哈尔滨工业大学（深圳）

信号分析与处理上机实验报告（一）

实验（一）：周期信号的合成与分解　　实验日期：2021.11.03

姓名：方尧　　学号：190410102　　班级：19 级自动化 1 班

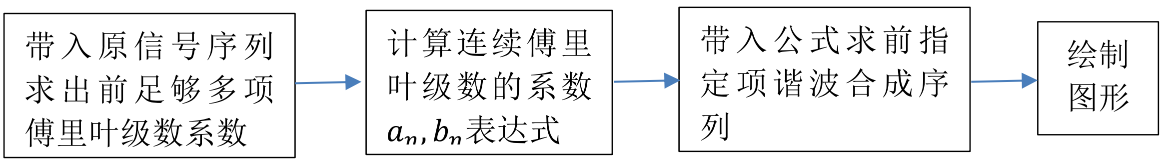
一、　实验目的

1. 熟练 MATLAB 软件使用；
2. 掌握连续周期信号的频谱分析方法—傅立叶级数及其物理意义；
3. 掌握离散周期信号的频谱分析方法—傅立叶级数及其物理意义。

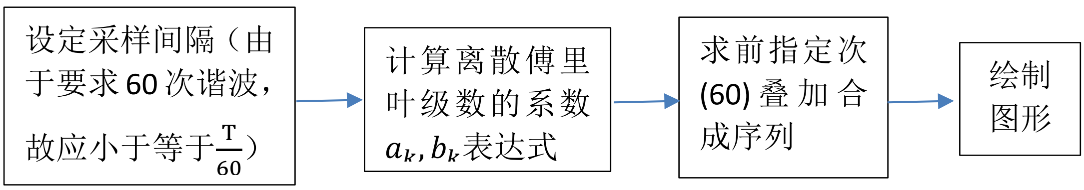
二、　代码及详细流程

求解流程图：

（1）、（3）：



（2）：



求解代码（MATLAB）：

```
% experiment1:周期信号的分解与合成
clc,clear,close all
%% experiment1(1)
dt=0.01;t=8;
tt=0:dt:t;
f=fangbo(t,4,1);%调用自定义方波信号产生函数
%傅里叶级数系数
for i=1:501
    xb(i,:)=-4/pi*(1/(2*i-1)*sin((2*i-1)*pi/2*tt));
end
figure
n=[1,3,25,251];%谐波叠加次数
for i=1:4
    subplot(2,2,i);hold on,grid on, box on
    sum=zeros(size(f));
    for j=1:n(i)
        sum=sum+xb(j,:);
    end
    plot(tt,f,tt,sum)
    xlabel('t/s'),ylabel('f(t)')
```

```
    title(['第 1-',num2str(2*n(i)-1),'次谐波叠加'])
end
%% experiment1(2)
clear
Ni=[60,80,100,120];
figure
for s=1:4

    N=2*Ni(s);
    t=8;dt=t/N;
    tt=linspace(0,t,N+1);
    f=fangbo(t,4,1,dt);
    %求 ak，bk
    a=[];b=[];
    for k=1:N+1
        sum=zeros(1,2);
        for n=1:N+1
            sum(1)=sum(1)+1/N*f(n)*cos(2*pi*k/N*n);
            sum(2)=sum(2)-1/N*f(n)*sin(2*pi*k/N*n);
        end
        a=[a,sum(1)];
        b=[b,sum(2)];
    end
    %计算累计谐波和
    xb=zeros(1,size(f,2));
    for i=1:N+1
        for j=1:2*60      %N+1
            xb(i)=xb(i)+a(j)*cos(2*pi*j*i/N)-b(j)*sin(2*pi*j/N*i);
        end
    end

    subplot(2,2,s);hold on,grid on, box on
    stem(tt,xb);stem(tt,f)
    xlabel('t/s'),ylabel('f(t)'),
    plot(tt,xb)
    title(['采样周期 T/',num2str(Ni(s)),',','60 次谐波合成'])
    legend('合成信号','原信号','包络线','Location','best')
end
%% experiment1(3)
clear
dt=0.01;t=8;
tt=0:dt:t;
f=juchi(t,4,1);%调用自定义锯齿波信号产生函数
%计算傅里叶级数
for i=1:500
    xb(i,:)=-2/i/pi*sin(i*pi/2*tt);
end
figure
n=[7,30,50,100];
for i=1:4
    subplot(2,2,i);hold on,grid on, box on
    sum=zeros(size(f));
    for j=1:n(i)
        sum=sum+xb(j,:);
    end
    plot(tt,f,tt,sum)
    legend('原信号','合成信号','location','best')
```

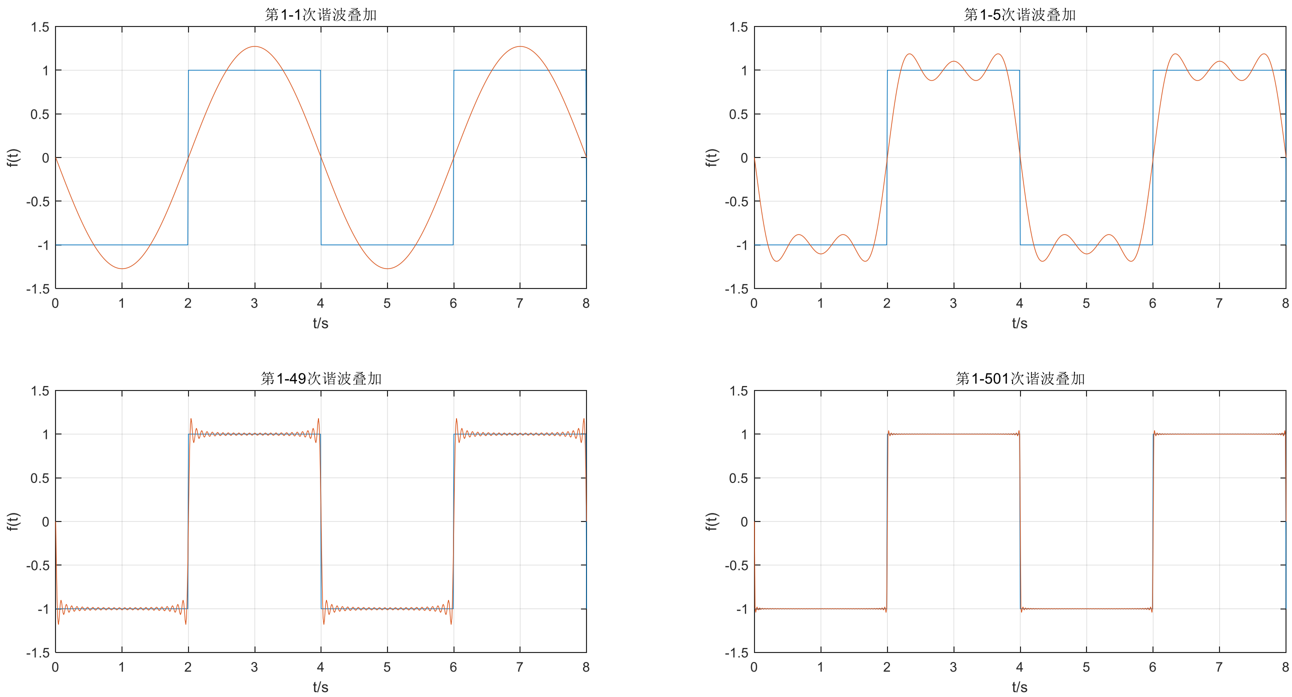
```
    xlabel('t/s'),ylabel('f(t)')
    title(['第 1-',num2str(n(i)),'次谐波叠加'])
end
%%
%方波发生函数
function f=fangbo(t,T,E,d)
%t-时间长度，T-周期，E-幅度，d 采样间隔(默认为 0.01)
if (nargin==3)d=0.01;
end
f=[];
for i=0:d:t
    if(mod(i,T)>=2) f=[f,E];
    else f=[f,-E];
    end
end
end
%锯齿波发生函数
function f=juchi(t,T,E,d)
%t-时间长度，T-周期，E-幅度，d 采样间隔(默认为 0.01)
if (nargin==3)
    d=0.01;
end
f=[];
for i=0:d:t
    f=[f,-E+2*E/T*mod(i,T)];

end
end
```

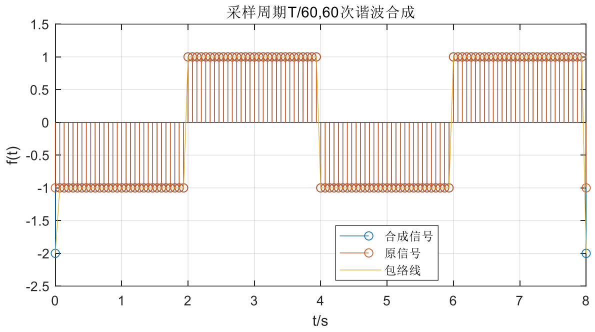
三、 实验结果

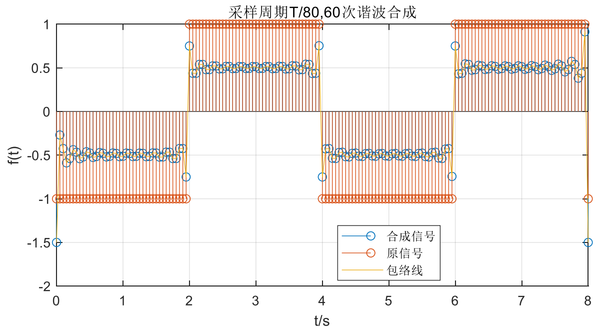
（图形均为矢量图像，可放大查看）

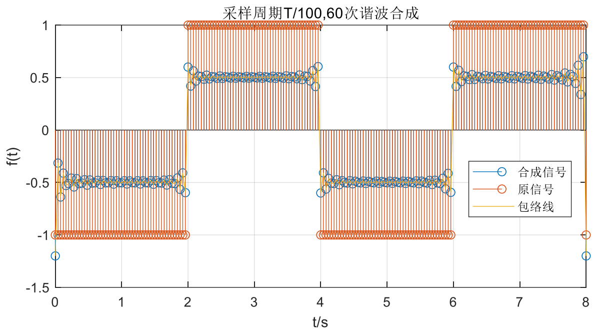
1. 连续周期方波信号的分解和合成

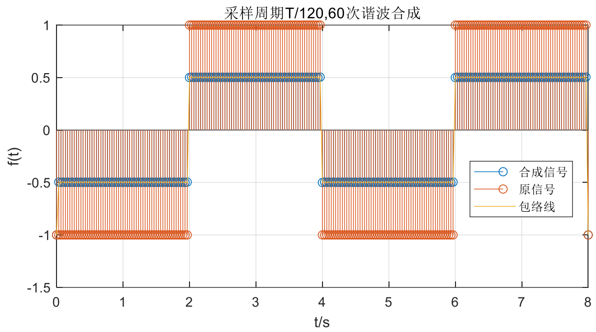


2. 离散方波信号的分解和合成

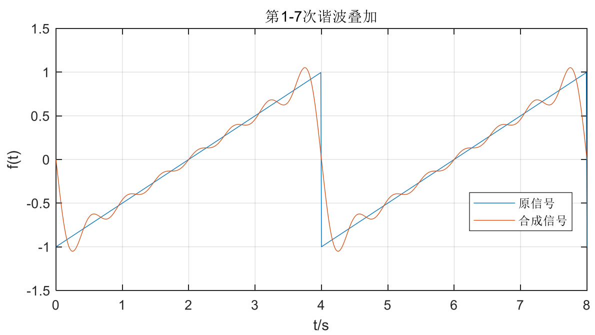


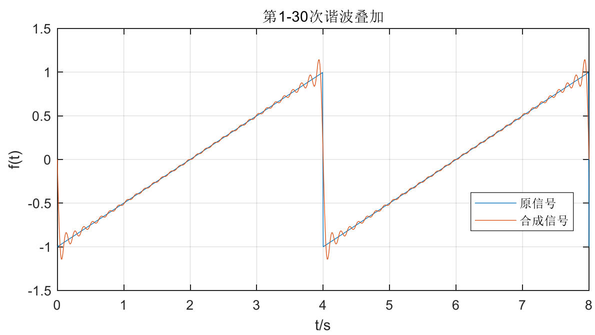


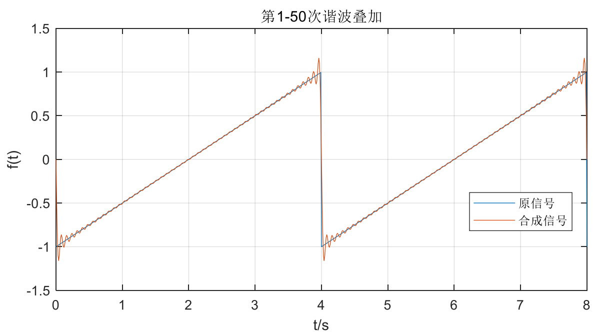


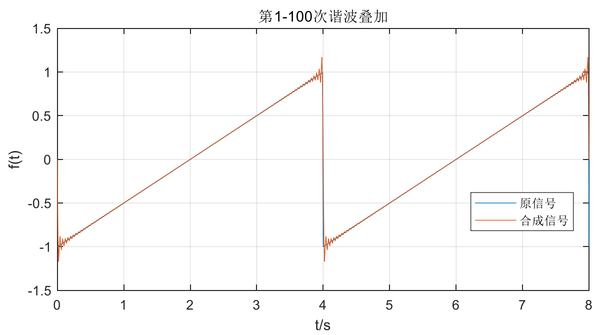


3. 周期锯齿波信号的分解和合成









四、 实验结果分析讨论

1) 连续周期方波信号的分解和合成

从第 1-1 次、1-5 次、1-49 次到 1-501 次谐波叠加，保留谐波次数越高，叠加后得到信号越接近于原波形，符合预期。另外注意到跳变沿会出现急剧变化，这是吉布斯现象，属于正常现象。

2) 离散方波信号的分解与合成

采样间隔为 T/60 时，60 次谐波合成的图像与原采样点完全重合，表明了 DFS 的可逆性；采样间隔为 T/120 时，60 次谐波合成所得信号幅值恰为原信号的 1/2，符合 DFS 的性质。理论上，叠加谐波次数小于周期内采样次数都不能完全还原原信号，结果中采样周期分别为 T/80、T/100、T/120，60 次谐波合成的信号图像符合预期。

3) 周期锯齿波信号的分解和合成

从第 1-7 次、1-30 次、1-50 次到 1-100 次谐波叠加，保留谐波次数越高，叠加后得到信号越接近于原波形，符合预期。另外注意到跳变沿会出现急剧变化，这是吉布斯现象，属于正常现象。

五、 实验思考题

1. 简述连续周期信号频谱的特点。

答：频谱是离散的；每条谱线仅出现在基频整数倍上，各次谐波的振幅随谐波次数增大而减小，且具有收敛性。

2. 简述离散周期信号频谱的特点。

答：离散周期信号的频谱是周期、离散的。频谱是原连续信号频谱的周期延拓，周期等于采样频率的倒数。

3. 以周期矩形脉冲信号为例，分析当信号的周期 T 和脉冲宽度 τ 发生变化的时候，信号的频谱将如何变化？离散型矩形周期信号当采样间隔发生变化时，信号的频谱会如何变化？

答：$\mathrm{F_n}=\frac{E\tau}{T_1}Sa(\frac{n\omega_1\tau}{2})$,τ不变，T 增大，过零点频率不变，谱线越来越宽；T 不变，τ增大，过零点频率变小，谱线幅值增大。

采样周期影响频谱的准确性。采样周期大于$\frac{\mathrm{T}}{2}$时，即不满足奈奎斯特定理时，频谱信息将会丢失。采样间隔越小，频率分辨率越高。