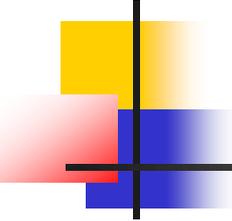


Matlab编程及其应用

中国科学技术大学 信息学院

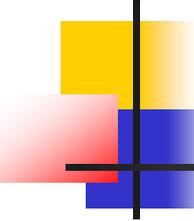
陆 伟

luwei@ustc.edu.cn



课程安排

- **地点:** 3A111
- **时间:** 周一 周三 周五（七月份）
 12号 14号 16号
 19号 21号 23号
 26号
 下午6、7、8节 14:00~16:30
- **考核方式:** 平时作业 + 大作业



课程QQ群：

MATLAB课程群2021

群号：867224688

群聊号码：

867224688



Matlab软件下载

- <http://zbh.ustc.edu.cn/zbh.php>



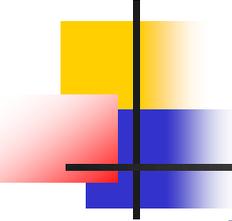
中国科学技术大学

University of Science and Technology of China

正版软件

■ 产品列表

Windows	Office	ORIGIN	MATLAB	高斯	Mathematica	福昕PDF	NOD32	文献普
		Linux		Mac OS X		Windows	安装密钥和激活文件	
2021a		64位版		64位版		64位版	2021a	
2020b		64位版		64位版		64位版	2020b	
2020a_U4		64位版		64位版		64位版	2020a_U4	
2019b_U2		64位版		64位版		64位版	2019b_U2	
----		----		----		----	----	



课程主要内容

- **matlab基础:**

- matlab简介、工作环境

- 基本数据类型与基本运算

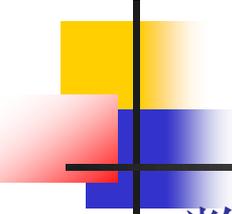
- 数组与矩阵

- 脚本与函数

- 字符串、单元数组、结构体、稀疏矩阵

- **数据可视化:**

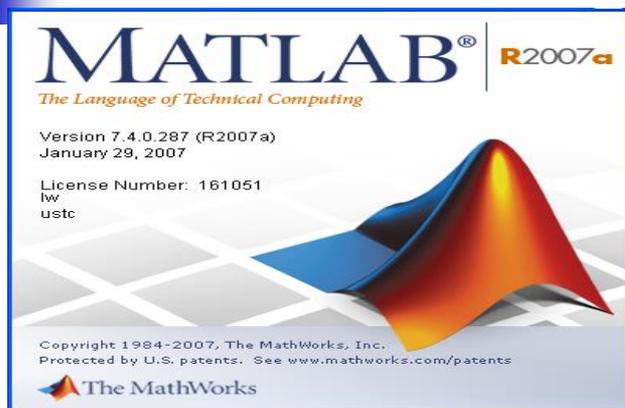
- 二维图形绘制、三维图形绘制



课程主要内容

- 数据分析与科学计算：
 - 多项式、插值拟合
 - 微分方程数值解法
 - 符号计算
- 图形句柄与**GUI**编写
- **Simulink**简介

Matlab简介



Matlab:
Matrix Laboratory
矩阵 实验室

- 国际上应用最为广泛的科学与工程计算软件。
- 工程数学、控制、信号处理等许多专业课程的教学工具。
- 算法分析、系统仿真、数据可视化...

Matlab简介：历史



Cleve Moler



Jack Little

MathWorks公司创始人

<http://blogs.mathworks.com/cleve/>

“Experiments with MATLAB”

“Numerical Computing with MATLAB”

Matlab简介：历史

**1984年, Matlab 1.0 (DOS版, 182K,
20多个函数)**

**1992年, Matlab 4.0 (93年推出
Windows版, 加入 simulink)**

1994年, Matlab 4.2 (得到广泛重视和应用)

1999年, Matlab 5.3 (真正实现32位运算)

2002年, Matlab 6.5 (采用JIT加速器)

2004年, Matlab 7.0 R14

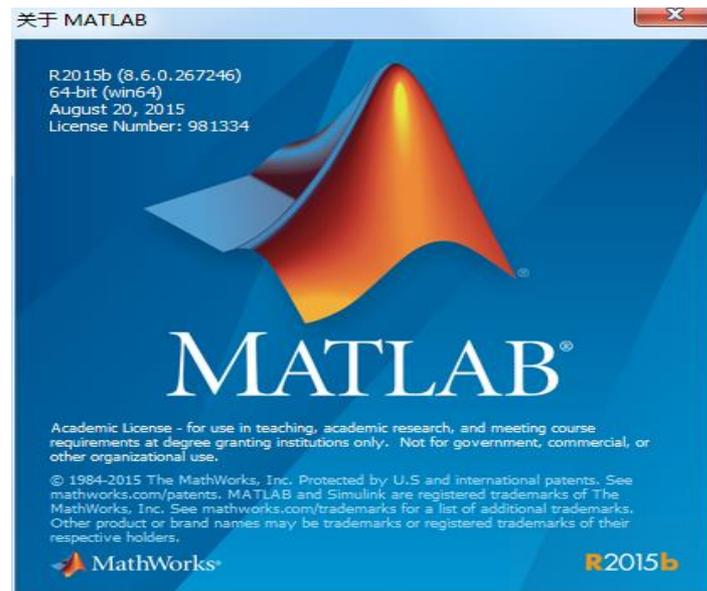
2006年, Matlab 7.2 R2006a

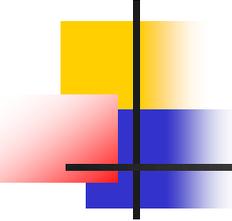
2013年 Matlab 8.1 R2013a

.....

2021年

R2021a



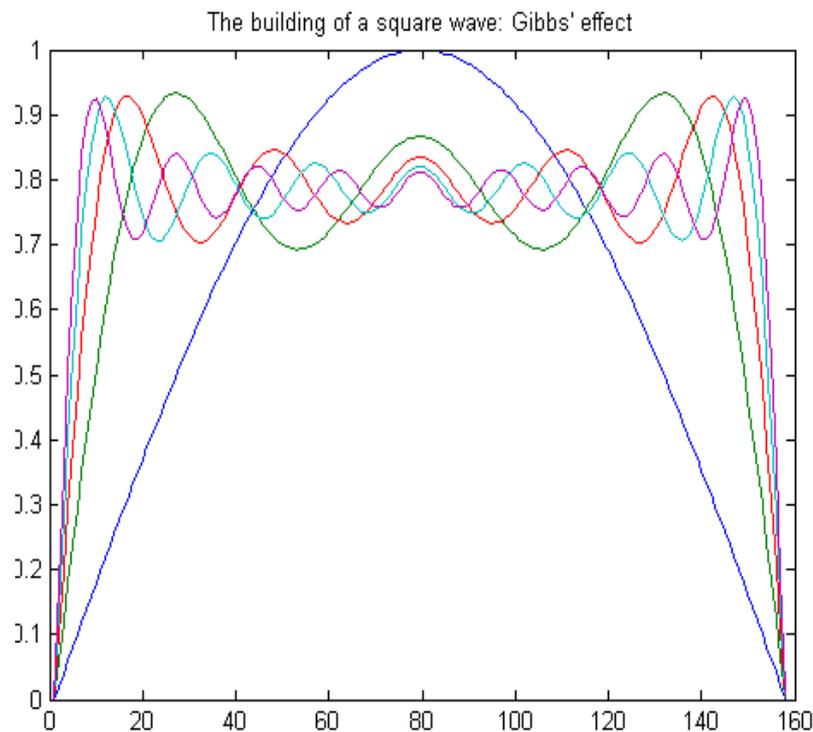


Matlab简介：特点

- 强大的数值分析能力
- 丰富的可视化工具
- 简单易用的编程功能
- 图形化的系统建模
- 众多领域的工具箱
- ...
- 各种矩阵分解、SVD...
- 微分方程求解
- 统计
- 插值、拟合、优化
-
- 使得算法开发者跳出细节——砍树，不用从斧头做起。

Matlab简介：特点

- 强大的数值分析能力
- 丰富的可视化工具
- 简单易用的编程功能
- 图形化的系统建模
- 众多领域的工具箱
- ...

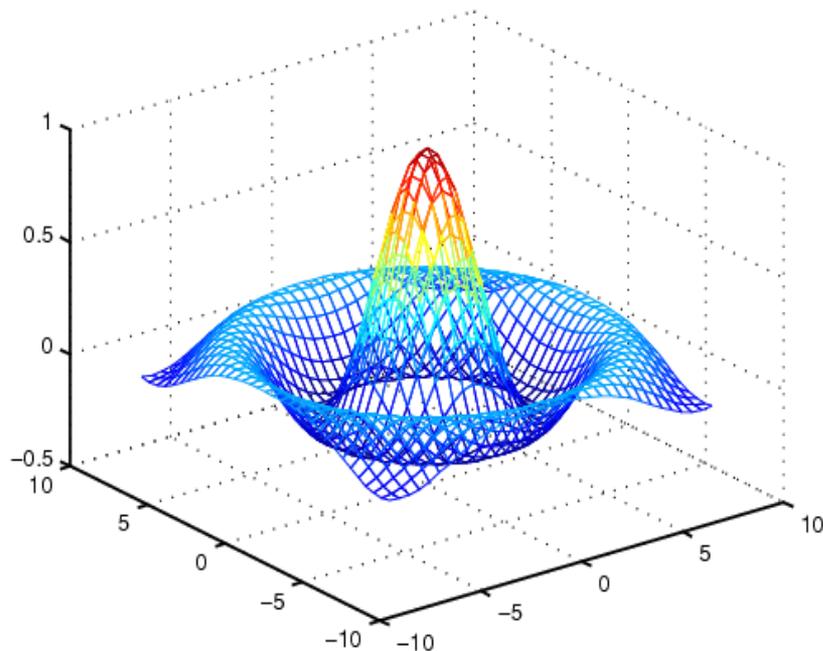


Gibbs现象图示

Matlab简介：特点

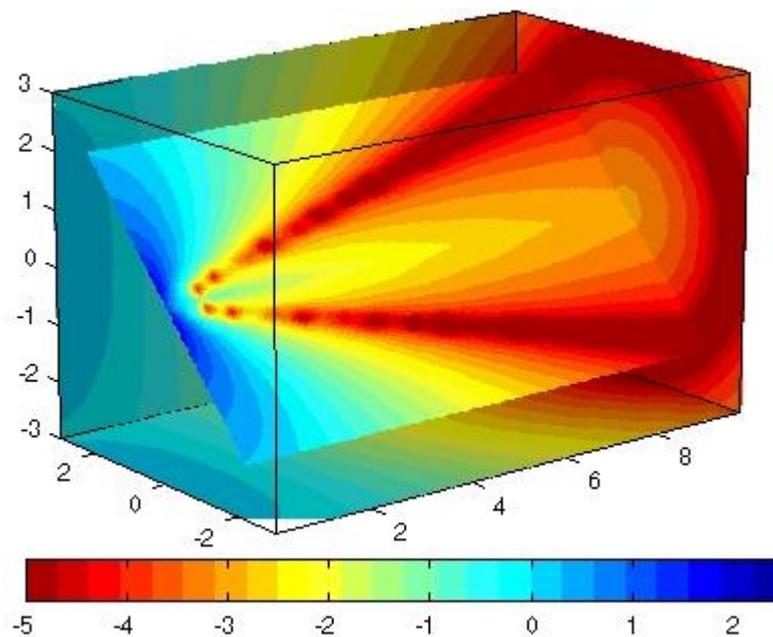
- 强大的数值分析能力
- 丰富的可视化工具
- 简单易用的编程功能
- 图形化的系统建模
- 众多领域的工具箱
- ...

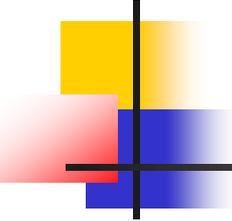
- 复杂数学公式图示



Matlab简介：特点

- 强大的数值分析能力
- 丰富的可视化工具
- 简单易用的编程功能
- 图形化的系统建模
- 众多领域的工具箱
- ...
- 发动机喷射气流的图形显示

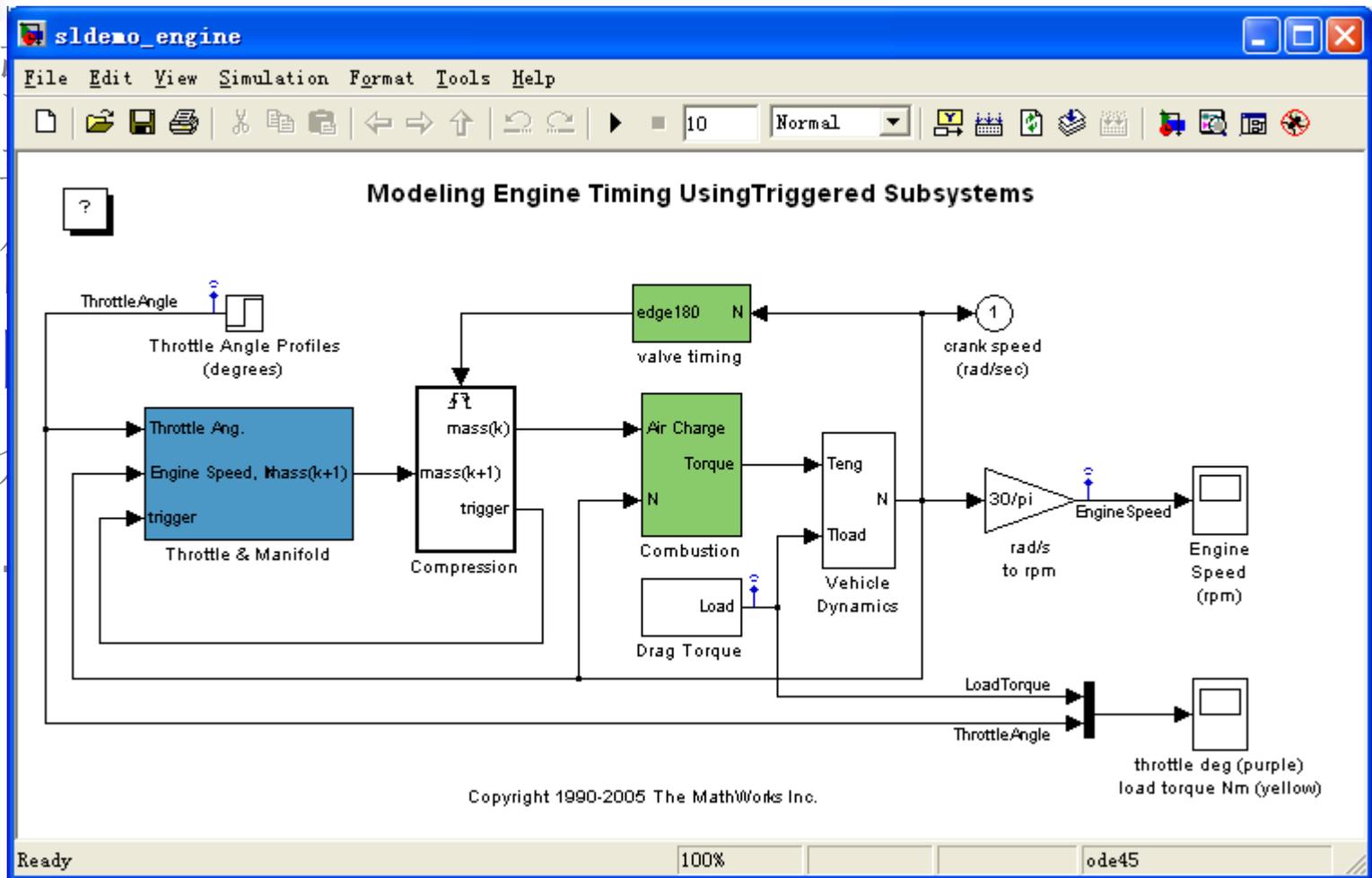


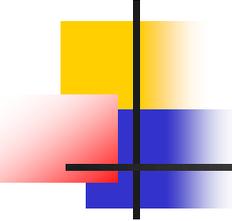


Matlab简介：特点

- 强大的数值分析能力
- 丰富的可视化工具
- 简单易用的编程功能
- 图形化的系统建模
- 众多领域的工具箱
- ...
- 不用担心变量类型错误。
- 不用担心数组溢出。

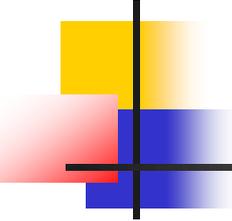
Matlab简介：特点





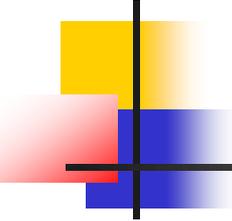
Matlab简介：特点

- 强大的数值分析能力
 - 丰富的可视化工具
 - 简单易用的编程功能
 - 图形化的系统建模
 - 众多领域的工具箱
 - ...
- 数学和优化
 - 统计和数据分析
 - 控制系统设计和分析
 - 信号处理
 - 通信
 - 图像处理
 - 测试和测量
 - 金融建模和分析
 - 数据库连接和报表
 - 分布式计算
 - ...



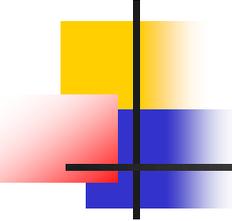
Matlab简介：特点

- 强大的数值分析能力
 - 丰富的可视化工具
 - 简单易用的编程功能
 - 图形化的系统建模
 - 众多领域的工具箱
 - ...
- 符号计算
 - 与DSP、FPGA等硬件接口
 - 与Excel、Word接口
 - 与C、Java接口
 - ...



Matlab简介： 网上资源

- www.google.com
- www.mathworks.cn



Matlab简介

Matlab再强大，也只是个工具！

Matlab简介:工作环境

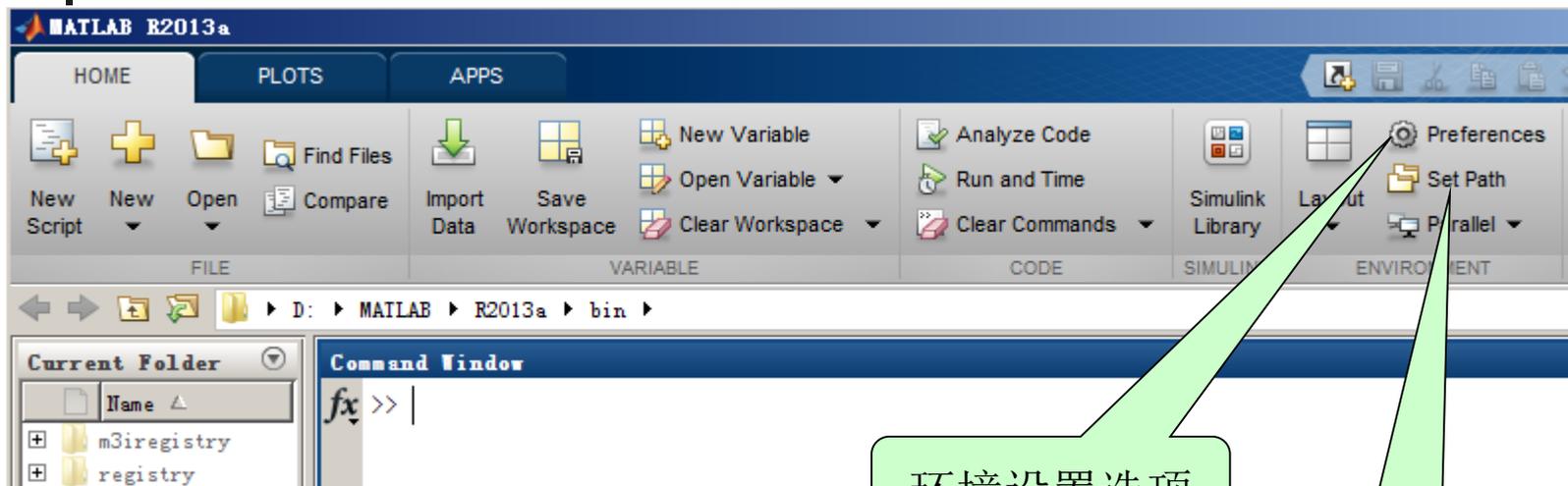
The image shows the MATLAB R2013a workspace environment. The interface is divided into several panes:

- Current Folder:** Located on the left, it displays the contents of the current directory. A callout bubble labeled "当前目录内容" (Current Directory Content) points to this pane.
- Command Window:** Located in the center, it shows the command prompt with the prompt `fx >> |`. A callout bubble labeled "命令窗口" (Command Window) points to this pane.
- Workspace:** Located on the right, it displays the current workspace variables. A callout bubble labeled "变量空间" (Variable Space) points to this pane.
- Command History:** Located at the bottom right, it shows a list of previously entered commands. A callout bubble labeled "输入命令的历史记录" (Command History) points to this pane.

At the top of the window, the "Current Folder" path is displayed as `D:\MAILAB\R2013a\bin`. A callout bubble labeled "当前目录" (Current Directory) points to this path.

The top toolbar includes various icons for file operations (New Script, Open, Compare, Import Data, Save Workspace, Clear Workspace), code execution (Run and Time, Clear Commands), and environment management (Simulink Library, Layout, Preferences, Set Path, Parallel, Help).

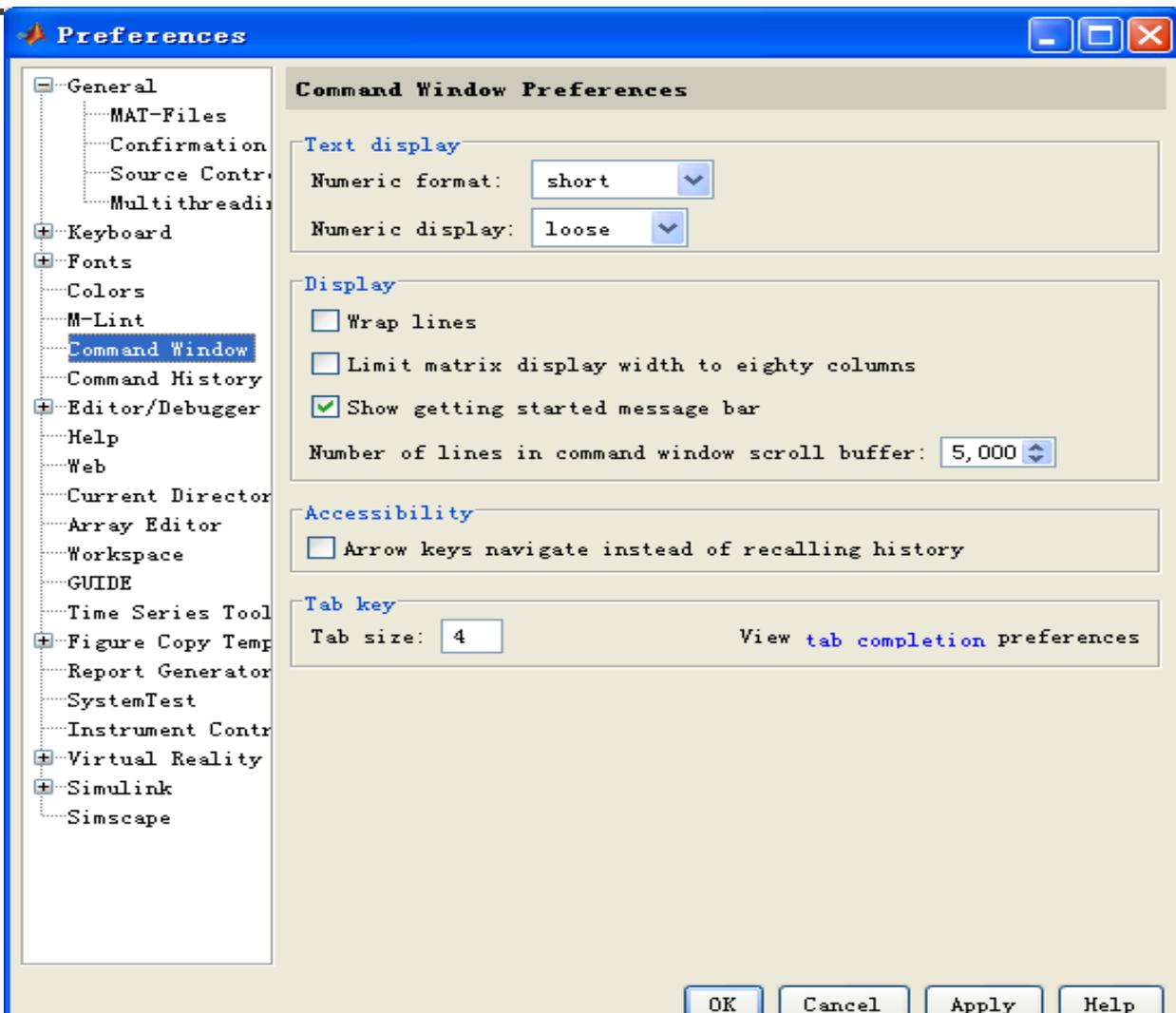
Matlab : 工作环境



环境设置选项

搜索路径设置

Matlab工作环境设置

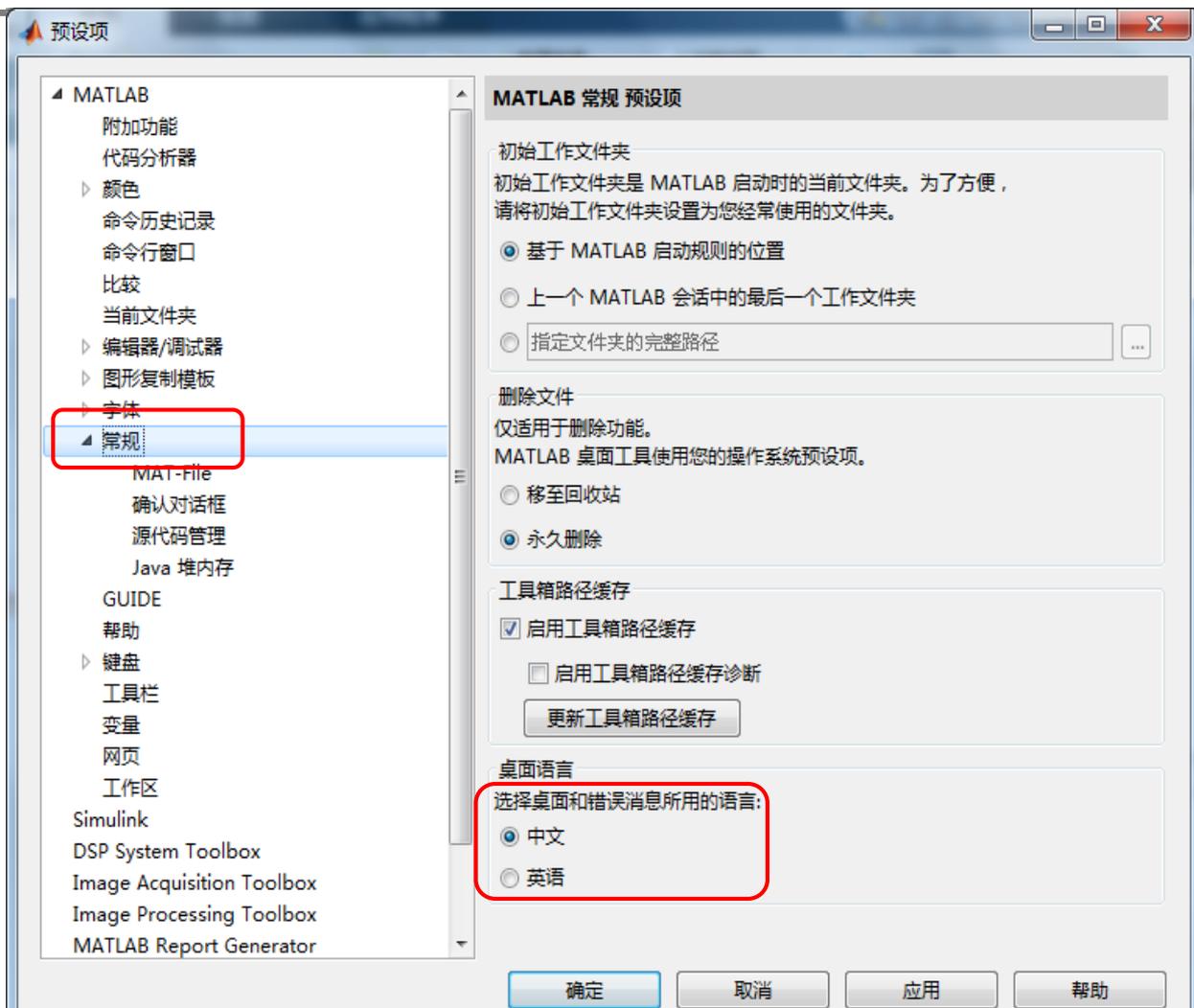


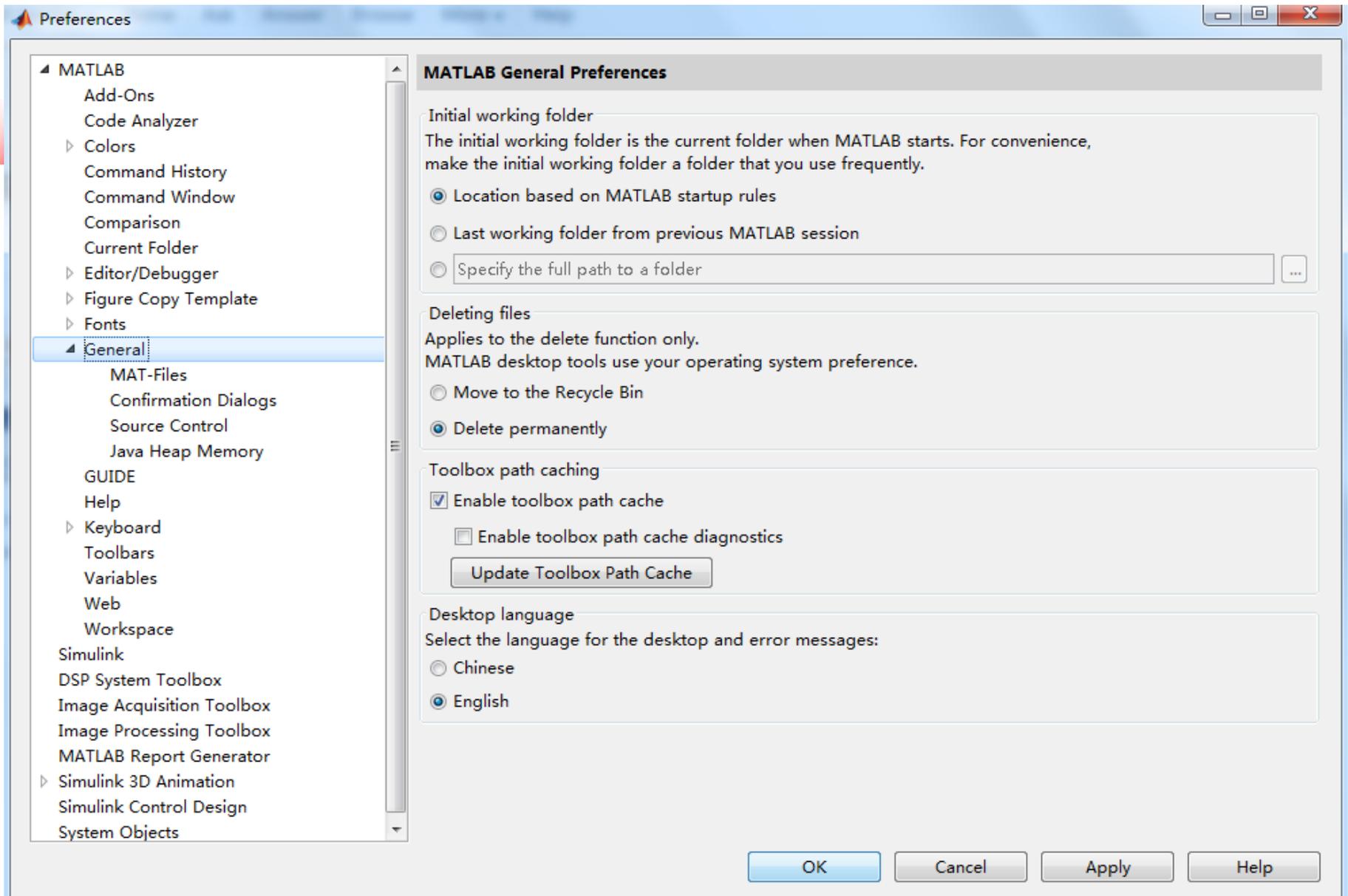
中文界面与英文界面转换

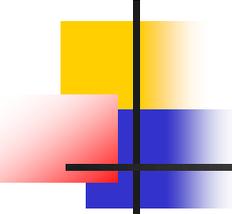
1、点击MATLAB菜单栏
> 预设

2、在预设界面中，
> 常规
> 选择桌面和错误信息的语言
> 英文

3、确定后重启MATLAB







Matlab简介： 路径搜索

MATLAB 的搜索顺序

当在命令窗口中或者一个 **M** 文件中输入一个元素名称时，**MATLAB** 按照下面的顺序搜索该元素的意义，以元素 **foo** 为例：

- 1) 查找**工作区**中是否存在名为 **foo** 的变量；
- 2) 在**当前路径**中查找是否存在名 **foo.m** 的文件；
- 3) 按照顺序查找**搜索路径**中是否存在该文件。如果存在多个名为 **foo.m** 的文件，则调用首先查到的文件。

Matlab简介： 路径搜索

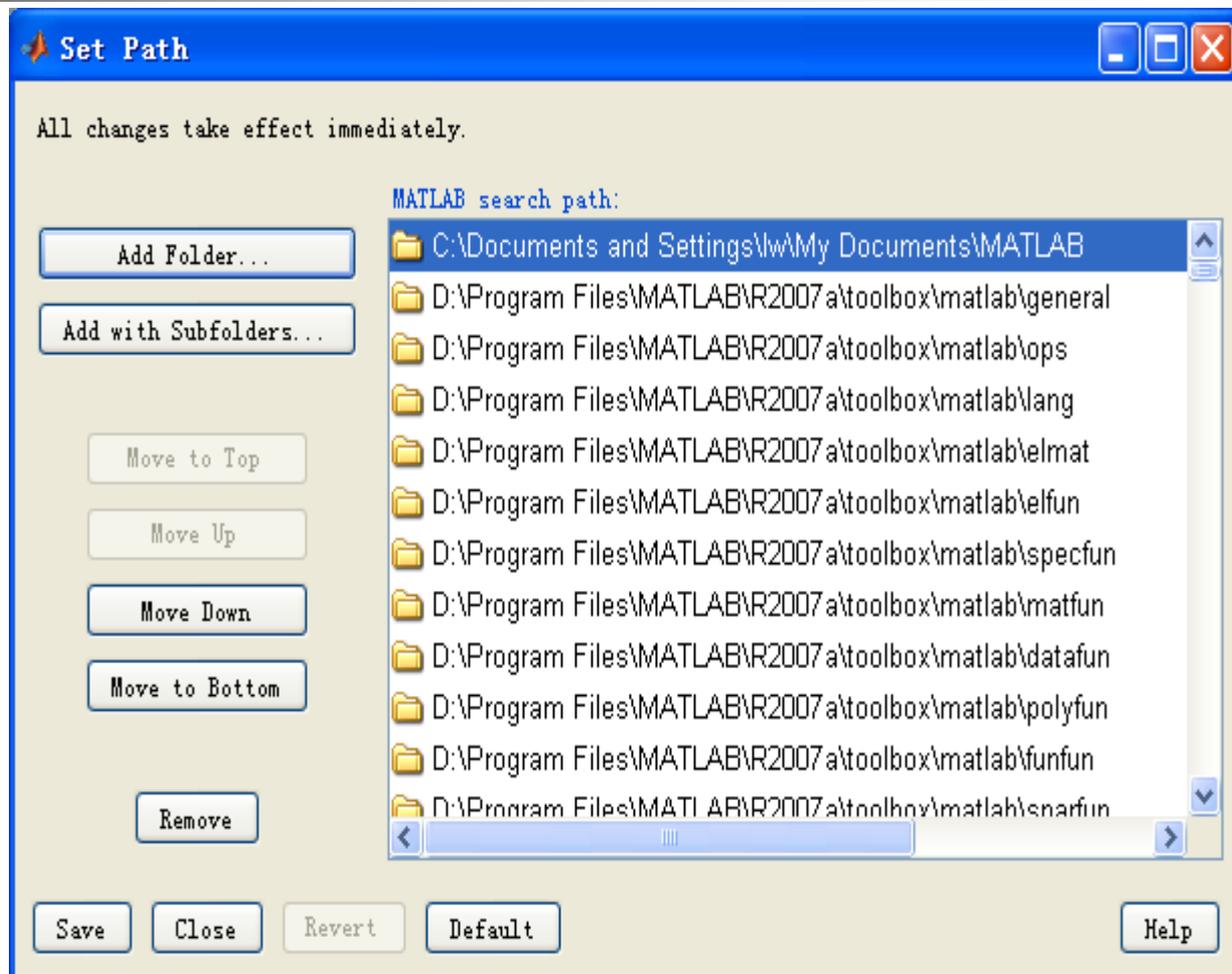
路径设置命令：

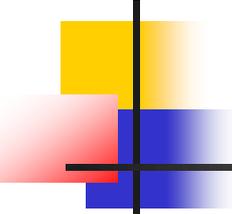
pathtool

addpath

rmpath

path





Matlab基本操作

- 学习MATLAB的最简单方式：
把MATLAB看作一个功能强大的“计算器”。
- 在命令窗口提示符处（>>）输入代码，MATLAB会即时返回操作结果。

Matlab基本数学运算

■ 两个数相加

```
>> 5.2+20  
ans = 25.2000
```

■ 两个数相乘

```
>> 5*(-4)  
ans = -20
```

■ 幂运算

```
>> 10^2  
ans = 100
```

```
>> 5^(1/2)  
ans = 2.2361
```

ans 是Matlab内部变量，存储最近一次的运算结果。
(answer)

Matlab基本数学运算

■ 两个数相除

```
>> 5 / 3      % 右除!  
ans = 1.6667
```

```
>> 5 \ 3      % 左除  
ans = 0.6000
```

■ 运算优先级

```
>> (5^0.5-1)/2  
ans = 0.6180
```

■ 运算优先级与通常的一样。

Matlab变量

- 变量定义:

```
>> r = 4;
```

```
>> area = 2*pi*r^2
```

```
area = 100.5310
```

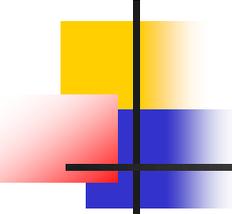
变量命名规则:

第一个字符必须是字母;

后面可以跟字母、数字和下划线; 如 r_circle1, X314159

长度不超过63个字符;

变量名区分字母的大小写。 Cost、COST、cost都是不同的变量名



Matlab变量

变量查询:

who 显示工作空间中的所有变量

whos 查看工作空间中变量的详细属性

```
>> who
```

```
Your variables are:  
area r
```

```
>> whos
```

Name	Size	Bytes	Class	Attributes
area	1x1	8	double	
r	1x1	8	double	

工作空间中的变量清除指令:

clear r %清除变量r

clear %清除所有变量

Matlab变量

- Matlab 保留的**关键字**不能作为变量名：如for、while、if…

- 不要用Matlab中的一些**特殊变量名**：

pi 圆周率 π

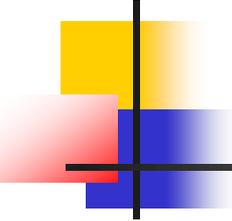
inf/Inf 无穷大 如 **5/0**

nan/NaN **Not-a-Number**，一个不定值，如 **0/0**

eps 浮点运算相对精度

i/j 虚部单位，即 $\sqrt{-1}$

- 也不要**用内建函数名**做变量名，如sin、log…

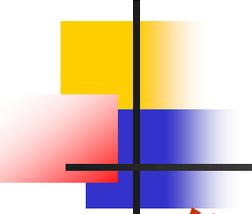


Matlab变量

- 如果用函数名作变量名会怎样?

```
>> sin(pi/2) % sin是一个内建函数
ans =
    1
>> sin = 10 %如果把sin用作变量名
sin =
    10
>> sin(pi/2) % 出错!
Subscript indices must either be real positive integers
or logicals.
```

若想恢复**sin**作为内建函数,怎么办?



基本数学函数

三角函数: `sin cos tan asin acos ...`

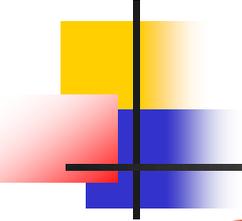
双曲函数: `sinh cosh tanh ...`

对数指数函数: `log(自然对数) log10 log2 exp`

取整函数: `fix floor ceil round`

随机数产生: `rand randn`

.....



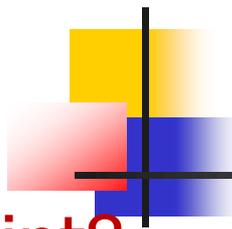
各种取整函数

fix $\rightarrow 0$

floor $\rightarrow -\infty$

ceil $\rightarrow +\infty$

round \rightarrow 最接近的整数



Matlab数值类型

int8 8位有符号整型 $-2^7 \text{ -- } 2^7-1$

int16 **int32** **int64**

uint8 8位无符号整型 $0 \text{ -- } 2^8-1$

uint16 **uint32** **uint64**

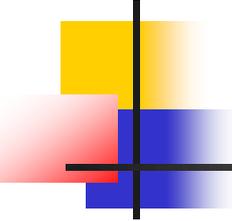
single 单精度浮点数

double 双精度浮点数 (**默认**)

char 字符型、字符串

cell array 单元数组

struct array 结构数组



Matlab数值类型

```
>> x1=int8(10.2)
```

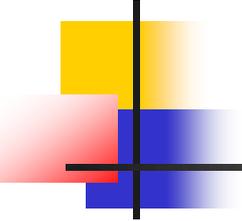
```
x1 =
```

```
10
```

```
>> x2 = int8(1000)
```

```
x2 =
```

```
127
```



复数定义与运算

`a = 3+2i;`

`b = 4-7*i;`

`c = a+b;`

`d = a*b;`

`abs(a)` %模

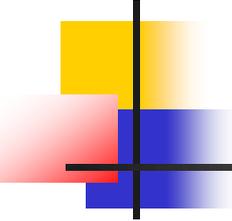
`angle(a)` %角

`real(a)` %提取复数的实部

`imag(a)` %提取复数的虚部

`complex(3,2)` %构造一个复数，实部为3，虚部为2

`conj(a)` %a的共轭

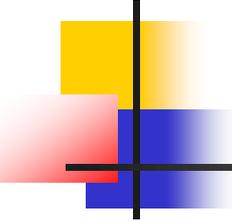


数组与矩阵

- matlab基本的数据组织形式是**矩阵**,
- matlab大部分函数可以直接对矩阵操作,
- 标量可以看做是**1*1**的矩阵,
- 通常一维的称为**数组**或向量,
- 二维的称为矩阵或二维数组,
- 三维或三维以上的称为多维数组。

数组与矩阵

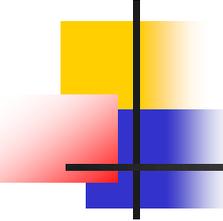
```
x1 = [1 2 3] %各个数之间是空格，生成行向量
x2 = [1,2,3] %各个数之间是逗号，生成行向量
x2 = [1; 2; 3] %各个数之间是分号，生成列向量
>> A = [2 3 4
        5 6 2] %生成2行3列矩阵
A =
     2     3     4
     5     6     2
A = [2 3 4 ; 5 6 2] %分号等同换行
```



数组与矩阵

- 可以用冒号生成间隔相等的数组：

```
>> a = [1:10] %默认间隔为1
a = 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
>> b = [ -2:3:8] %间隔为3
b = -2 1 4 7
>> c = [10:-2:0] %间隔为-2
c = 10 8 6 4 2 0
>> fs = 10;
>> x = [0:1/fs:2*pi]
```



数组与矩阵

- 数组长度或矩阵行、列长度的查询：

length: 通常用来求数组长度

size: 可以得到矩阵行、列长度

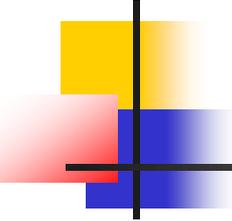
```
a = [1:10]; length(a); size(a);
```

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

```
L1 = size(b,1)
```

```
L2 = size(b,2)
```

```
[L3 L4] = size(b)
```



数组与矩阵

- matlab大部分函数可以直接对矩阵操作

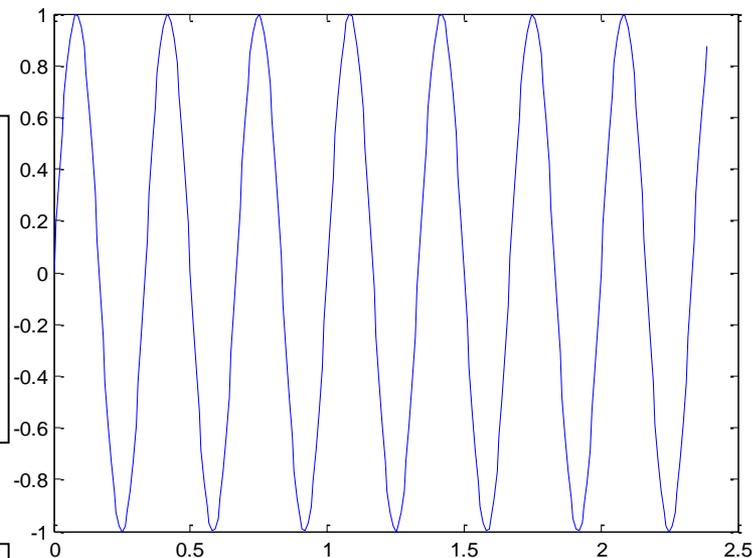
```
>> x = [1 2 3]
>> x2 = [ 1 2 3; 4 5 6]
>> sin(x)
>> log(x)
>> exp(x)
>> 2*x.^2+3*x-2 % .^运算对每个元素操作
```

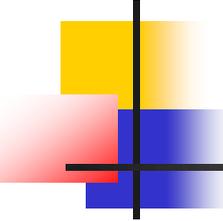
数组

例：产生一个3Hz正弦信号，采样频率为 100Hz

```
>> fs = 100;  
>> x = [0:1/fs:(240-1)/fs];  
>> y1=sin(2*pi*3*x);  
>> plot(x,y1)
```

`plot`函数可以显示信号波形。



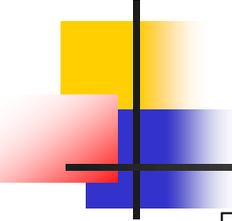


数组

实现如下函数:

$$x[n] = e^{jk\frac{2\pi}{N}n} + e^{-jk\frac{2\pi}{N}n} \quad n: 0 \sim N-1$$

```
>> N = 100;  
>> n = 0 : N-1;  
>> omega = 2*pi*n/N;  
>> x1 = exp(j*omega)+exp(-j*omega); plot(x1)  
>> x1 = exp(j*4*omega)+exp(-j*4*omega); plot(x1)  
>> x1 = (exp(j*4*omega)-exp(-j*4*omega))./(2*j);  
>> plot(x1)
```



随机信号产生

rand %0 - 1之间均匀分布的随机数

```
rand(1)
```

```
x = rand(1:100000);
```

```
hist(x,30) %直方图
```

%产生均值为0，方差为1的高斯分布的随机数

```
y = randn(1,100000);
```

```
hist(y,40)
```

如何产生**-3到6**之间均匀分布的随机数？
如何产生**1到100**之间均匀分布的整数？

随机信号产生

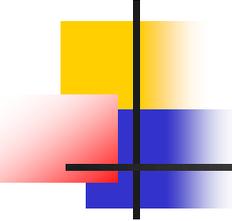
■ 设置（伪）随机数产生的方法与状态

```
rand(1,10)
rand(1,10)
rand('seed',11)
rand(1,10)
rand('seed',11)
rand(1,10)
```

```
rand('seed', 11)
```

随机数产生方法
seed
state
twister

随机数发生器
状态



随机信号产生

- 生成具有特定信噪比（SNR）的带噪信号

$$\text{SNR}(\text{dB}) = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{A_{\text{signal}}}{A_{\text{noise}}} \right)$$

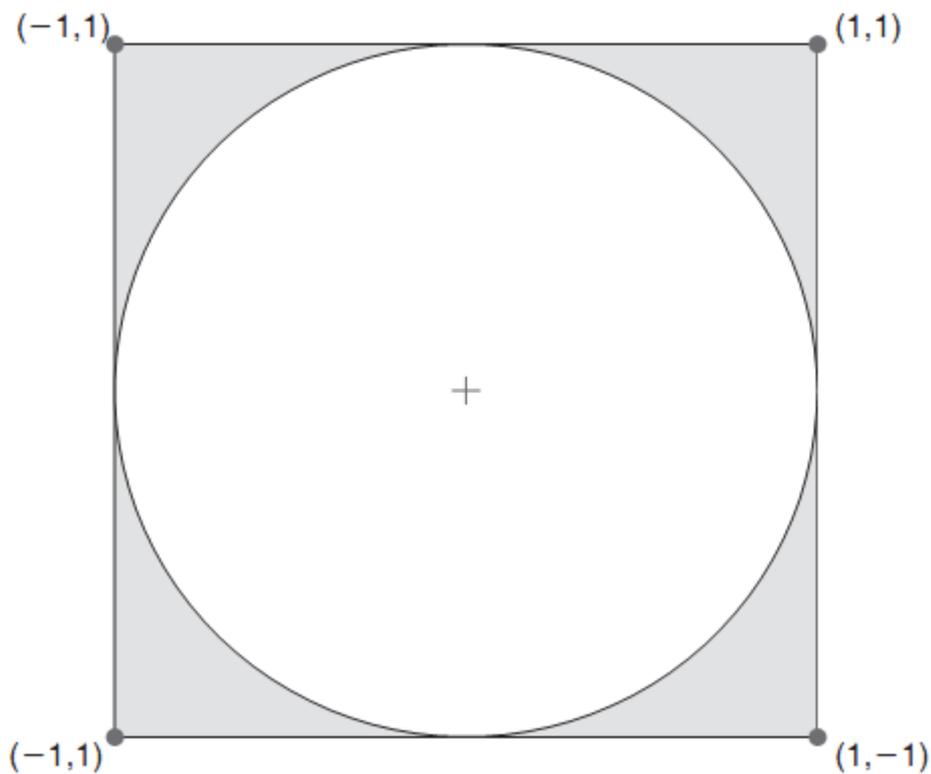
$$P_n = P_s / (10^{(\text{SNR}/10)})$$

$$P_n = \text{sum}((A * \text{noise}) .^2) / \text{length}(\text{noise})$$

$$A = (P_n * \text{length}(\text{noise}) / (\text{sum}(\text{noise} .^2)))^{0.5};$$

随机信号产生

■ 蒙特卡罗方法求 π 的近似值



$$x^2 + y^2 \leq 1$$

$$\frac{\text{hits}}{n} \approx \frac{\pi r^2}{(2r)^2}$$

$$\pi \approx 4 \frac{\text{hits}}{n}$$

关系运算

- 比较两个数之间的大小关系，若符合则结果为1，否则为0。
- 比较两个维数相同的矩阵，即比较两个矩阵对应的元素，比较结果仍然是一个矩阵

- < 小于
- <= 小于等于
- > 大于
- >= 大于等于
- == 等于
- ~= 不等于

```
A = [1:5];  
B = [3 3 3 3 3];  
c1 = A > B  
c1 = 0 0 0 1 1  
c2 = A <= 2  
c2 = 1 1 0 0 0  
c3 = A == 4  
c3 = 0 0 0 1 0
```

逻辑运算

- **&** 与 两标量或两元素均非0则返回1，否则返回0
- **&&** 标量与
- **|** 或 两标量至少有一个是非0则返回1，否则返回0
- **||** 标量或
- **~** 非
- **xor(a,b)** 异或 两标量非0或均为0则返回0，否则返回1

逻辑运算

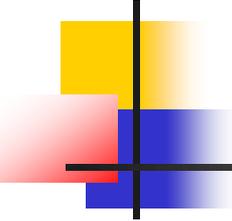
```
>> A = [0, 2, -1, 19, 0];
>> B = [4, 2, 0, 8, 0];
>> A&B ans = 0 1 0 1 0
>> A|B ans = 1 1 1 1 0
>> ~B ans = 0 0 1 0 1
>> xor(A,B) ans = 1 0 1 0 0
```

练习:

```
a = 5 ; b = 9;
```

```
c1 = (a<b)&&(b/a ==fix(b/a))
```

```
c2 = (a<b)|| (b/a ==fix(b/a))
```



Matlab的输出显示

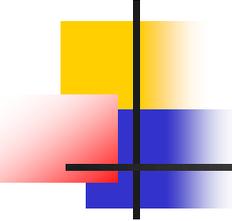
- 输出格式:

Matlab 以双精度执行所有的运算，但在命令行只显示五位。输出格式可以通过 **format** 命令指定。

format 只改变变量的输出格式，**但不会影响变量的值！**

各种format格式

格式	解释	例
format	短格式（缺省显示格式），同short	3.1416
format short	短格式（缺省显示格式），只显示5位	3.1416
format long	长格式，双精度数15位，单精度数7位	3.14159265358979
format short e	短格式e方式（科学计数格式）	3.1416e+000
format long e	长格式e方式	3.141592653589793e+000
format short g	短格式g方式	3.1416
format long g	长格式g方式	3.14159265358979
format compact	压缩格式	
format loose	自由格式	



Matlab的输出显示

黄金分割比: $\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

```
>> x = (sqrt(5)-1)/2
```

```
x =
```

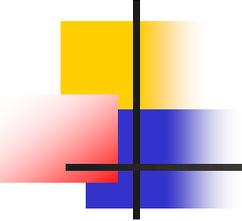
```
0.6180
```

```
>> format long
```

```
>> x
```

```
x =
```

```
0.618033988749895
```



变量存储与读取

- 将工作区中变量保存到文件
- 写入文件 **save**
- 从文件读 **load**
- 例:

```
>> x = 10*rand(3,4), y = 'hello';
```

```
>> save test.mat %将工作区中所有变量存入到当前  
%目录下名为test.mat的文件中。
```

```
>> clear %清除环境变量
```

```
>> load test.mat %读文件
```

变量存储与读取

- 将特定变量存入文件

```
save test1.mat x
```

↑
文件名

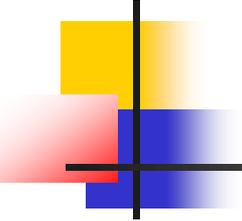
↑
变量名

- 对同一文件再次存储时，原文件内容将被覆盖

```
save test1.mat y
```

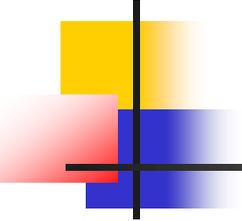
- 若不希望覆盖原文件内容，对文件追加存储

```
save test1.mat -append y
```



Matlab帮助

- help 函数名
- doc 函数名
- lookfor
- which



命令行常用指令

- `clc`
- `clear`
- `more`
- `ctrl+c`
- `dir`