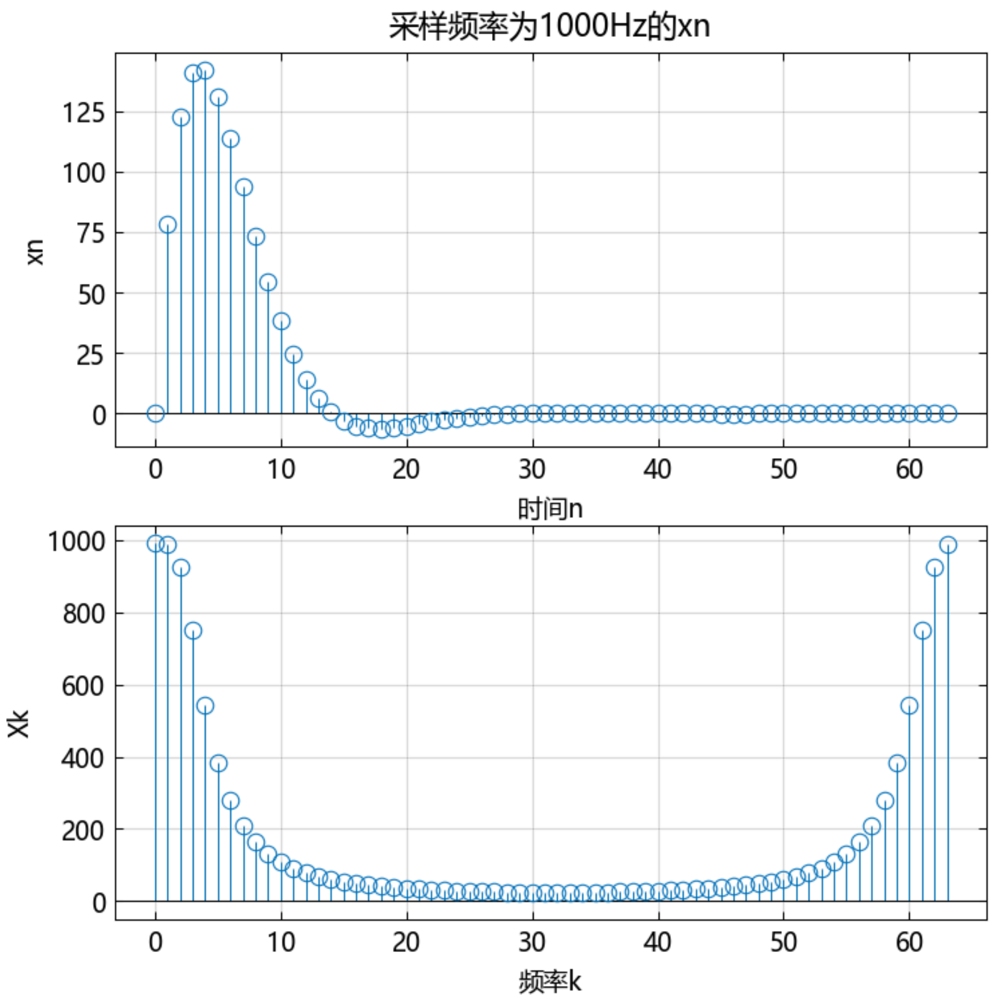
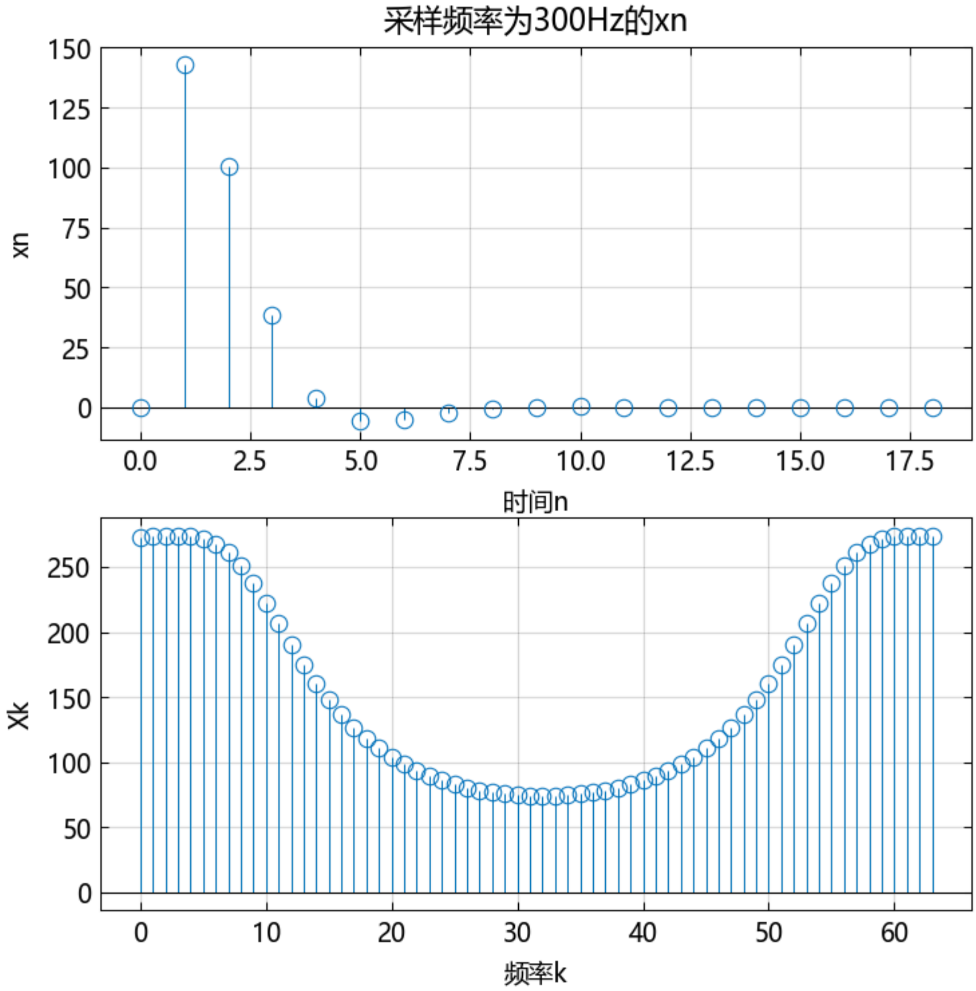
实验一：时域采样和频域采样

任务一：时域采样理论的验证

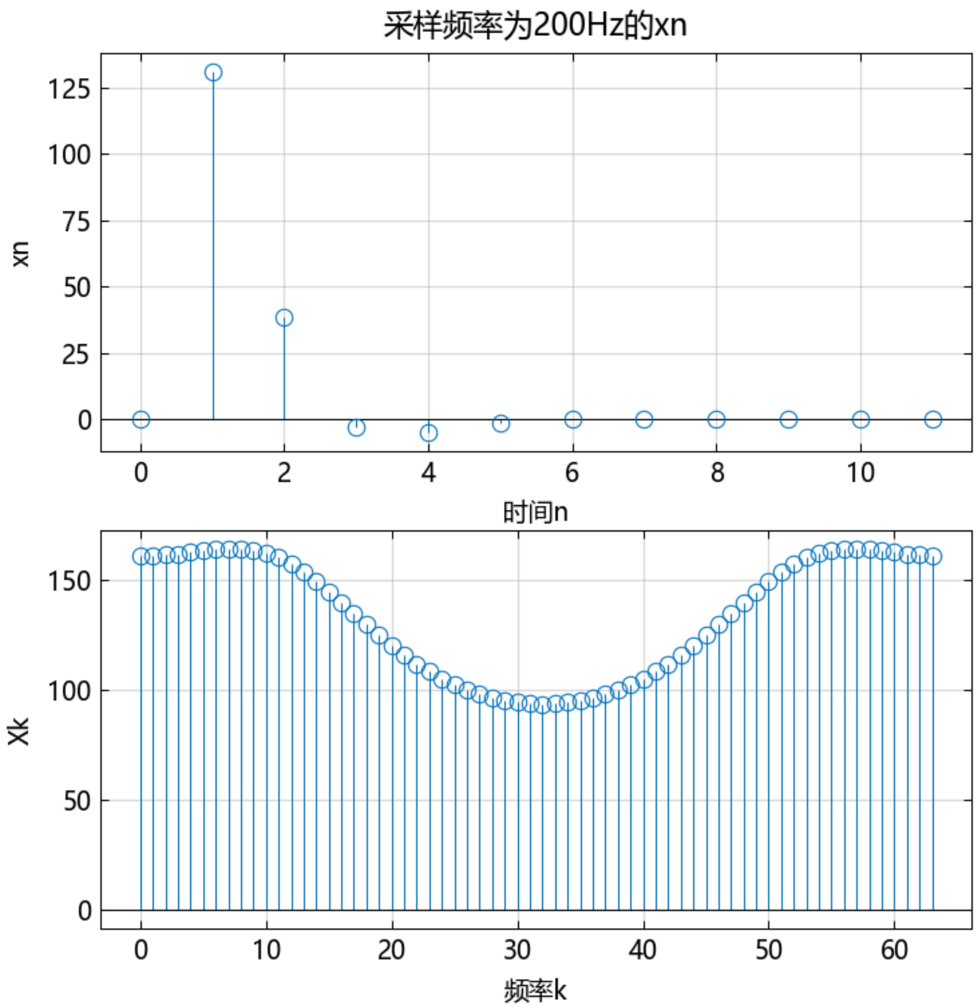
```
%experiment1_1
clear,clc,clf
A=444.128;
a=50*1.414*pi;
W=50*1.414*pi;
Tp=0.064;
M=64;

%时域采样，采样频率为1000Hz
f1=1000;%采样频率
N=Tp*f1;%采样点数
n=(0:N-1);%生成离散时间向量，即信号的横坐标
n_t=n/f1;%生产采样时间
xn=A*exp(-a*n_t).*sin(W*n_t);%对信号采样
%FFT
Xk=fft(xn,M);%对xn进行M点FFT得到DFT
k=(0:M-1);
figure(1)
subplot(211),stem(n,xn)
title('采样频率为1000Hz的xn'),xlabel('时间n'),ylabel('xn')
grid on
subplot(212),stem(k,abs(Xk))
xlabel('频率k'),ylabel('Xk')
grid on


%时域采样，采样频率为300Hz
f1=300;%采样频率
N=Tp*f1;%采样点数
n=(0:N-1);%生成离散时间向量，即信号的横坐标
n_t=n/f1;%生产采样时间
xn=A*exp(-a*n_t).*sin(W*n_t);%对信号采样
%FFT
Xk=fft(xn,M);%对xn进行M点FFT得到DFT,M>xn的长度时自动补零
k=(0:M-1);
figure(2)
subplot(211),stem(n,xn)
title('采样频率为300Hz的xn'),xlabel('时间n'),ylabel('xn')
grid on
subplot(212),stem(k,abs(Xk))
xlabel('频率k'),ylabel('Xk')
grid on


%时域采样，采样频率为200Hz
f1=200;%采样频率
N=Tp*f1;%采样点数
n=(0:N-1);%生成离散时间向量，即信号的横坐标
```

```
n_t=n/f1;%生产采样时间
xn=A*exp(-a*n_t).*sin(W*n_t);%对信号采样
%FFT
Xk=fft(xn,M);%对xn进行M点FFT得到DFT
k=(0:M-1);
figure(3)
subplot(211),stem(n,xn)
title('采样频率为200Hz的xn'),xlabel('时间n'),ylabel('xn')
grid on
subplot(212),stem(k,abs(Xk))
xlabel('频率k'),ylabel('Xk')
grid on
```





采样频率为300Hz的xn
xn
时间n
Xk
频率k

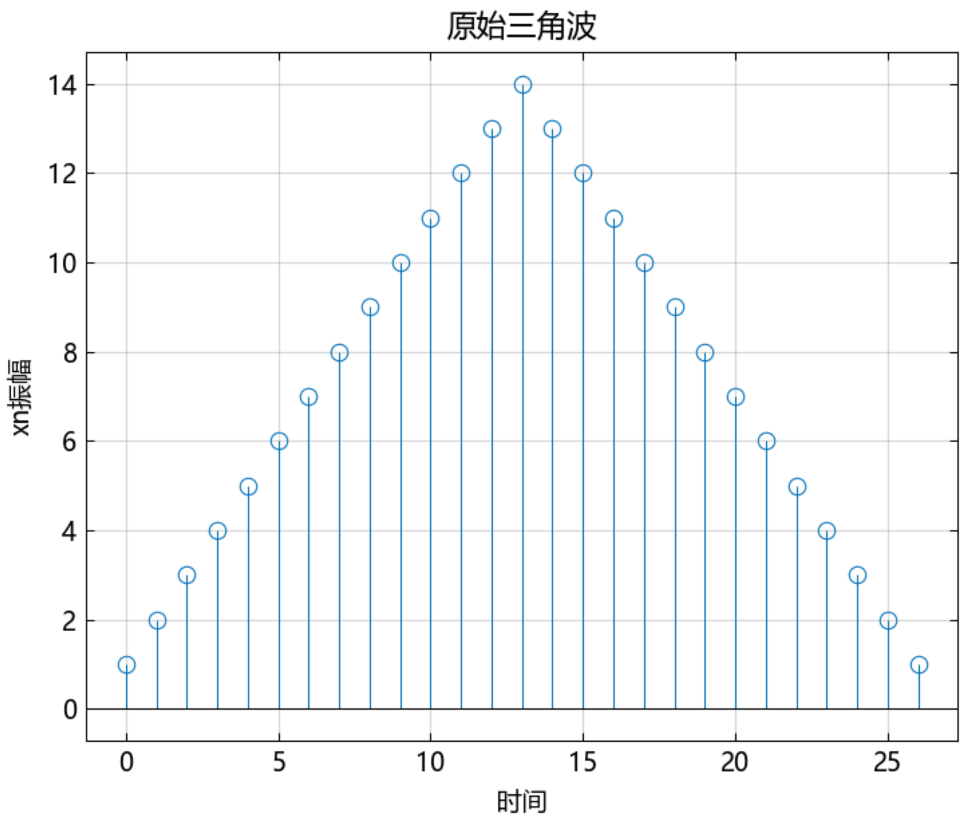


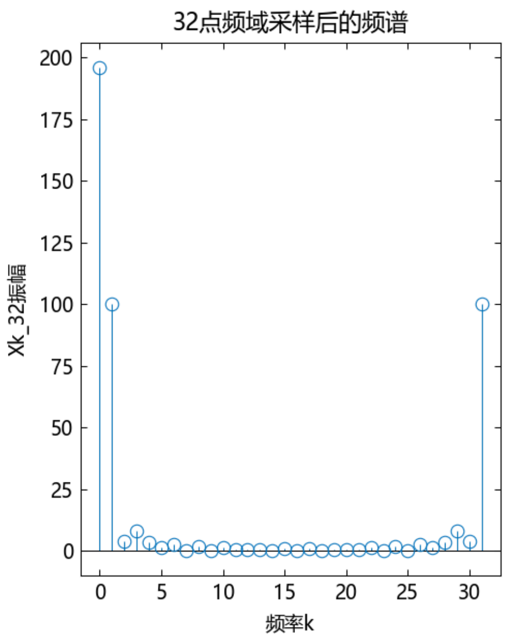
由于对时域波形进行间隔为T的采样，会使频域波形以1/T(fs)为周期进行周期延拓。可以很明显的看到，随着采样频率的减小，频谱混叠的情况越严重

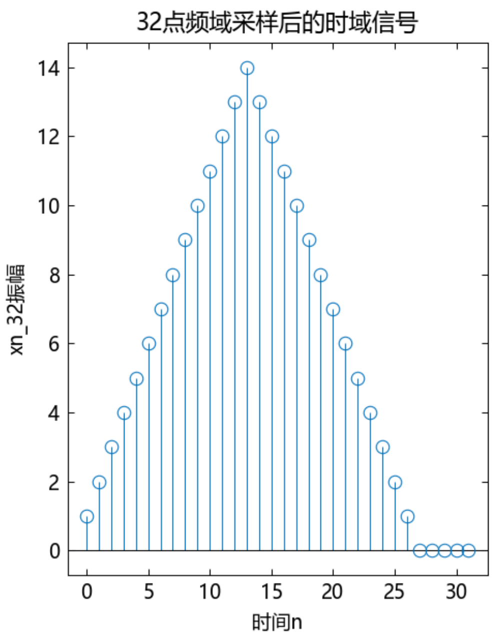
任务二：频域采样理论的验证

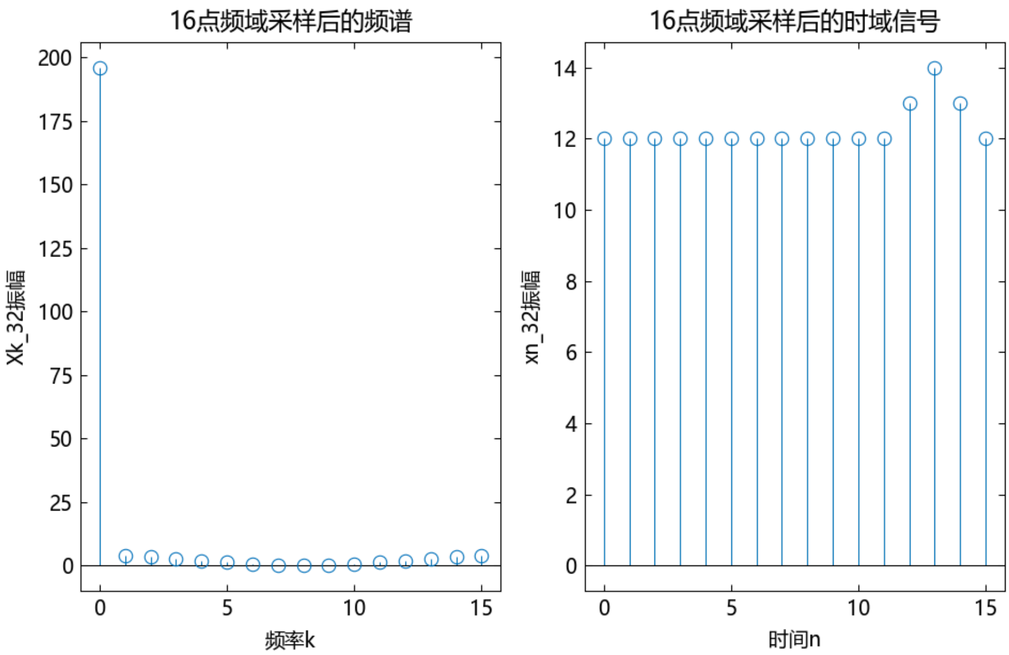
```
%experiment1_2
clear,clc,clf
%原始三角波
xn=14*triang(27)'%生成27点三角波；triang(N)函数生成N点归一化的三角波（列向量形式）
n=0:26;
figure(1)
stem(n,xn)
title('原始三角波'),xlabel('时间'),ylabel('xn振幅')
grid on

%32点频率采样
Xk_32=fft(xn,32);%对xn进行32点DFT相当于对其进行32点频率采样
k=0:31;
xn_32=ifft(Xk_32);%得到xn以32为周期的周期延拓的主值序列
figure(2)
subplot(121),stem(k,abs(Xk_32))
title('32点频域采样后的频谱'),xlabel('频率k'),ylabel('Xk_32振幅')
subplot(122),stem(abs(xn_32))
```

```
title('32点频域采样后的时域信号'),xlabel('时间n'),ylabel('xn_32振幅')

%16点频率采样
Xk_16=Xk_32(1:2:32);%抽取Xk_32的偶数点即可得到Xk_16
k=0:15;
xn_16=ifft(Xk_16);%得到xn以16为周期的周期延拓的主值序列
figure(3)
subplot(121),stem(k,abs(Xk_16))
title('16点频域采样后的频谱'),xlabel('频率k'),ylabel('Xk_32振幅')
subplot(122),stem(abs(xn_16))
title('16点频域采样后的时域信号'),xlabel('时间n'),ylabel('xn_32振幅')
```







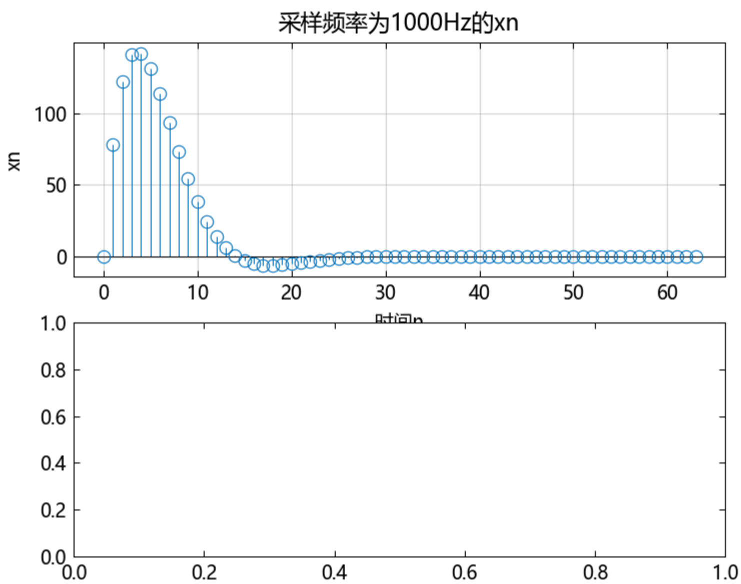


从图中可以看出，当采样点数小于信号本身长度时，xn_16确实等于原三角序列xn以16为周期的周期延拓的主值序列。由于存在时域混叠失真，因而xn_16不等于xn；当采样点数大于等于信号本身长度时，xn_32确实等于原三角序列xn以32为周期的周期延拓的主值序列。不存在时域混叠失真，因而xn_32等于xn。

遇到的问题

1. 第一次使用fft()函数求出xn的傅里叶变换Xk后，没有注意到Xk是复数数组，直接使用stem()画图导致频谱图画不出来

```
subplot(212),stem(k,Xk)
```



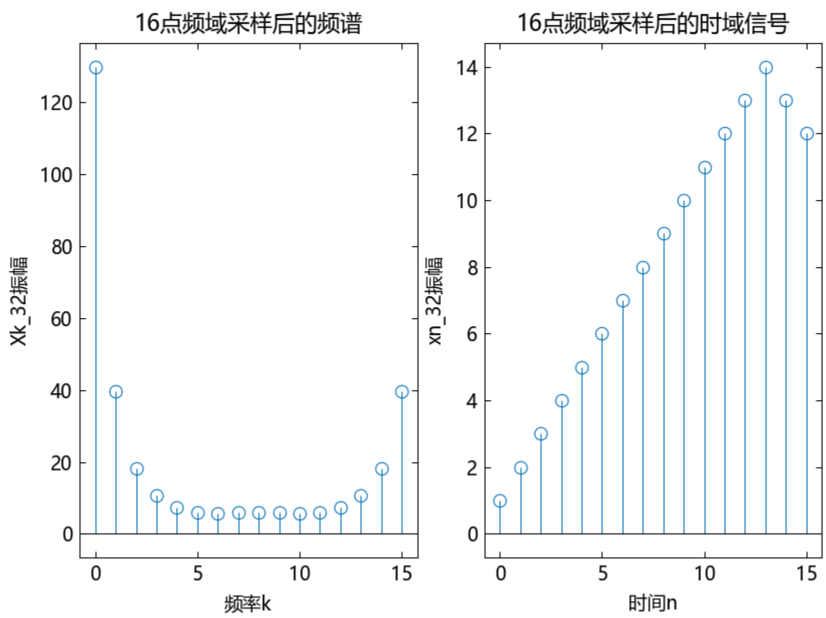
所以应当对Xk取模：

```
subplot(212),stem(k,abs(Xk))
```

2. 由于没有意识到fft(xn,N)函数当N小于xn的点数时会对xn进行截断处理，然后再FFT，所以在算16点频域采样时直接用了xn的16点fft()。这个时候出来的结果Xk_16其实是xn的前16的点的16点FFT，xn_16是以16为周期对xn的前16的点进行周期延拓并取主值的结果，并不符合实验要求。正确的做法应当是抽取Xk_32的偶数点得到Xk_16，这样出来的结果Xk_16才是xn的16点FFT，xn_16是以16为周期对xn进行周期延拓并取主值的结果。

错误代码如下：

```
%16点频率采样
xk_16=fft(xn,16);
k=0:15;
xn_16=ifft(xk_16);
```



改正后的代码：

```
%16点频率采样
xk_16=xk_32(1:2:32);%抽取xk_32的偶数点即可得到xk_16
k=0:15;
xn_16=ifft(xk_16);%得到xn以16为周期的周期延拓的主值序列
```