

实验一 常用信号的表示

一、实验目的

掌握使用 MATLAB 的信号工具箱来表示常用信号的方法。

二、实验环境(设备与仪器)

装有 MATLAB6.5 或以上版本的 PC 机。

三、背景知识

1. MATLAB 信号处理工具箱是一个建立在 MATLAB 数值计算环境上的工具集合，它在波形生成、滤波器的设计、参数模型以及频谱分析中有着广泛的运用。MATLAB 包含了大量的进行信号处理的工具箱函数。

2. 工具箱中的信号产生函数

函数名	功能	函数名	功能
sawtooth	产生锯齿波或三角波信号	pulstran	产生冲激串
square	产生方波信号	rectpuls	产生非周期性的方波信号
sinc	产生 sinc 函数波形	tripuls	产生非周期性的三角波信号
chirp	产生调频余弦信号	diric	产生 Dirichlet 或周期 sinc 函数
gauspuls	产生高斯正弦脉冲信号	gmonopuls	产生高斯单脉冲信号
vco	电压控制振荡器		

四、实验内容

1. 周期性方波信号 square

调用格式: `x=square(t,duty)`

功能: 产生一个周期为 2π 、幅度为 ± 1 的周期性方波信号。其中 `duty` 表示占空比, 即在信号的一个周期中正值所占的百分比。

例 1: 产生频率为 40Hz, 占空比分别为 25%、50%、75% 的周期性方波。如图 1-1 所示。

```
clear; % 清空工作空间内的变量
td=1/100000;
t=0:td:1;
x1=square(2*pi*40*t,25); x2=square(2*pi*40*t,50); x3=square(2*pi*40*t,75); % 信号函数的调用
subplot(311); % 设置 3 行 1 列的作图区, 并在第 1 区作图
plot(t,x1);
title('占空比 25%'); axis([0 0.2 -1.5 1.5]); % 限定坐标轴的范围
subplot(312); plot(t,x2);
```

```
title('占空比 50%'); axis([0 0.2 -1.5 1.5]);
subplot(313); plot(t,x3);
title('占空比 75%'); axis([0 0.2 -1.5 1.5]);
```

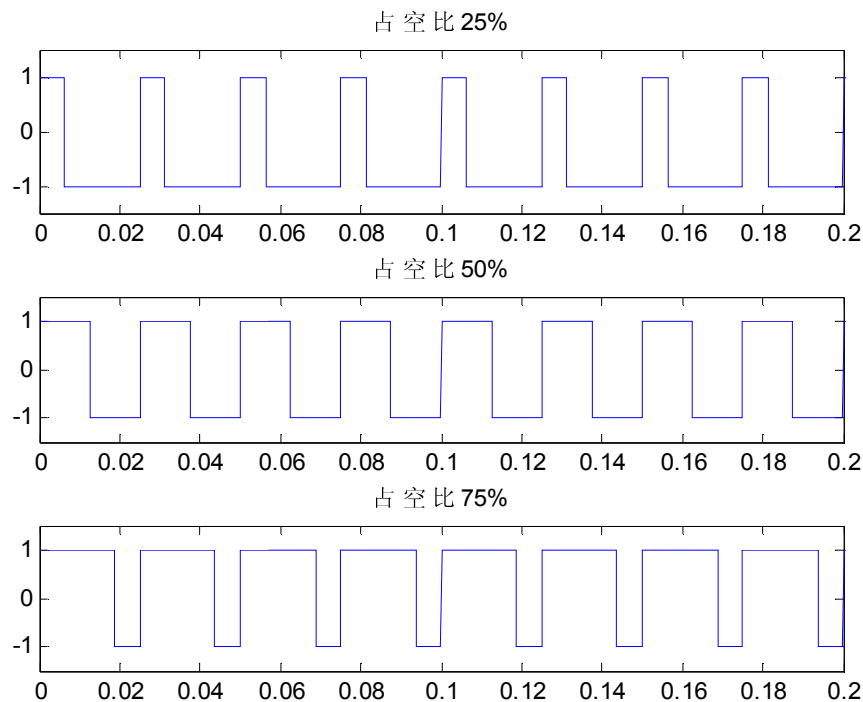


图 1-1 周期性方波

2. 非周期性矩形脉冲信号 rectpuls

调用格式: `x=rectpuls(t,width)`

功能: 产生一个幅度为 1、宽度为 `width`、以 `t=0` 为中心左右对称的矩形波信号。该函数横坐标范围同向量 `t` 决定, 其矩形波形是以 `t=0` 为中心向左右各展开 `width/2` 的范围。`Width` 的默认值为 1。

例 2: 生成幅度为 2, 宽度 $T=4$ 、中心在 $t=0$ 的矩形波 $x(t)$ 以及 $x(t-T/2)$ 。如图 1-2 所示。

```
t=-4:0.0001:4;
T=4;                                % 设置信号宽度
x1=2*rectpuls(t,T);                  % 信号函数调用
subplot(121); plot(t,x1);
title('x(t)'); axis([-4 6 0 2.2]);
x2=2*rectpuls(t-T/2,T);              % 信号函数调用
subplot(122); plot(t,x2);
title('x(t-T/2)'); axis([-4 6 0 2.2]);
```

3. 抽样信号 sinc

调用格式: `x=sinc(x)`

功能: 产生一个抽样函数, 其值为 $x/\sin x$ 。

例 3: 生成抽样信号 $Sa(at)(a=2\pi)$, 如图 1-3 所示。

```
clear;                                % 清理变量
t=-1:0.001:1;
```

```

y=sinc(2*pi*t);           % 信号函数调用
plot(t,y);
xlabel('时间 t'); ylabel('幅值(y)');
title('抽样信号');

```

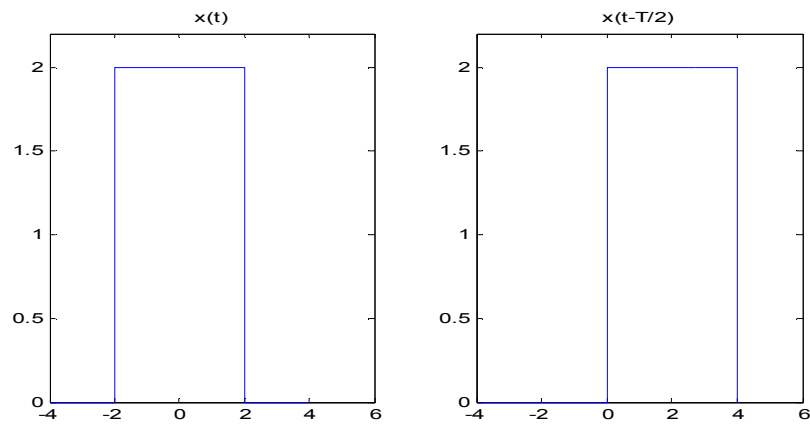


图 1-2 非周期性方波

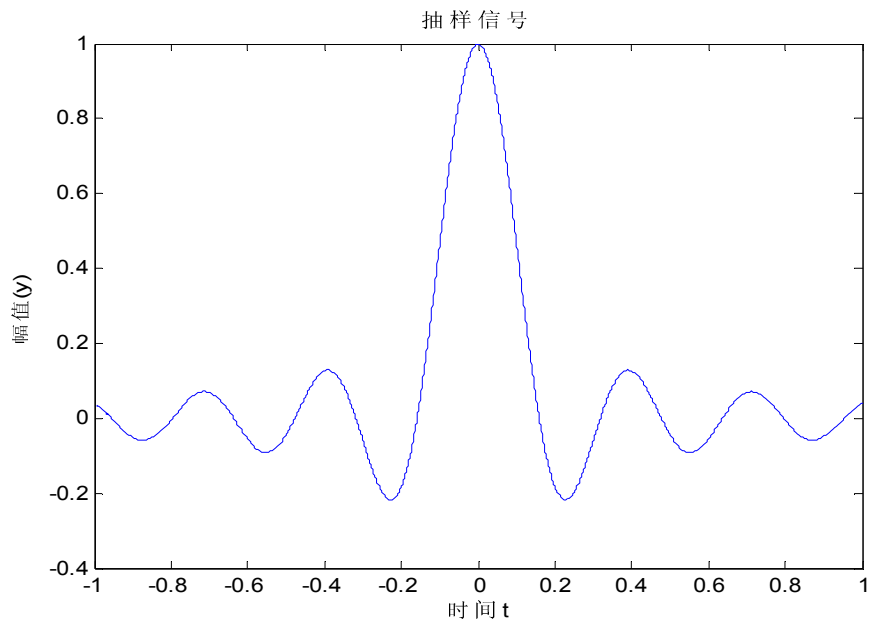


图 1-3 抽样信号

五、练一练

用 MATLAB 信号工具箱中的 `pulstran` 函数产生冲激串的信号。

实验二 信号的 Fourier 分析

一、实验目的

- 1) 通过计算周期方波信号的 Fourier 级数, 进一步掌握周期信号 Fourier 级数的计算方法。
- 2) 通过求解非周期方波信号的 Fourier 变换, 进一步掌握非周期信号 Fourier 变换的求解方法。

二、实验环境(设备与仪器)

装有 MATLAB6.5 或以上版本的 PC 机。

三、背景知识

1. 周期信号的 Fourier 级数

设周期信号 $x(t)$ 的基本周期为 T_1 , 且满足狄里克利条件, 其 Fourier 级数的系数为

$$a_k = \frac{1}{T_1} \int_{-T_1/2}^{T_1/2} x(t) e^{-jk\omega_0 t} dt$$

。对于周期信号往往只针对一个主周期分析, 假设 $x_1(t)$ 为 $x(t)$ 的主周期, 则

$$a_k = \frac{1}{T_1} \int_{-T_1/2}^{T_1/2} x_1(t) e^{-jk\omega_0 t} dt$$

。那么 Fourier 级数为 $x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} a_k e^{jk\omega_0 t}$ 。

2. 非周期信号的 Fourier 变换

对非周期连续时间信号的 Fourier 分析采用数值计算的方法, MATLAB 常用快速 Fourier 变换函数 `fft()` 来求解。

四、实验内容

1. 连续时间周期方波信号及其傅里叶级数计算的程序代码, 其结果如图 2-1 所示。

```
dt = 0.001; % 时间变量变化步长
T = 2; % 定义信号的周期
t = -4:dt:4; % 定义信号的时间变化范围
w0 = 2*pi/T; % 定义信号的频率
x1 = rectpuls(t-0.5-dt,1); % 产生 1 个周期的方波信号
x = 0;
for m = -1:1 % 扩展 1 个周期的方波信号
    x = x + rectpuls((t-0.5-m*T-dt),1); % 产生周期方波信号
end
subplot(221);
plot(t,x);
axis([-4 4 0 1.1]); % 设定坐标变化范围
title('周期方波信号')
N = 10; % 定义需要计算的谐波次数为 10
for k = -N : N
    ak(N+1+k) = x1 * exp(-j*k*w0*t) * dt/T; % 求得 Fourier 系数 ak
end
k = -N:N;
subplot(212);
stem(k,abs(ak),'k.');
```

% 绘制幅度谱

```
title('傅里叶级数');
```

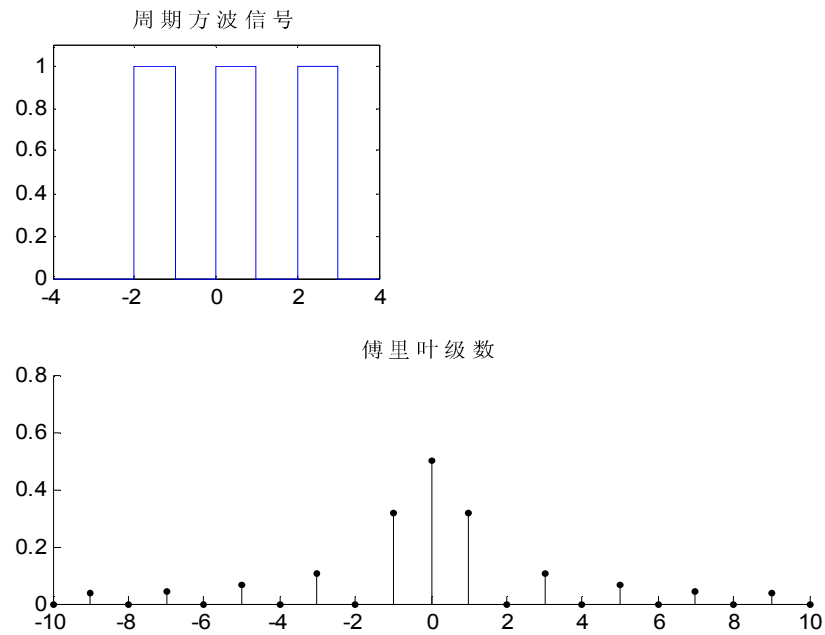


图 2-1 连续时间周期方波信号及其 Fourier 级数

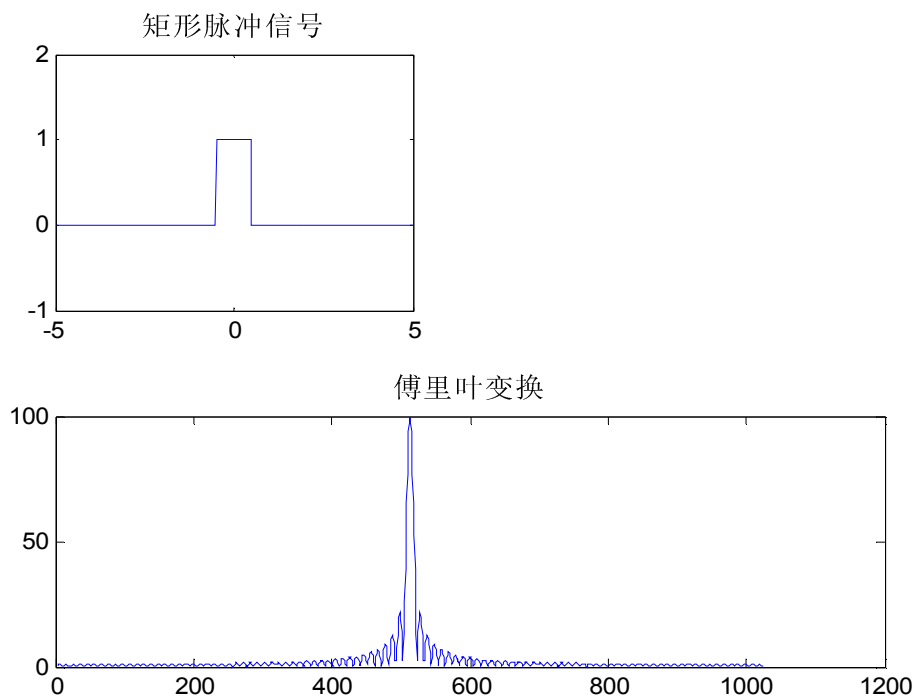


图 2-2 非周期连续时间信号及其 Fourier 变换

2. 非周期连续时间信号及其 Fourier 变换的程序代码，其结果如图 2-2 所示。

```
width=1;
t=-5:0.01:5;
y=rectpuls(t,width);           % 矩形脉冲信号
subplot(221);
plot(t,y);
```

```
ylim([-1 2]);           % 限定 y 坐标的范围
title('矩形脉冲信号');
Y=fft(y,1024);          % 快速 Fourier 变换
Y1=fftshift(Y);         % 将频谱分量集中
subplot(212);
plot(abs(Y1));
title('傅里叶变换');
```

五、练一练

试用 MATLAB 中的 `fft` 函数计算周期方波信号的 Fourier 级数。将此结果与上述方法的计算结果进行比较，看有什么不同，并说明原因（提示：考虑引入冲激函数）。

实验三 调幅信号及其功率谱计算

一、实验目的

- 1) 通过计算 AM 调制信号，进一步熟悉并掌握 AM 的调制过程。
- 2) 通过对 AM 调制信号的功率谱计算，进一步熟悉并掌握 AM 调制信号的功率谱计算方法。

二、实验环境(设备与仪器)

装有 MATLAB6.5 或以上版本的 PC 机。

三、背景知识

1. AM 调制信号的计算

设基带模拟信号的时域表达式为 $m(t) = \sqrt{2} \cos 2\pi t$ ，直流偏移量 $A_0 = 2$ ，载波时域表达式为 $s(t) = \cos 20\pi t$ ，则 AM 调制信号的时域表达式为 $s_{AM} = (A_0 + \sqrt{2} \cos 2\pi t) \cos 20\pi t$ 。

2. 功率谱密度的计算

根据功率谱密度的计算公式，对于周期信号， $PSD = |F(\omega)|^2 / T$ ，式中 $F(\omega)$ 为 AM 调制信号的频域表达式(频谱)， T 为调制信号的周期。需要注意的是，对于 $F(\omega)$ ，这里采用快速 Fourier 变换求解。

四、实验内容

1. AM 调制信号及其功率谱计算的程序代码及注释说明

```
% AM 基带信号
dt=0.001;           % 采样时间间隔
fs=1;               % 基带信号频率
fc=10;              % 载波频率
T=5;                % 调制信号的时间长度
N=T/dt;              % 采样点总数
t=[0:N-1]*dt;        % 采样时间变量
mt=sqrt(2)*cos(2*pi*fs*t); % 基带信号时域表达式

% AM 调制信号
A0=2;                % 直流偏移量
s_AM=(A0+mt).*cos(2*pi*fc*t); % AM 调制信号

% PSD 计算
[X]=fft(s_AM);       % 对 AM 调制信号进行快速 Fourier 变换
[Y]=fft(mt);          % 对基带信号进行快速 Fourier 变换
PSD_X=(abs(X).^2)/T;  % 根据功率谱密度公式计算 AM 调制信号的 PSD
PSD_Y=(abs(Y).^2)/T;  % 根据功率谱密度公式计算基带信号的 PSD
PSD_Y=fftshift(PSD_Y); % 将零频分量移到频谱的中心位置
PSD_X_dB = 10*log10(PSD_X); % 将功率化为以 dB 为单位
PSD_Y_dB = 10*log10(PSD_Y); % 将功率化为以 dB 为单位
f=[-N/2:N/2-1]*2*fc/N; % 设置频率变量
```

```

% 绘图输出
subplot(311);
plot(t,s_AM); hold on;
plot(t,A0+mt,'r--');
title('AM 调制信号及其包络');

subplot(312);
plot(f,PSD_Y_dB); hold on;
axis([-2*fc 2*fc 0 max(PSD_Y_dB)]);
title('基带信号的 PSD(dB)');

subplot(313);
plot(f,PSD_X_dB); hold on;
axis([-2*fc 2*fc 0 max(PSD_X_dB)]);
title('AM 调制信号的 PSD(dB)');

```

2. AM 调制信号及其功率谱的计算结果

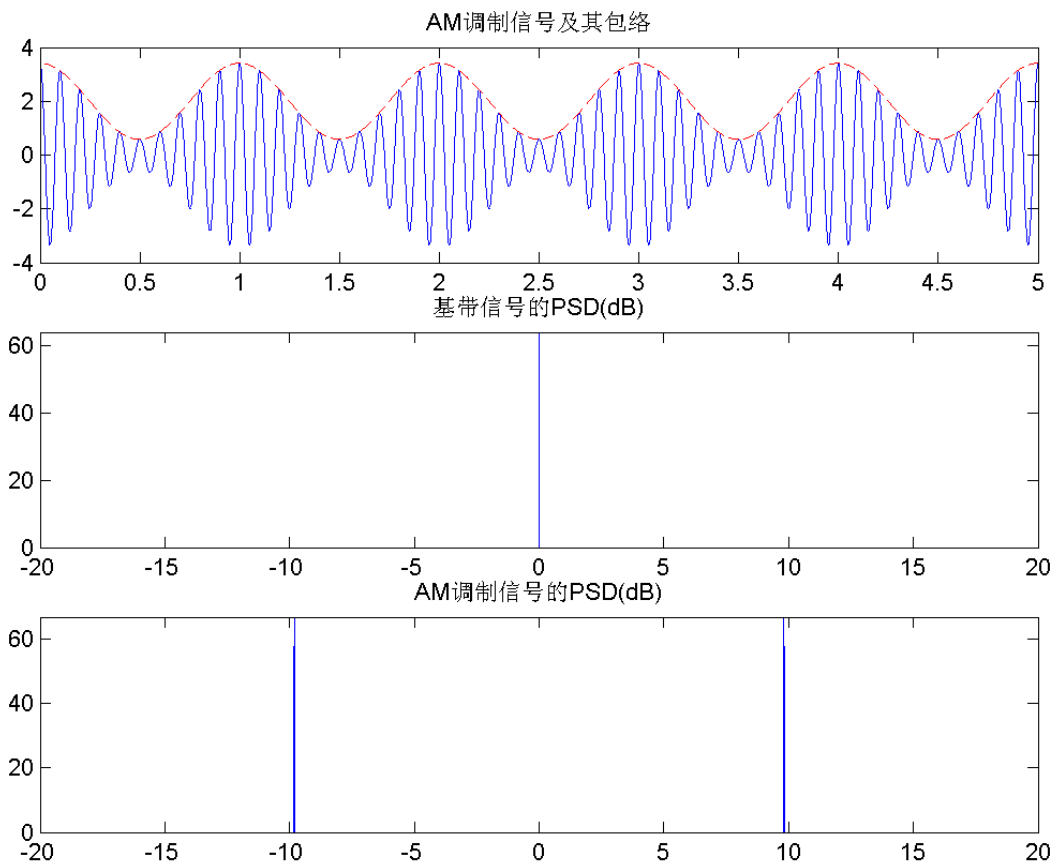


图 3-1 AM 调制信号及其功率谱

五、练一练

试用 MATLAB 编程计算抑制载波双边带 (DSB-SC) 调制信号及其功率谱密度, 所用基带模拟信号和载波表达式同上。

实验四 Simulink 在数字调制中的应用

一、实验目的

- 1) 通过 Simulink 仿真，进一步熟悉并掌握 2ASK 的调制及其非相干解调的过程。
- 2) 通过对 2ASK 的调制及非相干解调过程的仿真，初步熟悉并掌握 Simulink 的仿真方法及其通信 blocksets 的应用。

二、实验环境(设备与仪器)

装有 MATLAB6.5 或以上版本的 PC 机。

三、背景知识

1. Simulink 简介

Simulink 是 MATLAB 中的一种可视化的仿真工具，也是目前对动态系统进行建模和仿真的最常用的工具之一。Simulink 为用户提供了结构图来进行建模，采用这种结构图建模就如同用手在纸上画模型一样，自如而方便，故用户只需进行简单的点击和拖动就能完成建模，并可直接进行系统的仿真，并快速得到仿真结果。Simulink 模块库(或函数库)包含有 Sinks(输出方式)、Sources(输入源)、Communications(通信)和 Math Operations(数学运算)等大量的、具有不同功能的 Simulink 模块(或函数)，用户还可以根据需要定制自己的用户模块，也可以将数个模块集成在一起构成一个子系统。在定义完一个模型后，用户通过 Simulink 菜单或 MATLAB 的命令窗口键入命令来对其进行仿真。采用 Scope 模块或其他显示模块，用户可以在仿真进行的同时观看到仿真的结果，仿真结果还可以存放到 MATLAB 的工作空间进行事后处理。

2. 2ASK 调制及解调原理

二进制振幅调制(2ASK)就是用二进制数字基带信号控制载波的幅度，使载波振幅随着二进制数字基带信号而变化。如图 4-1 与图 4-2 所示， $s(t)$ 为调制信号， $e_{2ASK}(t)$ 为已调信号， $\cos \omega_c t$ 为载波。

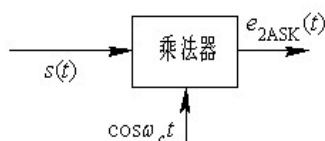


图 4-1 2ASK 的相乘法调制过程

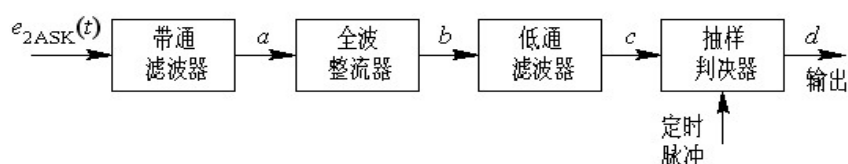


图 4-2 2ASK 的非相干解调过程

四、实验内容

1. 2ASK 仿真模型图

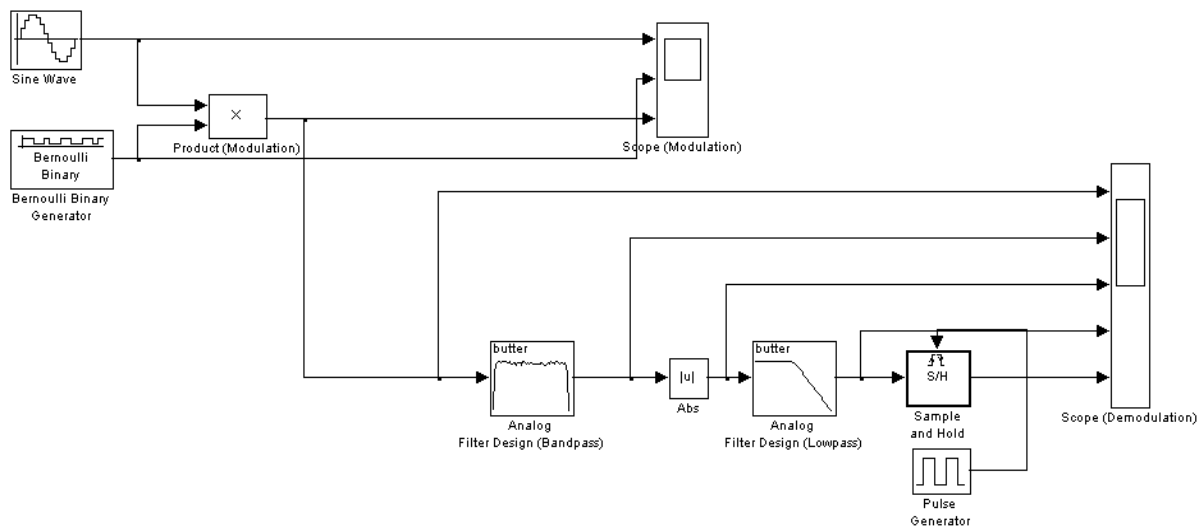
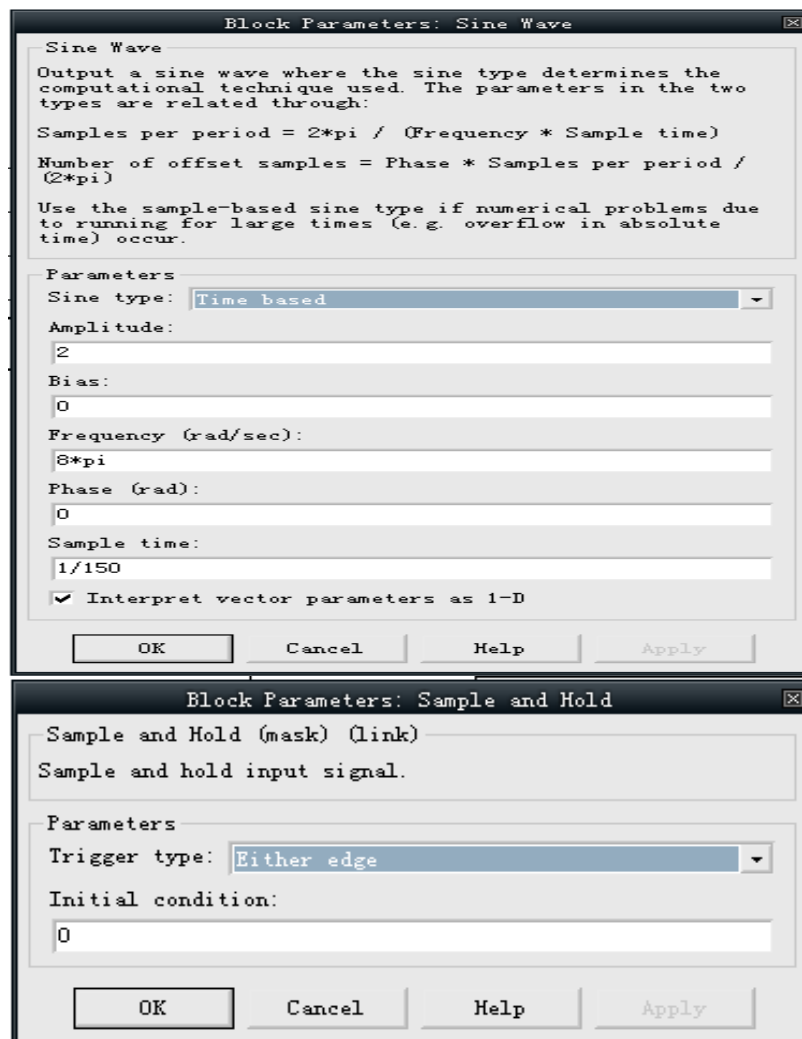


图 4-3 2ASK 相乘法调制及其非相干解调的仿真模型图

2. 各仿真模块的参数设置



Block Parameters: Analog Filter Design (Bandpass)

Analog Filter Design (mask) (Link)
Design one of several standard analog filters, implemented in state-space form.

Parameters
Design method: Butterworth
Filter type: Bandpass
Filter order: 8
Lower passband edge frequency (rads/sec): 0.01
Upper passband edge frequency (rads/sec): 50

OK Cancel Help Apply

Block Parameters: Sine Wave

Sine Wave
Output a sine wave where the sine type determines the computational technique used. The parameters in the two types are related through:
 $\text{Samples per period} = 2\pi / (\text{Frequency} * \text{Sample time})$
 $\text{Number of offset samples} = \text{Phase} * \text{Samples per period} / (2\pi)$
Use the sample-based sine type if numerical problems due to running for large times (e.g. overflow in absolute time) occur.

Parameters
Sine type: Time based
Amplitude: 2
Bias: 0
Frequency (rad/sec): 8π
Phase (rad): 0
Sample time: 1/150
☒ Interpret vector parameters as 1-D

OK Cancel Help Apply

Block Parameters: Analog Filter Design (Lowpass)

Analog Filter Design (mask) (Link)
Design one of several standard analog filters, implemented in state-space form.

Parameters
Design method: Butterworth
Filter type: Lowpass
Filter order: 4
Passband edge frequency (rads/sec): 4π

OK Cancel Help Apply

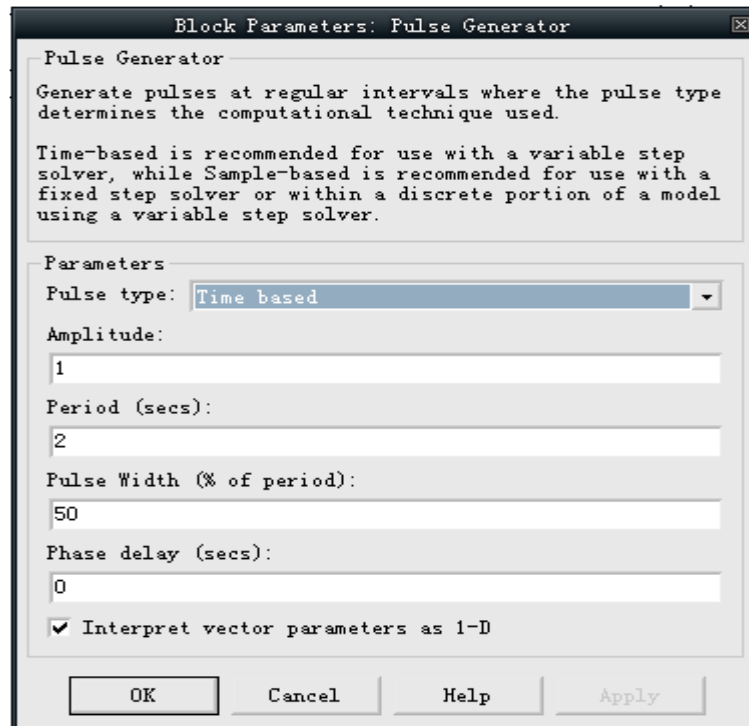


图 4-4 各仿真模块的参数设置

五、练一练

用 Simulink 仿真二进制频移键控(2FSK)的键控法调制及其非相干解调过程。