

实 验 报 告

课程名称: 信息与通信技术仿真实验

系部名称: 电气与信息工程学院

专业班级: 电子信息工程 20 - 1 班

学生姓名: 林迦勒

学 号: 20200626

指导教师: 唐弢 王岩

黑龙江工程学院教务处制

实 验 报 告

实验项目	ASK、FSK、PSK 调制				
同组人数	1 人	实验地点	实验室 506	实验日期	2022.11.29
实验类型	<input checked="" type="checkbox"/> 验证型 <input type="checkbox"/> 综合型 <input type="checkbox"/> 设计型 <input type="checkbox"/> 其 它				
<p>一、实验目的</p> <p>1、掌握 ASK、FSK、PSK 调制解调原理；</p> <p>2、编写出 ASK、FSK、PSK 调制解调程序；观察解调前后时域和频域中的波形变化；</p> <p>3、对信号叠加噪声，分析噪声对信号传输造成的影响。</p>					
<p>二、实验器材</p> <p>计算机</p>					
<p>三、实验内容（原理、方案、步骤、记录及分析等）*</p> <p>【实验原理（或方案、方法）】:</p> <p>一、ASK</p> <p>1、2ASK 调制</p> <p>幅移键控法(ASK)的载波幅度是随着调制信号而变化的，其最简单的形式是，载波在二进制调制信号控制下通断，此时又可称作开关键控法(OOK)。二进制幅度键控记作 2ASK。2ASK 是利用代表数字信息“0”或“1”的基带矩形脉冲去键控一个连续的载波，使载波时断时续地输出。有载波输出时表示发送“1”，无载波输出时表示发送“0”。2ASK 信号可表示为</p> $e_0(t) = s(t) \cos w_c t$ <p>式中，w_c 为载波角频率，$s(t)$ 为单极性 NRZ 矩形脉冲序列</p> $s(t) = \sum_n a_n g(t - nT_b)$ <p>其中，$g(t)$ 是持续时间 T_b、高度为 1 的矩形脉冲，常称为门函数；a_n 为二进制数字</p> $a_n = \begin{cases} 1, & \text{出现概率为 } P \\ 0, & \text{出现概率为 } 1 - P \end{cases}$ <p>2ASK/OOK 信号的产生方法通常有两种：模拟调制（相乘法）和键控法。本模拟幅度调制的方法用乘法器实现。相应的调制如图 1 和图 2：</p>					

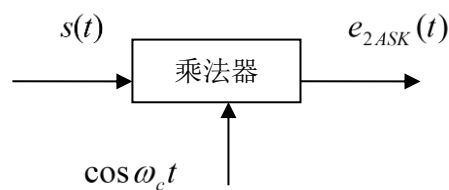


图 1 模拟相乘法

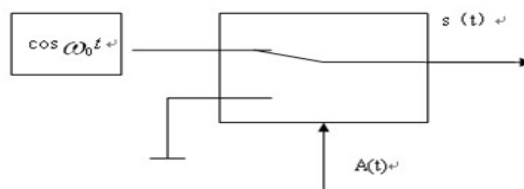


图 2 键控/开关法

2、2ASK 解调

2ASK/OOK 信号有两种基本的解调方法：非相干解调（包络检波法）和相干解调（同步检测法）。本课程设计要求的是相干解调，如图 3：

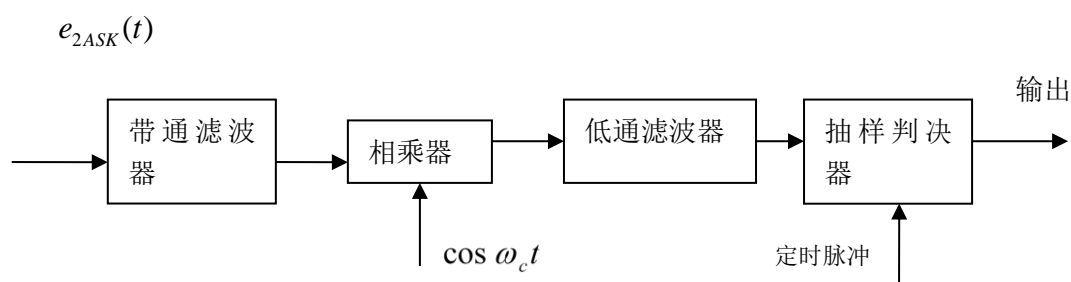


图 3 相干解调

3、多电平 MASK 调制方式是一种比较高效的传输方式，但由于它的抗噪声能力较差，尤其是抗衰落的能力不强，因而一般只适宜在恒参信道下采用。

二、FSK

1、2FSK 调制原理

在二进制频移键控中，幅度恒定不变的载波信号的频率随着输入码流的变化而切换（称为高音和低音，代表二进制的 1 和 0）。产生 FSK 信号最简单的方法是根据输入的数据比特是 0 还是 1，在两个独立的振荡器中切换。采用这种方法产生的波形在切换的时刻相位是不连续的，因此这种 FSK 信号称为不连续 FSK 信号。）其实现如图 4 所示：

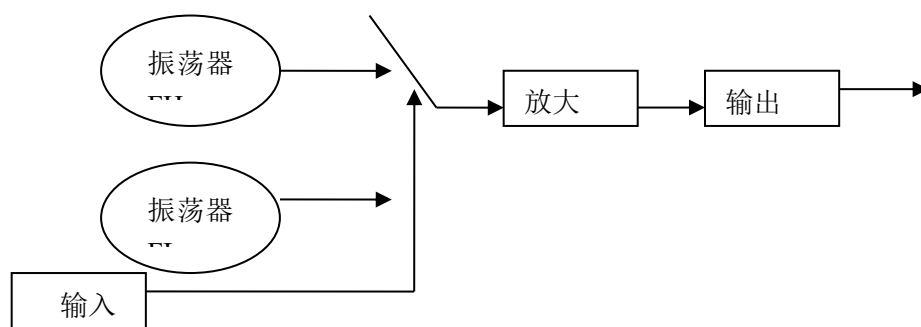


图4 非连续相位FSK 的调制方式

2、2FSK 解调原理

对于2FSK 信号的解调方式很多：相干解调、滤波非相干解调、正交相乘非相干解调。而2FSK 的非相干解调一般采用滤波非相干解调，解调原理是将2FSK 信号分为上下两路2ASK 信号分别进行解调，然后判决，这里的抽样判决是直接比较两路信号抽样值的大小，可以不专门设置门限。判决则应与调制规则相呼应，调制时若规定“1”符号为对应载波频率 f_1 ，则接受时上支路的样值大小，应判为“1”反之则判为“0”。

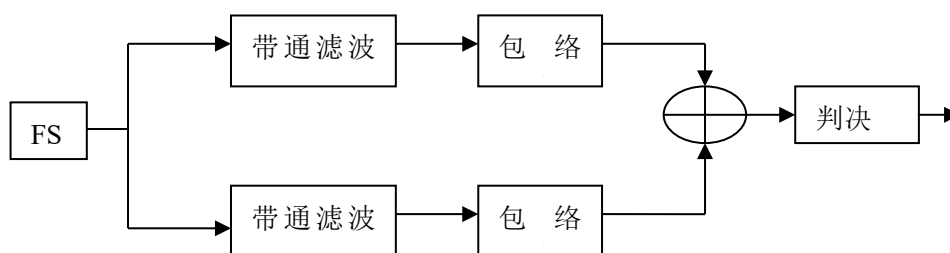


图5 2FSK 信号非相干解调原理图

3、MFSK 调制与解调

多进制数字频率调制（MFSK）简称多频制，是2FSK 方式的推广。它是用不同的载波频率代表不同种数字信息。多进制频移键控（MFSK）的基本原理和2FSK 是相同的，其调制可以用频率键控法和模拟调频电路来实现，不同之处在于使用键控法的时候供选的频率有 M 个。

三、PSK

1、2PSK 调制解调的基本原理

相移键控(PSK)：一种用载波相位表示输入信号信息的调制技术。移相键控分为绝对移相和相对移相两种。以未调载波的相位作为基准的相位调制叫作绝对移相。以二进制调相为例，取码元为“1”时，调制后载波与未调载波同相；取码元为“0”

时，调制后载波与未调载波反相；“1”和“0”时调制后载波相位差 180° 。

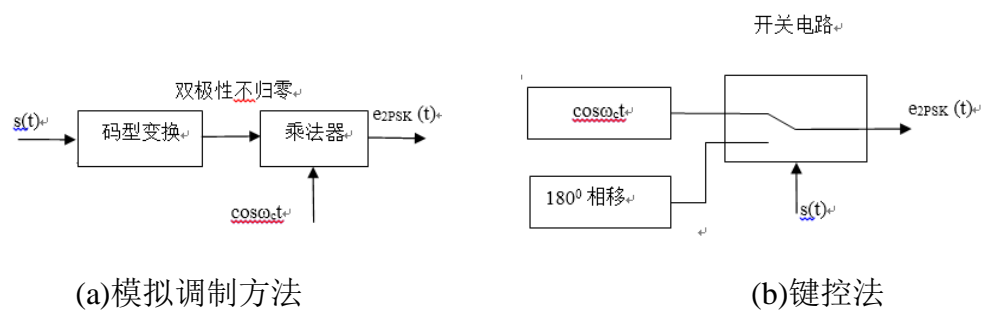


图 7 2PSK 信号的调制原理框图

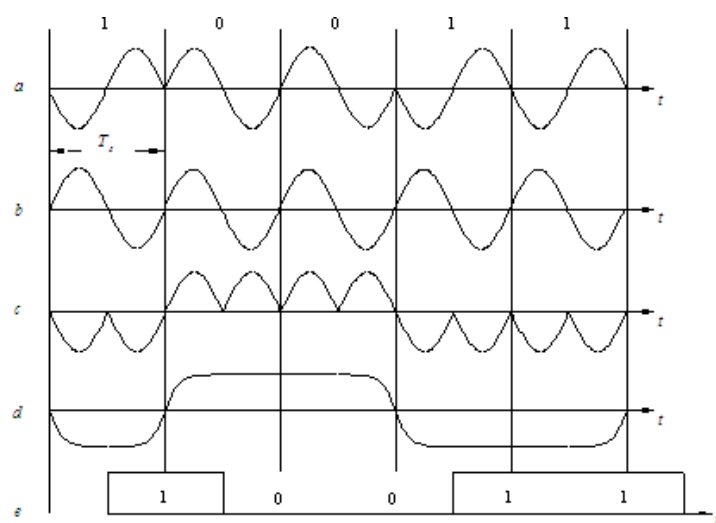


图 8 2PSK 信号的解调原理框图

2、4PSK 调制解调的基本原理

4PSK 即四进制移向键控，又叫 QPSK。4PSK 是英文 Quadrature Phase Shift Keying 的简称，意为正交相移键控，是一种数字调制方式。

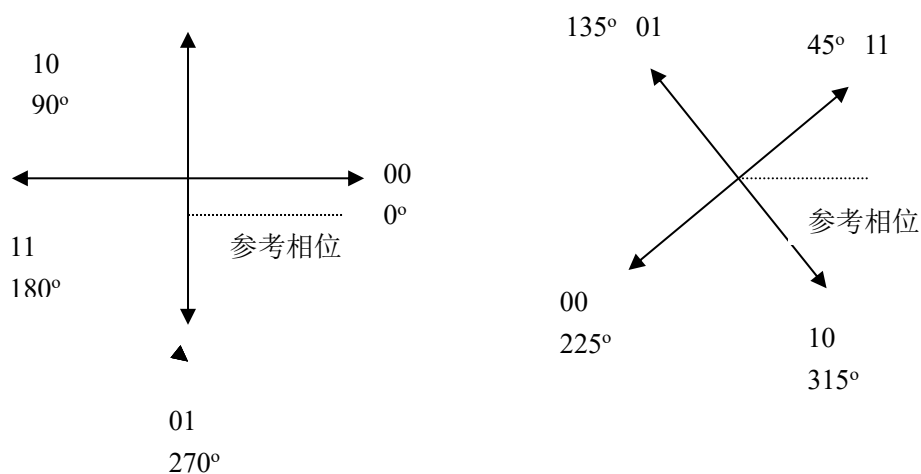


图 9 4PSK 信号相位 φ_n 矢量图

【实验过程】（实验步骤、记录及分析等）：

1、了解程序

2、2ASK 调制

假设，载波信号的频率为 36Hz，抽样频率为 360Hz，码速率为 20Hz，载波持续时间设置为 $t=1/360:1/360:20$ ，

- (1) 产生数字基带信号并绘制时域谱和频域谱；
- (2) 设置载波频率并绘制其时域谱和频域谱；
- (3) 对信号进行数字调制并绘制时域谱和频域谱
- (4) 对已调信号进行解调并绘制时域谱和频域谱；
- (5) 对已调信号加入 SNR 为 6 高斯白噪声并绘制时域谱和频域谱；
- (6) 对加入噪声后信号进行解调并绘制时域谱和频域谱；
- (7) 对已调信号加入 SNR 为 -2 高斯白噪声并绘制时域谱和频域谱；对加入噪声后信号进行解调并绘制时域谱和频域谱；
- (8) 比较当信噪比不同时，误码率大小。

```
clc;clear; close all
Fc=36;
Fs=360;
Fd=20;
t=1/360:1/360:20;
x=ceil(rand(1,100000))-0.5);
FFT1=abs(fft(x,128));
figure(1)
subplot(211);
plot(x);
title("基带信号时域谱")
axis([0 50 0 2])
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT1)))
title("基带信号频域谱")
carry=cos(2*pi*Fc*t);
FFT2=abs(fft(carry,256));
figure(2)
subplot(211)
plot(carry)
title("载波信号时域谱")
axis([0 50 -2 2])
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT2)))
title("载波信号频域谱")
```

```

y=dmod(x,Fc,Fd,Fs,'ask',2);%调用数字带通调制函数 dmod 进行 2ASK 调制
for i=1:20
    if x(i)==0
        yy(30*(i-1)+1:30*i)=0;
    else
        yy(30*(i-1)+1:30*i)=y(30*(i-1)+1:30*i);
    end
end
FFT3=abs(fft(yy,256));
figure(3)
subplot(211);
plot(yy);
title('调制信号时域谱');
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT3)));
title('调制信号频域谱');

z=ddemod(y,Fc,Fd,Fs,'ask',2);
FFT4=abs(fft(z,64));
figure(4)
subplot(211);
plot(z);
title('解调信号时域谱');
axis([0 50 0 2])
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT4)));
title('解调信号频域谱');

Ynt1=awgn(y,6);
YNT1=abs(fft(Ynt1,256));
figure(5)
subplot(211)
plot(Ynt1);
title('SNR 为 6 的高斯白噪声调制信号时域谱');
axis([0 50 0 2])
subplot(212)
plot(fftshift(YNT1));
title('SNR 为 6 的高斯白噪声调制信号频域谱');

z1=ddemod(Ynt1,Fc,Fd,Fs,'ask',2);
Z1=abs(fft(z1,256));
figure(6)
subplot(211)
plot(z1);

```

```

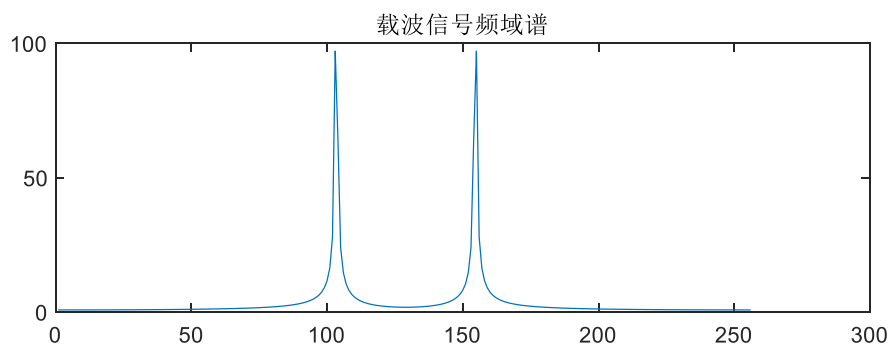
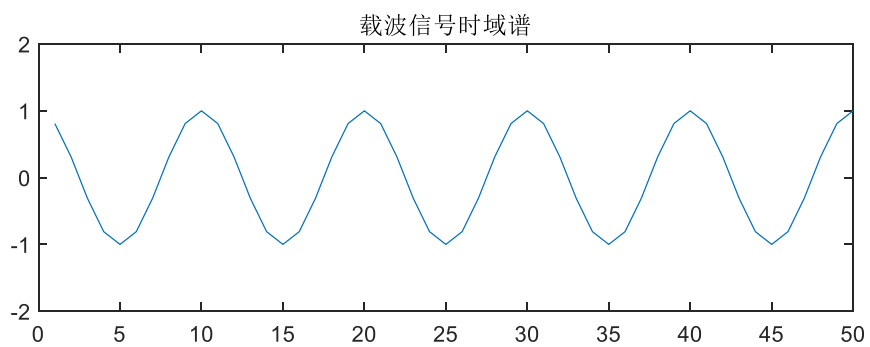
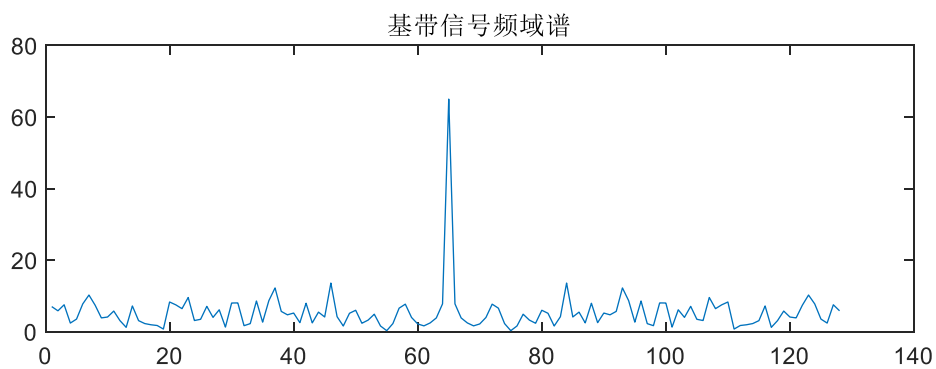
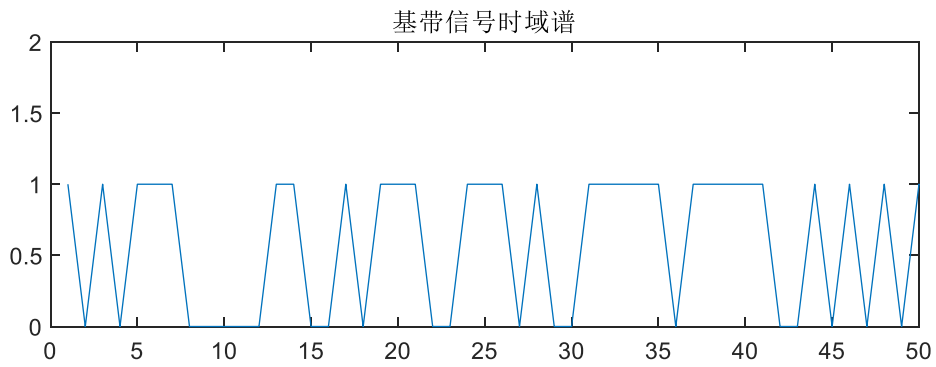
title('加入 SNR 为 6 的高斯白噪声解调信号时域谱');
axis([0 50 0 2])
subplot(212)
plot(fftshift(Z1))
title('加入 SNR 为 6 的高斯白噪声解调信号频域谱');

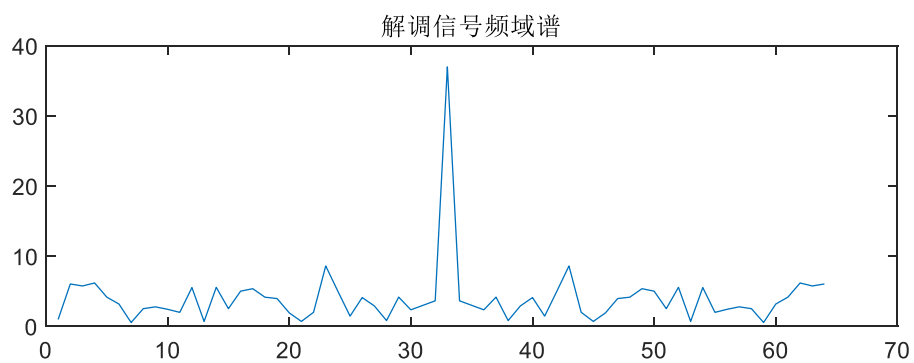
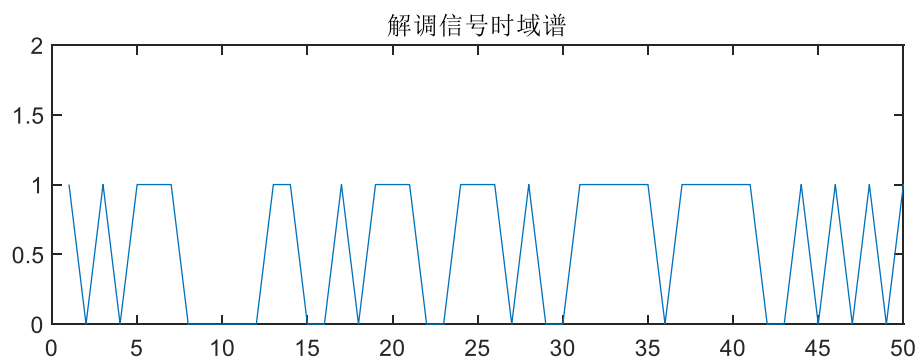
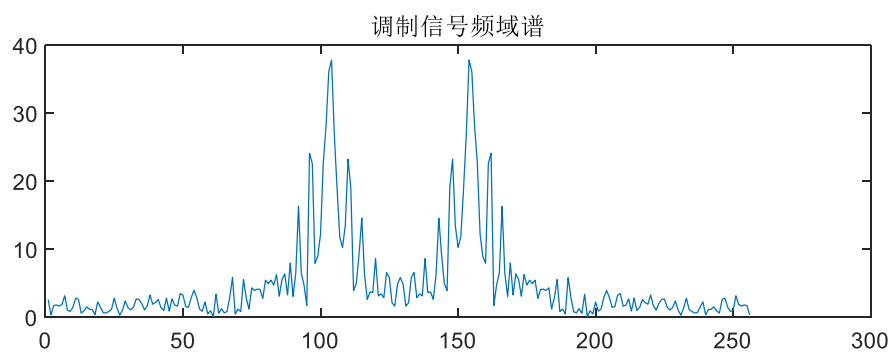
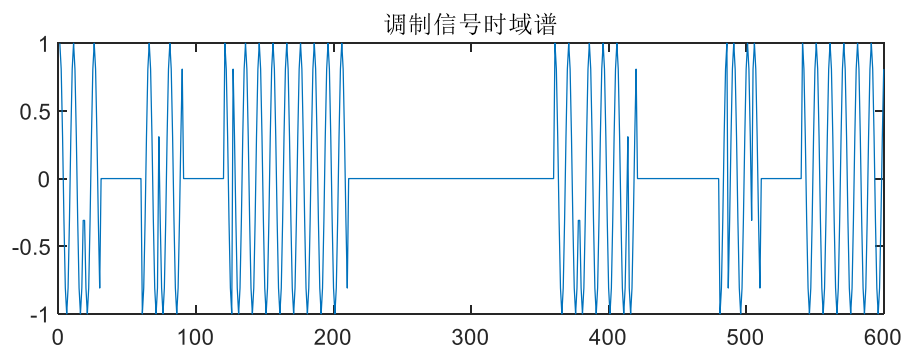
Ynt2=awgn(y,-2);
YNT2=abs(fft(Ynt2,256));
figure(7)
subplot(211)
plot(Ynt2);
title('SNR 为-2 的高斯白噪声调制信号时域谱');
axis([0 50 0 2])
subplot(212)
plot(fftshift(YNT2));
title('SNR 为-2 的高斯白噪声调制信号频域谱');

z2=ddemod(Ynt2,Fc,Fd,Fs,'ask',2);
Z2=abs(fft(z2,256));
figure(8)
subplot(211)
plot(z2);
title('加入 SNR 为-2 的高斯白噪声解调信号时域谱');
axis([0 50 0 2])
subplot(212)
plot(fftshift(Z2))
title('加入 SNR 为-2 的高斯白噪声解调信号频域谱');

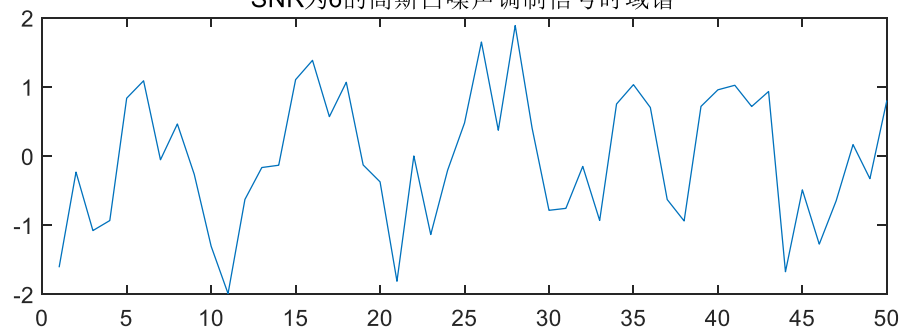
SNR=-10:10;
for i=1:length(SNR)
    Ynt3=awgn(y,SNR(i)); %加入高斯小噪声，信噪比从-10dB 到 10dB
    Z=ddemod(Ynt3,Fc,Fd,Fs,'ask',2); %调用数字带通解调函数 ddemod 对加噪声信号进行解调
    [br, Pe(i)]=symerr(x,Z); %对解调后加大噪声信号误码分析，br 为符号误差数，Pe(i)为符号误差率
end
figure(9)
semilogy(SNR,Pe); %调用 semilogy 函数绘制信噪比与误码率的关系曲线
xlabel('信噪比 SNR(r/dB)');
ylabel('误码率 Pe');
title('信噪比与误码率的关系');
grid on

```

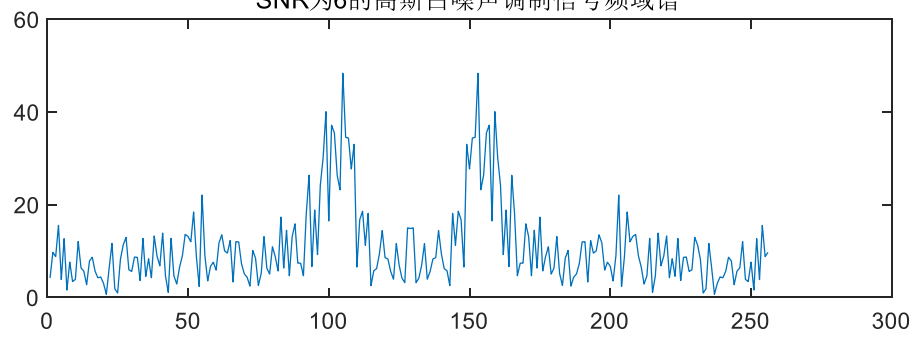





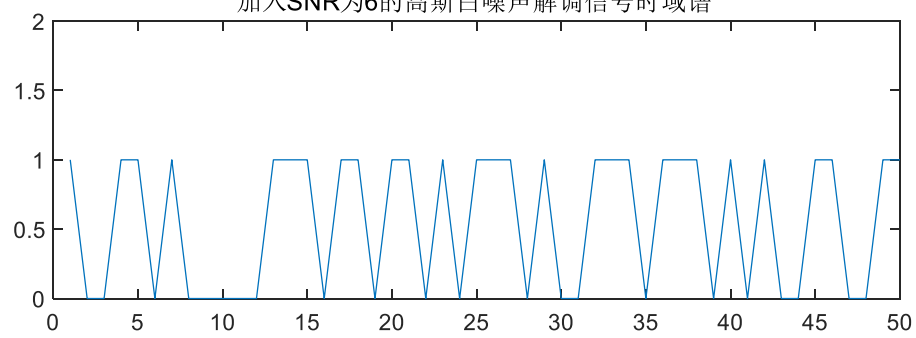
SNR为6的高斯白噪声调制信号时域谱



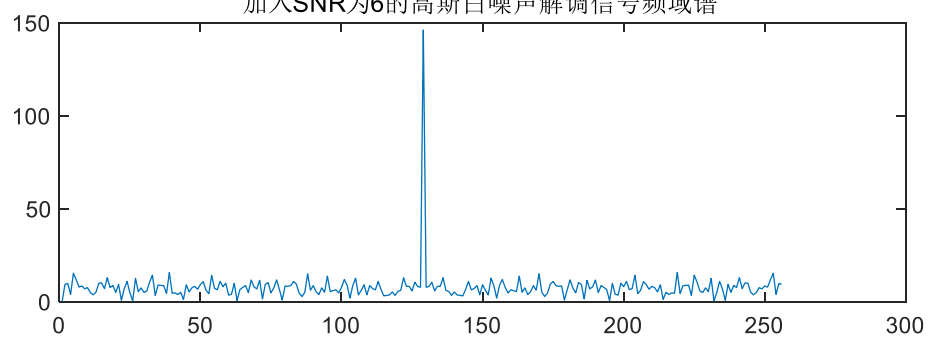
SNR为6的高斯白噪声调制信号频域谱

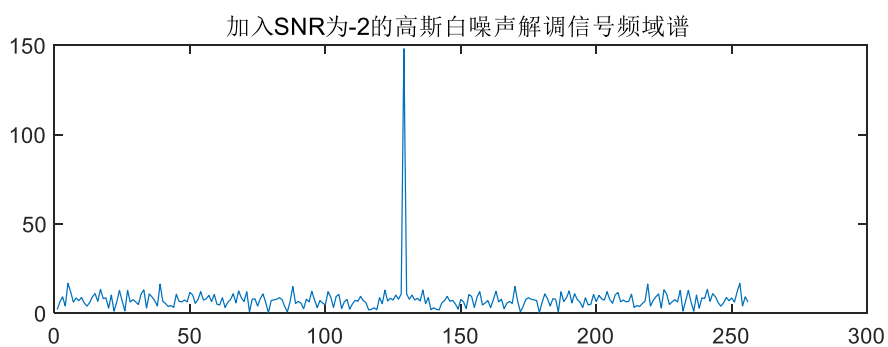
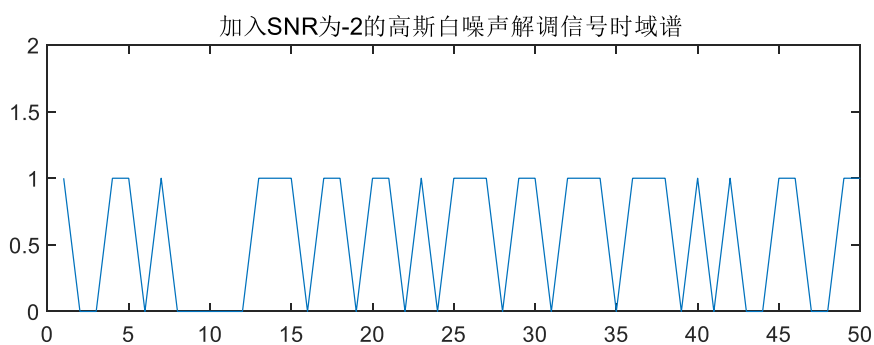
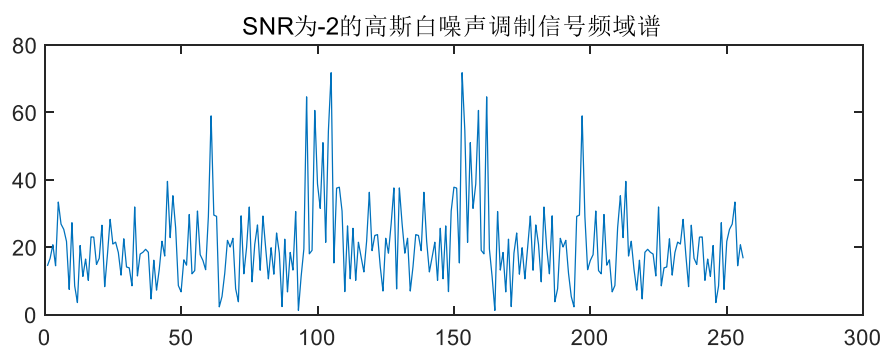
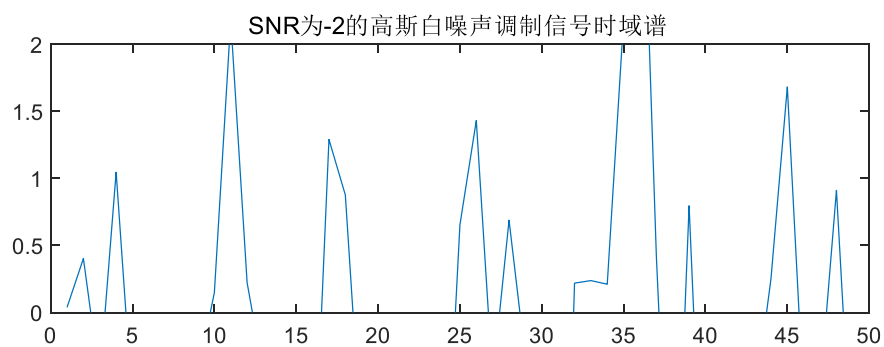


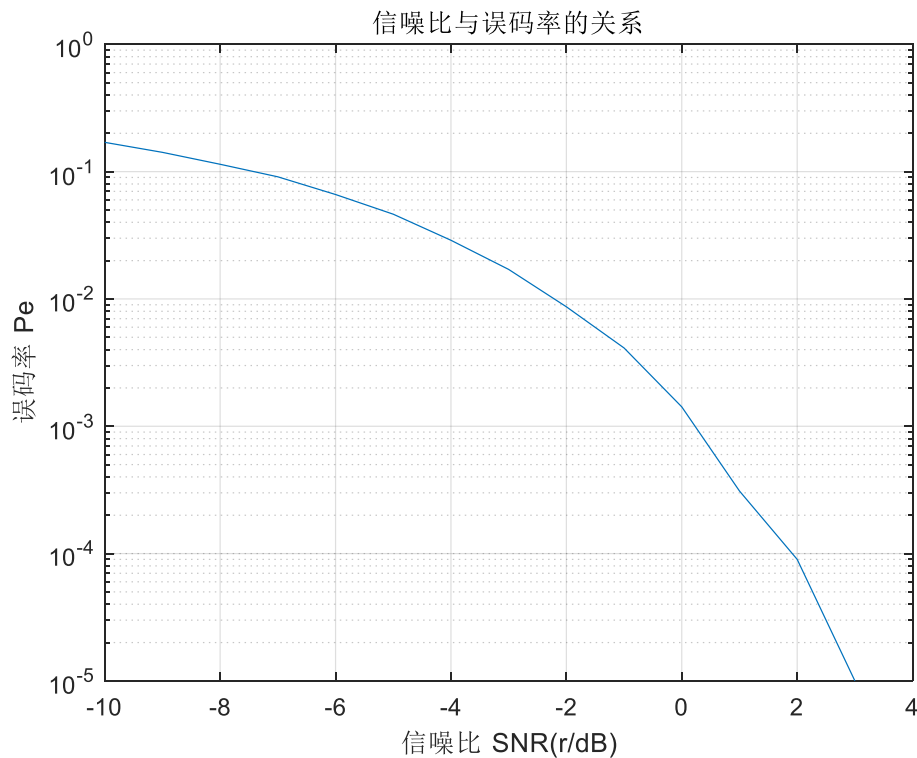
加入SNR为6的高斯白噪声解调信号时域谱



加入SNR为6的高斯白噪声解调信号频域谱







3、2FSK 调制

假设，载波信号的频率为 36Hz，抽样频率为 360Hz，码速率为 20Hz，载波持续时间设置为 $t=1/360:1/360:20$ ，

- (1) 产生数字基带信号并绘制时域谱和频域谱；
- (2) 对信号进行数字调制并绘制时域谱和频域谱；
- (3) 对已调信号进行解调并绘制时域谱和频域谱；
- (4) 对已调信号加入 SNR 为 6 和 -2 的高斯白噪声，绘制时域谱和频域谱；
- (5) 对已调信号加入 SNR 为 -2 的高斯白噪声并绘制时域谱和频域谱；对加入噪声后信号进行解调并绘制时域谱和频域谱；
- (6) 比较当信噪比不同时，误码率大小。

```
clc;clear; close all
```

```
Fc=36;
```

```
Fs=360;
```

```
Fd=20;
```

```
t=1/360:1/360:20;
```

```
%产生数字基带信号并绘制时域谱和频域谱
```

```
x=ceil(rand(1,100000)-0.5);
```

```
FFT1=abs(fft(x,128));
```

```
figure(1)
```

```
subplot(211);
```

```
plot(x);
```

```

title("基带信号时域谱")
axis([0 50 -1 2])
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT1)))
title("基带信号频域谱")

%设置载波频率并绘制其时域谱和频域谱
carry=cos(2*pi*Fc*t);
FFT2=abs(fft(carry,256));
figure(2)
subplot(211)
plot(carry)
title("载波信号时域谱")
axis([0 300 -2 2])
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT2)))
title("载波信号频域谱")

%对信号进行数字调制并绘制时域谱和频域谱
y=dmod(x,Fc,Fd,Fs,'fsk',2);%调用数字带通调制函数 dmod 进行 2FSK 调制
for i=1:20
    yy(30*(i-1)+1:30*i)=y(30*(i-1)+1:30*i);
end
FFT3=abs(fft(yy,256));
figure(3)
subplot(211);
plot(yy);
title('调制信号时域谱');
axis([0 300 -2 2])
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT3)));
title('调制信号频域谱');

%对已调信号进行解调并绘制时域谱和频域谱
z=ddemod(y,Fc,Fd,Fs,'fsk',2);
FFT4=abs(fft(z,64));
figure(4)
subplot(211);
plot(z);
title('解调信号时域谱');
axis([0 50 0 2])
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT4)));
title('解调信号频域谱');

```

%对已调信号加入 SNR 为 6 和-2 高斯白噪声，绘制时域谱和频域谱

```
Ynt1=awgn(y,6);
YNT1=abs(fft(Ynt1,256));
figure(5)
subplot(211)
plot(Ynt1);
title('SNR 为 6 的高斯白噪声调制信号时域谱');
axis([0 50 0 2])
subplot(212)
plot(fftshift(YNT1));
title('SNR 为 6 的高斯白噪声调制信号频域谱');

z1=ddemod(Ynt1,Fc,Fd,Fs,'fsk',2);
Z1=abs(fft(z1,256));
figure(6)
subplot(211)
plot(z1);
title('加入 SNR 为 6 的高斯白噪声解调信号时域谱');
axis([0 50 0 2])
subplot(212)
plot(fftshift(Z1));
title('加入 SNR 为 6 的高斯白噪声解调信号频域谱');

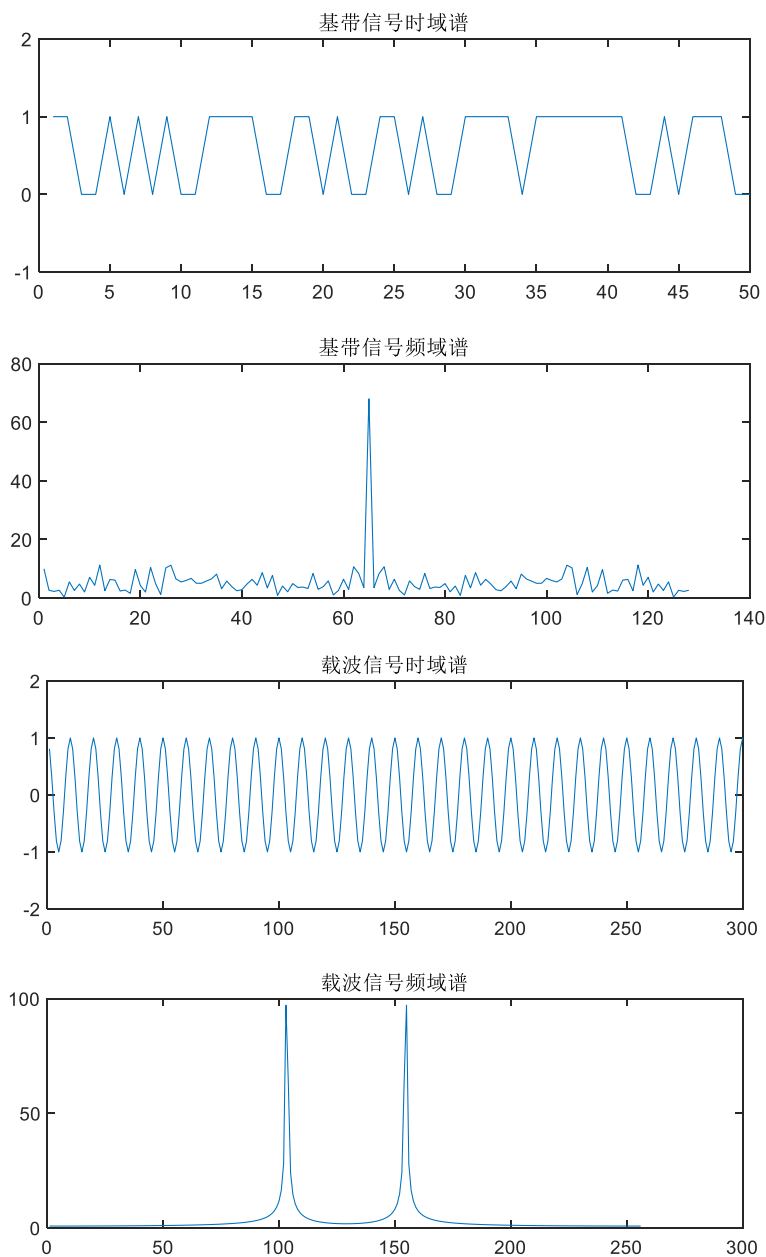
Ynt2=awgn(y,-2);
YNT2=abs(fft(Ynt2,256));
figure(7)
subplot(211)
plot(Ynt2);
title('SNR 为-2 的高斯白噪声调制信号时域谱');
axis([0 50 0 2])
subplot(212)
plot(fftshift(YNT2));
title('SNR 为-2 的高斯白噪声调制信号频域谱');

z2=ddemod(Ynt2,Fc,Fd,Fs,'fsk',2);
Z2=abs(fft(z2,256));
figure(8)
subplot(211)
plot(z2);
title('加入 SNR 为-2 的高斯白噪声解调信号时域谱');
axis([0 50 0 2])
subplot(212)
plot(fftshift(Z2));
title('加入 SNR 为-2 的高斯白噪声解调信号频域谱');
```

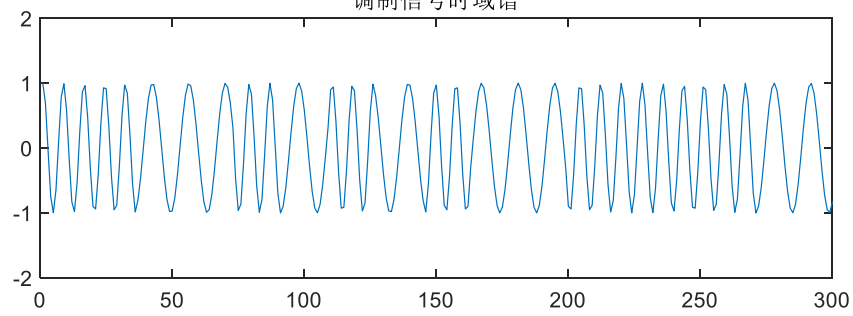
```

SNR=-10:2;
for i=1:length(SNR)
    Ynt3=awgn(y,SNR(i)); %加入高斯小噪声，信噪比从-10dB 到 10dB
    Z=ddemod(Ynt3,Fc,Fd,Fs,'fsk',2); %调用数字带通解调函数 ddemod 对加噪声信号进行解调
    [br, Pe(i)]=symerr(x,Z); %对解调后加大噪声信号误码分析，br 为符号误差数，Pe(i)为符号误差率
end
figure(9)
semilogy(SNR,Pe); %调用 semilogy 函数绘制信噪比与误码率的关系曲线
xlabel('信噪比 SNR(r/dB)');
ylabel('误码率 Pe');
title('信噪比与误码率的关系');
grid on

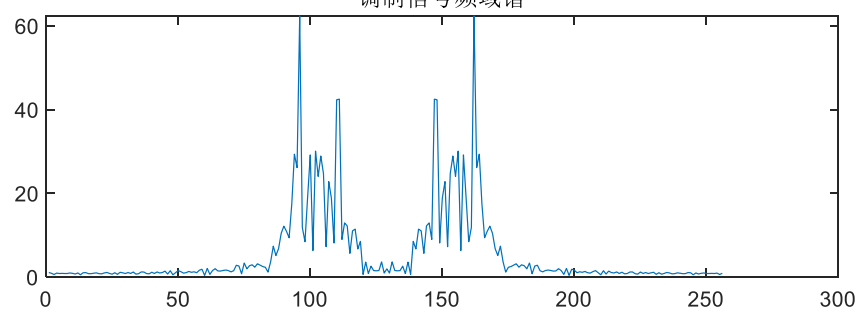
```



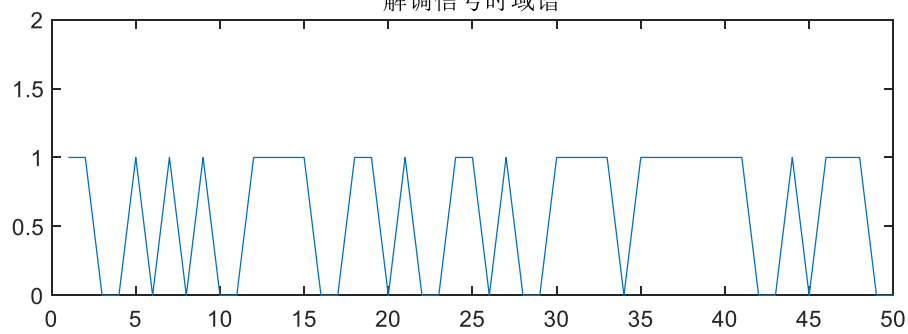
调制信号时域谱



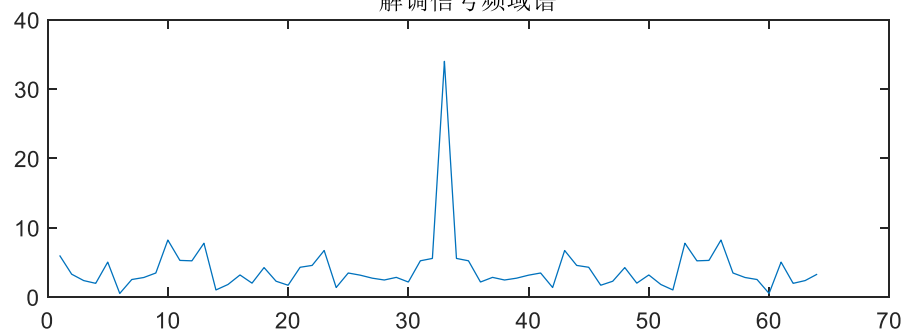
调制信号频域谱

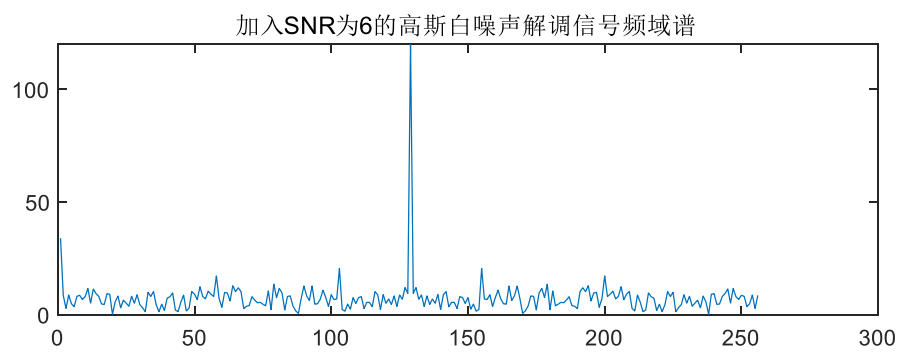
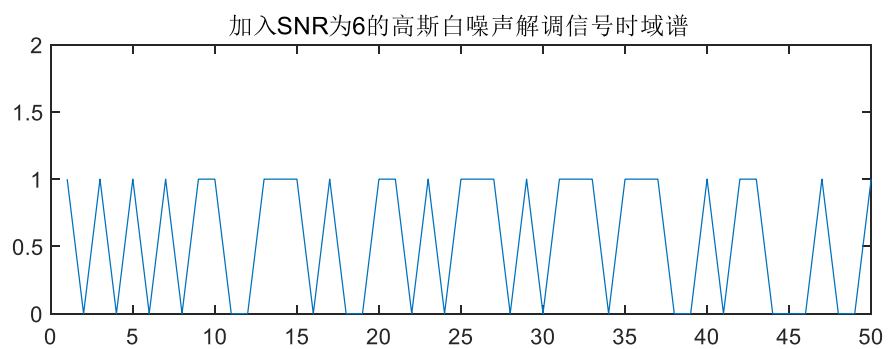
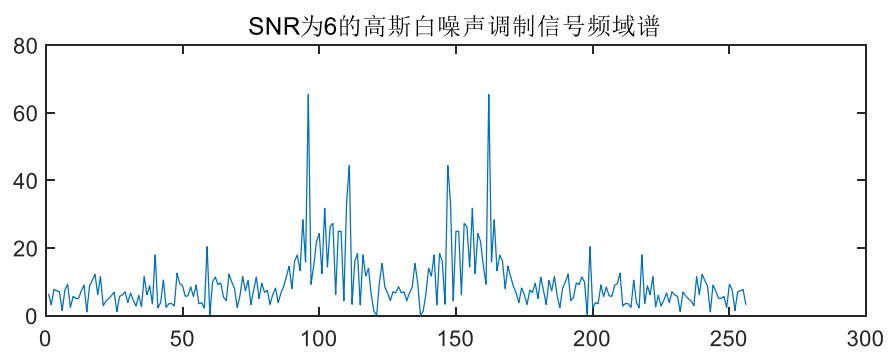
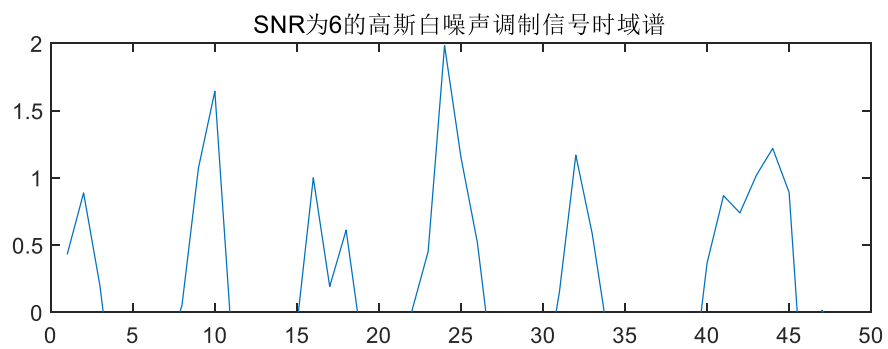


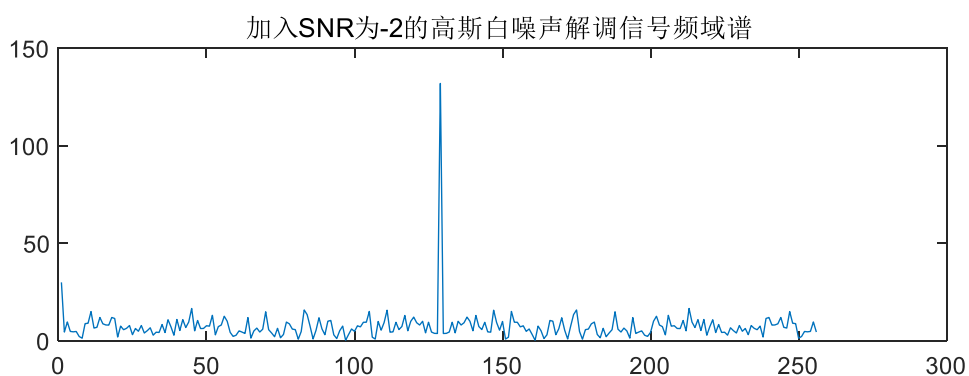
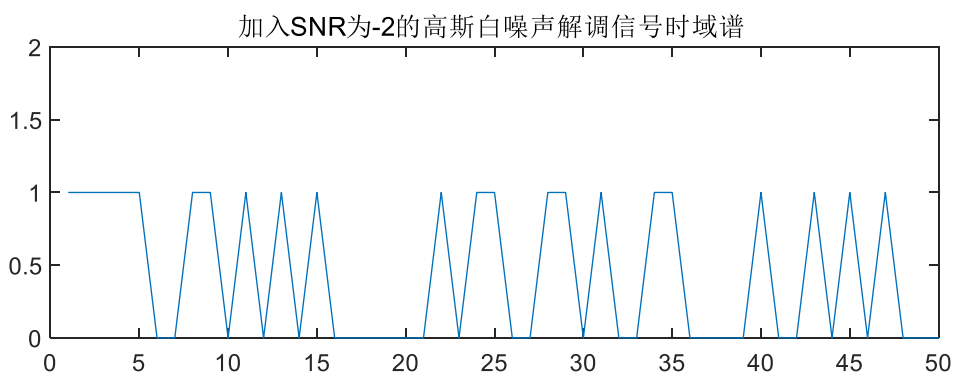
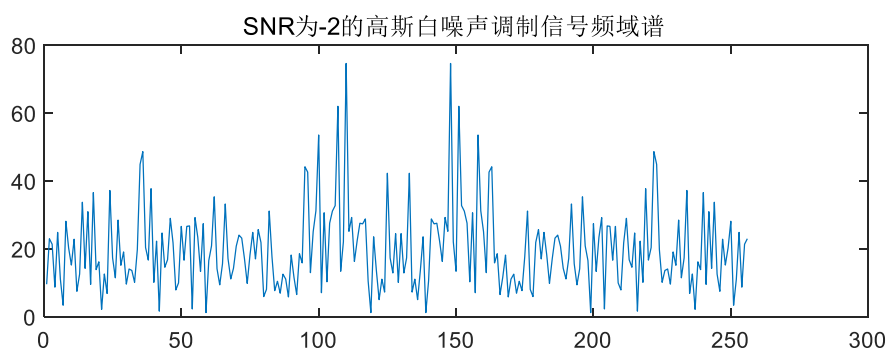
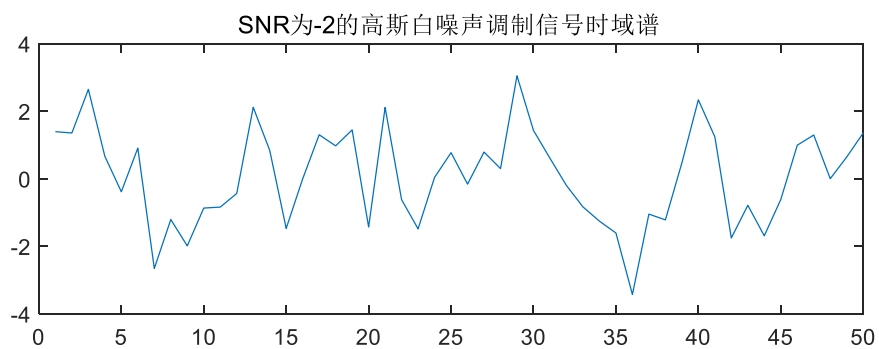
解调信号时域谱

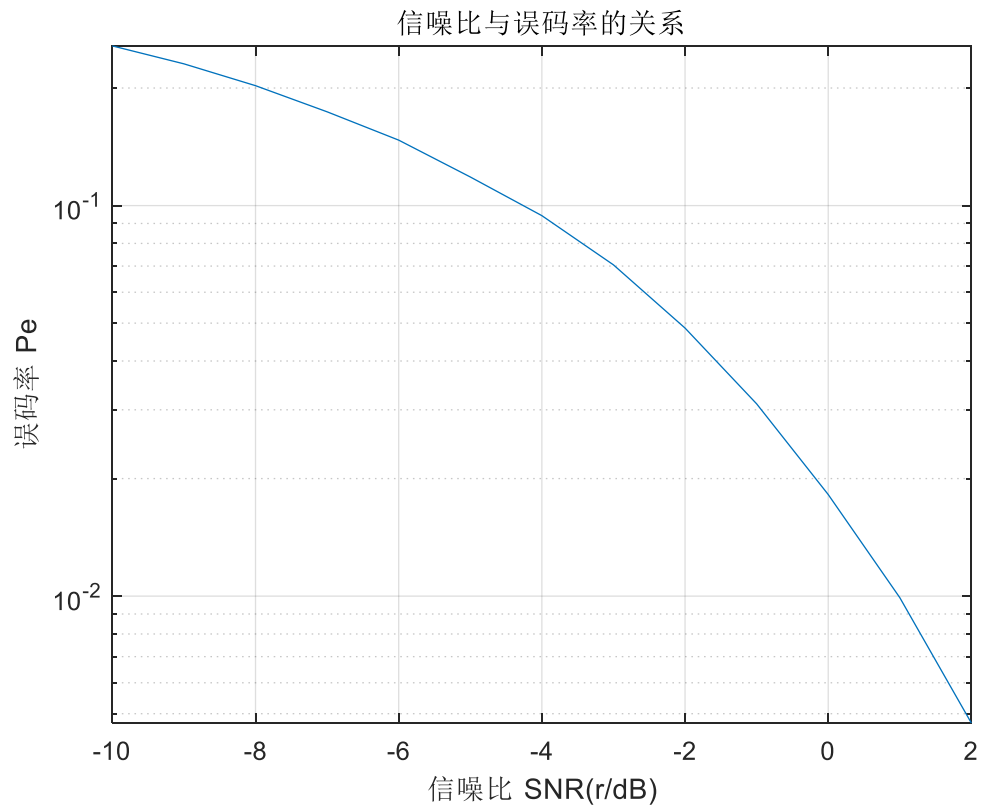


解调信号频域谱









4、4FSK 仿真

假设，载波信号的频率为 36Hz，抽样频率为 360Hz，码速率为 20Hz，载波持续时间设置为 $t=1/360:1/360:20$ ，

- (1) 产生数字基带信号并绘制时域谱和频域谱；
- (2) 对信号进行数字调制并绘制时域谱和频域谱；
- (3) 对已调信号进行解调并绘制时域谱和频域谱；
- (4) 比较当信噪比不同时，误码率大小。SNR=-10:2，并与 2FSK 比较。

```
clc;clear; close all
```

```
%初始条件
```

```
Fc=36;
```

```
Fs=360;
```

```
Fd=20;
```

```
t=1/360:1/360:20;
```

```
%产生数字基带信号并绘制时域谱和频域谱
```

```
x=ceil(rand(1, 100000)-0.5);
```

```
FFT1=abs(fft(x, 128));
```

```
figure(1)
```

```
subplot(211);
```

```
plot(x);
```

```
title("基带信号时域谱")
```

```

axis([0 50 -1 2])
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT1)))
title("基带信号频域谱")

%设置载波频率并绘制其时域谱和频域谱
carry=cos(2*pi*Fc*t);
FFT2=abs(fft(carry,256));
figure(2)
subplot(211)
plot(carry)
title("载波信号时域谱")
axis([0 300 -2 2])
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT2)))
title("载波信号频域谱")

%对信号进行数字调制并绘制时域谱和频域谱
y=dmod(x,Fc,Fd,Fs,'fsk',4);%调用数字带通调制函数dmod进行2FSK调制
for i=1:20
    yy(30*(i-1)+1:30*i)=y(30*(i-1)+1:30*i);
end
FFT3=abs(fft(yy,256));
figure(3)
subplot(211);
plot(yy);
title('调制信号时域谱');
axis([0 300 -2 2])
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT3)));
title('调制信号频域谱');

%对已调信号进行解调并绘制时域谱和频域谱
z=ddemod(y,Fc,Fd,Fs,'fsk',4);
FFT4=abs(fft(z,64));
figure(4)
subplot(211);
plot(z);
title('解调信号时域谱');
axis([0 50 0 2])
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT4)));
title('解调信号频域谱');

```

%对已调信号加入SNR为6和-2高斯白噪声，绘制时域谱和频域谱

```
Ynt1=awgn(y, 6);
YNT1=abs(fft(Ynt1, 256));
figure(5)
subplot(211)
plot(Ynt1);
title(' SNR为6的高斯白噪声调制信号时域谱');
axis([0 50 0 2])
subplot(212)
plot(fftshift(YNT1));
title(' SNR为6的高斯白噪声调制信号频域谱');

z1=ddemod(Ynt1, Fc, Fd, Fs, 'fsk', 4);
Z1=abs(fft(z1, 256));
figure(6)
subplot(211)
plot(z1);
title(' 加入SNR为6的高斯白噪声解调信号时域谱');
axis([0 50 0 2])
subplot(212)
plot(fftshift(Z1));
title(' 加入SNR为6的高斯白噪声解调信号频域谱');

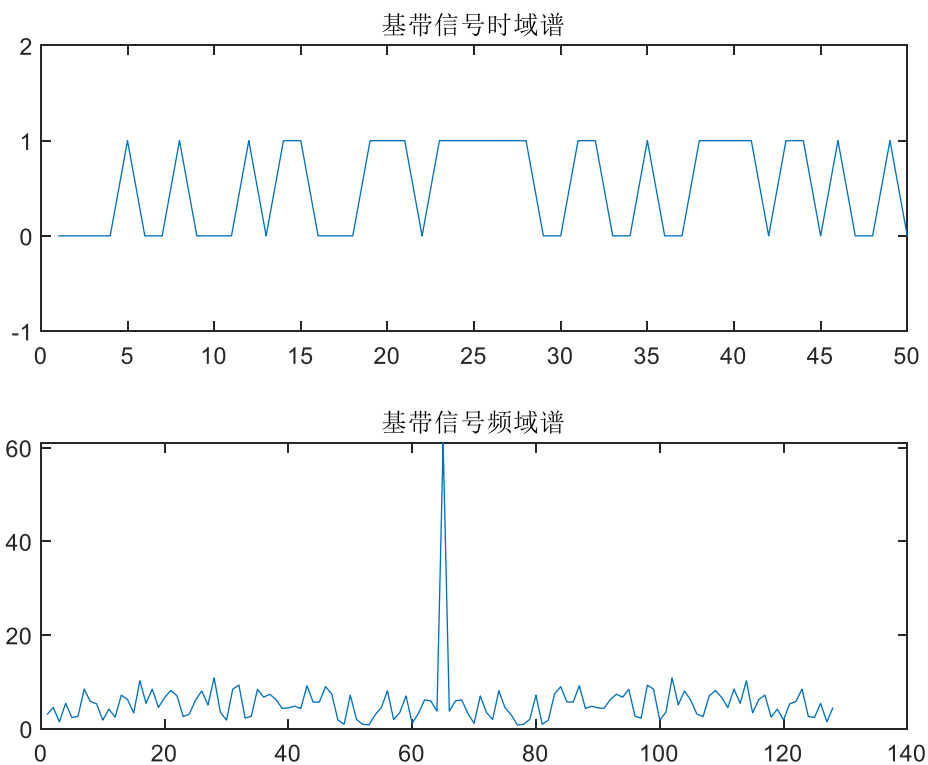
Ynt2=awgn(y, -2);
YNT2=abs(fft(Ynt2, 256));
figure(7)
subplot(211)
plot(Ynt2);
title(' SNR为-2的高斯白噪声调制信号时域谱');
axis([0 50 -4 4])
subplot(212)
plot(fftshift(YNT2));
title(' SNR为-2的高斯白噪声调制信号频域谱');

z2=ddemod(Ynt2, Fc, Fd, Fs, 'fsk', 2);
Z2=abs(fft(z2, 256));
figure(8)
subplot(211)
plot(z2);
title(' 加入SNR为-2的高斯白噪声解调信号时域谱');
axis([0 50 0 2])
subplot(212)
plot(fftshift(Z2));
title(' 加入SNR为-2的高斯白噪声解调信号频域谱');
```

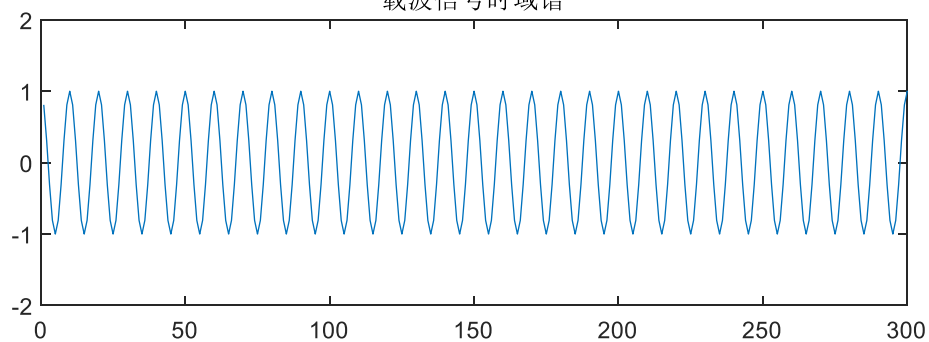
```

SNR=-10:2;
for i=1:length(SNR)
    Ynt3=awgn(y,SNR(i));    %加入高斯小噪声，信噪比从-10dB到10dB
Z=ddemod(Ynt3,Fc,Fd,Fs,'fsk',4); %调用数字带通解调函数ddemod对加噪声信号进行解调
[br, Pe(i)]=symerr(x,Z);%对解调后加大噪声信号误码分析，br为符号误差数，Pe(i)为符号误差率
end
figure(9)
semilogy(SNR,Pe);          % 调用semilogy函数绘制信噪比与误码率的关系曲线
xlabel('信噪比 SNR(r/dB)');
ylabel('误码率 Pe');
title('信噪比与误码率的关系');
axis([-10 2 0 1])
grid on

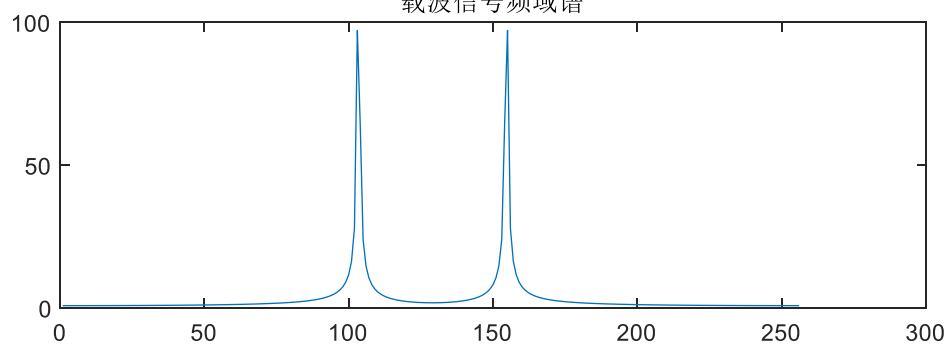
```



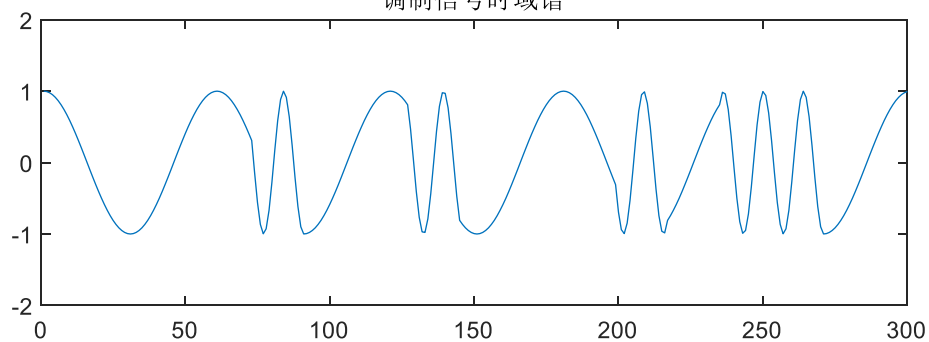
载波信号时域谱



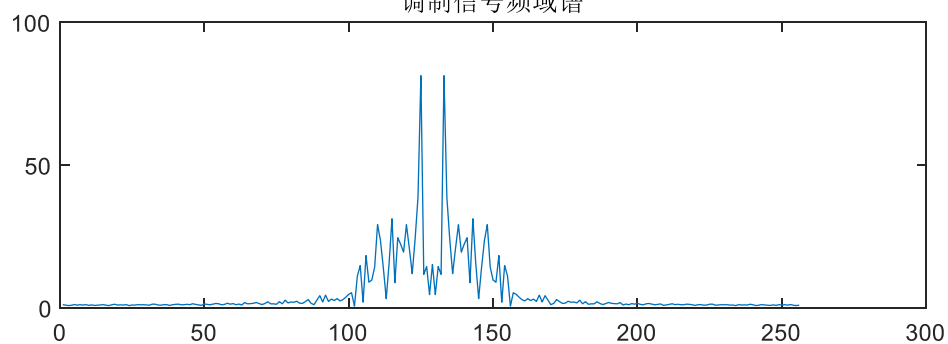
载波信号频域谱



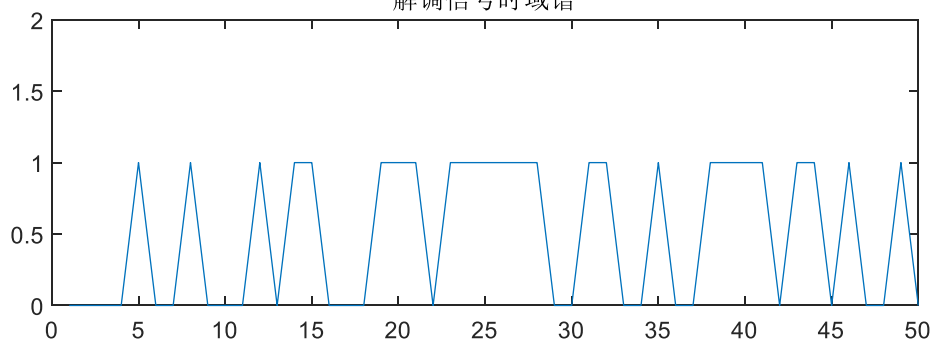
调制信号时域谱



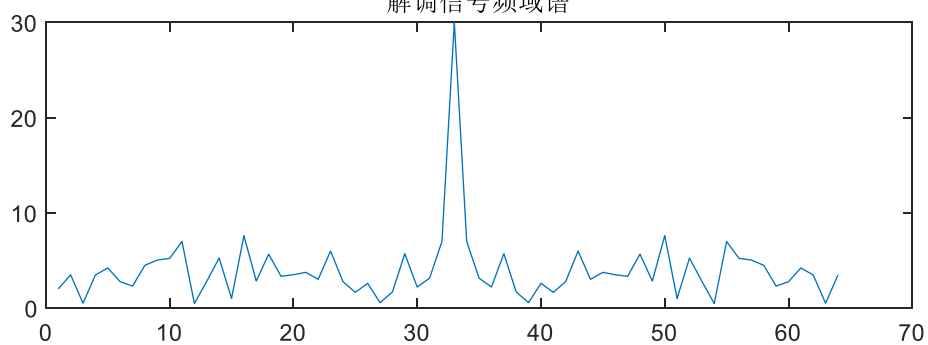
调制信号频域谱



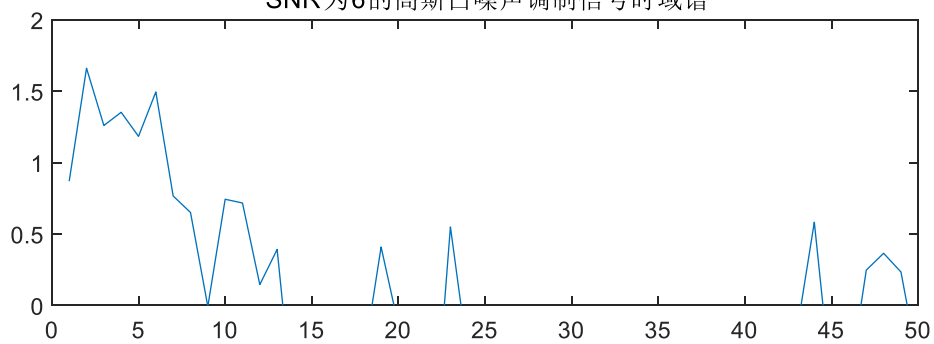
解调信号时域谱



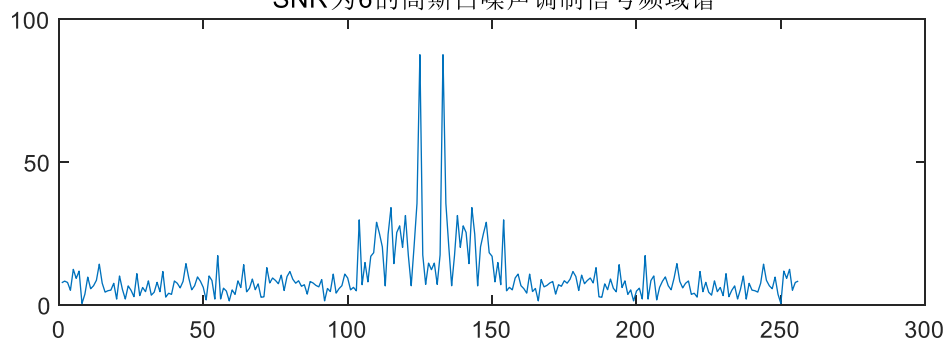
解调信号频域谱

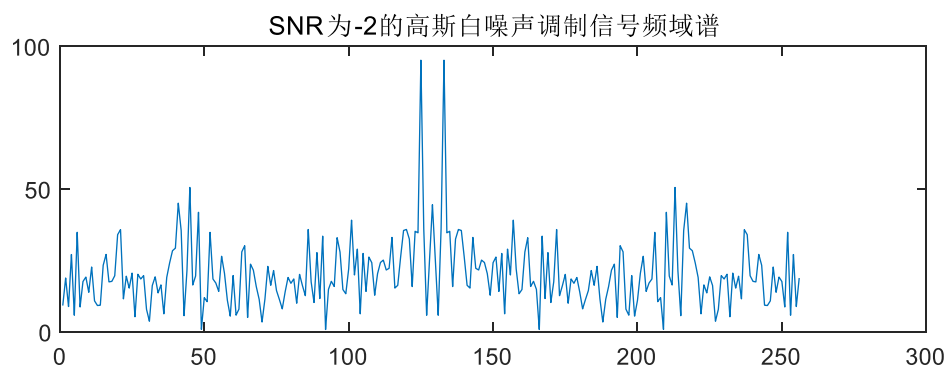
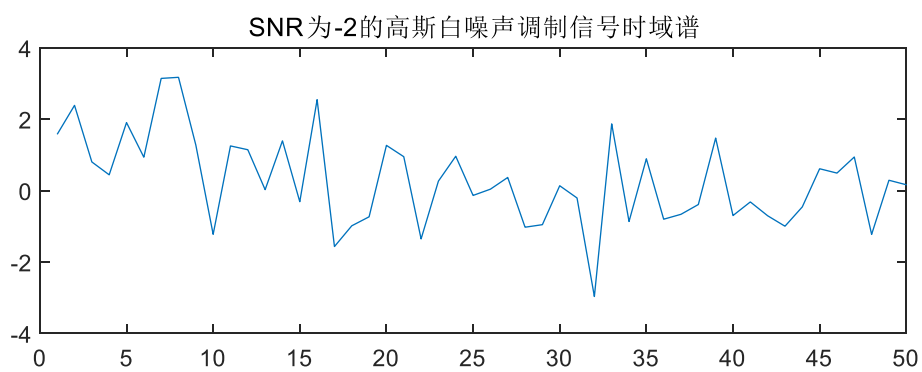
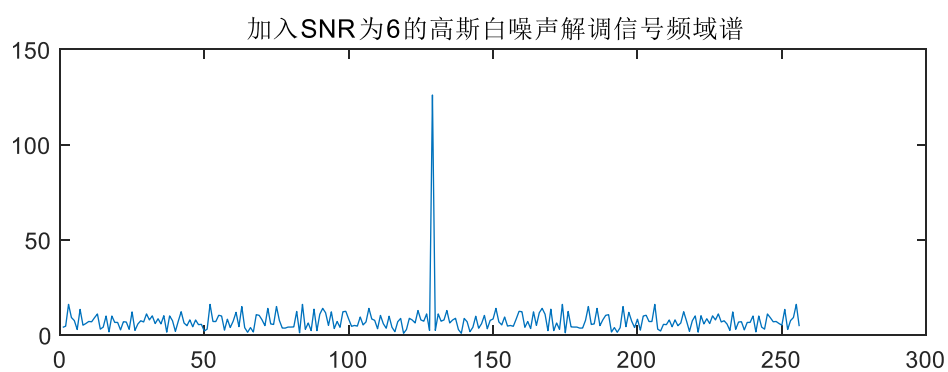
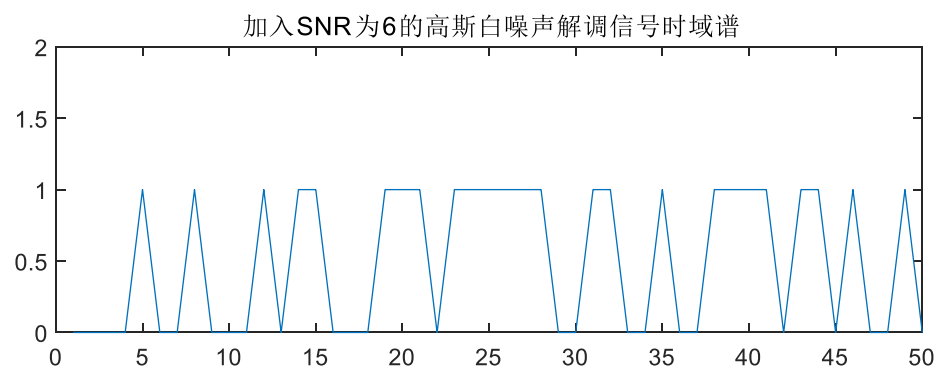


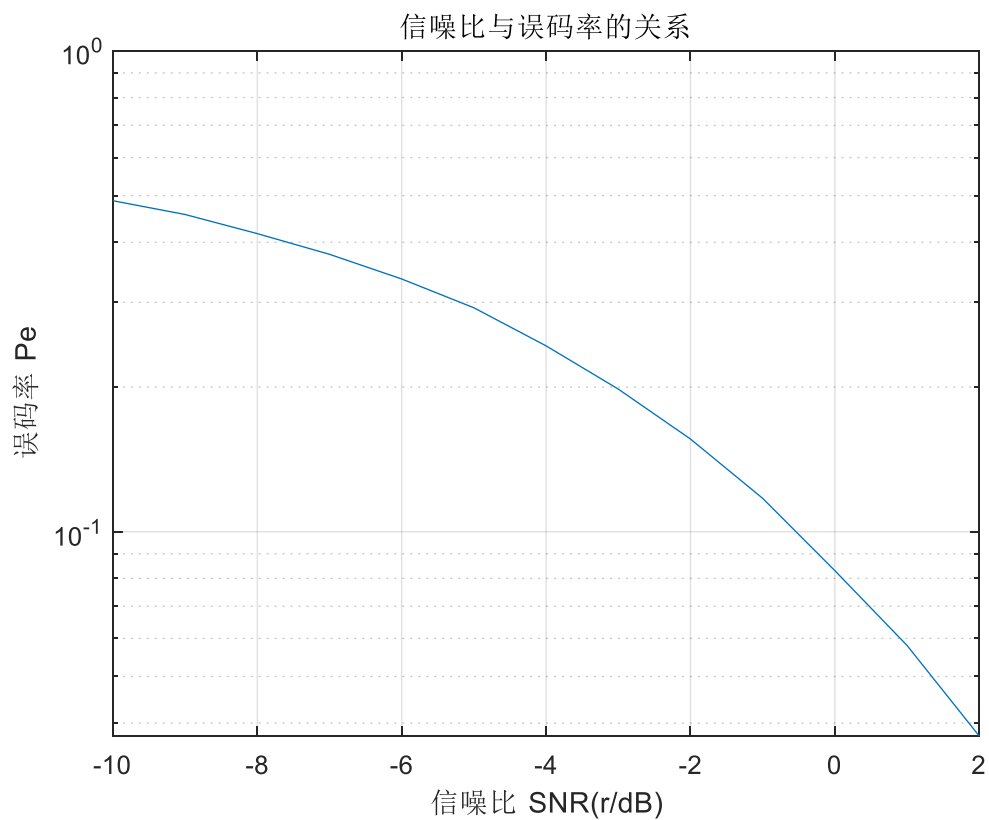
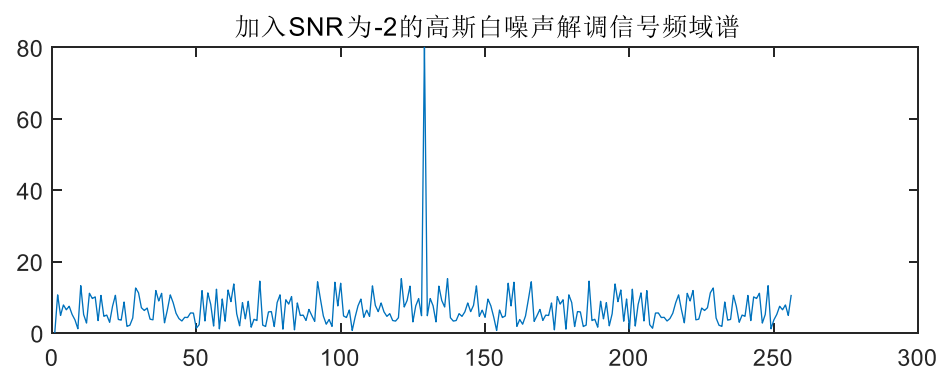
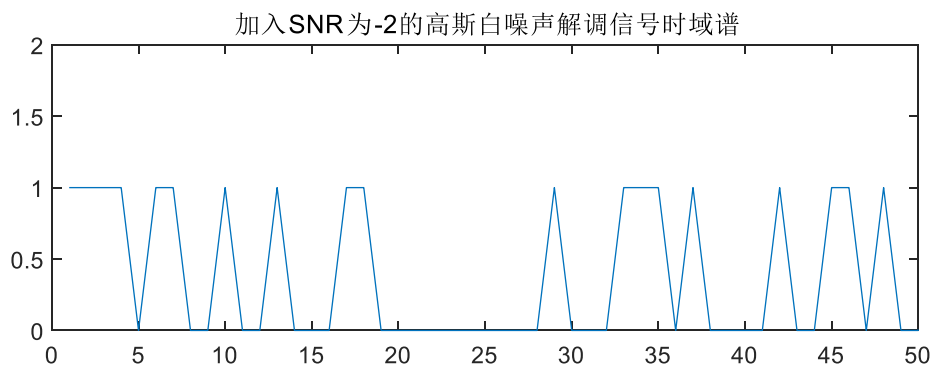
SNR为6的高斯白噪声调制信号时域谱



SNR为6的高斯白噪声调制信号频域谱







5、8FSK 仿真

用 8FSK 重做以上问题，并将信噪比不同时的误码率与 2FSK、4FSK 比较。

```
clc;clear;close all
x=ceil(rand(1,10000)-0.5); %产生二进制随机序列并取大于 x 的最小整数
t=1/360:1/360:20;          %载波时间范围
Fc=36;                      %载波频率
carry=cos(2*pi*Fc*t);      %正弦载波信号
Fd=20;                      %Fd 为码速率
Fs=360;                     %Fs 为采样频率

%2FSK
y=dmod(x,Fc,Fd,Fs,'fsk',2); %调用数字带通调制函数 dmod 进行 2ASK 调制
for i=1:20
    yy(30*(i-1)+1:30*i)=y(30*(i-1)+1:30*i);
end
SNR=-10:2;
for i=1:length(SNR)
    Ynt3=awgn(y,SNR(i)); %加入高斯小噪声，信噪比从-10dB 到 10dB
    Z=ddemod(Ynt3,Fc,Fd,Fs,'fsk',2); %调用数字带通解调函数 ddemod 对加噪声信号进行解调
    [br, Pe(i)]=symerr(x,Z); %对解调后加大噪声信号误码分析，br 为符号误差数，Pe(i)为符号误差率
end
figure(1)
semilogy(SNR,Pe); % 调用 semilogy 函数绘制信噪比与误码率的关系曲线
xlabel('信噪比 SNR(r/dB)');
ylabel('误码率 Pe');
title('信噪比与误码率的关系');
grid on
hold on

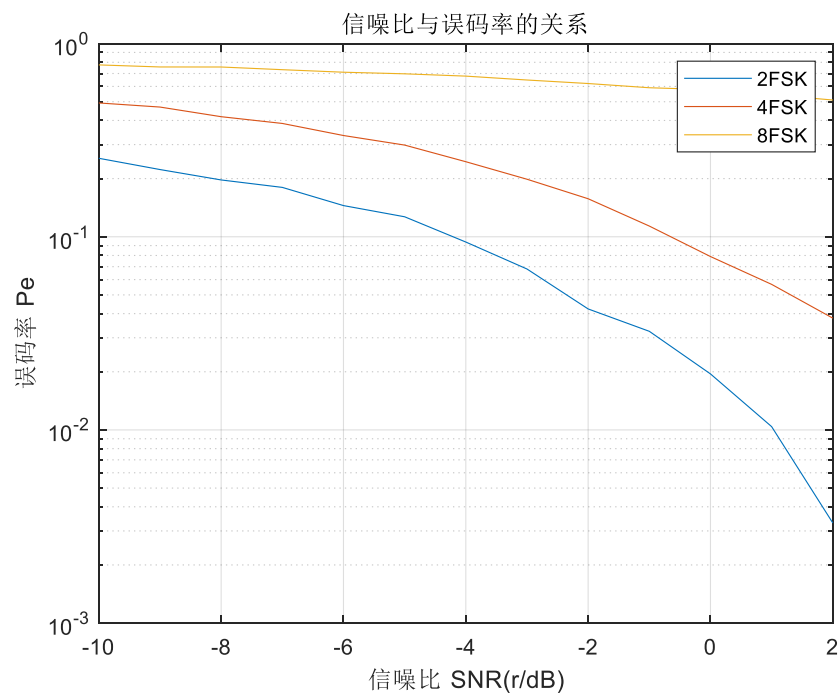
%4FSK
y=dmod(x,Fc,Fd,Fs,'fsk',4);
for i=1:20
    yy(30*(i-1)+1:30*i)=y(30*(i-1)+1:30*i);
end
SNR=-10:2;
for i=1:length(SNR)
    Ynt3=awgn(y,SNR(i)); %加入高斯小噪声，信噪比从-10dB 到 10dB
    Z=ddemod(Ynt3,Fc,Fd,Fs,'fsk',4); %调用数字带通解调函数 ddemod 对加噪声信号进行解调
    [br, Pe(i)]=symerr(x,Z); %对解调后加大噪声信号误码分析，br 为符号误差数，Pe(i)为符号误差率
end
semilogy(SNR,Pe); % 调用 semilogy 函数绘制信噪比与误码率的关系曲线
xlabel('信噪比 SNR(r/dB)');
ylabel('误码率 Pe');
```

```

title('信噪比与误码率的关系');
grid on

%8FSK
y=dmod(x,Fc,Fd,Fs,'fsk',8);
for i=1:20
    yy(30*(i-1)+1:30*i)=y(30*(i-1)+1:30*i);
end
SNR=-10:2;
for i=1:length(SNR)
    Ynt3=awgn(y,SNR(i));    %加入高斯小噪声，信噪比从-10dB 到 10dB
    Z=ddemod(Ynt3,Fc,Fd,Fs,'fsk',8);%调用数字带通解调函数 ddemod 对加噪声信号进行解调
    [br, Pe(i)]=symerr(x,Z);%对解调后加大噪声信号误码分析，br 为符号误差数，Pe(i)为符号误差率
end
semilogy(SNR,Pe);    %调用 semilogy 函数绘制信噪比与误码率的关系曲线
xlabel('信噪比 SNR(r/dB)');
ylabel('误码率 Pe');
title('信噪比与误码率的关系');
grid on
legend('2FSK','4FSK','8FSK')

```



6、2PSK 调制

假设，载波信号的频率为 36Hz，抽样频率为 360Hz，码速率为 20Hz，载波持续时间设置为 $t=1/360:1/360:20$

- (1) 产生数字基带信号并绘制时域谱和频域谱；
- (2) 对信号进行数字调制并绘制时域谱和频域谱；
- (3) 对已调信号进行解调并绘制时域谱和频域谱；
- (4) 对已调信号加入 SNR 为 6 和 -2 高斯白噪声，绘制时域谱和频域谱；
- (5) 对已调信号加入 SNR 为 -2 高斯白噪声并绘制时域谱和频域谱；对加入噪声后信号进行解调并绘制时域谱和频域谱；
- (6) 比较当信噪比不同时，误码率大小。

```
clc;clear; close all
Fc=36;
Fs=360;
Fd=20;
t=1/360:1/360:20;
x=ceil(rand(1,100000)-0.5);
FFT1=abs(fft(x,128));
figure(1)
subplot(211);
plot(x);
title("基带信号时域谱")
axis([0 50 -1 2])
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT1)))
title("基带信号频域谱")
carry=cos(2*pi*Fc*t);
FFT2=abs(fft(carry,256));
figure(2)
subplot(211)
plot(carry)
title("载波信号时域谱")
axis([0 100 -2 2])
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT2)))
title("载波信号频域谱")

y=dmod(x, Fc, Fd, Fs, 'psk', 2);
FFT3=abs(fft(y,256));
figure(3)
subplot(211)
plot(y)
```

```

title('调制信号时域谱');
axis([0 200 -2 2])
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT3)));
title('调制信号频域谱');

z=ddemod(y,Fc,Fd,Fs,'psk',2);
FFT4=abs(fft(z,64))
figure(4);
subplot(211);
plot(z);
title('解调信号时域谱');
axis([0 50 -1 2])
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT4)));
title('解调信号频域谱');

Ynt1=awgn(y,6);
YNT1=abs(fft(Ynt1,256));
figure(5)
subplot(211)
plot(Ynt1);
title('SNR为6的高斯白噪声调制信号时域谱');
axis([0 50 -2 2])
subplot(212)
plot(fftshift(YNT1));
title('SNR为6的高斯白噪声调制信号频域谱');

z1=ddemod(Ynt1,Fc,Fd,Fs,'ask',2);
Z1=abs(fft(z1,256));
figure(6)
subplot(211)
plot(z1);
title('加入SNR为6的高斯白噪声解调信号时域谱');
axis([0 50 -1 2])
subplot(212)
plot(fftshift(Z1))
title('加入SNR为6的高斯白噪声解调信号频域谱');

Ynt2=awgn(y,-2);
YNT2=abs(fft(Ynt2,256));
figure(7)
subplot(211)
plot(Ynt2);

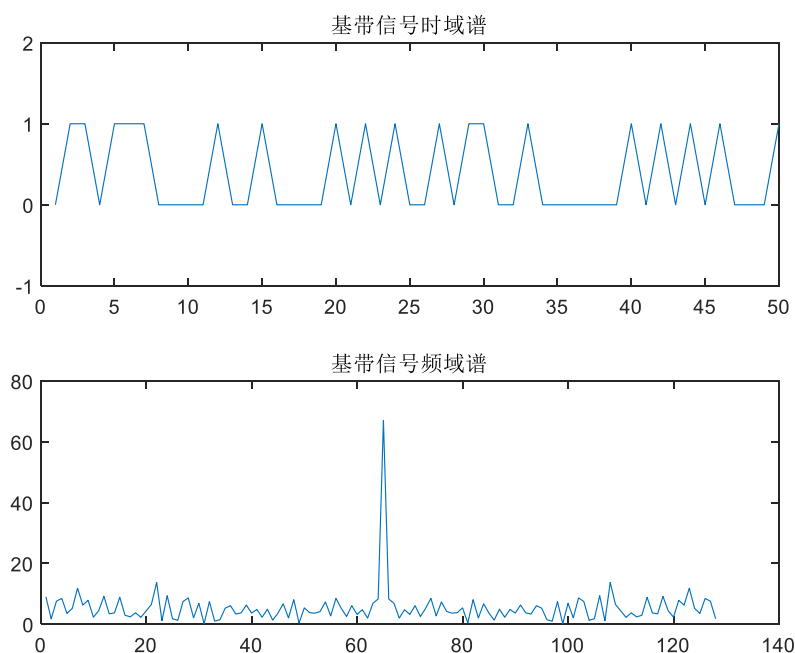
```

```

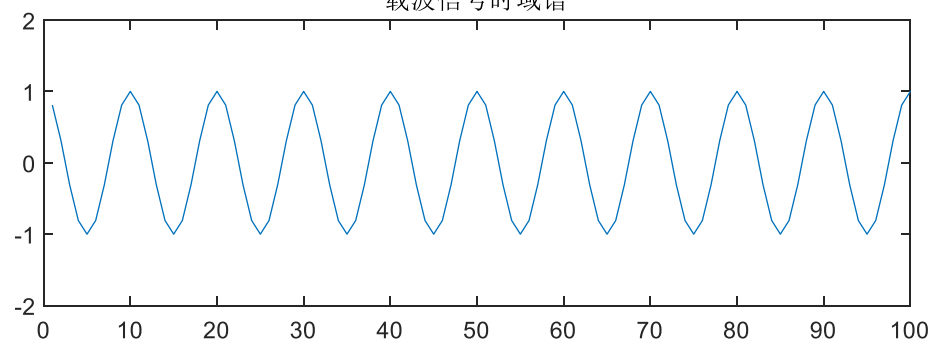
title('SNR为-2的高斯白噪声调制信号时域谱');
axis([0 50 -4 4])
subplot(212)
plot(fftshift(YNT2));
title('SNR为-2的高斯白噪声调制信号频域谱');
z2=ddemod(Ynt2,Fc,Fd,Fs,'ask',2);
Z2=abs(fft(z2,256));
figure(8)
subplot(211)
plot(z2);
title('加入SNR为-2的高斯白噪声解调信号时域谱');
axis([0 50 -1 2])
subplot(212)
plot(fftshift(Z2))
title('加入SNR为-2的高斯白噪声解调信号频域谱');

SNR=-10:2;
for i=1:length(SNR)
    Ynt3=awgn(y,SNR(i));    %加入高斯小噪声，信噪比从-10dB到10dB
    Z=ddemod(Ynt3,Fc,Fd,Fs,'psk',2); %调用数字带通解调函数ddemod对加噪声信号进行解调
    [br, Pe(i)]=symerr(x,Z);%对解调后加大噪声信号误码分析,br为符号误差数,Pe(i)为符号误差率
end
figure(9)
semilogy(SNR,Pe);          % 调用semilogy函数绘制信噪比与误码率的关系曲线
xlabel('信噪比 SNR(r/dB)');
ylabel('误码率 Pe');
title('信噪比与误码率的关系');
grid on

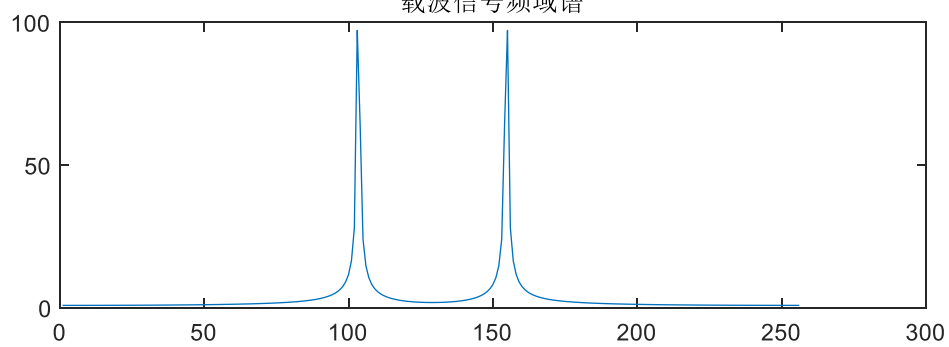
```



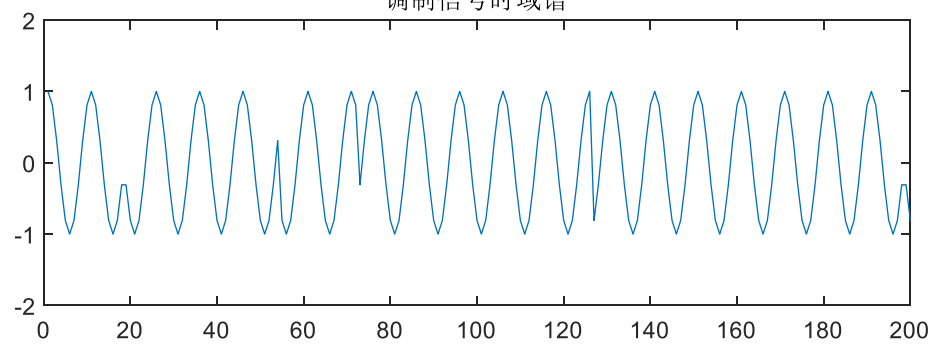
载波信号时域谱



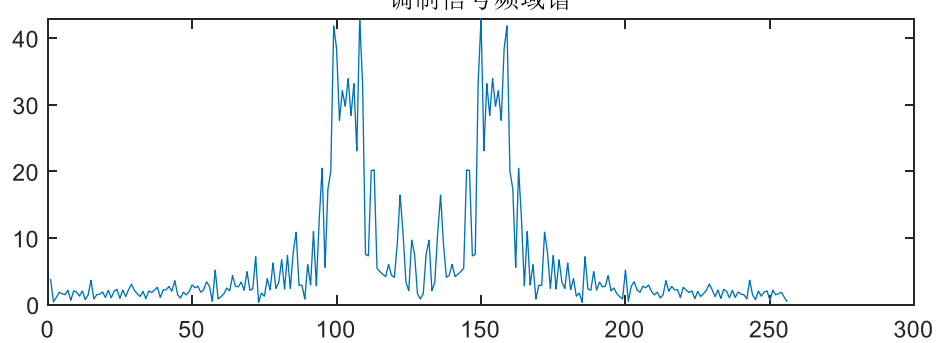
载波信号频域谱

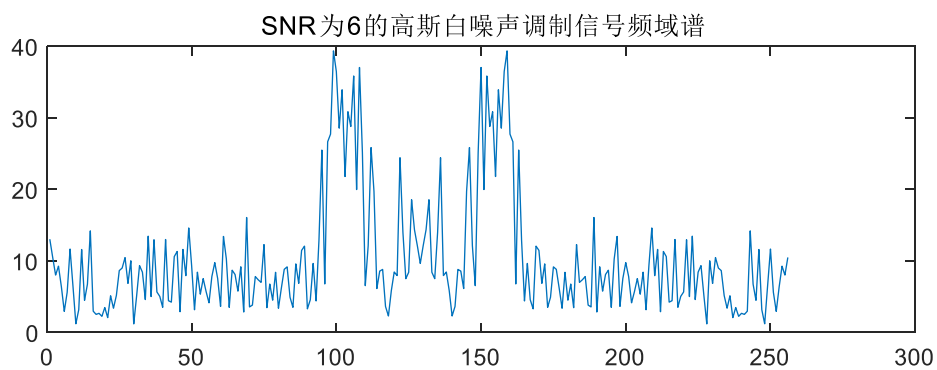
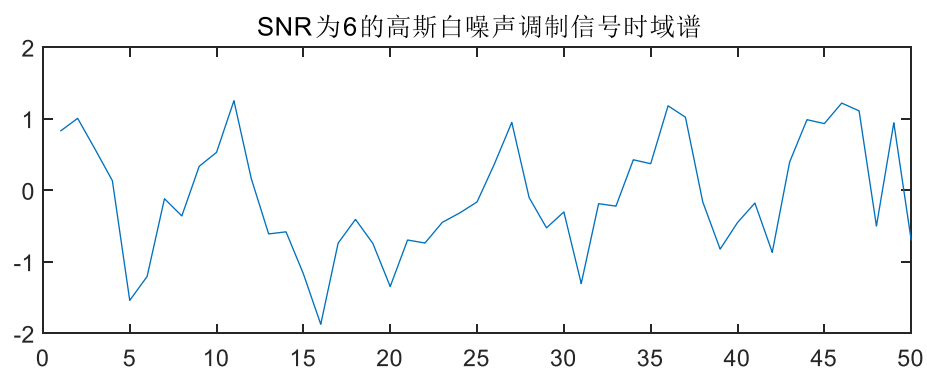
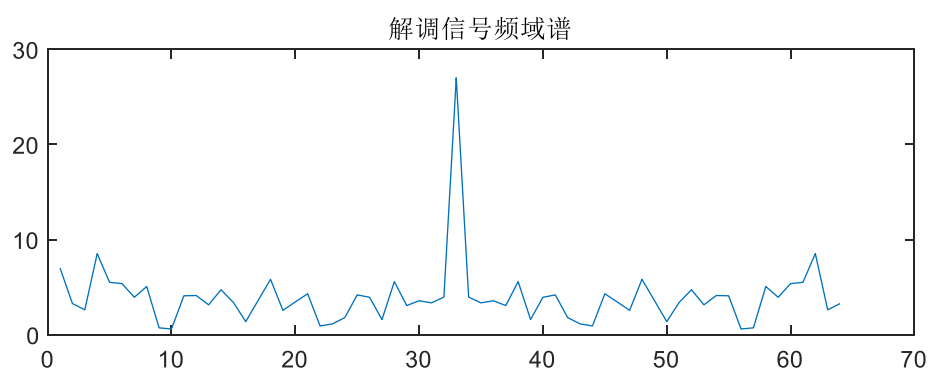
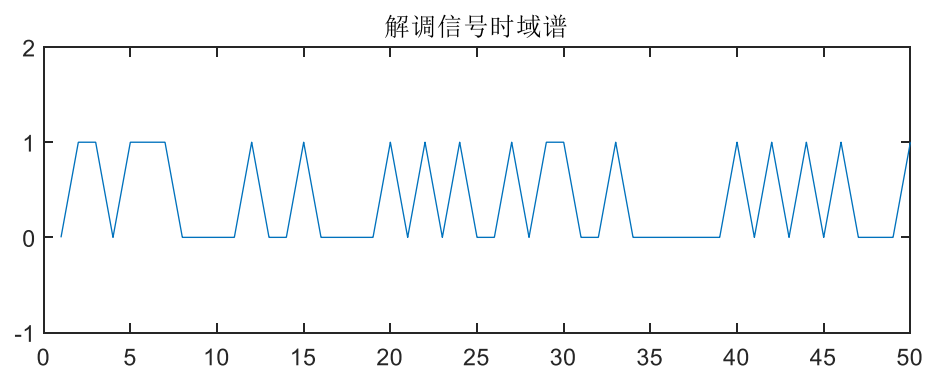


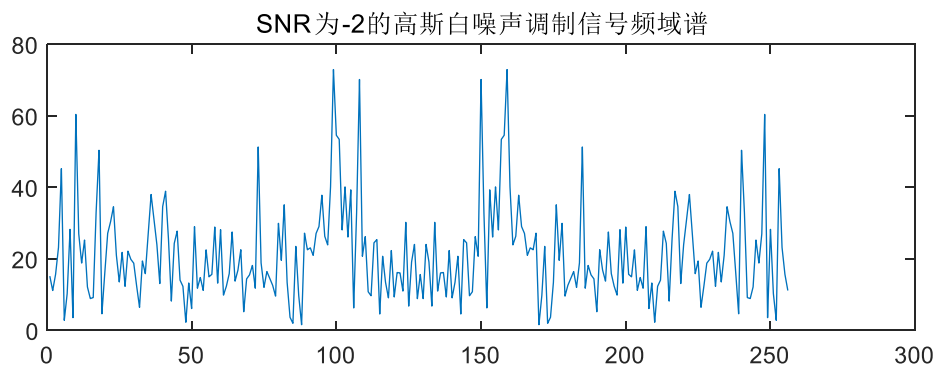
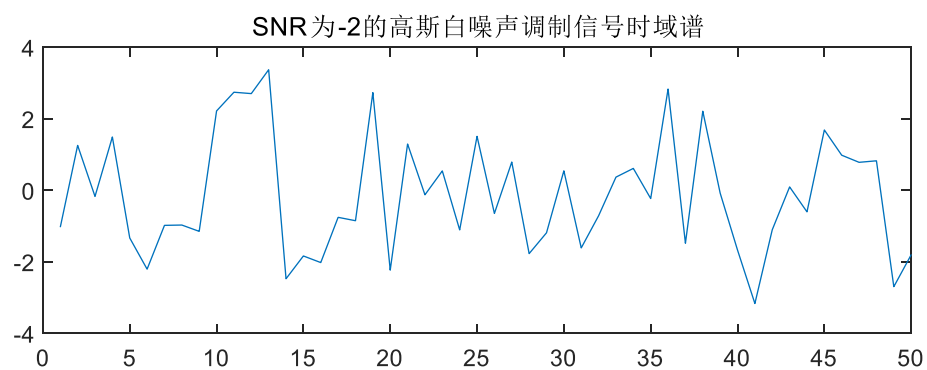
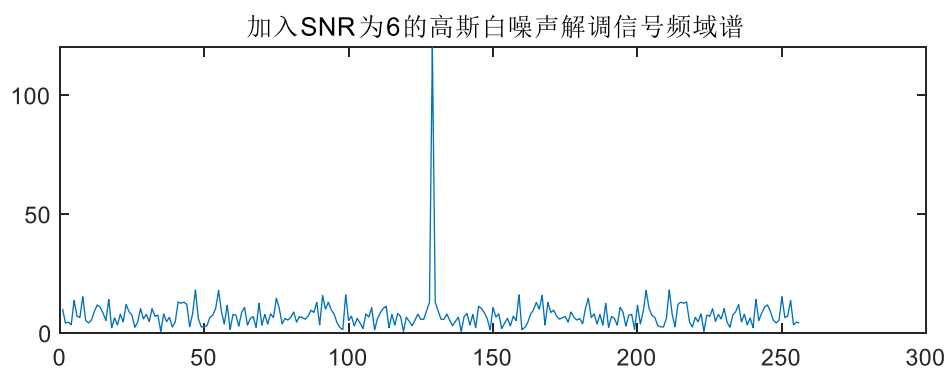
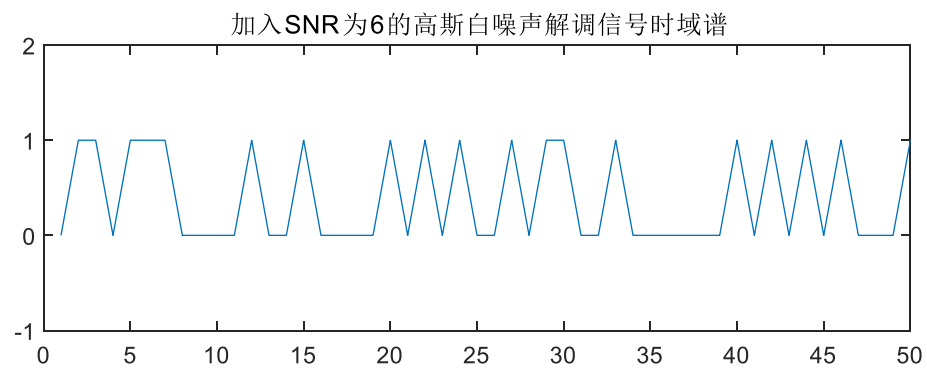
调制信号时域谱

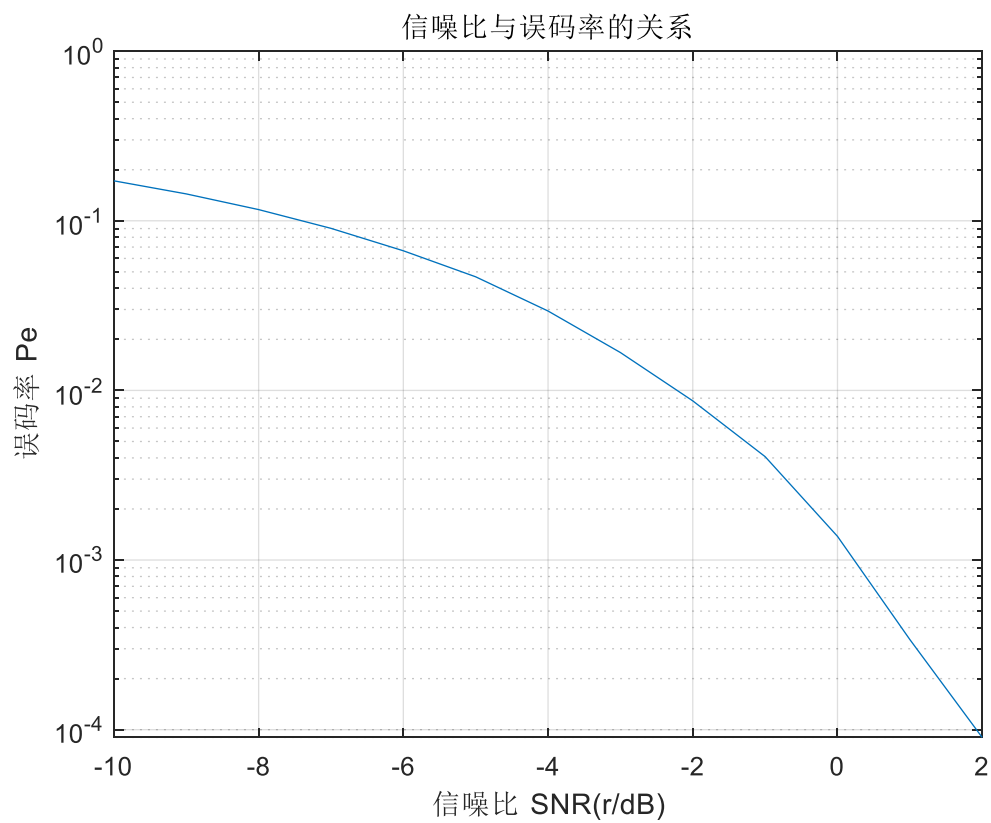
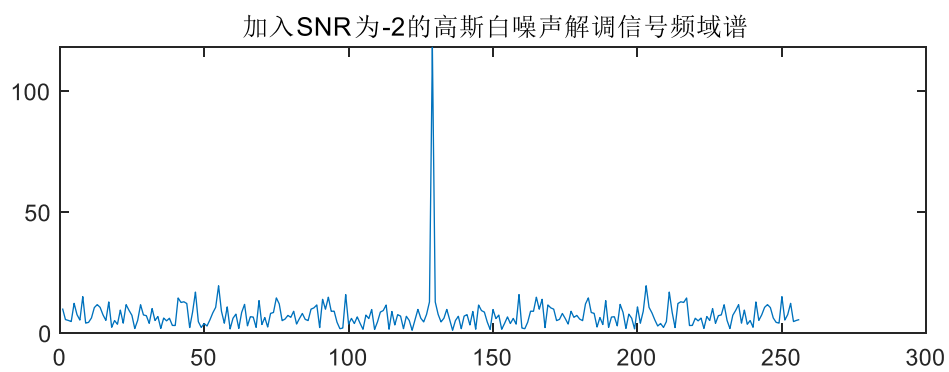
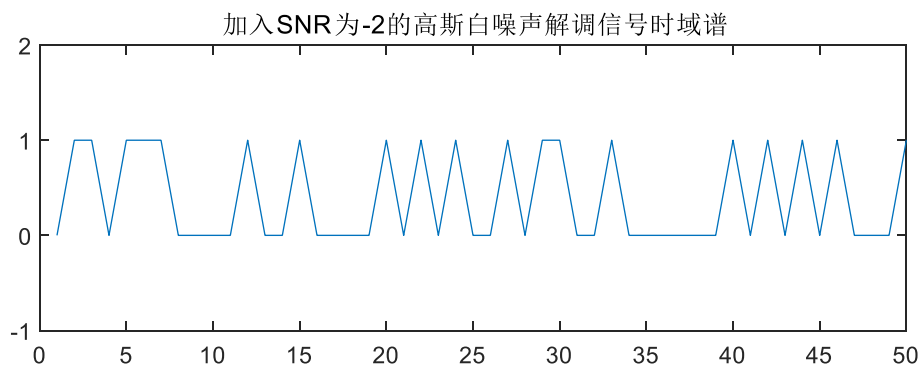


调制信号频域谱



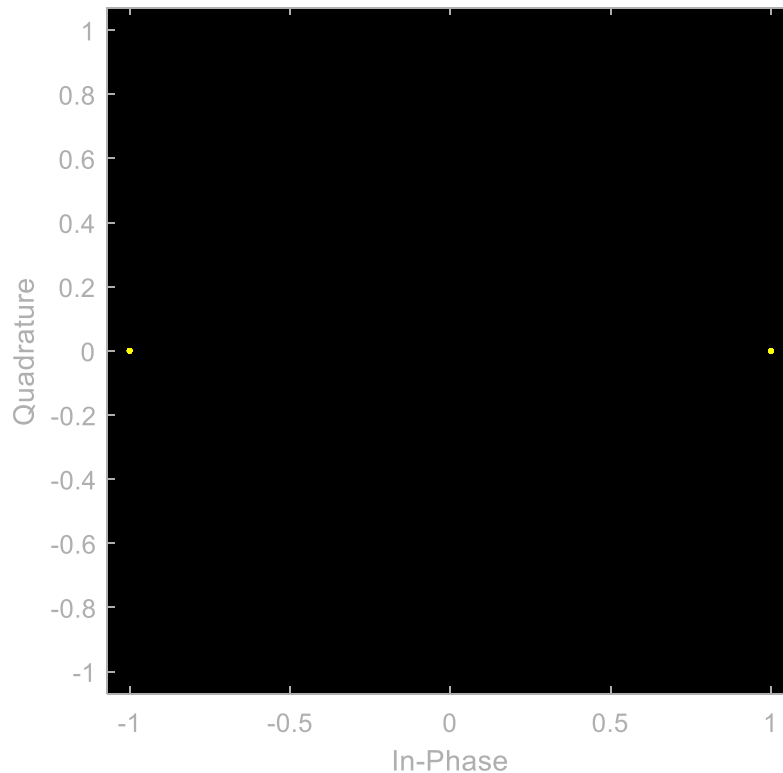






7、星座图,命令:

```
y1=dmodce(x, Fd, Fs, 'psk', 2);  
scatterplot(y1)  
grid on
```



8、4PSK(QPSK)仿真

- (1) 产生数字基带信号并绘制时域谱和频域谱;
- (2) 对信号进行数字调制并绘制时域谱和频域谱;
- (3) 对已调信号进行解调并绘制时域谱和频域谱;
- (4) 星座图: 产生星座图, 理论结果为四个点 $(-1,0)$, $(1,0)$, $(0,-1)$, $(0,1)$ 是否和理论一致?
- (5) 比较当信噪比不同时, 误码率大小。SNR=-10:2, 并与2PSK比较。

```
clc;clear; close all  
Fc=36;  
Fs=360;  
Fd=20;  
t=1/360:1/360:20;  
x=ceil(rand(1, 100000)-0.5);  
FFT1=abs(fft(x, 128));  
figure(1)  
subplot(211);  
plot(x);
```

```

title("基带信号时域谱")
axis([0 50 -1 2])
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT1)))
title("基带信号频域谱")
carry=cos(2*pi*Fc*t);
FFT2=abs(fft(carry, 256));
figure(2)
subplot(211)
plot(carry)
title("载波信号时域谱")
axis([0 100 -2 2])
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT2)))
title("载波信号频域谱")

y=dmod(x, Fc, Fd, Fs, 'psk', 4);
FFT3=abs(fft(y, 256));
figure(3)
subplot(211)
plot(y)
title('调制信号时域谱');
axis([0 200 -2 2])
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT3)));
title('调制信号频域谱');

z=ddemod(y, Fc, Fd, Fs, 'psk', 4);
FFT4=abs(fft(z, 64));
figure(4);
subplot(211);
plot(z);
title('解调信号时域谱');
axis([0 50 -1 2])
subplot(212)
plot(fftshift(abs(FFT4)));
title('解调信号频域谱');

Ynt1=awgn(y, 6);
YNT1=abs(fft(Ynt1, 256));
figure(5)
subplot(211)
plot(Ynt1);
title('SNR为6的高斯白噪声调制信号时域谱');

```

```

axis([0 50 -2 2])
subplot(212)
plot(fftshift(YNT1));
title('SNR为6的高斯白噪声调制信号频域谱');

z1=ddemod(Ynt1,Fc,Fd,Fs,'psk',4);
Z1=abs(fft(z1,256));
figure(6)
subplot(211)
plot(z1);
title('加入SNR为6的高斯白噪声解调信号时域谱');
axis([0 50 0 4])
subplot(212)
plot(fftshift(Z1))
title('加入SNR为6的高斯白噪声解调信号频域谱');

Ynt2=awgn(y,-2);
YNT2=abs(fft(Ynt2,256));
figure(7)
subplot(211)
plot(Ynt2);
title('SNR为-2的高斯白噪声调制信号时域谱');
axis([0 50 -4 4])
subplot(212)
plot(fftshift(YNT2));
title('SNR为-2的高斯白噪声调制信号频域谱');

z2=ddemod(Ynt2,Fc,Fd,Fs,'psk',4);
Z2=abs(fft(z2,256));
figure(8)
subplot(211)
plot(z2);
title('加入SNR为-2的高斯白噪声解调信号时域谱');
axis([0 50 0 4])
subplot(212)
plot(fftshift(Z2))
title('加入SNR为-2的高斯白噪声解调信号频域谱');

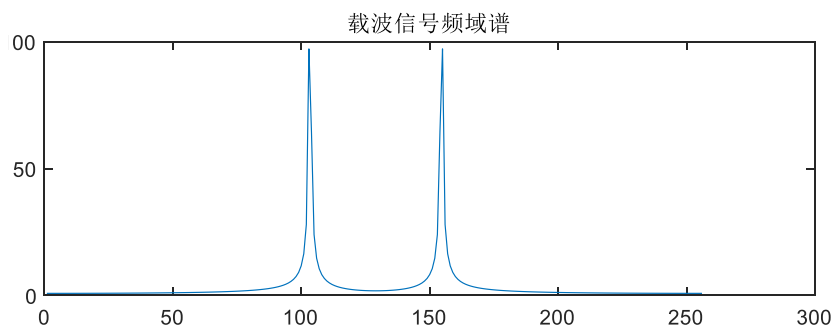
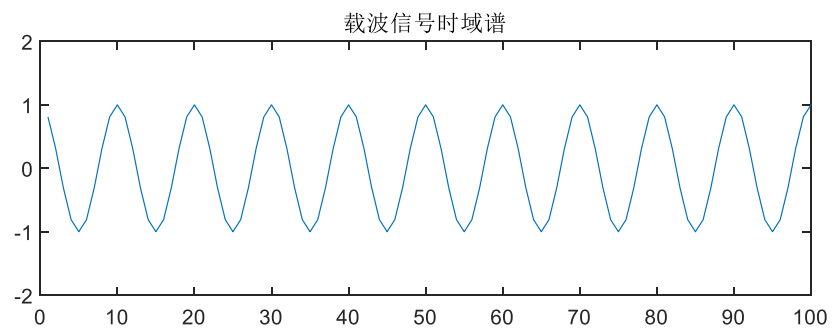
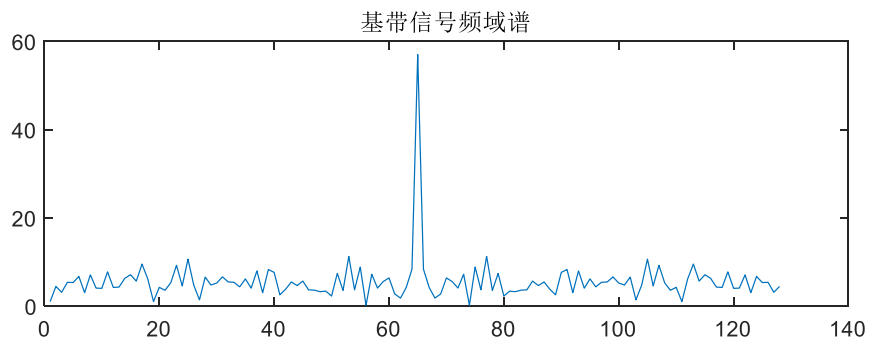
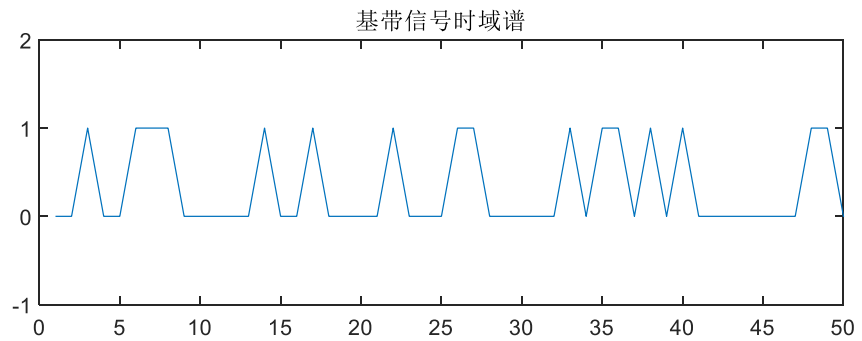
SNR=-10:2;
for i=1:length(SNR)
    Ynt3=awgn(y,SNR(i)); %加入高斯小噪声，信噪比从-10dB到10dB
    Z=ddemod(Ynt3,Fc,Fd,Fs,'psk',4); %调用数字带通解调函数ddemod对加噪声信号进行解调
    [br,Pe(i)]=symerr(x,Z); %对解调后加大噪声信号误码分析,br为符号误差数，Pe(i)为符号误差率
end

```

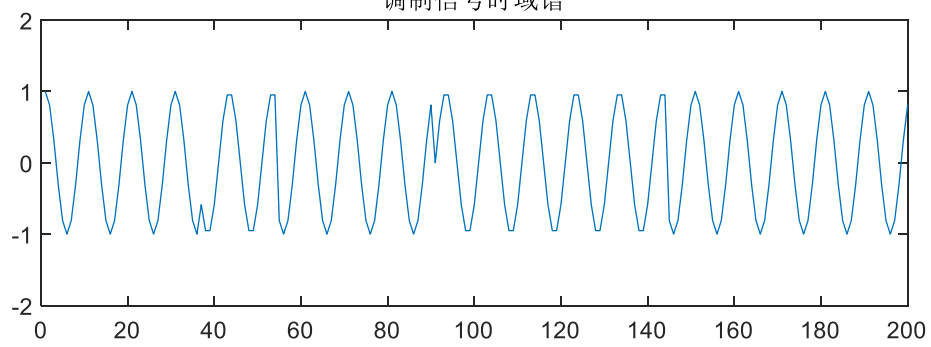
```

figure(9)
semilogy(SNR, Pe); % 调用semilogy函数绘制信噪比与误码率的关系曲线
xlabel('信噪比 SNR(r/dB)');
ylabel('误码率 Pe');
title('信噪比与误码率的关系');
%axis([-10 2 0 1])
grid on
y1=dmodce(x, Fd, Fs, 'psk', 4);
scatterplot(y1)

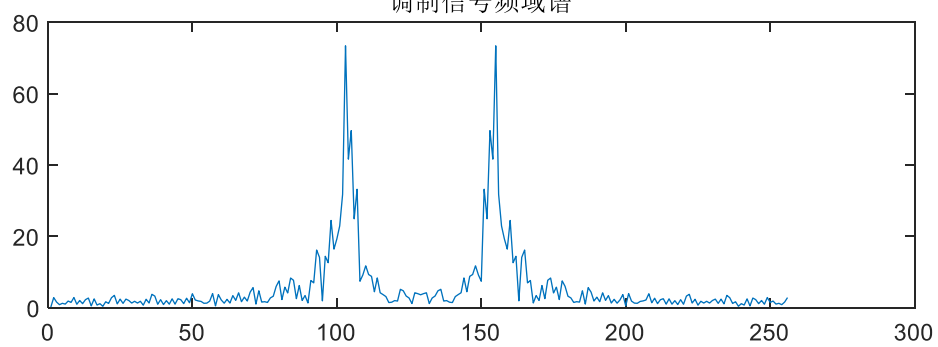
```



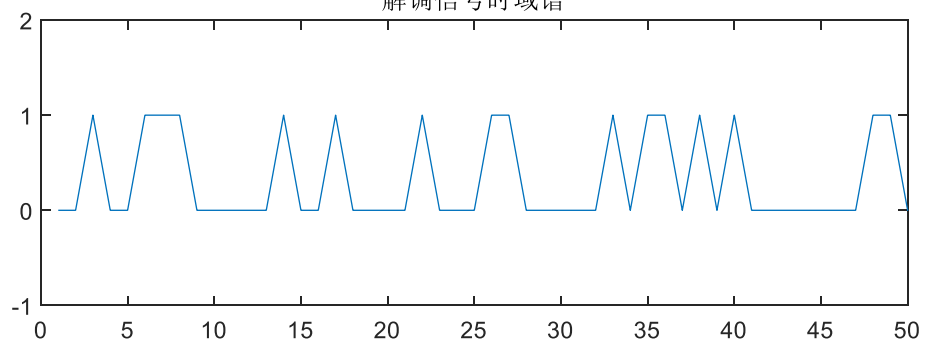
调制信号时域谱



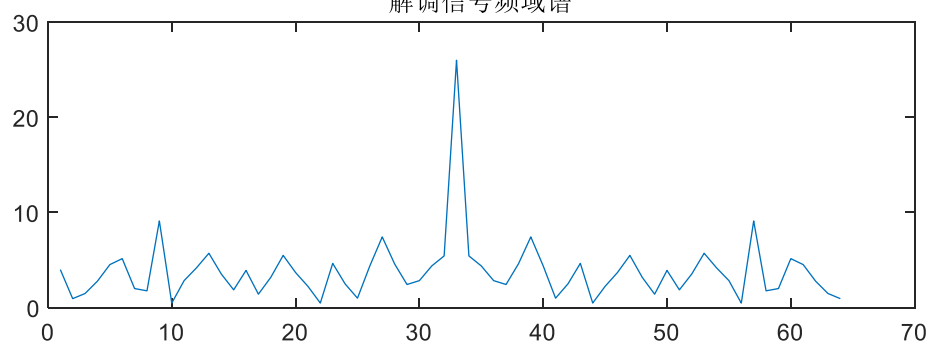
调制信号频域谱

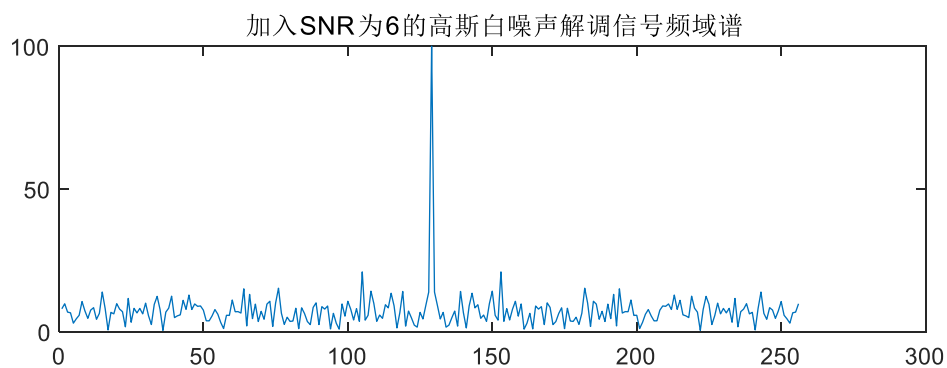
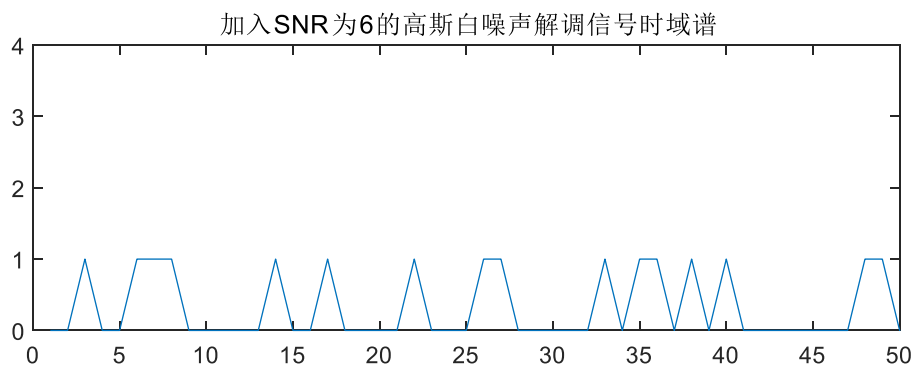
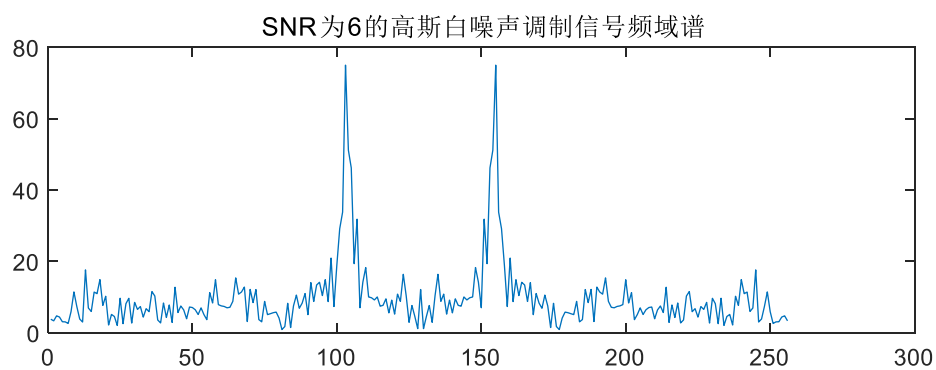
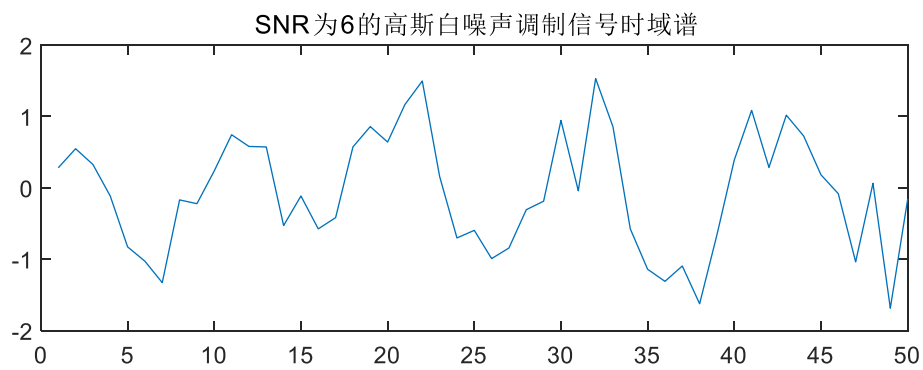


解调信号时域谱

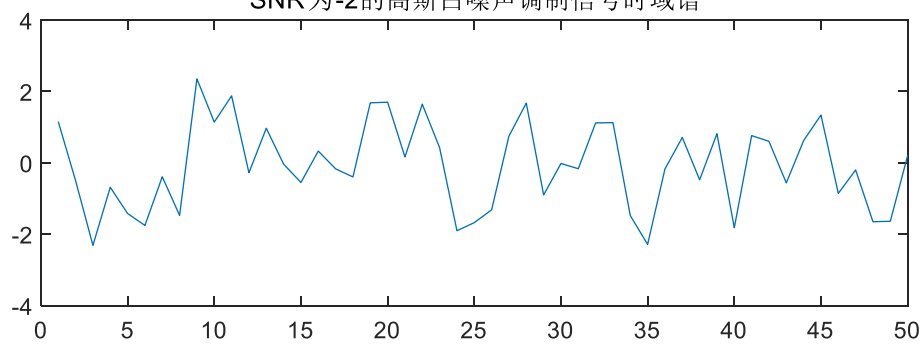


解调信号频域谱

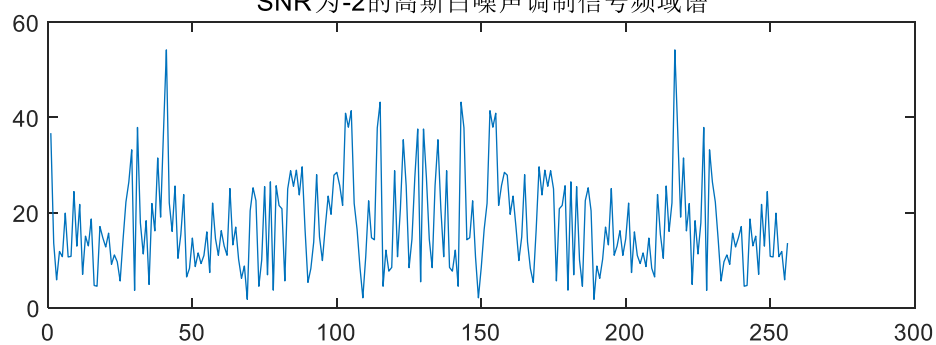




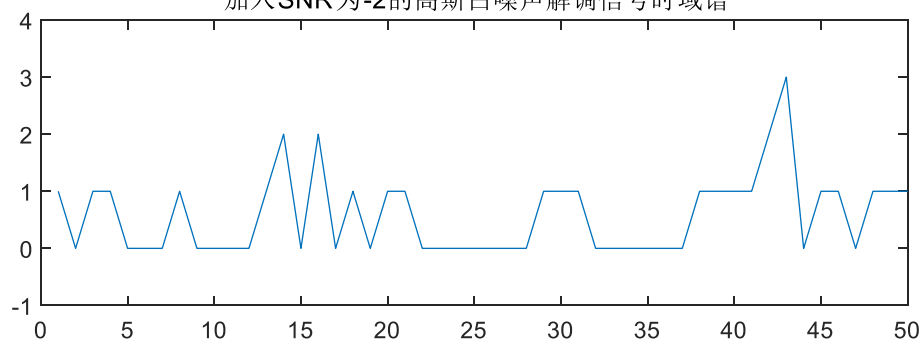
SNR为-2的高斯白噪声调制信号时域谱



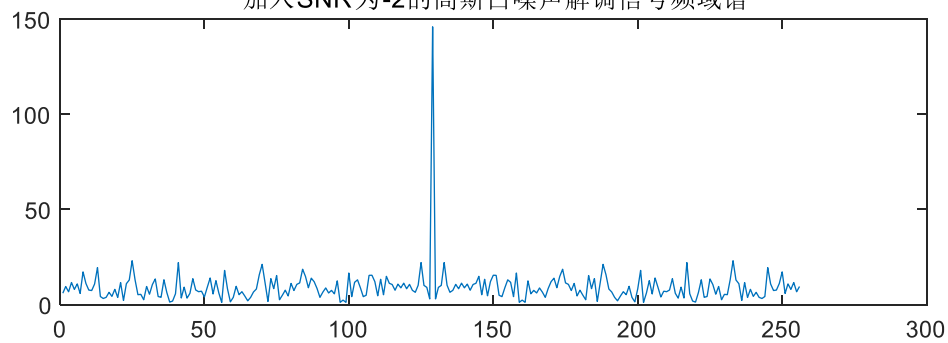
SNR为-2的高斯白噪声调制信号频域谱

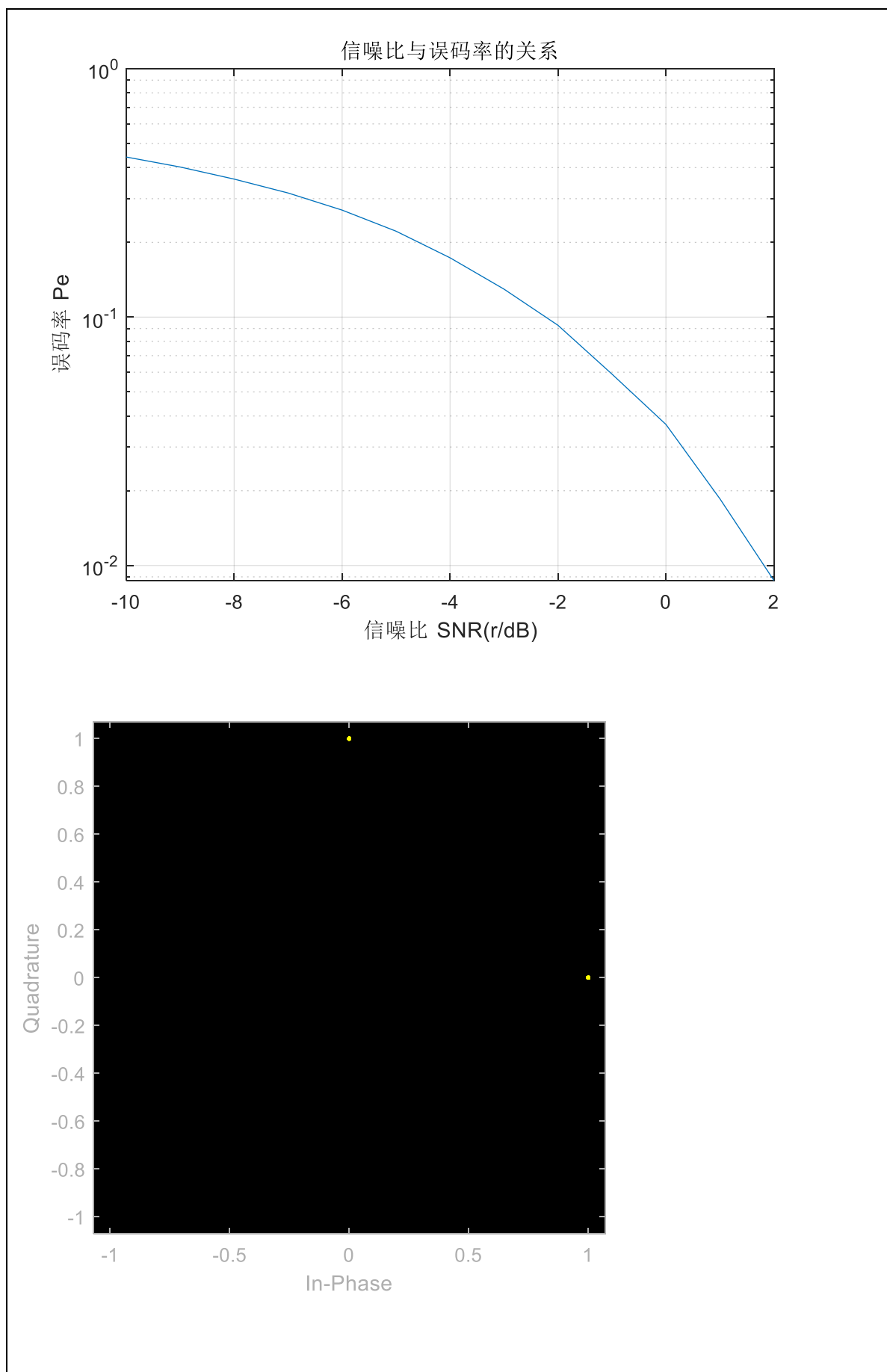


加入SNR为-2的高斯白噪声解调信号时域谱



加入SNR为-2的高斯白噪声解调信号频域谱





四、实验结论

请编写程序，并将程序和结果放到实验结论中

（包括程序、仿真结果等，可打印，可另加附页）

ASK:

结论：与无噪声时（误码率为零）相比较，当信噪比较大时，噪声小误码率_____；
反之，信噪比较小时噪声大误码率_____。

FSK:

结论：与无噪声时（误码率为零）相比较，当信噪比较大时，噪声小误码率_____；
反之，信噪比较小时噪声大误码率_____。

同一信噪比下的误码率会随着进制数（MFSK 中的 M）的增大而_____。

PSK:

结论：与无噪声时（误码率为零）相比较，当信噪比较大时，噪声小误码率_____；
反之，信噪比较小时噪声大误码率_____。

五、思考题

（1）怎样生成二进制整数？

问：怎样生成二进制整数
答：二进制由0、1组成，可以用行数确定想要生成的二进制数的个数，
通过列数确定二进制数位数，使用 `randi([0,1],m,n)` 可以产生 m 个 n 位
二进制数。

（2）横向比较 PSK、QPSK、ASK、FSK 的误码率，说明特点。

二进制数。
问：横向比较 PSK、QPSK、ASK、FSK 的误码率，说明特点。
 $2FSK < 2ASK < 2PSK$
 ~~$2ASK < 2FSK < 2PSK$~~ ， $2PSK$ 误码率最低，相同噪声下，QPSK 的误码
率大于 $2PSK$

六、心得体会

包括：

- (1) 试验中遇到的问题及解决方法
- (2) 本次实验的收获，你的能力有那方面的提升？

问题：题设的代码得出的结果不知道是否正确。

解决：查图、查正确结果、书上找正确结果

心得：这次实验对三种调制^式ASK、PSK、FSK的调制解调更加了解，并且还对不同信噪比的情况进行比较，更深地认识到了信道信噪比对误码率的影响，以及进制数对误码率的影响。深刻掌握了ASK、FSK、PSK调制解调原理。

说明：实验内容页面不够，可直接打印附夹页。但要求附页与报告格式一致，且字迹工整。

七、实验情况及成绩评定		
	预 习:	<input type="checkbox"/> 优秀 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 不及格
	出 席:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 迟到 <input type="checkbox"/> 缺席 <input type="checkbox"/> 早退 <input type="checkbox"/> 事假
	过程表现:	<input type="checkbox"/> 优秀 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 不及格
	完成报告:	<input type="checkbox"/> 按时 <input type="checkbox"/> 迟交
	实验结论	<input type="checkbox"/> 正确 <input type="checkbox"/> 基本正确 <input type="checkbox"/> 错误
	思考题回答情况	<input type="checkbox"/> 正确 <input type="checkbox"/> 基本正确 <input type="checkbox"/> 错误
	心得体会	<input type="checkbox"/> 优秀 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 不及格
	成绩评定:	
	补充记录或评语:	教师签字: