



电子与通信工程实验中心

专业实验报告

实验名称 2: MATLAB SIMULINK 的建模仿真
4: AM 调制与解调仿真

实验课堂表现			实验报告成绩	实验总成绩	教师签名
A ()	B ()	C ()			

课程名称: MATLAB 通信建模仿真基础

专 业: 121070204

学 号: 12107980423

姓 名: 张 秦

指导教师: 毛 静

实验时间: 2024 年 4 月 7 日

电气与电子工程学院 电子与通信工程实验中心

三、实验原理

1. MATLAB SIMULINK 的建模与仿真

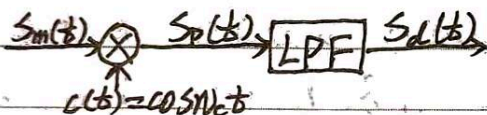
Simulink 是 Matlab 提供的用于对动态系统进行建模、仿真和分析的工具包。Simulink 提供了专门用于显示输出信号的模块，可以在仿真过程中随时观察仿真结果。

2. AM 调制与解调仿真

① AM 调制：调制就是在传送信号的一方将所要传送的信号附在高频振荡上，再由天线发射出去。



② AM 解调：从高频已调信号中恢复出调制信号的过程称为解调，又称为检波。



四、实验内容及步骤（包含简要的实验步骤流程）

(一) MATLAB SIMULINK 的建模仿真：

1. 利用~~正弦波~~^{信号发生器}模块产生 100 Hz, 幅度为 15 mV 的正弦波和方波信号, 并通过示波器观察波形, 注意, 示波器的采样时间需根据信号设置的频率而作调整。
2. 将两个正弦波模块的频率均设置为 10 Hz, 幅度为 1V, 用示波器观察两个正弦波信号的平方的波形, 采样时间设置为 0.0001。
3. 利用信号发生器模块产生频率 5 Hz, 幅度 2.6V 的正弦波, 测试其最大值、最小值、振幅、功率。建模时零阶保持模块的采样时间为 0.0001, Minimum, Maximum, Mean, Variance 模块设为 Running 模式, Reset Port 设为 None, 观察各模块的输出结果并分析。

(二) AM 调制与解调仿真：

1. 第 1 个正弦波模块和 constant 模块相加再与发送端的载波信号相乘构成了一个调制器, 用示波器观察 AM 调制仿真前后信号的幅度和频率发生了哪些变化? 什么叫模拟信号的调制? 此处调制信号 $m(t)$ 为正弦信号, 频率为 4 Hz, 振幅 2V, 载波信号的频率均为 80 Hz, 振幅均为 2V, 直流分量 A_0 为 2V, 调幅度系数 $a=1$ (满调幅)。将调幅度系数改为 $a<1$ 、 $a>1$ 观察欠调幅与过调幅。
2. 接收端的载波信号与第 2 个乘法器以及低通滤波器构成了解调器, 示波器的采样时间设为 0.0001, 用示波器观察 AM 解调仿真前后信号的幅度与频率发生了哪些变化? 什么叫模拟信号的解调? (分别观察欠调幅) 各模块参数设置基本同上。
3. 用示波器观察 AM 输入信号与解调信号的波形, 分析前后幅度与频率有什么变化。
4. 将调制信号 $m(t)$ 频率设为 400 Hz, 振幅为 2V, 载波信号的频率均为 8000 Hz, 振幅均为 2V, 直流分量为 2V, 调幅度系数为 1, 用零阶保持器和 Spectrum Analyzer 观察 AM 调制仿真调制前后的频谱图, 对比调制前后信号的频谱发生了哪些变化? 为了便于观察, 将低通滤波器改为带通滤波器 (下限为 395 Hz, 上限为 405 Hz), 这样可以滤除直流分量。

图1

五、实验结果及分析(包括程序或图表、结论陈述、数据记录及分析等,可附页)

1) MATLAB SIMULINK的建模仿真:

1. 如图1所示,两个相同的正弦波信号相乘(频率为10Hz,幅度为1V),合成的信号频率变为20Hz,周期是原信号的一半,幅度变为0.5V,是原信号幅度的一半,即 $\sin(2\pi \times 10t) \sin(2\pi \times 10t) = \frac{1}{2} \cos(2\pi \times 20t)$ 。

图2

2. 如图2,一个5Hz,振幅为2.6V的正弦波,经零阶保持器模块离散化后,理论上最大值为2.6V,最小值为-2.6V,直流分量(平均值)为0V,交流功率为: $P(A/\sqrt{2})^2 = (2.6/1.414)^2 = 3.38102 \text{ W}$ 。由图2所示仿真结果:最大值2.6V,最小值-2.6V,直流分量 $5.107 \times 10^{-15} \text{ V} \approx 0 \text{ V}$,交流功率3.38V。由仿真结果可看出,用Simulink模块仿真与理论值误差小。

3. 分析:本次实验通过观察两个正弦波相乘前后的波形变化,验证了积化和差公式的正确性,当然,还应变化两个正弦信号的频率与幅值多次观察验证;通过简单的正弦波、方波信号的观察以及对信号振幅、功率等的测量,说明Simulink的仿真基本与理论值相同,但仍存在较小的误差。

(二) AM调制与解调仿真:

1. 设置基带信号为10Hz,振幅为2V的正弦波,载波信号与本地恢复载波信号均为1000Hz,振幅为2V的正弦信号,利用Simulink仿真进行AM调制与解调。当调幅系数为1时($a = \frac{m(t)_{\max}}{A_0} = \frac{2}{2} = 1$),示波器观察到的波形如图3(第1路为基带信号,第2路为调制后的信号波形,第3路为解调后的波形。观察发现:①AM调制后,信号的频率不变,而幅度随调制信号的变化规律而变化,此时调幅信号的时域表达式为: $S_{am}(t) = [A_0 + m(t)] \sin(\omega_c t) = [2 + 2\sin(2\pi \times 10t)] \cdot 2\sin(2\pi \times 1000t) = 4\sin(2\pi \times 1000t) - 2[\cos(2\pi \times 1010t) - \cos(2\pi \times 990t)]$ 。②AM解调后,信号的频率不变,幅度为4V,是基带信号被直流分量抬升后的信号是从调幅信号的幅度变化上提取的。③AM输入信号与解调信号相比,解调信号的频率不变,幅度是比输入信号2V(直流信号为2V),是输入信号抬升后的最大值。

2. ①Sine Wave、Constant、加法器、Sine Wave1、product属于调制器,剩下3个模块属于解调器,②模拟信号的调制是由调制信号去控制高频载波的振幅随调制信号做线性变化;解调是从携带消息的已调信号中恢复消息的过程,对于振幅调制信号,解调就是从它的幅度变化上提取调制信号的过程,解调是调制的逆过程。

3. 用零阶保持器和频谱分析仪观察AM调制仿真调制前、调制后、解调后的频谱图,对比频谱发生了哪些变化?为便于观察, $m(t)$ 频率改为400Hz,载波信号频率为8000Hz。对比发现,原基带信号在400Hz处有一个频率脉冲;而已调信号 $[2 + 2\sin(2\pi \times 400t)] \cdot 2\sin(2\pi \times 8000t)$ 在8000Hz、7600Hz、8400Hz处各有一个脉冲;解调信号在400Hz处有一个脉冲,且在0Hz处有一个脉冲(直流分量),将通低通滤波器改为带通滤波器后可滤除该直流分量。

六、实验总结（包括心得体会、问题回答及实验改进意见，可附页）

1. 在 Simulink 建模与仿真的实验中，我对其模块库中各子模块有了更深的了解，如学会了更改示波器的布局与样式，以及对观察信号各属性的操作更加熟练。
2. 在 Simulink 建模与仿真的实验中，遇到了一些小问题，如在观察信号的幅度与频率时我用鼠标拖动游标卡尺并不准确，经过老师和同学的提醒，我知道了利用峰值查找器可以更准确观察信号的幅度和频率，说明要与同学多交流方法，会有新的收获。
3. 利用 MATLAB SIMULINK 建模仿真的四个步骤：①建立数学模型，将系统各功能模块化，画流程框图模型；②建立仿真系统；③设置、调整参数；④分析仿真数据和波形。
4. 在 AM 调制与解调实验中，我遇到的问题主要有：①在 AM 调制仿真时，我通过改变直流分量的大小以观察满调幅、欠调幅、过调幅的波形变化，但是我并不清楚控制这三种情况的关键点是直流分量 A_0 与 $|m(t)|_{\max}$ 的比值大小，经过我在网上查看视频复习之后，才理解了其中的含义： $A_0 > |m(t)|_{\max}$ 时，包络与 $m(t)$ 成正比，可包络检波；~~若~~ $A_0 < |m(t)|_{\max}$ 时，包络与 $m(t)$ 不成正比，不可包络检波，且包络上会出现载波反相点。②在利用零阶保持器与频谱分析仪观察频谱图时，起初我并不能看到我想看到的频率处的脉冲，而且信号的毛刺太多噪声干扰太大，经过老师和同学的提醒，以及我反复试验，终于明白是因为我所设置零阶保持器的采样时间太大，导致采样点不够。下次实验时我要根据目标观察点来调整采样时间。
5. 把载波 Sine Wave1、Sine Wave2 改为不同频率，解调后的波形会失真，无法恢复出原始波形，因为解调的载波不能将已调信号的频谱搬移至原始频率。
6. 改变 constant 幅度的大小，调制解调后的输入信号和输出信号只在幅度上有变化，频率仍然不变。~~且~~ constant 只能改变幅度，不会使输出信号失真，仍然是正弦信号。但比载波信号频率数值小。
7. 将低通滤波器数值改为比原来大，输出波形没有太大变化；将其数值改小很多，则只能看到直流分量而不能看到原始信号波形。因为原始信号 (400 Hz) 为低频信号，载波信号 (8000 Hz) 为高频信号，而低通滤波器的频率数值就是可观测频率的范围。