廣東工業大學
Guangdong University of Technology

广东工业大学

通信电路与系统

信息工程学院

李志忠

Guangdong University of Technology

广东工业大学

第五章 正弦波振荡器

信息工程学院

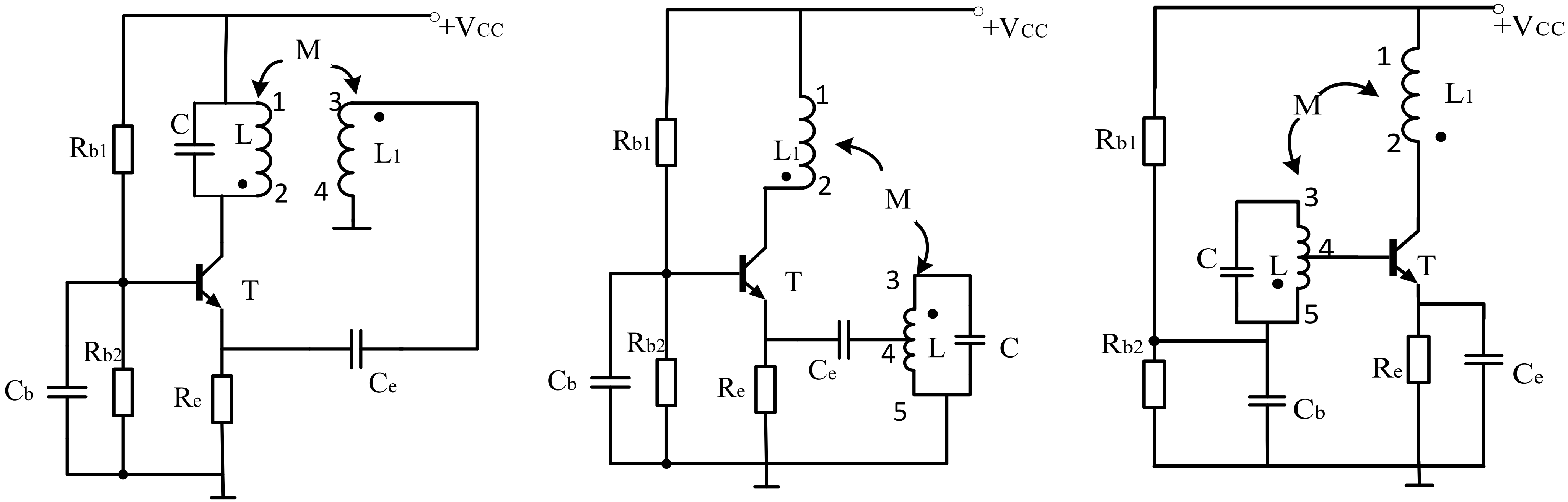
李志忠

目录

5.2 反馈型LC振荡电路

一、互感耦合振荡电路

1. 反馈振荡器的组成



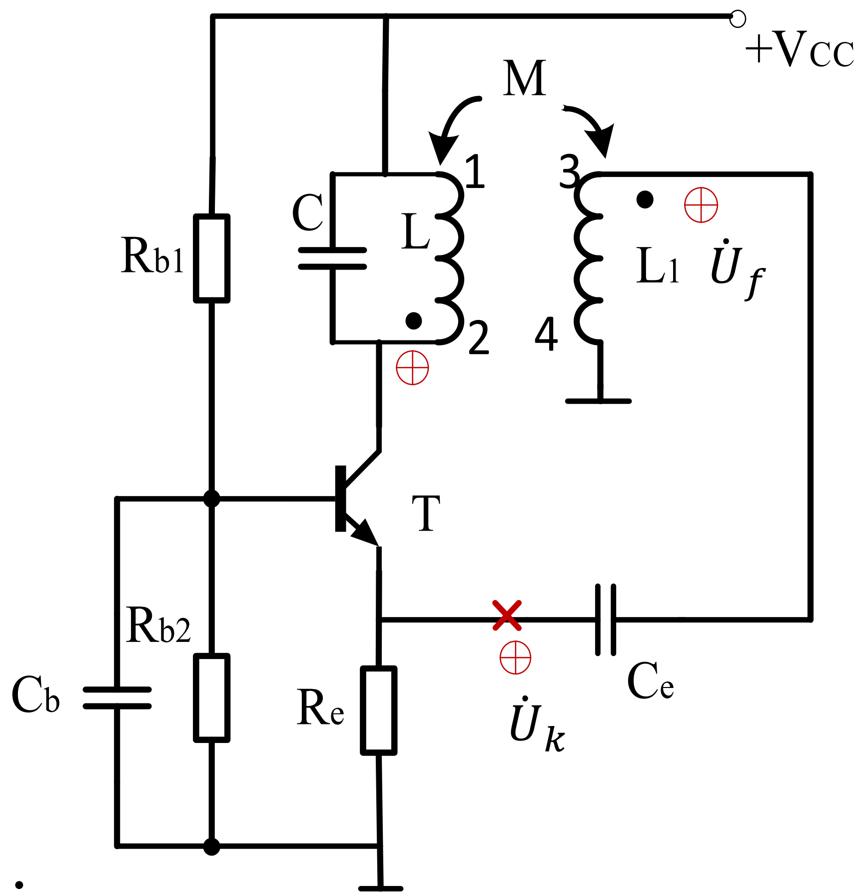
（a）集电极调谐　　（b）发射极极调谐　　（c）基极调谐

调集　　调射　　调基

互感耦合式振荡器是利用电感之间的耦合来实现正反馈的。
同名端的位置决定了能否实现正反馈。

5.2 反馈型LC振荡电路

2. 调集振荡器



① 分析电路形式

一找组成，二查静态、动态

② 判断振荡条件

相位条件：采用瞬时极性法。

$\dot{U}_k \oplus \rightarrow \dot{U}_c \oplus \rightarrow$ 由同名端可知3端为 $\oplus \rightarrow \dot{U}_f \oplus$

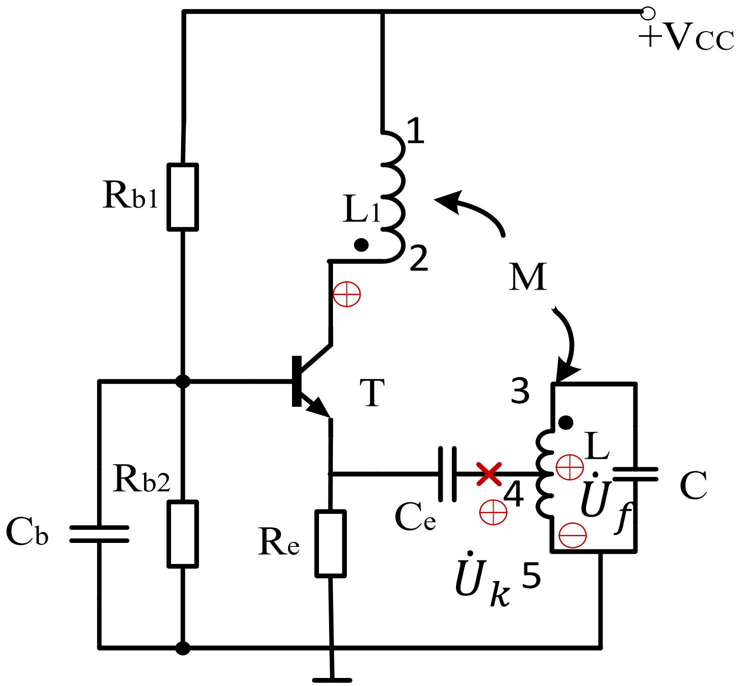
振幅条件：可适当调节互感M以满足要求。

③ 估算振荡频率

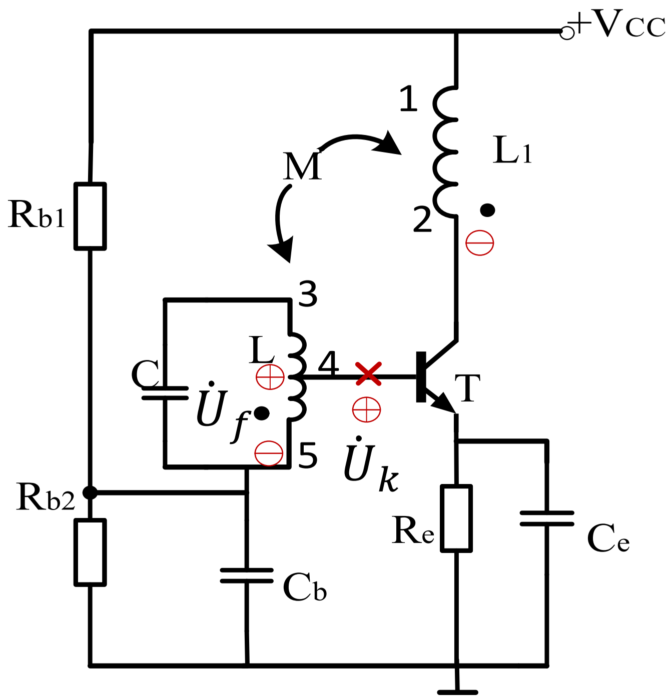
由选频回路决定。$f_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

5.2 反馈型LC振荡电路

3.调射振荡器



发射极调谐



基极调谐

$\dot{U}_f$取自L_{45},加在发射极，共基组态

$\dot{U}_k \oplus \rightarrow \dot{U}_c \oplus \rightarrow$ 4端 $\oplus \rightarrow \dot{U}_f \oplus$

$\dot{U}_f$取自L_{45},加在基极，共射组态

$\dot{U}_k \rightarrow \oplus \dot{U}_c \ominus \rightarrow$ 4端 $\oplus \rightarrow \dot{U}_f \oplus$

注意：反馈元件的一个端交流接地

5.2 反馈型LC振荡电路

二、三端式振荡器的相位平衡条件

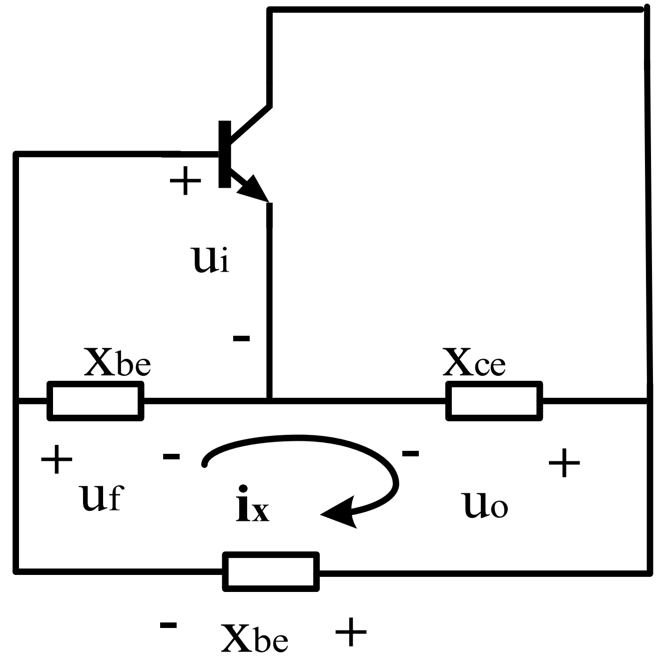
$$\varphi_{\Sigma}=2n\pi \qquad n=0,1,2\ldots$$

$$F=\frac{U_f}{U_0}=\frac{i_x X_{be}}{-i_x X_{ce}}=-\frac{X_{be}}{X_{ce}}$$

正反馈 $\dot{U}_i \xrightarrow{\ominus} \dot{U}_0 \xrightarrow{\ominus} \dot{U}_f$

$$\therefore \frac{X_{be}}{X_{ce}} \geq 0$$

X_{be}、X_{ce}为同性电抗元件



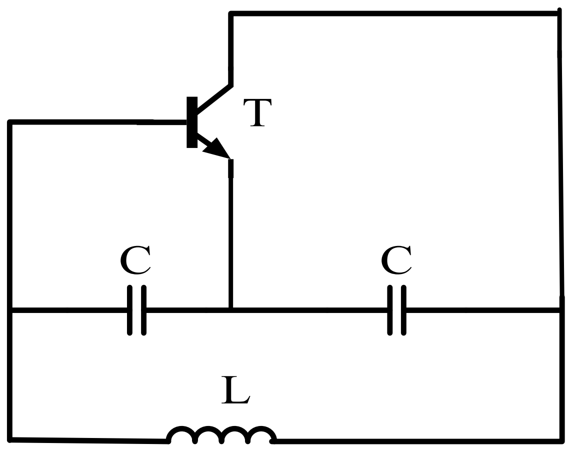
X_{be}、X_{ce} 均为电抗元件

射同基反

$$\omega=\omega_0 \qquad \Sigma X = X_{be}+X_{ce}+X_{bc}=0$$

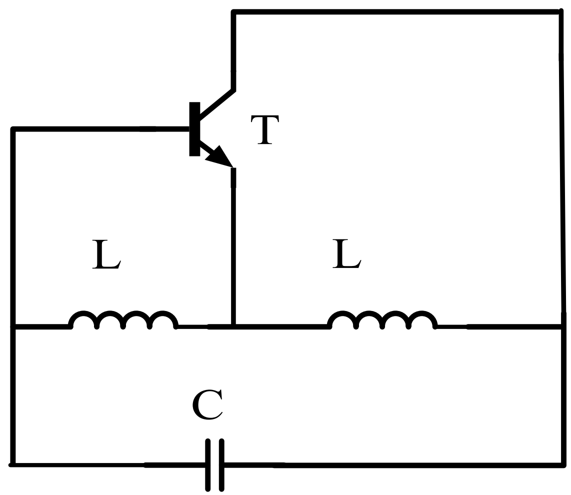
$$X_{bc}=-(X_{be}+X_{ce})$$ **X_{bc}与X_{ce}、X_{be}** 异性

5.2 反馈型LC振荡电路



$$X_{bc}:L;X_{be}、X_{ce}:C$$

电容反馈三点式



$$X_{bc}:C;X_{be}、X_{ce}:L$$

电感反馈三点式

源同栅反 同相端相同，反向端相反

5.2 反馈型LC振荡电路

例

B反：L, L_1并C_1为C

$$\omega > \omega_{01} = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}}$$

E同：L_1并C_1为C

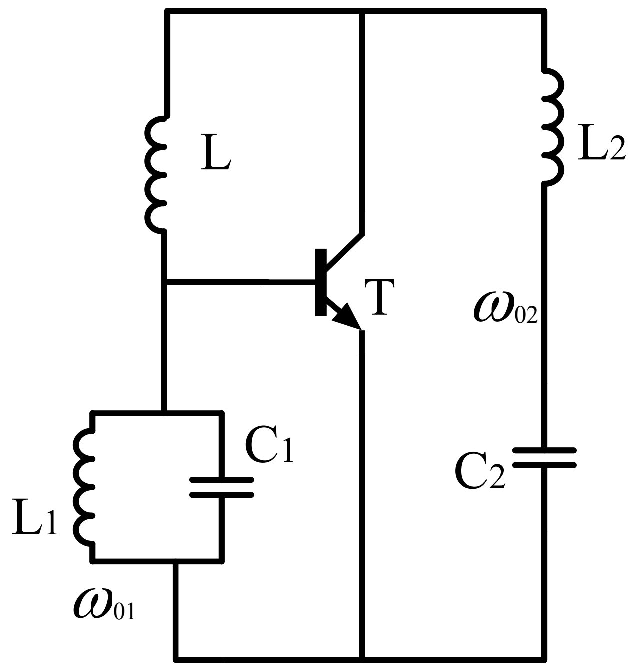
L_2串C_2为C

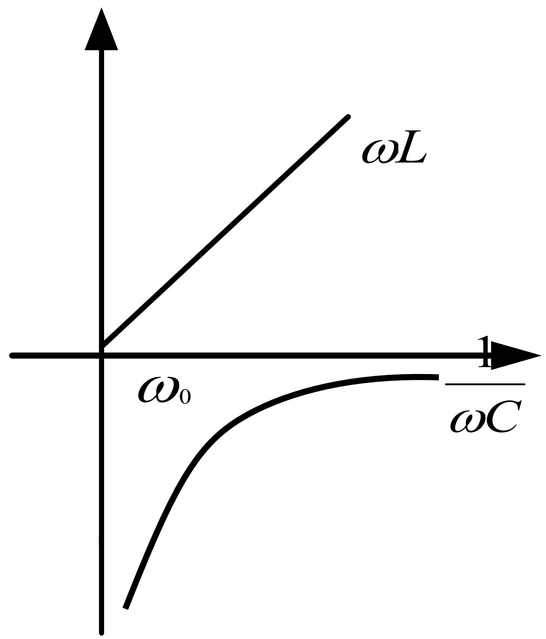
$$\omega < \omega_{02} = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_2}}$$

$$\therefore \omega_{01} < \omega < \omega_{02}$$

$$\frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}} < \omega < \frac{1}{\sqrt{L_2 C_2}}$$

$$L_1 C_1 > L_2 C_2$$

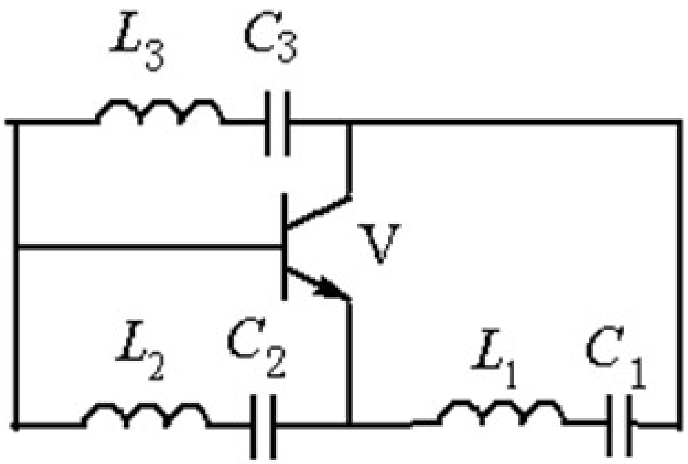




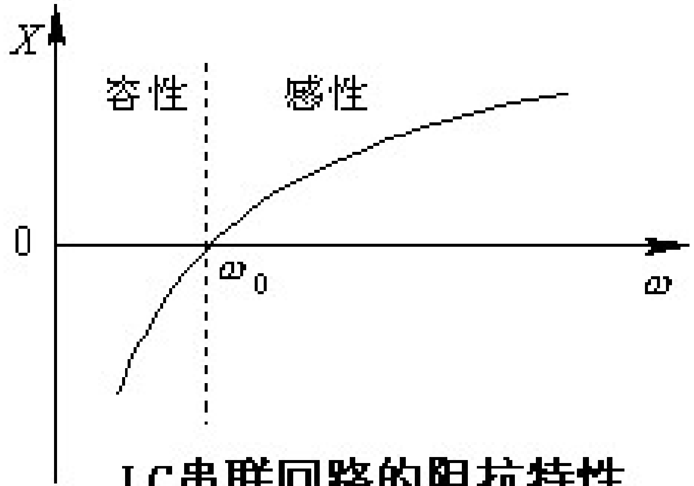
例1： 图示是一个三回路的振荡器的等效电路，设有以下2种情况：

(1) $L_1C_1 > L_2C_2 > L_3C_3$，　（2）$L_1C_1 < L_2C_2 < L_3C_3$

试分析上述2种情况是否都能振荡，振荡频率f_0与回路谐振频率有何关系？



例 1　图



LC串联回路的阻抗特性

分析：

知识点：
- (1)三端式振荡器的组成原则：射同余异
- （2）LC串联谐振回路的阻抗特性见上图

解：设$f_1=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{L_1C_1}}$，$f_2=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{L_2C_2}}$，$f_3=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{L_3C_3}}$

(1) $\because L_1C_1 > L_2C_2 > L_3C_3 \therefore f_1 < f_2 < f_3$

满足$f_1 < f_2 < f_0 < f_3$时能振荡，

此时**L1C1**、**L2C2**呈感性，**L3C3**呈容性，电路为电感三端式振荡器

(2) $\because L_1C_1 < L_2C_2 < L_3C_3 \therefore f_1 > f_2 > f_3$

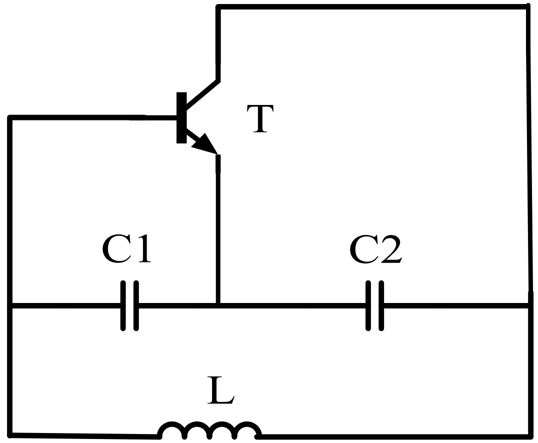
满足$f_1 > f_2 > f_0 > f_3$时能振荡，

此时**L1C1**、**L2C2**呈容性，**L3C3**呈感性，电路为电容三端式振荡器

5.2 反馈型LC振荡电路

三、三端式振荡器主要参数的计算

1. 谐振频率计算



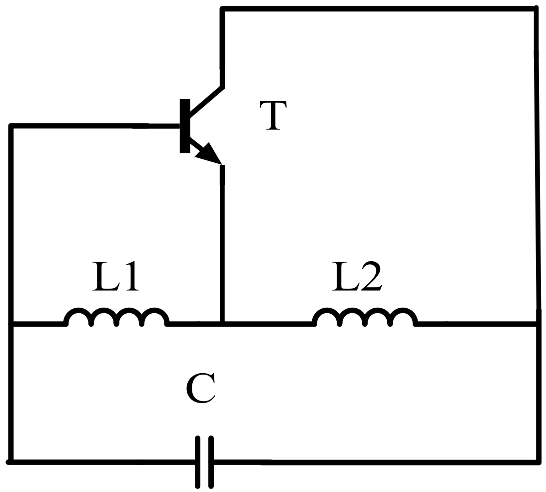
$\omega = \omega_0$　　谐振

$$\frac{1}{j\omega_0 C_1} + \frac{1}{j\omega_0 C_2} + j\omega_0 L = 0$$

$$j\left(-\frac{1}{\omega_0 C_1} - \frac{1}{\omega_0 C_2} + \omega_0 L\right) = 0$$

$$\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C_1} + \frac{1}{\omega_0 C_2} \qquad \omega_0{}^2 = \frac{1}{L}\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right) = \frac{1}{LC} \qquad \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$\omega_g = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_\Sigma}} \qquad C_\Sigma = C_1 // C_2$$



$$\omega_g = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_\Sigma}} = \frac{1}{\sqrt{C(L_1 + L_2)}}$$

5.2 反馈型LC振荡电路

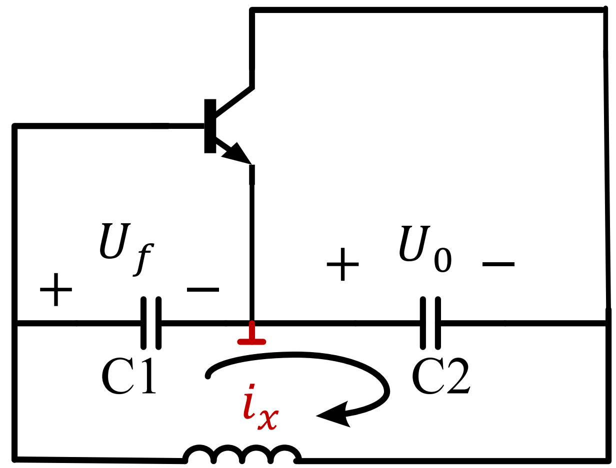
2. 反馈系数的计算

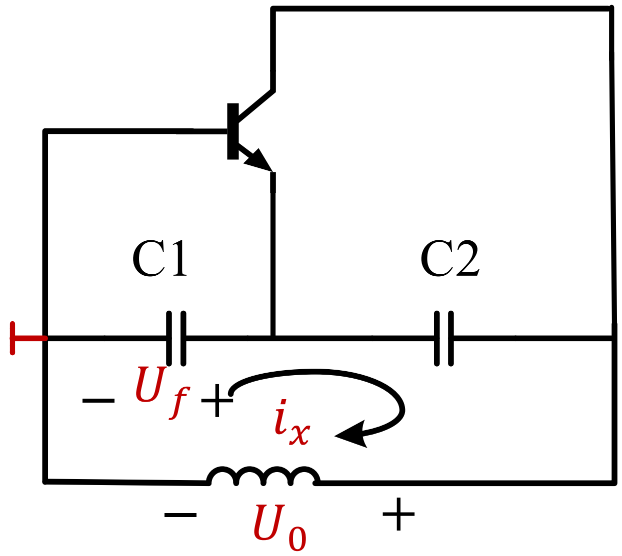
（1）电容三端式

CE: $$F=\frac{U_f}{U_0}=\frac{C_2}{C_1}$$

CB: $$F=\frac{U_f}{U_0}=\frac{i_x\dfrac{1}{j\omega_0C_1}}{i_xj\omega_0L}=\frac{C}{C_1}$$

$$=\frac{C_1C_2}{C_1\left(C_1+C_2\right)}=\frac{C_2}{C_1+C_2}$$

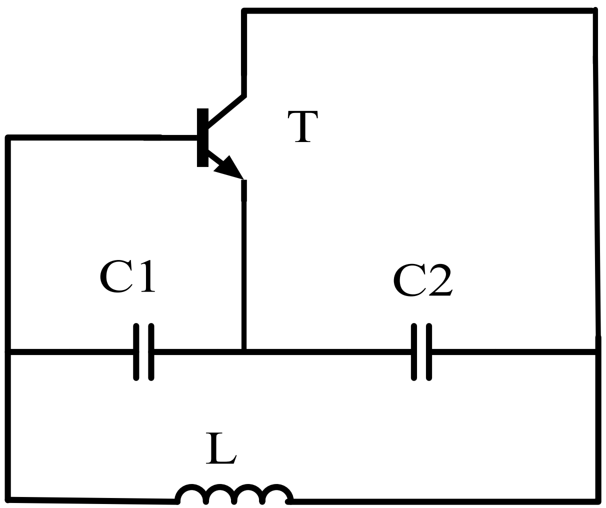




5.2 反馈型LC振荡电路

$$\omega_g = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L(C_1//C_2)}}$$

CE: $F = \frac{C_2}{C_1}$ CB: $F = \frac{C_2}{C_1 + C_2}$



高频时考虑 $C_{b'c} \downarrow C_{b'e}\ C_{ce}$

$$C_1' = C_1 + C_{b'e} \qquad C_2' = C_2 + C_{ce}$$

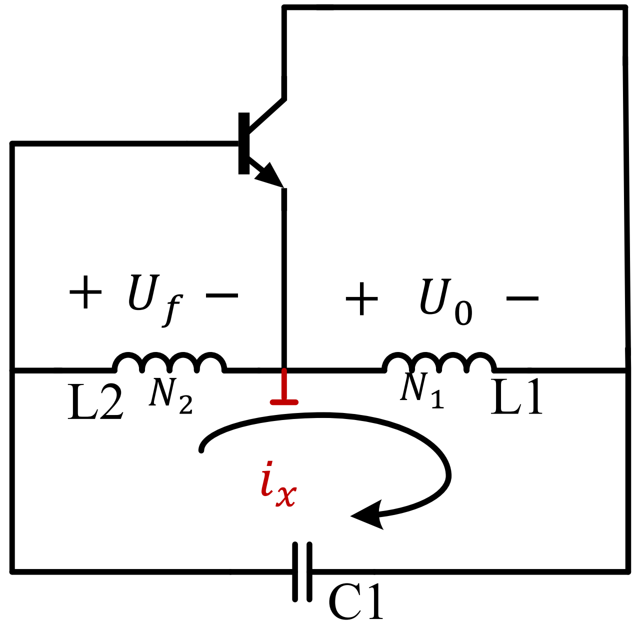
优点： 适合高频，可工作于**Microwave**
频率稳定度高； 波形较好

缺点： 起振较难

5.2 反馈型LC振荡电路

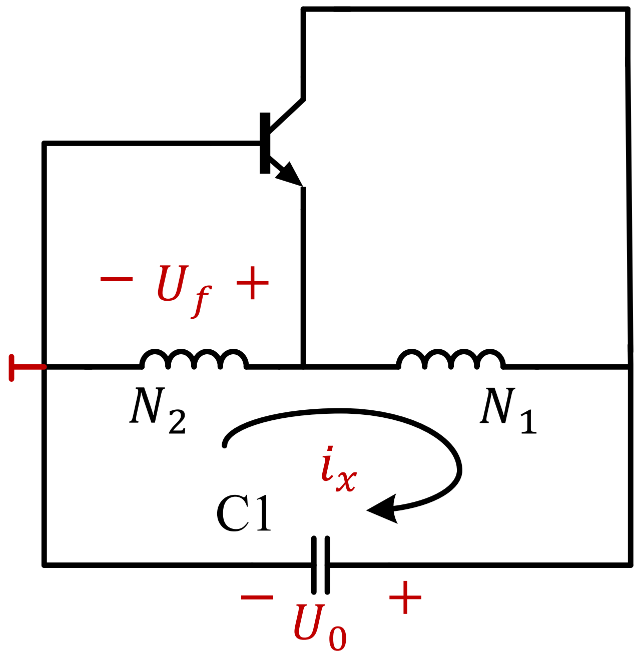
(2) 电感三点式

$$\omega_g = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{C\left(L_1 + L_2\right)}}$$



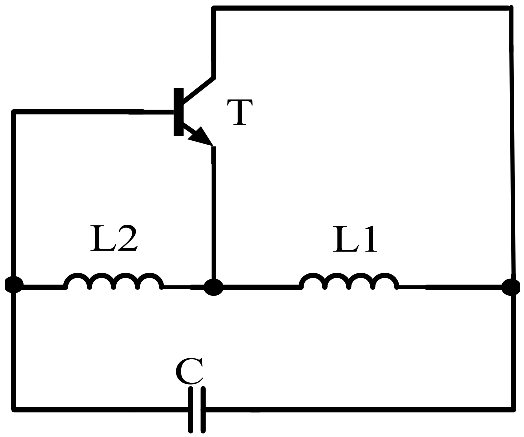
CE: $$F_{ce} = \frac{U_f}{U_0} = \frac{L_2}{L_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

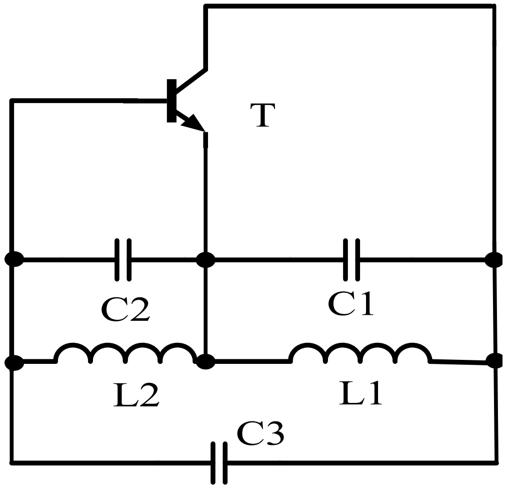
考虑互感 $$F_{ce} = \frac{L_2 + M}{L_1 + M}$$

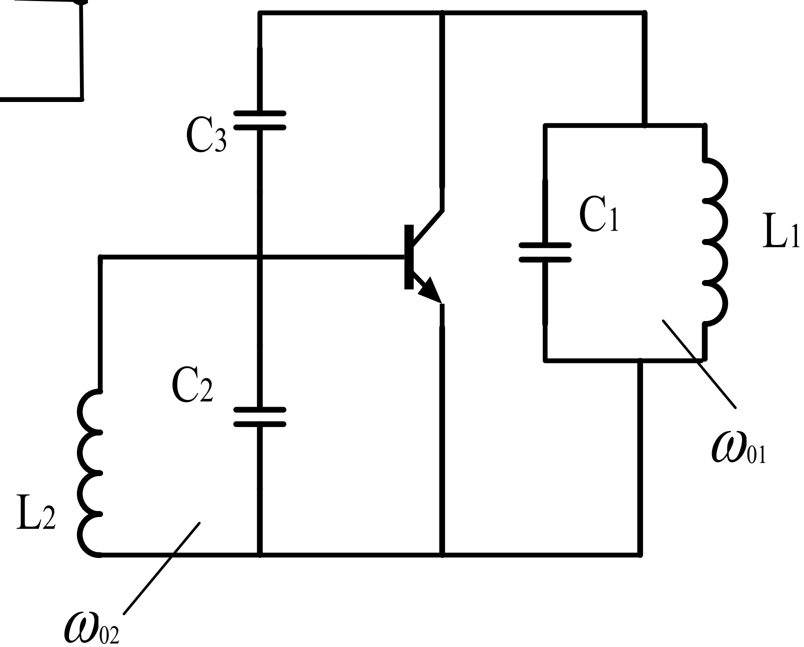


CB: $$F_{cb} = \frac{U_f}{U_0} = \frac{L_2}{L_1 + L_2} = \frac{N_2}{N_1 + N_2}$$

5.2 反馈型LC振荡电路







高频时考虑 $C_{b'c} \downarrow C_{b'e}\ C_{ce}$

$$L_1' = L_1 // C_{ce}$$

$$L_2' = L_2 // C_{b'e}$$

$$\boxed{\omega < \min(\omega_{01}, \omega_{02})}$$

优点： 易起振

缺点：不适于高频；频率稳定度较差； 波形较差