

# 实验一：时域采样和频域采样

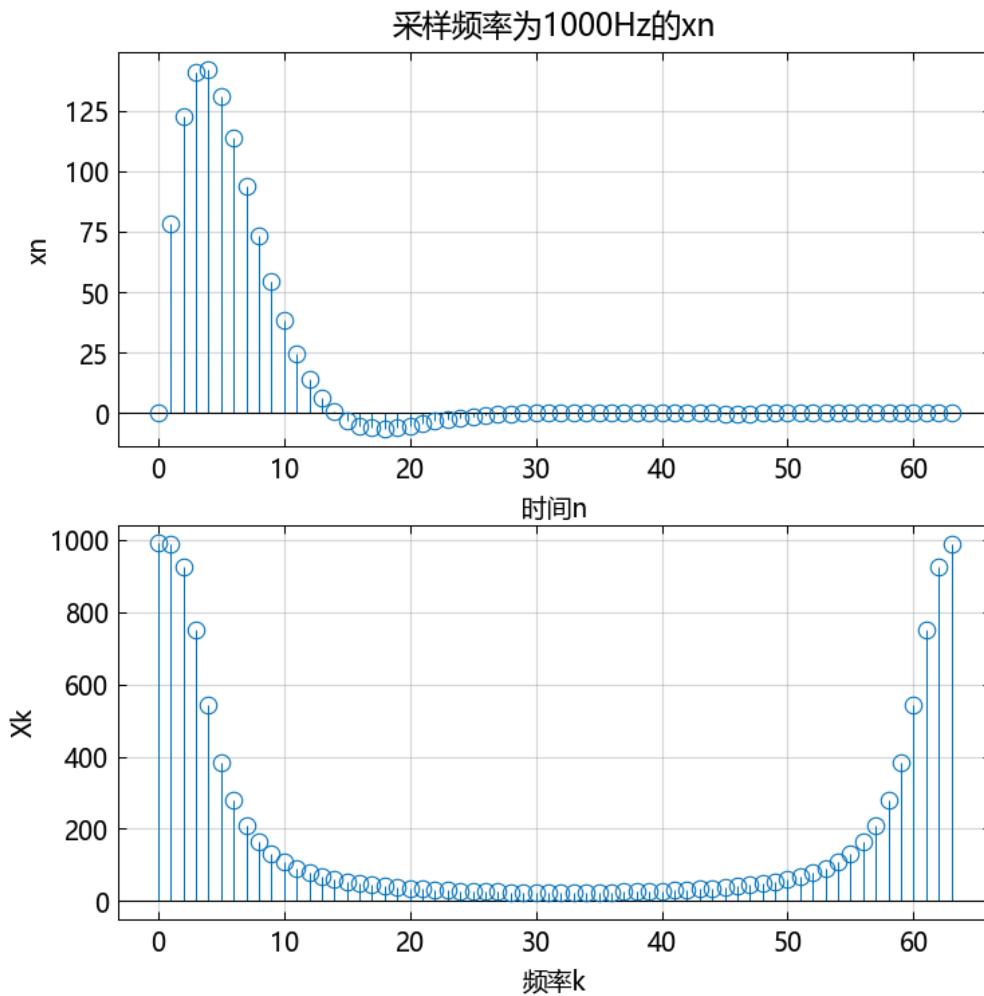
## 任务一：时域采样理论的验证

```
1 %experiment1_1
2 clear,clic,clf
3 A=444.128;
4 a=50*1.414*pi;
5 w=50*1.414*pi;
6 Tp=0.064;
7 M=64;
8
9 %时域采样，采样频率为1000Hz
10 f1=1000;%采样频率
11 N=Tp*f1;%采样点数
12 n=(0:N-1);%生成离散时间向量，即信号的横坐标
13 n_t=n/f1;%生产采样时间
14 xn=A*exp(-a*n_t).*sin(w*n_t);%对信号采样
15 %FFT
16 Xk=fft(xn,M);%对xn进行M点FFT得到DFT
17 k=(0:M-1);
18 figure(1)
19 subplot(211),stem(n,xn)
20 title('采样频率为1000Hz的xn'), xlabel('时间n'), ylabel('xn')
21 grid on
22 subplot(212),stem(k,abs(Xk))
23 xlabel('频率k'), ylabel('Xk')
24 grid on
25
26
27 %时域采样，采样频率为300Hz
28 f1=300;%采样频率
29 N=Tp*f1;%采样点数
30 n=(0:N-1);%生成离散时间向量，即信号的横坐标
31 n_t=n/f1;%生产采样时间
32 xn=A*exp(-a*n_t).*sin(w*n_t);%对信号采样
33 %FFT
34 Xk=fft(xn,M);%对xn进行M点FFT得到DFT，M>xn的长度时自动补零
35 k=(0:M-1);
36 figure(2)
37 subplot(211),stem(n,xn)
38 title('采样频率为300Hz的xn'), xlabel('时间n'), ylabel('xn')
39 grid on
40 subplot(212),stem(k,abs(Xk))
41 xlabel('频率k'), ylabel('Xk')
42 grid on
43
44
45 %时域采样，采样频率为200Hz
46 f1=200;%采样频率
47 N=Tp*f1;%采样点数
48 n=(0:N-1);%生成离散时间向量，即信号的横坐标
```

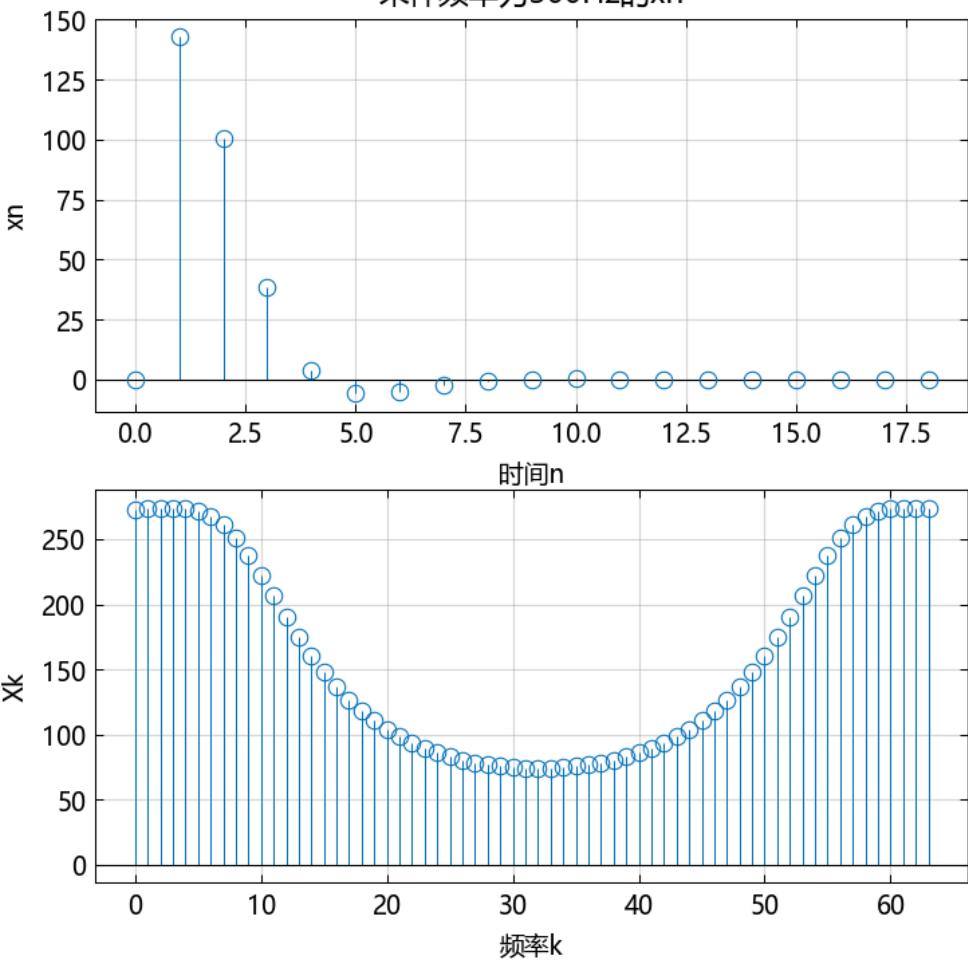
```

49 n_t=n/f1;%生产采样时间
50 xn=A*exp(-a*n_t).*sin(w*n_t);%对信号采样
51 %FFT
52 Xk=fft(xn,M);%对xn进行M点FFT得到DFT
53 k=(0:M-1);
54 figure(3)
55 subplot(211),stem(n,xn)
56 title('采样频率为200Hz的xn'), xlabel('时间n'), ylabel('xn')
57 grid on
58 subplot(212),stem(k,abs(Xk))
59 xlabel('频率k'), ylabel('Xk')
60 grid on

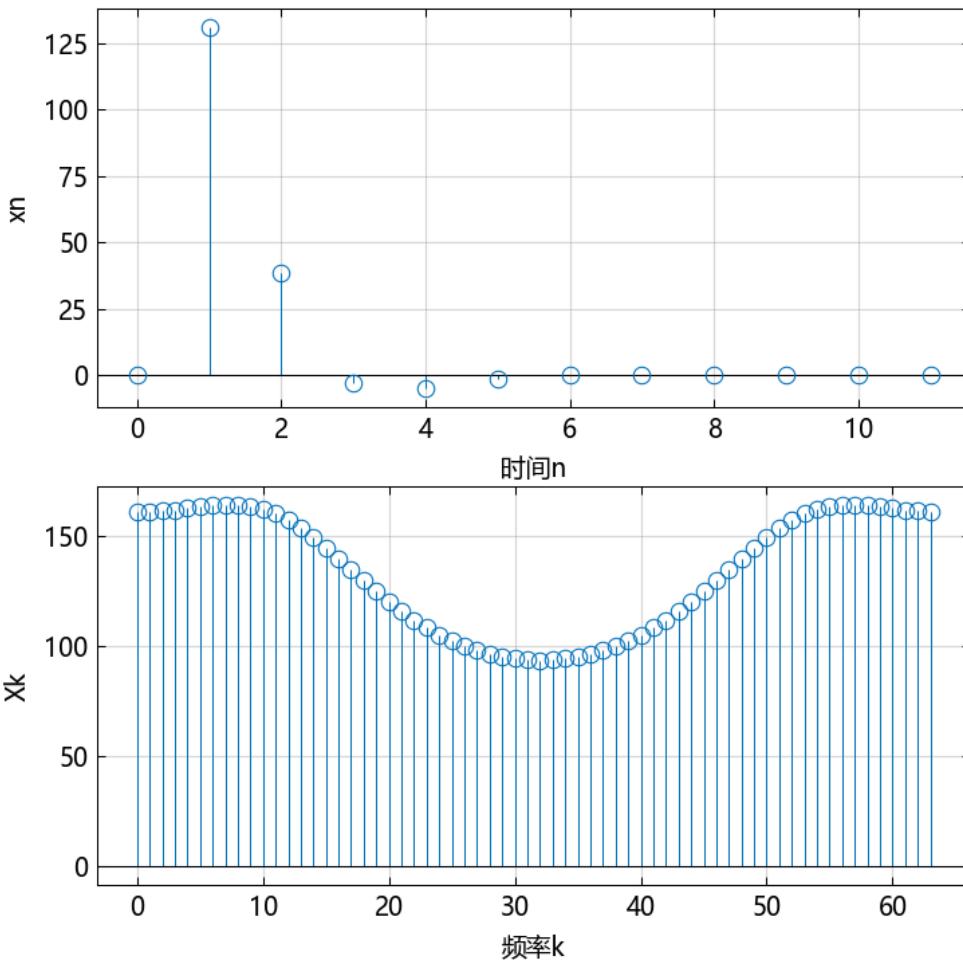
```



采样频率为300Hz的xn



采样频率为200Hz的xn



由于对时域波形进行间隔为T的采样，会使频域波形以 $1/T(f_s)$ 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

```

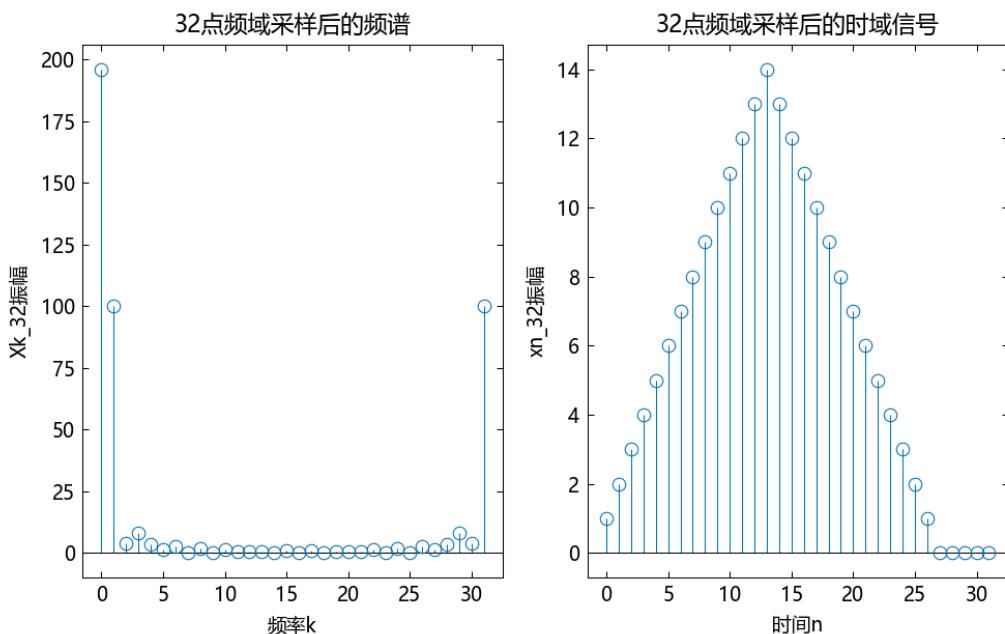
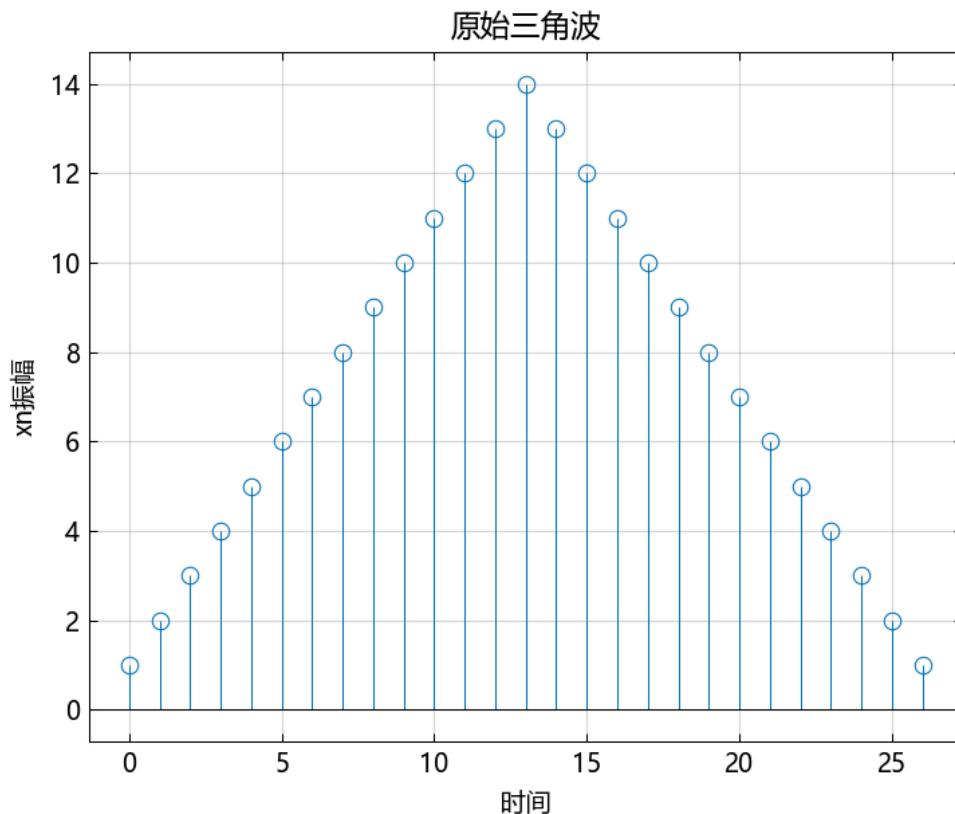
1 %experiment1_2
2 clear,clic,clf
3 %原始三角波
4 xn=14*triang(27)%生成27点三角波; triang(N)函数生成N点归一化的三角波（列向量形式）
5 n=0:26;
6 figure(1)
7 stem(n,xn)
8 title('原始三角波'), xlabel('时间'), ylabel('xn振幅')
9 grid on
10
11 %32点频率采样
12 Xk_32=fft(xn,32);%对xn进行32点DFT相当于对其进行32点频率采样
13 k=0:31;
14 xn_32=ifft(Xk_32);%得到xn以32为周期的周期延拓的主值序列
15 figure(2)
16 subplot(121),stem(k,abs(Xk_32))
17 title('32点频域采样后的频谱'), xlabel('频率k'), ylabel('Xk_32振幅')
18 subplot(122),stem(abs(xn_32))

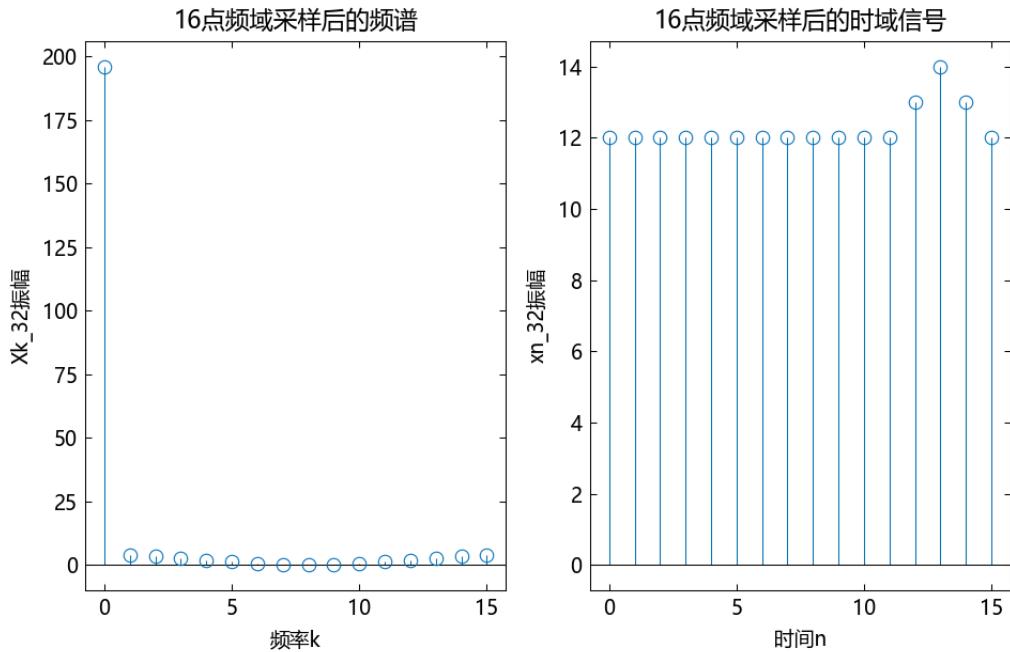
```

```

19 title('32点频域采样后的时域信号'), xlabel('时间n'), ylabel('xn_32振幅')
20
21 %16点频率采样
22 xk_16=xk_32(1:2:32);%抽取xk_32的偶数点即可得到xk_16
23 k=0:15;
24 xn_16=ifft(xk_16);%得到xn以16为周期的周期延拓的主值序列
25 figure(3)
26 subplot(121), stem(k, abs(xk_16))
27 title('16点频域采样后的频谱'), xlabel('频率k'), ylabel('xk_32振幅')
28 subplot(122), stem(abs(xn_16))
29 title('16点频域采样后的时域信号'), xlabel('时间n'), ylabel('xn_32振幅')

```



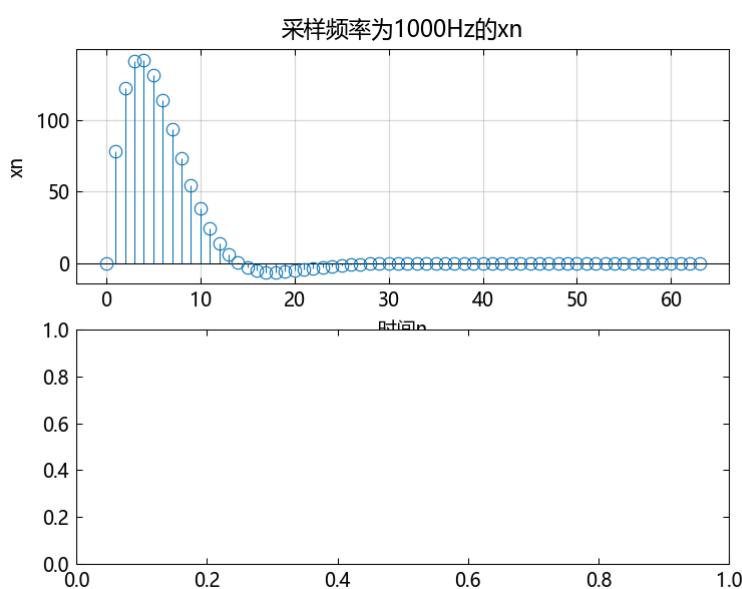


从图中可以看出，当采样点数小于信号本身长度时， $x_{n\_16}$ 确实等于原三角序列 $x_n$ 以16为周期的周期延拓的主值序列。由于存在时域混叠失真，因而 $x_{n\_16}$ 不等于 $x_n$ ；当采样点数大于等于信号本身长度时， $x_{n\_32}$ 确实等于原三角序列 $x_n$ 以32为周期的周期延拓的主值序列。不存在时域混叠失真，因而 $x_{n\_32}$ 等于 $x_n$ 。

## 遇到的问题

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

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



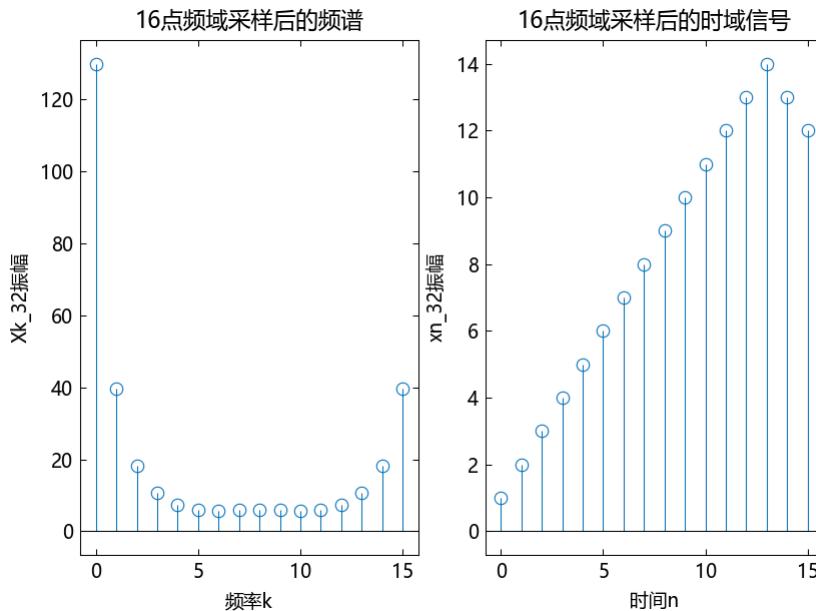
所以应当对 $X_k$ 取模：

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

2. 由于没有意识到 $\text{fft}(x_n, N)$ 函数当N小于 $x_n$ 的点数时会对 $x_n$ 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 $x_n$ 的16点 $\text{fft}()$ 。这个时候出来的结果 $X_k_{16}$ 其实是 $x_n$ 的前16的点的16点FFT， $x_n_{16}$ 是以16为周期对 $x_n$ 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 $X_k_{32}$ 的偶数点得到 $X_k_{16}$ ，这样出来的结果 $X_k_{16}$ 才是 $x_n$ 的16点FFT， $x_n_{16}$ 是以16为周期对 $x_n$ 进行周期延拓并取主值的结果。

错误代码如下：

```
1 %16点频率采样
2 Xk_16=fft(xn,16);
3 k=0:15;
4 xn_16=ifft(Xk_16);
```



改正后的代码：

```
1 %16点频率采样
2 Xk_16=Xk_32(1:2:32);%抽取Xk_32的偶数点即可得到Xk_16
3 k=0:15;
4 xn_16=ifft(Xk_16);%得到xn以16为周期的周期延拓的主值序列
```