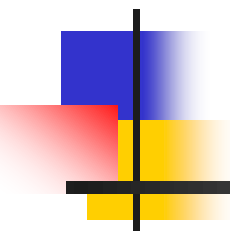


Matlab编程与应用

第二讲



中国科技大学信息学院

陆伟

luwei@ustc.edu.cn



本讲内容:

- **Part1:** 数组与矩阵
- **Part2:** 脚本与函数
- **Part3:** 例子



Part1:

Matlab数组与矩阵



数组与矩阵

- **matlab**提供的一些矩阵生成函数:

ones %元素全为1的矩阵或数组

zeros %元素全为0的矩阵或数组

eye %对角线元素为1，其他全为0的矩阵

rand %均匀分布的随机数

randn %高斯分布的随机数，均值为0，方差为1

pascal %由帕斯卡三角形得来的方阵

magic %行、列、对角线元素之和相等的方阵



数组与矩阵

■ 数组寻址:

```
>> x = ([1:10] + 0.5) * 10;  
>> x(4)  
>> x(3:8)  
>> x(0)      %数组下标从1开始!  
>> x(6:end)  
>> x(end-4:end)  
>> x(2,4,5) %  
>> x([2,4,5])  
>> x([end:-1:1])  
>> x([1:2:end])
```



数组与矩阵

■ 矩阵寻址:

```
>> x =magic(5)
```

```
x =
```

17	24	1	8	15
23	5	7	14	16
4	6	13	20	22
10	12	19	21	3
11	18	25	2	9

```
>> x(3,2)
```

```
>> x(2,:)
```

```
>> x(2,2:5)
```

```
>> x(:,1)
```

```
>> x(:)
```

```
>> x(:, :)
```



数组与矩阵

- 数组、矩阵寻址：利用 **find** 函数

```
t = -10:0.1:10;  
>> x = sin(t);  
>> plot(t,x)
```

- 希望标出在绝对值大于0.7的x位置，咋办？

```
ind = find(abs(x)>0.8);  
hold on;  
plot(t(ind),x(ind))
```



数组与矩阵

`reshape`

`repmat`

`cat`

`sort`

`max min mean find`

`flipud fliplr`



矩阵转置

■ 例:

```
A = [1 2 3; 4 5 6]
```

```
A =
```

1	2	3
4	5	6

```
A'
```

```
ans =
```

1	4
2	5
3	6

矩阵转置

■ 例:

```
z = [1+2i  7-3i  3+4i; 6-2i  9i  4+7i]
```

```
z =
```

```
    1.0000 + 2.0000i    7.0000 - 3.0000i  
    3.0000 + 4.0000i  
    6.0000 - 2.0000i           0 + 9.0000i  
    4.0000 + 7.0000i
```

```
z'
```

```
ans =
```

```
    1.0000 - 2.0000i    6.0000 + 2.0000i  
    7.0000 + 3.0000i           0 - 9.0000i  
    3.0000 - 4.0000i    4.0000 - 7.0000i
```

A' 是共轭转置，及 **A^H** !



矩阵转置

例：

```
z = [1+2i 7-3i 3+4i; 6-2i 9i 4+7i]
```

```
z =
```

```
    1.0000 + 2.0000i    7.0000 - 3.0000i  
    3.0000 + 4.0000i  
    6.0000 - 2.0000i           0 + 9.0000i  
    4.0000 + 7.0000i
```

```
z.'
```

```
ans =
```

```
    1.0000 + 2.0000i    6.0000 - 2.0000i  
    7.0000 - 3.0000i           0 + 9.0000i  
    3.0000 + 4.0000i    4.0000 + 7.0000i
```

A.' 得到 **A^T** !



矩阵指数运算

```
A = [1 1 1;1 2 3;1 3 6]
```

```
X = A^2
```

```
X =
```

3	6	10
6	14	25
10	25	46

```
Y = A.^2
```

```
Y =
```

1	1	1
1	4	9
1	9	36



矩阵幂运算

B= expm (A) :

$$B = e^A = I + \frac{1}{1!}A + \frac{1}{2!}A^2 + \frac{1}{3!}A^3 + \dots$$

exp (A) %逐个元素进行指数运算



矩阵幂运算

```
A = [1 1 1;1 2 3;1 3 6]
```

```
X = expm(A)
```

```
X =
```

```
1.0e+003 *
```

```
0.1008    0.2407    0.4368
```

```
0.2407    0.5867    1.0654
```

```
0.4368    1.0654    1.9418
```

```
Y =exp(A)    %逐个元素进行指数运算
```

```
Y =
```

```
2.7183    2.7183    2.7183
```

```
2.7183    7.3891    20.0855
```

```
2.7183    20.0855    403.4288
```



矩阵的行列式、秩、迹

- 行列式: $\det(\mathbf{A})$
- 秩: 矩阵线性无关的行数或列数;
 $\text{rank}(\mathbf{A})$
- 迹: 矩阵的迹等于矩阵的对角线元素之和, 也等于
矩阵的特征值之和;
 $\text{trace}(\mathbf{A})$



矩阵求逆

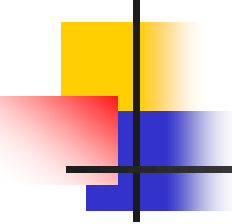
- **inv(A)**

- 矩阵A的逆矩阵表示为 A^{-1} ，满足一下恒等式：

$$AA^{-1} = I$$

$$A^{-1}A = I$$

- 只有在A为方阵且满秩时， A^{-1} 才存在。



矩阵的特征值与特征向量

- $d = \text{eig}(A)$
- $[V, D] = \text{eig}(A)$



矩阵分解

- LU分解, $A=LU$, 利用高斯消元法, L 为对角线为1的下三角矩阵, U 为上三角矩阵。
- 奇异值分解 :
- QR分解: $A=QR$, Q 为正交矩阵, R 为上三角矩阵
- Cholesky分解: $A=R'R$, A 为正定矩阵, R 为上三角矩阵
- $[L,U] = \text{lu}(A)$
- $s = \text{svd}(A)$
- $[Q,R] = \text{qr}(A)$
- $\text{chol}(A)$



线性方程组求解

- $Ax = B \quad \Rightarrow \quad x = A \setminus B$ 左除
- $Ax = B \quad \Rightarrow \quad x = A^{-1}B$



例：城市人口迁移问题

- 有甲乙丙丁四个城市间人口互相迁移，从甲->乙的人口数占甲当年总人口数量的**18%** (a_{21})

$$P = \begin{bmatrix} 0.32 & 0.17 & 0.11 & 0.46 \\ \mathbf{0.18} & 0.43 & 0.32 & 0.33 \\ 0.27 & 0.22 & 0.39 & 0.14 \\ 0.23 & 0.18 & 0.18 & 0.07 \end{bmatrix}$$

设开始时每个城市人口为：

甲 10000 乙 30000 丙 50000 丁 80000

问20年后各个城市人口数量为多少？



例：城市人口迁移问题

- 概率转移矩阵 $P = [a_{ij}]$;

$$a_{ij} \geq 0$$

$$\sum_{j=1}^N a_{ij} = 1$$

如 $P = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.7 \\ 0.6 & 0.3 \end{bmatrix}$



Part2:

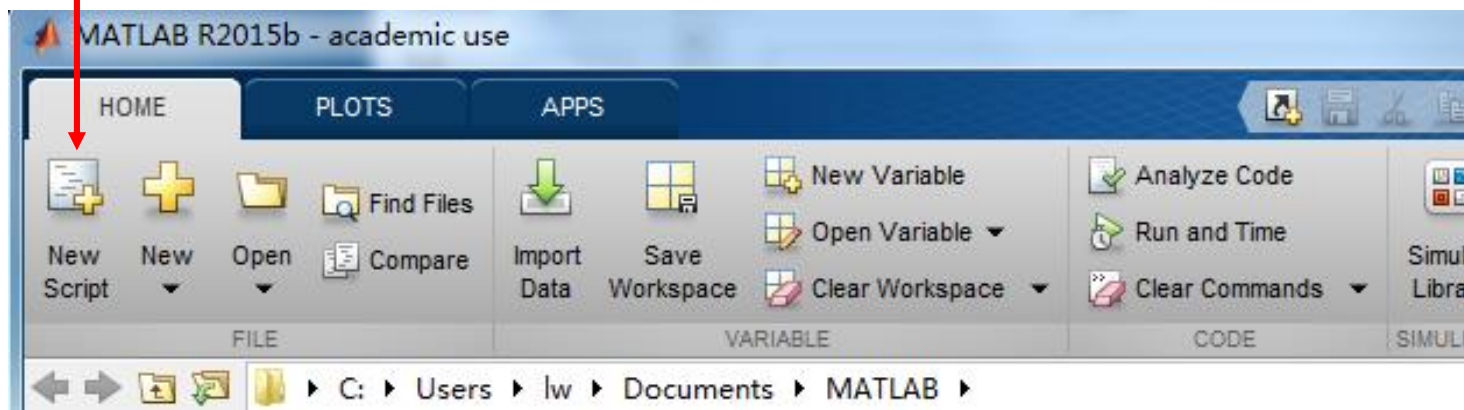
脚本与函数

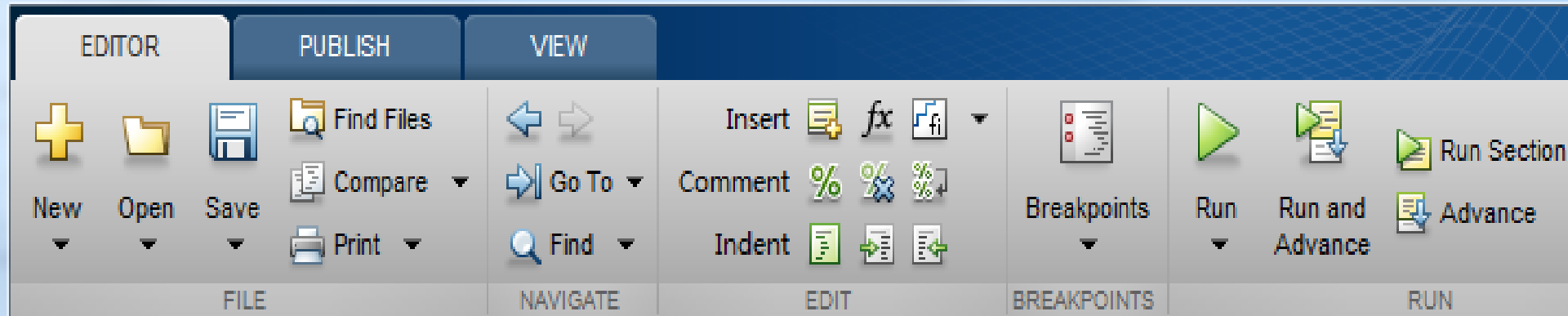
matlab脚本文件

■ 脚本文件（Script m file):

- ◆ 一串指令的集合;
- ◆ 执行结果与在命令窗口逐行输入执行结果一样;
- ◆ 没有输入输出参数。

新建脚本文件





```
scriptdemo1.m* +
1 %This is a demo script m file
2 % 2017.6.24
3
4 fs = 100; %采样频率
5 f0 = 2;
6 t = 0: 1/fs : 5;
7 x = exp(-t).*cos(2*pi*2*t); %信号
8 plot(t,x);
```

Help信息

注释

Breakpoint
(调试断点)



input语句

- `user_entry = input('prompt')`

prompt是程序在命令窗口对用户的提示，用户输入内容被赋给变量user_entry.

- `user_entry = input('prompt', 's')`

用户输入的内容作为字符串赋给变量user_entry.



input语句

- 例：求一元二次方程 $ax^2 + bx + c = 0$ 的根

```
a=input('a=?');  
b=input('b=?');  
c=input('c=?');  
d=b*b-4*a*c;  
x1=(-b+sqrt(d))/(2*a)  
x2=(-b-sqrt(d))/(2*a)
```



input语句

```
reply=input('Do you want more? Y/N [Y]: ',  
's');  
if isempty(reply)  
    reply = 'Y';  
end  
if reply == 'Y'  
    disp('You selected Yes');  
else  
    disp('You selected No');  
end
```



流程控制—for语句

```
for  循环变量 = 表达式  
    循环体  
end
```

- 表达式一般为一个向量，循环变量被依次赋予向量中每个元素的值，并执行循环体。
- 表达式如 $m:s:n$ ，其中 m, s, n 都可以为整数，小数，负数。

如 `for k = -1:0.1:1;`

`for k = 10:-1:0`



流程控制—for语句

例：已知 $y = 1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{5} + \cdots + \frac{1}{2n-1}$ ，当 $n=100$ 时，求 y 的值

```
clear;  
y=0; n=100;  
for k=1:n  
    y=y+1/(2*k-1);  
end
```



流程控制—while语句

```
while 表达式  
    循环体  
end
```

- 表达式一般由逻辑运算和关系运算等组成
- 只要表达式值不为零，即逻辑“真”，程序就继续循环；当表达式值为0就停止循环



流程控制—while语句

- 例：用while循环求1~100间整数的和。

```
sum = 0;  
i = 1;  
while i<=100  
    sum = sum+i;  
    i = i +1;  
end
```



流程控制—while语句

- 例：用while循环求matlab的eps。

```
myeps = 1;  
while 1~=(1+myeps)  
    myeps = myeps/2;  
end  
myeps = myeps*2
```




流程控制—if语句

■ 分支结构 if语句

```
if 条件表达式  
    执行语句  
end
```

```
if 条件表达式  
    执行语句  
else  
    执行语句  
end
```

```
if 条件表达式  
    执行语句  
elseif  
    执行语句  
else  
    执行语句  
end
```



流程控制—if语句

- 例: 输入一个字符, 若为大写字母, 则输出其对应的小写字母; 若为小写字母, 则输出其对应的大写字母; 若为数字字符则输出其对应的数值, 若为其他字符则原样输出。



流程控制—if语句

```
c=input('请输入一个字符','s');  
if c>='A' & c<='Z'  
    disp(setstr(abs(c)+abs('a')-  
abs('A')));  
elseif c>='a' & c<='z'  
    disp(setstr(abs(c)-  
abs('a')+abs('A')));  
elseif c>='0' & c<='9'  
    disp(abs(c)-abs('0'));  
else  
    disp(c);  
end
```



流程控制--switch语句

switch语句：根据表达式的取值不同，分别执行不同的语句

```
switch 表达式
    case 表达式1
        执行语句1
    case 表达式2
        执行语句2
    .....
    case 表达式m
        执行语句m
    otherwise
        执行语句n
end
```



流程控制--switch语句

- 某商场对顾客所购买的商品实行打折销售，标准如下(商品价格用price来表示)：

price<200 没有折扣

200≤price<500 3%折扣

500≤price<1000 5%折扣

1000≤price<2500 8%折扣

2500≤price<5000 10%折扣

5000≤price 14%折扣

输入所售商品的价格，求其实际销售价格。

流程控制--switch语句

```
price=input('请输入商品价格');
switch fix(price/100)
    case {0,1}                                %价格小于200
        rate=0;
    case {2,3,4}                              %价格200~500
        rate=3/100;
    case num2cell(5:9)                        %价格500~1000
        rate=5/100;
    case num2cell(10:24)                      %价格1000~2500
        rate=8/100;
    case num2cell(25:49)                      %价格2500~5000
        rate=10/100;
    otherwise                                  %价格大于5000
```



流程控制—continue、break语句

- **continue:** 跳过循环体中某些语句，继续下一个循环。
- **break:** 终止循环执行。执行脚本或函数中下一个语句。



流程控制—continue、break语句

```
for k =1:5
    if k ==3
        continue
    end
    k
end
disp('The end of Loop')
```

■ 输出：1 2 4 5

```
for k =1:5
    if k ==3
        break
    end
    k
end
disp('The end of Loop')
```

■ 输出：1 2



脚本文件与函数文件

- 脚本文件 (**Script m file**)实际上是一串指令的集合。执行结果与在命令窗口逐行输入执行结果完全一样。没有输入输出参数。
- 函数文件(**function m file**)一般有输入参数与输出参数。



自定义函数

例： 建立一个函数文件计算 $\sin(x^2)$

```
function y = my1stfunc(x)
    z = x.^2;
    y = sin(z);
```



自定义函数

```
function y = my1stfunc(x)
    z = x.^2;
    y = sin(z);
```



函数文件第一行 格式



自定义函数

```
function y = my1stfunc(x)
    z = x.^2;
    y = sin(z);
```



函数名

函数保存的文件名必须与函数名相同！即
该函数必须被保存在 **my1stfunc.m** 中



自定义函数

```
function y = my1stfunc(x)
    z = x.^2;
    y = sin(z);
```




输入变量

函数可以有多个输入变量，也可以没有输入变量



自定义函数

```
function y = my1stfunc(x)
    z = x.^2;
    y = sin(z);
```



输出变量

函数可以有多个输出变量，也可以没有输出变量



自定义函数

- 在函数中定义的变量为局部变量，存储在单独的内存工作区内，不被调用的程序所见。

Script

```
a = 1  
b = f(2)  
c = 3
```

function

```
function y = f(x)  
z = 2*x  
y = z+1
```



自定义函数

Script

- **`z = 1`**
- **`x = f(2)`**
- **`y = 3`**

function

```
function y = f(x)  
z = 2*x  
y = z+1
```




自定义函数

■ 练习:

```
x = 1;  
x = f(x+1) ;  
y = x+1
```

```
function y = f(x)  
x = x+1;  
y = x+1;
```

最终 $y = ?$



自定义函数

确定输入、输出变量的数目

nargin, nargsout

```
function [x0, y0] = myplot(x, y, npts,  
angle, subdiv)  
if nargin < 5, subdiv = 20; end  
if nargin < 4, angle = 10; end  
if nargin < 3, npts = 25; end  
...  
if nargsout == 0  
    plot(x, y)  
else  
    x0 = x;  
    y0 = y;  
end
```



自定义函数

- 函数可以在命令行被调用，也可以在别的函数文件或脚本文件中调用。
- 函数必须在当前目录下或者其所在目录位于**Matlab**的搜索路径中。

```
>> result = my1stfunc(3)
```



子函数

- 子函数：在一个函数文件中可以包含多个函数，与函数文件名相同的是主函数，其它为子函数。
- 子函数只能被函数文件内主函数或其它子函数调用



子函数

- 例：创建一个函数，输入两个数，输出两个数加、减后的结果

```
function [r1t_add,r1t_sub]=sfuncdemo(x,y)
%主函数
    r1t_add = add(x,y);
    r1t_sub =subtract(x,y);
function result = add(x,y)    %子函数
    result = x+y;
function output = subtract(x,y)    %子函数
    output = x-y;
```

- m文件文件名必须和主函数名相同，即
sfuncdemo.m



函数句柄 (@)

变量名=@(输入参数列表)运算表达式

```
例： >> sqr = @(x) x.^2; %创建
```

```
    >> a = sqr(3)    %调用
```

```
例： >> ln = @(x) log(x); %创建
```

```
    >> a = ln(3)    %调用
```



函数句柄（@）

- 可以为matlab内建函数创建句柄。

```
例： >> hd_sin = @sin; %创建  
      >> a = hd_sin(pi) %调用
```

- 可以为用M文件创建的自定义函数创建句柄



函数句柄（@）

- **提高函数调用速度：** matlab调用函数时每次都是要搜索所有的路径，如果一个函数在程序中需要经常用到，使用函数句柄，可以提高程序速度。
- 当matlab关闭或工作区被清空（clear），利用函数句柄创建的函数失效。



内联函数(inline)

- 变量名=inline('函数表达式', '变量名1', ... , '变量名n');

```
>> f=inline('x+y','x','y');
```

```
>>f(2,3)
```

```
ans = 5
```

```
>> Fofx=inline('x.^2*cos(a*x) -  
b','x','a','b');
```

```
>> g= Fofx([pi/3 pi/3.5],4,1)
```

```
ans= -1.5483 -1.7259
```



函数调试

- 在matlab的m文件编辑器中设置断点进行Debug。
- pause
- keyboard



程序优化

- 使循环向量化

```
clear
tic
for t = 1:100000
    y(t) = sin(t);
end
toc
```

```
clear
tic
t = 1:100000;
y=sin(t);
toc
```



程序优化

- 为数组预先分配内存

```
clear
tic
y = 0;
for k = 2:1e8
    y(k) = y(k-1)+1;
end
toc
```

```
clear
tic
y = zeros(1,1e8);
for k = 2:1e8
    y(k) = y(k-1)+1;
end
toc
```



Part3:

常用信号产生



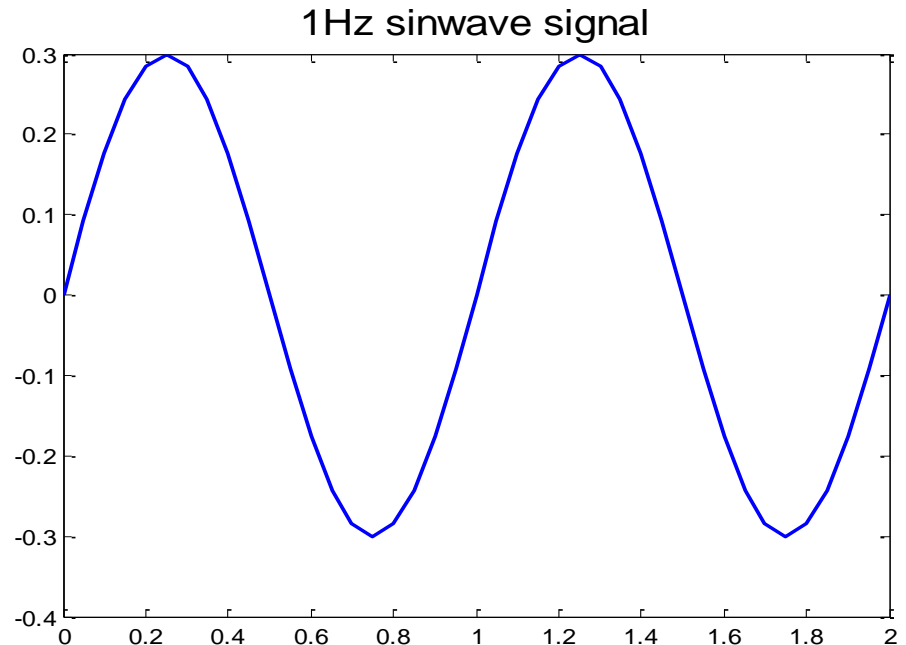
常用信号产生

正弦信号

- 产生频率为1Hz的正弦信号

$$x(t) = 0.3 \sin(2\pi f_0 t) \quad f_0 = 1\text{Hz}$$

```
f0 = 1;  
fs = 20;  
t = 0:1/fs:2;  
x =  
0.3*sin(2*pi*t);  
plot(t,x)
```

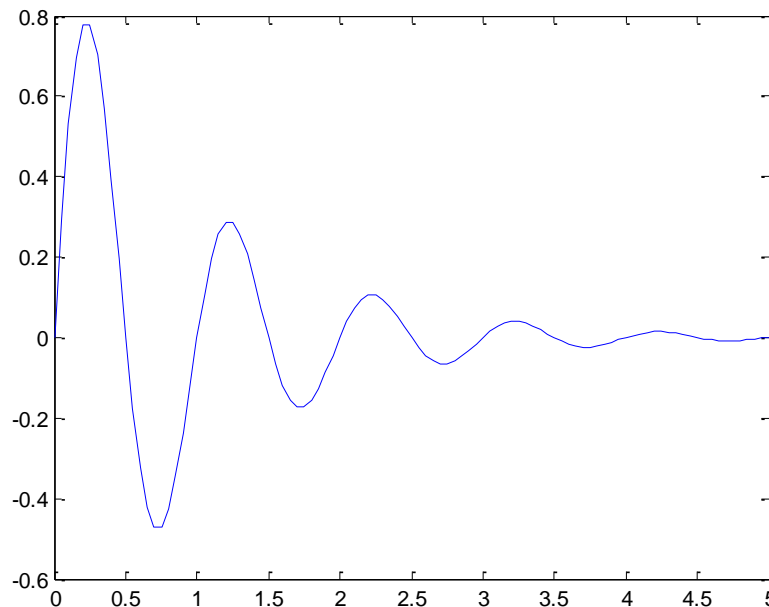


指数衰减的正弦信号

- 产生频率为1Hz的幅度呈指数衰减的正弦信号

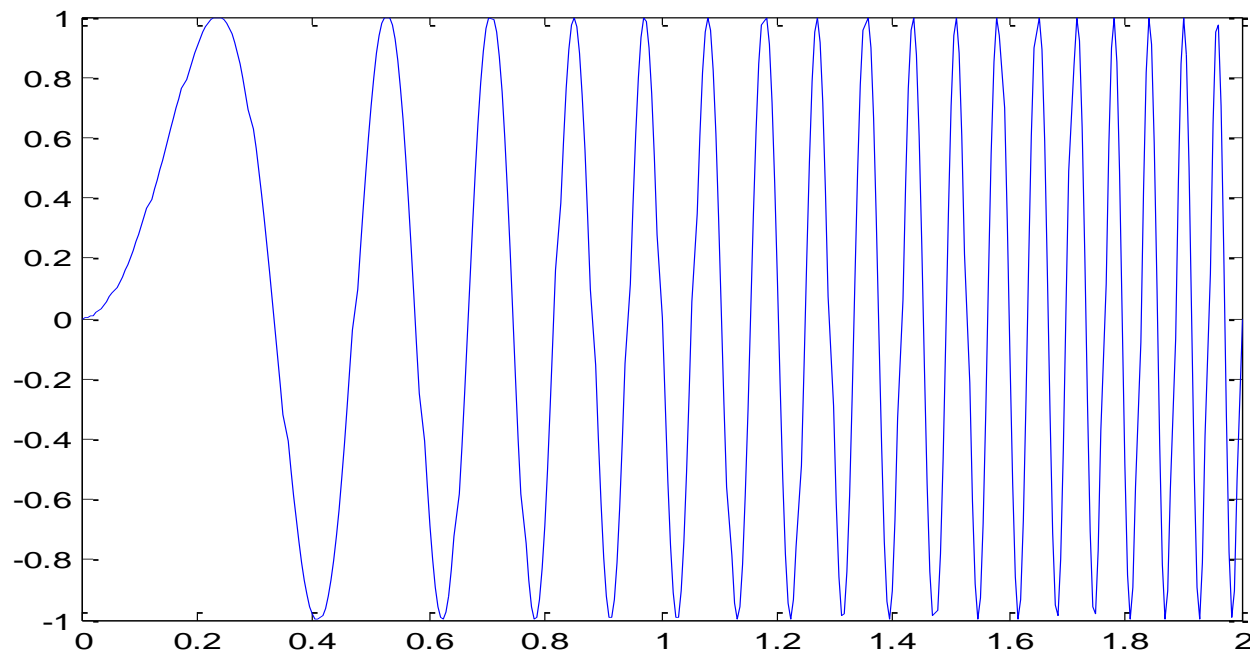
$$x(t) = e^{-t} \sin(2\pi f_0 t) \quad f_0 = 1\text{Hz}$$

```
f0 = 1;  
fs = 20;  
t = 0:1/fs:5;  
x = exp(-t) .* sin(2*pi*t);  
plot(t,x)
```



线性调频信号

- LFM(Linear Frequency Modulation)信号又称 chirp 信号，在雷达信号检测中广泛应用。





线性调频信号

- 调频信号：瞬时频率是时间的函数

$$x(t) = \sin(2\pi f(t)t)$$

$$f(t) = f_0 + \beta t \quad \beta = (f_1 - f_0)t / (t_1 - 0)$$

f_0 : 初始 $t=0$ 时刻的瞬时频率;

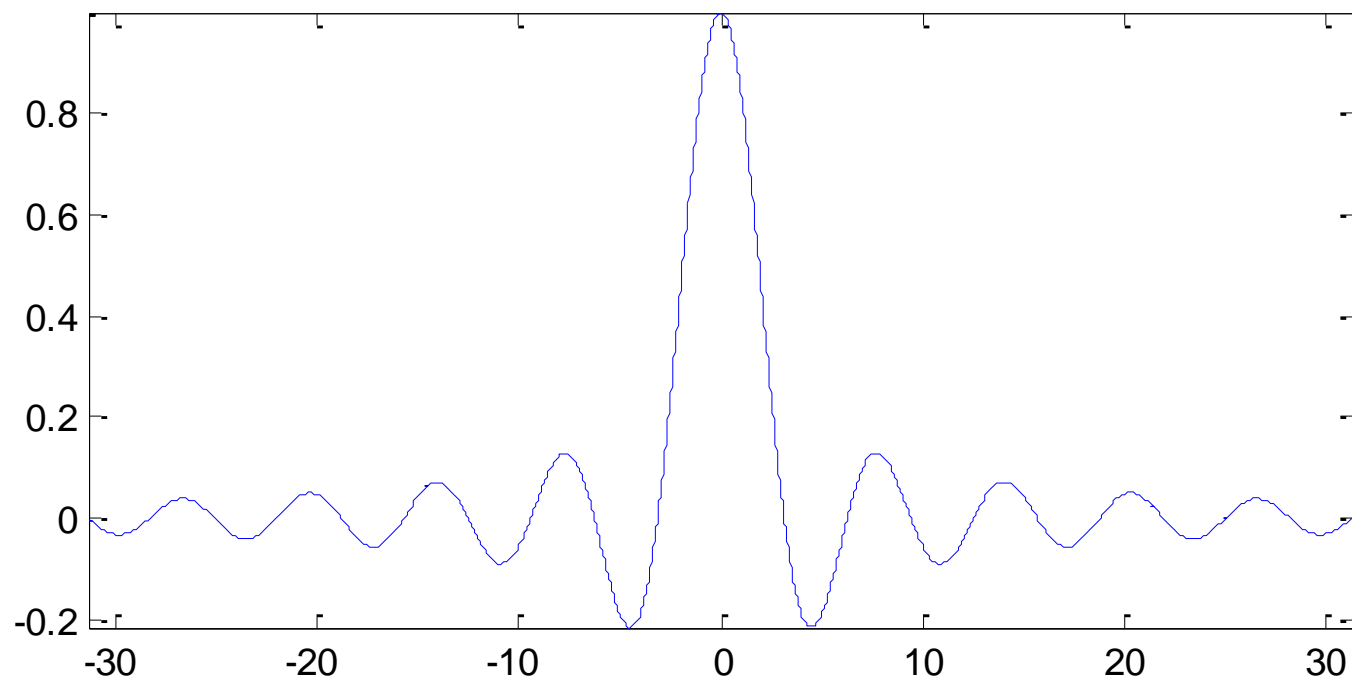
f_1 : $t = t_1$ 时刻的瞬时频率;

练习：试写出 $t=0 \sim 2s$, $f(t) = 1 \sim 10Hz$ 的线性调频信号



Sinc信号

$$\frac{\sin(x)}{x}$$



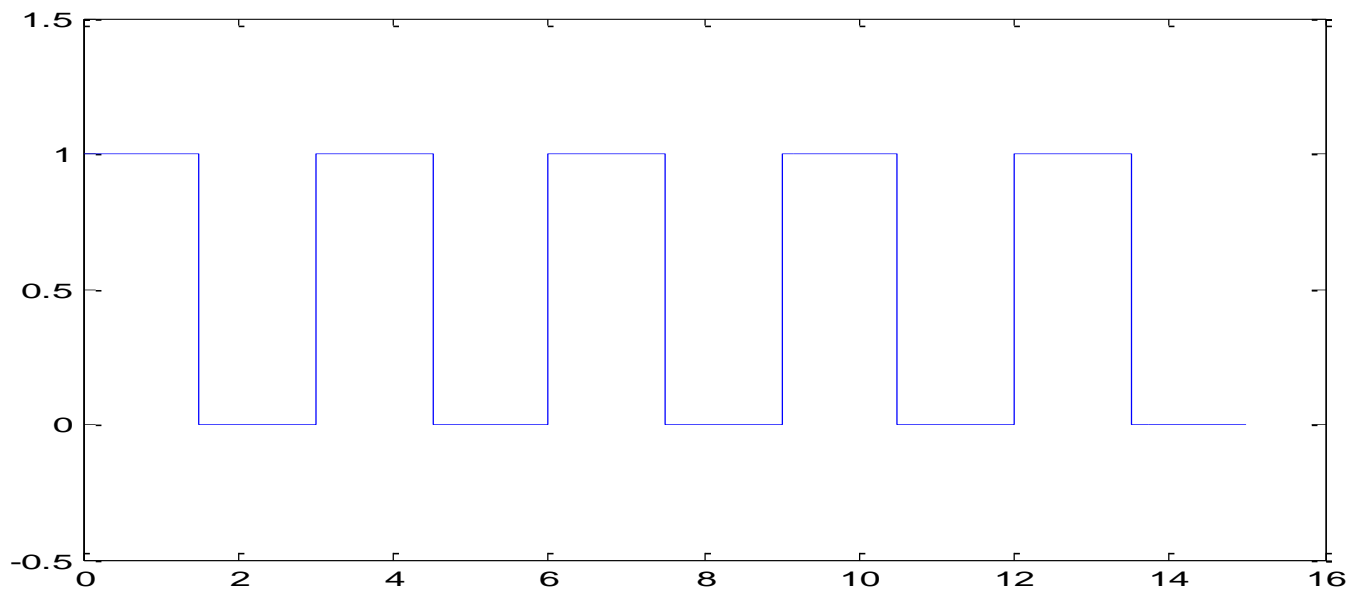


Sinc信号

```
t = -(10*pi):0.01*pi:(10*pi);  
x = sin(t)./t;  
L = length(t);  
x((L+1)/2) = 1;  
plot(t,x)  
axis tight
```

连续周期信号产生

- 产生5个周期的方波信号，周期为3s, 占空比为50%，幅度为1。



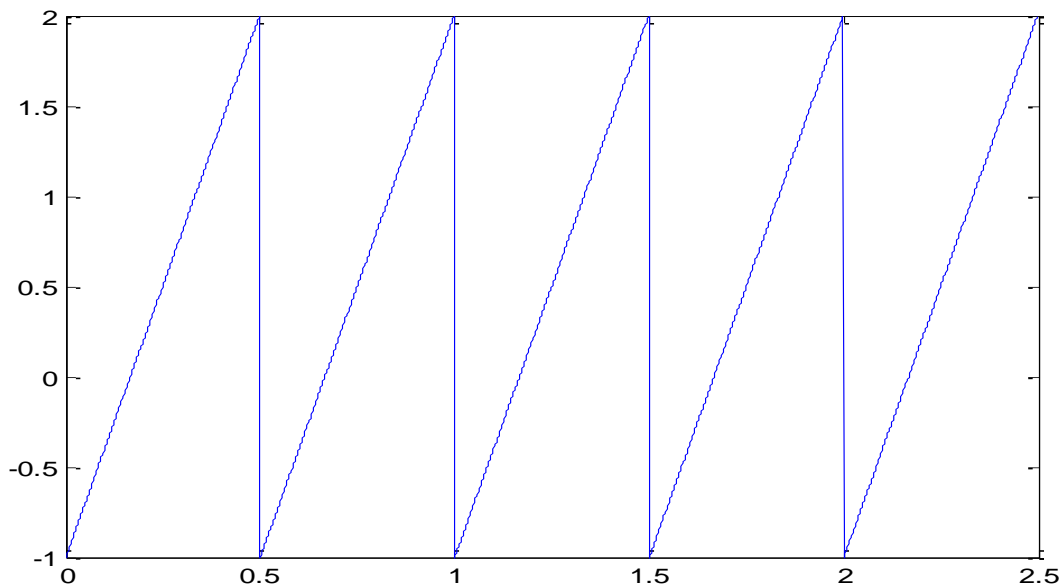


连续周期信号产生

```
N = 5           %5个周期
fs = 500;       %采样频率
T = 3;          %周期
t = 0:1/fs:T*N-1/fs;
%先产生一个周期
len1 = ones(1,floor(T*fs*0.5));
len0=zeros(1,floor(T*fs*(1-0.5)));
sig1 = [len1,len0];
%重复5次
sig = repmat(sig1,1,5);
plot(t,sig)
axis([0 16 -0.5 1.5])
```

连续周期信号产生

- **练习：**产生5个周期的锯齿波信号，周期为0.5s, 幅度为从-1到+2。





随机信号的产生

- **rand** [0 1]之间均匀分布的随机信号
- **randn** 高斯分布的随机信号，均值为0，方差为1



连续时间周期信号的 F o u r i e r 级数展开与合成

- 设实信号 $x(t)$ 的周期为 T , $\omega_0 = 2\pi f_0 = 2\pi / T$

则 $x(t)$ 可以展开为一组成谐波关系的正弦波的线性组合。

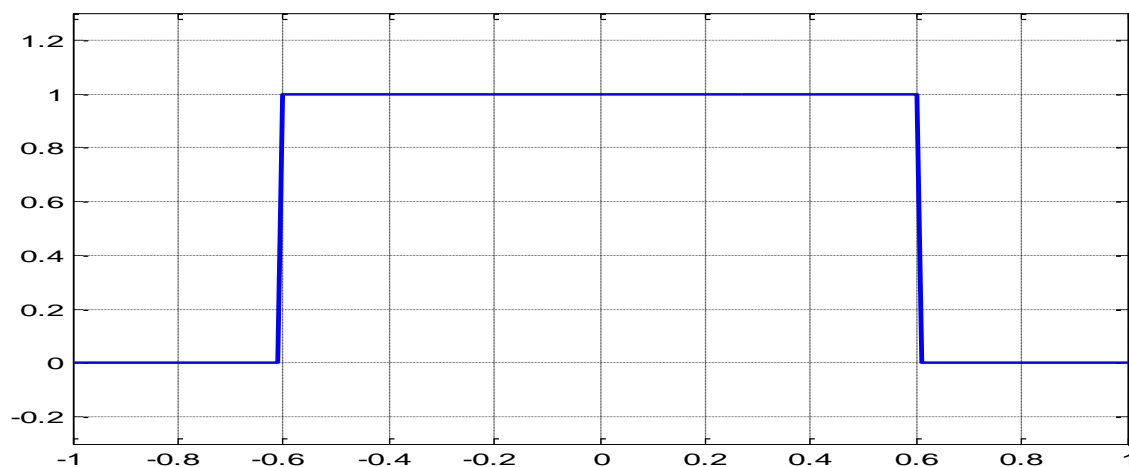
$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} a_k e^{jk\omega_0 t} = a_0 + \sum_{k=1}^{+\infty} 2|a_k| \cos(k\omega_k t + \theta_k)$$

$$a_k = \frac{1}{T} \int_T x(t) e^{-jk\omega_k t} dt$$

连续时间周期信号的 F o u r i e r 级数展开与合成

- 设有周期 $T=2$ ，占空比60%的对称周期方波

$$a_k = \frac{\sin(0.6k\pi)}{k\pi} \quad x(t) = 1.2 + \sum_{k=1}^{+\infty} 2|a_k| \cos(k\pi t + \theta_k)$$



连续时间周期信号的

Fourier 级数展开与合成

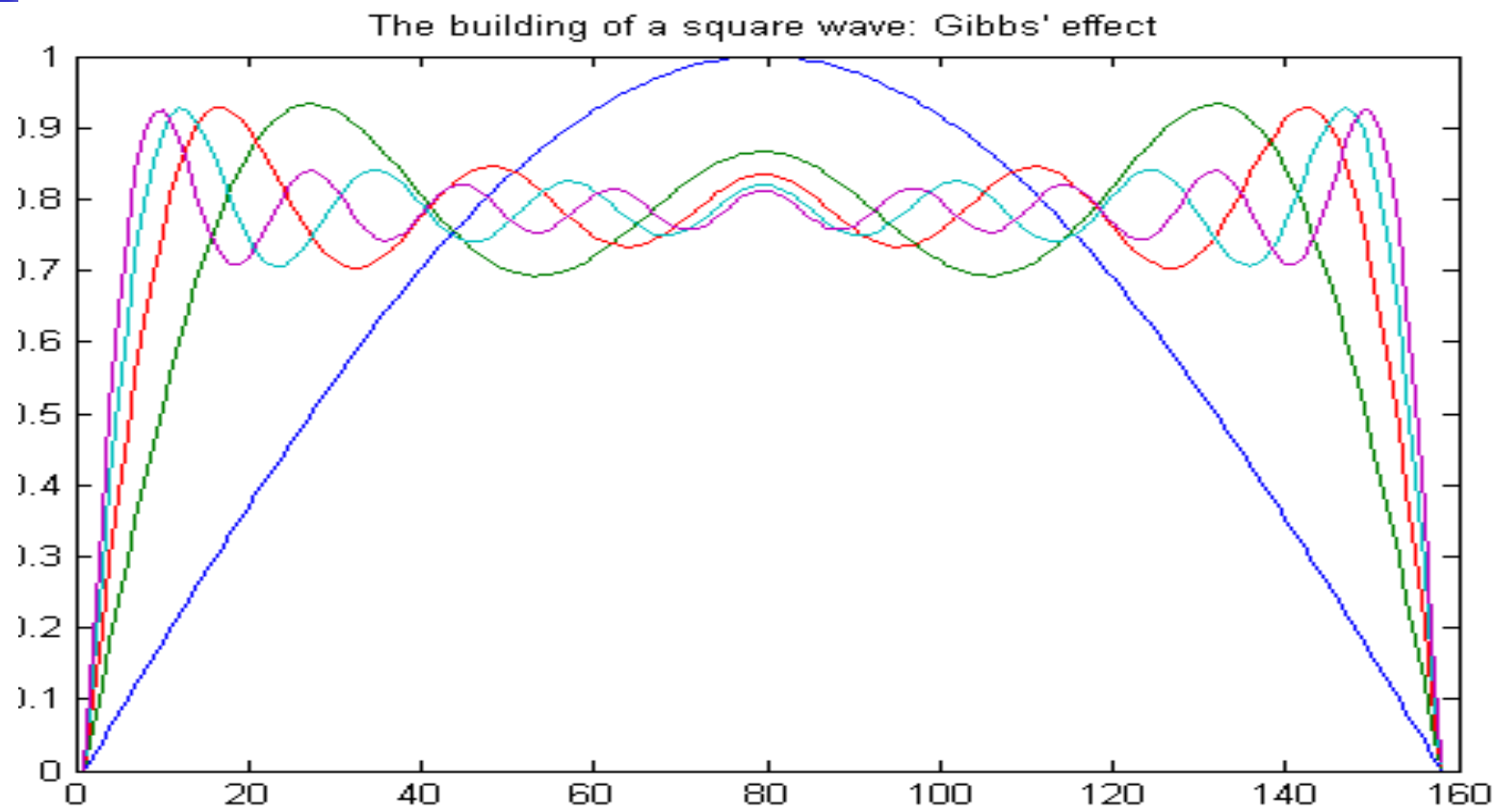
```
T = 2;  
w0 = 2*pi/T;  
F0 = 1/T;  
fs = 100;  
t1 = -1:1/fs:(-0.6-1/fs);  
t2 = -0.6:1/fs:0.6;  
t3 = (0.6+1/fs):1/fs:1;  
x = [zeros(1,length(t1)), ones(1,length(t2)), ...  
zeros(1,length(t3))];  
t = -1:1/fs:+1;  
plot(t,x,'linewidth',2)  
axis([-1 1,-0.3 1.3]),grid on,hold on
```

连续时间周期信号的

F o u r i e r 级数展开与合成

```
N = 40;  
y=0.6;  
yall =x;  
for k = 1:N  
a = sin(k*pi*0.6) / (k*pi) ;  
absa=abs(a) ;  
anglea = pi*(a < 0) ;  
y = y + 2*absa*cos(k*pi*t+anglea) ;  
plot(t,y),shg  
pause(2)  
end
```

Gibbs现象





matlab的一些信号产生函数

- tripuls
- rectpuls
- gausspuls
- sawtooth
- pulstran
- chirp
- diric