

实验六 鉴频器

一、实验电路简介

(一) 脉冲计数鉴频电路

脉冲计数鉴频电路如图 3.6.9 所示。FM 信号从 P4 输入，放大、限幅后的波形可在 TP5 得到，C12、R11 组成微分电路，R13、C13、R14、C14 组成低通滤波器。鉴频得到的低频信号从 TP9 输出。

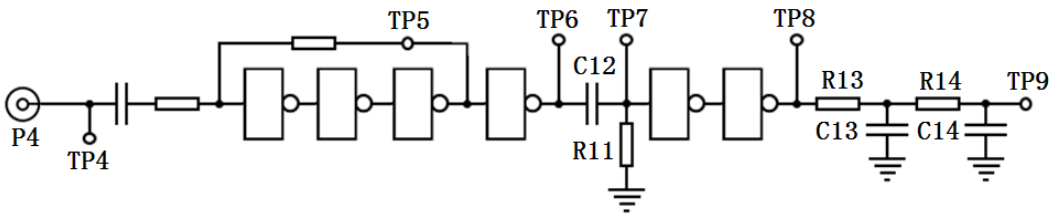


图 3.6.9 脉冲计数鉴频实验电路原理框图

(二) 电容耦合相位鉴频器

电容耦合相位鉴频器电路如图 3.6.10 所示，由 LC 双调谐耦合回路构成移相网络，D1、D2 构成平衡叠加型鉴相器。FM 信号从 P1 或 TP1 输入，调节 C3、C8、C9 可以改变鉴频器中心频率和鉴频带宽，调节 W1 可改善鉴频特性的对称性，鉴频得到的低频信号从 TP3 输出。

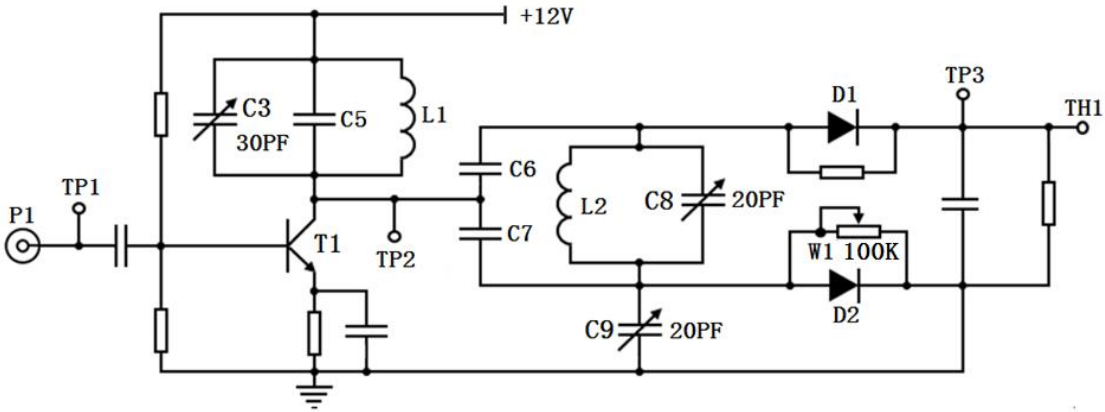


图 3.6.10 电容耦合叠加型相位鉴频器

测试端口说明：

- P1：为鉴频输入端口，其在线测试点为 TP1。
- TP2：放大器输出在线测试点。
- TP3：为鉴频输出端口，其在线测试孔为 TH1。

(三) 锁相鉴频电路

锁相鉴频电路如图 3.6.11 所示。

本实验电路是基于锁相环集成电路 4046 实现的锁相鉴频器。FM 调频信号从相位比较器 I 输入 (14 脚), PLL 入锁后, VCO 的振荡频率将跟踪调频信号的频率变化, 经低通滤波器滤去载频信号后, 从 10 脚输出解调信号。

参数调整与控制:

W1: 调节 W1 可以改变锁相环 VCO 的振荡频率。

测试端口说明:

P1: 调频波输入端口, 其在线测试点为 TP1。

TP2: 鉴频输出测试点。

TP3: VCO 输出测试点。

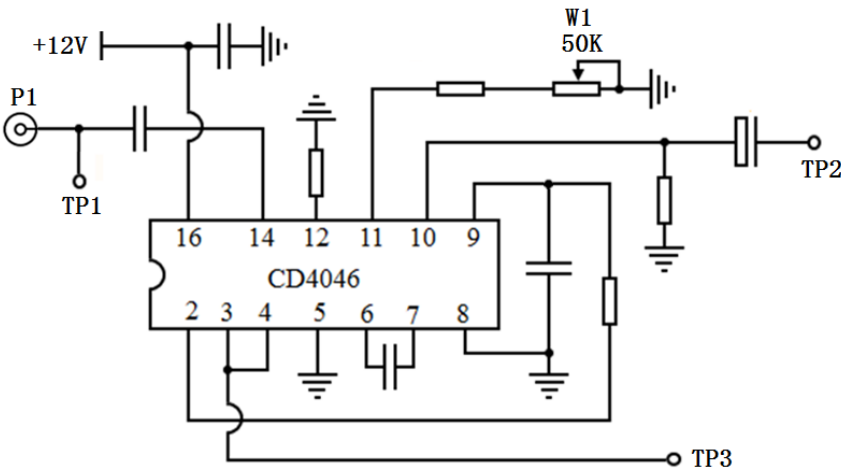


图 3.6.11 锁相鉴频实验电路

(四) 乘积型(正交)鉴频电路

正交鉴频电路原理框图如图 3.6.12 所示, 实验电路如图 3.6.13 所示。

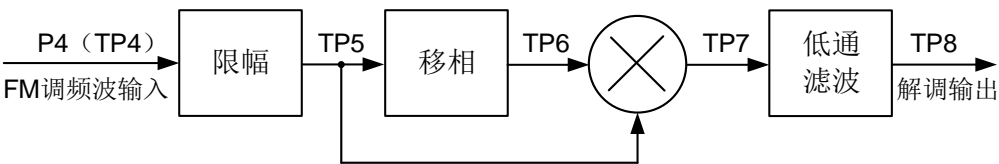


图 3.6.12 正交鉴频电路原理框图

调频信号从 P4 端口输入, 经限幅处理后送入到移相网络中, 其中限幅的作用是防止调频过程的寄生调幅混在转换后的调幅调频波中, 使最后检出的信号受到干扰。本实验提供 4.5MHz 鉴频频率。实验中使用 MCI496 构成的乘积型相位鉴频器。由电容 C29 与 T1 的并联谐振回路组成线性移相网络, 将调频波的瞬时频率的变化转变成瞬时相位的变化, 再将调频波与调频调相波相乘, 其输出经低通滤波后得到原始的调制信号。

参数调整与控制:

T1: 4.5M 鉴频时, 用于调整移相网络。

测试端口说明:

P4: 为鉴频输入端口, 其在线测试点为 TP4。

P8: 为鉴频输出端口, 其在线测试点为 TP8 或 TH8。

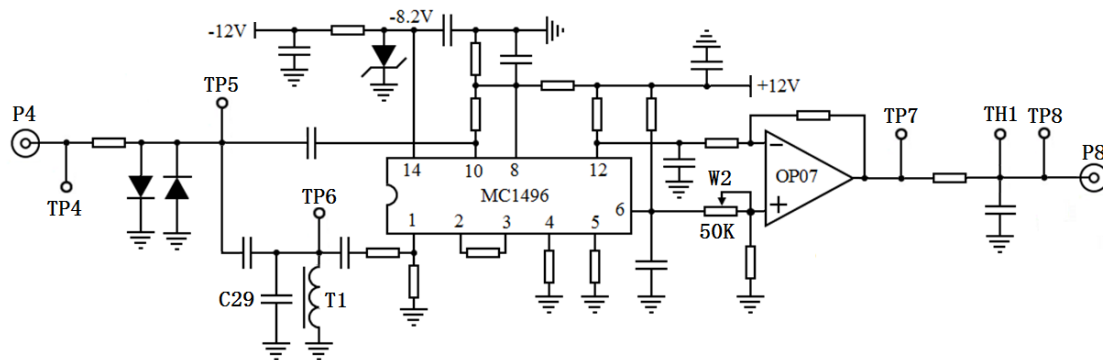


图 3.6.13 正交鉴频实验电路

二、实验内容

(一) 脉冲计数鉴频器特性参数测试

- 1、打开 G07 模块电源开关。
- 2、鉴频输入端 P4(或 TP4)接入 500mVpp、465KHz 正弦信号(由 SDG5112 提供), 用示波器观测记录放大(TP5)、限幅输出(TP6)、微分输出(TP7)、整形输出(TP8)的波形和参数。
- 3、输入端 P4(或 TP4)改为正弦 FM 信号(由 SDG5112 提供, 载波频率 465KHz, 幅度 500mVpp, 调制频率 1KHz, 频率偏移 75 KHz), 用示波器观测记录放大(TP5)、限幅输出(TP6)、微分输出(TP7)、整形输出(TP8)、低通滤波器输出(TP9, 即鉴频输出)的波形和参数。

SDG5112 操作说明: 按【Para-meter】键, 设置载波频率为 465KHz, 幅度为 100mVPP; 按【MOD】键, [调制]选择 打开, [调制类型]选择 FM, [调制频率]键入 1KHz, [频率偏移]键入 75 KHz。

- 4、从 20KHz 开始以 10KHz 为步进单位改变 [频率偏移] Δf , 最大至 100KHz, 逐一测量记录鉴频输出(TP9)电压值 u_o , 绘制 $u_o \sim \Delta f$ 曲线, 计算灵敏度 S_d 。

(二) 电容耦合相位鉴频器特性参数测试

保持 G07 模块电源开关处于开状态。

1、用频谱仪测量相位鉴频器的鉴频特性(S)曲线

测试系统连接如图 3.6.14 所示。

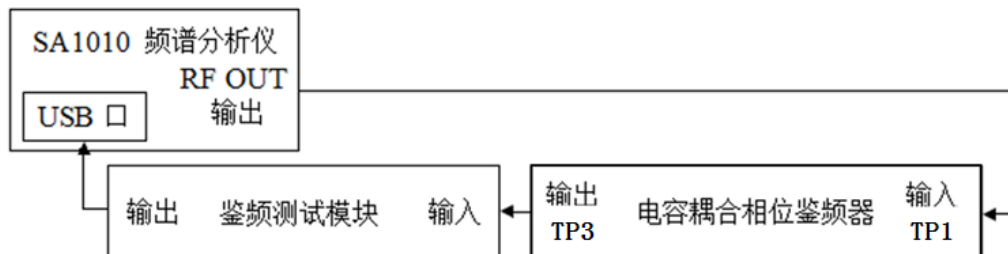


图 3.6.14 电容耦合相位鉴频器鉴频特性测试连接图

- (1) 频谱仪[中心频率] 8.5MHz, 扫宽 【Span】 5MHz, 按【Marker】激活频标 1。
开启鉴频测试功能: 按【Meas】→[下一页]→[鉴频测试 开启]→[标定]→[幅度 ×1] →[功率]设置为-24dBm→[刻度 0.5V/DIV]。

(2) 仔细调节电容 C3(上下粗调)、C8(左右粗调)、C9(左右细调)和 W1 (上下细调), 直到屏幕上出现以坐标原点(8.5MHz, 0V)上下左右基本对称的鉴频特性(S)曲线, 如图 3.6.15 所示。
记录 S 曲线、测量鉴频带宽 $2\Delta f_{\max}$ 。

Δf_{\max} 测试方法: 选择频谱仪【Marker】→[差值]→【Peak】→最大值搜索、最小值搜索, 分别读测 $+\Delta f_{\max}$ 及 $-\Delta f_{\max}$ 。

频谱仪保存 S 曲线图像至 U 盘的方法: ①[System]→保存→屏幕截图→保存至本地(记住文件名); ②从 USB 接口撤去 FD100 鉴频模块的连线; ③将 U 盘插入 USB 接口→[File]→文件操作→导出→用“↑”或“↓”选中要导出的文件→[选择], 即完成了将屏幕截图文件存入 U 盘, 之后在 U 盘内的“spectrum”文件夹里可查到所有频谱仪的屏幕截图文件。

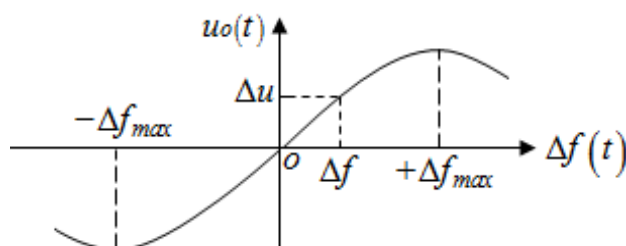


图 3.6.15 电容耦合相位鉴频器鉴频特性(S)曲线

2、用示波器测试相位鉴频器参数及特性

(1) 撤去频谱仪, 电路输入端 P1/TP1 接 FM 信号(载波频率 8.5MHz、幅度 100mVPP, 调制频率 1KHz, 频率偏移为 60KHz)。

(2) 用示波器观察记录 P3/TP3 鉴频输出信号(u_o)波形, 微调电容 C3、C8、C9, 使 u_o 幅值最大、上下对称, 再调 W1 使直流电平约为 0V, 记录 u_o 波形及参数。(示波器通道设置: DC BW, 同时测量 u_o 的峰峰值、最大电平、最小电平, 调至峰峰值最大且最大电平与最小电平的绝对值相等为最佳。)

(3) 从 20KHz 开始, 以 10KHz 步进单位, 至最大 100KHz 改变频偏, 逐一测量记录 TP3 的输出电压幅度 u_o , 绘制 $u_o \sim \Delta f$ 曲线。

(4) 关闭信号源【调制】, 输入端接入单一频率高频等幅正弦信号(SDG5112: 8.5MHz、100mVPP), 输出端 TH1 接万用表(DCV)。

(5) 微调 W1, 使 TH1 输出(直流)电压约为零(绝对值小于 10mV 即可)。

(6) 从 7 MHz 至 10MHz, 以 200KHz 步进单位改变频率(可用大旋轮调节), 逐点测量鉴频输出电压 U_o (万用表 DCV 测 TH1 点), 绘制 $U_o \sim f$ 曲线(静态 S 曲线)。

(7) (*选做) 使用示波器及【SWEEP】信号测试鉴频特性曲线。SDG5112 信号源设置: 按【Parameter】→频率: 8.5MHz→幅度: 100mVpp→【SWEEP】→起始频率: 7MHz→终止频率: 10MHz→扫频: 打开; 示波器设置: TIME/DIV: 100ms→示波器 VOLTS/DIV: 2V。记录所显示的鉴频特性曲线及其最大电平、最小电平。

(三) 锁相鉴频器特性参数测试

1、打开 G09 模块的电源开关。

2、调节【锁相鉴频器】的 W1，使锁相环 VCO 输出(TP3)的振荡信号频率为 465KHz，记录 TP3 的波形及参数。

3、电路输入端(P1 或 TP1)接入正弦 FM 信号(由 SDG5112 提供，载波频率 465KHz，幅度 1Vpp，调制频率 1KHz、频率偏移 Δf 分别为 20 KHz、30 KHz、40 KHz、...、100KHz)，分别测量记录输出 u_o (TP2)的频率和幅值随 Δf 的变化。绘制 $u_o \sim \Delta f$ 曲线，计算鉴频灵敏度 S_d 。

4、用示波器观测记录 Δf 为 100KHz 时 u_{FM} (P1 或 TP1)、 u_o (TP2)的波形及参数。

(四) 乘积型相位鉴频器特性参数测试

保持 G09 模块电源开关处于开的状态。

1、用频谱仪测量相位鉴频器的鉴频特性(S)曲线

测试系统连接如图 3.6.16 所示。

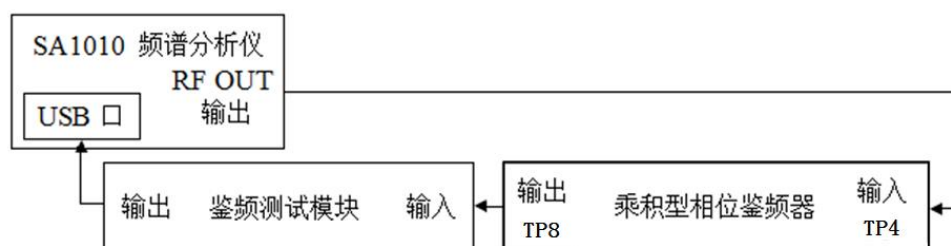


图 3.6.16 乘积型相位鉴频器鉴频特性测试连接图

(1) 频谱仪【RF OUT】连接电路输入端 P4 亦可，中心频率【FREQ】:4.5MHz，扫宽【Span】:3MHz，按【Marker】激活频标 1。

开启鉴频测试功能：按【Meas】→[下一页]→[鉴频测试 开启]→[标定]→[幅度 ×1]→[功率]：-16dBm→[刻度 0.3V/DIV]。(如果 S 曲线有失真，【Meas】→[鉴频测试]→[幅度]→[功率]设置为更小值)

(2) 仔细调节 T1(调左右对称)、W2(调上下对称)，直到屏幕上出现以坐标原点(4.5MHz，0V)上下左右基本对称的鉴频特性(S)曲线，如图 3.6.17 所示，记录 S 曲线、测量鉴频带宽 $2\Delta f_{\max}$ 。

Δf_{\max} 测试方法：选择频谱仪【Marker】→[差值]→【Peak】→最大值搜索、最小值搜索，分别读测 $+\Delta f_{\max}$ 及 $-\Delta f_{\max}$ 。

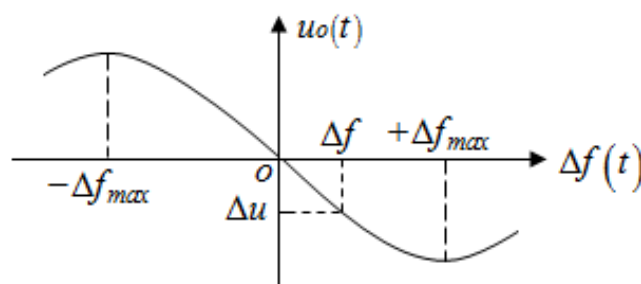


图 3.6.17 乘积型相位鉴频器鉴频特性(S)曲线

2、用示波器测试相位鉴频器参数及特性。

(1) 撤去频谱仪，电路输入端(P4 或 TP4)接正弦 FM 信号(由 SDG5112 提供，载波频率 4.5MHz、幅度 100mVPP、调制频率 1KHz、频率偏移为 75KHz)。

(2) 用示波器观察记录 TP8 鉴频输出信号(u_o)波形，微调 T1 和 W2，使 u_o 幅值最大、上下对称且直流电平约为 0V，观察并记录 TP4、TP5、TP6、TP7 及输出 TP8 的波形及参数。(示波器通道设置：DC BW，同时测量 u_o 的峰峰值、最大电平、最小电平，调至峰峰值最大且最大电平与最小电平的绝对值相等为最佳。)

(3) 从 20KHz 开始，以 10KHz 步进单位，至最大 100KHz 改变频偏，测量记录 TP8 的输出电压幅度，绘制鉴频特性 $u_o \sim \Delta f$ 曲线。

(4) 关闭信号源【调制】，输入端(P4 或 TP4)接入单一频率高频正弦信号(SDG5112：4.5MHz、100mVPP)，输出端 TH1 接万用表(DCV)。

(5) 微调 W2，使 TH1 输出(直流)电压为零(绝对值小于 10mV 即可)。

(6) 从 4 MHz 至 5MHz，以 50KHz 步进单位改变频率(可用大旋轮调节)，逐点测量记录 TH1 处鉴频输出电压 U_o (万用表 DCV)，绘制 $U_o \sim f$ 曲线(静态 S 曲线)。

(7) (*选做) 使用示波器及【SWEEP】信号测试鉴频特性曲线。SDG5112 信号源设置：按【Parameter】→频率：4.5MHz→幅度：100mVpp→【SWEEP】→起始频率：3MHz→终止频率：6MHz→扫频：打开；示波器设置：TIME/DIV:50ms→示波器 VOLTS/DIV:200mV。记录所显示的鉴频特性曲线及其最大电平、最小电平。

三、实验仪器及设备

- 1、主控、G03 模块、G06 模块、G07 模块、G09 模块；
- 2、DSO-X 2014A 数字存储示波器；
- 3、SA1010 频谱分析仪；
- 4、34450A 台式万用表；
- 5、SDG5112 函数/任意波形发生器。

四、思考题

- 1、对鉴频器的性能指标要求有哪些？
- 2、分析鉴频器输出波形出现失真的原因，实验中应如何保证鉴频输出不失真？

五、 实验报告要求

- 1、简述实验原理。
- 2、画出实验电路图。
- 3、整理实验波形、实验数据、绘制相关曲线图。
- 4、对实验现象、波形、数据、曲线、误差、感受等进行分析。
- 5、回答思考题。