

山东大学 2019—2020 学年第二学期 高频电子线路 课程试卷

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分	阅卷人
得分	17	10	14	48							90	95

得分	阅卷人
17	95

一、填空题 (共 20 分)

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 减小, 接入负载后, 回路通频带 展宽。
2. 在高频小信号谐振放大器中, 晶体管与谐振回路之间采用部分接入的目的是 防止因晶体管输入电容过大而引起失谐。
3. 一个谐振功率放大器, 若要求输出电压平稳, 即具有展频的功能, 则工作状态应选择在 过压区 若进行集电极调幅, 工作状态应选择 欠压区。
4. 并联型晶体振荡器中, 晶体谐振器呈 容 性, 串联型晶体振荡器中, 晶体谐振器相当于 电感。
5. 单音调制的振幅调制波包含有 三 对边带分量, 而单音调制的调角波包含有 无穷多 对边带分量。
6. 在变频谐振电路中, 其中心频率 $f_c = 5 \text{ MHz}$, 调制频率 $F = 5 \text{ kHz}$, 最大频偏 $\Delta f_m = 15 \text{ kHz}$, 通过三极管后的中心频率 15 MHz, 调制频率 5 kHz, 最大频偏 45 kHz。
7. 包络检波器用来解调 AM 信号; 同步检波器则可解调 DSB, SSB 信号。
8. 锁相环路稳定后, 输入信号 $\omega_1(t)$ 与输出信号 $\omega_2(t)$ 之间 频率 相等, 但两者存在 相位偏移。
9. 混频是将信号的各分量移到新频域的一种频率变换, 但要求各分量的 相对相位 和 振幅 保持不变。

得分	阅卷人
10	95

二、选择题 (共 10 分)

1. 频率稳定性最高的正弦波振荡器是 A。
 - (A) 石英晶体振荡器
 - (B) 西勒振荡器
 - (C) 文氏桥振荡器
 - (D) 变压器耦合振荡器
2. 下列调制电路中, 不属于振幅线性变换电路的是 D。
 - (A) 调幅电路
 - (B) 倍频电路
 - (C) 混频电路
 - (D) 调频电路
3. 单频调制时, 调频波的最大角频率 ω_m 正比于 C。
 - (A) U_m
 - (B) θ
 - (C) F_{\max}
 - (D) F_m
4. LC 振荡器的静态工作点一般选在 D 区:
 - (A) 截止区
 - (B) 放大区但接近截止区
 - (C) 放大区
 - (D) 放大区但接近截止区
5. 若要产生稳定的正弦波振荡, 要求反馈型振荡器必须满足 D。
 - (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
6. 我国调频广播的最大频偏 $\Delta f_m = 75 \text{ kHz}$, 当调制频率为 15 kHz 时, 调频波所占的频带宽度为 A。
 - (A) 180 kHz
 - (B) 30 kHz
 - (C) 150 kHz
 - (D) 360 kHz
7. 频率线性搬移电路的关键部件是 B。
 - (A) 相加器
 - (B) 乘法器
 - (C) 倍增器
 - (D) 减法器
8. 由锁相环路的闭环特性知, 锁相环是一种高选择性的 A。
 - (A) 低通滤波器
 - (B) 高通滤波器
 - (C) 带通滤波器
 - (D) 带阻滤波器
9. 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 D。
 - (A) ω_c
 - (B) $\omega_c + \Omega$
 - (C) $\omega_c - \Omega$
 - (D) Ω
10. 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 D。
 - (A) $\theta = 180^\circ$
 - (B) $90^\circ < \theta < 180^\circ$
 - (C) $\theta = 90^\circ$
 - (D) $\theta < 90^\circ$

得分	阅卷人
----	-----

题号 (共 16 分)

1. 画出晶体管二极型电路的交流电路，若输入信号 $u_1(t)$ 为单频调 (正弦) AM 调制波，画出 A、B、C、D 各点电压的波形。

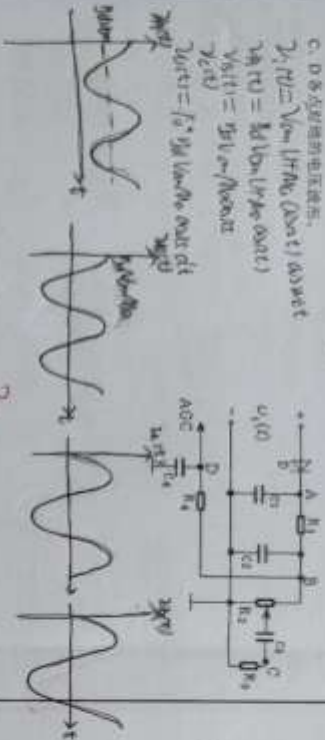
C、D 各点电压的表达式为：

$$V_C(t) = V_{CEQ} + V_m \cos(\omega_c t) \cos(\omega_m t)$$

$$V_A(t) = V_{CEQ} + V_m \cos(\omega_c t)$$

$$V_B(t) = V_{CEQ} + V_m \cos(\omega_c t)$$

$$V_D(t) = V_{CEQ} + V_m \cos(\omega_c t) \cos(\omega_m t)$$



3

2. 当调制信号为 $u_1(t) = \sin 2\pi \times 10^3 t$ 时，已调波为 $u(t) = \sin 2\pi \times 10^3 t + 3 \sin 2\pi \times 10^3 t \cos 2\pi \times 10^6 t$ (V)，试求已调波的平均功率 P_{av} 、载波功率 P_c 、边带功率 P_{sb} 、信号带宽 B_{BW} 。

解：① 该已调波为调幅波

$$P_c = \frac{2700^2}{2} = 100 \text{ W}$$

$$F = \frac{2700}{2} = 1.35 \text{ V}$$

$$B_{BW} = 2(1+0.35) \times 1 = 2.7 \text{ kHz}$$

4

3. 画出锁相环的相位数字模型，写出数学方程，说明各变量的物理意义。



$$P_{ref}(t) = P_{ref}(t) - A_{ref}(t) \sin(\omega_c t)$$

$P_{ref}(t)$ 为参考信号， $P_{ref}(t)$ 为输入信号， $A_{ref}(t)$ 为参考信号， $A_{ref}(t)$ 为参考信号， $A_{ref}(t)$ 为参考信号。

该动态方程描述了输入信号与参考信号之间的动态过程。

11

4. 下图所描述的是何种信号？写出其电压表达式，并求带宽 B_{BW} 。

① 该信号为调幅波



② 该信号为调幅波，其带宽为 6 kHz。

$$u(t) = 0.5 \cos(2\pi \times 990 \times 10^6 t) + 0.5 \cos(2\pi \times 987 \times 10^6 t) + 0.5 \cos(2\pi \times 993 \times 10^6 t)$$

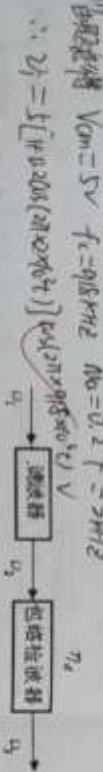
$$B_{BW} = 2 \times 3 \text{ kHz} = 6 \text{ kHz}$$

3

得分	阅卷人
48	张

四、分析计算题 (共 54 分)

1. 电路组成框图如图 (a) 所示, 已知: 输入信号 u_1 是一标准的调幅信号, 其载波频率为 50 MHz, 调制指数为 0.2, 调制信号频率为 20 kHz, 包络检波器的检波效率 $\eta_d = 0.85$, 滤波器的频率特性如图 (b) 所示的两种情况, 试分别写出: (1) 输入信号 u_1 的数学表达式; (2) 图 (b) 所示两种情况下的 u_2 、 u_3 的数学表达式。



(1) 通过图 (a) 滤波

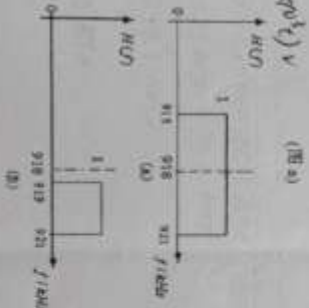
$$u_2 = u_1 = 5[1 + 0.2 \cos(2\pi \times 20 \times 10^3 t)] \cos(2\pi \times 50 \times 10^6 t) \text{ V}$$

$$u_3 = 34 \text{ V}_{\text{om}} = 4.25[1 + 0.2 \cos(2\pi \times 20 \times 10^3 t)] \text{ V}$$

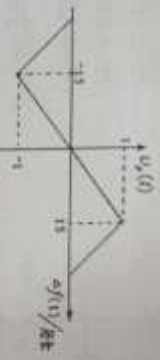
通过图 (b) 滤波器, 再求滤波

$$u_2 = 5 \cos(2\pi \times 50 \times 10^6 t) + 0.5 \cos(2\pi \times 20 \times 10^3 t) \cos(2\pi \times 50 \times 10^6 t) \text{ V}$$

$$u_3 = 34 \text{ V}_{\text{om}} = 4.25 \text{ V}$$



2. 已知调幅信号 $u_{AM}(t) = 3 \cos[4\pi \times 10^3 t + 2\pi \times 10^3 \int_0^t V_{\text{om}} \sin(2\pi \times 10^3 t) dt]$ (V), 基频特性如图 (a) 所示:



(1) 当 V_{om} 满足什么条件时, 输出不失真?

(2) 当 $V_{\text{om}} = 1 \text{ V}$ 时, 求差频器的输出电压 $u_2(t)$ 。

1) 要满足不失真, 则 $2\pi f_{\text{max}} \geq 2\pi f_m$

$$\Delta f(t) = 2\pi \times 10^3 \int_0^t V_{\text{om}} \sin(2\pi \times 10^3 t) dt$$

$$\Delta u(t) = \frac{d\Delta f(t)}{dt} = 2\pi \times 10^3 V_{\text{om}} \sin(2\pi \times 10^3 t)$$

$$\Delta f(t) = V_{\text{om}} 10^3 \sin(2\pi \times 10^3 t)$$

$$\Rightarrow \Delta f(t) = 10^3 V_{\text{om}} \Rightarrow 3 \times 10^3 \geq 2\pi \times 10^3 V_{\text{om}} \Rightarrow V_{\text{om}} \leq 1.5 \text{ V}$$

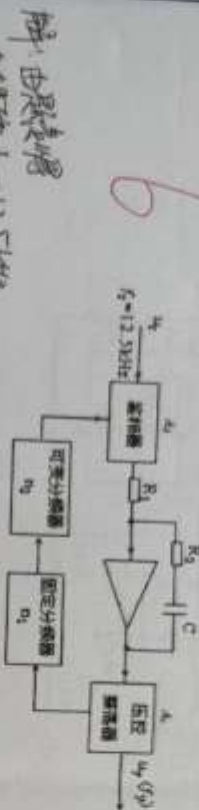
当 $V_{\text{om}} \leq 1.5 \text{ V}$ 时, 输出不失真。

(2) $V_{\text{om}} = 1 \text{ V}$ 时 $S_d = \frac{d\Delta f(t)}{dt} = \frac{1}{T_c} \cdot 10^3 \cdot 1.5 \sin(2\pi \times 10^3 t) \text{ V}$

$$u_2(t) = S_d \Delta f(t) = \frac{1}{T_c} \cdot 10^3 \cdot 1.5 \sin(2\pi \times 10^3 t) \text{ V}$$

$$= \frac{2}{3} \sin(2\pi \times 10^3 t) \text{ V}$$

3. 锁相可变频率环如图示。已知鉴频灵敏度 $k_d = 0.1 \text{ V/mHz}$ ，压控灵敏度 $k_v = 1 \times 10^3 \text{ mHz/V}$ ，参考频率 $f_r = 12.5 \text{ MHz}$ ，锁相分频器的分频比 $n_1 = 8$ ，可变分频器的分频比为 $n_2 = 63 \sim 793$ ，试求 VCO 输出信号的频率范围和频率间隔。



解：由题可知
参考频率 $f_r = 12.5 \text{ MHz}$
锁相分频比为 $n_1 = 8$

$$\frac{f_0}{n_1 n_2} = f_r$$

$$\Rightarrow f_0 = n_1 n_2 f_r \Rightarrow (f_0)_{\min} = 8 \times 63 \times 12.5 \text{ MHz} = 65.3 \text{ MHz}$$

$$(f_0)_{\max} = 8 \times 793 \times 12.5 \text{ MHz} = 793.3 \text{ MHz}$$

\Rightarrow 本振输出信号频率范围为 $65.3 \text{ MHz} \sim 793.3 \text{ MHz}$

$$\text{频率间隔} = \frac{(793.3 - 65.3) \times 10^6}{8 \times (793 - 63)} = 12.5 \text{ MHz}$$

4. 图示为振荡器电路。

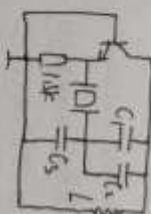
(1) 画出交流等效电路。

(2) 指出电路类型。

(3) 估算反馈系数 k_f 。

(4) 写出振荡频率表达式。

1. 交流等效电路



(2) 电路为电感三点式振荡器

$$(3) k_f \approx \frac{C_1}{C_2} \approx \frac{C_1 + C_2}{C_2} = 0.125$$

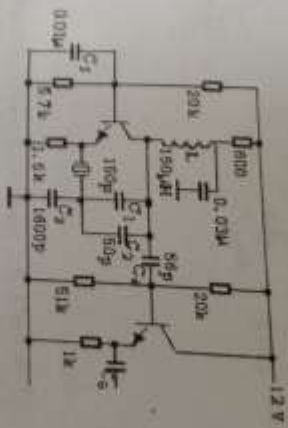
$$(4) f_{osc} = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

$$C \approx (C_1 + C_2) \parallel C_3$$

$$= \frac{200 \times 10^6}{200 \times 10^6}$$

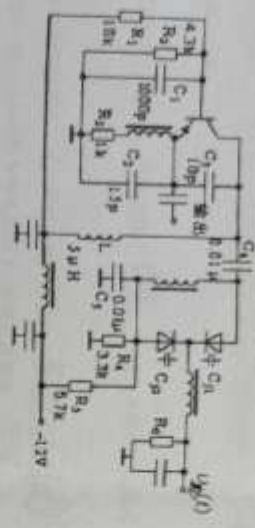
$$\approx 177.8 \text{ pF}$$

$$\therefore f_{osc} = \frac{1}{2\pi \sqrt{150 \times 10^{-6} \times 177.8 \times 10^{-12}}} \approx 0.97 \text{ MHz}$$



5. 电路如图示:

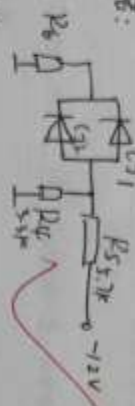
(1) 分别画出变频、检波的直流通路、低频交流通路和电路的等效电路。



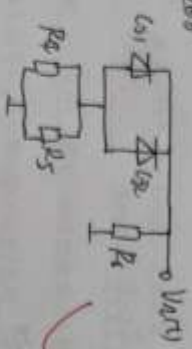
(2) 若变容管结电容 $C_1 = \frac{200}{(V_Q + U_a(t))^{1/2}}$ P.F., $U_a(t) = 2\cos 2\pi \times 10^4 t$ (V), 求变频管的直流通置电压 V_Q 及电路的中心频率 f_c 。

(3) 求最大频偏 Δf_m 及调制灵敏度 S_{F_2} 。

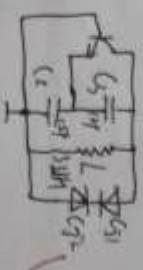
11) 直流通路:



低频交流通路



高频交流通路



(2) $V_Q = \frac{P_{dc}}{P_{avg}} V_{EF} = \frac{3.5K}{3.5K(1.2)} = -4.4V$
 $C_S = \frac{C_1}{2} + C_{all} C_2 = 10n + \frac{10 \times 10^{-5}}{10n} = 106PF$

$f_c = \frac{1}{2\pi \sqrt{L C_S}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{10 \times 10^{-6} \times 106 \times 10^{-12}}} = 6.91 MHz$

(1) $\Delta f_m = \frac{\Delta \omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{C_1} - \frac{1}{C_2} \right) \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 0.88$
 $P = \frac{V_{am}^2}{2R} = 0, R = \frac{C_1}{C_2} = \frac{C_1}{C_2} = 0.88$
 $m = \frac{V_{am}}{V_{a0}} = \frac{2}{10} = 0.2, R = \frac{1}{2}$
 $\Delta f_m = \frac{1}{2\pi \times 10^4} = 0.0159 MHz$

$S_F = \frac{\Delta f_m}{V_{am}} = 0.225 MHz/V$

6. 单型混频器的方框图如图示。相乘器的特性为 $y_i = K u_1(t) u_2(t)$, 若 $K = 0.1 m^4/V^2$ 。

$u_1(t) = \cos 2\pi \times 1.385 \times 10^6 t$ (V), $u_2(t) = [1 + 0.5 \cos 2\pi \times 10^4 t] \cos 2\pi \times 0.918 \times 10^6 t$ (V)。

(1) 试求单型混频器的混频器。

(2) 为了保证信号传输, 带通滤波器的中心频率 (中频取基频) 和带宽分别为何值?

解: (1) 混频器信号 $y_i = K u_1(t) u_2(t) = 0.1 \cos 2\pi \times 1.385 \times 10^6 t \cos 2\pi \times 0.918 \times 10^6 t [1 + 0.5 \cos 2\pi \times 10^4 t]$

$= 0.05 [1 + 0.5 \cos 2\pi \times 10^4 t] \cos 2\pi \times 2.303 \times 10^6 t$
 $+ 0.05 [1 + 0.5 \cos 2\pi \times 10^4 t] \cos 2\pi \times 4.55 \times 10^6 t$



混频器信号 $y_i = K u_1(t) u_2(t) = 0.05 [1 + 0.5 \cos 2\pi \times 10^4 t] \cos 2\pi \times 2.303 \times 10^6 t + 0.05 [1 + 0.5 \cos 2\pi \times 10^4 t] \cos 2\pi \times 4.55 \times 10^6 t$

$\Delta \omega = \frac{1}{T} \int_0^T \sin \omega_c t \cos \omega_c t dt = 0.05$

(2) 为保证信号传输

带通滤波器带宽 $B = 0.45 MHz$
 带宽 $B = 2 kHz$