

# 基于信号的傅氏变换及其分析

电信系通信工程 0506 班 彭澍源 012005012314

(说明：红色为原代码，蓝色图形是在 Matlab 环境下画出。)

一 实验目的：会用 **Matlab** 对某些常见的信号做傅氏变换并对其进行适当的分析。

二 实验过程：通过 **plot()** 函数绘出信号，再通过 **cftbyfft()** 作出傅氏变换后的信号，信号原代码老师已给出。

三 实验结果及分析：

## 1. 矩形脉冲函数

信号：**M=8; tend=1; T=10; N=2^M;**

**dt=T/N; n=0:N-1; t=n\*dt;**

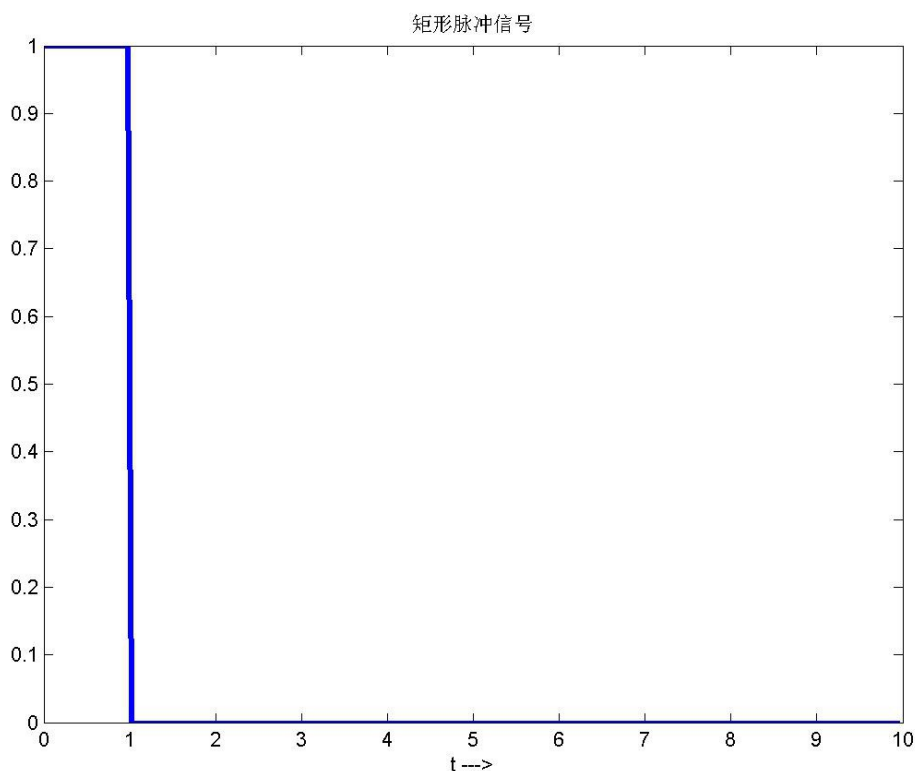
**w=zeros(size(t,2),1);**

**Tow=find((tend-t)>0);**

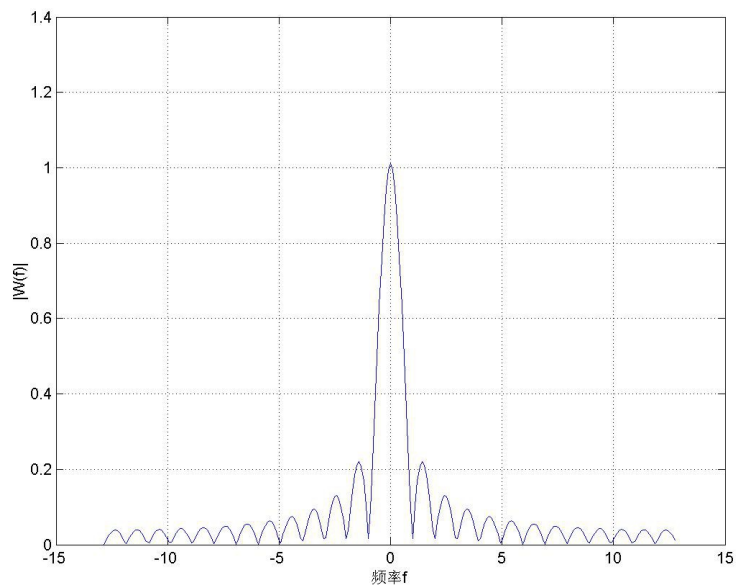
**w(Tow,1)=ones(length(Tow),1);**

**plot(t,w,'b','LineWidth',2.5);title('矩形脉冲信号');xlabel('t --->');**

信号时域图：



傅氏变换后的频谱图形：



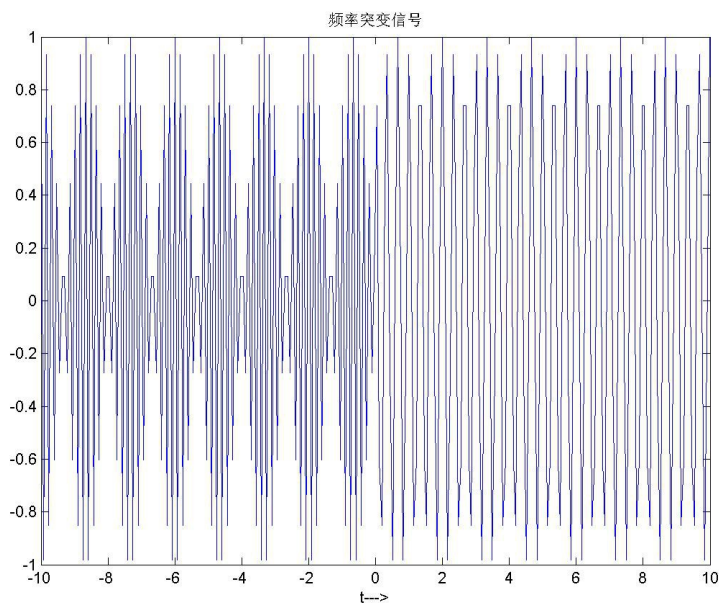
### 实验结果分析：

原信号在  $t$  小于 1 的位置对应的幅值高且恒为 1。在 1 的位置则突变为 0。在频谱图中振幅为 1 的频率分量占了很大比重，然后再加上很小比重的其他频谱分量，因此其频谱成分较为单一。

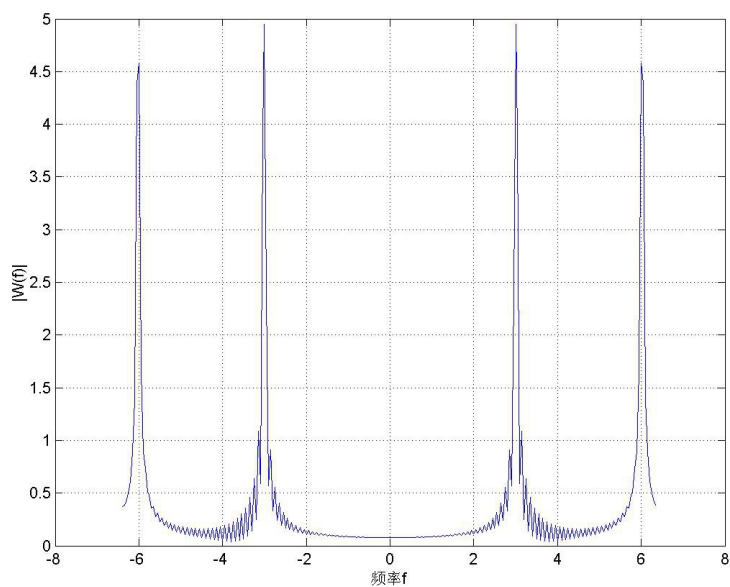
## 2. 频率突变信号

信号：  
`clear;M=8;N=2^M;`  
`t=linspace(-10,10,N);`  
`s1=find(t<.0);`  
`x(s1)=cos(2*pi*6*t(s1));`  
`s2=find(t>=.0);`  
`x(s2)=cos(2*pi*3*t(s2));`  
`plot(t,x); title('频率突变信号');xlabel('t-->');`

信号时域图：



傅氏变换后的频谱图形：



实验结果分析：

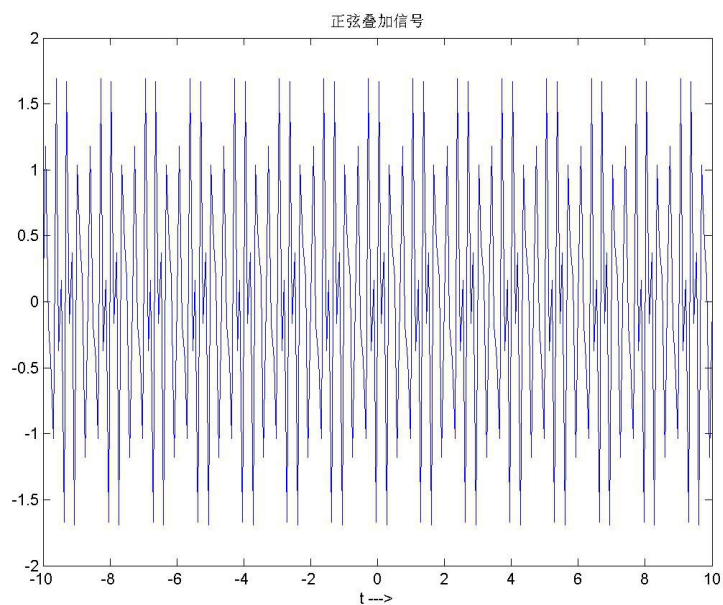
信号在  $t \leq 0$  时较密集，在  $t > 0$  时较疏松，即信号在  $t = 0$  时发生突变，而傅氏变换图在频率为 3 和 6 的地方则有突起。因为傅里叶变换的积分作用体现了突变成份，即任一频率点的谱值是由信号在整个时间域上的贡献决定的；反之，信号在某一时刻的状态也是由频谱在整个频率域上的贡献决定的，时间上的突变会引起频率域上对应于不同频率的突变频谱。

### 3. 正弦叠加信号

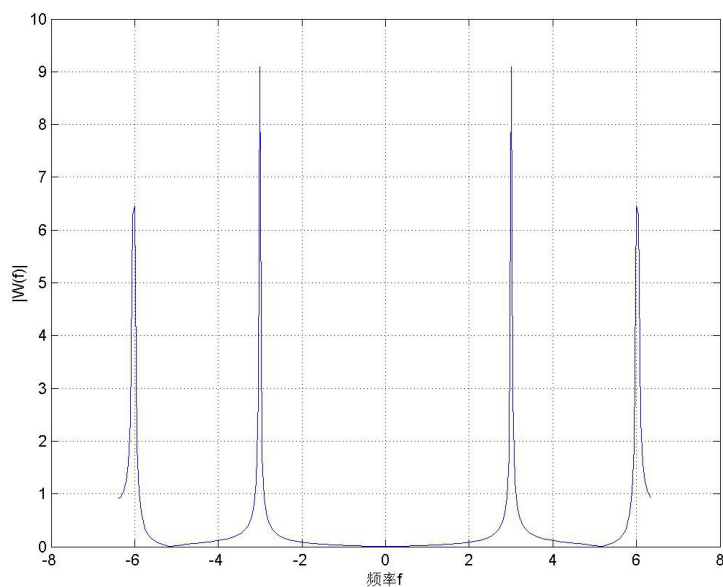
信号：  
`clear; M=8; N=2^M;`  
`t=linspace(-10,10,N);`  
`x1=sin(2*pi*6*t);`

```
x2=sin(2*pi*3*t);  
xx=x1+x2;  
plot(t,xx); title('正弦叠加信号');xlabel('t ---->');
```

信号时域图：



傅氏变换后的频谱图形：



实验结果分析：

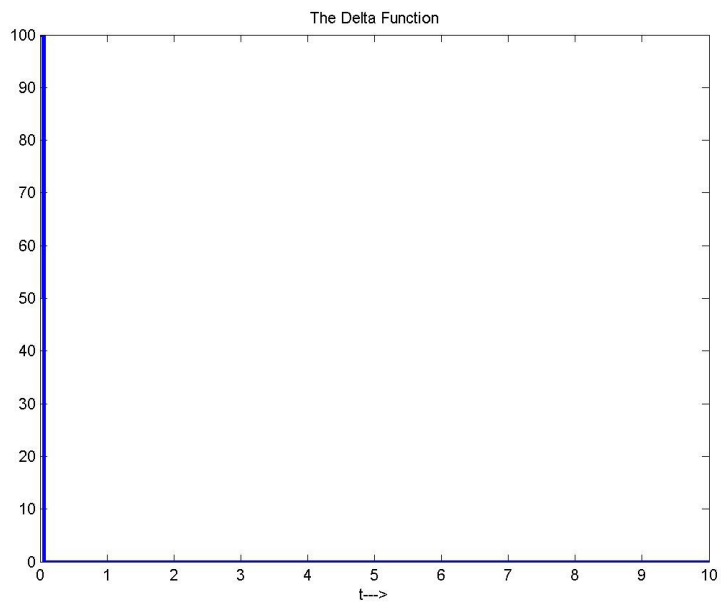
- ❖ 观察正弦叠加信号：频率在 3 和 6 的位置对应的幅值特别高。因此标记出这两个频谱峰值对应的频率分量，正好可以验证信号的频率成份。观察频率突变信号和正弦叠加信号的频谱图可以看出它们虽然有不同的时间过程，但是频谱图却相似，都是在

3 和 6 处有突起。

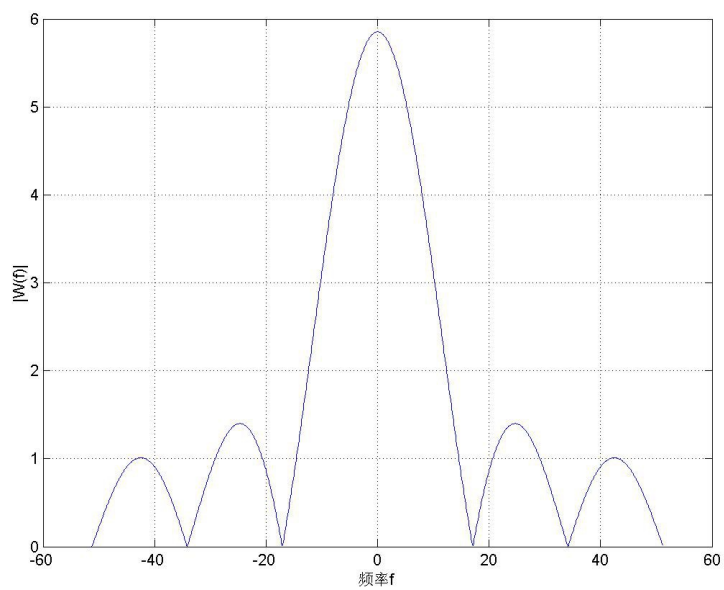
#### 4. 脉冲信号

脉冲信号 1 变换代码：  
`clear; M=10; T=10; N=2^M;  
dt=T/N; n=0:N-1; t=n*dt;  
w=zeros(size(t));  
w(1:6)=100;  
plot(t,w,'b','LineWidth',2.5); title('The Delta  
Function'); xlabel('t-->');`

脉冲信号 1 时域图：



傅氏变换后的频谱图形：



脉冲信号 2 变换代码： `clear;M=10; T=10; N=2^M;`

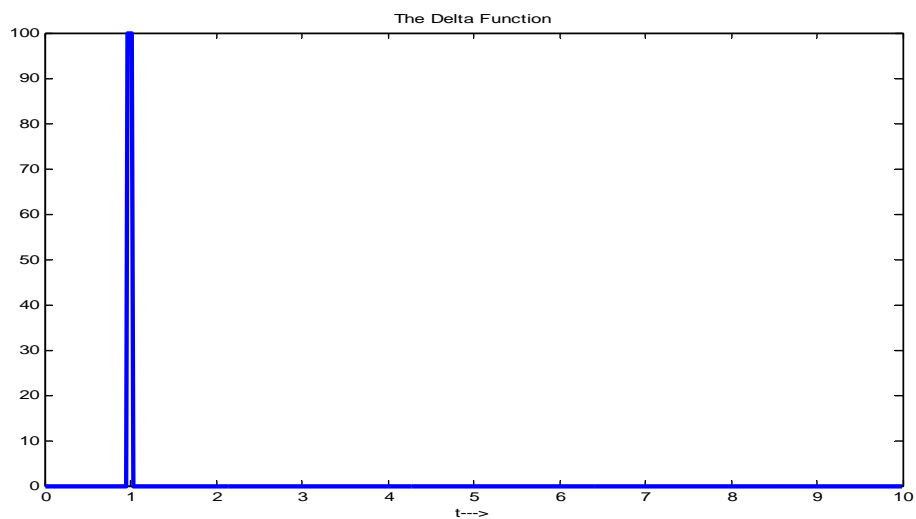
`dt=T/N; n=0:N-1; t=n*dt;`

`w=zeros(size(t));`

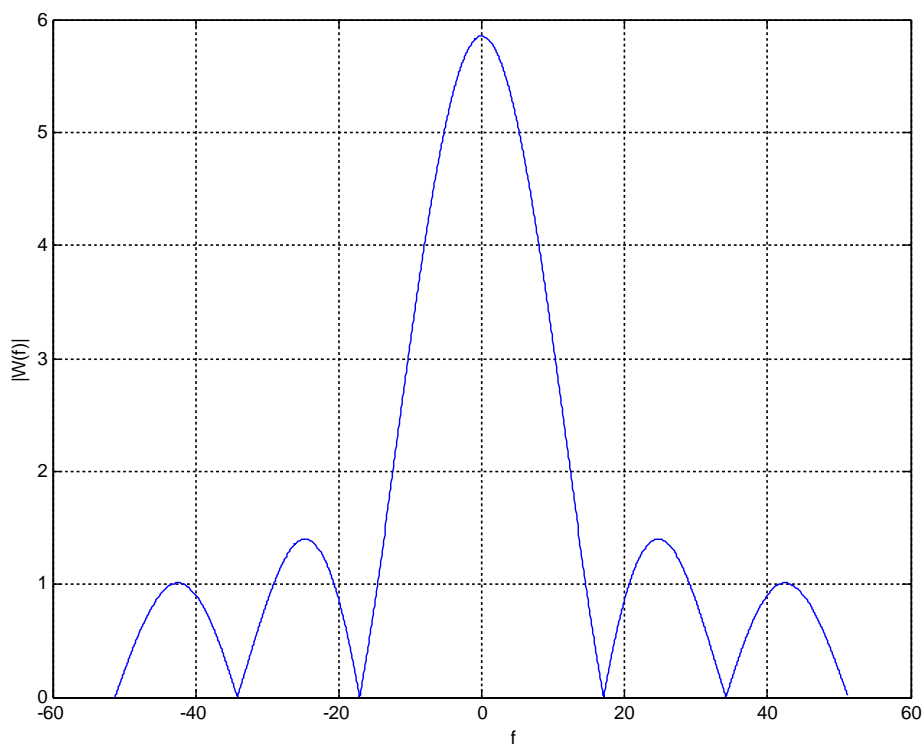
`w(100:105)=100;`

`plot(t,w,'b','LineWidth',2.5);title('The Delta  
Function');xlabel('t-->');`

脉冲信号 2 时域图：



傅氏变换后的频谱图形：



#### 实验结果分析：

在两次不同实验中，时域图不同，但是频谱图却完全相同。因为傅里叶变换的积分作用平滑了突变成份，即任一频率点的谱值是由信号在整个时间域上的贡献决定的；反之，信号在某一时刻的状态也是由频谱在整个频率域上的贡献决定的，时间上的点脉冲具有在频率域上正负无限延伸的均匀频谱，同时也说明在脉冲函数信号中直流分量是主导因素。

#### 5.山形函数信号

变换代码： **clear; M=10; N=2^M;**

**t=linspace(-10,10,N);**

**mtn=zeros(size(t));**

**s1=find(t>=-1&t<0);**

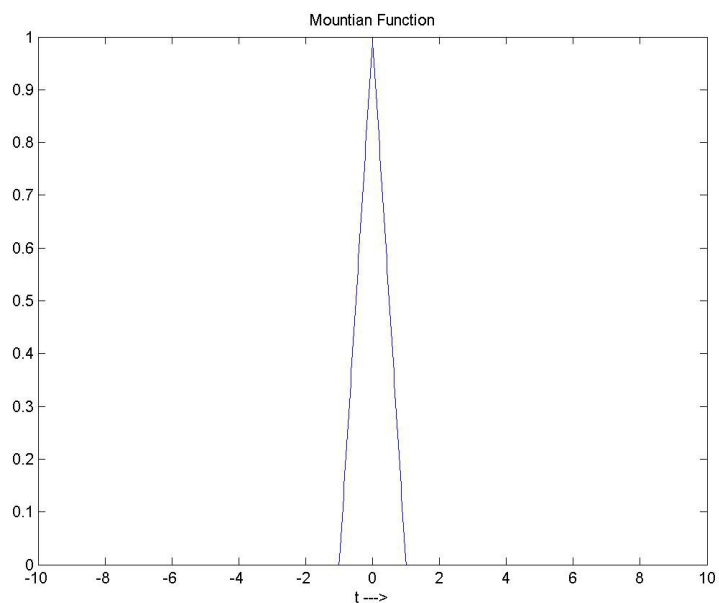
**mtn(s1)=1+t(s1);**

**s2=find(t>0&t<=1);**

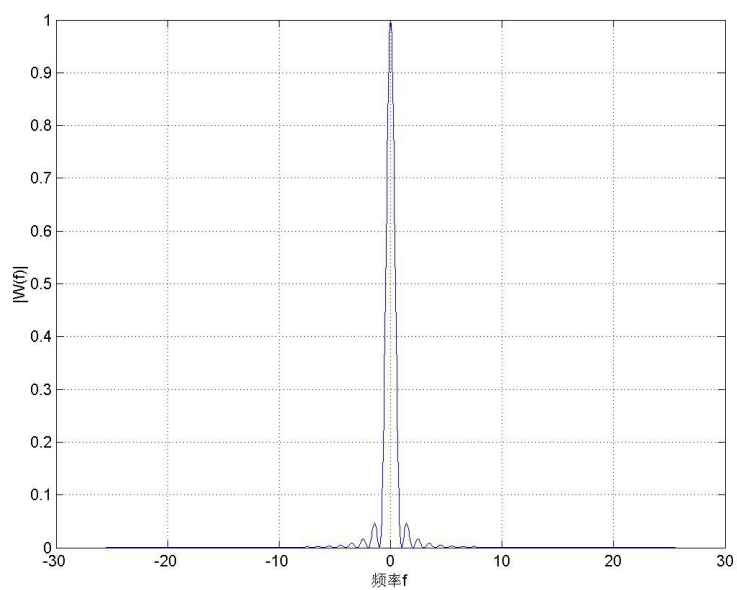
**mtn(s2)=1-t(s2);**

**plot(t,mtn); title('Mountian Function');xlabel('t --->');**

山形函数信号时域图：



傅氏变换后的频谱图形：



实验结果分析：

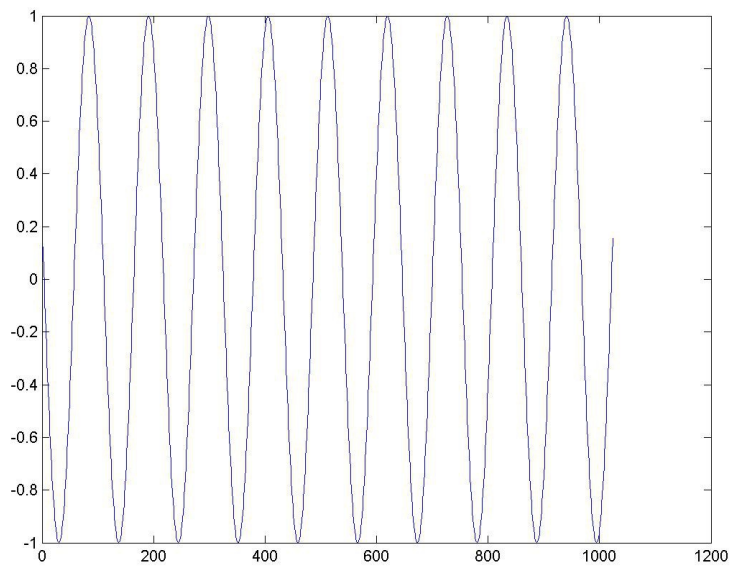
时域  $t$  在 0 的位置对应的幅值特别高。而频谱图中频率为 0 的幅值也特别高，与此相似，无非常大的变化，在其余地方的分量几乎可忽略不计。说明在山形函数信号中直流分量占主导地位。

## 6. 余弦函数信号

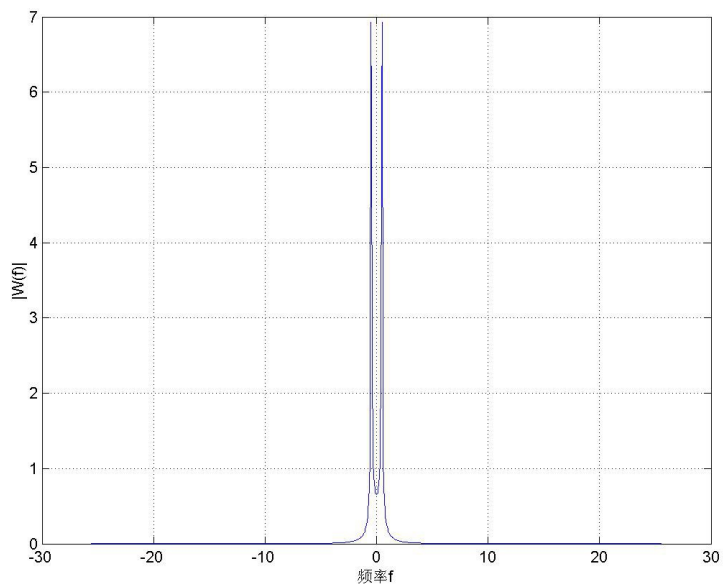
变换代码：  
`clear; M=10; N=2^M;`  
`t=linspace(-10,10,N);`  
`xcos=cos(3*t);`

余弦函数信号时域图：





傅氏变换后的频谱图形：



实验结果分析：

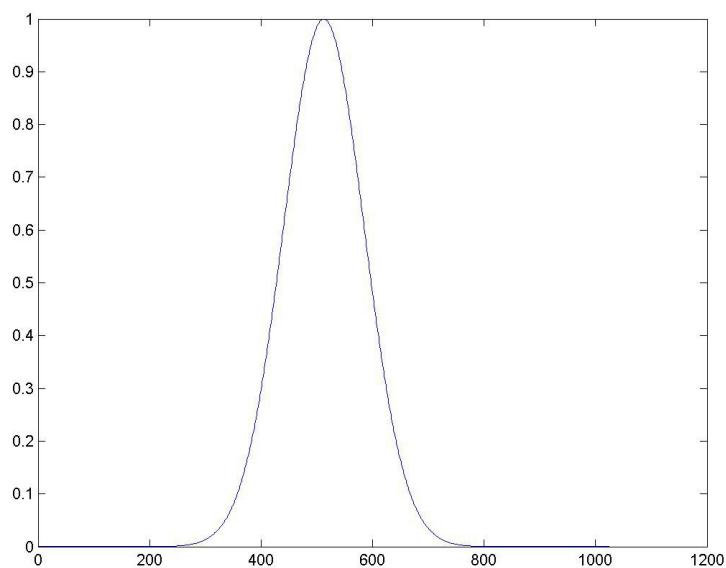
在时域图中， $t$  变化时，图象周期变化，但是幅值在 -1 和 1 之间，而在频谱图中，频率分量集中在 -1 和 1 两处。说明周期余弦函数信号对应着简单的频域变换。

## 7. 高斯函数信号

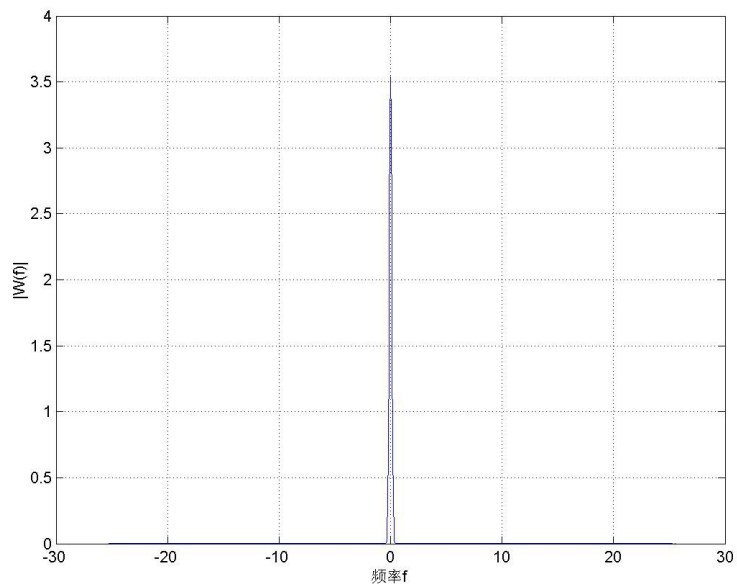
变换代码：  
`clear; M=10; N=2^M;`  
`t=linspace(-10,10,N);`  
`a=1/4;`

**$g = \exp(-a \cdot t.^2);$**

高斯函数信号时域图：



傅氏变换后的频谱图形：



实验结果分析：

高斯函数分布为正态分布，只有单峰值。所以在频谱图中，只有频率为 0 的地方具有最大幅值。说明超出一定范围时域的小概率事件基本不会发生。越是时域幅值高的地方，事件发生的可能性越大。

## 8.阶跃信号和符号函数信号

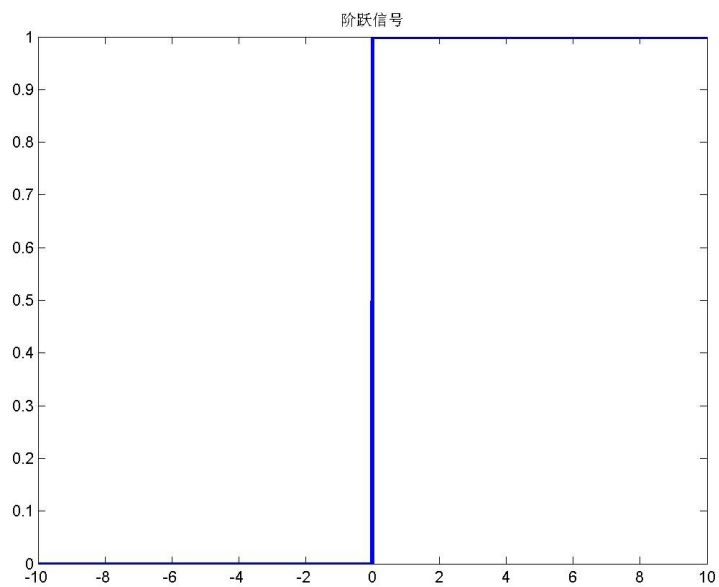
阶跃信号变换代码： **$\text{clear}; M=10; N=2^M;$**

```

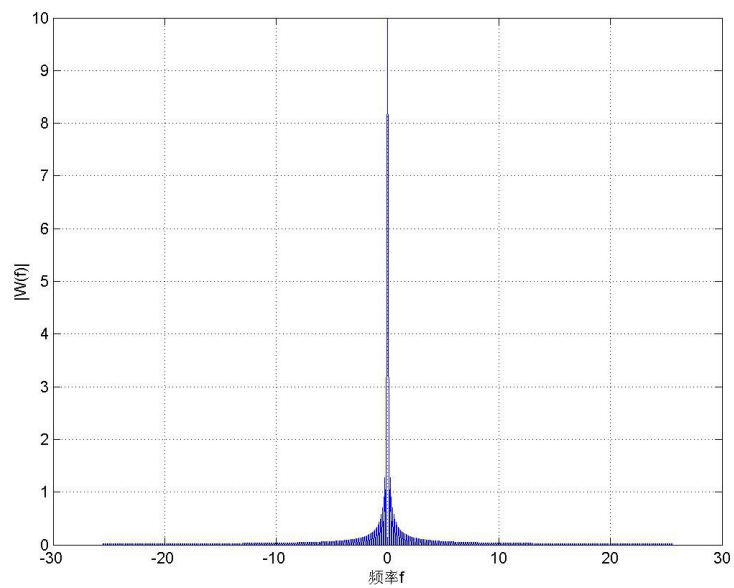
t=linspace(-10,10,N);
x=zeros(size(t));
s=find(t>=0);
x(s)=ones(1,length(s));
plot(t,x,'LineWidth',2.5); title('阶跃信号');

```

阶跃信号时域图：



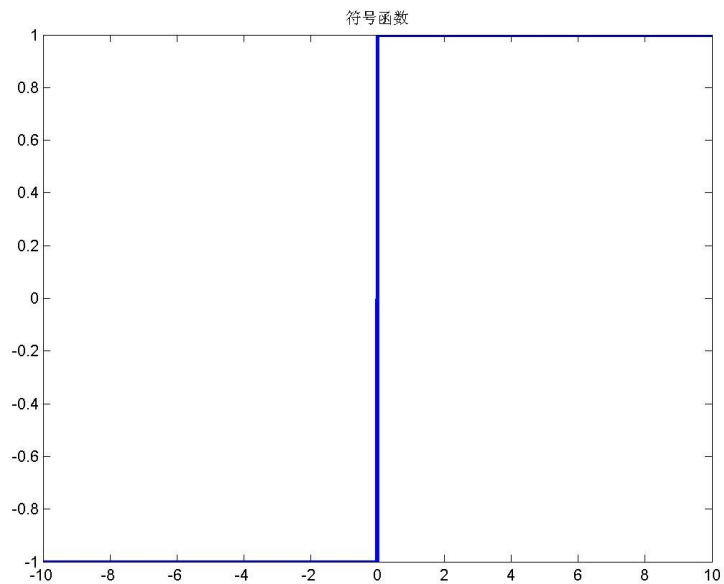
傅氏变换后的频谱图形：



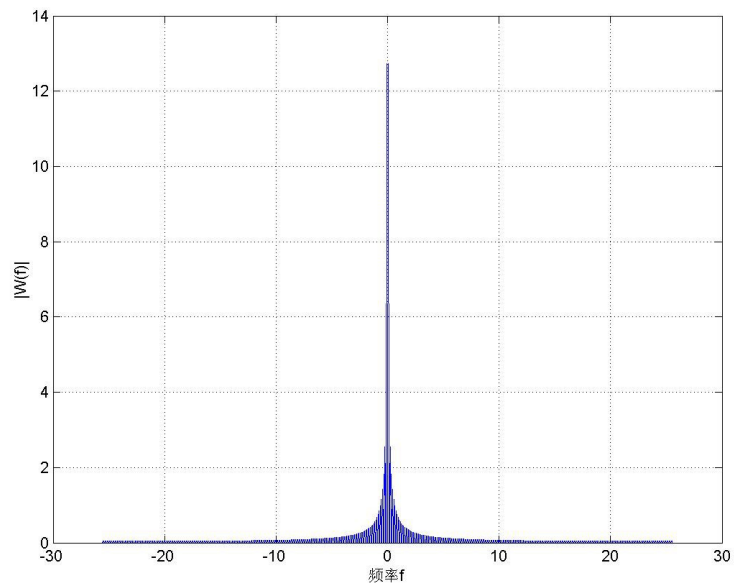
符号函数信号变换代码：  
**clear; M=10; N=2^M;**  
**t=linspace(-10,10,N);**  
**s1=find(t<0);**

```
sgn(s1)=-ones(size(s1));  
s2=find(t>=0);  
sgn(s2)=ones(size(s2));  
plot(t,sgn,'LineWidth',2.5); title('符号函数');
```

符号函数信号时域图：



傅氏变换后的频谱图形：



实验结果分析：

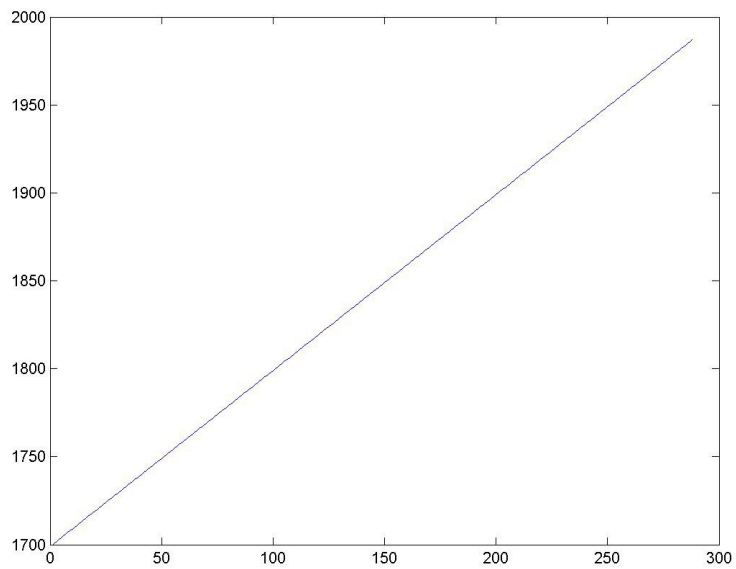
符号函数信号和阶跃信号时域图基本一样，只是阶跃幅值是  $0 \sim 1$ ，而符号信号则是  $-1 \sim 1$ ，两者在  $t=0$  时都有突变现象的发生，故频率在  $0$  时有最高的幅值。又两者的信号宽度未变，只是在虚轴上不同，因此

两者频谱图相似。（仅峰值不同）

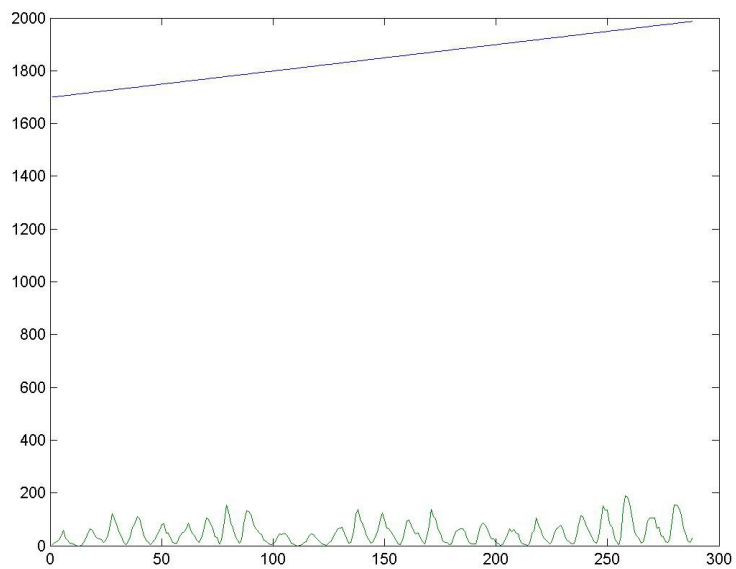
## 9.太阳黑子活动

数据载入及变换代码：**load sunspot.dat**  
**year=sunspot(:,1);**  
**wolfer=sunspot(:,2);**

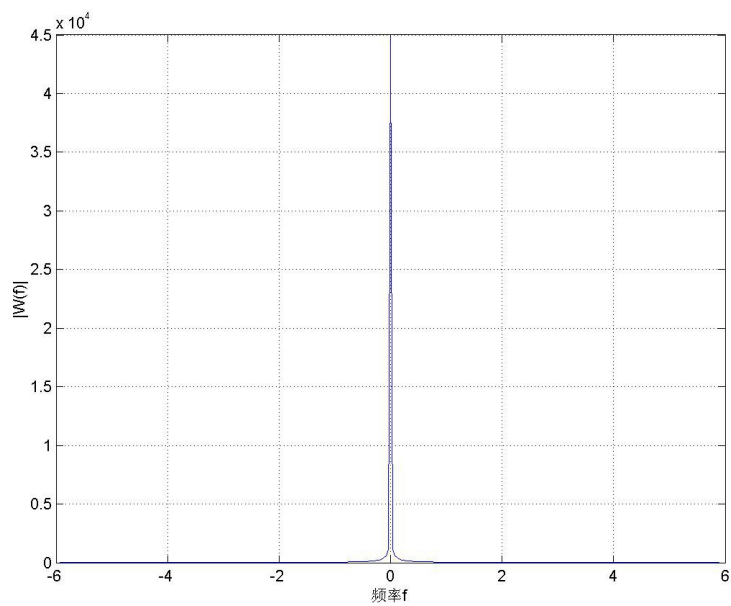
年份 year 图：



太阳黑子时域图：



傅氏变换后的频谱图形：



### 实验结果分析：

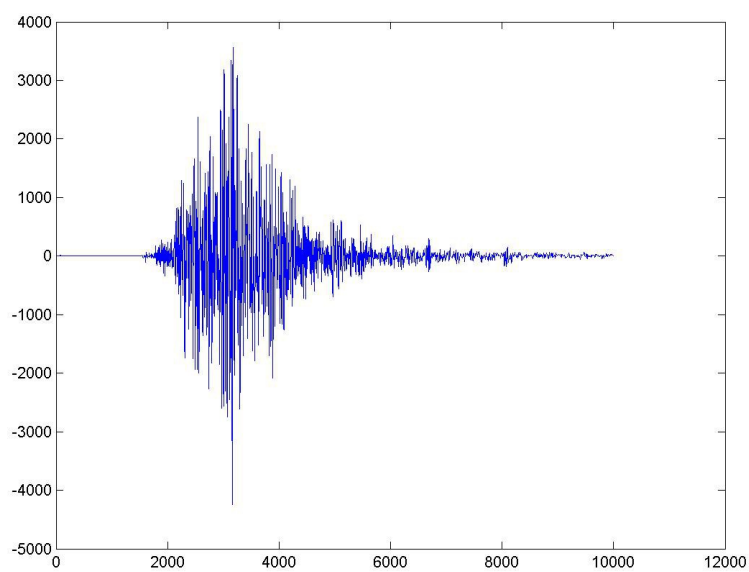
太阳黑子时域图可以看出其变化比较平稳，周期长。其傅氏变换后的图形可以看出在频率为 0 时有最高的峰值。其他频率则基本没有，因为时域变换的平稳使频域呈现归一化。

## 10.地震数据

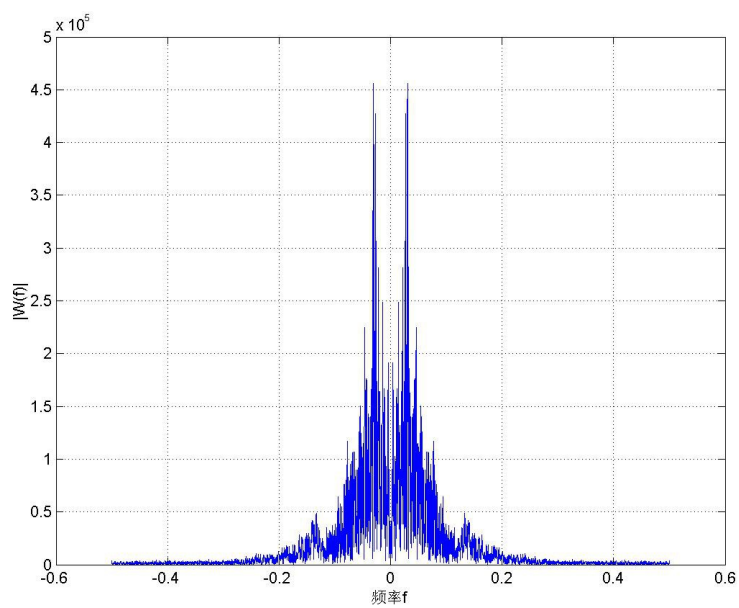
数据载入及变换代码：`load quake;`  
`cftbyfft(e,1:length(e));`

数据载入：

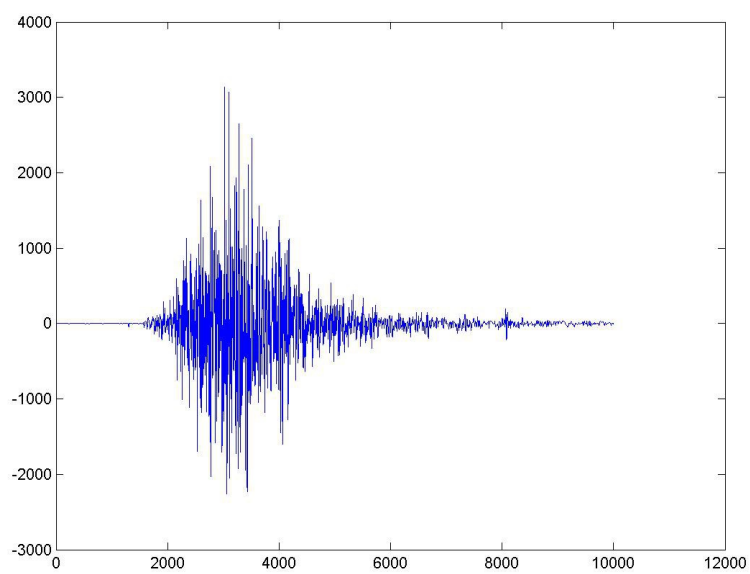
e 时域图：



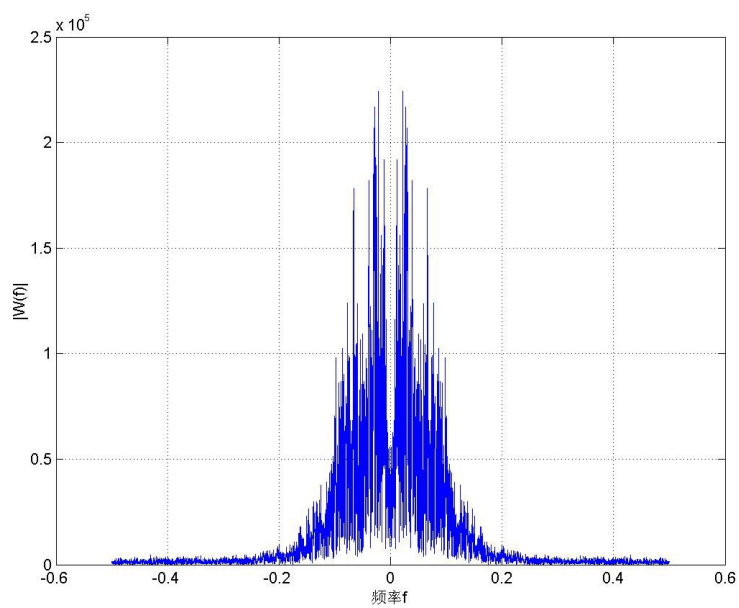
傅氏变换后的频谱图形：



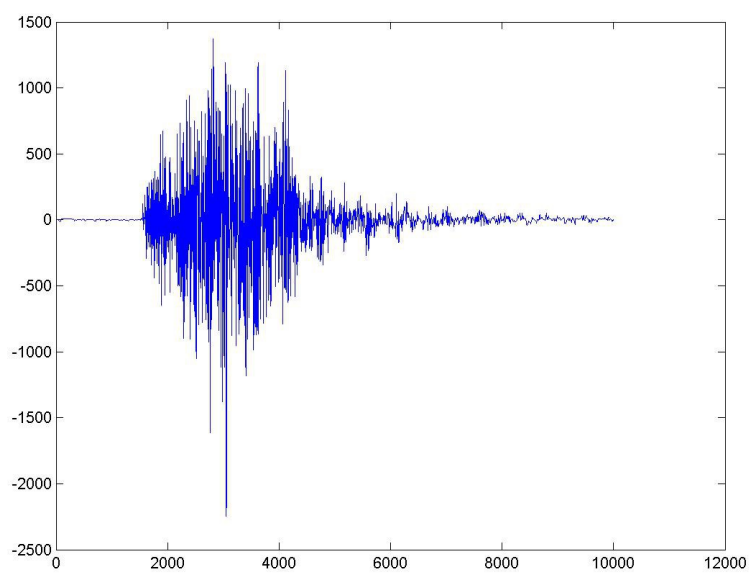
N 时域图:



傅氏变换后的频谱图形:

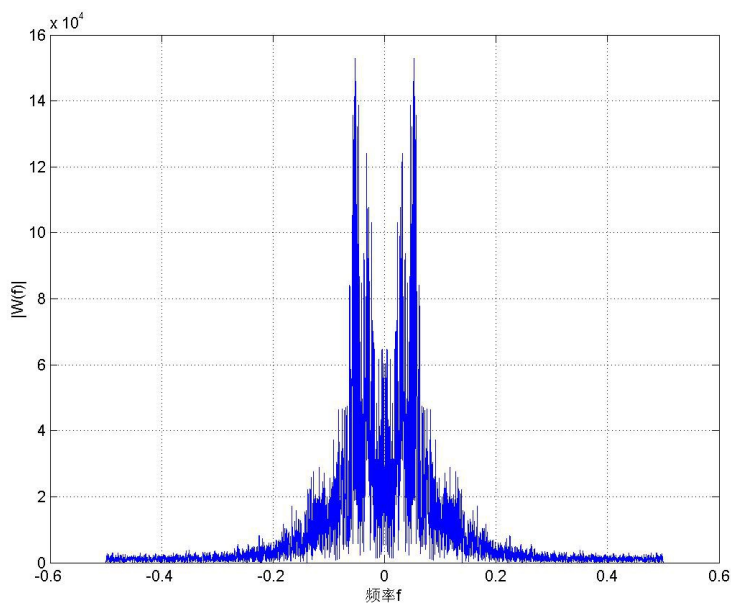


V 时域图:



傅氏变换后的频谱图形:





### 实验结果分析：

三组数据的时域图相似，其傅氏变换后的频谱图也相似。虽幅值不同，但时域图上均在 3000 处有最大峰值，而纵观三幅频谱图，可以看出在频率为-0.05 和 0.05 出有最高的峰值，且此峰值即是地震引起建筑产生共振的值。

### 实验思考：

上分析可以看出，傅里叶变换的积分作用能平滑突变成份，使时间上的点脉冲具有在频率域上正负无限延伸的均匀频谱。某些简单函数有简单的傅氏变换。当函数均匀时，其最大频率分量出现在 0 处或者其附近。而对于具有相似时域图的信号，它们也具有相似的频谱图形，不同之处仅仅在于峰值的不同。