# DSP 实验一

## 有限长序列、频谱、DFT 的性质

展示人: 周灿松

信电学院

2021/10/18

# 目录

# 实验内容

## 实验步骤

1. 生成五种共 9 个序列
2. 绘制出每一个序列的实部、虚部、模、相角
3. 计算每一个序列的幅度谱、频谱实部、频谱虚部
4. 观察同种序列取不同参数时的频谱，发现它们的差异

步骤三中的频谱指的是该序列 DFT 变换之后的结果

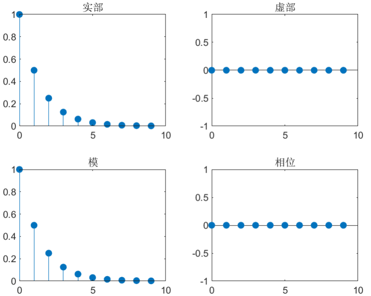
## 代码结构

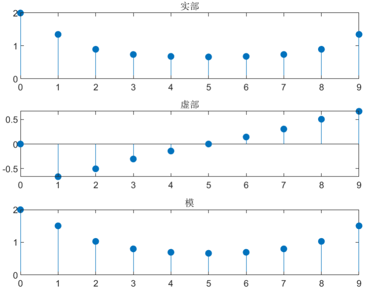
在本次的实验中，我将整个实验作为一个整体进行考虑，在 Problem1.m 脚本文件中调用生成各种序列以及绘制各种图像的函数。

同时将其分为三节，第一节生成 9 个序列，第二节绘制各个序列时域上的实部、虚部、幅值以及相位，第三节则绘制各个序列频域上的图像

接下来将具体讲解各个代码

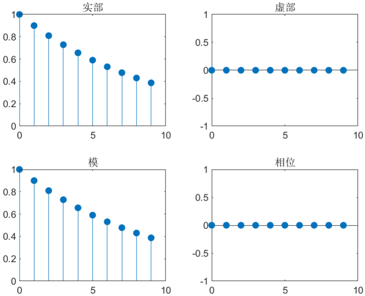
# $x(n) = a^n$:a=0.5,length=10

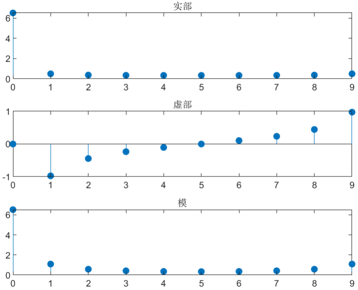



观察时域图像，因为为实指数序列，所以虚部和相位均为 0; 观察频域图像，可以发现他们的实部偶对称，虚部奇对称

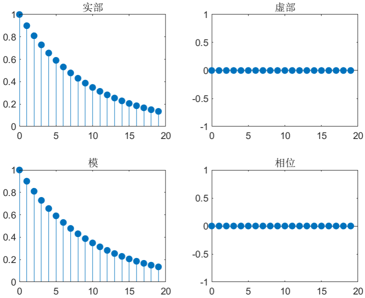
# $x(n) = a^n$:a=0.9,length=10

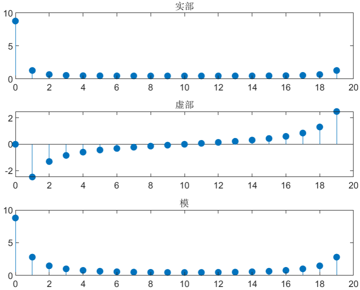



同时，我们可以发现：当 a 的值变大时，时域实部衰减越慢，频域 X(0) 的值也更大。

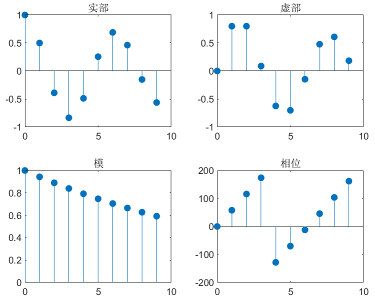
# $x(n) = a^n$:a=0.9,length=20

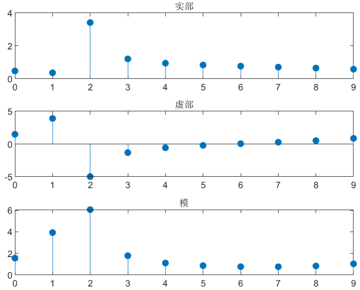



除此之外，我们也可以发现 length 越大，频谱就越接近真实图像，这是由于采样率的提升

# 复指数序列



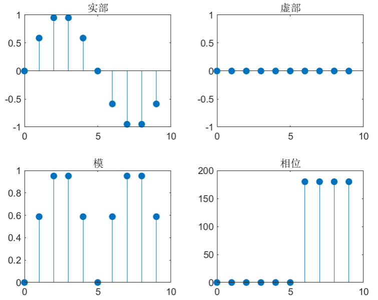



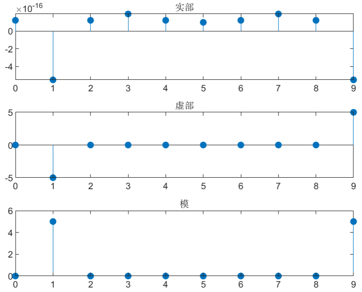

该序列为复指数序列，其可表示为

$$\sqrt{a^2+b^2}e^{jn\theta} = \sqrt{a^2+b^2}(cos(n\theta)+j\sin(n\theta))$$

的形式，所以时域的实部与虚部表现为正弦函数的抽样结果，相位呈现线性，因为 $\sqrt{a^2+b^2} < 1$, 所以模减小。频域上未发现明显特点。

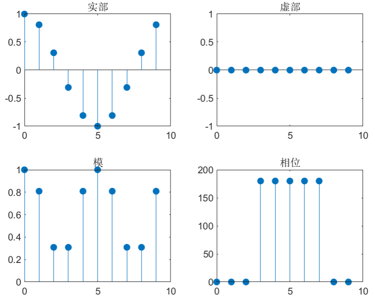
# 正弦序列图像

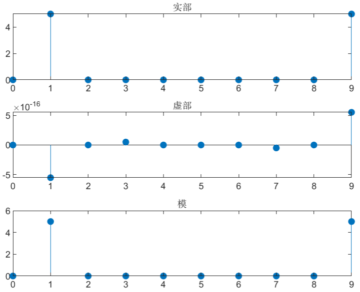



该序列是正弦函数的采样，采样周期为 0.1s。观察时域图像可知：该序列为奇对称的实序列，在 x(n) 大于零时相位为 0，小于零时相位为 180°。因为该序列的对称性，所以频谱的实部应该为 0，且虚部奇对称。虚部值出现在 1Hz 处，与原序列频率吻合

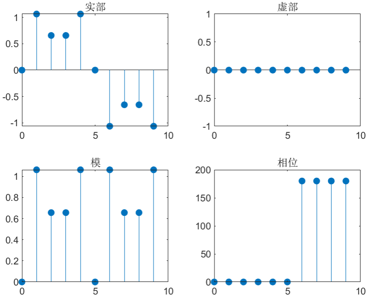
# 余弦序列

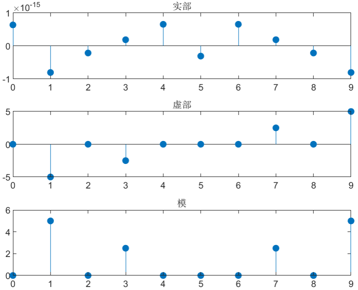



观察时域，可得该序列是偶对称的实序列，虚部为 0，相位与正弦函数类似。因为它的对称性，频域的虚部理论上应该为 0，此处不为零是由于 MATLAB 是浮点数计算，有一定的误差，可以看出虚部的值是一个极小的值。谱线出现在 1Hz 处，与原序列的频率吻合

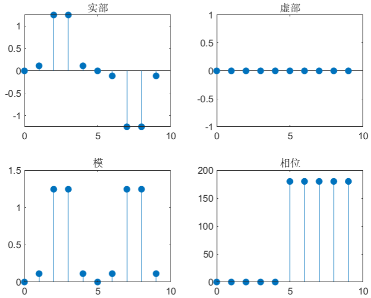
# 复合函数序列:$\phi = 0°$

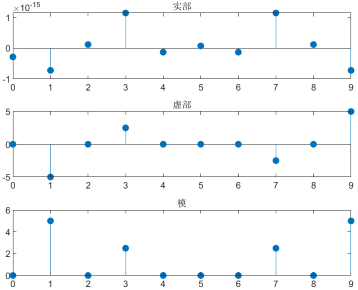



该序列是一个由频率为 1Hz 和频率为 3Hz 的两个序列复合而来的实序列，虚部为 0. 当 $\phi = 0\circ|180\circ$ 时，该序列为奇序列，所以频谱实部趋近于 0，虚部奇对称。因为复合的序列的频率，所以频域谱线出现在 1Hz 与 3Hz 处。

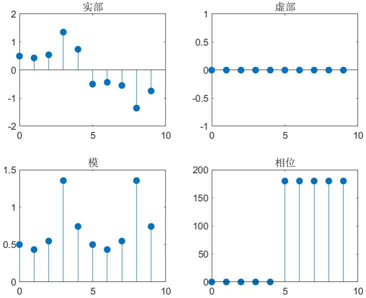
# 复合函数序列:$\phi = 180°$

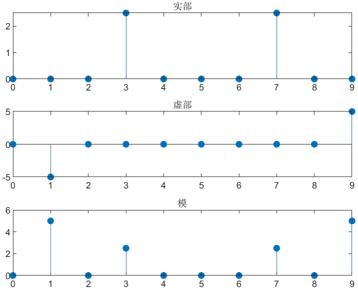



该序列是一个由频率为 1Hz 和频率为 3Hz 的两个序列复合而来的实序列，虚部为 0. 当 $\phi = 0°|180°$ 时，该序列为奇序列，所以频谱实部趋近于 0，虚部奇对称。因为复合的序列的频率，所以频域谱线出现在 1Hz 与 3Hz 处。

# 复合函数序列:$\phi = 90°$




而当 $\phi = 90°$ 时，该序列不具备对称性，所以频谱也不具备对称性。但由于复合的序列的频率没变，所以频域谱线仍然出现在 1Hz 与 3Hz 处。

# DFT 的物理意义

## 意义

DFT 是序列傅里叶变换在 $0-2\pi$ 上的等距采样。

## 各个点的意义

1. X(0): 信号直流分量的频谱值
2. X(1): 信号在基频处的幅度和相位
3. X(N-1): 信号在 N-1 次谐波处的幅度和相位

## 主要性质

1. **线性**: 如果 $x_1(n)$ 和 $x_2(n)$ 的 DFT 为 $X_1(k)$ 与 $X_2(k)$, 则 $ax_1(n) + bx_2(n)$ 的 DFT 为 $aX_1(k) + bX_2(k)$
2. **反转定理**: 如果 $x(n)$ 的 DFT 结果为 $X(k)$，则 $x((-n))_N$ 的 DFT 为 $X((-k))_N$
3. **序列的循环位移**: 如果 $x(n)$ 的 DFT 结果为 $X(k)$，则 $x((n+m))_N$ 的 DFT 为 $W_N^{-km}X(k)$
4. **卷积性质**: 两个序列圆卷积的 DFT 等于他们分别 DFT 的结果相乘
5. **帕斯瓦尔定理**:$\sum_{n=0}^{N-1} |x(n)|^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} |X(k)|^2$