

# 第 10 章 信号产生与处理电路

## 习 题 10

10.1 振荡电路与放大电路有何异同点。

解：振荡电路和放大电路都是能量转换装置。振荡电路是在无外输入信号作用时，电路自动地将直流能量转换为交流能量；放大电路是在有外输入信号控制下，实现能量的转换。

10.2 正弦波振荡器振荡条件是什么？负反馈放大电路产生自激的条件是什么？两者有何不同，为什么？。

解：正弦波振荡电路的振荡条件为  $\dot{A}\dot{F} = 1$ ，电路为正反馈时，产生自激的条件。

负反馈放大电路的自激条件为  $\dot{A}\dot{F} = -1$ ，电路为负反馈时，产生自激的条件。

10.3 根据选频网络的不同，正弦波振荡器可分为哪几类？各有什么特点？

解：正弦波振荡电路可分为 RC 正弦波振荡器，LC 正弦波振荡器和石英晶体振荡器。

RC 正弦波振荡器通常产生低频正弦信号，LC 正弦波振荡器常用来产生高频正弦信号，石英晶体振荡器产生的正弦波频率稳定性很高。

10.4 正弦波信号产生电路一般由几个部分组成，各部分作用是什么？

解：正弦波振荡电路通常由四个部分组成，分别为：放大电路、选频网络、正反馈网络和稳幅网络。放大电路实现能量转换的控制，选频网络决定电路的振荡频率，正反馈网络引入正反馈，使反馈信号等于输入信号，稳幅网络使电路输出信号幅度稳定。

10.5 当产生 20Hz~20KHz 的正弦波时，应选用什么类型的振荡器。当产生 100MHz 的正弦波时，应选用什么类型的振荡器。当要求产生频率稳定度很高的正弦波时，应选用什么类型的振荡器。

解：产生 20Hz~20KHz 的正弦波时，应选用 RC 正弦波振荡器。产生 100MHz 的正弦波时，应选用 LC 正弦波振荡器。当要求产生频率稳定度很高的正弦波时，应选用石英晶体振荡器。

10.6 电路如图 10.1 所示，试用相位平衡条件判断哪个电路可能振荡，哪个不能振荡，并简述理由。

解：(a) 不能振荡，不满足正反馈条件；(b) 可能振荡，满足振荡条件。

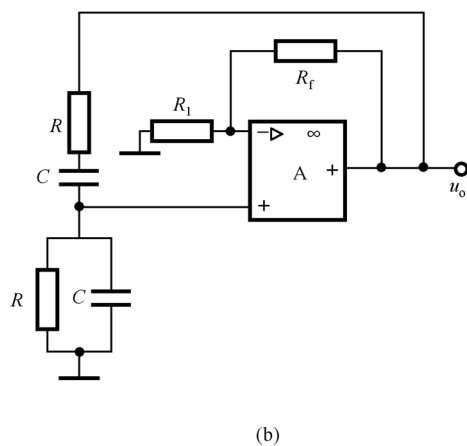
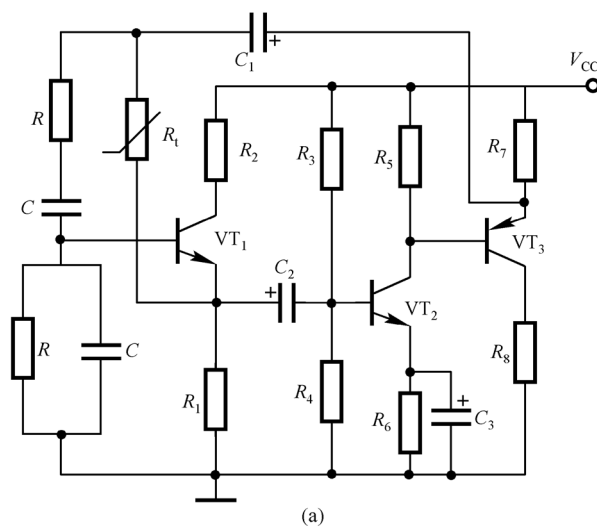


图 10.1 习题 10.6 电路图

10.7 电路如图 10.2 所示：（1）保证电路振荡，求  $R_p$  的最小值；（2）求振荡频率的  $f_0$  的调节范围。

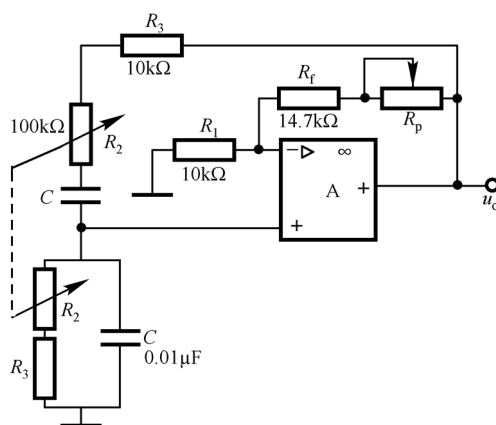


图 10.2 习题 10.7 电路图

**解：** 电路为 RC 文氏桥振荡器，根据振荡条件，

$$\left| \dot{A} \dot{F} \right| \geq 1, \quad F_{\max} = \frac{1}{3}, \quad A = \left( 1 + \frac{R_f + R_p}{R_1} \right)$$

$$\therefore R_p \geq 5.3K\Omega, \quad f_0 = \frac{1}{2\pi(R_2 + R_3)C} \approx (145 \sim 1590)Hz$$

10.8 如图 10.3 所示各元器件：（1）请将各元器件正确连接，组成一个 RC 文氏桥正弦波振荡器；（2）若  $R_1$  短路，电路将产生什么现象；（3）若  $R_1$  断路，电路将产生什么现象；（4）若  $R_f$  短路，电路将产生什么现象；（5）若  $R_f$  断路，电路将产生什么现象。

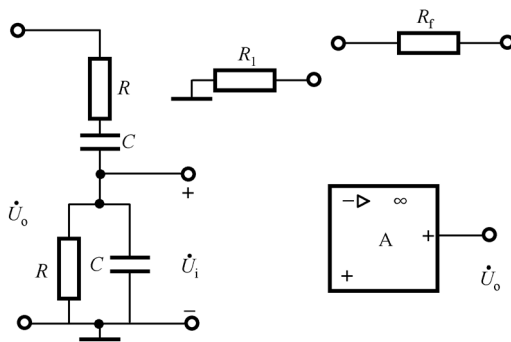


图 10.3 习题 10.8 电路图

**解：**若  $R_1$  短路，电路没有稳幅网络，电路可能输出方波；

若  $R_1$  断路，电路不满足振幅条件，电路停振，输出电压为零；

若  $R_f$  短路，电路不满足振幅条件，电路停振，输出电压为零；

若  $R_f$  断路，电路没有稳幅网络，电路可能输出方波。

10.9 图 10.4 所示为正弦波振荡电路，已知 A 为理想运放。

- （1）已知电路能够产生正弦波振荡，为使输出波形频率增大应如何调整电路参数？
- （2）已知  $R_1 = 10k\Omega$ ，若产生稳定振荡，则  $R_f$  约为多少？
- （3）已知  $R_1 = 10k\Omega, R_f = 15k\Omega$ ，问电路产生什么现象？简述理由。
- （4）若  $R_f$  为热敏电阻，试问其温度系数是正还是负？

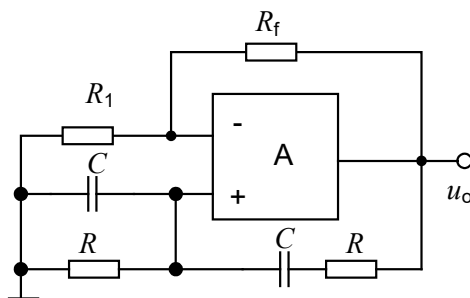


图 10.4 习题 10.9 电路图

**解：**（1）减小  $R$  或者  $C$  的值；

（2）若  $R_1 = 10k\Omega$ ， $R_f$  约为  $20k\Omega$ ；

（3）若  $R_1 = 10k\Omega$ ， $R_f = 15k\Omega$ ，则电路会停振，输出为 0，因为不满足振幅条件；

（4） $R_f$  应为负温度系数的热敏电阻。

10.10 电路如图 10.5 所示。试用相位平衡条件判断电路是否能振荡，并简述理由。指出可能振荡的电路属于什么类型。

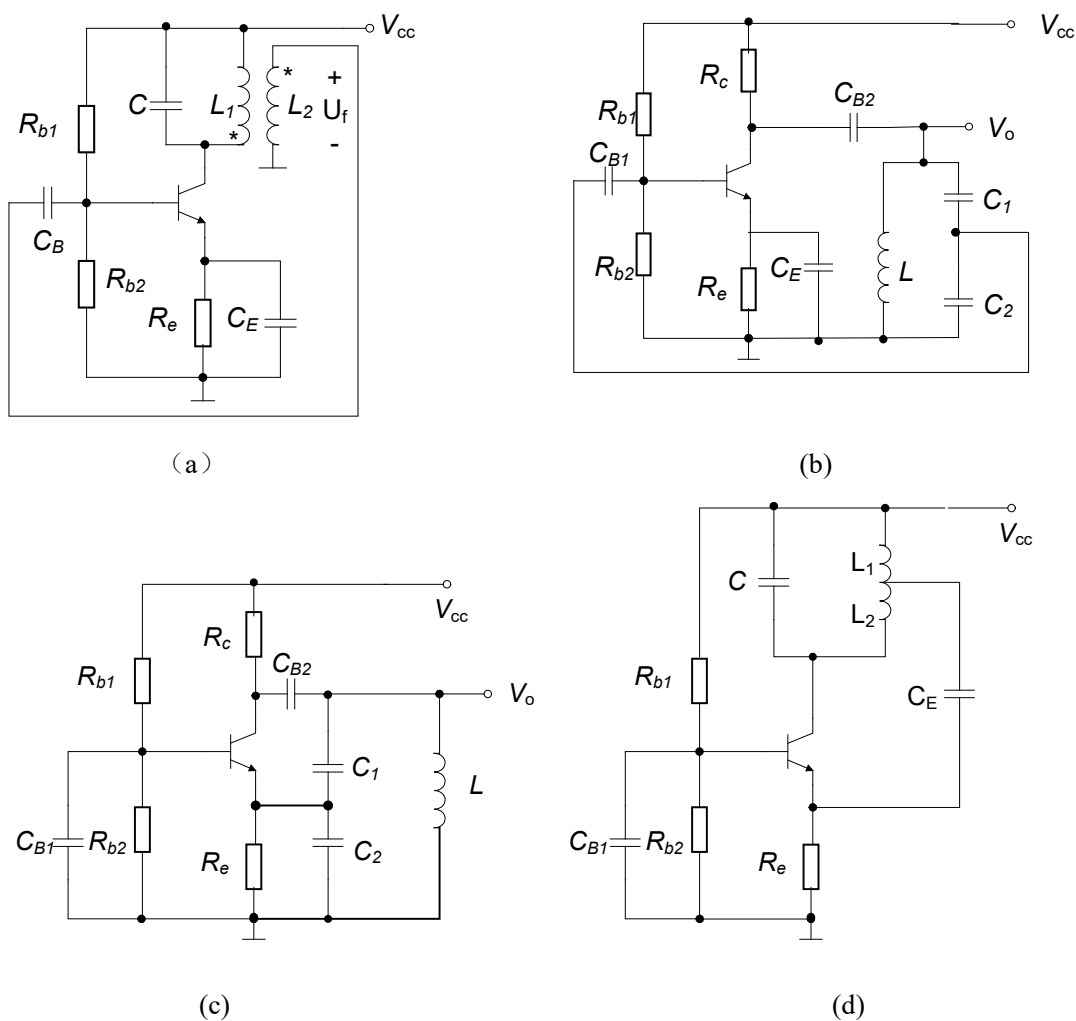


图 10.5 习题 10.10 电路图

**解：**(a) (b)不能振荡，不满足相位平衡条件，即电路不是正反馈。(c) (d)可能振荡，因为电路满足 LC 正弦波振荡电路的相位平衡条件，其中(c)为电容三点式振荡器，(d)为电感三点式振荡器。

10.11 石英晶体振荡电路如图 10.6 所示。试用相位平衡条件判断电路是否能振荡，并说明石英晶体在电路中的作用。

**解：**(a) 可能振荡，石英晶体作等效电感，电路为并联型石英晶体振荡器。

(b) 可能振荡，石英晶体等效为短路线，电路为串联型石英晶体振荡器。

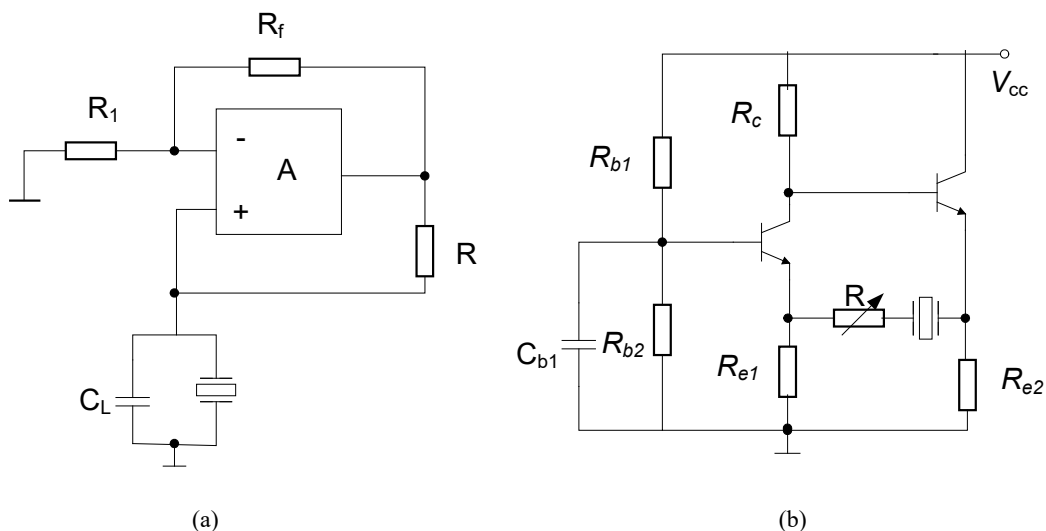


图 10.6 习题 10.11 电路图

10.12 电路如图 10.12 所示，设二极管和运放都是理想的：（1） $A_1$ 、 $A_2$  各组成什么电路？（2）求出电路周期  $T$  的表达式。

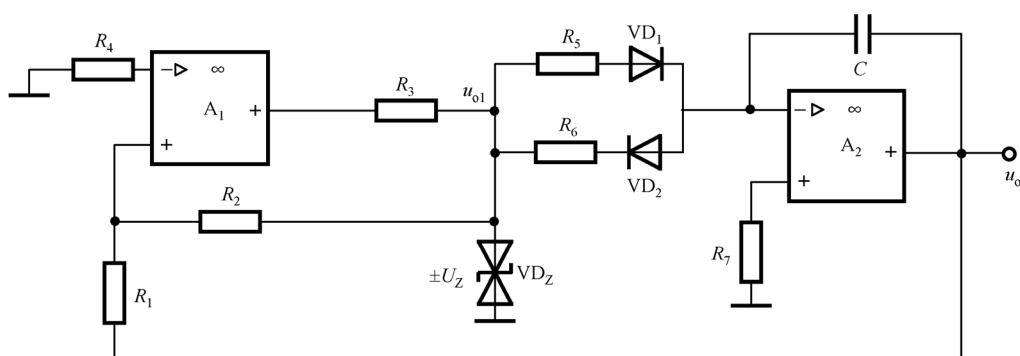


图 10.12 习题 10.17 电路图

$A_1$  迟滞电压比较器， $A_2$  反相积分电路

$$u_{1+} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{o1} + \frac{R_2}{R_1 + R_2} u_o$$

$$u_{1+} = u_{1-} = 0, \quad u_{o1} = \pm U_Z$$

$$\text{则门限电压 } U_{TH} = \pm \frac{R_1}{R_2} U_Z$$

当  $u_{o1} = +U_Z$  时， $VD_1$  导通，积分常数为  $R_5 C$ ， $u_o$  下降，当  $u_o$  下降到

$U_{TH2} = -\frac{R_1}{R_2} U_Z$  时， $u_{o1}$  跳变到  $-U_Z$ ，此时， $VD_2$  导通积分常数为  $R_6 C$ ， $u_o$  上升，当  $u_o$

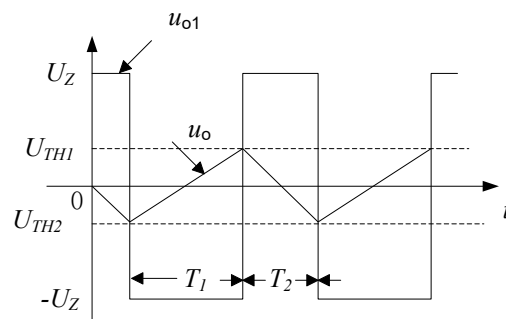
上升到  $U_{TH1} = +\frac{R_1}{R_2}U_Z$  时,  $u_{o1}$  跳变到  $+U_Z$ , 可得下图。

由图可见, 在  $T_1$  期间:

$$U_{TH1} = -\frac{1}{R_6 C} \int_0^{T_1} (-U_Z) dt + U_{TH2} = \frac{U_Z}{R_6 C} T_1 + U_{TH2}$$

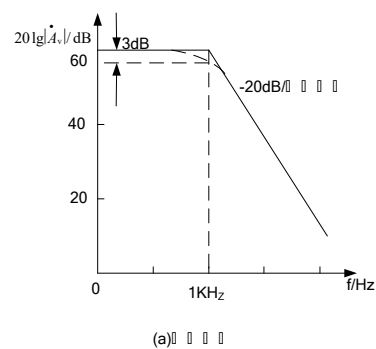
$$\therefore T_1 = \frac{2R_1 R_6 C}{R_2}$$

同理, 可得  $T_2 = \frac{2R_1 R_5 C}{R_2}, \quad f_0 = \frac{1}{T} = \frac{1}{T_1 + T_2} = \frac{R_2}{2R_1 C(R_5 + R_6)}$



10.13 一个具有一阶低通滤波特性的电压放大器, 它的直流电压增益为 60dB, 3dB 频率为 1000Hz。分别求频率为 100Hz, 10KHz, 100KHz 和 1MHz 时的增益。

解:  $f_H = 100\text{Hz}, A_o = 60\text{dB}$ , 其幅频特性如图所示



$$f = 100\text{Hz}, A_u = 60\text{dB}$$

$$f = 10\text{KHz}, 60 - 20\lg \frac{f}{f_H} = 40, A_u = 40\text{dB}$$

$$f = 100\text{KHz}, 60 - 20\lg \frac{f}{f_H} = 20, A_u = 20\text{dB}$$

$$f = 10\text{MHz}, 60 - 20\lg \frac{f}{f_H} = 0, A_u = 0\text{dB}$$

10.14 设 A 为理想运放，试推导出图 10.8 所示电路的电压放大倍数，并说明这是一种什么类型的滤波电路。

解:  $\dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega RC}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{j\omega RC}} = \frac{1}{1 - j\frac{f_L}{f}}, f_L = \frac{1}{2\pi RC}$ ，是高通电路

10.15 设 A 为理想运放，试推导出图 10.9 所示电路的电压放大倍数，并说明这是一种什么类型的滤波电路。

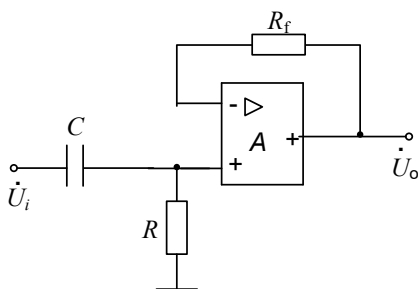


图 10.8 习题 10.14 电路图

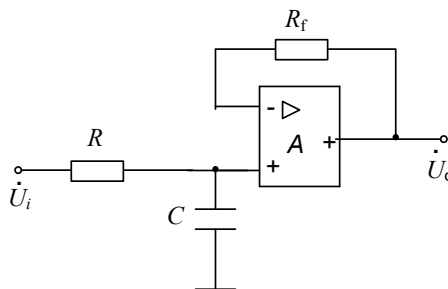


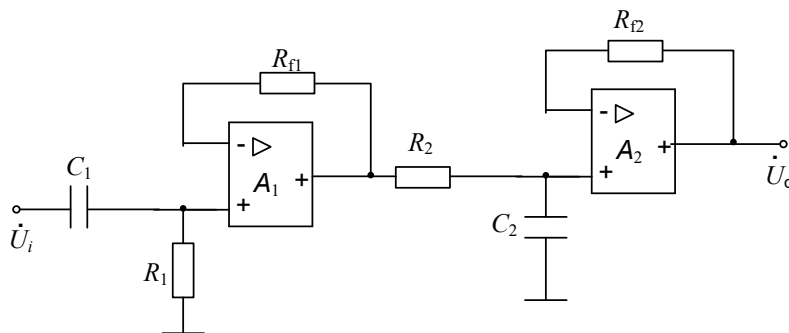
图 10.9 习题 10.15 电路图

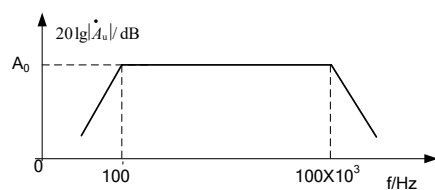
解:  $\dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{\frac{1}{j\omega RC}}{R + \frac{1}{j\omega RC}} = \frac{1}{1 + j\omega RC} = \frac{1}{1 + j\frac{f}{f_H}}$

$f_H = \frac{1}{2\pi RC}$  一阶有源低通滤波电路

10.16 已知图 10.8 和图 10.9 所示电路的通带截止频率分别为 100Hz 和 100KHz。试用它们构成一个带通滤波器，并画出幅频特性。

解





10.17 电路如图 10.3.5 所示，要求  $f_H = 1\text{kHz}$ ,  $C=0.1\mu\text{F}$ ，等效品质因数  $Q=1$ ，试求该电路中的各电阻阻值约为多少。

解：  $f_H = \frac{1}{2\pi RC} = 1\text{kHz}$ ，所以  $R = \frac{1}{2\pi f_H C} = \frac{1}{2\pi \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6}} = 15.9\text{k}\Omega$ ，

因为  $Q = \frac{1}{3 - A_0} = 1$ ，  $A_0 = 3 - \frac{1}{Q} = 2$

故  $A_0 = 1 + \frac{R_f}{R_1} = 2$ ，所以  $R_f = R_1$ ，为使运放两输入端电阻对称，应有

$R_f // R_1 = 2R \approx 3.18\text{k}\Omega$ ，所以  $R_1 = R_f = 6.36\text{k}\Omega$ 。