

《非线性电路实验》预习报告

实验名称: Multiplier-Based Mixer 指导教师: 冯鹏 fengpeng06@semi.ac.cn
 姓名: 丁毅 学号: 2023K8009908031 班级/专业: 2308/电子信息 分组序号: 2-06
 实验日期: 2025.12.04 实验地点: 西实验楼(8号楼) 308 是否调课/补课: 否 成绩: _____

1 实验目的

- (1) 进一步学习变频电路的相关理论;
- (2) 掌握乘法混频电路的工作原理和调试方法。

2 实验仪器

- (1) 高频实验箱 - 集成乘法调幅/混频实验板 (……)
- (2) 示波器 RIGOL MSO2202A (……)
- (3) 信号发生器 GW INSTEK AFG-2225 (……)
- (4) 万用表 LINIT- UT61A (……)

3 实验原理

3.1 Basic Principles of Mixer

在通信系统中，经常需要将信号自某一频率变换为另一频率，例如把一个已调的高频信号变成另一个较低频率的同类已调信号 (Downconversion, 下变频)，又或者把一个已调的低频信号变成另一个较高频率的同类已调信号 (Upconversion, 上变频)。完成这种频率变换的电路称为变频器或混频器，它是无线通信系统中的重要组成部分。

混频器 (Mixer) 通常由非线性器件作为核心 (二极管、晶体管、模拟乘法器模块)，配合其它有源模块和无源器件组成，这些器件会将输入信号注入到非线性器件中，由其完成混频操作。近年混频器方面的技术前沿表明，混频器的带宽主要受到无源器件限制，而非受到二极管或晶体管的限制，因为后者的带宽一般能很好地满足要求。因此，设计高性能混频器的关键在于合理设计无源器件网络，以实现所需的频率响应特性。

作为射频系统中的关键组件，混频器的主要参数有：

- (1) 功率增益 (Power Gain): $G_p = \frac{P_{out}}{P_{in}}$ ，表示输出信号功率与输入信号功率之比；
- (2) 噪声系数 (Noise Figure): $NF = \frac{SNR_{in}}{SNR_{out}}$ ，表示输入信号与输出信号的信噪比之比；
- (3) 混频失真与干扰：混频器的失真包括频率失真等非线性失真，此外由于器件的非线性还存在着组合频率干扰，这些干扰往往伴随有用信号而存在，严重影响混频器正常工作，因此需关注减小混频失真与干扰；
- (4) 选择性：指混频器选出有用输出信号而滤除其他干扰信号的能力，选择性越好输出的频谱纯度越高，往往取决于输出端的带通滤波器的性能。

3.2 实验电路简要分析

本次实验采用的 Multiplier-Based Mixer (乘法器混频器) 如 Figure 1 所示，用于将高频输入信号 f_{in} 下变频 (Downconversion) 为中频输出信号 f_{out} 。

该电路整体上也分为两级，对混频功能而言，第一级为由模拟乘法器构成的混频电路，配合外围的电容电阻来控制输入信号的幅度；频率为 455 kHz 的输出经电容耦合接入作为输出隔离的第二级 (Common Collector)。

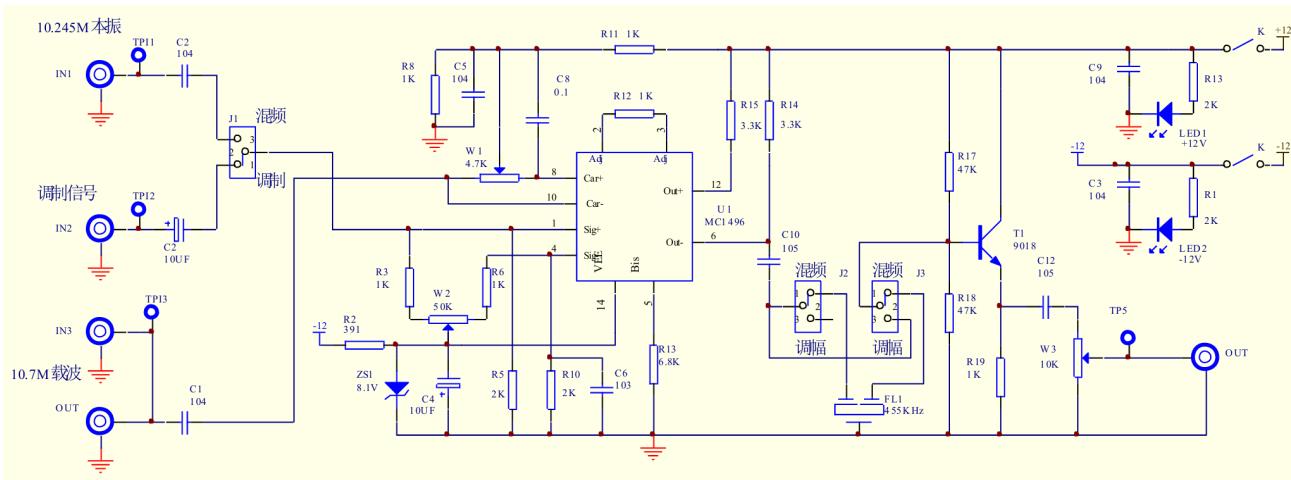


Figure 1: Multiplier-Based Mixer Schematic

实验时, 将跳线 J1, J2, J3 的二号端口连接到一号端口 (也即“混频”功能, 连接到三号端口对应“调幅”功能), 并在 IN1 (TP1) 和 IN3 (TP3) 分别输入本振 $f_{in} = 10.245\text{MHz}$ 和载波 $f_c = 10.700\text{ MHz}$, 此时混频器输出中频信号 $f_{out} = |f_{in} - f_c| = 455\text{kHz}$ 。

4 实验内容与步骤

- (1) 在实验箱上插上集成乘法器混频电路实验模块和正弦波振荡电路实验模块, 接通实验箱电源。
- (2) 在 IN1 端接入由信号发生器产生的 10.245 MHz 本振信号; 然后利用 NCE-05 实验中的正弦波振荡电路输出 10.7 MHz 载波信号, 接入混频器模块 IN3 (TP3) 端;
- (3) 调节 IN1 输入信号幅度和电阻 W1, 用示波器采样输出波形, 将数据导出到电脑用 MATLAB 进行傅里叶分析, 直至得到 455 kHz 输出信号;
- (4) 调节可变电阻 W2, 继续用 MATLAB 对输出信号进行傅里叶分析, 直至得到幅度合适、信噪比最好、失真度最小的 455 kHz 输出信号;

5 思考题

5.1 改变信号发生器提供的 IN1 输入频率时, 输出波形和频率作何变化, 为什么?