

实验二：AM、DSB 和 SSB 调制与相干解调系统仿真

一、实验目的

1. 掌握 AM、DSB 和 SSB 的调制解调原理及方法；
2. 理解噪声对 AM、DSB 和 SSB 相干解调的影响；
3. 对比 AM、DSB 和 SSB 方法，加深对这几种方法区别的理解。

二、实验原理

1. AM 模拟调制、解调

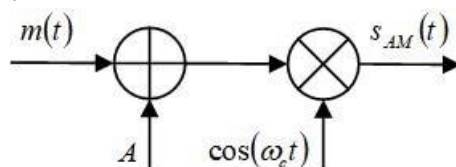
若调制信号为 $m(t)$ ，其频谱为 $M(\omega)$ ，带宽为 $B = f_m$ ，假设 $c(t) = A \cos(\omega_c t + \varphi)$ 表示载波信号，AM 已调信号的带宽为 $2B$ 。在常规双边带调幅中输出已调信号的包络与输入调制信号成正比，其时间波形可表达为：

$$s_{AM}(t) = [A + m(t)] \cos(\omega_c t + \varphi)$$

为简化起见，载波的初始相位 φ 设为 0。调制信号为确知信号时，已调信号的频谱为：

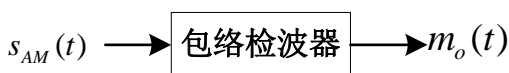
$$S_{AM}(\omega) = \pi A [\delta(\omega - \omega_c) + \delta(\omega + \omega_c)] + \frac{1}{2} [M(\omega - \omega_c) + M(\omega + \omega_c)]$$

AM 调制器模型如图所示：

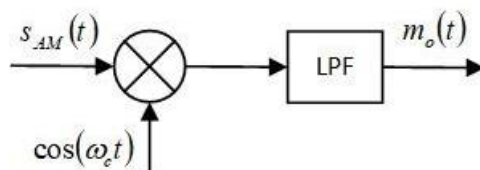


调制器模型

对应的解调方法有两种，一种是包络滤波法，另一种叫做相干解调，其解调器模型如图所示：



包络法解调器模型



相干法解调器模型

由包络法解调波形图可知，使用包络检波法时，为了在解调时不失真地恢复出原基带信号 $m(t)$ ，需要使 AM 信号的包络 $A + m(t)$ 总是正的，否则会出现“过调幅”现象，用在进行包络检波解调时会发生失真。

2. DSB 模拟调制、解调

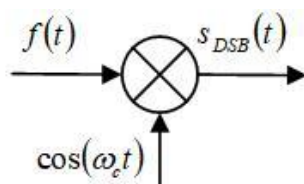
若调制信号为 $f(t)$ ，其频谱为 $F(\omega)$ ，带宽为 $B = f_m$ ，DSB 已调信号的带宽为 $2B$ 。在常规双边带调幅中载波功率是无用的，因为载波不携带任何信息，信息完全由边带传递。如果要将载波抑制，只需不附加直流分量即可得到抑制载波的双边带调幅。此时的时间波形表达式为：

$$s_{DSB}(t) = f(t)\cos(\omega_c t)$$

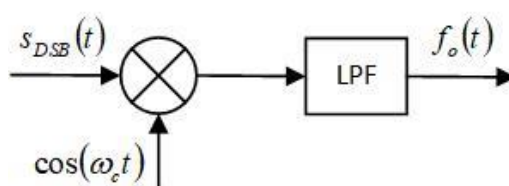
当调制信号 $f(t)$ 为确知信号时，已调信号的频谱为：

$$S_{DSB}(\omega) = \frac{1}{2}F(\omega - \omega_c) + \frac{1}{2}F(\omega + \omega_c)$$

调制器和解调器模型如图所示：



调制器模型



解调器模型

DSB 只能进行相干解调，其原理框图与 AM 信号相干解调时完全相同，利用恢复的载波与信号相乘，将频谱搬移到基带，还原出基带信号。

3. SSB 模拟调制、解调

在常规双边带调幅中，我们注意到，由于上下边带相互对称，DSB 信号两个边带中的任意一个都包含了调制信号的所有频谱成分，因此只要传送一个边带就可以保证信息完整的传送，这样既节省发送功率，还可节省一半传输频带，这种方式称为单边带调制。若调制信号为 $m(t) = A\cos\omega_m t$ ，其频谱为 $M(\omega)$ ，带宽为 $B = f_m$ ，SSB 已调信号的带宽为 B 。已知 DSB 的时间波形表达式为：

$$s_{DSB}(t) = \frac{1}{2}A\cos(\omega_c - \omega_m)t + \frac{1}{2}A\cos(\omega_c + \omega_m)t$$

则此时对应的 SSB 的时间波形表达式为：

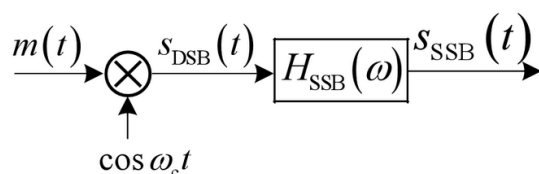
$$\begin{aligned} s_{SSB}(t) &= \frac{1}{2}A\cos(\omega_c \pm \omega_m)t \\ &= \frac{1}{2}m(t)\cos\omega_c t \pm \frac{1}{2}\hat{m}(t)\sin\omega_c t \end{aligned}$$

其中 $\hat{m}(t) = \frac{1}{2}A\sin\omega_m t$ ，表示信号 $m(t)$ 的希尔伯特变换，+ 表示上边带，- 表示下边带。

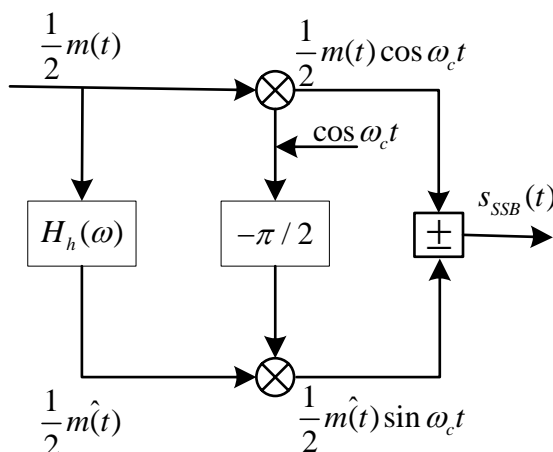
当调制信号 $f(t)$ 为确知信号时，已调信号的频谱为：

$$S_{SSB}(\omega) = \frac{1}{2}M(\omega \pm \omega_c)$$

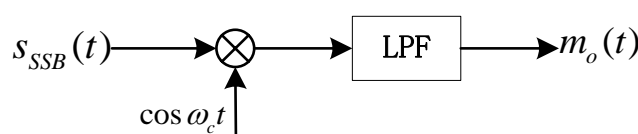
产生 SSB 信号的方法有滤波法和相移法等，调制器和解调器模型如图所示：



SSB 滤波法调制器模型



SSB 相移法调制器模型



SSB 解调器模型

综上所述，SSB 信号的实现比 AM、DSB 要复杂，但 SSB 调制方式在传输信息时，不仅可节省发射功率，而且它所占用的频带宽度为 $B_{SSB} = f_m$ ，比 AM、DSB 减少了一半。这一特点使 SSB 调制方式在频带受限的载波通信中得到广泛应用。

三、实验内容

- 调制信号为 $f(t) = \cos(2\pi t)$ ，设载波频率为 10Hz，AM 调制中直流分量 $A = 2$ （注：仿真时信号时长取 5 个信号周期，采样点数为 1024），试画出：
 - AM 已调信号的时域波形；
 - 该已调信号的频谱；
 - 在加性高斯白噪声信道中噪声单边功率谱密度 $n_0 = 0.01$ 时，相干解调后的波形。
- 用 MATLAB 产生一个频率为 10Hz、功率为 1 的余弦信源 $m(t)$ ，设载波频率为 100Hz（注：仿真时信号时长取 5 个信号周期，采样点数为 1024），试画出：
 - DSB 已调信号时域波形图；
 - 该已调信号的功率谱密度及频谱图；
 - 在加性高斯白噪声信道中单边功率谱密度 $n_0 = 0.001$ 时，相干解调后的信号波形。
- 用 MATLAB 产生一个频率为 20Hz、功率为 1 的余弦信源 $m(t)$ ，设载波频率为 100Hz（注：仿真时信号时长取 5 个信号周期，采样点数为 1024），试画出：
 - SSB 已调信号时域波形图；
 - 分别画出该已调信号的上边带调制频谱图；
 - 在加性高斯白噪声信道中单边功率谱密度 $n_0 = 0.001$ 时，相干解调后的信号波形。

四、实验要求

1. 每次完成实验后按要求完成实验报告，实验报告格式如下：

一、实验目的
二、实验内容
三、实验程序（标明代码注释）
四、实验结果（图形添加标题）
五、实验分析（分析现象及原因）

2. 实验报告满分 5 分，最终实验成绩根据报告内容进行评定，请注意逾期提交报告或报告格式不符合要求都将影响最终实验成绩。
3. 请于 11 月 26 日晚 12: 00 前提交实验报告至邮箱: zy2002424@buaa.edu.cn，命名格式为：“学号+姓名+第 x 次实验报告”。