

实验四 模拟乘法混频

一、实验目的

1. 了解集成混频器的工作原理
2. 了解混频器中的寄生干扰

二、实验内容

1. 研究平衡混频器的频率变换过程
2. 研究平衡混频器输出中频电压 V_i 与输入本振电压的关系
3. 研究平衡混频器输出中频电压 V_i 与输入信号电压的关系
4. 研究镜像干扰。

三、实验原理及实验电路说明

在高频电子电路中，常常需要将信号自某一频率变成另一个频率。这样不仅能满足各种无线电设备的需要，而且有利于提高设备的性能。对信号进行变频，是将信号的各分量移至新的频域，各分量的频率间隔和相对幅度保持不变。进行这种频率变换时，新频率等于信号原来的频率与某一参考频率之和或差。该参考频率通常称为本机振荡频率。本机振荡频率可以由单独的信号源供给，也可以由频率变换电路内部产生。当本机振荡由单独的信号源供给时，这样的频率变换电路称为混频器。

混频器常用的非线性器件有二极管、三极管、场效应管和乘法器。本振用于产生一个等幅的高频信号 V_L ，并与输入信号 V_S 经混频器后所产生的差频信号经带通滤波器滤出。

本实验采用集成模拟相乘器作混频电路实验。

因为模拟相乘器的输出频率包含有两个输入频率之差或和，故模拟相乘器加滤波器，滤波器滤除不需要的分量，取和频或者差频二者之一，即构成混频器。

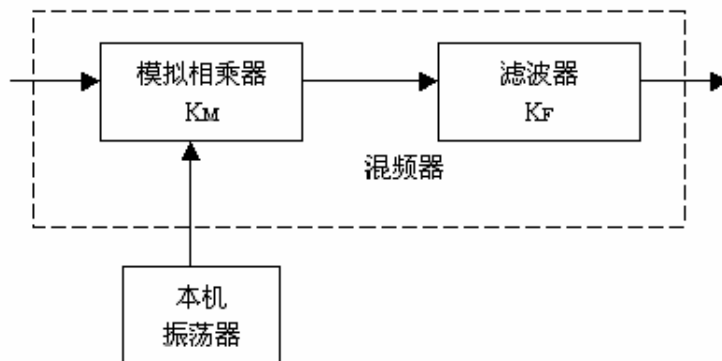


图4 -1 相乘混频方框图

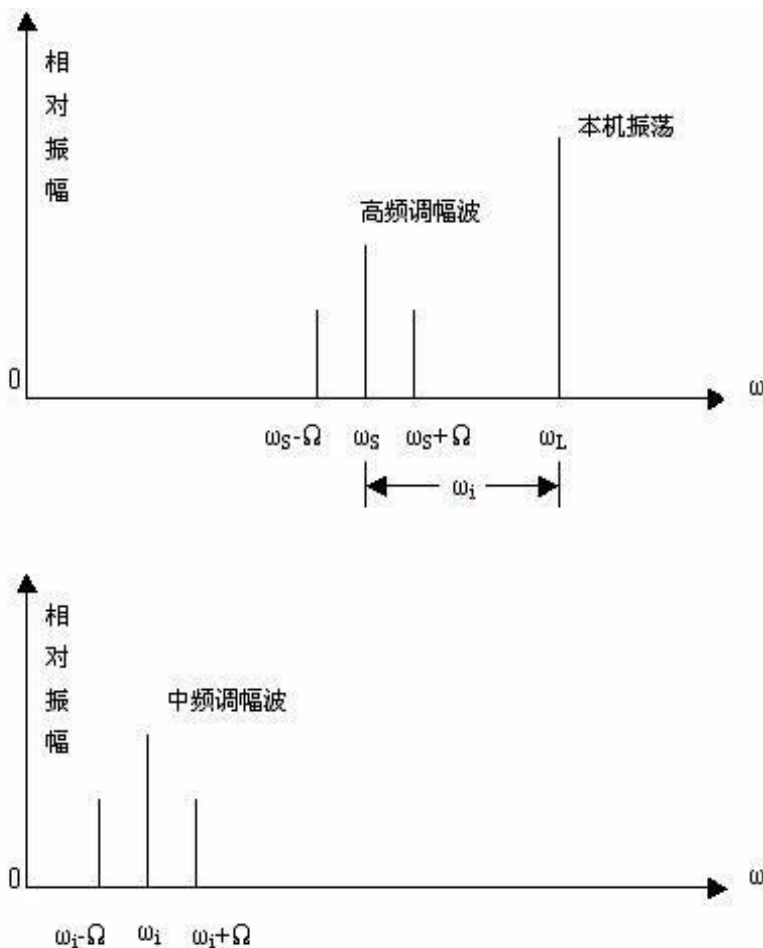


图 4-2 混频前后的频谱图

图 4-1 所示为相乘混频器的方框图。设滤波器滤除和频，则输出差频信号。图 4-2 为信号经混频前后的频谱图。我们设信号是：载波频率为 f_s 的普通调幅波。本机振荡频率为 f_L 。

设输入信号为 $v_s = V_s \cos \omega_s t$ ，本机振荡信号为 $v_L = V_L \cos \omega_L t$

由相乘混频的框图可得输出电压

$$\begin{aligned} v_0 &= \frac{1}{2} K_F K_M V_L V_s \cos(\omega_L - \omega_s) t \\ &= V_0 \cos(\omega_L - \omega_s) t \end{aligned}$$

式中
$$v_0 = \frac{1}{2} K_F K_M V_L V_s$$

定义混频增益 A_M 为中频电压幅度 V_0 与高频电压 V_s 之比，就有

$$A_M = \frac{V_0}{V_s} = \frac{1}{2} K_F K_M V_L$$

图 4-3 为模拟乘法器混频电路，该电路由集成模拟乘法器 MC1496 完成。

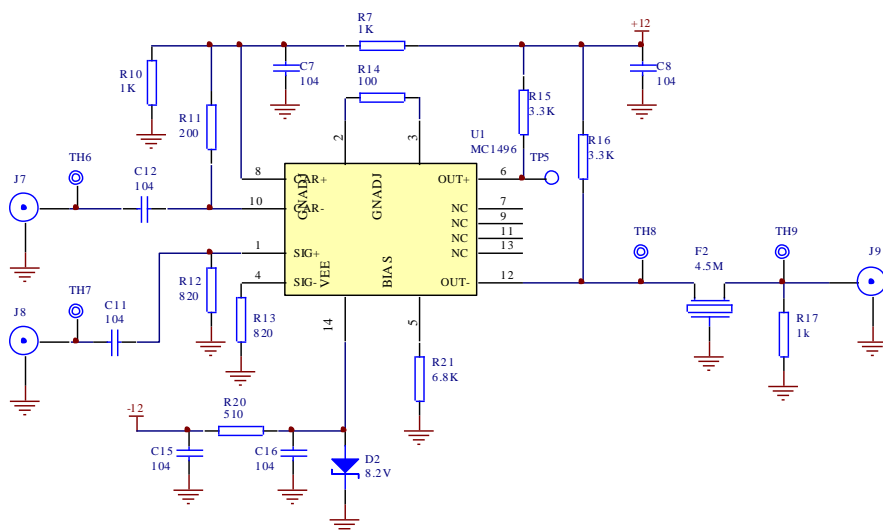


图 4-3 MC1496 构成的混频电路

MC1496 可以采用单电源供电，也可采用双电源供电。本实验电路中采用 +12V，-8V 供电。 R_{12} (820Ω)、 R_{13} (820Ω) 组成平衡电路， F_2 为 4.5MHz 选频回路。本实验中输入信号频率为 $f_s = 4.2\text{MHz}$ ，本振频率 $f_L = 8.7\text{MHz}$ 。

为了实现混频功能，混频器件必须工作非线性状态，而作用在混频器上的除了输入信号电压 V_s 和本振电压 V_L 外，不可避免地还存在干扰和噪声。它们之间任意两者都有可能产生组合频率，这些组合信号频率如果等于或接近中频，将与输入信号一起通过中频放大器、解调器，对输出级产生干涉，影响输入信号的接收。

干扰是由于混频器不满足线性时变工作条件而形成的，因此不可避免地会产生干扰，其中影响最大的是中频干扰和镜像干扰。

四、实验步骤

1. 打开本实验单元的电源开关，观察对应的发光二极管是否点亮，熟悉电路各部分元件的作用。
2. 用实验箱的信号源做本振信号，将频率 $f_L = 8.7\text{MHz}$ （幅度 $V_{LP-P} = 600\text{mV}$ 左右）的本振信号从 J8 处输入（本振输入处），在相乘混频器的输出端 J9 处用双踪示波器观察输出中频信号波形。
3. 将频率 $f_s = 4.19\text{MHz}$ （幅度 $V_{SP-P} = 300\text{mV}$ 左右）的高频信号（由 3 号板提供）从相乘混频器的输入端 J7 输入，用示波器观察 J9 处中频信号波形的变化。
4. 用示波器观察 TH8 和 TH9 处波形。



5. 改变高频信号电压幅度，用示波器观测，记录输出中频电压 V_i 的幅值，并填入表 4-1。

V_{SP-P} (mV)	200	300	400	500	600
V_{iP-P} (mV)	140	140	140	140	140

表 4-1

6. 改变本振信号电压幅度，用示波器观测，记录输出中频电压 V_i 的幅值，并填入表 4-2。

V_{LP-P} (mV)	200	300	400	500	600	700
V_{iP-P} (mV)	100	120	130	140	140	140

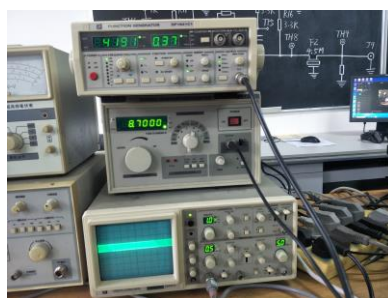
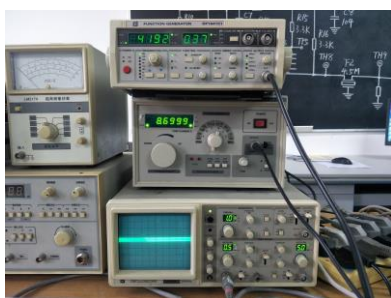
表 4-2

7. 用频率计测量混频前后波形的频率。

混频前后的频率如下：

混频前：4.760MHz

混频后：4.512MHz



8. 镜象干扰频率的观测（需外接信号源）

缓慢将高频信号发生器的输出频率从 4.2MHz 调至 13.2MHz，用示波器的双路观测载波-中频波形变化，并验证下列关系：

$$f_{\text{镜象}} - f_{\text{载波}} = 2f_{\text{中频}}$$

9. 混频的综合观测（需外接信号源）

令高频信号发生器输出一个由 1K 音频信号调制的载波频率为 4.2MHz 的调幅波，作为本实验的载波输入，外接信号源输出 8.7MHz 的本振信号，用示波器对比观察 J9 处和调制信号的波形。

五、实验报告要求

1. 整理实验数据，填写表格 4-1 和 4-2。
2. 绘制步骤 2、3、4、9 中所观测到的波形图，并作分析。
3. 在幅频坐标中绘出本振频率与载波频率和镜像干扰频率之间的关系，思考如何减小镜像干扰。
4. 归纳并总结信号混频的过程。

六、实验仪器

- | | |
|----------|-----|
| 1. 高频实验箱 | 1 台 |
| 2. 双踪示波器 | 1 台 |