哈爾濱工業大學（深圳）

信号分析与处理上机实验报告（二）

实验（二）： 时域采样和频域采样　　**实验日期：** 2021.11.05

姓名： 方尧　　**学号：** 190410102　　**班级：** 19 级自动化 1 班

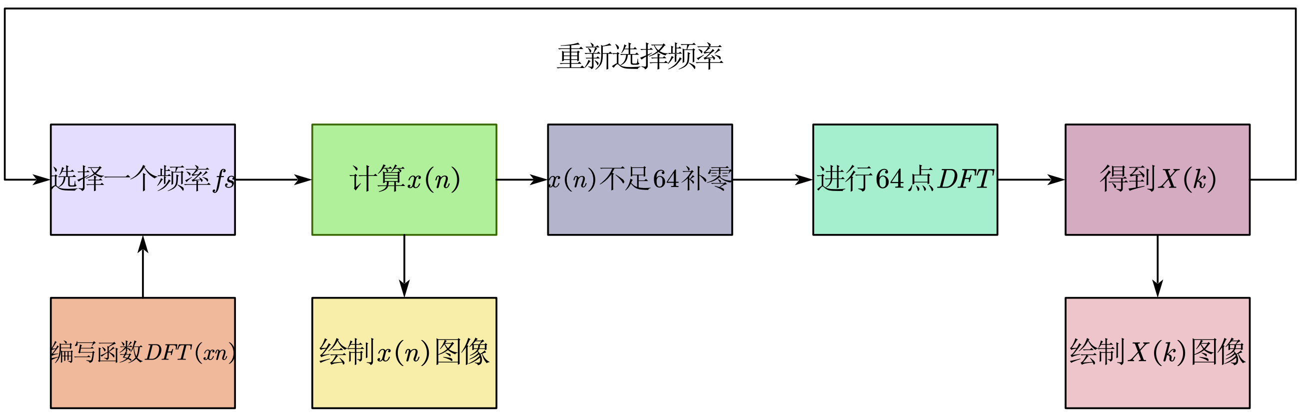
一、 实验目的

1. 掌握时域采样定理及采样前后频谱的变化规律；
2. 掌握频率域采样定理及其对频域采样点数选择的指导作用；
3. 掌握时域采样频率的选择方法及频域采样点数的选择方法。

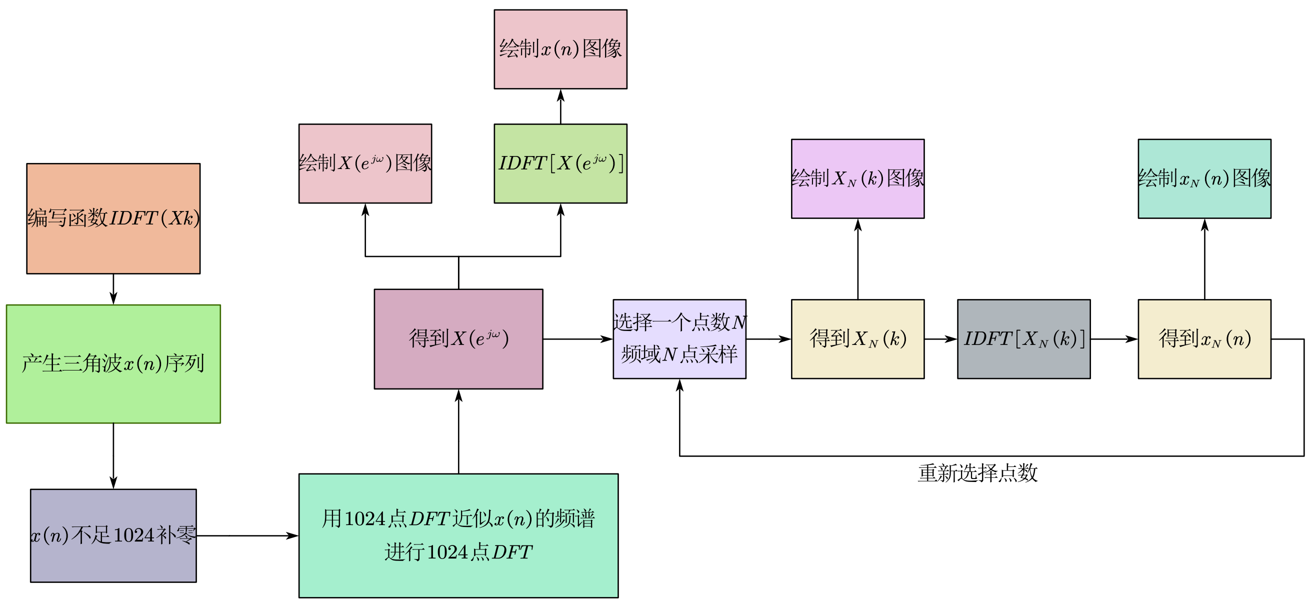
二、 代码及详细流程

求解流程图：

1. 时域采样定理的验证



2. 频域采样定理的验证



MATLAB 代码：

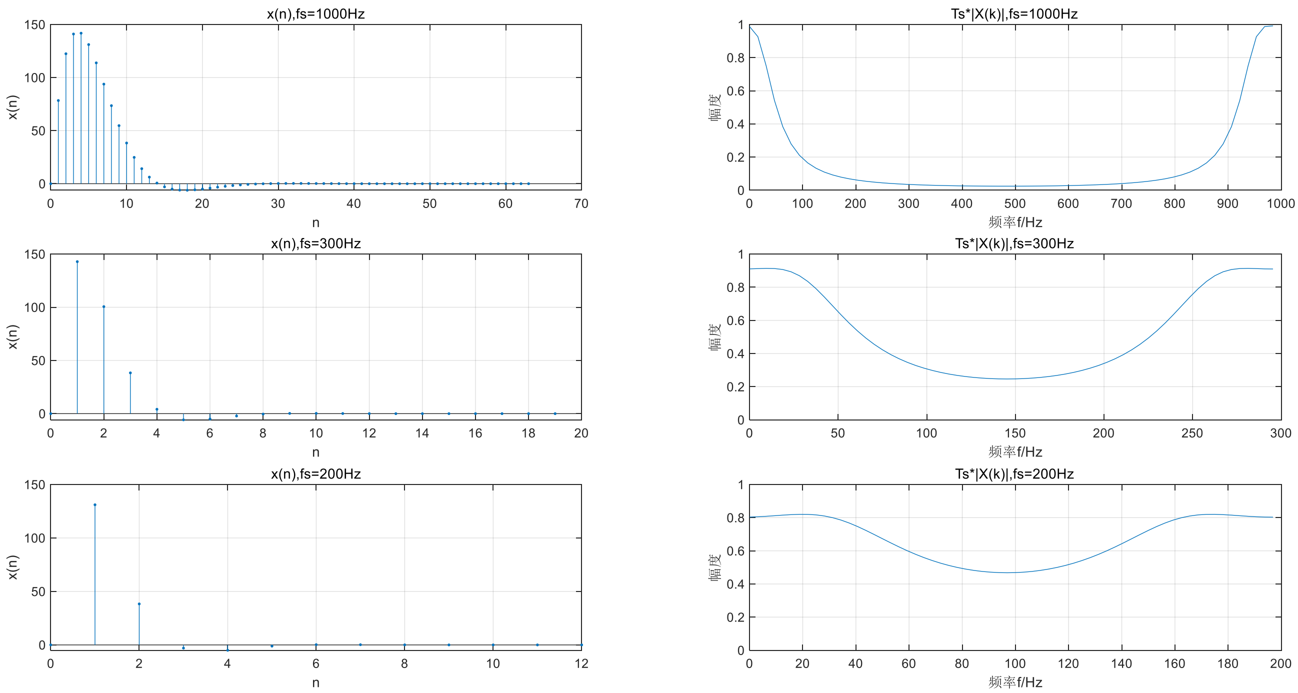
```
% experiment2 时域采样和频域采样
clc,clear,close all
%experiment2(1)
Tp=64e-3;A=444.128;a=50*2^0.5*pi;w1=50*2^0.5*pi;
fs=[1000,300,200];
for m=1:3
    Ts=1./fs(m);
    N=ceil(Tp*fs(m));
    tt=linspace(0,Tp,N);
    nn=0:N-1;
    xn=A*exp(-a*nn*Ts).*sin(w1*nn*Ts);
    subplot(3,2,2*m-1),hold on,grid on, box on
    stem(0:N-1,xn,'.');
    xlabel('n'),ylabel('x(n)')
    title(['x(n),fs=',num2str(fs(m)),'Hz'])
    %这里使用 64 点 DFT 计算
    xn=[xn,zeros(1,64-size(xn,2))];
    Xk=DFT(xn);
    subplot(3,2,2*m),hold on,grid on, box on
    plot((0:64-1)/64*fs(m),Ts*abs(Xk))%*2*pi/N
    xlabel('频率 f/Hz'),ylabel('幅度')
    axis([0,fs(m),0,1])
    title(['Ts*|X(k)|,fs=',num2str(fs(m)),'Hz'])
end
%experiment2(2)
clear
%产生三角波序列
for m=1:27
    if (m<=14)
        xn(m)=m+1-1;
    else
        xn(m)=27-(m-1);
    end
end
figure
xn=[xn,zeros(1,1024-size(xn,2))];
Xk=DFT(xn);    %1024 点 DFT 用于近似序列 FT[x(n)]
subplot(3,2,1),grid on,box on,hold on
plot((0:1023)*2/1024,abs(Xk));xlabel('\omega/\pi');ylabel('|X(e^j^\omega)|');
title('FT[x(n)]');
xn=IDFT(Xk);
subplot(3,2,2),grid on,box on,hold on
stem(0:1023,abs(xn),'.'),xlim([0,27])
xlabel('n'),ylabel('x(n)'),title('x(n)')

N=[32,16];
%16 点、32 点频域采样
for m=1:2
    %16 点、32 点频域采样
    Xkk=Xk(1:1024/N(m):1024);
    xnn=IDFT(Xkk);%计算 IDFT
    %绘制频谱
    subplot(3,2,2+2*m-1),grid on,box on,hold on
    k=0:N(m)-1;
    stem(k,abs(Xkk),'.');
```

```
    str=['|X',num2str(N(m)),'(k)|'];
    xlabel('k');ylabel(str);title([num2str(N(m)),'点频域采样']);
    %绘制 IDFT[x16(k)]、IDFT[x32(k)]
    subplot(3,2,2+2*m),grid on,box on,hold on
    stem(k,abs(xnn),'.')
    str=['x',num2str(N(m)),'(n)'];
    xlabel('n');ylabel(str);title([num2str(N(m)),'点 IDFT[X',num2str(N(m)),'(k)]']);
end
%%DFT 函数
function Xk=DFT(xn)
N=length(xn);
Xk=zeros(size(xn));
for m=1:N
    for n=1:N
        Xk(m)=Xk(m)+xn(n)*exp(-1i*m*2*pi*n/N);
    end
end
end
%%IDFT 函数
function Xk=IDFT(xn)
N=length(xn);
Xk=zeros(size(xn));
for m=1:N
    for n=1:N
        Xk(m)=Xk(m)+1/N*xn(n)*exp(1i*m*2*pi*n/N);
    end
end
end
```

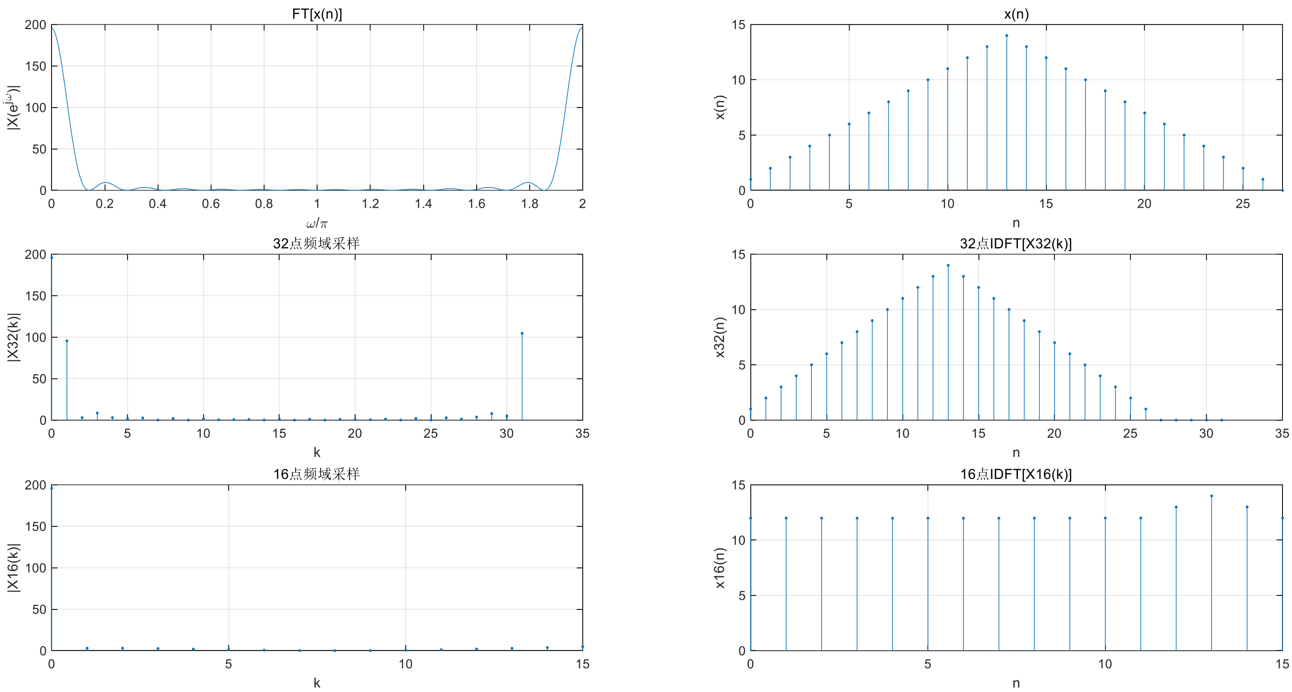
三、 实验结果

（图形均为矢量图像，可放大查看）

1. 时域采样定理的验证



2. 频域采样定理的验证



四、 实验结果分析讨论

1. 时域采样定理的验证

根据时域采样定理，若要使频谱不失真，采样频率应当大于等于两倍最大频率。原时域信号最大频率约为 500Hz， fs=1000Hz 时预期仅有些许频谱混叠，而 fs=300Hz、fs=200Hz 不满足时域采样定理，将会发生较为严重的频谱混叠。根据输出图像，结果与预期相符，验证了时域采样定理。

2. 频域采样定理的验证

根据频域采样定理，若要使时域不产生混叠，频域采样点数 N 必须大于等于时域离散信号的长度 M（即 N⩾M）。原时域离散信号长度为 27，故频域采样点数应当大于等于 27，才能使得时域不发生混叠，故 N=16 会发生混叠，N=32 则不会发生混叠。根据输出图像，结果与预期相符，验证了频域采样定理。

五、 实验思考题

1. 如果序列 x(n)的长度为 M，希望得到其频谱$X(e^{j\omega})$在$[0,2\pi]$上的 N 点等间隔采样，当 N<M 时，如何用一次最少点数的 DFT 得到该频谱采样？

答：先将x(n) 以 N 为周期进行周期延拓，取主值序列，$x_N(n) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} x(n+iN)R_N(n)$，再计算 N 点 DFT 得到 N 点频域采样。

2. 在时域采样的验证过程中，为什么采用 DFT(离散傅里叶变换)或者 FFT(快速傅里叶变换)求该模拟信号的幅频特性？

答：由于计算机中主要计算离散运算，所以我们使用一种离散到离散的类傅里叶变换（DFT/FFT），进行我们的频域分析，便于计算机解决问题。