

课程报告 1

(基于 Matlab Simulink 的边带调制解调系统仿真)

班级：通信 2 班

姓名：杨承翰

学号：210210226

课程名称：课设 A 通信基础电路设计

指导教师：

日期：2023.7.16

基于 Matlab Simulink 的边带调制解调系统仿真

摘要:

本次实验旨在通过 Matlab Simulink 进行仿真来验证频谱搬移原理，并进行双边带调制、单边带调制及其相干解调的仿真，以深入理解利用乘法器实现频谱搬移的调制原理。

在实验中，我首先学习了频谱搬移原理的基本概念，即通过将信号与载波进行乘法运算来实现频谱的搬移。然后，我使用 Matlab Simulink 搭建了一个仿真模型，将原始信号与载波进行乘法运算，得到了包含了信号频谱的双边带调制信号。通过对双边带调制信号进行频谱分析，验证了频谱搬移的实现。

接下来，我又通过调整仿真模型的参数，将双边带调制信号转换为单边带调制信号。单边带调制是一种只保留一个边带的调制方式，另一个边带被抑制掉。通过对单边带调制信号进行频谱分析，验证了乘法器实现单边带调制的原理。

最后，我进行了相干解调的仿真。相干解调是一种利用乘法器对调制信号进行解调的方法，需要使用与调制器相同频率的相干载波。我将接收到的单边带调制信号与相干载波进行乘法运算，并通过滤波器去除多余的频谱，最终得到了原始信号。通过对解调信号进行分析，验证了乘法器实现相干解调的原理。

通过本次实验，我深入理解了利用乘法器实现频谱搬移的调制原理，并通过 Matlab Simulink 的仿真验证了双边带调制、单边带调制及其相干解调的原理。这些理论和实验结果对于进一步研究和应用调制解调技术具有重要的指导意义。

关键词：双边带调制，单边带调制，相干解调

1 本次课程的目的和意义

一、实验目的

1. 理解双边带调制和相干解调的原理：通过该实验，研究人员可以深入学习双边带调制和相干解调技术的原理，包括调制原理、解调原理以及其在通信系统中的应用。
2. 掌握 Simulink 软件的使用技巧：Simulink 是一款强大的仿真软件，通过使用 Simulink 进行信号源电路仿真、频谱分析和滤波器电路设计与仿真，研究人员可以熟悉 Simulink 的功能和操作方法，提高仿真模型的准确性和可靠性。
3. 验证系统性能与优化设计：通过 Simulink 软件进行系统的设计和仿真，研究人员可以验证双边带调制和相干解调系统的性能与可靠性，并通过参数调整和优化电路设计，提高系统的性能指标和效率。

二、实验意义

1. 提高仿真技能与系统设计能力：通过 Simulink 软件的应用，研究人员可以掌握先进的仿真技能，提高电路设计与系统仿真的能力，并通过实验验证系统性能与优化设计。
2. 推动学术研究与技术发展：该实验为相关领域的研究人员提供了一个平台，促进了对双边带调制和相干解调技术的研究。通过实验验证与仿真模型的优化，可以进一步改进算法、优化电路设计，推动相关学科的发展与创新。
3. 提高教育与培训质量：该实验可作为电子工程专业的教育与培训内容，帮助学生和工程师们深入理解双边带调制和相干解调的原理与应用，提高他们的实践能力和解决问题的能力。

2 课程设计任务及要求

(1) 仿真信号源的生成及其频谱分析

测试不同的信号生成方式（如外部音频文件、信号发生器+零阶采样保持、随机数+低通、周期矩形脉冲等），并分析其时域和频域波形。

(2) 仿真滤波器的使用和频率响应分析

熟悉滤波器的设计和参数选择；

测试不同滤波器通带带宽对信号的影响，即信号通过不同带宽滤波器下的时域和频域波形。

(2) 双边带调制和相干解调系统

利用至少一种信号源实现系统的仿真（单/双边带仿真至少一个应包含音频信号）

(4) 单边带调制和相干解调系统

利用至少一种信号源实现系统的仿真（单/双边带仿真至少一个应包含音频信号）

3 设计方案及论证

3.1 仿真信号源的生成及其频谱分析

测试不同的信号生成方式：

应包含原理图、核心参数设置截图、关键节点的波形图及**原理分析**（很重要）；
调整核心参数（采样频率），观察信号波形和频谱的变化规律，并分析其原理。

原理分析

外部音频文件：根据音频文件携带的信息，产生波形以及频谱

信号发生器+零阶采样保持：信号发生器产生信号，然后零阶采样保持将其转变为数字信号

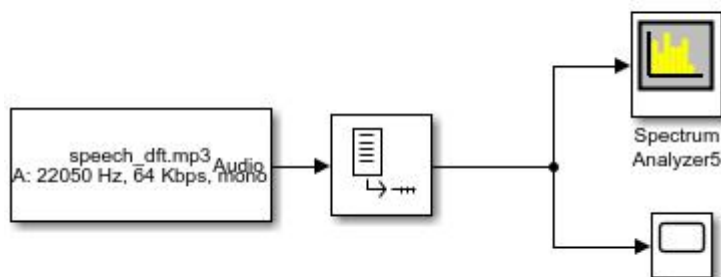
随机数+低通：通过随机数生成，然后将其通过一个低通滤波器，产生一个只有低频的随机信号。


周期矩形脉冲：可以通过调整参数，产生周期为 T ，占空比为 t 的矩形脉冲波

调整采样频率，观察信号波形和频谱的变化规律

随着采样频率的增大，同等时间能够采样到的波数量增多，这是因为如果采样频率太低，在某些时间内即使有波形也无法采样到。

外部音频文件：



 模块参数: From Multimedia File1 ✕

From Multimedia File

Reads multimedia files containing audio, video, or audio and video data.

For Windows platforms, this block reads compressed or uncompressed multimedia files.

For non- Windows platforms, this block reads uncompressed video and audio AVI files, and video only, compressed or uncompressed files.

Main

Data Types

Parameters

File name:

☒ Inherit sample time from ...


Number of times to play file:

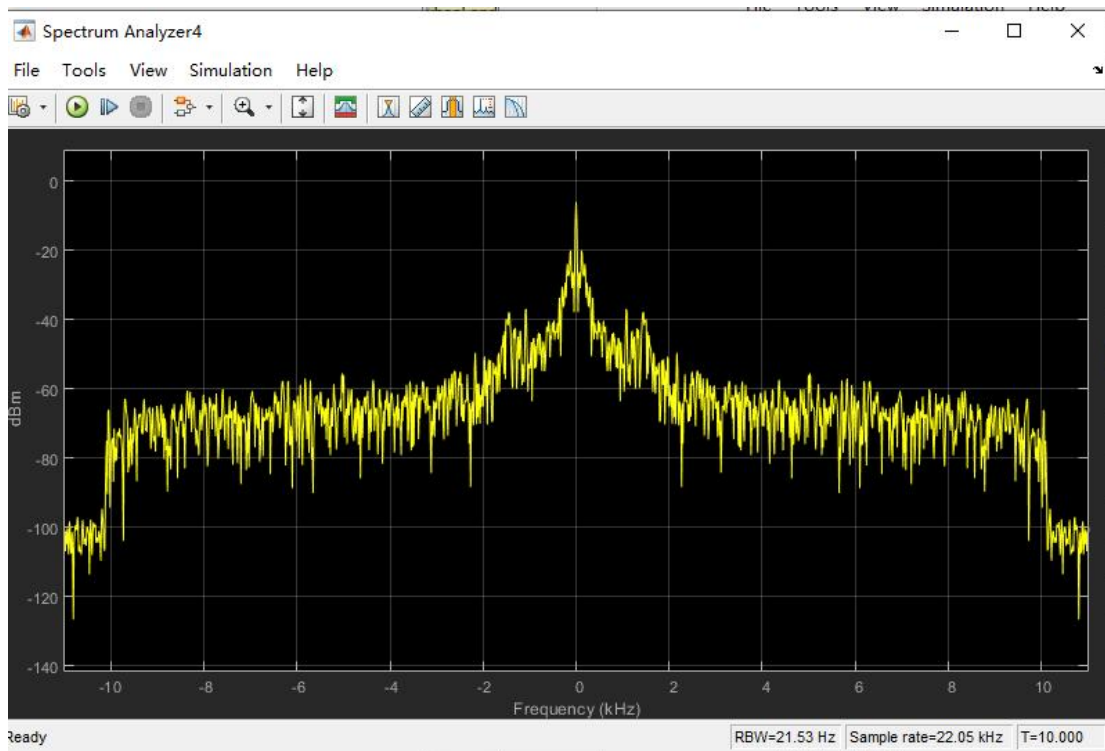
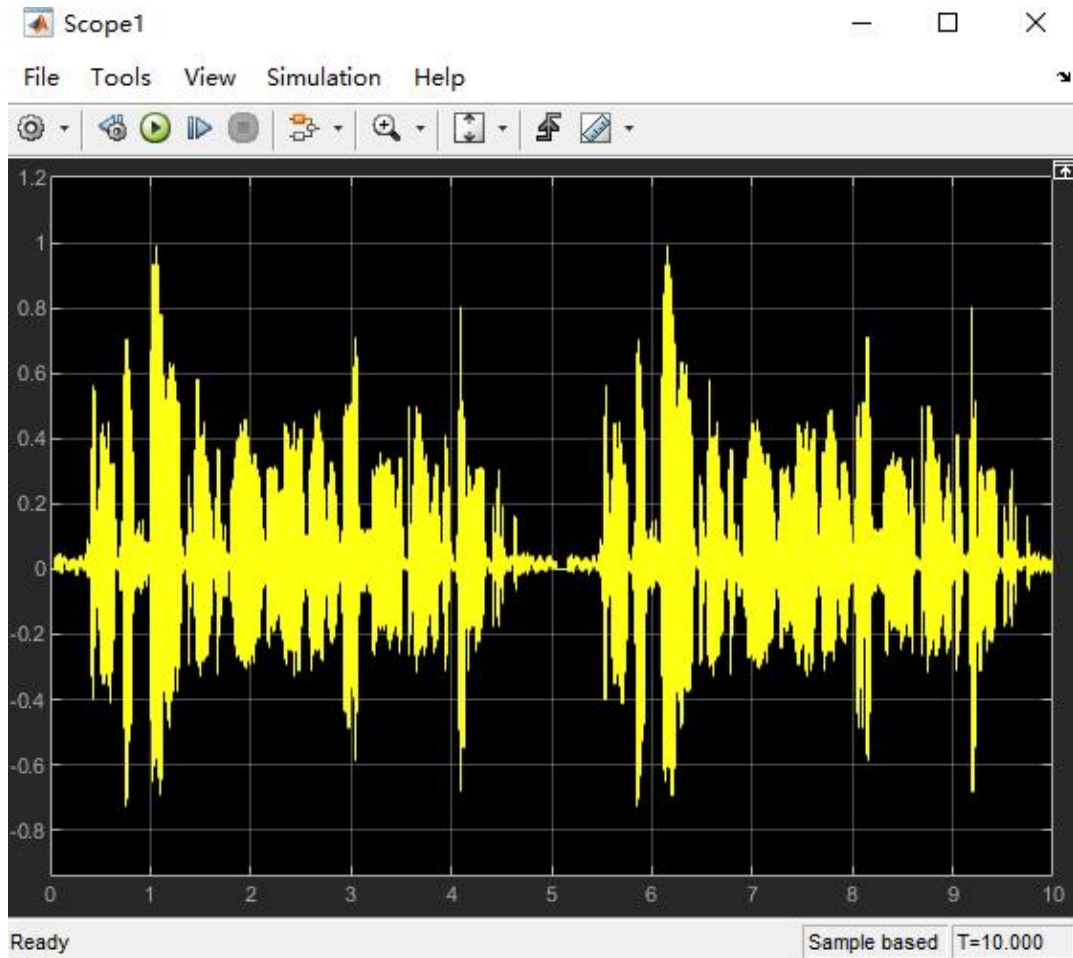
Read range:

Outputs

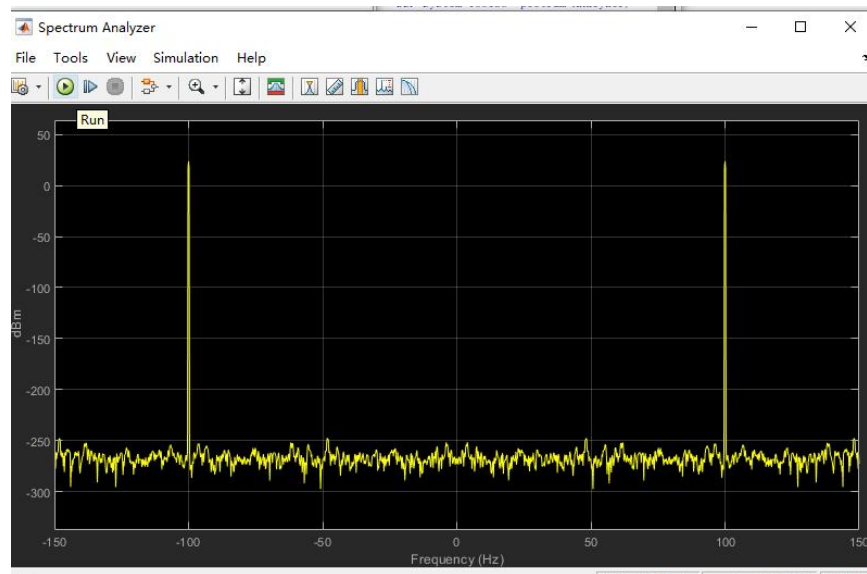
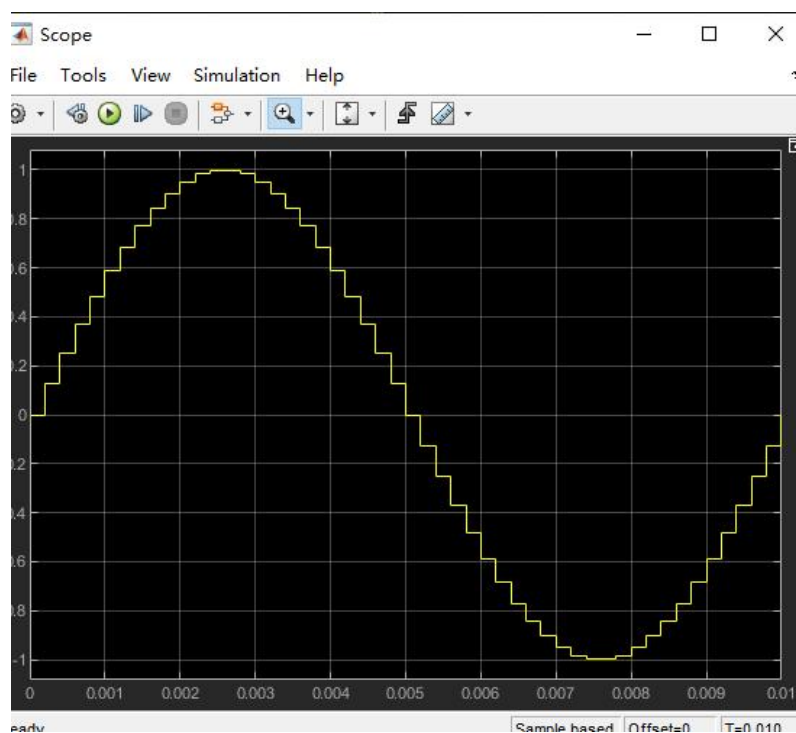
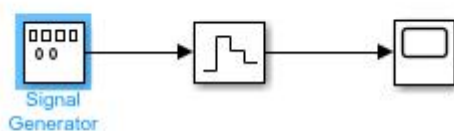
☐ Output end-of-file indicator

Samples per audio channel:

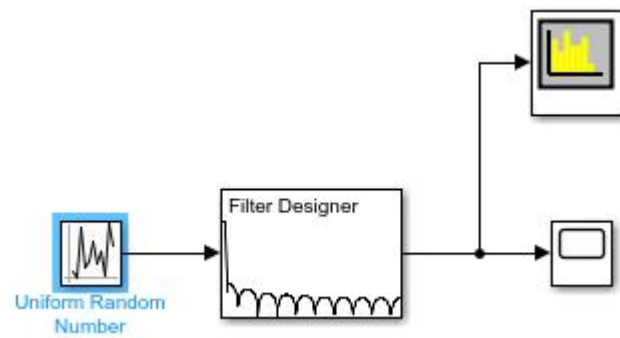




信号发生器+零阶采样保持:



随机数+低通:



Block Parameters: Uniform Random Number ✕

Uniform Random Number

Output a uniformly distributed random signal. Output is repeatable for a given seed.

Parameters

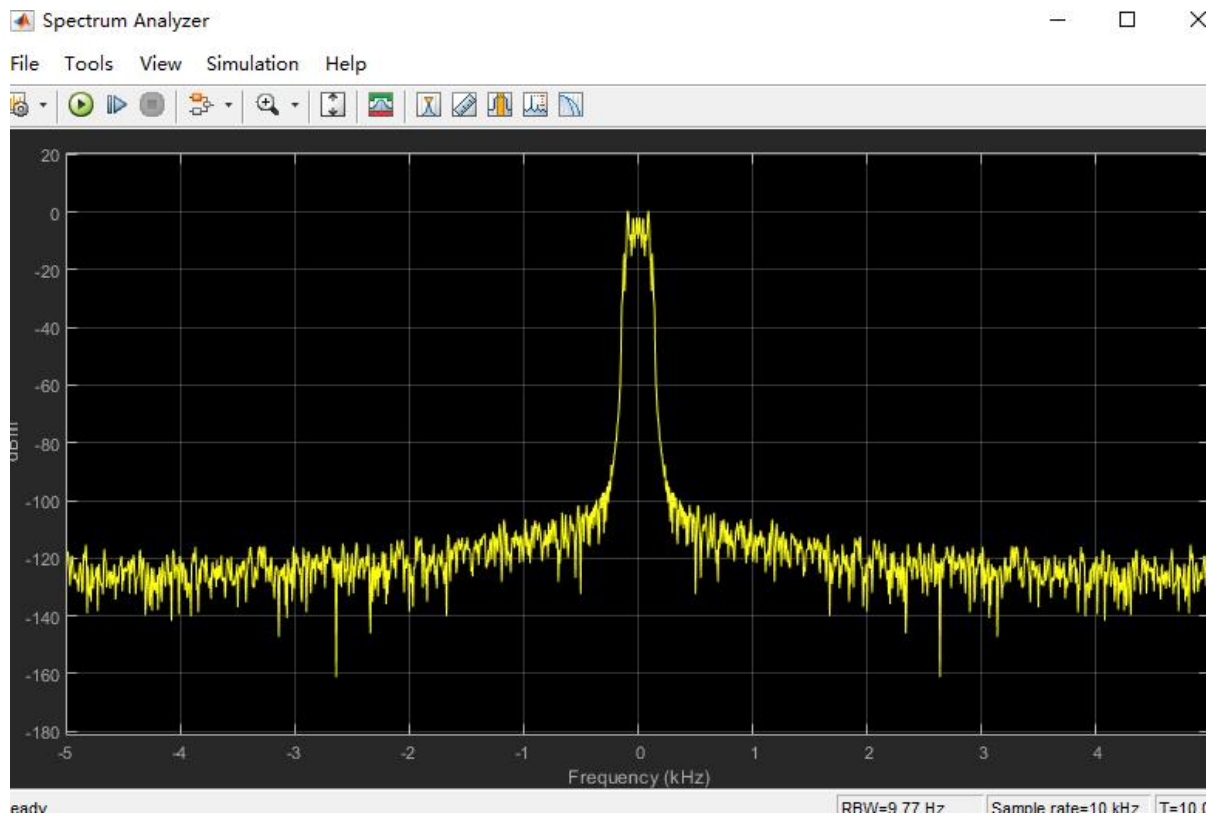
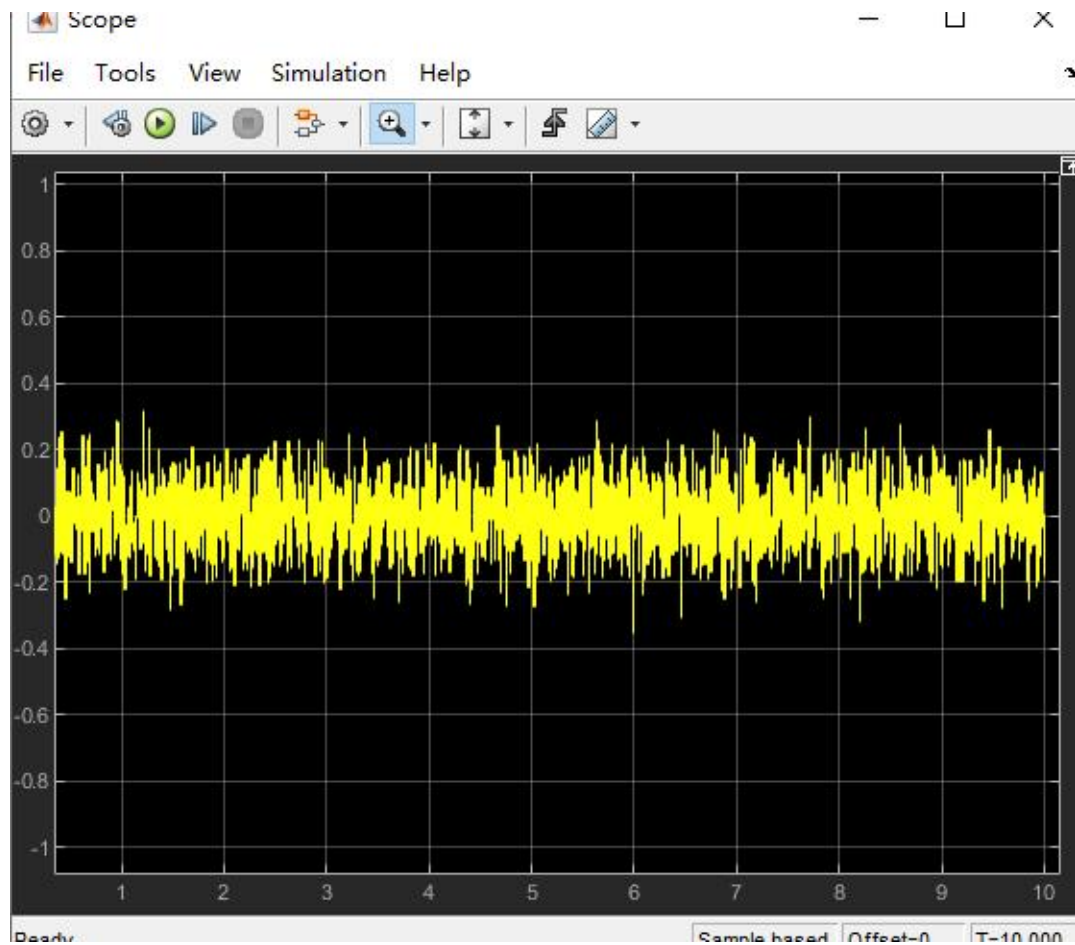
Minimum:

Maximum:

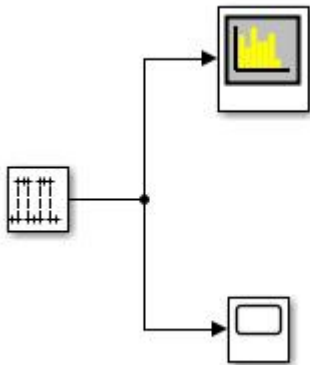
Seed:

Sample time:

☒ Interpret vector parameters as 1-D



周期矩形脉冲：



Block Parameters: Pulse Generator ✕

Pulse Generator

Output pulses:

```
if (t >= PhaseDelay) && Pulse is on
    Y(t) = Amplitude
else
    Y(t) = 0
end
```

Pulse type determines the computational technique used.

Time-based is recommended for use with a variable step solver, while Sample-based is recommended for use with a fixed step solver or within a discrete portion of a model using a variable step solver.

Parameters

Pulse type: Sample based ▾

Time (t): Use simulation time ▾

Amplitude:

▮

Period (number of samples):

▮

Pulse width (number of samples):

▮

Phase delay (number of samples):

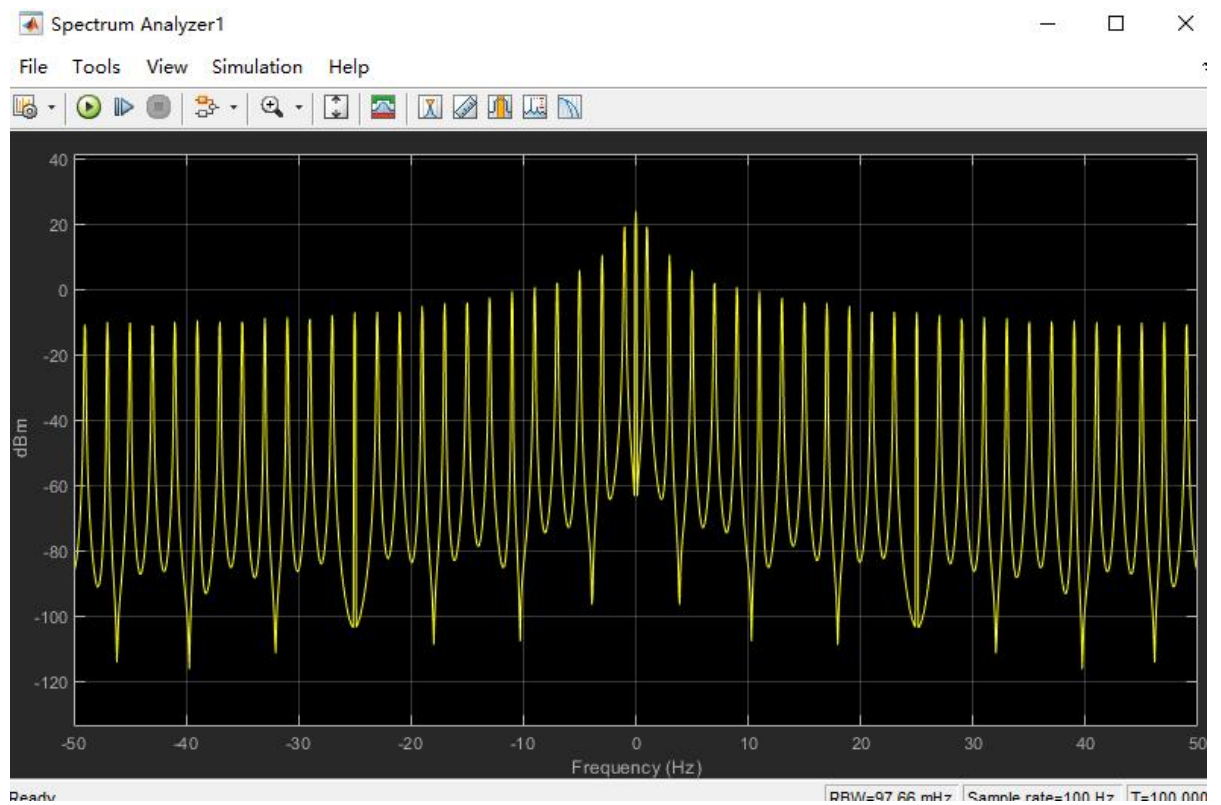
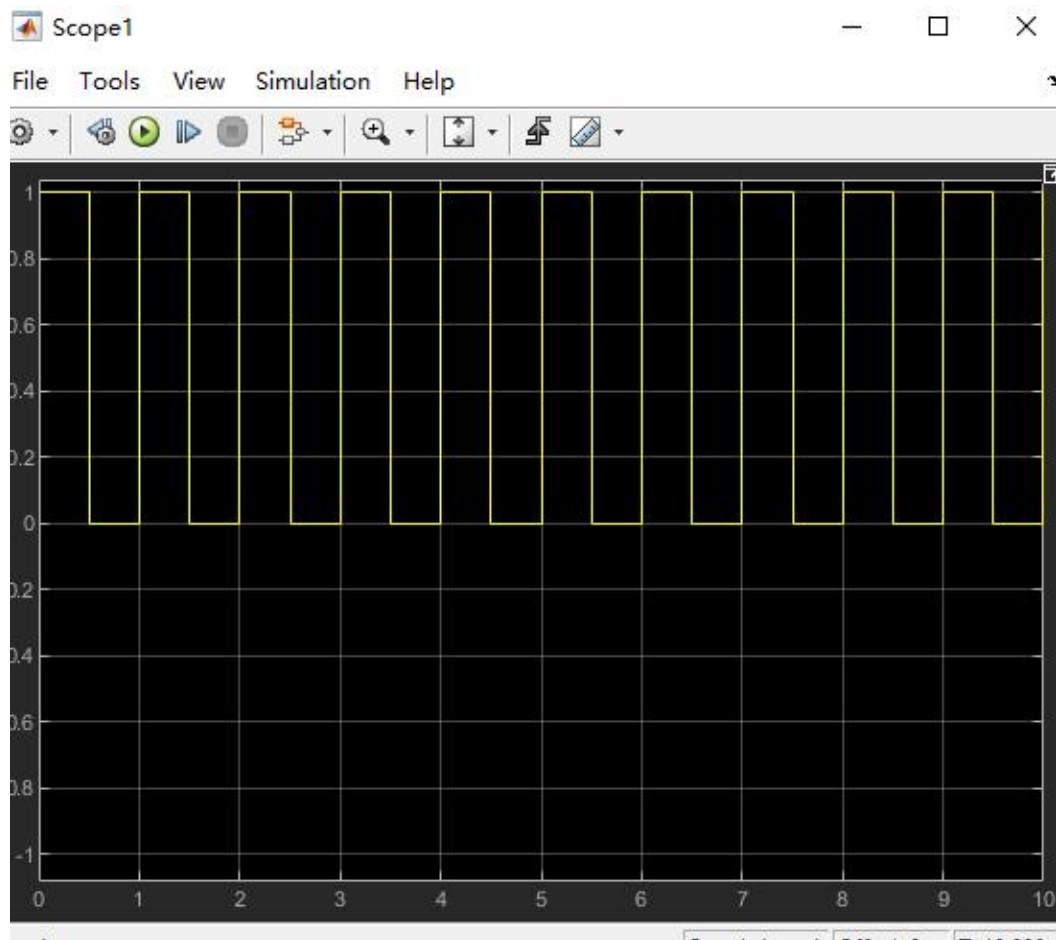
▮

Sample time:

▮

☒ Interpret vector parameters as 1-D

OK Cancel Help Apply



重点验收内容：以周期矩形脉冲（Pulse Generator）为例，演示和解释它的谱线图。

3.2 仿真滤波器的使用和频率响应分析

熟悉滤波器的设计和参数选择；
应包含原理图、核心参数设置截图、关键节点的波形图及**原理分析**（很重要）；
调整滤波器通带带宽（即系统带宽），观察信号波形和频谱的变化规律，并分析其原理。

原理分析

在 Simulink 中进行仿真时，输入相同的方波信号并经过不同类型的滤波器处理，会得到不同类型的输出波形和频谱图。下面简要介绍不同滤波器类型的特点：

低通滤波器：低通滤波器允许低频信号通过，并抑制高频信号。低通滤波器的输出波形将保留输入信号的低频成分，而滤除高频成分。相应的频谱图将显示低频成分较强，而高频成分被抑制。

高通滤波器：高通滤波器允许高频信号通过，并抑制低频信号。高通滤波器的输出波形将保留输入信号的高频成分，而滤除低频成分。相应的频谱图将显示高频成分较强，而低频成分被抑制。

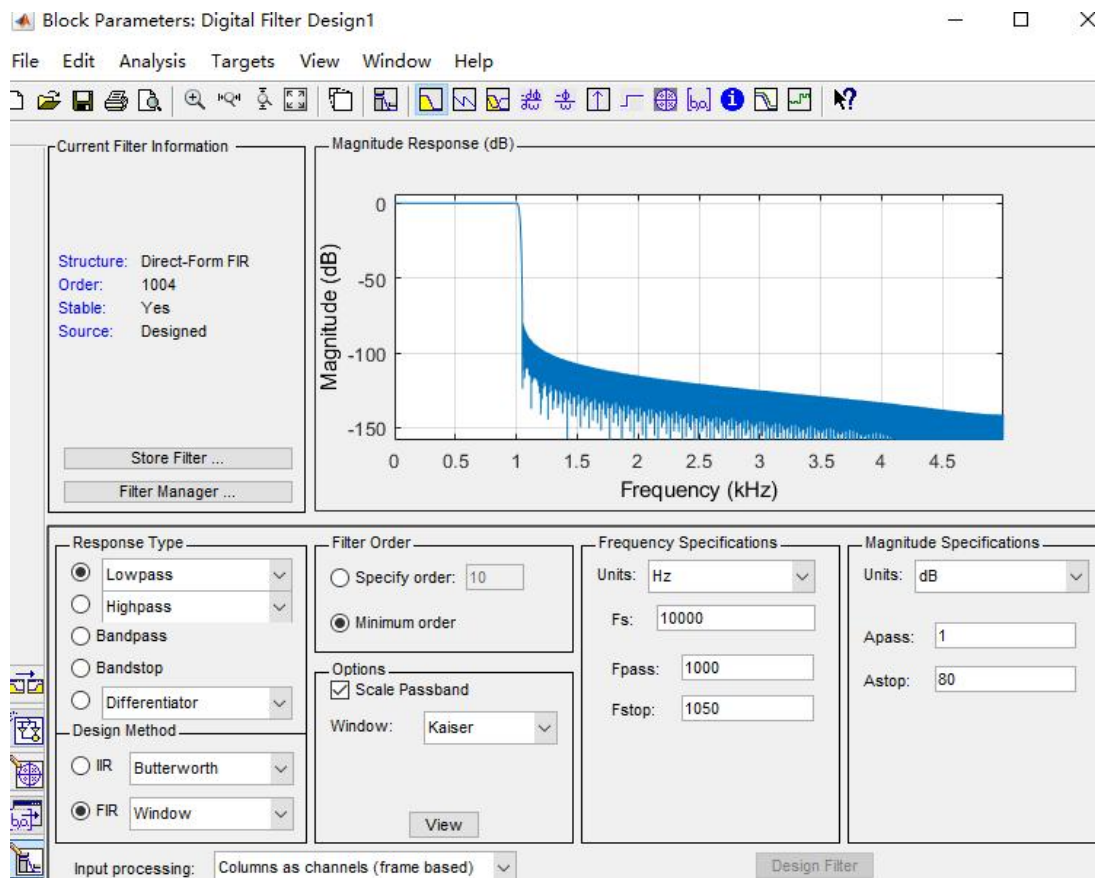
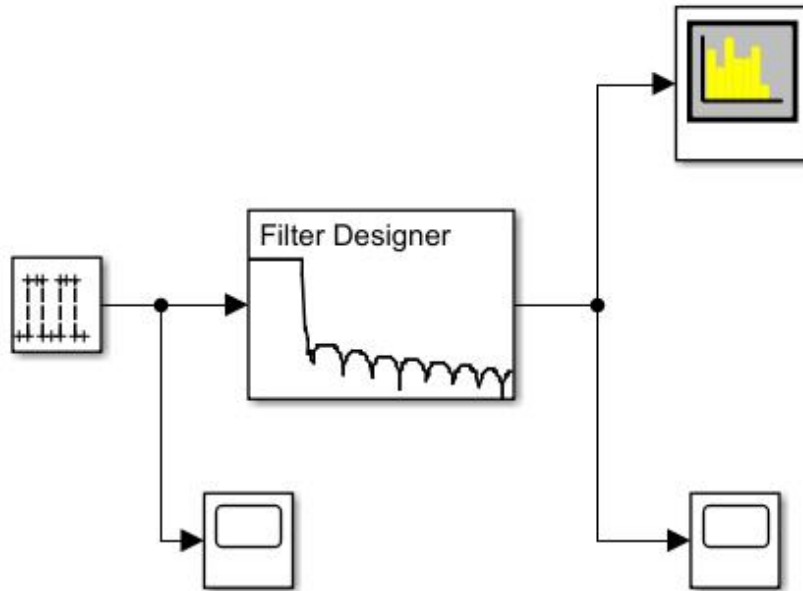
带通滤波器：带通滤波器允许特定频带范围的信号通过，并抑制其他频率范围的信号。带通滤波器的输出波形将保留输入信号的特定频带范围内的成分，同时滤除其他频率范围的成分。相应的频谱图将显示在特定频带范围内的成分较强，而其他频带的成分被抑制。

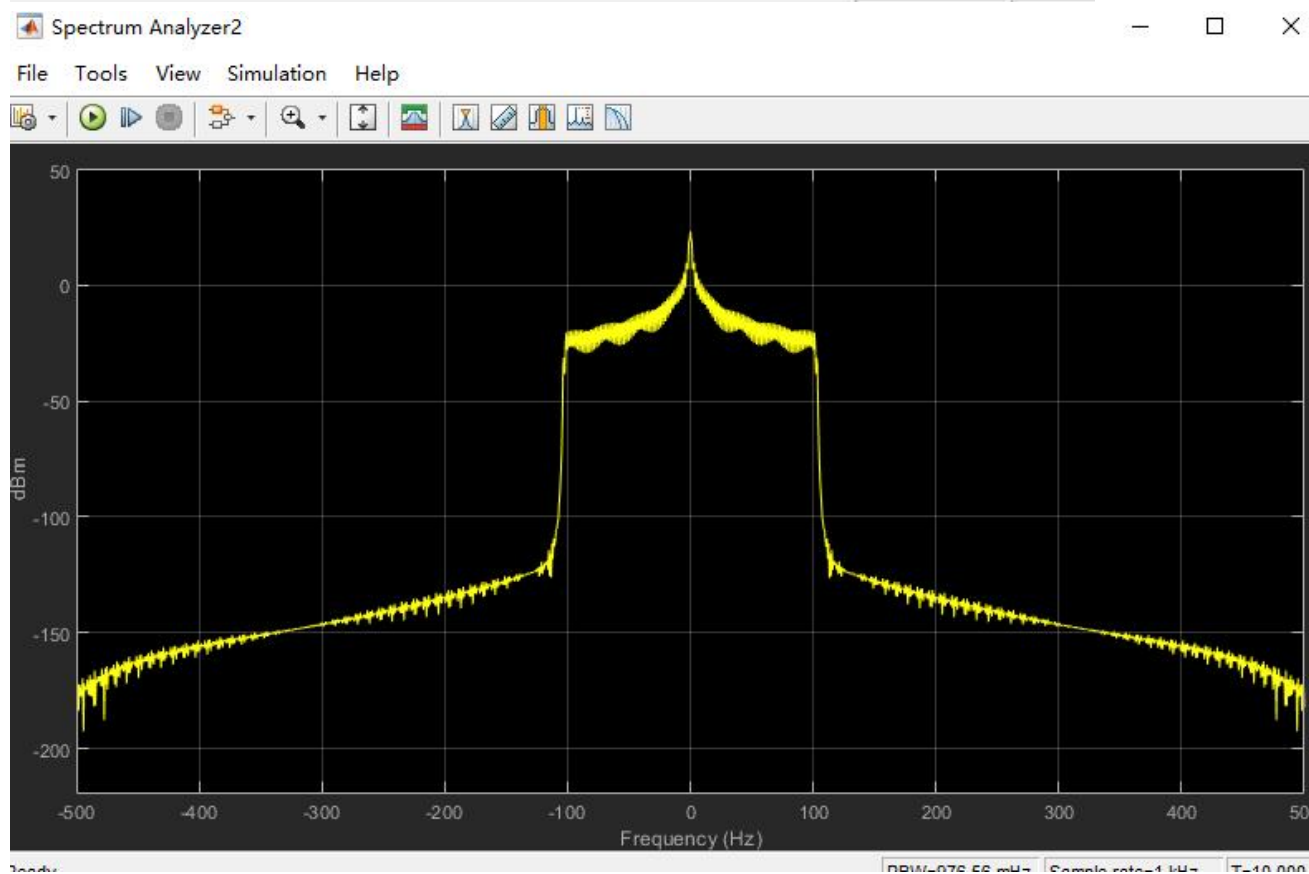
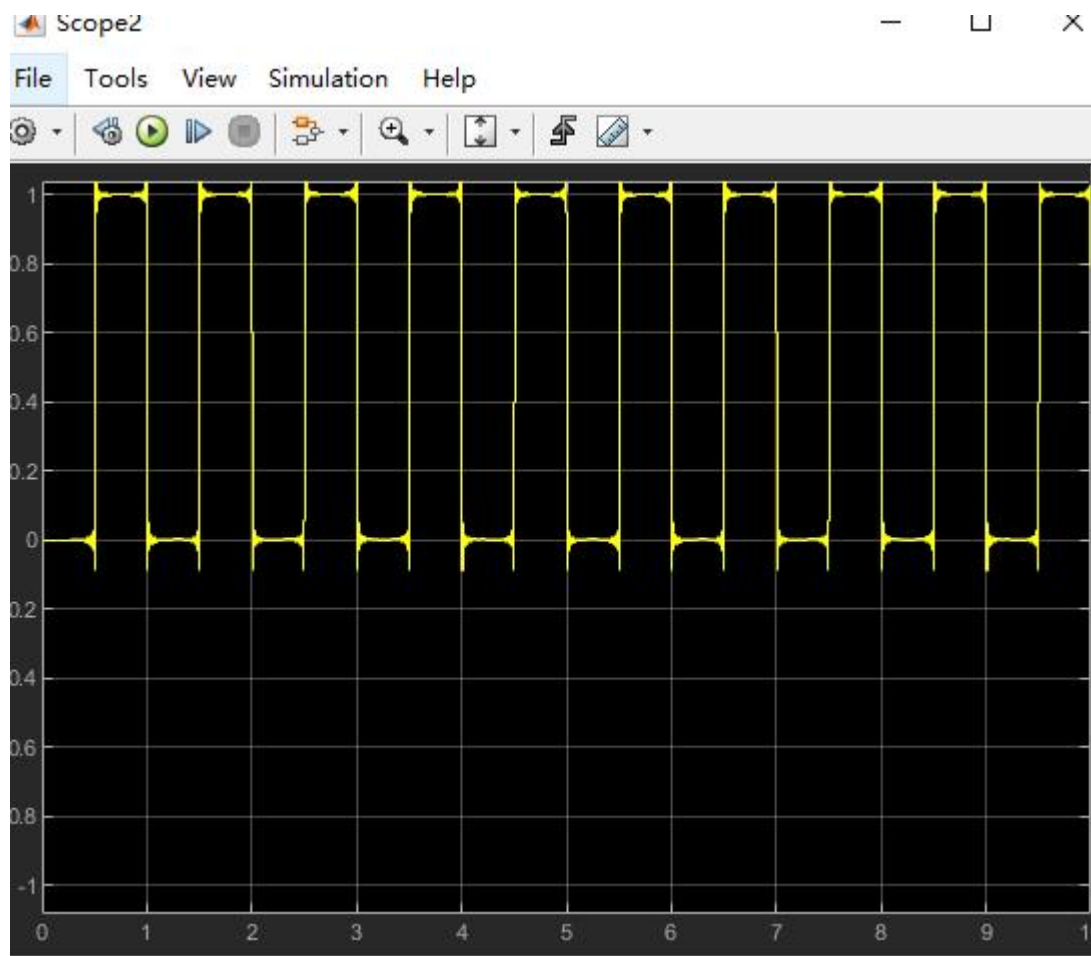
带阻滤波器：带阻滤波器允许除特定频带范围之外的信号通过，并抑制特定频带范围内的信号。带阻滤波器的输出波形将保留输入信号除特定频带范围外的成分，而滤除特定频带范围内的成分。相应的频谱图将显示在特定频带范围之外的成分较强，而特定频带范围内的成分被抑制。

根据滤波器的特性，可以通过观察输出波形和频谱图来了解信号在不同类型滤波器下的处理效果。例如，低通滤波器会使方波信号的边缘变得平滑，输出波形更趋近于平坦的直流信号；高通滤波器会突出方波信号的快速变化，输出波形会呈现尖锐的过渡；带通滤波器会突出特定频带范围的快速变化，滤除其他频率的成分；带阻滤波器会滤除特定频带范围内的信号，保留其他频率的成分。

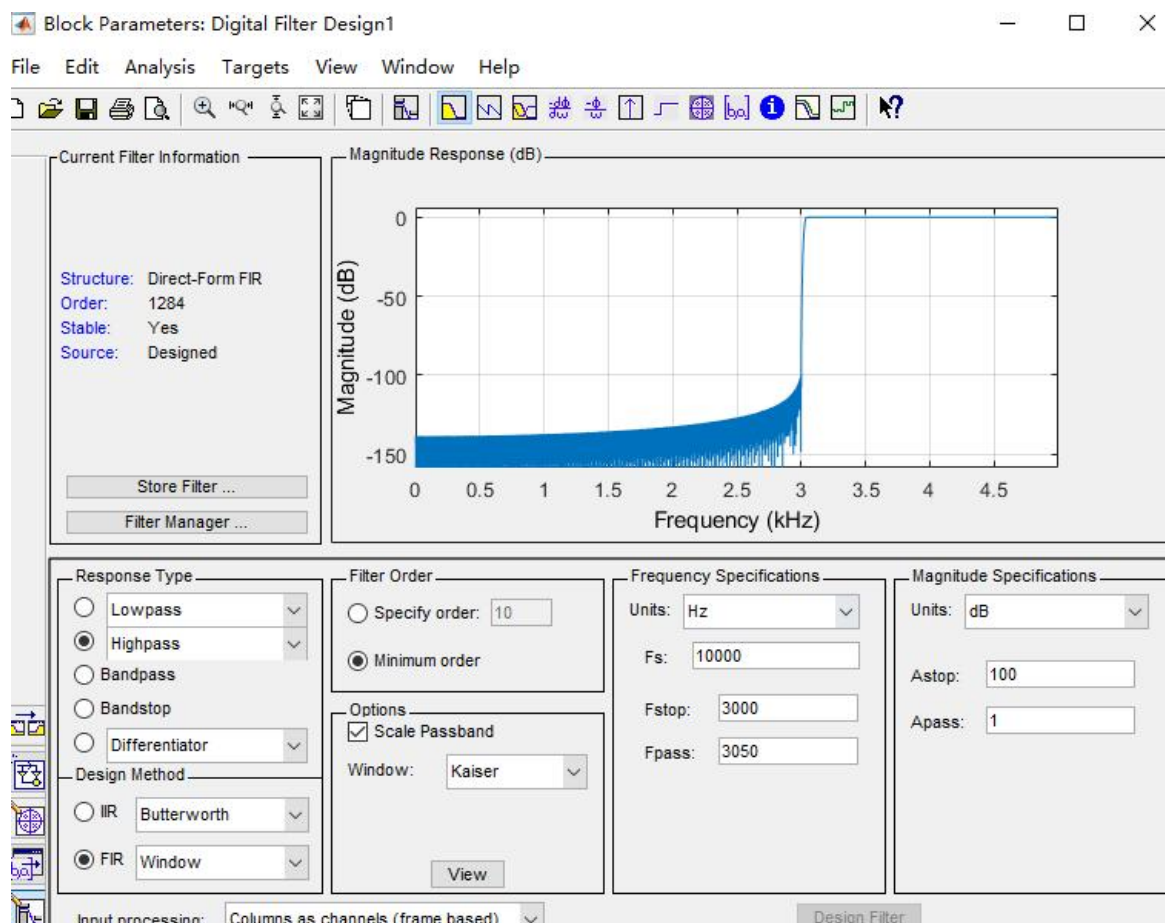
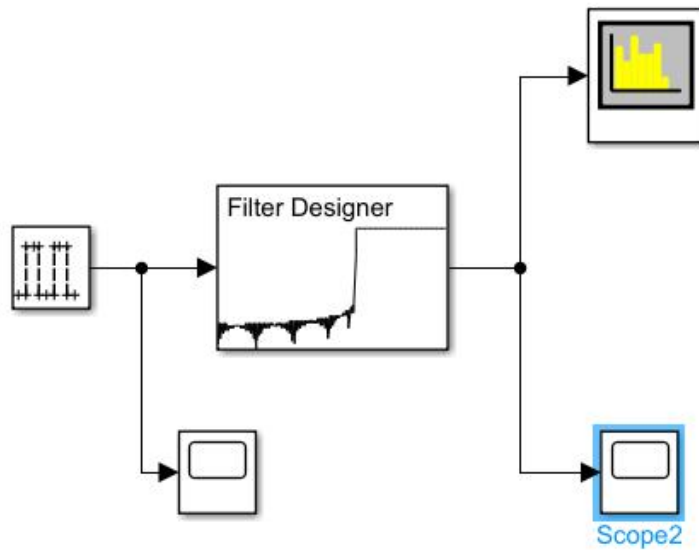
通过观察输出波形和频谱图，可以更好地理解不同类型滤波器对输入信号的处理，并能够根据需求选择适当的滤波器类型来实现信号的处理和频率范围的调节。

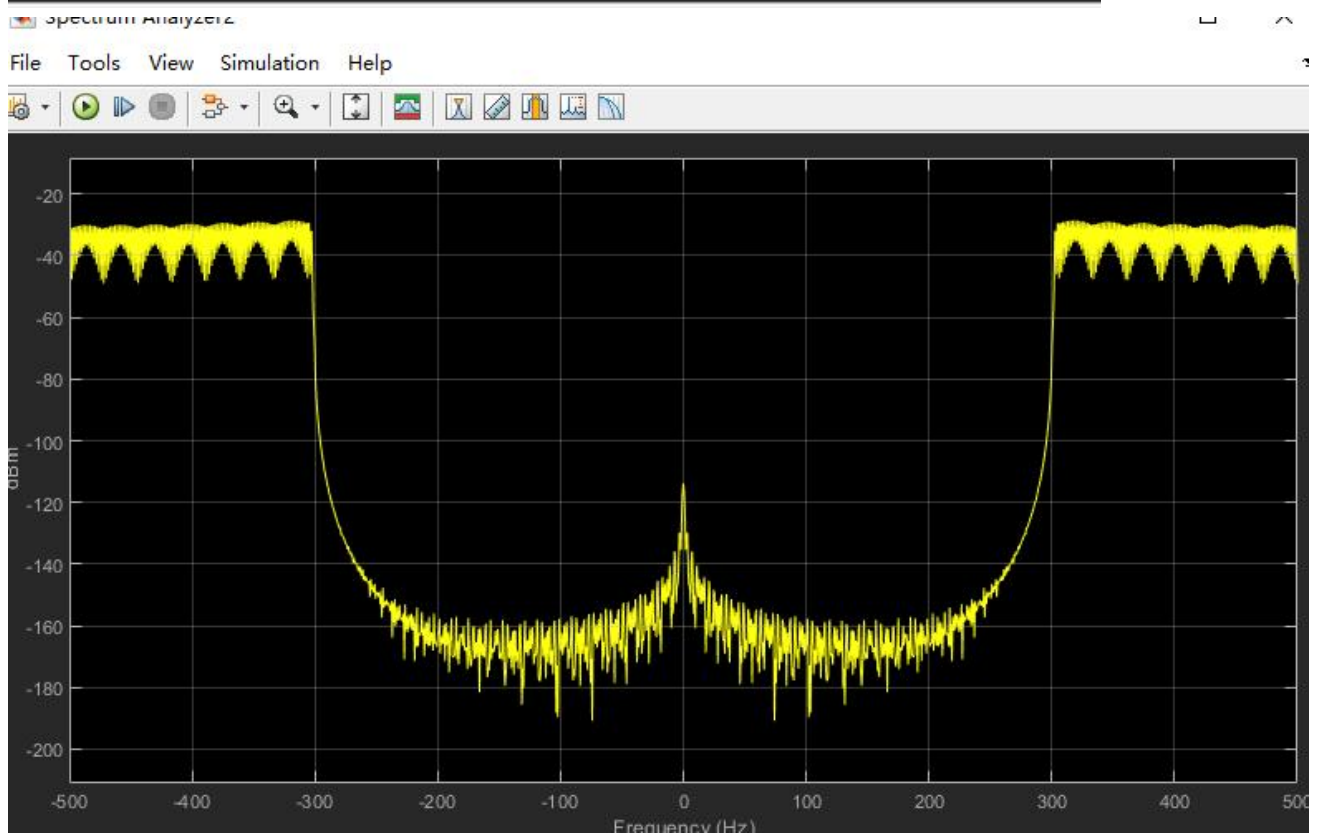
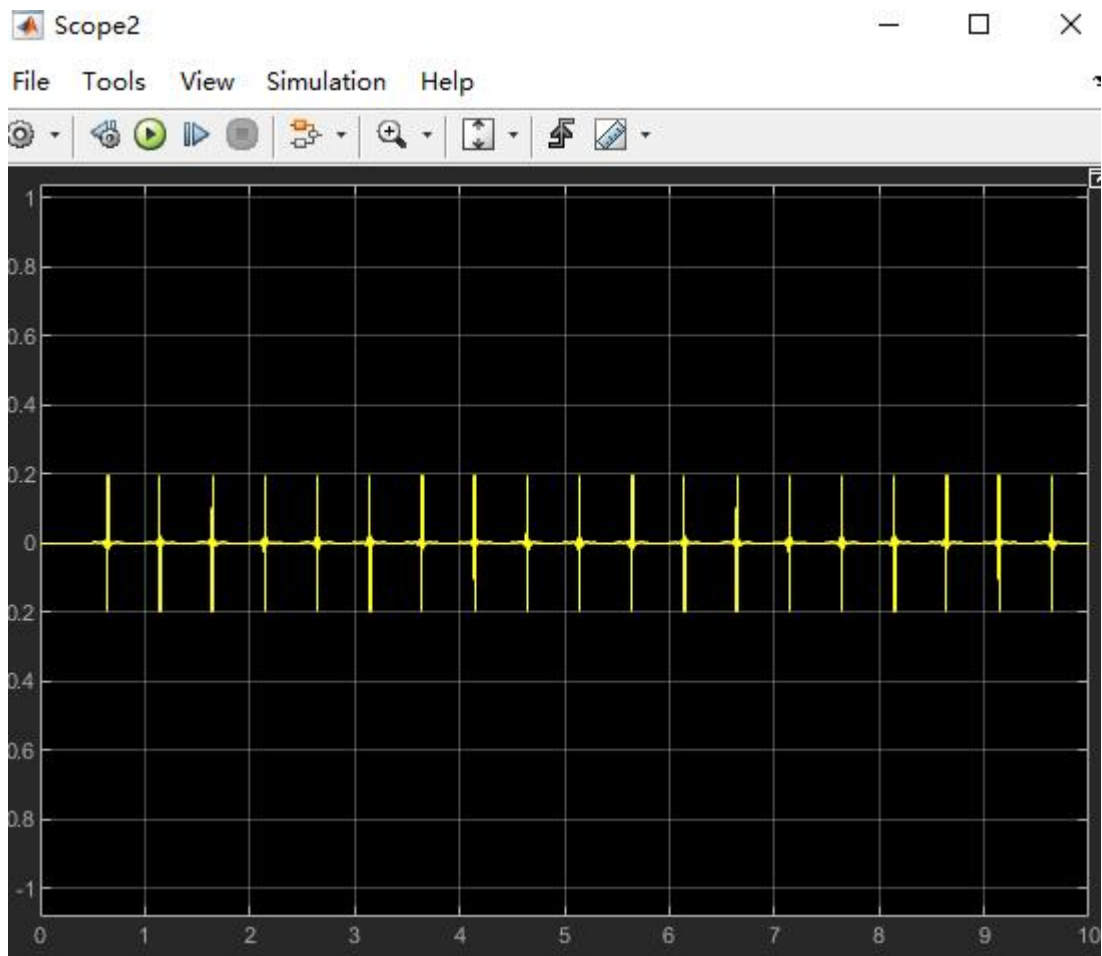
低通



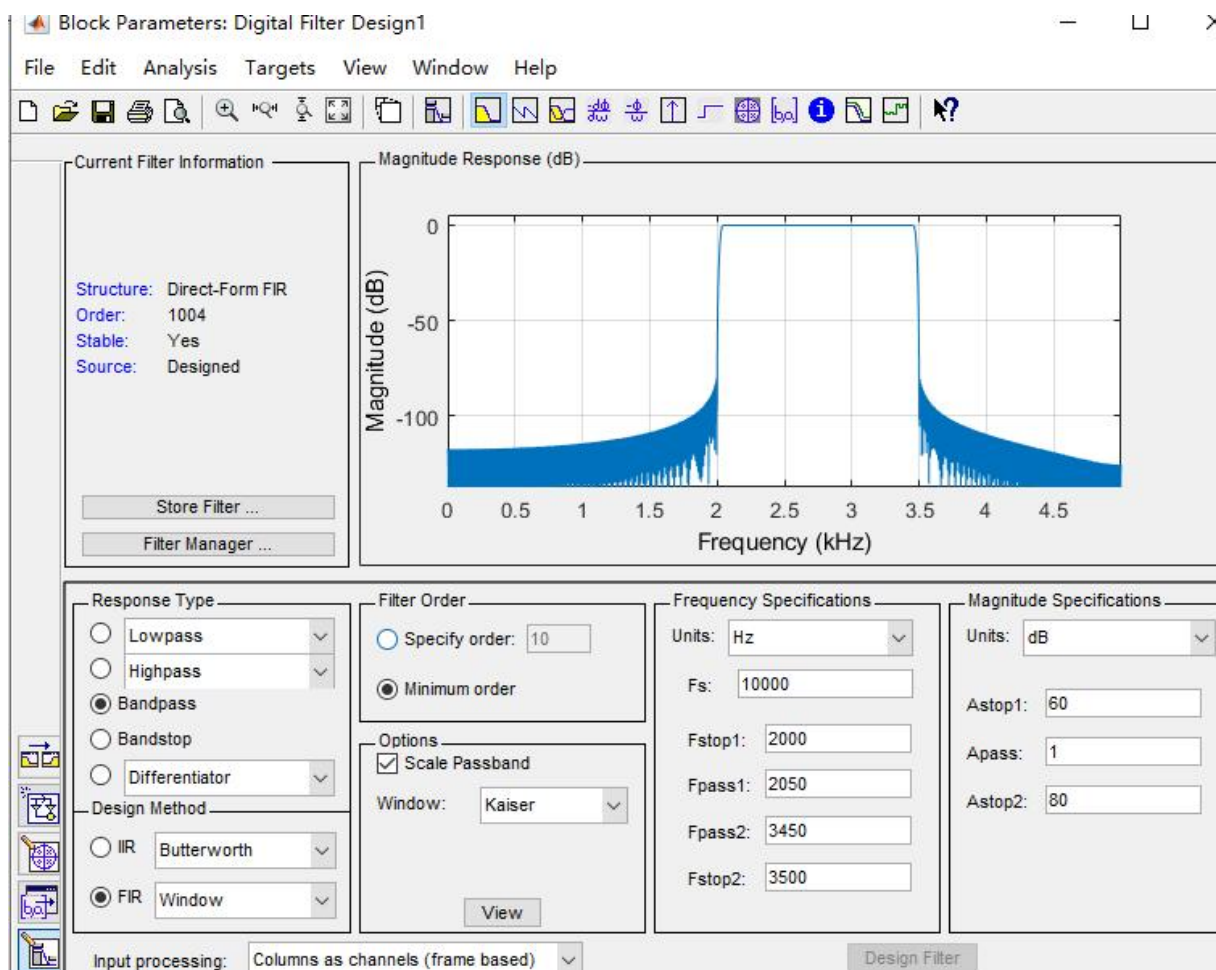
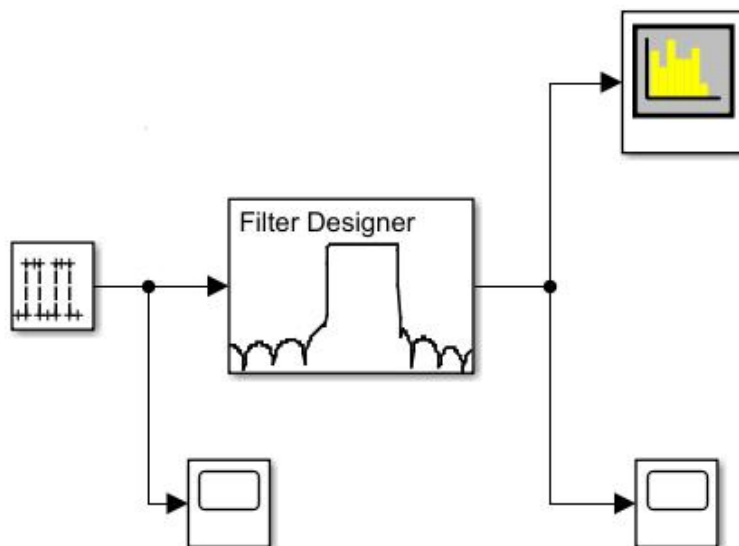


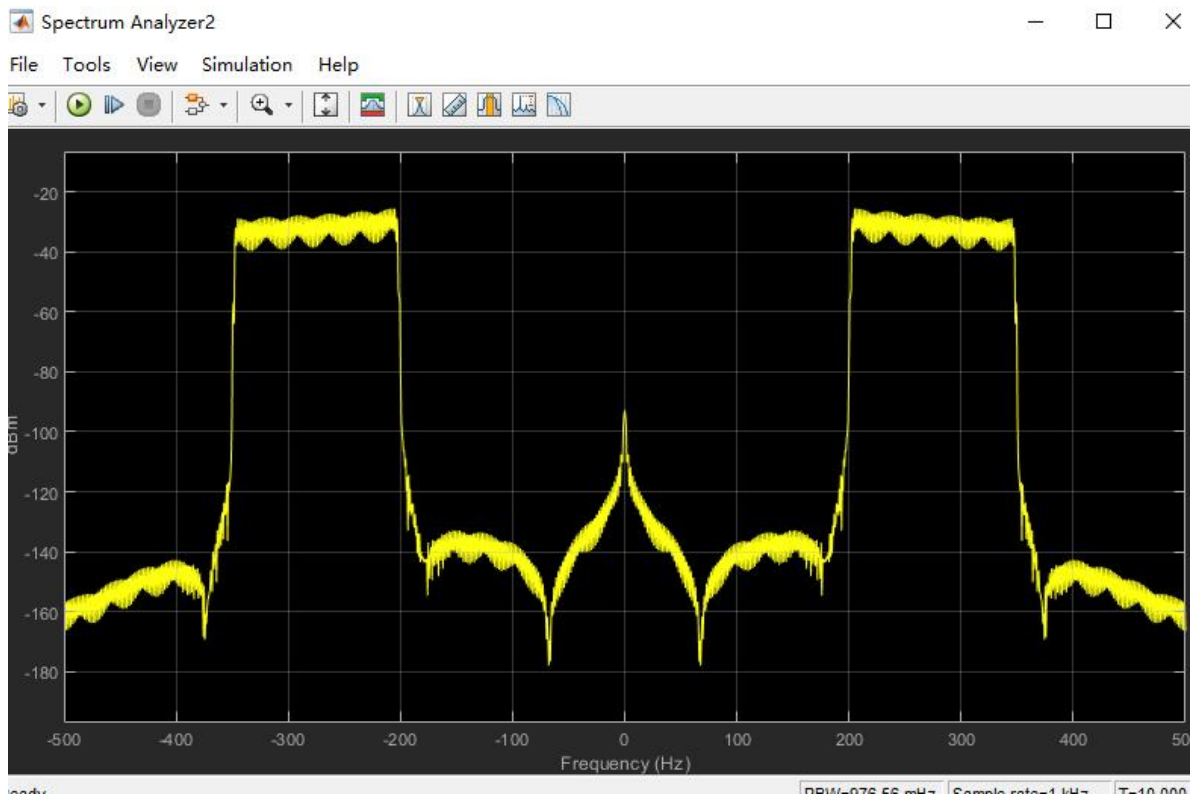
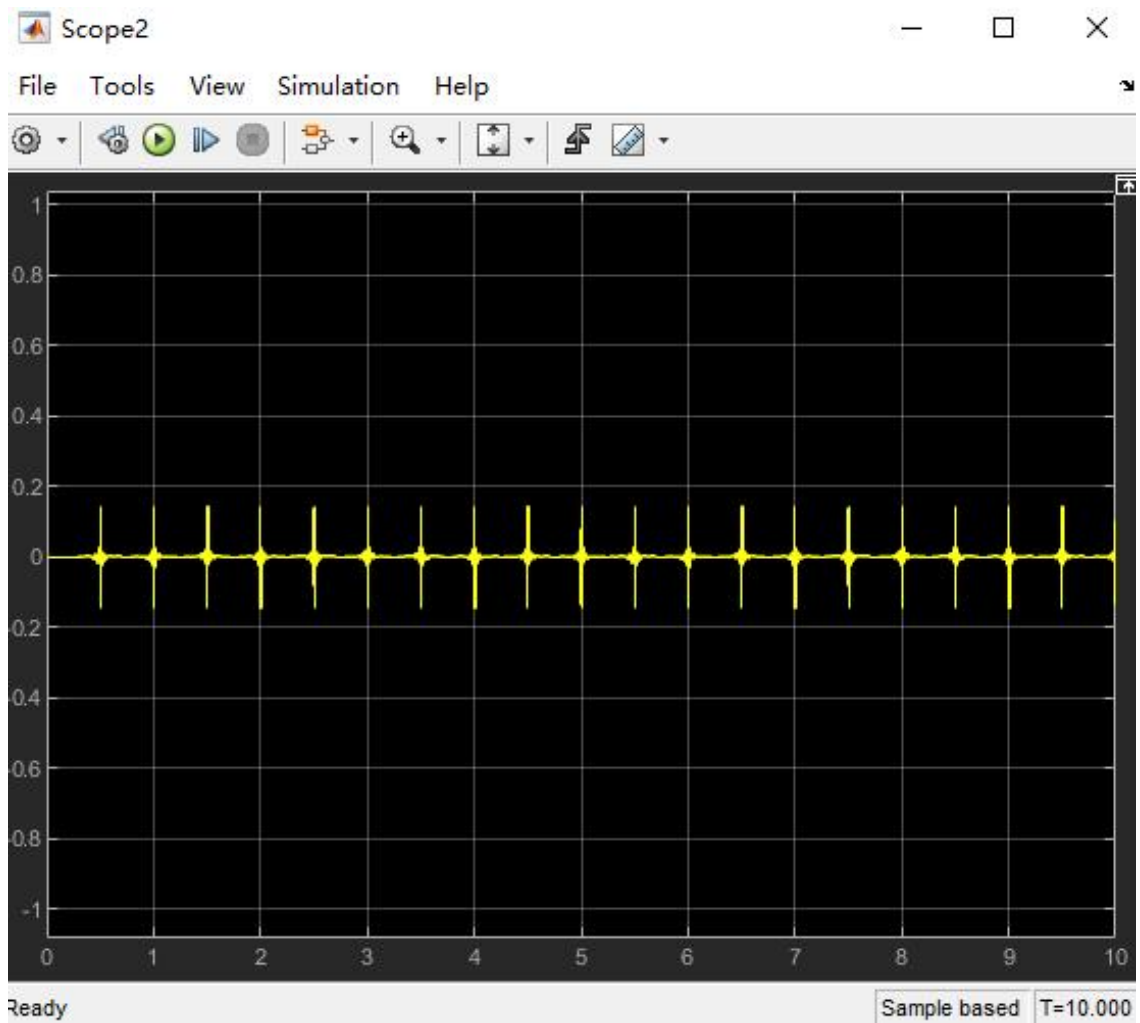
高通



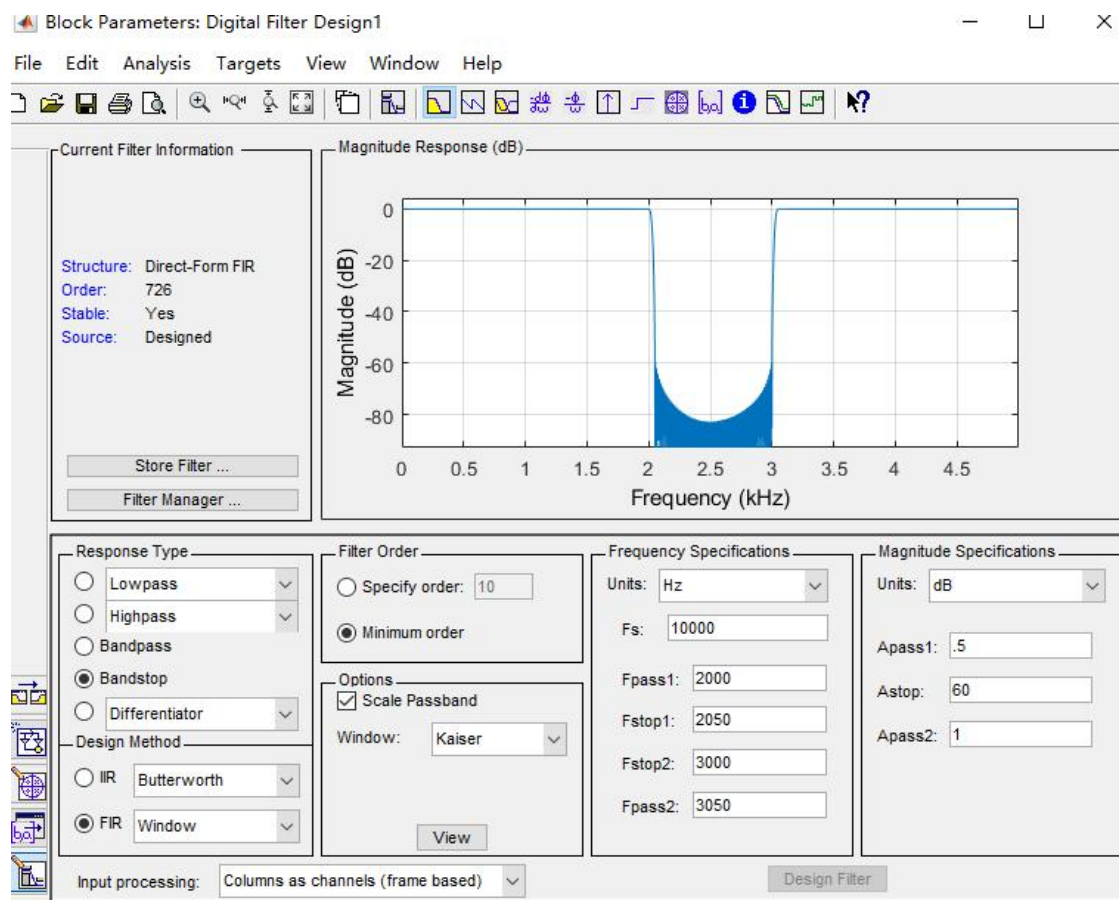
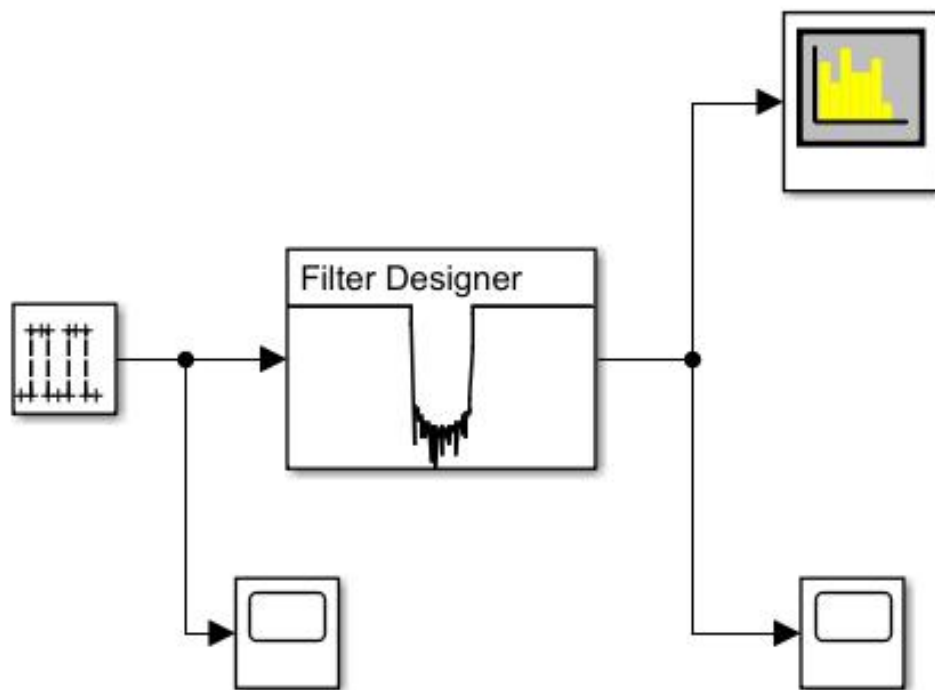


带通

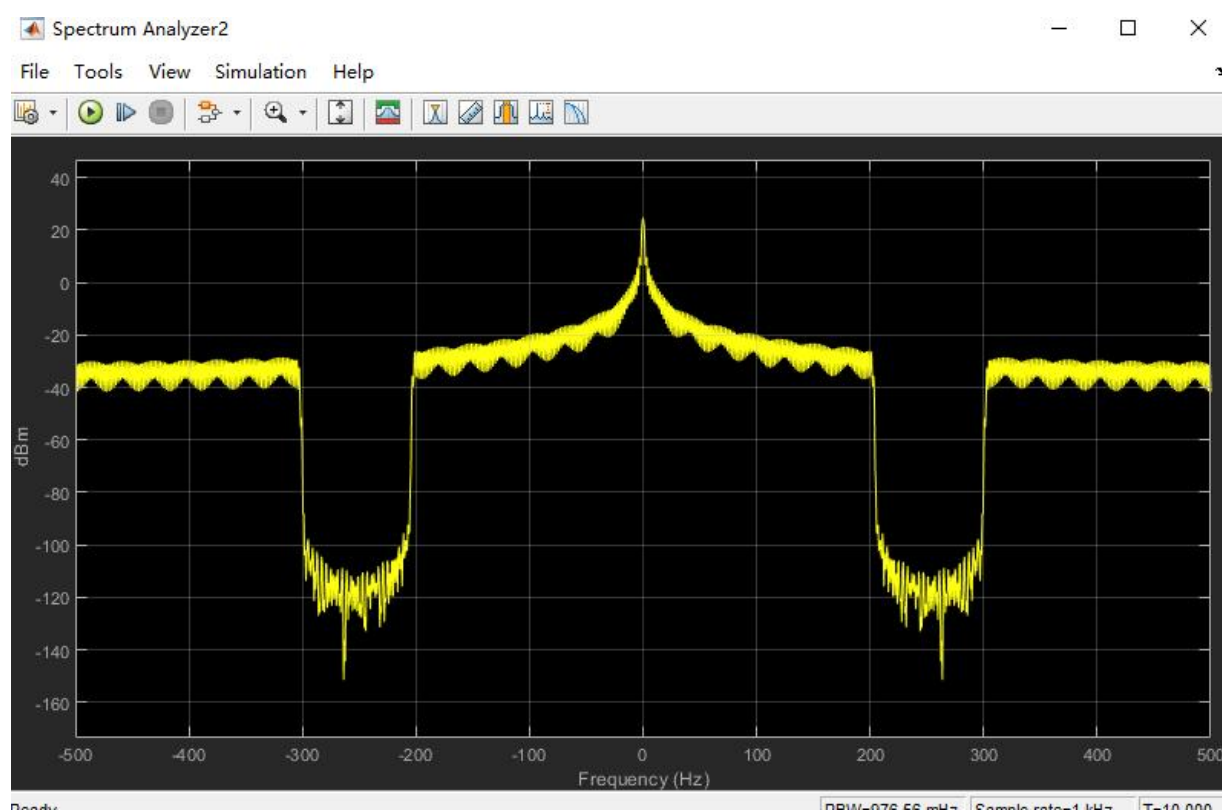
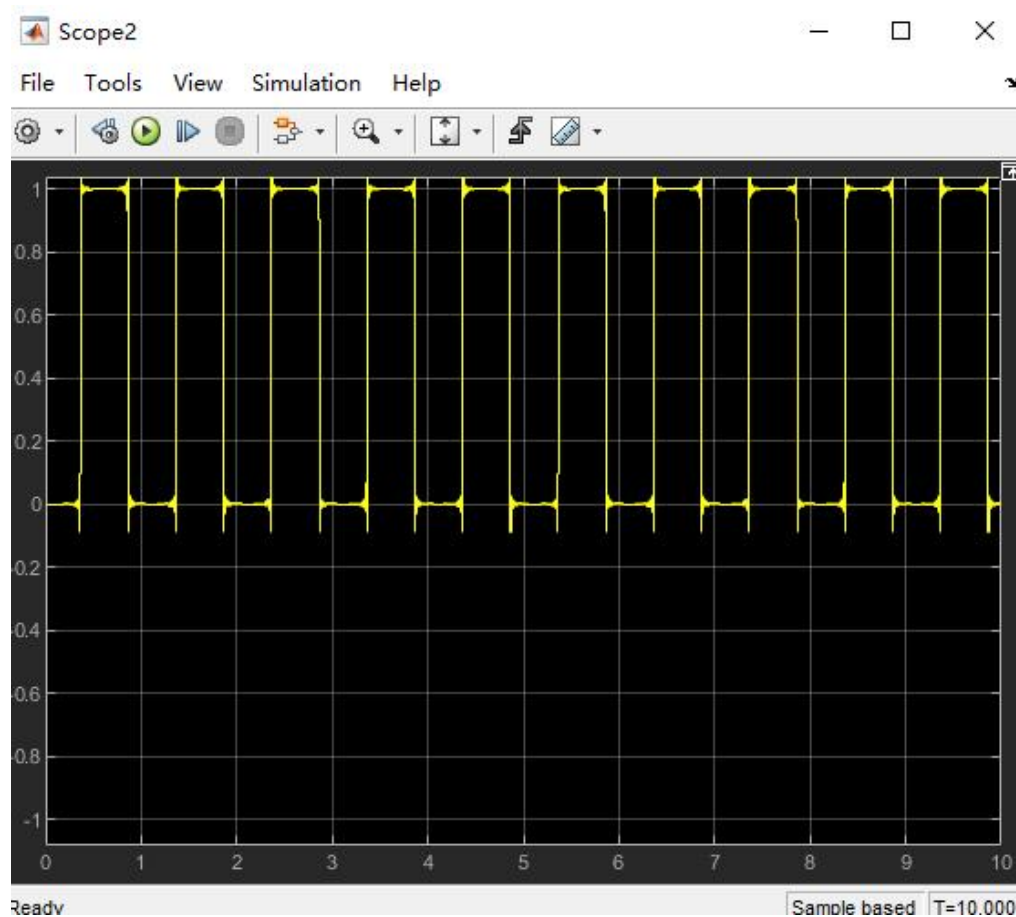




帶阻



Designing Filter ... Done



重点验收内容：以周期矩形脉冲（Pulse Generator）为例，演示和解释它通过不同滤波器之后的谱线图。

3.3 双边带调制和相干解调系统

利用至少一种信号源实现系统的仿真（单/双边带仿真至少一个应包含音频信号）；
应包含原理图、核心参数设置截图、关键节点的波形图及**原理分析**（很重要）；
调整核心参数（如采样频率），观察信号波形和频谱的变化规律，并分析其原理。
（可选）调整载波频率，观察信号波形和频谱的变化规律，并分析其原理。
（可选）调整系统带宽，观察信号波形和频谱的变化规律，并分析其原理。
（可选）增加噪声，观察信号波形和频谱的变化规律。

原理分析

双边带调制是一种将信号调制到载波中并产生两个对称的边带的调制方式。其基本原理是，通过将信号与载波进行乘法运算，得到包含了信号频谱的双边带信号。

实现双边带调制的一种方法是使用乘法器。乘法器可以将输入信号与载波进行相乘得到输出信号，其原理是在两个输入信号的乘积中包含了它们频谱的卷积。对于双边带调制，输入信号为原始信号，载波信号可以是正弦波或余弦波。

相干解调是一种利用乘法器对双边带调制信号进行解调的方法。在相干解调中，解调器需要与调制器使用相同的载波信号。将双边带调制信号与相同频率的相干载波进行乘法运算，得到解调后的信号。

乘法运算实际上是对双边带调制信号的上、下边带进行平移，使其分离成原始信号的频谱。在乘法运算中，调制信号的上、下边带分别与载波的上、下边带进行相乘后的结果是：原始信号的频谱与载波频谱的卷积。解调后的信号可以通过低通滤波器进行滤波去除卷积产生的多余频谱，得到原始信号。

（可选）调整载波频率，观察信号波形和频谱的变化规律，并分析其原理。

在双边带调制系统中，调整载波频率会导致解调后信号频谱的移动和变形。当载波频率与信号频率相差较小、相近或相等时，解调后的信号波形会保持原始信号的形态，并且频谱也基本维持原样。而当载波频率与信号频率相差较大时，解调后的信号波形会发生变形，频谱会发生频率偏移。这是因为在双边带调制中，载波的频谱与信号的频谱进行卷积运算，频率偏移会导致卷积后的频谱发生改变，进而影响到解调后信号的形态和频谱特征。

在相干解调系统中，调整载波频率同样会对解调后信号的波形和频谱产生影响。相干解调需要使用与调制器相同频率的相干载波，当载波频率与信号频率相差较小、相近或相等时，解调后的信号波形会保持原始信号的形态，并且频谱也基本维持原样。而当载波频率与信号频率相差较大时，解调后的信号波形会发生明显的形变，并且频谱中会出现频率偏移的情况。这是因为相干解调中，载波频率和相位要与调制信号保持准确匹配，频率偏移会导致相位差，进而影响到解调后信号的重建。

频率的偏移会导致解调后信号的形态变化和频谱的频率变化。这些变化是由双边带调制和相干解调的原理决定的，载波频率与信号频率的匹配程度会直接影响到解调后信号的重建效果和频谱特征。因此，在实际应用中，需要精确调整载波频率以便有效解调信号。

（可选）调整系统带宽，观察信号波形和频谱的变化规律，并分析其原理。

在双边带调制系统中，调整系统带宽会影响解调后信号的波形和频谱的带宽限制。较宽的系统带宽可以传输更多的频率成分，解调后的信号波形会更接近原始信号的形态，并且频谱中会保留更多的频率成分。而较窄的系统带宽会限制信号的频率范围，解调后的信号波形会发生截断现象，并且频谱中会只保留少量的频率成分。这是因为较宽的系统带宽能够传输更多的频率信息，解调后的信号能够更好地重建原始信号的频谱特征。

在相干解调系统中，调整系统带宽同样会影响信号波形和频谱。较宽的系统带宽可以传输更多频率成分，解调后的信号波形会更接近原始信号的形态，并且频谱中会保留更多的频率成分。而较窄的系统带宽会限制信号的频率范围，解调后的信号波形会产生失真现象，并且频谱中会截断高频成分。这是因为较窄的系统带宽无法传输足够的频率信息，解调后的信号无法完整地重建原始信号的频谱特征。

较宽的系统带宽能够传输更多的频率成分，解调后的信号波形会更接近原始信号的形态，并且频谱中会保留更多的频率成分。而较窄的系统带宽会限制信号的频率范围，解调后的信号波形会发生截断或失真，并且频谱中会缺失高频成分。这些变化是由系统带宽的限制决定的，较宽的带宽能够提供更好的信号传输和保真性能。因此，在实际应用中，需要根据信号的频率范围和传输要求选择合适的系统带宽以保证解调信号的质量和完整性。

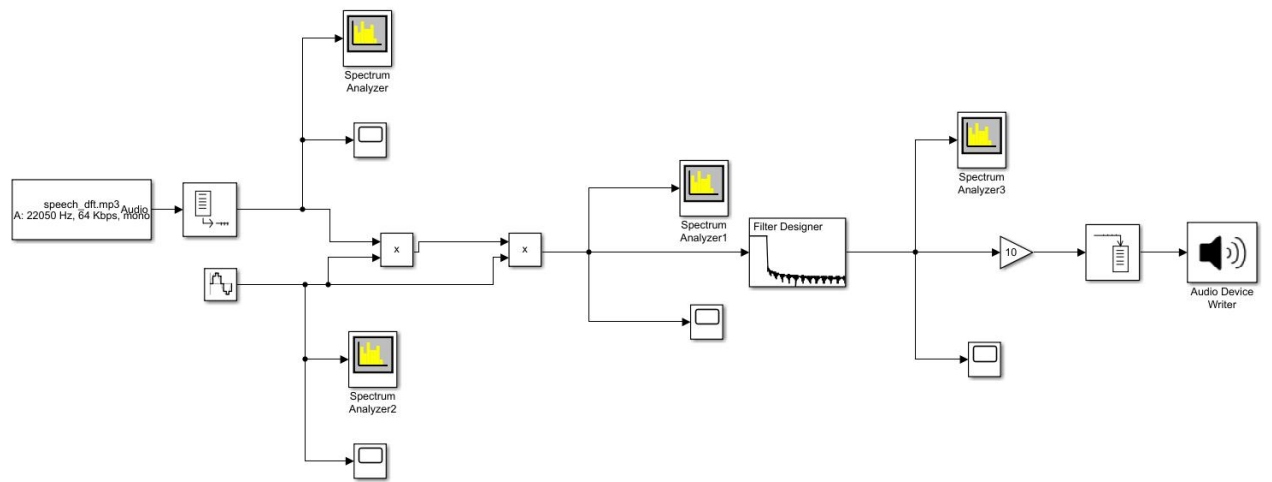
（可选）增加噪声，观察信号波形和频谱的变化规律。

在双边带调制系统中，增加噪声会使解调后的信号波形变得更加扭曲，并且频谱中会出现额外的噪声成分。噪声的引入会破坏原始信号的完整性，从而使解调后的信号受到干扰，并且频谱上出现噪声功率密度。这是因为噪声与信号进行相乘，使得噪声成分在解调后的信号中变得显著，且无法被完全去除。


在相干解调系统中，增加噪声同样会对信号的波形和频谱产生影响。由于相干解调需要频率和相位的准确匹配，噪声的引入会使载波相位扰动，进而导致解调后的信号波形受到干扰和失真。频谱上，噪声会增加解调后信号的噪声功率密度，并使原始信号的频谱成分变得难以区分。此外，噪声也可能引入相位偏差，导致解调后的信号频谱发生频率偏移。

噪声的引入使解调后的信号波形发生扭曲，频谱中出现额外的噪声成分。这是由于噪声与信号进行相乘或载波相位扰动，导致解调后的信号受到干扰和失真，并使频谱中的信号成分难以被区分。在实际应用中，需要采用适当的信号处理和噪声抑制技术，以提高解调系统的性能和抗噪声干扰能力。

原理图



核心参数设置截图

 模块参数: Sine Wave ✕

Sine Wave

输出正弦波:

$$O(t) = \text{Amp} * \sin(\text{Freq} * t + \text{相位}) + \text{偏置}$$

正弦类型确定使用的计算方法。这两种类型的参数通过以下方式相关联:

每个周期的采样数 = $2 * \pi / (\text{频率} * \text{采样时间})$

偏移采样数 = $\text{相位} * \text{每周期采样数} / (2 * \pi)$

如果由于长时间运行(例如, 绝对时间溢出)而出现数值问题, 请使用基于采样的正弦类型。

参数

正弦类型: 基于时间

时间(t): 使用仿真时间


振幅:

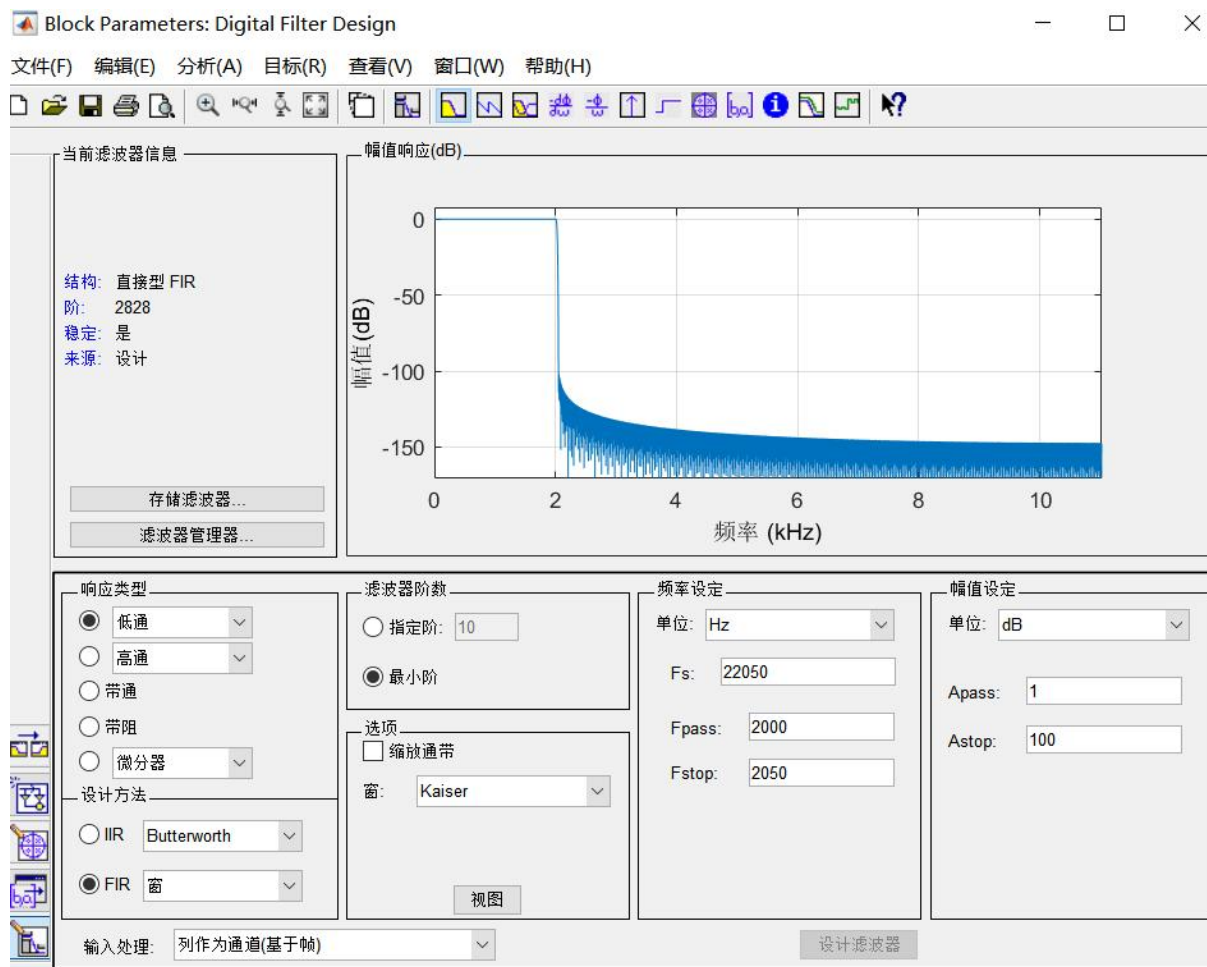
偏置:

频率(弧度/秒):

相位(弧度):

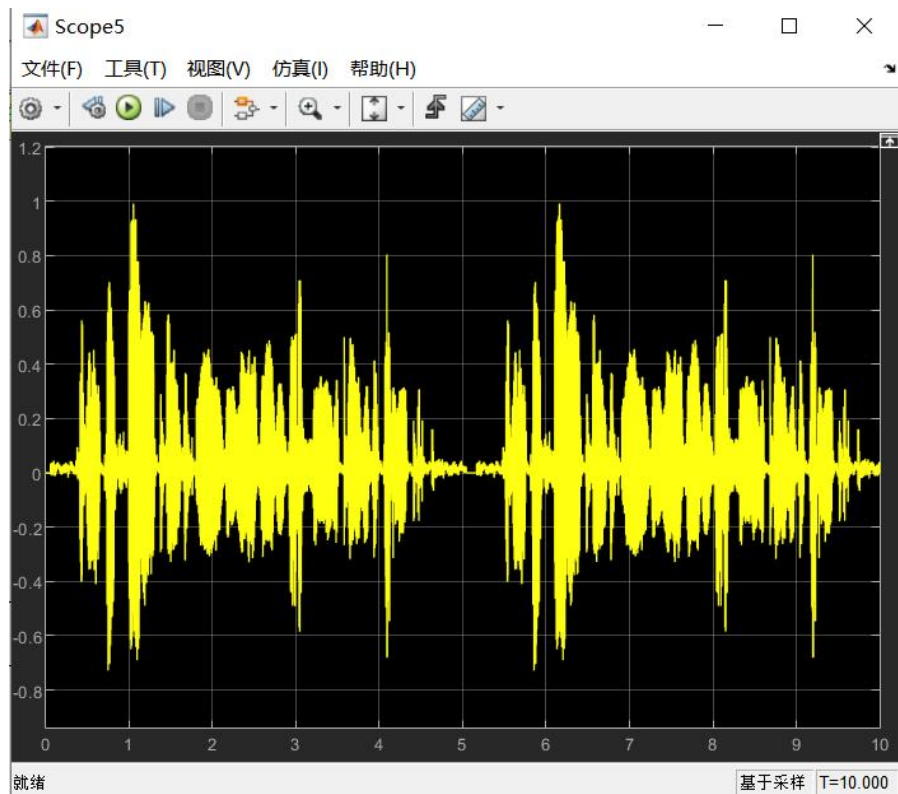
采样时间:

 确定(O) 取消(C) 帮助(H) 应用(A)

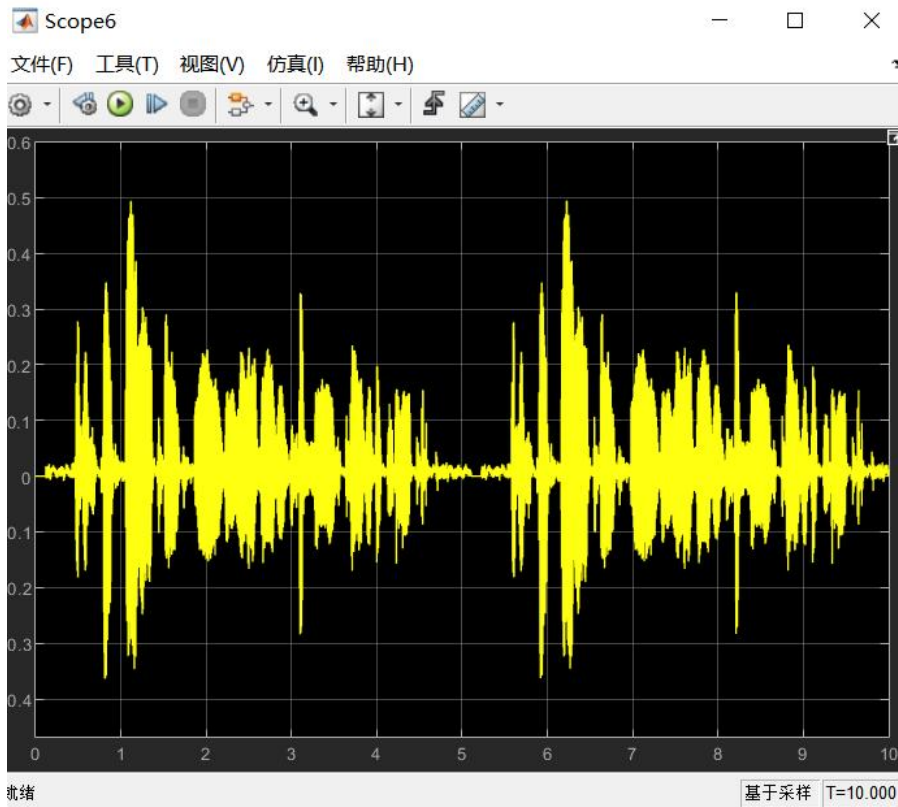


设计滤波器 完成

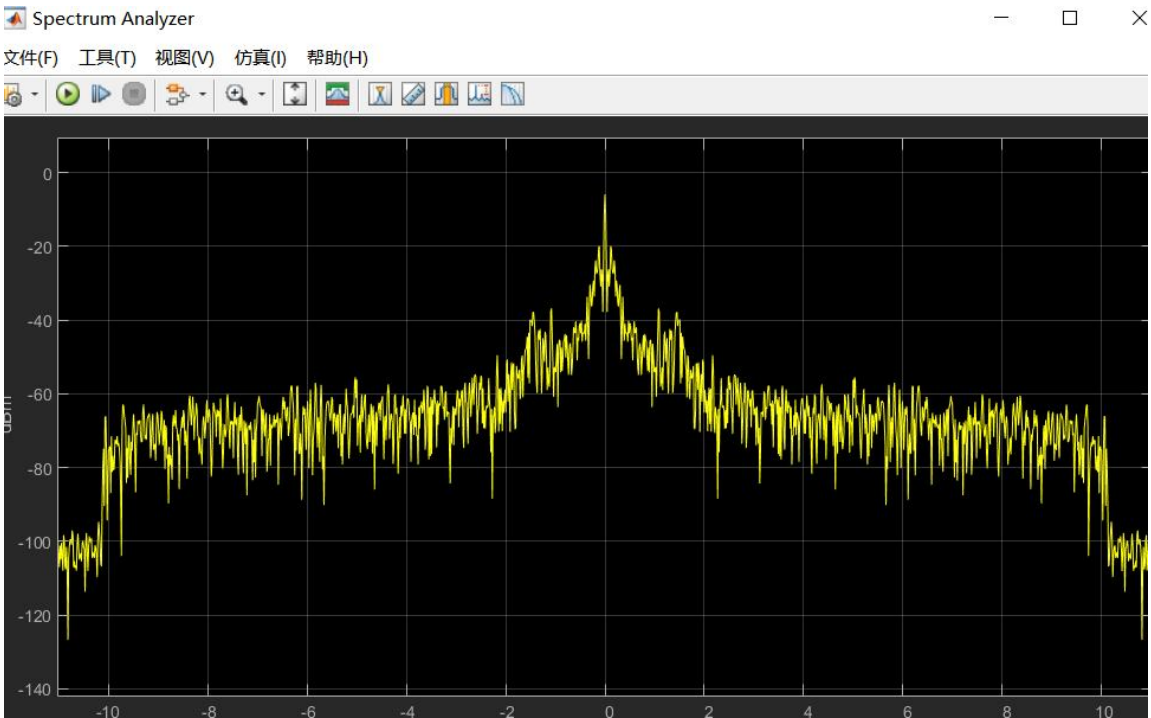
基带信号波形



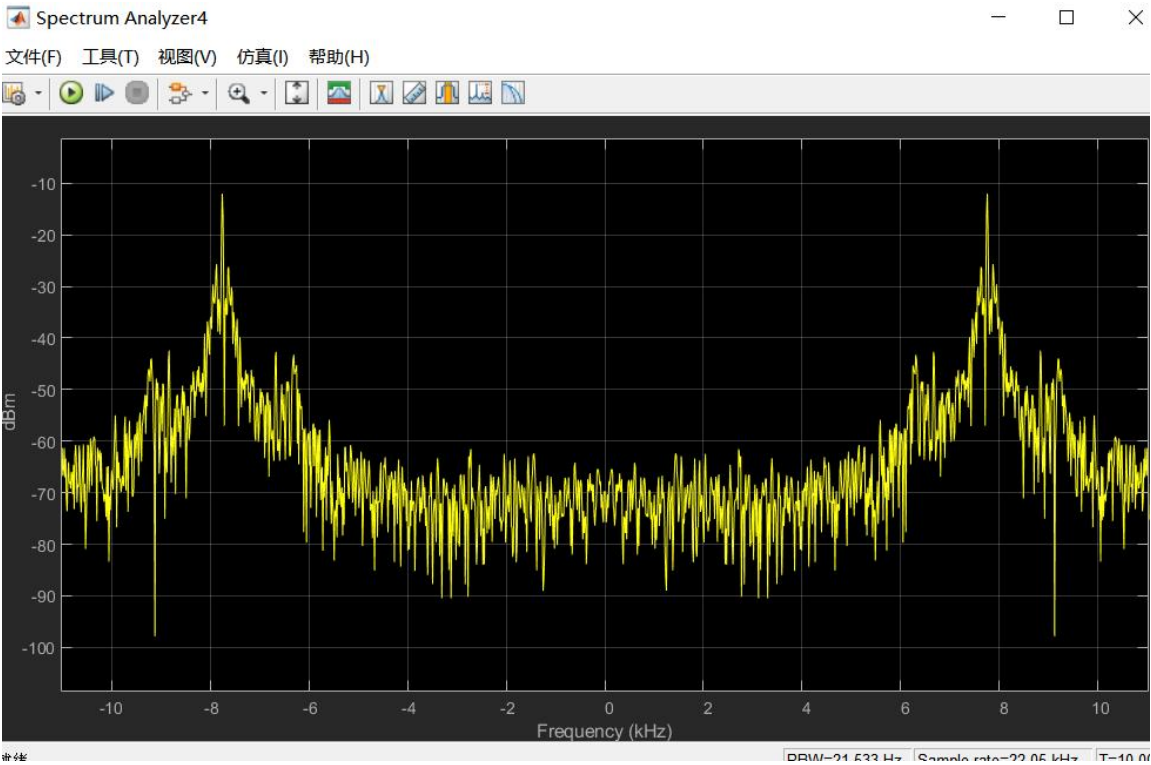
解调后输出波形



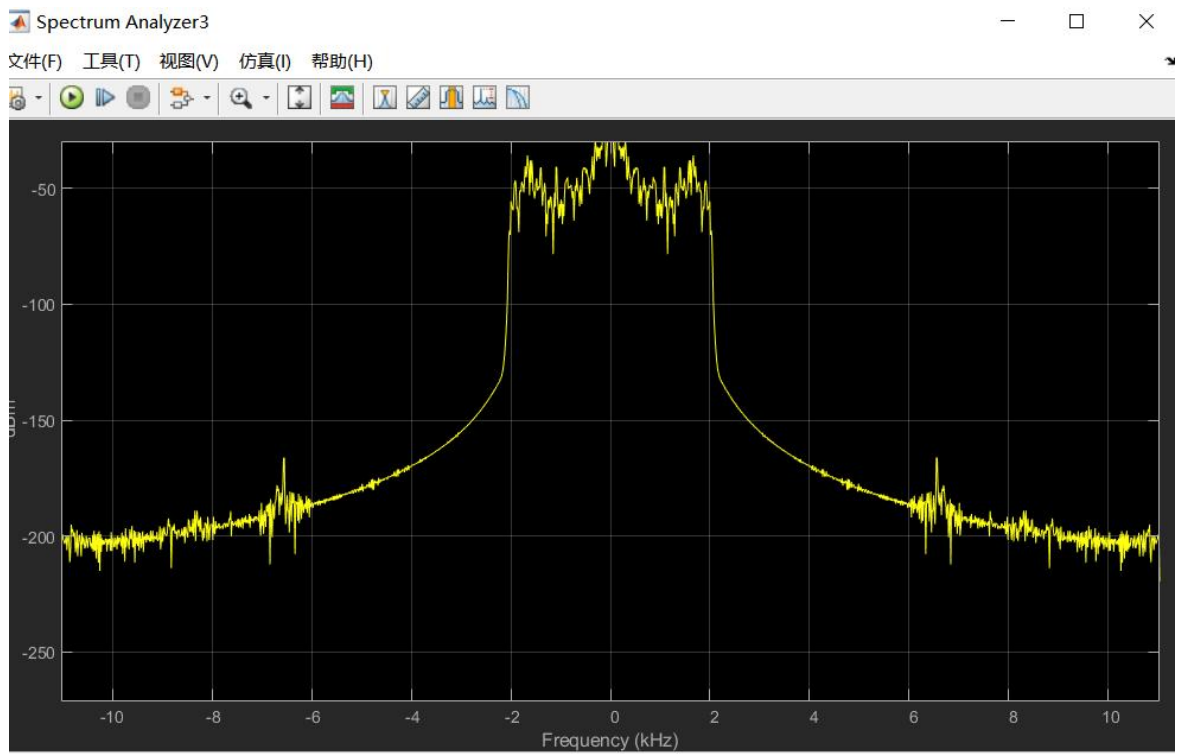
基带信号频谱图



调制后频谱图



解调后频谱图



重点验收内容：完整系统框图，现场运行，解释实验结果。如果采用音频信号，要能正常播放音频。

3.4 单边带调制和相干解调系统

利用至少一种信号源实现系统的仿真（单/双边带仿真至少一个应包含音频信号）；应包含原理图、核心参数设置截图、关键节点的波形图及**原理分析**（很重要）；调整核心参数（如采样频率），观察信号波形和频谱的变化规律，并分析其原理。

（可选）调整载波频率，观察信号波形和频谱的变化规律，并分析其原理。

（可选）调整系统带宽，观察信号波形和频谱的变化规律，并分析其原理。

（可选）增加噪声，观察信号波形和频谱的变化规律。

原理分析

单边带调制是一种在调制过程中只保留一个边带的调制方式，另一个边带被抑制掉的调制方式。其基本原理是，在调制信号的频谱中，只选取一个边带进行调制，然后与载波进行乘法运算得到单边带调制信号。

实现单边带调制的一种方法是使用乘法器。乘法器可以将输入信号与载波进行相乘得到输出信号，其原理是在两个输入信号的乘积中包含了它们频谱的卷积。对于单边带调制，输入信号为原始信号，载波信号可以是正弦波或余弦波。

相干解调是一种利用乘法器对单边带调制信号进行解调的方法。在相干解调中，解调器需要与调制器使用相同的载波信号，并将其与接收到的单边带调制信号相乘。解调器的乘法器中，载波信号要进行频率和相位的精确调整，才能保证解调的效果。解调后的信号经过滤波器去除高频部分，得到原始信号。

乘法运算实际上是将单边带调制信号的频谱与载波的频谱进行卷积，得到具有传输信号频谱特征的乘积信号。解调后的信号可以通过低通滤波器进行滤波去除卷积产生的多余频谱，得到原始信号。相较于双边带调制，单边带调制具有更高的能量效率和频谱利用率，因此在实际中使用较为广泛。

（可选）调整载波频率，观察信号波形和频谱的变化规律，并分析其原理。

在单边带调制系统中，调整载波频率会导致解调后信号的频率偏移。当载波频率与调制信号的频率相同或接近时，解调后的信号频谱会呈现出较大的幅度。而当载波频率与调制信号的频率相差较大时，解调后的信号频谱幅度会明显减小，并在零频附近出现。这是因为在频域上，调制信号和载波的频谱进行卷积运算，频率偏移越大，卷积后的频谱幅度减小，最终使得解调后信号的频谱变得更加集中。

在相干解调系统中，调整载波频率也会影响解调后的信号波形和频谱。相干解调需要使用与调制器相同频率的相干载波。当载波频率与调制信号的频率相同或非常接近时，解调后的信号波形会保持原始信号的形态，并且频谱也基本维持原样。但是，当载波频率与调制信号的频率相差较大时，解调后的信号波形会产生明显的形变，并且频谱中会出现频率偏移的情况。这是因为相干解调需要相位和频率的准确匹配，频率偏移会导致相位差，

进而影响到解调后信号的重建。

在单边带调制系统中，频率偏移越大，解调后的信号频谱幅度减小且趋于零频附近。而在相干解调系统中，频率偏移会导致解调后的信号波形形变，并且出现频率偏移的情况。这些变化是由调制与解调的相干要求所决定的。

（可选）调整系统带宽，观察信号波形和频谱的变化规律，并分析其原理。

在单边带调制系统中，调整系统带宽会影响解调后信号的带宽限制。较宽的系统带宽可以传输更多频率成分，解调后的信号波形会更接近原始信号的形态，并且频谱中会保留更多的高频成分。而较窄的系统带宽会限制信号的频率范围，解调后的信号波形会产生截断现象，并且频谱中会只保留少量高频成分。这是因为较宽的系统带宽能够传输更多的频率信息，解调后的信号能够更好地重建原始信号的频谱特征。

在相干解调系统中，调整系统带宽同样会影响信号波形和频谱。较宽的系统带宽可以传输更多频率成分，解调后的信号波形会更接近原始信号的形态，并且频谱中会保留更多的高频成分。而较窄的系统带宽会限制信号的频率范围，解调后的信号波形会产生失真并且频谱中会截断高频成分。这是因为较窄的系统带宽无法传输足够的频率信息，解调后的信号无法完整地重建原始信号的频谱特征。

较宽的系统带宽能够传输更多的频率成分，解调后的信号波形会更接近原始信号的形态，并且频谱中会保留更多的高频成分。而较窄的系统带宽会限制信号的频率范围，解调后的信号波形会产生截断或失真，并且频谱中会缺失高频成分。这些变化是由系统带宽的限制决定的，带宽较宽能够提供更好的信号传输和保真性能。

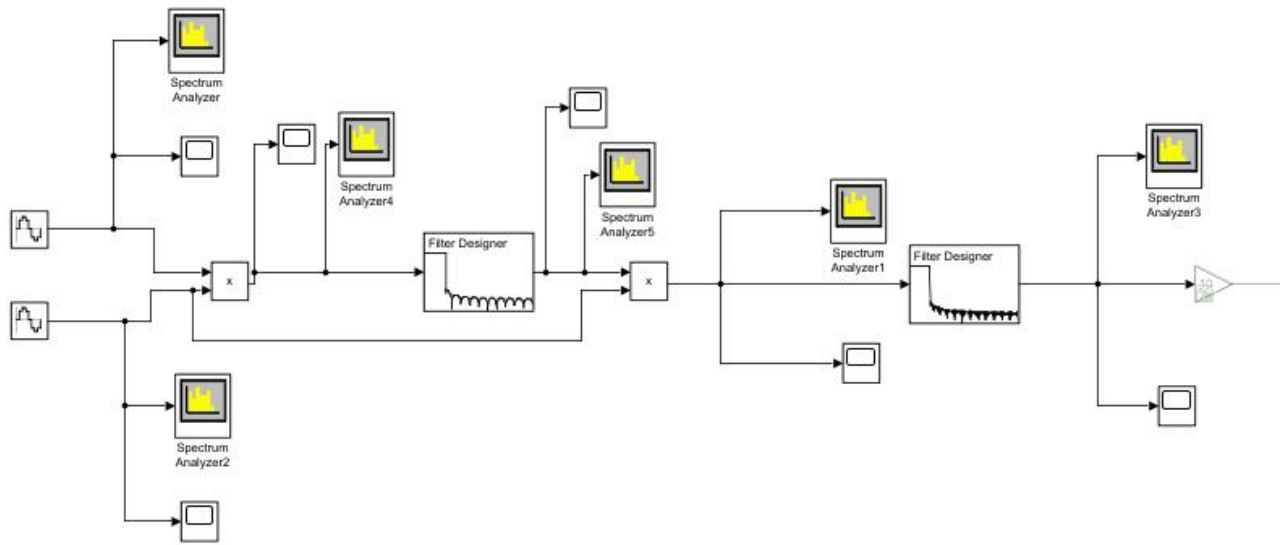
（可选）增加噪声，观察信号波形和频谱的变化规律。

在单边带调制系统中，增加噪声会使解调后的信号波形变得更加扭曲，并且频谱中会呈现出额外的噪声成分。噪声的引入会破坏原始信号的完整性，从而使解调后的信号受到干扰，并且频谱上出现噪声功率密度。这是因为噪声与信号进行相乘，使得噪声成分在解调后的信号中变得明显，且无法被完全滤除。


在相干解调系统中，增加噪声同样会对信号的波形和频谱产生影响。由于相干解调需要频率和相位的精确匹配，噪声的引入会使载波相位发生扰动，进而导致解调后的信号波形受到干扰和失真。频谱上，噪声会增加解调后信号的噪声功率密度，并使原始信号的频谱成分变得难以区分。此外，噪声也可能引入相位偏差，使解调后的信号频谱发生频率偏移。

噪声的引入使解调后的信号波形进行进一步失真和扭曲，频谱上产生额外的噪声功率密度。这是由于噪声与信号进行相乘或载波相位扰动，导致解调后的信号受到干扰和失真，并使频谱中的信号成分难以被区分。因此，在实际应用中，需要采取适当的信号处理和噪声抑制技术，以提高解调系统的性能和抗干扰能力。

原理图



核心参数设置截图

 模块参数: Sine Wave1 ✕

Sine Wave

输出正弦波:

$$O(t) = \text{Amp} * \sin(\text{Freq} * t + \text{相位}) + \text{偏置}$$

正弦类型确定使用的计算方法。这两种类型的参数通过以下方式相关联:

每个周期的采样数 = $2 * \pi / (\text{频率} * \text{采样时间})$

偏移采样数 = $\text{相位} * \text{每周期采样数} / (2 * \pi)$

如果由于长时间运行(例如, 绝对时间溢出)而出现数值问题, 请使用基于采样的正弦类型。

参数

正弦类型: 基于时间

时间(t): 使用仿真时间


振幅:


偏置:

频率(弧度/秒):

相位(弧度):

采样时间:

 确定(O) 取消(C) 帮助(H) 应用(A)

 模块参数: Sine Wave

×

^

↓

Sine Wave

输出正弦波:

$$O(t) = \text{Amp} * \sin(\text{Freq} * t + \text{相位}) + \text{偏置}$$

正弦类型确定使用的计算方法。这两种类型的参数通过以下方式相关联:

每个周期的采样数 = $2 * \pi / (\text{频率} * \text{采样时间})$

偏移采样数 = $\text{相位} * \text{每周期采样数} / (2 * \pi)$

如果由于长时间运行(例如, 绝对时间溢出)而出现数值问题, 请使用基于采样的正弦类型。

参数

正弦类型:

基于时间

▼

时间(t):

使用仿真时间

▼

振幅:

1

⋮

偏置:

0

⋮

频率(弧度/秒):

$10000 * 2 * \pi$

⋮


相位(弧度):

0

⋮

采样时间:

⋮

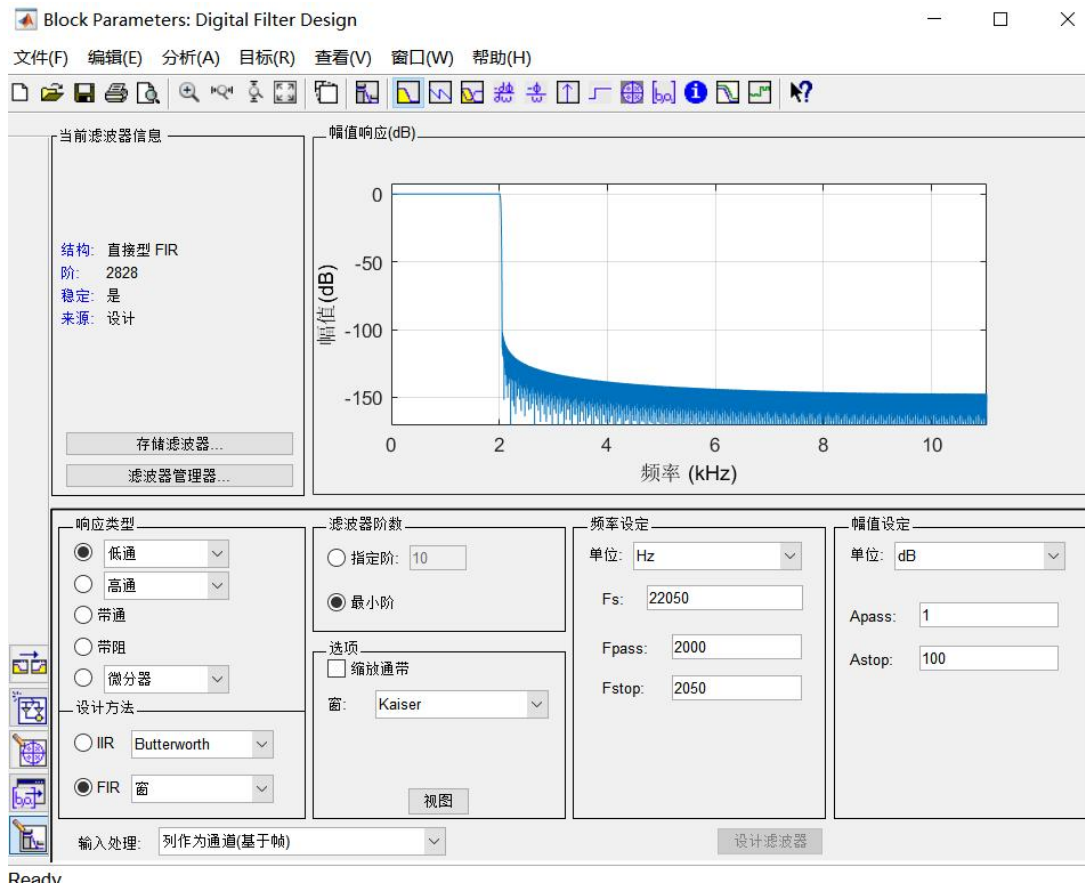
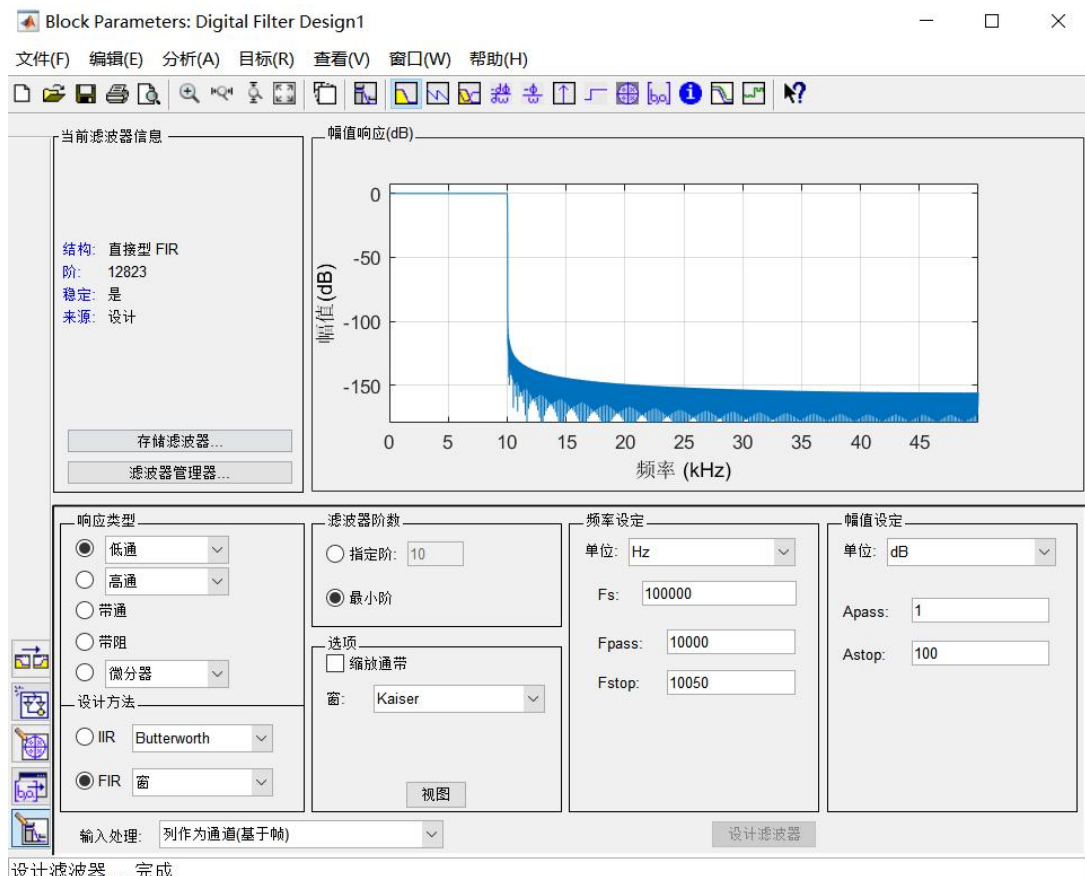


确定(O)

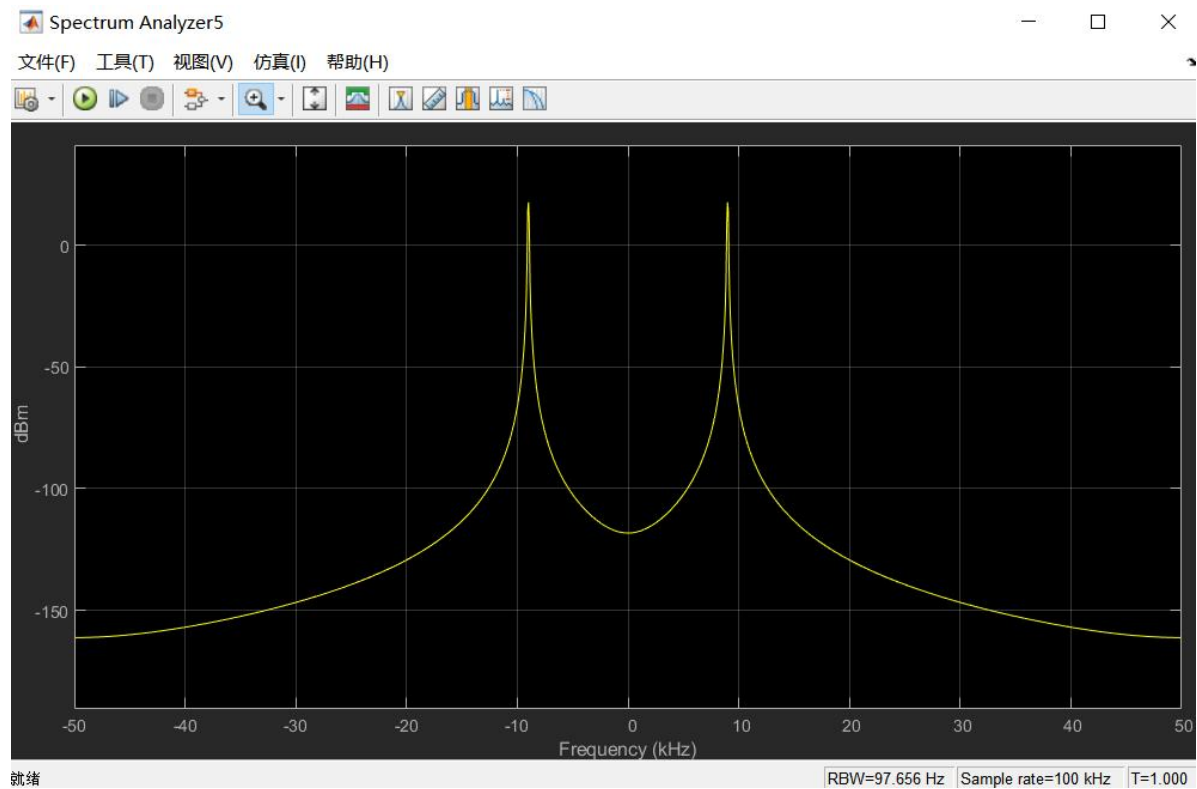
取消(C)

帮助(H)

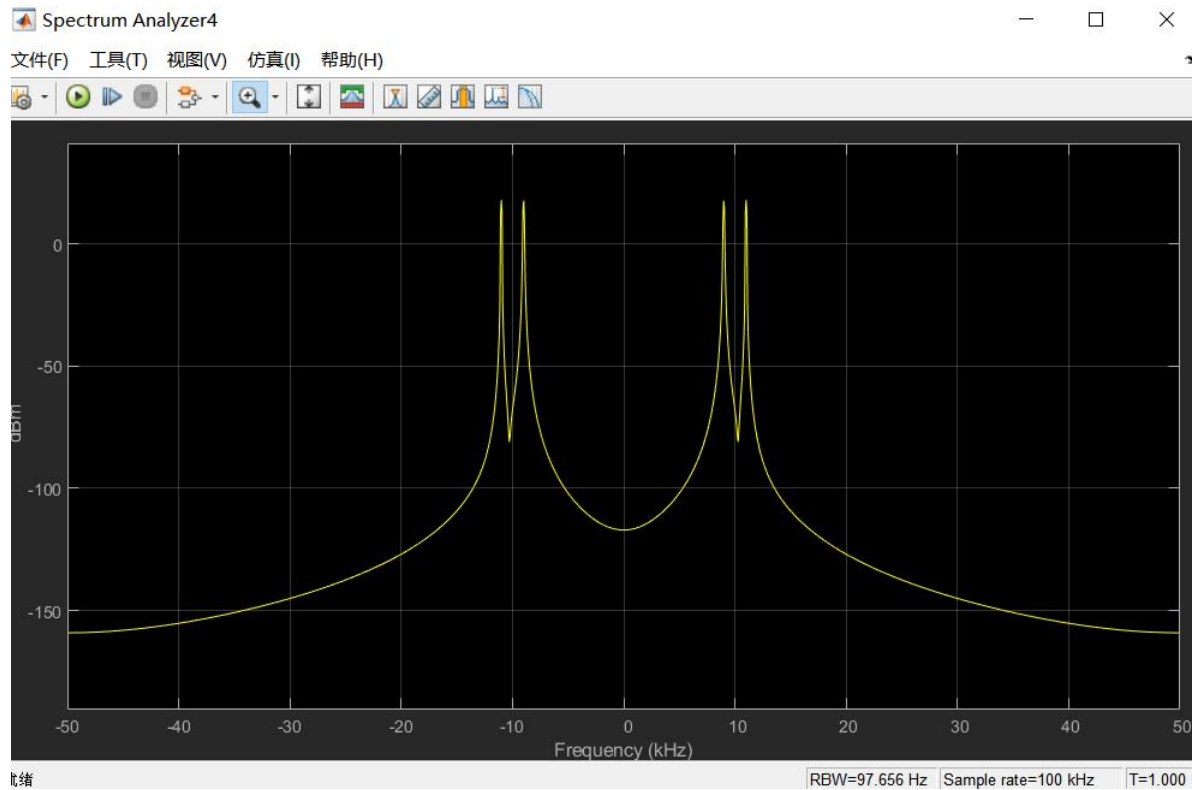
应用(A)



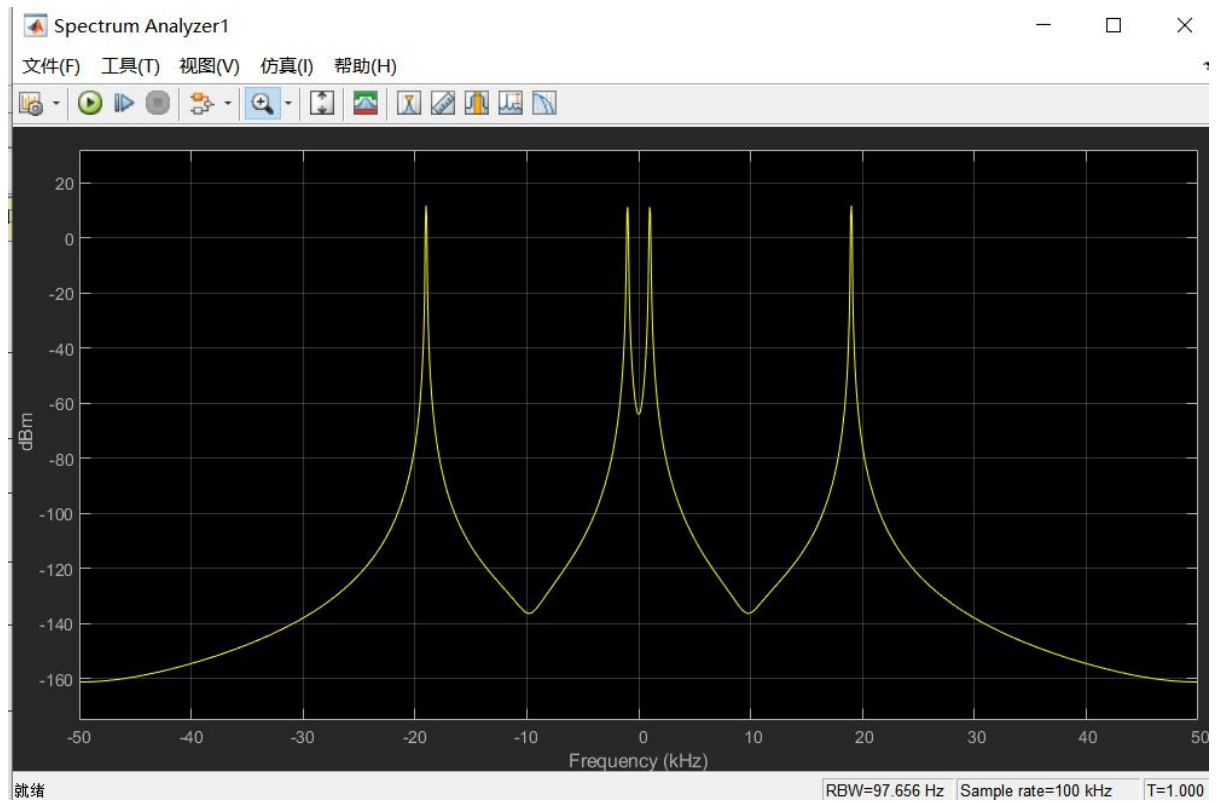
基带信号频谱图



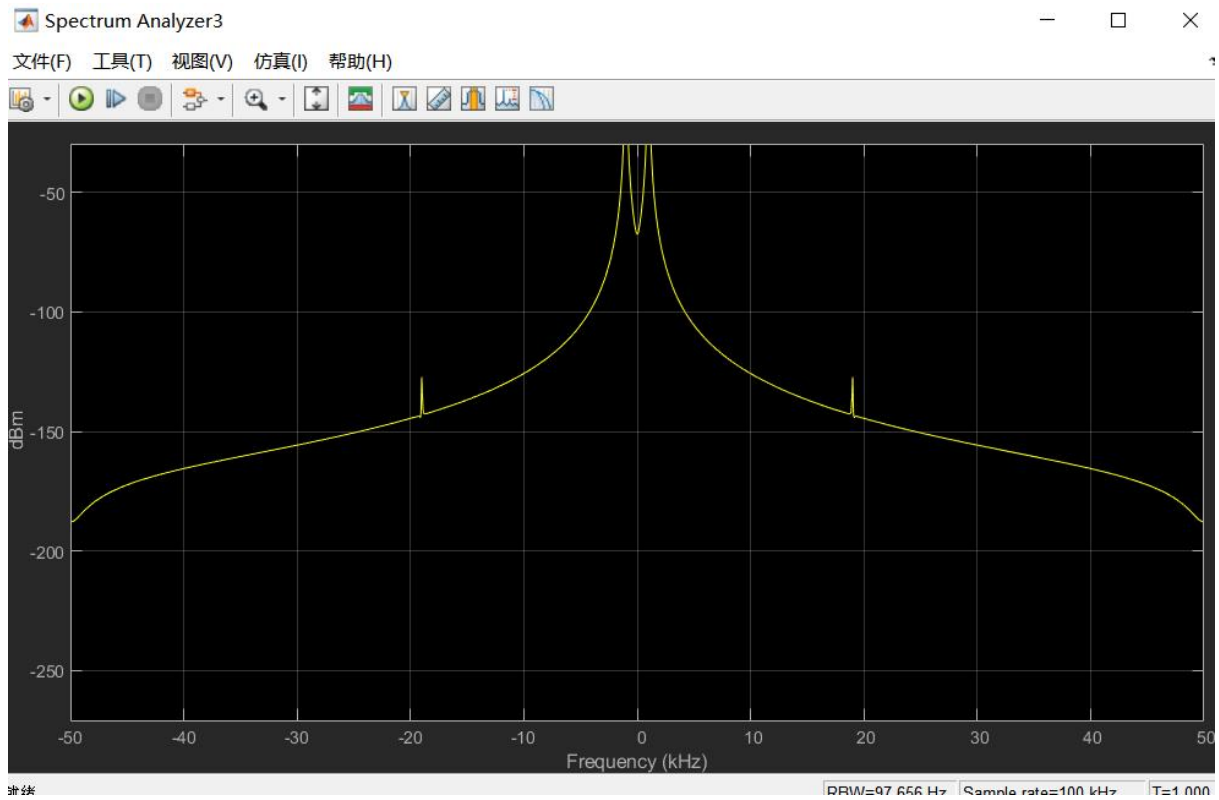
过乘法器调制后频谱图



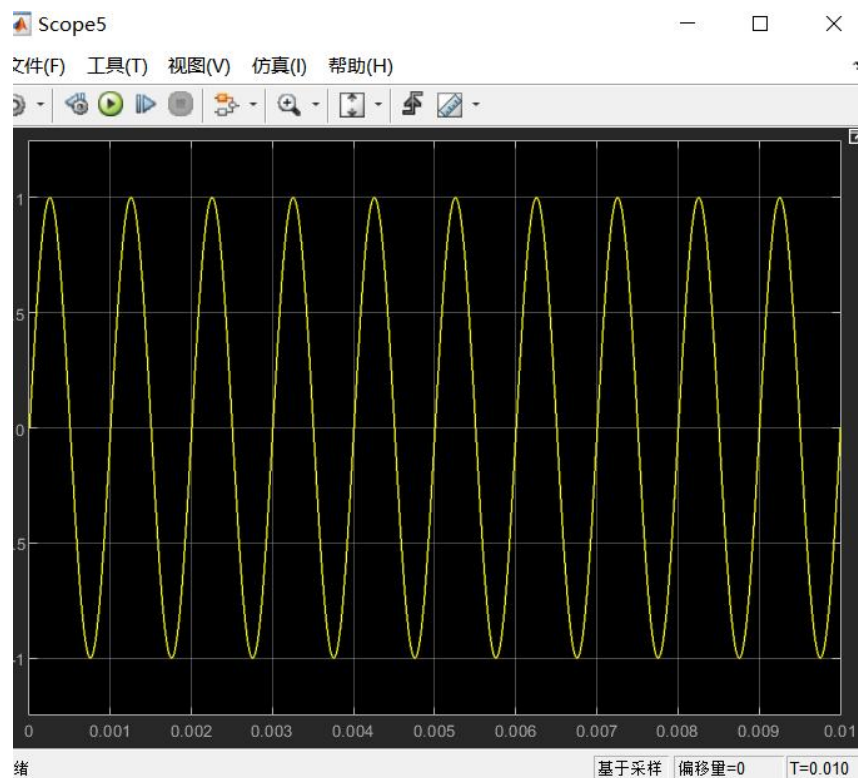
SSB 调制频谱图



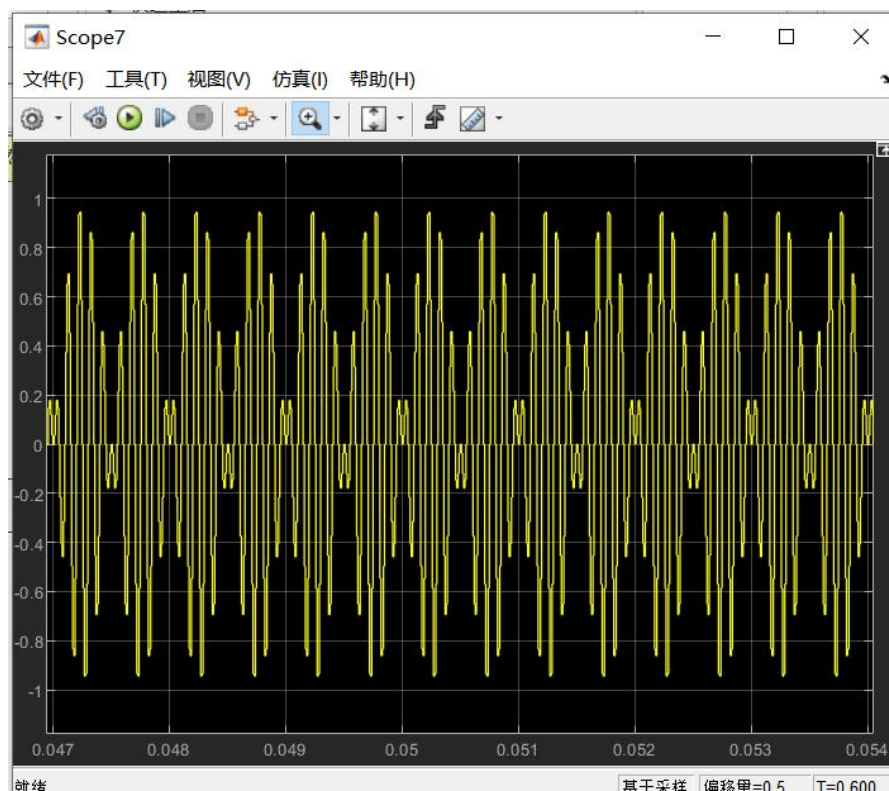
解调后频谱图



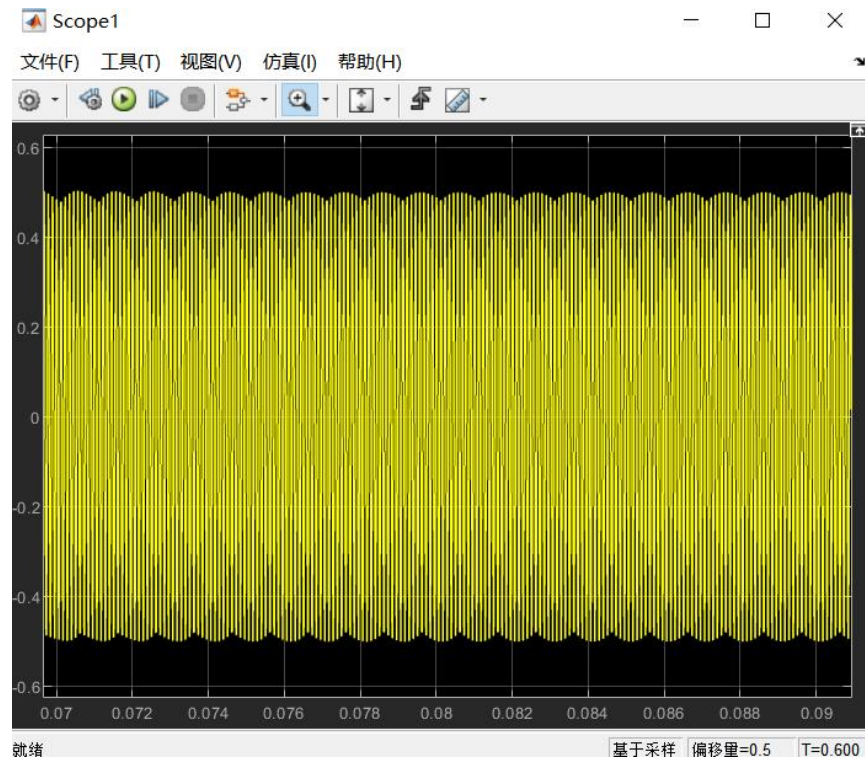
基带信号波形图



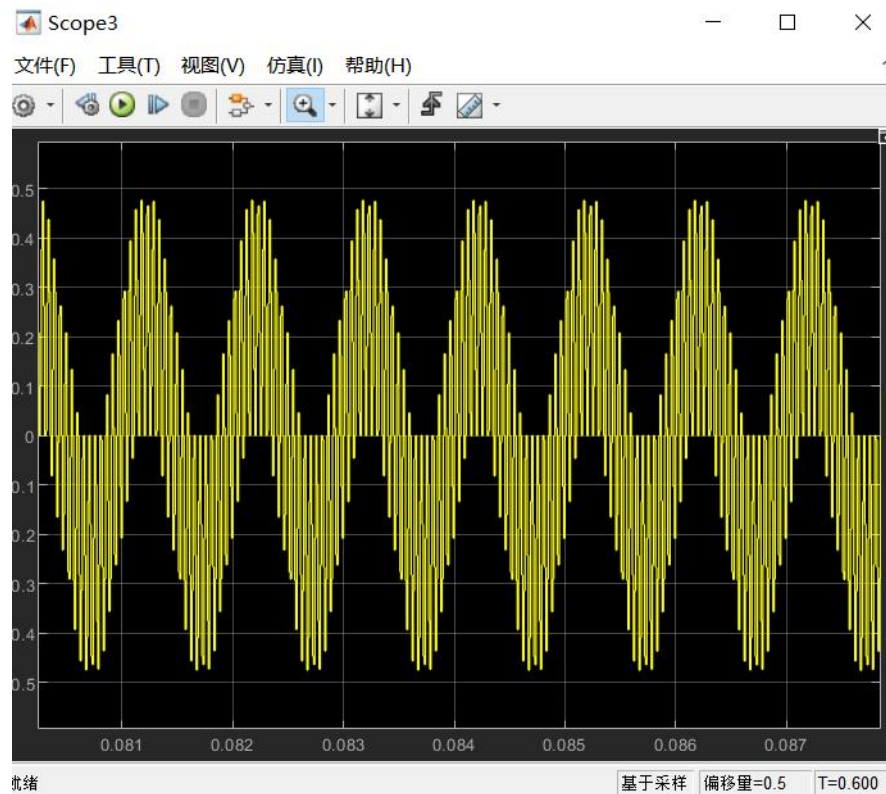
过乘法器调制后波形图



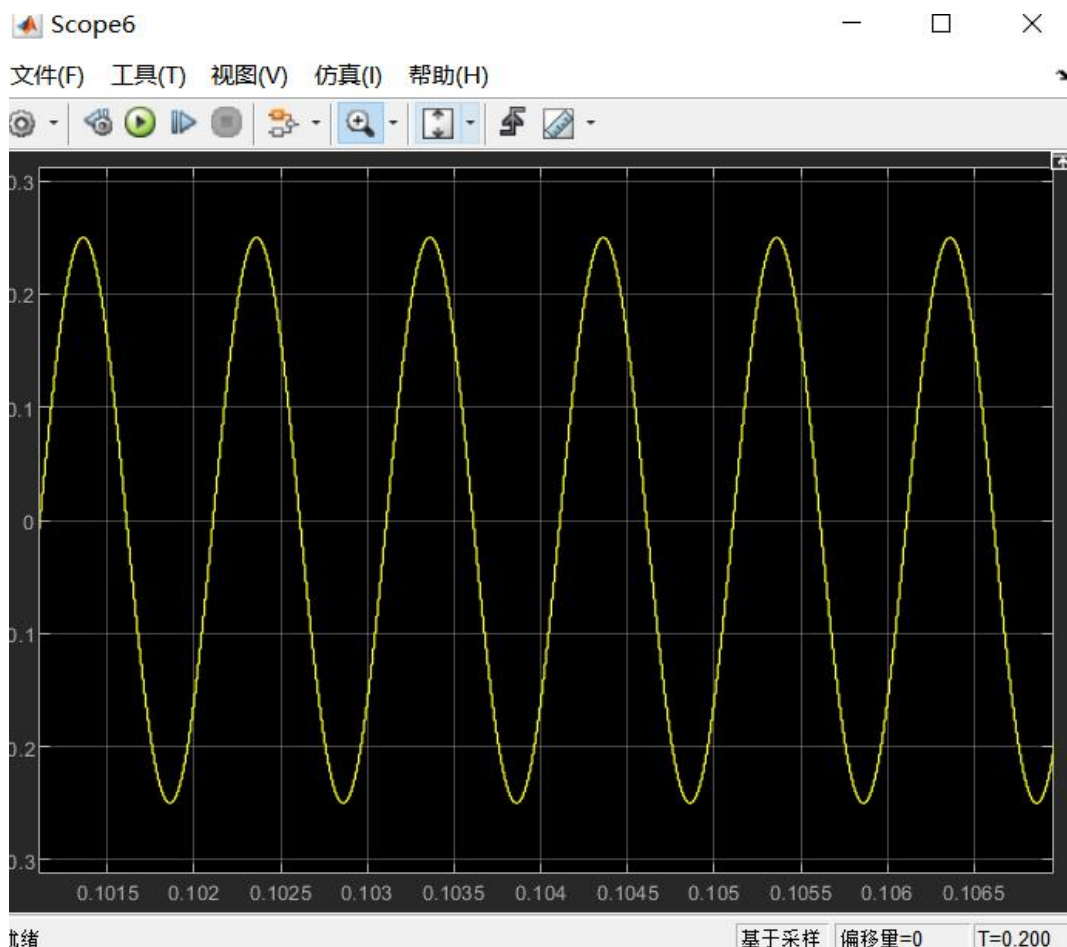
SSB 调制波形图



过乘法器解调后波形图



相干解调波形图



重点验收内容：完整系统框图，现场运行，解释实验结果。如果采用音频信号，要能正常播放音频。

4 实验问题汇总及解决方案

1. Matlab Simulink 的使用问题：对于初次使用 Simulink 的用户，可能会面临界面操作不熟悉、模块选择和参数设置不清楚等问题。解决的方法是参考 Simulink 的官方文档、教程或者在线资源，学习 Simulink 的基本操作和功能。

2. 实验结果与理论不符：在进行双边带调制、单边带调制和相干解调的仿真时，可能会出现实验结果与理论预期不一致的情况。这可能是由于信号的采样率、噪声的加入、参数设置等方面的差异造成的。解决的方法是对实验参数进行检查和调整，确保模型中的参数设置与理论要求一致，并进行反复实验，确认实验结果的一致性。

3. 仿真模型搭建问题：在搭建仿真模型时，可能会遇到模块的连接问题、参数设置问题等。解决的方法是仔细检查模块的连接关系，确保信号流动的正确性。同时，查阅 Simulink 的相关文档和教程，学习如何配置模块的参数以满足实验要求。

4. 信号波形和频谱分析问题：在观察信号波形和频谱时，可能会对波形的特征和频谱的分析不够清晰或理解不准确。解决的方法是学习信号处理的相关知识，包括时域和频域的分析方法，并参考相关资料和教材深入理解波形和频谱的特性与变化规律。

总的来说，在遇到问题时，建议做到以下几点：仔细检查参数设置、参考相关文档和教程、反复实验以验证结果、学习相关理论知识以加深理解。这样可以解决实验中的问题，提高实验的准确性和可靠性。

5 总结和实验心得

本实验让我收获很大，动手能力增强的同时理论基础更加扎实，在此次实验中，我加深了对于电路知识的理解，而且锻炼了我的实验思维，可以拓展课本之外的能力，让自己不仅仅依靠书本上的知识发展自己的认知，我认为本课程极具教育意义，意义重大。