r_{zs}(t)$$

其中 $r_{zi}(t)$ 为外加激励为零时由初始状态单独作用产生的响应，称为系统的零输入响应(zero－input response)；$r_{zs}(t)$ 为初始状态为零时由外加激励单独作用产生的响应，称为系统的零状态响应(zero－state response).

2. 时不变系统和时变系统

系统可根据其中是否包含有参数随时间变化的元件而分为时不变系统(time－invariant system)和时变系统(time varying system). 前者也称为非时变系统或定常系统(fixed system)，其性质不随时间变化，或者响应的形状不随激励施加的时间不同而改变.

系统是否线性和是否时变是两个互不相关的独立概念，线性系统可以是时不变的或者是时变的，非线性系统也可以是时不变的或者时变的.

3. 连续时间系统与离散时间系统

连续时间系统(continuous－time system)和离散时间系统(discrete－time system)是根据它们所传输和处理的信号的性质而决定的. 前者传输和处理连续信号，他的激励和响应在连续时间的一切值上都有确定的意义；而后者有关的激励和响应信号则是不连续的离散时间序列.

4. 因果系统和非因果系统

一切物理现象，都要满足先有原因然后产生结果这样一个因果关系. 符合因果关系的系统称

为因果系统(causal system),不符合因果关系的系统称为非因果系统(non—causal system).

五、线性时不变系统的分析

系统分析的任务,通常是在给定系统的结构和参数的情况下去研究系统的特性,包括已知系统的输入激励,求系统的输出响应;有时也可以从已给的系统激励和响应去分析系统应有的特性.具体来说,就是要建立系统的数学模型并求其解答.

1.建立系统的数学模型(model)的方法

(1)输入—输出法:利用输入—输出方程(input—output equation)直接建立响应与激励之间的关系,适用于单输入—单输出系统.

(2)系统状态变量分析法:利用状态方程(state equation)不仅给出系统的响应,还可以提供系统内部各变量的情况,适合于多输入—多输出系统的分析.

2.系统数学模型的求解方法

(1)时间域方法:包括经典法求解系统常系数微分方程或差分方程;求解状态变量矩阵方程;卷积法(convolution)求解系统响应;计算机数值求解方法等.

(2)变换域方法:利用傅里叶变换分析系统频率特性;利用拉普拉斯变换法(Laplace transform method)和 z 变换法(z—transform)分析系统的零极点特性;根据卷积定理,把卷积运算变成乘法运算等.

六、非电系统的分析

线性系统的分析方法,不但适用于信号传输系统或信号处理系统,还可以应用到其它非电的学科中,只要所研究的是能够近似为线性系统的问题,并能够设法建立适当的数学模型来描述此系统.

重点难点分析

(1)信号的函数表示和图形表示;

(2)信号的运算和分解;

(3)系统的概念及线性时不变系统的特性.

典型例题解析

【例 1-1】 判断下列系统是否为线性的、时不变的、因果的系统?

(1)$r(t)=\dfrac{\mathrm{d}e(t)}{\mathrm{d}t}$；　(2)$r(t)=e(t)\varepsilon(t)$；　(3)$r(t)=\sin[e(t)]\varepsilon(t)$；

(4)$r(t)=e(1-t)$；　(5)$r(t)=e(2t)$；　(6)$r(t)=e^2(t)$；

(7)$r(t)=\int_{-\infty}^{t}e(\tau)\mathrm{d}\tau$；　(8)$r(t)=\int_{-\infty}^{5t}e(\tau)\mathrm{d}\tau$.

解　判断一个系统是否是线性系统，需判断其是否满足叠加性和齐次性.

如果系统的参数不随时间变化，则为时不变系统，否则为时变系统.

若系统当前时刻的输出只决定于该时刻以及以前时刻的输入，则该系统为因果系统.

(1)该系统为线性、时不变、因果系统；

(2)该系统为线性、时变、因果系统. 因为当输入为 $e(t)$时，输出为 $r(t)$. 当输入变为 $e(t-t_0)$时，输出为 $r'(t)=e(t-t_0)\varepsilon(t)$，而 $r(t-t_0)\neq r'(t)$，所以该系统为时变系统；

(3)该系统为非线性、时变、因果系统；

(4)该系统为线性、时变、非因果系统. 因为当 $t=0$ 时，$r(0)=e(1)$，即系统当前时刻的输出决定于未来时刻的输入，所以该系统为非因果系统；

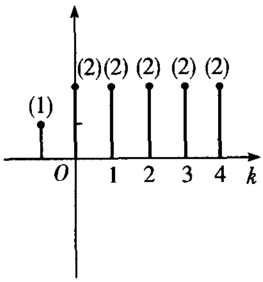
(5)该系统为线性、时变、非因果系统；

(6)该系统为非线性、时不变、因果系统. 因为当输入为 $e(t)$时，输出为 $r(t)$. 当输入变为 $Ce(t)$时，输出为 $r'(t)=C^2e^2(t)$，而 $r'(t)\neq Cr(t)$(C 为一不为零的实数)，所以该系统为非线性系统；

(7)该系统为线性、时不变的、因果系统；

(8)该系统为线性、时变、非因果系统.

【例 1-2】　已知信号 $f(k)$的波形如例 1-2 图所示，画出信号 $y(k)=f(-k+2)\varepsilon(-k+1)$的波形.



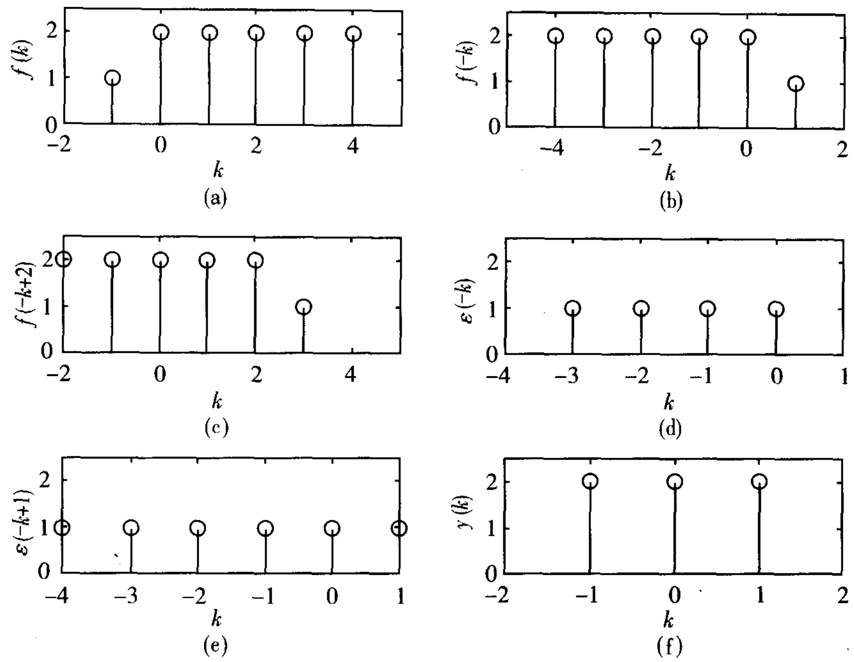
例 1-2 图

解　令 $f_1(k)=f(-k+2)$，$f_2(k)=\varepsilon(-k+1)$

(1)原信号 $f(k)$波形如解例 1-2 图(a)所示，将其以纵坐标为轴反转，求得信号 $f(-k)$的波形，如解例 1-2 图(b)所示；

(2)将信号 $f(-k)$向右移 2 位，得信号 $f_1(k)=f(-k+2)$的波形，如解例 1-2 图(c)所示；

(3)将信号 $\varepsilon(-k)$的波形如解例 1-2 图(d)所示，将其向右移 1 位，求得信号 $f_2(k)=\varepsilon(-k+1)$的波形，如解例 1-2(e)图所示；



解例 1-2 图

(4)$y(k)= f_1(k)\cdot f_2(k)$,其波形如解例 1-2 图(f)所示.

【例 1-3】 判断下列微分方程或差分方程所描述的系统,是否为线性的、时不变的?

(1)$y'(t)+2y(t)=f'(t)-2f(t)$; (2)$y'(t)+\sin t y(t)=f(t)$;

(3)$y'(t)+[y(t)]^2=f(t)$; (4)$y(k)+(k-1)y(k-1)=f(k)$;

(5)$y(k)+y(k-1)y(k-2)=f(k)$.

解 (1)该方程为线性常系数微分方程,故描述的系统是线性时不变连续系统;

(2)该方程为线性变系数微分方程,故描述的系统是线性时变连续系统;

(3)该方程为非线性常系数微分方程,故描述的系统是非线性时不变连续系统;

(4)该方程为线性变系数差分方程,故描述的系统是线性时变离散系统;

(5)该方程为非线性常系数差分方程,故描述的系统是非线性时不变离散系统.

习题全解

1.1 说明波形如图 P1-1 所示的各信号是连续信号还是离散信号.

解 在某一时间间隔内,对于一切时间值,如果除了若干不连续点外,该时间函数都给出确

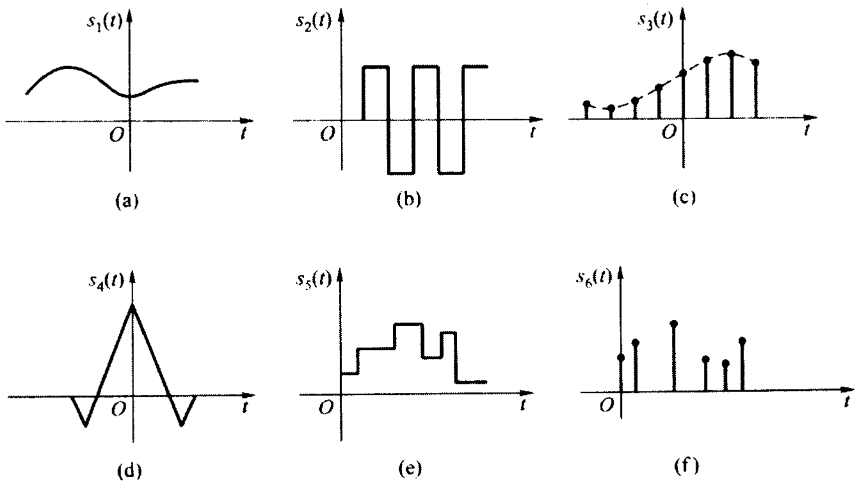


图 P1-1

定的时间值,这信号就称为连续信号;如果该时间函数只在某些不连续的时间值上给定函数值,这信号就称为离散信号.

图 P1-1 中(a),(b),(d),(e)所示的信号为连续信号;(c),(f)所示的信号为离散信号.

1.2 说明下列信号是周期信号还是非周期信号.若是周期信号,求其周期 T.

(a)$a\sin t-b\sin(3t)$　　　(b)$a\sin(4t)+b\cos(7t)$

(c)$a\sin(3t)+b\cos(\pi t)$,$\pi\approx3$ 和 $\pi\approx3.141\cdots$

(d)$a\cos(\pi t)+b\sin(2\pi t)$　　　(e)$a\sin\left(\frac{5t}{2}\right)+b\cos\left(\frac{6t}{5}\right)+c\sin\left(\frac{t}{7}\right)$

(f)$[a\sin(2t)]^2$　　　(g)$[a\sin(2t)+b\sin(5t)]^2$

提示:如果包含有 n 个不同频率余弦分量的复合信号是一个周期为 T 的周期信号,则其周期 T 必为各分量信号周期 $T_i(i=1,2,3,\cdots,n)$ 的整数倍.即有 $T=m_iT_i$ 或 $\omega_i=m_i\omega$.式中 $\omega_i=\frac{2\pi}{T_i}$ 为各余弦分量的角频率,$\omega=\frac{2\pi}{T}$ 为复合信号的基波频率,m_i 为正整数.因此只要能找到 n 个不含整数公因子的正整数 m_1、m_2、m_3、$\cdots$、m_n,使

$$\omega_1:\omega_2:\omega_3\cdots:\omega_n=m_1:m_2:m_3\cdots:m_n$$

成立,就可判定该信号为周期信号,其周期为

$$T=m_iT_i=m_i\frac{2\pi}{\omega_i}$$

如复合信号中某分量频率为无理数,则该信号常称概周期信号.概周期信号是非周期信号,但如选用某一有理数频率来近似表示无理数频率,则该信号可视为周期信号.所选的近似值改变,则该信号的周期也随之变化.例如 $\cos t+\cos(\sqrt{2}t)$ 的信号,如令 $\sqrt{2}\approx1.41$,则可求得 $m_1=100$,$m_2=141$ 该信号的周期为 $T=200\pi$.如令 $\sqrt{2}\approx1.414$ 则该信号的周期变为 2000π.

解　(a)由提示可知,只要能找到 n 个不含整数公因子的正整数 m_1、m_2、m_3、$\cdots m_n$,使

$$\omega_1 : \omega_2 : \omega_3 : \cdots : \omega_n = m_1 : m_2 : m_3 : \cdots : m_n$$

成立,就可判定该信号为周期信号,其周期为 $T = m_iT_i = m_i\dfrac{2\pi}{\omega_i}$.

由于 $\omega_1 : \omega_2 = m_1 : m_2 = 1 : 3$,所以该信号为周期信号,其周期为

$$T = m_iT_i = m_i\frac{2\pi}{\omega_i} = 2\pi$$

(b)同理,由于 $\omega_1 : \omega_2 = m_1 : m_2 = 4 : 7$,所以该信号为周期信号,其周期为

$$T = m_iT_i = m_i\frac{2\pi}{\omega_i} = 4\,\frac{2\pi}{4} = 2\pi$$

(c)由提示可知,如能选用某一有理数频率来近似表示无理数频率,则该信号可视为周期信号.所选的近似值改变,则该信号的周期也随之改变.

如令 $\pi=3$,由于 $\omega_1 : \omega_2 = m_1 : m_2 = 1 : 1$,所以该信号为周期信号,其周期为

$$T = m_iT_i = m_i\frac{2\pi}{\omega_i} = \frac{2\pi}{3}$$

如令 $\pi=3.141\cdots$,由于其频率分量为无理数,则该信号为非周期信号.

(d)由于 $\omega_1 : \omega_2 = m_1 : m_2 = 1 : 2$,所以该信号为周期信号,其周期为

$$T = m_iT_i = m_i\frac{2\pi}{\omega_i} = 1\,\frac{2\pi}{\pi} = 2$$

(e)由于 $\omega_1 : \omega_2 : \omega_3 = m_1 : m_2 : m_3 = 175 : 84 : 10$,所以该信号为周期信号,其周期为

$$T = m_iT_i = m_i\frac{2\pi}{\omega_i} = 175\,\frac{2\pi}{5/2} = 140\pi$$

(f)$[a\sin(2t)]^2 = a^2\sin^2(2t) = \dfrac{a^2}{2}[1-\cos(4t)]$,所以该信号为周期信号,其周期为

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\pi}{2}$$

(g)$[a\sin(2t)+b\sin(5t)]^2$

$$= a^2\sin^2(2t) + 2ab\sin(2t)\sin(5t) + b^2\sin^2(5t)$$

$$= \frac{a^2}{2}[1-\cos(4t)] + ab[\cos(3t)-\cos(7t)] + \frac{b^2}{2}[1-\cos(10t)]$$

由于 $\omega_1 : \omega_2 : \omega_3 : \omega_4 = m_1 : m_2 : m_3 : m_4 = 4 : 3 : 7 : 10$,所以该信号为周期信号,其周期为

$$T = m_iT_i = m_i\frac{2\pi}{\omega_i} = 4\,\frac{2\pi}{4} = 2\pi$$

1.3　说明下列信号中哪些是周期信号,哪些是非周期信号;哪些是能量信号,哪些是功率信号.计算它们的能量或平均功率.

(1)$f(t) = \begin{cases} 5\cos(10\pi t) & t \geqslant 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$　　(2)$f(t) = \begin{cases} 8e^{-4t} & t \geqslant 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$

(3)$f(t) = 5\sin(2\pi t) + 10\sin(3\pi t)$　　$-\infty < t < \infty$

(4) $f(t)=20e^{-10|t|}\cos(\pi t)\qquad -\infty<t<\infty$

(5) $f(t)=\cos(5\pi t)+2\cos(2\pi^2 t)\qquad -\infty<t<\infty$

解　(1)严格数学意义上的周期信号，是无始无终地重复着某一变化规律的信号．从这个意义上说该信号是非周期信号．但是，这样理想化的周期信号在实际中是不存在的，所谓的周期信号只是在较长的时间按照某一规律重复变化的信号，所以我们可以把该信号称为有始周期信号，其周期为

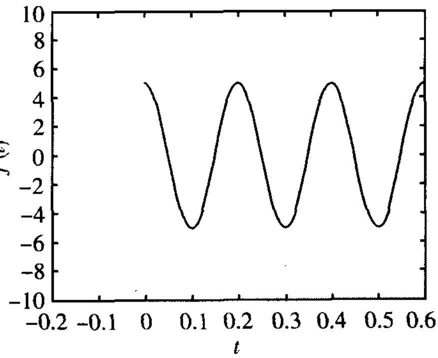
$$T=\frac{2\pi}{10\pi}=\frac{1}{5}$$

其信号波形如解 1-3 图(a)所示．

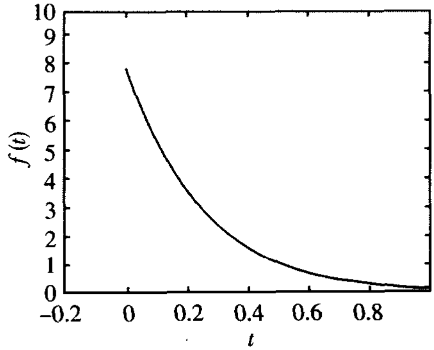
因为在时间间隔无限趋大的情况下，周期信号都是功率信号，所以该信号应为功率信号，其平均功率为

$$\begin{aligned}P&=\frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2}[f(t)]^2\mathrm{d}t\\&=5\int_{-1/10}^{1/10}[5\cos(10)\pi t]^2\mathrm{d}t\\&=\frac{125}{2}\int_0^{1/10}[1+\cos(20\pi t)]\mathrm{d}t\\&=\frac{125}{2}\times\frac{1}{10}=25/4\ \mathrm{W}\end{aligned}$$

(2)其信号波形如解 1-3 图(b)所示．



(a)



(b)

由图可知该信号为非周期信号．存在于无限时间内的非周期信号可以是能量信号，也可以是功率信号．该信号的能量为

$$E=\lim_{a\to\infty}\int_{-a}^{a}[f(t)]^2\mathrm{d}t=\int_0^\infty[8e^{-4t}]^2\mathrm{d}t=64\int_0^\infty e^{-8t}\mathrm{d}t=8\ \mathrm{J}$$

所以该信号为能量信号．

(3)其信号波形如解 1-3 图(c)所示．

由于 $\omega_1:\omega_2=m_1:m_2=2:3$，所以该信号为周期信号，其周期为

$$T=m_iT_i=m_i\frac{2\pi}{\omega_i}=2\,\frac{2\pi}{2\pi}=2$$

所以该信号应为功率信号，其平均功率为