



浙江工业大学

实验报告

课程：通信原理实验

姓 名 凌智城

学 号 201806061211

专业班级 通信工程 1803 班

指导教师 任宏亮

学 院 信息工程学院

提交日期 2021 年 1 月 9 日

目录

实验一	单调谐回路谐振放大电路及通频带展宽实验.....	4
一、	实验目的.....	4
二、	实验原理.....	4
三、	实验仪器.....	4
四、	数据记录和结果分析.....	5
五、	实验结论.....	7
实验二	丙类功率放大器实验.....	9
一、	实验目的.....	9
二、	实验原理.....	9
三、	实验仪器.....	9
四、	数据记录和结果分析.....	10
五、	实验结论.....	10
实验三	电容反馈三点式振荡器实验.....	11
一、	实验目的.....	11
二、	实验原理.....	11
三、	实验仪器.....	12
四、	数据记录和结果分析.....	12
五、	实验结论.....	13
实验四	石英晶体振荡器实验.....	16
一、	实验目的.....	16
二、	实验原理.....	16
三、	实验仪器.....	16
四、	数据记录和结果分析.....	17
五、	实验结论.....	17
实验五	幅度调制器实验.....	19
一、	实验目的.....	19
二、	实验原理.....	19
三、	实验仪器.....	20

四、数据记录和结果分析.....	20
五、实验结论.....	21
实验六 调幅波信号的解调实验.....	22
一、实验目的.....	22
二、实验原理.....	22
三、实验仪器.....	23
四、数据记录和结果分析.....	23
五、实验结论.....	27

实验一 单调谐回路谐振放大电路及通频带展宽实验

一、实验目的

1. 熟悉高频电路实验箱的组成及其电路中各元件的作用；
2. 熟悉并联谐振回路的通频带与选择性等相关知识；
3. 熟悉负载对谐振回路的影响，从而了解频带扩展；
4. 熟悉和了解单调谐回路谐振放大器的性能指标和测量方法。

二、实验原理

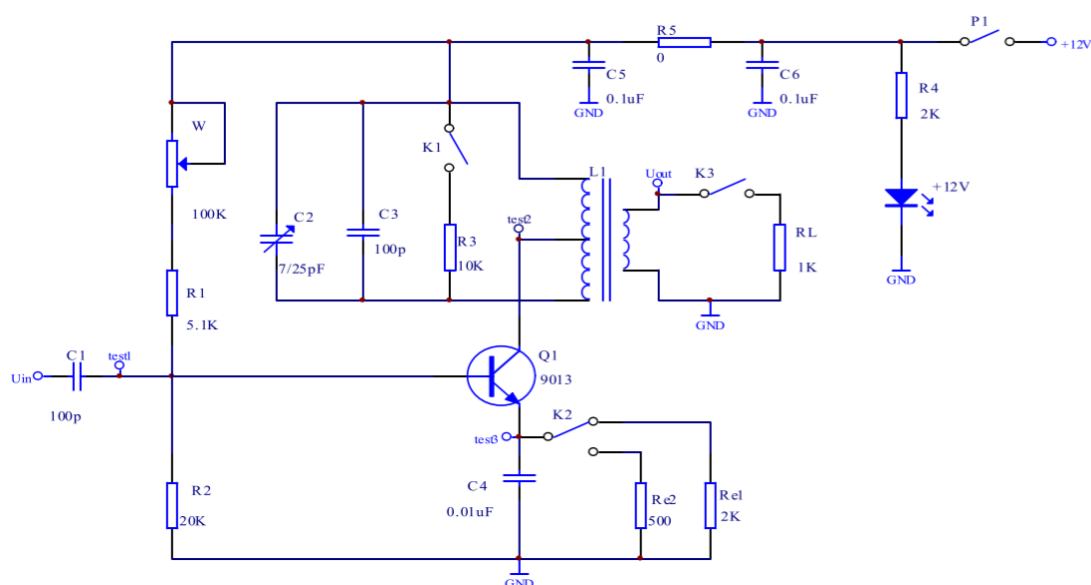


图 1-1 单调谐回路谐振放大电路原理图

W、R1、R2 和 Re1 (Re2) 为直流偏置电路，调节 W 可改变直流工作点。C2、L1 构成谐振回路，R3 为回路电阻，RL 为负载电阻。

三、实验仪器

1. 双踪示波器
2. 数字频率计
3. 万用表
4. 实验箱及单、双调谐放大模块
5. 高频信号发生器

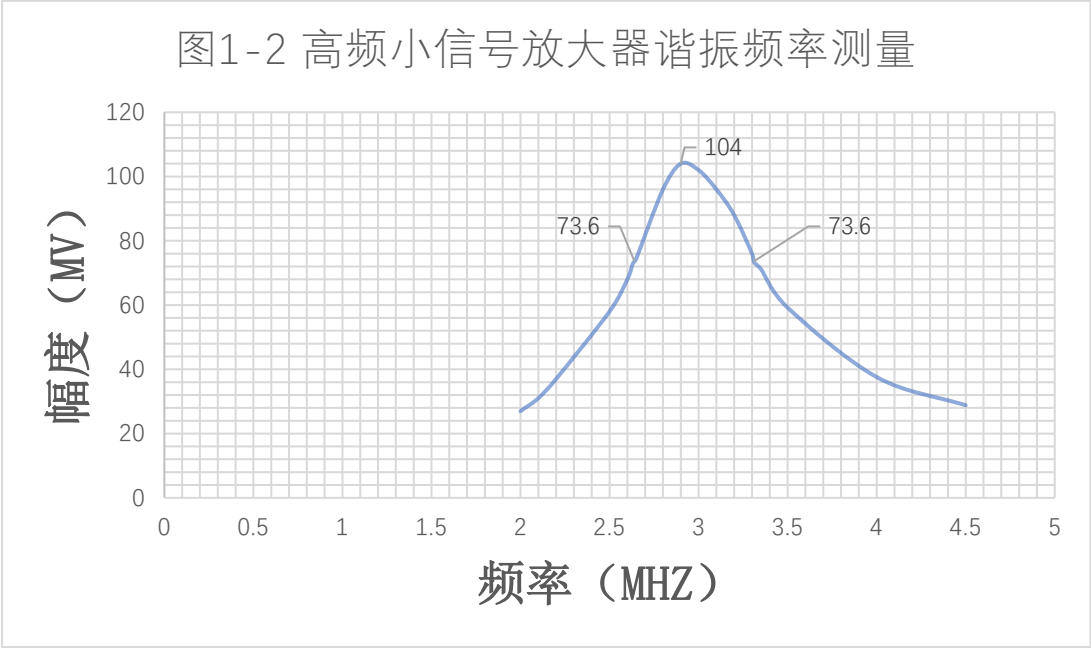
四、 数据记录和结果分析

1. 测量谐振放大器的谐振频率

表 1-1 谐振放大器输出电压幅度与不失真频率

频率 MHz（不失真）	幅度 mV（ V_{p-p} ）
2.00	27.0
2.10	31.0
2.20	37.0
2.50	58.0
2.60	68.0
2.63	72.8
2.64	73.6
2.65	74.4
2.80	96.0
2.90	104.0
3.00	102.0
3.10	96.0
3.20	88.0
3.30	76.0
3.31	73.6
3.32	72.8
3.35	71.2
3.5	59.2
4.00	37.6
4.50	28.8

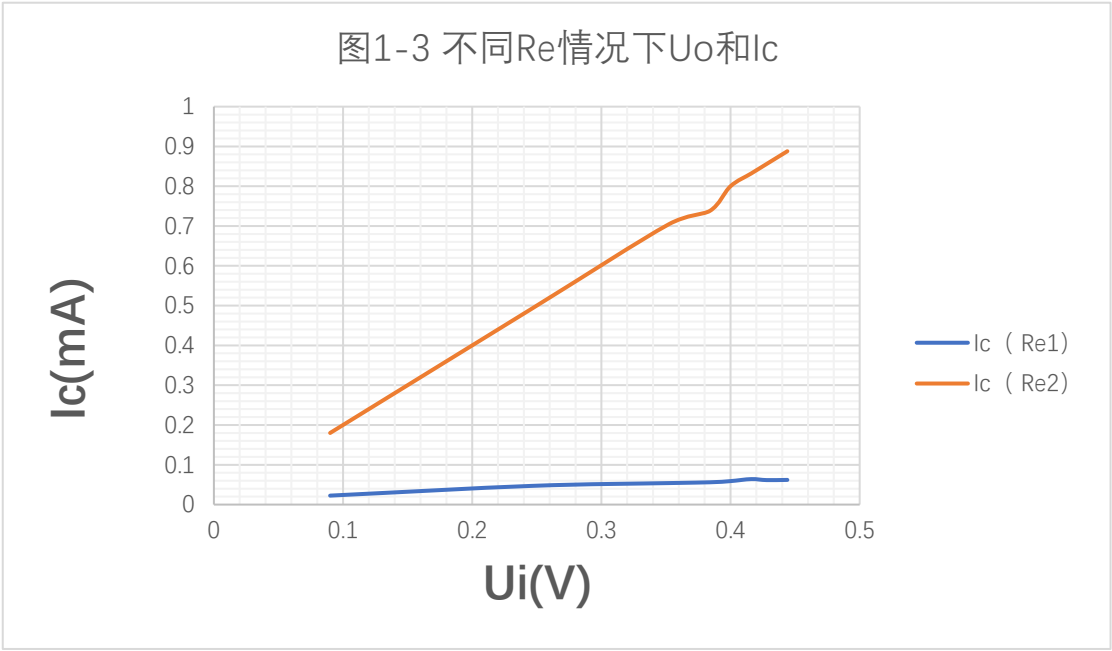
图1-2 高频小信号放大器谐振频率测量



2. 测量放大器在谐振点的动态范围

表 1-2 不同的 R_e 和输入电压对输出电压的影响

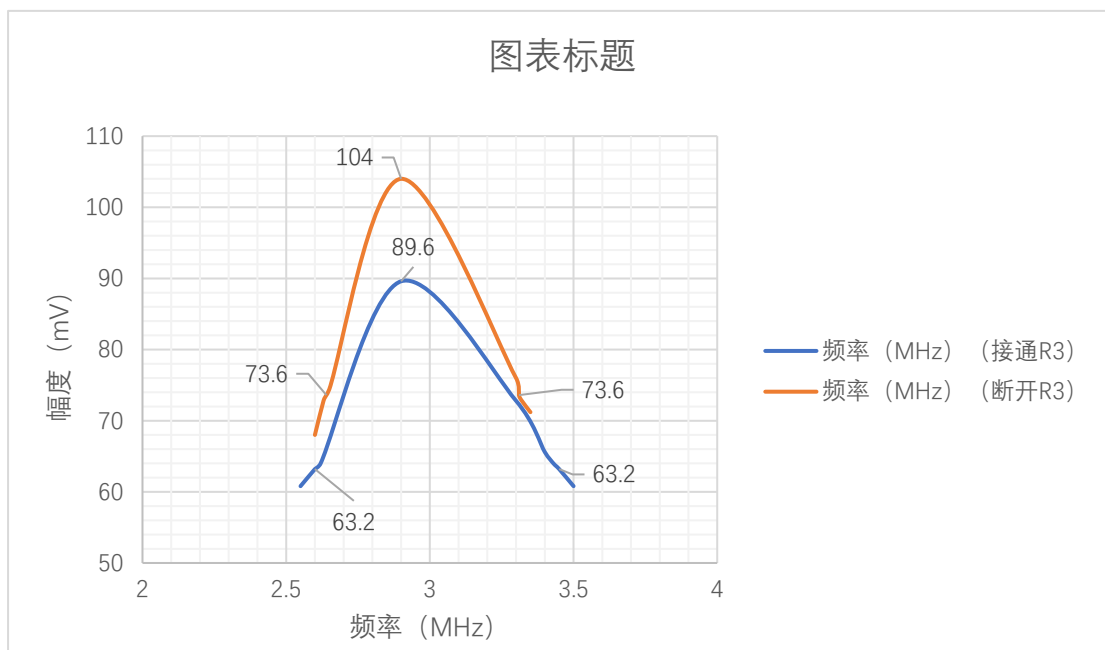
U_i (mV)		100	300	500	600	700	800	900	1000
U_o (V)	$R_{e1}=2K$	0.045	0.094	0.108	0.112	0.118	0.128	0.123	0.124
	$R_{e2}=500$	0.090	0.246	0.352	0.384	0.400	0.416	0.428	0.444
I_c (mA)	$R_{e1}=2K$	0.0225	0.047	0.054	0.056	0.059	0.064	0.0615	0.062
	$R_{e2}=500$	0.180	0.492	0.704	0.738	0.800	0.832	0.856	0.888
电压增益 (dB)	$R_{e1}=2K$	-6.94	-10.09	-13.31	-14.56	-15.49	-15.92	-17.27	-18.13
	$R_{e2}=500$	-0.92	-1.72	-3.05	-3.88	-4.87	-5.68	-6.45	-7.05



3. 测量放大器的通频带

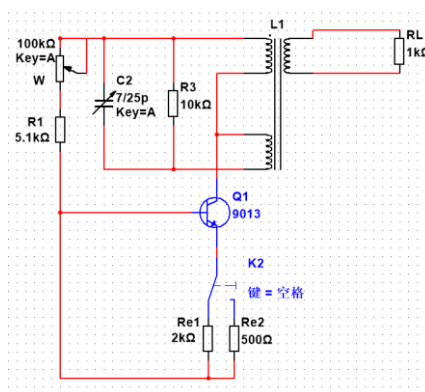
表 1-3 通频带特性曲线记录表

接通 R_3 ($86.6 \times 0.707 = 63.3\text{mV}$)		断开 R_3 ($104.0 \times 0.707 = 73.6\text{mV}$)	
频率 MHz (不失真)	幅度 mV (V_{p-p})	频率 MHz (不失真)	幅度 mV (V_{p-p})
2.55	60.8	2.60	68.0
2.60	63.2	2.63	72.8
2.62	64.0	2.64	73.6
2.90	89.6	2.65	74.4
3.30	72.8	2.90	104.0
3.40	65.6	3.30	76.0
3.43	64.0	3.31	73.6
3.45	63.2	3.32	72.8
3.50	60.8	3.35	71.2



五、 实验结论

1. 画出实验电路的交流等效电路，分析元件作用；



W、R1、R2 和 Re1 (Re2) 是直流偏置电路，调节 W 可以改变直流工作点。C1 为隔直电容，R4 为发光二极管输出电阻，接通 12V 直流电二极管发光表示正常通电。C2 和 L1 构成谐振回路，R3 是回路电阻影响品质因素 Q，RL 为负载电阻。

2. 整理各实验步骤所得的数据和图形，绘制出单谐振回路接与不接回路电阻时的幅频特性和通频带，分析原因；

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R}$$

图见实验结果分析。接通回路电阻时，品质因素 Q 降低，幅频特性幅值减小，通频带展宽。

3. 分析 Ic 的大小不同对放大器的动态范围所造成的影响；

I_c 影响 Q 值, Q 值增大, 放大倍数减小, 反之增大

4. 谈谈实验的心得和体会。

在这次高频实验中, 了解到了高频电路各个实验板的组成机器电路中各元件的作用, 熟悉并联谐振回路的通频带与选择性等相关知识; 但调谐回路的矩形系数大, 选择性差, 这是单调谐回路放大器的主要缺点。了解并掌握了静态工作点的计算, 输入信号为 0 时电路处于直流工作状态, 设置静态工作点的目的就是要保证在被放大的交流信号加入电路时, 不论是正半周还是负半周都能满足发射结正偏、极电结反偏的三极管放大状态。通过电路中的负载对谐振回路的影响, 从而了解频带扩展还有单调谐振荡放大器的性能指标和测量方法, 在完成这个实验后, 我对高频知识有了更深一层的理解。

实验二 丙类功率放大器实验

一、实验目的

1. 了解谐振功率放大器的基本工作原理，初步掌握高频功放的计算和设计过程；
2. 了解电源电压与集电极负载对功率放大器功率和效率的影响。

二、实验原理

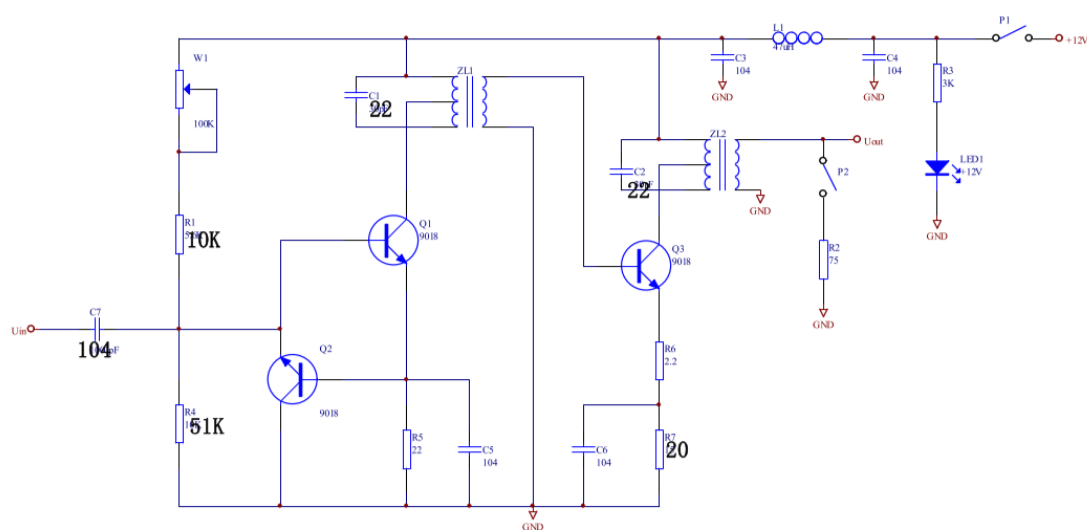


图 2-1 丙类功率放大器

本电路由两级组成：Q1 等构成前级推动放大，Q2 为负偏压丙类功率放大器，R6、R7 提供基极偏压（自给偏压电路），ZL1 为输入耦合电路，主要作用是使谐振功放的晶体三极管的输入阻抗与前级电路的输出阻抗相匹配。ZL2 为输出耦合回路，使晶体三极管集电极的最佳负载电阻与实际负载电阻相匹配。R2 为负载电阻。

三、实验仪器

1. 双踪示波器
2. 万用表
3. 实验箱及丙类功率放大器模块
4. 高频信号发生器

四、数据记录和结果分析

表 2-1 丙类功放工作点电压、电流和信号输出峰值电压

输入信号峰值 V_i (mV)	100	200	300	500
工作点电压 V_c (V)	0.63	0.707	0.52	0.825
电流 I_{co} (mA)	36.6	41.1	30.2	48.0
输出信号峰峰值 V_o (V)	0.456	0.464	0.412	0.5
电源总功率 P_{Σ} (mW)	439.2	493.2	362.4	576
放大电路输出功率 P_o (mW)	346.6	358.8	282.9	416.7
三极管损耗功率 P_c (mW)	92.6	134.4	79.5	159.3
放大器的效率 ξ	78.92%	72.74%	78.06%	72.34%

五、实验结论

1. 根据实验测量的数值，写出下列各项的计算结果：（详细数据见上表）

- 1) 电源给出的总功率； $P_{\Sigma} = V_{cc} * I_{co}$
- 2) 放大电路的输出功率； $P_o = U_{pp}^2 / 8R_p$
- 3) 三极管的损耗功率； $P_c = P_{\Sigma} - P_o$
- 4) 放大器的效率。 $\xi = P_o / P_{\Sigma}$

2. 说明信号输入电压、输出电压、输出功率的关系。

输入信号电压增大时，当最佳负载电阻 $R_q < R_0$ 时处于欠压状态，虽然输出电压较大，但输出功率和效率都较小； $R_q > R_0$ 处于过压状态，集电极电压虽然比较大，但集电极电流波形有凹陷，输出功率较低但效率较高，为了兼顾输出效率和功率的要求，通常选择在临界工作状态

$$V_{cc} - V_{cm} = V_{CES}$$

实验三 电容反馈三点式振荡器实验

一、实验目的

1. 通过实验深入理解电容反馈三点式振荡器的工作原理，熟悉电容反馈三点式振荡器的构成和电路各元件的作用；
2. 研究不同静态工作点对振荡器起振、振荡幅度和振荡波形的影响；
3. 学习使用示波器和频率计测量高频振荡器振荡频率的方法；
4. 观察电源电压和负载变化对振荡幅度和振荡频率及频率稳定性的影响。

二、实验原理

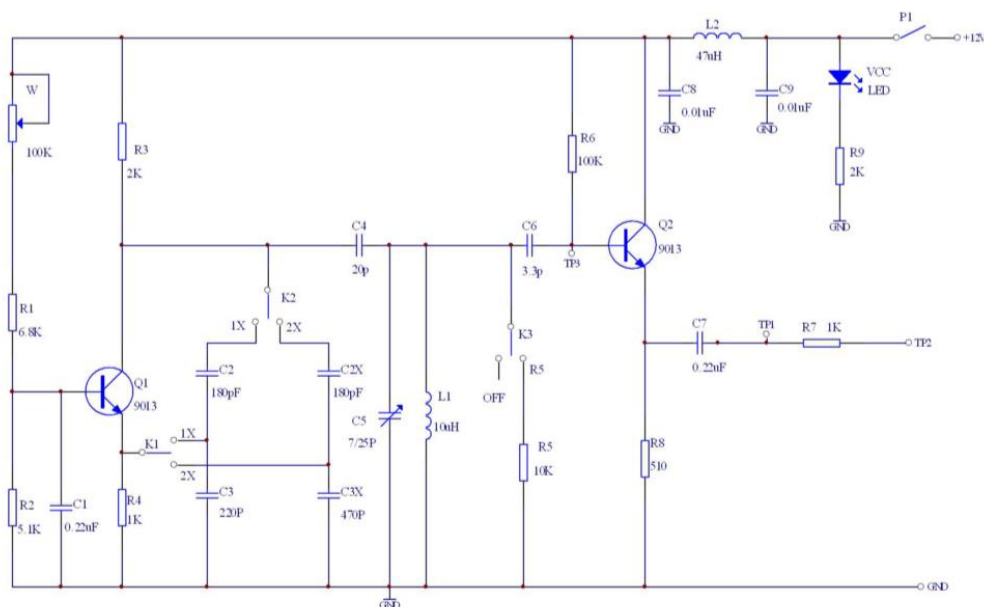


图 3-1 电容三点式振荡器实验电路原理

本实验所提供的电路是希勒振荡器。如图 3-1 所示为本实验电路原理图。C2、C3、C4、C5 和 L1 组成振荡回路。Q1 的集电极直流负载为 R3, 偏置电路由 R1、R2、W 和 R4 构成, 改变 W 可改变 Q1 的静态工作点。静态电流的选择既要保证振荡器处于截止平衡状态 也要兼顾开始建立振荡时有足够大的电压增益。Q2 与 R6、R8 组成射极跟随器, 起隔离作用。振荡器的交流负载实验电阻为 R5。R7 的作用是为了用频率计 (一般输入阻抗为几十 Ω) 测量振荡器工作频率时不影响电路的正常工作。

三、实验仪器

- 1. 双踪示波器
- 2. 频率计
- 3. 万用表
- 4. 实验箱及 LC 震荡、石英晶体振荡模块

四、数据记录和结果分析

1. 研究晶体三极管静态工作点不同时对振荡器输出幅度和波形的影响；

$I_{EQ} = \frac{U}{R_4}$ ， $R_4=1K$ ， U 为 R_4 上端的对地电压。调节 W 改变静态工作点比较 TP1 点的幅度和波形变化

表 3-1 输出振幅和静态电流表

$I_{EQ} (mA)$	$V_{pp} (V)$
1.06	0.456
1.51	0.696
2.05	0.992
2.50	1.208
3.04	1.472
3.49	1.580
3.86	0.680

2. 研究外界条件变化时对振荡频率的影响及正确测量震荡频率；

- 1) 稳定工作点 I_{EQ} 振荡器正常工作，利用示波器在 TP3 和 TP2 估测震荡频率

表 3-2 TP3 和 TP2 估测震荡频率

$I_{EQ} (mA)$	$V_{pp} (V)$	振荡频率(MHz)	TP2(MHz)	TP3(MHz)
3.56	1.560	8.638	8.665	8.577
2.70	1.280	8.633	8.662	8.577

- 2) 负载电阻 R5 接入电路，用频率计测量振荡频率的变化（每 10s 记）

表 3-3 每间隔 10s 频率变化

	f1	f2	f3	f4	f5
R5	4.239	3.996	3.846	3.764	3.755

加上负载后，振荡频率升高，并且变化范围大，稳定度降低，说明负载会降低振荡器的频率稳定度，所以应该合理选择负载

- 3) 分别将开关 K3 拨到“ON”和“OFF”档，比较负载电阻 R5 不介入电路和接入电路两种情况下，输出振幅和波形的变化。

表 3-4 “ON” “OFF” 输出振幅和波形

ON	1.26V	8.5847MHz
OFF	0.52V	8.6194MHz

3. 将开关 K1 和 K2 均拨到 2X 档。比较选取电容值不同的 C2、C3 和 C2X、C3X，反馈系数不同时的起振情况。列表记录两种情况下的起振电流及输出信号的频率和幅度，并进行比较分析。

起振电流 2.6mA

表 3-5 不同电容值输出信号频率与幅度

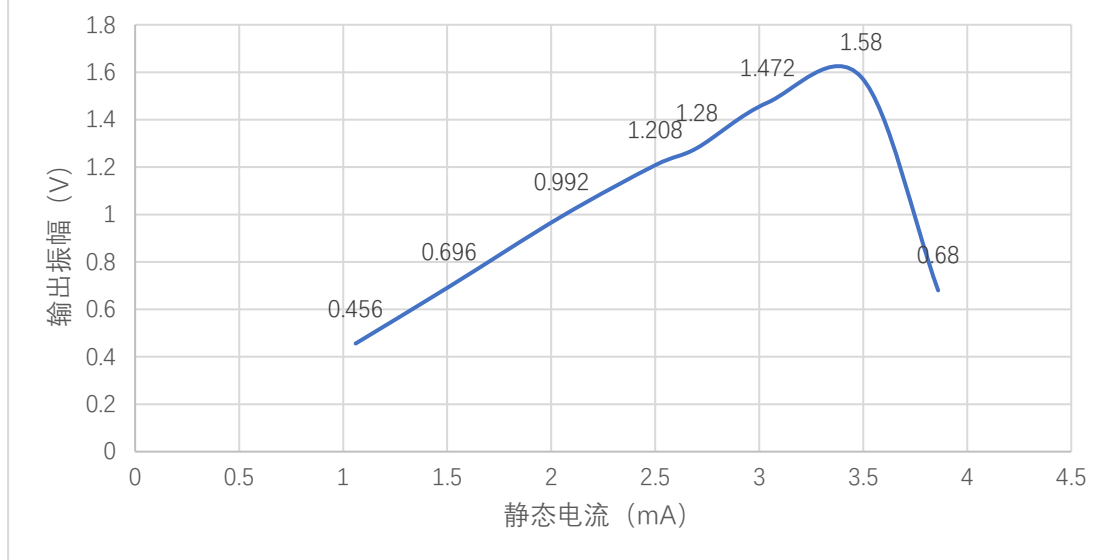
C2、C3	0.512V	8.6156MHz
C2X、C3X	0.308V	8.4861MHz

西勒振荡器由 C2、C3、C4、C5 和 L1 组成振荡回路。C2 和 C3 远大于 C4，回路电容可以由 C3 和 C4 并联计算，输出信号频率不会随 C2 和 C3 的变化而发生较大的改变。

五、实验结论

1. 整理各实验步骤所得的数据和波形，绘制输出振幅随静态电流变化的实验曲线。

图3-2 输出振幅随静态电流变化曲线



2. 分析各步骤所得的数据和波形，绘制输出振幅随静态电流变化的实验曲线。

3. 回答问题：

1. 为什么静态工作点电流不合适的时候会影响振荡器的起振？

若静态工作点设置的不合适，在对交流信号放大时就可能会出现饱和失真（静态工作点偏高）或截止失真（静态工作点偏低）。起振应当满足两个条件，一是相位平衡，反馈电路的相位与输入电压的相位相同；二是放大倍数与反馈系数之乘积 $T(j\omega) = K(j\omega)F(j\omega)$ 必须大于 1。当电路的静态工作点偏小时，其直流偏置校，会使晶体管工作在截止区域，放大电路增益很小，导致振荡电路不满足起振条件；当静态工作点选择得太高时，会使静态管过早进入包河区，导致三极管的 g_m 开始变小，而 $K = g_m / G_p$ ，则使放大电路的增益变小，从而导致不能正常起振。

2. 振荡器负载的变化为什么会引起输出振幅和频率的变化？

振荡幅度的变化和驱动部分以及负载大小密切相关，负载阻抗和谐振回路的特性阻抗合成一个总阻抗，可以视为放大器的输出阻抗，放大器的放大系数很大程度上决定于它的输出阻抗，阻抗大则放大系数大。如果负载变得太小，就会导致回路的整体 Q 值急剧下降，结果

导致振荡器稳定度下降，波形变坏，甚至停振。要是阻抗过大，会导致输出功率减小。

3. 在 TP3 点和 TP2 点用同一种仪器（频率计或示波器）所测得的频率不同是什么原因？哪一点测得的结果更准确？

实验中 TP2 和 TP3 点的主要差别在于 TP2 点接在射极跟随器后面，而射极跟随器中的晶体管 be 之间存在结电容，受此影响，这两点振荡频率会不同。TP2 点的更准确，因为射极跟随器可以增大振荡电路稳定性，从而获得正确的振荡频率。

4. 说明本振荡电路的特点。

西勒振荡器是克拉泼振荡器的改进型电路，电路结构相似，仅仅在于西勒电路除了在电感支路串入小电容外，还在电感旁并接一个小电容 C，进一步改善了电容三点式振荡器的性能，在改变振荡频率的过程中，振荡信号的幅度比较平稳，稳定度最高，振荡频率也最高，性能更好。

实验四 石英晶体振荡器实验

一、实验目的

1. 了解晶体振荡器的工作原理及特点；
2. 掌握晶体振荡器的设计方法及参数计算方法。

二、实验原理

并联谐振型晶体振荡器

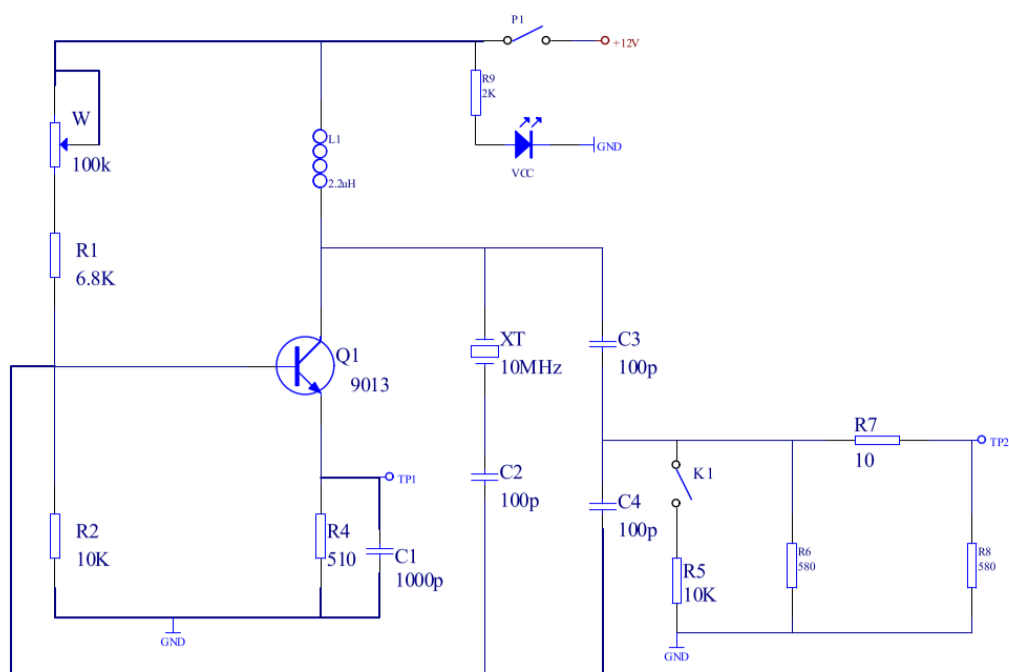


图 4-1 并联型晶体振荡器电路原理图

XT、C2、C3、C4 组成振荡回路。R1、R2、W 和 R4 构成 Q1 的偏置电路，改变 W 可改变 Q1 的静态工作点。静态电流的选择既要保证振荡器处于截止平衡状态也要兼顾开始建立振荡时有足够大的电压增益。

TP1 和 TP2 用线接上。

三、实验仪器

1. 双踪示波器
2. 频率计
3. 万用表
4. 实验箱及 LC 震荡、石英晶体震荡模块

四、数据记录和结果分析

1. 测量振荡器的静态工作点

$R_4=510\Omega$ ，用 R_4 上端对地电压来求得 I_{emin} 和 I_{emax}

$$I_{emin}=0.517V/510\Omega=1.014mA$$

$$I_{emax}=6.80V/510\Omega=13.333mA$$

2. 测量当工作点在上述范围内时的振荡器频率及输出电压（建议测 4 各工作点）

I_e (mA)	振荡频率 (MHz)	输出电压 (V)
1.014	10.000	0.96
4.235	9.978	4.00
5.137	10.000	4.56
7.882	10.000	7.20
10.490	10.000	9.00
13.333	10.000	9.60

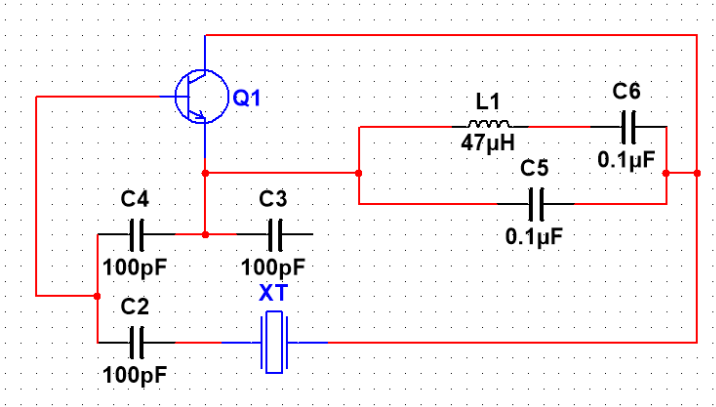
3. 研究有有无载对频率的影响：先将 K_1 拨到 OFF，测出电路振荡频率，再将 K_1 拨到 ON，及接入 R_5 ，测出电路震荡频率，填入表 4-1，并与 LC 振荡器比较

K_1 开关状态	OFF	ON
频率 (f)	9.9996MHz	10MHz

表 4-1

五、实验结论

1. 画出实验电路的交流等效电路；



2. 整理实验数据；

3. 比较晶体振荡器与 LC 振荡器带负载能力的差异，并分析原因；

一般两者都有输出缓冲级，不会直接带负载。但是具体振荡器带负载能力不如 LC 振荡器，因为晶体振荡器振荡时电压电流都很小且等效内阻较小，很容易收到负载电阻的影响。

4. 本电路的优点。

晶体振荡器频率稳定，受外界影响小，；由非常高的品质因素；晶体振荡的接入系数非常小。

实验五 幅度调制器实验

一、实验目的

1. 掌握集成模拟乘法器的基本工作原理；
2. 掌握集成模拟乘法器构成的振幅调制电路的工作原理及特点；
3. 学习调制系数 m 及调制特性 ($\tilde{m} U_{sm}$) 的测量方法，了解 $m < 1$ 和 $m = 1$ 及 $m > 1$ 时调幅波的波形特点。

二、实验原理

图中 MC1496 芯片引脚 1 和引脚 4 接两个 $51\ \Omega$ 和两个 $75\ \Omega$ 电阻及 $51K$ 电位器用来调节输入馈通电压，调偏 W ，有意引入一个直流补偿电压，由于调制电压 U_c 与直流补偿电压相串联，相当于给调制信号 U_c 叠加了某一直流电压后与载波电压 U_c 相乘，从而完成普通调幅。如需要产生抑制载波双边带调幅波，则应仔细调节 W ，使 MC1496 输入端电路平衡。另外，调节 W 也可改变调制系数 m 。1496 芯片引脚 2 和引脚 3 之间接有负反馈电阻 R_3 ，用来扩展 U_c 的输入动态范围。载波电压 U_c 由引脚 10 输入。

MC1496 芯片输出端（引脚 6）接有一个由并联 L_1 、 C_5 回路构成的带通滤波器，原因是考虑到当 U_c 幅度较大时，乘法器内部双差分对管将处于开关工作状态，其输出信号中含有 $3\omega_c \pm \Omega$ 、 $5\omega_c \pm \Omega$ 、……等无用组合频率分量，为抑制无用分量和选出 $\omega_c \pm \Omega$ 分量，故不能用纯阻负载，只能使用选频网络。

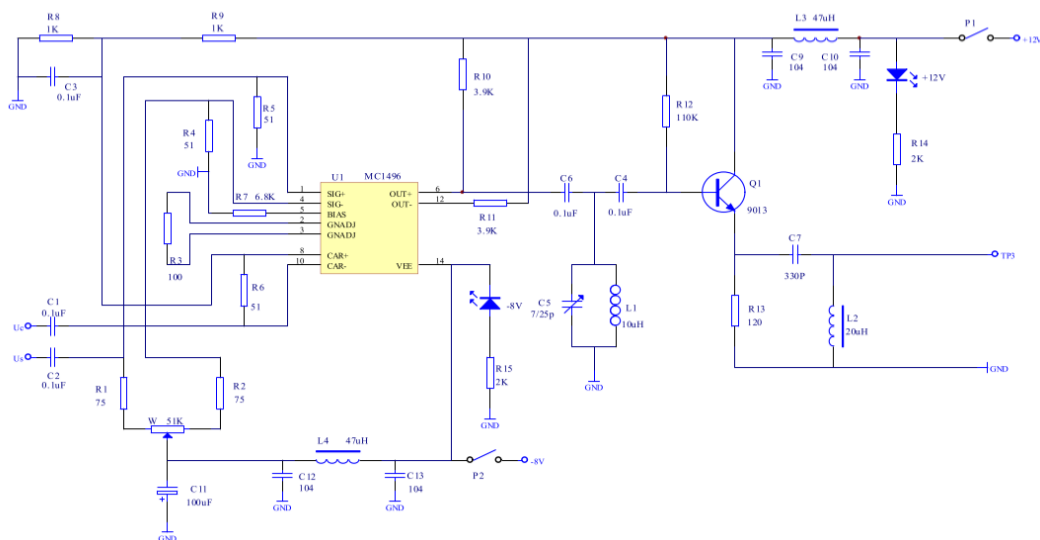


图 5-1 平衡调幅实验电路原理图

三、实验仪器

1. 双踪示波器
2. 万用表
3. 实验箱、幅度调制与解调模块
4. 高频信号发生器、低频信号发生器

四、数据记录 and 结果分析

1. 调整 U_s 的幅度和 W 、 C_5 ，同时及观察并记录 $m < 1$ 、 $m = 1$ 、 $m > 1$ 时的调幅波波形。600mV

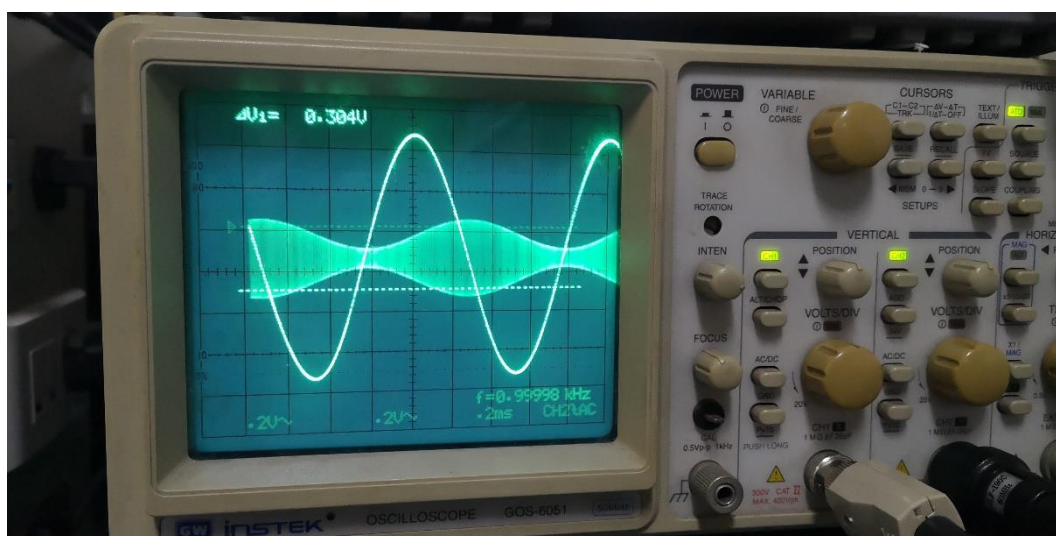


图 5-1 $m < 1$ 调幅波波形

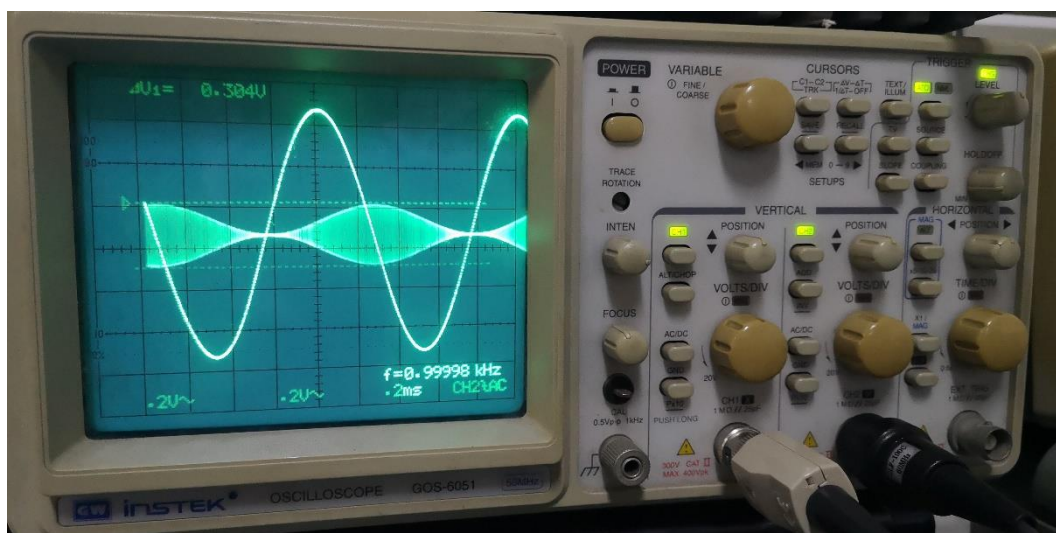


图 5-2 $m = 1$ 调幅波波形 满调幅调制点

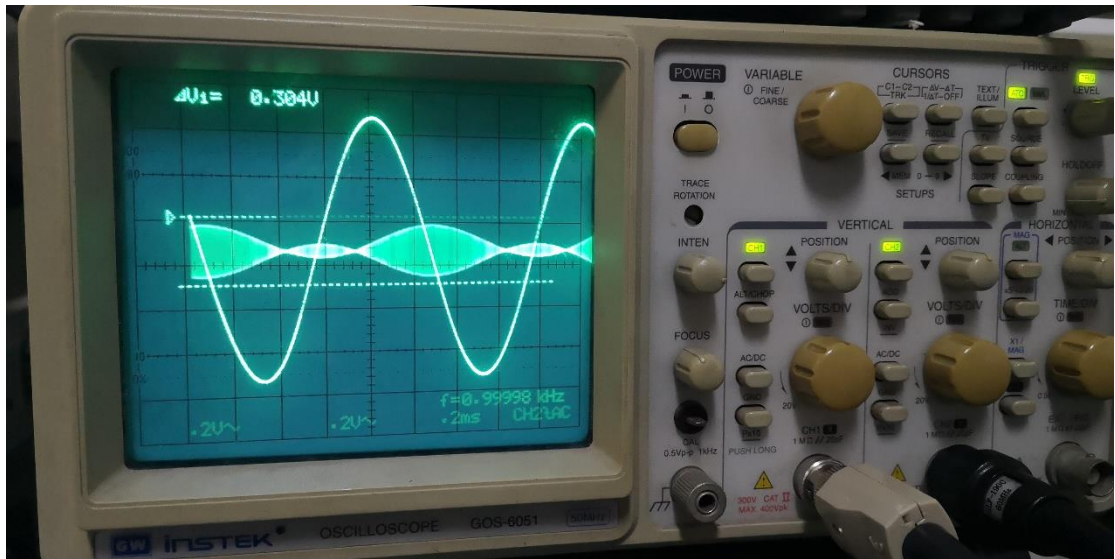


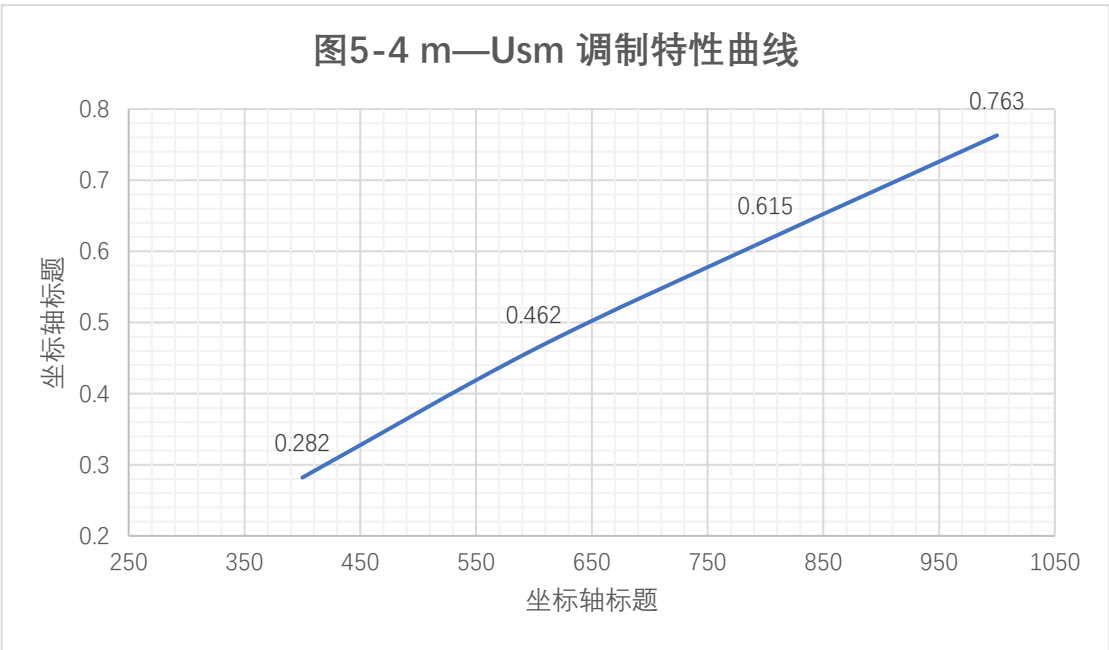
图 5-3 $m > 1$ 调幅波波形 过调幅调制点

2. 在保证 f_c 、 f_s 和 U_{cm} 固定的情况下测量 $m-U_{sm}$ 曲线

U_{sm} (mV)	a (V)	b (V)	$m = \frac{a-b}{a+b}$
400	0.400	0.224	0.282
600	0.456	0.168	0.462
800	0.504	0.120	0.615
1000	0.536	0.072	0.763

五、实验结论

整理各实验步骤所得的数据和波形，绘制出 $m-U_{sm}$ 调制特性曲线；



实验六 调幅波信号的解调实验

一、实验目的

- 1. 进一步了解调幅波的原理，掌握调幅波的解调方法；
- 2. 了解大信号峰值包络检波器的工作过程、主要指标及波形失真，学习检波器 电压传输系数的测量方法；
- 3. 掌握用集成电路实现同步检波的方法。

二、实验原理

1. 调幅解调实验电路（一）——二极管包络检波器

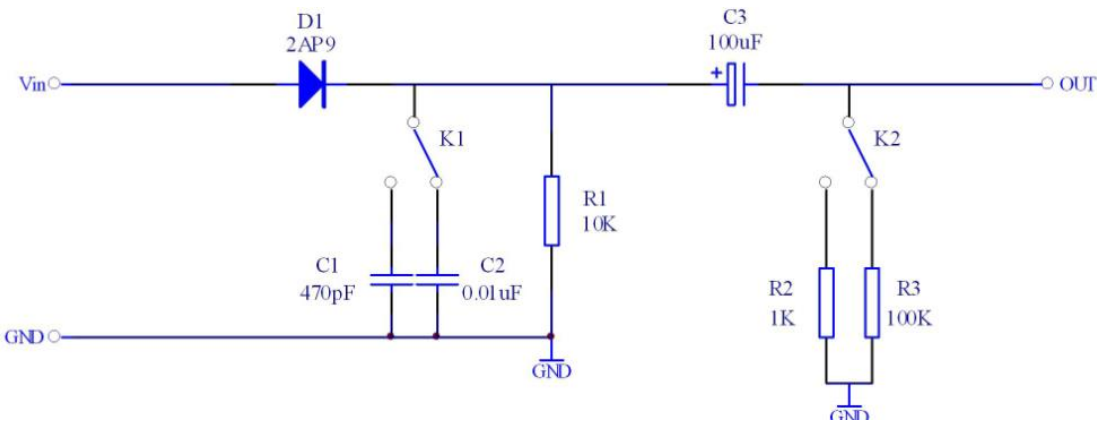


图 6-1 二极管包络检波器电路原理图

C1、C2 为不同的检波负载电容，当其取值过小时，检波器输出的纹波较大。R2、R3 为交流负载电阻，如过小将出现负峰切割失真。

2. 幅度解调实验电路（二）——同步检波器

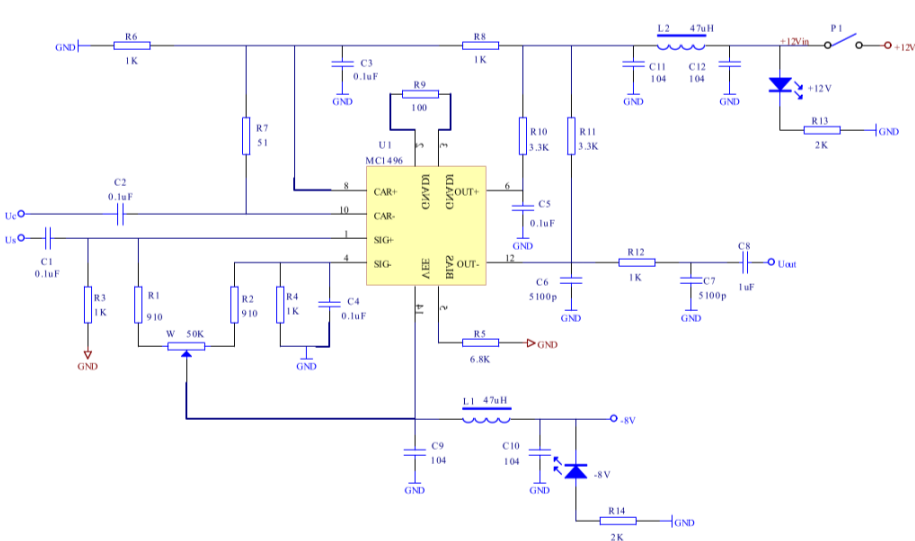


图 6-2 模拟乘法器之同步检波实验电路图

MC1496 构成解调器，载波信号加在 8—10 脚之间，调幅信号加在 1—4 脚之间，相乘后信号由 12 脚输出，经 C6、C7 和 R12 组成的低通滤波器输出解调出来的调制信号。

三、实验仪器

1. 双踪示波器
2. 万用表
3. 频率计
4. 实验箱及幅度调制、解调模块
5. 高频信号发生器

四、数据记录和结果分析

(一) 二极管包络检波器

1. 用示波器测量检波器电压传输系数 K_d

$$K_d = \frac{V_{\Omega}}{m_a V_{im}} = \frac{0.084V}{0.544V} = 0.154$$

2. 观察并记录不同的检波负载对检波器输出波形的影响

- 1) 调幅波 $m > 0.5$, $f_c = 8\text{MHz}$ 、调制信号分别为 $f_s = 1\text{kHz}$ 和 $f_s = 10\text{kHz}$ ，选择不同的负载电容观察并记录检波器输出波形变化；

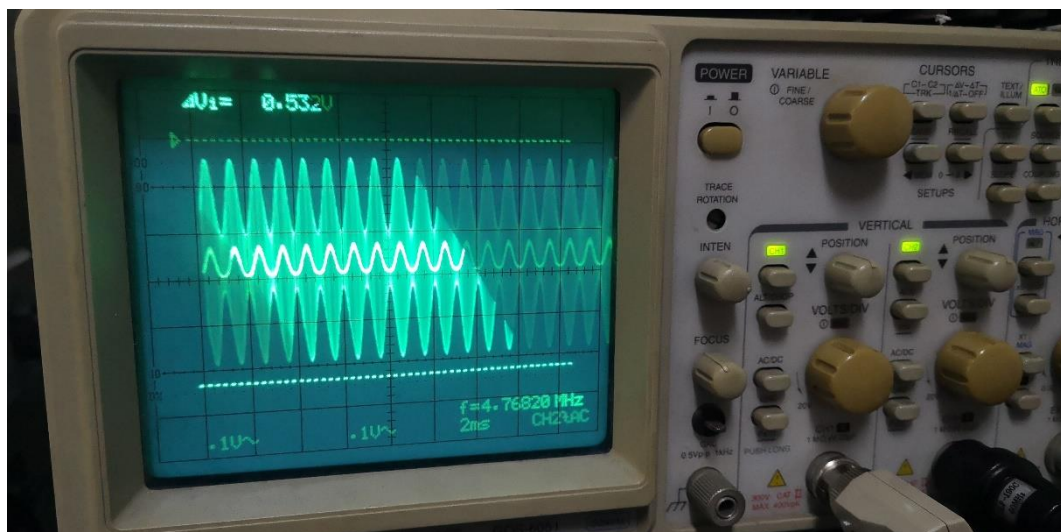


图 6-3 $f_s = 1\text{kHz}$, C1

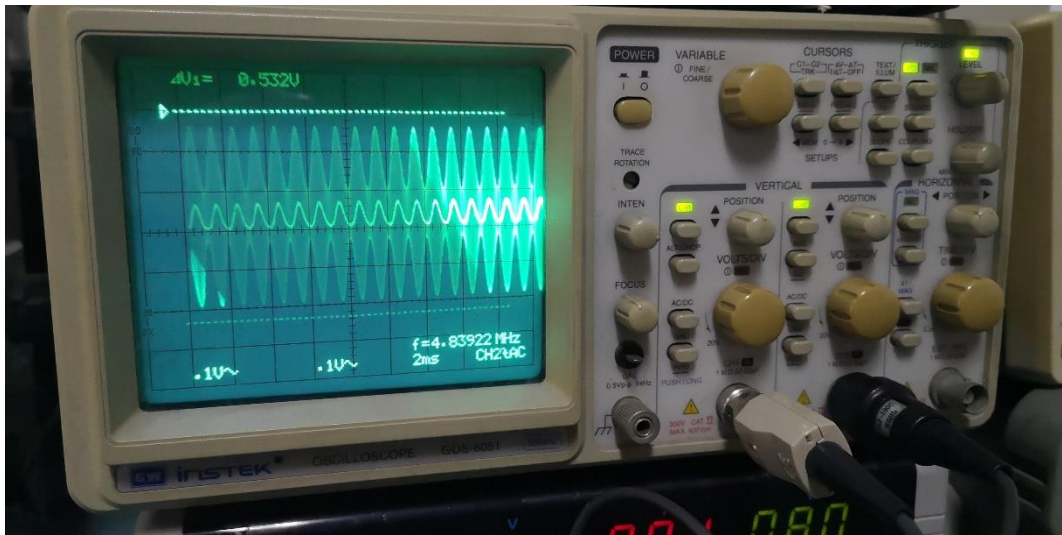


图 6-4 $f_s=1\text{kHz}$, C2

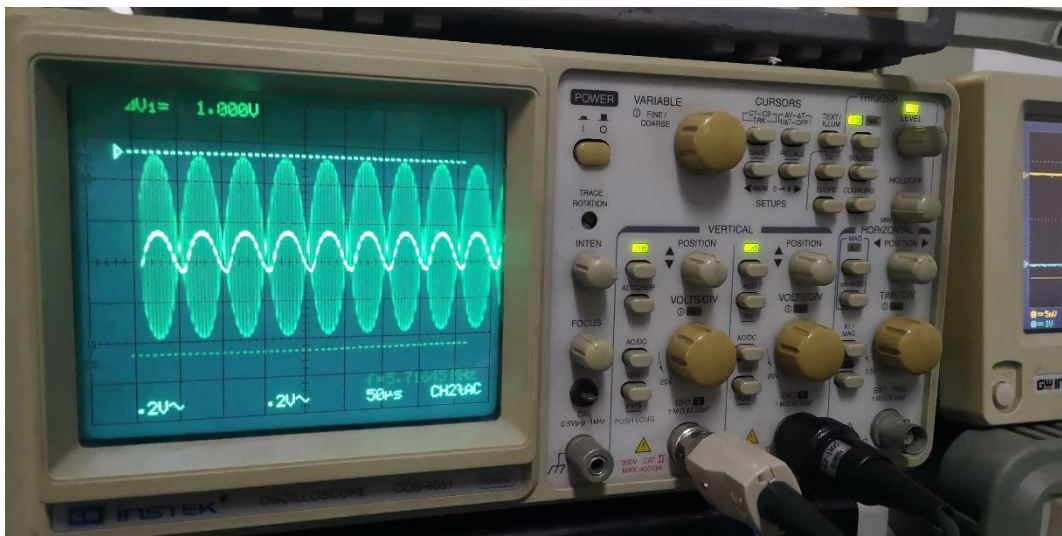


图 6-5 $f_s=10\text{kHz}$, C1

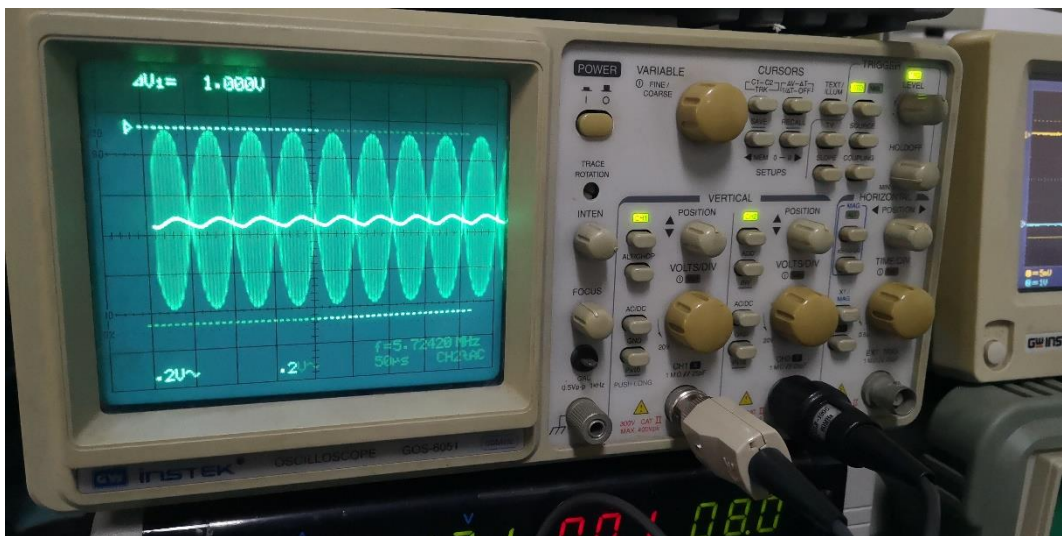


图 6-6 $f_s=10\text{kHz}$, C2

- 2) 令输入调幅波的 $m > 0.5$, $f_c = 8\text{MHz}$ 和 $f_s = 1\text{kHz}$, 选择不同的外界负载电阻 R_2 和 R_3 , 观察并记录检波器输出波形的变化, 此时, 接入的调波电容应选择合适的电容值。

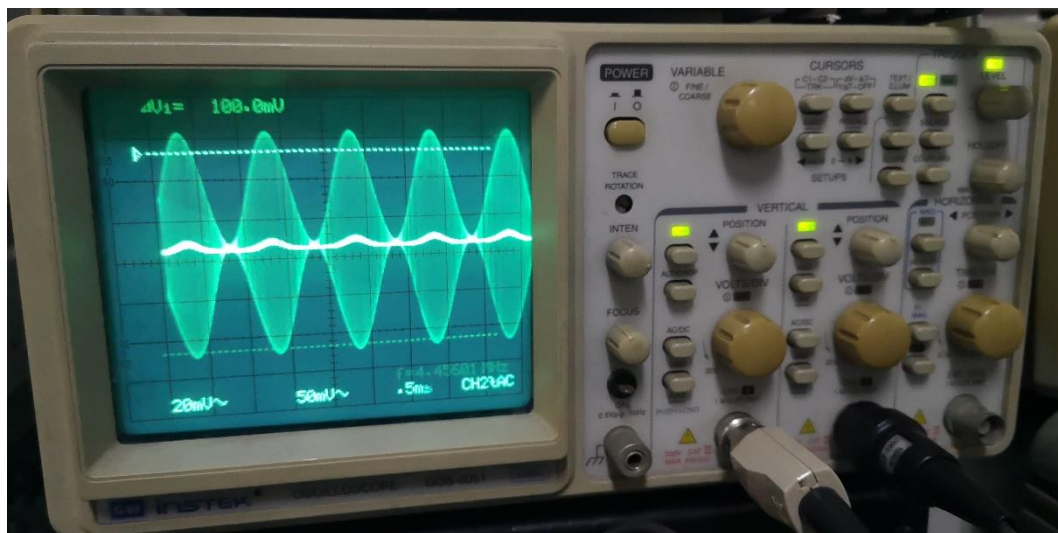


图 6-7 R_2

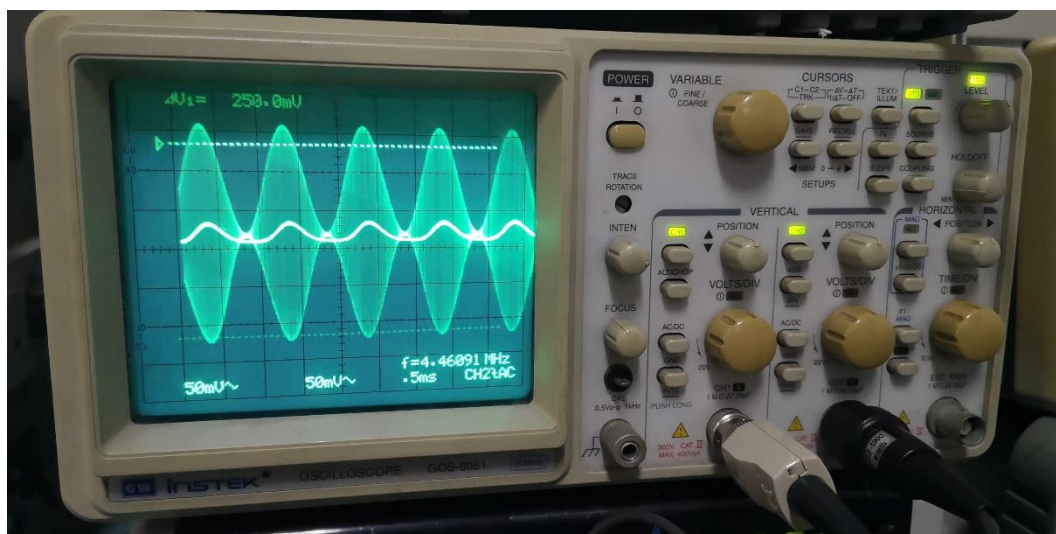


图 6-8 R_3

(二) 集成电路构成的同步检波器

1. 高频信号源输出 $f_c = 8\text{MHz}$ 、 $U_c = 200\text{mV}$ 的正弦波信号到同步检波器的 U_c 端作为同步信号;
2. 从同步检波器的 U_s 端输入载波频率为 $f_c = 8\text{MHz}$ 、调制信号 $f_s = 1\text{kHz}$ 、 $U_s = 1\text{V}$ 左右的调幅波信号, 调制度分别为 $m = 0.3$ 、 $m = 1$ 及 $m > 1$ (从平衡调幅电路中获得)。分别记录解调输出波形, 并与调制信号相比较;

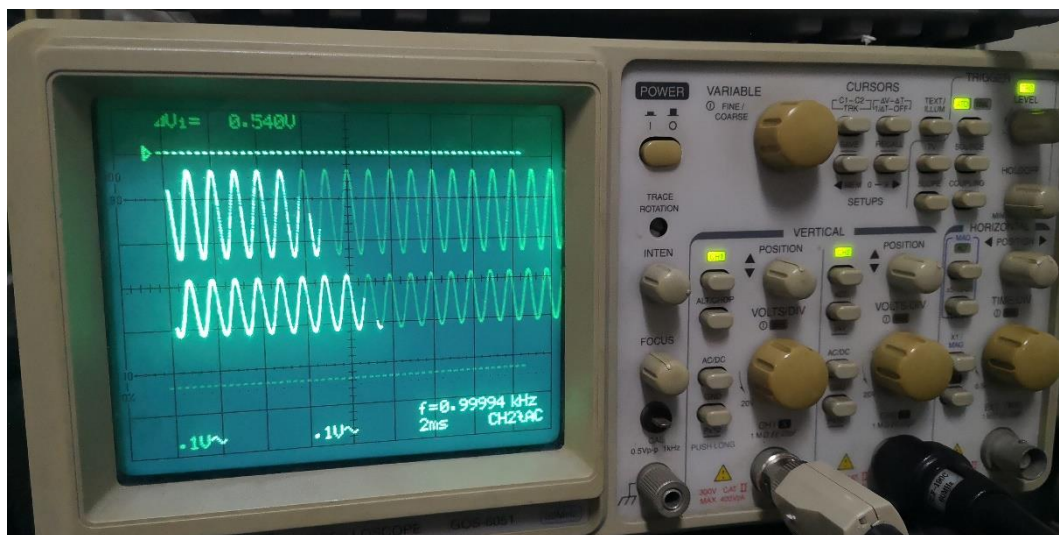


图 6-9 $m=0.3$

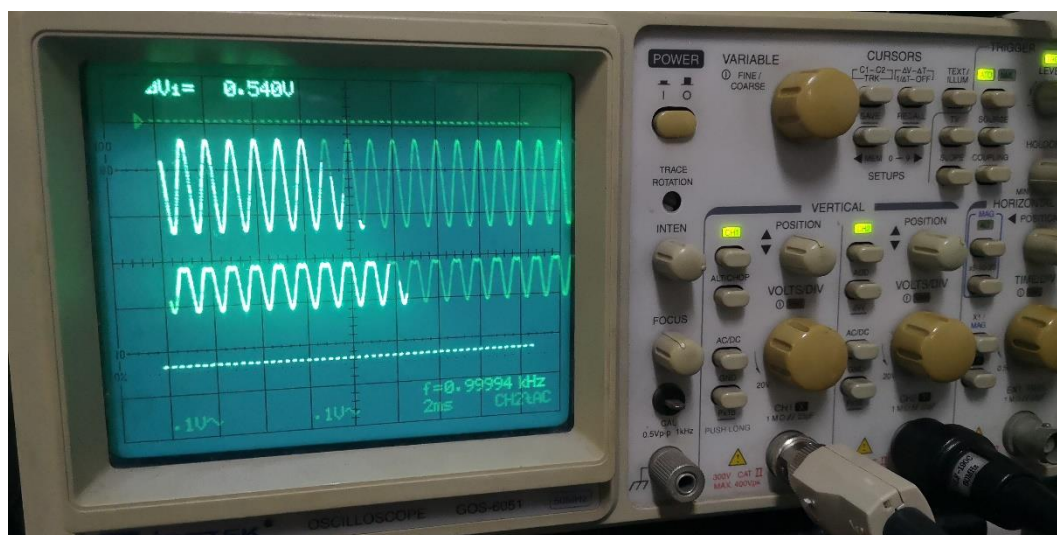


图 6-10 $m=1$

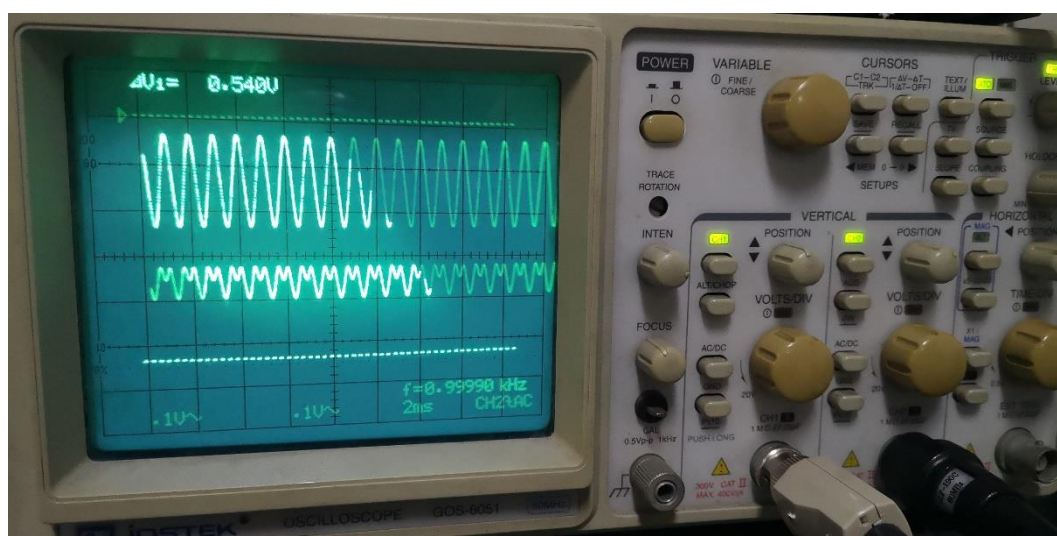


图 6-11 $m>1$

3. 将抑制载波的调幅波加至同步检波器的 U_s 端，调节 W ，观察并记录解调输出波形，并与调制信号相比较。

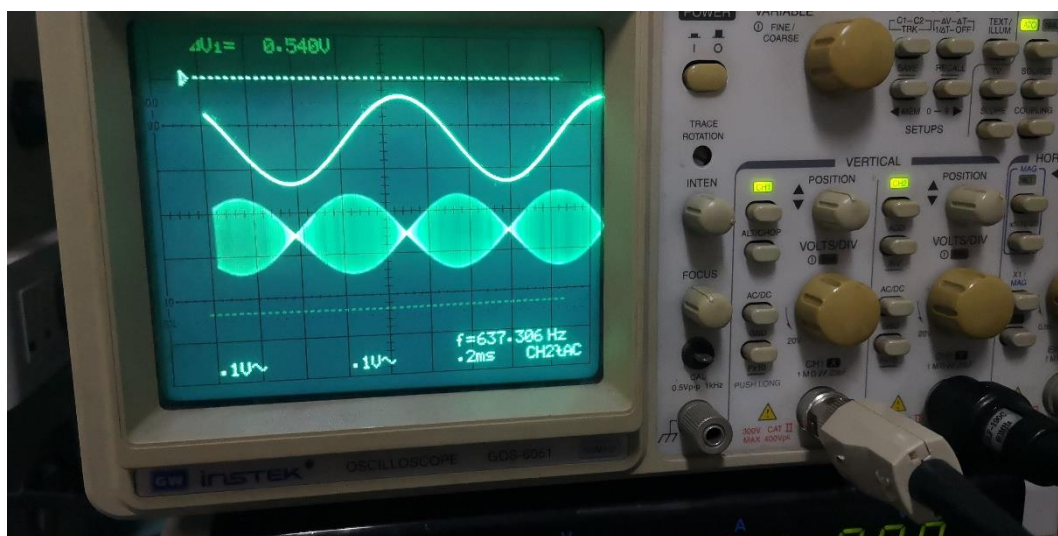


图 6-12 抑制载波

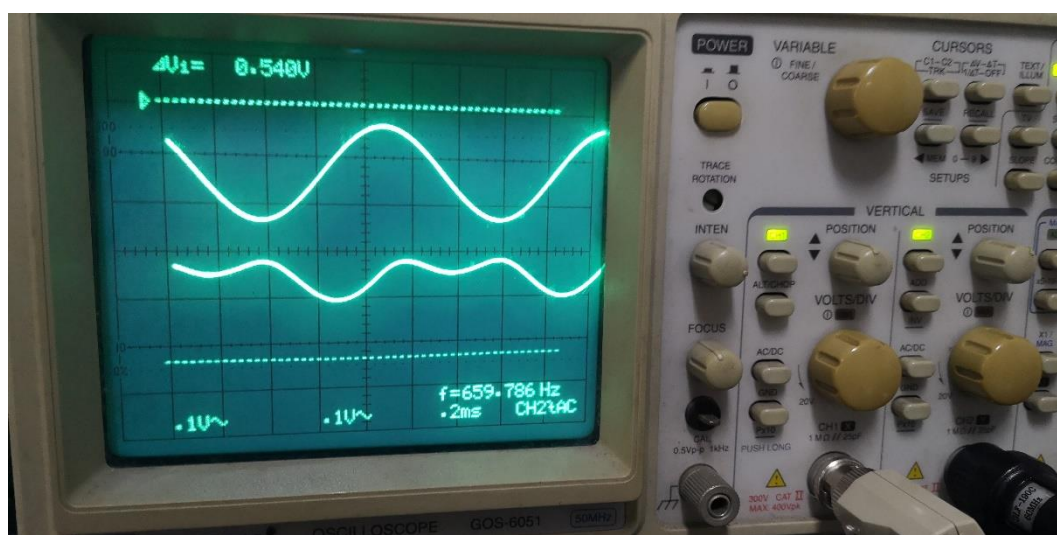


图 6-13 解调波形与调制波形比较

五、实验结论

1. 整理各实验步骤所得的数据和波形，分析各实验步骤所得的结果。
2. 在二极管包络检波器电路中，如果 $m=0.5$ 、 $R=5.1K$ 、 $f\Omega=1KHz$ ，试估算一下本实验不产生惰性和负峰失真时，负载电阻和检波负载电容值应各是多少？

$$RC\Omega_{\max} \frac{m_a}{\sqrt{1-m_a^2}} < 1, \text{ 频率和 } m_a \text{ 高容易产生惰性失真}$$

$$\text{解得 } C \leq 0.3396 \mu F$$

负峰切割失真直流负载电阻 R 上的电压为 $m_a \leq \frac{R_L}{R + R_L}$

$R=5.1K\Omega$, $f=1KHz$, $m=0.5$

$R_L \geq 5.1K\Omega$

3. 实验的心得体会。

本次的课程实验总体来说不是很难，一是指导书上的内容和电路图给的比较详细，二是老师补充讲解的也比较透彻。通过这几次课程实验，对高频电子线路课程内容有了一个更加全面的深刻的了解，同时更加熟悉对高频实验箱的组成和电路元件的使用。