

数字信号处理背诵版

1、请问采样信号的频谱和原模拟信号的频谱是什么关系？怎样才能无失真的恢复出原信号？什么情况下会产生频谱混叠？

答：对连续信号进行等间隔采样形成的采样信号，其频谱是原模拟信号的频谱以采样频率为周期的周期延拓；如果连续信号是最高截止频率为 f_m 的带限信号，采样频率 $f_s \geq 2f_m$ ，那么让采样信号通过一个增益为 T 、截止频率为 $f_s/2$ 的理想低通滤波器，可以无失真地恢复出原连续信号；否则， $f_s < 2f_m$ 会造成采样信号的频谱混叠现象，不能无失真地恢复原连续信号；这就是著名的奈奎斯特采样定理的内容。

2、为什么实际的采样频率要尽可能的高一些？是不是越高越好？采样之前为什么要加一低通滤波器？

答：考虑到信号的频率不是锐截止的，最高截止频率以上还有较小的高频分量，采样频率应该取得高一些；另外，在实际中，滤波器不可能是理想的，所以，从信号恢复的角度，采样频率也应该高一些；这似乎是说采样频率越高越好，但是，采样频率太高的结果会产生太大的数据量，使运算时间延长，设备成本增加；因此，应合理选择采样频率；另外，为了保证满足采样定理，应该在采样之前加一保护性的抗混叠低通滤波器，滤去高于 $f_s/2$ 的高频分量和杂散信号。

3、请问单边 Z 变换和双边 Z 变换有什么区别？什么情况下两序列的单边 Z 变换相同？单边 Z 变换求解差分方程时有何优点？

答：与双边 Z 变换相比，单边 Z 变换的求和区间仅仅在 $n \geq 0$ 的范围，因此序列在 $n < 0$ 时如何定义，对单边 Z 变换并没有影响；显然如果两序列在 $n \geq 0$ 的区间定义相同，而负向区间的定义不相同，那么，它们有相同的单边 Z 变换，而双边 Z 变换却不相同；对于因果序列而言，单边 Z 变换与双边 Z 变换的结果相同；由于单边 Z 变换可以考虑到初始条件，所以用于在已知系统的初始状态以及序列的初始条件时求取系统的瞬态响应，既可以求零输入响应，又可以求零状态响应。

4、请问系统函数的零极点位置距离单位圆的远近对系统的频率特性有何影响？

答：零点越靠近单位圆，幅度响应中的凹谷越深；反之，极点越靠近单位圆，幅度响应中的

峰值越大。直观地，通过改变系统零极点的分布，可以改变系统的特性。

5、请问 DTFT 和 Z 变换有何关系？什么是 IIR 系统和 FIR 系统？

答：单位圆上的 Z 变换就是序列的离散时间傅里叶变换；若系统的单位脉冲（冲激）响应 $h(n)$ 延伸到无限长，称为无限长单位脉冲响应（IIR）系统，若系统的单位脉冲响应 $h(n)$ 是一个有限长序列，称为有限长单位冲激响应（FIR）系统。

6、请问周期性和离散性在不同的域有什么对应关系？为什么计算机中采用离散周期信号的傅里叶级数？

答：假设在一个域内（时间或频率）函数是周期性的，则对应的在另一域中的函数形式必是离散的，即离散变量的函数。在一个域中函数的周期是另一个域中两离散点间隔的倒数，假设在一个域内（时间或频率）函数是非周期的，则对应的在另一个域中的函数形式必是连续的，即连续变量的函数；当用数字计算机对信号进行频谱分析时，要求信号必须以离散值作为输入，而计算机输出的频谱值自然是离散的，故采用离散周期信号。

7、请问 DTFT、DFT 以及 Z 变换之间的关系是怎样的？

答：DTFT 是离散时间傅里叶变换，DFT 是离散傅里叶变换；单位圆上的 Z 变换就是序列的离散时间傅里叶变换；DTFT 变换后的频率是一般连续的，而 DFT 是 DTFT 的等间隔抽样，是离散的点；DTFT 是以 2π 为周期的。而 DFT 的序列是有限长的；DFT 里面有个重要的参数就是 N，多少点 DFT 运算，这个点就是 N（离散序列的长度），抽样间隔就是将单位圆分成 N 个间隔来抽样，绕圆一周；DTFT 和 DFT 都能表征原序列的信息，因为现在计算主要使用计算机，必需要是离散的值才能参与运算，因此在工程中 DFT 应用比较广泛，DFT 还有一个快速算法，那就是 FFT。

8、请问线性卷积、周期卷积和圆周卷积之间有什么关系？什么情况下线性卷积等于圆周卷积？

答：周期卷积是线性卷积的周期延拓；圆周卷积是周期卷积的主值序列；圆周卷积是线性卷积周期延拓后取主值序列；当满足延拓周期大于等于线性卷积序列长度时，圆周卷积与线性卷积的结果相同；

9、请问什么是频谱泄露？会不会造成混叠？可不可以不截断？如何减小？

答：信号为无限长序列，运算需要截取其中一部分（截断），于是需要加窗函数，加了窗函数相当于时域相乘，于是相当于频域卷积，于是频谱中除了本来该有的主瓣之外，还会出现本不该有的旁瓣，这就是频谱泄露；泄露与混叠是分不开的，泄露也会造成混叠，因为泄露将导致频谱的扩展，从而使最高频率有可能超过折叠频率，造成频率响应的混叠失真。但也不可以不截断，因为按照频域采样理论，要使频域采样不失真，频域采样点数必须大于或等于时域序列的长度，所以在进行 DFT 计算时，数据截断是必须的。可见频谱泄露是 DFT 所固有的，应设法减小；减小泄露的方法之一是增加数据长度，即增加窗的宽度，但这会增加计算量和存储量；另一种更有效的方法就是改变窗函数的频谱的形状，换句话说，就是改变窗函数或改变信号数据截断的方式。

10、请问什么是栅栏效应？如何减小？时域补零会增加分辨率吗？

答：栅栏效应是因为用 DFT 计算频谱时，只能计算基波频率的整数倍处的频谱，而不能得到连续频谱而产生的；当用 DFT 计算整个频谱时，就好像通过一个“栅栏”来观看一个景象一样，只能在离散点上看到真实的景象，而两个离散点之间的部分不能被观察到。减小栅栏效应的一个方法就是增加频率采样的点数，使频率采样更密集，如果不改变时域数据，就相当于在原记录后面添零，所以 N 增加，频域采样点之间的距离越小，谱线更密，原来观察不到的谱分量就可能观察到；时域补零并不能增加数据有效长度，因而不能增加任何信息，所以不能增加物理分辨率。

11、请问 FFT 的基本思想是怎么样？请简要描述一下。

答：FFT 的基本思想是把原始的 N 点序列，依次分解成一系列的短序列。充分利用 DFT 计算式中指数因子所具有的对称性质和周期性质，进而求出这些短序列相应的 DFT 并进行适当组合，达到删除重复计算，减少乘法运算和简化结构的目的。

12、请问冲激响应不变法的原理是什么？有何优缺点？双线性变换法的优缺点？

答：冲激响应不变法是从滤波器的冲激响应出发，使数字滤波器的单位脉冲响应序列正好等于模拟滤波器的单位冲激响应的采样值；冲激响应不变法的优点之一是频率坐标变换是线性的；另外一个优点是数字滤波器的单位脉冲响应能完全模仿模拟滤波器的单位冲激响应，时域特性逼近好；冲激响应不变法的主要缺点是会产生频谱混叠现象，使数字滤波器的频率响应偏离模拟滤波器的频率响应，故不适合高通滤波器、带阻滤波器的设计；双线性变换法主要优点是避免了频谱混叠，其缺点是模拟频率与数字频率之间的关系是非线性的。

13、请问双线性变换法能够设计任意性能的滤波器吗？为什么？何时需要频率预畸变？

答：由于幅频响应存在畸变，所以要求模拟滤波器的频率响应是分段恒定的。因此，双线性变换法只能用于设计低通、高通、带通、带阻等选项滤波器；为了保证各边界频率点为预先指定的频率，在确定模拟低通滤波的系统函数之前必须进行所谓的“频率预畸变”，即将数字滤波器技术指标转换为模拟滤波器技术指标时，按照非线性关系式，计算模拟滤波器的边缘频率。

14、请问加窗处理对理想特性有何影响？

答：（1）使理想频率特性不连续突变边沿变成了一个过渡带；（2）使平坦的通带和阻带特性变成由波动的不平坦特性，过渡带两旁，出现最大值和最小值，形成肩峰值；肩峰值的两侧，形成长长的余振，它们取决于窗函数频谱的副瓣，副瓣越多，余振也越多；（3）增加截取长度，并不能改变上述波动，改变长度，只能改变窗谱的绝对大小，而不能改变主瓣与副瓣的相对比例。

15、请问 IIR 和 FIR 滤波器从性能上比较各自的优缺点是什么？

答：从性能上来说，IIR 滤波器可以用较少的阶数获得很高的选择性，所用储存单元少，运算次数少，因此经济效率高；但是这个高效率的代价是相位的非线性，选择性越好则相位非线性越严重。相反，FIR 滤波器可以得到严格的线性相位。但是，如果要获得一定的选择性，则需要用较高的阶次，成本比较高，信号延时也较大；然而，FIR 滤波器滤波器的这些缺点是相对于非线性相位的 IIR 滤波器而言的。如果按相同的选择性和相同的相位线性要求，那么 IIR 滤波器就必须加全通网络进行相位矫正；因此，同样要大大增加滤波器的阶数即复杂性；如果相位特性要求严格，那么 FIR 滤波器不仅在性能上而且在经济上都更优于 IIR 滤波器。