# 语音信号处理:

# 第2章作业思路提示

# 第2章作业

深蓝学院
shenlanxueyuan.com

1、思考题

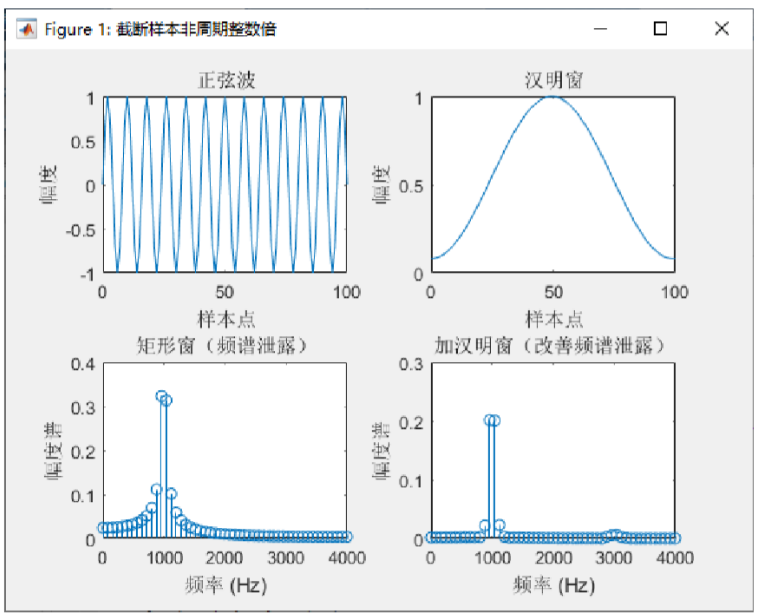
### 1.1 窗函数比较

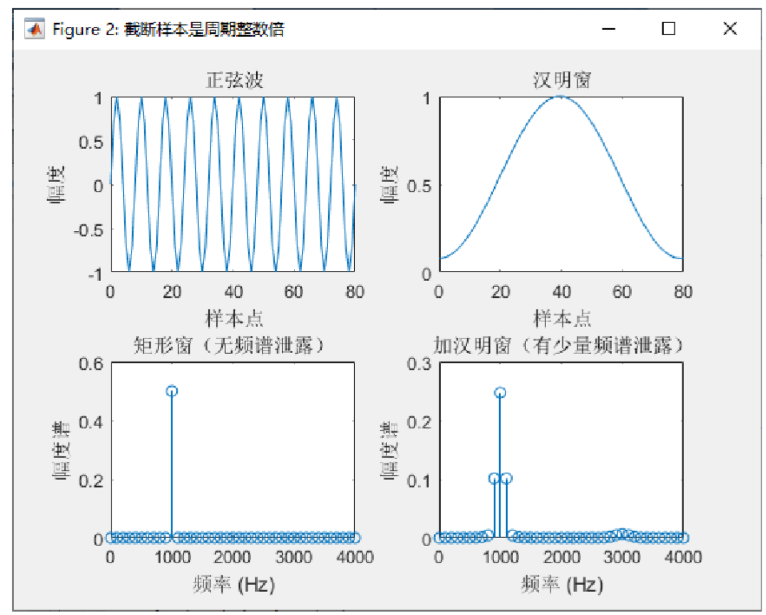
(1) 请比较2种窗函数，矩形窗和汉明窗。在对语音信号进行分帧加窗的过程中，哪一种窗函 数更好？请说明原因。

以1000hz的正弦波为例进行说明：

•非整数周期倍数截断，产生频谱泄

•整数周期截断，不加窗不会出现频谱泄露




语音信号帧无法满足所有的频率都是周期的整数倍。所以，一定会出现频谱泄露，只能通过加窗的方法，来减少频谱泄露。

# 第2章作业

1.2 证明题

（2）对于一个长度为N的实数序列x(n), 离散傅里叶变换为X(k). ①请写出X(0) 与X(N/2)的值的表达式； ②请证明X(k)的共轭对称性，即：X(N-i) = X*(i) 0<i<N/2

对于一个长度为 N 的实数序列 x(n)，它的离散傅里叶变换为 X(k)。我们知道离散傅里叶变换可以 表示为以下公式：

$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j2\Pi kn/N}$

1. 计算 X(0) 和 X(N/2) 的值： 把k=0带入到上面的公式
   - 把k=0带入到上面的公式：

     $X(0) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)$
   - 把k=N/2带入公式：

     $X(N/2) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j\Pi n}$

     $= \sum_{n=0}^{N-1} x(n)(cos(-\Pi n) + jsin(-\Pi n))$

     $= \sum_{n=0}^{N-1} x(n)(-1)^n$
2. 证明X(k)的共轭对称性

   $X(N-i) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j2\Pi(N-i)n/N}$

   $= \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{j2\Pi in/N}$

   $= \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j2\Pi(-i)n/N}$

   =$X^*(i)$

   因为$X(i) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j2\Pi in/N}$, 与 $\sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j2\Pi(-i)n/N}$互为共轭关系。

这里要注意的是，当 i = 0 或 i = N/2 时，X(N-i) 和 X(i) 实际上是同一个元素，即 X(0) 和 X(N/2)。 且他们2个的虚部为0，因此，上述共轭对称性结论成立。

# 第2章作业

## 2、计算题

给定两个有限长序列：

$$x_1(n) = \{1,\ 5,\ 7,\ 3,\ 2,\ 1,\ 6,\ 9\} \quad 0 \leqslant n \leqslant 7 \quad N_1 = 8$$

$$x_2(n) = \{2,\ 4,\ 6,\ 1,\ 3\} \quad 0 \leqslant n \leqslant 4 \quad N_2 = 5$$

分别计算 $x_1(n)$ 和 $x_2(n)$ 的线性卷积和圆周卷积（点数为8）结果，观察二者在哪些位置具有相同的值。

根据线性卷积的公式：

$y(n) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} x(n-m)h(m) = x(n) * h(n)$

- 先对x1的左右两边各补$(N2-1) = 4$个零，新的$x1(n) = \{0,0,0,0,1,5,7,3,2,1,6,9,0,0,0,0\}$
- 写成向量形式（索引从右到左实现翻折），卷积= 对应位置相乘再相加，每个卷积值的求解可以用向量的内积表示，因此对n个卷积值，可以用矩阵的乘法表示如下：矩阵size=（m+n-1,m）即（12，5）

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 7 & 5 & 1 & 0 & 0 \\ 3 & 7 & 5 & 1 & 0 \\ 2 & 3 & 7 & 5 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 7 & 5 \\ 6 & 1 & 2 & 3 & 7 \\ 9 & 6 & 1 & 2 & 3 \\ 0 & 9 & 6 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 9 & 6 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 9 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 9 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2 \\ 4 \\ 6 \\ 1 \\ 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y(0) \\ y(1) \\ y(2) \\ y(3) \\ y(4) \\ y(5) \\ y(6) \\ y(7) \\ y(8) \\ y(9) \\ y(10) \\ y(11) \end{bmatrix}$$

根据圆周卷积的公式：

$X_1(k) = DFT[x_1(n)]$

$X_2(k) = DFT[x_2(n)]$

$Y(k) = X_1(k)X_2(k)$

$y(n) = IDFT[Y(k)]$

计算圆周卷积的步骤：

- 首先确认点数N
- 对于序列长度小于N的，在其后面补0，使序列长度达到N
- 然后计算2个序列的FFT
- 2个序列的FFT结果再相乘
- 对相乘的结果再IFFT得到圆周卷积结果

> 线性卷积结果：$y(n) = \{2, 14, 40, 65, 66, 50, 52, 59, 79, 63, 27, 27\}$
>
> 圆周卷积结果：$y(n) = \{81, 77, 67, 92, 66, 50, 52, 59\}$

对比可知：最后面的4个点是一致的。即圆周卷积的后面N1-N2+1 = (8-5+1) = 4 个点的结果与线性卷积的结果一致。

# 感谢各位聆听！

Thanks for Listening