

SD3240 微波收发 实验训练系统 使用 指南

石家庄数英仪器有限公司

二〇一四年

SD3240 收发实验训练系统

应用范围

SD3240 微波电路实验训练系统是由微波收发实验训练系统和微波电路测试模块箱组成的。

SD3240 微波收发实验训练系统,是以 2.4GHz TV 收发系统,进行图象、话音的微波传输为基础,该系统是由 **SD3240T** 发射机和 **SD3240R** 接收机组成的微波无线传输系统。发射机和接收机均由电路模块化结构形式组成,选用 SA9130 频谱分析仪、微波频率合成信号发生器、通用计数器、微波反射计等微波测试仪器,可进行对电路模块的技术指标进行测试,同时开展对 2.4GHzTV 收发信机传输实验。

为了提高学生的实验能力,可选配 **SD3240MW** 微波电路测试模块箱,该测试模块箱配备多种实验用的微波电路模块和微波无源器件等,利用这些电路模块和器件可组成一套微波 TV 收发系统,并开展话音、图象的无线传输,进行微波通信试验。

该 **SD3240** 微波收发实验训练系统可作为高等院校的应用电子技术专业、通信工程专业、微波技术专业、微波(电子)测量专业、电子信息专业等专业实验用的训练系统。

本系统提供一本理论与实践相结合的、可操作性、设计性、技术先进的“实验(使用)指导书”教材,指导学生开展微波通信和对微波电路及器件的测试实验。

目 录

1. SD3240 微波收发实验训练系统的特点.....	(3)
2. 2.4GHz 收发实验训练系统的组成.....	(4)
2.1 系统组成.....	(4)
2.2 实训系统连接方式.....	(4)
2.2.1 用摄像头传输图像信号方式.....	(4)
2.2.2 利用 DVD 传输图像和音乐方式.....	(5)
2.3 收发信机的组成及原理.....	(5)
2.3.1 SD3240T 发射系统 (机).....	(6)
2.3.2 SD3240R 接收系统 (机).....	(6)
2.4 发射信道频率和本振频率.....	(6)
2.5 接收信道频率和本振频率.....	(6)
3. 2.4GHz 收发实验训练系统的主要指标.....	(7)
3.1 2.4GHz 发射机的主要指标.....	(7)
3.2 2.4GHz 接收机的主要指标.....	(7)
3.3 2.4GHz 收发系统的传输特性.....	(7)
3.3.1 有效性.....	(7)
3.3.2 可靠性.....	(7)
4. 2.4GHz 收发实验训练系统的实验实例.....	(8)
4.1 实验 1 SD3240T 发射系统.....	(8)
4.2 实验 2 SD3240R 接收系统.....	(12)
4.3 实验 3 SD3240 收发系统的传输特性的检测.....	(15)
5. 微波电路模块的实验实例.....	(18)
5.1 实验 1 “驱动放大器”测试实验.....	(18)
5.2 实验 2 “锁相振荡器”测试实验.....	(21)
5.3 实验 3 “上变频器”测试实验.....	(25)
5.4 实验 4 “SD3240R TV 调制器”测试实验.....	(29)
5.5 实验 5 “SD3240R TV 解调器”测试实验.....	(38)
“SD3240 微波收发实验训练系统”整机清单.....	(45)

1. SD3240 微波收发实验训练系统的特点

1.1 2.4GHz 收发系统，采用微波 2.4GHz 信号频率----六个载频（2468MHz、2476MHz、2484MHz、2492MHz、2500MHz、2508MHz）；

1.2 2.4GHz 收发系统采用高稳定度锁相振荡器作为本振源；

1.3 2.4GHz 收发系统的电路模块，采用较先进的微波电路；

1.4 2.4GHz 收发系统，采用六个载频，可由信道选择器选择，信道间隔为 8MHz，信道之间互不干扰；

1.5 SD3240 系统可选配 SD3240MW 微波电路模块箱，该产品较完整的测试用的 2.4GHz 微波电路和器件，可选配十多种的电路和器件（可任意选择）；

1.6 可选配微波电路和器件模块的结构件和电路板，供课程设计和毕业设计；

1.7 2.4GHz 收发系统均以模块形式，便于组合和测试；

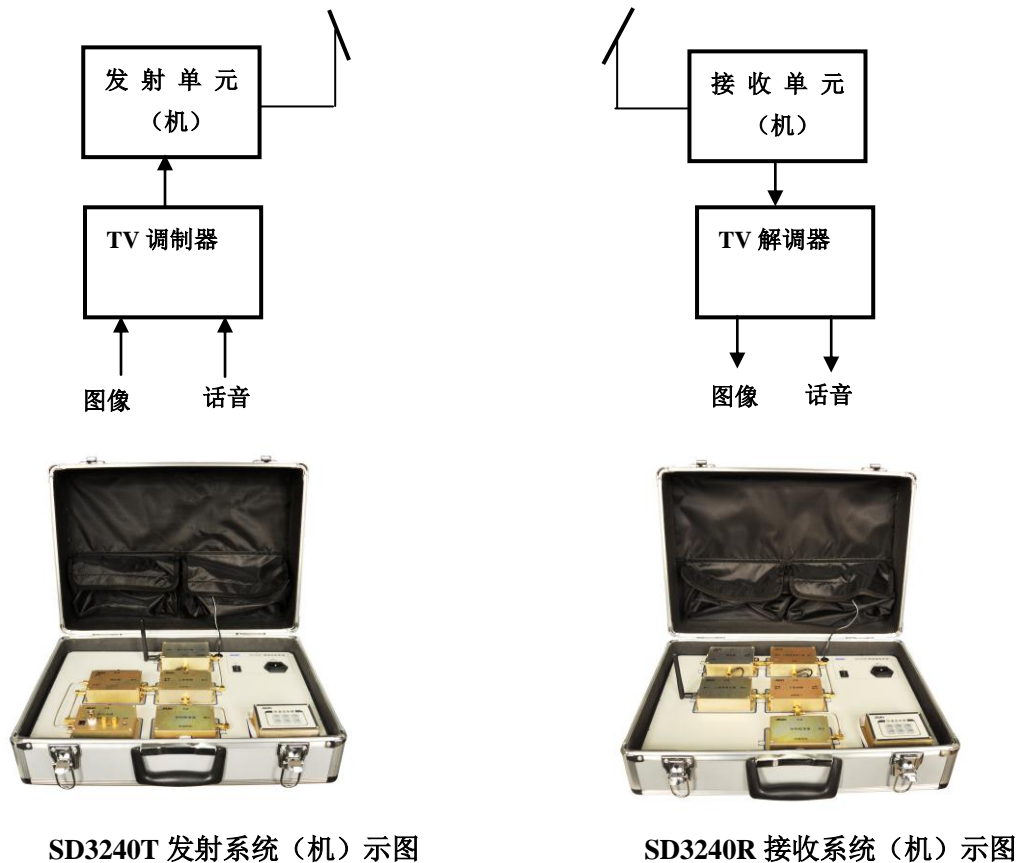
1.8 为实验系统提供射频/微波测量仪器---频谱分析仪、微波信号发生器、通用计数器、频率特性测试仪等测量仪器；

1.9 提供可操作性的“使用指导书”及相应的资料。

2. SD3240R/T 收发实验训练系统的组成

2.1 系统组成

2SD3240R/T 收发实验训练系统是由 SD324T 发射机和 SD3240R 接收机等组成的 TV（图像、语音）微波无线传输系统。图（2.1）示为 SD3240R/T 收发实验训练系统整机组成示图。



图（2.1） 2.4GHz 收发系统（机）整机组成示图

2.2 实训系统连接方式

2.2.1 用摄像头传输图像信号方式

SD3240 微波收发实验训练系统，用摄像头传输图像信号方式，如图（2.2）所示。采用彩色摄像头进行摄像图像，将图像信号进行调制器模拟调制，经频率变换为 2.4GHz 微波的已调信号，经可折天线将信号发射出去。

微波接收机接收到微弱信号，经小信号放大后经频率变换后的中频信号，再经中频滤波放大器和解调器，将解调出的图像信号由显示器显示图像，实现了图像的微波无线传输。

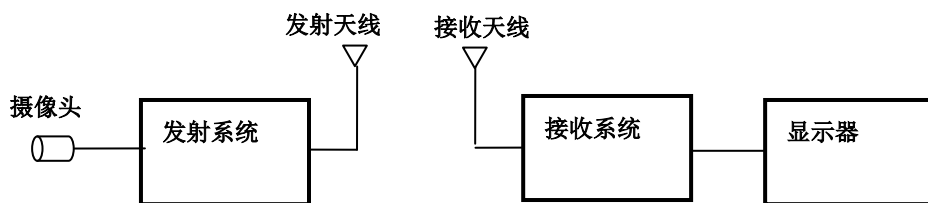


图 (2.2) 利用摄像头传输图像信号示图

2.2.2 利用 DVD 传输图像和音乐方式

按照如图 (2.2) 所示的传输方式，用 DVD 替代摄像头，实现用 DVD 信号（图像和声音）传输图像和声音的方式，如图 (2.3) 所示。

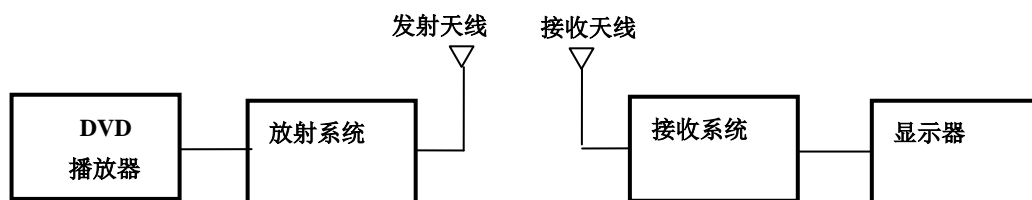


图 (2.3) 利用 DVD 播放器传输图像信号示图

2.3 收发信机的组成及原理

2.3.1 SD3240T 发射系统（机）

SD3240T 发射系统（机）是由发射单元和调制单元组成的，如图 (2.8) 所示。调制单元是由 TV 调制器和调制驱动电路组成，它是一种 TV 模拟调制，对图像信号进行调幅，而对语音进行调频。驱动电路是一种对输入模式的选择，可以输入“DVD”信号、摄像头、麦克风等信号。对图像和语音进行调制。

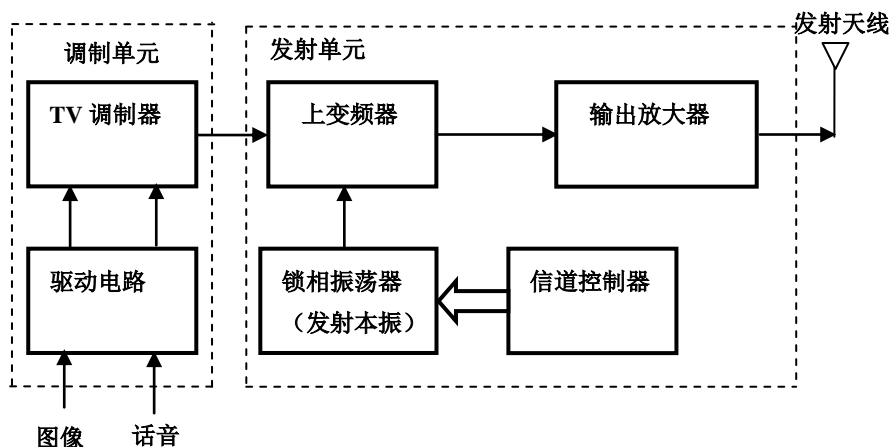
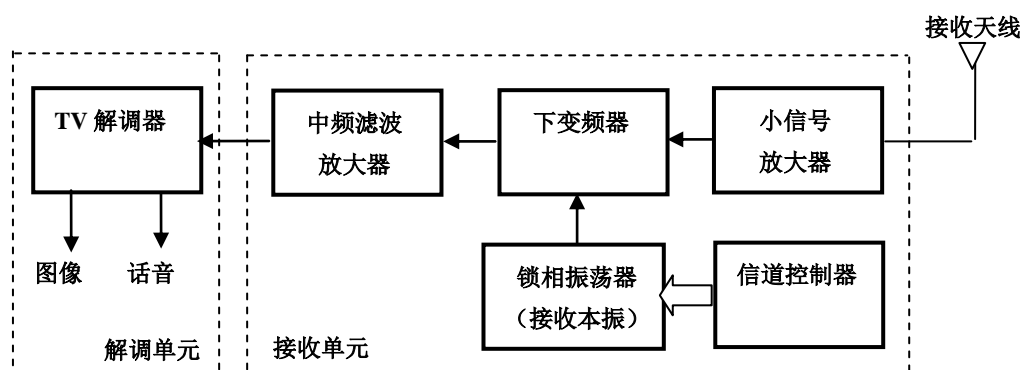


图 (2.8) SD3240T 发射系统（机）组成框图

发射单元是一台 2.4GHz 微波发射机，它是由本振源（锁相振荡器和信道控制器）、上变频器、输出放大器及发射天线组成的。调制器输出 60MHz 已调 TV 信号至上变频器，与本振信号变换为 2.4GHz 的已调微波信号，进行输出放大器放大后信号至发射天线，将 2.4GHz 已调信号发射出去。信道控制器控制锁相振荡器的频率，可控制六个信道频率，即 2468MHz、2476MHz、2484MHz、2492MHz、2500MHz、2508MHz。

2.3.2 SD3240R 接收系统（机）

SD3240R 接收系统是由接收单元、TV 解调单元、显示器等组成的，如图（2.9）所示。接收天线接收的微弱微波的信号，经小信号放大器，通过下变频器与本振频率混频，输出 38MHz 中频信号，经中频滤波放大器和 TV 解调器将已调的中频信号（38MHz）解调出图像和话音，由显示器显示。



图（2.9） SD3240R 接收机组成框图

2.4 发射信道频率和本振频率

信道	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6
发射频率	2468MHz	2476MHz	2484MHz	2492MHz	2500MHz	2508MHz
本振频率	2408MHz	2416MHz	2424MHz	2432MHz	2440MHz	2448MHz

2.5 接收信道频率和本振频率

信道	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6
接收频率	2468MHz	2476MHz	2484MHz	2492MHz	2500MHz	2508MHz
本振频率	2430MHz	2438MHz	2446MHz	2454MHz	2462MHz	2470MHz

3. 2.4GHz 收发实验训练系统的主要指标

3.1 SD3240T 发射机的主要指标

- 3.1.1 输出功率 $\geq 0\text{dBm}$;
- 3.1.2 1dB 压缩点功率 $\leq 15\text{dBm}$;
- 3.1.3 输出载频: 2468MHz、2476MHz、2484MHz、2492MHz、2500MHz、2508MHz);
- 3.1.4 底部噪声 $\leq -40\text{dBm}$;
- 3.1.5 调制特性: 已调(调幅)的载频的调幅幅度大于 20dB。

3.2 SD3240R 接收机的主要指标

- 3.2.1 接收灵敏度 $\leq -40\text{dBm}$;
- 3.2.2 选择性: 8MHz;
- 3.2.3 接收动态范围 $\geq 30\text{dB}$;
- 3.2.4 解调特性: 解调后的图像和话音正常, 即图像不失真, 话音清晰。

3.3 SD3240R/T 收发系统的传输特性

3.3.1 有效性

3.3.1.1 有效性的基本概念

微波通信系统的有效性是指单位时间内通信系统 传输信息的数量, 可以认为它是微波通信系统传输信息数量上的表征。

模拟通信系统信息传输的有效性, 常用系统有效传输带宽来衡量。系统的有效传输带宽越宽, 则可允许同时传输的信号路数就越多, 因而, 系统传输信息的有效性也越高。

3.3.1.2 指标: 每一信道为 8MHz, 总共 6 个信道, 其传输频带为 48MHz。

3.3.2 可靠性

3.3.2.1 可靠性的基本概念

微波通信系统的可靠性, 主要是由微波接收端恢复出的电信号与微波发射端的原始电信号相似的程度, 可以认为它是微波通信系统传输信息质量上的表征。

3.3.2.2 指标: 分别工作在 CH1、CH2、CH3、CH4、CH5、CH6 载频信道上, 观测显示器显示图象和话音的质量。

3.3.2.3 传输距离范围: 1m~3m。

4. SD3240 收发实验训练系统的实验实例

4.1 实验 1 SD3240T (2.4GHz) 发射系统 (机)

4.1.1 发射系统的输出载频和输出功率测量实验

4.1.1.1 实验目的:

- 1) 了解 SD3240T 微波发射系统的基本组成与设计参数;
- 2) 利用“SD3240T 微波发射系统电路模块”组合微波 TV 发射机;
- 3) 测量组合 SD3240T 微波发射系统的输出载频和输出功率。

4.1.1.2 SD3240T 发射系统的组成及其工作原理

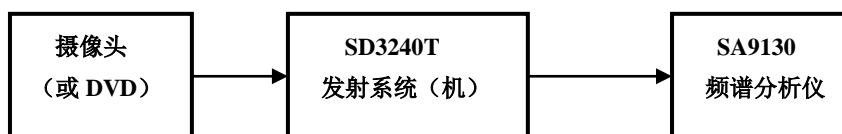
在微波通信、电视系统中,无论是语音还是数据信号、图象信号发送到远端,必须使用发射系统。SD3240T 发射系统的组成框图,如图(2.8)所示。该发射系统是由 TV 调制器、上变频器、输出放大器、本振源(锁相振荡器和信道选择器)和微波发射天线等组成。由图(2.8)表明,当摄像头摄到的图象信号和语音信号同时输入至 TV 调制器,TV 调制器对图象信号进行调幅,而对语音信号进行调频,已调信号的 60MHz 载频输入到变频器,与本振源进行变频,本振源的输出频率有 6 个频率点,通过信道选择器进行选择本振源的频率点(信道),变频器输出微波载频信号,经滤波器滤波后的输出信号,至输出放大器进行放大,至微波发射天线,通过微波发射天线将已调 TV 信号的微波信号发射出去。

根据 SD3240T 发射系统的组成,是由下面模块组成:

- 1) TV 调制器模块;
- 2) 上变频器模块;
- 3) 输出放大器模块;
- 4) 锁相振荡器模块和 SA3240TS 信道选择器模块;
- 5) SD3240T 微波收发天线。

同时,还配备一台实验用的直流稳压电源,提供各模块工作电源。

4.1.1.3 测试方框图,如图(4.1)所示。



图(4.1) 发射系统的输出载频和输出功率的测试框图

4.1.1.4 实验用到的主要设备：SA9030 频谱分析仪

4.1.1.5 测量步骤

1) “SD3240T 发射系统” 的其他连接不变，只将天线拧下，将发射端口端连接至“频谱分析仪”；

2) 设置“SD3240T 发射系统”的信道选择器信道得六个频道，分别测量发射机的六个频道发射功率，将频谱仪上的测量数据列入表（4.1）内。

表（4.1） SD3240T 发射系统的输出载频和输出功率测量数据

信道	载频	输出功率	结论	备注
CH1				
CH2				
CH3				
CH4				
CH5				
CH6				

注：当每个载频的输出功率 $\geq 0\text{dBm}$ 时，均为合格。

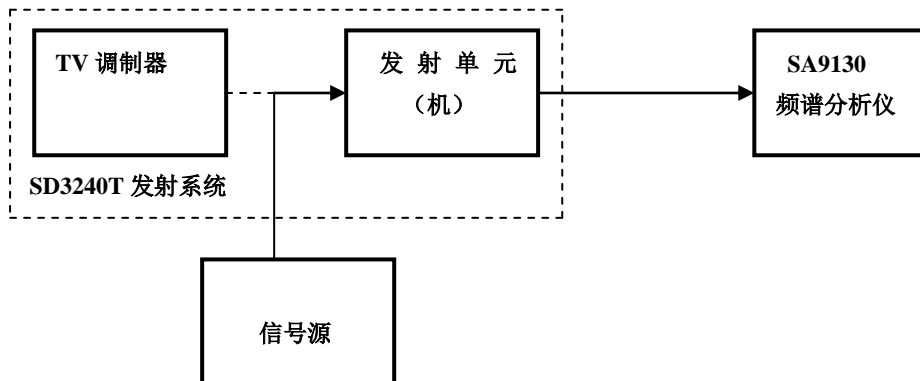
4.1.2 1dB 压缩点功率测量实验

4.1.2.1 实验目的：利用“SD3240T 发射系统”，了解微波放大电路的基本特性。

4.1.2.2 基础知识：1dB 压缩输出功率 $P_{1\text{dB}}$ 是描述放大器非线性的一个重要参数。放大器工作于小信号状态时，增益 G_T 是常数。当输入功率超过一定限度时，晶体管开始进入非线性区，这时候的功率增益开始随着输入功率的增加而下降，当增益下降到比现行增益低 1dB 时，对应的输出功率定义为 1dB 压缩输出功率 $P_{1\text{dB}}$ ，有时也简称为线性输出功率。

4.1.2.3 实验用到的主要设备：SA9030 频谱分析仪、信号源

4.1.2.4 测试方框图，如图（4.2）



图（4.2） 1dB 压缩点功率测量的测试框图

4.1.2.5 测量步骤

1) 如图(4.2)所示,将“SD3240T 发射系统”的中 TV 调制器的输出端与的混频器射频输入端断开,然后将信号源的输出接到混频器的输入端,最后将“SD3240T 发射系统”的天线拧下,输出端接到频谱仪上。

2) 初始设置信号源的输出频率为 60MHz,输出功率设置为-20dBm,然后,逐步增减信号源输出功率,并做随机调整,同时仔细观察频谱以上的输出功率读数,当频谱以上的输出功率增加值比信号源的输出功率增加值小 1dB 时的输出功率为 1dB 压缩点功率。例如,信号源的初始输出功率为 A1,此时频频谱仪上对应的“SD3240T 发射系统”的输出功率读书为 B1,然后调节信号源的输出功率为 A2 (A2 大于 A1),然后得出频谱仪上对应的读数为 B2,若 $A2 - A1 = B2 - B1 + 1$,则 B2 即为“SD3240T 发射系统”的 dB 压缩输出功率。

3) 测量结果, 1dB 压缩输出功率大约小于等于 15dBm。

4.1.3 载波抑制测量实验

4.1.3.1 实验目的: 利用“SD3240T 发射系统”,了解载波抑制的基本特性。

4.1.3.2 基础知识: 载波抑制表示没有给定任何调制信号时发射机的输出功率与给定调制信号后发射机的输出功率之比。

4.1.3.3 实验用到的主要设备: SA9030 频谱分析仪

4.1.3.4 测量步骤

1) 将“SD3240T 发射系统”的天线拧下,输出端接到频谱仪上。

2) 设置“SD3240T 发射系统”的信道选择器信道,同时测量发射机的输出频率和输出功率,将测量数据,列入表(4.2)内。此时的出的数据为载频频率和输出功率,即为给定调制信号后发射机的输出频率和功率。

3) 将“SD3240T 发射系统”的中 TV 调制器的输出端与的混频器射频输入端断开,将混频器的射频输入端悬空。

4) 设置“SD3240T 发射系统”的信道选择器信道,同时测量发射机的输出频率和输出功率,将测量数据,列入表(4.2)内。此时的出的数据为本振频率和输出功率,即为没有给定调制信号时发射机的输出频率和功率。

5) 第二步和第四步的出的数据之差即为载波抑制。

表（4.2） SD3240T 发射系统的输出载频和本振信号的输出功率测量数据

信道	载频频率和输出功率		本振频率和输出功率		结论	备注
	载频	输出功率	本振频率	输出功率		
CH1						
CH2						
CH3						
CH4						
CH5						
CH6						

4.1.4 底部噪声

4.1.4.1 实验目的：利用“SD3240T 发射系统”，了解底部噪声的基本特性。

4.1.4.2 基础知识：底部噪声表示除有用信号以外的总噪声。它表示若噪比为零时，接收机信能感知到的最小信号强度。若底部噪声过大，有用的微弱的携带信息的信号就会被淹没在噪声中，从而很难被接收机接收到。

4.1.4.3 实验用到的主要设备：SA9030 频谱分析仪

4.1.4.4 测试方框图，按图（4.1）连接。

4.1.4.5 测量步骤

- 1) 将“SD3240T 发射系统”的天线拧下，输出端接到频谱仪上。
- 2) 设置“SD3240T 发射系统”的信道选择器信道，随意设置输出信道，可以 CH3 信道为例；
- 3) 用“频谱分析仪”测量出“底部噪声”。
- 4) 一般情况下当系统的“底部噪声” $\leq -30\text{dBm}$ ，均可以正常工作。

4.1.5 调制特性

4.1.5.1 基础知识和实验目的：

在前面的介绍中我们已经知道“SD3240T 发射系统”实际上是对摄像头摄到的图象信号和话音信号进行了两次调制，第一次是当信号输入至 TV 调制器时，TV 调制器对图象信号进行调幅，而对话音信号进行调频，载频为 60MHz；第二次调制实际上使一次上变频，第一次调制得到的 60MHz 载频输入到变频器，与本振源频率进行相加（本振源的输出频率有 6 个频率点，通过信道选择器进行选择本振源的频率点），变频器输出微波载频信号，经滤波器滤波后的输出信号，至输出放大器进行放大，至微波发射天线，通过微波发射天线将已调 TV 信号的微波信号发射出去。

本实验主要是对第二次变频得到的波形进行观察、学习。第一次变频的实验后面会有具体介绍。

4.1.5.2 实验用到的主要设备：SA9030 频谱分析仪

4.1.5.3 测试方框图，按图（4.1）连接。

4.1.5.4 测量步骤

1) 将“SD3240T 发射系统”的天线拧下，输出端接到频谱仪上。

2) 设置“SD3240T 发射系统”的信道选择器信道，随意设置输出信道，可以 CH3 信道为例；

3) “SD3240T 发射系统”的最终输出即为已调的调幅信号，可在“频谱分析仪”观察其波形和输出功率等特性，调幅信号的最大幅度应大于 20dB。

4.2 实验 2 SD3240R 接收系统

4.2.1 接收系统的接收灵敏度的测量

4.2.1.1 实验目的：

- 1) 了解SD3240R接收系统的基本组成与设计参数；
- 2) 利用SD3240R接收系统电路模块”组合TV 前端接收机；
- 3) 测量组合S SD3240R接收系统的接收灵敏度。

4.2.1.2 基础知识：

在无线通讯、电视中，无论是话音还是数据信号、图象信号发送到远端，为了接收到无线电信号，必须使用微波TV 接收机。对于电视系统里的微波TV 接收机的组成框图，如图（2.9）所示。该SD3240R 微波TV 接收机是由TV 接收天线、小信号放大器、下变频器、中频滤波放大器、本振源（锁相振荡器和信道选择器）和TV 解调器等组成。由图（2.9）表明，当接收天线接收到空中微弱的微波无线电信号，经天线至小信号放大器放大后，输入到下变频器，与本振源进行变频，变频输出的中频（38MHz）信号，经中频滤波放大器放大后信号，至TV 解调器将调制信号（图象和伴音信号）解调出来，将视频图象信号至显示器显示图象；伴音信号至扬声器，可听到伴音信号。

根据SA3240R 微波TV 接收机的组成，是由下面TV 接收机电路模块组成：

- 1) 接收天线；
- 2) 小信号放大器模块；
- 3) 下变频器模块；

- 4) 中频滤波放大器模块;
- 5) TV 解调器模块;
- 6) 本振源 (锁相振荡器和信道选择器)。

同时, 还配备一台实验用的直流稳压电源, 提供各模块工作电源。

接收机的接收灵敏度定义为: 当接收机输出端为解调提供了充足的信噪比时, 接收机可检测到的最低可用信号功率。对于数字调制系统, 由最小误码率 (BER) 确定所需信号的满意再生所需要的最小信噪比 (E_b/N_0)。

接收系统的灵敏度取决于接受系统第一级接收模块, 即“小信号放大器”模块的噪声系数, 接受灵敏度越灵敏意味着模块从噪声中分辨有用信号的能力越强。这样才能把有用信号从噪声中检测出来并将其携带的信息检测并还原出来。

4.2.1.3 测试方框图, 如图 (4.3)

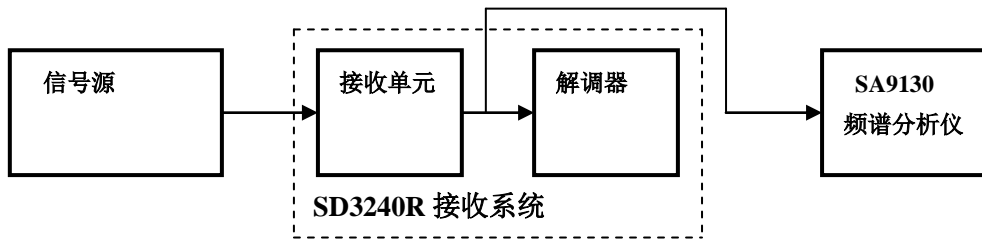


图 (4.3) 接收系统的接收灵敏度的测量框图

4.2.1.4 实验用到的主要设备: SA9030 频谱分析仪、信号源

4.2.1.5 测量步骤

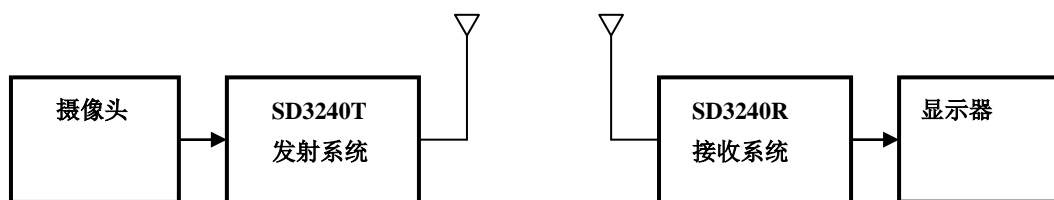
1) 把“SD3240R 接收系统”的天线拧下, 将接收端连接“微波信号源”, 调节“微波信号源”频率和输出信号幅度。“微波信号源”输出信号的频率与信道一一对应, 如, 第一信道就输出 2468MHz, 第二信道就输出 2476MHz, 第三信道就输出 2484MHz, 第四信道就输出 2492MHz, 第五信道就输出 2500MHz, 第六信道就输出 2508MHz。信号幅度初始可设为-60dBm。

2) 把“SD3240R 接收系统”中的“中频滤波放大器”的输出端和解调器的输入端断开, 然后将“中频滤波放大器”的输出端连接“频谱分析仪”, 用“频谱分析仪”测量中频 (38MHz) 信号的频谱幅度;

3) 逐步增加微波信号源输出功率, 同时仔细观察频谱仪上 38MHz 中频信号的幅度, 一般当 38MHz 中频信号的幅度大于-10dBm 时, 系统就能正常工作了, 此时的输入信号功率, 即微波信号源的输出功率, 就是接收系统的灵敏度, 大约为-50dBm。

4.2.2 选择性

4.2.2.1 测试方框图，如图（4.4）所示



图（4.4）SD3240R 接收系统的选择性的测量框图

4.2.2.2 测量步骤

选择性是由中频滤波放大器的选频带宽所决定的，SD3240R 接收系统的接收机的选择性是由解调器电路的中频（38MHz）声表滤波器的滤波带宽所决定的，该声表滤波器的滤波带宽为 8MHz，故该 SD3240R 接收系统的选择性为 8MHz。验证其选择性，可按下面方法：

- 1) 设置“SD3240T 发射系统”为 CH1 载频信道；
- 2) 设置 SD3240T 发射系统和 SD3240R 接收系统之间的距离在 1m—3m 范围内进行试验；
- 3) 同时，设置“SD3240R 接收系统”为 CH1 载频信道，可观测到图象信号，若分别设置“SD3240R 接收系统”为 CH2、CH3、CH4、CH5、CH6 载频信道，在显示器上不显示图象，尤其是观测邻近的信道，即 CH2 信道，在显示器上不显示图象；
- 4) 分别设置“SD3240T 发射系统”为 CH2、CH3、CH4、CH5、CH6 载频信道，同时，分别设置“SD3240R 接收系统”相应地观测邻近的信道，即 CH3、CH4、CH5、CH6，在显示器上不显示图象。

4.2.3 接收动态范围

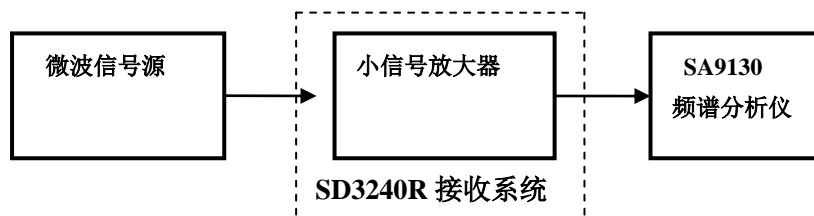
4.2.3.1 基础知识和实验目的：

接收动态范围是指接收系统输入信号允许的最小功率和最大功率的范围，动态范围的下限受噪声系数所限，并且基本上取决于噪声系数，当然也与整个系统的状态和要求有关系。动态范围的上限受非线性指标限制，有时候动态范围的上限定义为放大器的输出功率呈现 1dB 压缩点的输入功率值，有时候要求更严格一些，定义为放大器非线性特性达到指定三阶交调系数时的输入功率值。

在本实验系统中，测量“接收系统的接收动态范围”的方法基础，是测量接收机接收幅

度大小的适应性程度，通常，可采用二种方法，一种方法是接收系统正常工作时，测量输入接收系统输入端的信号幅度的范围；另一种方法，是发射机发射一定幅度的信号，如 10dBm，移动接收机和发射机之间的距离，来测定接收系统的接收动态范围。

本实验中采用第一种方法：



图（4.5）接收系统的接收灵敏度的测量框图

4.2.3.2 原理框图如图（4.5）所示。

4.2.3.3 实验用到的主要设备：SA9030 频谱分析仪

4.2.3.4 测量步骤

1) 把“SD3240R 接收系统”的天线拧下，将接收端连接“微波信号源”。调节“微波信号源”频率和输出信号幅度。通过接收灵敏度的实验我们已知接收机最小可接收的信号幅度大约为-50dBm

2) 将“SD3240R 接收系统”中小信号放大器的输出端与下变频器的输入端断开，然后将其输出端连接至频谱分析仪。

3) 初始设置微波信号源的输出频率可为 2468MHz，或选择其他五个频点也可以，输出功率设置可为-20dBm，然后，逐步增减信号源输出功率，并做随机调整，同时仔细观察频谱以上的中小信号放大器输出功率读数，当频谱以上的输出功率增加值比信号源输出功率增加值小 1dB 时的输出功率为 1dB 压缩点功率。此时微波信号源的输入功率即为接收系统的上限。例如，信号源的初始输出功率为 A1，此时频谱仪上对应的输出功率读数为 B1，然后调节信号源的输出功率为 A2（A2 大于 A1），然后得出频谱仪上对应的读数为 B2，若 $A2 - A1 = B2 - B1 + 1$ ，则 A2 即为接收系统上限频率。

4.3 实验 3 SD3240 收发系统的传输特性的检测

4.3.1 有效性检测

4.3.1.1 测试方框图，按图（4.4）连接。

4.3.1.2 测量步骤

1) 设置“SD3240T 发射系统”和“SD3240R 接收系统”之间距离为 1m；均工作在 CH1 载频信道上，观测显示器显示图象和语音；

2) 分别工作在 CH2、CH3、CH4、CH5、CH6 载频信道上，观测显示器显示图象和语音。说明收发系统的带宽为 8MHz 内图象和语音均能有效的传输。

4.3.2 可靠性检测

4.3.2.1 测试方框图，按图（4.4）连接。

4.3.2.2 测量步骤

1) 设置“SD3240T 发射系统”和“SD3240R 接收系统”之间距离为 1m（或 3m）；均工作在 CH1 载频信道上，观测显示器显示图象和语音；

2) 分别工作在 CH2、CH3、CH4、CH5、CH6 载频信道上，观测显示器显示图象和语音。根据传输的图象和语音的质量来判断微波接收端恢复出的电信号与微波发射端的原始电信号相似的程度，可以认为它是微波通信系统传输信息质量上的表征---微波通信系统的可靠性。

4.3.3 传输距离范围检测

4.3.3.1 测试方框图，按图（4.4）连接。

4.3.3.2 测量步骤

1) 设置“SD3240T 发射系统”和“SD3240R 接收系统”之间距离为 1m；均工作在 CH3 载频信道上，观测显示器显示图象和语音；

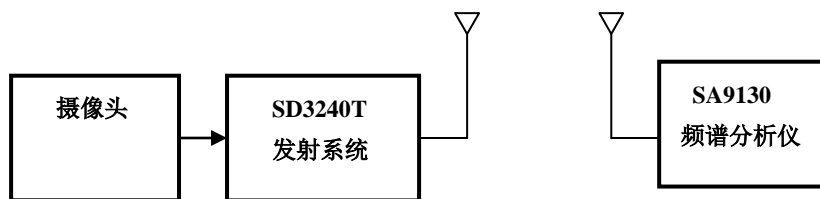
2) 然后，逐步改变“SD3240T 发射系统”和“SD3240R 接收系统”之间的距离并做记录，随着距离的增加接收系统接收信号的幅度逐渐减小，与此同时观测显示器的显示图象，是否正常。若显示正常，可确定传输距离范围。

通常，在 1m--3m 的范围内整个系统能够正常工作。

4.3.4 电磁波空间衰减以及天线接收能力实验

4.3.4.1 基础知识和实验目的：

电磁波在空间传输时会有损耗，距离源的位置越远，接收天线接收到的信号功率就越小，大部分的功率在传输过程中损耗掉了。信号功率在自由空间传播过程中的衰减是距离的函数。具体计算公式为： $P_r = P_t \times C^2 / (4\pi)^2 d^2 f^2$ 。其中 P_r 为接收功率，单位为 W； P_t 发射功率，单位为 W； C 为光速，单位为 3×10^8 m/s； d 为发射机到接收机的距离，单位为 m； f 为信号的频率，单位为 Hz。



图（4.6）天线接收能力实验原理框图

4.3.4.2 测试方框图，按图（4.6）连接。

4.3.4.3 实验用到的主要设备：SA9030 频谱分析仪

4.3.4.4 测量步骤

1) 将“SD3240R 接收系统”的天线拧下，然后将天线接至频谱分析仪的输入端。

2) 记录“SD3240T 发射系统”的天线和接至频谱仪上天线之间的天线距离，初始距离可设为 1m，随着距离的增加接收系统接收信号的幅度逐渐减小，

3) 开启“SD3240T 发射系统”，随意选择某一信道，同时读取频谱仪上的读数，此读数即为发射系统发射的功率经过自由空间损耗后被天线接收到的信号幅度。然后逐渐增加两天线之间的距离，同时记录频谱仪上的读数。可以看到随着距离的增加天线收信号的幅度逐渐减小。可在下表做记录。有兴趣的同学可以对应公式做一下验证，注意误差。

距离 (m)	1	1.5	2	2.5	3	3.5
接收信号幅度(dBm)						

5. 微波电路模块的实验实例

5.1 实验 1：“小信号放大器”测试实验

5.1.1 “小信号放大器（2.489GHz）”模块及其电原理图

5.1.1.1 电路模块内部结构示意图

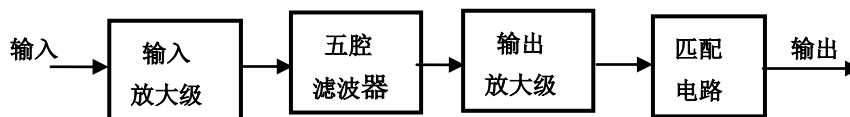
“小信号放大器”模块的结构示意图和组成框图，如图（5.1）所示。



图（5.1）小信号放大器（2.489GHz）内部电路示意图

5.1.1.2 电路原理示意图

驱动放大器的电原理示意图，如图（5.2）所示。该电路是由输入放大级、五腔滤波器、输出放大级和输出匹配电路组成的。为了保证放大器的滤波放大性能，选用微波介质滤波器，该滤波器具有高性能的滤波特性，



图（5.2）“小信号放大器”模块的电原理图

5.1.2 “小信号放大器（2.489GHz）”主要技术指标

5.1.2.1 中心频率： $f_0 = 2489\text{MHz}$ ；

5.1.2.2 3dB 带宽： $BW_{3dB} = \pm 20\text{MHz}$ ；

5.1.2.3 增益： $A \geq 25\text{dB}$ ；

5.1.2.4 带内波动： $Ripple(inBW) \leq 2.0\text{dB}$

5.1.3 实验步骤

5.1.3.1 测量“小信号放大器”模块的增益和带内波动特性

(1) 用网络分析仪来测量小信号放大器的增益和带内波动特性

对于小信号放大器来说，功率增益是指信源和负载都是 $50\ \Omega$ 的标准阻抗情况下实测的增益。带内波动是指工作频带内功率增益的起伏，常用最高增益与最小功率之差表示。一般要求工作频带内增益变化要平缓，不允许增益有陡变。

1) 按照如图 (5.3) 连接，测量“小信号放大器”的“功率增益”；

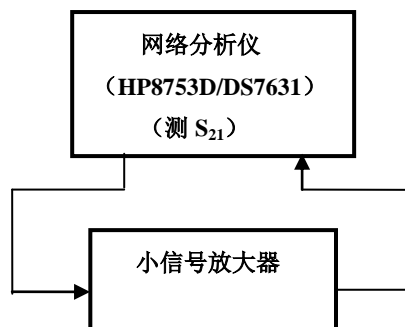


图 (5.3) “功率增益” 测量框图

2) 设置网络分析仪的频率范围为 2.4-2.5GHz，网络分析仪工作在测量 S_{21} 状态，并对网络分析仪进行校准，同时设置网络分析仪的输出功率为-10dBm；

3) 将小信号放大器按图 (5.3) 接好，并加电。测量“小信号放大器”的幅频特性（增益）。同时也可以确定带内波动指标。

(2) 用频谱分析仪来测量小信号放大器的增益

1) 按照如图 (5.4) 连接，测量“小信号放大器模块”的增益

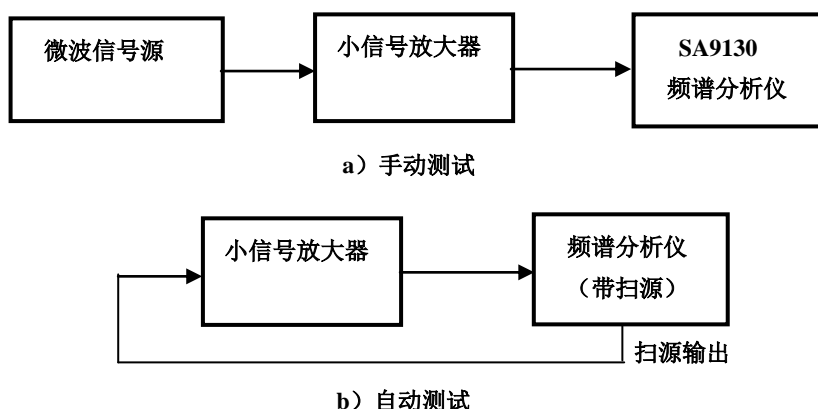


图 (5.4) 用频谱分析仪测量放大器增益测试框图

2) 设置微波信号发生器（具有扫源功能）的工作频率范围为 2.4-2.5GHz，同时，调节输出幅度为-10dBm；

3) 频谱分析仪的工作频率设置为 2.45MHz；SPAN 设置为 200MHz；

4) 用频谱分析仪的“TRACE”键中的最大保持功能，测量放大器的幅频特性。同时

确定带内波动指标。

5.1.3.2 驻波比测量

1) 用网络分析仪测量驻波比：驻波比反映了整个模块 $50\ \Omega$ 系统的匹配程度。驻波比越小越好。

2) 按照如图 (5.5) 连接，测量“小信号放大器模块”的驻波比；

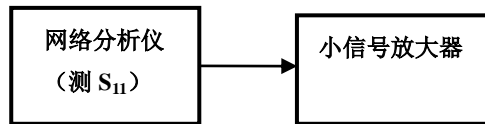


图 (5.5) 驻波比测量框图

3) 设置网络分析仪的频率范围为 2.4-2.5GHz；输出功率为-10dBm；

4) 网络分析仪工作在测量 S_{11} 状态，并对网络分析仪进行驻波校准；

5) 测量“小信号放大器模块”的输入驻波比，将小信号放大器的输入端与网络分析仪相连，然后在网络分析仪上读出放大器的输入驻波；

6) 测量“小信号放大器模块”的输出驻波比，将小信号放大器的输出端与网络分析仪相连，然后在网络分析仪上读出放大器的输出驻波。

5.1.3.3 三阶交调的测量

三阶交调系数是放大器十分重要的一个指标。高增益的情况下有可能是放大器进入非线性，这时候信号的各频谱分量之间将产生交叉组合频率，从而产生交叉干扰，为了定性的计量交叉干扰，通常用两个正弦信号频谱分量所产生的谐波成分来做定量的分析。

等幅信号输入放大器时，输出信号中存在各种阶次的交调分量，其中三阶交调分量 ($2\omega_i - \omega_{i+1}$ 和 $2\omega_{i+1} - \omega_i$) 与基波信号角频率 (ω_i 和 ω_{i+1}) 非常接近，不可能把他们从信道中滤除，因此三阶交调分量就成为干扰信号。

1) 按照如图 (5.6) 连接，测量“小信号放大器模块”的三阶互调；

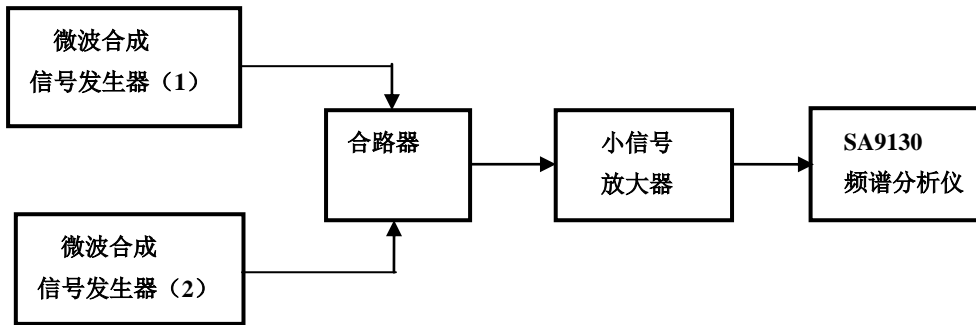


图 (5.6) 三阶交调指标测量框图

2) 设置微波合成信号发生器 (1) 的频率为 2450MHz; 微波合成信号发生器 (2) 的频率为 2451MHz, 两个信号频率相差 1MHz; 同时两个信号的幅度均为-10dBm。并且在频谱分析仪上观察两个信号发生器的信号幅度, 必须要相同, 当不同时, 可调节其中一台信号发生器的输出幅度, 最终是二者的幅度相同均为-10dBm。

3) 将两个微波信号加至合路器, 两信号经合路后输入至被测“小信号放大器”的输入端, 经放大后信号, 由于电路的非线性, 就会产生三阶互调, 再用频谱分析仪分别来测量三阶交调频率 $2 \times 2450 - 2451 = 2449\text{MHz}$ 和 $2 \times 2451 - 2450 = 2452\text{MHz}$ 的幅度并做记录, 然后用其中较大的数值减去基波的幅度-10dBm 得出的就是三阶交调系数。

5.2 实验 2 : “锁相振荡器” 测试实验

5.2.1 “锁相振荡器” 模块及其电原理图

5.2.1.1 锁相振荡器的组成及原理

在通信系统中, 锁相振荡器是一种很重要的电路, 锁相振荡器一般作为微波收/发信机的变频链路的频率基准。为了保证通信设备的低噪声和频率稳定度等技术特性, 必须采用低相位噪声和高稳定度的锁相振荡器作为本振源。锁相振荡器一般是由晶体振荡器、锁相振荡电路、放大器和衰减器等单元组成, 如图 5.7 所示。

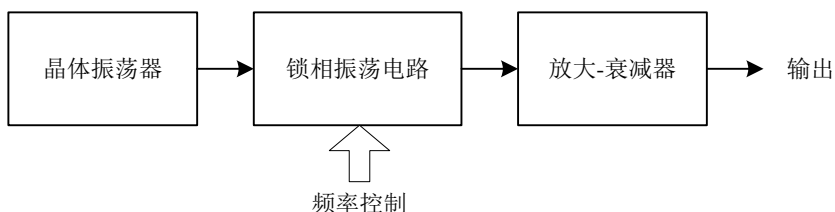


图 5.7 锁相振荡器的组成框图

锁相振荡器受晶体振荡器的控制, 其输出信号的频率稳定度取决于晶体振荡器的频率稳定度, 具有输出信号频率稳定度高的优点。为了保证输出信号的电平可以调节, 在锁相

振荡器输出端连接一个放大-衰减电路，通过可调衰减器来实现输出信号的电平调节，调节范围一般在 20dB 左右。这种锁相振荡器可以作为微波收/发信机的本振源，输出电平通常在-10~ +10dBm 的范围内。

一种实用的锁相振荡器的组成框图，如图 5.8 所示。它的锁相振荡电路是由频率合成器、环路滤波和压控振荡器组成的锁相环电路，可以产生 890 ~ 960MHz 的微波信号，其输出频率是通过频率控制端口由单片机的串行码进行控制，频率步进为 10KHz。

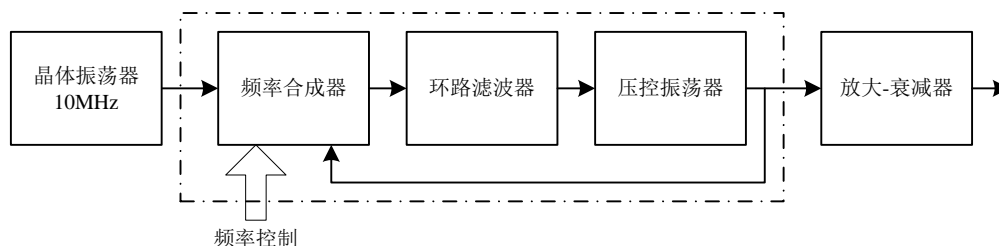


图 5.8 锁相振荡器的实例电路

5.2.1.2 本系统电路模块内部结构示意图，如图（5.7）所示。



图（5.7） 锁相振荡器（2.4—2.5GHz）内部电路示图

5.2.1.3 电路原理示图

锁相振荡器电路是由 PLL 振荡器组件、放大器、PIN 管衰减器和输出放大器组成，如图（5.8）所示。

PLL 振荡器组件是该电路的核心，是一种更稳定度的锁相振荡器的组件，该组件输出频率为 2.4-2.5GHz，其步进为 100KHz。作为发射系统和接收系统的本振源，具有较高频率稳定度。PIN 管控制衰减器用来调节输出幅度。

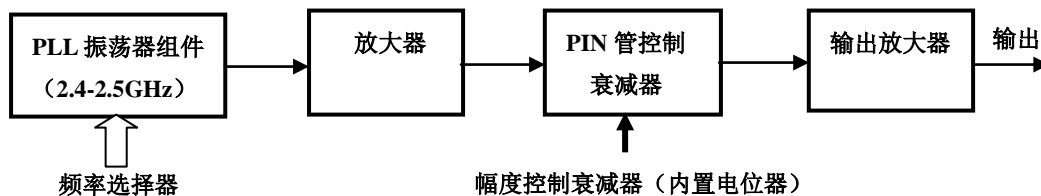


图 (5.8) 锁相振荡器组成框图

5.2.2 “锁相振荡器”主要技术指标

5.2.2.1 最低频率 $f_L = 2400MHz$ ，最高频率 $f_H = 2500MHz$ ；

5.2.2.2 输出幅度 $P_0 \geq 10dBm$ ，

5.2.2.3 频率稳定度 $\frac{\Delta f}{f} \leq 5 \times 10^{-6}$ ，

5.2.2.4 输出频率

1) 发射机的本振源的输出频率：2408MHz、2416MHz、2424MHz、2432MHz、2440MHz、2448MHz。

2) 接收机的本振源的输出频率：2430MHz、2438MHz、2446MHz、2454MHz、2462MHz、2470MHz。

5.2.3 实验步骤

5.2.3.1 测量“锁相振荡器”模块的输出频率和频率稳定度

1) 按照如图 (5.9) 连接，测量“锁相振荡器”的频率和频率稳定度

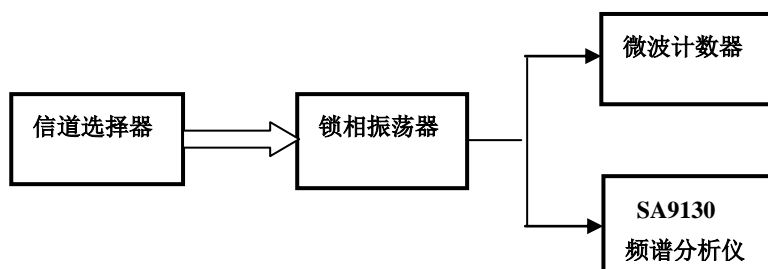


图 (5.9) 测量频率和频率稳定度的测试框图

2) “锁相振荡器电路模块”接通电源，其输出端接至“微波计数器”，同时，将微波计数器工作在闸门时间为 1 秒时，测量锁相振荡器输出频率，记下此测得的频率值。

3) 在测量 2 锁相振荡器的频率稳定度时，预热 10 分钟后，每隔 5 分钟测量一组 (10 次数据) 频率数据，再计算出平均频率，测量 1 小时，将测试数据记下，列入表 (5.1) 内。

表（5.1） “锁相振荡器电路模块” 的频率特性的测试数据

时间（分）	实测频率值（MHz）										平均频率
起始											
5 分钟											
10 分钟											
15 分钟											
20 分钟											
25 分钟											
30 分钟											
35 分钟											
40 分钟											
45 分钟											
50 分钟											
55 分钟											
60 分钟											

5.2.3.2 测量“锁相振荡器电路模块”的输出幅度特性

1) 用频谱分析仪测量输出幅度特性，按照如图（5.9）连接。

2) 将“锁相振荡器模块”接通电源，其输出端至“频谱分析仪”，观测锁相振荡器输出的频谱和输出幅度，记下此测得的输出幅度即功率 dBm。将测试数据记下，列入表（5.2）内。

表（5.2） 锁相振荡器输出幅度

信道	本振频率		实测本振幅度	
	发射系统的本振	接收系统的本振	发射系统的本振	接收系统的本振
CH1	2408MHz	2430MHz		
CH2	2416MHz	2438MHz		
CH3	2424MHz	2446MHz		
CH4	2432MHz	2454MHz		
CH5	2440MHz	2462MHz		
CH6	2448MHz	2470MHz		

3) 通过实测本振输出幅度，若达不到 $P_0 \geq 10dBm$ 时，可打开屏蔽盖，调节该电路模块中的电位器，通过减小 pin 二极管衰减电路的衰减量，使其本振输出幅度满足指标要求。

5.2.4 测试数据处理

5.2.4.1 对锁相振荡器电路模块的测试数据进行分析 and 计算

- 1) 根据测试输出频率和频率稳定度数据，计算出 1 小时内的输出频率稳定度；
- 2) 根据输出幅度特性的测试数据，计算出输出幅度即 dBm 值。

5.2.4.2 将测得的数据（曲线），画成如下曲线：

- 1) 锁相振荡器的输出频率与时间的关系曲线;
- 2) 画出锁相振荡器的输出幅度与频率曲线, 并进行带内输出幅度的不平坦度。

5.3 实验 3：“上变频器（60—2489MHz）”测试实验

混频器是典型的频谱搬移器件, 是通信系统中极为重要的组成部分。混频器是一种实现频率变换的电路, 通常用于将载波为 f_1 的已调制信号变换为载波为 f_2 的已调制信号, 这种频率变换应该保持原来的已调制信号的调制方式和调制特性不变, 即所承载的信息不变而且不失真。

从混频器电路的形式来看, 混频器通常可以分为两种: 二极管混频器和三极管混频器。二极管混频器有单管混频器、双平衡混频器及三平衡混频器等。其中二极管平衡混频器在本振信号和射频信号之间有良好的隔离度, 并且可以有效抑制本振信号的调幅噪声, 对各种其它的混频杂散也有所抑制, 得到了广泛应用。

5.3.1 “上变频器”模块及其电原理图

5.3.1.1 电路模块内部结构示意图, 如图 (5.10) 所示



图 (5.10) 上变频器内部示图

5.3.1.2 电路原理示图

SD3240T 发射系统中上变频器, 如图 (5.11) 所示, 是将调制器输出信号 MD_{out} 至上变频器射频输入端, 已调信号频率为 60MHz, 经过低通滤波器后至混频器与本振信号频率进行混频, 混频后输出信号经放大器放大, 再通过匹配电路输出高中频, 其频率 $f_{IF} = 2468 - 2508MHz$ 。该电路里本振信号, 通过匹配电路后加到混频器, 起到与射频输入信号隔离作用。根据采用的微波混频器件, 本振信号幅度必须满足大于 10dBm。

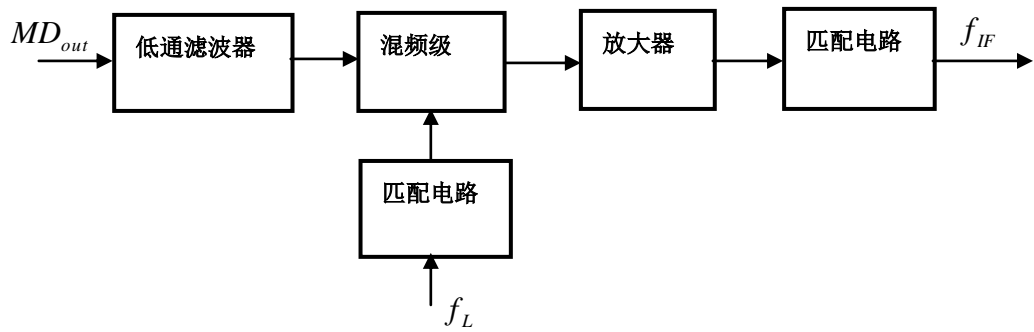


图 (5.11) 上变频器的电原理图

5.3.2 主要指标

1. $f_L = 2408\text{MHz}, 2416\text{MHz}, 2424\text{MHz}, 2432\text{MHz}, 2440\text{MHz}, 2448\text{MHz}$;
2. $f_{MD} = 60\text{MHz}(70\text{MHz})$;
3. $f_{IF} = 2468 - 2508\text{MHz}$;
4. $L_A = 0 - 5\text{dB}$;
5. $P_{RF} \geq -20\text{dBm}(60\text{MHz})$;
6. $P_L \geq 10\text{dBm}$

5.3.3 实验步骤

5.3.3.1 按图 (5.12) 所示的测试框图连接，测试该上变频器的变频状态。

5.3.3.2 调整合成(DDS 函数)信号发生器输出信号作为射频输入信号，其频率为 60MHz，输出幅度为 -20dBm ，而锁相振荡器输出信号作为本振信号，其频率为 6 个信道频率，即 2408MHz、2416MHz、2424MHz、2432MHz、2440MHz、2448MHz，输出幅度为 $\geq 10\text{dBm}$ 。经微波混频器件混频输出高中频信号，其频率为 2468MHz、2476MHz、2484MHz、2492MHz、2500MHz、2508MHz，用频谱分析仪测量高中频信号频率，其幅度约 $\geq -20\text{dBm}$ ，则工作正常，若偏差较大，可调节上变频器的射频输入低通滤波器、输出的匹配电路、本振信号幅度等参数。直至工作正常。

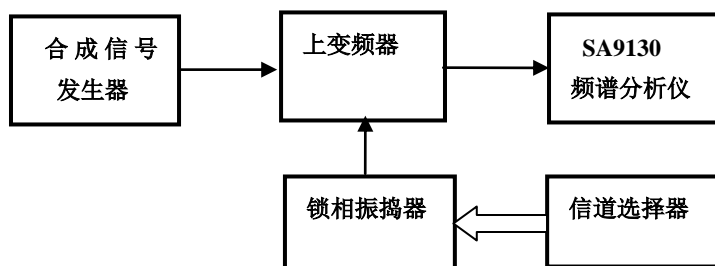


图 (5.12) 调试二极管变频器的变频状态的框图

5.3.3.3 测试

(1) 变频损耗的测量

1) 按照如图 (5.13) 所示的上变频器的变频损耗测量框图连接

2) 根据“变频损耗”的定义，即变频器的变频损耗等于单边带中频输出功率与射频输入功率之比，用 dB 表示。分别测量出射频信号的功率和中频输出的功率，可计算出变频器的变频损耗值。

3) 在不同的信道频率上进行混频，测量上变频器的“变频损耗”，将测试数据列入表 (5.3) 内。

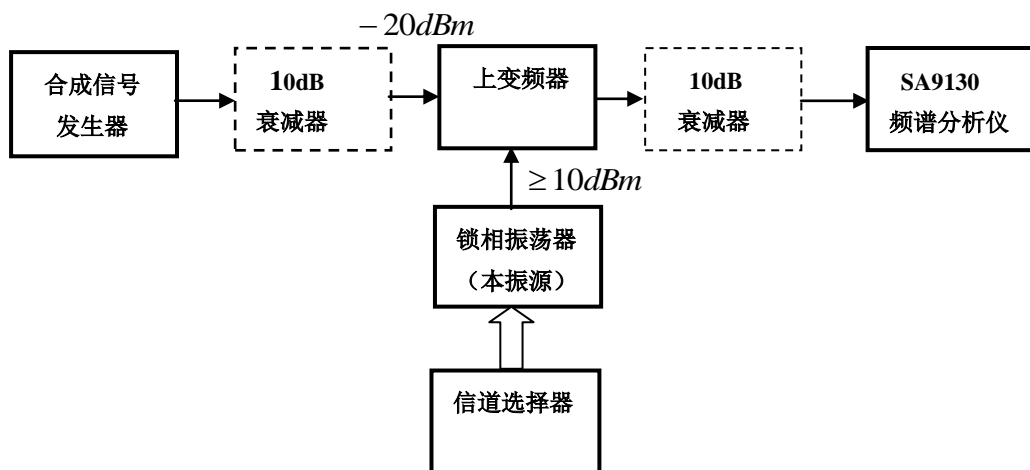


图 (5.13) 混频器的变频损耗测量框图

表 (5.3) 上变频器的上变频损耗 L_A 测量数据 (射频频率 $f_{RF} = 60MHz$ 时)

本振频率 f_L	高中频频率 f_{IF}	射频功率 P_{RF}	高中频功率 P_{IF}	变频损耗 L_A
2408MHz	2468MHz	-20dBm		
2416MHz	2476MHz	-20dBm		
2424MHz	2486MHz	-20dBm		
2432MHz	2492MHz	-20dBm		

2440MHz	2500MHz	-20dBm		
2448MHz	2508MHz	-20dBm		

注： 1. 混频器的本振信号功率 $P_L \geq 10\text{dBm}$ ；

2. 射频输入功率为 -20dBm （该幅度是调制器输出的幅度）。

经测试上变频器的变频损耗，应达到 $L_A = 0 - 5\text{dB}$ 。

(2) 测量混频器的本振-中频间的隔离度

1) 按照如图 (5.14) 所示的混频器的本振-中频间的测量框图连接

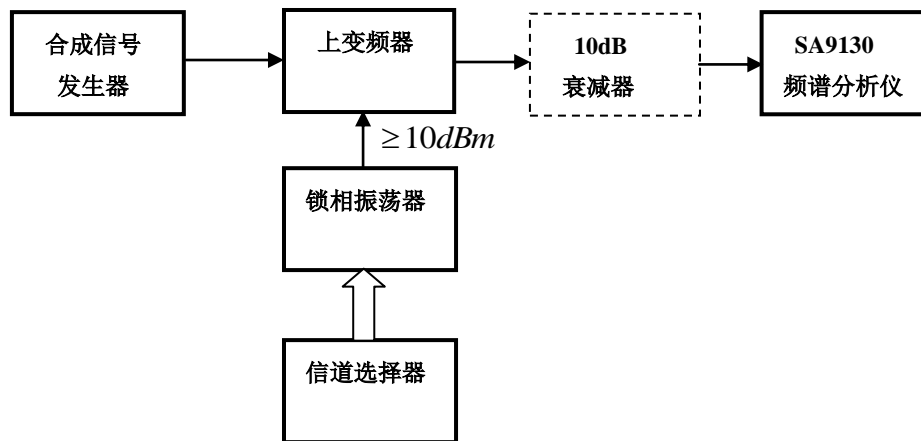


图 (5.14) 测量混频器的本振-中频间的隔离度框图

上述测量隔离度，实际上，是测量混频器的本振信号在中频输出的泄漏幅度，用频谱分析仪来测试。

2) 根据上变频器的本振-中频间的隔离度的定义，分别测量出本振信号的幅度（功率）和中频信号输出的幅度（功率），可计算出上变频器的本振-中频间的隔离度。

3) 在不同的频率上进行混频，测量的混频器的本振-中频间的隔离度，将测试数据列入表 (5.4) 内。

表 (5.4) 混频器的本振-中频间的隔离度的测量数据（射频频率为 60MHz）

本振频率 f_L	高中频频率 f_{IF}	射频频率 f_{RF}	本振功率 P_L	中频信号功率 P_{IF}	隔离度
2408MHz	2468MHz	60MHz	+10dBm		
2416MHz	2476MHz	60MHz	+10dBm		
2424MHz	2486MHz	60MHz	+10dBm		
2432MHz	2492MHz	60MHz	+10dBm		
2440MHz	2500MHz	60MHz	+10dBm		
2448MHz	2508MHz	60MHz	+10dBm		

5.3.4 实验结果处理

5.3.4.1 对上变频器的变频损耗测试数据进行分析 and 计算

- 1) 根据测试数据，计算出变频损耗 L_A ；
- 2) 在不同信道频率时的上变频器的变频损耗测试数据，进行分析，同时画成信道频率---变频损耗 L_A 的曲线。

5.3.4.2 对上变频器的隔离度测试数据进行分析 and 计算。

5.4 实验 4：SD3240T TV 调制器测试实验

5.4.1 实验目的：

5.4.1.1 掌握 TV 调制器电路的基本工作原理及功能；

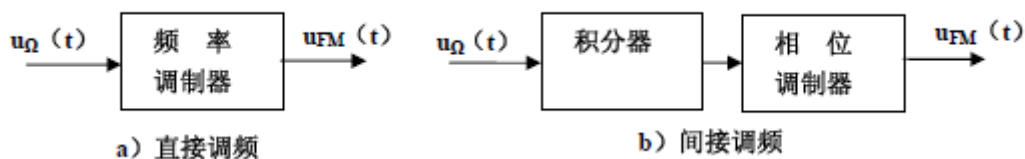
5.4.1.2 利用“SD3240T1 TV 调制器”模块的实际测量，了解 TV 调制器的基本特性。

5.4.2 基础知识

根据电视传象的原理及过程，TV 发射机必须将图象信号进行调幅，而话音信号要进行调频，为此，TV 发射机里的 TV 调制器是实现这样的功能。在 TV 接收机中，要重现图象和伴音，必须从调制的载波信号中取出图象（视频）及伴音（音频）信号，这个过程正好与发送端的“TV 调制器”过程相反。因此被称为“解调”或“检波”。对于调幅波的解调常称为“检波”，而调频波的解调叫做“鉴频”。

5.4.2.1 调频原理

当高频正弦载波的角频率随调制信号 $u_{\Omega}(t)$ 线性变化，而初相和幅度保持不变时，称为频率调制，简称为调频（FM）；当载波的初相 $\theta(t)$ 随调制信号线性变化，而角频率和幅度保持不变时，称为相位调制，简称为调相（PM）。调频波和调相波随着调制信号变化的规律不完全相同，其表达式、性质和实现方法也不同，但它们之间有着一定的关系。通过对调频波和调相波的分析表明，调频和调相可以互相转换，因此，实现调频的方法有两种，即直接调频和间接调频，实现调频的电路原理框图，如图（6.1）所示。



图（6.1）调频电路原理框图

图（6.1）a 是用调制信号直接对载波进行频率调制，得到的调频波；图（6.1）b 是

先对调制信号 $u_{\Omega}(t)$ 积分，得到 $\int u_{\Omega} dt$ ，再由这一积分信号对载波进行相位调制，得到的已调信号相对 $u_{\Omega}(t)$ 而言是调频波。同样原理，也可以给出实现调相的原理，其原理框图，如图 (6.2) 所示。

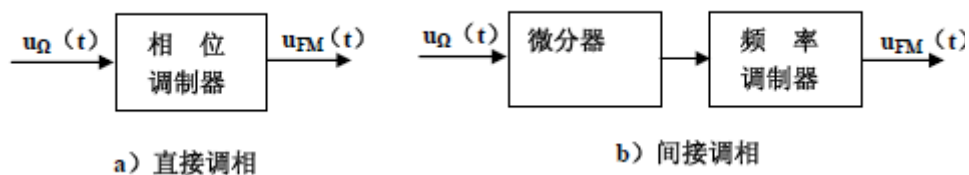


图 (6.2) 调相电路原理框图

图 (6.2) a 是用调制信号直接对载波进行相位调制，得到的调相波；

图 (6.2) b 是先对调制信号 $u_{\Omega}(t)$ 微分，得到 $d u_{\Omega}(t)$ ，再由这一微分信号对载波进行频率相位调制，得到的已调信号相对 $u_{\Omega}(t)$ 而言是调相波。

5.4.2.2 调频的基本方法

(1) 直接调频基本方法

直接调频基本方法体现在电路上，就是利用调频信号直接控制影响振荡频率的元件参数。例如在 LC 正弦振荡器中，把一个可变电抗接入 LC 回路，并使可变电抗元件的电抗随调制信号而变，则振荡器的频率也随之变化，实现了调频。

用可变电抗实现直接调频的原理示意图，如图 (6.3) 所示，该调频电路是由振荡器和可控电抗元件组成，振荡器可采用 LC 振荡器或晶体振荡器等，而可控电抗元件，通常采用变容二极管。

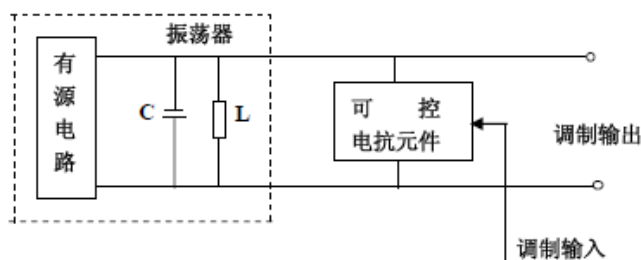


图 (6.3) 用可变电抗实现直接调频

直接调频的优点是容易得到较大频偏，缺点是频率稳定性不高，易产生调频失真。

(2) 间接调频基本方法

由图 (6.1) b 表明的间接调频基本原理图，间接调频的主要技术是如何实现调相。间接调频的优点是产生振荡过程与调制过程分可，电路上可以利用中心频率高稳定的晶振来实现，使得调制式失真较小。

5.4.2.3 调频电路

(1) 变容二极管调频电路

变容二极管调频电路常用通信机、调频信号发生器等设备里，其优点是电路简单、工作频率高，所需要的调制信号功率小，这种直接调频电路的调频频偏较大，且非线性失真较小。

直接调频电路里采用变容二极管实现调频，变容二极管是利用 PN 结的结电容随反相电压变化这一特性组成的一种压控元件，将变容二极管接入 LC 振荡器的振荡回路，并用调制信号电压去控制变容二极管的电容量，可使振荡频率受调制信号控制，实现调频。

1) 工作原理

在变容二极管调频电路里，变容二极管可作为 LC 振荡器的振荡回路的总电容，也可以是回路电容的一部分。变容二极管作为振荡回路总电容的原理图，如图 (6.4) 所示。

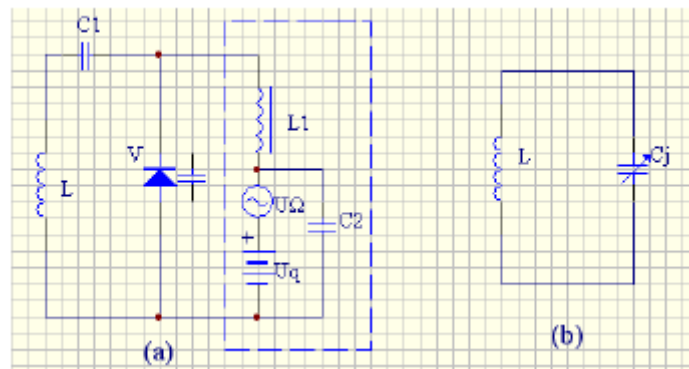


图 (6.4) 变容二极管作为振荡回路总电容的原理图

图 (6.4) a 中的各元件分别为：

Cj 为变容二极管呈现在电容；

L 为振荡回路的电感；

C1 为隔直电容，其容量的选择应对高频近似短路，对调制信号近似开路；

L1 为高频扼流圈，其高频感抗很大，近似开路；

C2 电容量的选择，应使其容抗对高频近似短路，对低频调制信号近似开路。

总之，根据上述的元件的功能和作用是：一方面把 $u\Omega$ 、 U_0 有效地加给变容二极管，以控制其电容量 C_j 随 $(u\Omega + U_0)$ 变化；另一方面又不影响振荡回路性能。

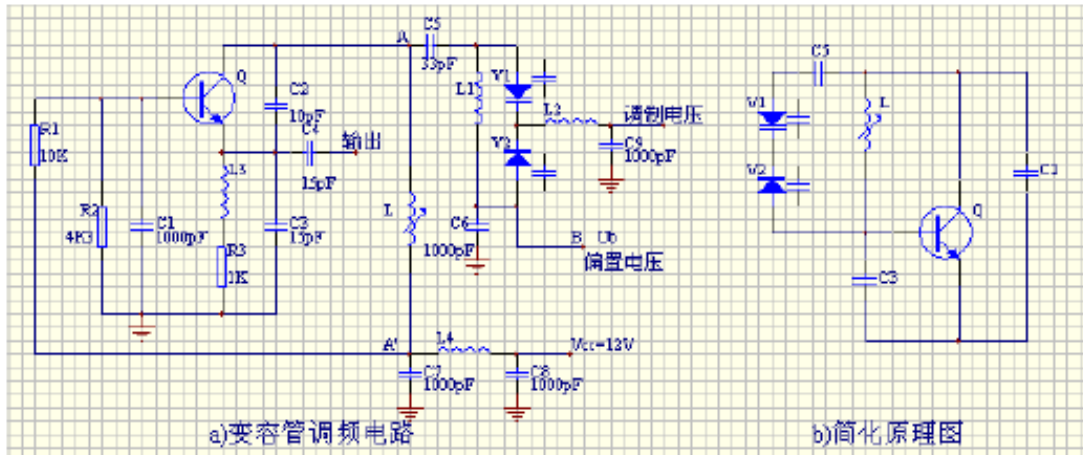
图 (6.4) b 示为振荡器的高频等效电路，实际上是由振荡回路的电感 L 和变容二极管呈现在电容 Cj 组成的振荡回路，该振荡回路是决定于振荡频率。

2) 调频分析：由图 (6.4) b 可写出回路的谐振角频率，即振荡器的振荡频率：

$$\omega_c = 1/\sqrt{LC_j}$$

3) 实用调频电路---变容管调频

一种变容管调频电路，如图（6.5）所示，该电路是一种电容反馈三点式振荡器，这种调频电路可应用于通信机中的调频电路，图（6.5）a 是变容管调频电路，而图（6.5）b 是简化原理图。



图（6.5）变容二极管调频电路以及简化原理图

该调频电路是由振荡器和调频回路组成的，振荡器的谐振回路是由 L、C2、C3 组成的，调制信号经高频扼流圈 L2 控制变容管的结电容 C_j ，变容管经隔直电容接入谐振回路实现变频。改变偏压 U_b 和电感 L 的数值可使振荡器的振荡频率变化范围在 50MHz~100MHz 之间。

5.4.2.4 间接调频电路

上述的直接调频电路，调制过程是在高频振荡器内进行的，因而由于调制引起的高频振荡器频率稳定度下降。为了提高振荡器的频率稳定度，应使回路电抗元件高度稳定，其值不应受外界温度、湿度及电源电压变化等影响。而为了实现频率调制，电抗元件的参量值应受调制信号电压（或电流）的控制，换言之，电抗元件值对调制信号电压必须起敏感反应。显然，在两种是矛盾的，为此，最好的方法是调制不在振荡器中进行，而在后级进行。因为，一个振荡器产生的高频信号的相位，后级电路是可以使它改变的，利用这种原理来实现调频，这种调频是间接调频的基本思路。间接调频的关键在于任何实现调相。间接调频法的实现电路模型，如图（6.7）所示。由图（6.7）可以看出，间接调频的特点是调制不在主振荡器内直接实现的，而是在后级进行，这样调制与振荡便可分别在不同电路级内完成，所以振荡器的频率稳定度不受影响，容易保持中心频率稳定。此外，从实现间接调频电路模型还可看出，间接调频的关键电路是调相电路，所以，研究间接调频电路，实质上就是研究调相电路。

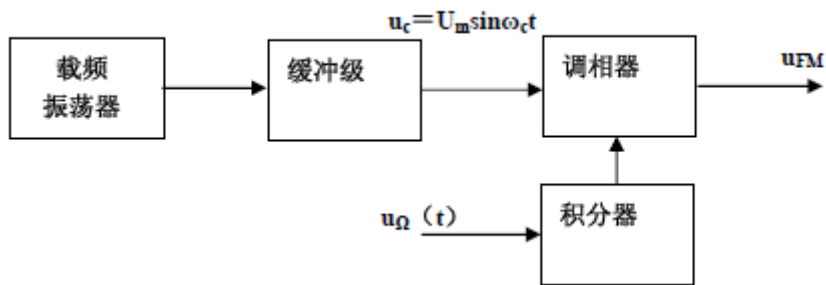


图 (6.7) 间接调频电路模型图

常用的调相电路主要有两种，即变容二极管调相和脉冲调相电路。

(1) 利用变容管失谐回路实现调相

利用变容管失谐回路实现调相是一种可变移相法调相电路，如图 (3-7-8) 所示。这种电路的基本原理是将振荡器产生的载波电压 $U_c \cos \omega_c t$ 通过一个由调制电压 u_Ω 控制的移相网络，使该网络移相为： $\varphi = k_p U_\Omega \cos \Omega t$ 则移相网络的输出电压即为所需要的调相波，即 $u_c = U_c \cos(\omega_c t - \varphi) = U_c \cos(\omega_c t - k_p U_\Omega \cos \Omega t) = U_c \cos(\omega_c t - M_p \cos \Omega t)$ (6-7-1)

在电路上，把受调制信号控制的变容管接在放大器的谐振回路里，回路的谐振频率随调制信号变化。当载波通过此回路时，由于失谐会产生相移，从而实现调相。

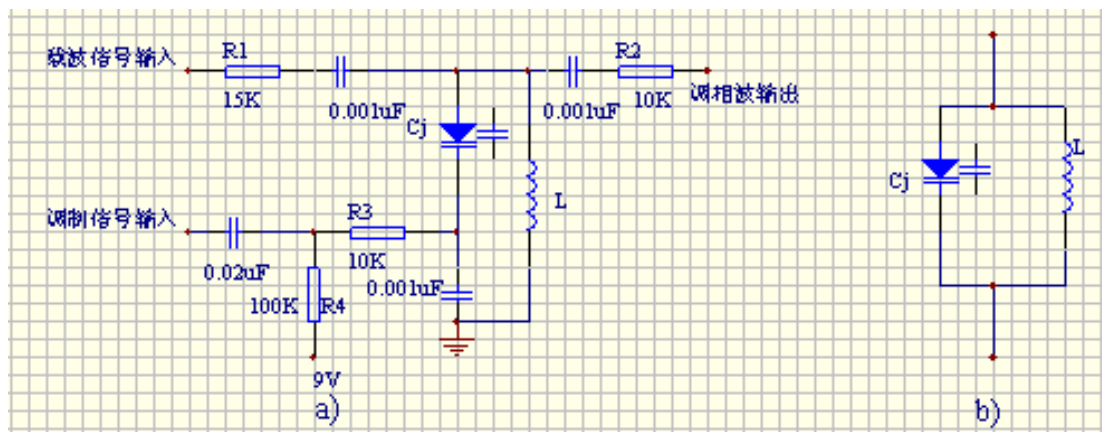


图 (6.8) 变容管调相电路

由图 (6.8) 表明，谐振回路的瞬时角频率 $\omega_0(t)$ 与变容管的变容指数 n 、调制度 m (设 m 较小) 有关。可得： $\omega_0(t) = \omega_c + \Delta\omega_0(t) = \omega_c + nm\omega_c \cos \Omega t / 2$ (6-7-2)

当频率为 ω_c 的载波信号通过回路时，回路失谐，若回路失谐不大时 ($\varphi \leq \pi/6$)，并考虑 $\omega_0 \approx \omega_c$ ，可得 $\varphi = M_p \cos \Omega t$ ，即实现了相移 φ 与调制信号成正比的调相要求。

5.4.2.5 视频调幅

幅度调制电路是通信、电视等电路，特别是无线发射机的重要组成部分，按输出功率

的高低，可分为高电平调幅电路和低电平调幅电路。高电平调幅电路一般置于发射机的最后一级，是功率电平较高的情况下进行调制。电路除了实现幅度调制，还具有功率放大的功能，以提供有一定功率要求的调幅波。另一类是低电平调幅电路，产生小功率的调幅波。一般在发射机的前级实现低电平调幅，再由线性功率放大器放大已调幅信号，得到所要求功率的调幅波。视频调幅，是低电平调幅电路，低电平调幅电路，通常有两种调制方法，即模拟相乘器调幅电路和晶体二极管平衡调幅电路。

1) 模拟相乘器调幅电路

用于实现调幅的模拟相乘器可采用 MC1596G (1496)、AD534、BB4214 等。图 (6.9) 给出了用 MC1596G (MC1496) 实现调幅的电路。

由图 (6.9) 看出，调制信号 $u_{\Omega}(t)$ 由 MC1596G 芯片的 1 脚输入，高频载波 $u_c(t)$ 由 8 脚输入，已调信号由 6 脚输出。为了获得合适的直流电压 U_0 ，以调节 M_a 大小，在输入端的 1、4 之间接入了两个 $750\ \Omega$ 电阻， $50\text{K}\ \Omega$ 的电位器（也称为调零电路）。一般要求输入载波信号在 $(100\text{---}400)\ \text{mV}$ ，调制信号在 $(10\text{---}50)\ \text{mV}$ ，以避免已调信号失真。输出端也可以加带通滤波器，抑制无用频率分量的输出。

用 MC1596G 也可以产生抑制载波的双边带调幅信号，一般称为“平衡调幅电路”。仍可以用图 (6.9) 所示的电路图，但为了控制输出载波分量的泄露量，要进行平衡调节。为此，可将两个 $750\ \Omega$ 电阻换成两个 $10\text{K}\ \Omega$ 。一般要求载波输出功率低于边带输出功率 40dB 以上，为了提高输出已调幅信号的频谱纯度，输出端也可以接入带通滤波器。

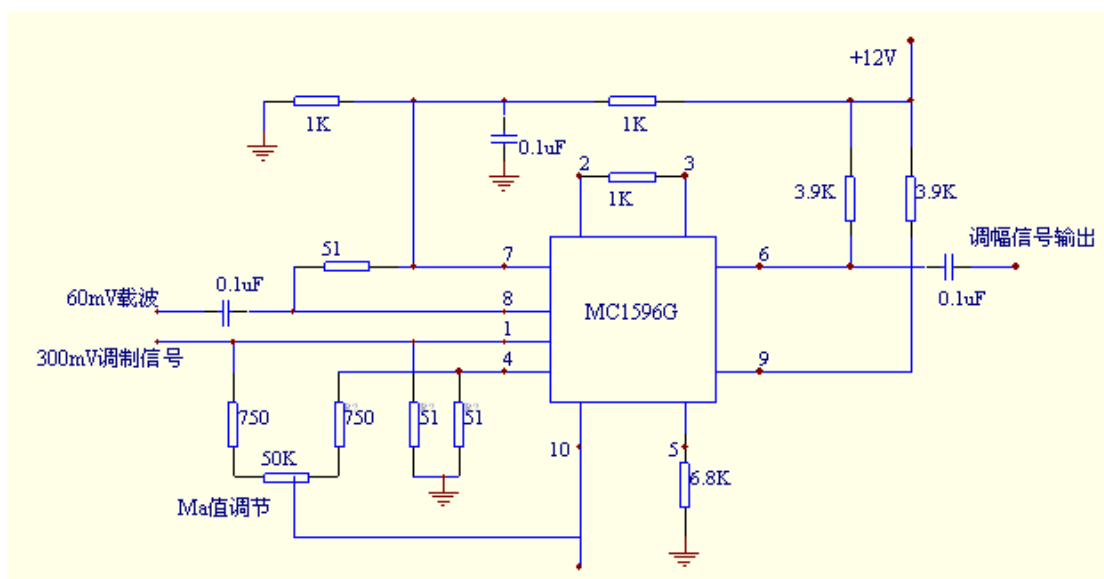


图 (6.9) 用 MC1596G 实现调幅电路图

2) 晶体二极管平衡调幅电路

利用二极管的非线性可以构成相乘器，可以实现调幅，并且采用平衡、对称的电路形式，以保证调幅的性能要求。

晶体二极管组成的相乘电路，在两个输入信号中，如果其中一个为低频调制信号，另一个为高频载波信号，则在输出端可得到调幅信号。

5.4.3 实验设备：

SA9030 频谱分析仪

5.4.4 实验项目

5.4.4.1 分析“SD3240T 调制电路模块”的主要特性及功能；

5.4.4.2 测量“SD3240T 调制电路模块”的主要指标。

5.4.5 “SD3240T1 调制电路模块”的电路及指标要求

5.4.5.1 “SD3240T 调制电路模块”的电路图

“SD3240T TV 调制器模块”的电路图，如图(6.10)所示，该电路模块是选用 MC1374 TV 调制器电路芯片，实现对电视视频图象信号进行调幅，同时，对伴音信号进行调频，通过芯片内部的幅度调制电路对视频图象信号进行调制，通过芯片内部的调频电路，将伴音信号进行调频。同时，将已调的信号载频输出，该模块电路输出载波频率为 60MHz。

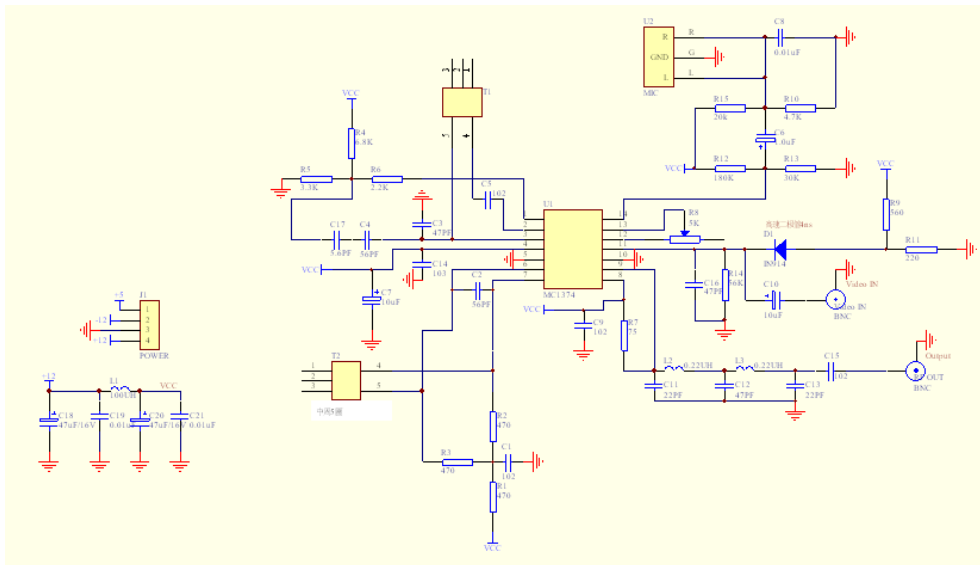


图 (6.10) “SD3240TV 调制器模块”的电路图

5.4.5.2 MC1374 TV 调制器电路芯片应用图及其主要指标

1) MC1374 TV 调制器电路芯片应用图

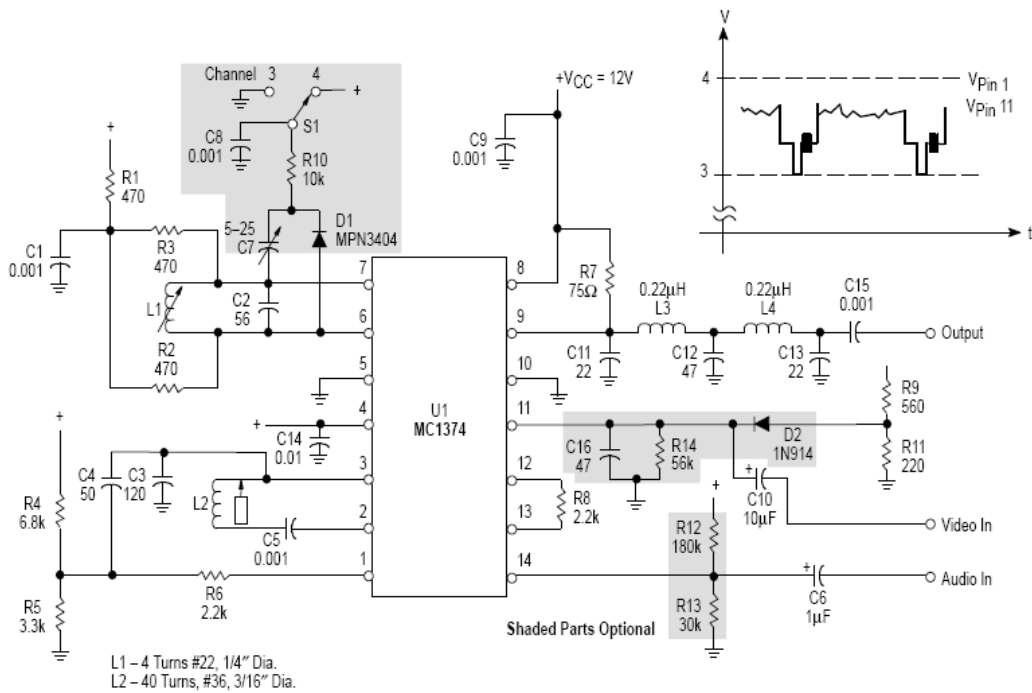


图 (6.11) MC1374 TV 调制器电路芯片应用图

2)、MC1374 TV 调制器电路芯片的技术指标

AM 振荡器/调制器的技术指标, 见表(6.1), FM 振荡器/调制器的技术指标, 见表(6.2)。

这些技术指标, 也就是代表“SD3240T TV 调制器模块”的技术指标。

表 (6.1) AM 振荡器/调制器的技术指标

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 12 \text{ Vdc}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $f_c = 67.25 \text{ MHz}$, Figure 4 circuit, unless otherwise noted.)

Characteristics	Min	Typ	Max	Unit
AM OSCILLATOR/MODULATOR				
Operating Supply Voltage	5.0	12	12	V
Supply Current (Figure 1)	-	13	-	mA
Video Input Dynamic Range (Sync Amplitude)	0.25	1.0	1.0	V Pk
RF Output (Pin 9, $R_7 = 75 \Omega$, No External Load)	-	170	-	mV pp
Carrier Suppression	36	40	-	dB
Linearity (75% to 12.5% Carrier, 15 kHz to 3.58 MHz)	-	-	2.0	%
Differential Gain Distortion (IRE Test Signal)	5.0	7.0	10	%
Differential Phase Distortion (3.58 MHz IRE Test Signal)	-	1.5	2.0	Degrees
920 kHz Beat (3.58 MHz @ 30%, 4.5 MHz @ 25%)	-	-57	-	dB
Video Bandwidth (75 Ω Input Source)	30	-	-	MHz
Oscillator Frequency Range	-	105	-	MHz
Internal Resistance across Tank (Pin 6 to Pin 7)	-	1.8	-	k Ω
Internal Capacitance across Tank (Pin 6 to Pin 7)	-	4.0	-	pF

表 (6.2) FM 振荡器/调制器的技术指标

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 12\text{ Vdc}$, 4.5 MHz, Test circuit of Figure 11, unless otherwise noted.)

Characteristics	Min	Typ	Max	Unit
FM OSCILLATOR/MODULATOR				
Frequency Range of Modulator	14	4.5	14	MHz
Frequency Shift versus Temperature (Pin 14 open)	–	0.2	0.3	$\text{kHz}/^\circ\text{C}$
Frequency Shift versus V_{CC} (Pin 14 open)	–	–	4.0	kHz/V
Output Amplitude (Pin 3 not loaded)	–	900	–	mVpp
Output Harmonics, Unmodulated	–	–	–40	dB
Modulation Sensitivity				MHz/V
1.7 MHz	–	0.20	–	
4.5 MHz	–	0.24	–	
10.7 MHz	–	0.80	–	
Audio Distortion ($\pm 25\text{ kHz}$ Deviation, Optimized Bias Pin 14)	–	0.6	1.0	%
Audio Distortion ($\pm 25\text{ kHz}$ Deviation, Pin 14 self biased)	–	1.4	–	
Incidental AM ($\pm 25\text{ kHz}$ FM)	–	2.0	–	
Audio Input Resistance (Pin 14 to ground)	–	6.0	–	$\text{k}\Omega$
Audio Input Capacitance (Pin 14 to ground)	–	5.0	–	pF
Stray Tuning Capacitance (Pin 3 to ground)	–	5.0	–	pF
Effective Oscillator Source Impedance (Pin 3 to load)	–	2.0	–	$\text{k}\Omega$

5.

5.4.6 实验步骤

5.4.6.1 测量 SD3240T TV 调制器的电视视频信号调制 (AM) 的功能

- 1) 按照如图 (6.12) 连接, 测量“SD3240T TV 调制器模块”电视视频信号调制 (AM) 的功能;
- 2) 当摄像头或图象视频信号发生器信号输入至“SD3240T TV 调制器模块”的视频输入端, 该 TV 调制器对图象视频信号进行幅度调制 (AM);
- 3) 在“SD3240T TV 调制器模块”输出端输出已调载波信号, 载波频率为 60MHz, 该已调载波信号至 SA9030 频谱分析仪测量其调制信号频谱。

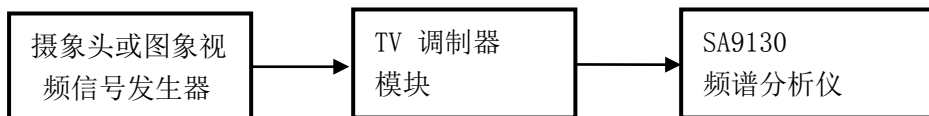


图 (6.12) TV 调制器的电视视频信号调制 (AM) 的功能框

5.4.6.2 测量 TV 调制器的伴音信号调制 (FM) 的功能

- 1) 按照如图 (6.12) 连接, 测量“调制器模块”伴音信号调制 (FM) 的功能;
- 2) 当伴音信号 (音频) 发生器信号输入至“调制器模块”的音频输入端, 该 TV 调制器对伴音信号进行频率调制 (FM);
- 3) 在“调制器模块”输出端输出已调载波信号, 载波频率为 60MHz, 该已调载波信号至通用示波器测量其调制信号 (可采用频谱仪来测量)。

5.4.7 实验结果处理及分析

5.4.7.1 对测量调制器模块的电视视频信号调制 (AM) 的功能测试结果进行分析;

5.4.7.2 对测量 S 调制器模块的伴音信号调制 (FM) 的功能测试结果进行分析;

5.4.7.3 对“调制器模块”和 MC1374 TV 调制器电路芯片的电路进行较全面地分析其工作原理及性能。

5.4.8 结论

对“调制器模块”的调制原理和技术指标进行分析，并对测试结果作一评价。

5.5 实验 5：SD3240R TV 解调器测试实验

5.5.1 实验目的：

5.5.1.1 了解 SD3240R4 TV 解调器电路的基本工作原理及功能；

5.5.1.2 利用“SD3240R4 TV 解调器”模块的实际测量，掌握 TV 解调器的基本特性；

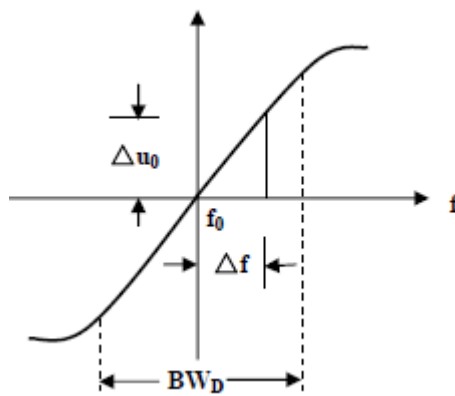
5.5.2 基础知识

根据电视传象的原理及过程，TV 发射机必须将图象信号进行调幅，而话音信号要进行调频，为此，TV 发射机里的 TV 调制器是实现这样的功能。在 TV 接收机中，要重现图象和伴音，必须从调制的载波信号中取出图象（视频）及伴音（音频）信号，这个过程正好与发送端的“TV 调制器”过程相反。因此被称为“解调”或“检波”。对于调幅波的解调常称为“检波”，而调频波的解调叫做“鉴频”。

5.5.2.1 鉴频方法及原理

1) 鉴频特性曲线的概念

调频波的解调称为频率检波，简称鉴频。在调频波中，调制信息包含在已调信号瞬时频率的变化中，因此，鉴频就是把已调信号瞬时频率的变换成电压或电流变化。描述这种变换关系的特性曲线称之为鉴频特性曲线，鉴频特性曲线指的是输出电压 u_0 与输入频率 f 之间的关系曲线。典型的鉴频特性曲线，如图（7.1）所示。



图（7.1）鉴频特性曲线

5.5.2.2 鉴频电路的主要性能指标

鉴频电路的主要性能指标均可以从鉴频特性曲线上看出，通常有两个技术指标，即鉴频灵敏度和线性范围（带宽）。

1) 鉴频灵敏度 SD

鉴频灵敏度 SD 可称为鉴频跨导，其定义为在调频波的中心频率 f_c 附近，单位频偏所产生的输出电压的大小，即 $SD = \Delta u_0 / \Delta f$ ， Δu_0 和 Δf 的含义见图（3-8-1）示的鉴频特性曲线。对于鉴频器，通常要求鉴频灵敏度 SD 大，以使同样的频偏时输出电压大。

2) 线性范围（带宽）

线性范围（带宽）指的是鉴频特性近似为直线的范围，如图（7.1）中的 BWD 所示，线性范围（带宽） BWD 表明鉴频器不失真解调时所许的在最大频率变化范围，即 $2\Delta f_{max}$ 。应使 $2\Delta f_{max}$ 大于调频信号最大频偏的两倍，即 $2\Delta f_m$ ，还应注意鉴频特性曲线的对称性。

5.5.2.3 鉴频原理及其电路

（1）斜率鉴频与微分鉴频原理及其电路

1) 实现电路模型

实现斜率鉴频的电路原理图，如图（7.2）所示。



图（7.2）实现斜率鉴频的电路原理图

由图（7.2）表明，把调频信号变换成调幅-调频信号（即波形变换）是由具有幅频线性特性的电路来完成的，而对调幅-调频波的包络检波由包络检波器电路（非线性）来实现。将调频波变换为调幅-调频波的电路形式很多，常用的有微分电路和工作于失谐状态的谐振回路。

2) 微分式鉴频电路

利用运算放大器对调频信号微分，可得到调幅-调频波，再进行幅度检波而实现鉴频，实现微分式鉴频的基本电路原理图，如图（7.3）所示。

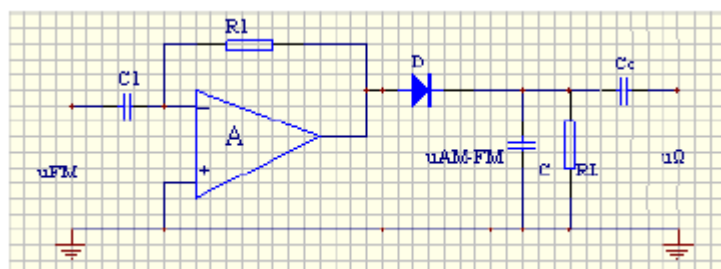


图 (7.3) 微分式鉴频电路原理图

图 (7.3) 中的 R_1 、 C_1 及运算放大器 (运放的开环增益足够高) 组成微分电路。电路的电压传输系数随输入信号频率不同而变化, 频率高时, 电压传输系数大, 频率低时, 电压传输系数小。当输入信号为调频波时, 经过微分电路后, 即可变换为电压幅值随频率变化的调幅-调频波。

图 (7.3) 中的包络检波器是由二极管 V 、电容 C 、电阻组成, 对调幅-电、调频信号进行包络检波, 即可恢复出原调制信号。微分式鉴频电路, 由于其输出信号对输入信号之间近似为微分关系 (只有当运放器件满足相应的理想条件时, 其组成的微分电路才可以实现准确的微分运算), 因此, 鉴频特性不是直线, 工作频带范围也不够宽。

3) 斜率鉴频器

斜率鉴频器是利用 LC 回路对调频波中心频率 (f_c) 的失谐特性, 将调频波变换为调幅-调频波, 再利用二极管包络检波器进行幅度检波, 从而完成鉴频。

(2) 单调谐回路斜率鉴频器

1) 工作原理

斜率鉴频器利用调频波变换为调幅-调频波的原理进行鉴频, 最简单的电路就是利用失谐。

2) 单调谐回路斜率鉴频电路

一种最简单的单调谐回路斜率鉴频的原理电路, 如图 (7.4) 所示。

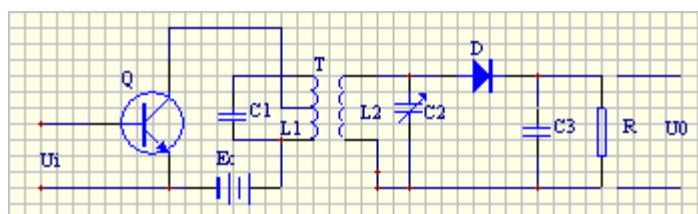


图 (7.4) 单调谐回路斜率鉴频原理电路

该电路中, 变压器 T 的右边是包络检波器, 它是与调幅波的二极管包络检波器完全相同; 而变压器 T 的左边部分则是调频---调幅变换器, 这实际上就是单调谐放大器, 只不过

谐振回路是工作在失谐状态。晶体三极管与谐振回路组成的频---幅变换器,把调频信号 u_{FM} 变为 AM---FM 信号 U_1 ,再经二极管检波器变为低频信号 U_0 。回路谐振频率 f_0 与调频信号中心频率 f_c 是不相等的,也就是说,使回路对 f_c 失谐,而调频信号处在谐振曲线的倾斜部位。

3) 应用范围

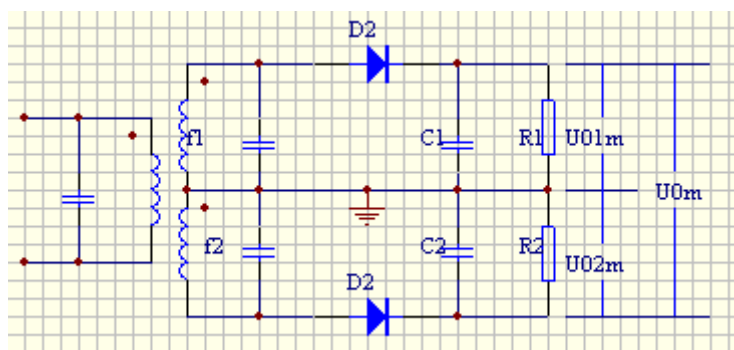
根据上述工作原理的分析表明,这种简单的单调谐回路鉴频器的幅---频特性曲线的线性范围较窄,当频偏较大时,非线性失真很严重,因此,这种电路只能用在频偏要求较小的调频电路。实际应用中,不采用单调谐回路鉴频器。

(3) 双失谐回路斜率鉴频器

1) 组成及原理

为了获得较好的线性鉴频特性以减小失真,并适用于解调较大频偏的调频信号,通常采用双失谐回路斜率鉴频器,其原理图,如图(7.5)所示。

双失谐回路斜率鉴频器,是由两个失谐回路构成的斜率鉴频器,它是由频---幅变换器和振幅检波器两部分组成。由图(7.5)表明,该鉴频器共有三个谐振回路,初级回路调谐于调频信号的中心频率 f_c ,次级的两个回路分别调谐于 f_1 和 f_2 ,且满足 $f_1 > f_c$, $f_2 < f_c$,并且 f_1 和 f_2 对 f_c 是对称的,即 $f_1 - f_c = f_c - f_2$



图(7.5) 双失谐回路斜率鉴频器原理电路图

调频信号在次级回路两端产生的电压 u_1 和 u_2 的幅度分别用 U_{1m} 和 U_{2m} 表示,假设两个二极管检波器的参数一致 ($C_1 = C_2$, $R_1 = R_2$, D_1 和 D_2 的参数一样)。 U_{1m} 和 U_{2m} 分别经二极管检波器得到输出电压 U_{01m} 和 U_{02m} ,由于次级两回路线圈与 D_1 和 D_2 接法相反(图中所标示的同名端),所以 U_{01m} 和 U_{02m} 极性相反,如图(7.5)所示,合成的总输出电压 U_{0m} 为

$$U_{0m} = U_{01m} - U_{02m}$$

如果近似认为两个检波器的传输系数为 $kd_1 = kd_2 = kd = 1$,则检波输出电压就等于检

波输入高频电压的幅度，因此，可得到总输出电压为 $U_{0m} = U_{01m} - U_{02m} = U_{1m} - U_{2m}$ ，也就是说， U_{0m} 随频率变化的规律与 $(U_{1m} - U_{2m})$ 随频率变化的规律一样。

2) 鉴相特性

对双失谐回路斜率鉴频器分析结果可得到鉴相特性，其鉴相曲线，如图 (7.6) 所示。

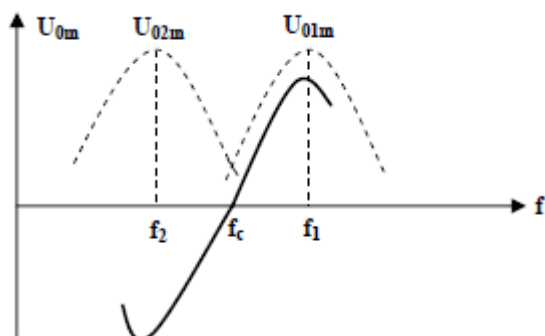


图 (7.6) 双失谐回路斜率鉴频器的鉴相曲线

图 (7.6) 中，次级两回路的谐振曲线用虚线表示，它代表检波输入高频电压幅度 U_{1m} 和 U_{2m} 随频率 f 的变化，只要将 U_{01m} 和 U_{02m} 两曲线相减，就可得到图中实线所示的鉴相特性曲线。

5.5.2.4 检波方法及原理

在 TV 接收机中，检波器的输入信号是一个中频的调幅波，载波频率为 38MHz，其中还包括调频伴音信号。调制和检波，都是通过非线性元件的作用来实现的，统常采用半导体二极管。输入信号经过非线性元件作用后，会产生许多新的频率成分，其中只有低频成分，才是所需的输出信号，其它无用的高频分量则用滤波器滤除。

视频检波器是由三部分组成，即输入电路（信号源）、非线性元件（二极管）、低通滤波器，如图 (7.7) 所示。

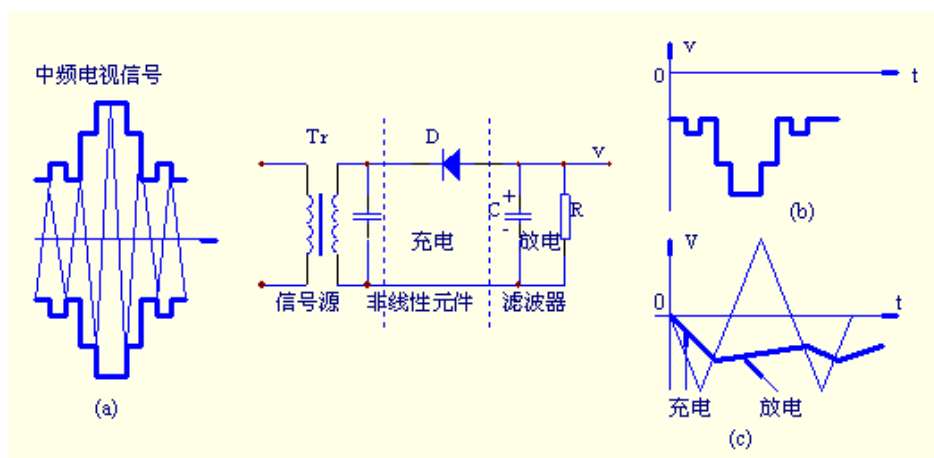


图 (7.7) 视频检波器的基本电路

输入信号（图象中频信号和伴音中频信号），是经过中频放大器末级调谐变压器的次级加到二极管上（调幅波的包络检波过程可参考“高频电子线路”）。检波所得的视频信号波形，如图（7.7）b。负载 R、C 上的充放电过程，如图（7.7）c 所示，从图（7.7）b 中，可以看出，检波器负载上的电压变化规律和中频调幅波的包络线基本一致。

视频检波器的另一个作用，是利用检波二极管的非线性特性作为混频器，将伴音中频和图象中频进行差频，产生一个频率为 6.5MHz 的第二伴音中频信号，它仍然是一个调频信号。

5.5.3 实验设备及器件：SA9130 频谱分析仪

5.5.4 实验项目

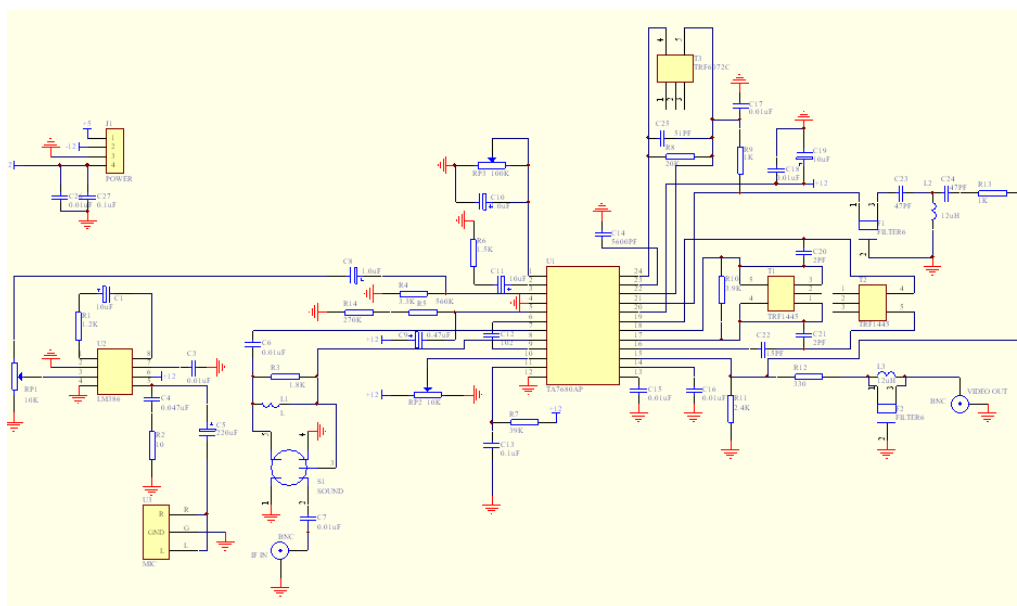
5.5.4.1 分析“SD3240R 解调电路模块”的主要特性及功能；

5.5.4.2 测量“SD3240R 解调电路模块”的主要指标。

5.5.5 “SD3240R 解调电路模块”的电路及指标要求

5.5.5.1 “SD3240R 解调电路模块”的电路图

“SD3240R 解调电路模块”的电路图，如图（7.8）所示，该电路是选用 TA7680AP 解调器电路芯片，实现对 TV 中频（38MHz）进行解调，通过芯片内部的检波器检出电视的视频图象信号，输出的视频图象信号，至电视显示器显示图象，同时，通过芯片内部的鉴频器，将伴音的调频信号解出来，检出的伴音信号至扬声器，可以听到伴音。



图（7.8）“SD3240 解调电路模块”的电路图

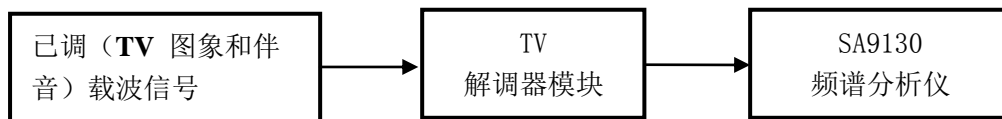
5.5.5.2 “SD3240R TV 解调器模块”的指标要求

- 1) 输入已调载波频率：38MHz；
- 2) 输入幅度 $\leq 0\text{dBm}$ ；
- 3) 鉴频和检波的特性可参考“TA7680AP 解调器电路芯片”。

5.5.6 实验步骤

5.5.6.1 测量 TV 解调器的检波功能

- 1) 按照如图（7.9）连接，测量“SD3240R4 TV 解调器模块”检波功能；
- 2) 当已调（TV 图象和伴音）载波信号输入至“SD3240R TV 解调器模块”的输入端，该 TV 解调器对已调 TV 图象载波信号进行检波；
- 3) 在“SD3240R TV 解调器模块”检波输出端输出图象视频信号，该图象视频信号至通用频谱分析仪测量其图象视频信号。



图（7.9）测量“SD3100R4 TV 解调器模块”检波功能框图

5.5.6.2 测量 TV 解调器的鉴频功能

- 1) 按照如图（7.9）连接，测量“SD3240R TV 解调器模块”鉴频功能；
- 2) 当已调（伴音）载波信号输入至“SD3240R TV 解调器模块”的输入端，该 TV 解调器对已调伴音载波信号进行鉴频；
- 3) 在“SD3240R TV 解调器模块”鉴频输出端输出伴音信号（音频信号），该伴音信号至通用示波器测量其伴音信号。

5.5.7 实验结果处理及分析

5.5.7.1 对测量 SD3240R TV 解调器的检波功能测试结果进行分析；

5.5.7.2 对测量 SD3240R TV 解调器的鉴频功能测试结果进行分析；

5.5.7.3 对“SD3240R TV 解调器模块”和“TA7680AP 解调器电路芯片”的电路进行较全面地分析其工作原理及性能。

5.5.8 结论

对“SD3240R TV 解调器模块”的解调原理和技术指标进行分析，并对测试结果作一评价。

“SD3240 微波收发实验训练系统” 整机清单

序号	机型/名称		电路模块及备件、使用指南		备注
1	SD3240T 发射机 (实验箱)	发射 机 电 路 模 块	名称	数量	
			TV 调制器	1	
			驱动电路	1	
			锁相振荡器 (发射机本振)	1	
			信道控制器	1	
			上变频器	1	
			输出放大器	1	
			2.4GHz 2dB 可折天线	1	
2	SD3240R 接收机 (实验箱)	接 收 机 电 路 模 块	小信号放大器	1	
			下变频器	1	
			锁相振荡器 (接收机本振)	1	
			信道控制器	1	
			中频滤波放大器	1	
			TV 解调器	1	
			2.4GHz 2dB 可折天线	1	
3	配件		摄像头	1	
			显示器	1	
			6 头视频线 (1.5m)	2	
			BNC 连接线 (1m)	1	
4	SD3240 微波收发实验训 练系统使用指南			1	装入光盘
5	选配备件 (提供整机时 不包括在内, 另外选购)		HDMI/AV 转换器	1	另选配备件
			视频采集棒	1	另选配备件
			微波转接器件及馈线	1 套	另选配备件