



重慶理工大學

实验报告

实验名称: 幅度调制与解调电路

专业班级: 12041

学 号:

姓 名:

联系电话:

指导老师:

实验时间:



重庆理工大学电气与电子工程学院
电气与控制工程实验中心

【成绩】

【教师签名】

【实验目的】

- ①掌握利用乘法器实现抑制载波、普通调幅的基本原理、电路的结构特点。
- ②了解乘法器的基本原理、使用方法③了解AM, DSB, BSSB时域波形及其特点。
- ④掌握使用乘法器实现调幅的同步检波原理。⑤了解本地振荡频率误差、相位差对输出的影响。
- ⑥掌握一种二极管包络检波适用何种调制信号⑦掌握二极管包络检波设计。
- ⑧了解二极管包络检波电路完成解调中频时,可能出现的信号失真。

【实验原理及内容】

一、乘法器调幅电路

实验中,一般各通道的增益固定为1,偏转量固定为0,只调节Y输入偏转量,即再配载源信号 V_m 幅度变化,得到不同的调幅信号,设欲调制的音频信号, $V_m(t) = V_m \cos \Omega t$ 加上偏转量 ΔY , $V_x(t) = V_m \cos \Omega t + \Delta Y$, V_c 为高频载波, $V_c(t) = V_c \cos \omega_c t$, $V_x(t) = V_c(t)$, 输出信号 V_o 为 X 通道的乘积, $V_o(t) = (V_m \cos \Omega t + \Delta Y) (1 + \frac{V_c}{\Delta Y} \cos \omega_c t / \cos \omega_c t)$.

本实验可以实现AM, DSB, SSB调制,其原理和调节方法如下: ①全载波调幅AM, $V_{AM}(t) = V_{AM} (1 + m \cos \Omega t) \cos \omega_c t$, 可得到 $V_{AM} = V_c \Delta Y m = \frac{V_m m}{\Delta Y}$, 可见, 改变 V_m 和 ΔY 都可调节 m , ②抑制载波双边带调幅DSB, $V_{DSB}(t) = V_{DSB} \cos \Omega t \cos \omega_c t$, 相当于 $V_{DSB} = V_c m$, $\Delta Y = 0$, $m \frac{V_m}{\Delta Y} \rightarrow \infty$, 调节 $\Delta Y \rightarrow 0$, 即可得DSB③单边带调幅SSB, 是对DSB调幅信号进行滤波, 滤除上(下)边带后得到的调幅信号。根据DSB调幅信号的频谱分析设计。

二、乘法器同步检波电路

如实验原理图2, A_1 实现抑制DSB, 乘法器 A_2 实现同步检波, 信号源为本本地振荡信号, 设输入的已调波为载波分量被抑制的双边带信号 V_1 , 即 $V_1 = V_1 \cos \Omega t \cos \omega_c t$, 本地载波电压 $V_2 = V_2 \cos (\omega_c t + \varphi)$, $\omega_1 = \omega_2 = \omega_c$, ④二者相位可角与不同表示相位差, $V_2 = V_1 V_2 \cos \Omega t \cos \omega_c t \cos (\omega_c t + \varphi) = \frac{1}{2} V_1 V_2 \cos \Omega t + \frac{1}{4} V_1 V_2 [\cos (\omega_c t + \varphi) + \cos (\omega_c t - \varphi)] + \frac{1}{4} V_1 V_2 \cos (\omega_c t - \varphi)$ 低阻滤波器滤除 $2\omega_c$ 附近频率分量后, 得到频率为 Ω 的低频信号 $V_2 = \frac{1}{2} V_1 V_2 \cos \varphi \cos \Omega t$, 可见低频信号的输出幅度与 $\cos \varphi$ 成正比, 因此, $\omega_1 = \omega_2$ 外, 二者相位也应相等。

三、二极管包络检波电路

当输入信号较大 ($> 0.5V$) 时, 利用二极管单向导电性对振幅调制信号解调。充电很快, 即充电的时间常数很小, 放电时间常数足够大, 满足 $R_L C \ll RC$ 就可以使信号不失真, $RC \ll \frac{\sqrt{1-m^2}}{\omega_m}$, $m_a < \frac{R_L}{R}$.

- 【实验设备】
- ① 高频实验箱
 - ② 四正示波器
 - ③ 信号发生器
 - ④ 数字万用表
 - ⑤ 频谱分析仪
 - ⑥ 仿真平台

【实验方案及步骤】

一. 乘法器调幅电路.

1. 静态工作点调制: 使 $V_{in}=0$, $V_c=0$ 调节 W , 使 1.4A 脚电压为 0, ($\Delta Y=0$)
2. 信号设置: J1 接入高频载波信号, 频率 467kHz, 峰峰值 2V_{pp} 的正弦波接示波器 CH1, J5 输入信号, 频率 7kHz, 峰峰值 1V_{pp} 的正弦波接在 CH2, J3 接 CH3
3. DSB 信号的波形和频谱: ① 调节 $\Delta Y=0$ ② 在示波器上观察调制信号 V_{in} , 载波 V_c 以及输出 DSB 波形 ③ 在频谱分析仪上观察 DSB 调幅信号的频谱特征。
4. 单边带 SSB 信号的波形和频谱: 将输出从 J3 换到 J1 重复步骤 3, 记录波形和频谱。
5. 全载波调幅 AM 信号的波形和频谱: 调节 ΔY 和 m 且较大, 调节音频信号 V_{in} 幅度按公式 $m = \frac{V_{am}}{\Delta Y}$, 改变幅度的值在 $<1=1>$ 范围, 观察并记录 AM 波形, 频谱。
6. 幅度 m 调节与测量: ① 调节高频载波信号 $f_c = 465\text{kHz}$, 幅度设最大, 音频信号 f_m 频率为 1kHz, 幅度按 m 调。② 按 $m = \frac{V_{am}}{\Delta Y}$, 改变 V_{am} , ΔY 调节 m , 假设 $V_{am} = 2.5V$ 保持 ΔY 不变, 要得 m 值为 0.5, 1, 2 和 DSB 信号, 计算 ΔY ③ 同时调节 V_{am} , ΔY , 用示波器测出实际 m 值 (AM, ΔY 最大, 调 V_{am} 得到不同 m 值的调幅波, DSB: $\Delta Y=0$)

二. 二极管检波电路.

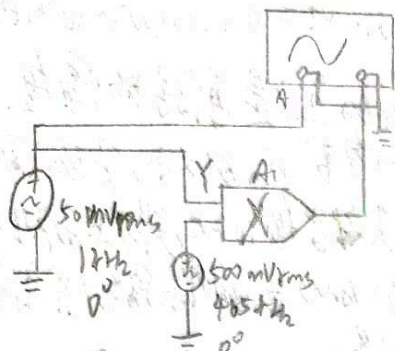
1. 电路连接: 将乘法器调幅电路的输出已调制信号波形连 J2, J4 输出 V_o 接到 CH4
2. 观测 m 对检波输出信号的影响: 将开关 S_{W1} 拨上 (2 按下), S_{W2} 拨上 (1 按下) 改变 V_{am} ΔY 调节 m 值为 0.5, 1, 2 的 DSB 信号, 测 V_{in} , V_o
3. 观测检波输出信号出现“对角线失真”, 将 S_{W2} 拨上 (1 按下) 检波负载电阻由 2.2k 变为 51k, 调节 m 为 0.5, 1, 2, 用示波器观测比较输出信号失真。
4. 观测检波输出信号出现“削底失真”将 S_{W1} 拨上 (2 按下), S_{W2} 拨上 (2 按下) 使滤波电容负载电阻由 20k 变为 1k, 调节 m 值为 0.5, 1, 2 观察信号失真。

三. 乘法器同步检波电路.

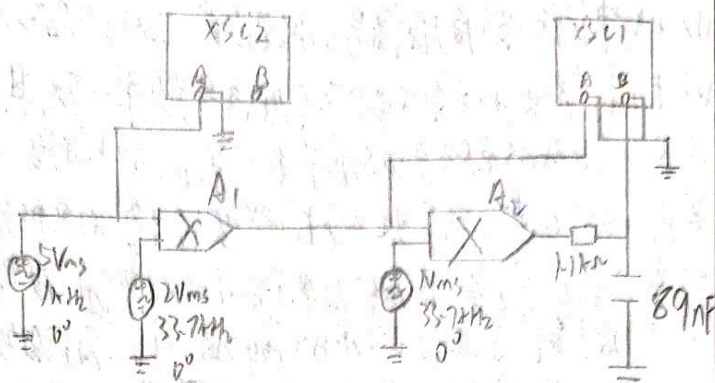
1. 在电路窗口中, 创建实验原理图的电路
2. 根据 m 值设置 ΔY 输入偏移值, 以得到 AM, DSB, SSB.

3. 设置 $f_c = 0.1\text{kHz}$ $f_m = 1\text{kHz}$, 观测输出

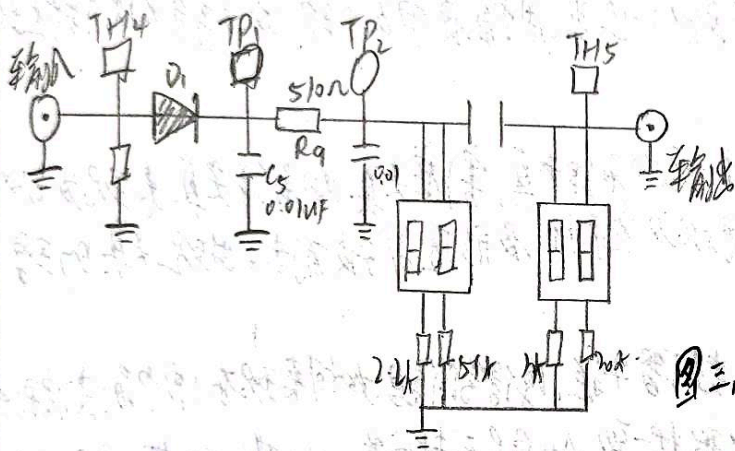
【实验电路图】



图一. 乘法器调幅电路



图二. 同步检波电路



图三. 二极管包络检波电路.

【实验数据处理及分析】

表 3-3

$$(1) V_{max} - V_{min} = 1.08V$$

$$V_{max} + V_{min} = 2.56V$$

$$m = \frac{1.08V}{2.56} = 0.509$$

$$(2) V_{max} - V_{min} = 1.92V$$

$$V_{max} + V_{min} = 2.03V$$

$$m = \frac{1.92}{2.03} = 0.946$$

$$(3) V_{max} - V_{min} = 4.8V$$

$$V_{max} + V_{min} = 2.4V$$

$$m = 2.083$$

【实验结论】

- (1). 抑制载波调幅信号 U_o 的表达式: $U_o = A \cos \omega_c t \sin \omega_c t = 0.5 A \cos [2\pi \times 10^6 t] + 0.5 A \cos [2\pi \times 10^6 t]$
- (2). 抑制载波调幅的输出频率与原信号频率一致, 其幅度的意义是原信号的幅度。
- (3). R, C 组成的电路是为调节电容器的放电速度, 从而控制 m 的大小, 实现调节 m 。若 R, C 的值过大, 会导致放电速度过慢, 而包络变换速度很快, 跟不上而产生很大失真。
- (4). 乘法器同步检波解调电路可以对普通调幅信号 (AM) 及调幅信号, 抑制载波及单边带信号进行正确的解调, 可以解调多种信号。
- (5). 二极管包络检波电路, 可以正确解调普通调幅波, 但应控制 $m \leq 1$, 使包络线不重叠, 不可解调抑制载波的双边带调幅波, 因为其输出信号会出现倍频现象, 使包络线不再是原信号。
- (6). 二极管包络检波电路, 一般出现对角线失真, 彻底失真。对角线失真表现为比对角线进行波形失真, 而彻底失真其表现为负半周波形顶部被削去。出现失真的主要原因是 RC 时间常数过大。

【思考题】

1. AM, DSB, SSB 调幅波的波形、频谱特点, 原信号信息如何表现在调幅波波形中?
 - (1). AM 波形的包络与调制信号的形状一致, AM 信号有载分量, 上边带, 下边带三部分组成。上边带的频谱结构与原调制信号的频率结构相同, 下边带是上边带的镜像。
 - (2). DSB: AM 有直流分量, DSB 无直流分量, 包络不与输入信号成正比, 频谱图中 DSB 仅有上下边带, 无载波。
 - (3). SSB: SSB 信号无载波成分, 单边带幅度调制效率为 100%, 单边带调制的振幅与调制信号成正比, 它的频率带宽调制信号频率的不同而不同, 所以 SSB 的频率带宽只有普通调幅波的一半。
2. 本振频率偏移, 相位偏移分别对 DSB 信号的调制有何影响?

解调。

使信号中幅度下降以及失真。在双边带相干解调中, 本振频率偏移会使解调输出信号中幅度有所下降, 进而使解调输出波形失真。相位偏移会使解调输出信号中幅度下降。
3. 分析二极管包络电路和乘法器同步检波电路的特点, 比较各自的优缺点。
 - ① 使用条件不同, 同步检波电路检测波时需要加入与调制信号同频率同相的同步信号, 而二极管包络检波电路则不需要加入同步信号。
 - ② 适用范围不同, 同步检波可用于对任何中频波进行解调, 但为了获得同频率同相的信号较为困难, 会使电路变得复杂, 包络检波电路简单, 只适用于解调普通调幅波。

表 3-2 AM、DSB、SSB 调幅波的时域波形和频谱特点 (要求手绘)

	$m < 1$	$m = 1$	$m > 1$	DSB	SSB
波形					
频谱					

表 3-3 调幅波 (AM、DSB) 及二极管包络检波的波形

m	0.5	1	2	∞ (DSB)
$U_{\Omega m}$	290mvpp	540mvpp	1.08vpp	1.08vpp
V_{Ω}				
V_{AM}				
V_o				
$u_{max} - u_{min}$	1.08v	1.92	1.92	0 4.16
$u_{max} + u_{min}$	2.12v	2.03	4	4.16 0
m(测量值)	0.509	0.946	2.083	∞
解调情况:	与原信号一致	割底失真	波底失真	频率增大幅度减小

表 5-1 检波输出信号出现“对角线失真”的波形

m	0.5	1	2
检波输出的信号 U_o 波形			
结论	<p>①出现“对角线失真”的原因是什么? 原因是解调电路中的本地载波信号与接收到的 DSB 信号的频率存在微小的偏移, 导致解调输出信号中包含了一个非常低频的成分, 这个低频成分会在频谱图上表现为一条斜线。</p> <p>②“对角线失真”与 RC 的值和调制度 m 的值有什么关系? 必须在任何一个高频周期内输入信号包络下降最快的时刻, 保证电容 C 放电速率大于包络下降速率, m 值越小越好</p>		

表 5-2 观察检波输出信号出现“割底失真”的情况

m、 R_1 、 R_2	检波输出的信号 U_o 波形	结论: ①出现“割底失真”的原因是什么? ②“割底失真”与调制度 m 以及 R_1 、 R_2 的取值有什么关系?
$m=1$ $R_1=2.2\text{ K}\Omega$ $R_2=1\text{ K}\Omega$		<p>1. V_r 是反偏压, 它有可能阻止二极管导通。</p> <p>2. m 较大时, 输入信号幅值可能小于 V_r, 二极管截止</p>

表 4-1 观察各种调幅信号的检波输出信号

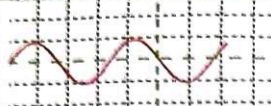
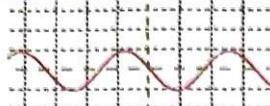
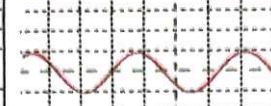
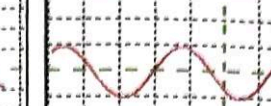
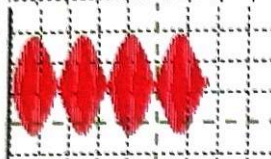

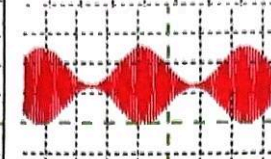
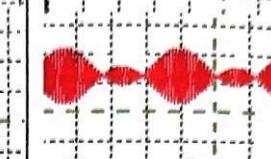

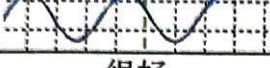
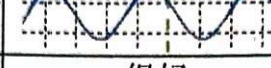
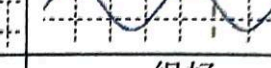
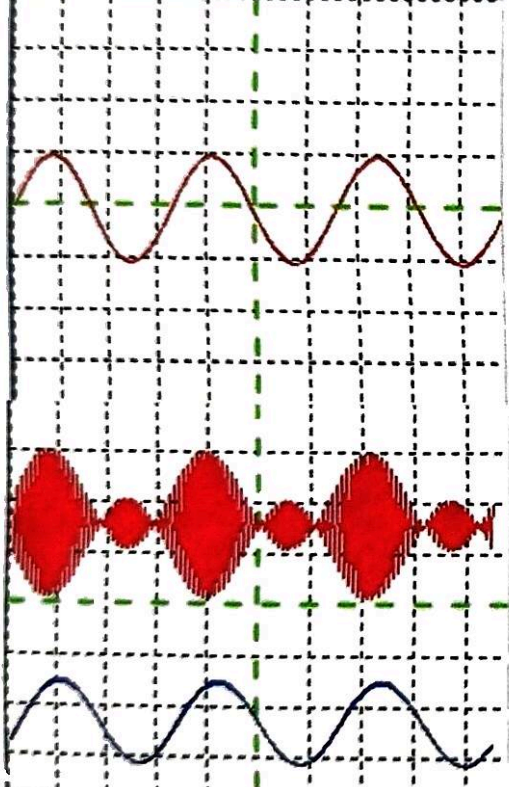
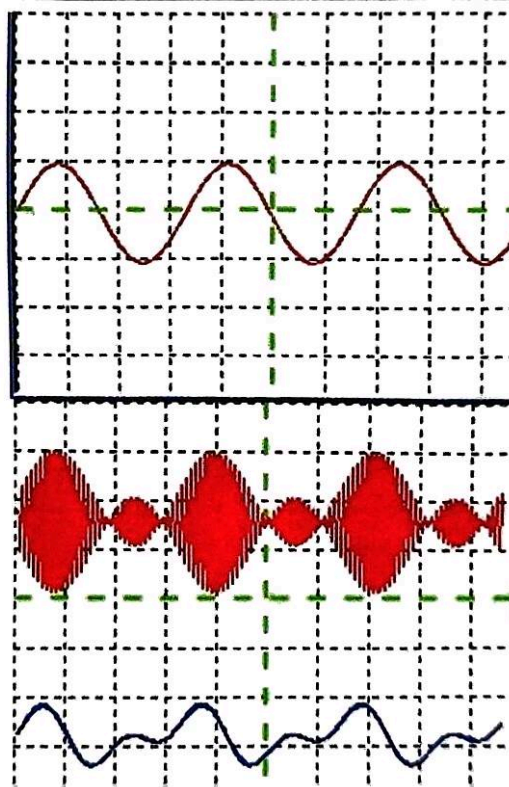
m	DSB	0.5	1	2
ΔY	0	1	0.5	0.25
V_{Ω}				
V_{AM}				
V_o				
解调情况:	很好	很好	很好	很好

表 4-2 观察本振频率偏移对抑制载波双边带调幅 ($m=2$) 的解调输出的影响

Df(KHz)	0.1	1
检波输出的信号 U_o 波形		
结论	乘法同步检波电路可以解调 AM, DSB 信号, 以及过渡调制, ma 大于 1 的信号, 但是当本地振荡与载波不同频时, 检波输出 U_o 失真严重	