

# 实验一 单调谐放大器

## 一、实验目的

- 1、熟悉电子元件和高频电路实验箱。
- 2、熟悉谐振回路的幅频特性分析—通频带与选择性。
- 3、熟悉信号源内阻及负载对谐振回路的影响，从而了解频带扩展。
- 4、熟悉和了解放大器的动态范围及其测试方法。

## 二、实验仪器

- 1、双踪示波器
- 2、扫频仪（频率特性测试仪）
- 3、高频信号发生器
- 4、万用表（用示波器 DC 档测量）
- 5、实验板 1

## 三、预习要求

- 1、复习谐振回路的工作原理。
- 2、了解谐振放大器的电压放大倍数、动态范围、通频带及选择性相互之间关系。
- 3、实验电路中，若电感量  $L=1\mu\text{H}$ ，回路总电容  $C=220\text{pF}$ （分布电容包括在内），计算回路中心频率  $f$ 。

## 四、实验内容及步骤

### （一）、单调谐回路谐振放大器

## 1、 实验电路见图 1

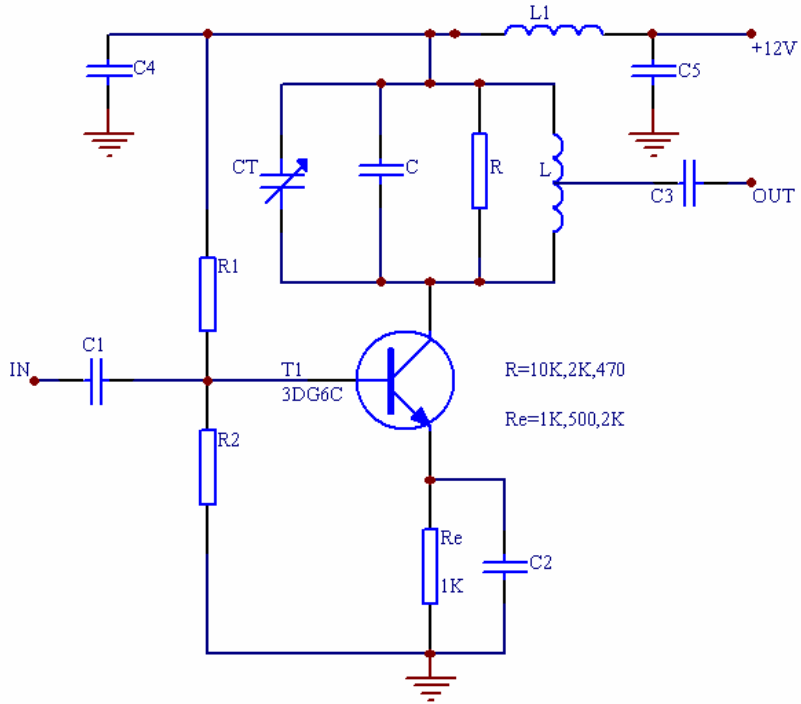


图 1-1

- (1) 图 1 所示连接电路（注意接线前先测量+12V 电源电压，无误后，关断电源再接线）。
- (2) 接线后仔细检查，确认无误后接通电源。

## 2、 静态测量

实验电路中选  $R_e=1K$ ，测量各静态工作点，计算并填表 1

表 1

实 测		实测计算		根据 $V_{CE}$ 判断V是否工作在放大区		原 因
$V_B$	$V_E$	$I_C$	$V_{CE}$	是	否	

\*  $V_b$ 、 $V_e$  是三极管的基极和发射极对地电压

### 3、 动态研究

#### (1) 测放大器的动态范围 $V_i$ — $V_o$ (在谐振点)

(信号源用实验箱上信号源)

选  $R=10K, Re=1K$ 。把高频信号发生器接到电路输入端，电路输出端接示波器，选择合适的输入电压  $V_i$ ，调节高频信号发生器的频率  $f$  使其为 10.7MHZ，调节 C7 使回路谐振，使输出电压幅度为最大。此时调节  $V_i$  由 0.05 伏变为 0.8 伏，逐点记录  $V_o$  电压，并填入表 2。注意：调试前先从  $V_i=0.45$  开始，调  $C_T$  使输入/出都不失真且  $V_o$  最大再逐一调。

表 2

$V_I$ (p-p) (V)	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45
$V_{O(p-p)}$	Re=1K								
	Re=500								
	Re=2K								

(2) 当  $Re$  分别为 500 $\Omega$ 、2K 时，重复上述过程，将结果填入表 1.2。在同一坐标纸上画出  $I_c$  不同时的动态范围曲线，并进行比较和分析。

#### (3) 用扫频仪调回路谐振曲线 (扫频仪的设定下见图-2。)

仍选  $R=10K, Re=1K$ ，将扫频仪射频输出送入电路输入端，电路输出接至扫频仪 Y 输入端。连接框图见图-3。观察回路谐振曲线 (扫频仪输出衰减档位选择 35db)，调回路电容  $C_t$ ，使  $f_0=10.7MHZ$ 。

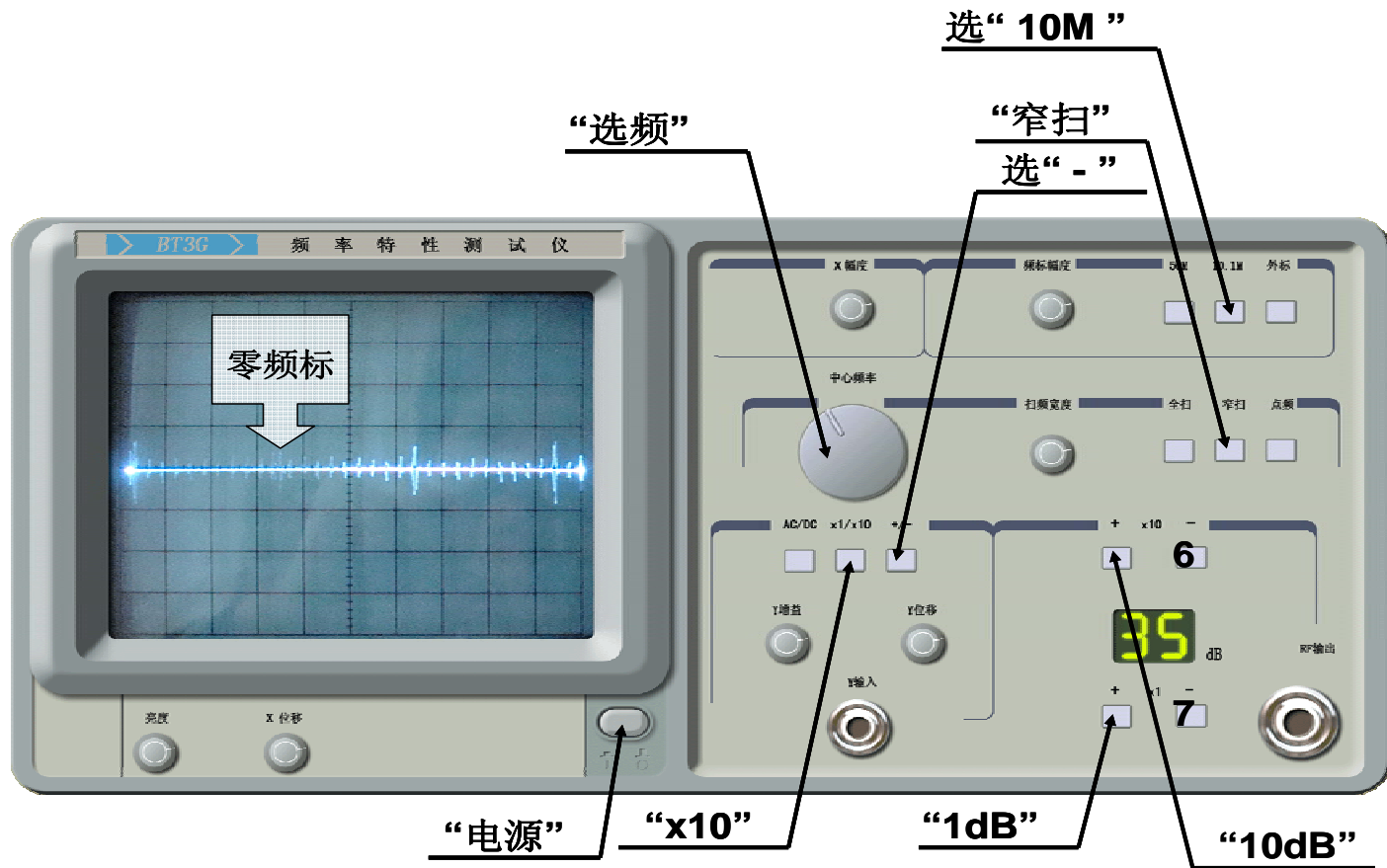


图 1-2 频率特性测试仪设定示意

请按以下顺序设定 BT3G 频率特性测试仪（扫频仪）：

- 1) <电源开关>键按下，开启电源。
- 2) <×1/×10> 键，置位于<×10>。
- 3) <+/-> 键，置位于 <->。
- 4) <+> 键，置位于 <30dB>。（×10 倍关系递增）
- 5) <+> 键，置位于 <5dB>。（×1 倍关系递增）
- 6) <-> 键与选 4 <+> 键相反（×10 倍关系递减）。
- 7) <-> 键与选 5 <+> 键相反（×1 倍关系递减）。
- 8) <10.1M> 键置位于 <10M>。
- 9) <窄扫> 键，置位于 <窄扫>。
- 10) 调节中心频率旋钮，观察与查找屏幕上所需要的波型。

## 频率特性测试连接框图

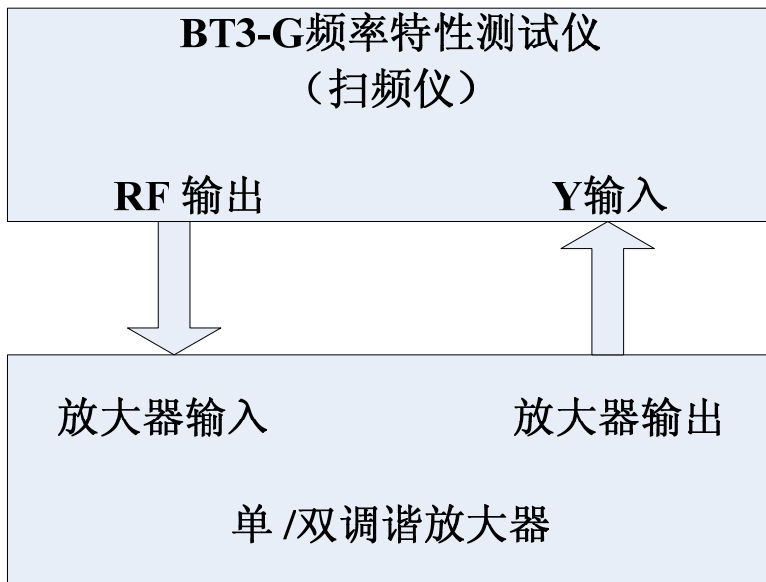


图 1-3 频率特性测试系统连接框图

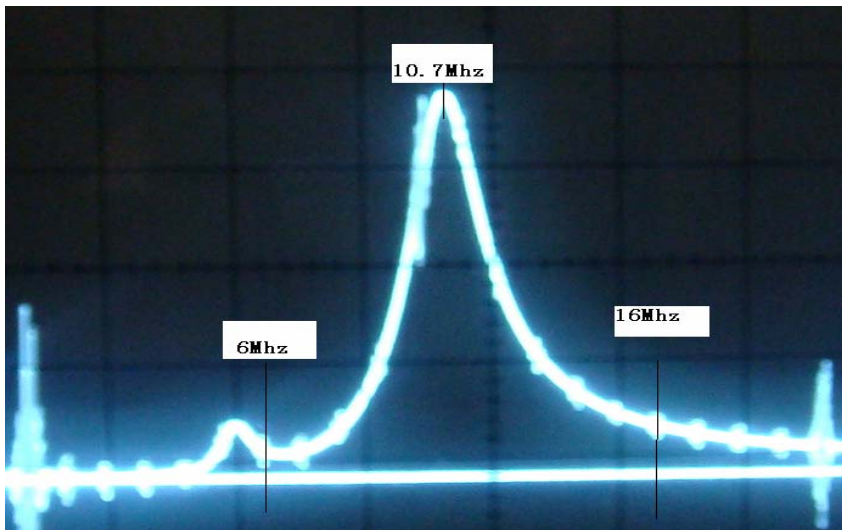


图 1-4 为测试图形

#### (4) 测量放大器的频率特性

当回路电阻 $R=10K$ 时，选择正常放大区的输入电压 $V_i$ ，将高频信号发生器输出端接至电路输入端，调节频率 $f$ 使其为 $10.7MHz$ ，调节 $C_T$ 使回路谐振，使输出电压幅度为最大，此时的回路谐振频率 $f_0=10.7MHz$ 为中心频率，然后保持输入电压 $V_i$ 不变，改变频率 $f$ 由中心频率向两边逐点偏离，测得在不同频率 $f$ 时对应的输出电压 $V_o$ ，将测得的数据填入表3。频率偏离范围可根据（各自）实测情况来确定。

注意：调试前先从 $V_i(p-p)=0.8$ 开始，调 $C_T$ 使输入/出都不失真且 $V_o(p-p)$ 最大再逐一调。

信号源采用EE1461 DDS合成信号发生器

表 3

F (MHZ)		8	9	10	10.7	12	13	14	15
Vo(p-p)	R=10K								
	R=2K								
	R=470								

注意：表 3 测得数据所描绘的曲线应和图 1-4 曲线相一致。

计算 $f_0=10.7MHz$ 时的电压放大倍数及回路的通频带和Q值。

(5) 改变谐振回路电阻，即 $R$ 分别为 $2K\Omega, 470\Omega$ 时，重复上述测试，并填入表 3。比较通频带情况。

## 实验二、双调谐回路谐振放大器

### 1、实验线路见图 1

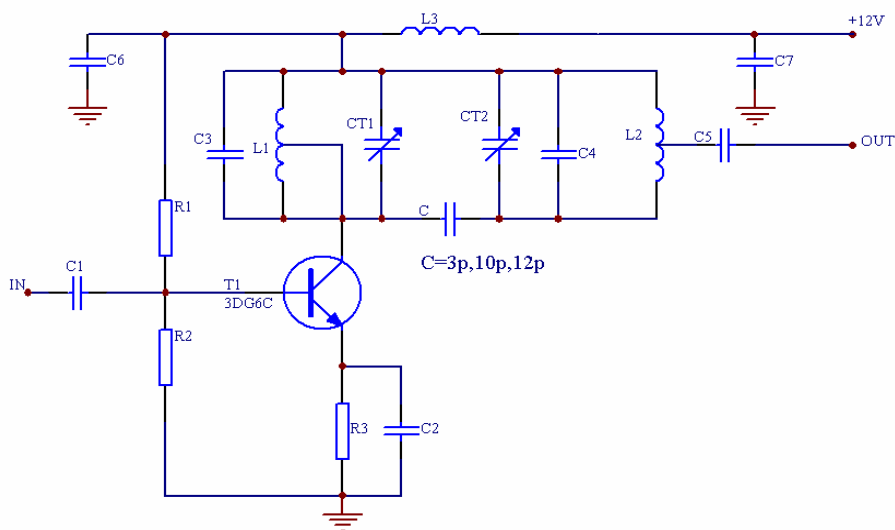


图 2-1

#### (1) 用扫频仪调双回谐振曲线

接线方法同上 3(3)。观察双调谐回路谐振曲线，选 $C=2.7\text{pF}$ ，此时无法调出双峰，请思考是为什么？选 $C=5\text{pF}$ 反复调整 $C_{T1}$ 、 $C_{T2}$ 使两回路谐振在  $10.7\text{MHz}$ 。（注： $C_{T2}$ 用于调频率偏移， $C_{T1}$ 用于双峰的高低）注意观察谐振曲线的频率范围，找出能描绘曲线的特征点。

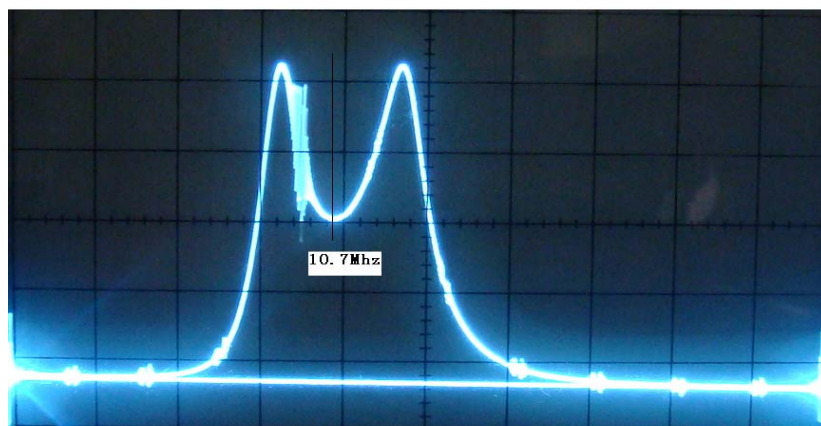


图 2-2 双调谐曲线

## (2) 测双调谐回路放大器的频率特性

按图 1 所示连接电路, 将高频信号发生器输出端接至电路输入端, 选  $C=5\text{pf}$ , 置高频信号发生器频率为  $10.7\text{MHZ}$ , 然后保持高频信号发生器输出电压不变, 改变频率, 由中心频率向两边逐点偏离, 测得对应的输出频率  $f$  和电压值, 并填入表 1。

表 1

F(MHZ)		9	9,5	10	10.5	10.7	11	11.5	11.7	12
Vo	C=3pf									
	C=5pf									
	C=12pf									

表中数据应和图 2-2 相吻合。

2、改变耦合电容  $C$  为  $5\text{pf}$ 、 $12\text{pf}$ , 重复上述测试, 并填入表 1。

## 五、 实验报告要求

1. 写明实验目的。
2. 画出实验电路的直流和交流等效电路, 计算直流工作点, 与实验实测结果比较。
3. 写明实验所用仪器、设备及名称、型号。
4. 整理实验数据, 并画出幅频特性。

(1) 单调谐回路接不同回路电阻时的幅频特性和通频带, 整理并分析原因。

(2) 双调谐回路耦合电容  $C$  对幅频特性, 通频带的影响。从实验结果找出单调谐回路和双调谐回路的优缺点。

5. 本放大器的动态范围是多少 (放大倍数下降  $1\text{dB}$  的转折点  $V_o$  定义为放大器动态范围), 讨论  $I_c$  对动态范围的影响。



# 实验三 LC 电容反馈式三点式振荡器

## 一. 实验目的

1. 掌握 LC 三点式振荡电路的基本原理, 掌握 LC 电容反馈式三点振荡电路设计及电参数计算。
2. 掌握振荡回路 Q 值对频率稳定度的影响。
3. 掌握振荡器反馈系数不同时, 静态工作电流  $I_{eq}$  对振荡器起振及振幅的影响。

## 二、 预习要求

1. 复习 LC 振荡器的工作原理。
2. 分析图 3-1 电路的工作原理, 及各元件的作用, 并计算晶体管静态工作电流  $I_c$  的最大值 (设晶体管的  $\beta$  值为 50)。
3. 实验电路中,  $L_1=3.3 \mu\text{h}$ , 若  $C=120\text{pf}$ ,  $C'=680\text{pf}$ , 计算当  $C_t=50\text{pf}$  和  $C_t=150\text{pf}$  时振荡频率各为多少?

## 三. 实验仪器

1. 双踪示波器
2. 频率计
3. 万用表
4. 实验板 1

## 四. 实验内容及步骤

实验电路见图 3-1。

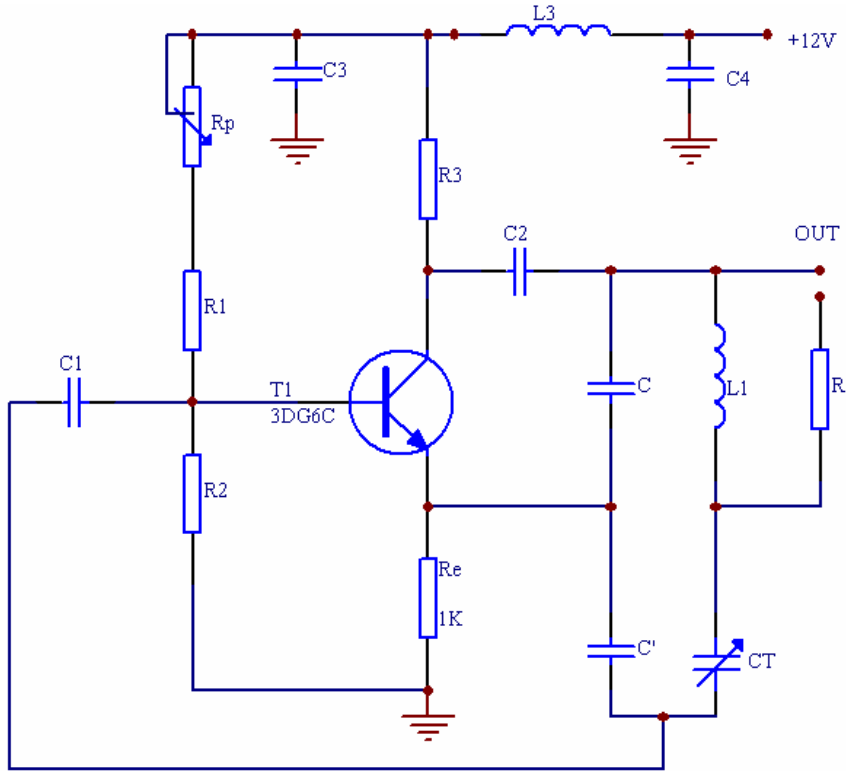


图 3-1

实验前根据图 3-1 所示原理图在实验板上找到相应器件及插孔并了解其作用。

### 1、检查静态工作点

- (1) 在实验板+12V插孔上接入+12V直流电源，注意电源极性不能接反。
- (2) 反馈电容C不接，C' 接入（C' =680pf），用示波器观察振荡器停振时的情况。注意：连接C' 的接线要尽量短。
- (3) 改变电位器Rp测得晶体管V的发射极电压Ve，Ve可连续变化，记下Ve的最大值，计算Ie值

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} \quad \text{设: } R_E = 1K \Omega$$

## 2、振荡频率与振荡幅度的测试

实验条件： $I_e=2\text{ma}$ ,  $C=120\text{pf}$ ,  $C'=680\text{pf}$ ,  $R_1=110\text{K}$

(1) 改变 $C_t$ 电容，当分别接为 $C_9, C_{10}, C_{11}$ 时，记录相应的频率值，并填入表 3-1。

(2) 改变 $C_t$ 电容，当分别接为 $C_9, C_{10}, C_{11}$ 时，用示波器测量相应振荡电压的峰峰值 $V_{p-p}$ ，并填入表 3-1。

表 3-1

$C_r$	$f$ (MHZ)	$V_{p-p}$
51 pf		
100pf		
150pf		

## 3. 测试当 $C, C'$ 不同时，起振点、振幅与工作电流 $I_{er}$ 的关系 ( $R=110\text{K}\Omega$ )

(1) 取  $C=C_3=100\text{pf}$ ,  $C'=C_4=1000\text{pf}$ ,  $C_T=100\text{pf}$  调电位器  $R_p$  使  $I_{eq}$  (静态值) 分别为表 3-2 所标各值，用示波器测量输出振荡幅度  $V_{p-p}$  (峰-峰值)，并填入表 3-2

表 3-2

$I_{eq}$ (ma)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
$V_{p-p}$ (V)									

(2) 取  $C=C_5=120\text{pf}$ ,  $C'=C_6=680\text{pf}$ ,  $C=C_7=680\text{pf}$ ,  $C'=C_8=120\text{pf}$ ，分别重复测试表 3-2 的内容，填入表 3-3 第二行和第三行。

表 3-3

I <sub>eq</sub> (ma)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
V <sub>p_p</sub> (V)									
V <sub>p_p</sub> (V)									

#### 4. 频率稳定度的影响

- (1) 回路 LC 参数固定时, 改变并联在 L 上的电阻使等效 Q 值变化时, 对振荡频率的影响。

实验条件:  $f=6.5\text{MHz}$  时,  $C/C' = 100/1000\text{Pf}$ ,  $I_{eq}=3\text{mA}$ , 改变 L 的并联电阻 R, 使其分别为  $1\text{K}\Omega$ ,  $10\text{K}\Omega$ ,  $110\text{K}\Omega$ , 分别记录电路的振荡频率, 并填入 [表 3-4](#)。

注意: 频率计后几位跳动变化的情况。

表 3-4(Q~f)

R	1k	10k	110k
F (MHZ)			

- (2) 回路 LC 参数及 Q 值不变, 改变 I<sub>eq</sub> 对频率的影响。

实验条件:  $f=6.5\text{MHz}$ ,  $C/C' = 100/1000\text{pf}$ ,  $R=110\text{K}\Omega$ ,  $I_{eq}=3\text{mA}$ , 改变晶体管 I<sub>eq</sub> 使其分别为表 3.2 所标各值, 测出振荡频率, 并填入 [表 3-5](#)。

表 3-5 (I<sub>EQ</sub>--f)

I <sub>EQ</sub> (mA)	1	2	3	4
f (MHZ)				

## 五、实验报告要求

- 1、 写明实验目的。
- 2、 写明实验所用仪器设备。
- 3、 画出实验电路的直流与交流等效电路，整理实验数据，分析实验结果。
- 4、 以  $I_{eq}$  为横轴，输出电压峰峰值  $V_{p-p}$  为纵轴，将不同  $C/C'$  值下测得的三组数据，再同意坐标纸上绘制成曲线。
- 5、 说明本振荡电路有什么特点。

## 六、实验报告要求

1. 画出振荡电压、振荡频率和直流工作点变化的关系曲线。
2. 对各项实验结果进行分析。

## 七、思考题

- 1、 为什么起振后的直流工作点电流不同于起振前的静态工作点电流？在什么情况下起振后的工作点电流大于起振前的静态工作点电流？在什么情况下，前者小于后者？
- 2、 为什么提高振荡回路的  $Q$  值可以提高振荡频率的稳定度？

# 实验四 石英晶体振荡器

## 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、预习要求

1. 查阅晶体振荡器的有关资料。阐明为什么用石英晶体作为振荡回路元件就能使振荡器的频率稳定度大大提高。
2. 试画出并联谐振型晶体振荡器和串联谐振型晶体振荡器的实际电路，并阐述两者在电路结构及应用方面的区别。

## 三. 实验仪器

1. 双踪示波器
2. 频率计（用示波器看）
3. 万用表
4. 实验板 1

## 四、实验内容

实验电路见[图 4-1](#)

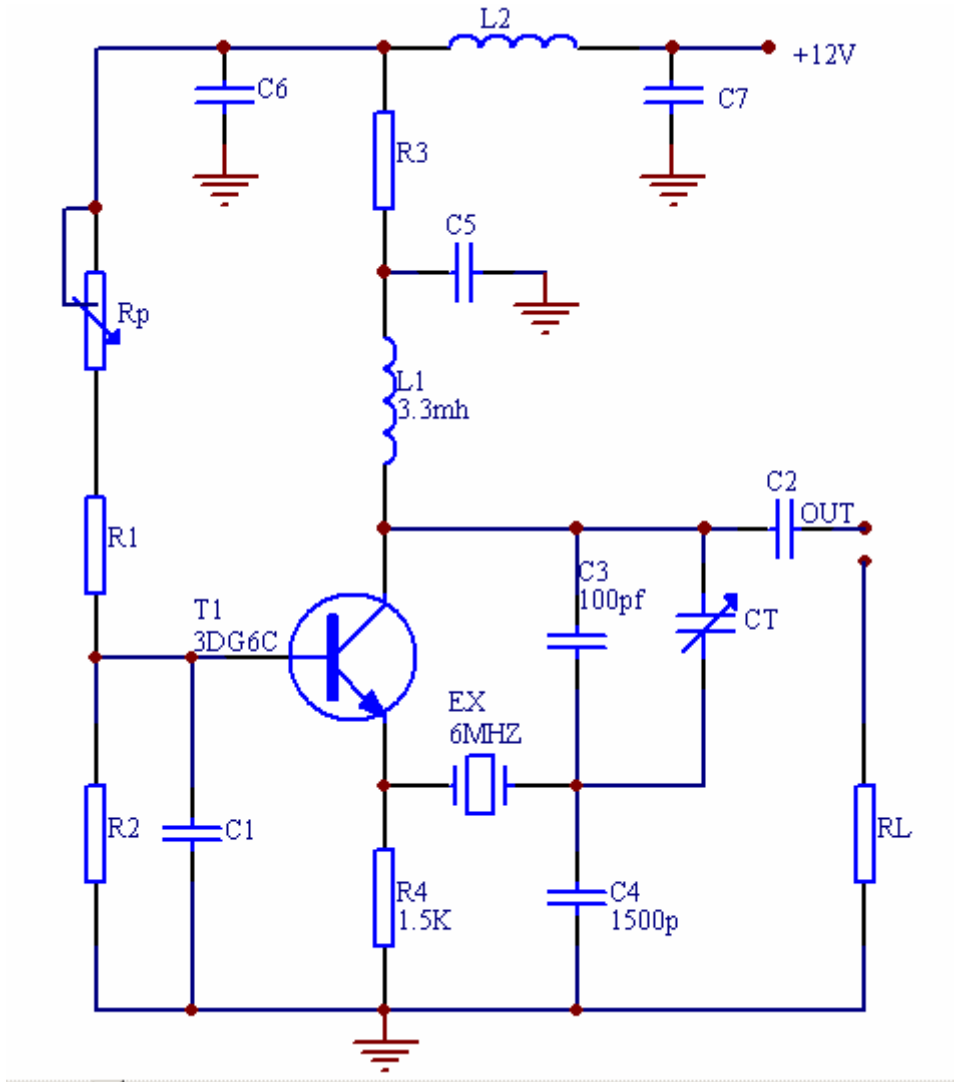


图 4-1

- 1、 振荡器静态工作点，调图中  $R_p$ ，测得  $I_{emin}$  及  $I_{emax}$ 。
- 2、 测量当工作点在上述范围时的振荡频率及输出电压。
- 3、 负载不同时对频率的影响， $R_L$  分别取  $110K\Omega, 10K\Omega, 1K\Omega$ ，测出电路振荡频率，填入表 4.1, 并与 LC 振荡器比较。

表 4.1

<b>R</b>	<b>110k</b>	<b>10k</b>	<b>1k</b>
<b>f(MHZ)</b>			

## 五、实验报告

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。
4. 你如何肯定电路工作在晶体的频率上。
5. 根据电路给出的 LC 参数计算回路中心频率，阐述本电路的优点。



# 实验五 振幅调制器

## 一、实验目的

1. 掌握用集成模拟乘法器实现全载波调幅和抑制载波双边带调幅的方法与过程，并研究已调波与二输入信号的关系。
2. 掌握测量调幅系数的方法。
3. 通过实验中波形的变换，学会分析实验现象。

## 二、预习要求

1. 预习幅度调制器有关知识。
2. 认真阅读实验指示书，了解实验原理及内容，分析实验电路中用 1496 乘法器调制的工作原理，并分析计算各引出脚的直流电压。
3. 分析全载波调幅及抑制载波调幅信号特点，并画出其频谱图。

## 三、实验仪器

1. 双踪示波器
2. 高频信号发生器
3. 万用表
4. 实验板 2

## 四、实验电路说明

幅度调制就是载波的振幅受调制信号的控制作周期性的变化。变化的周期与调制信号周期相同。即振幅变化与调制信号的振幅成正比。通常称高频信号为在波信号，低频信号为调制信号，调幅器即为产生调幅信号的装置。

本实验采用集成模拟乘法器 1496 来构成调幅器，[图 5-1](#)为 1496 芯片内部电路图，它是一个四象限模拟乘法器的基本电路，电路采用了两组差动对由 V1--V4 组成，以反极性方式相连接，而且两组差分对的恒流源又组成一

对差分电路，即V5与V6，因此恒流源的控制电压可正可负，以次实现了四象限工作。D,V7,V8为差动放大器V5,V6的恒流源。进行调幅时，载波信号加在V1--V4的输入端，即引脚8,10之间；调制信号加在差动放大器V5,V6

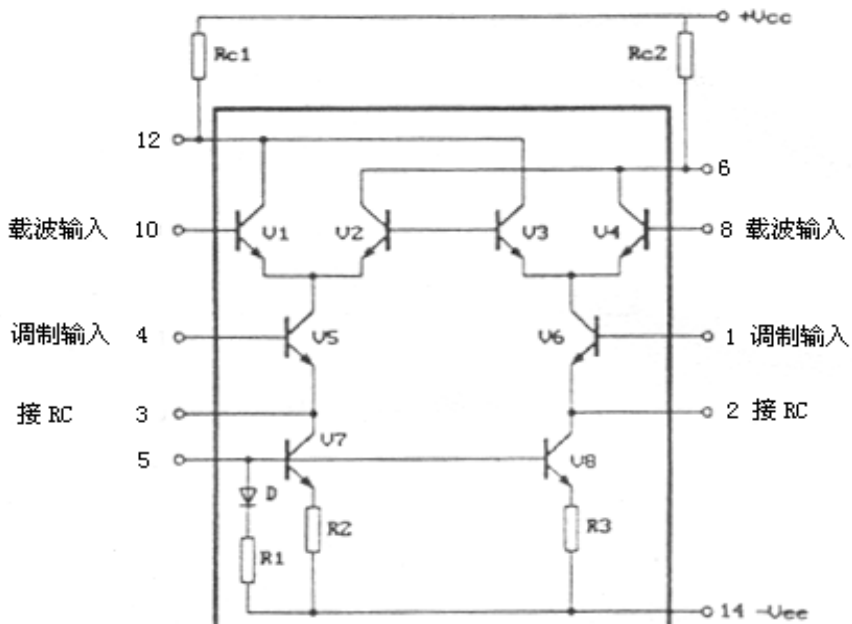


图 5-1

用 1496 集成电路构成的调幅器电路图如[图 5-2](#)所示，图中Rp1 用来调节引出脚 1, 4 之间的平衡，Rp2 用来调节 8, 10 脚之间的平衡，三极管V为射极跟随器，以提高调幅器带负载的能力。

## 五、 实验内容

实验电路见[图 5-2](#)

### 1、直流调制特性的测量

(1) 调 Rp2 电位器使载波输入端平衡：在调制信号输入端 IN2 加峰值为 100mv,频率为 1KHZ 的正弦信号，调节 Rp2 电位器使输出端信号最小，

然后去掉输入信号。(注：1KHZ 的正弦信号从实验箱 8038 处取)

(2)在载波输入端 IN1 加峰值  $V_c$  为 10mv,频率为 100KHZ 的正弦信号,用万用表测量 A,B 之间的电压  $V_{ab}$ ,用示波器观察 OUT 输出端的波形,以  $V_{ab}=0.1V$  为步长,记录  $R_{p1}$  由一端调至另一端的输出波形及其峰值电压,注意观察相位变化,根据公式  $V_o=K V_{ab} V_c(t)$ 计算出系数  $K$  值。并填入表 5.1。(注：100K 从实验板的振荡器 1 取、10.7Mhz 从振荡器 2 取)

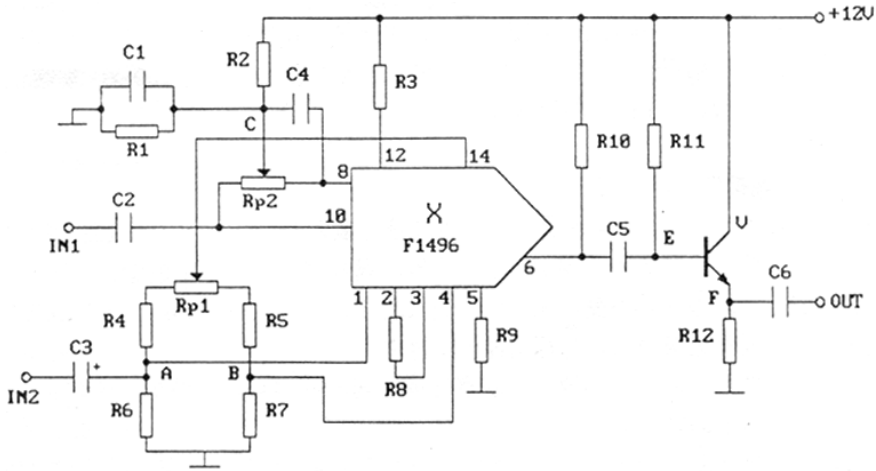


图 5-2

表 5.1

$V_{ab}(V)$	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.4
$V_o(p-p)$									
$K$									

## 2、实现全载波调幅

(1) 调节  $R_{p1}$  使  $V_{ab}=0.1V$ ,载波信号仍为  $V_c(t)=10\sin 2\pi \cdot 10^5 t(mv)$ , 将低频信号  $V_s(t)=V_s \cdot \sin 2\pi \cdot 10^3 t(mv)$  加至调制器输入端 IN2, 画出  $V_s=30mv$  和  $100mv$  时的调幅波形 (标明峰峰值和谷谷值) 并测出其调制度  $M$ 。调制度计算公式及峰峰值和谷谷值示意图如下:

$$M_a = \frac{M_{\max} - M_{\min}}{M_{\max} + M_{\min}} \times 100\%$$

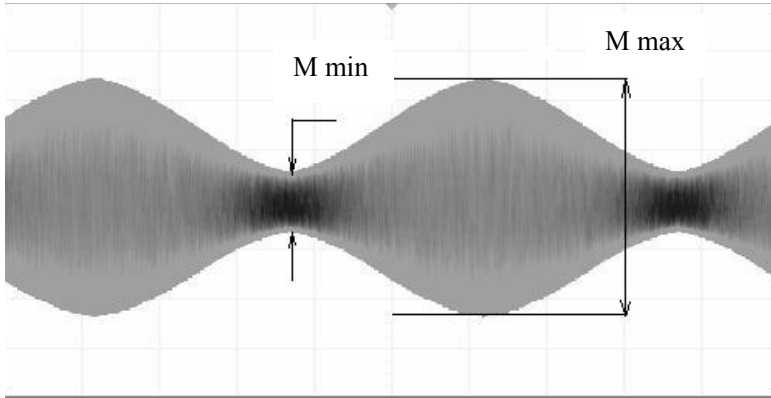


图 5-3

用示波器观察并记录 $m_a=100\%$ 和 $m_a>100\%$ 两种调幅波在零点附近的波形情况。示波器的操作见步骤(5)。

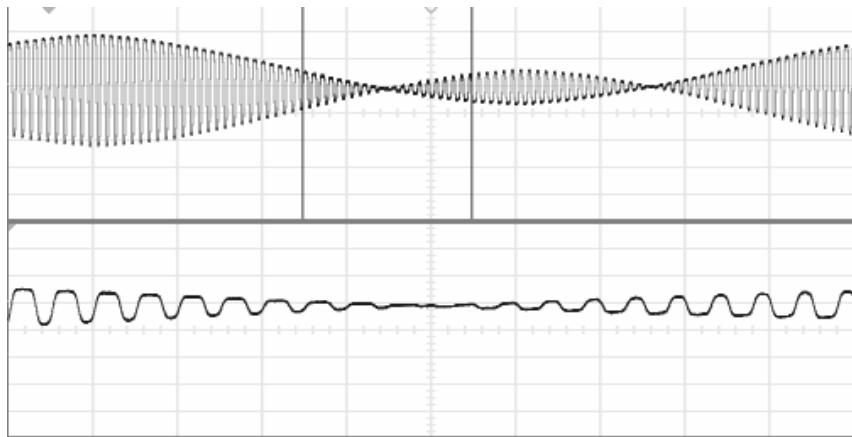


图 5-4  $M_a>100\%$ 的载波相位变化图

- (2) 载波信号 $V_c(t)$ 不变，将调制信号改为 $V_s(t)=100\sin 2\pi \cdot 10^3 t(\text{mv})$
- (3) 调节  $R_{p1}$  观察输出波形  $V_{am}(t)$ 的变化情况，记录  $m<100\%$ 和  $m=100\%$ 调幅波所对应的  $V_{ab}$  值。
- (4) 载波信号  $V_c(t)$ 不变，将调制信号改为方波，幅值为  $100\text{mv}$ ,

观察记录  $V_{ab}=0V,0.1V,0.15V$  时的已调波。

(5) 示波器操作方法：

- 1) 按 HOLDOFF 键，屏上显示 f: HOLDOFF, 旋 FUNCTION 旋钮，先将调幅波调稳。
- 2) 同时按 A、B 键进入 ALT 工作模式，此时屏上显示：  
DLY XXXX.X us.
- 3) 按蓝色 AB 键使指示灯亮，旋 S—ns 旋钮，使调幅波上高亮线变宽，同时上方出现扩展波。
- 4) 按 DELAY/TRACE Sep 键，若屏上显示 f: B-DELAY,旋 FUNCTION 旋钮，可以将高亮线移到需要观察的位置，扩展波就是高亮线段的扩展。如屏上显示为 TR-Sep, 旋 FUNCTION 旋钮可以移动扩展波的上下位置。

### 3、实现抑制载波调幅 ( $U_{ab}=0$ )

(1) 调  $R_{p1}$  使调制端平衡，并在载波信号输入端 IN1 加  $V_c(t)=10\sin 2\pi \cdot 10^5 t(\text{mV})$  信号，调制信号端 IN2 不加信号，观察并记录输出端波形。

(2) 载波输入端不变，调制信号输入端 IN2 加  $V_s(t)=100\sin 2\pi \cdot 10^3 t(\text{mv})$  信号，观察记录波形，并记录峰峰值电压。

(3) 用示波器观察记录已调波在零点附近波形（方法同上(5)），比较它与  $m=100\%$  调幅波的区别。

(4) 所加载波信号和调制信号均不变，微调  $R_{p2}$  为某一个值，观察记录输出波形。

(5) 在(4)的条件下，去掉载波信号，观察并记录输出波形，并与调制信号比较。

## 六、实验报告要求

- 1、整理实验数据，用坐标纸画出直流调制特性曲线。
- 2、画出调幅实验中 $m_a < 100\%$ ,  $m_a = 100\%$ ,  $m_a > 100\%$ 的调幅波形，在图上标明峰峰值电压。
- 3、画出当改变 $V_{ab}$ 时能得到几种调幅波形，分析其原因。
- 4、画出 100%调幅波形及抑制载波双边带调幅波形，比较二者的区别。
- 5、画出实现抑制载波调幅时改变 $R_{p2}$ 后的输出波形，分析其现象。

# 实验六 幅度调制信号的解调

## 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. 了解二极管包络检波的主要指标，检波效率及波形失真。
3. 掌握用集成电路实现同步检波的方法。

## 二、预习要求

1. 复习课本中有关调幅和解调原理。
2. 分析二极管包络检波产生波形失真的主要因素。

## 三、实验仪器设备

- 1、双踪示波器
- 2、高频信号发生器
- 3、万用表
- 4、实验板 2

## 四、实验电路说明

调幅波的解调即是从调幅信号中取出调制信号的过程，通常称之为检波。调幅波解调方法有二极管包络检波器，同步检波器。

### 1. 二极管包络检波器

适合于解调含有较大载波分量的大信号的检波过程，它具有电路简单，易于实现，本实验如[图 6-1](#)所示，主要由二极管D及RC的充放电过程实现检波。所以RC时间常数选择很重要，RC时间常数过大，则会产生对角切割失真。RC时间常数太小，高频分量会滤不干净。综合考虑要求满足下式：

$$\frac{1}{f_0} \ll RC \ll \frac{\sqrt{1-m^2}}{\Omega_m}$$

其中： $m_a$ 为调幅系数， $f_o$ 为载波频率， $\Omega$ 为调制信号角频率。

## 2、同步检波器

利用一个和调幅信号的载波同频同相的载波信号与调幅波相乘，再通过低通滤波器滤除高频分量而获得调制信号。本实验如[图 6-2](#)所示，采用 1496 集成电路构成解调器，载波信号 $V_c$ 经过电容 $C_1$ 加在 8，10 脚之间，调幅信号 $V_{am}$ 经电容 $C_2$ 加在 1，4 脚之间，相乘后信号由 12 脚输出，经 $C_4, C_5, R_6$ 组成的低通滤波器，在解调输出端，提取调制信号。

## 五、实验内容及步骤

注意：做此实验之前需恢复实验五的实验内容 2(1)的内容。

### (一)、二极管包络检波器

实验电路见[图 6-1](#)

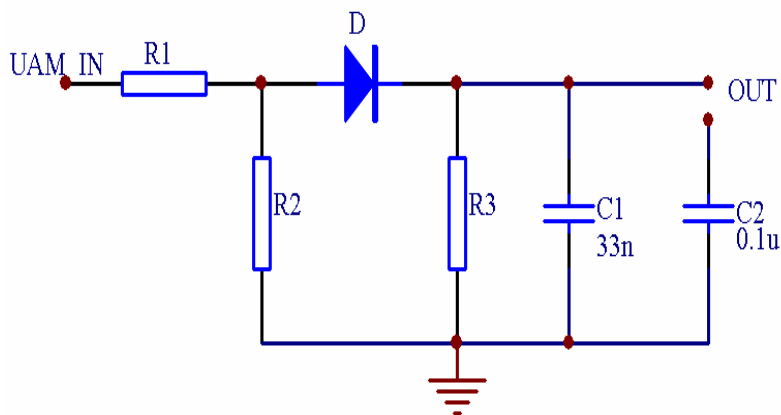


图 6-1 二极管包络检波器



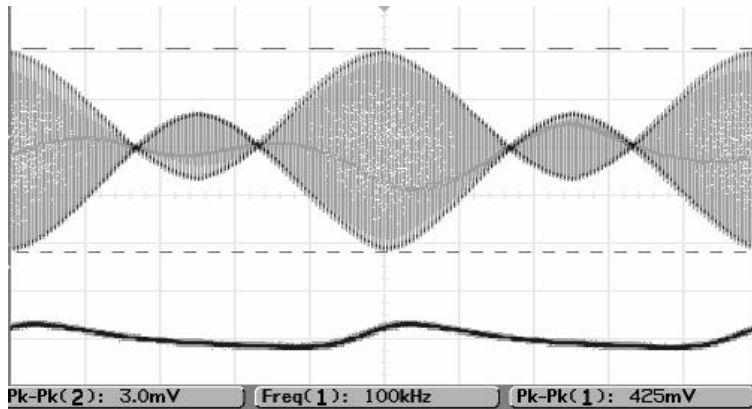


图 6-2  $M_a > 100\%$  时二极管包络检波器对应的解调输出

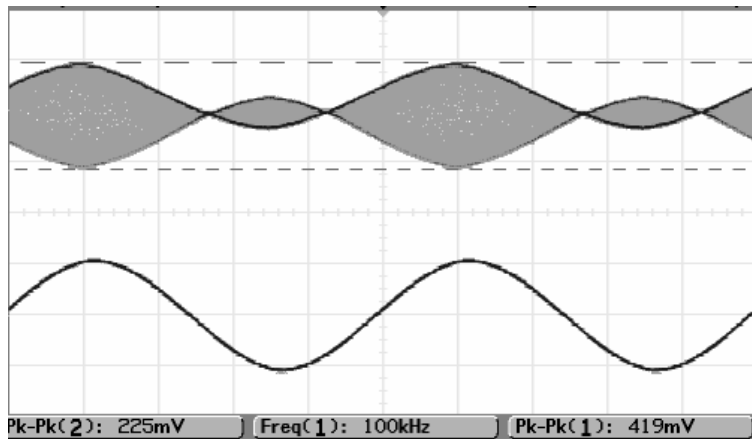


图 6-3  $M_a > 100\%$  时同步解调输出

## 1、解调全载波调幅信号

### (1)、 $m_a < 100\%$ 的调幅波的检波

载波信号仍为  $V_c(t) = 10 \sin 2\pi \cdot 10^5 t$  (mV) 调节调制信号幅度，按调幅实验中实验内容 2(1) 的条件获得调制度  $m_a < 30\%$  的调幅波，并将它加至图 6-1 二极管包络检波器  $V_{am}$  信号输入端，观察记录检波电容为  $C_1$  时的波形。

(2)、加大调制信号幅度，使  $m_a = 100\%$ ，观察记录检波输出波形。

(3) 改变载波信号频率， $f_c = 500 \text{ KHZ}$ ，其余条件不变，观察记录

检波器输出端波形。

(4) 恢复(1)的实验条件，将电容 C2 并联至 C1，观察记录波形，并与调制信号比较。

## 2、解调抑制载波的双边带调幅信号。

载波信号不变，将调制信号  $V_s$  的峰值电压调至 80mv，调节 R<sub>p1</sub> 使调制器输出为抑制载波的双边带调幅信号，然后加至二极管包络检波器输入端，观察记录检波输出波形，并与调制信号相比较。

## (二) 集成电路（乘法器）构成解调器

实验电路见 [图 6-4](#)

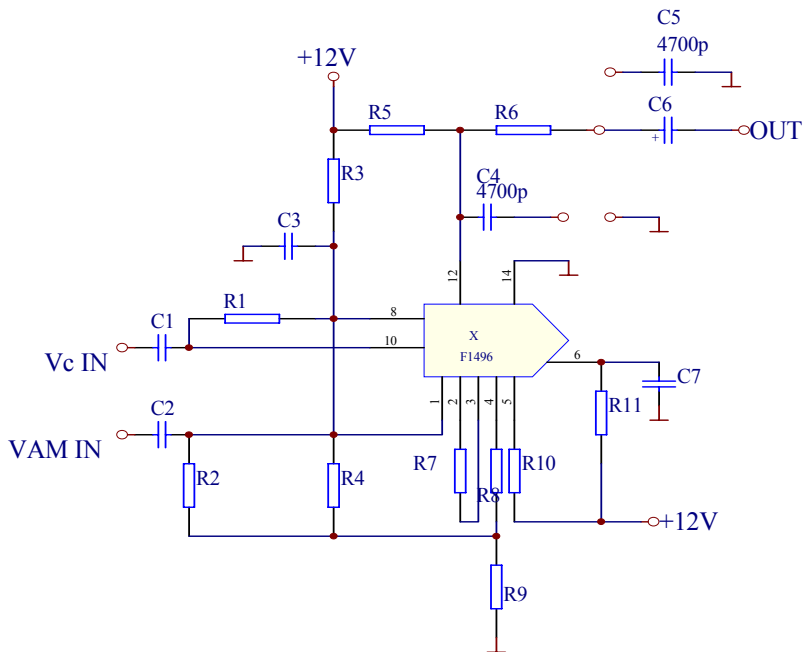


图 6-4 1496 构成的解调器

## 1、 解调全载波信号

(1) 将图 6-2 中的 C4 另一端接地，C5 另一端接通，按调幅实验中实验内容 2(1)的条件获得调制度分别为 30%，100%及>100%的调幅波。将它们依次加至解调器 Vam 的输入端，并在解调器的载波输入端加上与调幅信号相同的载波信号，分别记录解调输出波形，并与调制信号相比。

(2) 去掉 C4,C5 观察记录  $m=30\%$ 的调幅波输入时的解调器输出波形，并与调制信号相比较。然后使电路复原。

## 2、 解调抑制载波的双边带调幅信号

(1) 按调幅实验中实验内容 3(2)的条件获得抑制载波调幅波，并加至图 6-2 的 Vam 输入端，其他连线均不变，观察记录解调输出波形，并与调制信号相比较。

(2) 去掉滤波电容 C4,C5 观察记录输出波形。

## 六、 实验报告要求

1、 通过一系列两种检波器实验，将下列内容整理在表内，并说明二种检波结果的异同原因。

输入的调幅波形	$M_a < 100\%$	$M_a = 100\%$	抑制载波调幅波
二极管包络检波器输出			
同步检波输出			

2、 画出二极管包络检波器并联 C2 前后的检波输出波形，并进行比较，分析原因。

3、 在同一张坐标纸上画出同步检波解调全载波及抑制载波时去掉低通滤波器中电容 C4,C5 前后各是什么波形，并分析二者为什么有区别。

# 实验七 变容二极管调频振荡器

## 一、实验目的

1. 了解变容二极管调频器电路原理及构成。
2. 了解调频器调制特性及测量方法。
3. 观察寄生调幅现象，了解其产生原因和消除方法。

## 二、预习内容

1. 复习变容二极管的非线性特性，及变容二极管调频振荡器调制特性。
2. 复习角度调制的原理和变容二极管调频电路有关资料。

## 三、实验仪器设备

- 1、 双踪示波器
- 2、 频率计（用双踪示波器测）
- 3、 万用表
- 4、 实验板 3

## 四、实验内容（实验线路见图）

实验电路见[图 7-1](#)

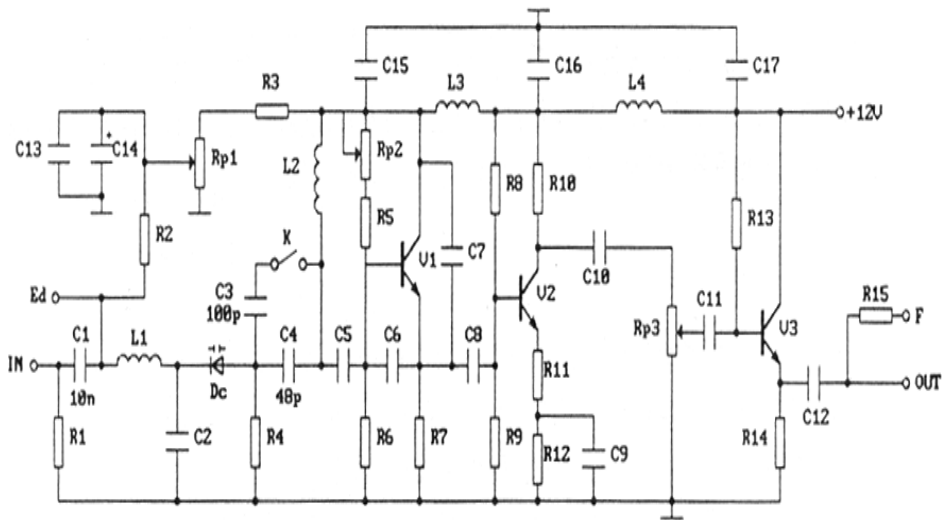


图 7-1

### 1. 静态调制特性测量

输入端不接音频信号，将示波器接到F端。C3(=100pf)电容分接与不接两种状态，调整Rp1 使Ed=2V时fo=6.5MHZ，然后重新调节电位器Rp1，使Ed在 0.5~8V范围内变化，将对应的频率填入表 7.1。

表 7-1

Ed (V)		0.5	1	2	3	4	5	6	7	8
fo (MHZ)	不接 C3									
	接 C3									

### 动态测试（需利用相位鉴频器作辅助测试）（选做）

**实验条件：**将实验板 3 中的相位鉴频器电路按要求接好线，即电路中的 E,F,G 三个接点分别与 C5,C9,C10 连接。其目的是确保鉴频器工作在正常状态下。（即：呈中心频率为 6.5MHZ、上下频偏及幅度对称的 S 形曲线。）

- (1) 接上C3 电容，调Rp1 使A=4V时fo=6.5MHZ，自IN端口输入频率f=2KHZ的音频信号Vm,输出端接至相位鉴频器，在

相位鉴频器输出端观察 $V_m$ 调频波上下频偏的关系。将对应的频率填入表 7.2。

(2) 不接C3 电容后测试，方法同上，将对应的频率填入表 7.2。

表 7-2

$V_m$ (V)		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
接 C3	$\Delta f$ (MHZ)											
不 接 C3	$\Delta f$ (MHZ)											

## 五、实验报告

- 1、整理实验数据。
- 2、在同一坐标纸上画出静态调制特性曲线，并求出其调制灵敏度  $S$ ，说明曲线斜率受哪些因素的影响。
- 3、在坐标纸上画出动态调制特性曲线，说明输出波形畸变原因。

## 六、实验报告要求

整理测试结果，画出电路元器件参数的变化鉴频特性曲。

## 七、思考题

1. 实验电路中如果 $D_2$ 反接，此电路能否实现鉴频？
2. 为什么通过初级回路的调谐可以实现对称性调整？

# 实验八 相位鉴频器

## 一. 实验目的

相位鉴频器是模拟调频信号解调的一种最基本的解调电路,它具有鉴频灵敏度高,解调线性好等优点。

通过本实验:

1. 熟悉相位鉴频器电路的基本工作原理。
2. 了解鉴频特性曲线(S曲线)的正确调整方法。
3. 将变容二极管调频器与相位鉴频器两实验板进行联机试验,进一步了解调频和解调全过程及整机调试方法。

## 二. 预习要求

1. 认真阅读实验内容,预习有关相位鉴频器的工作原理,以及典型电路和实用电路。
2. 分析初级回路、次级回路和耦合回路有关参数对鉴频器工作特性(S曲线)的影响。

## 三. 实验仪器设备

1. 双踪示波器
2. 扫频仪
3. 频率计(用双踪示波器测)
4. 万用表
5. 实验板 3

#### 四. 实验内容及步骤

实验电路见图 8-1

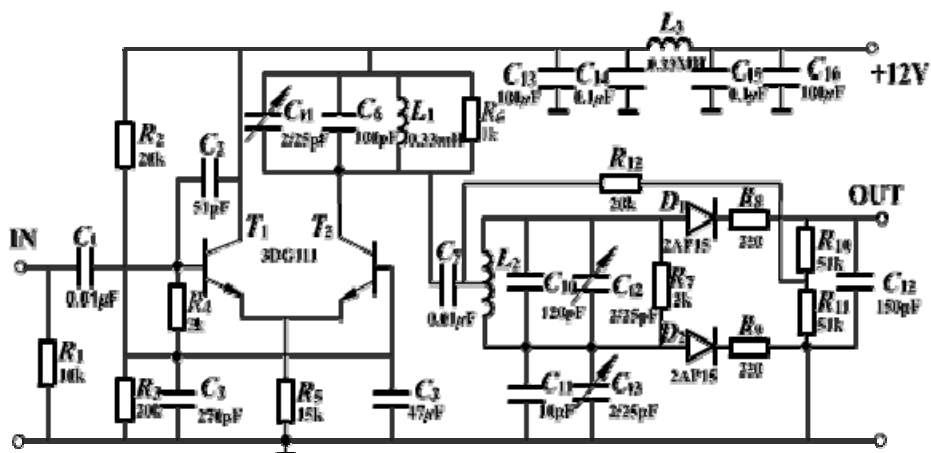


图 8-1

##### 1. 用扫频仪调整鉴频器的鉴频特性。

**实验条件：**将实验电路中E, F, G三个接点分别与半可调电容CT1, CT2, CT3 连接。将扫频仪输出信号接入实验电路输入端IN, 其输出信号不宜过大, 一般用 30db衰减器, 扫频频标用外频标, 外频标源采用高频信号发生器, 其输出频率调到 6.5MHZ。

##### (1) 调整波形变换电路的回路频率。

将扫频仪输入检波头插入测试孔A, 耦合电容CT3 调到最小, 此时显示屏将先是一谐振曲线图形。调CT1 使谐振曲线的谐振频率为 6.5MHZ, 此时频标应在曲线顶峰上, 再加大耦合电容CT3 的容量, 输入检波头插入测试孔B, 此时显示屏幕出现带凹坑的耦合谐振曲线图形, 调CT1, CT2, CT3 使曲线 6.5MHZ频标出现在中心点, 中心点两边频带对称。

##### (2) 调整鉴频特性S型

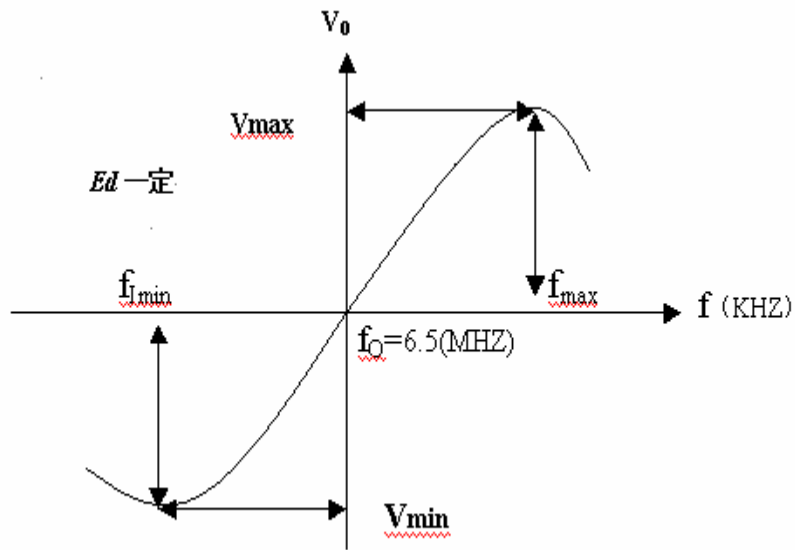


扫频仪输入检波探头改用电缆线，扫频仪输入极性开关为正（探头为反相）。接至鉴频器输出端OUT即可看到S型曲线，参见图 8-2，如曲线不理想，可适当调CT1 上下对称；调CT2 曲线为 6.5MHZ；调CT3 使 $f_0$  中心点附近线性度。调好后，记录上、下二峰点频率和二峰点高度格数，即 $f_m, V_m, V_n$ 。

### (3) 用高频信号发生器逐点测出鉴频特性

输入信号改接高频信号发生器，输入电压约为 50mv, 用万用表测鉴频器的输出电压，在 5MHZ~8MHZ 范围内，以每格 0.2MHZ 条件下测得相应的输出电压。并填入表 8.1。

找出S曲线正负两点频率 $f_{max}, f_{min}$ 及 $V_{max}, V_{min}$ 。



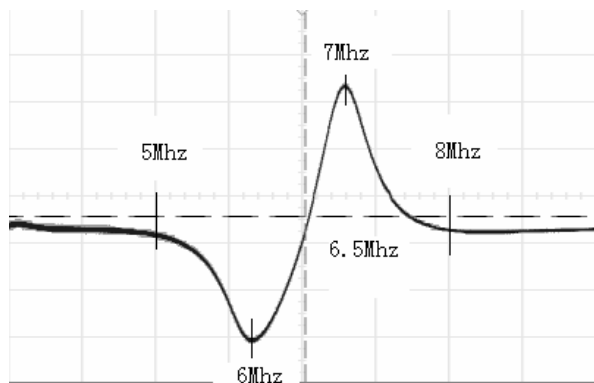


图 8-2 理论图与实测图

f (MHZ)	5.5	5.7	5.9	6.3	*6.5	6.7	6.9	7.1	7.3	7.5
V <sub>o</sub> (mV)										

表 8-1

## 2. 观察回路 CT1, CT2, CT3 对 S 曲线的影响。

(1) 调整电容 CT2 对鉴频特性的影响。

记下  $CT_2 > CT_{2-0}$  或  $CT_2 < CT_{2-0}$  的变化并与  $CT_2 = CT_{2-0}$  曲线比较, 再将  $CT_2$  调至  $CT_{2-0}$  正常位置。注:  $CT_{2-0}$  表示回路谐振时的电容量。

(2) 调  $CT_1$  重复(1)的实验。

(3) 调  $CT_3$  较小的位置, 微调  $CT_1, CT_2$  得 S 曲线, 记下曲线中点及上下两峰的频率 ( $f_0, f_{min}, f_{max}$ ) 和两点高度格数  $V_{max}, V_{min}$ , 再调  $CT_3$  到最大(顺时针方向旋转或频率的高低来判断), 重新调 S 曲线为最佳, 记录:  $f'_0, f'_{min}, f'_{max}$  和  $V'_m, V'_n$  的值。

定义：峰点带宽  $BW=f_{max}-f_{min}$

曲线斜率  $S=(V_m-V_n)/BW$

比较 CT3 最大（可根据频率的高低来判断）、最小时的 BW 和 S。

注：C<sub>T1</sub> - 调S曲线上下对称，C<sub>T2</sub> - 调中心频率，C<sub>T3</sub> - f<sub>0</sub>附近的线性度

### 3. 将调频电路与鉴频电路连接。

将调频电路的中心频率调为 6.5MHZ, 鉴频器中心频率也调谐在 6.5MHZ, 调频输出信号送入鉴频器输入端，将  $f=2\text{KHZ}$ ,  $V_m=400\text{mv}$  音频调制信号加至调频电路输入端进行调频。

用双踪示波器同时观测调制信号和解调信号，比较二者的异同，如输出波形不理想可调鉴频器 CT1、CT2、CT3。将音频信号加大至

$V_m=800\text{mv}, 1000\text{mv}\dots\dots$  观察波形变化，分析原因。

## 五. 实验报告

1. 整理实验数据，画出鉴频特性曲线。
2. 分析回路参数对鉴频特性的影响。
3. 分析在调频电路和鉴频电路联机实验中遇到的问题及解决方法，画出调频输入和鉴频输出的波形，指出其特点。

## 实验九 集成电路（压控振荡器）构成的 频率调制器

### 一. 实验目的

1. 进一步了解压控振荡器和用它构成频率调制的原理
2. 掌握集成电路频率调制器的工作原理。

### 二. 预习要求

1. 查阅有关集成电路压控振荡器资料。
2. 认真阅读指导书，了解 566（VCO 的单片集成电路）的内部电路及原理。
3. 搞清 566 外接元件的作用。

### 三. 实验仪器设备

1. 双踪示波器
2. 万用表
3. 实验板

### 实验电路说明

图 9—1 为 566 型单片集成 VCO 的框图及管脚排列

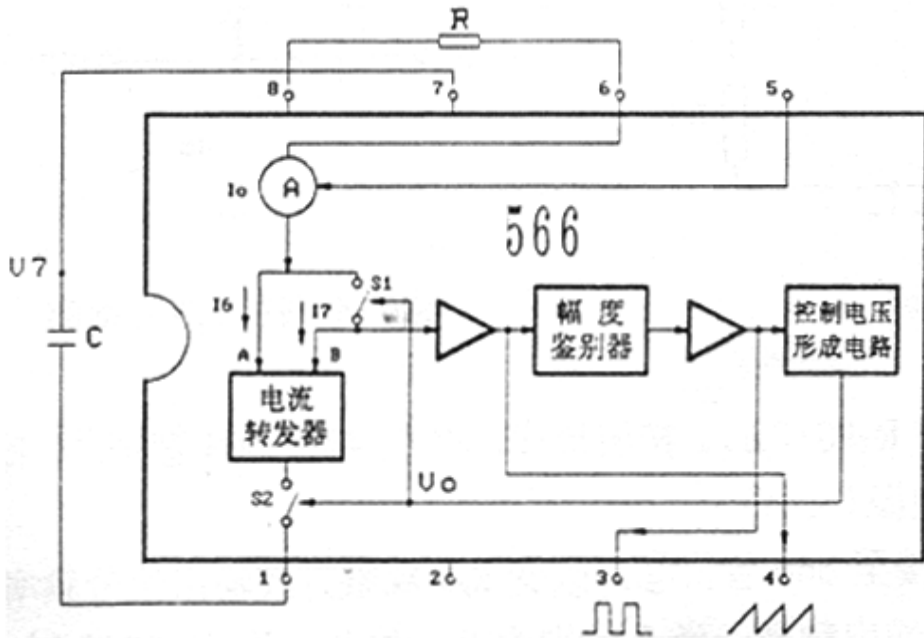


图 9—1 566(VCO)的框图及管脚排列

图 9—1 中幅度鉴别器,其正向触发电平定义为 $V_{SP}$ ,反向触发电平定为 $V_{SM}$ ,当电容 $C$  充电使其电压 $V_7$  (566 管脚 7 对地的电压) 上升至 $V_{SP}$ , 此时幅度鉴别器翻转, 输出为高电平, 从而使内部的控制电压形成电路的输出电压, 该电压 $V_0$ 为高电平; 当电容 $C$ 放电时, 其电压 $V_7$  下降, 降至 $V_{SM}$ 时幅度鉴别器再次翻转, 输出为低电平从而使 $V_0$ 也变为低电平, 用 $V_0$ 高, 低电平控制 $S_1$ 和 $S_2$ 两开关的闭合与断开。  $V_0$ 为低电平时 $S_1$ 闭合,  $S_2$ 断开, 这时 $I_6=I_7=0$ ,  $I_0$ 全部给电容 $C$ 充电, 使 $V_7$ 上升, 由于 $I_0$ 为恒流源,  $V_7$ 线性斜升, 升至 $V_{SP}$ 时 $V_0$ 跳变为高电平 $V_0$ 高电平时控制 $S_2$  闭合,  $S_1$  断开, 恒流源 $I_0$ 全部流入A支路, 即 $I_6=I_0$ . 由于电流转发器的特性, B支路电流 $I_7$ 应等于 $I_6$ , 所以 $I_7=I_0$ , 该电流由 $C$ 放电电流提供, 因此 $V_7$  线性斜降,  $V_7$  降至 $V_{SM}$ 时 $V_0$ 跳变为低电平, 如此周而复始循环下去,  $I_7$ 及 $V_0$ 波形如图 9—2.

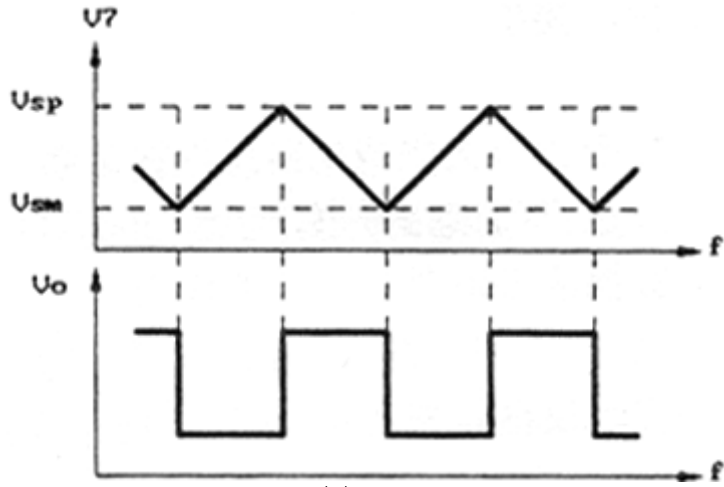


图 9—2

566 输出的方波及三角波的载波频率（或称中心频率）可用外加电阻 R 和外加电容 C 来确定。

$$f = \frac{2(V_8 - V_5)}{RCV_8} \quad (\text{HZ})$$

其中：R 为时基电阻

C 为时基电容

$V_8$  是 566 管脚 8 至地的电压

$V_5$  是 566 管脚 5 至地的电压

## 五. 实验内容

实验电路见图 9—3

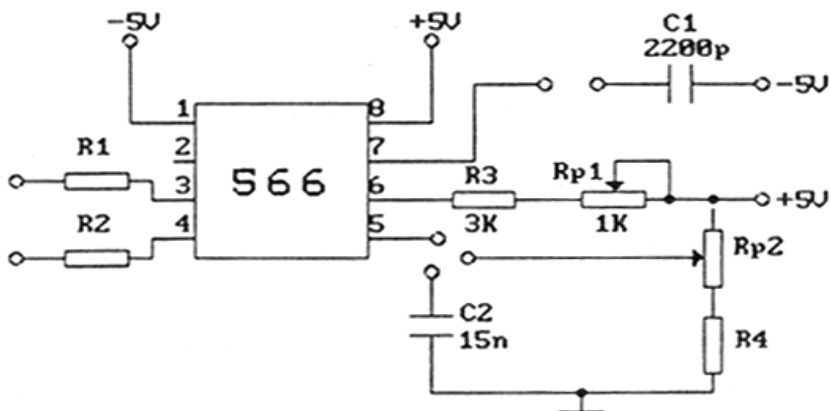


图 9—3 566 构成的调频器

1. 观察R,C1 对频率的影响(其中 $R=R_3+R_{p1}$ )。按图连线,将C1 接入 566 管脚 7, $R_{p2}$  及C2 接至 566 管脚 5; 接通电源( $\pm 5$ )。

调 $R_{p2}$  使  $V_5=3.5V$ ,将频率计接至 566 管脚 3,改变 $R_{p1}$  观察方波输出信号频率,记录当R为最大和最小值时的输出频率,并与理论值进行比较。

用双踪示波器观察并记录 $R=R_{MIN}$ 时方波及三角波的输出波形。

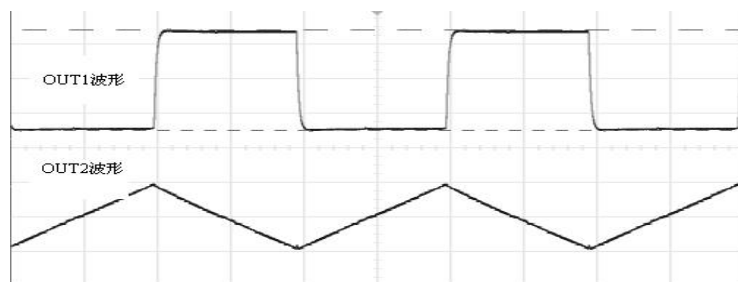


图 9-4  $R=R_{MIN}$ 时实测方波及三角波的输出波形

2. 观察输入电压对输出频率的影响

(1) 直流电压控制: 先调 $R_{p1}$  至最大,然后改变 $R_{p2}$  调整输入电压,测当 $V_5$ 在 2.2V~4.2V变化时输出频率 $f$ 的变化,  $V_5$ 按 0.2V递增。将测得的结果填入表 9.1。

$V_5$ (V)	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4	4.2
$f$ (KHZ)											

表 9-1

(2) 用交流电压控制：仍将 R 设置为最大，K3 OFF(断开 5 脚所接 C2)，K2 ON，即将图 9-7:输入信号电路的输出接至图 9-3 中 566 的 5 脚。

(a).将函数发生器的正弦波调制信号 $e_m$ (输入的调制信号)置为 $f=5\text{KHZ}$ , $V_{p-p}=1\text{V}$ ,然后接至图 9-7 电路的IN端.用双踪示波器同时观察输入信号 $e_m$ 和 566 管脚 3 的调频 (FM) 方波输出信号，观察并记录当输入信号幅度 $V_{p-p}$ 和频率 $f_m$ 有微小变化时，输出波形如何变化。注意：输入信号 $e_m$ 的 $V_{p-p}$ 不要大于 1.3V。

**注意：为了更好的用示波器观察频率随电压变化情况，可适当微调调制信号的频率，即可达到理想的观察效果。**

(b).调制信号改用方波信号 $e_m$ ，使其频率 $f_m=1\text{KHZ}$ , $V_{p-p}=0.35\text{V}$ ,用双踪示波器观察并记录 $e_m$  和 566 管脚 3 的调频 (FM) 方波输出信号。

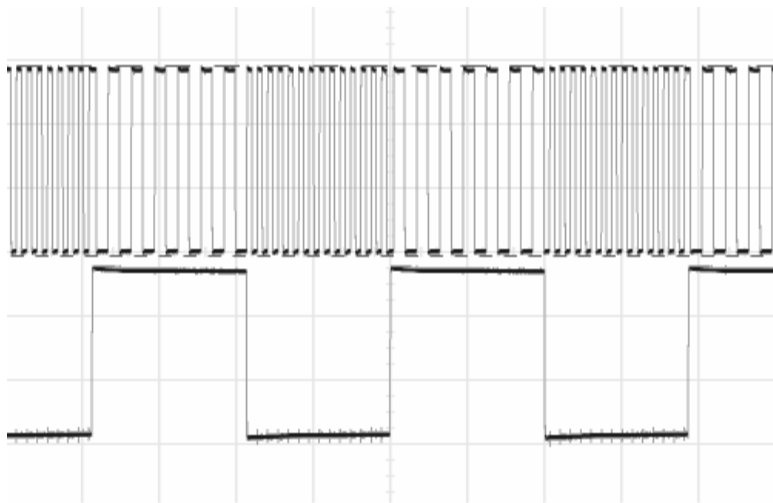


图 9-5 实测方波调制 (FM) 输出信号



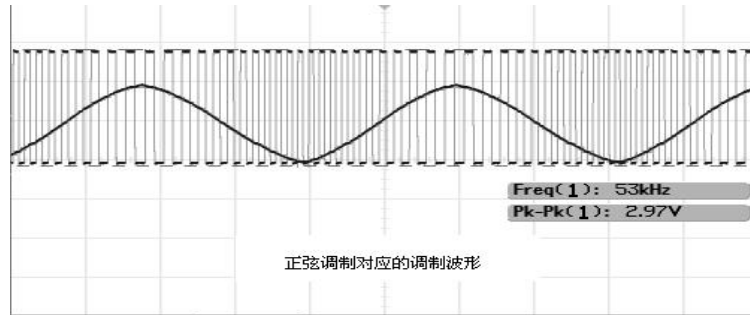


图 9-6 实测正弦调制输出信号

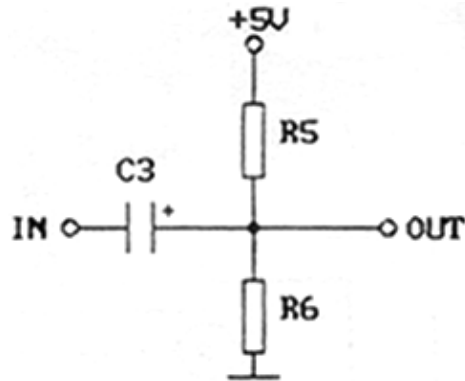


图 9-7 输入信号电路

#### 六，实验报告要求

1. 阐述 566（VCO 的单片集成电路）的调频原理。
2. 整理实验结果，画出电路图，说明调频概念。
3. 根据实验，说明接在 566 管脚 6 上 R 的作用，计算当 R 最大、最小时 566 的频率，并与实验结果进行比较。

# 实验十 集成电路（锁相环）构成的频率解调器

## 一、 实验目的

- 1.了解用锁相环构成调频波的解调原理。
- 2.学习掌握集成电路频率调制器/解调器系统的工作原理。

## 二、预习要求

- 1.查阅有关锁相环内部结构及工作原理。
- 2.弄清锁相环集成电路与外部元器件之间的关系。

## 三、实验仪器设备

- 1.双踪示波器
- 2.万用表
- 3.实验板 4

## 四、实验电路说明

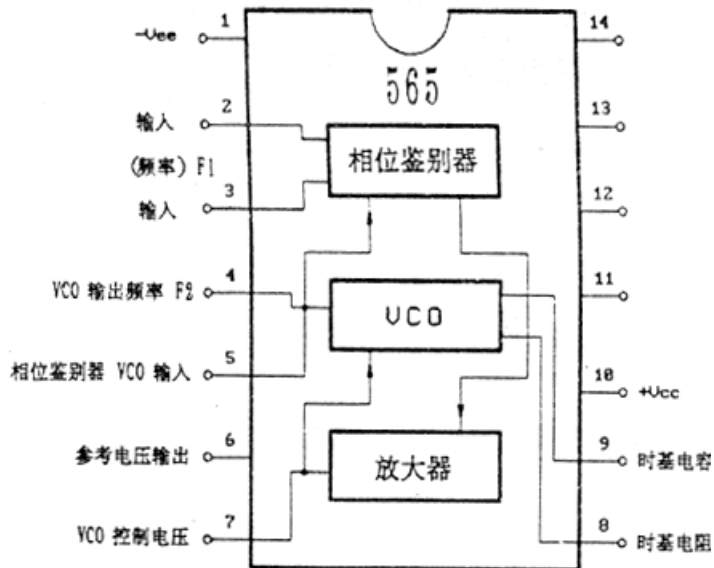


图 10—1 565 (PLL) 的框图及管脚排列

图 10-1为 565(PLL单片集成电路)的框图及管脚排列,锁相环内部电路由相位鉴别器、压控振荡器、放大器三部分构成,相位鉴别器由模拟乘法器构成,它有二组输入信号,一组为外部管脚②、③输入信号 $e_1$ ,其频率为 $f_1$ ;另一组为内部压控振荡器产生信号 $e_2$ ,经④脚输出,接至⑤脚送到相位鉴别器,其频率为 $f_2$ ,当 $f_1$ 和 $f_2$ 差别很小时可用频率差代表两信号之间的相位差,即 $f_1-f_2$ 的值使相位鉴别器输一直流电压,该电压经⑦脚送至VCO的输入端,控制VCO,使其输出信号频率 $f_2$ 发生变化,这一过程不断进行,直至 $f_2=f_1$ 为止,这时称为锁相环锁定。

## 五、实验内容

实验电路见图 10-2

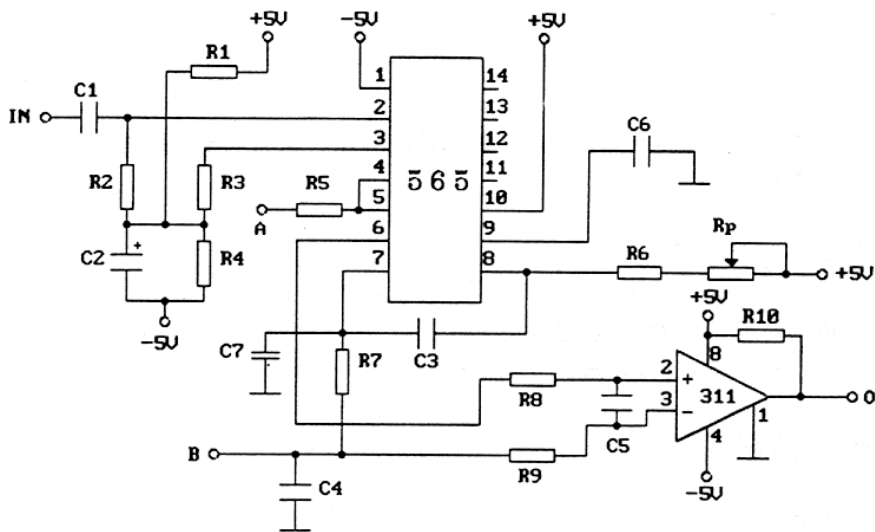


图 10-2 565(PLL)构成的频率解调器

## 1.正弦波解调器

调Rp使其其中VCO的输出频率  $f_o$  (LM565 ④脚) 为 **50KHZ**。再按实验九实验内容的要求获得调频方波输出信号(LM566\_③脚)，调频方波要求：输入  $e_m$  为  **$V_{p-p}=0.8V$ ,  $f=1KHZ$**  的正弦作调制信号，**50KHZ 方波为载波**，然后将其接至 565 锁相环的IN输入端，调节 566 的Rp1 (**逆时针旋转**) 使R最小，用双踪示波器观察并记录 566 的输入调制信号  $e_m$  和 565 “B” 点的解调输出信号。

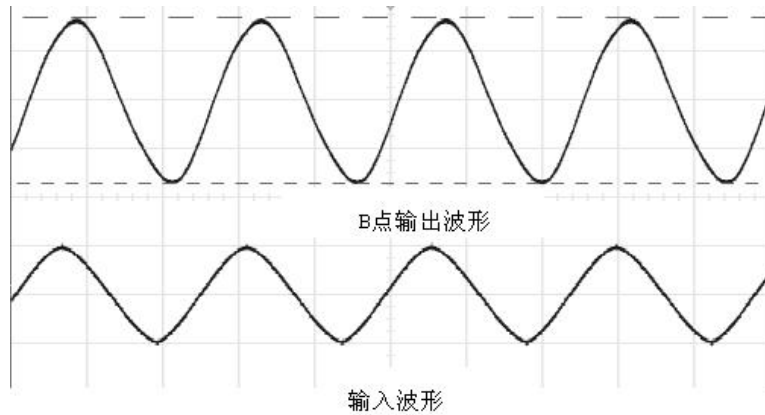


图 10-3 输入信号和对应“B”点的解调输出信号

## 2.相移键控解调器:

用峰—峰值 $V_{p-p}=0.8V$ , $f_m=1KHZ$ 的正弦波做调制信号送给调制器 566,分别观察调制器 566 的调制信号和 565 (B点) 的解调信号和比较器 311 的输出信号。

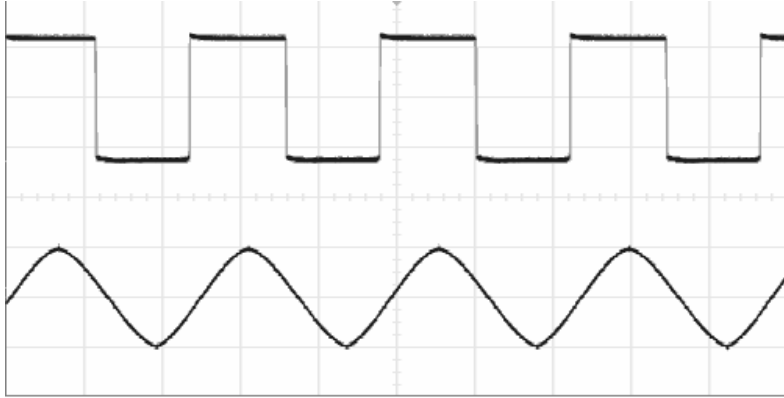


图 10-4 输入信号和对应比较器 311 的输出信号。

## 六、实验报告

- 1.整理全部实验数据、波形及曲线。
- 2.分析用集成电路(566、565)构成的调频器和解调器在联机过程中遇到的问题及解决方法。