

2.2 简单通信收发机系统仿真实验

一、实验目的

- (1) 了解对通信电子系统进行系统级仿真的工程设计方法；
- (2) 进一步理解收发机的工作原理；
- (3) 熟悉使用 Simulink 软件进行通信系统仿真的基本方法。

二、实验原理

1. 通信系统仿真与 Simulink

常用的通信电子系统仿真技术按照系统层次可分为三大类：网络层次的系统分析与仿真、链路层次的系统分析与仿真、电路层次的系统分析与仿真。

在网络层次模型上，通信系统由通信节点以及连接这些节点的通信链路和传输系统组成。在网络层次模型中，信息流量控制和分配成为研究和设计的主要目标，而不关心通信信号具体的处理和传输过程。传输协议的设计、优化和验证是网络层次模型分析和仿真的主要工作。在网络层次下，是对通信节点和链路以及传输信号的具体化，成为链路层次模型。在通信收发机系统中，链路由调制器、滤波器、混频器、放大器、传输信道、解调器等模块构成。在链路层次上，考察和研究对象是信号的传输过程，信号的处理过程对传输质量指标的影响，而不关心算法和系统中模块的具体实现方法。对系统可靠性、传输质量、传输误差等的分析是链路层次模型分析与仿真的主要任务。对链路层次中系统组成模块的具体化就是电路实现层次的模型。例如模拟电路、数字电路、DSP 芯片中的算法等。在电路层次的通信模型中，所关注的是功能的具体实现问题，如硬件电路的设计、算法的设计等，而通信系统的性能指标等则不作为考察对象。本次实验中所进行的通信系统仿真实验属于链路层次的仿真。

Simulink 是 Matlab 中的一个建立系统方框图和基于方框图的系统仿真环境，是一个对动态进行建模、仿真和仿真结果可视化分析的软件包。Matlab/Simulink 将强大的数值计算能力和丰富的数据可视化能力、友好的图形用户界面融合为一体，其语法非常简单，语句接近于数学描述，可将复杂的信号处理和仿真算法用非常简短的代码表达出来，易于学习、交流和模型验证，并且具有丰富的各专业专用函数库和专业工具箱，大大提高了系统研究和设计开发的效率。使用 Simulink，用户可以将一系列图形化的系统模块连接起来，从而建立起一个直观而又功能多样的动态系统模型。Simulink 可以避免或减少编写 Matlab 仿真程序的工作量，简化仿真建模的过程，更加适合于大型系统的建模和仿真，如对超外差接收机系统、调频广播系统的仿真等。

2. 通信电子系统的组成结构

在通信中，将所需传送的基带信号调制到可以从天线上以电磁能量辐射传送的高频振荡来实现信号的传播。这种可以辐射的高频振荡波称之为射频，因为它可以受基带信号的调制，因此又称之为载波。载波在调制器中被基带信号调制后，就转换成具有一定带宽的已调波，因此需要具有一定带宽的频道（波带）来传送。射频载波信号是一个电压或电流的时变正弦信号，可以表示为： $u(t)=U_m\sin(\omega t+\theta)$ 。

在接收机中，已调信号被放大、变频中放后，必须通过解调从已调波中恢复出基带信号。然后，将恢复出的基带信号再放大后送给受信者处理。因此，解调也是通信中必需的一项技术。解调是将已调波变换为携带信息的基带信号，因此它是调制的逆过程。

一个典型的收发机通路如图 2.2.1 所示，通常由调制器、混频器、频率合成器等装置组成。

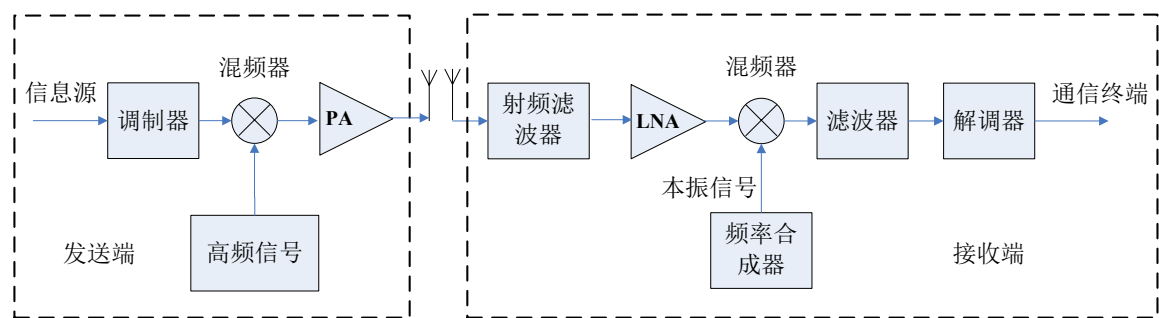


图 2.2.1 典型收发机系统

三、实验内容

如图 2.2.2 所示，从 Matlab 主界面的工具栏中点击 Simulink 图标，启动 Simulink 环境。

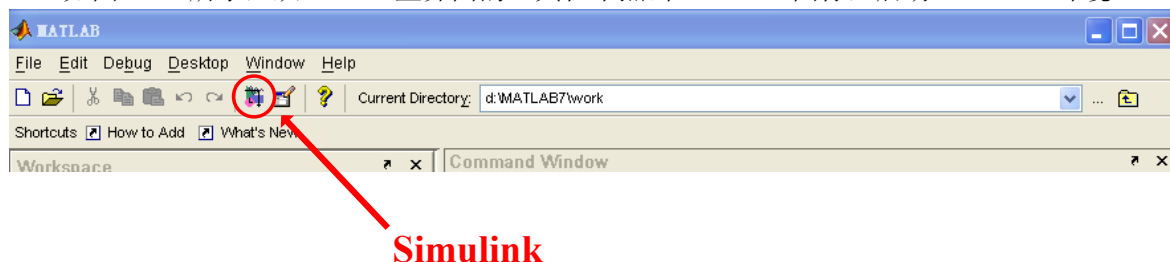


图 2.2.2 Matlab主界面的工具栏

Simulink 的工具库界面如图 2.2.3 所示,Simulink 提供了大量的专业库，如通信系统、信号处理、电气工程等。按照功能可分为两类，即基本库与扩展工具箱。

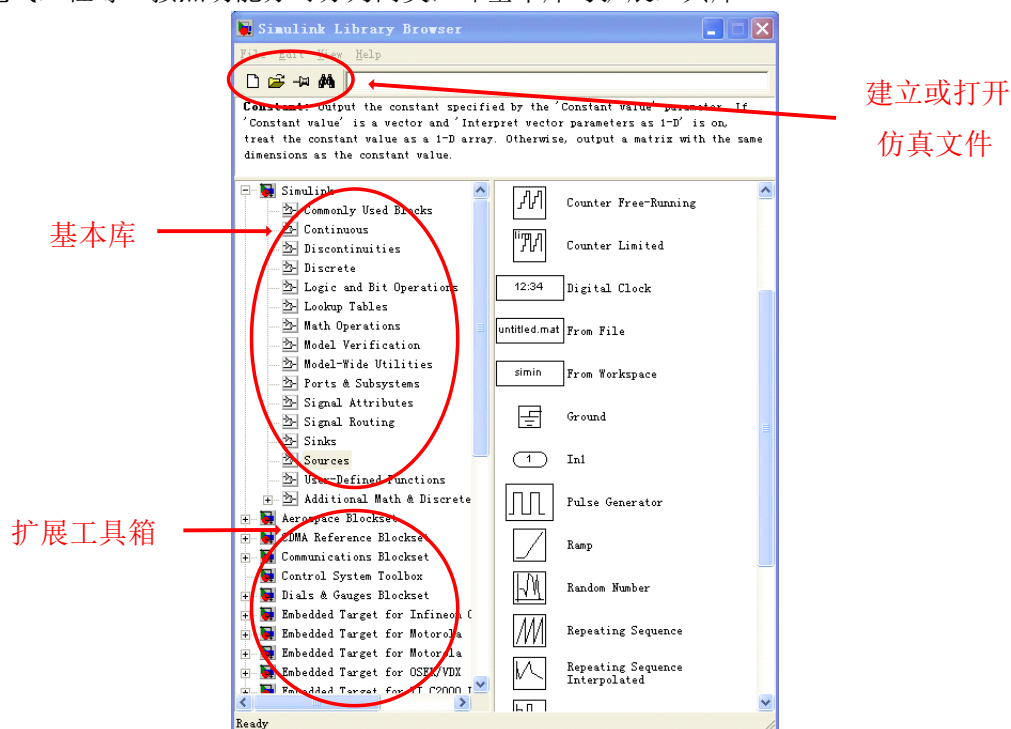


图 2.2.3 Simulink的工具库

如图 2.2.3 所示，点击工具库界面上的新建仿真文件按钮，即生成了一个空的仿真文件，如图 2.2.4 所示。

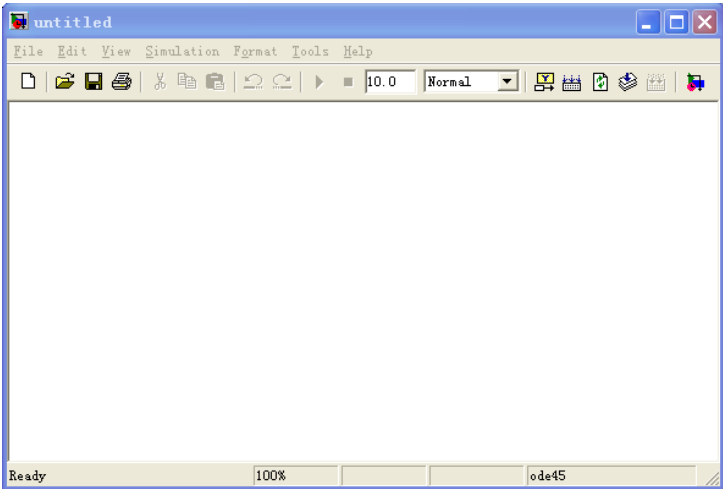


图 2.2.4 新建仿真文件

一个典型的收发机系统的 Simulink 仿真系统如图 2.2.5 所示，该系统具备了一个收发机系统的基本功能。获得线性增益的调制信号与载波信号混频后经过传输，与接收端的本振信号进行混频后，经过主通道中的滤波器滤波后，经输出缓冲后可以得到恢复出的调制信号。

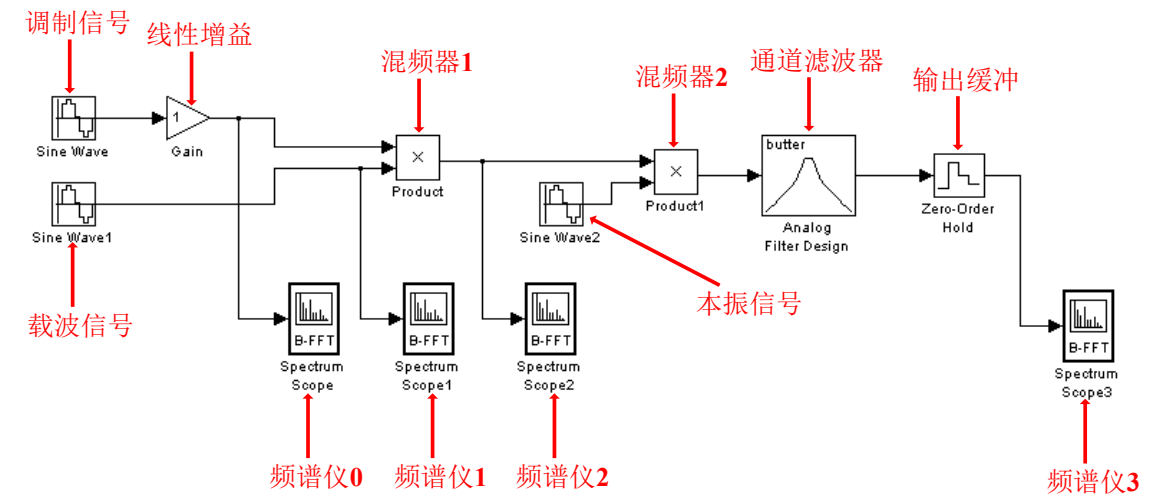


图 2.2.5 一个典型的收发机系统的 Simulink仿真系统

系统中的各个组成模块都可以从相应的模块库中找到相应的器件。相应器件的寻找设置如下：调制信号、载波信号、本振信号由正弦信号发生器实现，其所属库的位置如图 2.2.6 所示。

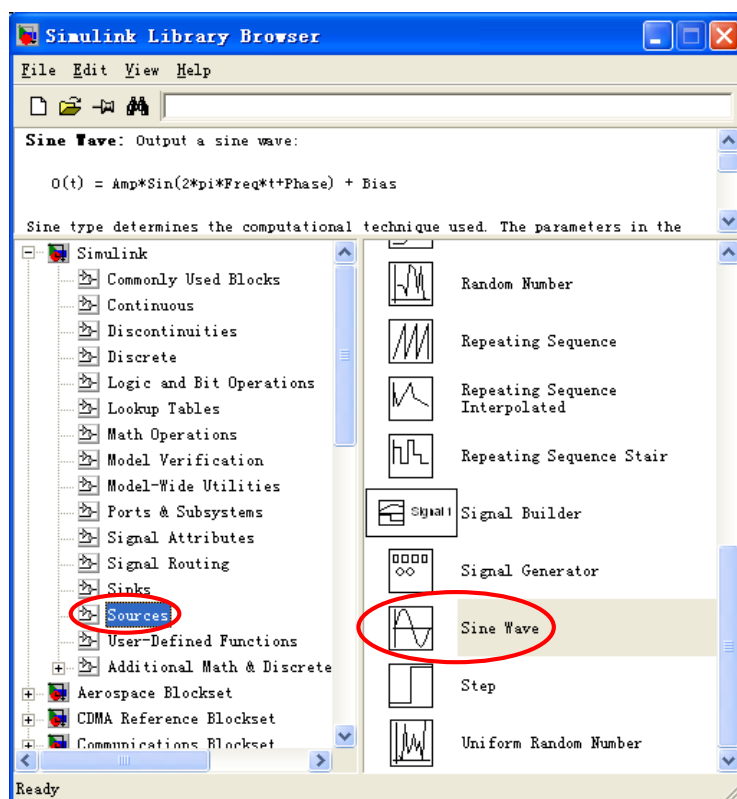


图 2.2.6 Source模块库

将模块拖入仿真文件主界面后，双击产生调制信号正弦信号模块的图标，设置数值如图 2.2.7 和图 2.2.8 所示，角频率设为 $(100 \times 2\pi) \text{ rad/s}$ ，Sample time 设为 0.001。产生载波信号的正弦信号模块角频率设为 $(140 \times 2\pi) \text{ rad/s}$ ，Sample time 时间设为 0.001。产生本振信号的正弦信号模块的设置与载波信号相同。

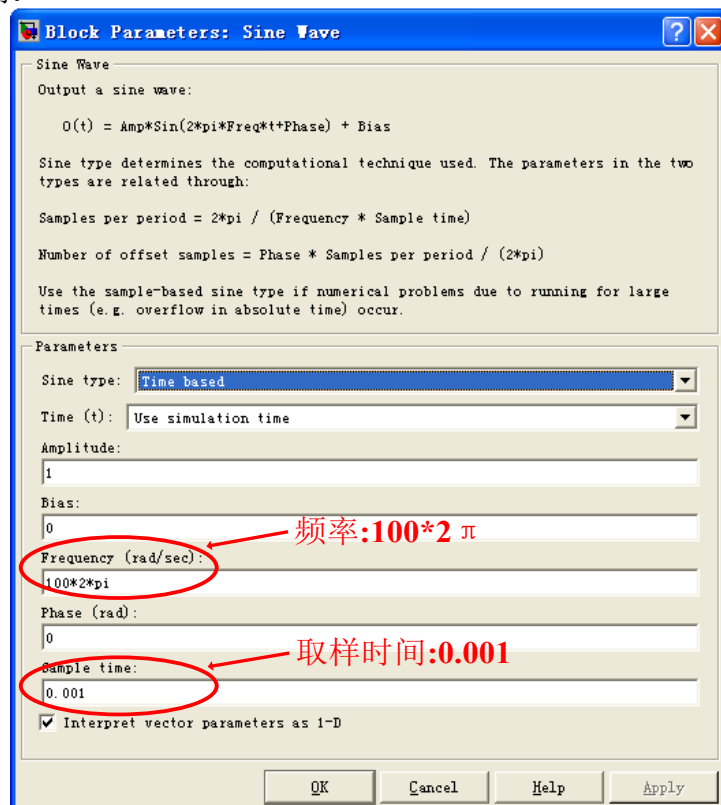


图 2.2.7 调制信号参数设置

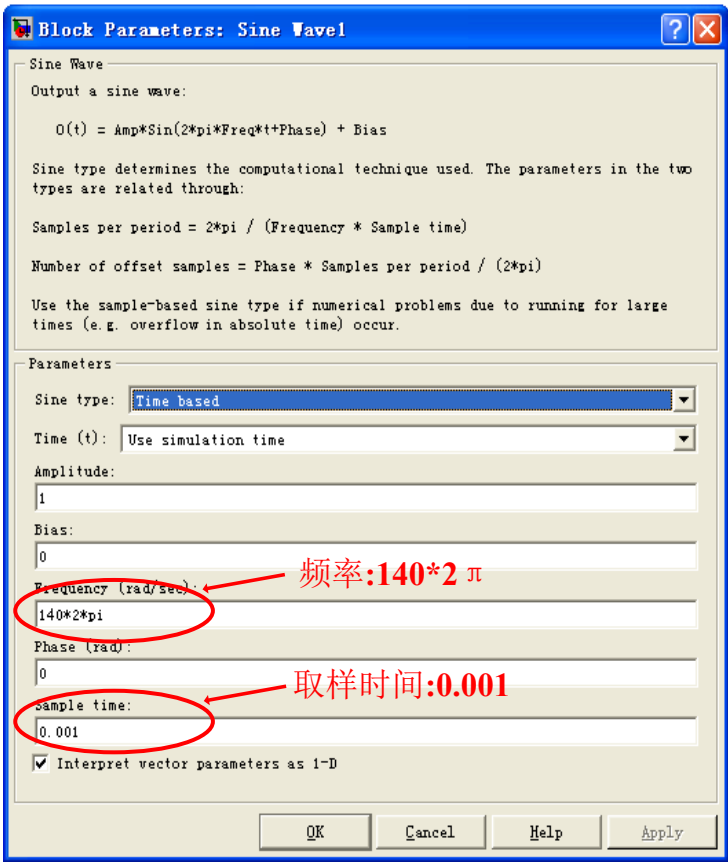


图 2.2.8 载波信号与本振信号参数设置

线性增益由增益模块实现，混频器由乘积模块实现，其所属库的位置如图 2.2.9 所示。

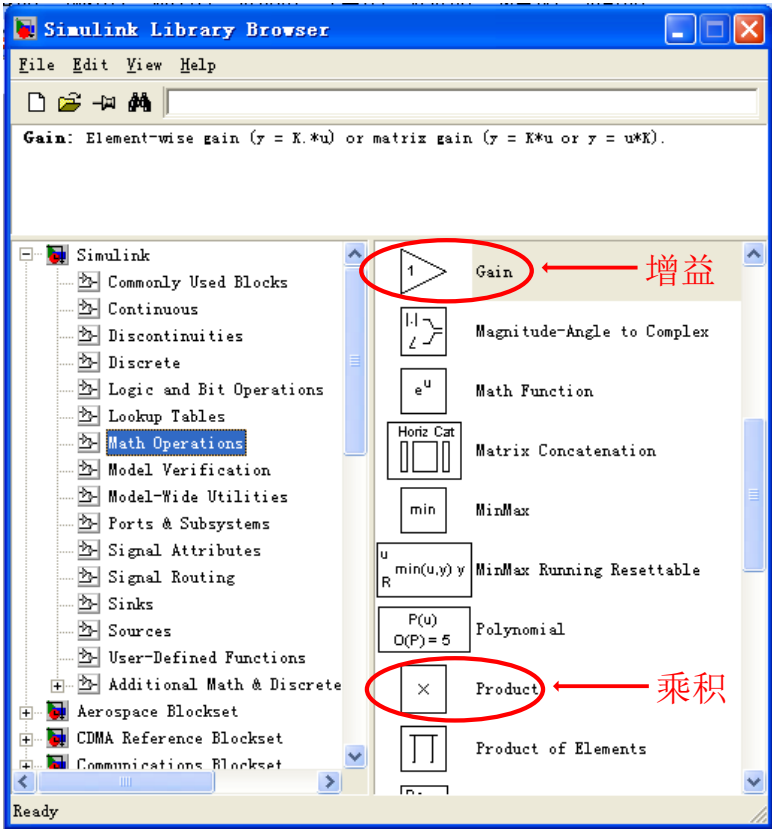


图 2.2.9 Math Operations模块库

收发机通路中的滤波器由模拟滤波器模块实现，位置为 Signal Processing Blockset→Filtering

→Filter Designs 分组下的 Analog Filter Designs，如图 2.2.10 所示。

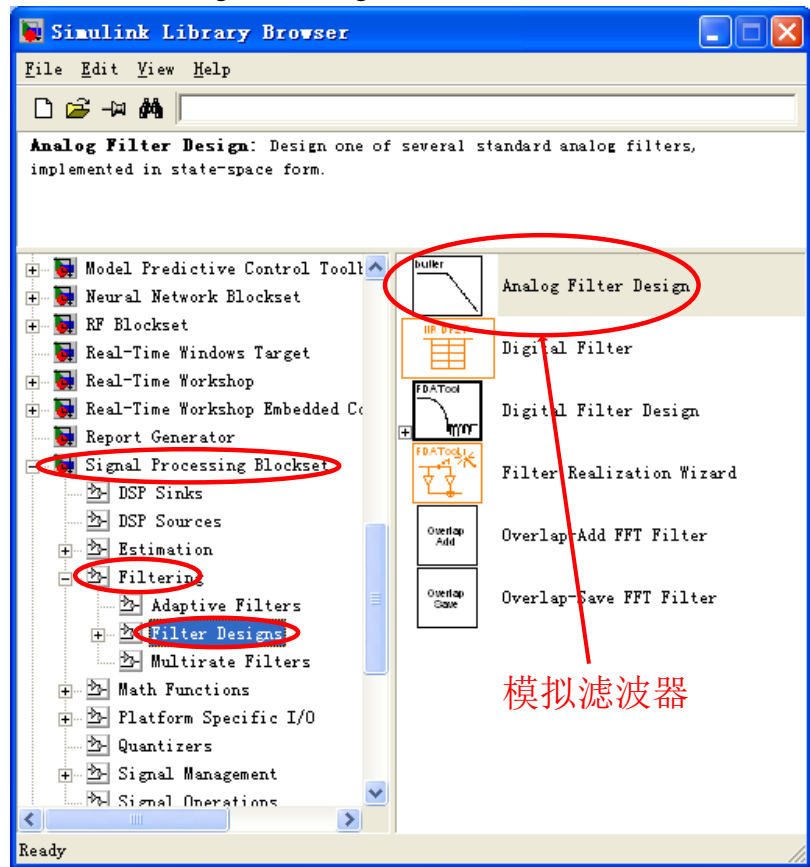


图 2.2.10 模拟滤波器模块

将滤波器模块拖入仿真文件主界面后，双击模块的图标，设置数值如图 2.2.11 所示，滤波器类型设为“巴特沃斯”，带通方式设为“Bandpass”，阶数设为 8，下限角频率设为 $(80 \times 2\pi)$ rad/s，上限角频率设为 $(120 \times 2\pi)$ rad/s。

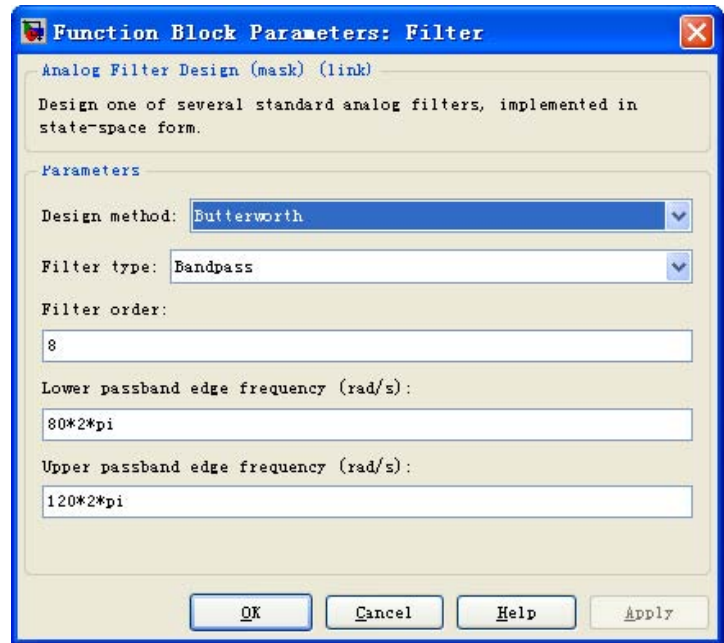


图 2.2.11 滤波器设置

收发机通路中的频谱仪由虚拟频谱仪模块实现，位置为 Signal Processing Blockset→DSP Sinks 分组下的 Spectrum Scope，如图 2.2.12 所示。

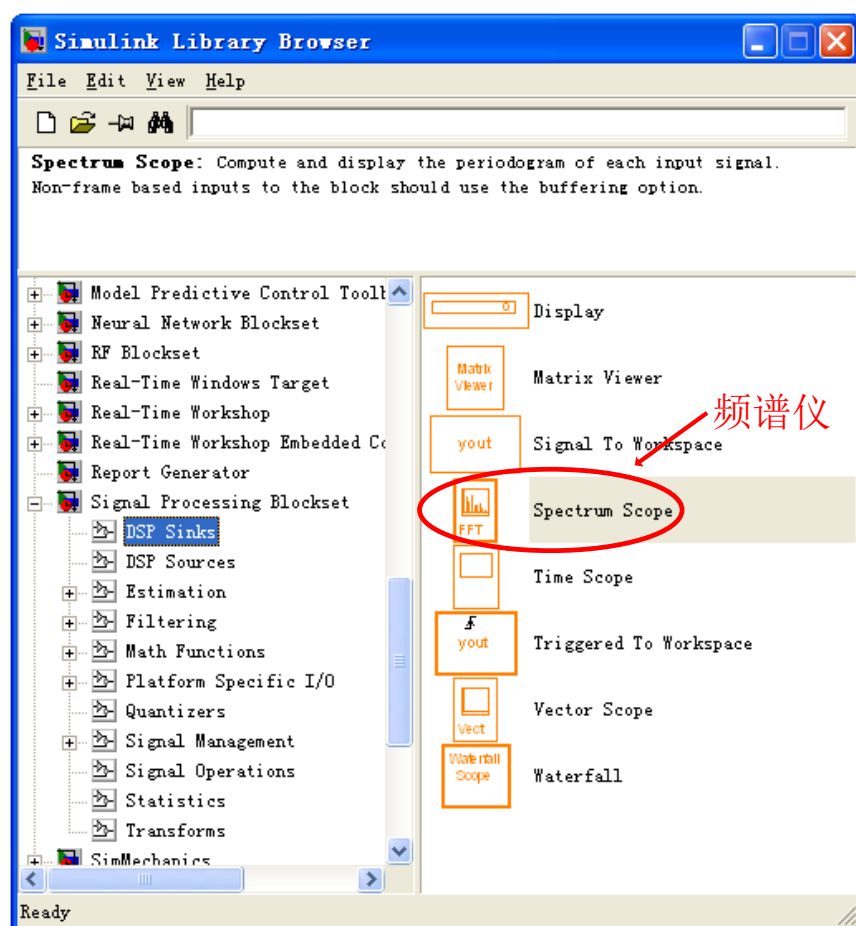


图 2.2.12 频谱仪模块

将虚拟频谱仪模块拖入仿真文件主界面后，双击模块的图标，设置数值如图 2.2.13 所示，在“Buffer input”选项上打钩，“Buffer size”设为 128，“Buffer overlap”设为 64，“Window type”设为“Hann”。

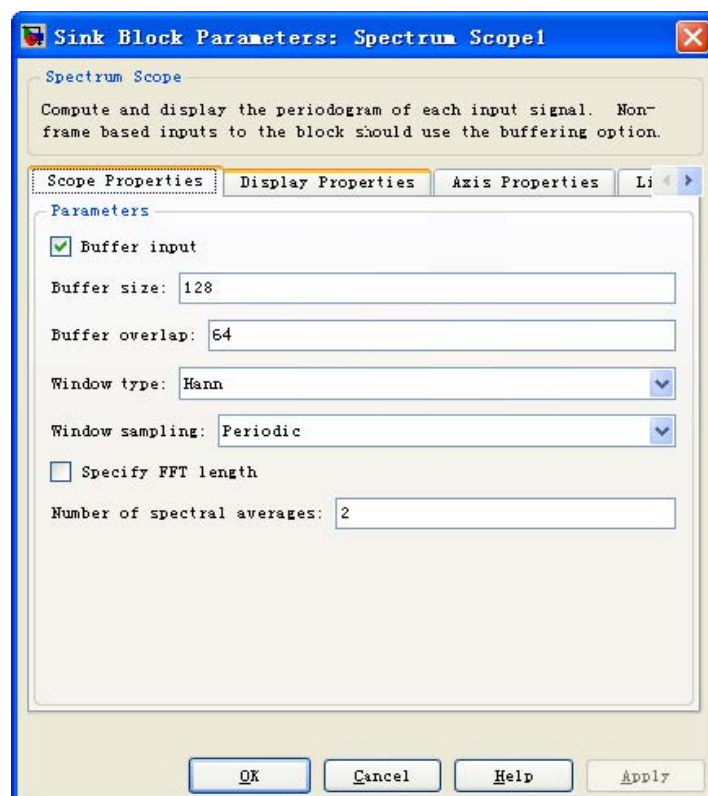


图 2.2.13 频谱仪模块设置

收发机通路中末端的输出缓冲器由零阶保持器模块实现，其所属库的位置如图 2.2.14 所示。

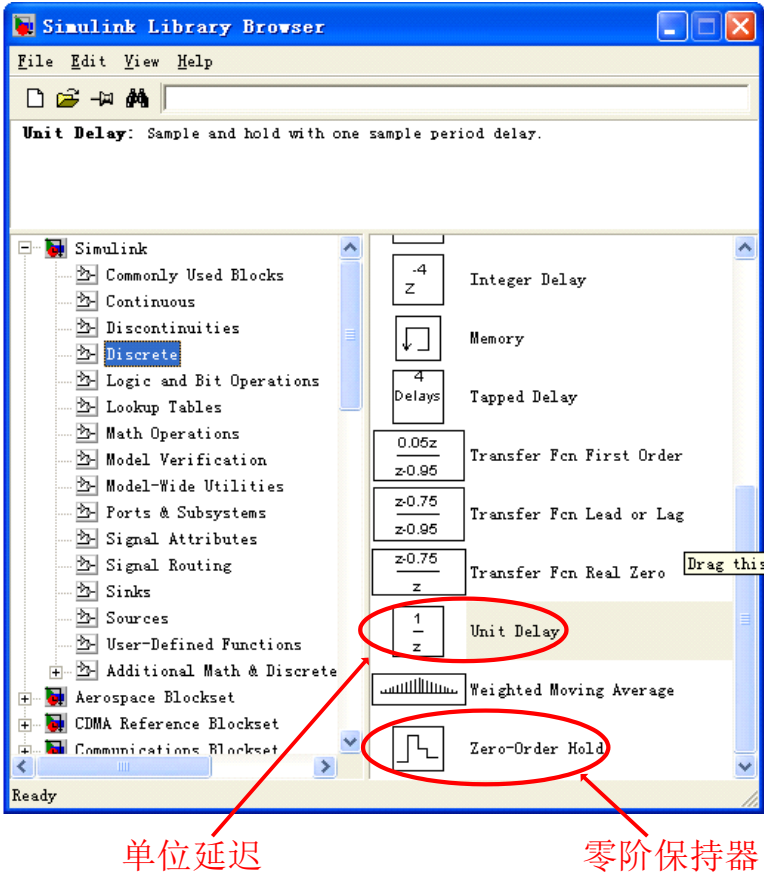


图 2.2.14

将零阶保持器模块拖入仿真文件主界面后，双击模块的图标，设置数值如图2.2.15所示，采样时间设为 0.001。

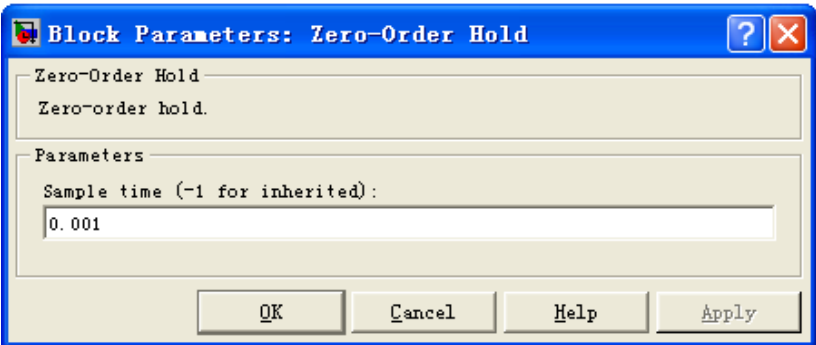


图 2.2.15 采用时间设置

电路构建完成后，点击主菜单栏上的“运行”按钮，开始运行电路，如图 2.2.16 所示。

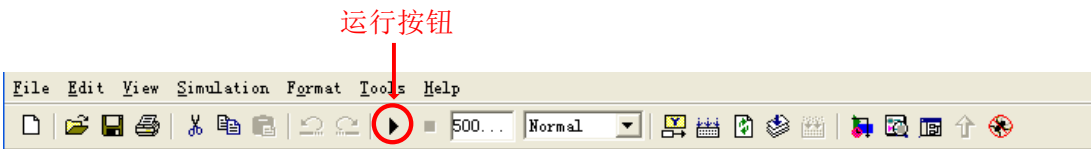


图 2.2.16 运行按钮

电路运行完成后，四个频谱仪会自动显示出相应节点的频谱图，如图 2.2.17 所示。在频谱仪

的窗口单击鼠标右键，可出现图中所示的快捷菜单，选中 Autoscale，则频谱仪可以显示出完整的频谱。请记录下各个频谱仪的频谱。

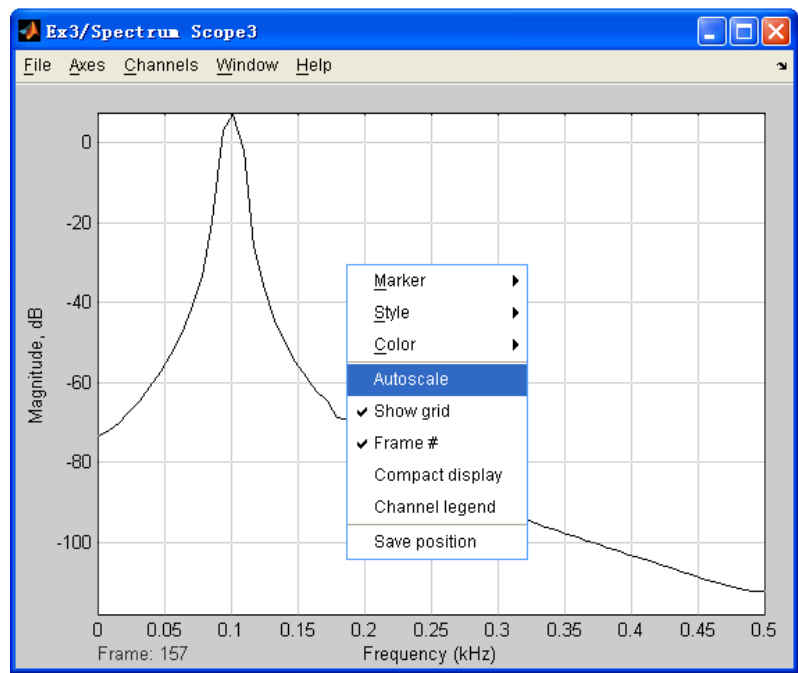


图 2.2.17 频谱图

四、预习要求

理解收发机链路的基本工作原理，熟悉 Matlab 的系统仿真的原理。

五、实验报告要求

- (1) 记录仿真获取的实验输出波形与频谱曲线。
- (2) 对实验结果做一定的总结。

六、实验仪器与器材

- | | |
|------------------------|-----|
| (1) 微机 | 1 台 |
| (2) Matlab/Simulink 软件 | 1 套 |