

一、例题精解

【例题 18.1】 判断图 18.1 各电路能否产生正弦波振荡,并说明理由。如不能振荡,加以改正。

【解】 图(a)中,从交流通路来看,放大器为正反馈,故有产生振荡的可能。但从直流通路来看,晶体管的基极为地电位,晶体管截止,所以该振荡器不能产生振荡。如在 L_2 至基极的支路中加一隔直电容,则会产生自激振荡。

图(b)中,因为发射极旁路电容将反馈信号旁路,即电路中不存在反馈,所以不能产生振荡。若将发射极旁路电容开路,则电路可能产生振荡。

图(c)中,因反馈支路中无隔直电容,静态的 $U_{CE} = 0V$, 故该电路不能产生振荡。若在电感的中心抽头与发射极之间加一隔直电容,则电路可能产生振荡。

图(d)中,从交流通路来看电路可能产生振荡,但静态 $U_C = U_B$, 三极管工作不正常,所以不能产生振荡。如在 L 至基极之间加一隔直电容,则会产生自激振荡。

图(e)中,由于 LC 并联回路谐振时,阻抗最大,正反馈支路近似开路,电路不可能在 LC 回路的谐振频率处产生振荡。若将反馈网络改成 LC 串联回路,则 LC 串联回路谐振时, T_1 和 T_2 的发射极之间近似短路,由此构成正反馈,从而产生振荡。

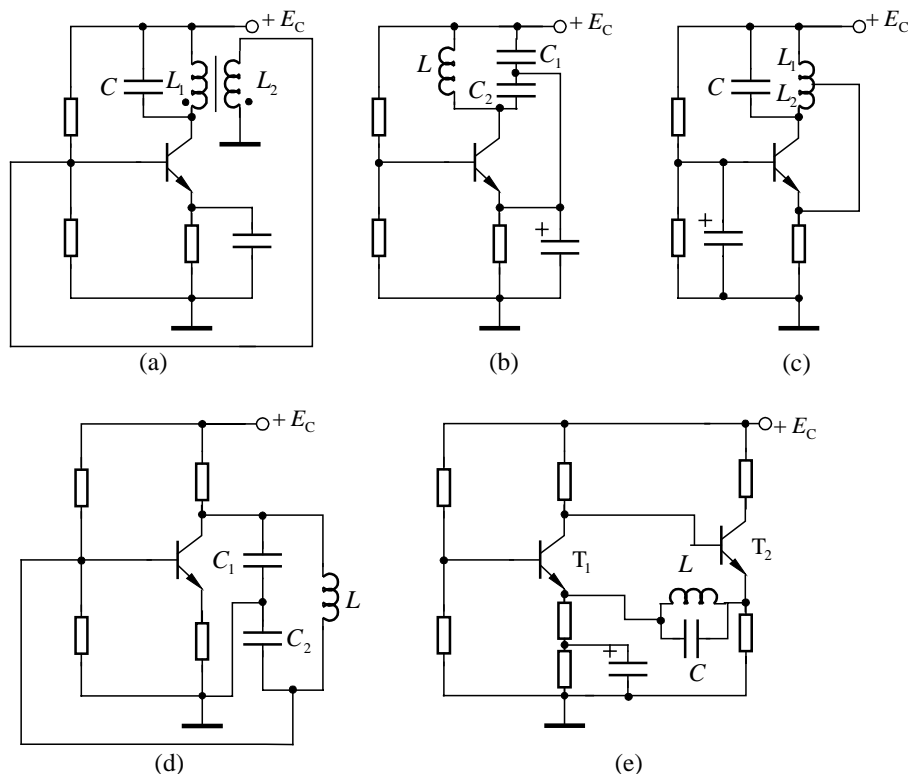


图 18.1 例题 18.1 的图

【例题 18.2】 用相位条件判断图 18.2 所示各电路能否产生振荡。若能振荡,写出振荡频率表达式。

【解】 图(a)所示电路为一三点式振荡电路,其交流通路如图 18.2(d) 所示。从电路结构来看,该电路能够产生振荡,其振荡频率

$$f_0 \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{L\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}}}$$

图(b)所示电路为一电感三点式振荡电路。其交流通路如图 18.2(e) 所示。从电路结构来看,该电路能够产生正弦波振荡,其振荡频率

$$f_0 \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

其中

$$L = L_1 + L_2 + 2M$$

在图(c)所示电路中, T_1 和 T_2 构成差动式放大电路。当从 T_1 基极引入信号时,从 T_2 集电极输出(同相输出端)的信号再经过三节 RC 移相网络后反馈到输入端的信

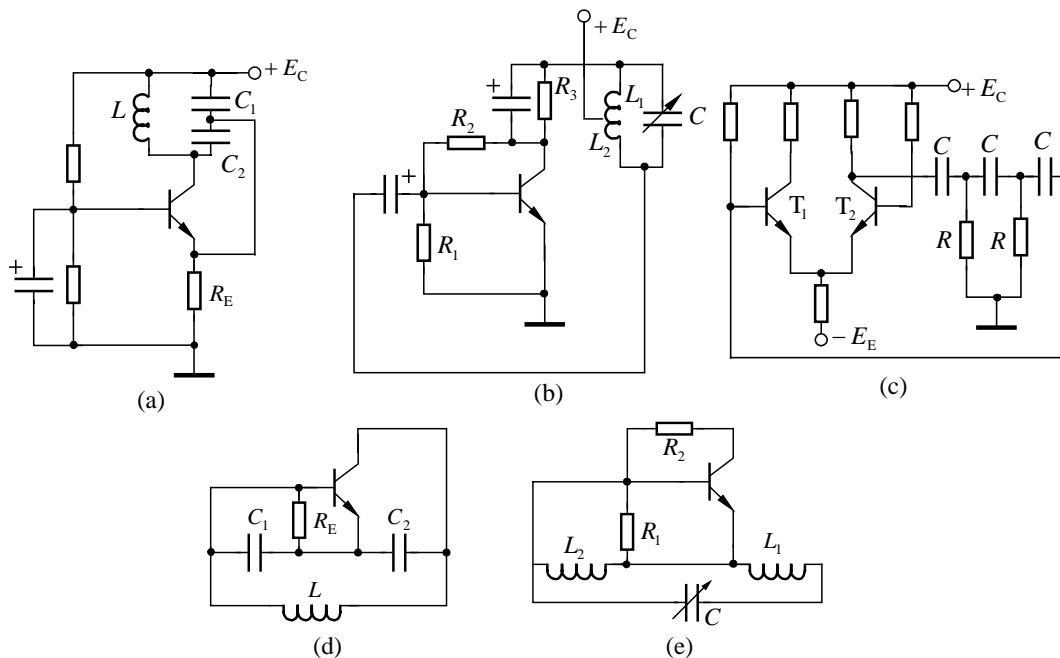


图 18.2 例题 18.2 的图

号不可能与输入信号同相,所以该电路不可能产生振荡。

【例题 18.3】 由运算放大器组成的正弦波振荡电路如图 18.3 所示,已知 $R=160\text{ k}\Omega$, $C=0.01\text{ }\mu\text{F}$ 。(1) 设 $R=3\text{ k}\Omega$, 求满足振荡幅度条件的 R_2 值;为了使电路可靠地起振,起振时的 R_2 的值应比计算的大一些还是小一些?为什么?(2) 计算振荡频率 f_0 。

【解】(1) 虚线框内电路的电压放大倍数

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

经 RC 串并联网络反馈到同相输入端的电压

$$\dot{U}_f = \frac{1}{3}\dot{U}_o$$

即

$$F_v = \frac{\dot{U}_f}{\dot{U}_o} = \frac{1}{3}$$

要满足振荡的幅度条件必须满足 $|F_V| \times |A_V| = 1$

即
$$\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{1}{3} = 1$$

$$\left(1 + \frac{R_2}{3}\right) \frac{1}{3} = 1$$

得到
$$R_2 = 6\text{k}\Omega$$

但在起振时希望 $|A_V| \times |F_V| > 1$

即
$$\left(1 + \frac{R_2}{3}\right) \frac{1}{3} > 1$$

得到
$$R_2 > 6\text{k}\Omega$$

即在起振时 R_2 的值比稳定振荡时要大一些。

$$(2) \text{ 频率 } f_0 = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 160 \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6}} = 99.5\text{Hz}$$

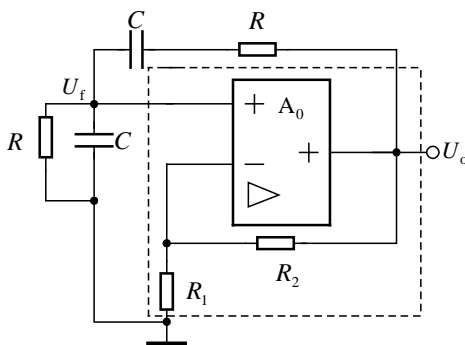


图 18.3 例题 18.3 的图

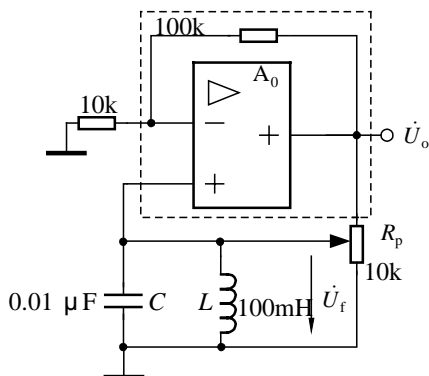


图 18.4 例题 18.4 的图

【例题 18.4】 由运算放大器和 LC 并联谐振电路组成的振荡器如图 18.4 所示。(1) 分析电路工作原理；(2) 估计振荡频率；(3) 为了使电路能够起振，应该调节 $10\text{k}\Omega$ 电位器，试求电位器滑动点以下的电阻 R 的最小值 R_{\min} 。

【解】(1) 本电路当 LC 并联谐振时（阻抗为 ∞ ）， \dot{U}_f 和 \dot{U}_o 同相，就能满足振荡的相位条件。虚线框内电路的电压放大倍数

$$A_V = \left(1 + \frac{100}{10}\right) = 11$$

只要满足 $|A_V| \times |F_V| = 1$

就能满足振荡的振幅条件，由此可得

$$|F_V| = \frac{U_f}{U_o} = \frac{R_{\min}}{R_p} = \frac{1}{11}$$

(2) 振荡频率

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{100 \times 10^{-3} \times 0.1 \times 10^{-6}}} = 5035 \text{ Hz}$$

(3) 为了使电路能够起振

$$|F_v| = \frac{R_{\min}}{R_p} = \frac{1}{11}$$

即

$$\frac{R_{\min}}{10} = \frac{1}{11}$$

则

$$R_{\min} = 0.909 \text{ k}\Omega$$

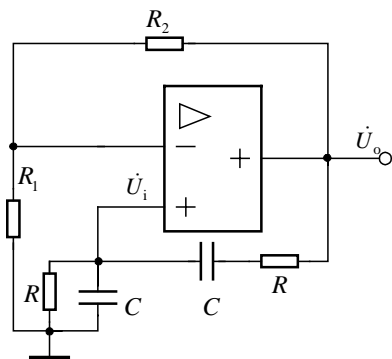


图 18.5 例题 18.5 的图

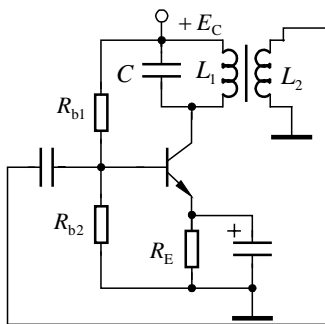


图 18.6 例题 18.6 的图

【例题 18.5】 正弦波振荡电路如图 18.5 所示，试求电路的起振条件和振荡频率。

【解】 当集成运算放大器具有理想特性时，可列出节点电流方程

$$\frac{\dot{U}_i}{R} + j\omega C \dot{U}_i = \frac{\dot{U}_o - \dot{U}_i}{R + \frac{1}{j\omega C}}$$

因为

$$\dot{U}_o = \dot{U}_i \dot{A}_{vf}$$

所以

$$\frac{\dot{U}_i}{R} + j\omega C \dot{U}_i = \frac{\dot{U}_i \dot{A}_{vf} - \dot{U}_i}{R + \frac{1}{j\omega C}}$$

即

$$\dot{U}_i \dot{A}_{vf} - \dot{U}_i = (R + \frac{1}{j\omega C}) (\frac{\dot{U}_i}{R} + j\omega C \dot{U}_i)$$

整理得

$$\dot{U}_i (\dot{A}_{vf} - 3) = \dot{U}_i (j\omega RC + \frac{1}{j\omega RC})$$

$$\dot{A}_{vf} - 3 = j\omega RC + \frac{1}{j\omega RC}$$

$$[(\omega RC)^2 - 1] + j\omega RC (\dot{A}_{vf} - 3) = 0$$

令

$$(\omega RC)^2 - 1 = 0$$

得

$$\omega_0 \approx \frac{1}{RC}$$

又令

$$j\omega RC (\dot{A}_{vf} - 3) = 0$$

得 $\dot{A}_{Vf} = 3$

由运算放大器同相比例运算公式可知

$$\dot{A}_{Vf} = (1 + \frac{R_2}{R_1})$$

即 $1 + \frac{R_2}{R_1} = 3 \quad R_2 = 2R_1$

所以电路的起振条件是 $R_2 = 2R_1$ ，振荡频率 $f_0 \approx \frac{1}{2\pi RC}$ 。

【例题 18.6】 图 18.6 所示为一 LC 正弦波振荡器电路。在调试电路时，发现如下现象，试解释其原因。

- (1) 将反馈线圈的两个接头反接后方能起振；
- (2) 调整 R_{b1} 、 R_{b2} 或 R_E 的阻值方能起振；

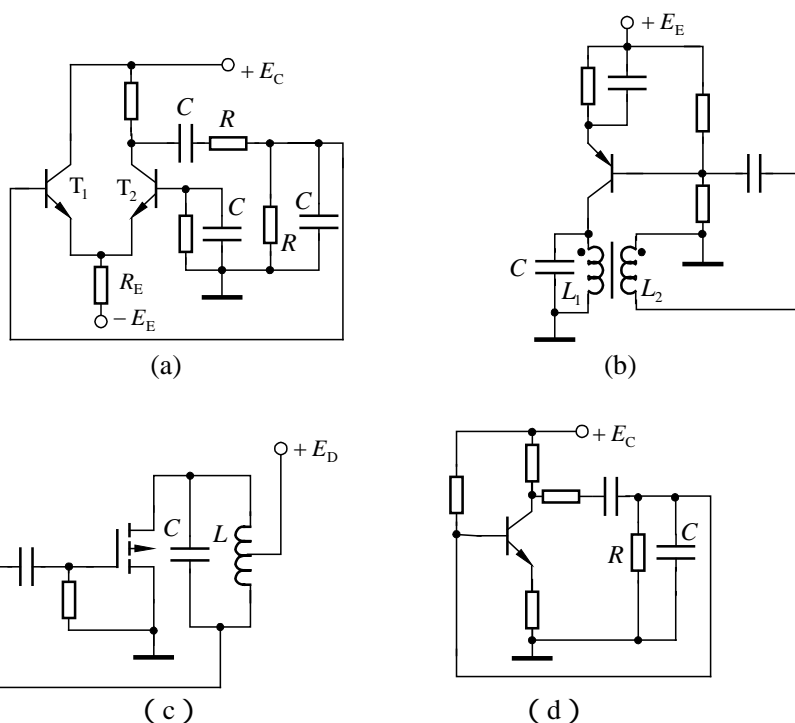


图 18.7 例题 18.7 的图

- (3) 该用 β 值较大的晶体管后方能起振；
- (4) 适当增加反馈线圈的圈数方能起振；
- (5) 适当增加 L 值或减小 C 值方能起振；
- (6) 波形变坏，严重失真；
- (7) 负载太重，有时甚至不能起振。

【解】(1) 反接前是负反馈，不满足相位平衡条件。
 (2) 放大器工作点不合适，不满足幅度振荡条件。
 (3) 放大倍数不够，不满足建立振荡的幅值条件。
 (4) 反馈信号太小。
 (5) 振荡回路的品质因数太低，为增大 Q ，应增加 L 或减小 C 。
 (6) 放大倍数太大或反馈信号太强，使振荡进入了放大器的非线性区。

(7) 负载太重使放大器的放大倍数降低, 不满足 $AF > 1$, 所以不能起振。

【例题 18.7】 试判断图 18.7 各电路哪些能自激振荡? 哪些不能? (图中未标号的电容均系隔直电容或旁路电容。)

【解】 图 18.7(a)、(b)、(c) 能自激振荡, (d) 不能。

二、习题精选

【习题 18.1】 放大器的自激振荡是由于放大器的电压放大倍数太大所致。()

【习题 18.2】 振荡器是没有输入信号而有输出信号的放大器。()

【习题 18.3】 在频率较低(几赫到几百赫)的情况下, 是不宜采用 LC 振荡器的。
()

【习题 18.4】 正弦波振荡器中引入负反馈是为了稳定振幅。()

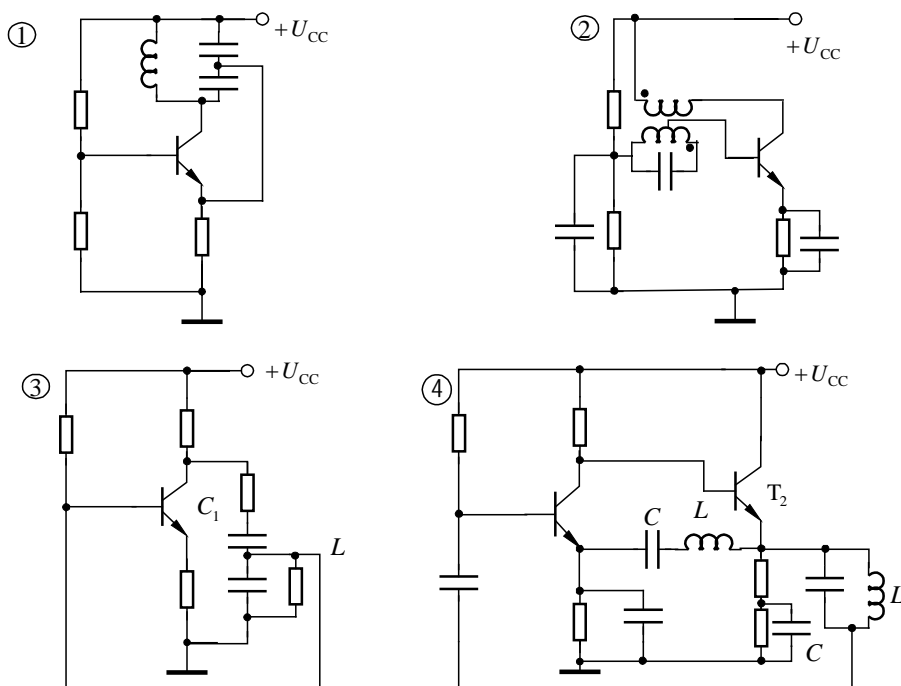


图 18.8 习题 18.5 的图

【习题 18.5】 用瞬时极性法判断图 18.8 中哪些电路能满足振荡的相位条件。()

三、习题答案

【习题 18.1】 (非)

【习题 18.2】 (是)

【习题 18.3】 (是)

【习题 18.4】 (非)

【习题 18.5】 (1)(2)(4)