

通信电子线路实验报告（五）——幅度调制与解调实验

姓名：杨承翰 学号：210210226 班级：通信 2 班

实验台号：K403- 实验日期：5.6 原始数据审核：

一、实验目的

1. 通过实验了解振幅调制的工作原理
2. 理解包络检波器的原理及其限制
3. 掌握用 MC1496 来实现 AM 波和 DSB 波的调制与解调的方法，并研究已调波与调制信号、载波之间的关系
4. 掌握用示波器测量调制度的方法
5. 观测同步检波器实现对过调制信号的解调能力

二、实验预习

1. 调制是什么？解调是什么？

调制过程是用被传递的低频信号去控制高频振荡信号，使高频输出信号的参数（幅度、频率、相位）相应于低频信号变化而变化，从而实现低频信号搬移到高频段，被高频信号携带传播的目的。完成调制过程的装置叫调制器。

解调过程是调制的反过程，即把低频信号从高频载波上搬移下来的过程。解调过程在收信端，实现解调的装置叫解调器。

2. 常见的幅度调制方式包括哪几种？AM 波与 DSB 波各有什么特点？

调幅波有普通调幅波（AM）、抑制载波的双边带调幅波（DSB）和抑制载波的单边带调幅波（SSB）三种。

AM:

调幅波也是一个高频振荡，而它的振幅变化规律（即包络变化）是与调制信号完全一致的，因此调幅波携带着原调制信号的信息。普通调幅波的波形如图 5-1 所示。从图中可以看到，已调波的包络形状与调制信号一样，称之为不失真调制。从调幅波的波形上看出包络的最大值 $U_{m_{\max}}$ 和最小值 $U_{m_{\min}}$ 分别为 $(1+m_a)$ 、 $(1-m_a)$ 。

DSB:

（1）DSB 信号的幅值仍随调制信号而变化，但与普通调幅波不同，DSB 的包络不再反映调制信号的形状，仍保持调幅波频谱搬移的特征。

（2）在调制信号的正负半周，载波的相位反相，即高频振荡的相位在 $f(t)=0$ 瞬间有 180° 的突变。

（3）对 DSB 调制，信号仍集中在载波 ω_c 附近，所占频带为 $B_{DSB}=2F_{\max}$ 。由于 DSB 调制抑制了载波，输出功率是有用信号，它比普通的调幅经济，但在频带利用率没有什么改进。

3. 包络检波是如何实现的？可能出现哪些失真现象？

为了解调出原来调制频率 Ω ，检波器必须包含有非线性器件，以便调幅信号通过它产生新的频率分量，其中包含有所需要的 Ω 分量。然后由低通滤波器滤除不需要的高频分量，取出所需的调制信号。所以检波电路应由三部分组成，即高频输入回路、非线性器件和低通滤波器。检波输出可能产生三种失真：第一种是由于检波二极管伏安特性弯曲引起的失真；第二种是由于滤波电容放电慢引起的失真，它叫对角切割失真；第三种是由于输出耦合电容上所充的直流电压引起的失真，这种失真叫底部切割失真。

4. 同步检波是如何实现的？

乘积型同步检波器的组成方框图如图 5-5 所示。它与普通包络检波器的区别就在于接收端必须提供一个本地载波信号 u_r ，而且要求它是与发端的载波信号同频、同相的同步信号。利用这个外加的本地载波信号 u_r 与接收端输入的调幅信号 u_i 两者相乘，可以产生原调制信号分量和和其他谐波组合分量，经低通滤波器后，就可解调出原调制信号。

5. 分析实验电路图 5-10、5-11 和 5-12，说明以下各点代表的含义

6P1：载波入口

6P2：高频输入口

6P3：调幅信号经射随器后输出口

6P4：同步检波恢复载波输入口

6P5：同步检波已调幅波输入口

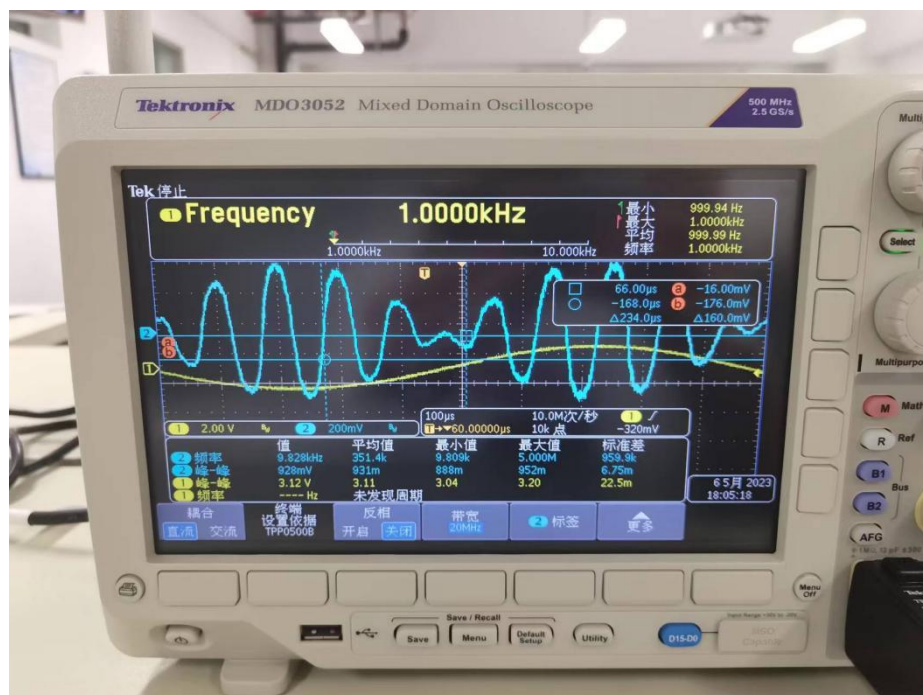
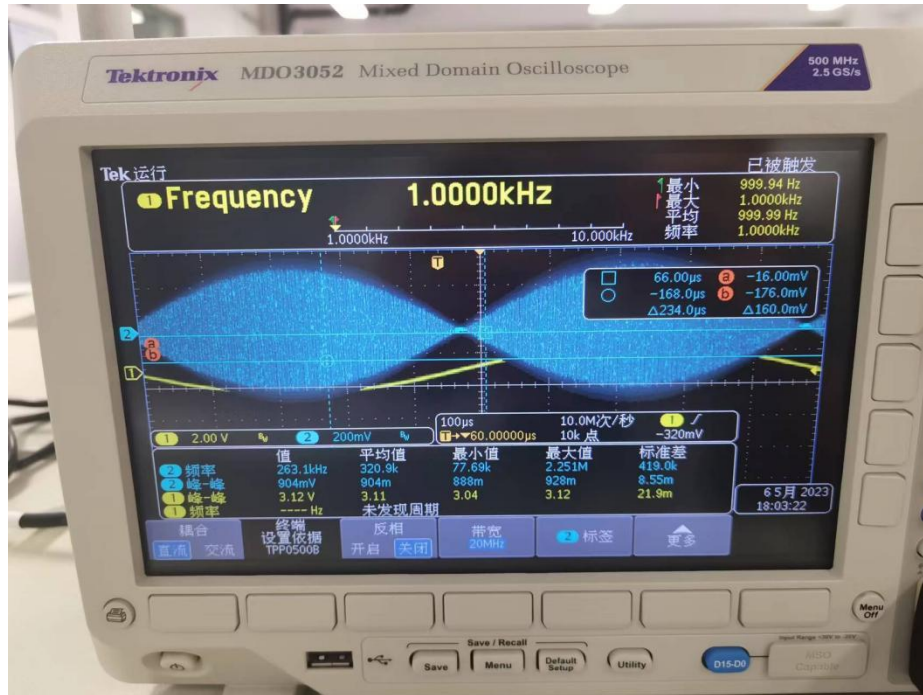
6P6：同步检波解调输出端

5TP6：包络检波已调幅波输入口

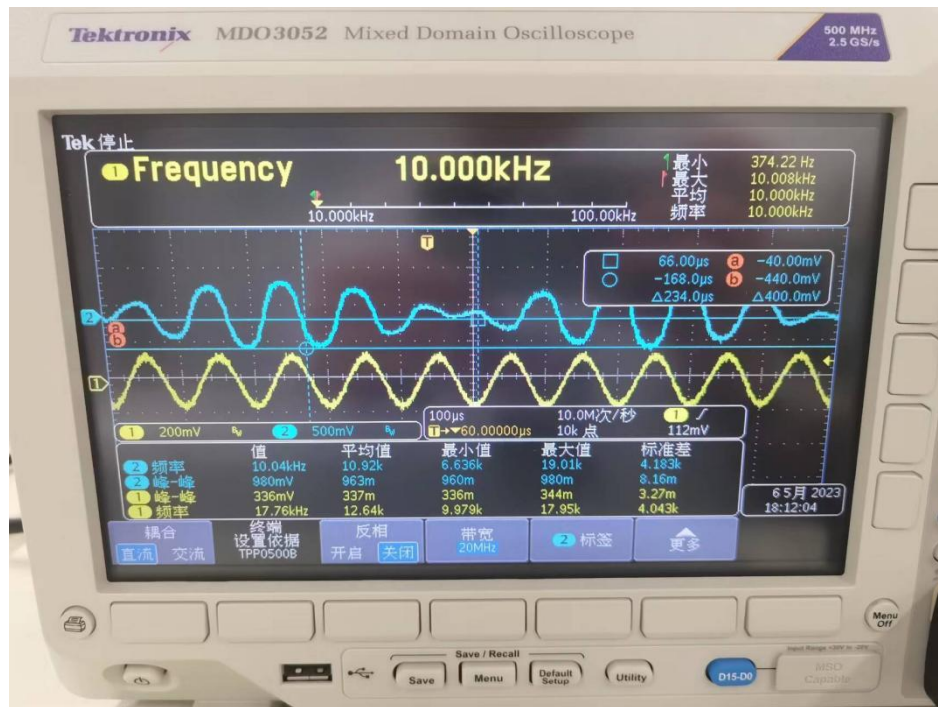
5TP9：包络检波音频信号输出口

三、实验记录

1. DSB 波形及反相点观察：

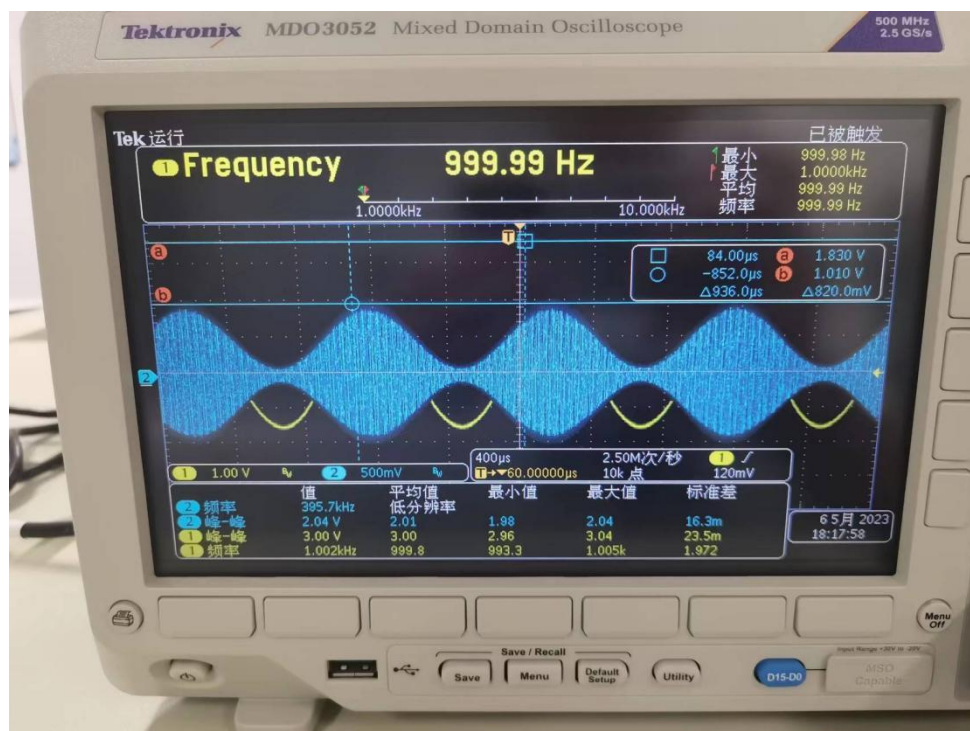


2. DSB 信号波形与载波波形的相位比较:

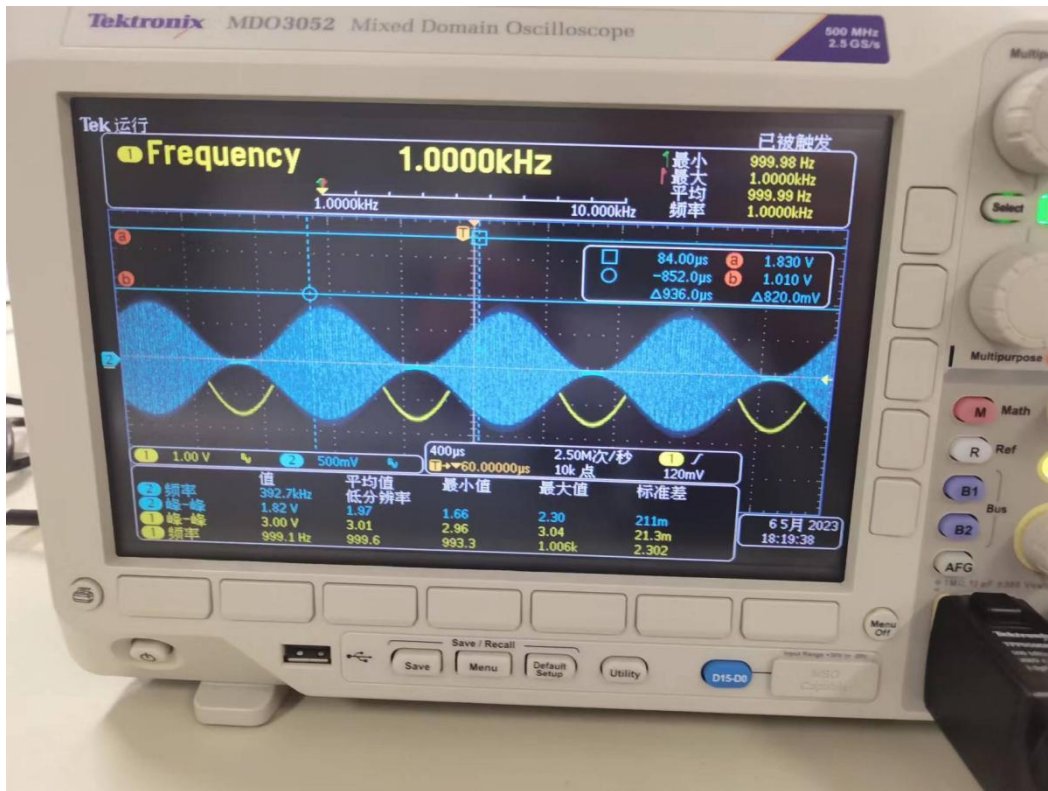


3. AM 正常波形观测:

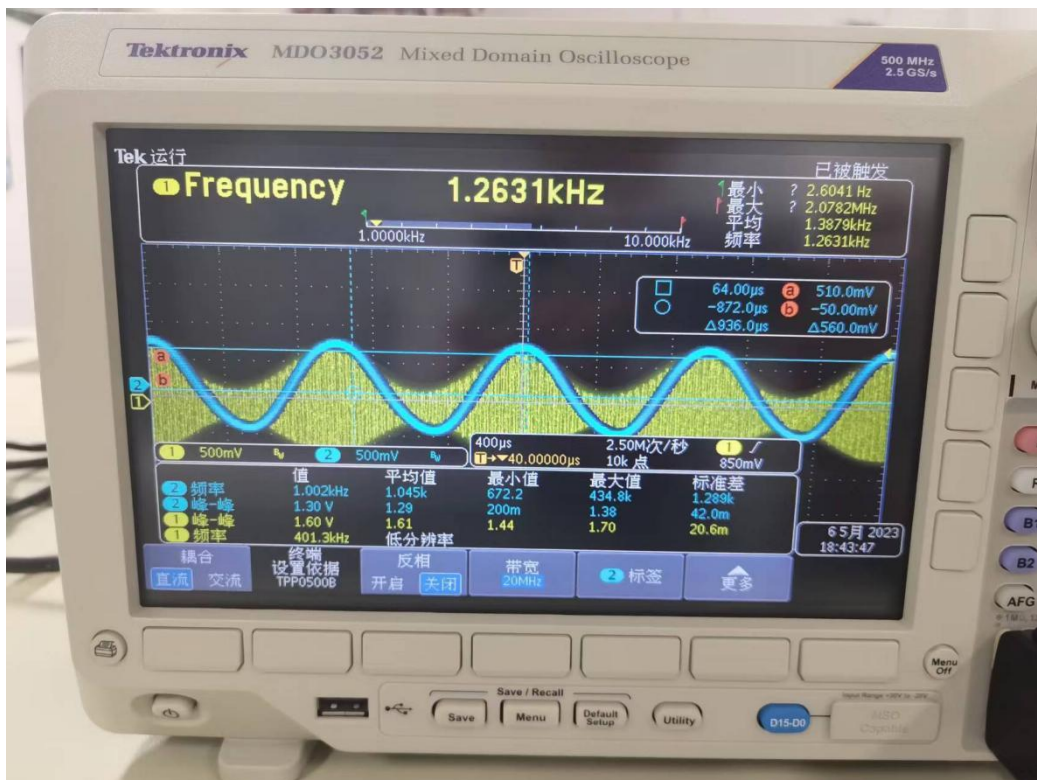
该 AM 波的 $U_{\max}=0.94V$, $U_{\min}=0.12V$, 调制度为 77.36%。



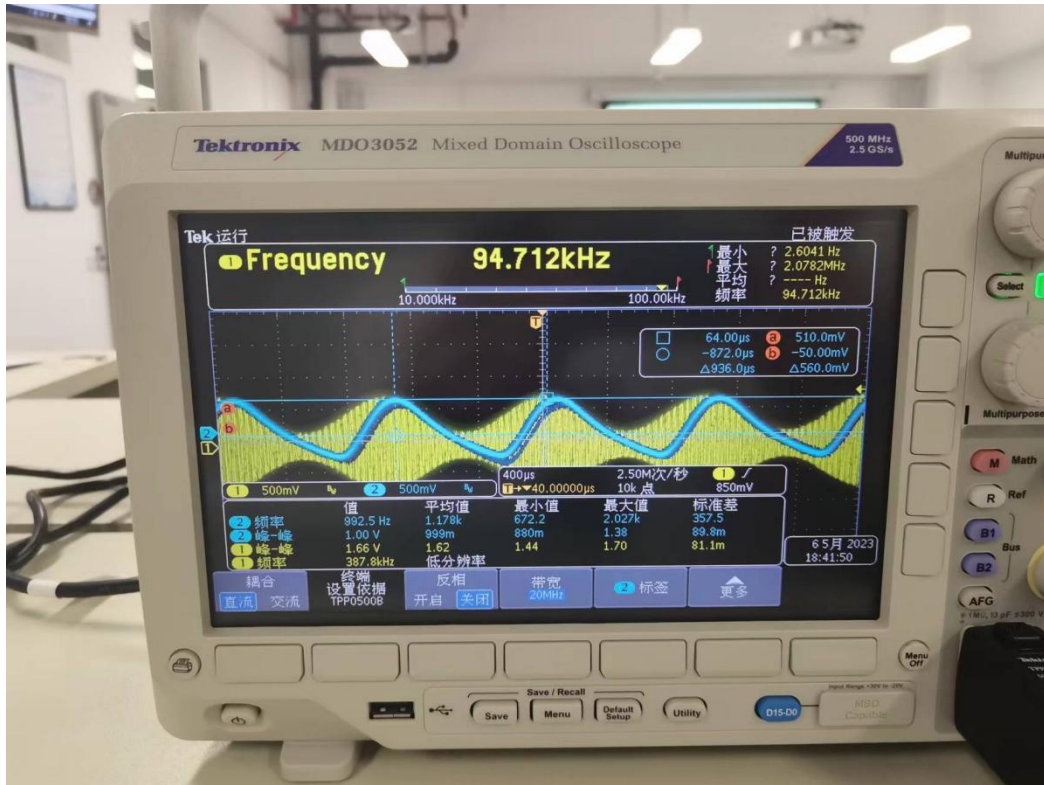
4. 调制度为 100% 时的 AM 波形及过调制时的 AM 波形:



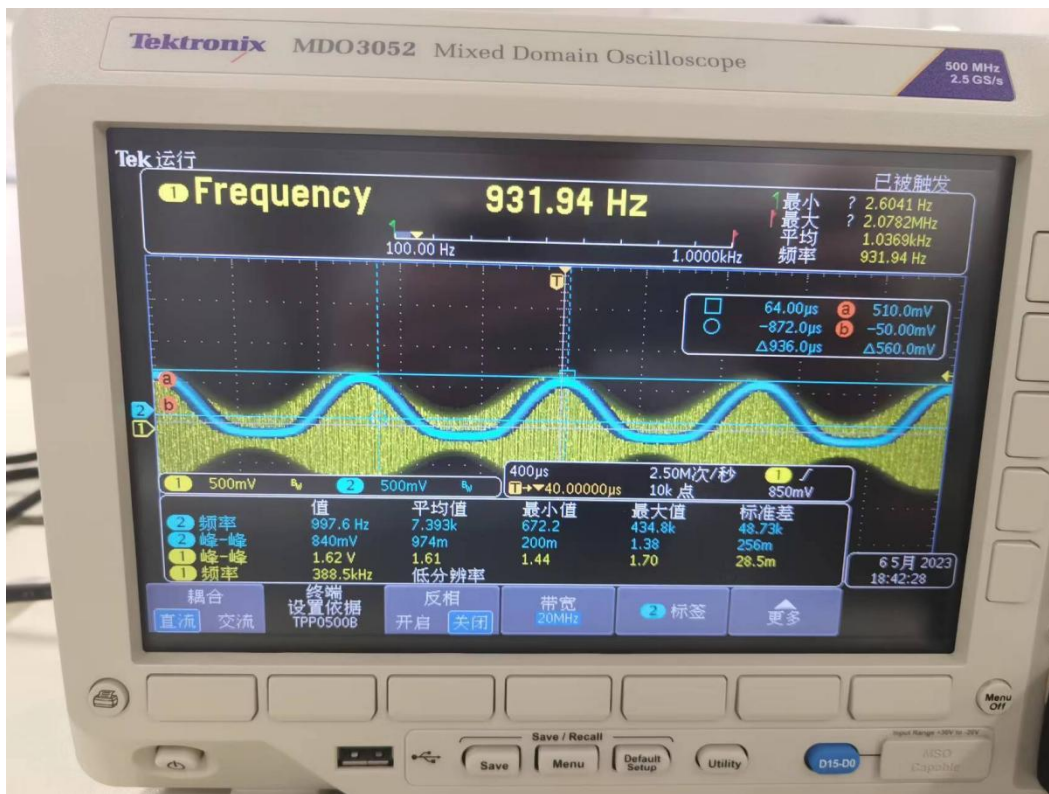
5. $m_a=50\%$ 的 AM 波及其包络检波的解调波形:



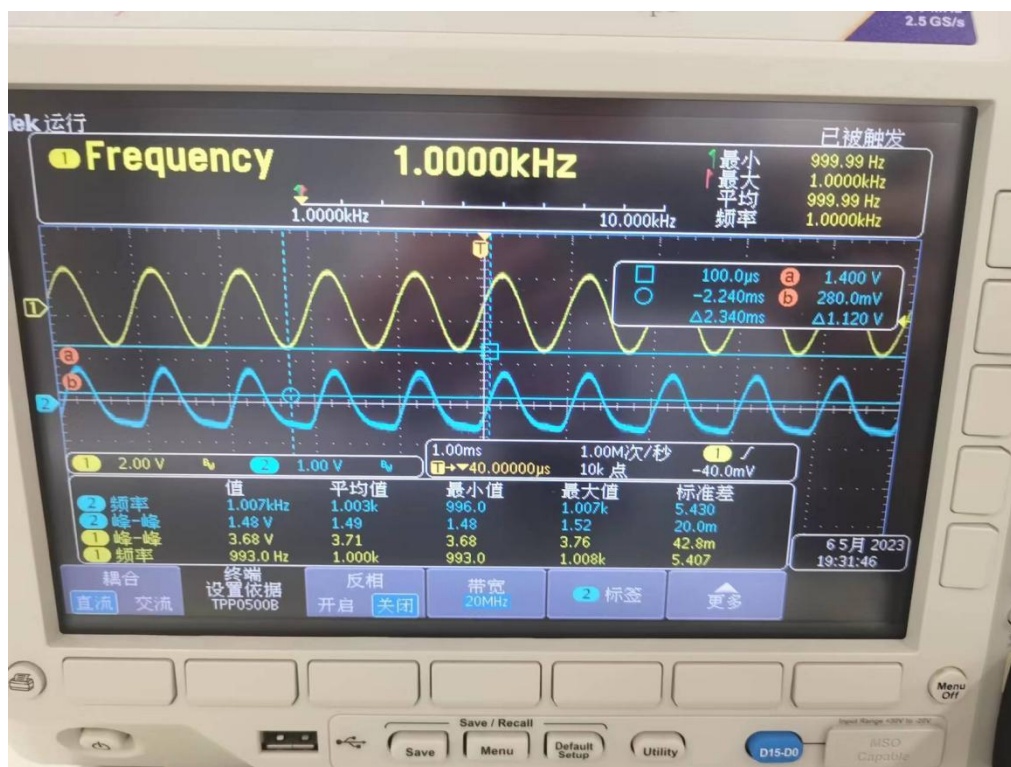
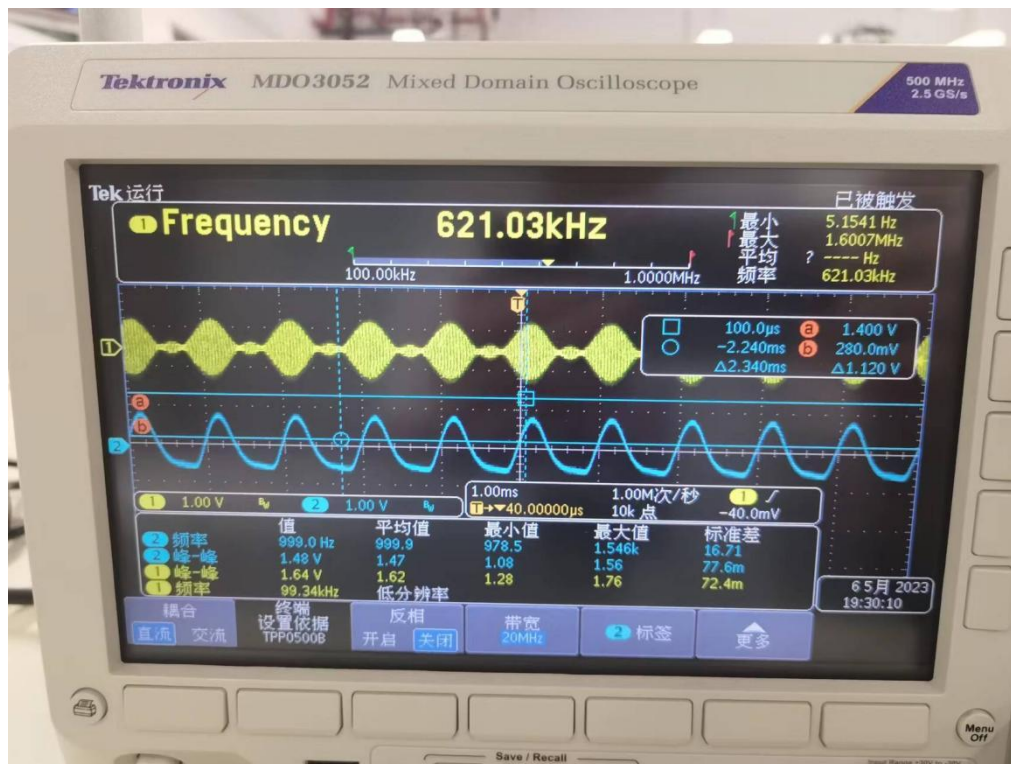
AM 波包络检波时的对角切割失真现象（选做）：



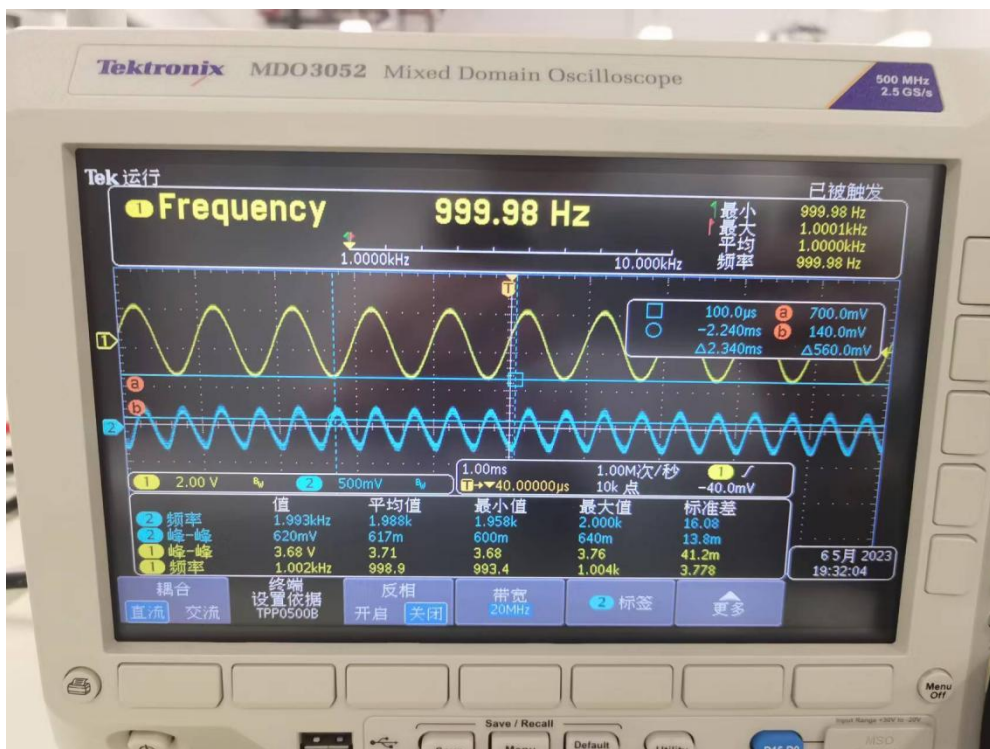
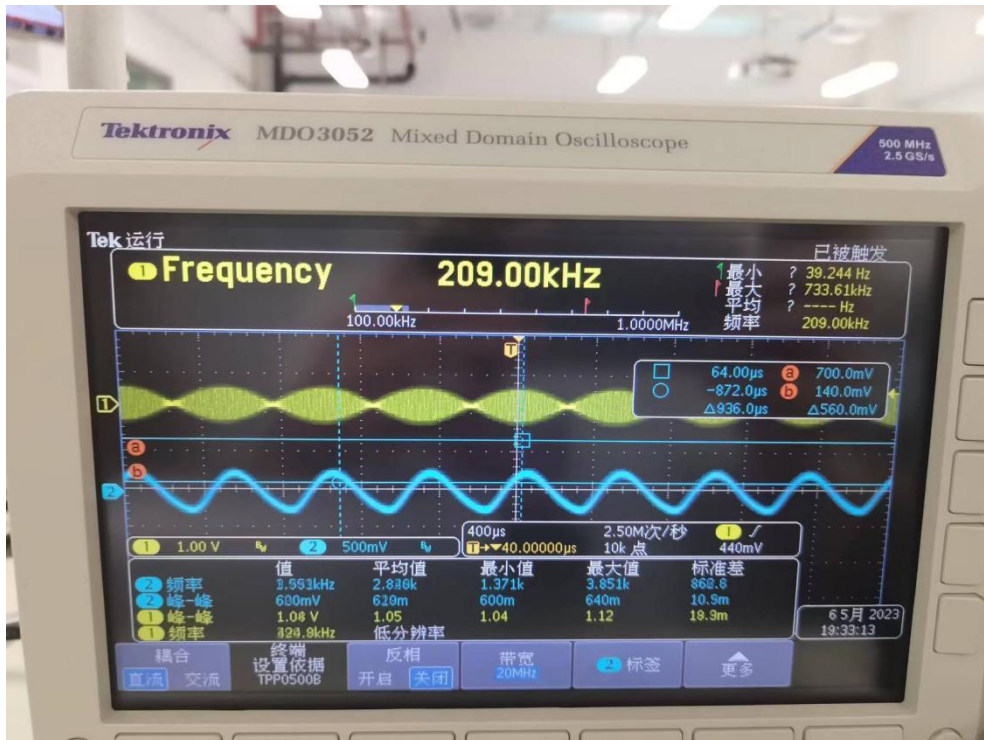
AM 波包络检波时的底部切割失真现象（选做）：



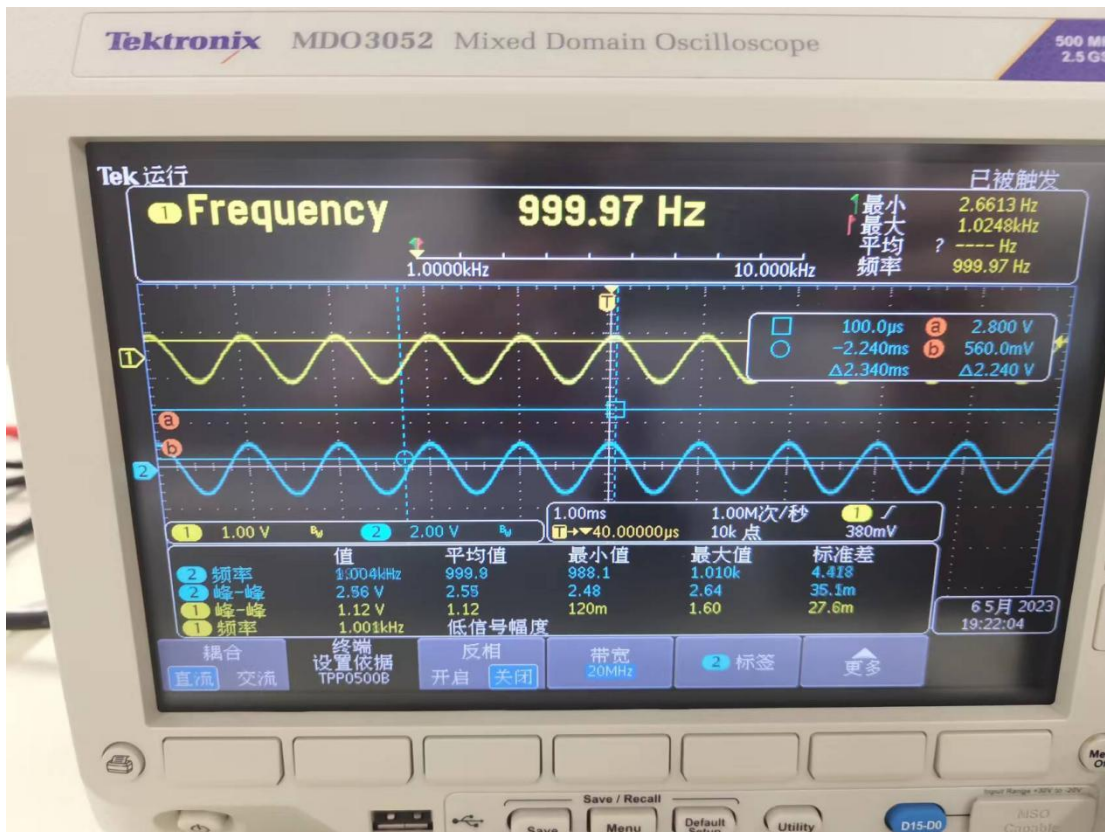
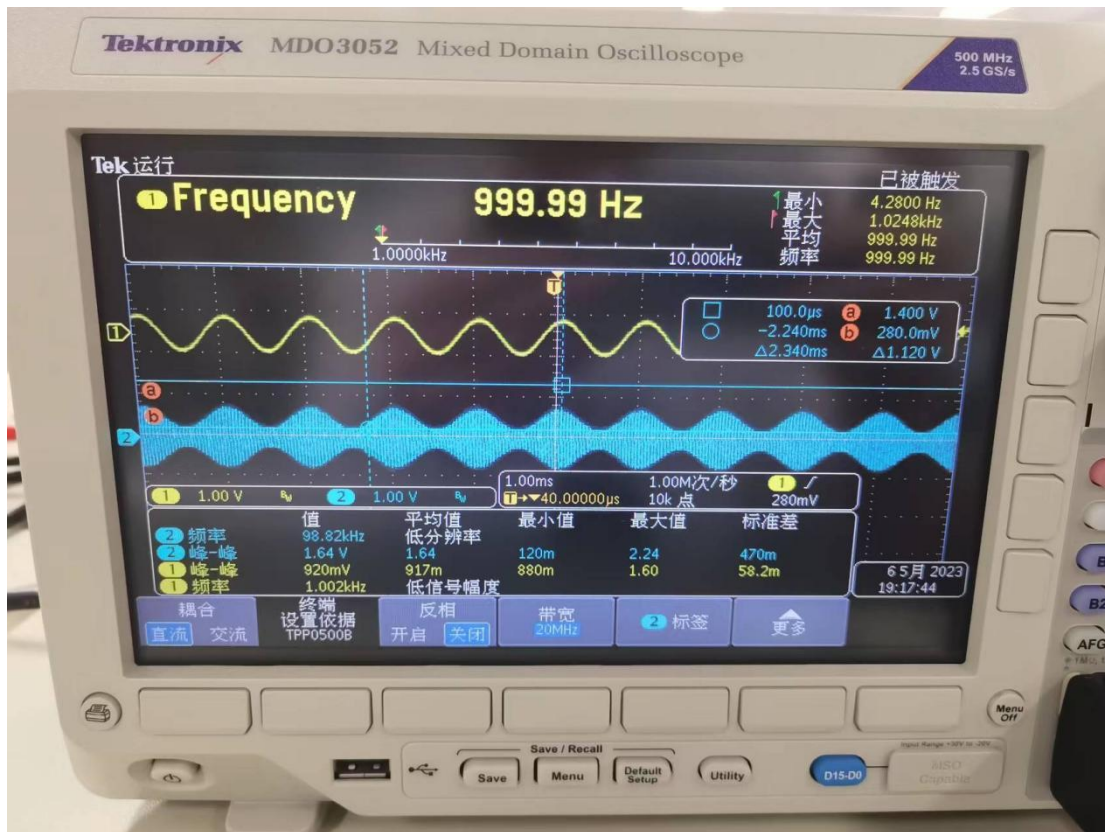
6. 过调制时 AM 波的包络检波波形及原调制信号波形对比:

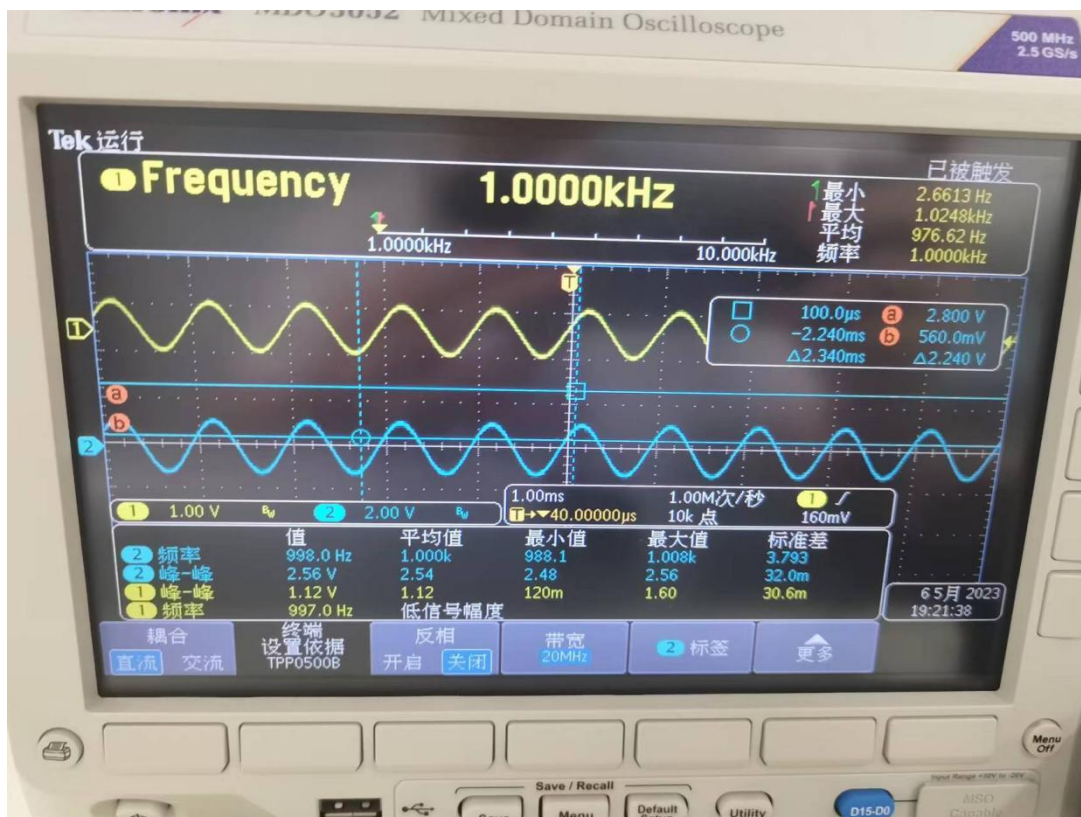
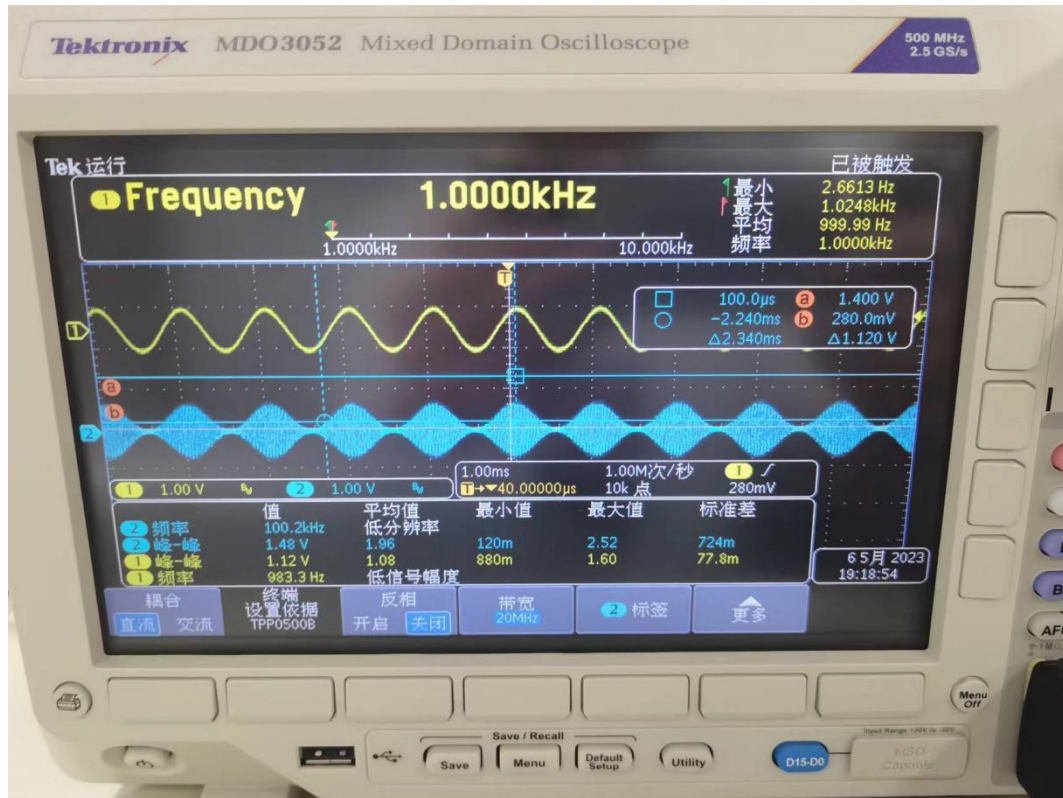


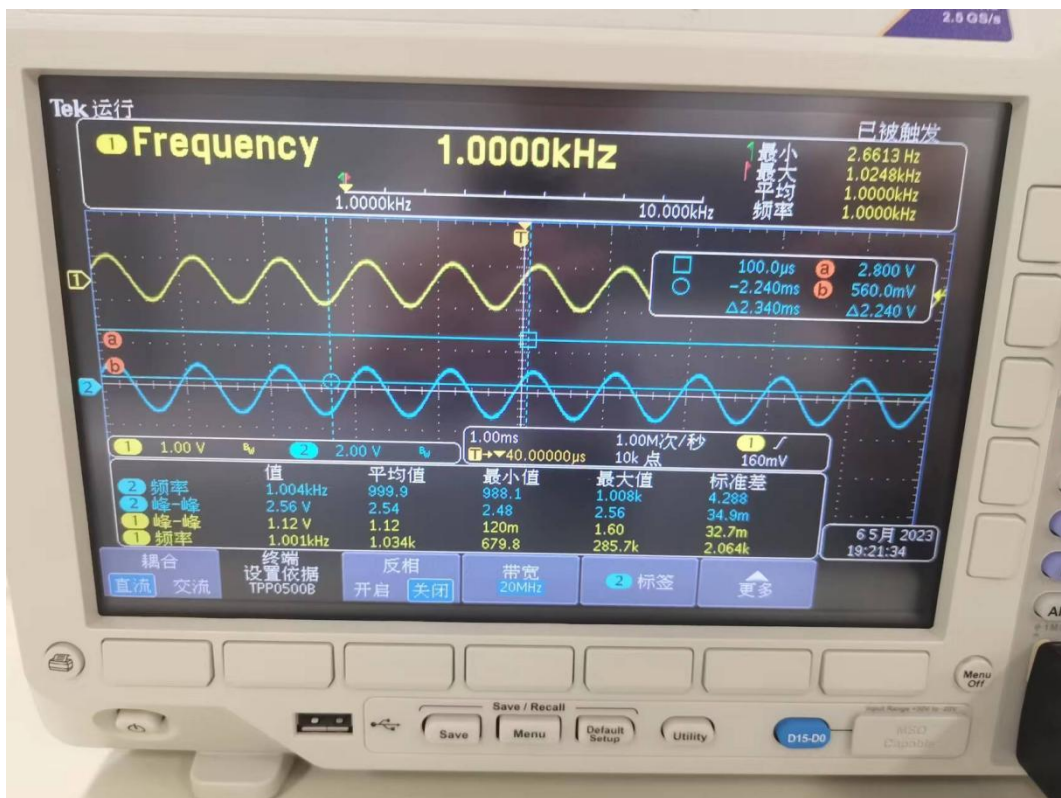
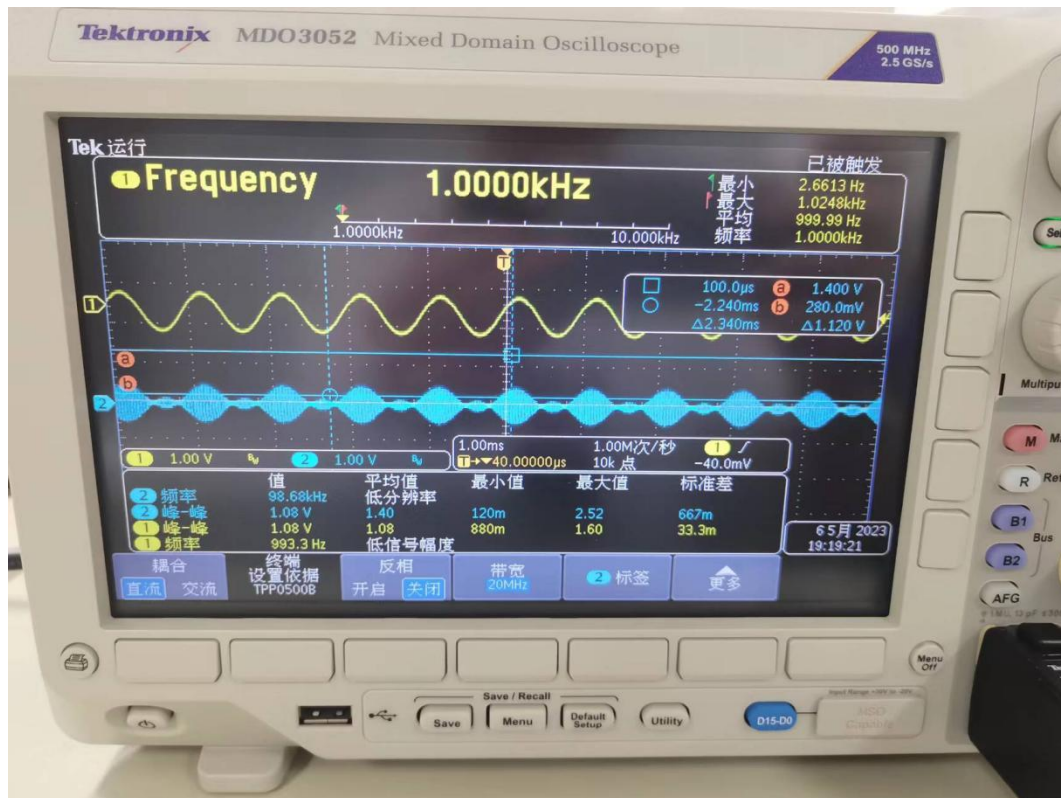
7. DSB 波的包络检波波形及原调制信号波形对比：



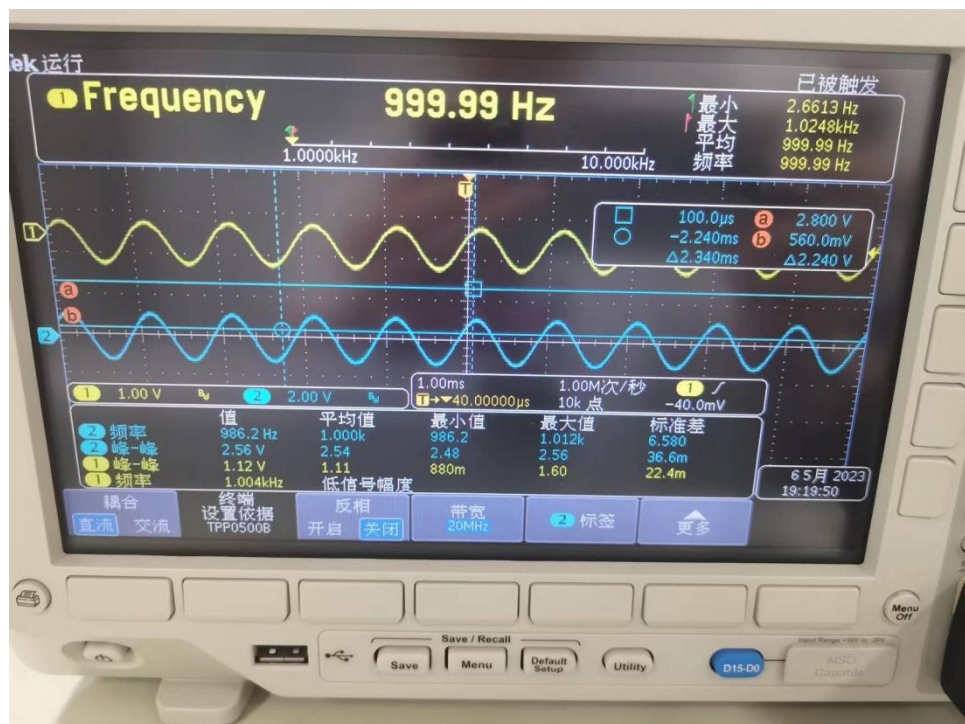
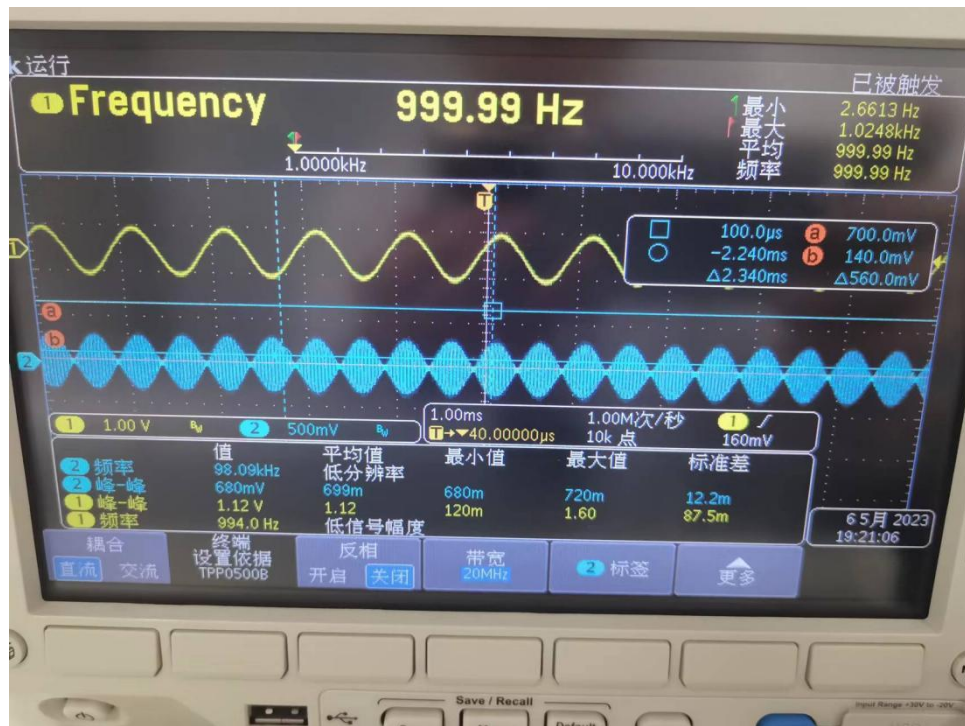
8. 当 $m_a=50\%$ 、 $m_a=100\%$ 及 $m_a>100\%$ 时, AM 波及其同步检波的波形对比:







9. DSB 波的同步检波波形及原调制信号对比：



归纳总结

由本实验归纳出两种检波器的解调特性，以“能否正确解调”填入表中。

输入的调幅波	AM 波			DSB 波
	$m_a=50\%$	$m_a=100\%$	$m_a>100\%$	
包络检波	能	能	否	否
同步检波	能	能	能	能

四、实验思考题

同步检波器主要对什么信号进行解调？包络检波器主要对什么信号进行解调？为什么？

同步检波器主要对调幅信号进行解调，因为调幅信号包含有载波和基带信号，同步检波器利用载波信息对信号进行解调。

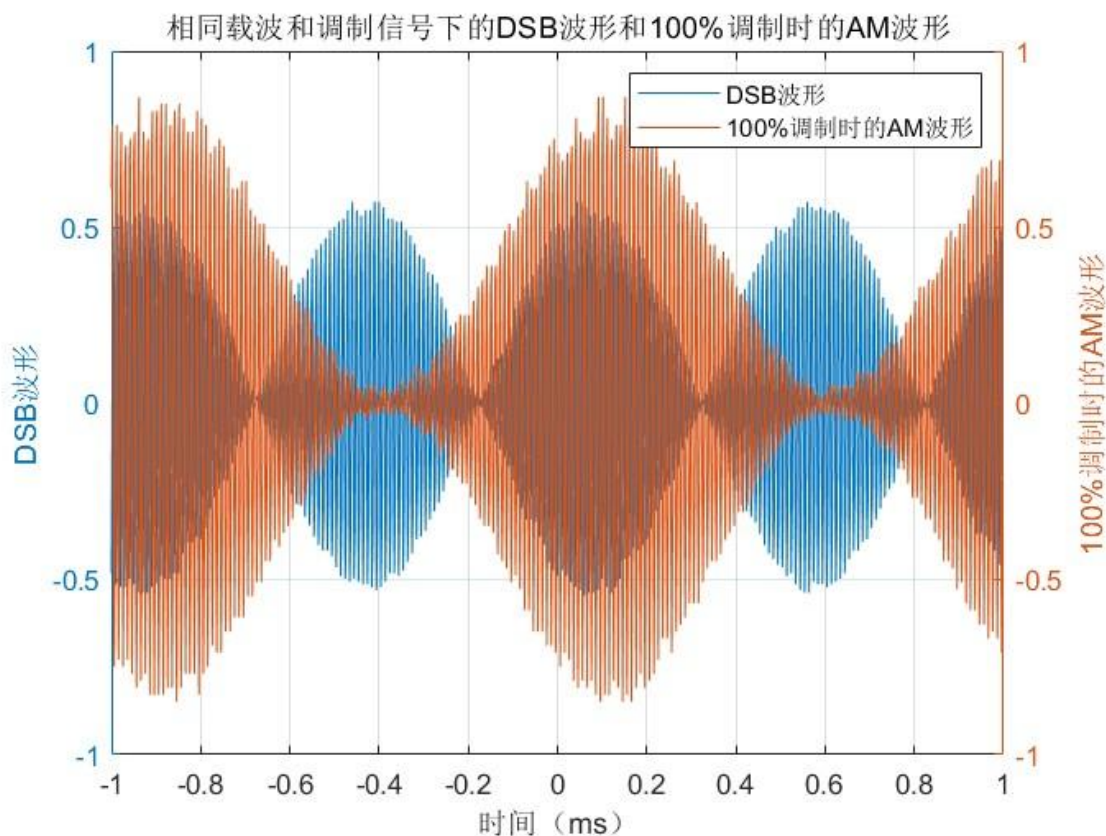
包络检波器主要对调频信号进行解调，因为调频信号中包络随着基带信号的变化而变化，而包络检波器可以对变化的包络进行检测，从而解调信号。

五、实验过程与数据分析

（叙述具体实验过程，记录实验数据在原始数据表格，如需要引用原始数据表格，请标注出表头，如“实验记录见表 1-*”）

1. 根据实验结果，用 Matlab 绘制出相同载波和调制信号下的 DSB 波形和 100%调制时的 AM 波形，并阐释两者的区别。

下图为相同载波和调制信号下的 DSB 波形和 100%调制时的 AM 波形示意图：



相同载波和调制信号下的 DSB 波形和 100%调制时的 AM 波形最主要的区别在于它们的频谱结构和带宽占用情况。在频谱结构方面, DSB 波存在着正负两个频谱成分, 两个频谱成分分别包含了调制信号的完整信息。在解调时, 相比于 AM 波, DSB 波的解调难度较大。而对于 100%调制的 AM 波, 只有一个频谱成分, 包含了调制信号的全部信息。因此, 在解调时 AM 波的解调难度较低, 技术成熟度相对较高。在带宽占用方面, DSB 波占用了载波频率周围的一个宽带峰, 相比于 AM 波占用的带宽更宽一倍。而 AM 波占用的带宽是由调制信号频率和载波频率共同决定的, 在不同的调制方式和幅度下, AM 波的带宽大小也会有所不同。DSB 波和 AM 波虽然使用相同的载波和调制信号, 但它们的频谱结构和带宽占用不同, 导致在信号处理及解调方面存在较大差别。

2. 根据实验结果, 分析二极管包络检波器能否正确解调出过调制的 AM 波和 DSB 波? 为什么?

二极管包络检波器可以正确解调出过调制的 AM 波, 因为它是利用二极管的非线性特性, 将 AM 信号的包络波形与参考信号相乘, 产生一个包含调制信号的直流成分和一个交流成分的输出信号。通过滤波器去除直流成分, 得到原始的调制信号。然而, 二极管包络检波器不能正确解调出 DSB 波, 因为 DSB 波中没有调制信号的包络波形, 因此无法使用包络检波器从输出信号中提取出原始调制信号。通常需要使用额外的傅里叶变换等方法进行处理, 才能恢复原始信号。

3. 根据实验结果, 分析同步检波器能否正确解调出过调制的 AM 波和 DSB 波? 为什么?

同步检波器能正确解调出过调制的 AM 波, 因为同步检波器可以通过提供与载波频率同步的参考信号, 将载波频率和调制信号频率分离, 从而有效地提取出原始调制信号。而对于 DSB 波, 同步检波器则无法正确解调。因为 DSB 波没有载波频率, 而同步检波器需要提供与载波频率同步的参考信号才能有效解调。因此, 在解调 DSB 波时会出现误差, 无法完全恢复原始信号。

4. 对角切割失真和底部切割失真分别是如何产生的？怎样去避免？

对角切割失真产生的原因是由于电路的带宽限制，在高频时出现频率相位的旋转，导致信号的幅度和相位出现扭曲，进而引起失真。底部切割失真是由于放大器无法提供足够的输出电压，并且信号的底部被削平，导致失真发生。

为避免对角切割失真和底部切割失真，可以采取以下措施：

1. 选择更宽带的放大器，以保证信号的传输完整。
2. 加强信号的处理能力，例如使用 AGC（自动增益控制）或限幅器来避免过度削弱或捕获到的信号过强的情况。
3. 通过正确匹配负载来确保放大器正常运行，以避免信号过度削弱。
4. 调节放大器的偏置点，以确保放大器的输出偏置在最佳工作点。

六、实验体会与建议

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。