



电子与通信工程实验中心

专业实验报告

实验名称 5: DSB调制与解调仿真
6: SSB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: _____

学 号: _____

姓 名: _____

指导教师: _____

实验时间: 2024 年 4 月 12 日

三、实验原理

(一) DSB调制与解调仿真:

1. DSB调制原理:

时域: 无直流分量 A_0 : $S_{DSB}(t) = m(t) \cos \omega_c t$

频谱: 无载频分量: $S_{DSB}(\omega) = \frac{1}{2} [M(\omega + \omega_c) + M(\omega - \omega_c)]$

2. DSB解调原理:

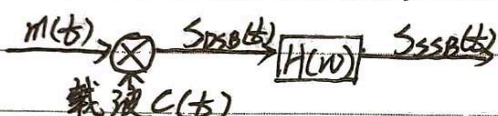
DSB只能进行相干解调, 利用恢复的载波与信号相乘, 将频谱搬移到基带, 还原出原基带信号。

① 恢复载波与原载波频率不完全一样时, 解调信号是 $m(t)$ 与低频正弦波的乘积; ② 相同频率而相位不同时, 输出信号达不到最大值。

(二) SSB调制与解调仿真:

1. SSB调制原理:

① 滤波法: 用边带滤波器, 滤除不要的边带。



② 相移法: $S_{SSB}(t) = \frac{1}{2} m(t) \cos(\omega_c t) \mp \frac{1}{2} \hat{m}(t) \sin(\omega_c t)$

2. SSB解调原理:

SSB只能进行相干解调。具有离散大载波的SSBAM信号的非相干解调: 当离散大载波的幅度远大于信号幅度时, 可使用包络检波解调。

四、实验内容及步骤 (包含简要的实验步骤流程)

(一) DSB调制与解调仿真:

1. 用 Simulink 的模块搭建好仿真框图, 设置信源参数幅度为 1V, 频率为 20Hz; 载波信号和恢复载波信号幅度为 1V, 频率为 500Hz; 带通滤波器上限为 520Hz, 下限为 480Hz; 低通滤波器截止频率为 20Hz; 随机信号模块均值为 0, 方差为 0.0001。
2. Sine Wave、Sine Wave1、Product 3 个模块属于 DSB 调制器, 用示波器观察 DSB 调制器的输入信号和输出信号的仿真波形 (本次将观察带通滤波器的输出波形作为调制后的信号波形, 是为了得到更美观的波形), 对比调制前后信号的幅度和频率发生了哪些变化?
3. Sine Wave2、Product1、滤波器(低通)属于 DSB 解调器, 用示波器观察 DSB 解调仿真, 对比前后信号的幅度和频率发生了哪些变化?
4. 观察 DSB 调制解调输入和输出信号波形, 对比前后的幅度、频率有何不同?
5. 用零阶保持器和频谱分析仪观察 DSB 调制前后、解调前后的频谱图, 对比发生了哪些变化? 此处零阶保持器的采样时间设为 20000, 基带信号频率改为 400Hz, 载波信号和恢复载波信号改为 4000Hz。并将 AM 调制后的信号频谱图与 DSB 调制后的频谱图对比, 有什么异同? 可以得出什么结论?

(二) ~~DSB~~ SSB 调制与解调仿真:

1. 搭建好仿真框图, 信源幅度设为 1V, 频率为 20Hz, 载波信号频率均为 500Hz, 幅度均为 1V; 两个带通滤波器的上限均为 $\frac{485}{20}$ Hz, 下限为 $\frac{475}{20}$ Hz; 低通滤波器截止频率为 20Hz; 随机信号模块均值为 0, 方差为 0.0001。 (传输下边带)
2. Sine Wave、Sine Wave1、Product、BPF1 属于调制器部分, Sine Wave2、Product1、LPF 属于解调器部分。用示波器观察 SSB 调制前后、解调后的仿真波形, 对比调制前后、解调前后的信号的频率和幅度发生了哪些变化?
3. 用零阶保持器和频谱分析仪观察 SSB 调制仿真调制前后, 以及解调后的频谱图, 对比频谱图发生了哪些变化? 有何异同? 说明了什么? 此处将基带信号改为: 频率 400Hz, 幅度 1V; 载波信号与恢复载波信号改为: 频率 4000Hz, 幅度 1V; 两个带通滤波器的上限改为 3650Hz, 下限改为 3600Hz (因为仿真也不能做到和理想带通滤波器一样, 所以适当缩减一点带宽可以滤得更干净, 并且此处我想要观察的是下边带的频谱图, 因为 DSB 的上下边带信息相同故只需传输其中一个); 低通滤波器改为截止频率为上限 410Hz、下限 390Hz 的带通滤波器, 原因是可以滤除更多噪声, 得到更干净的解调信号的频谱。

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）

(一) DSB调制与(仿真)解调仿真：

①令 $m(t) = \sin(2\pi \times 20t)$, $\sin \omega_c t = \sin(2\pi \times 500t)$, 经 DSB 调制后, 已调信号的时域表达式为: $S_{DSB}(t) = m(t) \sin \omega_c t = \sin(2\pi \times 20t) \cdot \sin(2\pi \times 500t) = -\frac{1}{2} [\cos(2\pi \times 520t) - \cos(2\pi \times 480t)]$, 再与恢复载波信号相乘解调: $S_{DSB}(t) \cdot \sin \omega_c t = -\frac{1}{4} [\sin(2\pi \times 1020t) - \sin(2\pi \times 20t)] + \frac{1}{4} [\sin(2\pi \times 980t) - \sin(2\pi \times 20t)]$ 。②由图 1 所示, 仿真结束后, 已调信号的频率变为 40Hz (与 $m(t)$ 相比变大), 幅度变为 0~0.7V 之间 (与 $m(t)$ 相比变小), 解调后信号的频率为 20Hz (与已调信号相比变小), 幅度变为 0.25V (与已调信号相比变小), 所以 DSB 调制解调后频率不变, 幅度减小。③将 $m(t)$ 的频率改为 400Hz, 载波信号的频率改为 4000Hz, 用零阶保持器和频谱分析仪观察调制前后、解调后的频谱图, 对比发生了哪些变化: 调制后, 频谱图上在 3600Hz、4400Hz 处各出现一个脉冲, 而调制前只有一个脉冲 (400Hz 处), 解调后, 只有一个在 400Hz 处的脉冲。说明在频谱结构上, 已调信号的频谱是基带信号频谱在频域内的简单搬移, 此处调制信号频率为 400Hz, 载波频率为 4000Hz, 调制后信号频率搬移至 3600Hz 和 4400Hz 处, 经解调滤波和滤波后又回到原位。④对比 AM 调制后信号频谱图与 DSB 调制后的频谱图, 前者只比后者多一个载频分量脉冲, 即 DSB 调制后的频谱相当于从 AM 调制后的频谱图中去掉了载频分量, DSB 信号只有边带功率, 功率利用率高。

(二) SSB 调制与解调仿真：

①本实验采用滤波法产生 SSB 信号, $m(t)$ 、 $\sin \omega_c t$ 、 $S_{DSB}(t)$ 均与上一实验的第 1 步设置相同 ($m(t)$ 频率为 20Hz, $\sin \omega_c t$ 频率为 500Hz), 将两个带通滤波器改为只输出下边带信号: $S_{LSB}(t) = \frac{1}{4} [\sin(2\pi \times 980t) - \sin(2\pi \times 20t)]$ 。②如图 2 所示, 仿真结束后, 已调信号的频率变为 480Hz (与 $m(t)$ 相比变大), 幅度为 0.5V (变小), 解调后信号的频率为 20Hz (与 $m(t)$ 相比变小), 幅度为 0.18V (与 $m(t)$ 相比变小), 所以 SSB 调制解调后频率不变, 幅度变小。③将 $m(t)$ 频率改为 400Hz, 载波频率改为 4000Hz, 观察频谱图, 发现调制前频谱图上在 400Hz 处有一个脉冲, 调制后, 频谱图上在 3600Hz 处有一个脉冲 (去掉了上边带保留下边带), 解调后, 经过低通滤波器得到在 400Hz 处有一个脉冲。说明 SSB 调制是对调制信号进行搬移之后去边带, 其带宽与原调制信号相同, 频带利用率更高。此处得到的已调信号的频谱图噪声非常大, 我尝试增大采样点以减少影响, 最终也只能减少到一定程度而不能完全消除, 应该是随机信号模块造成的。

2. 滤波法产生 SSB 信号时, 滤波特性很难做到具有陡峭的截止特性, 所以实验中应稍微缩小带通滤波器的过渡带。

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）

(一) DSB调制与解调仿真：

1. 本次实验中，我遇到的问题主要有：① 设置带通滤波器的上下限需要慢慢调整，否则得到的输出波形不干净，因为仿真滤波器与理想的滤波器存在较大差异。② 频谱图容易出现很多噪声甚至影响观察，需要调整采样点的数量以及滤波器参数。
2. 把载波 Sine Wave1、Sine Wave2 的频率改为不同的数值，观察解调前后的波形：解调后的波形会发生失真，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到原始位置。
3. 把 LPF 的截止频率改小为 10Hz (原来为 20Hz)，输出几乎没有信号且趋于平缓，改大为 40Hz 时，输出波形与原没有太大的变化，与原波形差不多。因为原始信号是低频信号，载波信号是高频信号，所以会出现这种现象。

(二) SSB调制与解调仿真：

1. 本次实验中，我遇到的问题主要是：最初带通滤波器的参数设置包含了上下两边带，但 SSB 是单边带调制，所以只能观察其中一个边带即可。
2. 把载波 Sine Wave1、Sine Wave2 的频率改为不同的数值，观察解调前后的波形：解调后的波形会发生失真，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到原始位置。
3. 把 LPF 的截止频率 20Hz 改小为 10Hz，输出没有波形，改大为 40Hz，输出与原始波形差不多。因为原始信号是低频信号，载波信号是高频信号，所以会出现这种现象。

心得体会：

1. DSB 信号包络与 $m(t)$ 不成正比，且在 $m(t)$ 的过零点处，载波相位有 180° 的突变，即存在载波反相点。
2. DSB 信号已调信号带宽为： $B_{DSB} = 2f_H$ 。
3. 在调制带通滤波器时，为了更好地让一边的边带通过，可以增大调制信号的频率或减小载波频率，因为边带宽度与中心频率相对系数对比的影响，频带太窄或中心频率太高，导致 $\frac{B_{BW}}{f_c}$ 比值太小，单边带的滤除不易实现。
4. 在实验中会遇到很多课程学习中遇不到的问题，就需要我们从各处查阅资料去解决，加深了对知识的理解。