

## 实验二 信号的频域分析

### 一、[实验目的]

- 1.熟悉非周期信号频谱的特点及傅里叶变换的数值计算方法;
- 2.掌握根据信号频谱图,求解信号带宽的方法;
- 3.利用信号的频谱分析理解多路信号的 FDM 频分复用;
- 4.观察信号时移对应的频域变化。

### 二、[实验原理]

非周期信号的频谱可用数值积分的方法来计算, 对一个实时间信号取傅氏变换, 若变换存在并且为一个  $\omega$  的显函数, 就可以画出相应的幅频相频特性曲线。但当信号表达式比较复杂, 或只有信号的采集样本时, 要计算其傅氏变换并对信号进行频谱分析, 就不那么容易了。这时可以采用数值计算的方法来近似计算, 这种方法就是用求和的方法近似积分的计算。

$$F(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt$$

$$\text{即: } F(\omega(n)) \approx \sum_{k=1}^{\text{length}(t)} f(k)e^{-j\omega(n)t(k)} \Delta t$$

式中  $t(k)$  称作  $t$  的第  $k$  个样本值 (时间离散化), 相应  $f(k)$  称作  $f(t)$  的第  $k$  个样本值。  $\Delta t$  就是  $t$  的两个相邻样本值的间隔。只要  $\Delta t$  足够小,  $f(t)$  的样本点数足够多, 就会有很好的近似。

例 2.1 试用数值积分方法近似计算门宽为  $\tau=1$ , 幅度为 1 的门函数 (矩形脉冲信号) 的频谱。

[解] 门宽为  $\tau=1$ , 幅度为 1 的门函数, 如图 2-1 所示

门函数的频谱理论值为:  $F(j\omega) = \tau \text{Sa}\left(\frac{\omega\tau}{2}\right) = \text{Sa}\left(\frac{\omega}{2}\right)$

利用 MATLAB 数值积分的方法计算频谱的程序及运行结果如下:

第一步: 编写频谱计算函数 sig\_spec\_w

function fw=sig\_spec\_w(ft,t,dt,w)

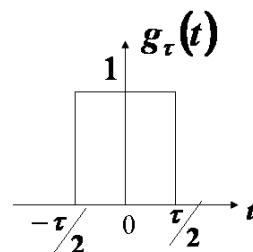


图 2-1 门信号

%ft为待计算频谱的时域信号

%t为时间向量

%dt为时域信号的采样间隔

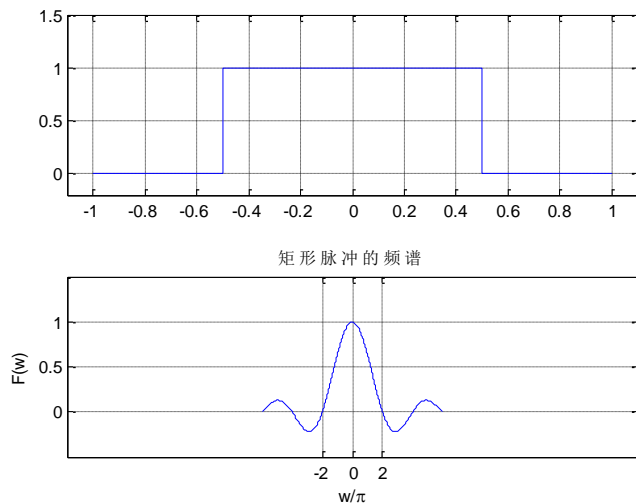
%w为待观察的以rad/s为单位的频率向量

%fw为相应频率的频谱值

**第二步：调用函数 sig\_spec\_w 求**

**解非周期信号的频谱**

```
clc,clear,close all
dt=0.001;
%采样时间间隔，即步长；
t=-1:dt:1;
g=1.*((t>=-0.5)-(t>=0.5));
%时限信号 f1(t)的表示
dw=0.01; w=-6*pi:dw:6*pi;
fw=sig_spec_w(g,t,dt,w);
subplot(211)
plot(t,g)
subplot(212)
plot(w/pi,fw), grid on
title('矩形脉冲的频谱');
xlabel('w/pi'); ylabel('F(w)');
axis([min(w)-0.1,max(w)+0.1,min(fw)-0.5,max(fw)+0.5]),
set(gca,'xtick',[-2 0 2]);
%标出第一零点的位置,以 rad/s 为单位
grid on
```



### 三、[实验内容]

1. 编写上述原理中的频谱计算函数sig\_spec。

2. 计算并绘制信号  $f(t) = Sa(t)$  的频谱图。

**问题1：** 你所绘制的频谱图与理论的频谱图相比，带宽是否一致？图形为什么带有波纹？如何减小误差？

3. 已知信号  $f(t) = Sa(t)$ ，若用频率为 4rad/s、8rad/s 的余弦载波信号实现两路信号的 FDM 频分复用信号  $s(t) = Sa(t) \cdot \cos(4t) + Sa(t) \cdot \cos(8t)$ ，要求编程画出 FDM 频分复用信号的时域波形和频谱图。

**提示：** 在计算 FDM 信号的频谱时，为提高运算速度，可视两路调制信号频谱搬移的具体情况，确定频率 w 的起始点。

**问题2:** 说明FDM信号的时域波形和频域波形是否混叠在了一起？如何取出两路信号  $f(t) = Sa(t)$  ？在频域还是时域实现？

4. 设计实验观察信号时移所对应的频域的变化：

已知信号  $g_2(t) \leftrightarrow 2Sa(\omega)$  及其移位信号  $g_2(t-1) \leftrightarrow 2Sa(\omega)e^{-j\omega}$ ，编程绘制信号  $g_2(t)$  及其移位信号的  $g_2(t-1)$  的幅度谱和相位谱。

提示：用 `plot(w,abs(FW))`和`plot(w,angle(FW))` 绘制信号FW的幅度谱和相位谱。

**问题3:** 比较信号及其移位信号的频谱，说明信号时移所对应的幅度谱和相位谱和原信号相比，有无改变？

**问题4:** 说明如何从  $g_2(t)$  和  $g_2(t-1)$  的相位谱的关系读出信号的时移时间？

**问题5:** 根据移位信号  $g_2(t-1)$  的相位谱，说明信号的所有频率分量是否对应相同的时移？

## 四、[实验报告]

1.完成实验相关内容及相应的 MATLAB 源程序；

2.思考题

(1) 非周期信号频谱的特点是什么？

(2) 如何根据连续信号的频谱图计算信号的带宽？