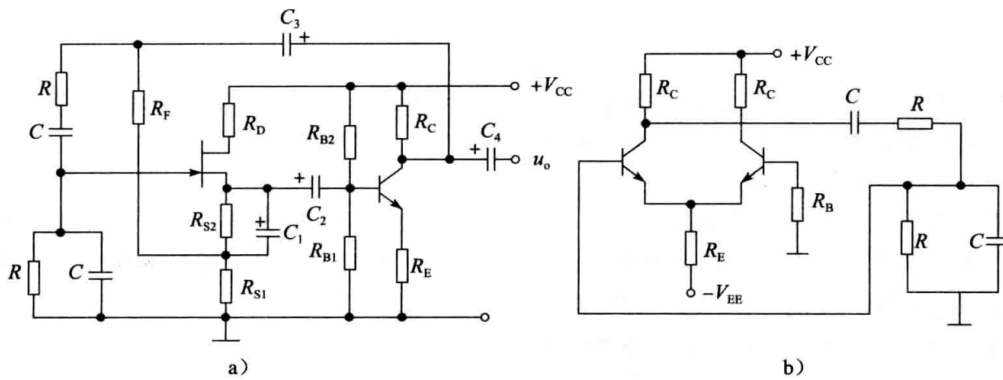


题 8.1 电路如题 8.1 图所示，试用相位平衡条件判断哪个电路可能振荡，哪个不能，说明理由。

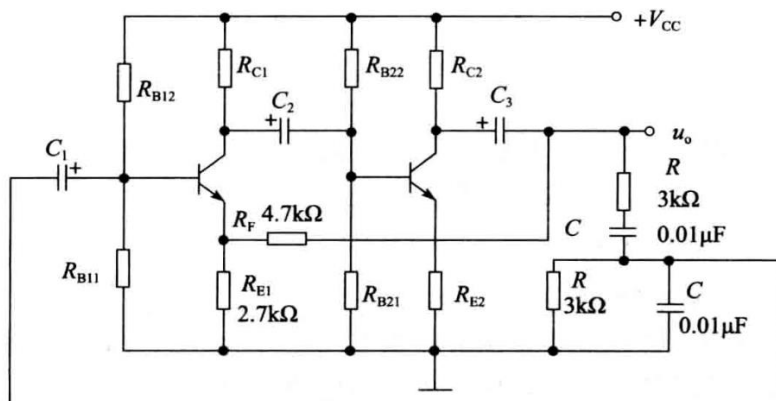


题 8.1 图

- (a) 放大电路由场效应管的共漏组态和双极型三极管共射组态组合而成，相移  $180^\circ$ 。反馈选频网络由 RC 串并网络构成，相移范围是  $-90^\circ \sim 90^\circ$ 。与放大电路的相移相加不可能构成  $\varphi_A + \varphi_F = \pm 2n\pi$ ，不满足相位条件。所以图(a)的电路不可能产生正弦波振荡。
- (b) 放大电路为差动电路，相移  $180^\circ$ 。反馈选频网络由 RC 串并网络构成，相移范围是  $-90^\circ \sim 90^\circ$ 。与放大电路的相移相加不可能构成  $\varphi_A + \varphi_F = \pm 2n\pi$ ，不满足相位条件。所以图(b)的电路不可能产生正弦波振荡。

题 8.2 电路如题 8.2 图所示。

- 1) 判断电路是否满足相位平衡条件?
- 2) 分析电路参数能否满足起振条件?
- 3) 电路的振荡频率  $f_0 = ?$ , 如果希望改变  $f_0$  的大小, 哪些参数可以调节?
- 4) 如果要求改善输出波形、减小非线性失真, 应如何调整参数?



题 8.2 图

解:

- 1) 该电路中, 放大部分由两级共射组态电路组合而成, 总相移为  $0^\circ$  (或  $360^\circ$ )。反馈选频网络为 RC 串并网络, 在  $\omega = 1/RC$  时, 相移为  $0^\circ$ 。所以满足正弦波振荡的相位平衡条件。

- 2) 起振条件应为  $AF > 1$ 。

因为 RC 串并网络在  $\omega = 1/RC$  时, 其传递系数为  $F = 1/3$ , 达到最大。因此要求此时的  $A > 3$ 。放大电路为电压串联负反馈电路, 在深度负反馈的条件下, 其放大倍数为:

$$A = 1 + R_F / R_{E1} = 1 + 4.7 / 2.7 = 2.74 < 3$$

所以该电路参数不能满足电路的起振条件。

- 3) 振荡频率即为 RC 串并网络的特征频率:

$$\omega_0 = 1/RC$$

$$f_0 = \omega_0 / 2\pi = 1 / 2\pi RC = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 3 \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6}} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 3 \times 10^{-5}} = 5.3 \times 10^3 (\text{Hz})$$

如果

希望改变  $f_0$  的大小, 只要同步调节 RC 串并网络中的电阻或电容。

- 4) 首先, 为了保证电路满足起振条件, 应满足:

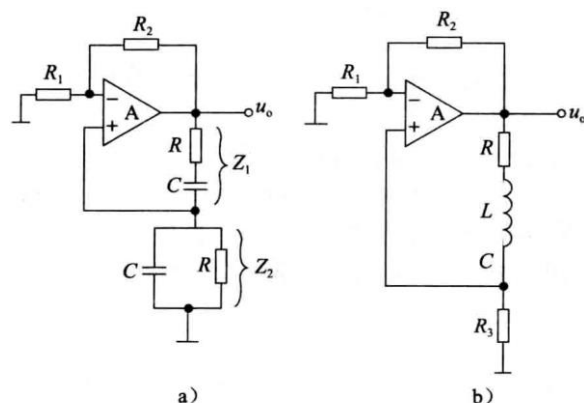
$$A = 1 + R_F / R_{E1} > 3 \quad R_F > 2R_{E1}$$

从这个角度分析,  $R_F > 2R_{E1}$ , 且越大越好。但  $R_F$  过大, 或  $R_{E1}$  过小, 振荡波形的质量较差, 会出现较大的非线性。所以一般可采用具有负温度系数的  $R_F$  或正温度系数的  $R_{E1}$ 。可以改善输出波形, 减小非线性失真。

增益出现了压缩, 但三极管仍处于线性区, 非线性失真小。

题 8.3 如把题 8.3 a 图所示的文氏电桥振荡器中  $Z_1$  改由  $R$ 、 $L$ 、 $C$  串连支路组成,  $Z_2$  改为电阻  $R_3$ , 电路如题 8.3 b 图所示, 试分析:

- 1) 两种振荡器原理上有何异同?
- 2) 为保证图 b 电路起振,  $R_1/R_2$  的比值应如何确定?
- 3) 求图 b 电路的振荡频率  $f_0$  的大小。



题 8.3 图

1) a 的振荡器是利用 RC 串并联网路的选频特性来实现振荡的。当  $\omega = \frac{1}{RC}$  时,  $\varphi_F = 0^\circ$ , 放大电路与反馈网络的相移相加满足  $\varphi_A + \varphi_F = 2n\pi$  的相位平衡条件。b 的振荡器是利用 LRC 串联电路的频率特性来实现振荡的。当 LRC 发生串联谐振时,  $\varphi_F = 0^\circ$ , 放大电路与反馈网络的相移相加满足  $\varphi_A + \varphi_F = 2n\pi$  的相位平衡条件。

2) b 中反馈网络的传递系数为:

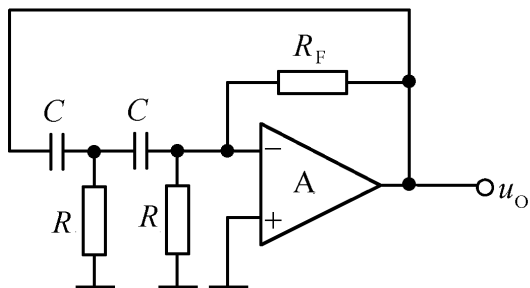
$$F(\omega) = \frac{U_f}{U_o} = \frac{R_3}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} + R_3} = \frac{R_3}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C}) + R_3}$$

由上式可知, 当  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ , 即  $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  时,  $\varphi_F = 0^\circ$ , 相位平衡条件得到满足, 且此时  $F(\omega) = \frac{R_3}{R+R_3}$  达到最大值。

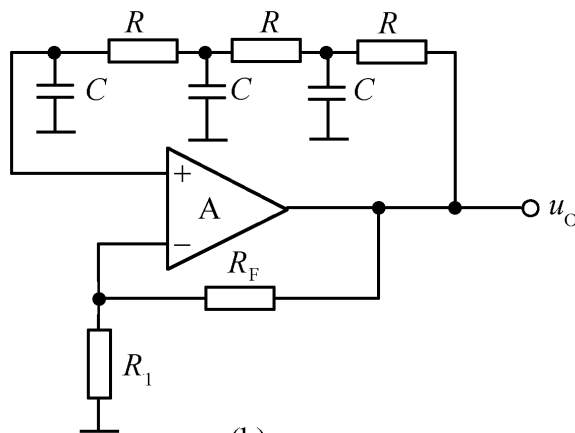
基本放大电路的增益为  $A = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ , 为满足起振条件, 要求  $|AF| \geq 1$ , 因此  $\frac{R_1}{R_2} \leq \frac{R_3}{R}$ 。

3) b 电路的振荡频率由 2) 可得:  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 。

题 8.4 由 RC 元件构成的一阶高通或低通网络的最大相移绝对值小于  $90^\circ$ 。试用相位平衡条件判断题 8.4 图所示电路哪个可能振荡，哪个不能，说明理由。



(a)



(b)

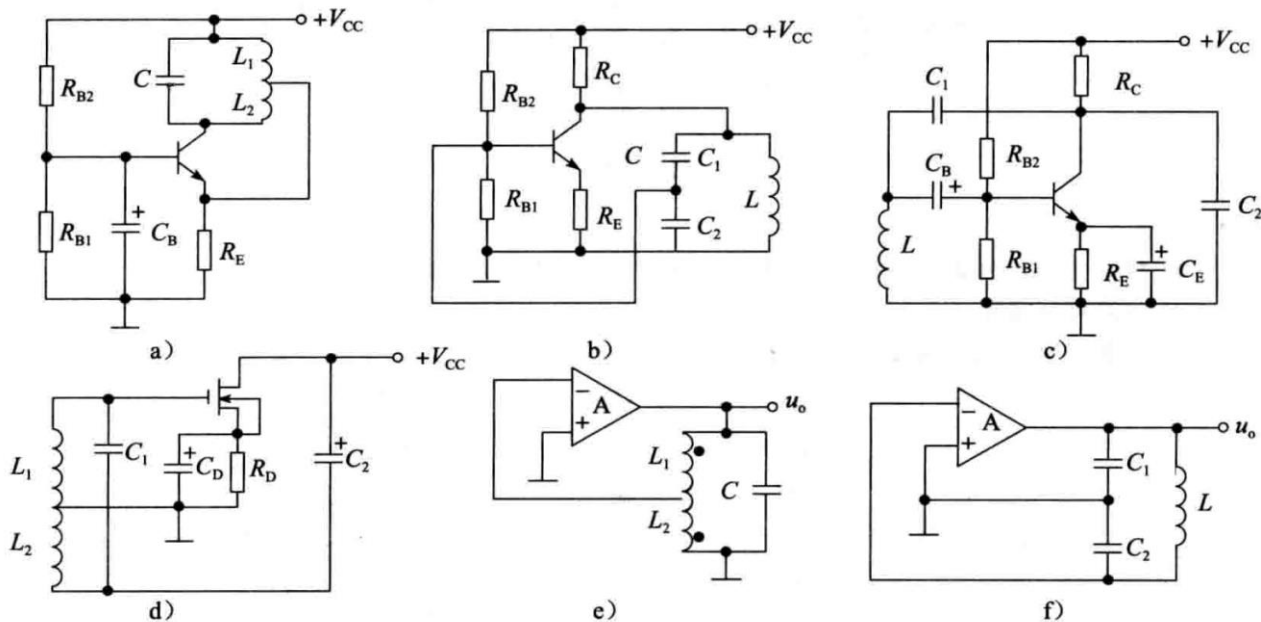
解：

因为 RC 一阶高通或低通网络的最大相移绝对值小于  $90^\circ$ ，所以在振荡电路中，如果放大部分有  $180^\circ$  相移，那么至少需要三级一阶 RC 反馈网络才能产生  $180^\circ$  的相移，以满足  $\varphi_A + \varphi_F = \pm 2n\pi$  的相位平衡条件。

对图 a，运放为反相比例放大电路，相移  $\varphi_A = 180^\circ$ ，而只有两级一阶 RC 反馈网络，不可能产生  $180^\circ$  的相移，所以该电路不满足振荡的相位平衡条件，不能产生正弦波振荡。

对图 b，运放为同相比例放大电路，相移  $\varphi_A = 0^\circ$ ，反馈网络由三级 RC 低通网络构成，最大相移为  $270^\circ$ ，同样不满足振荡的相位平衡条件，不能产生正弦波振荡。

题 8.5 判断下列电路是否可能产生正弦波振荡，若不能，请予修改，并说明属于哪一类振荡电路。



题 8.5 图

三极管的发射极 e 或源极 s 接同性质电抗。

(a) 电路结构属于 LC 三点式振荡电路。与发射极相连的是两个电感，与发射极不相连的是电容，所以这是一个电感三点式振荡电路。但该电路中，电源  $V_{CC}$  通过电感  $L_1$  接至发射极，使该电路的静态工作不正常。所以不能正常工作。可在电感中间反馈到发射极的路径上串接一个隔直电容，就可以解决问题。

也可以按极性判断，共基极放大电路，发射机输入+，集电极+， $L_1$  下端对交流地+，反馈至发射极+。

(b) 不满足相位条件，可将  $C_1$  和  $L$  位置互换，构成 LC 电容三点式振荡电路。为了保证放大电路静态工作点正常，可在电感支路中串联一个小电容隔直。

也可以按极性判断。

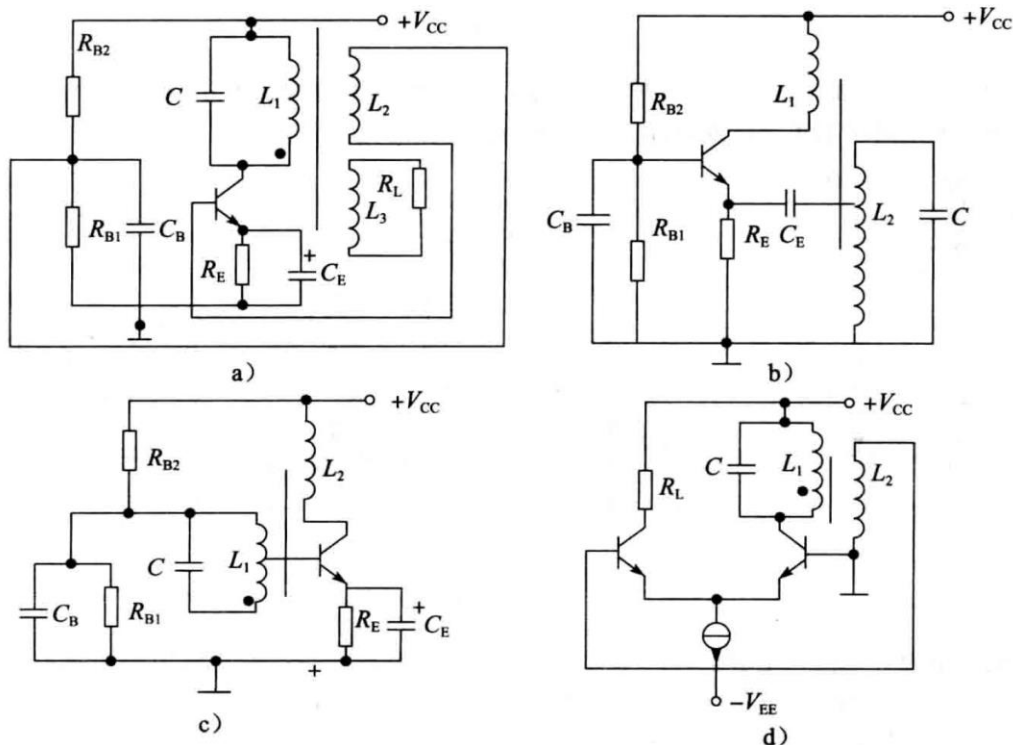
(c) 不满足相位条件，可将  $C_1$  和  $L$  位置互换，构成电容三点式振荡电路。

(d) 满足相位条件，但是场效应管漏级直接接电源  $+V_{CC}$ ，相当于交流接地，漏极没有信号输出，放大状态不正常。可在电源  $+V_{CC}$  和电容  $C_2$ 、漏级交点之间串接一个高频扼流圈，使漏级交流信号不被电源短路。

(e) 根据互感与自感大小判断。修改：可将运放的同相端和反相端互换，就构成了电感三点式振荡电路。

(f) 满足相位条件，是电容三点式振荡电路，可产生正弦波振荡。

题 8.6 欲使题 8.6 图所示电路产生正弦波振荡，试标出变压器一次绕组、二次绕组的同名端。



题 8.6 图

解：

a) 基本放大电路是共射组态，相移为  $180^\circ$ 。要想满足振荡的相位平衡条件，反馈网络的相移也应为  $180^\circ$ ，因此同名端应标在  $L_2$  的顶端。

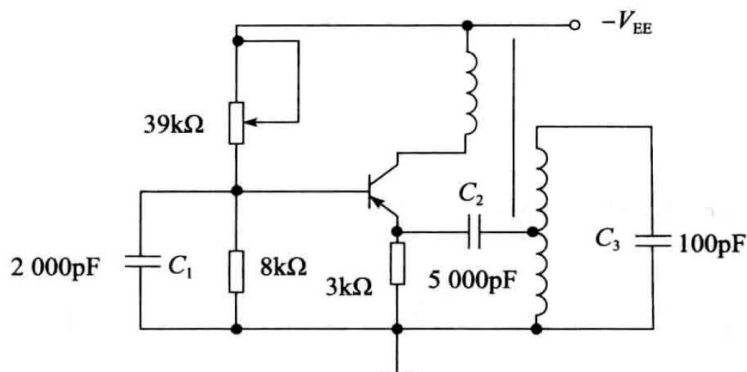
b) 基本放大电路是共基组态，相移为  $0^\circ$ ，要想满足振荡的相位平衡条件，反馈网络的相移也应为  $0^\circ$ ，因此同名端应标在  $L_1$  的底端和  $L_2$  的顶端。

c) 基本放大电路是共射组态，相移为  $180^\circ$ ，要想满足振荡的相位平衡条件，反馈网络的相移也应为  $180^\circ$ ，因此同名端应标在  $L_2$  的顶端。

d) 基本放大电路是差动放大电路，相移为  $180^\circ$ ，要想满足振荡的相位平衡条件，反馈网络的相移也应为  $180^\circ$ ，因此同名端应标在  $L_2$  的顶端。

**题 8.7** 题 8.7 图表示收音机中常用的振荡器电路。

- 1) 说明三只电容  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  在电路中分别起什么作用？
- 2) 指出该振荡器所属的类型，标出振荡器线圈一次绕组、二次绕组的同名端。
- 3) 已知  $C_3 = 100\text{PF}$ ，若要使振荡频率为  $700\text{kHz}$ ，谐振回路的电感  $L$  应为多大？



题 8.7 图

解：

该电路为变压器反馈式 LC 振荡电路。放大部分是三极管共基级组态。变压器的一次绕组是集电极负载，二次绕组与  $C_3$  构成谐振选频网络。

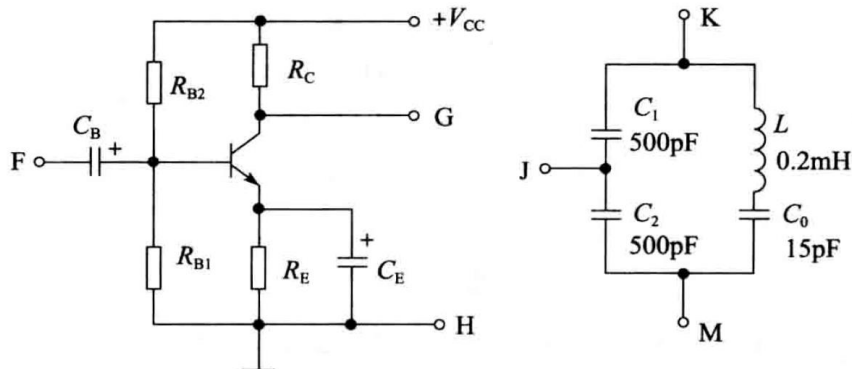
- 1)  $C_1$  的作用是让基极交流接地，减小信号的损失，而保证直流电路正常工作。  
 $C_2$  的作用是作为隔直通路，使谐振频率时交流信号能通过  $C_2$  耦合给三极管发射极，构成共基级放大。  
 $C_3$  的作用是与变压器二次绕组构成谐振选频网络，以确定要产生的正弦波振荡频率值。
- 2) 该电路为变压器反馈式正弦波振荡电路。利用瞬时极性法及振荡器的相位平衡条件可知，变压器一次绕组下端和二次绕组上端为同名端。

- 3) 因为振荡频率为 LC 谐振回路的谐振频率，即  $f_0 = 1/2\pi\sqrt{LC}$ 。

所以 
$$L = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 C} = \frac{1}{4\pi^2 \times (700 \times 10^3)^2 \times 100 \times 10^{-12}} = 0.52 \times 10^{-3} (H) = 0.52 (mH)$$

题 8.8 在题 8.8 图中

- 1) 将其中左右两部分正确的连接起来, 使之能够产生正弦波振荡。
- 2) 估算振荡频率  $f_0$ 。
- 3) 如果电容  $C_0$  短路, 此时  $f_0 = ?$



题 8.8 图

解:

1) 由右边的 LC 谐振回路结构可知, 利用该网络构成的振荡电路是  $LC$  三点式振荡电路。根据三点式振荡电路构成规则, 要保证: 与发射极相连的为同性性质电抗 (电容), 与发射极不相连的为异性性质电抗 (电感)。由此可知其连接方式为:

$$\begin{array}{ccc} H-J & G-K & F-M \\ \text{或} & H-J & G-M & F-K \end{array}$$

2) 振荡频率为  $LC$  谐振回路的谐振频率

$$\text{即 } f_0 = 1/2\pi\sqrt{LC}$$

$$\text{其中 } L = 0.2\text{mH}$$

$$C = C_1 // C_2 // C_0, \text{ 因为 } C_0 \ll C_1, C_0 \ll C_2, \text{ 所以 } C = C_0 = 15\text{pF},$$

$$\text{所以 } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.2 \times 10^{-3} \times 15 \times 10^{-12}}} = 2.9 \times 10^6 \text{Hz} = 2.9\text{MHz}$$

$$C = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} = \frac{500 \times 500}{500 + 500} = 250\text{pF}$$

3) 如果  $C_0$  短路, 则

$$\text{所以 } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.2 \times 10^{-3} \times 250 \times 10^{-12}}} = 0.71 \times 10^6 \text{Hz} = 0.71\text{MHz}$$