

《非线性电路实验》实验报告

实验名称: Standard AM Modulation 指导教师: 冯鹏 fengpeng06@semi.ac.cn
姓名: 丁毅 学号: 2023K8009908031 班级/专业: 2308/电子信息 分组序号: 2-06
实验日期: 2025.12.11 实验地点: 西实验楼(8号楼) 308 是否调课/补课: 否 成绩:

目录

1 实验目的	1
2 实验仪器	1
3 实验原理	2
3.1 幅度调制基本原理 (Amplitude Modulation)	2
3.2 幅度调制信号频谱与功率分析	2
3.3 MC1496 模拟乘法器工作原理	2
3.4 实验电路简要分析	3
4 实验内容与步骤	3
4.1 实验前跳线设置	3
4.2 调节步骤	3
5 实验结果与分析	4
6 思考题	9
6.1 如何利用频谱分析仪测得标准幅度调制信号的调制系数?	9
6.2 调制系数增大时, 输出信号(调制后的信号)频谱有何变化? 乘法器的非线性特性又会如何影响输出信号的频谱结构?	9
附录 A 原始数据记录表	10
附录 B 实验预习报告	10
附录 C MATLAB Codes	14

1 实验目的

- (1) 掌握基于集成模拟乘法器的幅度调制(AM)原理与实现方法。
- (2) 理解AM信号频谱结构、功率分配及调制系数(Modulation Index)的影响。
- (3) 掌握使用MC1496四象限模拟乘法器实现AM调制的电路配置与调试方法。
- (4) 学会在示波器上测量调制系数并分析基带信号(原始信号)、载波与已调波之间的关系。

2 实验仪器

- (1) 高频实验箱 - 乘法调幅/混频实验板 (031132201809392)

- (2) 示波器 RIGOL MSO2202A (080103201901376)
- (3) 信号发生器 GWINSTEK AFG-2225 (080102201901355)
- (4) 万用表 LINIT- UT61A (C181503983)

3 实验原理

3.1 幅度调制基本原理 (Amplitude Modulation)

设基带信号 (原始信号) 和载波 (carrier) 信号分别为:

$$v_s(t) = A_s \cos(\omega_s t), \quad v_c(t) = A_c \cos(\omega_c t) \quad (1)$$

则 Standard (Classic) Amplitude-Modulated Signal (标准幅度调制后的信号, 后文简称“调制信号”) 可表示为:

$$v_{AM}(t) = A_c [1 + m \cos(\omega_s t)] \cos(\omega_c t), \quad m = \frac{A_s}{A_c} \quad (2)$$

其中 $m \in (0, 1)$ 为幅度调制系数 (std. AM modulation factor), 一般不超过 1, 否则会发生过调制 (Overmodulation) 从而引起失真。

3.2 幅度调制信号频谱与功率分析

将上面标准幅度调整后的信号 $v_{AM}(t)$ 展开可得:

$$v_{AM}(t) = A_c \cos(\omega_c t) + \frac{mA_c}{2} \cos[(\omega_c + \omega_s)t] + \frac{mA_c}{2} \cos[(\omega_c - \omega_s)t] \quad (3)$$

假设原始信号为理想单频正弦波, 此时 $v_{AM}(t)$ 的频谱有且仅有三个频率分量:

$$\text{Carrier: } f_c, \quad \text{USB (Upper Side Band): } f_c + f_s, \quad \text{LSB (Lower Side Band): } f_c - f_s \quad (4)$$

$$P_{\text{total}} = P_c + P_{\text{USB}} + P_{\text{LSB}} = P_c \left(1 + \frac{m^2}{2}\right), \quad P_{\text{USB}} = P_{\text{LSB}} = \frac{m^2}{4} P_c \quad (5)$$

边带功率随 m 的增大而增加, 当 $m = 1$ 时取到最大边带功率 $P_{\text{USB}} = P_{\text{LSB}} = \frac{1}{4}P_c$, 此时上下边带功率分别为载波功率的四分之一, 意味着大多数功率都被不含信息的载波占据, 浪费严重, 这也是标准幅度调制效率低下的主要原因。但是由于这种调制和解调设备简单, 方便实现, 所以仍有应用场合。

3.3 MC1496 模拟乘法器工作原理

MC1496 为经典的双平衡四象限模拟乘法器 (Gilbert Cell 结构), 内部由三组差分对构成, 可实现两路输入信号的线性相乘:

$$v_{\text{out}} = k \cdot v_x \cdot v_y \quad (6)$$

在 AM 调制中, 将基带信号 (原始信号) $v_s(t)$ 与直流偏置 V_0 叠加后输入 X 端, 载波 $v_c(t)$ 输入 Y 端, 即可在输出端得到 AM Signal:

$$v_x(t) = v_s(t) + V_0 = A_s \cos(\omega_s t) + V_0, \quad v_y(t) = v_c(t) = A_c \cos(\omega_c t) \quad (7)$$

$$v_{\text{out}}(t) = k A_c V_0 \left[1 + \frac{A_s}{V_0} \cos(\omega_s t)\right] \cos(\omega_c t) = A'_c [1 + m \cos(\omega_s t)] \cos(\omega_c t) \quad (8)$$

$$\text{where: } A'_c = k A_c V_0, \quad m = \frac{A_s}{V_0} \quad (9)$$

这恰好符合标准幅度调制信号的形式, 也是标准幅度调整最常用的实现方法。

3.4 实验电路简要分析

如 Figure 1 所示, 实验电路基于 MC1496 构成, 外围电路包括:

- (1) 偏置电阻网络: 设置静态工作点
- (2) 可调电位器 RW1、RW2、RW3: 分别用于调节输出波形对称性、调制系数和输出幅度
- (3) Emitter Follower (Common Collector) 输出级: 提高输出驱动能力, 隔离负载对调制电路的影响

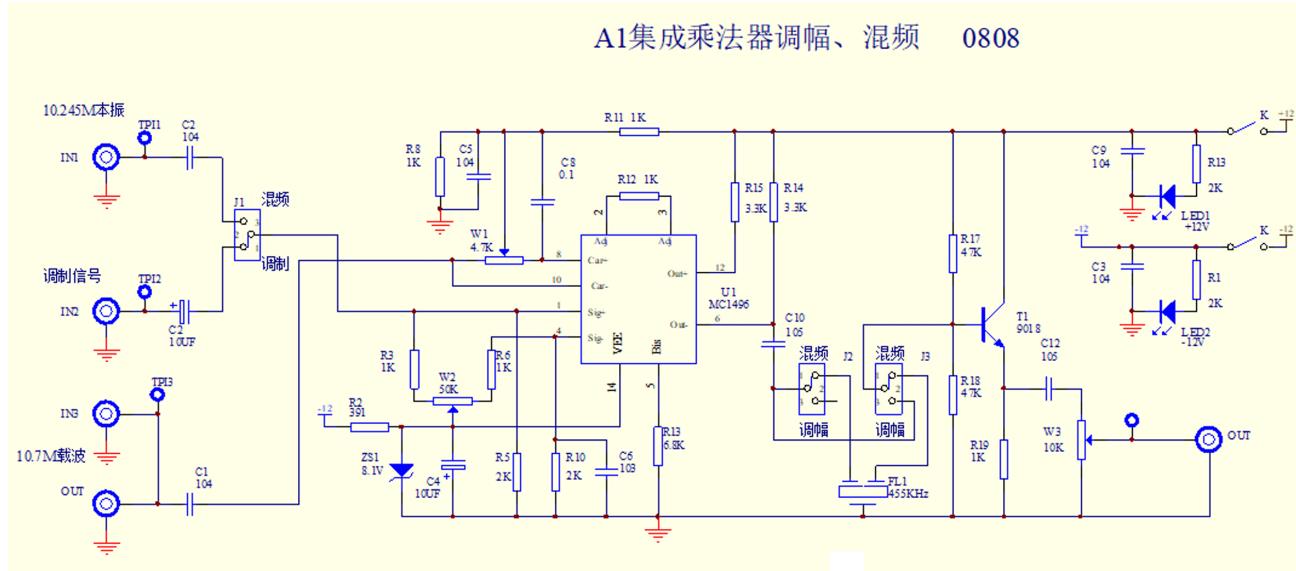


Figure 1: MC1496-Based AM Modulation Circuit Used in the Experiment

4 实验内容与步骤

4.1 实验前跳线设置

- (1) J1、J3、J5: 置于 1-2 位置 (调制功能)
- (2) J2、J8、J9: 置于 2-3 位置 (调制功能)
- (3) IN1: 空闲
- (4) IN2: 输入基带信号 (原始信号) (1 kHz sine wave @ 300 mVpp)
- (5) IN3: 输入载波信号 (10.7 MHz sine wave @ 500 mVpp)

4.2 调节步骤

- (1) 先仅在 IN3 输入载波信号, 调节 RW1/RW2/RW3 使 OUT 端输出不失真正弦波;
- (2) 然后接入基带信号 (原始信号), 微调 RW1 (对称性)、RW2 (调制系数 m)、RW3 (输出幅度), 使输出为典型 AM 波形;
- (3) 使用示波器对输出波形进行采样, 测量最大幅度 A_{\max} 和最小幅度 A_{\min} 并计算调制系数 $m = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\max} + A_{\min}}$ 。
- (4) 调节 m 分别为 0.2, 0.4 和 0.7, 记录对应 A_{\max} 、 A_{\min} 值及输出波形。

5 实验结果与分析

注：由于本次实验我们使用频谱分析（傅里叶分析）来分析调制效果和计算调制系数 m ，因此实验中设置基带信号为 **100 kHz** 而非讲义上的 **1 kHz**，这是为了在频谱分辨率相同（采样频率和点数相同）的情况下更好地分离载波与边带频率分量，避免采样序列过长导致数据处理困难。

固定载波幅度 A_c 不变，改变基带信号幅度 A_s 以实现不同调制系数 m ，用示波器对输出波形进行采样，导出到上位机进行傅里叶分析，提取信号幅度并计算调制系数 m ，结果如 Table 1 所示：

Table 1: The Measured Amplitudes under Different Modulation Coefficients

A_{LSB} (Vamp)	A_{USB} (Vamp)	A_c (Vamp)	m
0.0815	0.0815	0.4059	0.2838
0.1358	0.1358	0.4064	0.4727
0.2185	0.2185	0.4058	0.7615
0.3809	0.3809	0.4220	1.2765

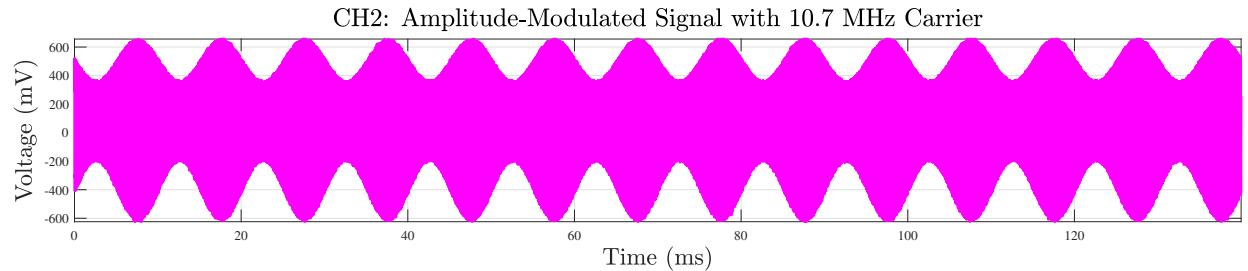
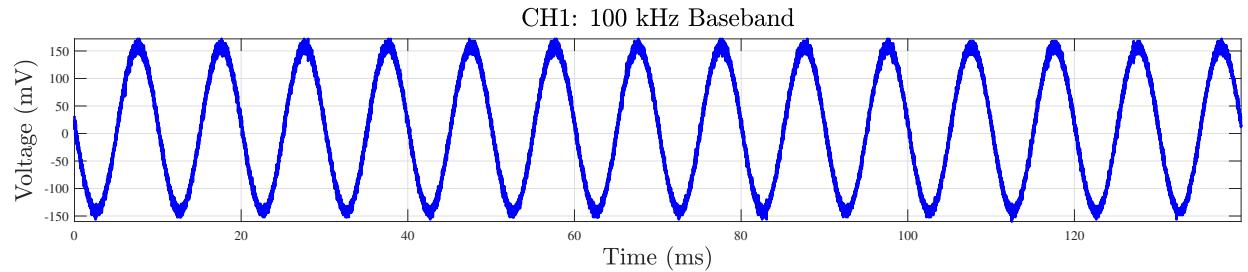
上表中 A_{LSB} 、 A_{USB} 和 A_c 分别为下边带、上边带和载波的幅度 (Vamp)，均由频谱分析结果中提取，调制系数 m 由下面公式计算得到：

$$m = \sqrt{\frac{A_{\text{USB}}^2 + A_{\text{LSB}}^2}{A_c^2}} = \frac{\sqrt{A_{\text{USB}}^2 + A_{\text{LSB}}^2}}{A_c} \quad (10)$$

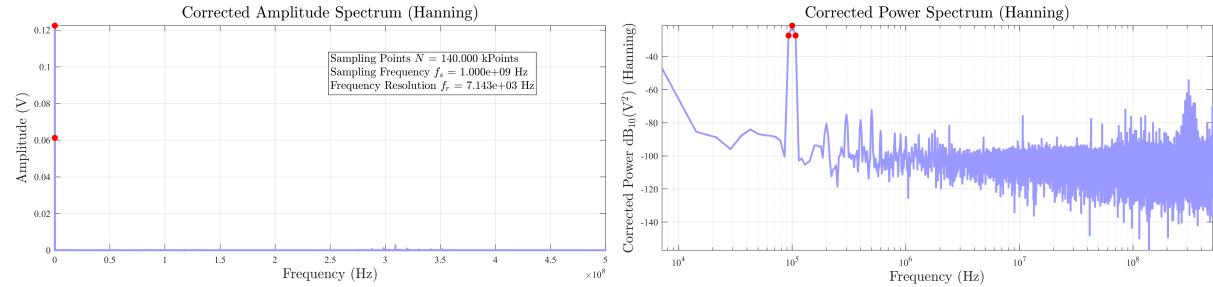
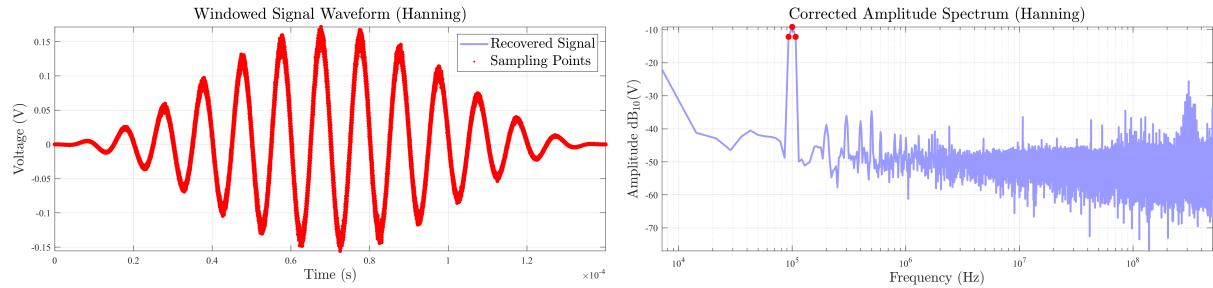
四种不同调制系数下的输入输出波形和频谱如 Figure 2 ~ Figure 5 所示，从这四张图中可以清晰地看到，随着调制系数 m 的增大，输出波形的包络线变化越来越明显，频谱中边带幅度也越来越大，符合标准幅度调制的理论分析结果。还观察到当 $m > 1$ 时（这里是指 Figure 5 中 $m = 1.2765$ ），输出波形出现了明显的失真现象（过调制），这也是符合预期的。

除此之外，我们还能从频谱图中观察下面几点：

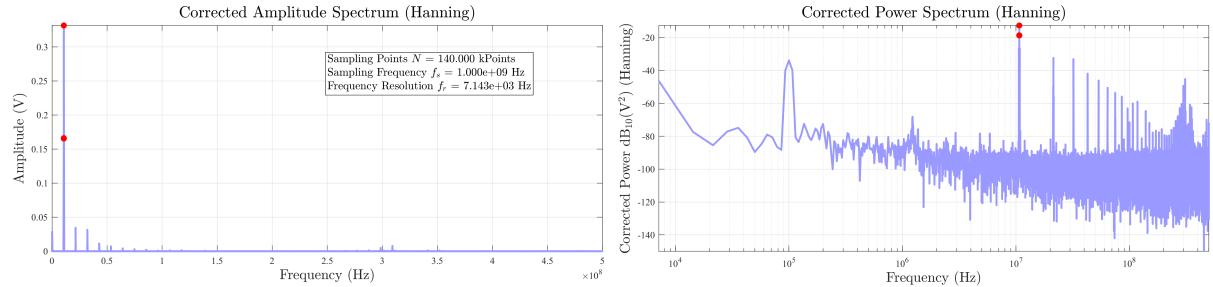
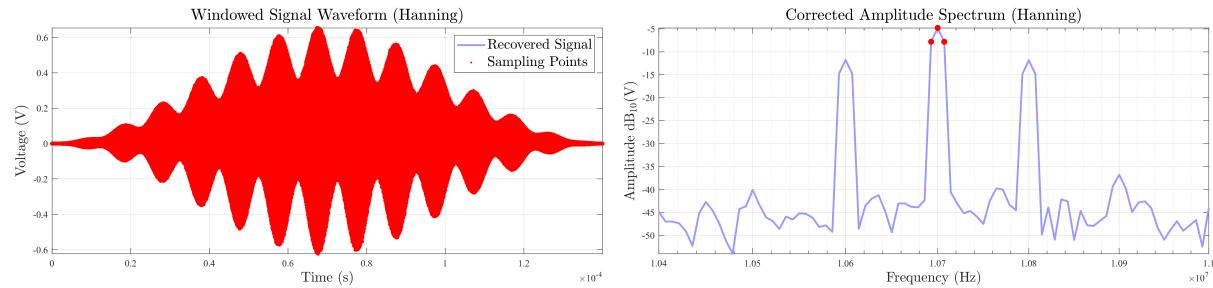
- (1) 载波信号中心频率 $f_c = 10.7 \text{ MHz}$ ，基带信号中心频率 $f_s = 100 \text{ kHz}$ ，均符合预期设置；
- (2) 位于 10.6 MHz 和 10.8 MHz 处的上下边带幅度（近似）相等 $A_{\text{USB}} = A_{\text{LSB}}$ ，符合标准幅度调制的理论分析结果；
- (3) 随着调制系数 m 的增大，边带幅度逐渐增大，并且基带谐波（例如 10.5 MHz 和 10.9 MHz 处的二次谐波）也逐渐增大，暗示乘法器逐渐显示出非线性特性；例如 $m = 0.2838$ 时基本观察不到 10.5 MHz 和 10.9 MHz 处的二次谐波 (-40 dBV 以下)，但 $m = 0.7615$ 时二次谐波已经达到 -20 dBV 左右，继续增大至 $m = 1.2765$ 时二次谐波接近 -15 dBV，已经对 -10 dBV



(a) Input-output waveforms

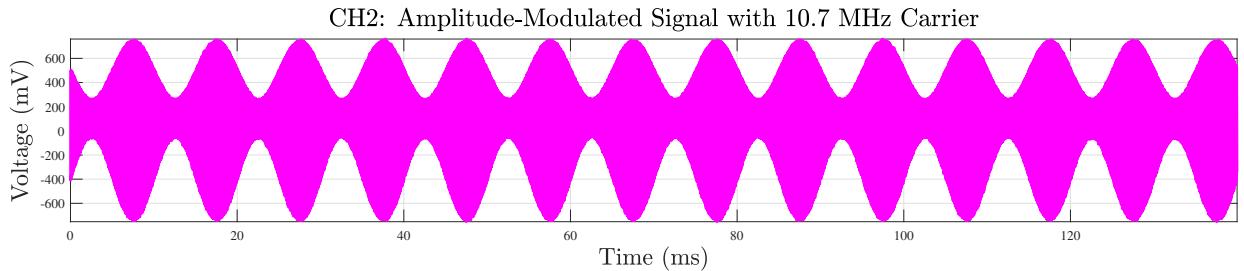
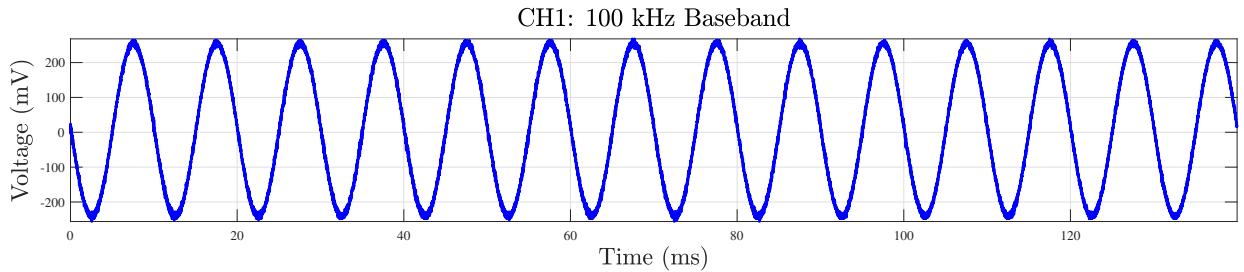


(b) input signal spectrum

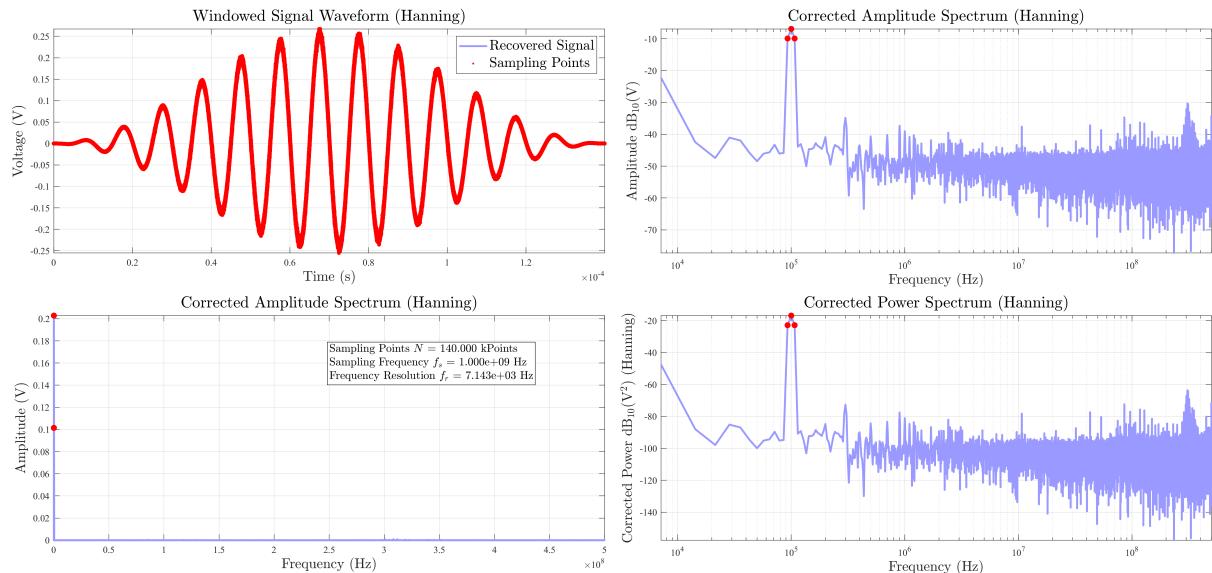


(c) output signal spectrum

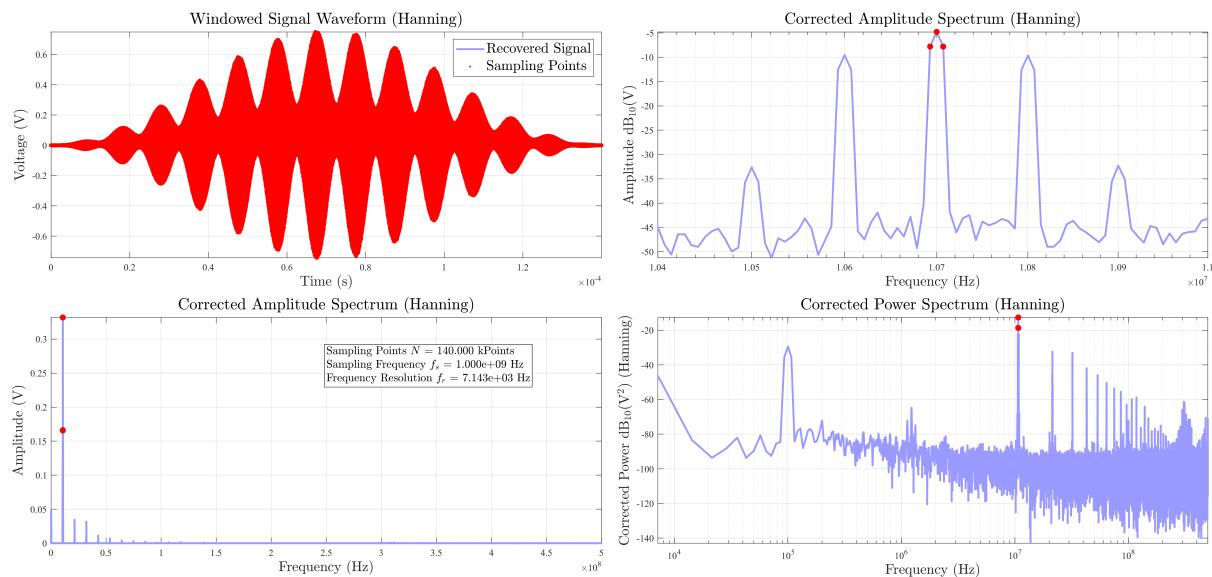
Figure 2: The measured waveforms and Fourier analysis results under $m = 0.2838$, (a) input-output waveforms, (b) input signal spectrum, and (c) output signal spectrum.



(a) Input-output waveforms

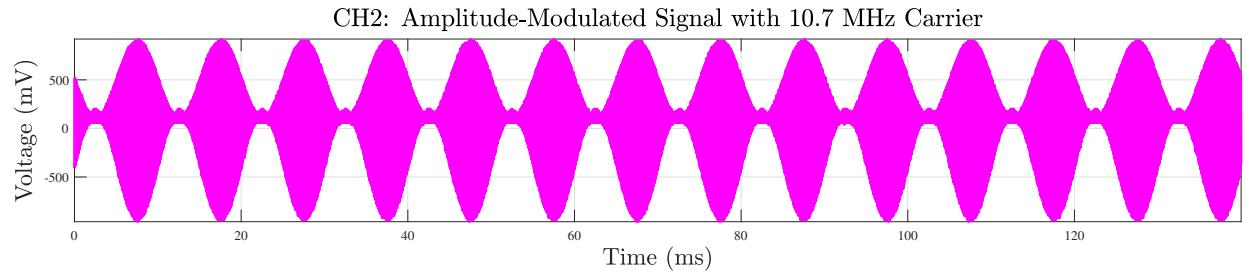
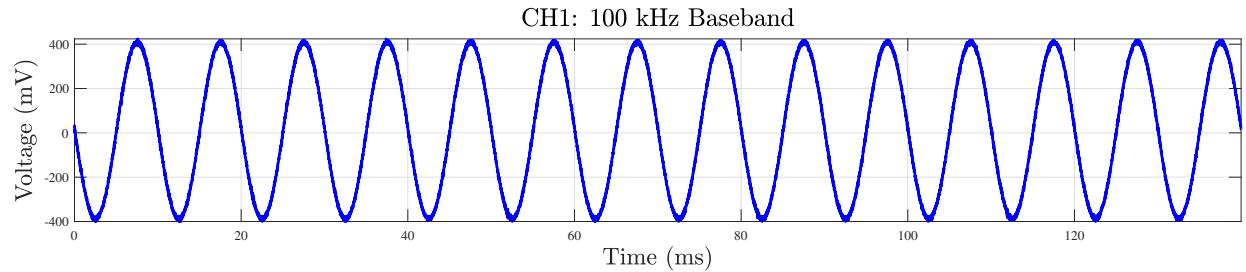


(b) input signal spectrum

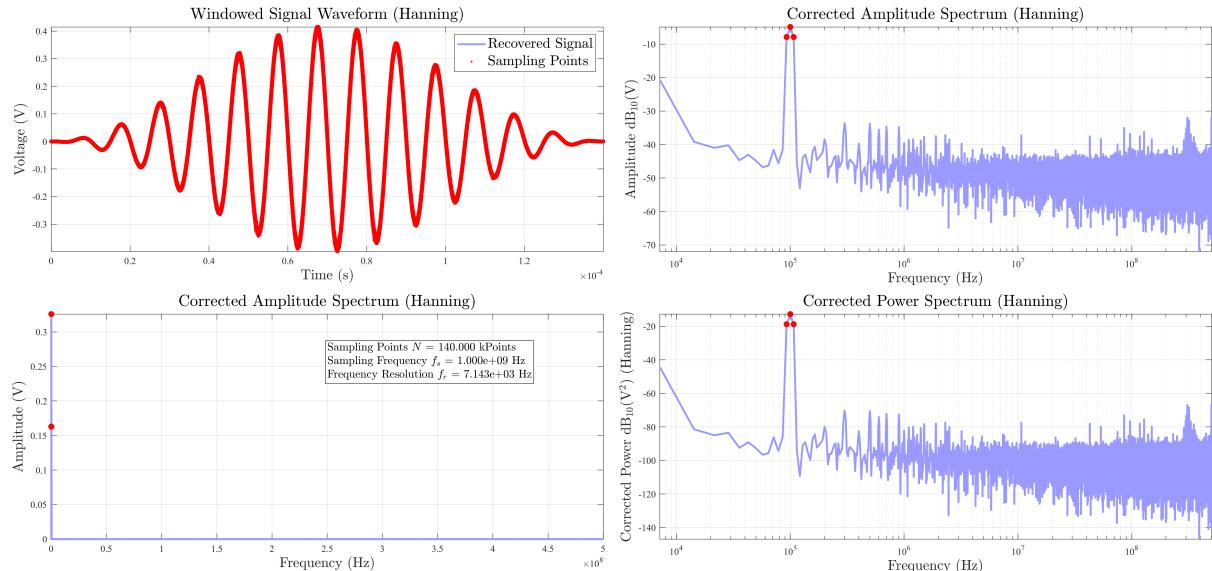


(c) output signal spectrum

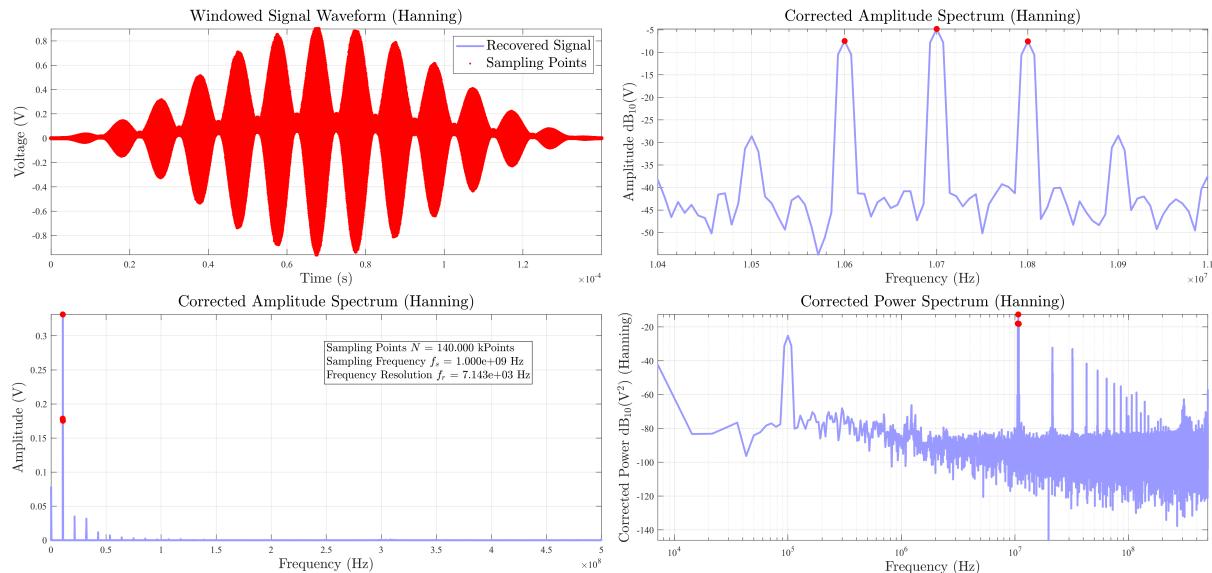
Figure 3: The measured waveforms and Fourier analysis results under $m = 0.4727$, (a) input-output waveforms, (b) input signal spectrum, and (c) output signal spectrum.



(a) Input-output waveforms

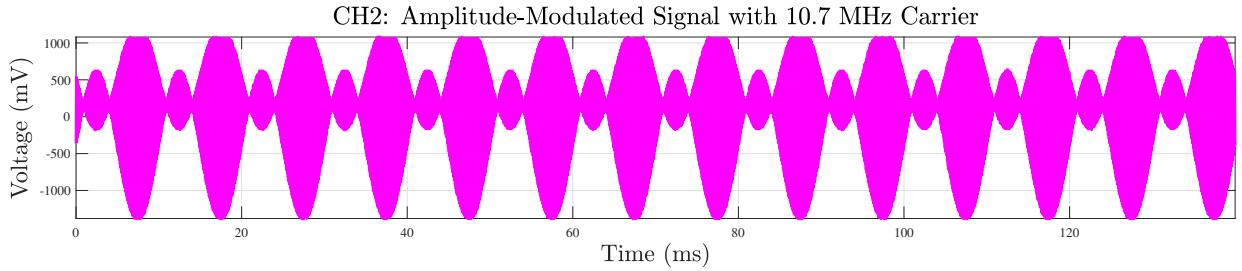
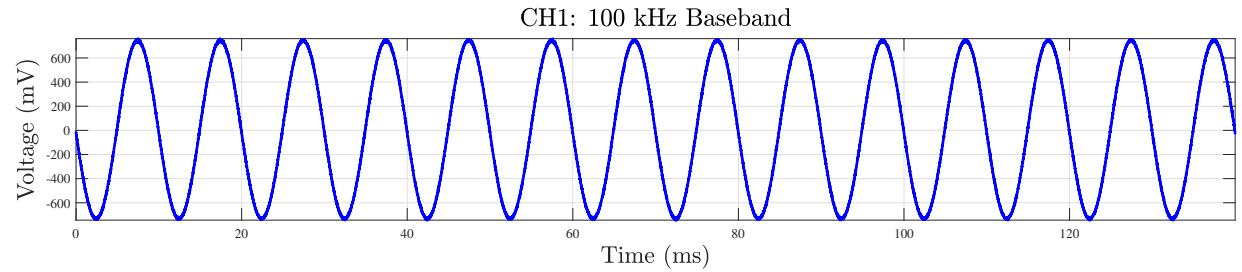


(b) input signal spectrum

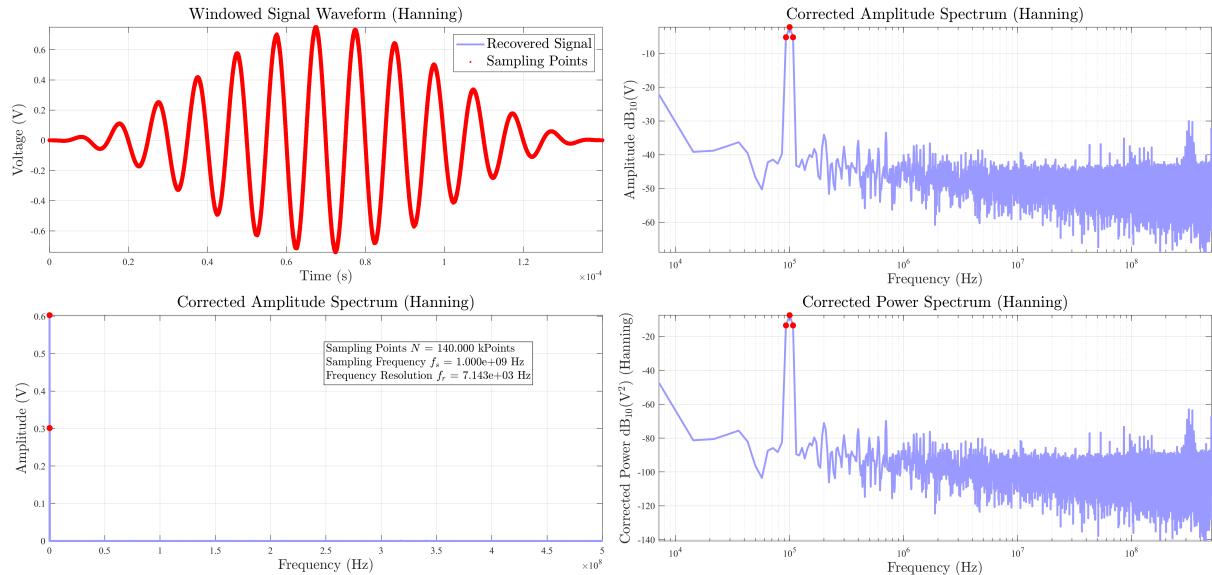


(c) output signal spectrum

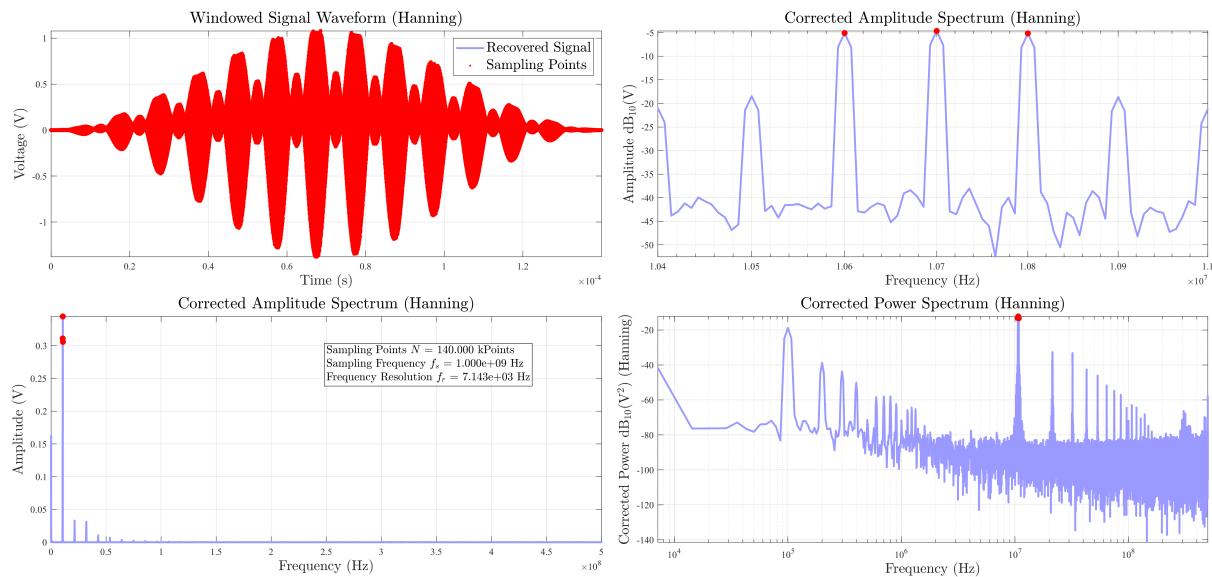
Figure 4: The measured waveforms and Fourier analysis results under $m = 0.7615$, (a) input-output waveforms, (b) input signal spectrum, and (c) output signal spectrum.



(a) Input-output waveforms



(b) input signal spectrum



(c) output signal spectrum

Figure 5: The measured waveforms and Fourier analysis results under $m = 1.2765$, (a) input-output waveforms, (b) input signal spectrum, and (c) output signal spectrum.

6 思考题

6.1 如何利用频谱分析仪测得标准幅度调制信号的调制系数?

在频谱仪上可测得载波幅度 A_c 与两个边带幅度 A_{USB} 、 A_{LSB} ，由此计算调制系数 m :

$$m = \sqrt{\frac{(A_{\text{USB}}^2 + A_{\text{LSB}}^2)}{A_c^2}} = \frac{\sqrt{A_{\text{USB}}^2 + A_{\text{LSB}}^2}}{A_c} \quad (11)$$

至于如何从频谱结果计算出信号幅度，业界/学界一般都是使用窗函数配合积分法来计算的，具体方法我们已在 NCE-03 Small-Signal LNA 实验中介绍过，这里不再赘述。

6.2 调制系数增大时，输出信号(调制后的信号)频谱有何变化？乘法器的非线性特性又会如何影响输出信号的频谱结构？

如 Figure 6 中所示，保持载波幅度不变而增大调制系数时(相当于增大基带信号幅度)，输出信号频谱中边带幅度增大，载波幅度基本不变，而信号失真逐渐增大，使得频谱中谐波分量幅度增大。这里的失真主要是由乘法器非线性特性引起的：当输入信号幅度较小时，乘法器工作在非常好的线性区，基本观察不到谐波分量(例如 10.5 MHz 和 10.9 MHz 处的二次谐波)，但随着输入信号幅度增大，乘法器逐渐显示出非线性特性，谐波幅度逐渐增大，影响信号质量。

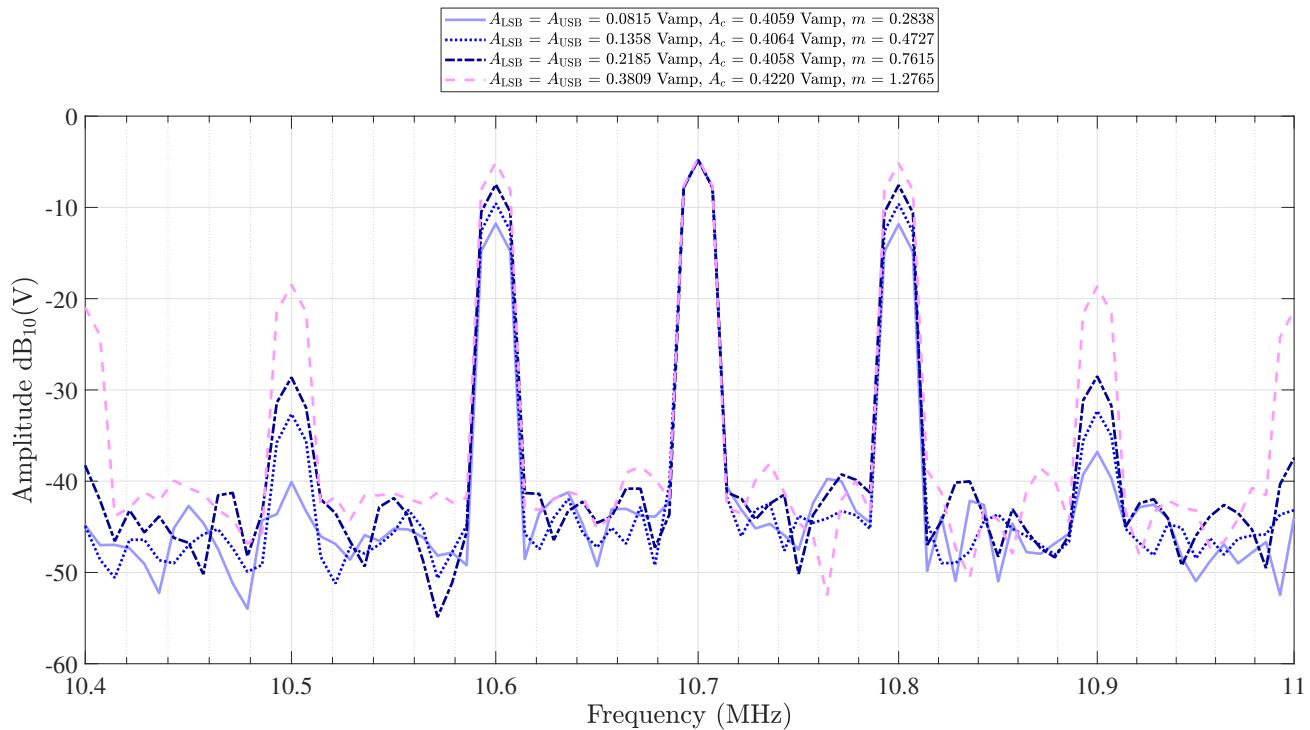


Figure 6: Comparison of output signal spectra with different modulation coefficients m

通过频谱分析可以直观地观察到调制系数对输出信号频谱结构的影响，增强了对幅度调制原理的理解。

附录 A 原始数据记录表

注：本次实验所有数据均以.txt 格式保存在电脑中，已由助教核验过。由于数据基本都为波形采样数据，整体数据量较多，故此处不再单独附上原始数据。

附录 B 实验预习报告

《非线性电路实验》预习报告

实验名称: Standard AM Modulation 指导教师: 冯鹏 fengpeng06@semi.ac.cn
姓名: 丁毅 学号: 2023K8009908031 班级/专业: 2308/电子信息 分组序号: 2-06
实验日期: 2025.12.11 实验地点: 西实验楼(8号楼) 308 是否调课/补课: 否 成绩: _____

1 实验目的

- (1) 掌握基于集成模拟乘法器的幅度调制(AM)原理与实现方法。
- (2) 理解AM信号频谱结构、功率分配及调制系数(Modulation Index)的影响。
- (3) 掌握使用MC1496四象限模拟乘法器实现AM调制的电路配置与调试方法。
- (4) 学会在示波器上测量调制系数并分析基带信号(原始信号)、载波与已调波之间的关系。

2 实验仪器

- (1) 高频实验箱 - 乘法调幅/混频实验板 (031132201809392)
- (2) 示波器 RIGOL MSO2202A (080103201901376)
- (3) 信号发生器 GWINSTEK AFG-2225 (080102201901355)
- (4) 万用表 LINIT- UT61A (C181503983)

3 实验原理

3.1 幅度调制(Amplitude Modulation)原理

设基带信号(原始信号)和载波(carrier)信号分别为:

$$v_s(t) = A_s \cos(\omega_s t), \quad v_c(t) = A_c \cos(\omega_c t) \quad (1)$$

则 Standard (Classic) Amplitude-Modulated Signal(标准幅度调制后的信号,后文简称“调制信号”)可表示为:

$$v_{AM}(t) = A_c [1 + m \cos(\omega_s t)] \cos(\omega_c t), \quad m = \frac{A_s}{A_c} \quad (2)$$

其中 $m \in (0, 1)$ 为幅度调制系数(std. AM modulation factor),一般不超过1,否则会发生过调制(Overmodulation)从而引起失真。

3.2 Amplitude-Modulated Signal 频谱与功率分析

将上面标准幅度调整后的信号 $v_{AM}(t)$ 展开可得:

$$v_{AM}(t) = A_c \cos(\omega_c t) + \frac{mA_c}{2} \cos[(\omega_c + \omega_s)t] + \frac{mA_c}{2} \cos[(\omega_c - \omega_s)t] \quad (3)$$

假设原始信号为理想单频正弦波,此时 $v_{AM}(t)$ 的频谱有且仅有三个频率分量:

$$\text{Carrier: } f_c, \quad \text{USB (Upper Side Band): } f_c + f_s, \quad \text{LSB (Lower Side Band): } f_c - f_s \quad (4)$$

$$P_{\text{total}} = P_c + P_{\text{USB}} + P_{\text{LSB}} = P_c \left(1 + \frac{m^2}{2}\right), \quad P_{\text{USB}} = P_{\text{LSB}} = \frac{m^2}{4} P_c \quad (5)$$

边带功率随 m 的增大而增加,当 $m = 1$ 时取到最大边带功率 $P_{\text{USB}} = P_{\text{LSB}} = \frac{1}{4} P_c$,此时上下边带功率分别为载波功率的四分之一,意味着大多数功率都被不含信息的载波占据,浪费严重,这也是标准幅度调制效率低下的主要原因。但是由于这种调制和解调设备简单,方便实现,所以仍有不少应用场景。

3.3 MC1496 模拟乘法器工作原理

MC1496 为经典的双平衡四象限模拟乘法器 (Gilbert Cell 结构), 内部由三组差分对构成, 可实现两路输入信号的线性相乘:

$$v_{\text{out}} = k \cdot v_x \cdot v_y \quad (6)$$

在 AM 调制中, 将基带信号 (原始信号) $v_s(t)$ 与直流偏置 V_0 叠加后输入 X 端, 载波 $v_c(t)$ 输入 Y 端, 即可在输出端得到 AM Signal:

$$v_x(t) = v_s(t) + V_0 = A_s \cos(\omega_s t) + V_0, \quad v_y(t) = v_c(t) = A_c \cos(\omega_c t) \quad (7)$$

$$v_{\text{out}}(t) = kA_c V_0 \left[1 + \frac{A_s}{V_0} \cos(\omega_s t) \right] \cos(\omega_c t) = A'_c [1 + m \cos(\omega_s t)] \cos(\omega_c t) \quad (8)$$

$$\text{where: } A'_c = kA_c V_0, \quad m = \frac{A_s}{V_0} \quad (9)$$

这恰好符合标准幅度调制信号的形式, 也是标准幅度调整最常用的实现方法。

3.4 实验电路简要分析

如 Figure 1 所示, 实验电路基于 MC1496 构成, 外围电路包括:

- (1) 偏置电阻网络: 设置静态工作点
- (2) 可调电位器 RW1、RW2、RW3: 分别用于调节输出波形对称性、调制系数和输出幅度
- (3) Emitter Follower (Common Collector) 输出级: 提高输出驱动能力, 隔离负载对调制电路的影响

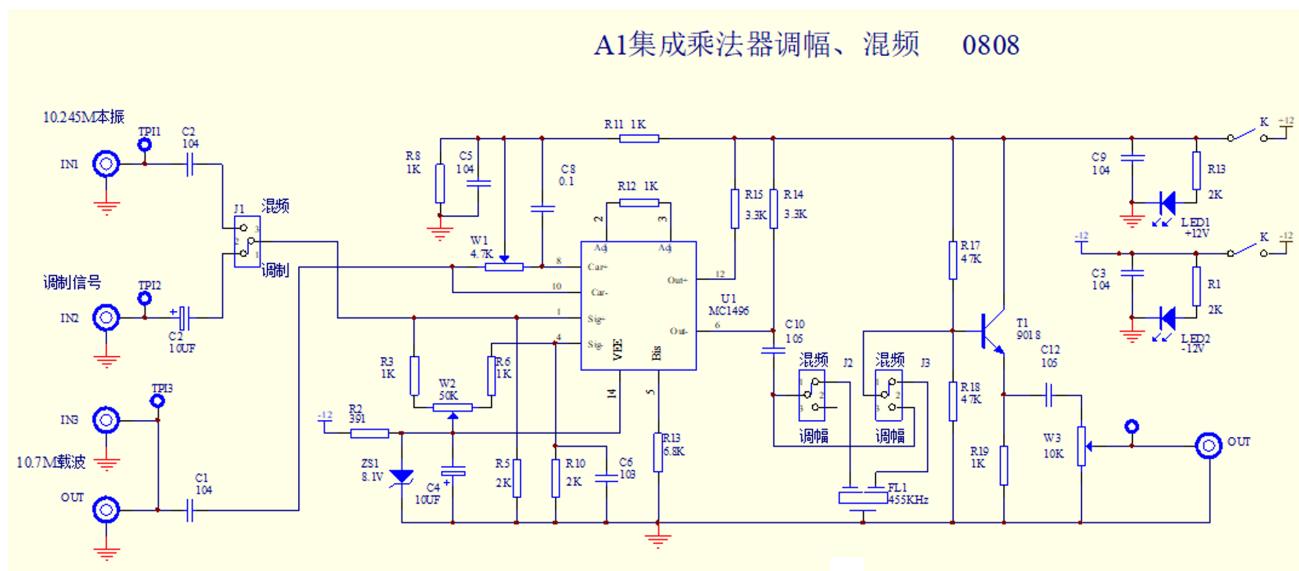


Figure 1: MC1496-Based AM Modulation Circuit Used in the Experiment

4 实验内容与步骤

4.1 实验前跳线设置

- (1) J1、J3、J5: 置于 1-2 位置 (调制功能)
- (2) J2、J8、J9: 置于 2-3 位置 (调制功能)
- (3) IN1: 空闲
- (4) IN2: 输入基带信号 (原始信号) (1 kHz sine wave @ 300 mVpp)
- (5) IN3: 输入载波信号 (10.7 MHz sine wave @ 500 mVpp)

4.2 调节步骤

- (1) 先仅在 IN3 输入载波信号, 调节 RW1/RW2/RW3 使 OUT 端输出不失真正弦波;
- (2) 然后接入基带信号(原始信号), 微调 RW1(对称性)、RW2(调制系数 m)、RW3(输出幅度), 使输出为典型 AM 波形;
- (3) 使用示波器对输出波形进行采样, 测量最大幅度 A_{\max} 和最小幅度 A_{\min} 并计算调制系数 $m = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\max} + A_{\min}}$ 。
- (4) 调节 m 分别为 0.2, 0.4 和 0.7, 记录对应 A_{\max} 、 A_{\min} 值及输出波形。

5 思考题

5.1 如何利用频谱分析仪测得普通调幅波的调制系数?

在频谱仪上可测得载波幅度 A_c 与两个边带幅度 A_{USB} 、 A_{LSB} , 由此计算调制系数 m :

$$m = \sqrt{\frac{(A_{\text{USB}}^2 + A_{\text{LSB}}^2)}{A_c^2}} = \frac{\sqrt{(A_{\text{USB}}^2 + A_{\text{LSB}}^2)}}{A_c} \quad (10)$$

附录 C MATLAB Codes

```

1 %% NCE-07 示波器数据读取与保存
2 clc, clear
3 address = 'USB0::0x1AB1::0x04B0::DS2F203700277::INSTR';
4 depth_level = 3; % 1 ~ 4
5 % rate_level = 2;
6
7 ch1 = 1;
8 ch2 = 1;
9
10 % MyOscilloscope_MS02202A_Read_TwoCh(address, 0);
11
12 if ch1 == 1
13     % CH1
14     flag_plot = 0;
15     ch = 1;
16     stc1 = MyOscilloscope_MS02202A_Read(address, ch, depth_level, flag_plot);
17     stc1.stc_spectrum.plot4.axes.XLim = [0.1e6, 0.5e9];
18     amplitude = stc1.stc_spectrum.STC.y_oneSided;
19     freq = stc1.stc_spectrum.STC.fAxis_oneSided;
20     power = stc1.stc_spectrum.STC.power_oneSided;
21     fr = stc1.stc_spectrum.STC.fr;
22     fs = stc1.stc_spectrum.STC.fs;
23
24     v_n1 = stc1.data';
25     t_n1 = stc1.time;
26     stc1 = MyAnalysis_Spectrum_hanningWindow(v_n1, fs, 1);
27 end
28
29 if ch2 == 1
30     % CH1
31     flag_plot = 0;
32     ch = 2;
33     stc2 = MyOscilloscope_MS02202A_Read(address, ch, depth_level, flag_plot);
34     stc2.stc_spectrum.plot4.axes.XLim = [0.1e6, 0.5e9];
35     amplitude = stc2.stc_spectrum.STC.y_oneSided;
36     freq = stc2.stc_spectrum.STC.fAxis_oneSided;
37     power = stc2.stc_spectrum.STC.power_oneSided;
38     fr = stc2.stc_spectrum.STC.fr;
39     fs = stc2.stc_spectrum.STC.fs;
40
41     v_n2 = stc2.data';
42     t_n2 = stc2.time;
43     stc2 = MyAnalysis_Spectrum_hanningWindow(v_n2, fs, 1);
44 end
45
46
47
48 %% NCE-07 幅度调制系数计算
49 warning('off')
50 %fileName = "D:\aa_MyExperimentData\Raw data backup\2025-12-11_14-26-01__NCE-07__Oscilloscope__ NCE-07-
51 %AM_base_100kHz_300mVpp_carrier_10.7MHz_500mVpp.txt";
52 %rawdata = readmatrix(fileName);
53 v_n = v_n2;
54 fs = 1/(t_n2(2) - t_n2(1) )
55 f0 = 10.7e6; % 10.6, 10.7, 10.8
56 delta_f = 0.06e6;
57 stc_l = MyAnalysis_Get_PowerAndFrequency(v_n, fs, 10.6e6, delta_f);
58 stc_l.target;
59 stc_0 = MyAnalysis_Get_PowerAndFrequency(v_n, fs, 10.7e6, delta_f);

```

```

59 stc_0.target;
60 stc_u = MyAnalysis_Get_PowerAndFrequency(v_n, fs, 10.8e6, delta_f);
61 stc_u.target;
62
63 A_LSB = stc_1.target.A0
64 A_USB = stc_u.target.A0
65 A_c = stc_0.target.A0
66 m = sqrt(A_LSB^2 + A_USB^2)/A_c
67 warning('on')
68
69
70
71 %% 保存采样数据
72 name = 'NCE-07-AM_base_100kHz_1500mVpp_carrier_10.7MHz_500mVpp';
73 name = [name, ' (m = ', num2str(round(m, 3)), ')']
74 export_name = ['D:/aa_MyExperimentData/Raw data backup/', datestr(now, 'yyyy-mm-dd_HH-MM-SS'), '__', ...
    'NCE-07__Oscilloscope__', name];
75 writematrix([v_n1', t_n1', v_n2', t_n2'], export_name + ".txt", 'Delimiter', 'tab');
76
77
78 MyYYPlot(t_n1, v_n1, t_n2, v_n2);
79 xlim([0, 10e-06])
80 MyFigure_ChangeSize_2048x512
81
82
83
84 xlim([0, 100e-06])
85
86 stc2.ax2.XLim = [10.7 - 0.3, 10.7 + 0.3]*1e6;
87 stc2.ax4.XLim = [10.7 - 0.3, 10.7 + 0.3]*1e6;
88
89 stc2.ax2.XLim = [10.7 - 1, 10.7 + 1]*1e6;
90 stc2.ax4.XLim = [10.7 - 1, 10.7 + 1]*1e6;
91
92 NCE-07 数据处理与作图
93 warning('off')
94 file_names = [
95 "D:\aa_MyExperimentData\Raw data backup\2025-12-11_14-39-33__NCE-07__Oscilloscope__NCE-07-
    AM_base_100kHz_300mVpp_carrier_10.7MHz_500mVpp (m = 0.282).txt"
96 "D:\aa_MyExperimentData\Raw data backup\2025-12-11_14-40-47__NCE-07__Oscilloscope__NCE-07-
    AM_base_100kHz_500mVpp_carrier_10.7MHz_500mVpp (m = 0.469).txt"
97 "D:\aa_MyExperimentData\Raw data backup\2025-12-11_14-41-22__NCE-07__Oscilloscope__NCE-07-
    AM_base_100kHz_800mVpp_carrier_10.7MHz_500mVpp (m = 0.755).txt"
98 "D:\aa_MyExperimentData\Raw data backup\2025-12-11_15-11-50__NCE-07__Oscilloscope__NCE-07-
    AM_base_100kHz_1500mVpp_carrier_10.7MHz_500mVpp (m = 1.266).txt"
99 ];
100
101 i = 1;
102 fileName = file_names(i);
103 rawdata = readmatrix(fileName);
104 v_n1 = rawdata(:, 1)';
105 t_n1 = rawdata(:, 2)';
106 v_n2 = rawdata(:, 3)';
107 t_n2 = rawdata(:, 4)';
108 v_n = v_n2;
109 fs = 1/(t_n2(2) - t_n2(1));
110
111 f0 = 10.7e6
112 f_am = 100e3
113 delta_f = f_am/2*1.5;
114 A_LSB = [
115     MyAnalysis_Get_PowerAndFrequency(v_n, fs, f0 - 3*f_am, delta_f).target.A0;

```

```

116     MyAnalysis_Get_PowerAndFrequency(v_n, fs, f0 - 2*f_am, delta_f).target.A0;
117     MyAnalysis_Get_PowerAndFrequency(v_n, fs, f0 - 1*f_am, delta_f).target.A0;
118 ];
119 A_USB = [
120     MyAnalysis_Get_PowerAndFrequency(v_n, fs, f0 - 1*f_am, delta_f).target.A0;
121     MyAnalysis_Get_PowerAndFrequency(v_n, fs, f0 - 2*f_am, delta_f).target.A0;
122     MyAnalysis_Get_PowerAndFrequency(v_n, fs, f0 - 3*f_am, delta_f).target.A0;
123 ];
124 A_c = MyAnalysis_Get_PowerAndFrequency(v_n, fs, f0, delta_f).target.A0;
125
126 A_LSB(end)
127 A_USB(1)
128 A_c
129 m = sqrt(sum(A_LSB(end).^2) + sum(A_USB(1).^2))/A_c
130 m_multi = sqrt(sum(A_LSB.^2) + sum(A_USB.^2))/A_c
131
132 result = [A_LSB(end), A_USB(1), A_c, m, m_multi]
133
134
135 stc1 = MyAnalysis_Spectrum_hanningWindow(v_n1, fs, 1);
136 MyExport_png(300)
137 stc2 = MyAnalysis_Spectrum_hanningWindow(v_n2, fs, 1);
138
139
140 %stc1.ax2.XLim = [f0 - 3*f_am, f0 + 3*f_am];
141 %stc1.ax4.XLim = [f0 - 3*f_am, f0 + 3*f_am];
142 stc2.ax2.XLim = [f0 - 3*f_am, f0 + 3*f_am];
143 %stc2.ax4.XLim = [f0 - 3*f_am, f0 + 3*f_am];
144 MyExport_png(300)
145
146 tiledlayout(2, 1)
147 ax = nexttile;
148 stc = MyPlot_ax(ax, t_n1*1e6, v_n1*1e3);
149 stc.plot.plot_1.Color = 'b';
150 stc.label.x.String = 'Time (ms)';
151 stc.label.y.String = 'Voltage (mV)';
152 stc.axes.Title.String = 'CH1: 100 kHz Baseband';
153 stc.axes.XTick = 0:20:140;
154
155 ax = nexttile;
156 stc = MyPlot_ax(ax, t_n2*1e6, v_n2*1e3);
157 stc.plot.plot_1.Color = 'm';
158 stc.label.x.String = 'Time (ms)';
159 stc.label.y.String = 'Voltage (mV)';
160 stc.axes.Title.String = 'CH2: Amplitude-Modulated Signal with 10.7 MHz Carrier';
161 stc.axes.XTick = 0:20:140;
162
163 MyFigure_ChangeSize([4, 1.6]*512*0.7)
164
165 MyExport_pdf_modal
166
167 %% 提取全部数据
168 warning('off')
169 result = []
170 freq = [];
171 Amp_spectrum = [];
172
173 for i = 1:4
174     fileName = file_names(i);
175     rawdata = readmatrix(fileName);
176     v_n1 = rawdata(:, 1)';
177     t_n1 = rawdata(:, 2)';

```

```

178     v_n2 = rawdata(:, 3)';
179     t_n2 = rawdata(:, 4)';
180     v_n = v_n2;
181     fs = 1/(t_n2(2) - t_n2(1) );
182
183     f0 = 10.7e6
184     f_am = 100e3
185     delta_f = f_am/2*1.5;
186     A_LSB = [
187         MyAnalysis_Get_PowerAndFrequency(v_n, fs, f0 - 3*f_am, delta_f).target.A0;
188         MyAnalysis_Get_PowerAndFrequency(v_n, fs, f0 - 2*f_am, delta_f).target.A0;
189         MyAnalysis_Get_PowerAndFrequency(v_n, fs, f0 - 1*f_am, delta_f).target.A0;
190     ];
191     A_USB = [
192         MyAnalysis_Get_PowerAndFrequency(v_n, fs, f0 - 1*f_am, delta_f).target.A0;
193         MyAnalysis_Get_PowerAndFrequency(v_n, fs, f0 - 2*f_am, delta_f).target.A0;
194         MyAnalysis_Get_PowerAndFrequency(v_n, fs, f0 - 3*f_am, delta_f).target.A0;
195     ];
196     A_c = MyAnalysis_Get_PowerAndFrequency(v_n, fs, f0, delta_f).target.A0;
197
198     A_LSB(end)
199     A_USB(1)
200     A_c
201     m = sqrt(sum(A_LSB(end).^2) + sum(A_USB(1).^2))/A_c
202     m_multi = sqrt(sum(A_LSB.^2) + sum(A_USB.^2))/A_c
203
204     result = [result; A_LSB(end), A_USB(1), A_c, m, m_multi];
205     stc = MyAnalysis_Spectrum_hanningWindow(v_n, fs, 1);
206
207
208     freq = [freq; stc.STC.fAxis_oneSided];
209     Amp_spectrum = [Amp_spectrum; stc.STC.y_oneSided_corrected];
210 end
211
212
213 %% 作出不同 m 下的 amp spectrum 图像
214
215 stc = MyPlot(freq/1e6, 10*log10(Amp_spectrum));
216 stc.Title.String = 'Corrected Amplitude Spectrum (Hanning)';
217 stc.leg.Visible = 'off';
218 stc.label.x.String = 'Frequency (MHz)';
219 stc.label.y.String = 'Amplitude $\mathbf{dB_{\{10\}}(V)}$';
220 stc.axes.XScale = 'log';
221 stc.axes.XLim = [f0 - 3*f_am, f0 + 3*f_am]/1e6;
222 stc.axes.YLim = [-60 0];
223 stc.leg.Visible = 'on';
224 stc.leg.FontSize = 12;
225 stc.leg.Location = 'nouthoutside';
226 stc.leg.String = [
227     '$A_{\{\mathbf{LSB}\}}$ = $A_{\{\mathbf{USB}\}}$ = 0.0815 Vamp, $A_c$ = 0.4059 Vamp, $m$ = 0.2838"
228     '$A_{\{\mathbf{LSB}\}}$ = $A_{\{\mathbf{USB}\}}$ = 0.1358 Vamp, $A_c$ = 0.4064 Vamp, $m$ = 0.4727"
229     '$A_{\{\mathbf{LSB}\}}$ = $A_{\{\mathbf{USB}\}}$ = 0.2185 Vamp, $A_c$ = 0.4058 Vamp, $m$ = 0.7615"
230     '$A_{\{\mathbf{LSB}\}}$ = $A_{\{\mathbf{USB}\}}$ = 0.3809 Vamp, $A_c$ = 0.4220 Vamp, $m$ = 1.2765"
231 ];
232 %stc.plot.plot_3.Color = stc.plot.plot_4.Color;
233 %stc.plot.plot_4.Color = 'm';
234
235 MyFigure_ChangeSize([3, 1.5]*512)
236
237 MyExport_pdf

```