

试卷一

一、填空题：（请将正确答案填在题中的空格处）

1. 空载的 LC 并联谐振回路，当其品质因数 Q 增大时，回路通频带_____；接入负载后，回路通频带_____。
2. 间接调频的原理是先将调制信号_____后，再进行_____，从而实现调频，其优点是中心频率稳定度高。
3. 石英晶体振荡器通常可分为_____和_____两种。它是利用石英晶体的_____效应工作的，其频率稳定度很高。
4. 电容三点式振荡器的发射极至集电极之间的阻抗 Z_{ce} 性质应为 _____，发射极至基极之间的阻抗 Z_{be} 性质应为_____，基极至集电极之间的阻抗 Z_{cb} 性质应为 _____。

二、选择题：（请将正确答案填在题后的括号内）

- 1、通常超外差收音机的中频为【 】。
A. 10.7MHz B. 75kHz C. 465kHz D. 535kHz
- 2、作为集电极调幅用的高频谐振功率放大器，其工作状态应选用：【 】
A. 临界状态 B. 过压状态 C. 欠压状态 D. 甲类
- 3、频谱线性搬移电路的关键部件是【 】。
A. 相加器 B. 乘法器 C. 减法器 D. 除法器
- 4、若调制信号的频率为 300Hz~3400Hz，那么，调幅电路中带通滤波器的通频带至少应为【 】。
A. 3400Hz B. 5400Hz C. 6800Hz D. 600Hz
- 5、在低电平调幅、小信号检波和混频中，非线性器件特性较好的是【 】。
A. $i = b_0 + b_1v + b_2v^2 + b_3v^3$ B. $i = b_3v^3$ C. $i = b_2v^2$ D. $i = b_1v$
- 6、为提高振荡频率的稳定度，高频正弦波振荡器一般选用 【 】
A. LC 正弦波振荡器 B. 晶体振荡器
C. RC 正弦波振荡器 D. 电感三点式振荡器
- 7、锁相环路锁定后【 】。
A、无频率误差，有相位误差； B、有频率误差，也有相位误差；
C、有频率误差，无相位误差 D. 无频率误差，无相位误差；
- 8、我国调频广播的最大频偏 $\Delta f_m = 75\text{kHz}$ ，当调制频率为 15kHz 时，调频波所占的频带宽度为【 】。
A、180kHz B、30kHz C、150kHz D、360kHz 。
- 9、相位鉴频器的组成框图中包含有【 】。
A、频相变换网络和包络检波器 B、频幅变换网络和鉴相器
C、频相变换网络和鉴相器 D、频幅变换网络和包络检波器
- 10、若要产生稳定的等幅正弦波振荡，要求正反馈型振荡器必须满足【 】。
A、平衡条件 B、起振条件和平衡条件
C、相位条件和幅度条件 D、起振条件、平衡条件和稳定条件

三、简答题：

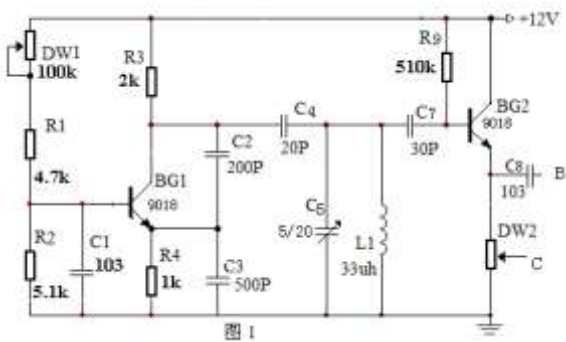
- 1、有一调角波信号其表达式为：

$v(t) = 10 \cos(2\pi \times 10^6 t + 10 \cos 2000\pi t)$ (V)，试根据表达式分别确定：最大频偏、最大相移、卡森带宽、信号在 100 Ω 电阻上的平均功率。

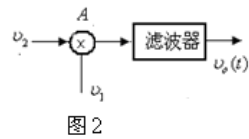
2、画出锁相环的相位数学模型，并写出环路的动态方程，说明方程的意义。

四、计算题：

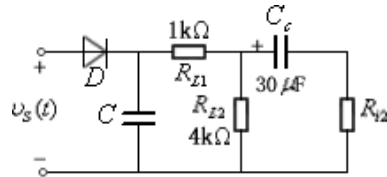
- 1、电路如图 1 所示，试分析：（1）指出电路名称；（2）指出电路中 DW₁、DW₂、三极管 BG₂ 及电容 C₅ 的作用；（3）图中电容 C₁ 的容量是多少？（4）计算电路的反馈系数 k_f ；（5）若用示波器在 B 点测得波形正常，但示波器移到 C 点后发现示波器无波形，分析原因。



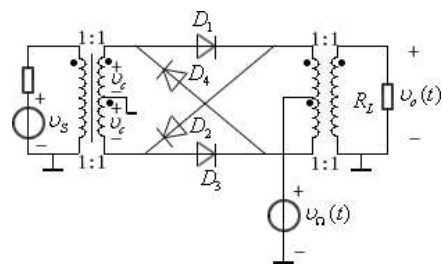
- 2、根据图 2 中电路模型，试说明它们能实现哪些功能（至少写 3 种），并写出对应的 $v_1(t)$ 、 $v_2(t)$ 、 $v_o(t)$ 的数学表达式以及滤波器的类型、频率特性。



- 3、包络检波电路如图 3 所示，二极管正向电阻 $R_D = 100\Omega$ ， $F = (100 \sim 5000) \text{ Hz}$ 。 $M_{a\max} = 0.8$ ， $C = 4500\text{pF}$ ， $R_{i2} = 10\text{k}\Omega$ ，试求图中电路是否产生负峰切割失真和惰性失真。



- 4、振幅调制器如图 4 所示，其中 $v_c(t) = V_{cm} \cos \omega_c t$ ， $v_{\Omega}(t) = V_{\Omega m} \cos \Omega t$ 。各二极管正向导通电阻为 R_D ，且工作在受 $v_c(t)$ 控制的开关状态。设 $R_L \gg R_D$ ，试求输出电压 $v_o(t)$ 表达式。



- 5、电路如图 5 所示，图中 L_1 和 L_2 为高频扼流圈， C_4 为隔直流电容， C_5 和 C_9 为高频旁路电容，调制信号电压 $v_{\Omega}(t) = \cos 4\pi \times 10^3 t$ ，要求：
- （1）画出电路的高频交流通路；

(2) 若变容二极管的结电容 $C_j = \frac{200}{(V_Q + v_\Omega)^2}$ (pF); 求出电路的中心频率 $f_c = ?$ 。

(3) 求最大频偏 Δf_m 和调制灵敏度 S_f ;

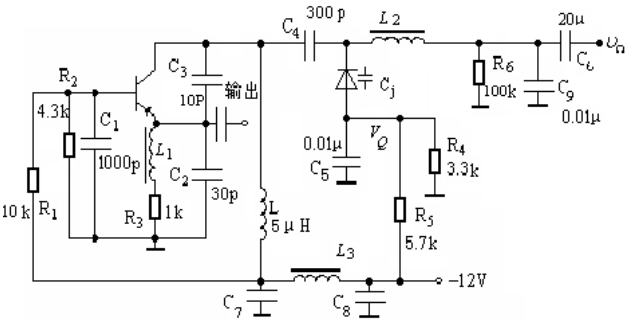


图 5

6、某鉴频器的鉴频特性如图 6 所示，鉴频器的输出电压为 $v_o(t) = \cos 4\pi \times 10^3 t$ (V)，试求：

- (1) 鉴频灵敏度 S_d ;
- (2) 若调频波的振幅为 $V_{cm} = 5V$, 中心频率为 3MHz，写出鉴频器输入信号 $v_{FM}(t)$ 的表达式；
- (3) 若调频电路中单位电压产生的频偏为 4kHz，写出原调制信号 $v_\Omega(t)$ 的表达式；

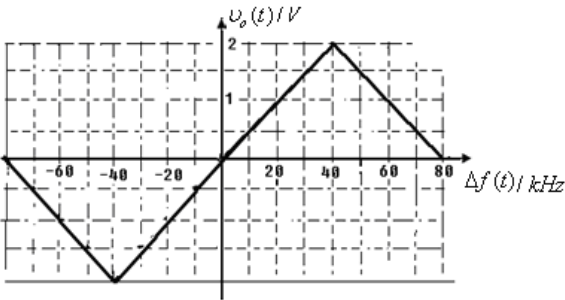


图 6

7、电路如图 7 所示，试求输出频率 f_o 的变化范围，以及输出频率的间隔。已知 $N=560\sim 850$ 。

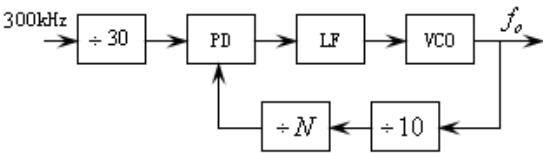


图 7

试卷一答案

一、填空题：

- 1、变窄 展宽
- 2、积分 调相
- 3、串联型晶振 并联下晶振 正压电和反压电
- 4、容性 容性 感性

二、选择题：

C B B C C B A A C D

三、简答题：

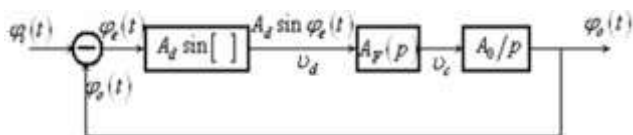
- 1、解：最大相移为：M=10rad

$$\text{最大频偏为：} \Delta f_m = MF = 10 \times 10^3 \text{ Hz}$$

$$\text{卡森带宽 } BW_{CR} = 2(M+1)F = 2(10+1) \times 10^3 = 22 \times 10^3 \text{ Hz}$$

$$\text{在电阻上的平均功率 } P_{av} = \frac{1}{2} \frac{V_{cm}^2}{R} = \frac{1}{2} \times \frac{100}{100} = 0.5 \text{ W}$$

- 2、解：锁相环的相位数学模型



$$\text{环路的基本方程：} p\varphi_e(t) = p\varphi_i(t) - A_d A_o A_F(p) \sin \varphi_e(t)$$

方程的意义是：在任何时刻，任何情况下瞬时角频差与控制角频差的和恒等于输入固有角频差，即

$$\Delta \omega_i = \Delta \omega_e + \Delta \omega_o$$

四、计算题：

- 1、解：（1）这是一个西勒振荡器；

（2）DW₁ 用作调节三极管的静态工作点；DW₂ 为输出分压电位器；三极管 BG₂ 起隔离作用，用来防止负载影响振荡器的频率和起振条件；电容 C₅ 的作用是实现频率微调；（3 分）

- （3）图中电容 C₁ 的容量是 10000pF。

$$\text{（4）电路的反馈系数 } k_f = \frac{C_2}{C_2 + C_3} = \frac{200}{500 + 200} = \frac{2}{7}$$

（5）原因有二：一是输出分压电位器位置不当，分压电位器的触点位置在最低端，分压系数为 0，造成没有输出信号送入示波器。

二是由于三极管 BG₂ 的隔离作用差，在示波器处于 B 点时，振荡器刚好满足振幅起振条件，即

$$g_m = \frac{1}{n} g'_L + n g_e$$

但当示波器移到 C 点后，相当于负载 g'_L 增大了，负载变化，起振条件遭到破坏，造成不满足 $g_m > \frac{1}{n} g'_L + n g_e$ 的

起振条件，所以电路停振。示波器无波形。

2、解：该模型能够实现

$$\text{DSB 振幅调制 } v_1(t) = v_c(t) = V_{cm} \cos \omega_c t \quad v_2(t) = v_{\Omega}(t) = V_{\Omega m} \cos \Omega t$$

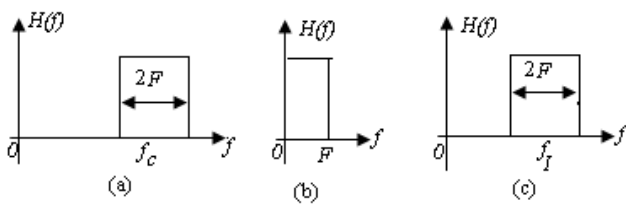
$$v_o(t) = A v_1(t) v_2(t) = A V_{cm} V_{\Omega m} \cos \Omega t \cos \omega_c t \quad \text{带通滤波器, 频率特性如图 (a)}$$

$$\text{同步检波 } v_1(t) = v_r(t) = V_{rm} \cos \omega_c t \quad v_2(t) = v_{DSB}(t) = V_m \cos \Omega t \cos \omega_c t$$

$$v_o(t) = \frac{1}{2} V_{rm} V_m \cos \Omega t \quad \text{低通滤波器, 频率特性如图 (b)}$$

$$\text{混频的功能 } v_1(t) = v_L(t) = V_{Lm} \cos \omega_L t \quad v_2(t) = V_m \cos \Omega t \cos \omega_c t$$

$$v_o(t) = \frac{1}{2} V_m V_{Lm} \cos \Omega t \cos \omega_I t \quad \text{中频带通滤波器, 频率特性如图 (c)}。$$



3、解：电路中，已知 $R_L = R_{L1} + R_{L2} = 5k\Omega$ ， $\Omega_{\max} = 2\pi \times 5000 \text{ rad/s}$ ， $M_{a\max} = 0.8$ ，

$$\text{不产生惰性失真的条件是 } R_L C \leq \frac{\sqrt{1 - M_{a\max}^2}}{\Omega_{\max} M_{a\max}}$$

$$\text{而 } R_L C = (R_{L1} + R_{L2})C = 5 \times 10^3 \times 4500 \times 10^{-12} = 22.5 \times 10^{-6}$$

$$\frac{\sqrt{1 - M_{a\max}^2}}{\Omega_{\max} M_{a\max}} = \frac{\sqrt{1 - 0.8^2}}{2\pi \times 5000 \times 0.8} \approx 23.9 \times 10^{-6}$$

满足不产生惰性失真的条件，所以没有惰性失真。

$$\text{不产生负峰切割失真条件 } M_a \leq \frac{Z_L(\Omega)}{Z_L(0)}$$

$$\text{而 } Z_L(0) = R_L = R_{L1} + R_{L2} = 5k\Omega$$

$$Z_L(\Omega) = R_{L1} + R_{L2} // R_{i2} = 1 + 4 // 10 \approx 3.857k\Omega$$

$$\frac{Z_L(\Omega)}{Z_L(0)} = \frac{3.857}{5} \approx 0.77 \leq M_a = 0.8 \quad \text{产生负峰切割失真}$$

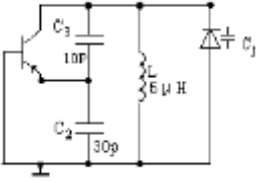
$$4、\text{解： } i_I = i_1 - i_2 = \frac{-2v_{\Omega}(t)}{2R_L + R_D} K_1(\omega_c t),$$

$$i_{II} = i_3 - i_4 = \frac{-2v_{\Omega}(t)}{2R_L + R_D} K_1(\omega_c t - \pi)$$

$$i = i_I - i_{II} = \frac{-2v_{\Omega}(t)}{2R_L + R_D} [K_1(\omega_c t) - K_1(\omega_c t - \pi)] = \frac{-2v_{\Omega}(t)}{2R_L + R_D} K_2(\omega_c t)$$

$$v_o(t) = \frac{-2R_L}{2R_L + R_D} v_{\Omega}(t) K_2(\omega_c t) \approx -v_{\Omega}(t) K_2(\omega_c t)$$

5 解：（1）高频交流通路



（2）电路的中心频率 f_c 的计算：

$$V_Q = \frac{R_4}{R_4 + R_5} \times (-12) = \frac{3.3}{3.3 + 5.7} \times (-12) = -4.4(\text{V})$$

$$C_{jQ} = \frac{200}{(V_Q)^{\frac{1}{2}}} = \frac{200}{(4.4)^{\frac{1}{2}}} = \frac{200}{2.098} = 95.33(\text{pF})$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{\Sigma Q}}} = \frac{10^9}{2\pi\sqrt{5 \times (7.5 + \frac{300C_{jQ}}{300 + C_{jQ}})}} \\ = \frac{10^9}{2\pi\sqrt{5 \times (7.5 + \frac{300 \times 95.33}{300 + 95.33})}} = 7.96(\text{MHz})$$

（3）最大频偏

$$m = \frac{V_{\Omega m}}{V_Q} = \frac{1}{4.4} \quad p_1 = \frac{C_{jQ}}{C_2} = 0 \quad p_2 = \frac{C_1}{C_{jQ}} = \frac{10 // 30}{95.33} = 0.08$$

$$\Delta f_m = \frac{1}{2} n m f_c \times \frac{1}{p} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{4.4} \times 7.96 \times \frac{1}{1 + 0.08} \approx 0.42(\text{MHz})$$

$$\text{调制灵敏度 } S_f = \frac{\Delta f_m}{V_{\Omega m}} = 0.42(\text{MHz/V})$$

6、解：（1）鉴频灵敏度 $S_d = \frac{\Delta v_o}{\Delta f} = \frac{4}{80} = 0.05(\text{V/kHz})$

$$(2) \Delta f(t) = \frac{v_o}{S_d} = \frac{\cos 4\pi \times 10^3 t}{0.05} = 20 \cos 4\pi \times 10^3 t(\text{kHz})$$

$$\Delta \varphi(t) = 2\pi \int \Delta f(t) dt = 2\pi \int 20 \cos(4\pi \times 10^3 t) dt = 10 \sin 4\pi \times 10^3 t$$

$$\varphi(t) = \omega_c t + \Delta \varphi(t) = 2\pi f_c t + 10 \sin 4\pi \times 10^3 t = 6\pi \times 10^6 t + 10 \sin 4\pi \times 10^3 t$$

$$v_{FM}(t) = 5 \cos(6\pi \times 10^6 t + 10 \sin 4\pi \times 10^3 t)(\text{V})$$

（3）又因为 $\Delta f(t) = k_f v_{\Omega}(t)$

$$\text{所以 } v_{\Omega}(t) = \frac{\Delta f(t)}{k_f} = \frac{20 \cos 4\pi \times 10^3 t}{4} = 5 \cos 4\pi \times 10^3 t \quad (\text{V})$$

7、解： PD 的输入为 $f'_i = 10 \text{KH}_z$

$$(1) \text{ 当分频器为 } 560 \text{ 时, } f'_i = 10 \text{KH}_z = f'_o = \left(\frac{f_0}{10} \right) \div 560$$

$$\text{所以 } f_0 = f'_i \times 10 \times 560 = 560 \times 10^2 \text{KH}_z$$

当分频器为 850 时

$$f_0 = f'_i \times 10 \times 850 = 850 \times 10^2 \text{KH}_z$$

即输出频率在前 $56 \text{MH}_z \square 85 \text{MH}_z$ 的范围内变化。

$$(2) \text{ 输出频率在 } f_d = \frac{(85-56) \times 10^6}{850-560} = 0.1 \text{MH}_z \text{。}$$

试卷二

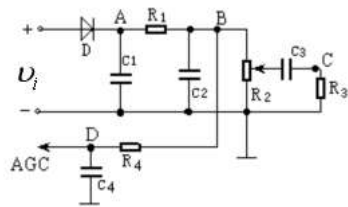
一、填空题：

- 1、已调波电压表达式为 $v(t) = 2\cos 100\pi t + 0.1\cos 90\pi t + 0.1\cos 110\pi t$ (V)，这是一个_____调制波，将上述表达式改写成典型形式应为 $v(t) =$ _____。该已调波的频带宽度 $BW =$ _____ Hz；它在单位负载上产生的边带功率 $P_{\Omega} =$ _____ W。
- 2、单音调制的调角波，有_____对边频，其调制指数的取值范围为 $M =$ _____；在某些 M 时，可以使载频振幅_____；调角波调制前后总功率_____。
- 3、锁相环路是由_____、_____、_____三部分组成的
- 4、对于 LC 单调谐回路放大器，其回路品质因数 Q 的大小是电路质量优劣的标志， Q 值越大，电路的谐振电阻_____；通频带_____；选择性_____。
- 5、谐振功率放大器中， LC 谐振回路既起到_____又起到_____作用。
- 6、当收听某电台 639kHz 的节目时（收音机中频频率为 465kHz）本振频率应为_____ kHz。可能产生的镜像干扰频率为_____ kHz。
- 7、并联型晶体振荡器中，石英晶体必须作为回路的_____元件；串联型晶体振荡器中，石英晶体等效为_____元件。

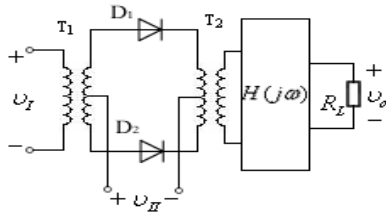
二、选择题：（请将正确的答案填在题后的括号内）

- 1、鉴频器所需的鉴频特性线性范围取决于【 】。
A、调制信号频率 B、最大频偏 Δf_m C、调频波的有效带宽
- 2、高频谐振功率放大器原工作于临界状态，当其他条件不变时，电源电压 V_{CC} 增大，放大器的状态【 】。
A、临界状态 B、欠压状态 C、过压状态
- 3、某调频信号的最大频偏为 $\Delta f_m = 75\text{kHz}$ ，当调制频率为 15kHz 时，那么要求放大该信号的放大器的频带宽度至少应为【 】。
A、180kHz B、30kHz C、150kHz D、90kHz
- 4、在检波器的输入信号中，如果所含有的频率成分为 ω_c ， $\omega_c + \Omega$ ， $\omega_c - \Omega$ ，则在理想情况下输出信号中含有的频率成分为：【 】
A、 ω_c B、 $\omega_c + \Omega$ C、 Ω D、 $\omega_c - \Omega$
- 5、调幅波解调电路中的滤波器应采用【 】。
A、低通滤波器 B、带通滤波器 C、高通滤波器 D、带阻滤波器
- 6、峰值包络检波器在解调高频等幅波时，其低通滤波器的输出电压为【 】。
A、正弦波电压 B、直流电压 C、余弦脉冲 D、零电压
- 7、用乘积型同步检波器解调 DSB、SSB 信号时，要求参考信号与调制端的载波信号【 】
A、同频 B、同相 C、同频同相 D、无所谓
- 8、晶体管 LC 正弦波振荡器采用的偏置电路大都是：【 】
A、固定偏置 B、自给偏置 C、固定与自给的混合偏置 D、不需要偏置
- 9、在混频器的干扰中，组合副波道干扰是由于【 】造成的。
A、有用信号与本振信号的组合 B、有用信号与干扰信号同时作用
C、两个或多个干扰信号同时作用 D、外来干扰信号与本振信号的组合
- 10、高频小信号谐振放大器不稳定的主要原因是【 】。
A、增益太大 B、通频带太宽 C、谐振曲线太尖锐
D、晶体管集电结电容 C_{bc} 的反馈作用。

三、左图为晶体二极管包络检波电路，若 A 端输入 v_i 为一单音频（正弦）普通调幅波，试画出 v_i 、A、B、C、D 各点对地的电压波形。



四、二极管平衡电路如下图所示，



已知输入信号 v_1 、 v_2 可以从以下信号中选择：

$$v_1(t) = V_{\Omega m} \cos \Omega t, \quad v_2(t) = V_{cm} \cos \omega_c t,$$

$$v_3(t) = V_{3m} \cos(\omega_c t + M_f \sin \Omega t), \quad v_4(t) = V_{Lm} \cos \omega_L t$$

而输出信号可能有以下情况之一：

$$v_{o1}(t) = V_{om}(1 + M_a \cos \Omega t) \cos \omega_c t,$$

$$v_{o2}(t) = V_{om} \cos \Omega t \cos \omega_c t,$$

$$v_{o3}(t) = V_{om} \cos(\omega_L t + M_f \sin \Omega t)。$$

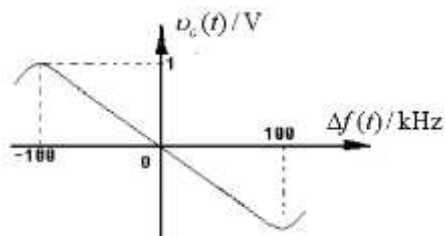
其中 $\omega_L = \omega_c - \omega_c$

请分析和回答以下问题：

- 1、如果输出信号 v_o 是 v_{o1} ，该电路完成的是什么功能？ v_1 、 v_2 应加入什么输入信号，应满足什么条件，（从 $v_1 \sim v_4$ 中选择）？ $H(j\omega)$ 此时应采用什么类型的滤波器？滤波器的中心频率 f_0 和带宽各 $BW_{0.7}$ 为多少？
- 2、如果输出信号 v_o 是 v_{o2} ，该电路完成的是什么功能？ v_1 、 v_2 应加入什么输入信号，应满足什么条件，（从 $v_1 \sim v_4$ 中选择）？ $H(j\omega)$ 此时应采用什么类型的滤波器？滤波器的中心频率 f_0 和带宽各 $BW_{0.7}$ 为多少？
- 3、如果输出信号 v_o 是 v_{o3} ，该电路完成的是什么功能？ v_1 、 v_2 应加入什么输入信号，应满足什么条件，（从 $v_1 \sim v_4$ 中选择）？ $H(j\omega)$ 此时应采用什么类型的滤波器？滤波器的中心频率 f_0 和带宽各 $BW_{0.7}$ 为多少？

五、有一鉴频器的鉴频特性如下图所示，鉴频器的输出电压为 $v_o(t) = 0.1 \cos(4\pi \times 10^3 t)$ (V)

试问：



1、求鉴频跨导 $S_d = ?$

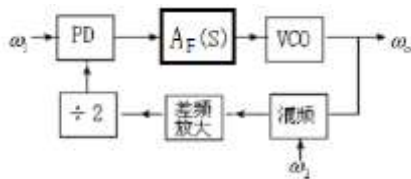
2、若调制电路的调制灵敏度 $S_f = 1\text{kHz/V}$ ，试写出原调制信号 $v_\Omega(t)$ 的表达式。

3、当 $f_c = 10^6\text{Hz}$ ， $V_{cm} = 1\text{V}$ 时，写出输入信号 $v_{FM}(t)$ 的表达式。

六、有一调角波信号其表达式为： $v(t) = 10 \cos(2\pi \cdot 0^6 t + 10 \cos 2000\pi t)$ (V)，试根据表达式分别确定：

- 1、最大频偏。
- 2、最大相移。
- 3、信号带宽。
- 4、信号在 100Ω 电阻上的平均功率。

七、某频率合成器的框图如下图所示，已知 $\omega_1 = 2 \times 10^6 \text{rad/s}$ ， $\omega_2 = 500 \times 10^3 \text{rad/s}$ ，试求环路输出频率 $f_o = ?$ 。



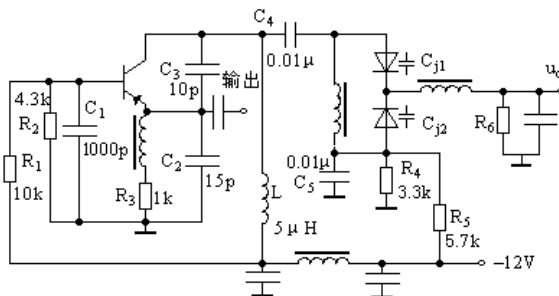
八、电路如图所示：

(1) 画出该电路的高频等效电路；变容二极管的直流通路 and 低频交流通路；

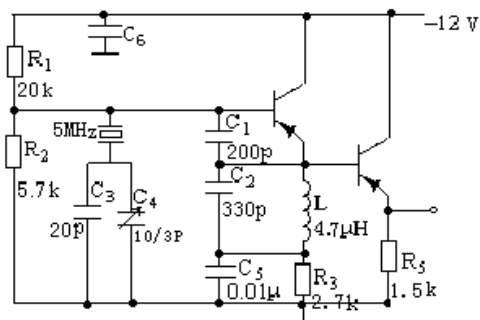
(2) 若变容管结电容 $C_j = \frac{200}{(V_Q + v_\Omega)^{\frac{1}{2}}}$ P F， $v_\Omega(t) = 2 \cos 2\pi \times 10^4 t$ V，求变容管的

直流偏置电压 V_Q 及电路的中心频率 f_c 。

(3) 求电路产生的最大频偏 Δf_m 。

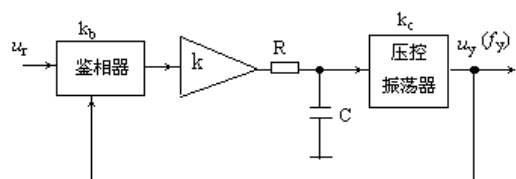


九、电路如图所示：



- 1、分析电路能否产生振荡；
- 2、画出交流通路；指出电路属于何种类型的振荡器；
- 3、指出电容 C_3 的作用。

十、图示锁相环路中，已知输入信号频率的变化为 $\Delta\omega_m=100\text{rad/s}$ ，鉴相灵敏度 $A_d=25\text{mV/rad}$ ，VCO 的压控灵敏度 $A_0=10^3\text{rad/s}\cdot\text{V}$ ， $RC=10^{-3}\text{s}$ ，若要求稳态相位误差为 0.1rad ，试求放大器的放大倍数 $k=?$ 。



试卷二答案

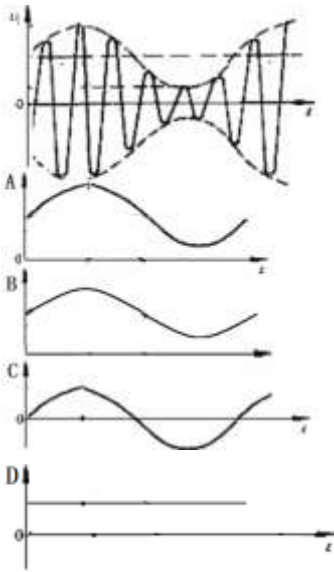
一、填空题：

- 1、调幅波 AM $v(t) = 2(1+0.1\cos 10\pi t)\cos 100\pi t$ 10 0.02
- 2、无穷 $0 \sim n$ (n 为任意值) 为零 不变
- 3、鉴相器 PD 环路低通滤波器 LF 压控振荡器 VCO
- 4、越大 越窄 越好
- 5、选频滤波 阻抗匹配
- 6、 $639+465=1104$ 1569
- 7、电感 高选择性的短路

二、选择题：（单选或多选）

BBACA BCCDD

三、解：各点波形如下：



四、解：电路中二极管若受 v_{II} 控制，输出负载电流为

$$i_L = k v_{II} K_1(\omega_2 t)$$

电路中二极管若受 v_I 控制，输出负载电流为

$$i_L = k v_{II} K_2(\omega_1 t) + k v_I$$

(1) 若得到 $v_{o1} = V_m(1 + M \cos \Omega t) \cos \omega_c t$,

$$v_I = v_2 = V_{cm} \cos \omega_c t \quad v_{II} = v_1 = V_{\Omega m} \cos \Omega t ;$$

$$i_L = k v_I K_2(\omega_1 t) + k v_2 = k V_{\Omega m} \cos \Omega t K_2(\omega_c t) + k V_{cm} \cos \omega_c t$$

$H(j\omega)$ 应采用带通滤波器，其中心频率 $f_0 = f_c$ ，带宽 $BW_{0.7} = 2F$ 。

(2) 若得到 $v_{o2} = V_m \cos \Omega t \cos \omega_c t$

$$v_I = v_1 = V_{\Omega m} \cos \Omega t \quad v_{II} = v_2 = V_{cm} \cos \omega_c t ,$$

$$i_L = k v_1 K_1(\omega_2 t) = k V_{\Omega m} \cos \Omega t (1 + \frac{2}{\pi} \cos \omega_c t - \frac{2}{3\pi} \cos 3\omega_c t + \dots)$$

$H(j\omega)$ 应采用带通滤波器，其中心频率 $f_0 = f_c$ ，带宽 $BW_{0.7} = 2F$ 。

(3) 若得到 $v_{o5} = V_m \cos(\omega_1 t + M_f \sin \Omega t)$

$$v_1 = v_3 = V_{4m} \cos(\omega_c t + M_f \sin \Omega t) \quad v_{11} = v_4 = V_{Lm} \cos \omega_L t$$

$$i_L = k v_1 K_1(\omega_2 t) = k V_{4m} \cos(\omega_c t + M_f \sin \Omega t) (1 + \frac{2}{\pi} \cos \omega_L t - \frac{2}{3\pi} \cos 3\omega_L t + \dots)$$

$H(j\omega)$ 应采用中频通滤波器，其中心频率 $f_0 = f_1 = f_L - f_c$ ，带宽 $BW_{0.7} = 2(M_f + 1)F$

五、解：解：(1) 由鉴频特性得到鉴频跨导 $S_d = 0.01 \text{V/kHz}$

(2) 原调制信号 $v_\Omega(t)$ 的表达式

$$v_o(t) = \cos 4\pi \times 10^3 t = S_d \Delta f(t)$$

$$\Delta f(t) = \frac{v_o(t)}{S_d} = \frac{\cos 4\pi \times 10^3 t}{0.01} = 100 \cos 4\pi \times 10^3 t (\text{kHz})$$

$$\text{因为 } \Delta f(t) = k_f v_\Omega(t) = S_f v_\Omega(t) = 100 \cos 4\pi \times 10^3 t (\text{kHz})$$

$$\text{所以 } v_\Omega(t) = \frac{\Delta f(t)}{S_f} = \frac{100 \cos 4\pi \times 10^3 t (\text{kHz})}{1 \text{kHz/V}} = 100 \cos 4\pi \times 10^3 t \quad \text{V}$$

(3) 输入信号 $v_{FM}(t)$ 的表达式

$$\Delta f(t) = \frac{v_o(t)}{S_d} = \frac{\cos 4\pi \times 10^3 t}{0.01} = 100 \cos 4\pi \times 10^3 t (\text{kHz}) = 10^5 \cos 4\pi \times 10^3 t (\text{Hz})$$

$$\Delta \omega(t) = 2\pi \Delta f(t) = 2\pi \times 10^5 \cos 4\pi \times 10^3 t (\text{rad/s})$$

$$\Delta \varphi(t) = \int_0^t \Delta \omega(\tau) d\tau = 50 \sin 4\pi \times 10^3 t (\text{rad})$$

$$\begin{aligned} v_{FM}(t) &= V_{cm} [\cos \omega_c t + \Delta \varphi(t)] = V_{cm} [\cos 2\pi f_c t + 50 \sin 4\pi \times 10^3 t] \\ \text{所以} \quad &= [\cos 2\pi \times 10^6 t + 50 \sin 4\pi \times 10^3 t] \end{aligned}$$

六、解：最大频偏 $\Delta f_m = 10 \times \frac{2000\pi}{2\pi} = 10 \text{kHz}$

最大相移 $M_f = 10 \text{rad/s}$

信号带宽 $BW_{cr} = 2(M_f + 1)F = 2 \times (10 + 1) \times 10^3 = 22 \text{kHz}$

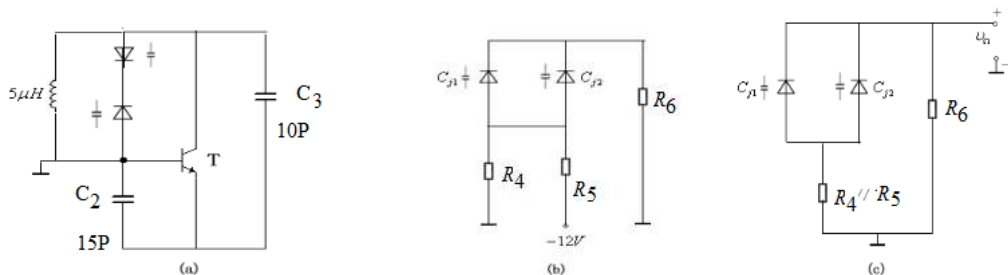
信号在 100Ω 电阻上的平均功率 $P_{av} = \frac{1}{2} \frac{V_{cm}^2}{R} = \frac{1}{2} \frac{10^2}{100} = 0.5 \text{W}$

七、解：从图上看，混频器的频率为 $\omega_0 - \omega_2$ ，差频放大频率为 $\omega_0 - \omega_2$ ，2 分频器输出的频率为 $\frac{\omega_0 - \omega_2}{2}$ ，应该等于 ω_i ，

$$\text{即} \quad \frac{\omega_0 - \omega_2}{2} = \omega_i$$

$$\text{所以} \quad f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{2\omega_i + \omega_2}{2\pi} = \frac{4 \times 10^6 + 500 \times 10^3}{6.28} \approx 717 \times 10^3 \text{ Hz} = 717 \text{ kHz}$$

八、解：(1) $0.01 \mu\text{F}$ 电容对高频短路，对音频和直流开路， L_1 、 L_2 、 L_3 为高频扼流圈，对高频开路，对低频和直流短路，由此画出的高频通路、变容管直流通路及其音频通路分别如图 5.16 题图解 (a)、(b)、(c) 所示。



$$(2) \quad V_Q = \frac{R_4}{R_4 + R_5} \times (-12) = \frac{3.3}{3.3 + 5.7} \times (-12) = -4.4 \text{ V}$$

$$\text{在 } v_{\Omega}(t)=0 \text{ 时, 各个变容管结电容 } C'_{jQ} = \frac{200}{(V_Q)^{\frac{1}{2}}} = \frac{200}{4.4^{\frac{1}{2}}} \approx 95 \text{ pF}$$

$$C_{jQ} = \frac{1}{2} C'_{jQ} = \frac{1}{2} \times 95 \text{ pF} = 47.5 \text{ pF}$$

$$\text{回路总电容 } C_{\Sigma Q} = C_{jQ} + C_2 // C_3 = 47.5 + 10 // 15 = 47.5 + 6 = 53.5 \text{ pF}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{\Sigma Q}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{5 \times 10^{-6} \times 53.5 \times 10^{-12}}} \approx 9.7 \text{ MHz}$$

$$(3) \quad \text{已知 } n=1/2, \quad m = \frac{V_{\Omega m}}{V_B + V_Q} = \frac{V_{\Omega m}}{V_Q} = \frac{2}{4.4} = \frac{1}{2.2},$$

$$p_2 = \frac{10 // 15 \text{ pF}}{47.5 \text{ pF}} \approx 0.126 \quad p_1 = 0$$

$$p = (1 + p_1)(1 + p_2 + p_1 p_2) = (1 + p_2) = 1 + 0.126 = 1.126$$

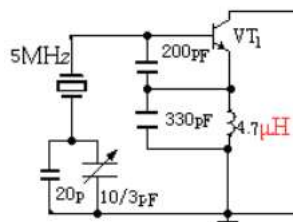
$$\text{根据 } \Delta f_m = \frac{nmf_c}{2p} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2.2} \times \frac{9.7}{1.126} \times 10^6 \approx 983.5 \text{ kHz}$$

九、解：(1) 在晶体管的 c、e 极之间有一个 LC 回路，其谐振频率为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{4.7 \times 10^{-6} \times 330 \times 10^{-12}}} \approx 4.0 \text{ MHz}$$

所以在晶振工作频率 5 MHz 处，此 LC 回路等效为一个电容。电路可以产生振荡。

(2) 画出的高频交流等效电路



可见，这是一个皮尔斯振荡电路，晶体等效为电感。

(3) 容量为 $3\text{pF} \sim 10\text{pF}$ 的可变电容 C_3 起频率微调作用，使振荡器工作在晶振的标称频率 5MHz 上。

十、解：稳态相位误差为 0.1rad ，说明锁相环路处于锁定状态，此时 $A_F(0) = 1$

$$\text{由式 } \varphi_{e\infty} = \frac{\Delta\omega_i}{A_d A_0 A_F(0) A_1} \text{ 得到 } A_1 = \frac{\Delta\omega_i}{A_d A_0 \varphi_{e\infty}} = \frac{100}{25 \times 10^{-3} \times 10^3 \times 0.1} = 40$$

试卷三

一、选择题：(请将正确答案填在题后的括号内)

- 1、常用集电极电流流通角 θ 的大小来划分功放的工作类别，丙类功放 -----。()
(A) $\theta=180^\circ$ (B) $90^\circ<\theta<180^\circ$ (C) $\theta=90^\circ$ (D) $\theta<90^\circ$
- 2、电容三点式与电感三点式振荡器相比，其主要优点是 -----。()
(A) 电路简单且易起振 (B) 输出波形好
(C) 改变频率不影响反馈系数 (D) 工作频率比较低
- 3、设混频器的 $f_L>f_c$ ，即 $f_L=f_c+f_i$ ，若有干扰信号 $f_n=f_L+f_i$ ，则可能产生的干扰称为 -----。()
(A) 交调干扰 (B) 互调干扰 (C) 中频干扰 (D) 镜像干扰
- 4、抑制载波的双边带调幅波电路中的滤波器应采用 -----。()
(A) 带通滤波器 (B) 低通滤波器 (C) 带阻滤波器 (D) 高通滤波器
- 5、我国超短波 FM 广播的最大频偏规定为 -----。()
(A) 75kHz (B) 85kHz (C) 465kHz (D) 180kHz
- 6、若调制信号的频率是从 300Hz~3400Hz，那么，窄带调频时，调频电路中带通滤波器的通频带宽度至少应为：-----。()
(A) 3000Hz (B) 5400Hz
(C) 6800Hz (D) 6000Hz
- 7、以下属于频谱非线性搬移电路的是 -----。()
A、频率调制电路 B、振幅调制电路 C、检波电路 D、混频电路
- 8、要避免惰性失真，应 -----。()
(A) 加大输入信号的调制度 (B) 加大调制频率
(C) 减小检波器的 RC 时间常数 (D) 提高检波效率和滤波效果
- 9、某已调波的数学表达式为 $v(t)=2(1+\sin(2\pi\times 10^3t))\sin 2\pi\times 10^6t$ ，这是一个-----。()
(A) AM 波 (B) FM 波
(C) DSB 波 (D) SSB 波
- 10、我国超外差收音机的中频频率为 ()。
A、75kHz B、465kHz C、1605kHz D、10.7MHz

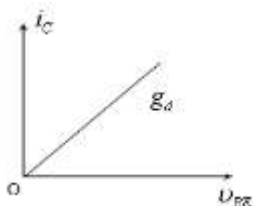
二、已知调频信号为 $v(t)=10\cos(2\pi\times 10^6t+10\cos 2000\pi t)(V)$ 。

- 1、求 FM 波的带宽。
- 2、若 F 增大一倍， $V_{\Omega m}$ 不变，求带宽？
- 3、若 $V_{\Omega m}$ 增大一倍， F 不变，求带宽？

三、某调幅发射机的调制制式为普通调幅波，已知载波频率为 500kHz，载波功率为 100kW，调制信号频率为 20Hz ~ 5kHz，调制系数为 $M_a=0.5$ ，试求该调幅波的：

- 1、频带宽度？
- 2、在 $M_a=0.5$ 调制系数下的总功率？

四、已知晶体管混频器中晶体管的转移特性曲线是从原点出发，斜率为 g_d 的直线(如图示)，若 $v_L(t)=V_{Lm}\cos\omega_Lt$ ，静态偏置电压为 $V_Q=0$ ，在满足线性时变条件下求混频跨导 g_{mc} ，并画出时变跨导 $g(t)$ 的波形。



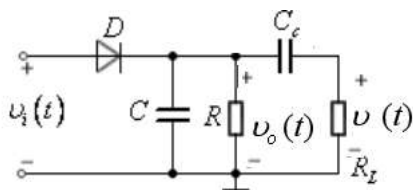
五、图示检波电路中，已知电压传输系数为 0.8，设输入信号：

$$v_i(t) = 0.7(1 + 0.3\cos 4\pi \times 10^3 t) \cos 930\pi \times 10^3 t \quad (\text{V}),$$

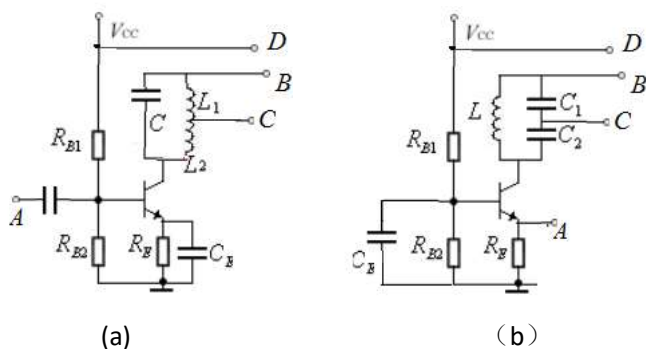
写出图中下列信号的数学表达式；

1、 $v_o(t) = ?$ 2、 $v(t) = ?$

3、画出 $v_i(t)$ 、 $v_o(t)$ 、 $v(t)$ 的波形。



六、将下列电路中将 A、B、C、D 用导线正确连接使其构成正弦波振荡电路，并写出它属于那种类型的振荡电路；分别写出各个电路振荡频率和反馈系数的表达式。



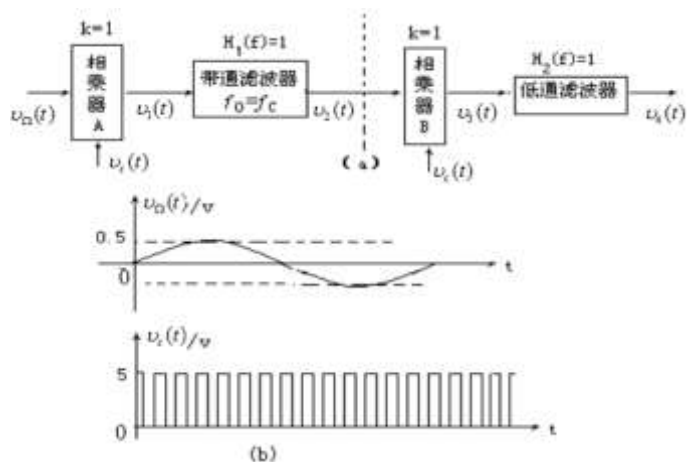
七、某电路方框图如图 (a) 所示，高频信号、调制信号如图 (b) 所示，

(1) 写出 $v_1(t)$ 、 $v_2(t)$ 、 $v_3(t)$ 、 $v_4(t)$ 的表达式；

(2) $v_2(t)$ 、 $v_4(t)$ 各是什么信号；

(3) 画出 $v_2(t)$ 、 $v_4(t)$ 的波形图；

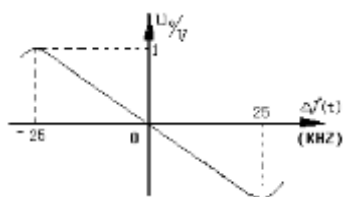
(4) 画出 $v_1(t)$ 、 $v_3(t)$ 的频谱图。



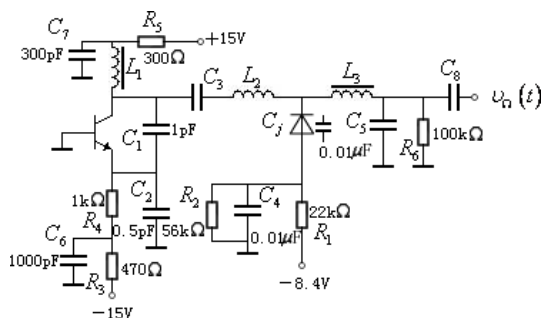
八、有一鉴频器的鉴频特性如下图所示，鉴频器的输入电压为

$$v(t) = 5\cos(4\pi \times 10^8 t + 20\sin 4\pi \times 10^3 t) \quad (\text{V}), \quad \text{试问:}$$

- 1、求鉴频器的鉴频跨导 $S_d = ?$
- 2、能否对输入信号实现线性解调?若能,试写出输出信号 $v_o(t)$ 的表达式。
- 3、当 $M_f = 30$ 时,能否实现线性解调?画出输出电压 $v_o(t)$ 的波形。



九、图示为变容二极管直接调频电路,其中心频率为 360MHz ,变容管的 $n = 3$, $V_B = 0.6\text{V}$,



$v_{\Omega} = \cos \Omega t$ (V)。图中 L_1 和 L_3 为高频扼流圈, C_3 为隔直流电容, C_4 和 C_5 为高频旁路电容。(1) 画出该电路的高频等效电路; 变容二极管的直流通路 and 低频交流通路;

(2) 调整 R_2 , 使加到变容管上的反向偏置电压 V_Q 为 6V 时, 它所呈现的电容 $C_{jQ} = 20\text{pF}$, 试求振荡回路的电感量

L_2 ;

(3) 试求最大频偏 Δf_m 和调制灵敏度 $S_f = \Delta f_m / V_{\Omega m}$ 。

试卷三答案

一、选择题

DBDCA CACAB

二、解：1、 $M_f = 10$ ， $F = 1000$ ，所以 FM 波的带宽为

$$BW_{cr} = 2(M_f + 1)F = 2(10 + 1) \times 1000 = 22\text{kHz}$$

2、若 F 增大一倍， $V_{\Omega m}$ 不变，由于 $M_f = \frac{k_f V_{\Omega m}}{2\pi F}$ 则 M_f 减半， $M_f = 5$ 此时

$$BW_{cr} = 2(M_f + 1)F = 2(5 + 1) \times 2 \times 1000 = 24\text{kHz}$$

3、若 $V_{\Omega m}$ 增大一倍， F 不变，则 M_f 加倍， $M_f = 20$ 此时

$$BW_{cr} = 2(M_f + 1)F = 2(20 + 1) \times 1000 = 42\text{kHz}$$

三、解：1、频带宽度 $BW = 2F_{\max} = 2 \times 5 = 10\text{kHz}$

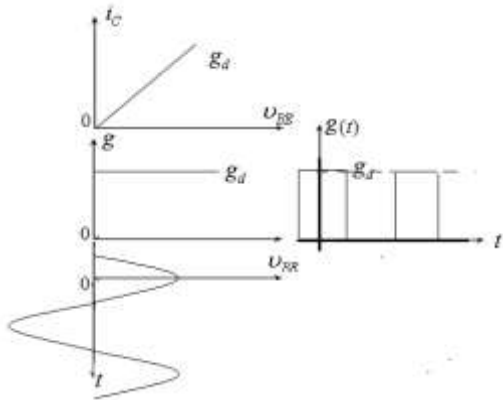
2、在 $M_a = 0.5$ 调制系数下的总功率

$$P_{av} = (1 + \frac{1}{2} M_a^2) P_{0T} = (1 + \frac{1}{2} \times 0.5^2) \times 100 = 112.5\text{kW}$$

3、在最大调制系数下的总功率

$$P_{av\max} = (1 + \frac{1}{2} M_a^2) P_{0T} = (1 + \frac{1}{2} \times 1) \times 100 = 150\text{kW}$$

四、解：时变跨导 $g(t)$ 的波形



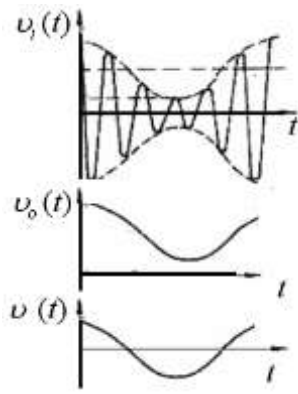
$$\text{混频跨导 } g_{mc} = \frac{1}{2} g_{1m} = \frac{1}{2} g_d \frac{2}{\pi} = \frac{g_d}{\pi}$$

五、解：

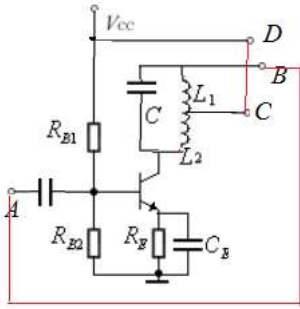
$$(1) \quad v_o(t) = \eta_d \times 0.7(1 + 0.3\cos 4\pi \times 10^3 t) = 0.8 \times 0.7(1 + 0.3\cos 4\pi \times 10^3 t) \\ = 0.56(1 + 0.3\cos 4\pi \times 10^3 t)$$

$$(2) \quad v(t) = 0.56 \times 0.3\cos 4\pi \times 10^3 t = 0.168\cos 4\pi \times 10^3 t$$

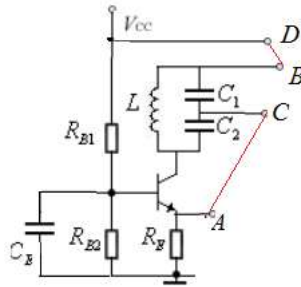
(3) 波形如下：



六、解：图（a）A、B 连接。C、D 连接，如下图 a 所示。图（a）A、C 连接。B、D 连接，如下图 b 所示。



(a)



(b)

图（a）共发射极组态电感三点式振荡器

图（b）共基极组态电容三点式振荡器

图（a）反馈系数 $F = \frac{L_1}{L_2}$ 振荡频率 $f_{osc} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_2 + L1)C}}$

图（b）反馈系数 $F = \frac{C_2}{C_1 + C_2}$ 振荡频率 $f_{osc} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}}$

七、解：

(1)

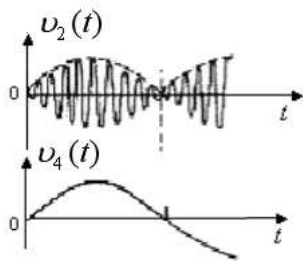
$$v_1(t) = v_\Omega(t)v_c(t) = 2.5 \sin \Omega t k_1(\omega_c t) \\ = 2.5 \sin \Omega t \left(\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \cos \omega_c t - \frac{2}{3\pi} \cos 3\omega_c t + \frac{2}{5\pi} \cos 5\omega_c t - \dots \right) \quad v_2(t) = \frac{2.5}{\pi} \sin \Omega t \cos \omega_c t$$

$$v_3(t) = \frac{2.5}{\pi} \sin \Omega t \cos \omega_c t k_1(\omega_c t) \\ = \frac{2.5}{\pi} \sin \Omega t \cos \omega_c t \left(\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \cos \omega_c t - \frac{2}{3\pi} \cos 3\omega_c t + \frac{2}{5\pi} \cos 5\omega_c t - \dots \right)$$

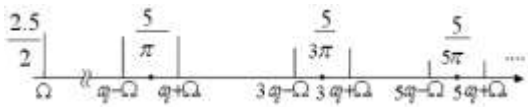
$$v_4(t) = \frac{2.5}{\pi^2} \sin \Omega t$$

(2) $v_2(t)$ 是抑制载波的双边带信号， $v_4(t)$ 解调输出的音频信号。

(3) $v_2(t)$ $v_4(t)$ 的波形图



(4) $v_1(t)$ 的频谱图



$v_3(t)$ 的频谱图



八、解：(1) $S_d = \frac{1}{25} = 0.04 \text{ V/kHz}$

(2) $2\Delta f_{\max} = 50 \text{ kHz} > 2\Delta f_m = M_f F = 20 \times 2 = 40 \text{ kHz}$ 可以实现线性解调。

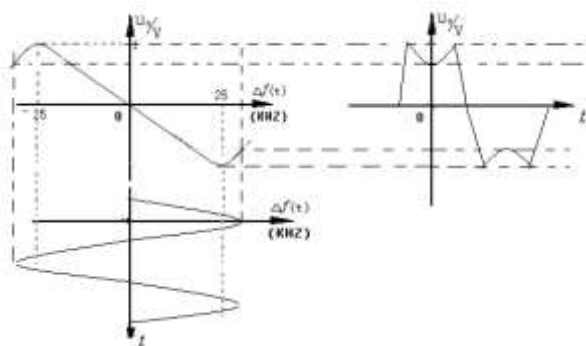
由 $v(t)$ 表达式知： $\Delta\varphi(t) = 20 \sin 4\pi \times 10^3 t$

所以 $\Delta\omega(t) = \frac{d(20 \sin 4\pi \times 10^3 t)}{dt} = 20 \times 4\pi \times 10^3 \cos 4\pi \times 10^3 t = 80\pi \times 10^3 \cos 4\pi \times 10^3 t$

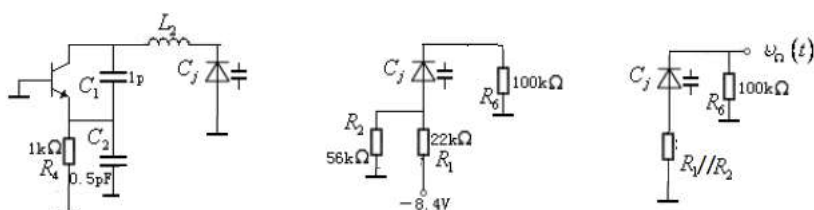
$$\Delta f(t) = \frac{\Delta\omega(t)}{2\pi} = 40 \times 10^3 \cos 4\pi \times 10^3 t$$

于是得到 $v_o(t) = S_d \Delta f(t) = 0.04 \times 40 \cos 4\pi \times 10^3 t = 1.6 \cos 4\pi \times 10^3 t \text{ V}$

(3) 当 $M_f = 30$ 时, $2\Delta f_m = M_f F = 30 \times 2 = 60 \text{ kHz} > 2\Delta f_{\max} = 50 \text{ kHz}$, 不能实现线性解调。



九、解：(1) 高频交流通路、变容二极管直流控制电路、变容二极管音频交流控制电路分别如下图所示。



(2) 已知 $f_c=360\text{MHz}$ ，回路总电容 $C_\Sigma = C_1//C_2//C_{jQ}=1\text{pF}/0.5\text{pF}/20\text{pF}=0.328\text{pF}$

$$L_2 = \frac{1}{\omega_0^2 C_\Sigma} = \frac{25330}{f_c^2 C_\Sigma} = \frac{25330}{360^2 \times 0.328} \approx 0.6\mu\text{H}$$

(3) 已知 $C_1=1\text{pF}$ $C_2=0.5\text{pF}$ $p_1 = C_{jQ}/C_j//C_2=60$ $p_2=0$,

$$p = 1 + p_1 = 61 \quad m = \frac{V_{\Omega m}}{V_B + V_Q} = 0.15 \quad n = 3$$

$$\Delta f_m = \frac{n}{2} \frac{mf_c}{p} = 1.341(\text{MHz})$$

$$S_f = \frac{\Delta f_m}{V_{\Omega m}} = 1.341(\text{MHz/V})$$