

通信电子线路实验报告（六）——频率调制与解调实验

姓名：____杨承翰____ 学号：____210210226____ 班级：____通信2班____

实验台号：K403-21 实验日期：____5.25____ 原始数据审核：_____

一、实验目的

1. 掌握用变容二极管调频振荡器实现 FM 的方法
2. 理解静态调制特性、动态调制特性概念和测试方法
3. 了解调频波产生和解调的全过程，建立起调频系统的初步概念
4. 了解斜率鉴频和相位鉴频器的工作原理
5. 熟悉初、次级回路电容、耦合电容对于电容耦合回路相位鉴频器工作的影响

二、实验预习

1. 频率调制是什么？它与幅度调制有什么不同？(10')

频率调制（FM）是一种调制方式，它通过改变载波信号的频率，在通信中传输信息。在 FM 中，调制信号（也称为基带信号）用来控制载波信号的频率，使其频率随时间变化。具体地说，当调制信号的幅度上升时，载波信号的频率也会上升；反之，当调制信号的幅度下降时，载波信号的频率也会下降。

与之相比，幅度调制（AM）是一种利用调制信号控制载波信号的幅度的调制方式。在 AM 中，调制信号的幅度变化会直接影响到载波信号的幅度大小，从而实现信息的传递。

因此，FM 与 AM 的主要区别在于它们所控制的参数不同：FM 控制的是频率，AM 控制的则是幅度。由于频率变化比幅度变化更加微小和稳定，因此 FM 在抵御干扰、提高信噪比及传输质量方面相对于 AM 有优势。在广播电视、航空通讯、无线电测量等领域都广泛应用了 FM 技术。

2. 调频波的解调一般采用什么方法？其基本工作原理是什么？(10')

调频（FM）信号的解调常用的方法是利用相干检波（也称为鉴相检波）。相干检波是一种通过将调频信号与参考信号进行相乘，再低通滤波从而获得基带信息信号的技术。

其基本工作原理是：利用一个另外已知调制信号相同频率和初始相位的参考信号乘以调频信号。这样，就使得调频信号的频率变化对应于它们之间的相位变化。然后对信号进行低通滤波，去除高频分量部分，并且保留信号的幅度和相位随时间的变化情况，因此可以在输出端获得基带信号。此时，音频信号就被还原，并可经过放大器处理，连接到扬声器中发出声音。

需要注意的是，在相干检波中，参考信号必须与调制信号的频率和初始相位相匹配，否则会导致误差产生。同时，系统中的噪声和失真等也将影响解调后的信号质量，因此需要采取一些噪声消除和滤波技术，以提高信噪比和系统的性能表现。

3. 分析实验电路图 6-13、6-14，说明以下各点代表的含义(10'，每个 2')

4P1: 音频信号输入口

4P2: 调频输出信号放大后输出口

4K1: 开关，打向“1”和“4”时为斜率鉴频，打向“3”和“6”时为相位鉴频器

4P3: 鉴频输入口

4P5: 鉴频输出口

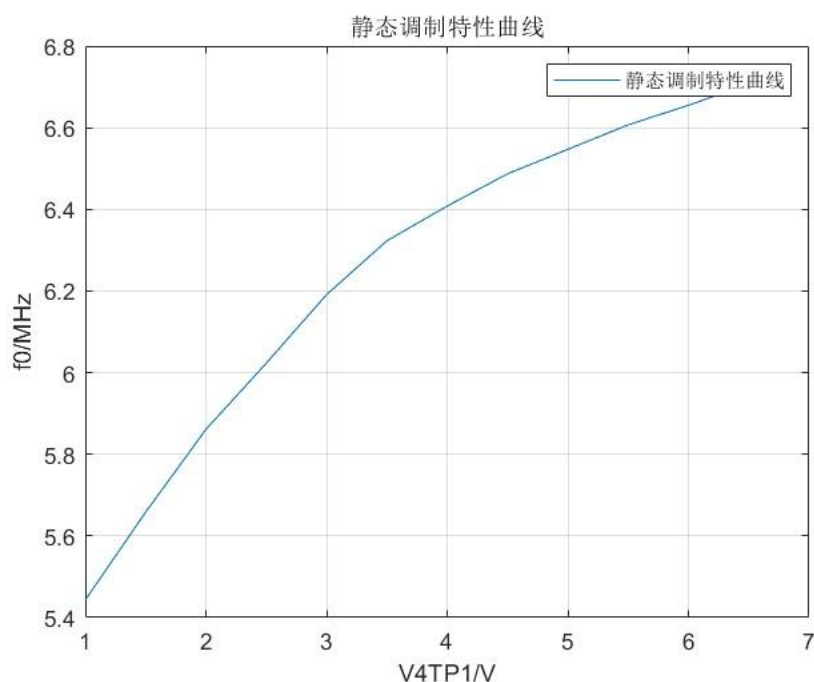
三、实验记录

(一) 调制部分

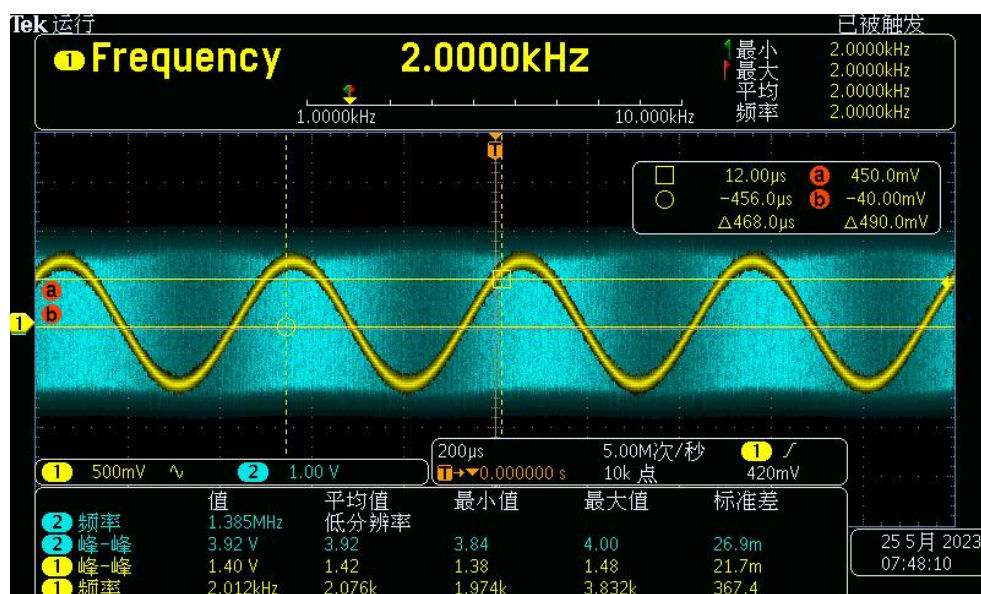
表 6-1(2')

V_{4TP1}	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.3
$f_0(\text{MHz})$	5.443	5.658	5.861	6.023	6.191	6.323	6.408	6.487	6.547	6.607	6.655	6.686

静态调制特性曲线（利用 matlab 画图附到此处）：(4')

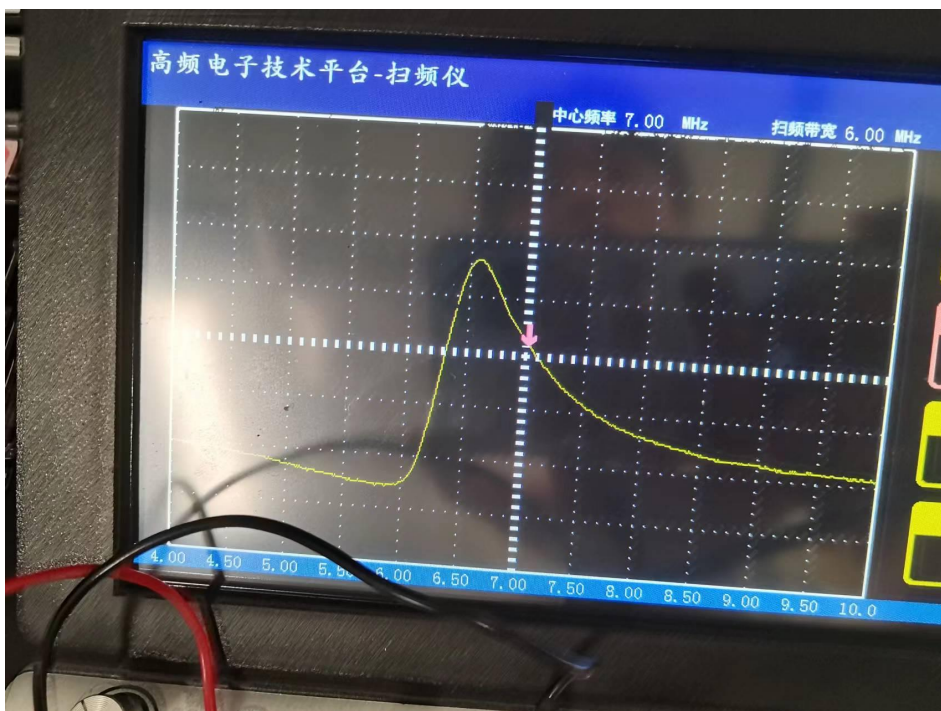
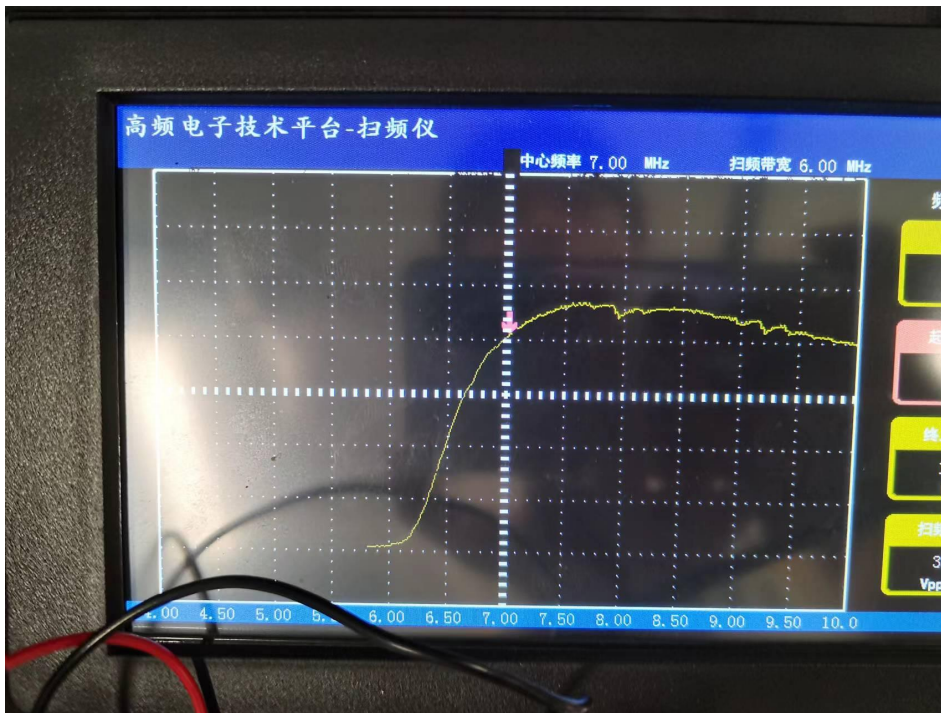


4TP2 的 FM 波（手机拍照或 U 盘保存后附图）：(4')



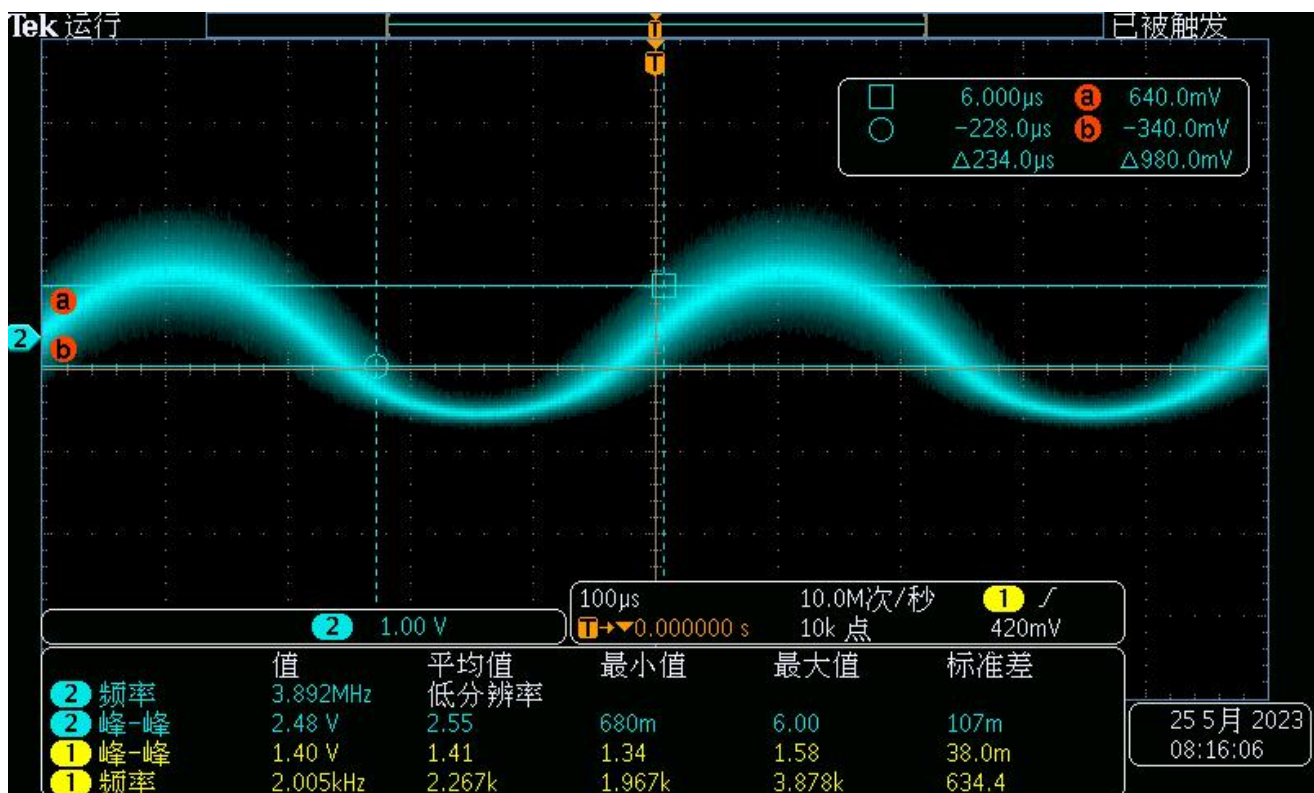
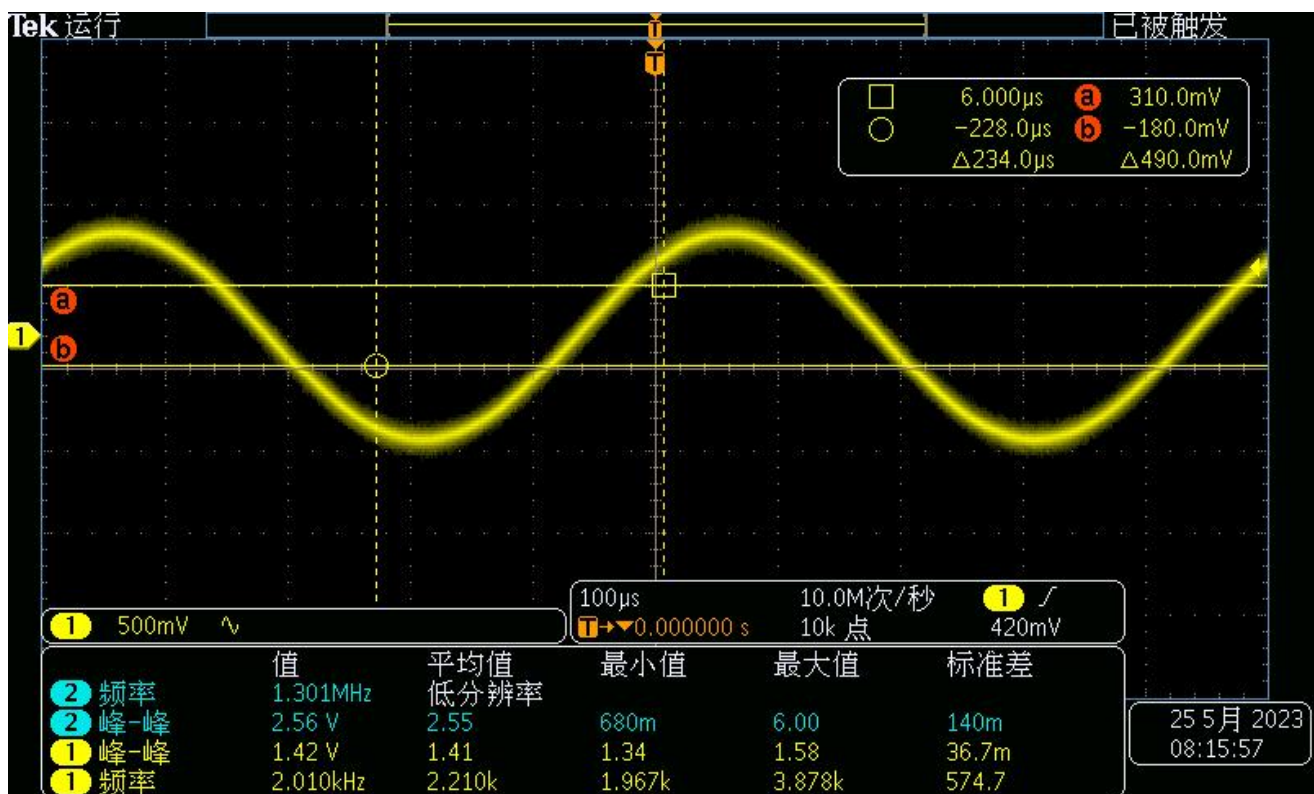
(二) 解调部分

用扫频仪测试的两种鉴频特性曲线: (6', 各 3')



当前实验箱的斜率鉴频器可解调的 FM 信号其载波频率范围大致是 6.3kHz-7kHz，相位鉴频器可解调的 FM 信号其载波频率范围大致是 6.2kHz-6.6kHz。(2', 各 1')

调频器输入和斜率鉴频输出波形: (5')



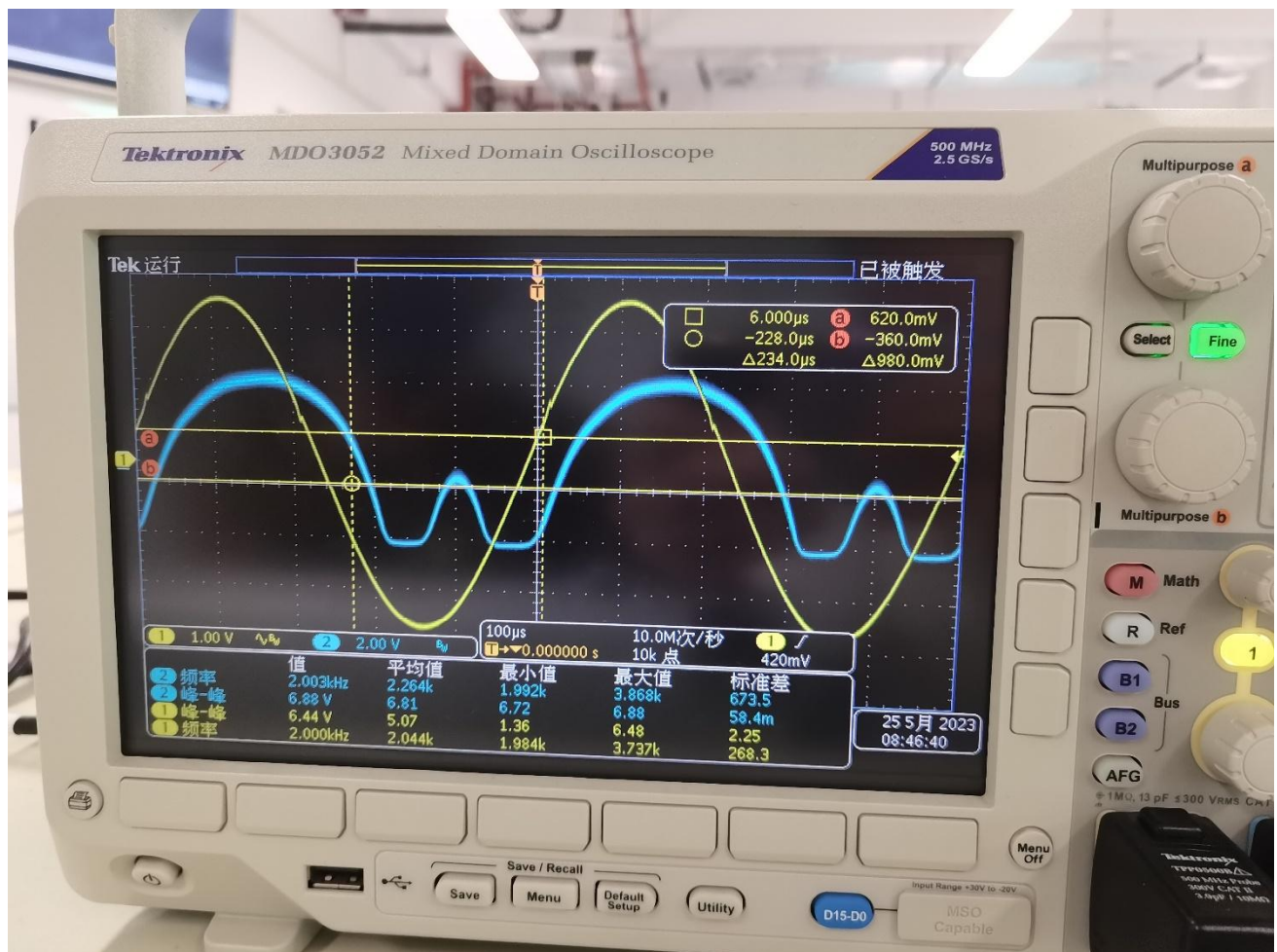
此时调频器载波频率为 6.532kHz。(1')

增大调制信号的幅度，鉴频器输出信号产生了怎样的变化？(5')

幅度变大，如果调制信号幅度过大，将超出鉴频器的输入动态范围，会出现削波失真

增大调制信号的幅度，将会对鉴频器产生以下两方面的影响：

1. 增加削波失真：随着调制信号幅度的增加，如果超过了鉴频器可承受的范围，就会导致鉴频器输出出现饱和现象。增大到 15V 时，输出信号会产生反向，如下图。
2. 增加解调信号幅度：调制信号的幅度越大，则被调制信号的变化范围也就越大，在解调过程中也就能轻松的获得更大幅度的解调信号输出。因此，当调制信号的幅度增加时，鉴频器的输出信号幅度也会随之增大。

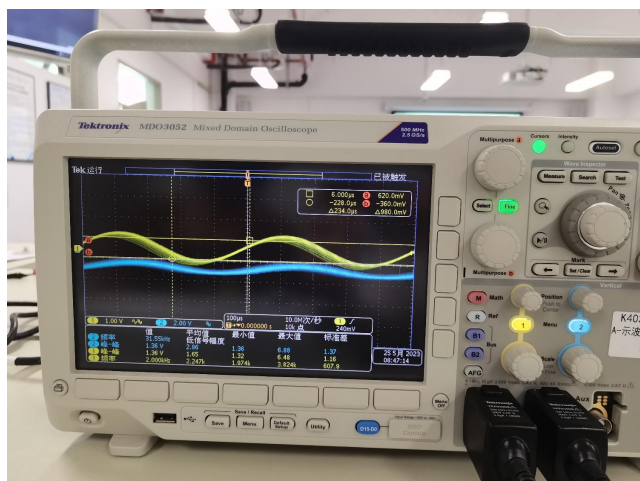
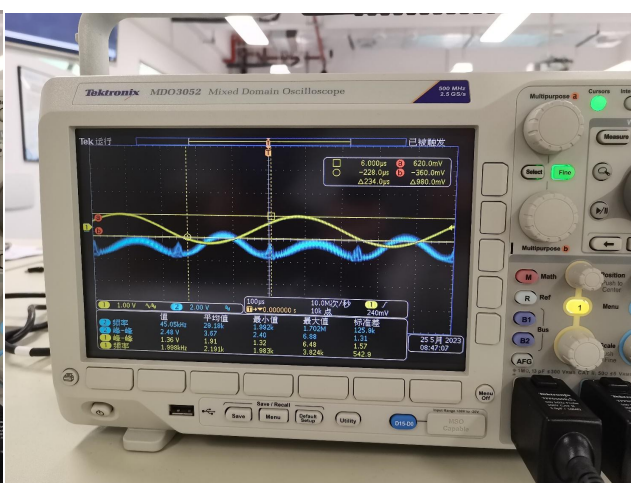
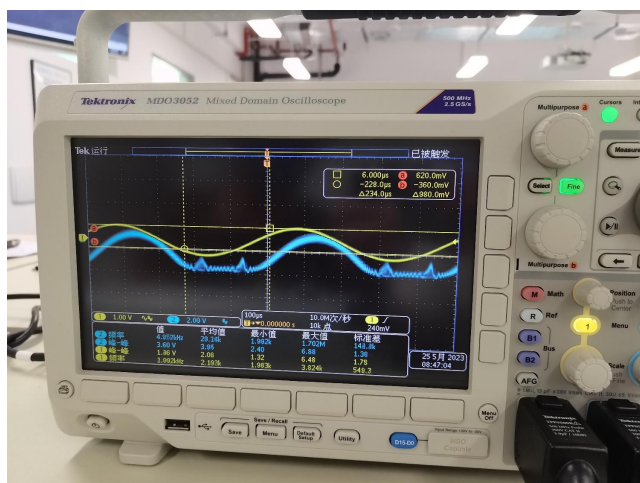


调整 4W1，即 FM 信号的载频，观察鉴频器的输出信号会产生怎样的变化？(5')

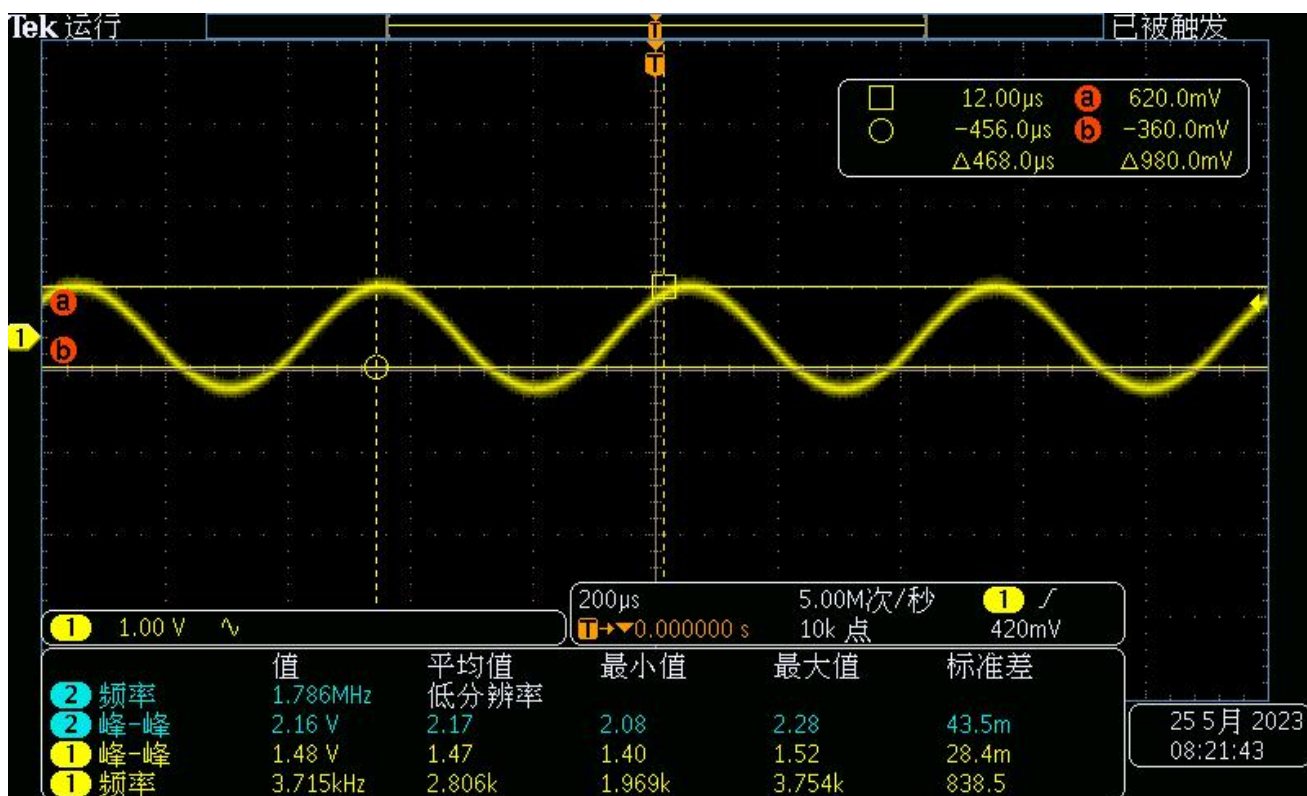
开始，调整 4W1，输出信号幅度增大，在正线性区，输入输出同向，负线性区，输入输出反向,如下图

此外，继续逐渐增大 FM 信号的载频会导致 3 个主要的变化：

1. 鉴频器的输出信号会发生相位反转。当载波频率增大到一定程度时，根据鉴频器扫频仪测试的两种鉴频特性曲线，斜率取反，导致鉴频器输出信号的相位出现反向。
2. 解调输出减弱：当载波频率增大到一定程度时，鉴频器的解调效果可能会减弱，即输出的基带信号电平会下降。这是因为当频率差别过大时，无法完全解调出原始信号中的所有频率分量，从而导致信息损失和解调效果下降。
3. 鉴频频率漂移：当载波频率增大时，鉴频器需要跟随其变化以确保能够正确地解调出基带信号。鉴频器工作不稳定，可能会出现鉴频器频率漂移的情况，从而影响解调效果。



调频器输入和相位鉴频输出波形: (5')



此时调频器载波频率为 6.423kHz。(1')

四、实验思考题(10')

鉴频器的主要技术指标是什么？

鉴频器是一种用于将频率调制信号转换为基带信号的电路，它的主要技术指标包括以下几个方面：

1. 鉴频频率范围：定义了鉴频器能够解调的信号频率范围，通常以最小和最大鉴频频率来表示。
2. 解调灵敏度：描述了鉴频器对输入信号的解调能力。通常用鉴频器输出的基带信号电压与输入的 FM 信号的调幅(或变频)程度之间的线性关系进行衡量。
3. 动态范围：指输入信号功率范围内可输出最高电平与输出噪声电平（或某一失真度）差的大小，即鉴频器在处理高、低信号功率时，保持输出稳定和不失真的能力。
4. 相位误差：由于严格的相位匹配原因，可能会导致鉴频器解调出的基带信号的相位与原始信号存在误差。因此，该指标描述了鉴频器产生相位误差的程度。
5. 温度稳定性：鉴频器元器件的温度变化会引起其工作特性的变化。温度稳定性越好，鉴频器输出信号的稳定性就越高。

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，分析两种鉴频器可解调的 FM 信号其载波频率范围是如何确定的？(5')
通过观察扫频仪测试的两种鉴频特性曲线，曲线中线性区域所对应的频率范围即为鉴频器可解调的 FM 信号其载波频率范围

对于相干鉴频器，其解调的 FM 信号的载波频率范围是确定的，即只能解调与本地振荡器频率相同或者非常接近的 FM 信号。这是因为相干鉴频器需要将本地振荡器的频率与接收到的信号的载波频率保持同步，才能实现解调。如果两者频率差距太大，相干鉴频器就无法正确解调信号。

对于非相干鉴频器，其解调的 FM 信号的载波频率范围相对较宽，可以解调频率相差较大的信号。这是因为非相干鉴频器不需要与接收信号的载波频率保持同步，而是利用信号的频率变化来实现解调。因此，非相干鉴频器可以解调一定范围内的信号频率变化，而不需要与信号的载波频率精确匹配。

2. 观察实验结果，分析为什么增大调制信号的幅度，鉴频器输出信号产生了变化？(5')

在一定程度上增大调制信号的幅度会使得载波产生更大的飘移，并且在鉴频器解调过程中，由于接收到了较大振幅的调制信号，鉴频器输出的基带信号电压也会更大。但是如果调制信号幅度过大，将超出鉴频器的输入动态范围，将导致鉴频器输出基带信号产生畸变或失真，在这种情况下，增大调制信号的幅度可能会导致鉴频器输出的基带信号质量下降。

3. 观察实验结果，分析调整 4W1，即 FM 信号的载频时，为什么鉴频器的输出信号产生了变化？(5')

将 FM 信号输入鉴频器后，若增大 FM 信号的载频，鉴频器的输出信号会发生**相位反转**。当载波频率增大到一定程度时，根据鉴频器扫频仪测试的两种鉴频特性曲线，斜率取反，导致鉴频器输出信号的相位出现反向。因为鉴频器的输出信号的相位会随着输入信号的频率发生变化。而当输入信号的载波频率超过鉴频器的带宽限制时，鉴频器将不能准确解调整个信号，此时信号相位可能会发生反向。**此外解调输出减弱**，当载波频率增大到一定程度时，鉴频器的解调效果可能会减弱，即输出的基带信号电平会下降。这是因为当频率差别过大时，无法完全解调出原始信号中的所有频率分量，从而导致信息损失和解调效果下降

4. 在实验过程中，鉴频器的输出是否产生了反相现象？若产生了这种现象，分析其原因。(5')
出现了反相现象。

在 FM 信号鉴频解调过程中，如果增大调制信号的幅度太大，将会导致鉴频器输出反相的现象。这是因为，在较大幅度的信号输入下，鉴频器鉴频电路中的元件容易发生非线性变化，信号经过鉴频解调后产生反相。

另外，若增大 FM 信号的载频，鉴频器的输出信号会发生相位反转。当载波频率增大到一定程度时，根据鉴频器扫频仪测试的两种鉴频特性曲线，斜率取反，导致鉴频器输出信号的相位出现反向。因为鉴频器的输出信号的相位会随着输入信号的频率发生变化。而当输入信号的载波频率超过鉴频器的带宽限制时，鉴频器将不能准确解调整个信号，此时信号相位可能会发生反向。

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。