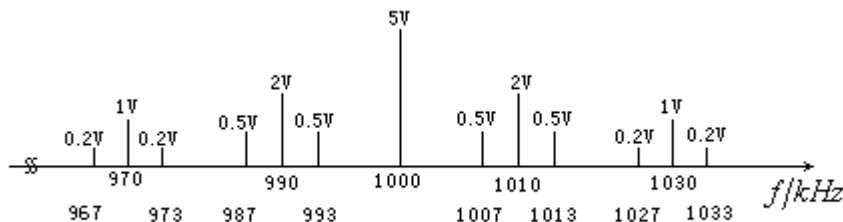


第7章习题解答

【7-1】 题图 7-1 是用频率为 1000kHz 的载波信号同时传送两路信号的频谱图。试写出它的电压表示式，并画出相应的实现方框图。计算在单位负载上的平均功率 P_{av} 和频谱宽度



题图 7-1

BW_{AM} 。

解： 这是一个二次调制的调制信号的频谱图：

一次调制的两个信号的表达式：

其 1：调制信号 3KHz，载波信号 10KHz，已调信号的表达式为：

$$v_1(t) = (1 + 0.2 \cos 6\pi \times 10^3 t) \cos 2\pi \times 10^4 t (V)$$

其 2：调制信号 3KHz，载波信号 10KHz，已调信号的表达式为：

$$v_2(t) = 2(1 + 0.25 \cos 6\pi \times 10^3 t) \cos 6\pi \times 10^4 t (V)$$

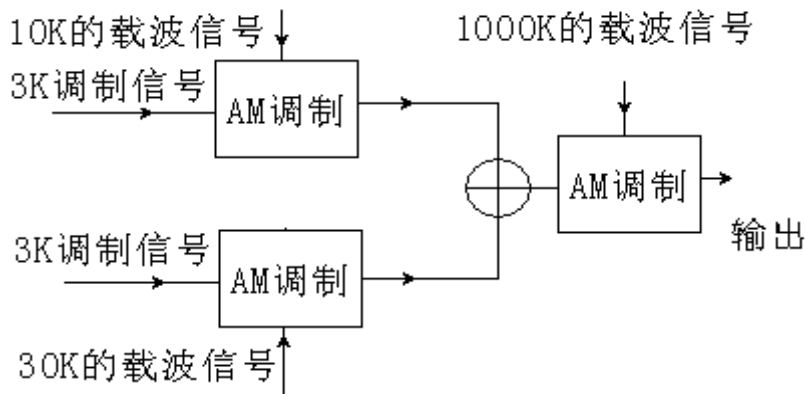
一次调制的两个信号叠加为：

$$v_3(t) = 2(1 + 0.25 \cos 6\pi \times 10^3 t) \cos 6\pi \times 10^4 t (V) + (1 + 0.2 \cos 6\pi \times 10^3 t) \cos 2\pi \times 10^4 t (V)$$

这是二次调制的已调制信号的表达式为：

$$v_o(t) = 5[1 + 0.4(1 + 0.25 \cos 6\pi \times 10^3 t) \cos 6\pi \times 10^4 t + 0.2(1 + 0.2 \cos 6\pi \times 10^3 t) \cos 2\pi \times 10^4 t] \cos 2\pi \times 10^6 t$$

故实现的框图为：



【7-2】 试指出下列电压是什么已调信号？写出已调信号的电压表示式，并指出它们在单位电阻上消耗的平均功率 P_{av} 及相应频谱宽度。

$$(1) v_o(t) = 2 \cos 4\pi \times 10^6 t + 0.1 \cos 3996\pi \times 10^3 t + 0.1 \cos 4004\pi \times 10^3 t (V)$$

$$(2) \quad \nu_o(t) = 4\cos 2\pi \times 10^6 t + 1.6\cos 2\pi(10^6 + 10^3)t + 0.4\cos 2\pi(10^6 + 10^4)t \\ + 1.6\cos 2\pi(10^6 - 10^3)t + 0.4\cos 2\pi(10^6 - 10^4)t \text{ (V)}$$

$$(3) \quad \nu_o(t) = 5\cos(\omega_0 + \omega_1 + \Omega_1)t + 5\cos(\omega_0 - \omega_1 - \Omega_1)t + 5\cos(\omega_0 + \omega_1 - \Omega_1)t \\ + 5\cos(\omega_0 - \omega_1 + \Omega_1)t + 4\cos(\omega_0 + \omega_2 + \Omega_2)t + 4\cos(\omega_0 - \omega_2 - \Omega_2)t \\ + 4\cos(\omega_0 + \omega_2 - \Omega_2)t + 4\cos(\omega_0 - \omega_2 + \Omega_2)t$$

解：1、这是一个普通调幅波，调制信号为单频：其已调信号的表达式为：

$$\nu_o(t) = 2(1 + 0.1\cos 4\pi \times 10^3 t)\cos 4\pi \times 10^6 t$$

单位电阻上的平均功率为：

$$P_{av} = (1 + \frac{1}{2}m_a^2)P_c = [1 + \frac{1}{2} \times (\frac{1}{5})^2] \times 4 = 4.08W$$

$$\text{频谱宽度为： } BW = 2F = 2 \times 2 \times 10^3 = 4000Hz = 4KHz$$

2、这也是一个普通调幅波，调制信号含有两个频点：其已调信号的表达式为：

$$\nu_o(t) = 4(1 + 0.8\cos 2\pi \times 10^3 t + 0.2\cos 2\pi \times 10^4 t)\cos 2\pi \times 10^6 t$$

单位电阻上的平均功率为：

$$P_{av} = (1 + \frac{1}{2}m_{a1}^2 + \frac{1}{2}m_{a2}^2)P_c = [1 + \frac{1}{2} \times (\frac{4}{5})^2 + \frac{1}{2} \times (\frac{1}{5})^2] \times 16 = 21.44W$$

$$\text{频谱宽度为： } BW = 2F_{\max} = 2 \times 1 \times 10^4 = 20000Hz = 20KHz$$

3、这是两次双边带调幅波，其已调信号的表达式为：

$$\begin{aligned} \nu_o(t) &= 5\cos(\omega_0 + \omega_1 + \Omega_1)t + 5\cos(\omega_0 - \omega_1 - \Omega_1)t + 5\cos(\omega_0 + \omega_1 - \Omega_1)t + \\ &5\cos(\omega_0 - \omega_1 + \Omega_1)t + 4\cos(\omega_0 + \omega_2 + \Omega_2)t + 4\cos(\omega_0 - \omega_2 - \Omega_2)t + \\ &+ 4\cos(\omega_0 + \omega_2 - \Omega_2)t + 4\cos(\omega_0 - \omega_2 + \Omega_2)t \\ &= 10\cos(\omega_0 + \omega_1)t \cos \Omega_1 t + 10\cos(\omega_0 - \omega_1)t \cos \Omega_1 t + \\ &8\cos(\omega_0 + \omega_2)t \cos \Omega_2 t + 8\cos(\omega_0 - \omega_2)t \cos \Omega_2 t + \\ &= 20\cos \omega_0 t \cos \omega_1 t \cos \Omega_1 t + 16\cos \omega_0 t \cos \omega_2 t \cos \Omega_2 t \\ &= (20\cos \omega_1 t \cos \Omega_1 t + 16\cos \omega_2 t \cos \Omega_2 t) \cos \omega_0 t \end{aligned}$$

单位电阻上的平均功率为：

$$P_{av} = \frac{1}{2} \times 20^2 + \frac{1}{2} \times 16^2 = 200 + 98 = 298W$$

$$\text{频谱宽度为： } BW = 2F_{\max} = 2 \times \max((\omega_1 + \Omega_1), (\omega_2 + \Omega_2))$$

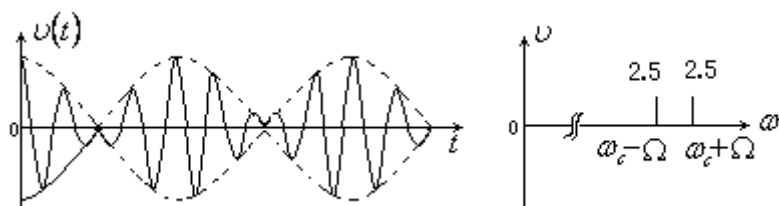
【7-3】 试画出下列三种已调信号的波形和频谱图。已知 $\omega_c \gg \Omega$

(1) $v(t) = 5 \cos \Omega t \cos \omega_c t (V)$;

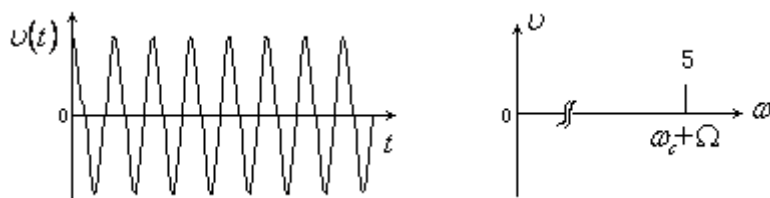
(2) $v(t) = 5 \cos(\omega_c + \Omega)t$;

(3) $v(t) = (5 + 3 \cos \Omega t) \cos \omega_c t$ 。

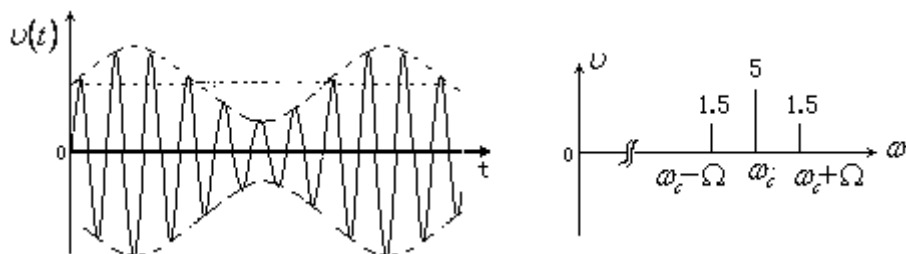
解：1、这是一个双边带调幅波，其波形与频谱图如下：



2、这是一个单频的单边带调幅波，是一个余弦波，其波形与频谱如下：



3、这是一个调制信号为单频的普通调幅波，其波形与频谱如下：

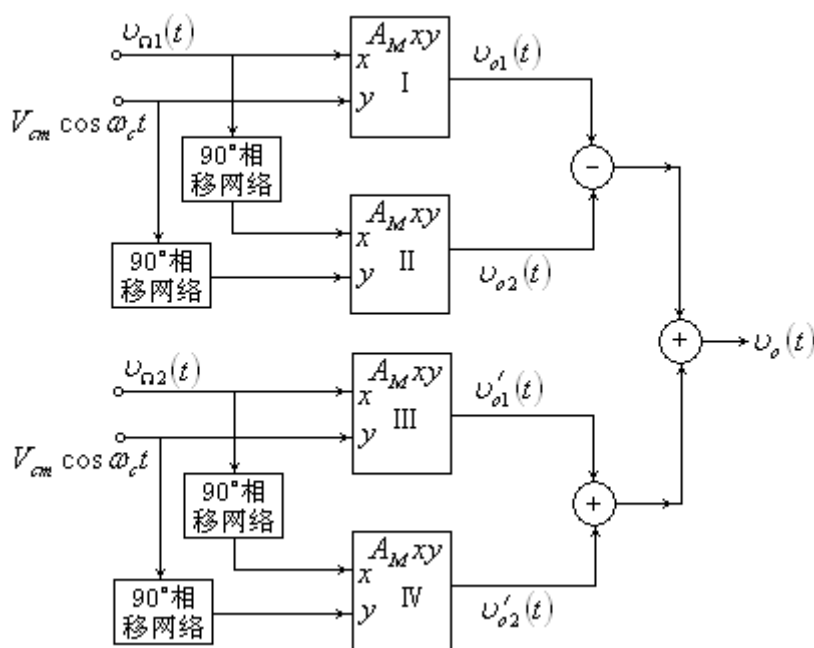


【7-4】 当采用相移法实现单边带调制时，若要求上边带传输的调制信号为 $V_{\Omega m1} \cos \Omega_1 t$ ，下边带传输的调制信号为 $V_{\Omega m2} \cos \Omega_2 t$ ，试画出其实现方框图。

解：要实现的已调信号的数学表达式为：

$$\begin{aligned} v_o(t) &= V_{cm} V_{\Omega m1} \cos(\omega_c - \Omega_1)t + V_{cm} V_{\Omega m2} \cos(\omega_c + \Omega_2)t \\ &= V_{cm} V_{\Omega m1} \cos \omega_c t \cos \Omega_1 t - V_{cm} V_{\Omega m1} \sin \omega_c t \sin \Omega_1 t + \\ &\quad V_{cm} V_{\Omega m2} \cos \omega_c t \cos \Omega_2 t + V_{cm} V_{\Omega m2} \sin \omega_c t \sin \Omega_2 t \end{aligned}$$

根据表达式给出的实现的方框图为：

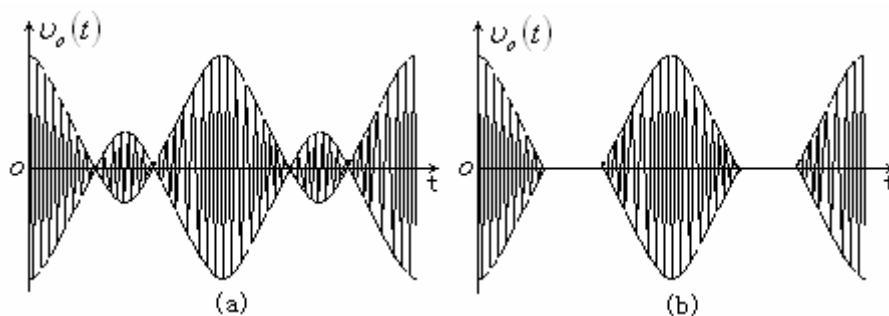


【7-5】 何谓过调幅？为何双边带调制信号和单边带调制信号均不会产生过调幅？

解： 调幅度是表征调幅信号的重要参数，它的一般定义式为

$$m_a = \frac{V_{m\max} - V_{m\min}}{V_{m\max} + V_{m\min}} \times 100\%$$

式中， $V_{m\max}$ 和 $V_{m\min}$ 分别是调幅信号电压的最大振幅和最小振幅。显然， m_a 必须小于或等于 1。否则，当 $m_a > 1$ 时，在调制信号相位为 π 值附近， $v_o(t)$ 变为负值，以单边带调制信号为例：如图（a）所示，它的包络已不能反映调制信号的变化而造成失真，通常将这种失真称为过调幅失真。不过，在实际调幅电路中，图（a）为乘法器构成的调制器中出现的失真；图（b）为分立器件构成的调制器中出现的失真。



【7-7】 一非线性器件的伏安特性为

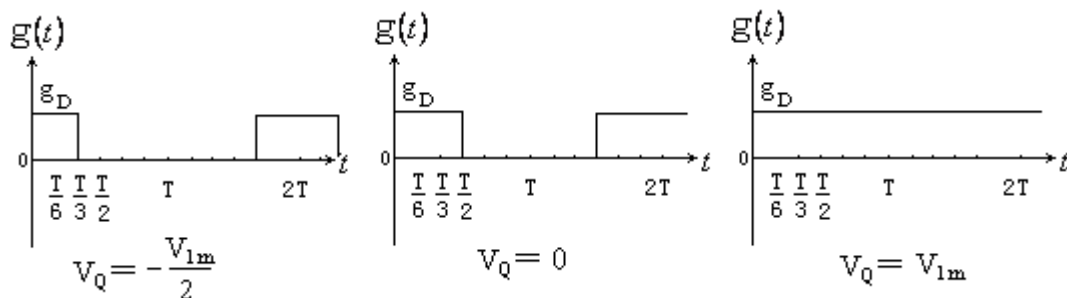
$$i = \begin{cases} g_D v & v > 0 \\ 0 & v \leq 0 \end{cases}$$

式中 $v = V_Q + v_1 + v_2 = V_Q + V_{1m} \cos \omega_1 t + V_{2m} \cos \omega_2 t$ 。若 V_{2m} 很小，满足线性时变条件，

则在 $V_Q = -V_{1m}/2$ 、 0 、 V_{1m} 三种情况下，画出 $g(v_1)$ 波形，并求出时变增量电导 $g(v_1)$ 的

表示式，分析该器件在什么条件下能实现振幅调制、解调和混频等频谱搬移功能。

解： V_{2m} 很小，满足线性时变条件，故在 $V_Q = -V_{1m}/2$ 、0、 V_{1m} 三种情况对应的 $g(v_1)$ 的波形如下：



其时变电导的表达式分别为：

$$g(v_1) = \begin{cases} g_D & 2k\pi - \frac{\pi}{3} < \omega t < 2k\pi + \frac{\pi}{3} \\ 0 & 2k\pi + \frac{\pi}{3} < \omega t < 2k\pi + \frac{5\pi}{3} \end{cases} \quad V_Q = -V_{1m}/2$$

$$g(v_1) = \begin{cases} g_D & 2k\pi - \frac{\pi}{2} < \omega t < 2k\pi + \frac{\pi}{2} \\ 0 & 2k\pi + \frac{\pi}{2} < \omega t < 2k\pi + \frac{3\pi}{2} \end{cases} \quad V_Q = 0$$

$$g(v_1) = g_D \quad V_Q = V_{1m}$$

输出的电流表达式可以为：

$i = I_0(t) + g(t)v_2$ 可以知道在前面的两种条件下，输出的 i 的表达式中含有两个信号

的乘积，可以实现频率变换，故可以实现调幅、混频和实现解调的功能，但是当 $V_Q = V_{1m}$ 输出中不含有两个信号的乘积项，不含有频率变换的功能，故不能实现调幅、混频与解调。

【7-8】 在题图 7-8 所示的差分对管调制电

路中，已知 $v_c(t) = 360 \cos 10\pi \times 10^6 t (mV)$ ，

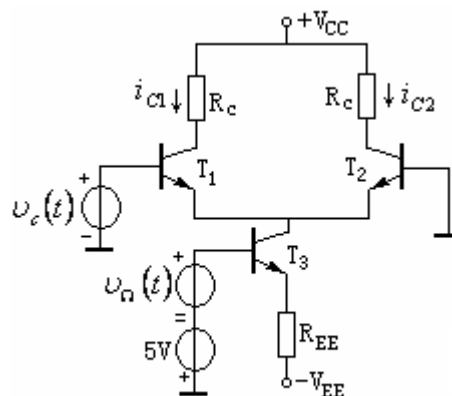
$$v_\Omega(t) = 5 \cos 2\pi \times 10^3 t \quad (mV) \quad ,$$

$V_{CC} = |V_{EE}| = 10V$ ， $R_{EE} = 15k\Omega$ ，晶体三极管

β 很大， $V_{BE(on)}$ 可忽略。试用开关函数求

$i_c = (i_{C1} - i_{C2})$ 值。

解： 根据题意可知：



题图 7-8

$$i_c = (i_{C1} - i_{C2}) = I_0 th\left(\frac{v_c}{2V_T}\right) = \frac{15 + v_\Omega}{15} th\left(\frac{v_c}{2V_T}\right) (mA)$$

输入的载波信号的幅度大于 105 毫伏，可以视为大信号，故：

$$i_C = (i_{C1} - i_{C2}) \approx (1 + \frac{v_{\Omega}}{15}) K_2(\omega_c t) \quad (mA)$$

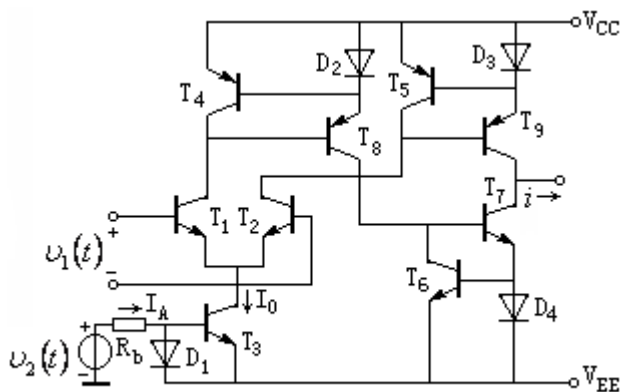
$$= (1 + \frac{v_{\Omega}}{15}) [\frac{4}{\pi} \cos(\omega_c t) - \frac{4}{3\pi} \cos(3\omega_c t) + \dots]$$

可见，输出的表达式中可以选出：

$$i_C = \frac{4}{\pi} (1 + \frac{v_{\Omega}}{15}) \cos(\omega_c t) = \frac{4}{\pi} (1 + \frac{\cos 2\pi \times 10^3 t}{3}) \cos(2\pi \times 10^6 t)$$

【7.9】 题图 7-9 所示为单差分对管电路，图中 $T_1 \sim T_3$ 、 D_1 组成差分放大器， T_4 、 T_8 、 D_2 、 T_5 、 T_9 、 D_3 和 T_6 、 T_7 、 D_4 组成三个电流源电路，若各管 β 足够大， $V_{EE(on)}$ 可忽略，试导出输出电流 i 的表达式。若 $v_1(t) = V_{1m} \cos \omega_c t$ ，

$$v_2(t) = V_{2m} \cos \Omega t, \text{ 且 } V_{2m} < |V_{EE}|,$$



题图 7-9

试画出下列两种情况下的输出电流 i 的波形及其频谱图：（1） V_{1m} 很小，处于小信号工作状态；（2） V_{1m} 很大，处于开关工作状态。

解： T_4 、 T_8 、 D_2 ，和 T_5 、 T_9 、 D_3 组成的电流源电路分别作为 $T_1 \sim T_3$ ，组成的差分对放大器的负载，并与 T_6 、 T_7 、 D_4 组成这个电流源电路完成双端输入到单端输出的电流的转换，同时使输出电流具有双端输出的功能。

$V_{2m} < |V_{EE}|$ ， $V_{EE(on)}$ 可忽略说明 T_3 总是可以受到的 $v_2(t) = V_{2m} \cos \Omega t$ 线性控制。

$$\text{故电流可以表示为: } i = i_1 - i_2 = I_0(t) \tanh\left(\frac{v_1}{2v_T}\right) = \frac{\beta_3 v_2}{R_b} \tanh\left(\frac{v_1}{2v_T}\right)$$

（1） V_{1m} 很小，处于小信号工作状态时；

$$i = i_1 - i_2 = I_0(t) \tanh\left(\frac{v_1}{2v_T}\right) \approx \frac{\beta_3 v_2}{R_b} \frac{v_1}{2v_T} = \frac{\beta_3}{R_b} \frac{v_2}{2v_T} v_1 v_2$$

故其完成一个理想的乘法电路，输出的频谱为两个信号的线性搬移，即输出为 $\omega_1 \pm \omega_2$ 的频率成分。

（2） V_{1m} 很大，处于开关工作状态。

$$i = i_1 - i_2 = I_0(t) \tanh\left(\frac{v_1}{2v_T}\right) = \frac{\beta_3 v_2}{R_b} k_2(v_1)$$

可见，输出为 $(2k+1)\omega_1 \pm \omega_2$ 的频率成分，其中 k 为正整数。

【7-10】 一双差分对平衡调制器如题图 7-10 所示，其单端输出电流

$$i_I = \frac{I_0}{2} + \frac{i_5 - i_6}{2} \th \frac{qV_1}{2kT} \approx \frac{I_0}{2} + \frac{v_2}{R_e} \th \frac{qV_1}{2kT}$$

试分析为实现下列功能（不失真），两输入端各自应加什么信号电压？输出端电流包含哪些频率分量，输出滤波器的要求是什么？

(1) 混频（取 $\omega_I = \omega_L - \omega_C$ ）；(2) 双边带调制；(3) 双边带调制波解调。

解：(1) 要实现混频（取 $\omega_I = \omega_L - \omega_C$ ）

v_1 输入本振信号并处在在大信号工作状态，

$v_2(t)$ 输入已调制信号，为小信号。

$$\begin{aligned} i_I &= \frac{I_0}{2} + \frac{i_5 - i_6}{2} \th \frac{qV_1}{2kT} \approx \frac{I_0}{2} + \frac{v_2}{R_e} \th \frac{qV_1}{2kT} \approx \frac{I_0}{2} + \frac{v_2}{R_e} k_2(\omega_L t) \\ &= \frac{I_0}{2} + \frac{v_2}{R_e} \left[\frac{4}{\pi} \cos \omega_L t - \frac{4}{3\pi} \cos 3\omega_L t + \frac{4}{5\pi} \cos 5\omega_L t + \dots \right] \\ &= \frac{I_0}{2} + \frac{2V_{\Omega}}{\pi R_e} \cos(\omega_L \pm \omega_C)t - \frac{2V_{\Omega}}{3\pi R_e} \cos(3\omega_L \pm \omega_C)t + \dots \end{aligned}$$

故输出的电流中含有：直流， $(2k+1)\omega_L \pm \omega_C$ 的频率成分，其中 k 为 0, 1, 2...等。

故输出的滤波器为中心频率为 $\omega_L - \omega_C$ 带通滤波器，

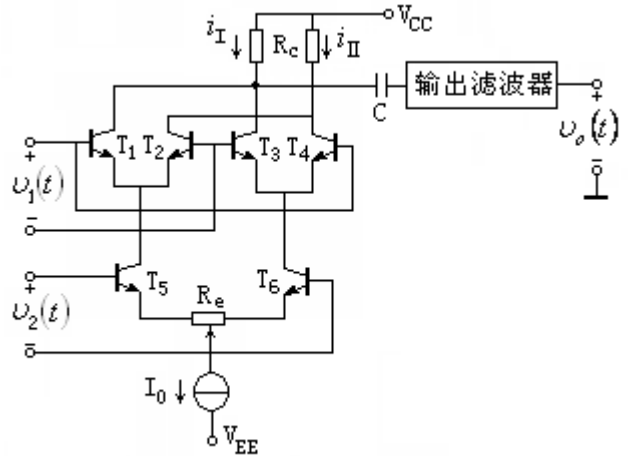
(2) 双边带调制， v_1 输入载波信号并处在在大信号工作状态， $v_2(t)$ 输入调制信号，为小信号。

$$\begin{aligned} i_I &= \frac{I_0}{2} + \frac{i_5 - i_6}{2} \th \frac{qV_1}{2kT} \approx \frac{I_0}{2} + \frac{v_2}{R_e} \th \frac{qV_1}{2kT} \approx \frac{I_0}{2} + \frac{v_2}{R_e} k_2(\omega_C t) \\ &= \frac{I_0}{2} + \frac{v_2}{R_e} \left[\frac{4}{\pi} \cos \omega_C t - \frac{4}{3\pi} \cos 3\omega_C t + \frac{4}{5\pi} \cos 5\omega_C t + \dots \right] \\ &= \frac{I_0}{2} + \frac{2V_{\Omega m}}{\pi R_e} \cos(\omega_C \pm \Omega)t - \frac{2V_{\Omega m}}{3\pi R_e} \cos(3\omega_C \pm \Omega)t + \dots \end{aligned}$$

故输出的电流中含有：直流， $(2k+1)\omega_C \pm \Omega$ 的频率成分，其中 k 为 0, 1, 2...等。

故输出的滤波器为中心频率为 ω_C 带通滤波器。

(3) 双边带调制的解调， v_1 输入双边带已调制信号。 $v_2(t)$ 输入与载波信号同步的同步信号。



题图 7-10

$$\begin{aligned}
i_I &= \frac{I_0}{2} + \frac{i_5 - i_6}{2} \th \frac{qV_1}{2kT} \approx \frac{I_0}{2} + \frac{v_2}{R_e} \th \frac{qV_1}{2kT} \approx \frac{I_0}{2} + \frac{v_2}{R_e} k_2(\omega_C t) \\
&= \frac{I_0}{2} + \frac{v_2}{R_e} \left[\frac{4}{\pi} \cos \omega_C t - \frac{4}{3\pi} \cos 3\omega_C t + \frac{4}{5\pi} \cos 5\omega_C t + \dots \right] \\
&= \frac{I_0}{2} + \frac{V_{\Omega m}}{\pi R_e} \cos(\omega_C \pm \Omega)t \cos \omega_C t - \frac{2V_{\Omega m}}{3\pi R_e} \cos(3\omega_C \pm \Omega)t \cos \omega_C t + \dots
\end{aligned}$$

故输出的电流中含有：直流， $2k\omega_C \pm \Omega$ 的频率成分，其中 k 为 0, 1, 2...等。

故输出的滤波器为低通滤波器。

【7-11】 运用题图 7-11 所示 BG314 集成模拟相乘器实现相乘功能。已知外接元件 $R_3 = R_{13} = 18.8k\Omega$ ，

$R_C = 5k\Omega$ ， $R_{e1} = R_{e2} = 10k\Omega$ ， $V_{CC} = |V_{EE}| = 20V$ ，

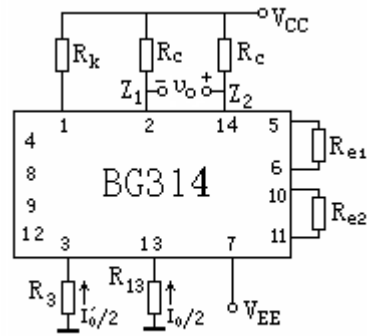
$V_{BE(on)} = 0.7V$ ， β 足够大，在下列两种情况下试求 v_o 。

表示式、电路功能、对外接滤波器的要求。(1) $v_x = 50$

$\cos \omega_c t (mV)$ ， $v_y = 2 \cos \omega_L t (V)$ ；(2)

$v_x = 500 \cos \Omega t (mV)$ ， $v_y = 2 \cos \omega_c t (V)$ 。

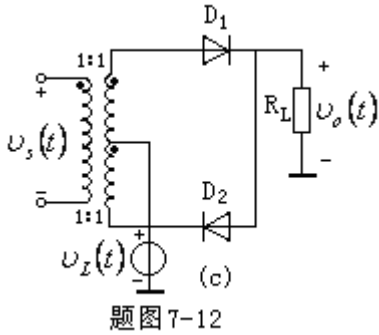
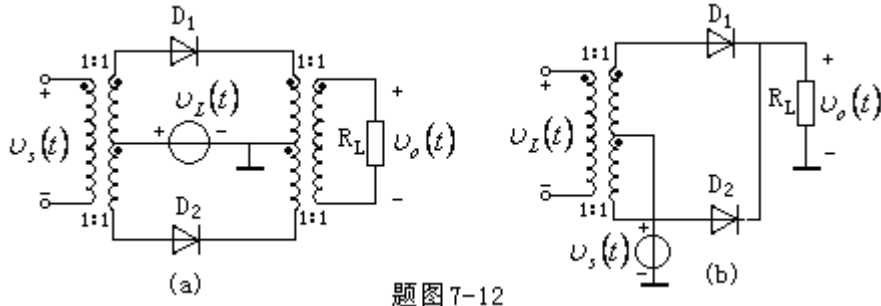
解：根据 BG314 的内部结构图可知：



题图 7-11

7-12 试求题图 7-12 所示的单平衡混频器的输出电压 $v_o(t)$ 表示式。设二极管的伏安特

性均为从原点出发，斜率为 g_D 的直线，且二极管工作在受 v_L 控制的开关状态。



解： 1、两个二极管导通时对应的电导为 $g = \frac{g_D}{2g_D R_L + 1}$

流进负载的电流为：

$$i_L = i_{D1} - i_{D2} = \frac{2g_D}{2g_D R_L + 1} K_1(\omega_L t) v_s(t)$$

$$v_o = i_L R_L = \frac{2g_D R_L}{2g_D R_L + 1} K_1(\omega_L t) v_s(t)$$

2、两个二极管导通时对应的电导为 $g = \frac{g_D}{g_D R_L + 1}$

正半周 D_1 导通、 D_2 截止，负半周 D_1 截止、 D_2 导通，流进负载的电流为：

$$i_L = i_{D1} + i_{D2} = \frac{g_D}{g_D R_L + 1} \{ K_1(\omega_L t) [v_L(t) + v_s(t)] + K_1(\omega_L t - \pi) [v_L(t) - v_s(t)] \}$$

$$= \frac{g_D}{g_D R_L + 1} [K_2(\omega_L t) v_s(t) + v_L(t)]$$

$$v_o = i_L R_L = \frac{g_D R_L}{g_D R_L + 1} [K_2(\omega_L t) v_s(t) + v_L(t)]$$

3、两个二极管导通时对应的电导为 $g = \frac{g_D}{g_D R_L + 1}$

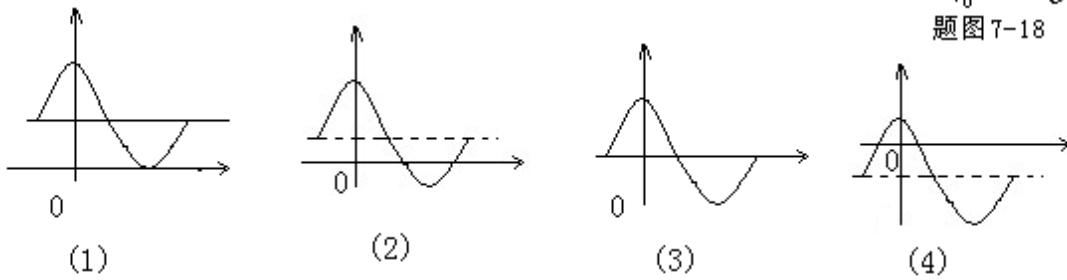
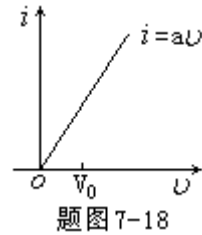
正半周 D_1 导通、 D_2 截止，负半周 D_1 截止、 D_2 导通，流进负载的电流为：

$$\begin{aligned}
i_L &= i_{D1} - i_{D2} = \frac{g_D}{g_D R_L + 1} \{ K_1(\omega_L t) [\nu_L(t) + \nu_s(t)] - K_1(\omega_L t - \pi) [\nu_s(t) - \nu_L(t)] \} \\
&= \frac{g_D}{g_D R_L + 1} [K_2(\omega_L t) \nu_s(t) + \nu_L(t)] \\
v_o &= i_L R_L = \frac{g_D R_L}{g_D R_L + 1} [K_2(\omega_L t) \nu_s(t) + \nu_L(t)]
\end{aligned}$$

【7-18】设一非线性器件的静态伏安特性如题图 7-18 所示, 其斜率为 a , 设本振电压的振幅 $V_{Lm} = V_0$; 求变频器在下列四种情况下的变频跨导 g_c :

(1) 偏压为 V_0 ; (2) 偏压为 $V_0/2$; (3) 偏压为零; (4) 偏压为 $-V_0/2$ 。

解: 四种情况下对应的波形图如下:



- 1、在输入信号的整个周期内, 本振信号都导通, 故导通的跨导为: $g = a$ 满足线性性, 故不存在频率变换, 故变频跨导为 0。
- 2、在输入信号的大半周期内, 输入本振信号导通, 对应的图形为 (2):

$$\text{故输出的对输入的跨导为: } g_c = \begin{cases} a & 2k\pi - \frac{5}{6}\pi < \omega t < 2k\pi + \frac{5}{6}\pi \\ 0 & 2k\pi + \frac{5}{6}\pi < \omega t < 2k\pi + \frac{7}{6}\pi \end{cases}$$

故输出的傅氏级数的第 1 项为:

$$g_1 = \frac{1}{\pi} \int_{2k\pi - \frac{5}{6}\pi}^{2k\pi + \frac{5}{6}\pi} a \cos \omega t d\omega t = \frac{2}{\pi} a \sin \frac{5}{6}\pi = \frac{a}{\pi}$$

$$\text{故变频跨导为 } g = \frac{1}{2} g_1 = \frac{a}{2\pi}$$

- 3、在输入信号的半周期内, 输入本振信号导通, 对应的图形为 (3):

$$\text{故输出的对输入的跨导为: } g_c = \begin{cases} a & 2k\pi - \frac{1}{2}\pi < \omega t < 2k\pi + \frac{1}{2}\pi \\ 0 & 2k\pi + \frac{1}{2}\pi < \omega t < 2k\pi + \frac{3}{2}\pi \end{cases}$$

故输出的傅氏级数的第 1 项为:

$$g_1 = \frac{1}{\pi} \int_{2k\pi - \frac{1}{2}\pi}^{2k\pi + \frac{1}{2}\pi} a \cos \omega t d\omega t = \frac{2}{\pi} a \sin \frac{1}{2}\pi = \frac{2a}{\pi}$$

故变频跨导为 $g = \frac{1}{2} g_1 = \frac{a}{\pi}$

4、在输入信号的半周期内，输入本振信号导通，对应的图形为（4）：

故输出的对输入的跨导为：
$$g_c = \begin{cases} a & 2k\pi - \frac{1}{3}\pi < \omega t < 2k\pi + \frac{1}{3}\pi \\ 0 & 2k\pi + \frac{1}{3}\pi < \omega t < 2k\pi + \frac{4}{3}\pi \end{cases}$$

故输出的傅氏级数的第 1 项为：

$$g_1 = \frac{1}{\pi} \int_{2k\pi - \frac{1}{2}\pi}^{2k\pi + \frac{1}{2}\pi} a \cos \omega t d\omega t = \frac{2a}{\pi} \sin \frac{1}{3}\pi = \frac{\sqrt{3}a}{\pi}$$

故变频跨导为 $g = \frac{1}{2} g_1 = \frac{\sqrt{3}}{2\pi} a$