

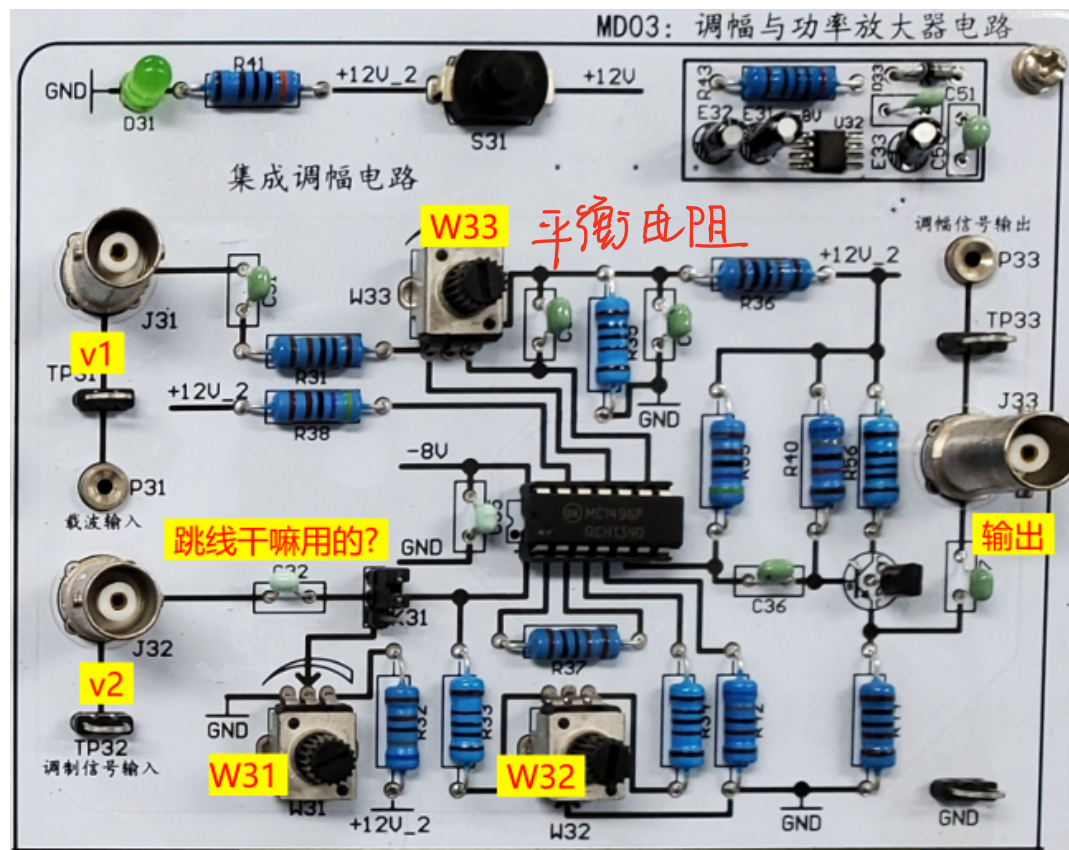
第五章实验

集成调幅电路 1

黄博达

高频电子线路2023-实验8:

集成调幅电路实验1 2023.5.31



平衡电阻

高频电子线路2023-实验8:

集成调幅电路实验1 2023.5.31

实验目标: 以小组为单位完成以下任务

1. 使用实验箱中MD03板右上部分的模块, 通过模拟乘法器进行调幅:

- ① 基于正课教材P181、P186页等理论知识, 将v1、v2设置为你认为合理的信号, 将电路调试到较理想的状态, 分别输出AM、DSB信号, 记录时域波形 和频谱图。
- ② 融汇所学知识, 判断当前输出是否正确并及时修正。分析调制深度或调制状态。
- ③ 参考范例表格, 将v1、v2分别设置为不同的信号, 记录相关图表, 并对比分析。(1-4图形为基本要求, 5及分析为提高要求)

2. 基于实验结果或理论理解, 在表格中手绘时域、频域示意图, 或填入截图, 辅以简要文字形成报告。

高次谐波湮没
验证理想相乘

SCP 07

20mV 1M
15mV 100k
3

$$m_a = \frac{1}{1.3}$$

不要

SCP 20
SCP 4

$$U_{cm}(1+m_a) = 1.841V$$

$$U_{cm}(1-m_a) = 860mV$$

(对称)
相位细图 SCP 3

MC1496 Double-Balanced Gilbert Cell Multiplier/Mixer Experimental Procedure

HBD	2023.5.31	SDU							
1 推荐配置	输入端口	幅度	频率	域	AM	DSB	总结	对比	疑问
	v1	大 700mV	高 1M	时域	SCP 14	SCP 1, SCP 2			
	v2	小 150mV	低 1k						
	同上		AM-100k	频域					SCP 15 (过调制) - 对比 DSB - 从时域 & 频域
2 迷你配置	输入端口	幅度	频率	域	AM	DSB	总结	对比	疑问
	v1	100mV	高 1M	时域	SCP 16	SCP 05			
	v2	50mV	低 1k						
	同上		AM-100k	频域		SCP 06			
3 逆天配置	输入端口	幅度	频率	域	AM	DSB	总结	对比	疑问
	v1	150mV	低 100k	时域	SCP 18	SCP 08 (对称与相反)	SCP 07 (对称)	(DSB!)	为什么与配置1相比, 此配置更好
	v2	700mV	高 1M						
	同上			频域		包括相位			
4 迷之逆天	输入端口	幅度	频率	域	AM	DSB	总结	对比	疑问
	v1	50mV	低 1k	时域	SCP 17	SCP 10			
	v2	100mV	高 1M						
	AM-100mV (皆)			频域	↓	SCP 11			
5 全场碾压	输入端口	幅度	频率	域	AM	DSB	总结	对比	疑问
	v1	1.5V	任意 1M	时域	SCP 21 SCP 19	SCP 12			
	v2	1.2V	任意 100k						
	同上			频域	为什么过压, 平				

幅度: 小、大、1V (更大)
频率: 100kHz、1MHz
端口: TP31:v1、TP32:v2

① { 1.5V
1.2V

1M
1M
SCP 13

验证两信号均处于开关状态

② AM 过调制与 DSB 的区别看时域 & 相位

主要矛盾

① DSB 反置 U_c 效果更好
② 实验 → 首先调两个平衡电阻
(W_{31} , W_{32})

W_{31} - 偏置

(W_{32} , W_{33})

4 → 3
从(5.1.5)出发
相当于 U_c 替换为 U_a
高频 频率变大
接近理想相乘
(4 → U_{21})
(3 → U_{21})

5.2.3 双差分对模拟相乘器

一、双差分对模拟相乘器基本工作原理

双差分对模拟相乘器原理电路如图 5.2.12 所示,它由三个差分对管组成。电流源 I_0 提供差分对管 V_5 、 V_6 的偏置电流,而 V_5 提供 V_1 、 V_2 差分对管的偏置电流, V_6 提供 V_3 、 V_4 差分对管的偏置电流。输入信号 u_1 交叉加到 V_1 、 V_2 和 V_3 、 V_4 两个差分对管的输入端, u_2 加到差分对管 V_5 、 V_6 的输入端,静态即 $u_1 = u_2 = 0$ 时, $I_{C5} = I_{C6} = I_0/2$, $I_{C1} = I_{C2} = I_{C3} = I_{C4} = I_0/4$, $I_{13} = I_{C1} + I_{C3} = I_0/2$, $I_{24} = I_{C2} + I_{C4} = I_0/2$ 。

由 PN 结理论可知,在小电流下晶体管发射结的伏安特性可表示为

$$i_E = I_S (e^{\frac{u_{BE}}{U_T}} - 1) \approx I_S e^{\frac{u_{BE}}{U_T}} \quad (5.2.23)$$

式中, U_T 为温度电压当量,在常温 $T = 300 \text{ K}$ 时, $U_T \approx 26 \text{ mV}$ 。

当 $\alpha \approx 1$ 时, $i_C \approx i_E$, 所以可得图 5.2.12 中差分对管 V_1 、 V_2 集电极电流分别为

$$i_{C1} = I_S e^{\frac{u_{BE1}}{U_T}}, i_{C2} = I_S e^{\frac{u_{BE2}}{U_T}}$$

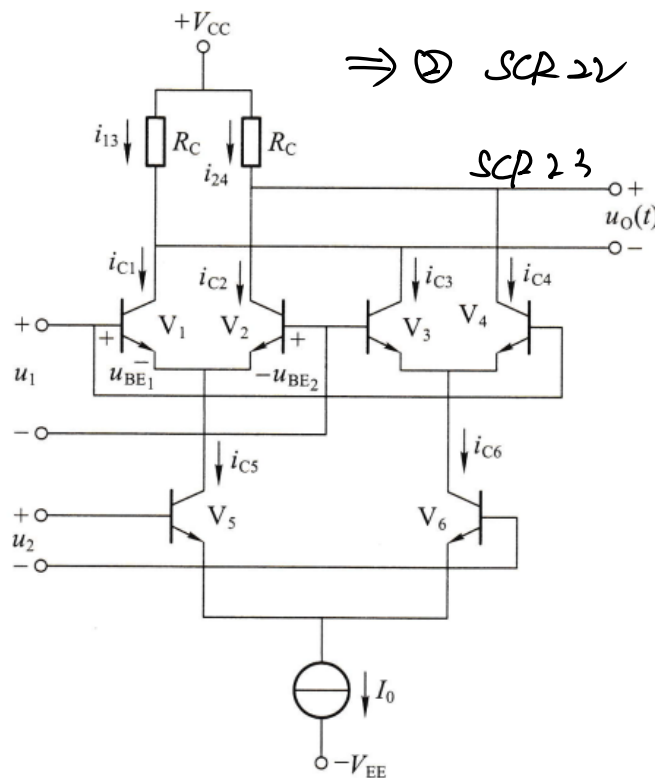


图 5.2.12 双差分对模拟相乘器原理电路

③ AM 反接 (3, 4) 的解释

⇒ ② SCR 22 DSB (理想)
P165 对称
AM 过调制
没有相位突变

当 $|u_1| \leq U_T$ 、 $|u_2| \leq U_T$ 时, 双差分对模拟相乘器工作在小信号状态。由于 $u \leq 26 \text{ mV}$ 时, $u/(2U_T) \leq 0.5$, 根据双曲正切函数特性有 $\text{th} \frac{u}{2U_T} \approx \frac{u}{2U_T}$, 所以式 (5.2.33) 可近似为

$$u_o \approx \frac{I_0 R_C}{4U_T^2} u_1 u_2 \quad (5.2.34)$$

式 (5.2.34) 说明, 双差分对模拟相乘器只有当 u_1 、 u_2 均为小信号且幅度均小于 26 mV 时, 方可实现理想的相乘功能。

当 $|u_2| \leq U_T$ 、 u_1 为任意值时, 双差分对模拟相乘器工作在线性时变状态。因此, 式 (5.2.33) 可近似为

$$u_o \approx \frac{I_0 R_C}{2U_T} u_2 \text{th} \frac{u_1}{2U_T} \quad (5.2.35)$$

当 $u_1 = U_{1m} \cos(\omega_1 t)$ 时, 则 $\text{th} \frac{u_1}{2U_T}$ 为周期函数, 可用傅里叶级数展开, 故相乘器工作在线性时变状态。如果 $U_{1m} \geq 260 \text{ mV}$, 双曲正切函数 $\text{th} \left[\frac{U_{1m}}{2U_T} \cos(\omega_1 t) \right]$ 趋于周期性方波, 如图 5.2.13 (a) 所示, 双差分对模拟相乘器工作在开关状态, 可近似用图 5.2.13 (b) 所示的双向开关函数 $K_2(\omega_1 t)$ 表示, 即

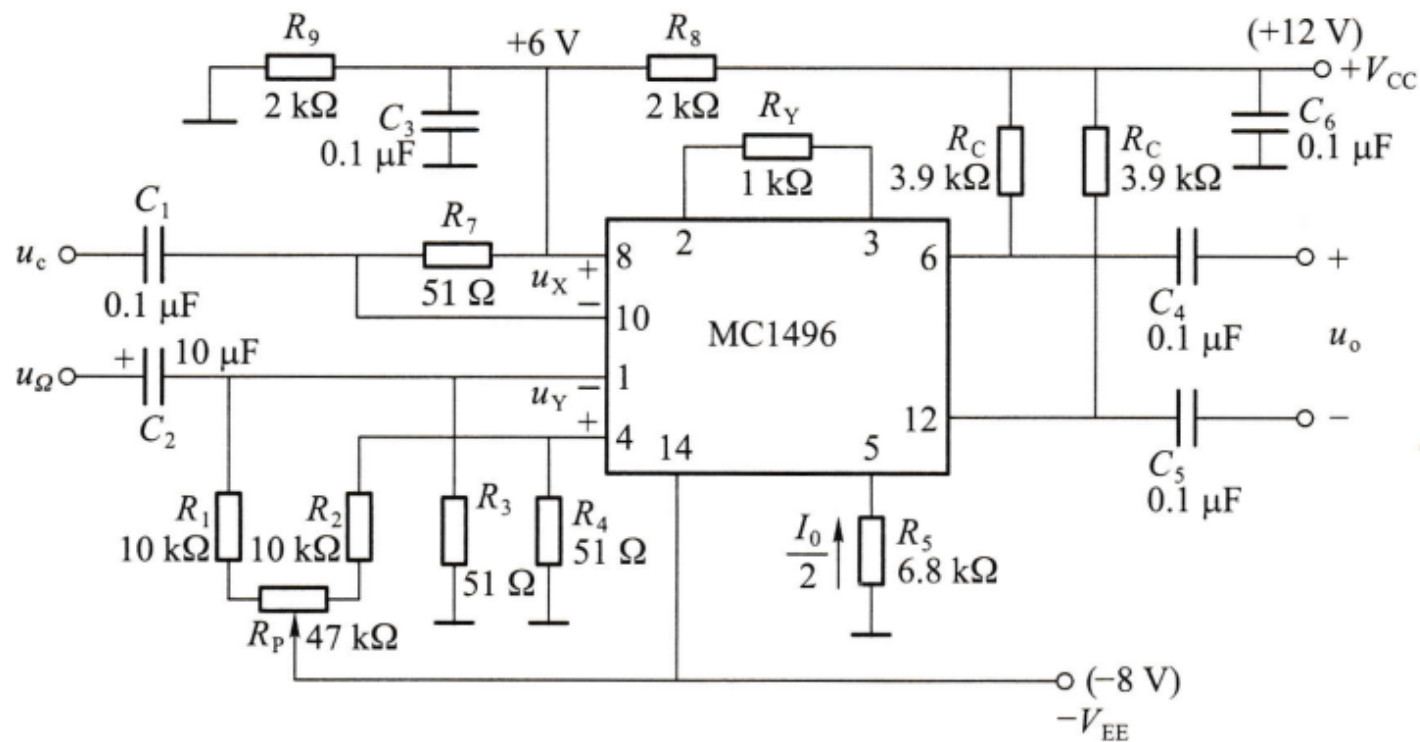


图 5.3.1 MC1496 模拟相乘器调幅电路