

深圳大学实验报告

课程名称：_____医学数字信号处理_____

实验项目名称：_____离散时间傅里叶分析_____

学院：_____医学院_____

专业：_____生物医学工程_____

指导教师：_____刁现芬_____

报告人：陈焕鑫 学号：2016222042 班级：生工2班

实验时间：_____2018.9.27_____

实验报告提交时间：_____2018.10.26_____

教务部制

实验目的与要求：

1. 验证教材上的例子 3.3，信号如果是 $x(n) = (-0.5)^n u(n)$ ，重做例题 3.3；观察这两个信号的幅度谱有何差异？
2. 参考例题 3.4，分析方波信号 $R_N(n)$ 的幅度谱和相位谱， $N=20, 100, 200$ 。对比观察，分析不同长度的方波信号的频谱有何差异？
3. 完成教材上的习题 3.8 中的第三小题。

方法、步骤：

- 1、因为我们要在 $[0, \pi]$ 之间的 501 个等分点上求值，所以我们首先定义一个从 0 到 500 以 1 为间隔的向量，将这个向量的每一位分别乘上 $\pi/500$ ，得到自变量 w 。

然后，由例 3-1 可知， $x(n) = (0.5)^n u(n)$ ，的离散时间傅里叶变换结果为

$$X(e^{jw}) = \frac{e^{jw}}{e^{jw} - 0.5}, \text{ 在 MATLAB 中描述为}$$

```
X = exp(j*w) ./ (exp(j * w) - 0.5 * ones(1, 501));
```

 (1.1)

有了 X 和 w ，我们就可以通过调用函数 `abs` 求幅度，函数 `angle` 求相位，函数 `real` 求实部，函数 `imag` 来求虚部。如果信号改为 $x(n) = (-0.5)^n u(n)$ ，只需将代码(1.1)中 0.5 前面的符号改为“+”号，其他地方不需要改变，就能得到结果。

- 2、首先，定义 N 用来方便我们修改方波的长度， n 为 $0 \sim N-1$ 的向量，而 x 是长度为 N 的单位向量。这就构成了长度为 N 的方波信号 $x(n)$ 。定义一个从 0 到 500 以 1 为间隔的向量，将这个向量的每一位分别乘上 $\pi/500$ ，得到自变量 w 。对 $x(n)$ 做离散时间傅里叶变换，在 MATLAB 中描述为

```
X = x * exp(-j * pi / 500) .^ (n' * k);
```

X 就是将 x 做离散时间傅里叶变换的结果。然后对 X 分别做 `abs` 和 `angle` 得到幅度谱和相位谱。对比分析差异。

- 3、先定义好题目给出的变量， w_c ， a 还有 N ，然后根据题目给出的公式求得 $h(n)$ ，需要注意的时， $h(n)$ 在 $n=a$ 的时候，由于 $n-a$ 作分母，会出现错误，所以需要进行一些特殊处理。得到截断脉冲响应 $h(n)$ 之后，对其进行傅里叶变换，并画出变换后的图像。根据理想低通滤波器的频域描述，MATLAB 语言描述为：

```
Hd = (w <= wc) .* exp(-j*a*w);
```

然后就是对 H_d 做各种变换，画出图像。最后，对两个信号的图像进行比较分析。

实验过程及内容:

1、 (1) 在信号为 $x(n) = (0.5)^n u(n)$ 的情况下, 得到的代码如下:

```
clc; clear all; close all;
w = [0:1:500] * pi / 500; %取值的范围从 0 到 pi, 分为 500 等份
X = exp(j*w) ./ (exp(j * w) - 0.5 * ones(1, 501)); %x(n) = (0.5)^n * u(n)
%离散时间傅里叶变换
magX = abs(X); %取绝对值, 得到幅度
angX = angle(X); %取相位
realX = real(X); %取实部
imagX = imag(X); %取虚部

%打印幅度谱
subplot(2, 2, 1);
plot(w / pi, magX);
grid %网格
xlabel('frequency in pi units'); %x 轴的标签
title('Magnitude Part'); %图表的标题
ylabel('Magnitude') %y 轴的标签

%打印相位谱
subplot(2, 2, 3);
plot(w / pi, angX);
grid
xlabel('frequency in pi units');
title('Angle Part');
ylabel('Radians')

%打印实部图像
subplot(2, 2, 2);
plot(w / pi, realX);
grid
xlabel('frequency in pi units');
title('Real Part');
ylabel('Real')

%打印虚部图像
subplot(2, 2, 4);
plot(w / pi, imagX);
grid
xlabel('frequency in pi units');
title('Imaginary Part');
ylabel('Imaginary')
```

运行程序，得到的结果如图 1-1 所示

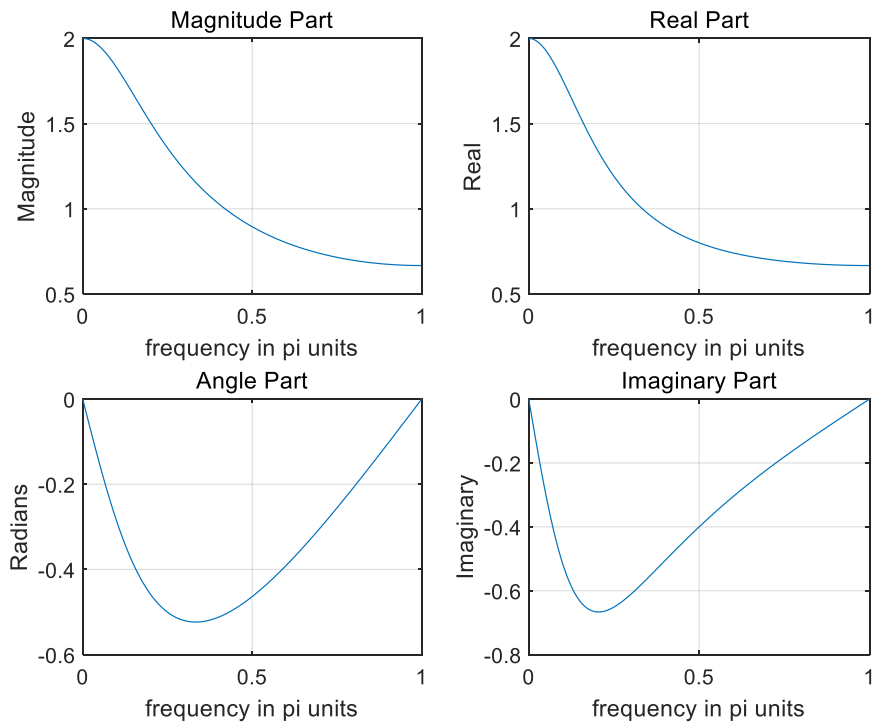


图 1-1

(2) 在信号为 $x(n) = (-0.5)^n u(n)$ 的情况下，编写的代码为

```
clc; clear all; close all;
w = [0:1:500] * pi / 500; %取值的范围从 0 到 pi，分为 500 等份
X = exp(j*w) ./ (exp(j*w) + 0.5 * ones(1, 501)); %x(n) = (-0.5)^n * u(n)
%打印幅度谱
magX = abs(X); %取绝对值，得到幅度
angX = angle(X); %取相位
realX = real(X); %取实部
imagX = imag(X); %取虚部

%打印幅度谱
subplot(2, 2, 1);
plot(w / pi, magX);
grid
xlabel('frequency in pi units');
title('Magnitude Part');
ylabel('Magnitude')

%打印相位谱
subplot(2, 2, 3);
plot(w / pi, angX);
```

```

grid
xlabel('frequency in pi units');
title('Angle Part');
ylabel('Radians')

%打印实部图像
subplot(2, 2, 2);
plot(w / pi, realX);
grid
xlabel('frequency in pi units');
title('Real Part');
ylabel('Real')

%打印虚部图像
subplot(2, 2, 4);
plot(w / pi, imagX);
grid
xlabel('frequency in pi units');
title('Imaginary Part');
ylabel('Imaginary')

```

运行程序，得到的结果如图 1-2 所示

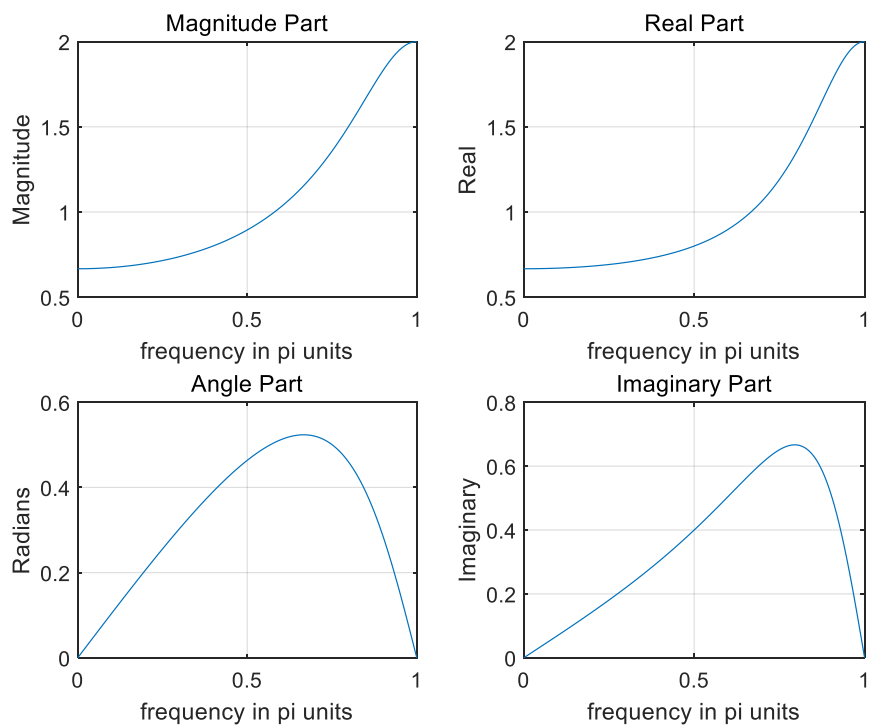


图 1-2

2、程序代码如下：

```

clc; clear all; close all;

N = 20;%通过修改 N 的值来分析差异
n = 0 : N - 1;
x = ones(1 , N); %得到长度为 N 的方波信号 x(n)
k = 0 : 500;
w = (pi / 500) * k; %取值范围为 0 到 pi, 分为 500 等份
X = x * exp(-j * pi / 500) .^ (n' * k);%对 x(n) 做离散时间傅里叶变换

magX = abs(X); %取幅度
angX = angle(X); %取相位
realX = real(X); %取实部
imagX = imag(X); %取虚部

subplot(2, 2, 1);
plot(k / 500, magX);
grid
xlabel('frequencu in pi units');
title('magnitude Part');

subplot(2, 2, 3);
plot(k / 500, angX / pi);
grid
xlabel('frequencu in pi units');
title('Angle Part');

subplot(2, 2, 2);
plot(k / 500, realX);
grid
xlabel('frequency in pi units');
title('Real Part');

subplot(2, 2, 4);
plot(k / 500, imagX);
grid
xlabel('frequency in pi units');
title('Imaginary Part')

```

(1) 当 N=20 时, 得到的结果如图 2-1 所示

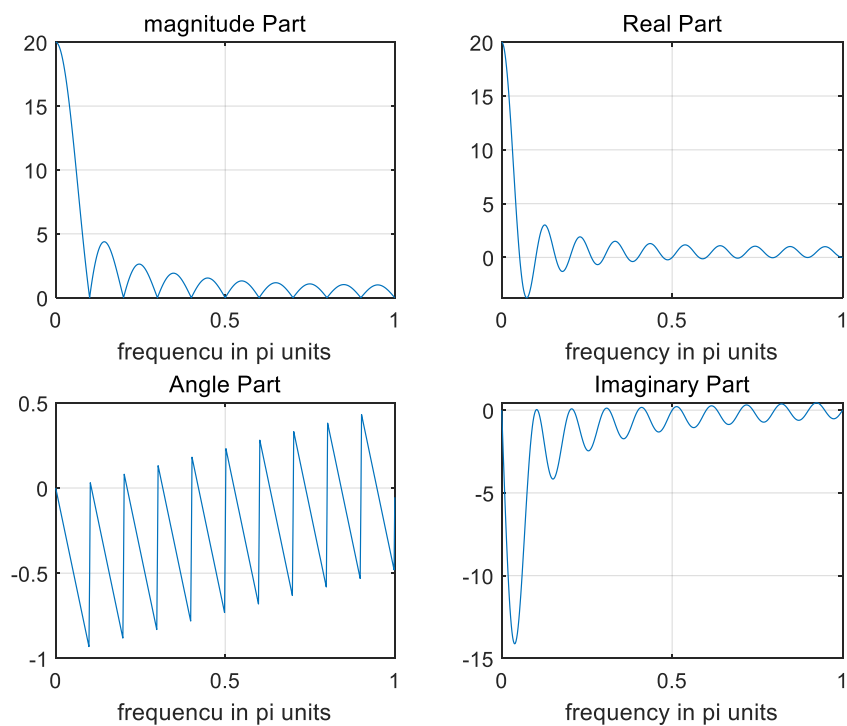


图 2-1

(2) 当 $N=100$ 时, 得到的结果如图 2-2 所示

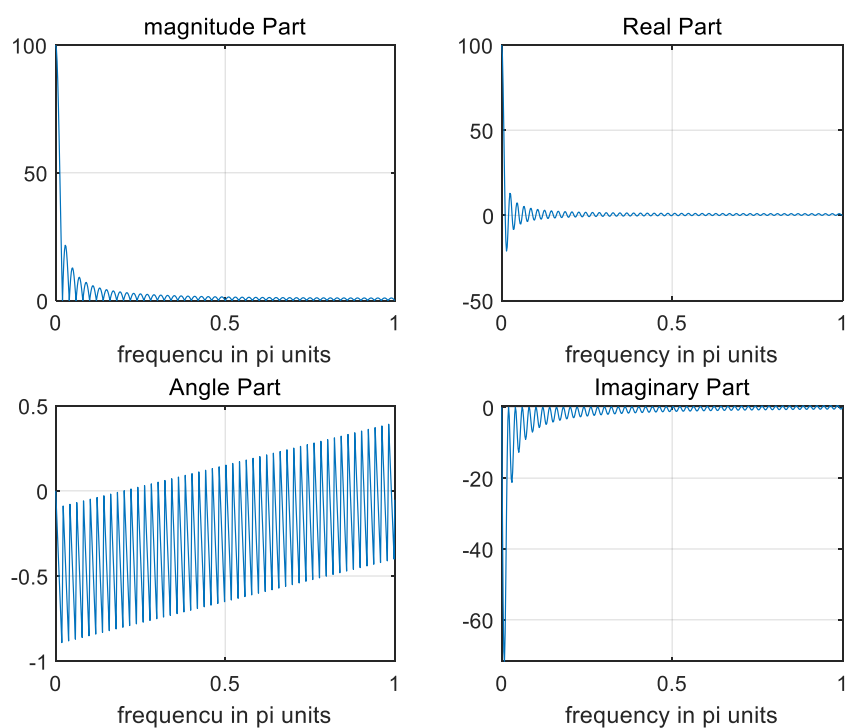


图 2-2

(3) 当 $N=200$ 时, 得到的结果如图 2-3 所示

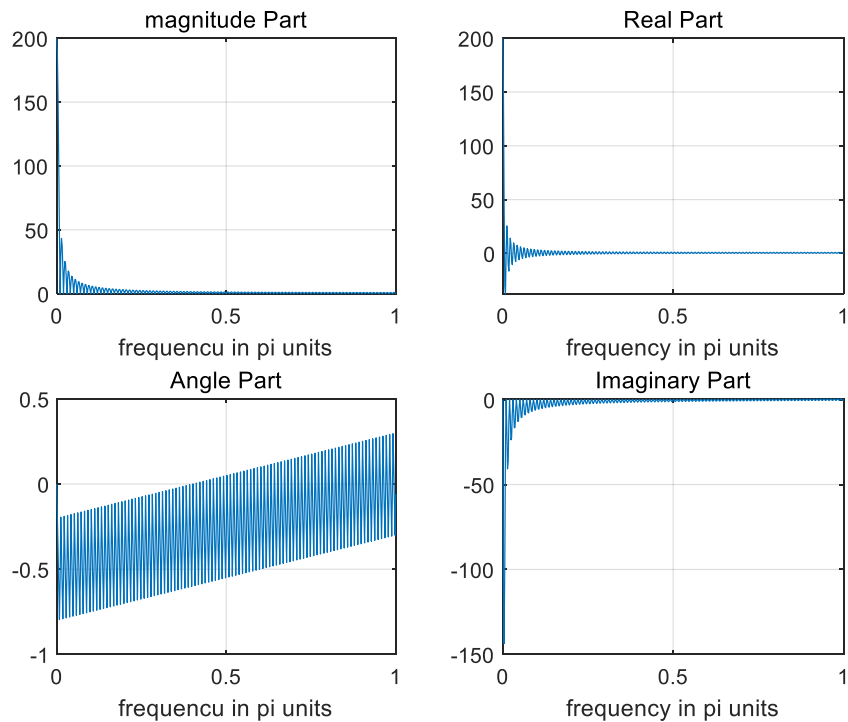


图 2-3

3、程序代码如下：

```

clc; clear; close all;
wc = 0.5*pi;
a = 20;
N = 2*a+1;
for n = 1 : N
    if (n - a) == 0
        h(n) = wc / pi; %当 n=a 时，做特殊处理
    else
        h(n) = sin(wc*(n - a)) / (pi*(n - a));
    end
end
end
n = 1:N;
k = 0:500;
w = (pi/500)* k;
H = h*exp(-j*n'*w); %对 h(n) 做离散时间傅里叶变换
magH = abs(H); %画出 H 的各种图像
angH = angle(H);
realH = real(H);
imagH = imag(H);
figure('NumberTitle','off','Name', 'H(e^jw) figure')
subplot(221);
plot(k/500, magH);
grid;

```



```

xlabel('frequencu in pi units');
title('magnitude Part');
subplot(223)
plot(k/500, angH);
grid;
xlabel('frequencu in pi units');
title('Angle Part');
subplot(222)
plot(k/500, realH);
grid;
xlabel('frequencu in pi units');
title('Real Part');
subplot(224)
plot(k/500, imagH);
grid;
xlabel('frequencu in pi units');
title('Imaginary Part');

Hd = (w <= wc).*exp(-j*a*w); %求得 Hd
magHd = abs(Hd); %画出 Hd 的图像
angHd = angle(Hd);
realHd = real(Hd);
imagHd = imag(Hd);
figure('NumberTitle','off','Name', 'Hd(e^jw) figrue')
subplot(221);
plot(k/500, magHd);
grid;
xlabel('frequencu in pi units');
title('magnitude Part');
subplot(223)
plot(k/500, angHd);
grid;
xlabel('frequencu in pi units');
title('Angle Part');
subplot(222)
plot(k/500, realHd);
grid;
xlabel('frequencu in pi units');
title('Real Part');
subplot(224)
plot(k/500, imagHd);
grid;
xlabel('frequencu in pi units');
title('Imaginary Part');

```

$H(e^{j\omega})$ 的图像如图 3-1 所示:

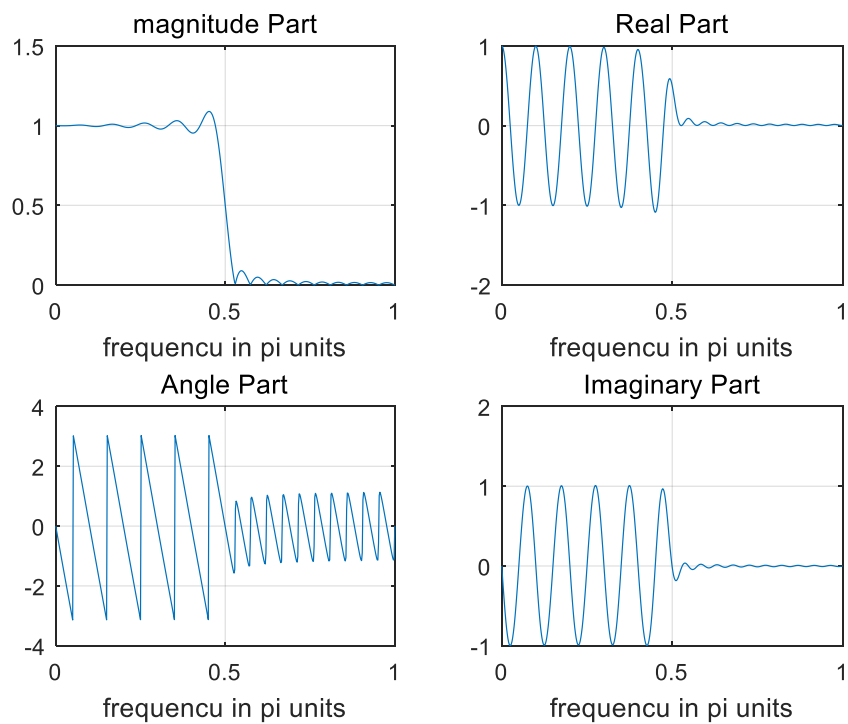


图 3-1

$H_d(e^{j\omega})$ 的图像如图 3-2 所示:

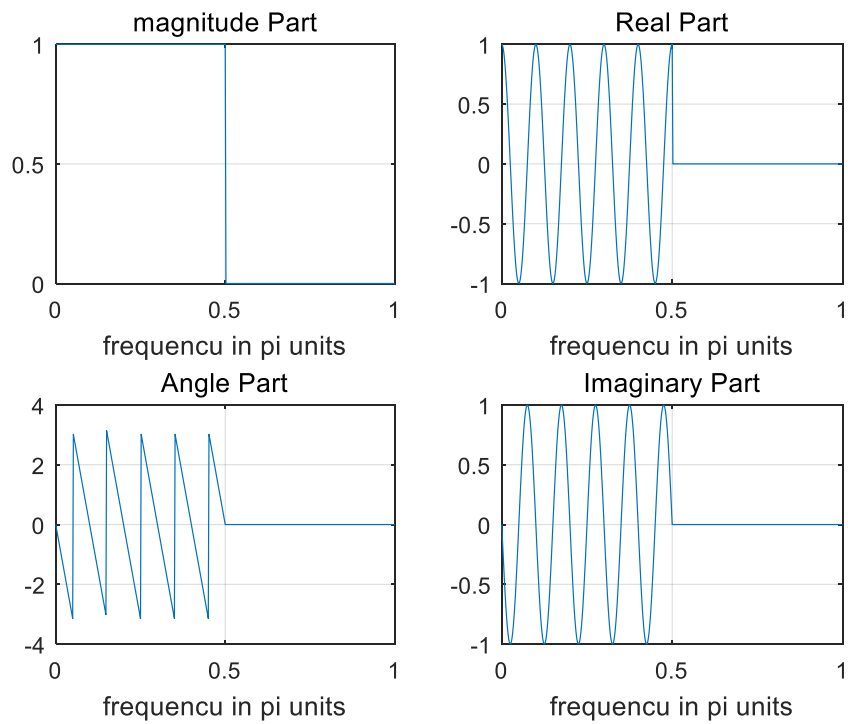


图 3-2

实验结论:

1、信号 $x(n) = (0.5)^n u(n)$ 的幅度谱相当于信号 $x(n) = (-0.5)^n u(n)$ 的幅度谱做了个镜像, 前者的幅度是随着 ω 的递增而递减的, 在 $[0, \pi]$ 的区间上由最大值 2 逐渐减小至 0.65, 后者与之相反, 在 $[0, \pi]$ 的区间上由 0.65 逐渐增大至 2。

2、随着 N 的增大, 幅度谱和相位谱的函数值变化的幅度差不多, 但是变化的频率都在增大。在幅度谱中, $N=20$ 时, 第一个极限值点的横坐标约为 0.1; $N=100$ 时, 第一个极小值点的横坐标约为 0.02; $N=200$ 时, 第一个极小值点的横坐标约为 0.01, 频域中信号越来越趋近于 1, 也就是在时域中信号越来越趋于稳定不变 (也就是方波信号持续为 1 的时间越长)。

3、截断脉冲响应得到的频率响应函数 $H(e^{j\omega})$ 的图像与理想低通滤波器 $H_d(e^{j\omega})$ 比较之后, 可以发现, 在截止频率 0.5π 处, $H(e^{j\omega})$ 幅度谱是在震荡的情况下趋近于 0 的, 而理想情况下, $H_d(e^{j\omega})$ 的幅度是跃变为 0。现实生活中, 我们很难实现理想低通滤波器的这样跃变的情况, 但是却可以设计出想截断脉冲响应这样的滤波器来代替理想低通滤波器。

指导教师批阅意见:

成绩评定:

指导教师签字:

年 月 日

备注:

注: 1、报告内的项目或内容设置, 可根据实际情况加以调整和补充。

2、教师批改学生实验报告时间应在学生提交实验报告时间后 10 日内。