



# 模拟电子技术

# 学习情境七 信号产生电路

## 第一单元 正弦波振荡信号产生电路

### 情境导入

---

在一些电子设备的维修中，常用到信号发生器，如多谐振荡器就是其中较为常用的一种。多谐振荡器实际上就是产生一个矩形脉冲信号，并将这个信号接到被测电路的输入端。自激多谐振荡器是一种阻容耦合式的矩形波发生器，该振荡器由通过阻容耦合构成首尾相连的两级倒相放大器组成，电路元器件参数左右对称，形成的正反馈反复循环形成强烈的正反馈。555电路能制作多谐振荡器，那么它通过门电路可以产生脉冲吗？

### 学习导航

---

- 1.掌握正弦波振荡电路的相位平衡条件、振幅平衡条件。
- 2.掌握RC正弦波振荡电路的工作原理、起振条件、稳幅原理及振荡频率的计算。
- 3.掌握LC正弦波振荡电路的工作原理、起振条件、稳幅原理及振荡频率的计算。
- 4.掌握比较器的种类和传输特性。
- 5.掌握非正弦波发生电路的工作原理及相关计算。

### 育人目标

---

了解我国仪器自主创新的历史，激发学生科技报国的家国情怀和使命担当。

### 知识目标

---

- 1.掌握正弦波振荡的相位平衡条件、振幅平衡条件。
- 2.掌握RC正弦波振荡电路的工作原理、起振条件、稳幅原理及振荡频率的计算。
- 3.掌握LC正弦波振荡电路的工作原理、起振条件、稳幅原理及振荡频率的计算。

### 技能目标

---

通过本单元的学习，掌握信号发生器的工作原理，学会制作收音机常用的本机振荡器。

# 基础知识

---

### 一、正弦波产生条件

#### (一) 正弦波振荡电路

为了产生正弦波，必须在放大电路里加入正反馈，因此放大电路和正反馈网络是振荡电路的最主要部分。但是，这两个部分构成的振荡器一般得不到正弦波，因为很难控制正反馈的量。

如果正反馈量大，则增幅，输出幅度越来越大，最后由晶体管的非线性限幅，这必然产生非线性失真。反之，如果正反馈量不足，则减幅，可能停振，为此振荡电路要有一个稳幅电路。

为了获得单一频率的正弦波输出，应该在电路中加入选频网络，而选频网络往往和正反馈网络或放大电路合二为一。选频网络由R、C或L、C等电抗性元件组成。正弦波振荡器一般由选频网络来命名。

因此,正弦波振荡电路由放大电路、正反馈网络、选频网络、稳幅电路组成。

## 第一单元 正弦波振荡信号产生电路

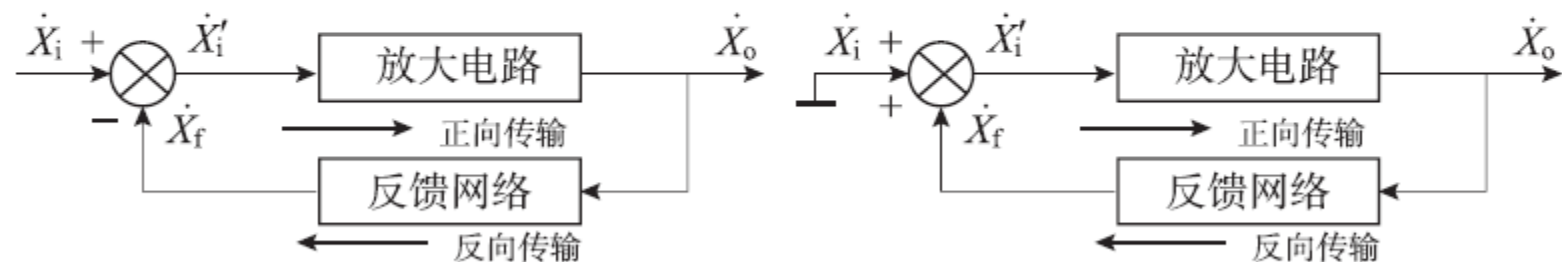
### (二) 振荡平衡条件

产生正弦波的条件与负反馈放大电路产生自激的条件十分类似。只不过负反馈放大电路中是由于信号频率达到了通频带的两端，产生了足够的附加相移，从而使负反馈变成了正反馈。在振荡电路中加的就是正反馈，振荡建立后只是一种频率的信号，无所谓附加相移。

比较图 7-1a 和图 7-1b，可以明显地看出负反馈放大电路和正反馈振荡电路的区别。

正反馈的一般表达式为  $\dot{A}_f = \frac{\dot{A}}{1 - \dot{A}\dot{F}}$ ，而且振荡电路的输入信号  $X_i = 0$ ，所以  $X_i = X_f$ 。振

荡条件为  $\dot{A}\dot{F} = 1$ 。振幅平衡条件为  $|\dot{A}\dot{F}| = 1$ ，相位平衡条件为  $\varphi_{AF} = \varphi_A + \varphi_F = 2n\pi$ 。



(a) 负反馈放大电路

(b) 正反馈振荡电路

图 7-1 负反馈放大电路和正反馈振荡电路框图比较

## 第一单元 正弦波振荡信号产生电路

---

### (三) 起振条件和稳幅原理

振荡器在刚刚起振时，为了克服电路中的损耗，需要正反馈强一些，即要求 $AF < 1$ 。如果 $AF > 1$ ，起振后就会产生增幅振荡，则需要靠晶体管的非线性特性去限制幅度的增加，这样电路必然产生失真。依靠选频网络的作用，可选出失真波形的基波分量作为输出信号，以获得正弦波输出；也可以在反馈网络中加入非线性稳幅环节，用以调节放大电路的放大倍数，达到稳幅的目的。

#### 课堂讨论：

振荡器起振后怎么稳定下来？



### 二、RC正弦波振荡电路

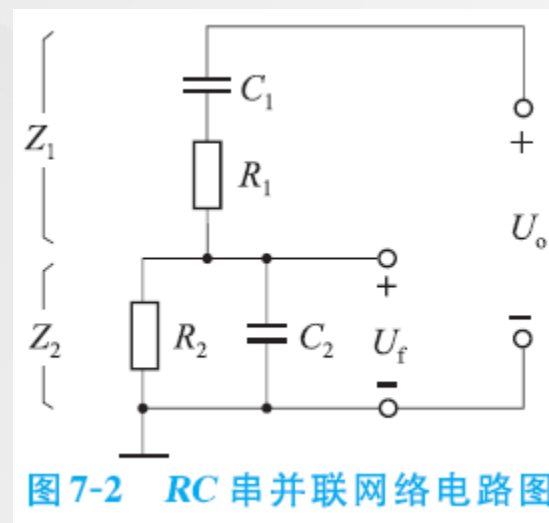
#### (一) RC串并联网络的电路

##### 1. 频率响应

如图7-2所示，RC串联臂的阻抗用 $Z_1$ 表示，RC并联臂的阻抗用 $Z_2$ 表示。  
其频率响应如下。

$$Z_1 = R_1 + (1/j\omega C_1) \quad (7-1)$$

$$Z_2 = R_2 // (1/j\omega C_2) = \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C_2} \quad (7-2)$$



## 2. 频率特性

(1) 幅频特性。幅频特性表达式

$$|\dot{F}| = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}\right)^2 + \left(\omega R_1 C_2 - \frac{1}{\omega R_2 C_1}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{3^2 + \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}} \quad (7-3)$$

(2) 相频特性。相频特性表达式为

$$\varphi_F = -\arctan \frac{\omega R_1 C_1 - \frac{1}{\omega R_2 C_2}}{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}} = -\arctan \frac{\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}}{3} \quad (7-4)$$

幅频特性曲线和相频特性曲线如图7-3所示。

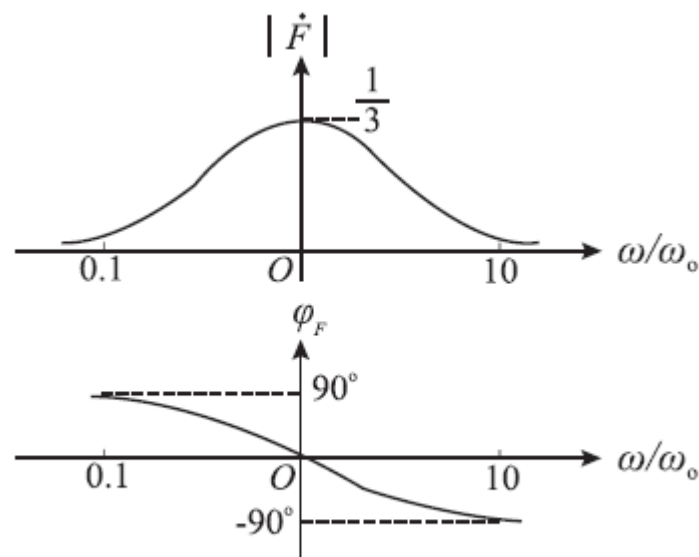


图 7-3 幅频特性曲线和相频特性曲线

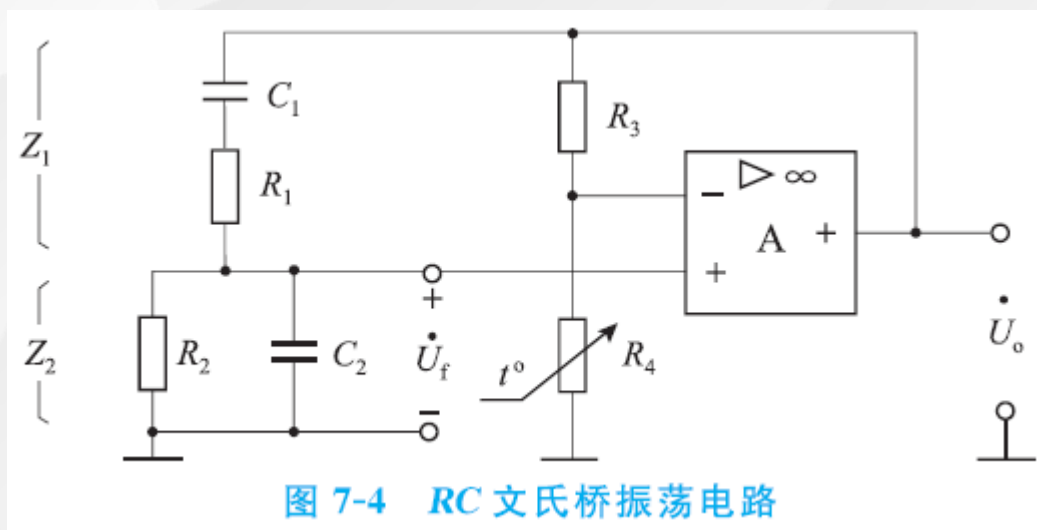
## 第一单元 正弦波振荡信号产生电路

### (二) RC文氏桥振荡器

当 $f=f_0$ 时的反馈系数 $|F|=1/3$ ,与频率 $f_0$ 的大小无关。此时的相位 $\phi_F=0^\circ$ ,即改变频率不会影响反馈系数和相位,在调节谐振频率的过程中,不会停振,也不会使输出幅度改变。

#### 1.RC文氏桥振荡电路的构成

RC文氏桥振荡电路如图7-4所示,RC串并联网络是正反馈网络,另外还增加了 $R_3$ 和 $R_4$ 负反馈网络。 $C_1$ 、 $R_1$ 和 $C_2$ 、 $R_2$ 正反馈支路与 $R_3$ 、 $R_4$ 负反馈支路正好构成一个桥路,称为文氏桥。

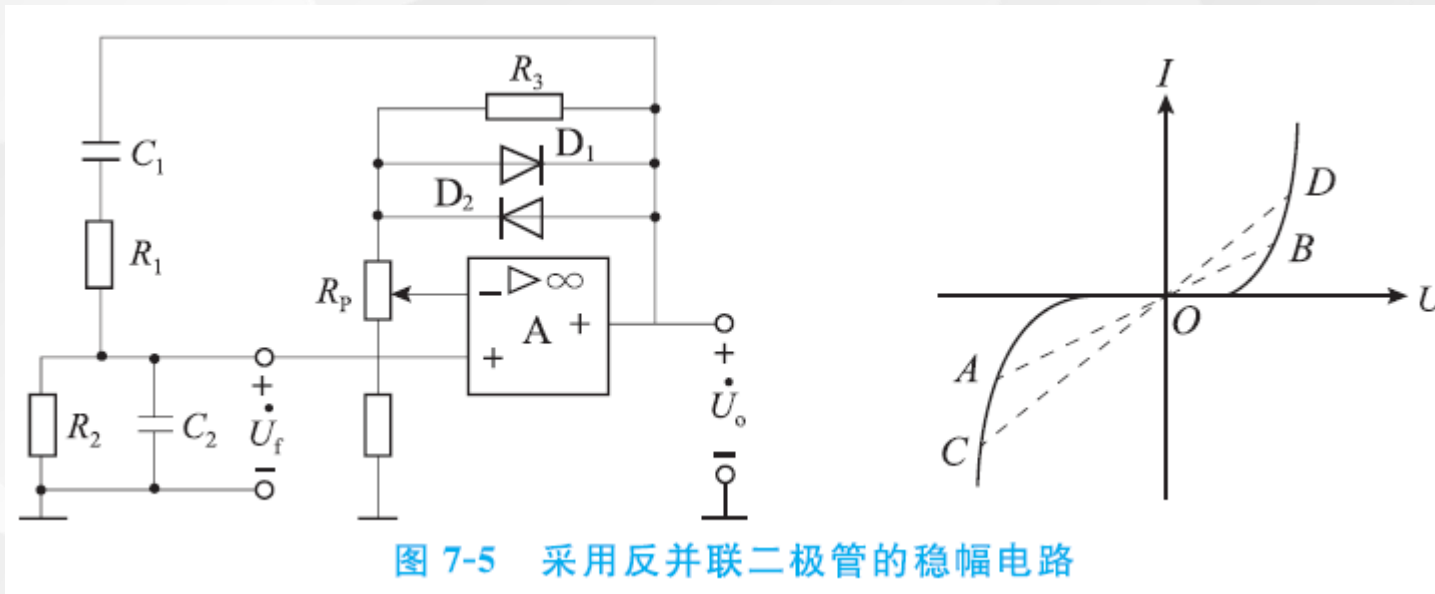


## 第一单元 正弦波振荡信号产生电路

### 2.RC文氏桥振荡电路的稳幅过程

RC文氏桥振荡电路的稳幅作用是靠热敏电阻 $R_4$ 实现的。 $R_4$ 是正温度系数热敏电阻，当输出电压升高时， $R_4$ 上所加的电压升高，其温度升高，阻值增加，负反馈增强，导致输出幅度下降；反之输出幅度增加。若热敏电阻是负温度系数，则应放置在 $R_3$ 的位置。

采用反并联二极管的稳幅电路如图7-5所示,二极管工作在A、B点，电路的放大倍数较大，引起增幅过程。当输出幅度大到一定程度时，放大倍数下降，达到稳定幅度的目的。



### 三、LC正弦波振荡电路

LC正弦波振荡电路的构成与RC正弦波振荡电路相似，包含放大电路、正反馈网络、选频网络和稳幅电路。这里的选频网络是由LC并联谐振电路构成的，正反馈网络因不同类型的LC正弦波振荡电路而有所不同。

#### (一) LC并联谐振电路

LC并联谐振电路如图7-6所示。显然输出电压是频率的函数。若输入信号频率过高，则电容的旁路作用加强，使输出减小；反之如果频率太低，则电感将短路输出。并联谐振曲线如图7-7所示。

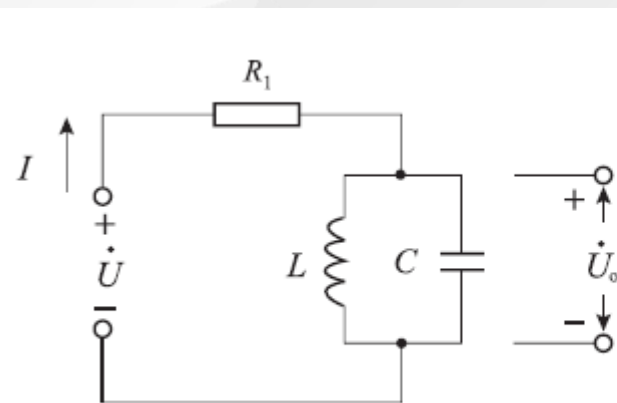


图 7-6 LC 并联谐振电路

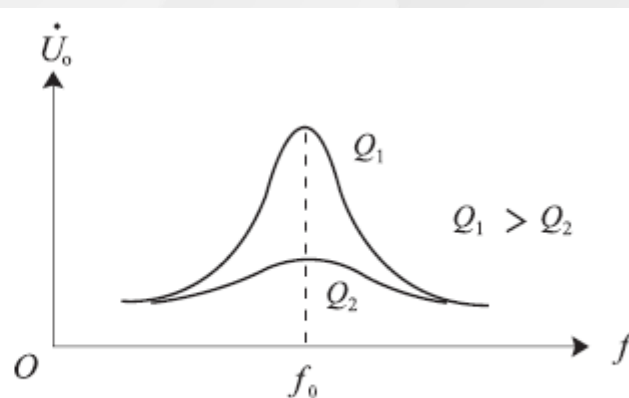
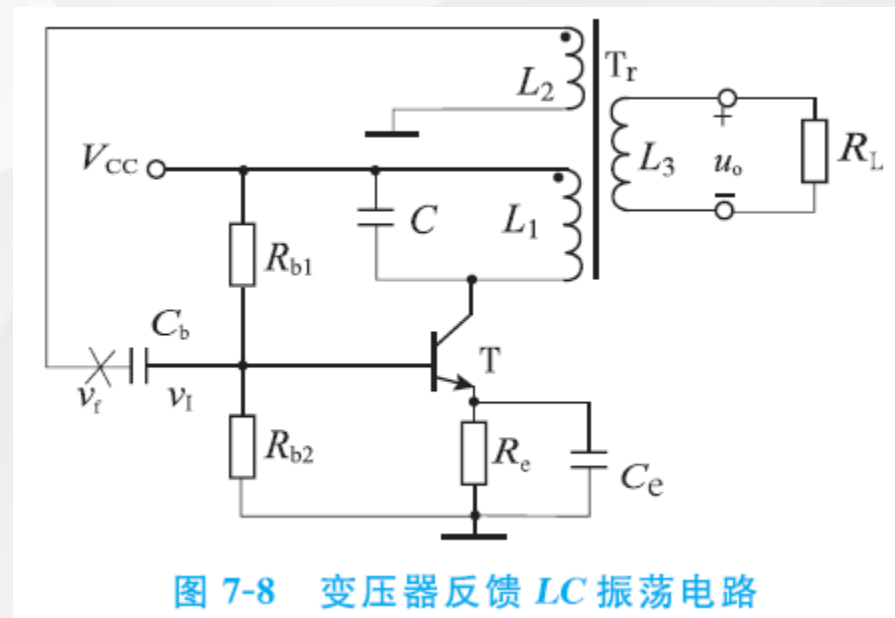


图 7-7 并联谐振曲线

## 第一单元 正弦波振荡信号产生电路

### (二) 变压器反馈LC振荡电路

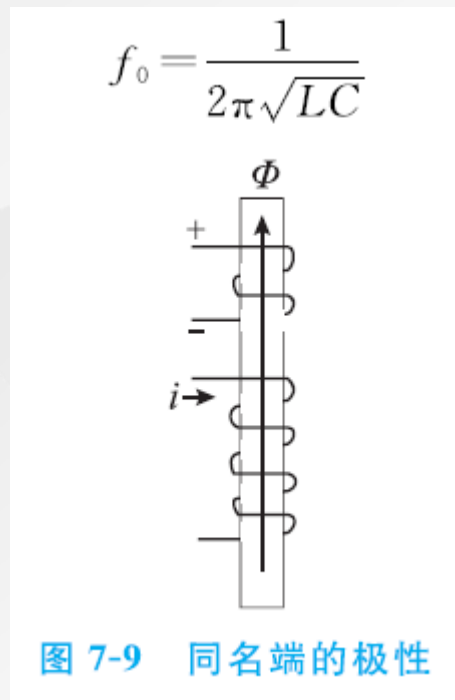
变压器反馈LC振荡电路如图7-8所示。LC并联谐振电路作为晶体管的负载，反馈线圈 $L_2$ 与电感线圈 $L_1$ 相耦合，将反馈信号送入晶体管的输入回路。交换反馈线圈的两个线头，可使反馈极性发生变化。调整反馈线圈的匝数可以改变反馈信号的强度，以使正反馈的幅度条件得以满足。



## 第一单元 正弦波振荡信号产生电路

---

耦合电感的每个电感线圈各有一对端子，但其中一个线圈施感电流的进端与其在另一个线圈产生的互感电压的正极性端总有一一对应的关系，我们把这对端子称为同名端。同名端的极性如图7-9所示。变压器反馈LC振荡电路的振荡频率与并联LC谐振电路相同，为





# 第一单元 正弦波振荡信号产生电路

## (三)电感三点式LC振荡电路

图7-10所示为电感三点式LC振荡电路。电感线圈 $L_1$ 和 $L_2$ 是一个线圈，②点是中间抽头。设某个瞬间集电极电流减小，则线圈上的瞬时极性如图7-10所示。反馈到发射极的信号极性地地为正。图中晶体管是共基极接法，所以使发射结的净输入减小，集电极电流减小，符合正反馈的相位条件。图7-11所示为另一种电感三点式LC振荡电路。

**分析三点式LC振荡电路的常用方法是：**将谐振回路的阻抗折算到晶体管的各个电极之间，有 $Z_{be}$ 、 $Z_{ce}$ 、 $Z_{cb}$ ，如图7-12所示。 $Z_{be}$ 是 $L_2$ 、 $Z_{ce}$ 是 $L_1$ 、 $Z_{cb}$ 是 $C$ 。**可以证明：若满足相位平衡条件， $Z_{be}$ 和 $Z_{ce}$ 必须性质相同，即同为电容或同为电感，且与 $Z_{cb}$ 性质相反。**

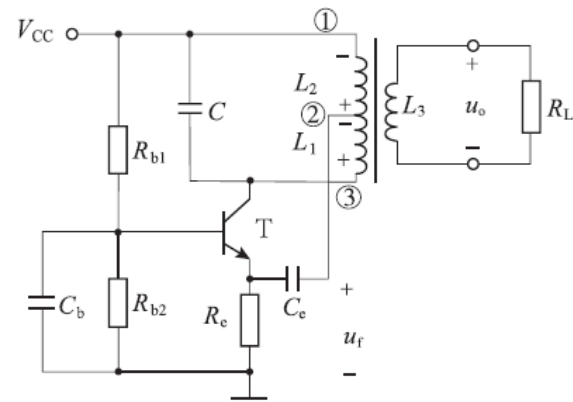


图 7-10 电感三点式 LC 振荡电路(一)

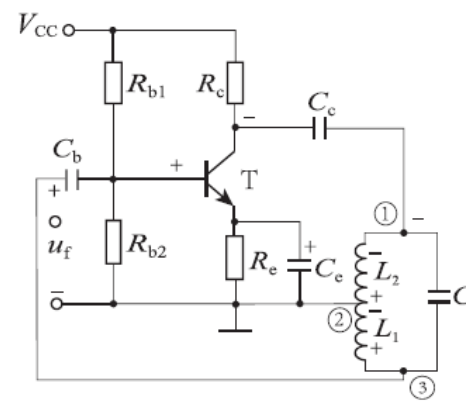


图 7-11 电感三点式 LC 振荡电路(二)

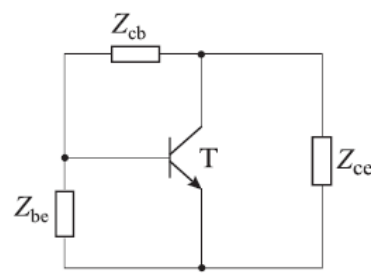
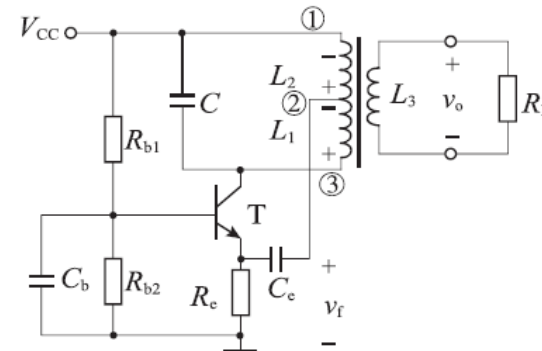


图 7-12 谐振回路的阻抗折算





以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：  
<https://d.book118.com/666015132242011013>