



# 数字信号处理实验

## 实验一：序列生成与滑动平均滤波





# 实验概述

## ●实验概述

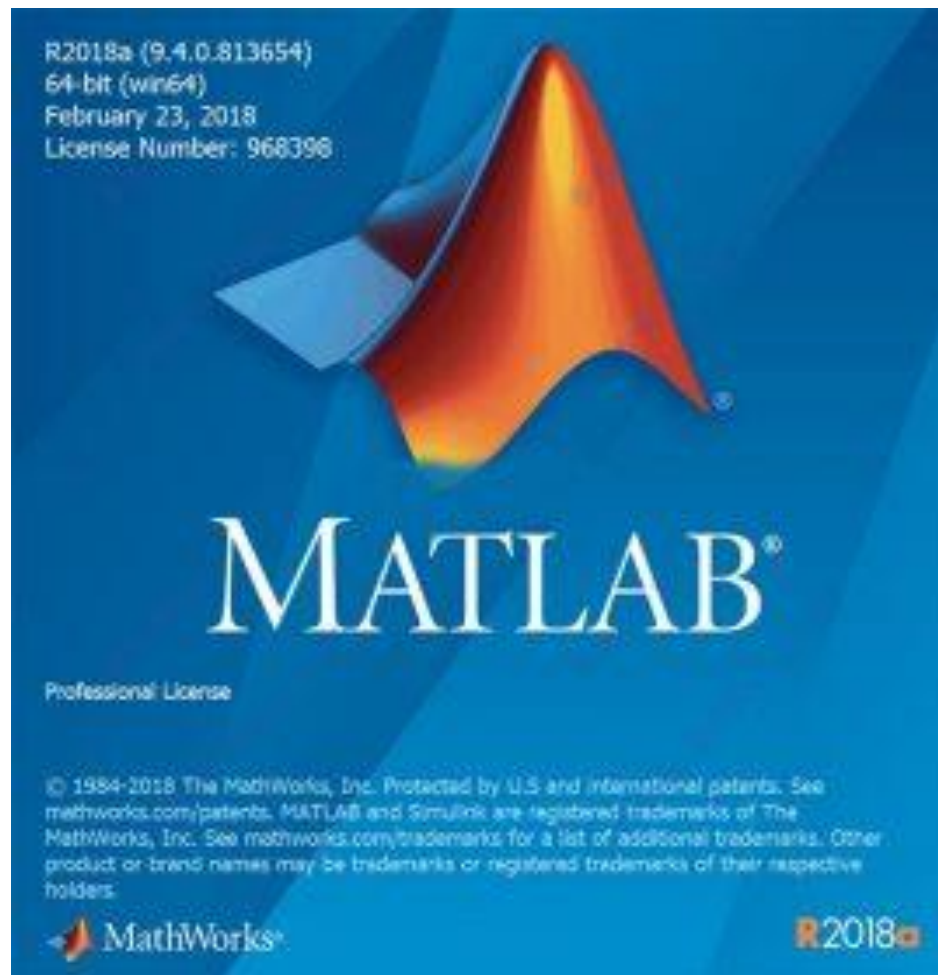
- 本次实验4共学时
- 覆盖教材的第1章

## ●软件平台

- MATLAB软件—2017A以上版本

## ●实验作用

- 夯实基础：能够生成常见的数字信号
- 初步应用：利用经典的滑动平均滤波方法处理含噪声的数字信号。





# 实验目的

## ●MATLAB软件介绍

- 熟悉MATLAB编程环境、掌握MATLAB编程特点、了解数字信号处理工具箱；掌握常用图形绘制与标注方法。

## ●数字信号生成

- 掌握基于MATLAB软件产生正弦序列、指数序列、复正弦序列、多频正弦序列、含噪声序列的基本方法。

## ●滑动平均滤波

- 掌握MATLAB的自定义函数编程方法，掌握滑动平均滤波原理及实现方法，掌握窗口长度对滑动平均结果的影响规律。





# 实验内容一：MATLAB软件介绍

## ●MATLAB软件环境

### ➤集成开发环境：

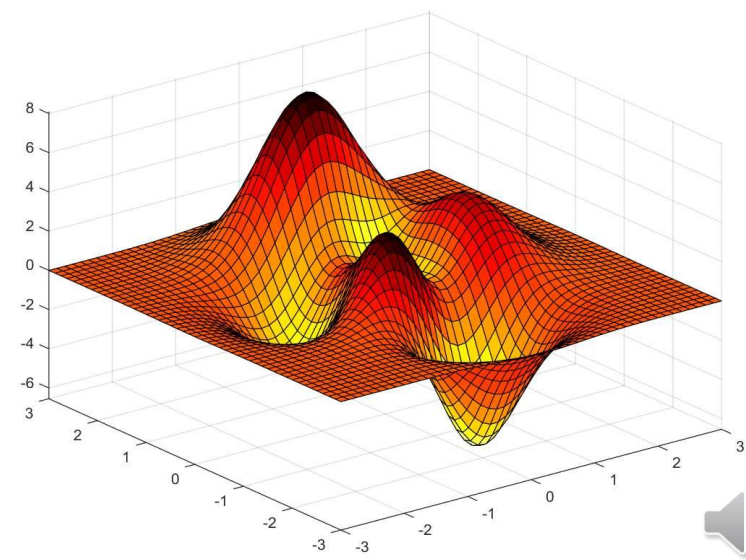
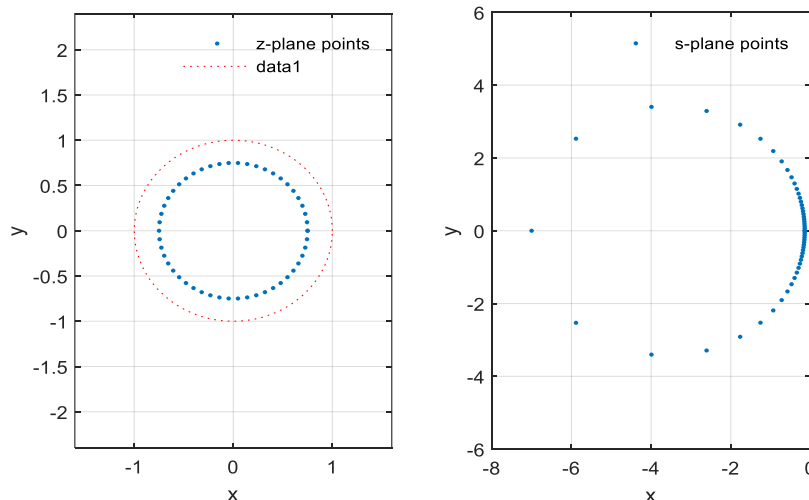
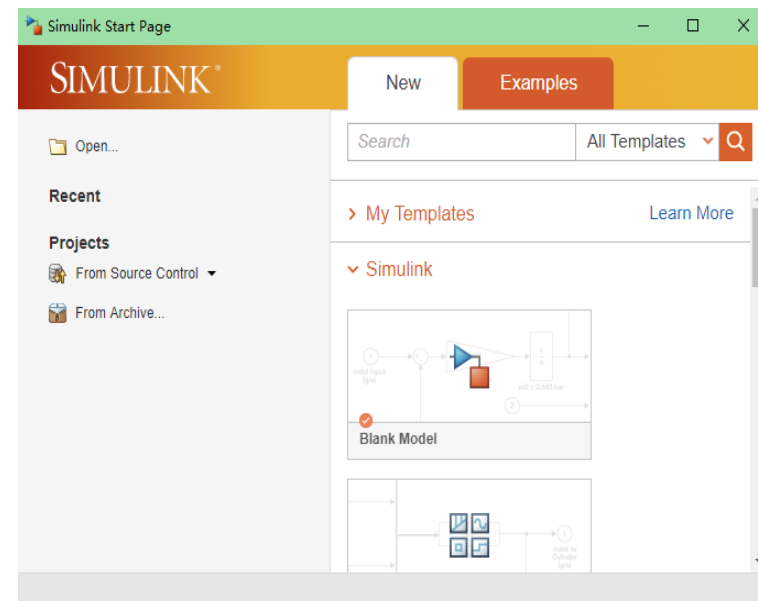
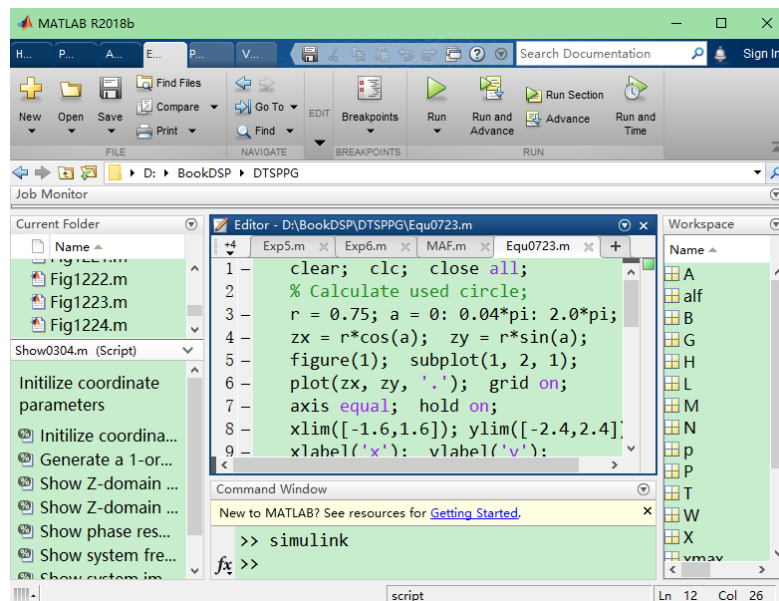
- MATLAB编程环境
- Simulink环境

### ➤面向矩阵运算

- 运算单元—矩阵
- 运算方法—按列

### ➤强大计算能力

- 计算能力强大
- 强大绘图功能
- 跨平台交互能力





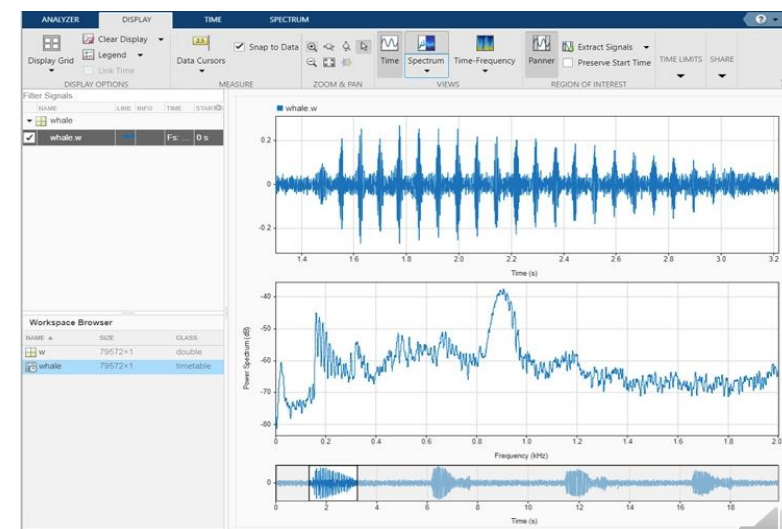
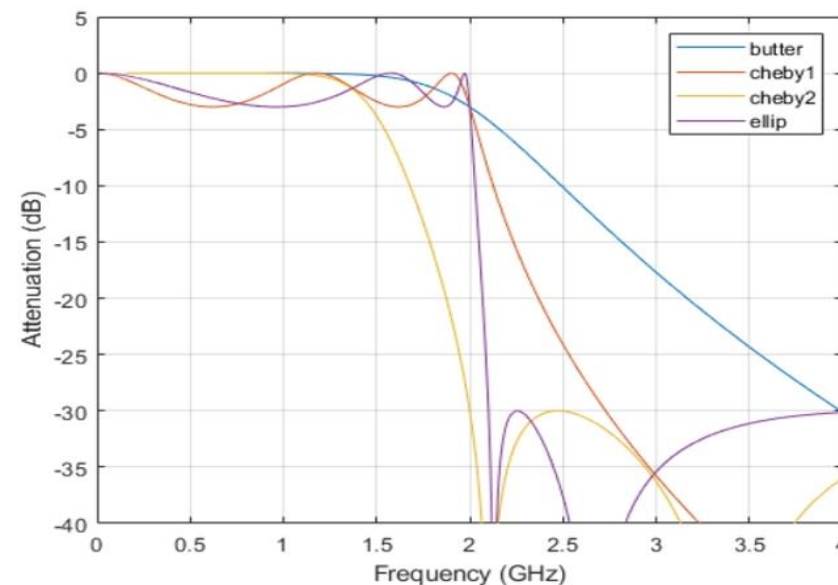
# 实验内容一：MATLAB软件介绍

## ●信号处理工具箱：

提供非常丰富的函数, 覆盖经典信号处理的核心功能。

- 波形产生
- 信号变换
- 窗口函数
- 系统分析
- 模拟滤波器设计
- 模拟滤波器变换
- 线性系统变换

- IIR数字滤波器设计
- FIR数字滤波器设计
- 多采样率信号处理
- 倒谱分析
- 随机信号谱分析
- 线性预测
- 参数建模
- 特殊操作函数
- 图形用户接口...





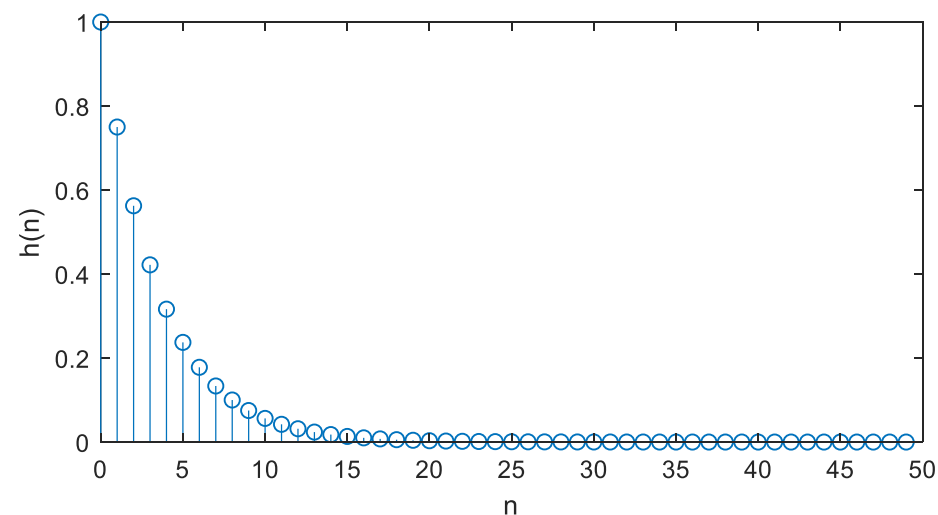
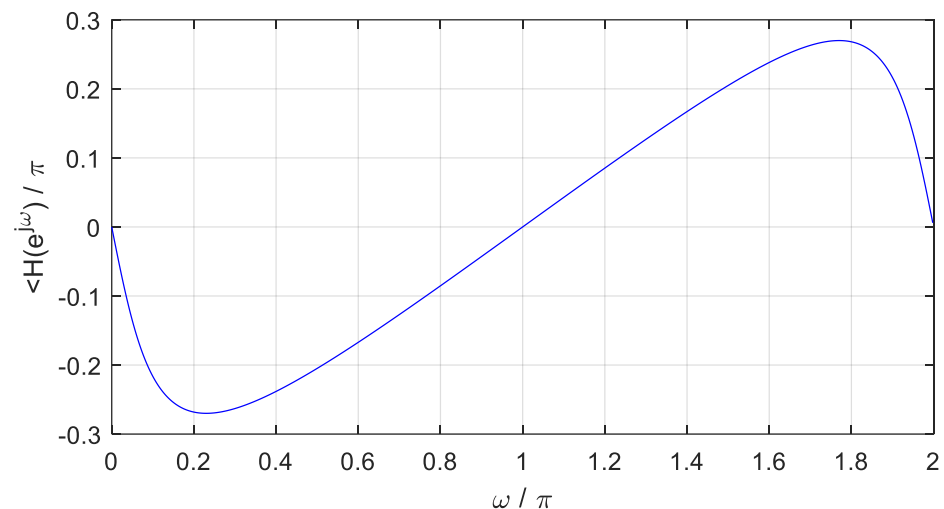
# 实验内容一：MATLAB软件介绍

## ●MATLAB脚本编写

- 命令行输入：一行一条命令
- .m文件形式：包含一组命令
- 自定义函数：.m文件—文件名为调用函数名

## ●MATLAB图形标注

- 绘制图形：plot-连续信号；stem-离散信号
- 坐标标注：xlabel-横坐标；ylabel-纵坐标
- 显示范围：xlim-横坐标；ylim-纵坐标
- 标识曲线：legend-标识多条曲线

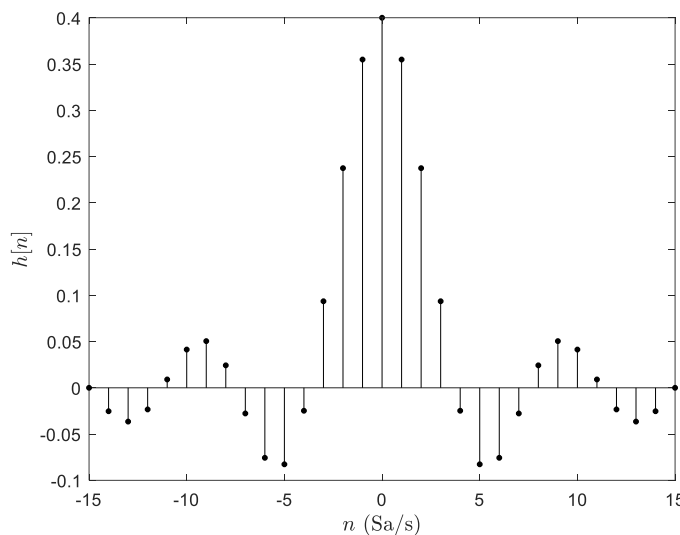
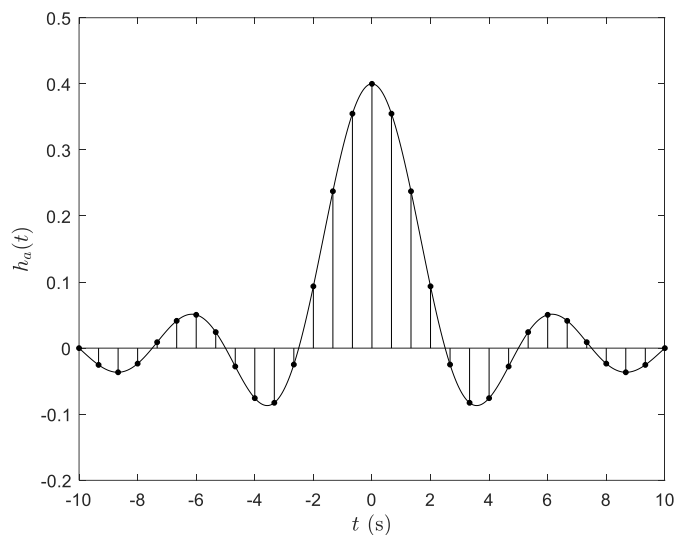




# 实验内容二：数字信号生成

## ●数字信号生成：

➤基本思想：对连续时间信号采样得到序列： $x[n]=x_a(nT)$ 。



注意：序列的下标是离散的整数值





# 实验内容二：数字信号生成—简单序列

## ●简单序列概念

### ➤简单序列：

能够利用初等数学函数或方程直接生成。

### ➤初等函数：

多项式、对数、指数、正弦、圆锥曲线…

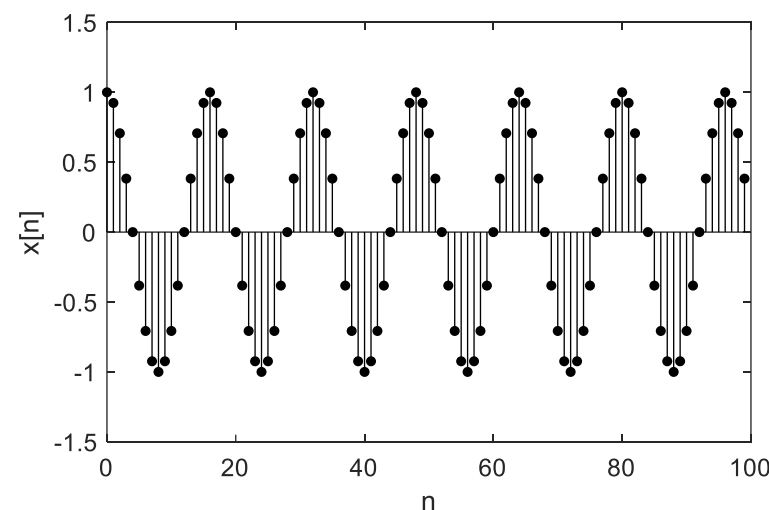
## ●简单序列生成—正弦序列

### ➤生成方法：

$\cos(\Omega t) \rightarrow \cos(\omega n)$ ：  $\omega$  是归一化频率  $[0, 2\pi]$ 。

### ➤提出问题：

是否存在不同  $\omega$  值的序列，产生相同的序列？







# 实验内容二：数字信号生成—简单序列

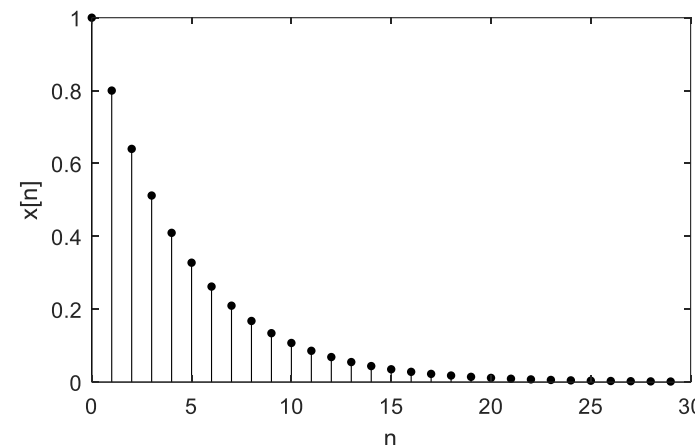
## ●简单序列生成—指数序列

### ➤生成方法：

$r^t \rightarrow r^n$ ,  $r$ 值大小对收敛性产生影响。

### ➤序列生成：

给定不同的 $r$ 值，生成指数序列



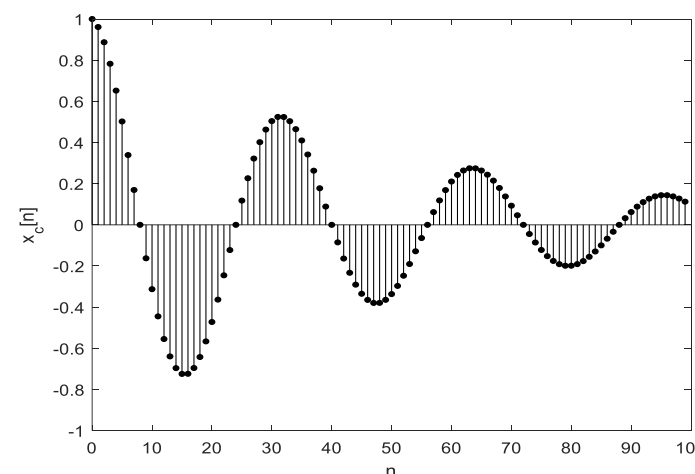
## ●简单序列生成—复指数序列

### ➤生成方法：

$$x(t) = r^t e^{j\Omega t} \rightarrow x[n] = r^n e^{j\omega n}$$

### ➤序列生成：

给定 $r$ 值与 $\omega$ 值，生成复指数序列。实部与虚部？





# 实验内容二：数字信号生成—复合序列

## ●复合序列概念

### ➤复合序列：

由若干个初等函数生成的离散时间信号复合的序列。

### ➤复合方式：

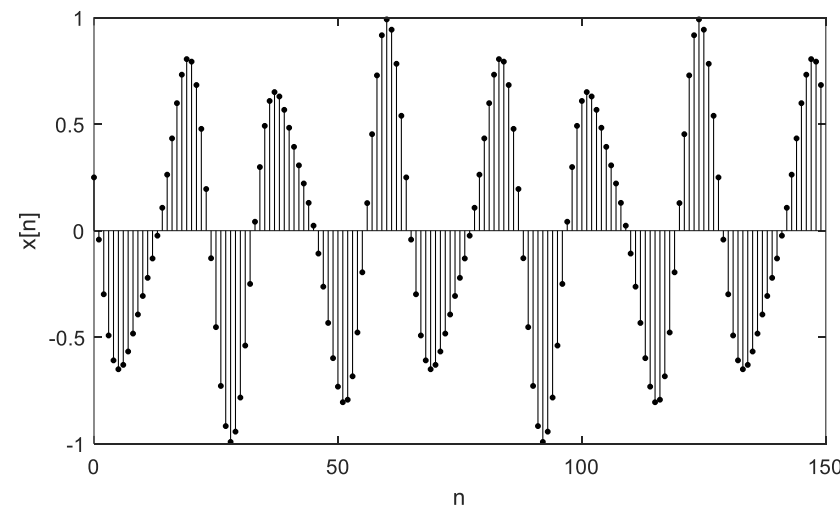
加性复合 + 乘性复合；本次实验只考虑加性运算。

## ●多频正弦序列

### ➤生成原理：多个不同正弦信号的叠加。

$$x[n] = \sum_k A_k \cos(\omega_k n + \theta_k)$$

### ➤生成方法：给定不同幅度A、不同频率 $\Omega$ 、不同相位 $\theta$ ，合成复合正弦序列。





# 实验内容二：数字信号生成—复合序列

## ●含噪声序列

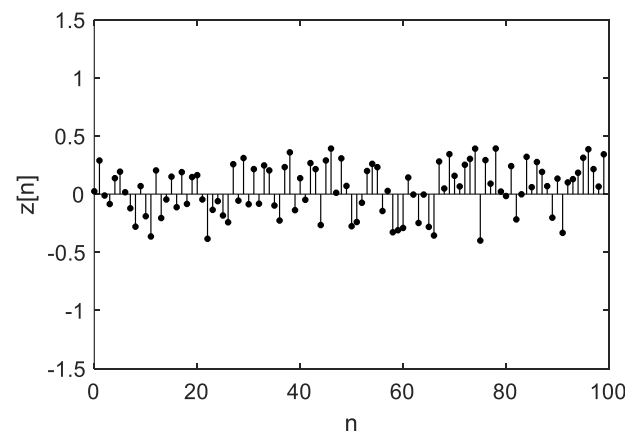
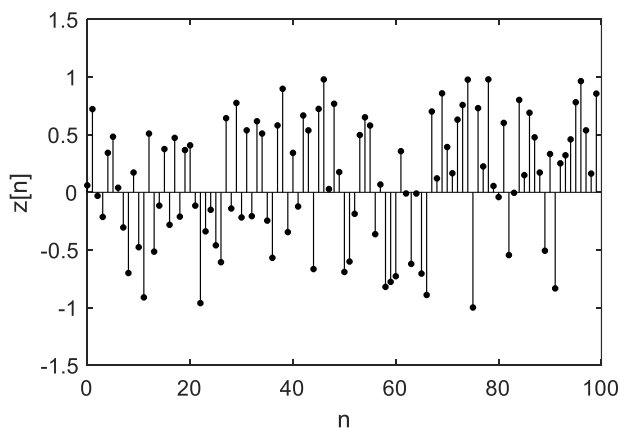
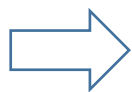
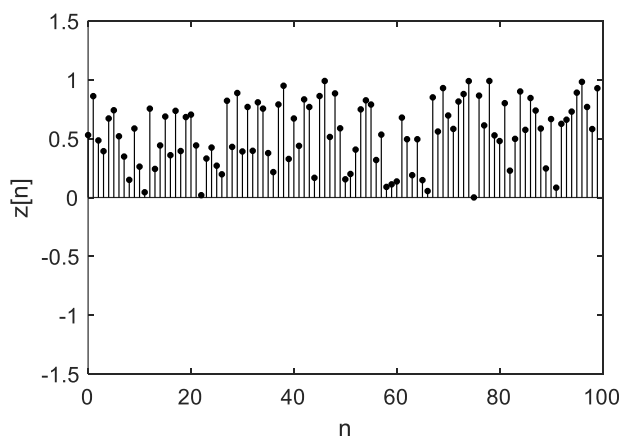
### ➤含噪声序列：

有用的序列 + 干扰的噪声

### ➤生成方法：

生成正弦序列→生成噪声序列→二者加性复合：

注意：rand为 $[0, 1]$ 、均值0.5 →  $[-1, 1]$ 、均值为0 → 转化为 $[-\varepsilon, \varepsilon]$ 、均值为0。





# 实验内容三：滑动平均滤波—基本思想

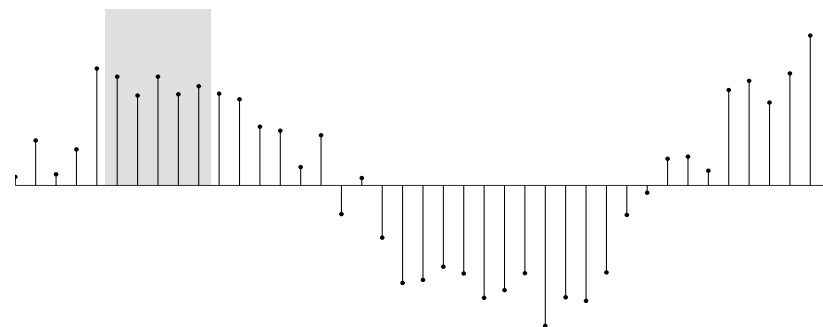
## ●滑动平均滤波思想

### ➤基本思想：

通过滑动窗口覆盖信号局部、并求均值降低噪声的影响。

### ➤数学描述： $$y[n] = \frac{1}{2M+1} \sum_{k=-M}^M x[n-k]$$

奇数长度—>左右对称—>线性相位



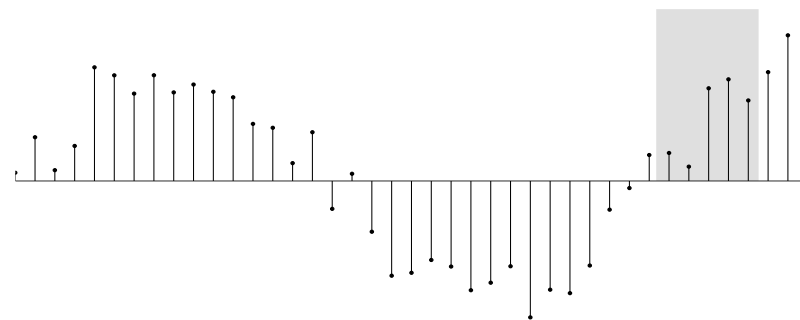
## ●滑动平均滤波实现

### ➤外层循环：

控制窗口滑动，实现覆盖全部序列

### ➤内层循环：

计算窗口内序列的平均值，减轻噪声影响





# 实验内容三：滑动平均滤波—实现方法

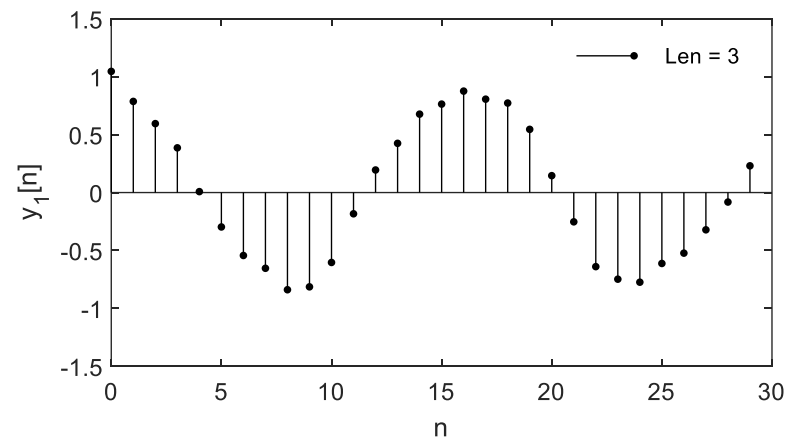
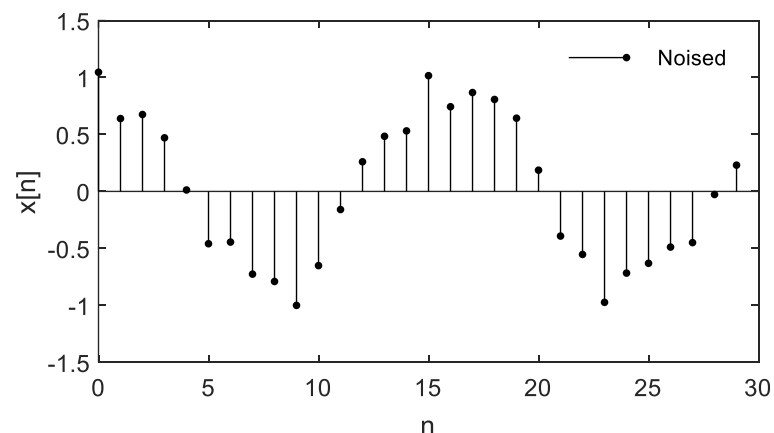
## ●编写滑动平均函数

- 编写函数：例如：function y = MVF(x, len)  
含噪声序列x，窗口长度N(奇数)，滤波后序列y。

## ●实现滑动平均滤波流程：

- 生成含噪声信号： $x[n] = s[x] + z[n]$
- 调用滑动平均函数： $y = \text{MVF}(x, \text{len})$
- 改变窗口长度len值，保存一系列的输出。

注意：窗口太短，滤波器效果差；  
窗口太长，可能过度平滑。







# 实验要求

## ●数字信号生成

### ➤简单序列生成

- 正弦序列:

源代码 + 1幅图形 + 大于50字分析

- 指数序列

源代码 + 1幅图形 + 大于50字讨论

- 复指数序列:

源代码 + 1幅图形 + 大于50字分析

### ➤符合序列生成

- 多频正弦序列:

源代码 + 2幅图形 + 大于50字分析

- 多频正弦序列:

源代码 + 1幅图形 + 大于50字分析

## ●滑动平均滤波

### ➤滑动滤波函数

源代码

### ➤滑动滤波函数

源代码 + 3幅图形 + 大于150字分析



# 实验报告

## ●内容要求：

- 实验目的
- 实验过程与实验结果，包含程序源代码
- 结果分析与实验结论
- 实验收获、体会及建议

## ●时间要求：

- 本次实验**结束后一周内**，提交到教务处实验系统。



# 谢谢大家！

王秋生： [wangqiusheng@buaa.edu.cn](mailto:wangqiusheng@buaa.edu.cn)

袁 梅： [yuanm@buaa.edu.cn](mailto:yuanm@buaa.edu.cn)

崔 勇： [cuiyong@buaa.edu.cn](mailto:cuiyong@buaa.edu.cn)

张军香： [zhangjunxiang@buaa.edu.cn](mailto:zhangjunxiang@buaa.edu.cn)

董韶鹏： [dspsx@buaa.edu.cn](mailto:dspsx@buaa.edu.cn)

