

一、(18 分) 某种调制方法的实现框图如图 1 所示, 图中符号分别代表理想乘法器、放大器(放大倍数在三角形内部标明)和加法器, 已知 $\omega_c \gg \omega_2 > \omega_1$, $\omega_1 \gg \Omega_1$, $\omega_2 \gg \Omega_2$, $\Omega_2 > \Omega_1$ 。

- 1、写出 $v_o(t)$ 的数学表示式, 你认为这是一个什么已调波信号 (6 分) ?
- 2、画出该输出信号的正频率部分频谱图, 要求标明谱线的幅度与频率 (6 分)。
- 3、画出解调电路的原理框图 (6 分)。

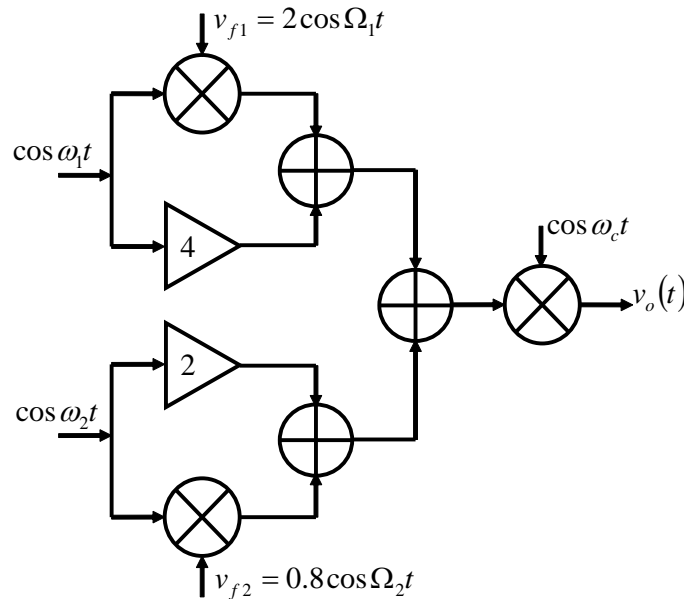


图 1 某种调制方法的实现方框图

二、(18 分) 某一阶锁相环路, 其 VCO 的控制灵敏度 $K_\omega = 30 \text{ kHz/V}$, 自由振荡频率 $f_{o0} = 1 \text{ MHz}$, 鉴相器正弦鉴相特性如图 2 所示。

- 1、已知在某单频输入参考信号作用下环路锁定后, 控制频差为 30 kHz, 问: 该输入信号的频率 f_{i0} 为多少? VCO 的控制电压 v_p , 以及稳态相差 φ_{∞} 各为多少? (5 分)

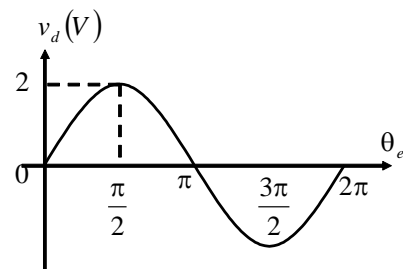


图 2 PD 鉴相特性

- 2、画出该一阶环路的相图, 并在相图上标出相应的参数值及轨迹方向箭头。(5 分)

- 3、假设压控振荡器的线性范围很大, 若缓慢地将输入信号频率增高, 则当输入信号的频率 f_{i0} 达到何值时, 环路将失锁? (3 分)

- 4、设置调频波 $v_i(t) = V_{im} \sin(2\pi \times 1.05 \times 10^6 t + 0.5 \sin(5\pi \times 10^4 t))$ (V) 为锁相环路的输入参考信号, 锁相环可否实现该调频波的无失真解调? 为什么? (5 分)

三、(24 分) 如图 3 所示, 两个晶体管分别实现下变频功能和中频放大功能。其中射频频率为 16MHz, 本振频率为 14MHz。图中三个变压器初次级线圈的变压比均为 2:1, 电感部分接入系数均为 0.5, 三个初级线圈的电感值分别为 $L_1 = 2.5\mu H$, $L_2 = 31.6\mu H$, $L_3 = 25\mu H$ 。问:

- 1、三个并联谐振回路在这里各自起到什么作用? (6 分)
- 2、计算三个并联谐振回路的电容 C_1 、 C_2 和 C_3 ? (5.5 分)
- 3、假设晶体管的输出电阻 $r_{ce} = 2k\Omega$, 不考虑电感损耗, 你认为负载电阻 R_L 应取多少? (5 分) (注: 2、3 问计算中, 不考虑晶体管极间电容的影响。)
- 4、调试中, 该电路系统出现了自激振荡, 你认为自激振荡频率为多少? 为什么? (3.5 分)
- 5、如何消除自激振荡? 为什么你的措施可以消除自激振荡? (4 分)

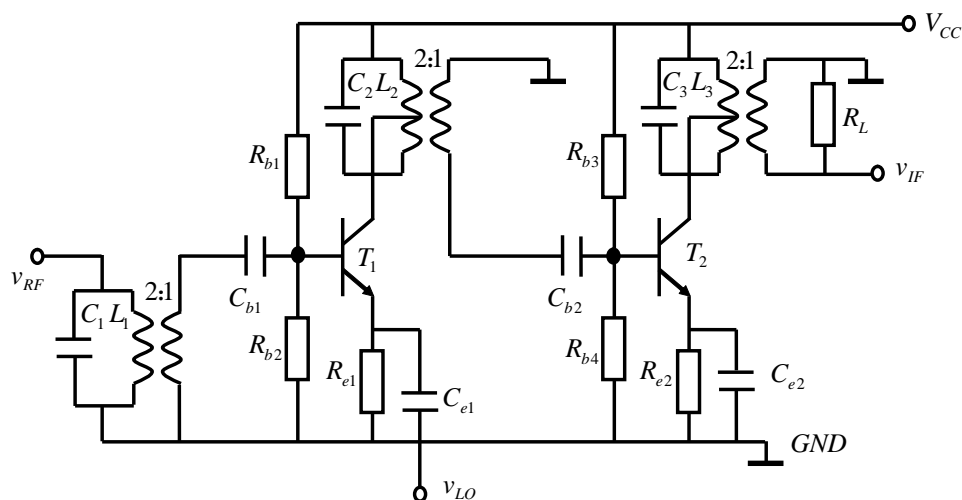


图 3 某接收机实验电路

四、(19 分) 某变容管直接调频电路的高频等效电路如图 4 (a) 所示, 已知加载到变容二极管上的调制信号为 $v_{\Omega}(t) = \cos 2\pi \times 10^3 t (V)$; 变容管在直流偏置电压 V_B 作用下的结电容为 $C'_0 = 5pF$; 测得电容 C_2 上的电压幅值为 1V, 其频谱图如图 4 (b) 所示。

- 1、计算振荡器的反馈系数 (2.5 分)。
- 2、计算输出调频波的中心频率 f_c 和最大频偏 Δf_m (5 分)。
- 3、写出输出调频波 $v_o(t)$ 的表示式 (3 分)。
- 4、如果调制信号的频率增加 3 倍, 其它都不变, 试画出输出调频波的频谱结构图 (谱线幅值可以不标)。(3 分)
- 5、有人根据该高频等效电路画出频率调制电路如图 4 (c) 所示。指出该图中有几处错误? 并在题图电路上加以改正 (5.5 分)。

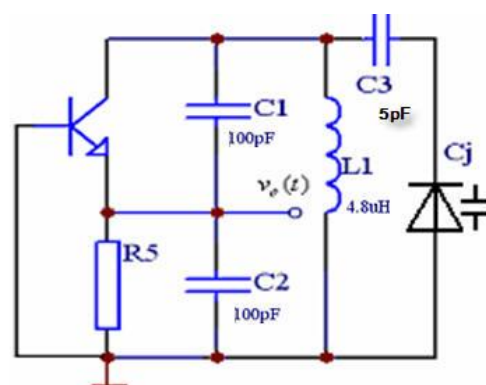


图 4 (a) 高频等效电路

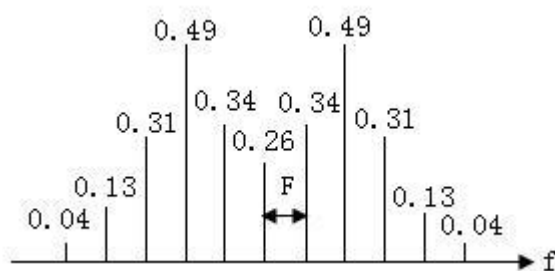


图 4 (b) 输出信号的频谱图

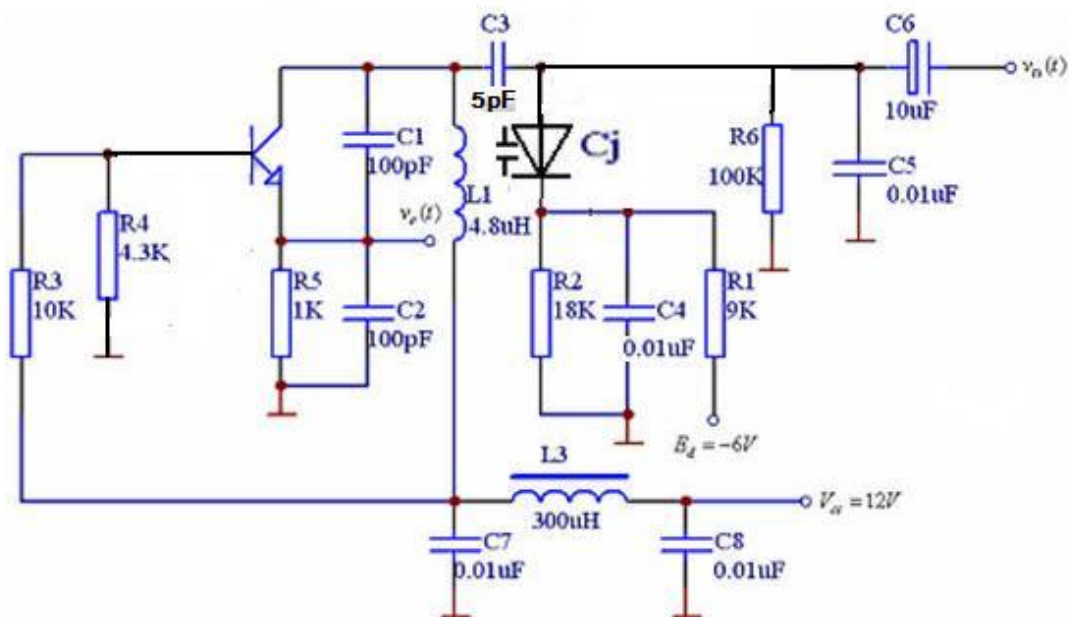


图 4 (c) 变容管直接调频电路

五、(21 分) 已知 BJT 差分对管的电压电流转移特性为双曲正切关系，

$$i = I_0 \tanh \frac{v}{2v_T}$$

其中， $I_0 = 2mA$ 为差分对管的偏置电流， $v_T = \frac{kT}{q}$ 为热电压，室温下取其为 $25mV$ 。

对于双曲正切函数，有如下提示信息：假设 $y = \tanh x$ ，令 $a_0 = y(x)$ ， $a_1 = \frac{dy(x)}{dx}$ ，

$$a_2 = \frac{1}{2} \frac{d^2 y(x)}{dx^2}, \dots, a_n = \frac{1}{n!} \frac{d^n y(x)}{dx^n}, \dots, \text{则 } a_0 = \tanh x = \frac{\sinh x}{\cosh x}, a_1 = \frac{1}{\cosh^2 x}, a_2 = -\frac{\sinh x}{\cosh^3 x},$$

$$a_3 = \frac{2 \sinh^2 x - 1}{3 \cosh^4 x}, \dots. \text{显然，} a_0(x_0), a_1(x_0), a_2(x_0), a_3(x_0), \dots \text{为双曲正切函数 } y = \tanh x$$

在 x_0 位置的台劳展开系数，这些系数对自变量 x_0 的变化曲线如图 5 所示，几个特殊 x_0 位置的台劳展开系数的数值如表 1 所示。

现要求：

1、如果希望用该差分对管实现对射频信号 $v_s = V_{sm} \cos \omega_s t$ 的放大，其中 $V_{sm} = 1mV$ 为射频信号的幅值。设置输入电压为 $v = V_0 + V_{sm} \cos \omega_s t$ ，其中 V_0 为输入信号中的直流偏

置电压分量。问：直流偏置分量 v_0 应取值为多少？为什么？此时跨导放大倍数为多少？（5分）

2、有人断言说：‘因为差分对管的双曲正切电压电流转移特性为奇函数，台劳展开只有奇次项，没有偶次项，因而不能用差分对管实现变频功能。’但事实上差分对管是可以用来实现变频功能，请指出上述断言论断中的错误之处。（3分）

3、意欲用该差分对管实现变频功能，已知输入电压为 $v = V_0 + V_{sm} \cos \omega_s t + V_{Lm} \cos \omega_L t$ ，其中 v_0 为输入信号中的直流偏置电压分量， $V_{sm} = 1mV$ 为射频信号幅度， $V_{Lm} = 10mV$ 为本振信号幅度。直流偏置分量 v_0 应取值为多少？为什么？此时变频跨导为多少？（5分）

4、仍然用该差分对管实现变频功能，已知输入电压为 $v = V_0 + V_{sm} \cos \omega_s t + V_{Lm} S_2(\omega_L t)$ ，其中 v_0 为输入信号中的直流偏置电压分量， $V_{sm} = 1mV$ 为射频信号幅度， $V_{Lm} = 1.5V$ 为本振信号幅度，本振信号为方波信号，式中 $S_2(\omega_L t) = \begin{cases} +1 & \cos \omega_L t > 0 \\ -1 & \cos \omega_L t < 0 \end{cases}$ 为开关函数，代表方波的变化规律。直流工作点 v_0 应选取为多大？为什么？此时变频跨导为多大？（5分）

5、通过对（3）、（4）两问的分析，请给出提高变频跨导的措施。并请回答：上述应用中，最大的变频跨导增益为多少？和最大的放大跨导增益相比，两个最大增益之间的差别近似有多少 dB？（3分）

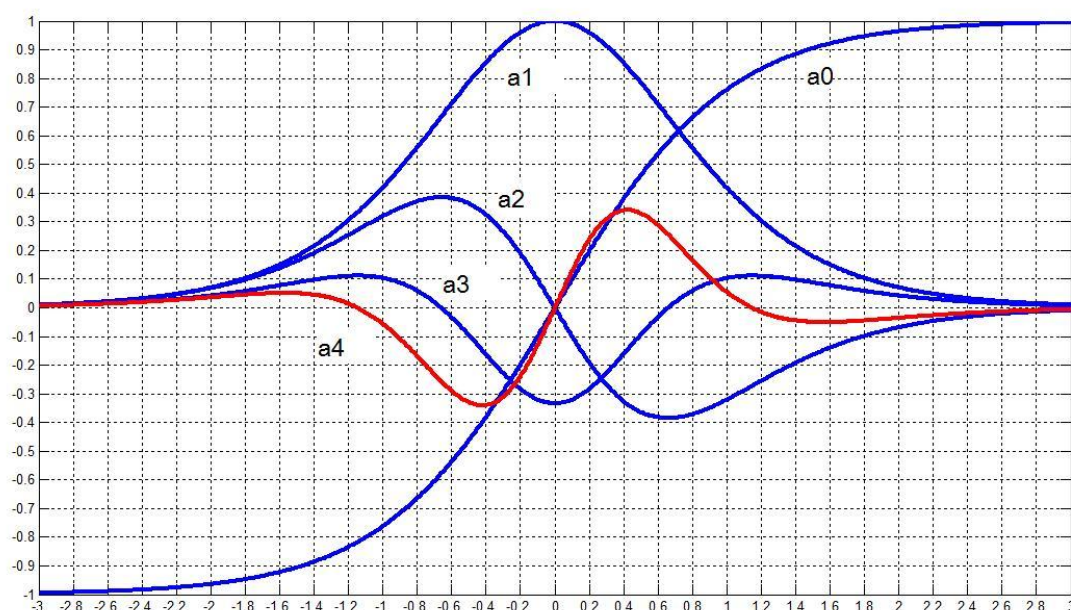


图 5 台劳展开系数曲线

表 1 对应图 5 曲线的几个具体数值列表

x_0	0	-0.657	-1.147	-2	-3
$a_0(x_0)$	0	-0.577	-0.817	-0.964	-0.995
$a_1(x_0)$	1	0.668	0.333	0.071	0.01
$a_2(x_0)$	0	0.385	0.272	0.068	0.01
$a_3(x_0)$	-0.333	0	0.111	0.042	0.007
$a_4(x_0)$	0	-0.257	0	0.036	0.007