# 第一章

信号表示：连续信号，离散信号。

信号能量：

连续信号：，离散信号：。

信号平均功率：

连续信号：，离散信号：。

无穷区间：分为能量有限信号、功率有限信号、其他。

最小周期：基波周期

两个复指数的和化为一个复指数乘以一个正弦信号：

例如

此方法可直接得出模长。

指数、三角公式：

复指数化为三角：

复数的共轭：

三角化为指数：，

有记忆系统：系统输出并非只与当前输入有关。

可逆系统：输入不同输出不同。

因果性：系统输出只取决于现在的和过去的输入。

稳定性：有界的输入只能产生有界的输出。

时不变性：。

线性：（其中a,b,x(t),x[n]均是复数）。

增量线性：，其中是线性系统。

例1-6 。

例1-17(b)

1-19系统，所以是时变的

1-26(c)判断序列是否具有周期性严格按照定义。

1-27(f)因果性：t时刻的输出只取决于t时刻及之前的输入（包括时）

(g)微分系统：，如果，系统就取决于t之后的输入，所以非因果。如果，系统就取决于t之前的输入，所以有记忆。

# 第二章

：的k阶导数。则为次积分。。

个（也就是，冲激偶）卷积。

个（也就是）卷积。

2-17、2-19、2-33：学到后边有更简单的做法。

2-21(a)(c) 2-28(b) 注意以阶跃函数、序列确定的求和、积分区间。

2-19离散：，

2-33连续：，

# 第三章

LTI系统对复指数信号的响应：

连续：。。

离散：。。

特征函数：复指数信号。特征值：幅度因子或。

傅里叶级数（系数）：FS

连续时间傅里叶级数：

形式：

实信号共轭对称，纯虚信号共轭反对称

综合公式：

分析公式：

：傅里叶级数系数，频谱系数。：直流分量。

连续信号收敛：狄利克雷条件

1、任何周期内绝对可积。

2、有限区间内单调区间数量有限。

3、有限区间内间断点数量有限。

连续时间傅里叶级数性质：

线性：

时移：

时移，傅里叶级数系数乘以，模不变。

时间反转：。奇（偶）函数的傅里叶级数也是奇（偶）序列。

时域尺度变换：。傅里叶系数没有变，基波频率变了。

相乘：。时域相乘，频域做卷积。

共轭及共轭对称：。实函数的傅里叶级数共轭对称。

实信号的奇偶分解：

实偶函数的傅里叶级数也是实偶函数，实奇函数的傅里叶级数是纯虚奇函数。

连续时间帕斯瓦尔定理：。

信号平均功率（单位时间内的能量）等于全部谐波分量的平均功率之和。

离散时间傅里叶级数：

综合公式：。

分析公式：

性质：线性，时移，频移，时间反转，共轭，与连续时间相同。

相乘：。周期卷积。

一次差分：。

求和：。（仅当时才为有限值且周期）

离散时间帕斯瓦尔定理：。

系统函数、频率响应：

连续：系统函数。频率响应：

输入，输出。

离散：系统函数。频率响应：

输入，输出。

线性时不变系统相当于在对应频率的傅里叶级数上乘以一个频率响应。

例3-2 指数、三角公式：

复指数化为三角：

复数的共轭：

三角化为指数：，

例3-3 求基波频率：先求出周期的最小公倍数，再用求。

例3-4

例3-5 ，则。时间反转，傅里叶级数也反转。

例3-6 实函数的傅里叶级数共轭对称。偶函数的傅里叶级数为偶函数。

例3-13 频率响应就是将对应频率的傅里叶级数进行变换。

例3-17 LTI系统：输入，则输出，。否则不是LTI。

例3-19 电感：。电容：。建立微分方程。求频率响应：代入，。

# 第四章

傅里叶变换：思想是对有限长信号的周期取极限。

傅里叶变换：

傅里叶逆变换：

收敛条件：满足狄利克雷条件。

傅里叶级数（周期序列）与傅里叶变换（有限长序列）的关系：

，。时域延拓，频域取样。（）

周期信号：，，。

（k次谐波的冲激函数面积是第k项傅里叶级数系数的倍）

性质：线性，时移，共轭对称，尺度变换，类似于傅里叶级数

微分性质：

积分性质：（多出来的冲激表示积分产生的直流分量）

频域微分性质：

对偶性：，则

卷积性质： 时域卷积，频域相乘

相乘性质： 时域相乘，频域卷积

帕斯瓦尔能量定理：

频率响应函数：，幅频响应，相频响应

解线性常系数微分方程：（只有稳定系统才存在频率响应）

，

两边傅里叶变换得

故

无失真传输：，，

，，

总结：无失真传输：幅频响应是常数，相频响应是的线性函数。

幅度失真。相位失真：。

滤波：频率成形滤波器（微分器），频率选择型滤波器（低通、高通、带通、带阻，理想、非理想）

绝对带宽：低通滤波器。带通滤波器。

如果，则称为窄带滤波器。

例4-3傅里叶变换对：

，

，

，

，

，

，，

（周期方波。）

，

，

，

，

，

，

，

，

，

例4-7

实——共轭对称，虚——共轭反对称

实偶——实偶，虚偶——虚偶，实奇——虚奇，虚奇——实奇

例4-8

，。

积分性质：

例4-10

时域相乘，频域卷积，再除以。

频域微分性质：

帕斯瓦尔定理：。

例4-12

对偶性质：，则

例4-13

，

，

例4-16

，

例4-18用傅里叶变换性质求反变换，定义难求。

4.3傅里叶变换对：

，

，

，

4.21

(b)，即

(e)频域微分性质：

(f)时域拓展：

指数卷积公式：

①，，即

②，，

即

(g)

(h)，

(j)，，

4.22

(c)，

(d)(e)

# 第五章

离散傅里叶变换

离散傅里叶反变换

离散连续傅里叶的区别：

连续傅里叶的正反变换都是无穷积分。离散傅里叶变换是求和，反变换是内的积分。

连续傅里叶不一定是周期函数，离散傅里叶一定是周期函数。

连续傅里叶的越大频率越高，离散傅里叶的越接近奇数次频率越高。

周期序列的傅里叶变换：。

（的周期为N，因此的周期也为N）

一阶差分：，。

累加：，

时域反褶：，

时域拓展：，（时域拓展，频域压缩）

频域微分：，

帕斯瓦尔定理：

差分方程表示的离散频率响应：，

两边傅里叶变换得

故

离散傅里叶变换对：

， 。

， 。

， ]

，

，

，

，

，

，，

，

，

，

，

，

，，

，，

例5-5离散傅里叶反变换

例5-8方波，

例5-9时移特性：，

例5-12时域相乘，频域卷积要乘以。

例5-13系统并联：频响相加。

例5-15周期卷积要考虑重叠。

例5-17离散傅里叶：

综合公式：。

分析公式：

离散傅里叶级数的对偶性：

若，则（离散序列和级数系数周期相同）

例5-18对偶性的推导：变量代换。

# 第六章

6.2.2群时延

群时延，表示频率为的分量的时延。

# 第七章

冲激串采样：。。

频域：。采样角频率，采样间隔T。

采样定理：对于带限信号，若当时，，则可由其采样点唯一确定，只要采样角频率，这里。一般称为奈奎斯特频率。

由重建：由产生冲激串，输入到增益为T，通带大于，小于的低通滤波器，即可输出得到。

利用内插由采样点重建信号：通过一个截止频率的低通滤波器。

内插公式：。

离散滤波器处理连续信号的典型系统：

输入，与周期冲激串相乘得到冲激串，转化为序列，经过离散时间滤波器得到序列，序列转化为冲激串，通过低通滤波器得到输出。

频谱（表示连续信号频率，表示离散信号频率，）：

，

，

，

，

（）

例6-5任何函数乘以冲激函数都会进行采样。

所以。

# 第八章

8.4单边带调制

单边带调制SSB：仅保留上/下边带，只使用带宽。

产生单边带信号：高通/带通滤波，或者移相。

# 产生下边带，产生上边带。

# 第九章

（双边）拉普拉斯变换定义：

拉普拉斯变换和连续时间傅里叶变换：

（在虚轴上的拉普拉斯变换就是傅里叶变换）

收敛域ROC：

①绝对可积有限长信号：全S平面

②右边信号：最右边极点的右侧平面

③左边信号：最左边极点的左侧平面

④双边信号：求交，平行于虚轴的一个带状区域

拉普拉斯逆变换：

部分分式展开法：将有理分式展开为

再根据收敛域进行拉普拉斯变换为或

拉普拉斯变换性质：（注意收敛域的变化）

线性：包含。时移：ROC不变。s域平移：

尺度变换：，

共轭：，

时域卷积，频域相乘。包含

时域微分：，包含R

s域微分：，

时域积分：，包含

初值定理：是因果信号，

终值定理：若的所有极点落在左半平面，或者是位于原点的一阶极点

则

几何求值法：，在s平面上画出零极点、。取虚轴上一点。

分别从各个零极点向点连线，零点矢量为，极点矢量为。

，，、分别是零极点矢量的方向角。

可由此粗略画出从幅频、相频特性。

系统函数：

因果：ROC是最右边极点的右半平面。

稳定：ROC包括轴。即因果系统所有极点的实部都是负的。

反稳定：反因果系统所有极点的实部都是正的（ROC是一个包含轴的左半平面）

系统函数与频率响应：

方框图：（直接型，级联型，并联型 ）

三种基本元件：加法器，数乘器，积分器

梅森公式：（环路相互接触，且通路和环路相互接触）

单边拉普拉斯变换：

性质：

时域卷积：（、都是因果信号）

时域积分：（x是因果信号）

时域微分：，

时域尺度变换：（）

系统响应：零输入响应，零状态响应。

求零输入响应：设，化为的齐次方程，求单边拉普拉斯变换，解出，反变换求出。

求零状态响应：对系统函数求双边拉普拉斯变换，代入的拉普拉斯变换，求出零状态响应的拉普拉斯变换，反变换求出。

拉普拉斯变换对：（收敛域可根据性质推出，左边序列左边收敛，右边序列右边收敛。仅列出右边序列。）

，

，

，

，

，

，

，

，

，

，

，

，

例7-12拉普拉斯变换有两个极点的两种情况：

共轭：此时具有的形式。

非共轭：此时具有的形式。

例7-20零输入响应与形式相同。

单边拉普拉斯求零输入响应或全响应：

利用公式，，...

# 第十章

z变换定义：。

z变换与离散傅里叶变换的关系：（）

，即。

当时，。

复平面上的单位圆上的z变换就是离散傅里叶变换。

z变换的收敛域：

有限长序列：整个复平面（不一定包括和）

右边序列：某个圆的外部区域（不一定包括）

左边序列：某个圆的内部区域（不一定包括）

双边序列：某个圆环域

因果序列：包括。

反因果序列：包括。

逆z变换：部分分式展开

，（或）

z变换性质：（注意和可能从ROC中去掉或增加）

线性：包含。时移：ROC不变。

尺度变换：，

时域反褶：，

时域拓展：，

共轭：，

时域卷积，频域相乘。包含

z域微分：，

一次差分：

累加：

初值定理：是因果信号，

终值定理：若的所有极点落在左半平面，或者是位于原点的一阶极点

则

几何求值法

，在z平面画出零极点、，由零极点向单位圆上一点引向量、，则，。、分别是零极点矢量的方向角。可由此粗略画出从0到幅频、相频特性。

系统函数。

因果性等价于ROC包含。需满足①收敛域在某个圆外②分子的阶数不高于分母的阶数。

稳定性等价于ROC包含也即包含单位圆。

方框图梅森公式：（环路相互接触，且通路和环路相互接触）

z变换对（只列出右边序列，左边序列把替换为）

，

，

，

，

，

，

，

，

，

单边z变换：

时域延时，

时域超前，

求系统响应：

零输入响应：设，取单边z变换，求出，逆变换求出。

零状态响应：取双边z变换，求出，逆变换求出。

例8-10长除法求：先化为多项式+真分式的形式。

对真有理分式进行长除法得到一个多项式

如果是左边序列，得到多项式。

例8-11时移：

例8-14

例8-16因果序列：的收敛域在某个圆外，且包括

例8-17若，即分子分母阶数相同，则零极点数量相同。