



宁波大学
NINGBO UNIVERSITY

《信号与系统》课程

实验报告

| | |
|---------|-----------|
| 学 院 | 信息科学与工程学院 |
| 专 业 | 电子信息科学与技术 |
| 班 级 | 阳 明 2 班 |
| 学 号 | 206001232 |
| 姓 名 | 熊 康 |
| 指 导 教 师 | 李 军 |

| | |
|---------|-----------------|
| 完 成 日 期 | 2022 年 3 月 23 日 |
|---------|-----------------|

实验一 典型连续时间信号和离散时间信号

1.1 实验目的

- 1) 利用 Matlab 画图函数和符号函数显示典型连续时间信号波形、典型时间离散信号、连续时间信号在时域中的自变量变换；
- 2) 掌握有关信号的重要特性，了解其在信号与系统分析中的应用。

1.2 实验原理（或实验方法）

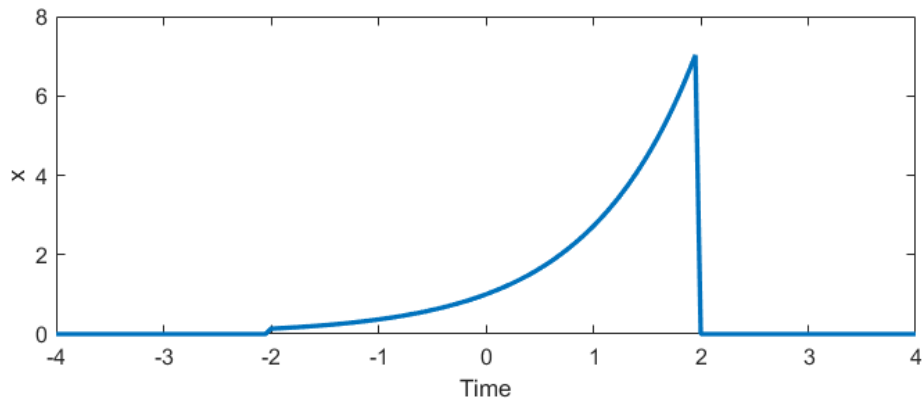
在信号与系统中，有以下典型信号：

- 1) 正余弦信号，Matlab 中函数名为 $\sin()$ 和 $\cos()$ ；
- 2) 指数函数信号，Matlab 中函数名为 $\exp()$ ；
- 3) 系数衰减振荡函数信号，可用指数函数 $\exp()$ 与正弦函数 $\sin()$ 的乘积实现；
- 4) 抽样函数信号，Matlab 中函数名为 $\text{sinc}()$ ；
- 5) 钟型函数信号，可用指数函数 $\exp()$ 实现。

1.2 实验内容

第 1 题： 画出教材 P24 习题 1-1(3): $x_3(t) = e^t [u(6-3t) - u(-6-3t)]$ 的波形图。

```
1. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
2. %Author: 熊康
3. %E-mail: 206001232@nbu.edu.cn
4. %Tool: MATLAB R2018b
5. %Function:画出单位阶跃信号波形图
6. %Version: 2022-3-9 v1.0
7. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
8. clear;clc;
9. t=-4:0.05:4;
10. x=exp(t).*(heaviside(6-3*t)-heaviside(-6-3*t)); %heaviside 单位阶跃函数
11. % figure('Color','White','Position',[100 100 640 240],'MenuBar','None');
12. figure('Color','White','Position',[100 100 640 240]);
13. plot(t,x,'LineWidth',2);
14. % axis([])
15. xlabel('Time');ylabel('x');
```



分析：由题可知阶跃宽度为-2 到 2，即只有[-2, 2]段上不为 0，且 x 的大小为 e^t 。当 $t = 2$ 时， $x = e^{-2}$ ，约为 0.1；当 $t = 2$ 时， $x = e^2$ ，约为 7.4。

第 2 题：画出复指数信号 $x(t) = e^{(\sigma+j\omega)t}$ 当 $\sigma = \frac{2}{5}$ ， $\omega = 8$ ($0 < t < 10$)时的实部和虚部的波形图。

```

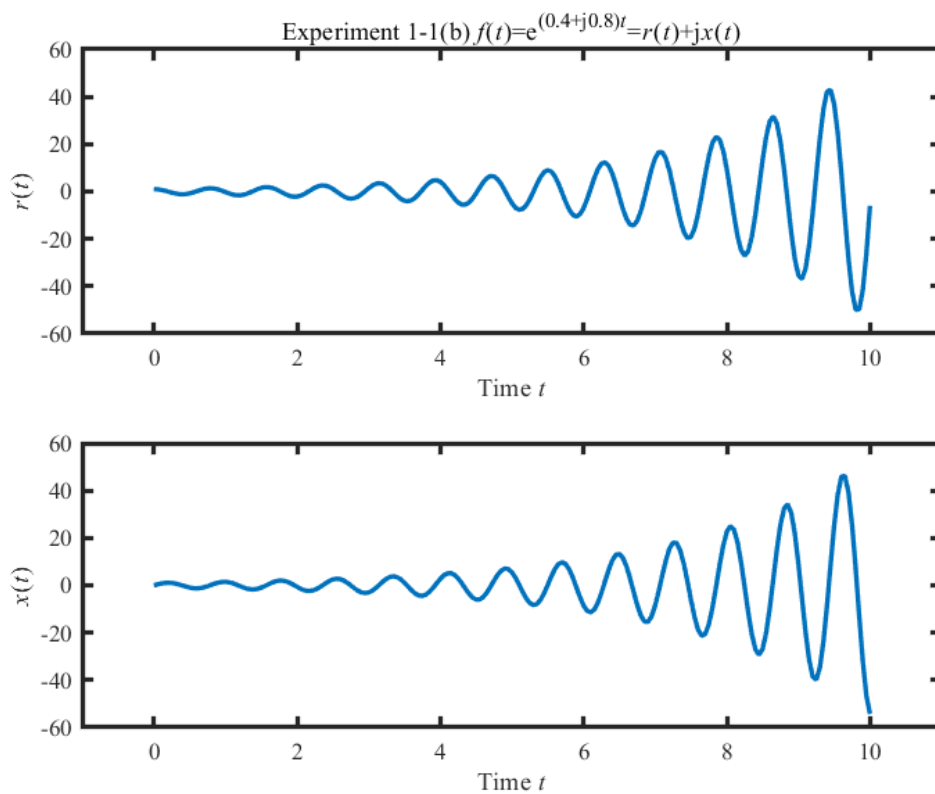
1. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
2. %Author: 熊康
3. %E-mail: 206001232@nbu.edu.cn
4. %Tool: MATLAB R2018b
5. %Function:画出复指数函数的实部和虚部
6. %Version: 2022-3-9 v1.0
7. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
8. clear;clc;
9. sigma = 0.4;
10. omega = 8;
11. t = 0 : 0.05 : 10;
12. r = exp(sigma.* t).* cos(omega.* t); %取实数
13. x = exp(sigma.* t).* sin(omega.* t); %取虚数
14.
15. figure('Color','White','Position',[100 100 640 240]);
16. plot(t,r,'b',t,x,'r','LineWidth',2);
17. set(gca, 'FontName','Times New Roman','FontSize',10,'LineWidth',2);
18. axis([-1, 11 ,-60, 60]);
19. set(gca,'XTick',-0:2:10);
20. set(gcf,'YTick',-60:20:60);
21. xlabel('Time \itt\rm');
22. legend('Real part \itr\rm(\itt\rm)','Image part \itx\rm(\itt\rm)');
23. title('Experiment 1-1(b) \itf\rm(\itt\rm)=e^{\it{(0.4+j0.8)\itt\rm}}=\itr\rm(\itt\rm)+j\itx\rm(\itt\rm)');
24.
25.

```

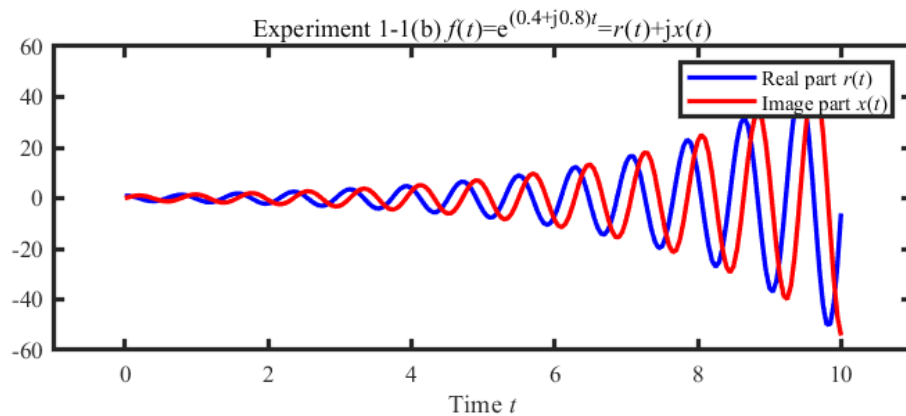
```

26. figure('Color','White','Position',[100 100 640 480]);
27. subplot(2,1,1);
28. plot(t,r,'Linewidth',2);
29. axis([-1,11,-60,60]);
30. set(gca, 'FontName','Times New Roman','FontSize',10,'Linewidth',2);
31. set(gca,'XTick',-0:2:10);
32. set(gca,'YTick',-60:20:60);
33. xlabel('Time \itt\rm');
34. ylabel('\itr\rm(\itt\rm)');
35. title('Experiment 1-1(b) \itf\rm(\itt\rm)=e^{\{0.4+j0.8\}\itt\rm}=\itr\rm(\itt\rm)+j\itx\rm(\itt\rm)');
36. subplot(2,1,2);
37. plot(t,x,'Linewidth',2);
38. set(gca, 'FontName','Times New Roman','FontSize',10,'Linewidth',2);
39. axis([-1,11,-60,60]);
40. set(gca,'XTick',-0:2:10);
41. set(gca,'YTick',-60:20:60);
42. xlabel('Time \itt\rm');
43. ylabel('\itx\rm(\itt\rm)');

```



分析：上图表示实部波形，下图表示虚部波形，波形幅度随 t 增大而增大。



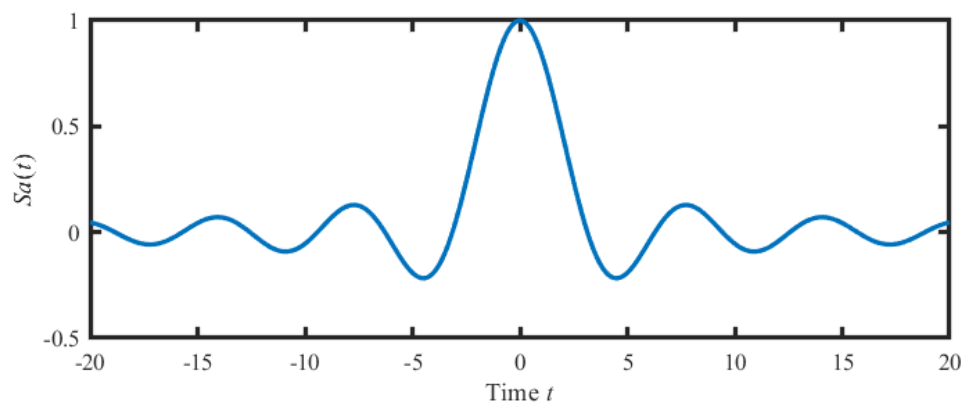
分析：该图实部和虚部结合起来，可以看到在同一时刻实部振幅比虚部小。

第3题： 画出教材 P16 图 1-18，即抽样信号 $Sa(t)$ 的波形 ($-20 < t < 20$)

```

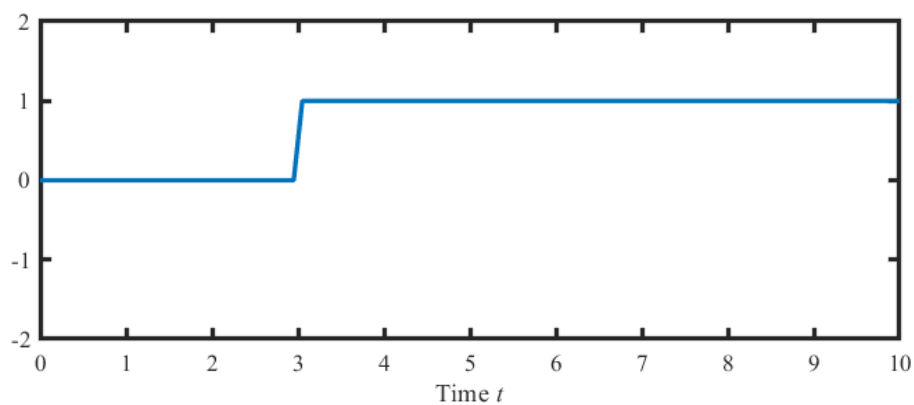
1. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
2. %Author: 熊康
3. %E-mail: 206001232@nbu.edu.cn
4. %Tool: MATLAB R2018b
5. %Function:画出单位脉冲信号
6. %Version: 2022-3-9 v1.0
7. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
8. clear;clc;
9. t = -20 : 0.05 : 20;
10. sa = sinc(t/pi);
11. figure('Color','White','Position',[100 100 640 240]);
12. plot(t,sa,'LineWidth',2);
13. set(gca, 'FontName','Times New Roman','FontSize',10,'LineWidth',2);
14. xlabel('Time \itt\rm');
15. ylabel('\itSa\rm(\itt\rm)');

```

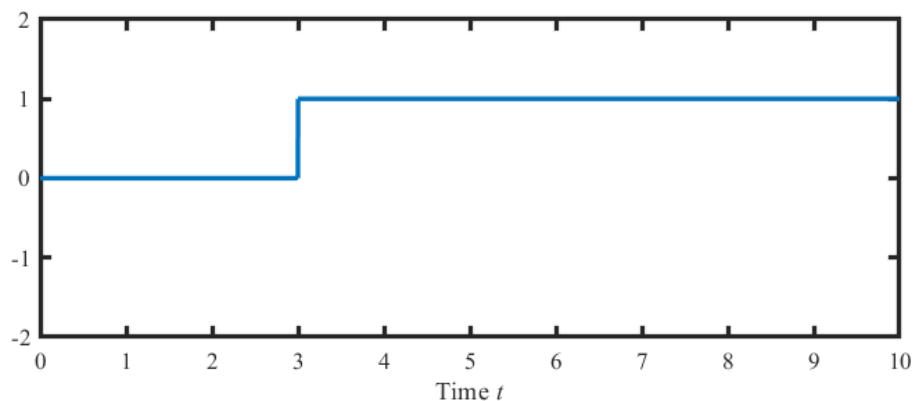


第4题： 用符号函数 sign 画出单位阶跃信号 $u(t-3)$ 的波形 ($0 \leq t \leq 10$)。

```
1. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
2. %Author: 熊康
3. %E-mail: 206001232@nbu.edu.cn
4. %Tool: MATLAB R2018b
5. %Function:画出单位脉冲信号
6. %Version: 2022-3-9 v1.0
7. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
8. clear;clc;
9. t = 0 : 0.05 : 10;
10. y = 1/2 + 1/2 .* sign(t-3); %sign 符号函数
11. figure('Color','White','Position',[100 100 640 240]);
12. plot(t,y,'LineWidth',2);
13. axis([0,10,-2,2]);
14. set(gca, 'FontName','Times New Roman','FontSize',10,'LineWidth',2);
15. xlabel('Time \itt\rm');
```



分析：脉冲信号在时间 $t = 3$ 的位置处，信号是倾斜向上的，可以推断采样点过少。由于符号函数在 $t = 0$ 处为 0， $t < 0$ 时为 -1 ， $t > 0$ 时为 1。



分析：在采样点间隔为 0.001 时，基本上实现垂直。

第5题:

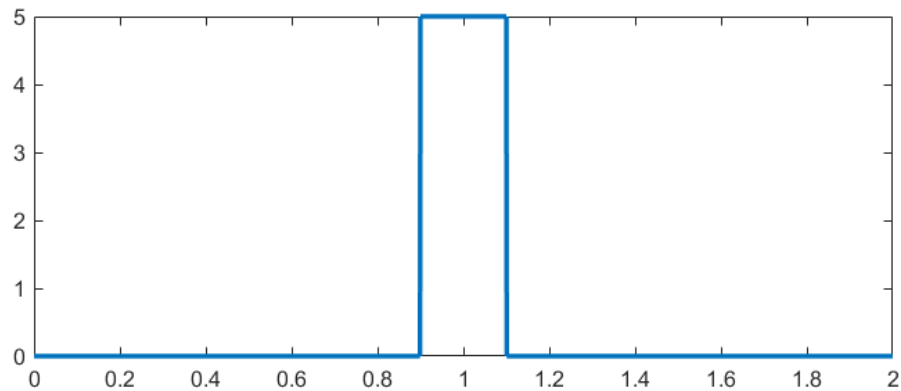
单位冲击信号可看作是宽度为 Δ ，幅度为 $1/\Delta$ 的矩形脉冲，即 $t=t_1$ 处的冲击信号为

$$x(t) = \delta_{\Delta}(t - t_1) = \begin{cases} \frac{1}{\Delta} & t_1 < t < t_1 + \Delta \\ 0 & \text{other} \end{cases}$$

画出 $\Delta=0.2$ ， $t_1=1$ 的单位冲击信号。

```
1. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
2. %Author: 熊康
3. %E-mail: 206001232@nbu.edu.cn
4. %Tool: MATLAB R2018b
5. %Function:画出单位冲激信号波形图
6. %Version: 2022-3-9 v1.0
7. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
8. clear;clc;
9. t = 0 : 0.001 : 2;
10. delta = 0.2;
11. t1 = 1;
12. x = cjxinhao(delta,t,t1);
13. figure('Color','White','Position',[100 100 640 240]);
14. plot(t,x,'LineWidth',2);
```

```
1. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
2. %Author: 熊康
3. %E-mail: 206001232@nbu.edu.cn
4. %Tool: MATLAB R2018b
5. %Function:用于产生单位冲激信号
6. %Version: 2022-3-9 v1.0
7. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
8. function f=cjxinhao(delta,t,t1)
9. % f:产生的波形向量
10. % delta:冲激信号宽度
11. % t:‘观察时间’向量
12. % t1:冲激信号开始时刻
13. k=length(t);
14. f=zeros(1,k);
15. for g=1:k
16.     if(t(g)>=t1-delta/2 && t(g)<=t1+delta/2) f(g)=1/delta;
17. end
18. end
```



分析：通过吸取第 5 题的经验，采样点间隔取 0.001，实现上升和下降段竖直。在 $t=1$ 时刻，产生宽度为 0.2，高度为 5 的波形。

第 6 题： 单位脉冲序列，起点 n_0 ，终点 n_f ，在 n_s 处有一单位脉冲。
以参数 $n_0=-10$ ， $n_f=10$ ， $n_s=-3$ 为例，画出各自波形。

```
1. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
2. %Author: 熊康
3. %E-mail: 206001232@nbu.edu.cn
4. %Tool: MATLAB R2018b
5. %Function:画出单位脉冲序列
6. %Version: 2022-3-9 v1.0
7. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
8. clear;clc;
9. mcxulie(-10,10,-3);
10. set(gca, 'FontName','Times New Roman','FontSize',10,'Linewidth',2);
11. xlabel('Number \it n \rm');
```

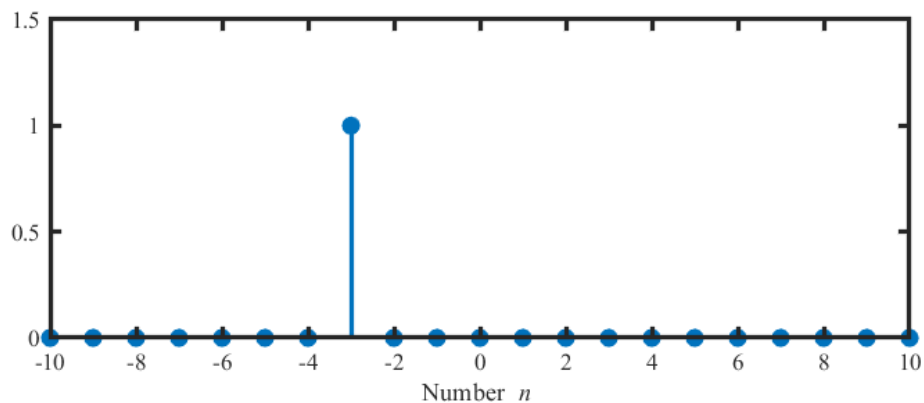
```
1. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
2. %Author: 熊康
3. %E-mail: 206001232@nbu.edu.cn
4. %Tool: MATLAB R2018b
5. %Function:产生单位脉冲序列
6. %Version: 2022-3-9 v1.0
7. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
8. function mcxulie(n0,nf,ns)
9. % 起点 n0，终点 nf，在 ns 处有一单位脉冲。
10. n = n0 : nf;
11. k = length(n);
12. f = zeros(1,k);
13. f(1,ns-n0+1) = 1;
14. figure('Color','White','Position',[100 100 640 240]);
15. stem(n,f,'filled','LineWidth',2);
```



```

16. axis([n0,nf,0,1.5]);
17. end

```



分析：采样区间从-10 到 10，脉冲点为-3，脉冲高度为 1，其余点高度为 0。

第7题： 单位阶跃序列，起点 n_0 ，终点 n_f ，在 n_s 前序列值为 0，在 n_s 后序列值为 1。
对于 1）、2）小题，最后以参数 $n_0 = -10$ ， $n_f = 10$ ， $n_s = -3$ 为例，画出各自波形。

```

1. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
2. %Author: 熊康
3. %E-mail: 206001232@nbu.edu.cn
4. %Tool: MATLAB R2018b
5. %Function:画出单位阶跃序列
6. %Version: 2022-3-9 v1.0
7. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
8. clear;clc;
9. jyxulie(-10,10,-3);
10. set(gca, 'FontName','Times New Roman','FontSize',10,'Linewidth',2);
11. xlabel('Number \it n \rm');

```

```

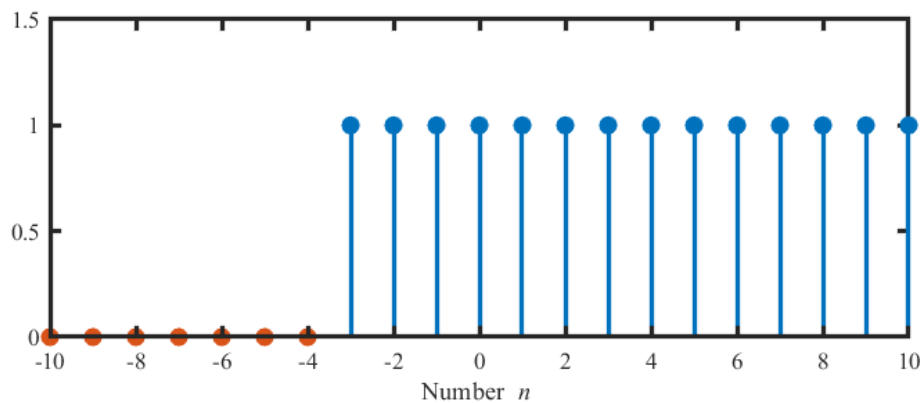
1. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
2. %Author: 熊康
3. %E-mail: 206001232@nbu.edu.cn
4. %Tool: MATLAB R2018b
5. %Function:产生单位阶跃序列
6. %Version: 2022-3-9 v1.0
7. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
8.
9. function jyxulie(n0,nf,ns)
10. % 起点 n0，终点 nf，在 ns 处开始阶跃。
11. k = n0 : ns-1;
12. kk = ns : nf;
13. n = length(k);

```

```

14. nn = length(kk);
15. u = zeros(1,nn);
16. uu = ones(1,nn);
17. figure('Color','White','Position',[100 100 640 240]);
18. stem(kk,uu,'filled','LineWidth',2);
19. hold on
20. stem(k,u,'filled','LineWidth',2);
21. hold off
22. axis([n0 nf 0 1.5])
23. end

```



分析：采样区间为-10 到 10， $n < -3$ 处为 0， $n \geq -3$ 处为 1。

第 8 题： 画出教材 P21 图 1-27，即 $x[n]=a^n u[n]$ 当 $a=1.2, 0.6, -1.5, -0.8$ 的单边指数序列 $(-2 \leq n \leq 5)$ 。

```

1. %%%%%%%%%%%%%%
2. %Author: 熊康
3. %E-mail: 206001232@nbu.edu.cn
4. %Tool: MATLAB R2018b
5. %Function:画出单位指数序列
6. %Version: 2022-3-9 v1.0
7. %%%%%%%%%%%%%%
8. clear;clc;
9. dbzhishu(1.2,-2,5,0);
10. dbzhishu(0.6,-2,5,0);
11. dbzhishu(-1.5,-2,5,0);
12. dbzhishu(-0.8,-2,5,0);

```

```

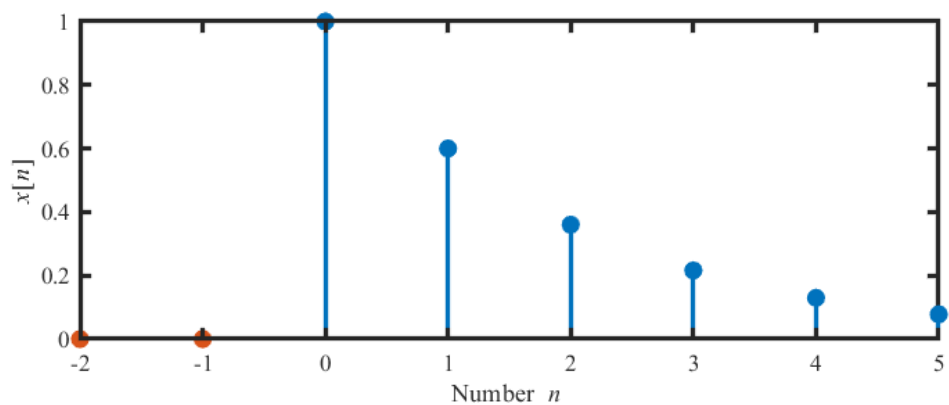
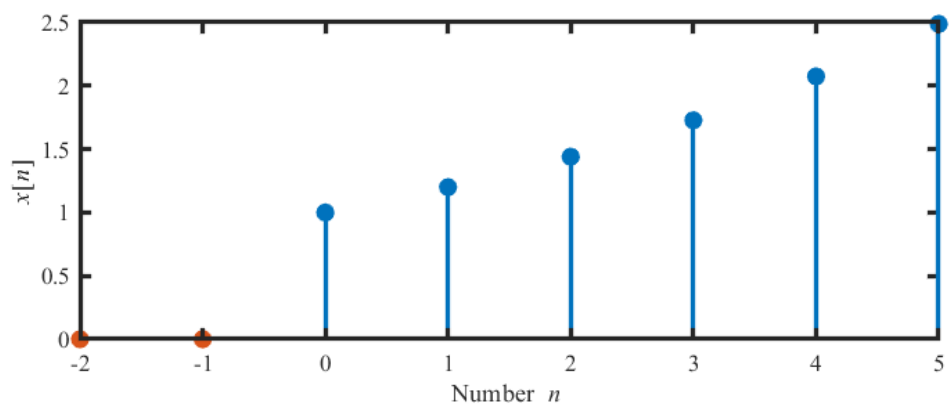
1. %%%%%%%%%%%%%%
2. %Author: 熊康
3. %E-mail: 206001232@nbu.edu.cn
4. %Tool: MATLAB R2018b
5. %Function:产生单位指数序列

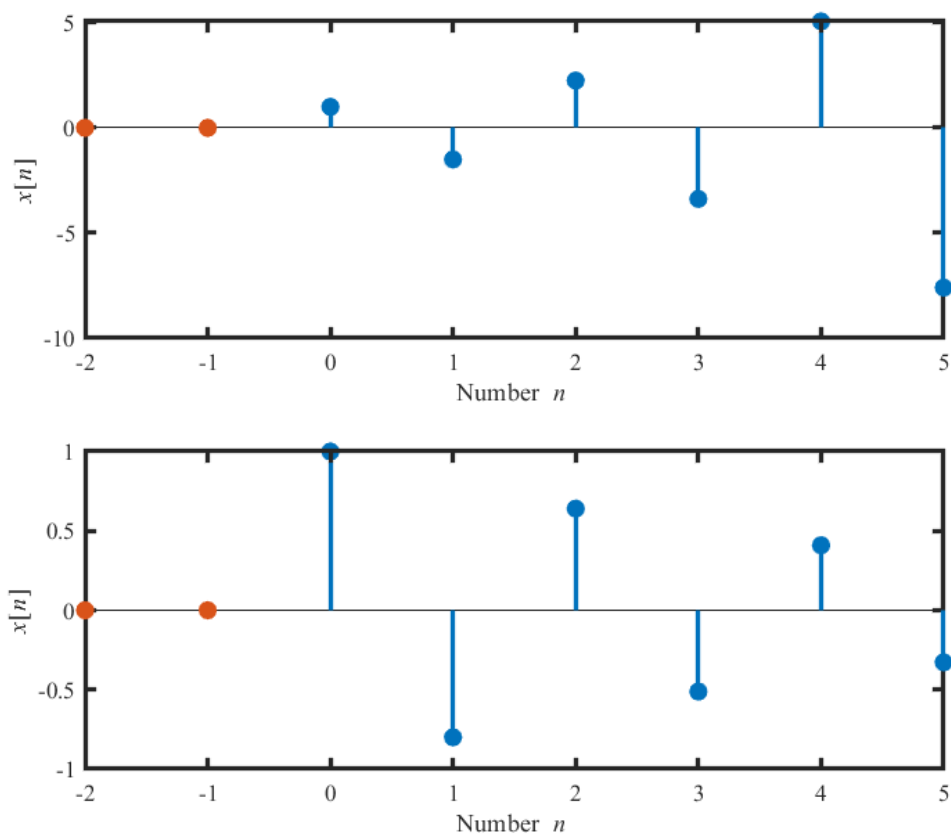
```

```

6. %Version: 2022-3-9 v1.0
7. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
8. function dbzhishu(a,n0,nf,ns)
9. % a:底数
10. % n0 观察起点, ns 之前为 0, nf 观察终点
11. k = n0 : ns-1;
12. kk = ns : nf;
13. n = length(k);
14. nn = length(kk);
15. u = zeros(1,n);
16. uu = ones(1,nn);
17. for g=1:nn
18.     uu(1,g)=uu(1,g)*a^(g-ns-1);
19. end
20. figure('Color','White','Position',[100 100 640 240]);
21. stem(kk,uu,'filled','LineWidth',2);
22. hold on
23. stem(k,u,'filled','LineWidth',2);
24. set(gca, 'FontName','Times New Roman','FontSize',10,'LineWidth',2);
25. xlabel('Number \it n \rm');
26. ylabel('\itx\rm[\itn\rm]');
27. hold off
28. end

```





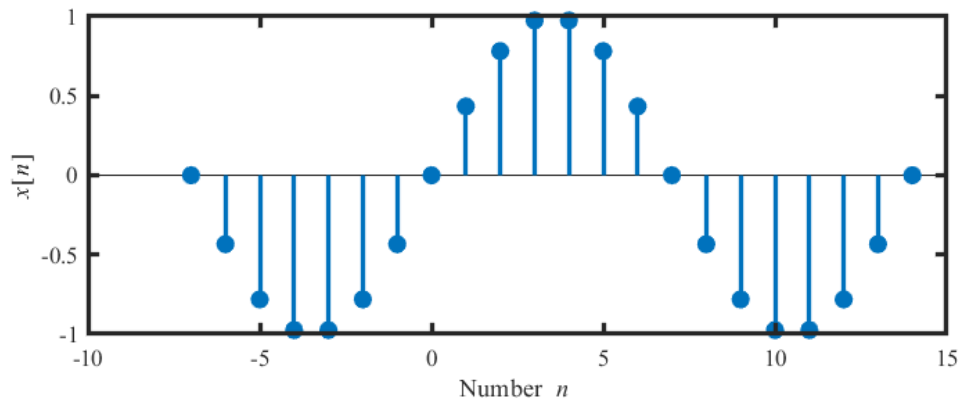
分析：第 1 张图底数 $a = 1.2$ ，在 $n \geq 0$ 处呈指数递增；第 2 张图底数 $a = 0.6$ ，在 $n \geq 0$ 处呈指数递减；第 3 张图底数 $a = -1.5 < 0$ ，在 $n \geq 0$ 处呈沿坐标轴波动指数递增；第 4 张图底数 $a = -0.8 < 0$ ，在 $n \geq 0$ 处呈沿坐标轴波动指数递减。

第 9 题：画出教材 P21 图 1-28，即 $x[n] = \sin(\Omega_0 n)$ 当 $\Omega_0 = \frac{\pi}{7}$ 时的正弦序列 ($-7 \leq n \leq 14$)。

```

1. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
2. %Author: 熊康
3. %E-mail: 206001232@nbu.edu.cn
4. %Tool: MATLAB R2018b
5. %Function:画出正弦序列
6. %Version: 2022-3-9 v1.0
7. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
8. clear;clc;
9. n = -7 : 14;
10. k = length(n);
11. f = sin(pi/7.*n);
12. figure('Color','White','Position',[100 100 640 240]);
13. stem(n,f,'filled','LineWidth',2);
14. set(gca, 'FontName','Times New Roman','FontSize',10,'LineWidth',2);
15. xlabel('Number \it n \rm');
16. ylabel('\itx\rm[\itn\rm]');

```



分析：当 $n = 0$ 时， $x[n] = 0$ ，信号呈正弦波，周期为 14。

第 10 题： 画出复指数序列 $x[n] = e^{jn/6}$ 和 $x[n] = e^{j3n}$ 的实部和虚部 ($-50 \leq n \leq 50$)。

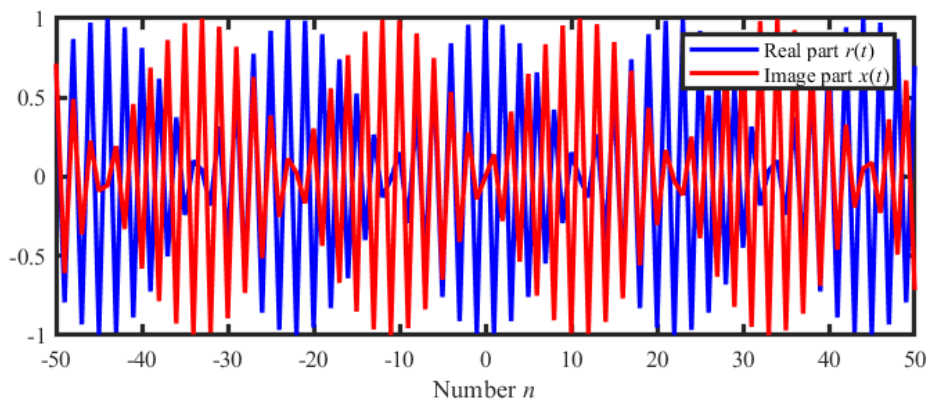
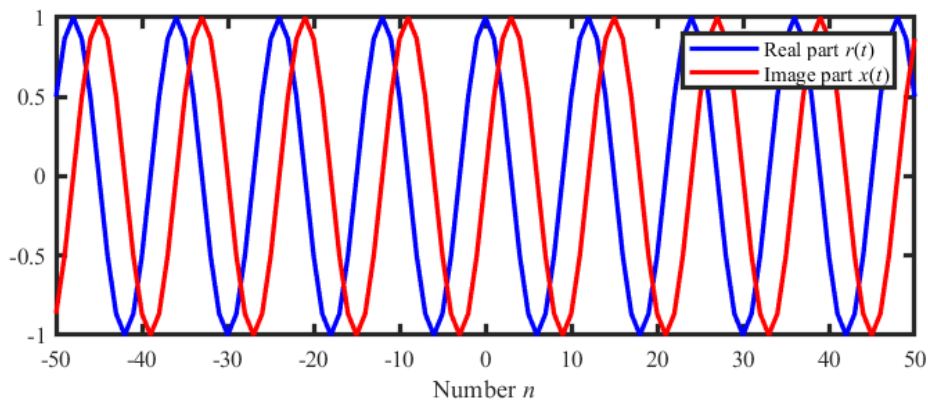
```
1. %%%%%%%%%%%%%%
2. %Author: 熊康
3. %E-mail: 206001232@nbu.edu.cn
4. %Tool: MATLAB R2018b
5. %Function:画出复指数序列的实部和虚部
6. %Version: 2022-3-9 v1.0
7. %%%%%%%%%%%%%%
8. clear;clc;
9. sfxulie(0,pi/6,-50,50);
10. sfxulie(0,3,-50,50);
```

```
1. %%%%%%%%%%%%%%
2. %Author: 熊康
3. %E-mail: 206001232@nbu.edu.cn
4. %Tool: MATLAB R2018b
5. %Function:分析复指数序列的实部和虚部
6. %Version: 2022-3-9 v1.0
7. %%%%%%%%%%%%%%
8. function sfxulie(sigma,omega,n0,nf)
9. % sigma: e 的指数实部
10. % omega: e 的指数虚部
11. % 观察从 n0 到 nf
12. n = n0 : nf;
13. r = exp(sigma.* n).* cos(omega.* n);
14. x = exp(sigma.* n).* sin(omega.* n);
15. figure('Color','White','Position',[100 100 640 240]);
16. plot(n,r,'b',n,x,'r','LineWidth',2);
17. set(gca, 'FontName','Times New Roman','FontSize',10,'LineWidth',2);
```

```

18. xlabel('Number \itn\rm');
19. legend('Real part \itr\rm(\itt\rm)', 'Image part \itx\rm(\itt\rm)');

```



分析：第 1 张图指数虚部为 $\pi/6 \approx 0.52$ ，波形实部和虚部不重合；第 2 张图指数虚部为 3 比第 1 张图的指数虚部小，信号实部和虚部间隔更疏，但信号实部和虚部本身变化幅度更大。

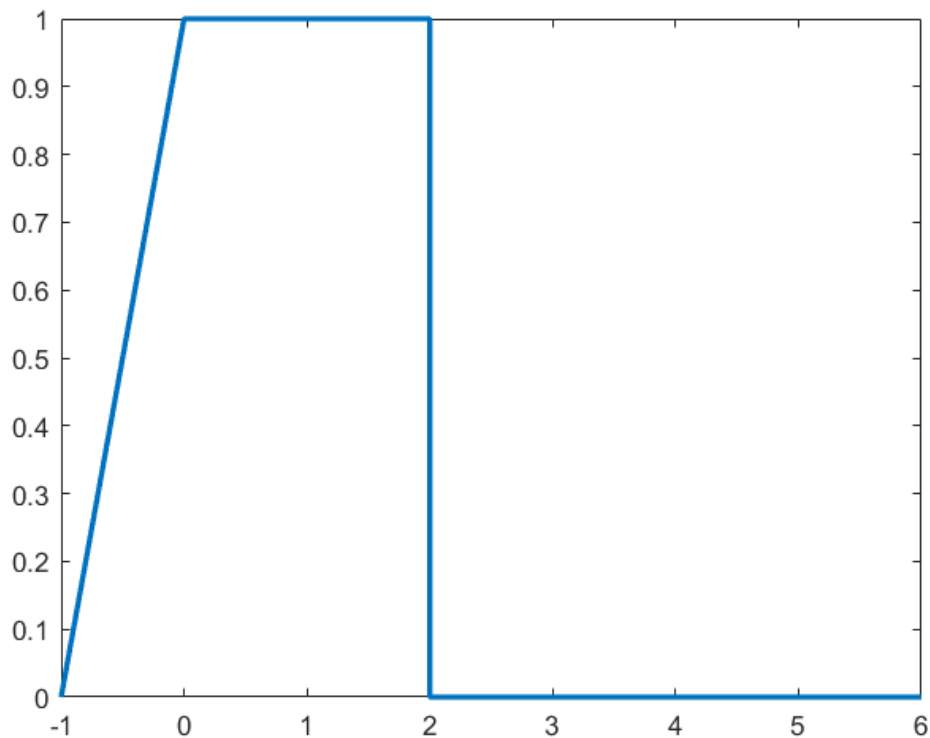
第 11 题： 编写程序（函数），画出教材 P9 图 1-13(a)即 $f(t)$ 的波形（ $-6 < t < 6$ ）；

```

1. %%%%%%%%%%%%%%
2. %Author: 熊康
3. %E-mail: 206001232@nbu.edu.cn
4. %Tool: MATLAB R2018b
5. %Function:画出原始波形
6. %Version: 2022-3-9 v1.0
7. %%%%%%%%%%%%%%
8. syms t
9. g1=str2sym('(t+1)*(heaviside(t+1)-heaviside(t))');
10. g2=str2sym('heaviside(t)-heaviside(t-2)');
11. f1=g1+g2;

```

```
12. fplot(f1,[-1 6], 'LineWidth',2);
```



分析：主体是阶跃信号，左侧是斜率为 1 的线段，右侧是竖直的线段。

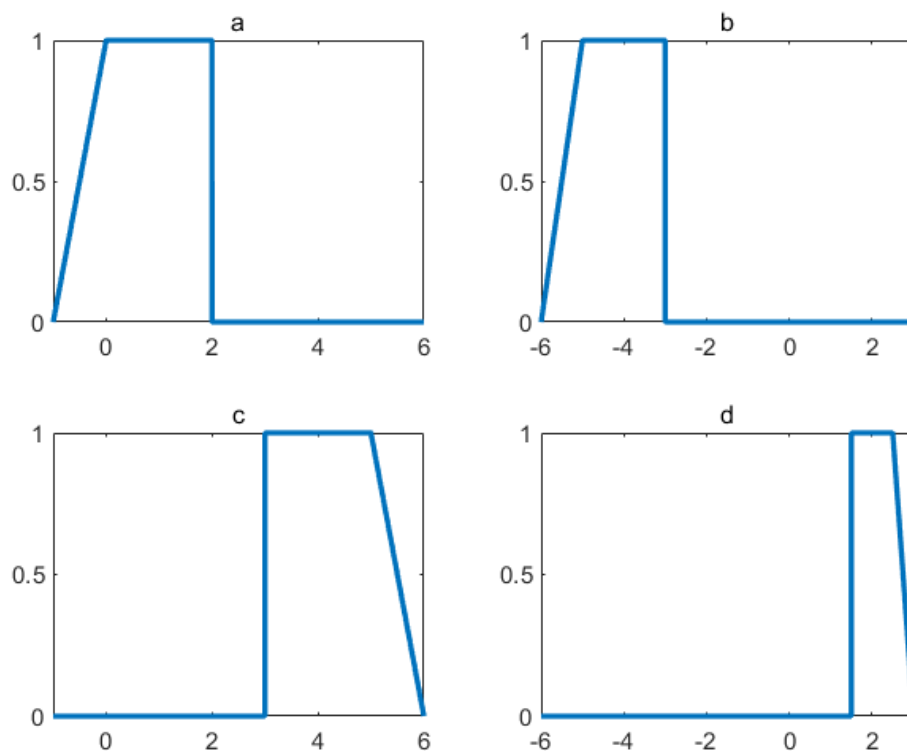
第 12 题： 利用(a)中建立的函数，通过自变量替换方式依次画出图 1-13(b)、(c)、(d)即 $f(t+5)$ 、 $f(-t+5)$ 、 $f(-2t+5)$ 的波形（ $-6 < t < 6$ ）。

```
1. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
2. %Author: 熊康
3. %E-mail: 206001232@nbu.edu.cn
4. %Tool: MATLAB R2018b
5. %Function:对原始波形进行平移、反褶和比例变换
6. %Version: 2022-3-9 v1.0
7. %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
8. syms t
9. g1=str2sym('(t+1)*(heaviside(t+1)-heaviside(t))');
10. g2=str2sym('heaviside(t)-heaviside(t-2)');
11. f1=g1+g2;
12. subplot(2,2,1);fplot(f1,[-1 6], 'LineWidth',2);title('a');
13. % 对原始波形进行平移
14. f2=subs(f1,t,t+5);
15. subplot(2,2,2);fplot(f2,[-6 3], 'LineWidth',2);title('b');
16. % 对平移后波形进行反褶
```

```

17. f3=subs(f2,t,-t);
18. subplot(2,2,3);fplot(f3,[-1 6],'LineWidth',2);title('c');
19. % 对反褶后波形进行比例变换
20. f4=subs(f3,t,2*t);
21. subplot(2,2,4);fplot(f4,[-6 3],'LineWidth',2);title('d');

```



分析： b 图在 a 图基础上进行向左平移 5 格，c 图在 b 图基础上关于直线 $x = 0$ 对称，d 图在 c 图基础上比例缩小为 $\frac{1}{2}$ ，得到如书中 d 图所示变换后的图形。