

# 电路分析与电子技术基础

## 电子电路基础

(下册1.1 ~ 1.2.1、上册9.6 、 3.2~3.3 )

## n 电子电路基础

- ✓ 放大电路的基本概念（1.1.1 ~ 1.1.4）
- ✓ 交直流共存的放大电路分析（1.1.1 ~ 1.1.4）
- ✓ 放大电路静态分析（1.2.1）
- ✓ （动态）小信号模型（9.6、3.2~3.3）
- ✓ 放大电路的动态性能指标（1.1.5）

## ✓ 放大电路的基本概念

### ü 放大电路的基本任务：

将输入的模拟信号按比例地进行线性放大；

使输出信号尽可能地和输入信号的波形保持一致，不产生失真。

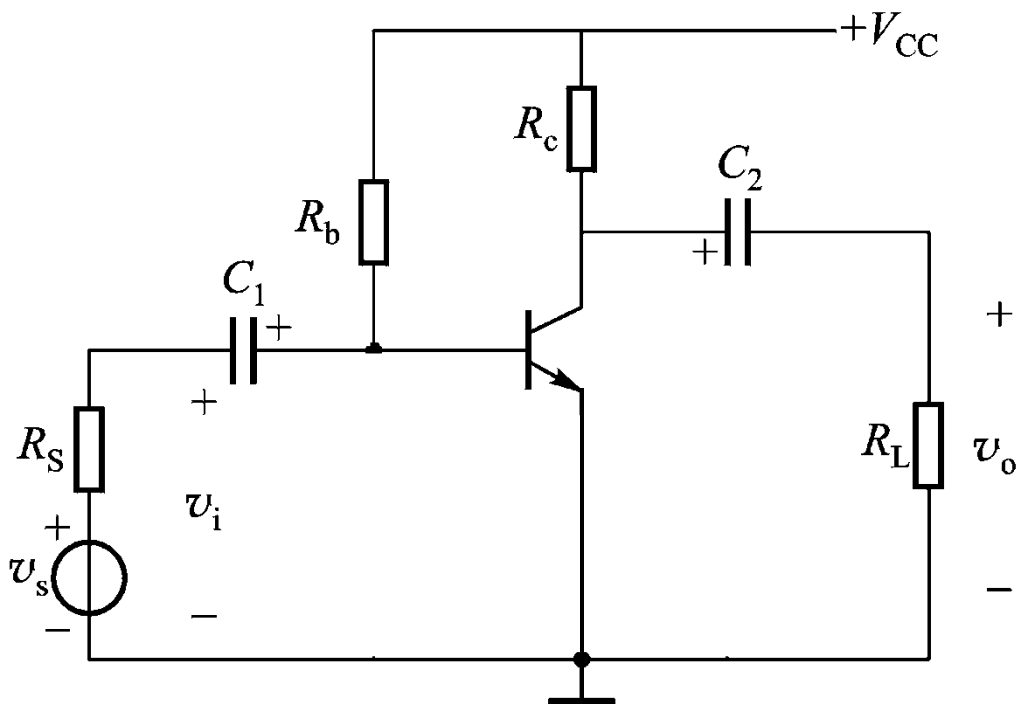
### ü 放大电路的本质：

一种能量的控制作用。

## 放大电路的组成

右图所示共射放大电路。

以放大器件（BJT、FET）为核心，配以工作电源和电阻，以保证器件始终工作在放大区。



放大电路的基本要求：

信号能畅通地加到放大器的输入端，尽量不影响电路的原有状态；  
放大后的信号经耦合后，能尽可能大地传递至负载。

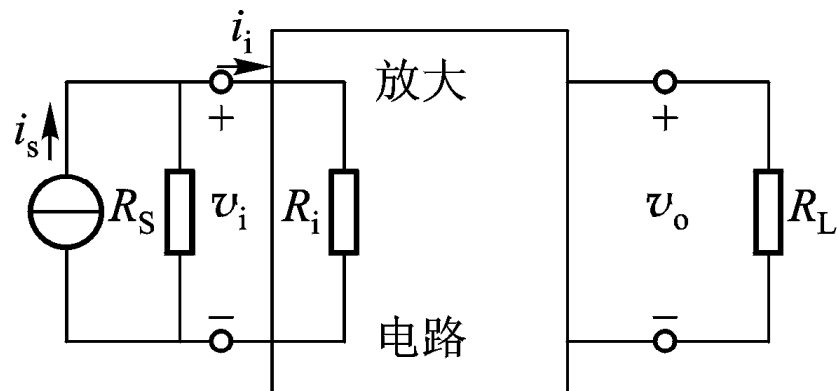
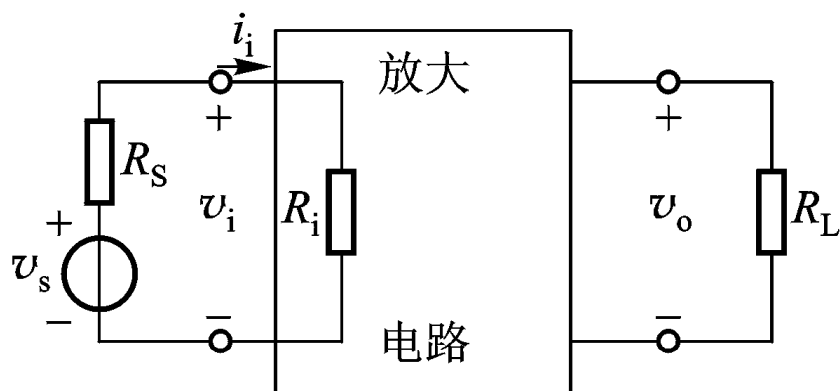
放大电路的放大特征：

负载上得到的信号，将比输入信号大得多；

这是电源提供的能量，经放大电路控制（变换）后以输入信号的变化规律形式输出。

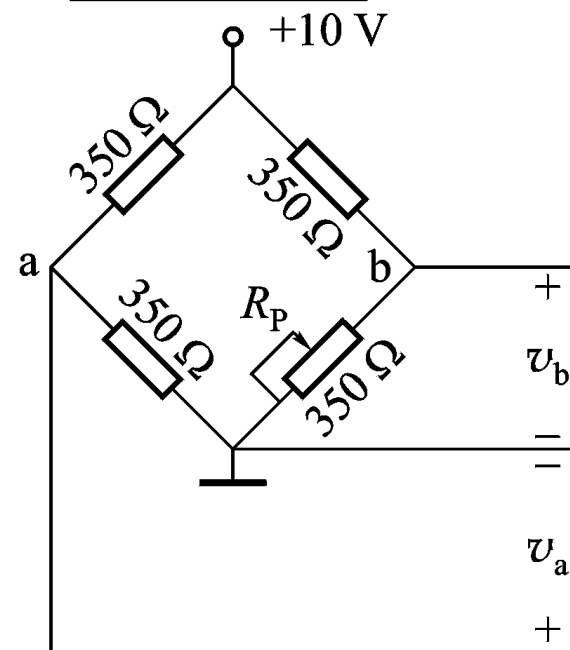
## Ø 输入信号源

Ü 单端信号源：适用于单端与地之间输入信号的放大电路。



Ü 双端信号源：适用于双端输入的放大电路。

例：电桥信号输入至运算放大器、差分电路。



## Ø 输出负载

ü 放大电路的负载种类很多；

对不同的负载，要求放大电路有不同的指标输出。

ü 仅要求放大电路有足够大的输出电压。

（如：负载是高内阻的电压表）

ü 仅要求放大电路有足够大的输出电流。

（如：负载是继电器线圈）

ü 要求放大电路有足够大的输出功率，即既要大输出电压幅度，还要大的输出电流。

（如：低频功放的负载是扬声器，能放出响亮的声音）

## Ø 静态、动态

### ü 电子电路的困惑：

外部输入模拟信号是双向波动的，PN 结具有单向导电性。

### ü 电子电路的难点：

外部输入模拟信号是交直流共存的，电子器件是非线性的。

### ü 电子电路的分析思路：

将半导体器件（晶体管、场效应管等）的电压、电流在放大区的某一较小范围的变化特性，看成是线性（直线）；

由此，放大电路就是线性电路，可以采用叠加理论加以分析。

### ü 电子电路叠加法：

分别分析纯直流、纯交流电路。

## Ø 静态、动态

### ü 电子电路叠加法：

分别分析纯直流、纯交流电路。

ü 静态：输入信号中的交流成份为零，采用直流通路分析。  
(静态工作点)

ü 动态：输入信号中的直流成份为零，采用交流通路分析。  
(广义动态：输入信号中的交流成份不为零)

### ü 电路分析步骤：

先直流（分析静态工作点）后交流（分析动态参数）；  
若静态工作点不合适，则不必分析动态参数。



## Ø 直流通路

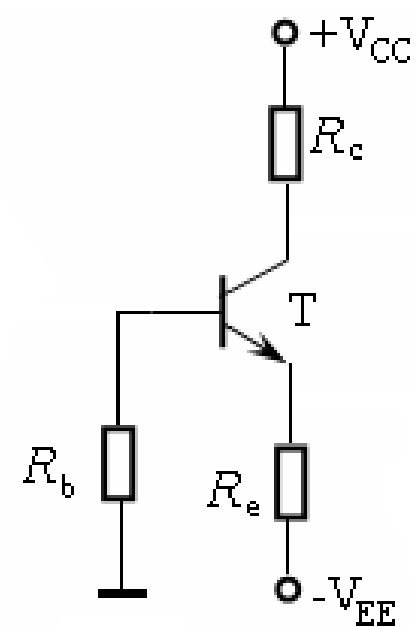
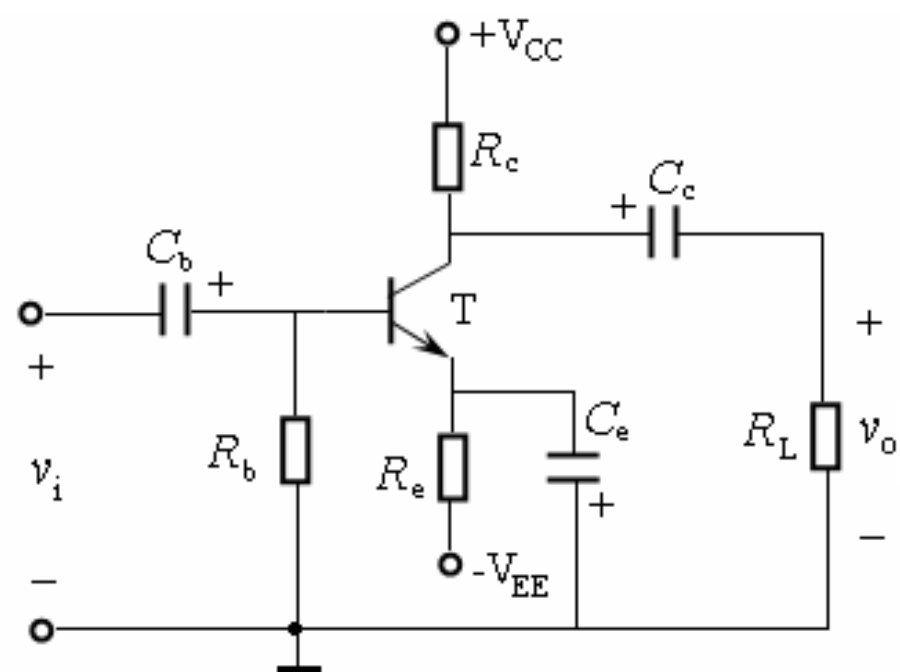
ü 直流通路（应用于静态分析）：

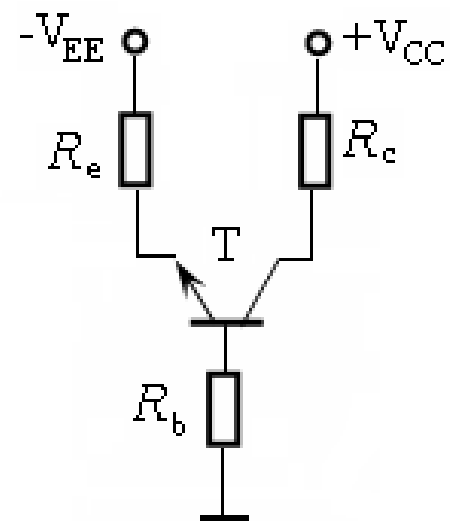
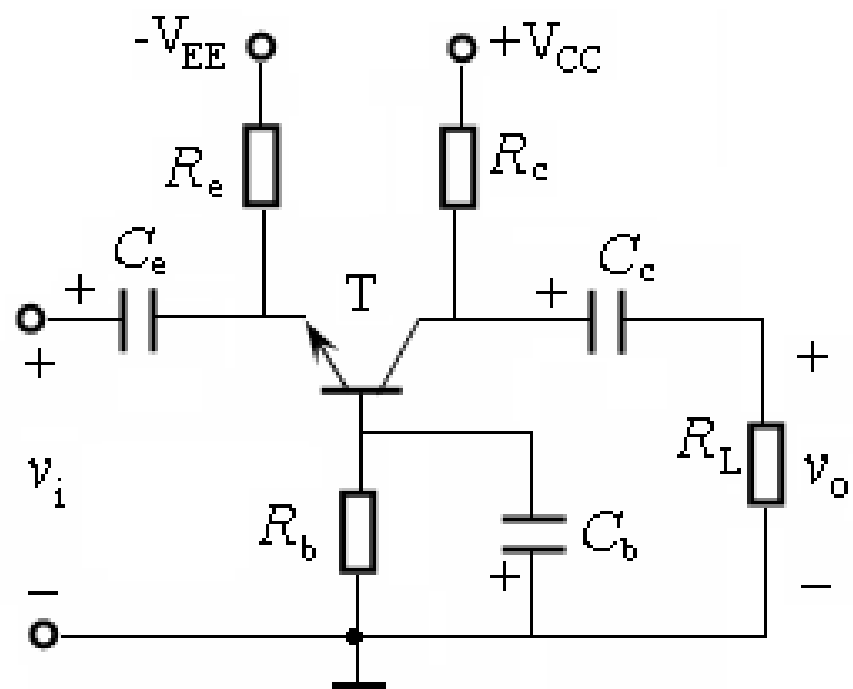
输入信号中的交流成份为零，电路中所有信号只有直流；

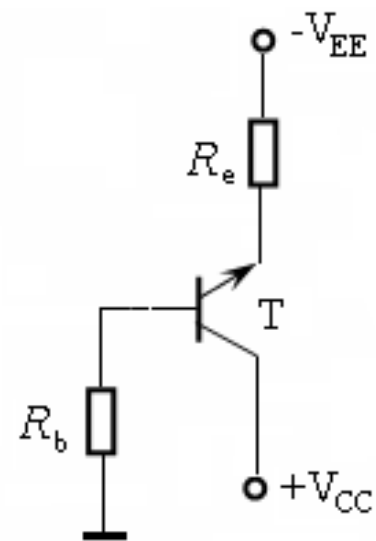
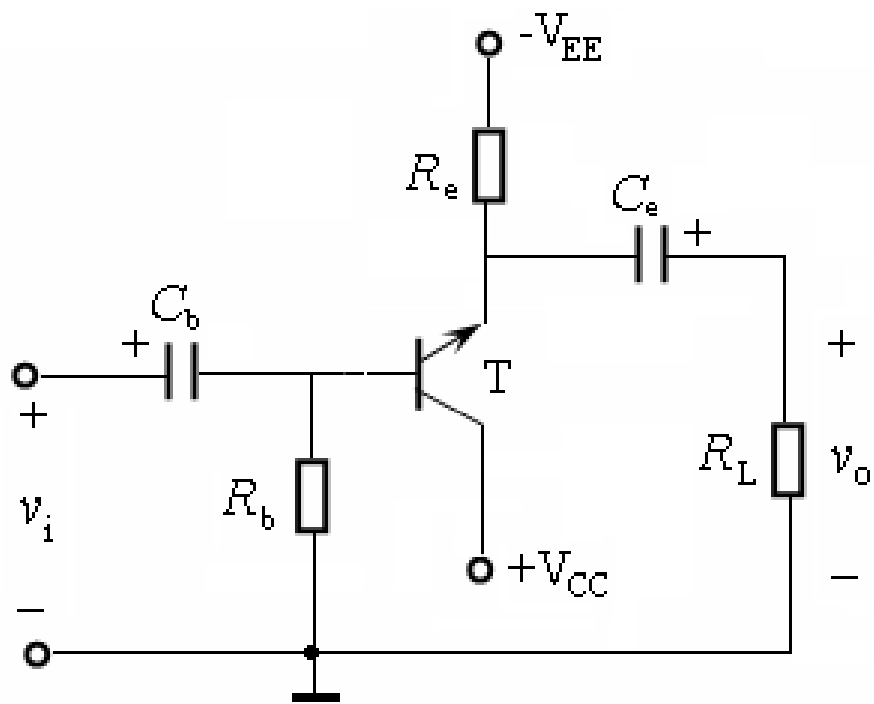
电容→开路；

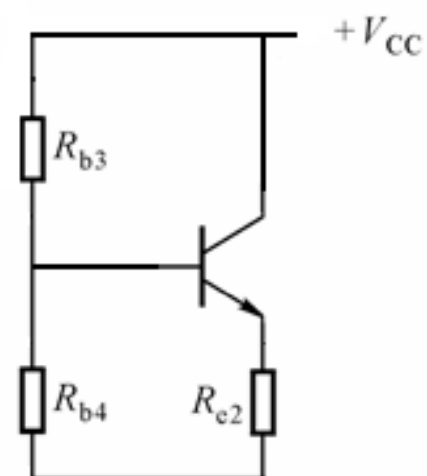
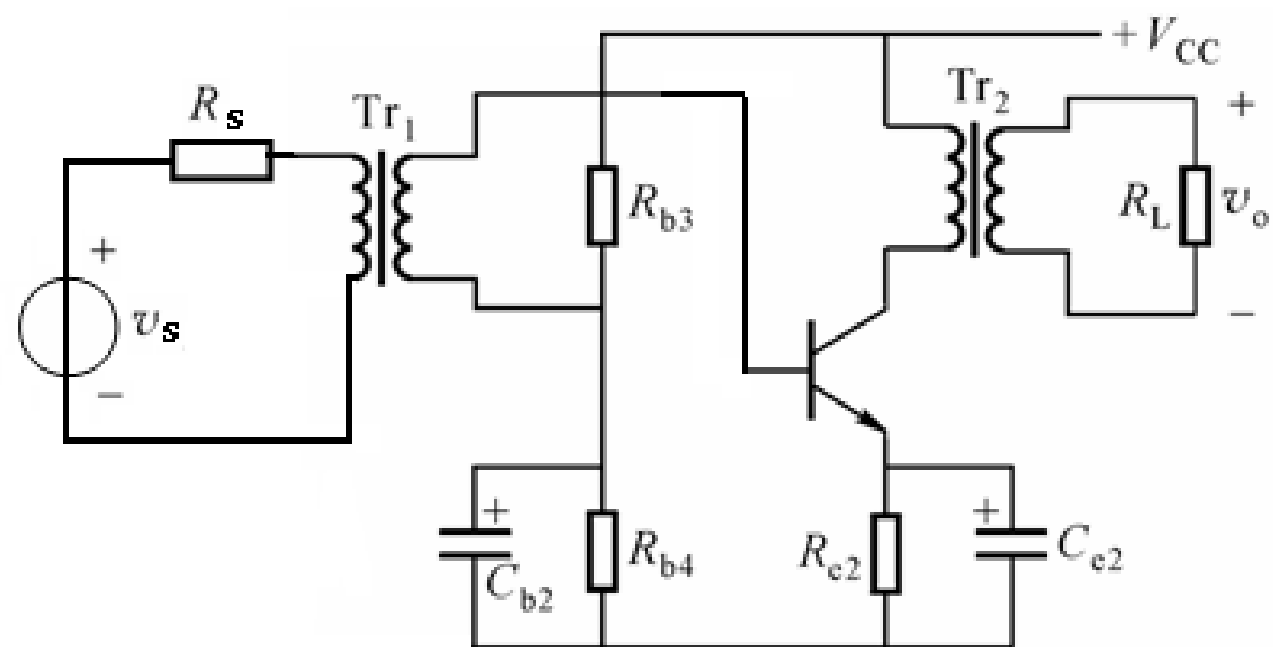
电感（变压器绕组）→短路（或考虑其直流电阻）；

恒压、恒流源→保留。









## Ø 交流通路

ü 交流通路（应用于动态分析）：

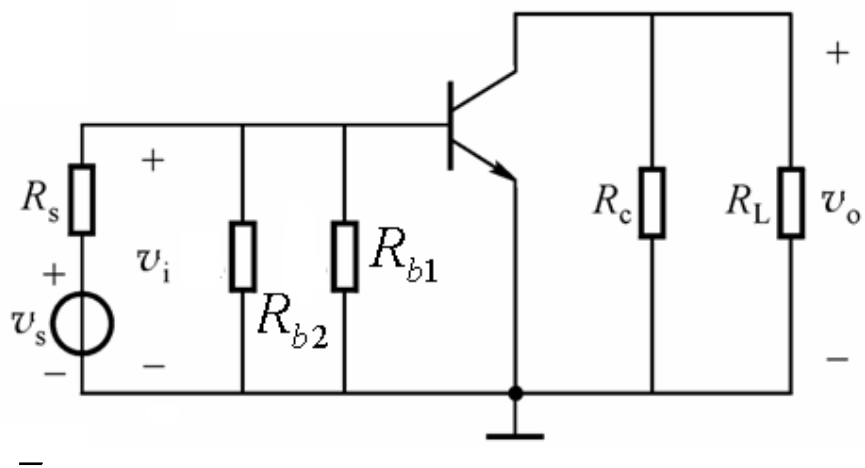
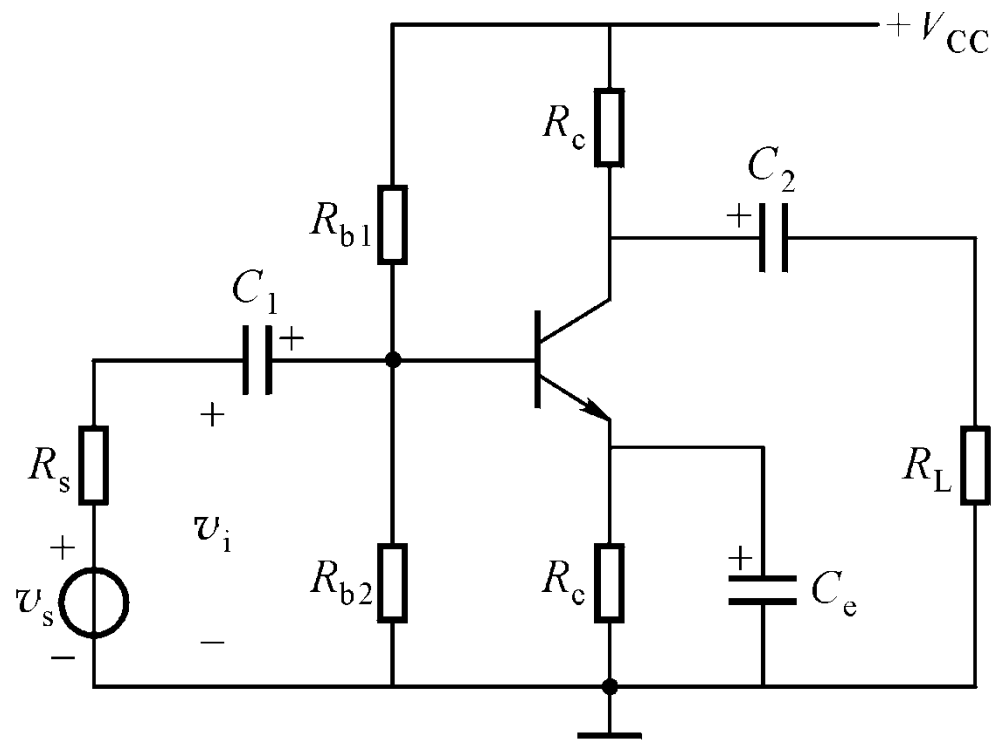
输入信号中的直流成份为零，电路中所有信号只有交流；

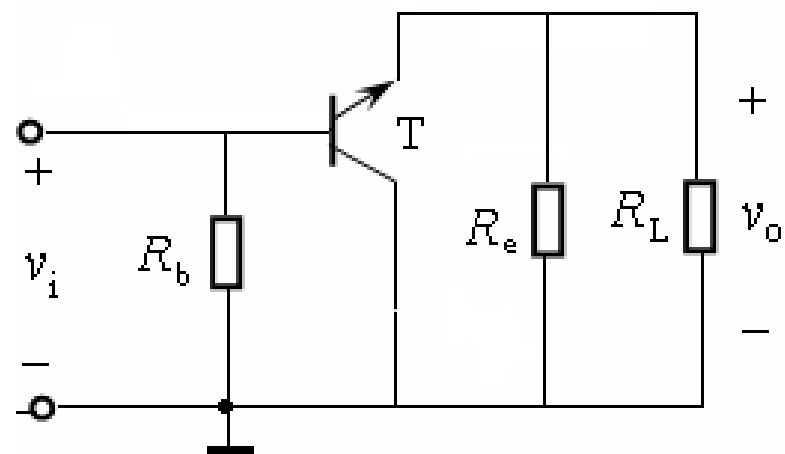
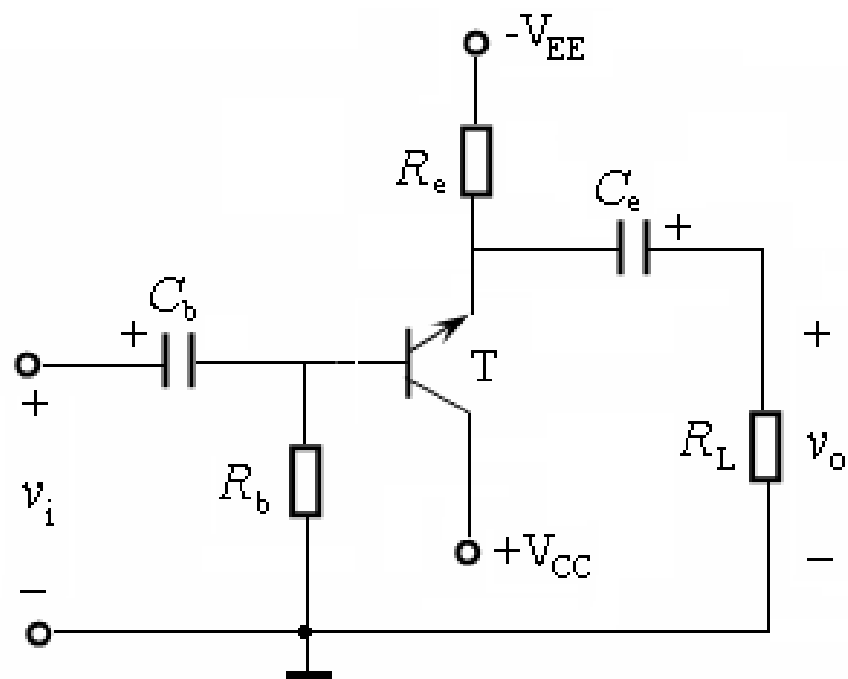
电容（容值较大时）→ 短路；

电感（变压器绕组）→ 开路（或考虑其交流阻抗）；

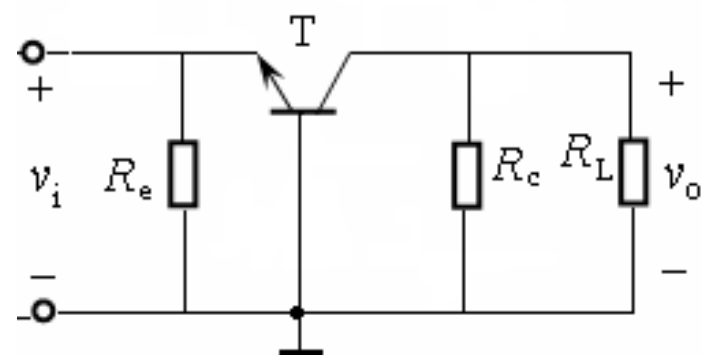
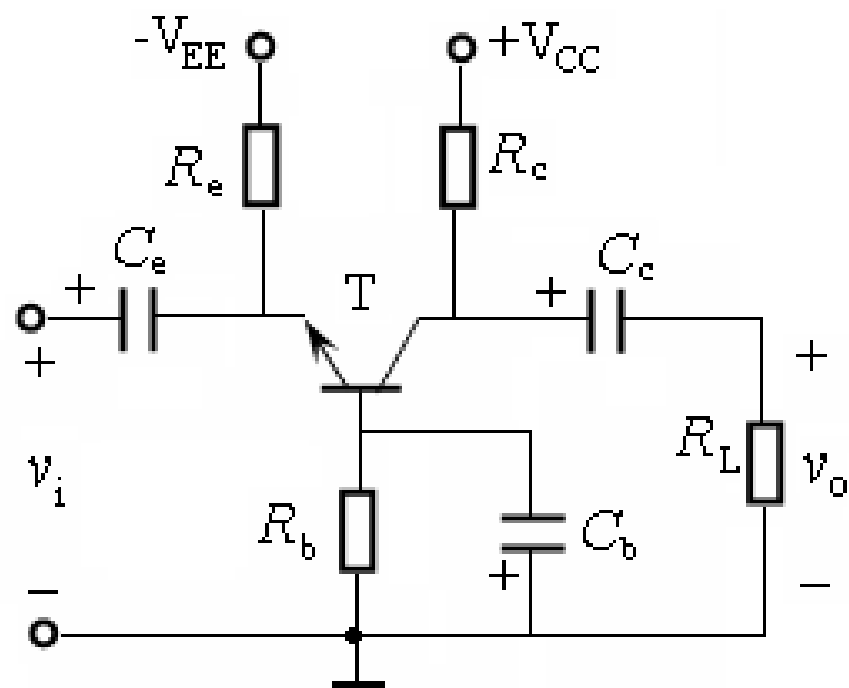
恒压源→短路；

恒流源→开路。







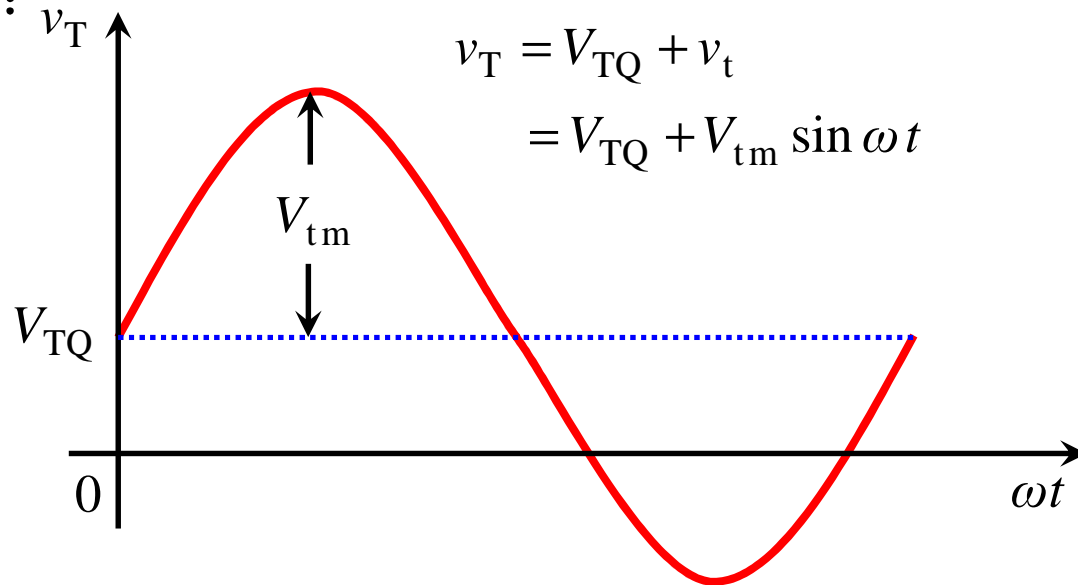


Ø 符号

ü 符号:

符号	下标	定义
大写	大写	直流量
小写	小写	交流瞬时量
小写	大写	瞬时总量
大写	小写	交流有效值

ü 例:



## ✓ 交直流共存的放大电路分析

ü 分析原则：

直流（静态）分析 + 交流（动态）分析。

ü 分析方案：

原理分析、图解分析、解析分析。

## Ø 基本电路原理分析（直流、静态）

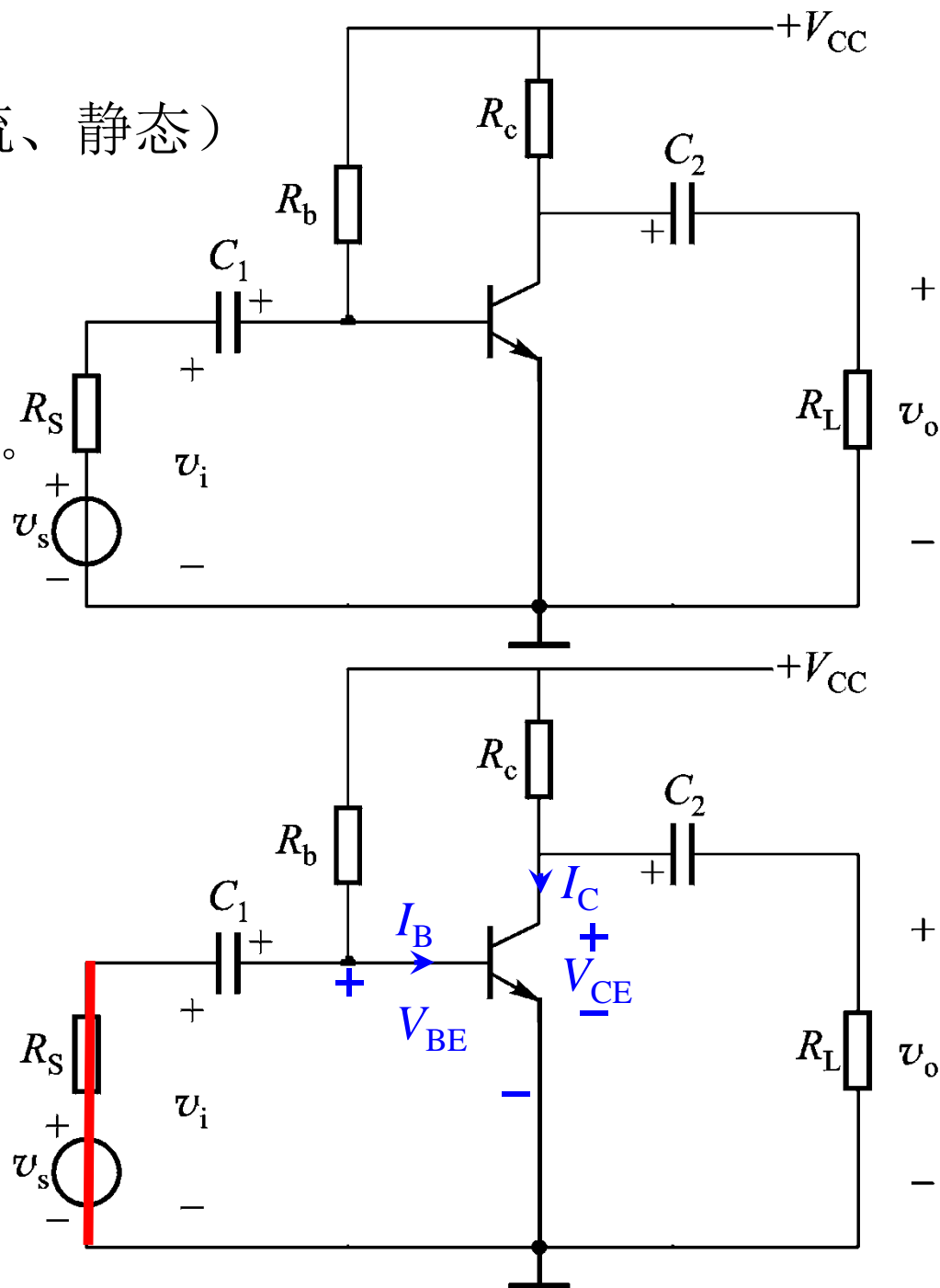
ü 右图所示共射电路。

ü 输入信号为零（直流、静态）。

ü 电路中只有直流分量：

$$I_B, I_C, V_{BE}, V_{CE}$$

$$\text{且: } V_{C1} = V_{BE}, V_{C2} = V_{CE}$$



## Ø 基本电路原理分析（交流、动态）

ü 右图所示共射电路。

ü 输入信号  $v_i$ （交流、动态）。

ü 各电压电流：

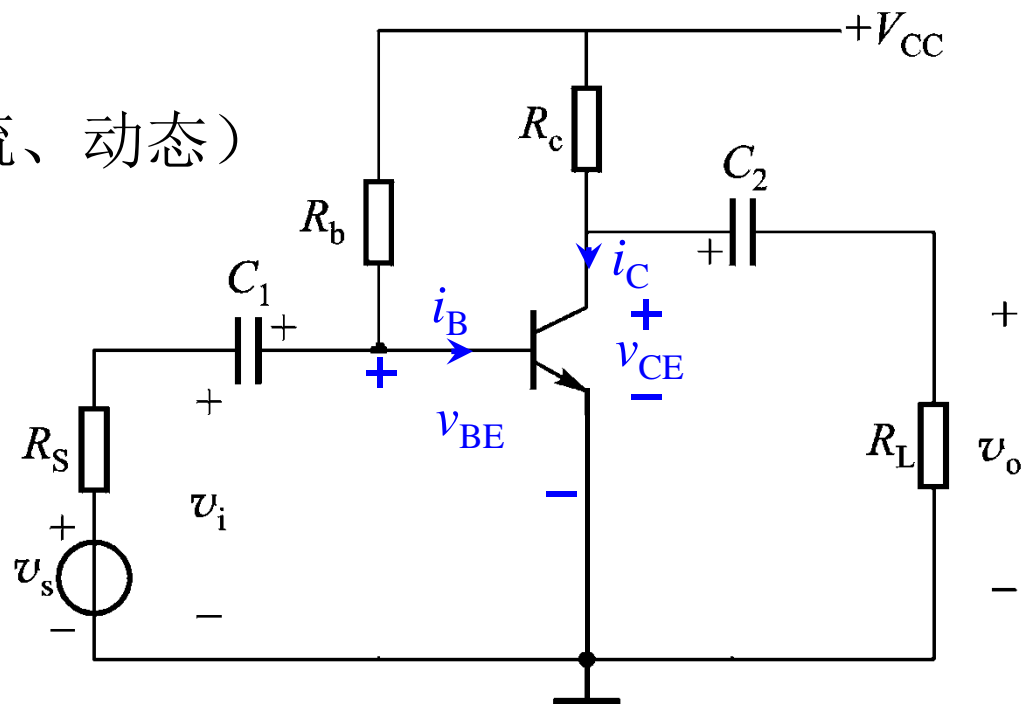
$$v_{BE} = V_{C1} + v_i$$

$$i_B = I_B + i_b$$

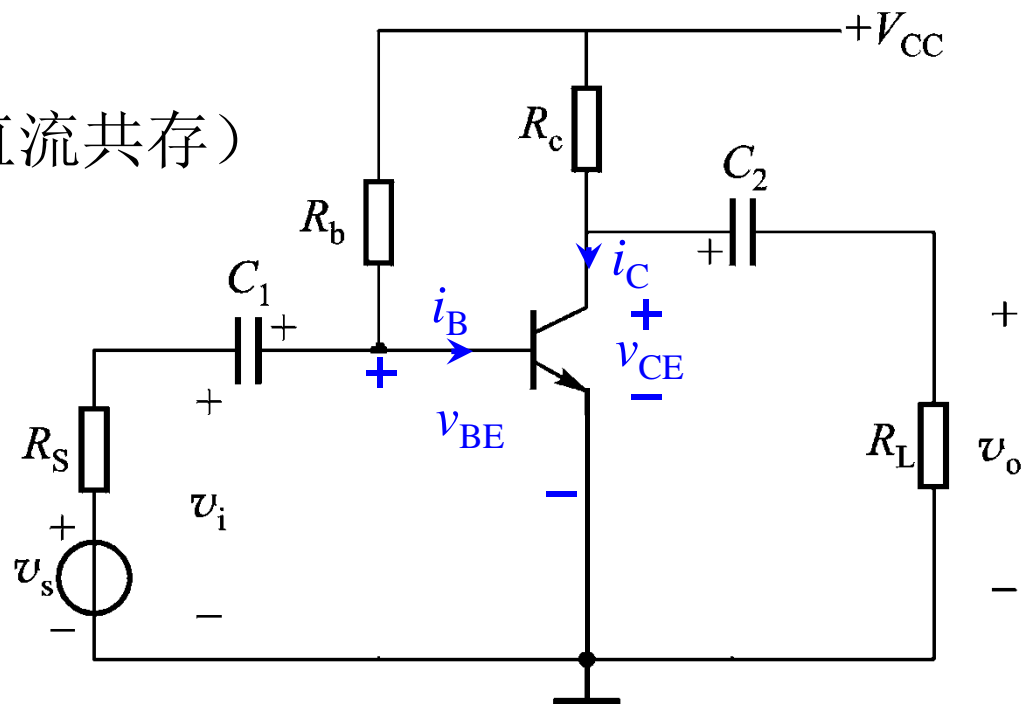
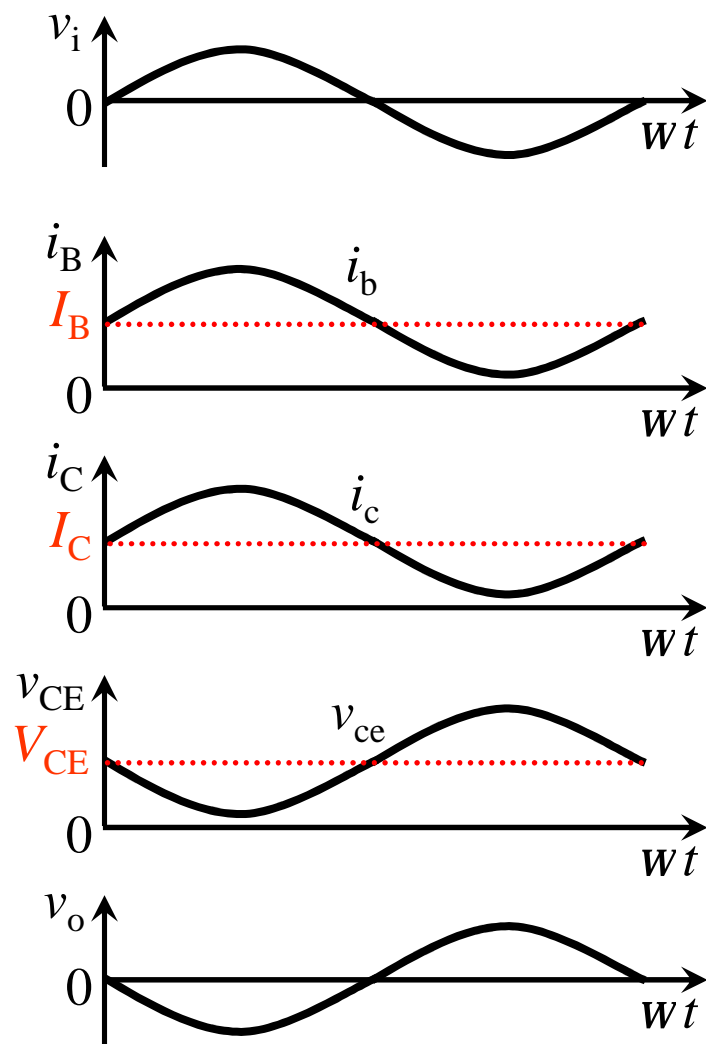
$$i_C = \beta i_B = \beta I_B + \beta i_b = I_C + i_c$$

$$v_{CE} = V_{CE} + v_{ce}$$

一个直流量叠加一个交变量。



## Ø 基本电路原理分析（交直流共存）



$$v_{BE} = V_{C1} + v_i$$

$$i_B = I_B + i_b$$

$$i_C = \beta i_B = \beta I_B + \beta i_b = I_C + i_c$$

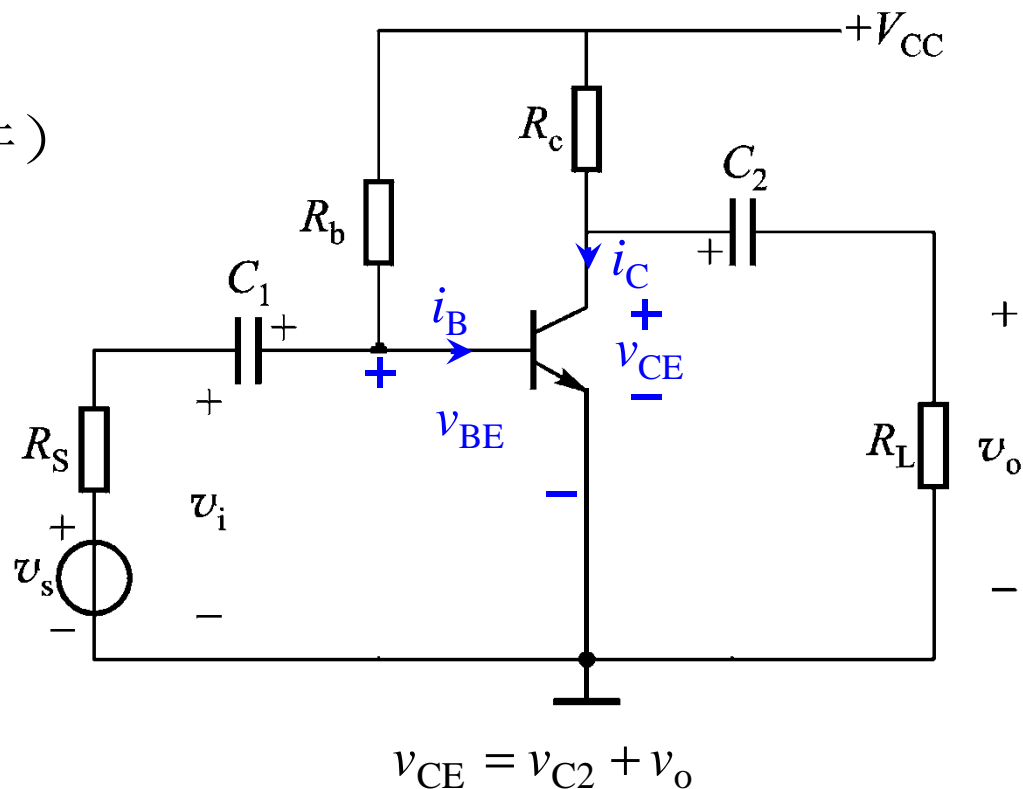
$$v_{CE} = V_{CE} + v_{ce}$$

$$v_o = -i_c (R_C // R_L) = v_{ce}$$

## Ø 基本电路原理分析（器件）

ü  $V_{CC}$ 、 $R_b$  和  $R_c$ ：  
提供合适的静态偏置；  
提供能源。

ü  $C_1$ 、 $C_2$ ：  
（隔直/耦合）电容；  
隔离直流信号，传输交流信号。



ü 静态：  $v_{CE} = V_{CE}$ ，  $v_o = 0 \Rightarrow v_{C2} = V_{CE}$   
动态：  $v_{CE} = V_{CE} + v_{ce}$ ，  $v_{C2} = V_{CE} \Rightarrow v_o = v_{ce}$

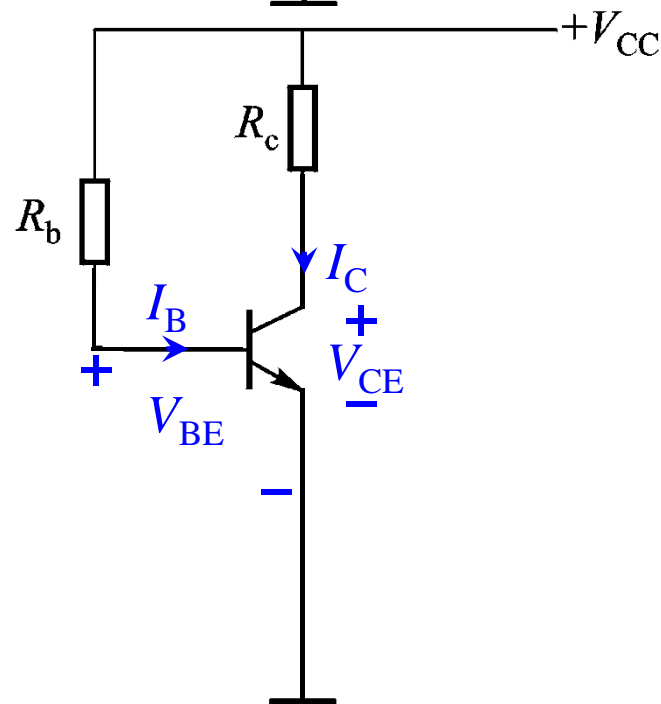
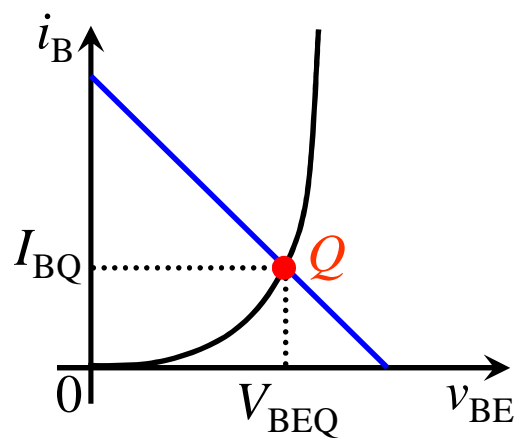
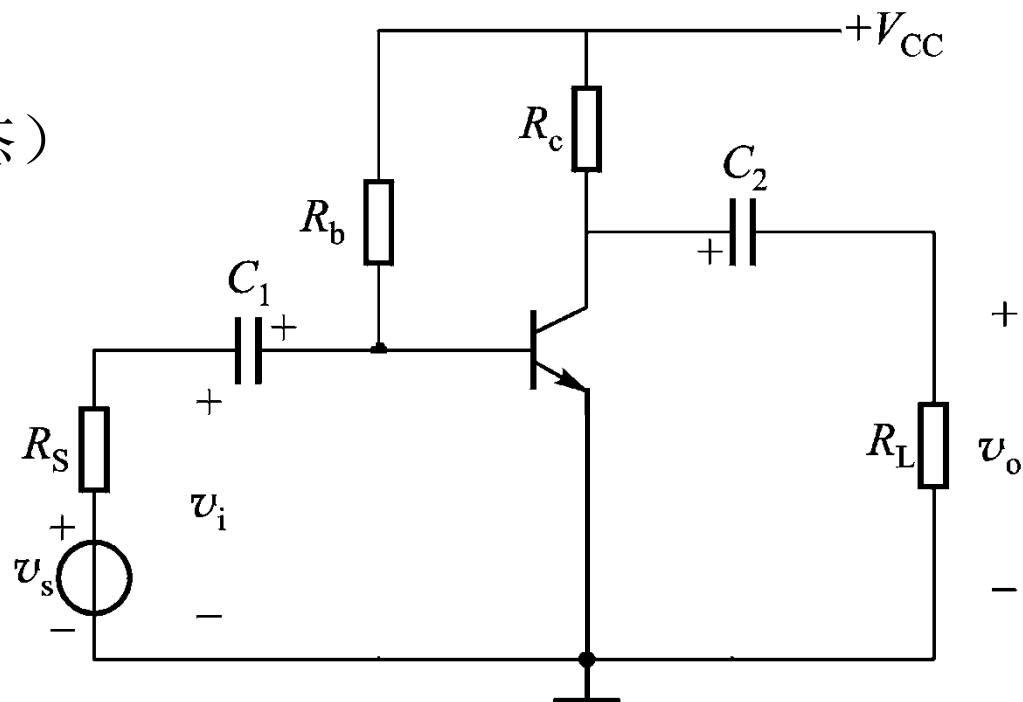
ü  $C_1$ 、 $C_2$  极性的判断？

## Ø 基本电路图解分析（静态）

ü 右图所示共射电路。

ü 静态分析  $V_{BE} = V_{CC} - I_B R_b$

ü 由输入特性求  $I_{BQ}$ 、 $V_{BEQ}$ 。



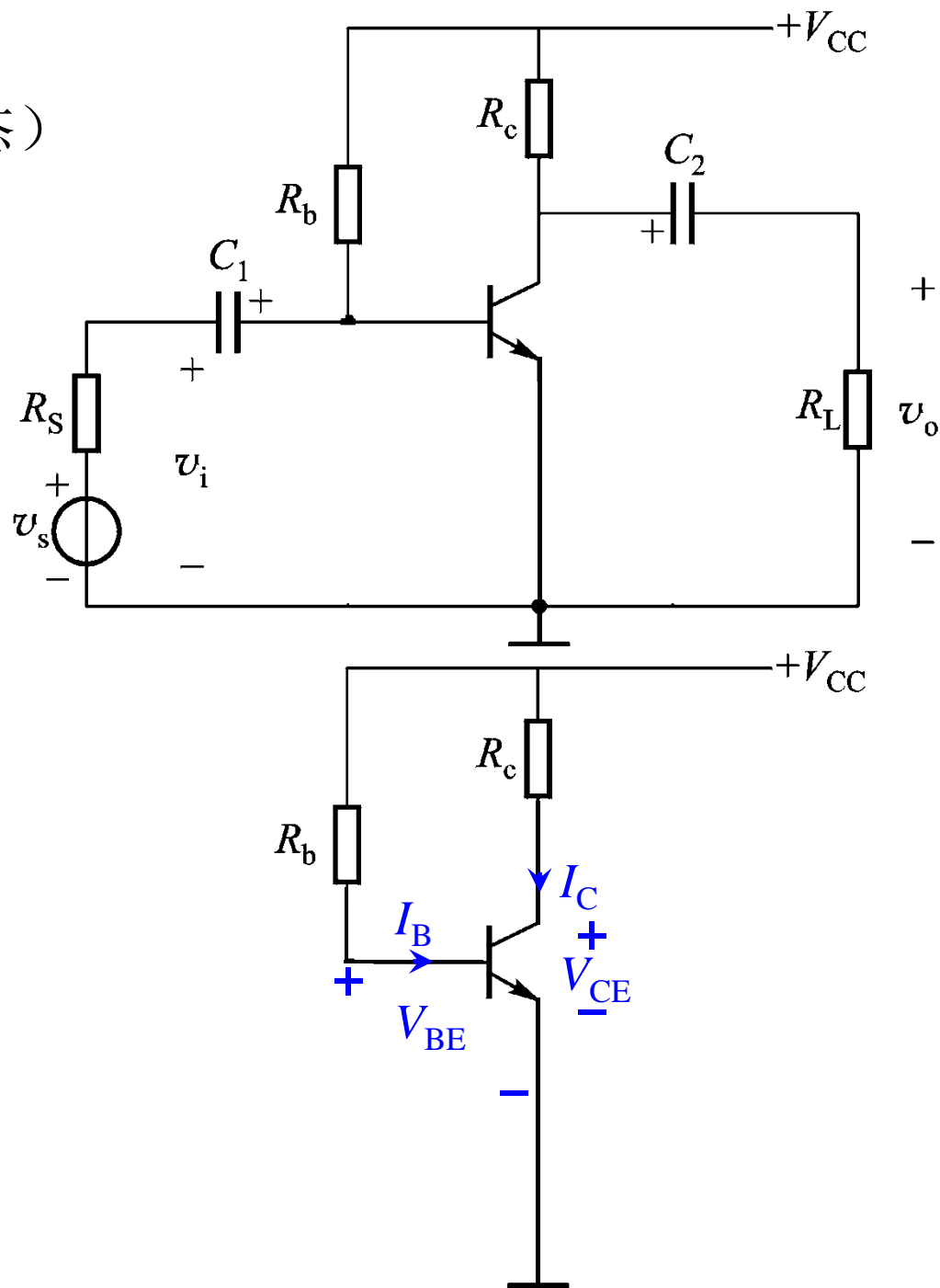
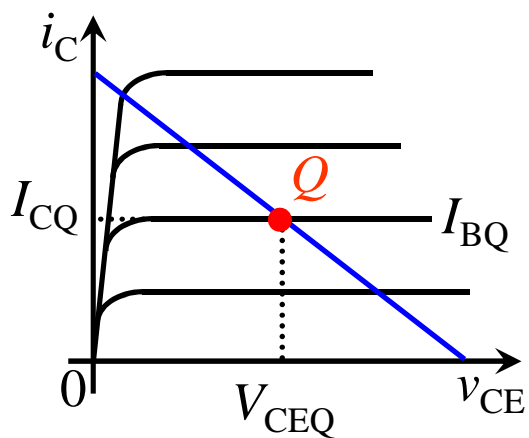


## Ø 基本电路图解分析（静态）

ü 右图所示共射电路。

ü 静态分析  $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_c$

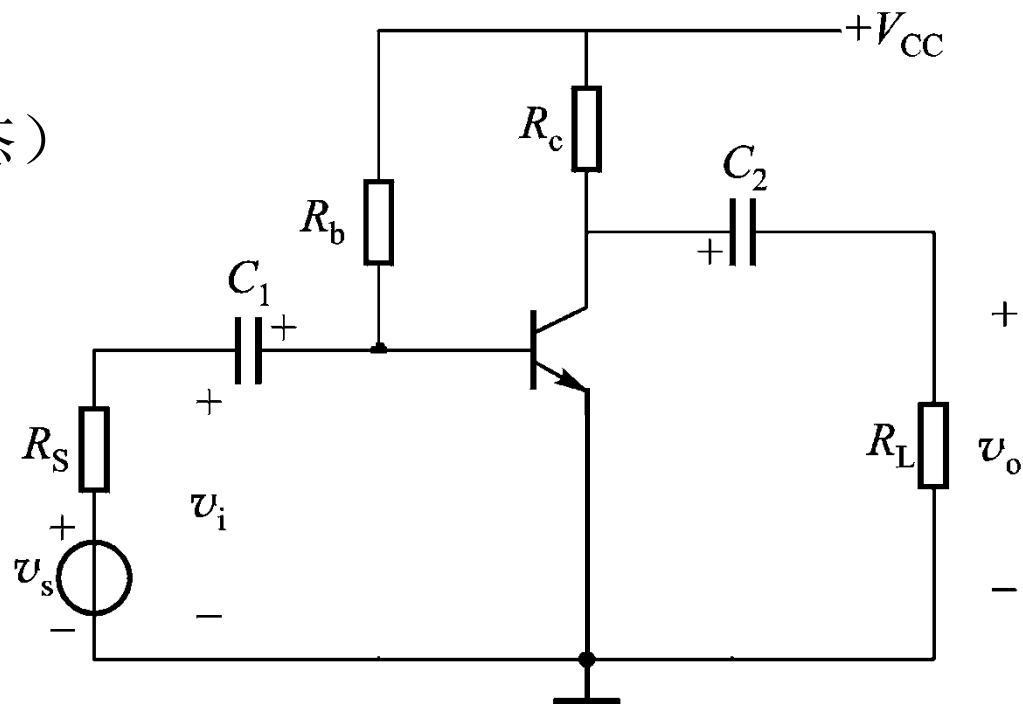
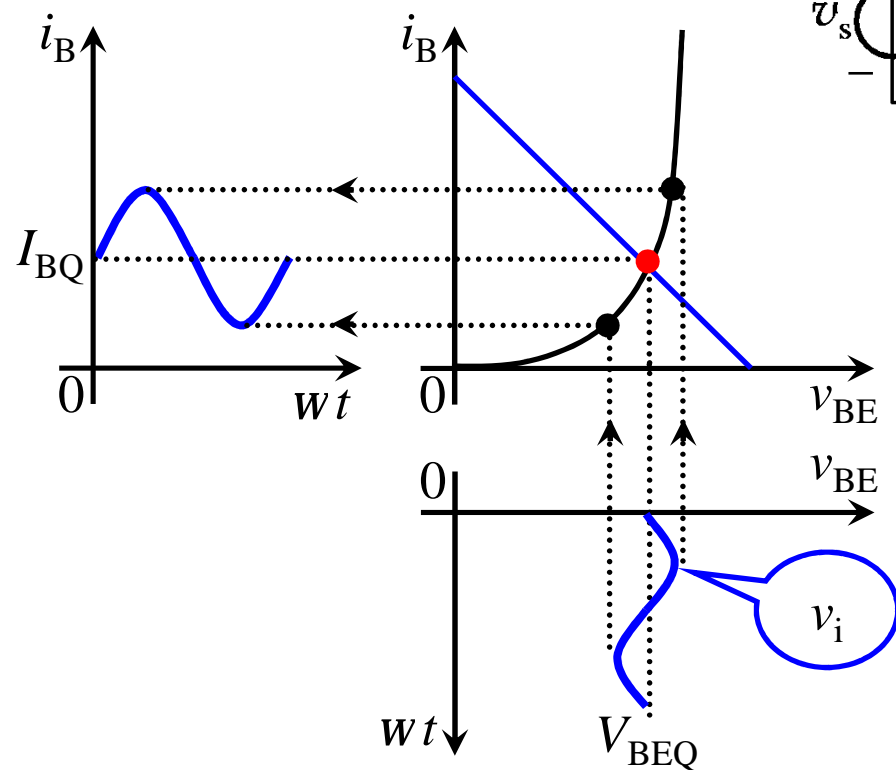
ü 由输出特性求  $I_{CQ}$ 、 $V_{CEQ}$ 。



## Ø 基本电路图解分析（动态）

ü 右图所示共射电路。

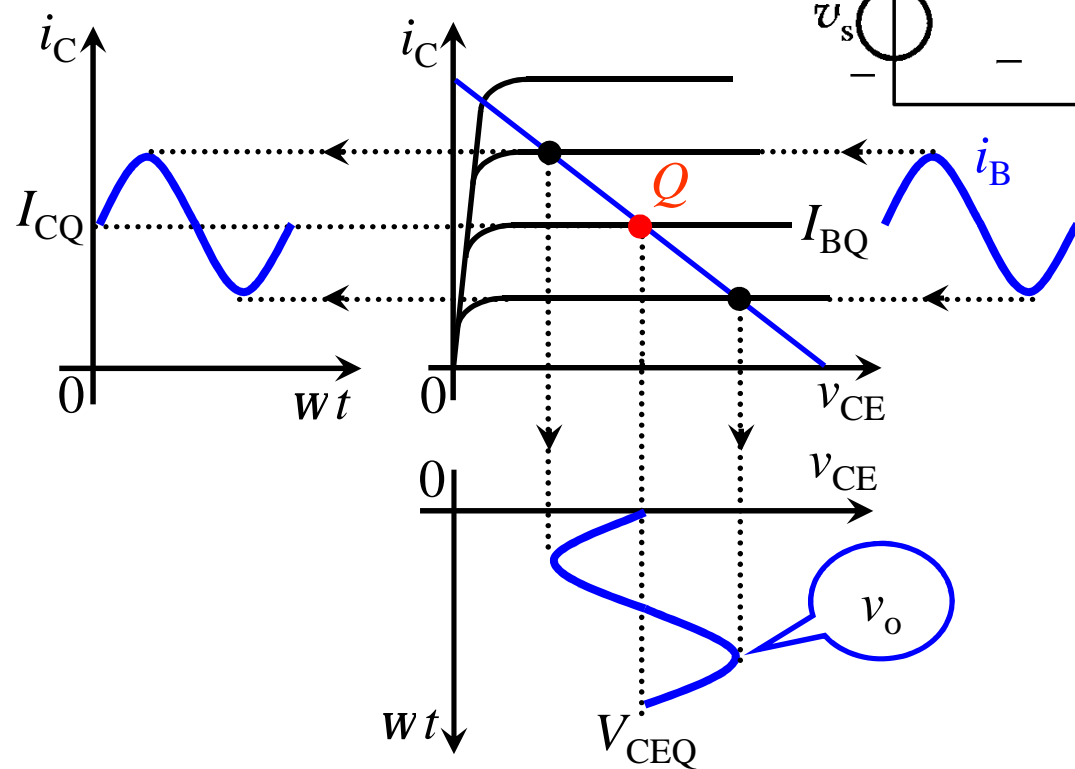
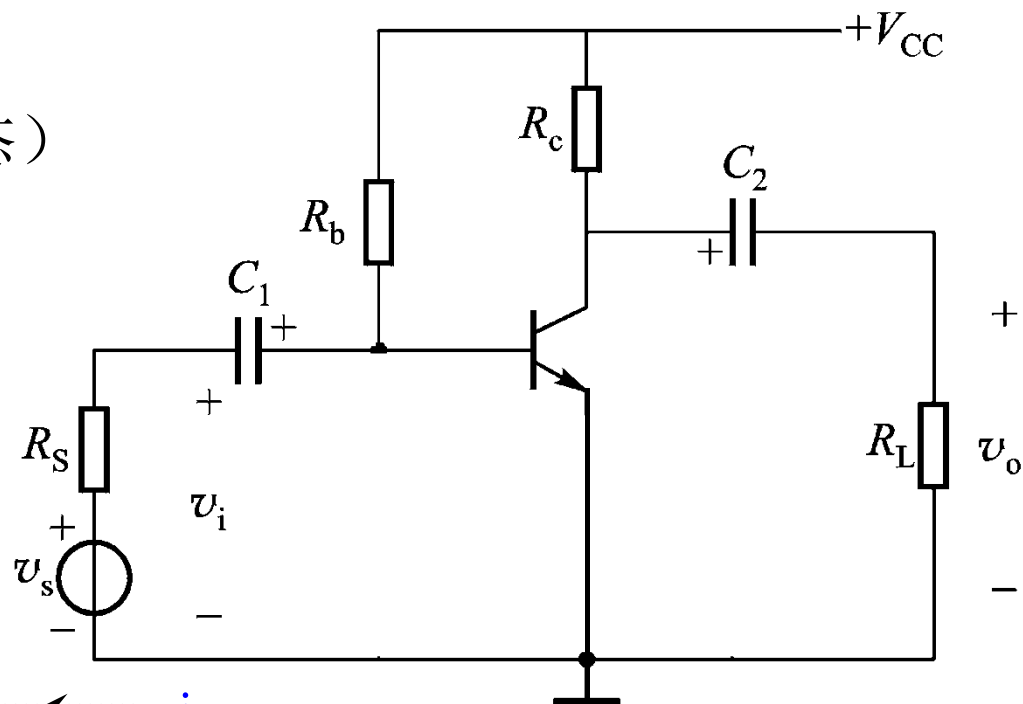
ü 动态分析（加入  $v_i$ ）



## Ø 基本电路图解分析（动态）

ü 右图所示共射电路。

ü 动态分析（加入  $v_i$ ）



Ø 负载线

ü 右图所示共射电路。

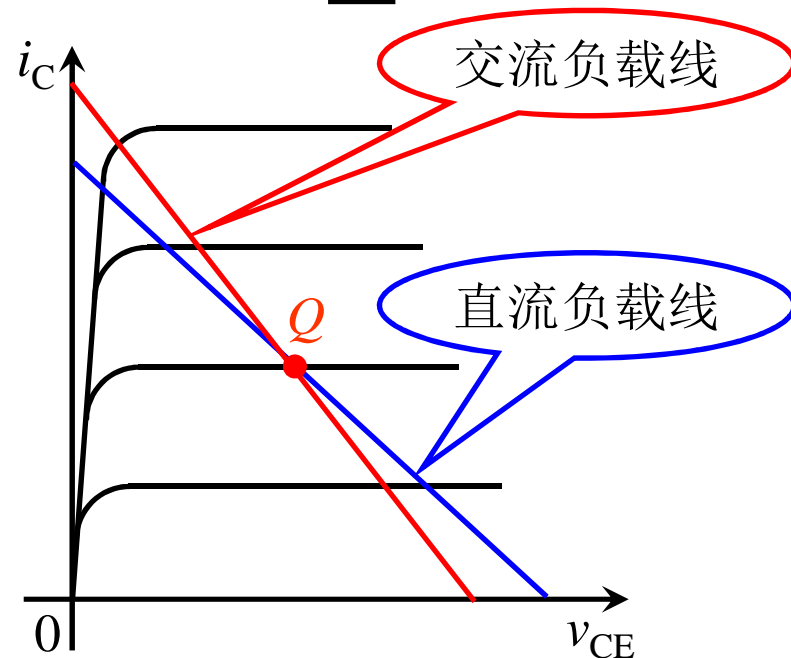
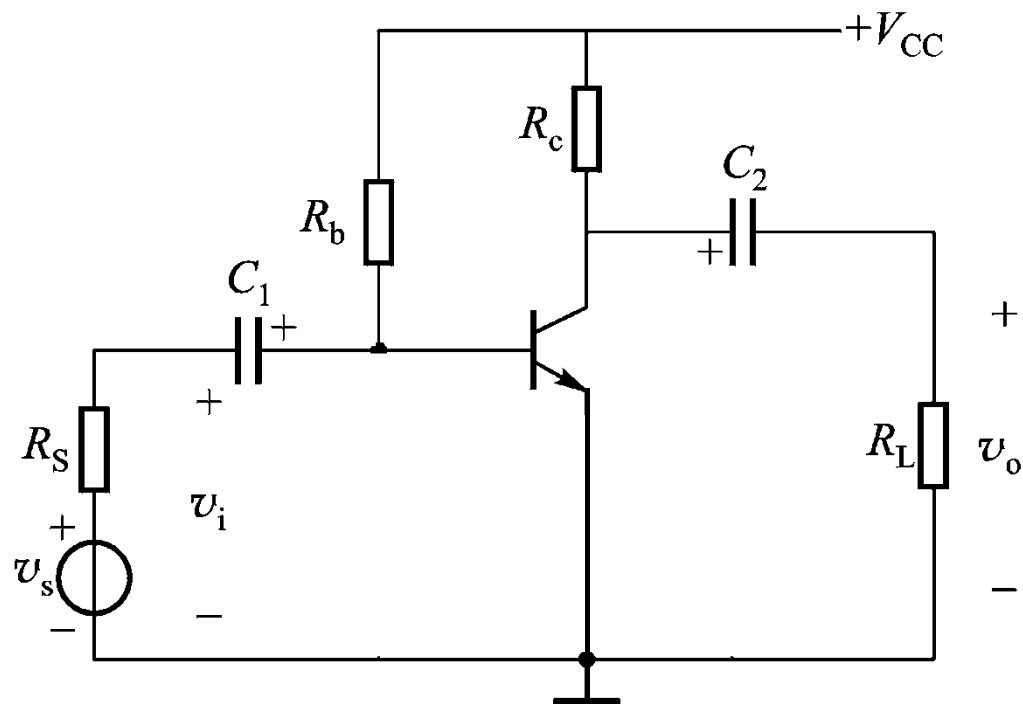
ü 直流负载线

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_c$$

ü 交流负载线？

$$v_{ce} = -i_c (R_c // R_L)$$

ü 直流 ~ 交流负载线



## Ø 非线性失真

ü 非线性失真：由晶体管非线性特性引起的失真。

ü 饱和失真：工作点进入饱和区后产生的失真；

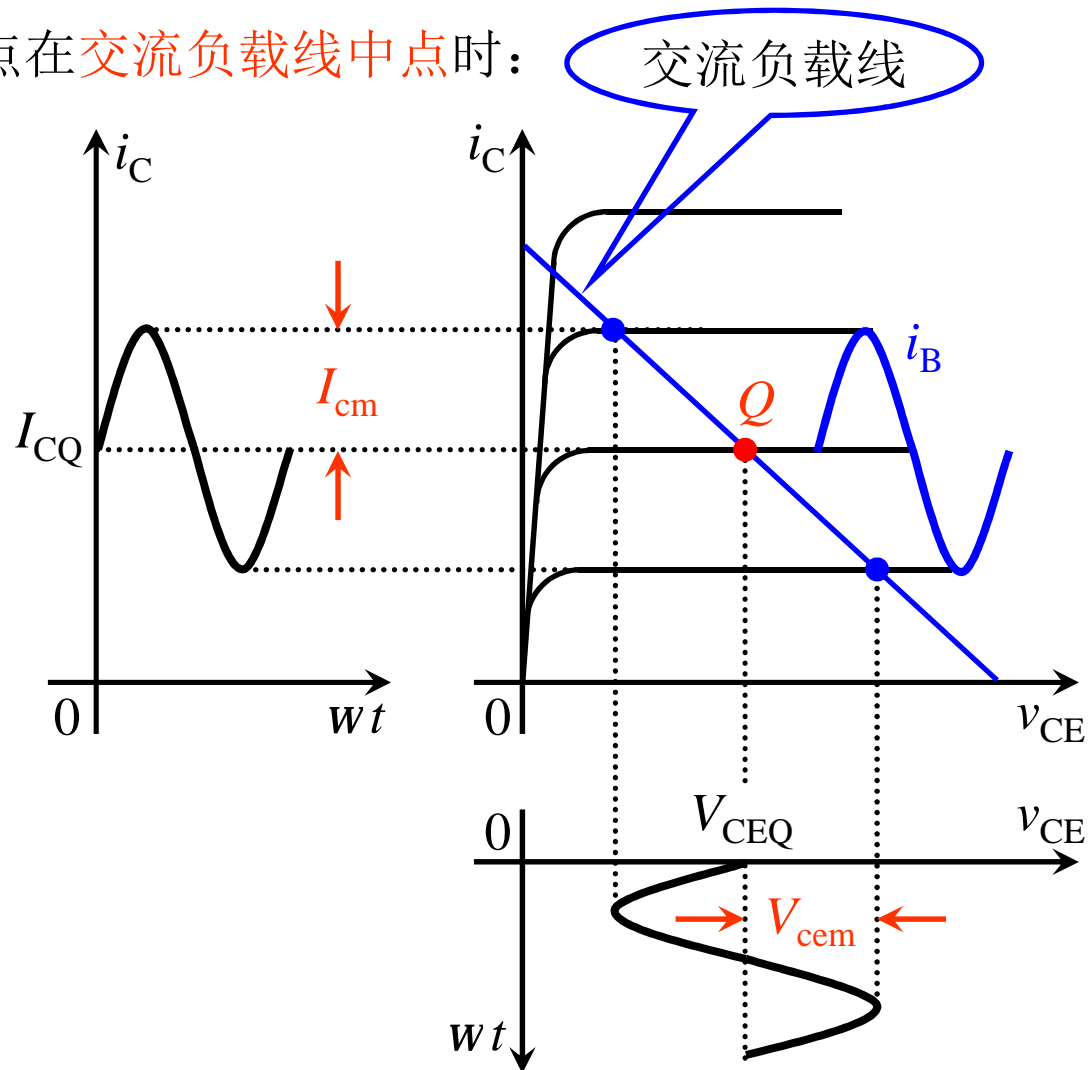
截止失真：工作点进入截止区后产生的失真。

ü 最大不失真输出幅度：

放大电路在输出波形不产生非线性失真的条件下，所能提供的最大输出电压（或电流）的峰值，一般用 $V_{om}$ （或 $I_{om}$ ）表示。

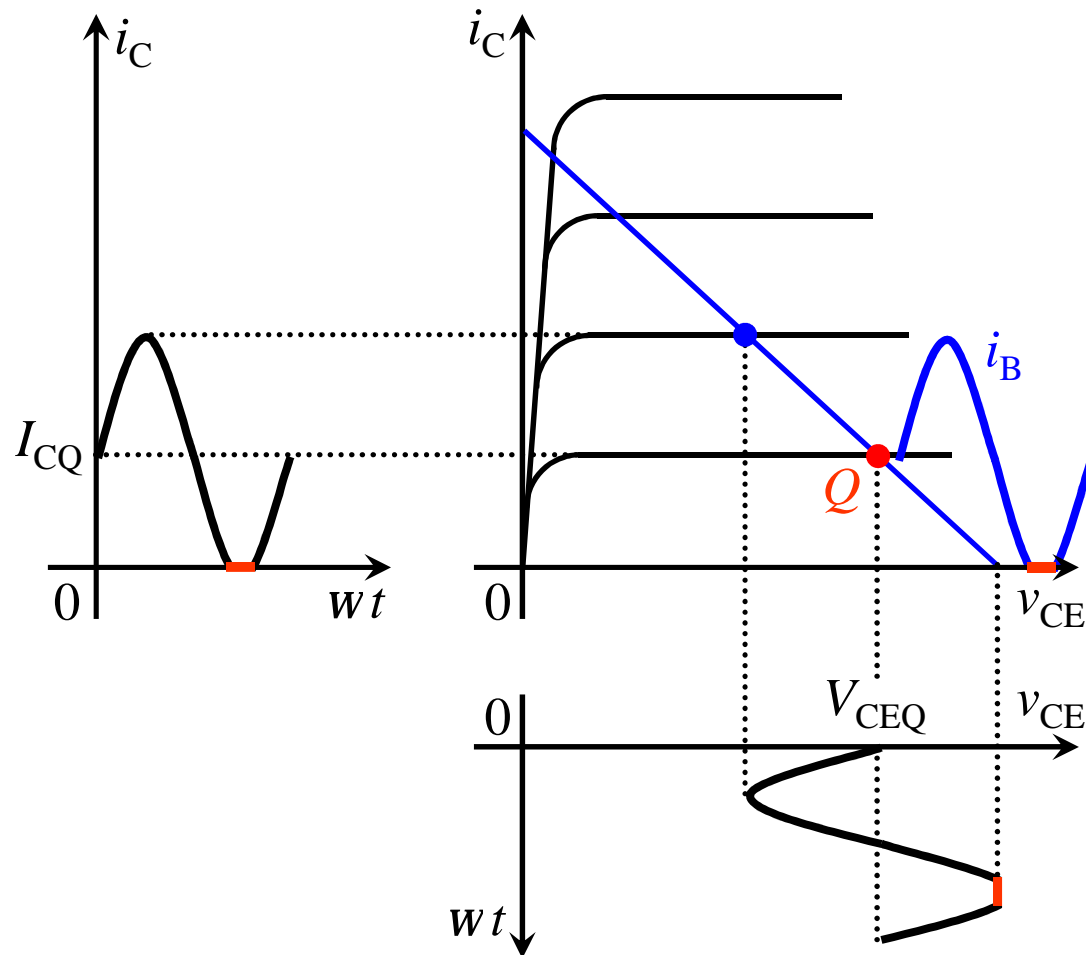
## Ø 最大不失真输出幅度

ü 工作点在交流负载线中点时:



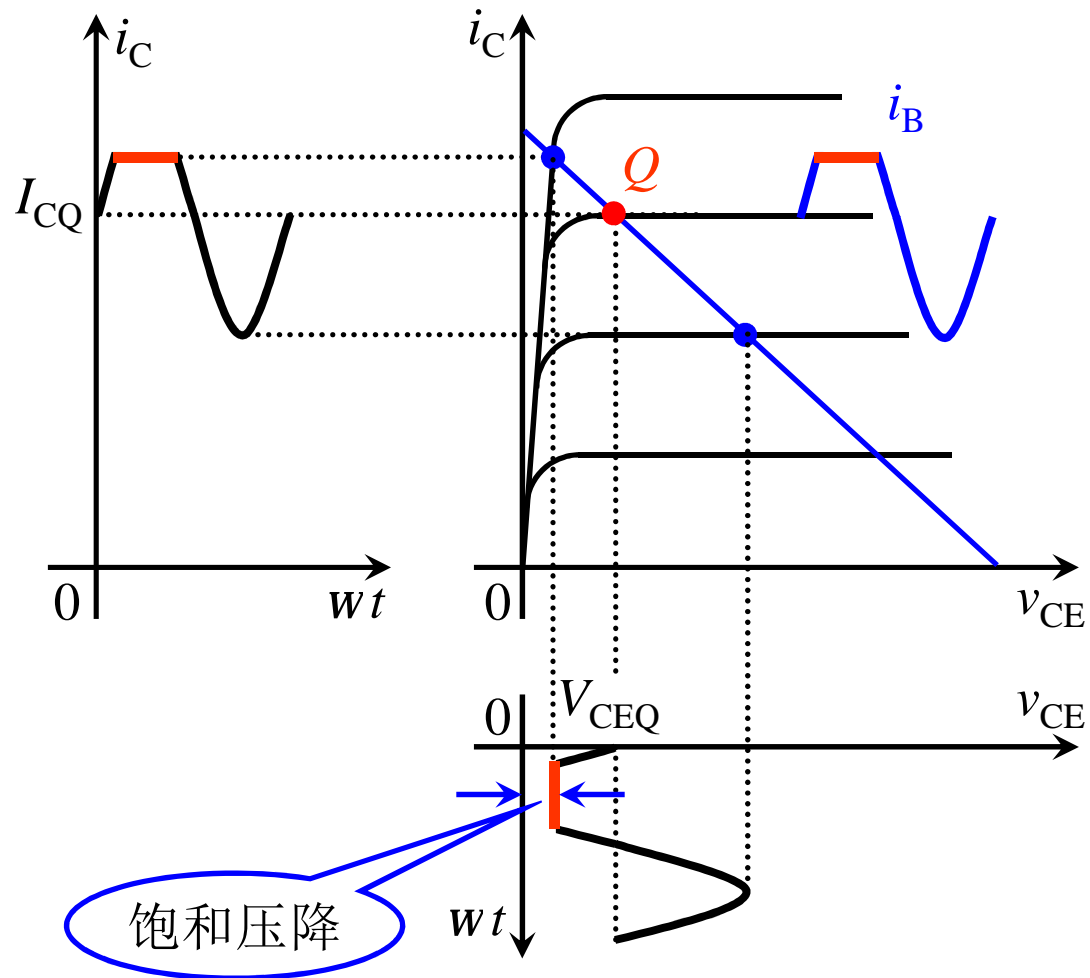
## Ø 最大不失真输出幅度（截止失真）

Ü 截止失真的原因：静态工作点偏低；输入信号幅度太大。



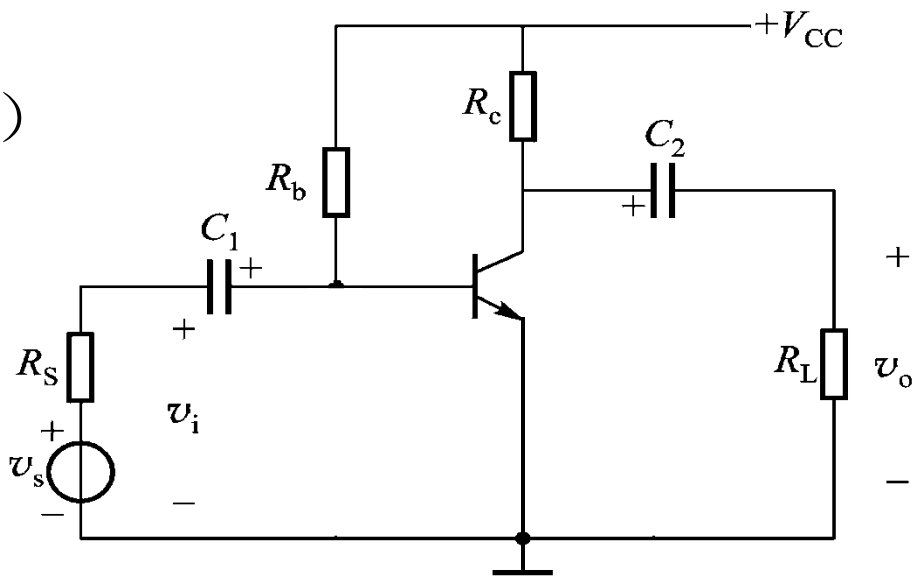
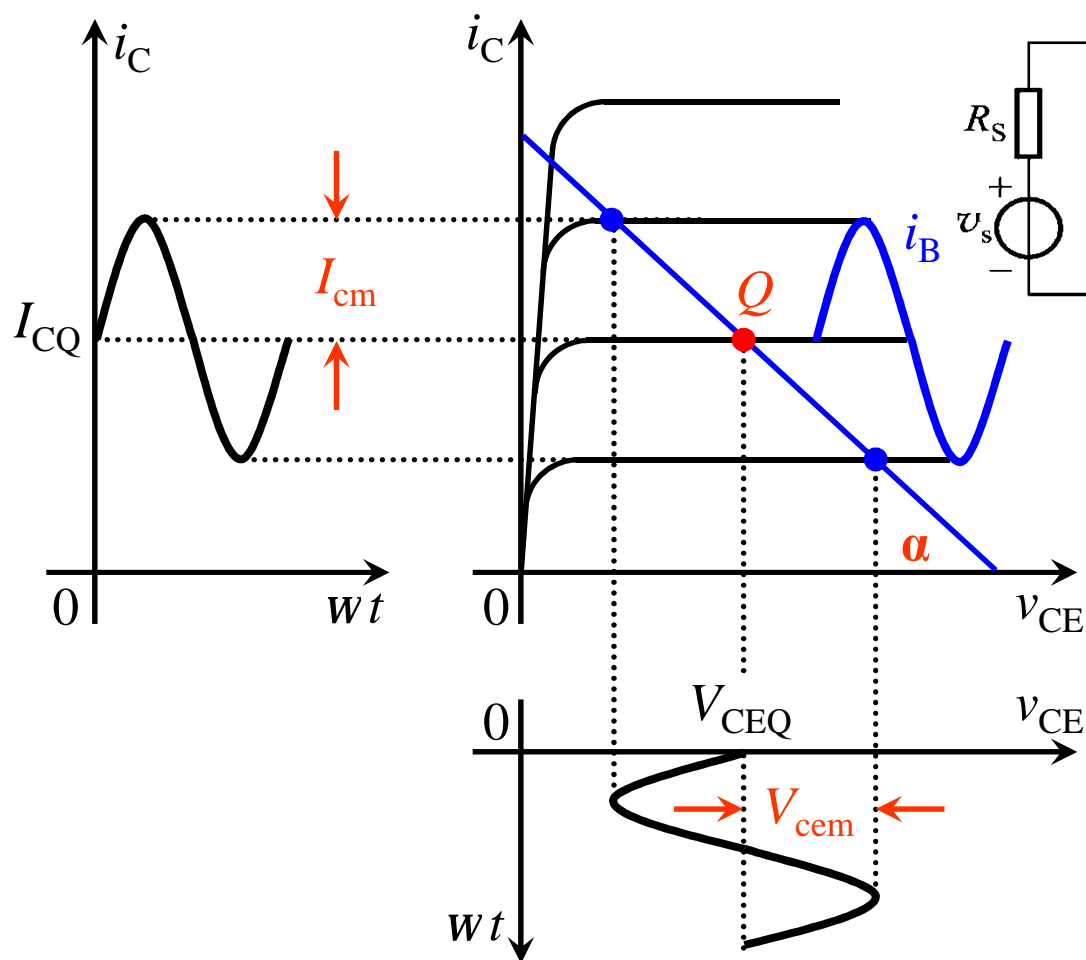
## Ø 最大不失真输出幅度（饱和失真）

ü 饱和失真的原因：静态工作点偏高；输入信号幅度太大。





Ø 最大不失真输出幅度（计算）



最大不饱和失真

$$V_{cem1} = V_{CEQ} - V_{CES}$$

最大不截止失真

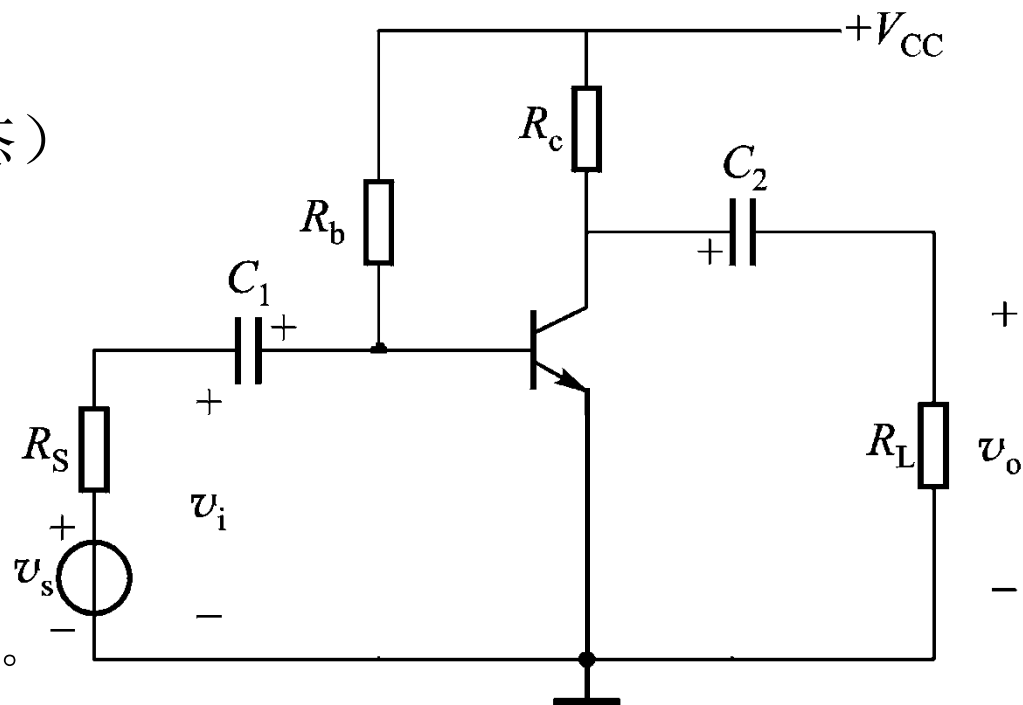
$$V_{cem2} = I_{CQ} / \tan a$$

## Ø 基本电路解析分析（静态）

ü 右图所示共射电路。

ü 静态分析（直流通路）

ü 计算三极管的三极电压、电流。



$$V_{BE} = V_{BEQ} = 0.7V$$

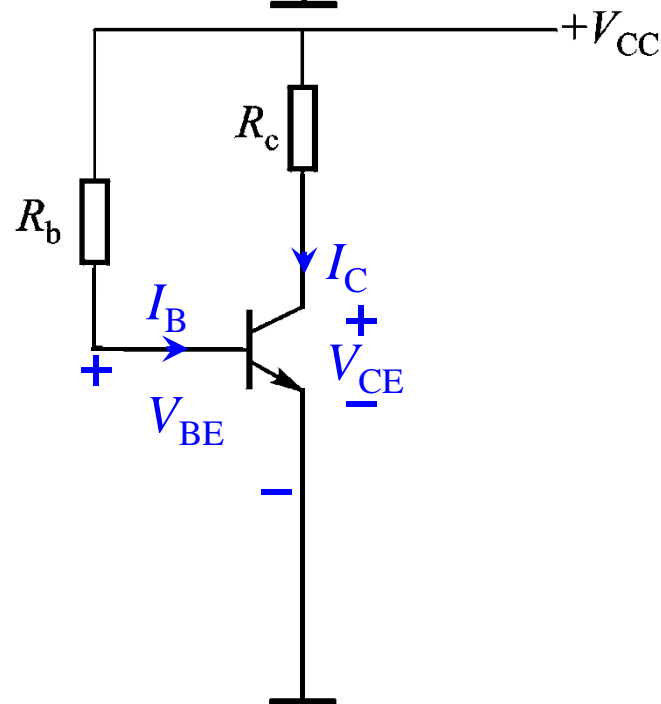
$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BEQ}}{R_b}$$

$$I_{CQ} = b I_{BQ}$$

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_c$$

ü 等效电路估算法（线性化等效处理）

条件：已知管子导电时  $V_{BE}$ 、 $b$  值。

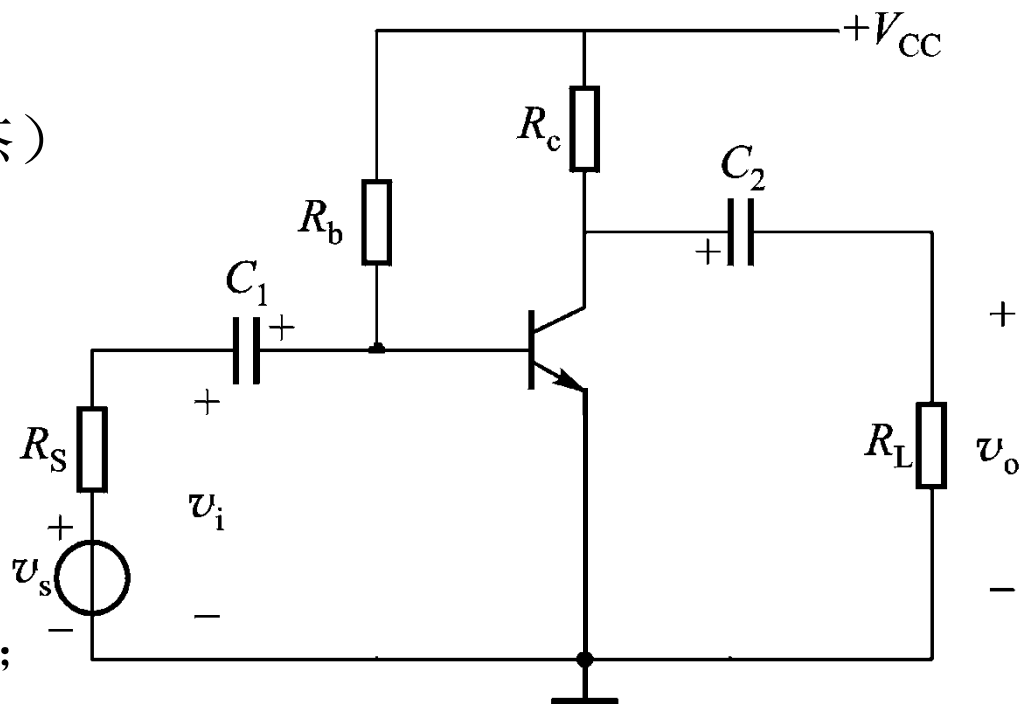


## Ø 基本电路解析分析（动态）

ü 右图所示共射电路。

ü 动态分析（交流通路）

ü 晶体管用低频小信号模型代入；  
求解电路各动态指标。  
（将在后续放大电路的动态分析中解决）



ü 动态时输入信号很小，管子仅工作在  $Q$  点附近的一小段；

此时可以将特性看成线性，用线性电路的方法求解电路中相关的电压和电流。

## ✓ 放大电路的静态分析

ü 为保证以放大器件为核心的电路能正常放大信号，必须加上合适的供电电源和偏置电阻。

ü 保证放大器件（晶体管或场效应管）工作在放大区，有合适的发射结、集电结偏置，合适的电流参数。

ü 考虑直流偏置时，输入为零，即静态。

此时只考虑直流电源作用下的通路，即：直流通路。

ü 常见的晶体管偏置电路：基极固定式偏置电路、双电源式射极偏置电路、基极分压式射极偏置电路 ...

常见的场效应管偏置电路：固定栅极电压偏置电路、自偏压偏置电路、混合偏置电路 ...

## Ø 基极固定式偏置电路

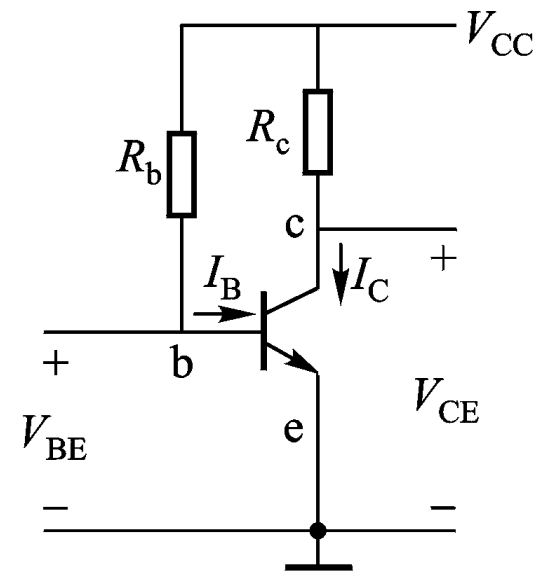
ü 右图所示电路。

ü 发射结正偏，集电结可以反偏。

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_b}$$

$$I_C = \beta I_B$$

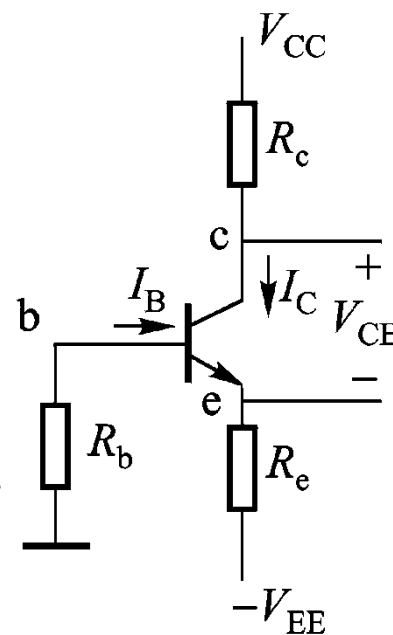
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_c$$



## ❖ 双电源式射极偏置电路

ü 右图所示电路。

ü 发射极接负电源，所以发射结正偏；  
选择合适的集电极电阻，可满足集电结反偏要求。



$$I_B = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_b + (1 + b) \times R_e} \quad I_B = \frac{V_{EE}}{b R_e}$$

$$I_C = b I_B \quad I_C = \frac{V_{EE}}{R_e}$$

$$V_{CE} = V_{EE}^{CC} - I_C R_c - I_E R_e \quad V_{CE} = V_{EE}^{CC} - I_C (R_c + R_e)$$

$$V_{CE} = (V_{CC} - I_{C1} \times R_c) - (-V_{BE} - I_B \times R_b)$$

## Ø 基极分压式射极偏置电路

ü 右图所示电路。

该电路能保障放大区工作。

ü 对  $V_{CC}$ 、 $R_{b1}$ 、 $R_{b2}$  单元作戴维宁等效。

$$V'_B = \frac{R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}} \times V_{CC}, \quad R_b = R_{b1} // R_{b2}$$

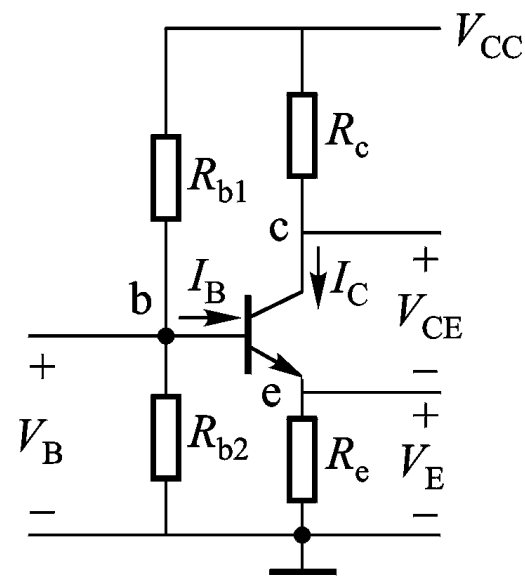
$$I_B = \frac{V'_B - V_{BE}}{R_b + (1 + \beta)R_e}$$

$$I_B = \frac{V'_B}{\beta R_e}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_C = \frac{V'_B}{R_e}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_c - I_E R_e \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_c + R_e)$$



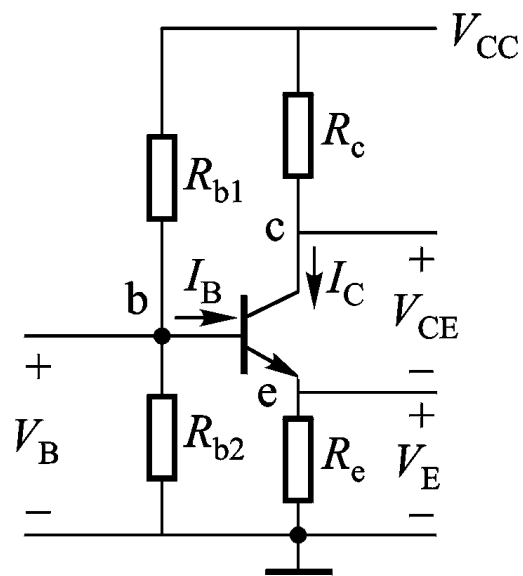
## Ø 基极分压式射极偏置电路

ü 右图所示电路。

该电路能稳定静态工作点。

$$T \uparrow \Rightarrow I_C \uparrow \Rightarrow I_E \uparrow \Rightarrow V_E \uparrow \Rightarrow V_{BE} \downarrow \Rightarrow I_B \downarrow \Rightarrow I_C \downarrow$$

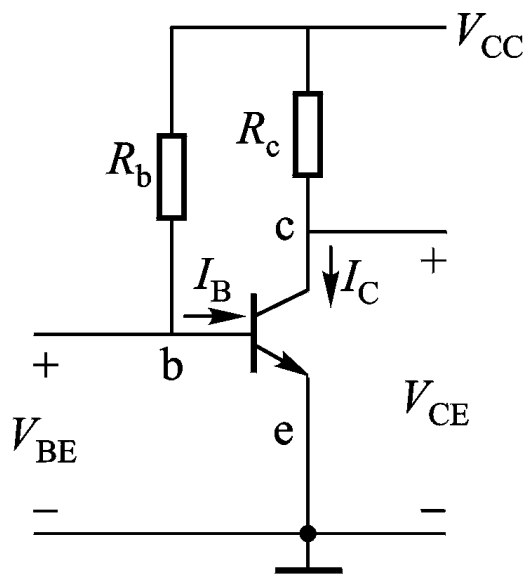
具有工作点稳定的基极偏置电路





## Ø 常见晶体管偏置电路 统一

### ü 基极固定式偏置

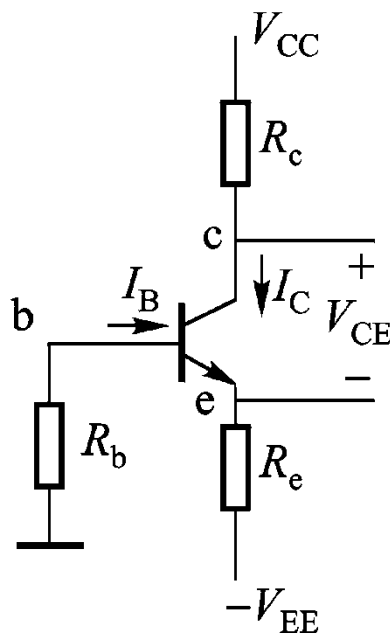


$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_b}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_c$$

### 双电源式射极偏置

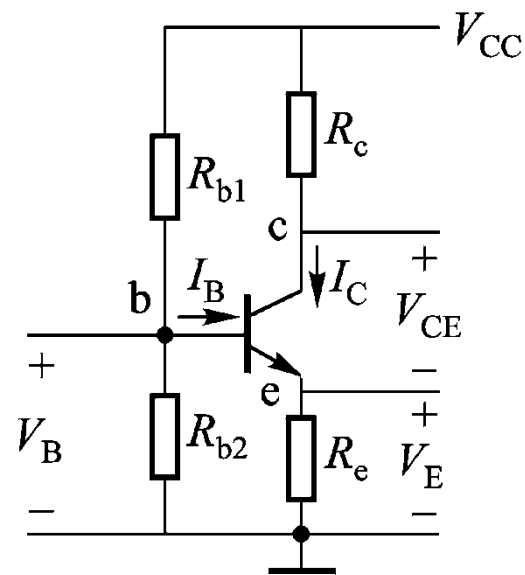


$$I_B = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_b + (1 + \beta) R_e}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{CE} = V_{EE}^{CC} - I_C R_c - I_E R_e$$

### 基极分压式射极偏置



$$I_B = \frac{V_B' - V_{BE}}{R_b + (1 + \beta) R_e}$$

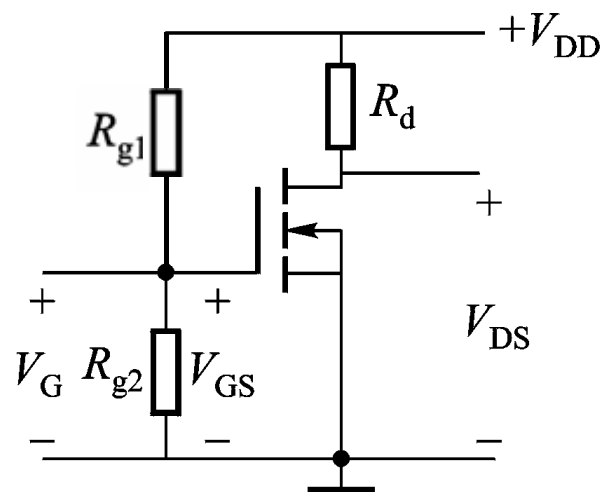
$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_c - I_E R_e$$

## Ø 固定栅极电压偏置电路

ü 右图所示电路。

$$V_{GS} = \frac{R_{g2}}{R_{g1} + R_{g2}} \times V_{DD}$$



ü 选择合适的  $R_{g1}$ 、 $R_{g2}$  和  $R_d$ ，可以使管子工作在恒流区（放大区）。  
( $V_{GS} > V_T$ 、 $V_{DS} > V_{GS} - V_T$ )

$$I_D = I_{DO} \times \left( \frac{V_{GS}}{V_T} - 1 \right)^2$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D \times R_d$$

适用于增强型场效应管

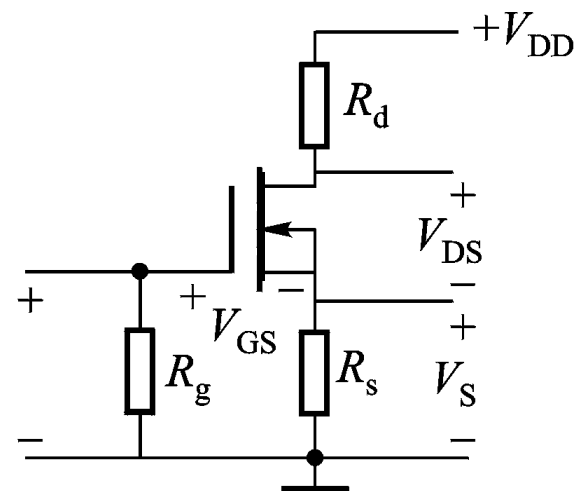
## Ø 自偏压偏置电路

ü 右图所示电路。

$$V_{GS} = -I_D \times R_s$$

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_d + R_s)$$



ü  $V_{GS}$  依靠  $I_D$  流过源极电阻产生压降，是自己建立起来的（自偏压）。

适用于耗尽型场效应管

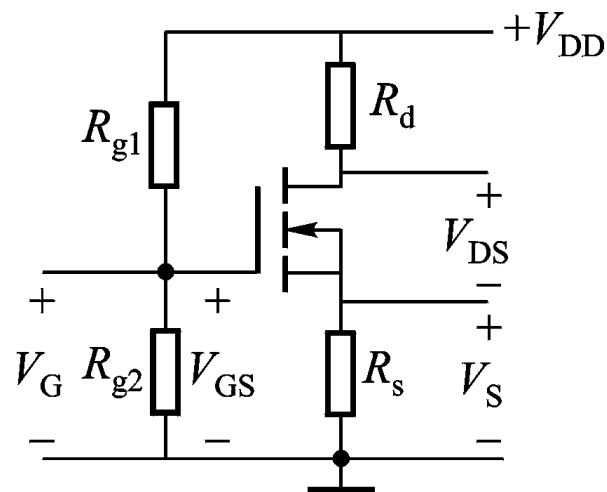
## Ø 混合偏置电路

Ü 右图所示电路。

$$V_{GS} = V_{DD} \frac{R_{g2}}{R_{g1} + R_{g2}} - I_D R_s$$

$$I_D = I_{DO} \times \left( \frac{V_{GS}}{V_T} - 1 \right)^2$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D \times (R_d + R_s)$$

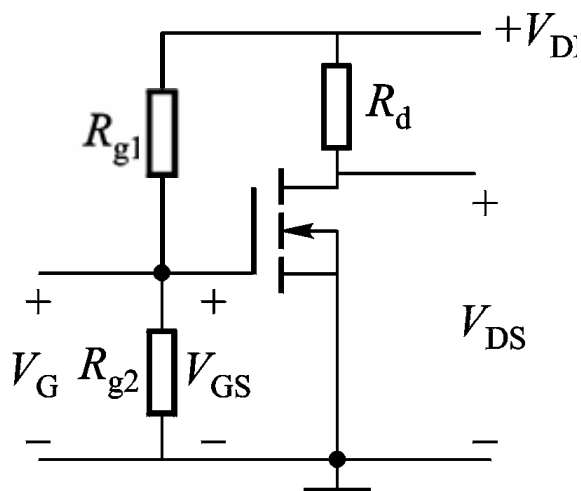


Ü  $R_{g1}$ 、 $R_{g2}$  组成固定偏置， $R_s$  为自给偏置，整体为混合式偏置。

适用于增强、耗尽型场效应管

## ∅ 常见场效应管偏置电路 统一

### ü 固定栅极电压偏置

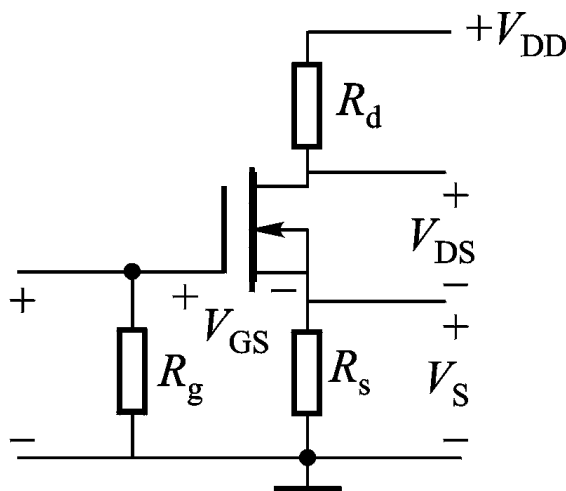


$$V_{GS} = \frac{R_{g2}}{R_{g1} + R_{g2}} \times V_{DD}$$

$$I_D = I_{DO} \times \left( \frac{V_{GS}}{V_T} - 1 \right)^2$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D \times R_d$$

### 自偏压偏置

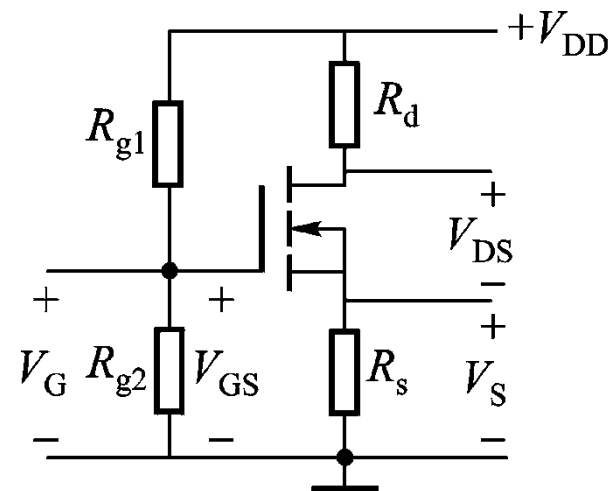


$$V_{GS} = -I_D \times R_s$$

$$I_D = I_{DSS} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_d + R_s)$$

### 混合偏置电路



$$V_{GS} = V_{DD} \frac{R_{g2}}{R_{g1} + R_{g2}} - I_D R_s$$

$$I_D = I_{DO} \times \left( \frac{V_{GS}}{V_T} - 1 \right)^2$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D \times (R_d + R_s)$$

## ✓ （动态）小信号模型

ü 分析/计算放大电路的具体指标时，可用作图（图解）法，也可通过电路模型计算（解析）法处理。

ü 常用的是通过模型进行计算来求取各种技术指标。

ü 静态参数分析，采用直流通路和静态模型。

（以三极管为例，静态有：饱和、截止、放大模型）

ü 动态参数分析，采用交流通路和动态模型。

ü （动态）低频小信号模型：

适用于信号频率较低，放大器件工作在线性区，动态范围不大。

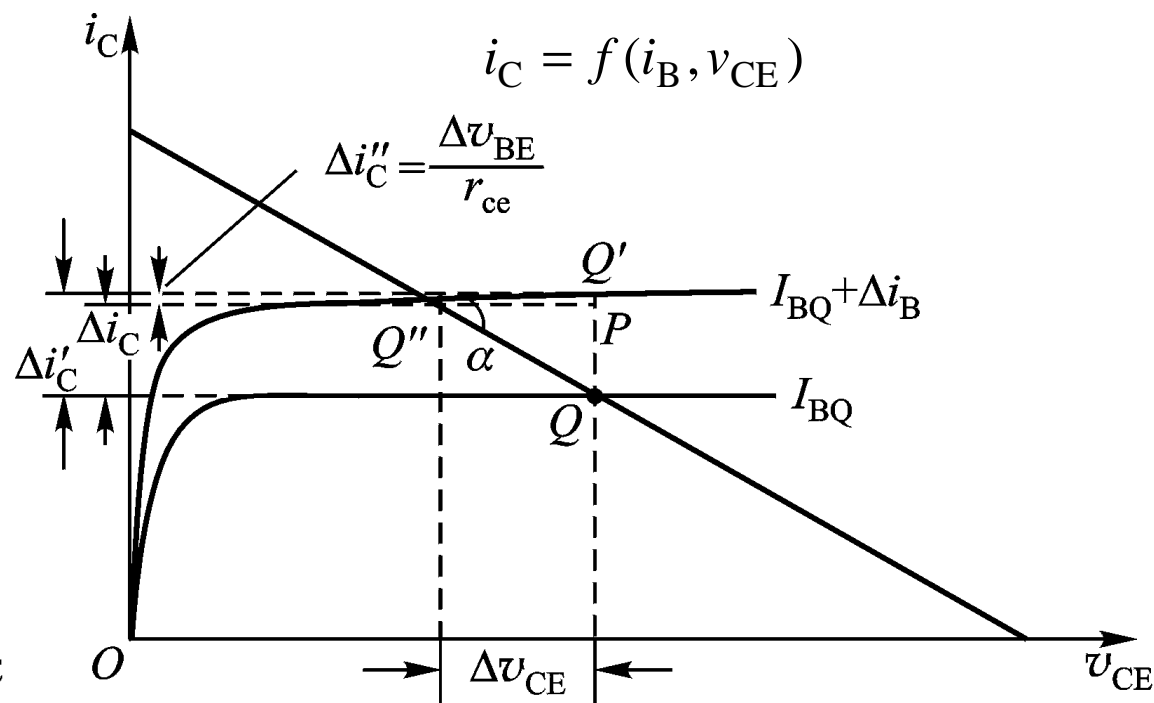
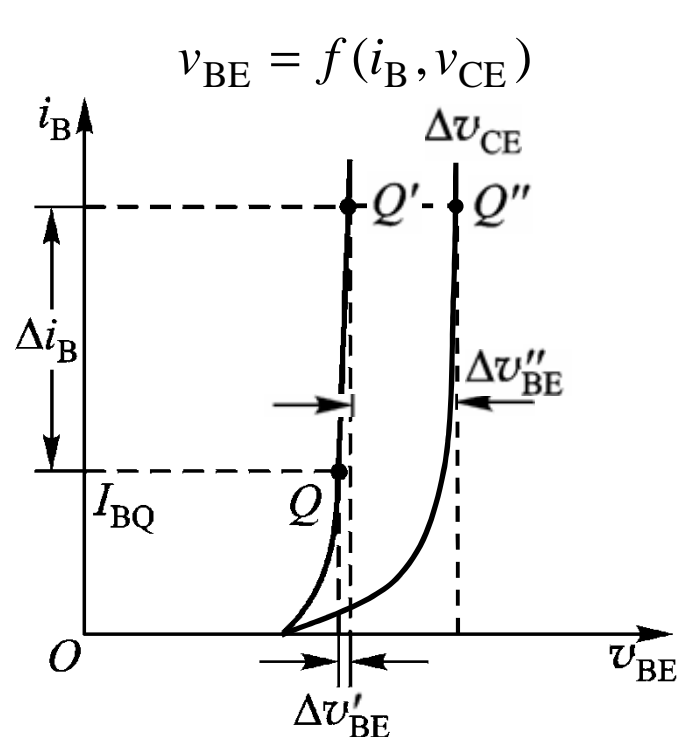
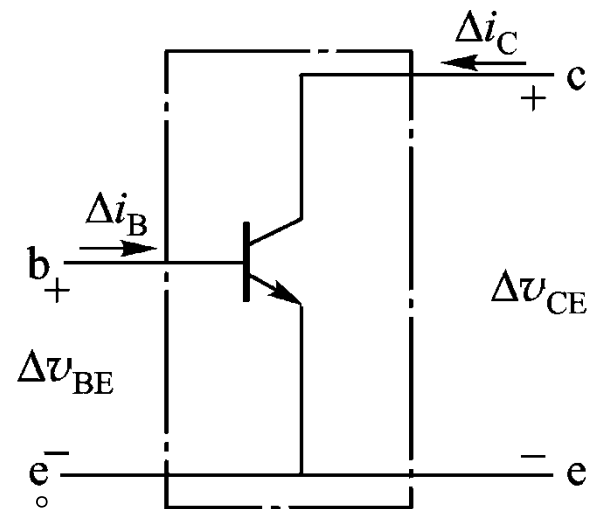
ü 微变等效电路（线性小信号模型电路）：交流通路 + 小信号模型。

## 三极管的低频小信号模型

右图所示三极管。

把三极管看成一双口网络（be 输入，ce 输出）。

此网络的端电压、电流关系，就是三极管的输入和输出特性。



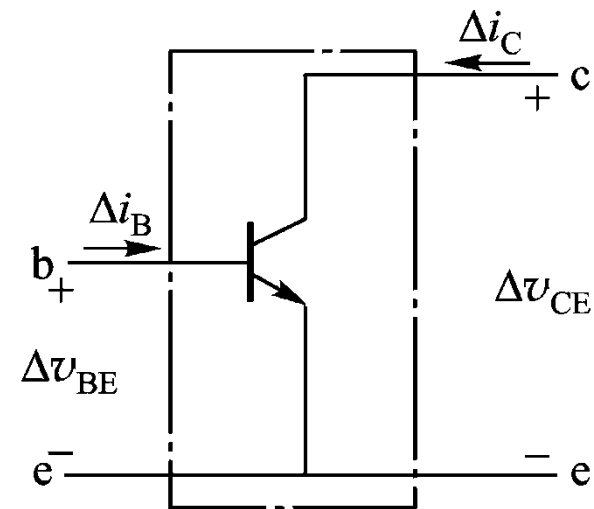
## Ø 三极管的低频小信号模型

ü 双口网络的混合参数模型:

$$\begin{cases} U_1 = H_{11}I_1 + H_{12}U_2 \\ I_2 = H_{21}I_1 + H_{22}U_2 \end{cases}$$

ü 三极管的混合参数模型:

$$\begin{cases} \Delta v_{BE} = h_{11} \Delta i_B + h_{12} \Delta v_{CE} \\ \Delta i_C = h_{21} \Delta i_B + h_{22} \Delta v_{CE} \end{cases}$$



$$v_{BE} = f(i_B, v_{CE})$$

$$i_C = f(i_B, v_{CE})$$



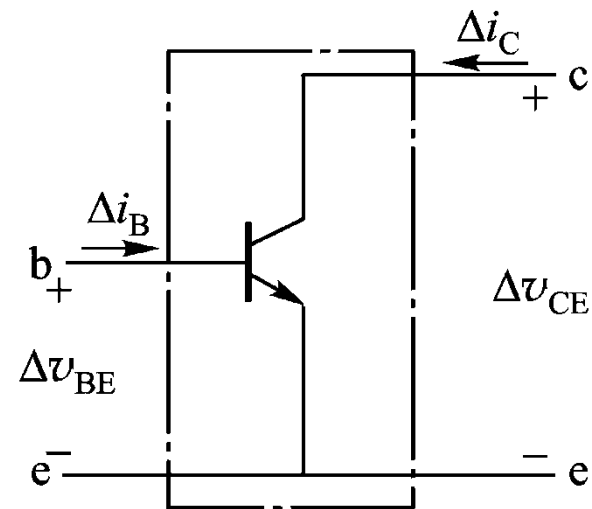
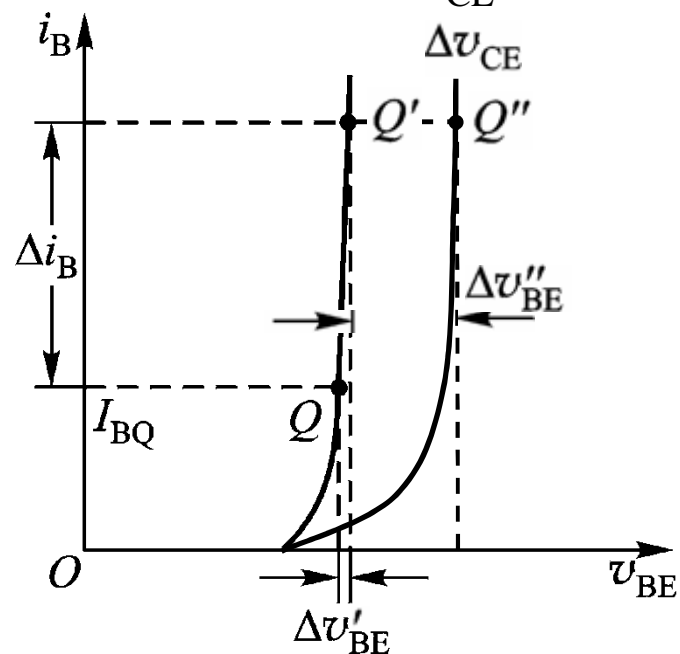
## 三极管的低频小信号模型

$h_{11}$ : 输出端交流短路时的输入电阻。

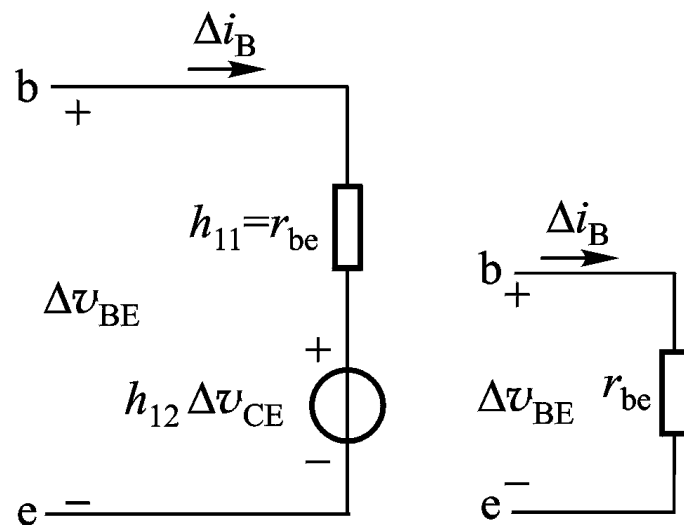
$$h_{11} = \left. \frac{\Delta v_{BE}}{\Delta i_B} \right|_{\Delta v_{CE}=0} = r_{be}$$

$h_{12}$ : 输入端交流开路时的电压反馈系数。

$$h_{12} = \left. \frac{\Delta v_{BE}}{\Delta v_{CE}} \right|_{\Delta i_B=0} \approx 0$$



$$\Delta v_{BE} = h_{11} \Delta i_B + h_{12} \Delta v_{CE}$$



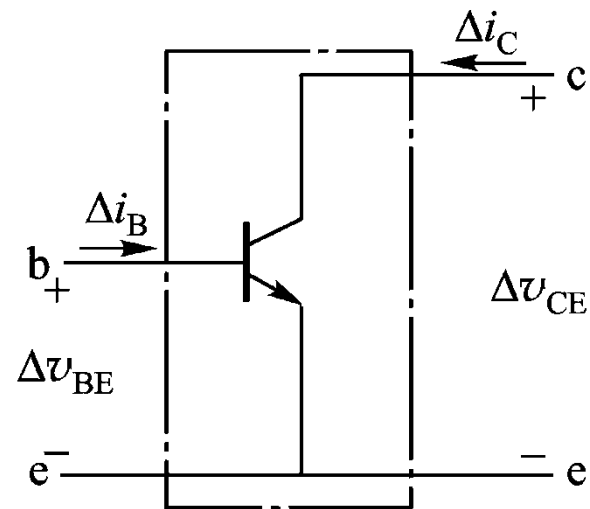
## 三极管的低频小信号模型

$h_{21}$ : 输出端交流短路时的电流放大系数。

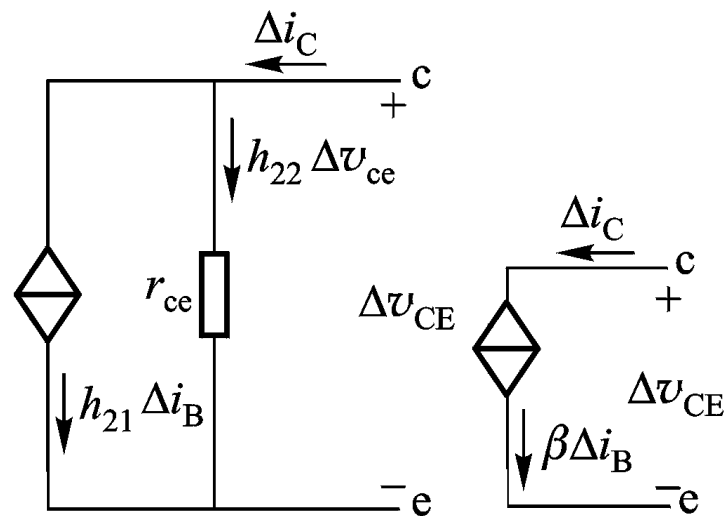
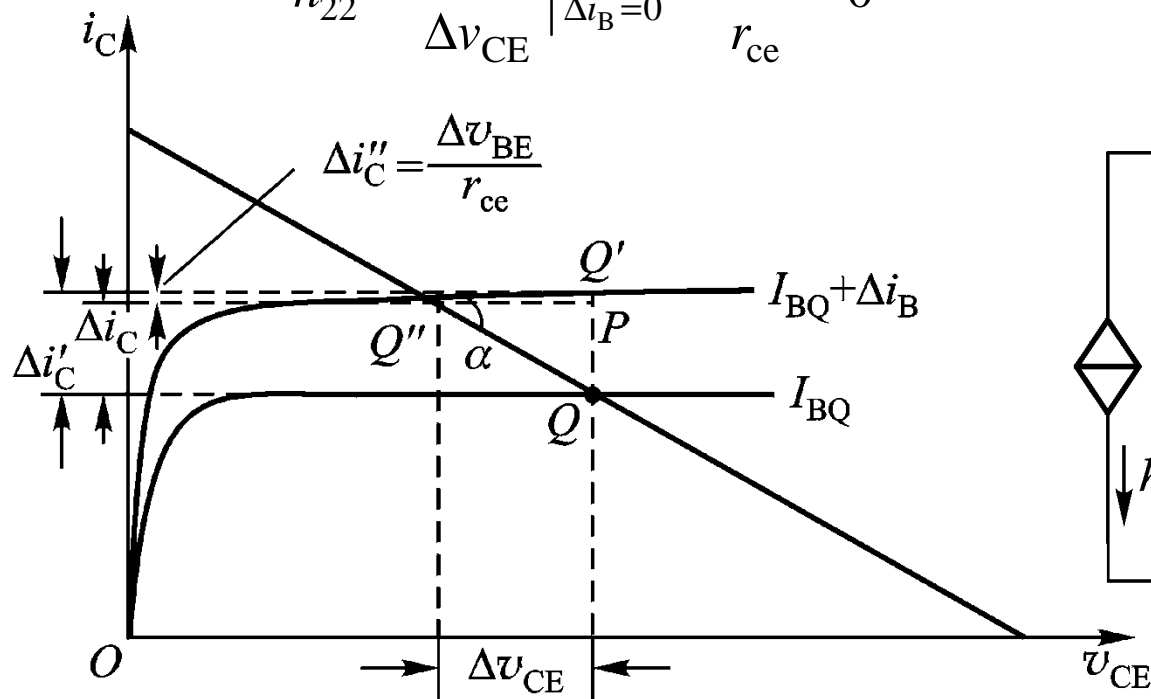
$$h_{21} = \left. \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B} \right|_{\Delta v_{CE}=0} = b$$

$h_{22}$ : 输入端交流开路时的输出电导。

$$h_{22} = \left. \frac{\Delta i_C}{\Delta v_{CE}} \right|_{\Delta i_B=0} = \frac{1}{r_{ce}} \approx 0$$

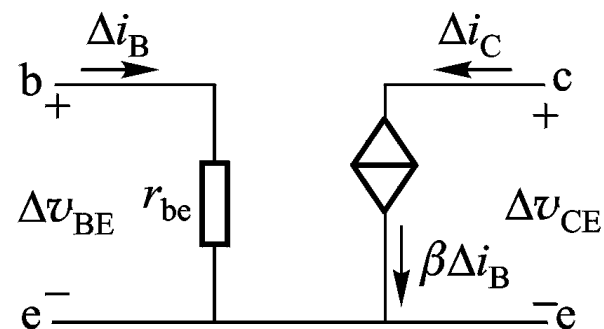


$$\Delta i_C = h_{21} \Delta i_B + h_{22} \Delta v_{CE}$$



## Ø 三极管的低频小信号模型

ü 只适用于低频小信号。



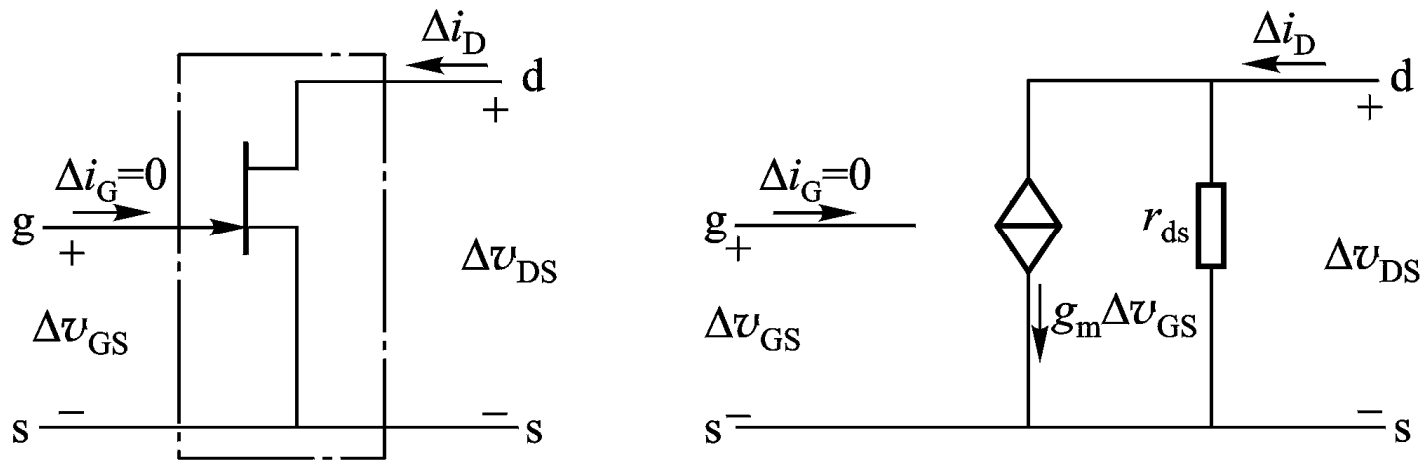
ü 所有参量均为变化量或交流分量，不允许出现反映直流流量或瞬时总量的符号。  
 $\Delta v_{BE}$   $v_{be}$   $V_{be}$

ü 各参数均为微变参数，与  $Q$  点有关，不是固定常数。

ü 受控电流源  $\beta \Delta i_B$  的方向和大小由  $\Delta i_B$  决定。  
( $\Delta i_B$  方向与器件类型无关)

ü  $r_{be}$  的计算公式：
$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{V_T}{I_{EQ}}$$

## 场效应管的低频小信号模型



$g_m$ （低频跨导）：表征  $\Delta v_{GS}$  对  $\Delta i_D$  的控制能力。

$r_{ds}$ ：输出电阻（动态电阻），通常可忽略。

## ✓ 放大电路的动态性能指标

ü 放大电路的性能指标因放大电路的功用不同而异。

ü 有些指标与信号源及负载有关。

ü 主要的性能指标有：

放大器的放大倍数、输入阻抗（电阻）、输出阻抗（电阻）、输出功率、最大输出电压幅度、通频带宽度，非线性失真等。

## Ø 增益

ü 又称放大倍数，用于衡量放大电路放大信号的能力。

ü 电压增益： $A_v = \frac{V_o}{V_i}$ （输出和输入电压向量、幅值、有效值之比）

开路电压增益： $A_{vo} = \frac{V_{oo}}{V_i}$ （负载开路，即  $R_L = \infty$  时的电压增益）

源电压增益： $A_{vs} = \frac{V_o}{V_s}$ （输出电压与信号源电压 ... 之比）

ü 其它增益定义：电流  $A_i$ 、互阻  $A_r$ 、互导  $A_g$ 、功率  $A_p$ 。

## Ø 增益（单位）

ü 增益的习惯单位：倍；

常用单位：分贝（dB），1 分贝 = 1/10 贝尔。

ü 源于功率增益的对数： $A_p(\text{dB}) = 10\lg(P_o/P_i)$

ü 当用于电压增益时： $A_v(\text{dB}) = 20\lg(V_o/V_i)$

0dB 相当于  $A_v = 1$

20dB 相当于  $A_v = 10$

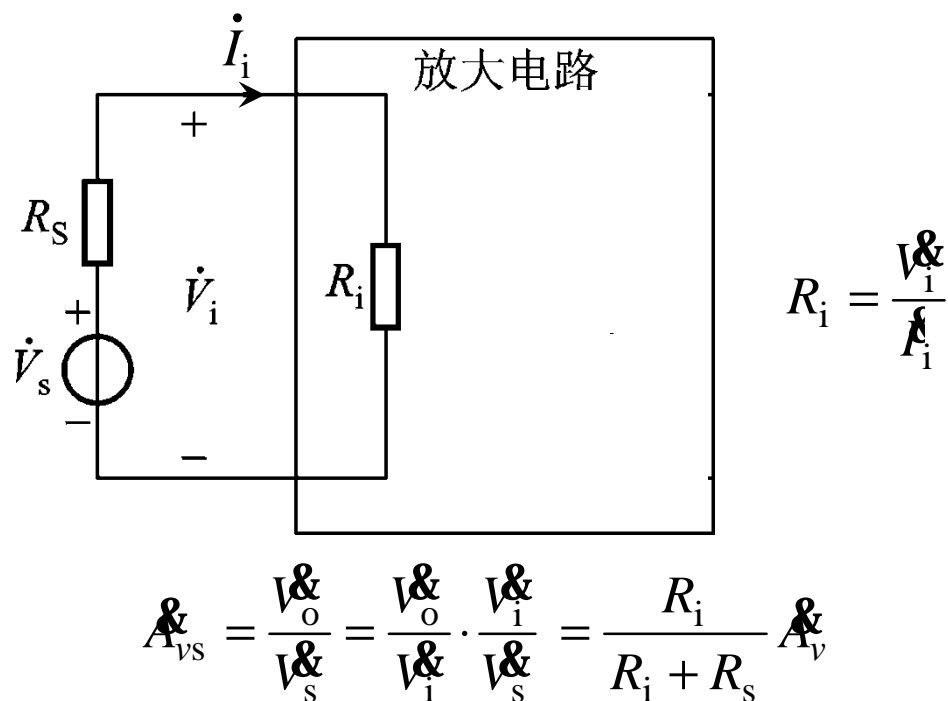
40dB 相当于  $A_v = 100$

−20dB 相当于  $A_v = 0.1$

−40dB 相当于  $A_v = 0.01$

## Ø 输入电阻

ü 输入电阻：放大电路输入电压与输入电流之比。



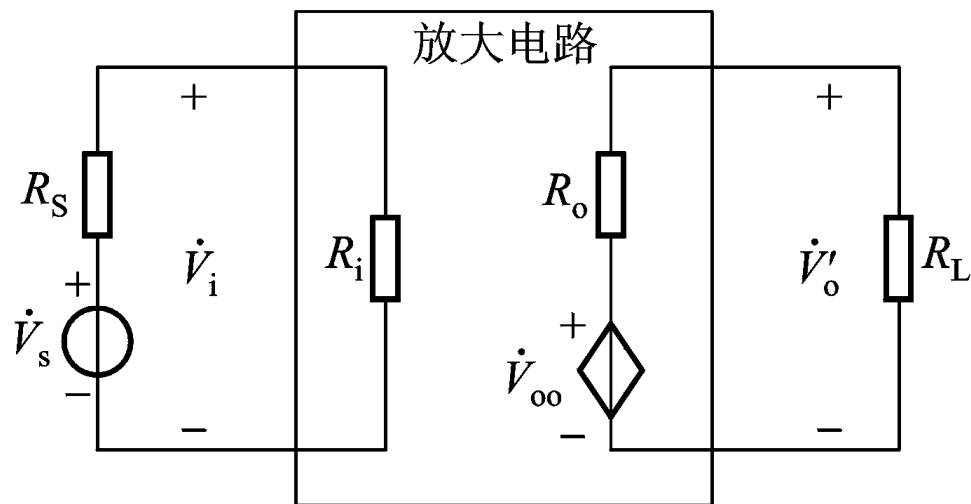
输入电阻反映了放大电路从信号源所汲取信号的能力。

(输入电阻越大，信号电压损失越小，输入电压越接近信号源电压)



## Ø 输出电阻

ü 输出电阻：放大电路，在负载开路时，从输出端看进去的等效电阻。



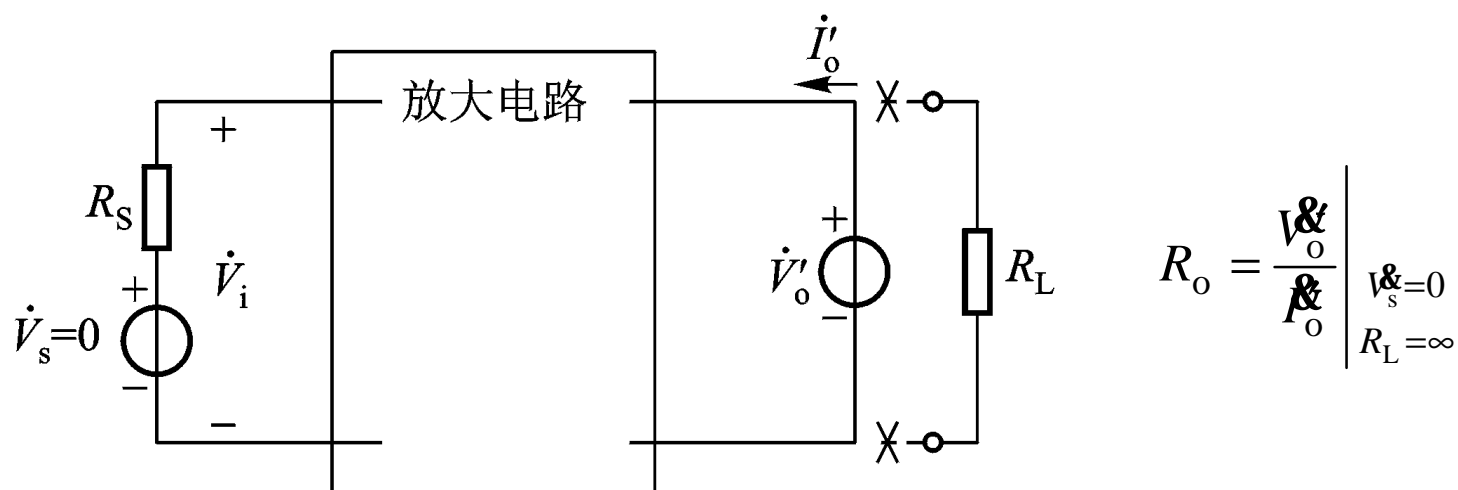
$$\dot{V}'_o = \frac{R_L}{R_o + R_L} \dot{V}_{oo}$$

$$R_o = \left( \frac{\dot{V}_{oo}}{\dot{V}'_o} - 1 \right) R_L$$

## Ø 输出电阻

ü 输出电阻：放大电路（在负载开路时）从输出端看进去的等效电阻。

ü 实际计算方案：信号源短接，负载开路，输出端加电压源。



输出电阻反映了放大电路的带负载能力。

(输出电阻越小，放大电路带负载能力越强，电路输出越接近恒压源)

## 通频带

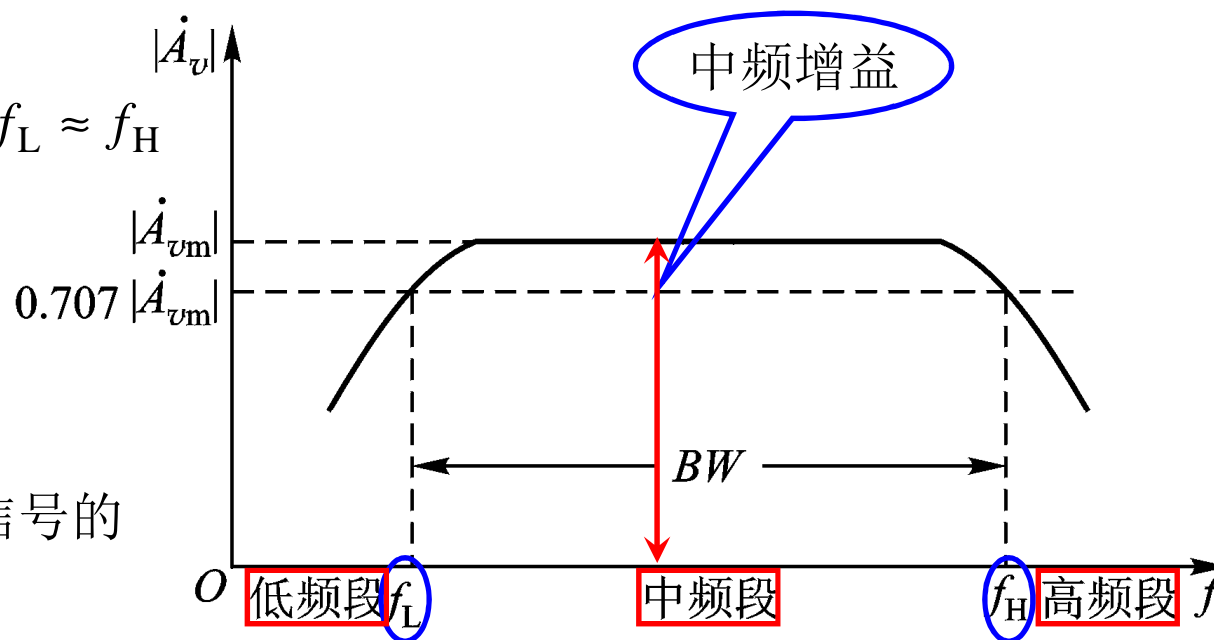
当放大电路的信号频率很低或很高时，由于电路中存在的电抗元件、晶体管结电容和极间电容的影响，放大电路的电压放大倍数都要降低；  
只有在中频段范围内，放大倍数为常数。

通频带： $BW = f_H - f_L \approx f_H$

上限频率： $f_H$ ；

下限频率： $f_L$ ；

通频带越宽，表明放大电路对不同频率信号的适应能力越强。



例：扩音机电路，其通频带应大于音频（20~20 kHz）范围。

## Ø 线性失真

ü 实际放大电路的输入信号包含多种频率成分： $v_i = \sum_{k=1}^N \sqrt{2}V_{ik} \sin(\omega_k t)$

经放大后的输出电压为： $v_o = \sum_{k=1}^N \sqrt{2}V_{ik} |A_{vk}| \sin(\omega_k t + \phi_k)$

ü 为了实现高保真的放大，必须做到增益、附加相移为常数。

ü 幅频失真：增益不是常数；

相频失真：附加相移不相同；

频率失真：包含幅频和相频失真，均为线性失真。

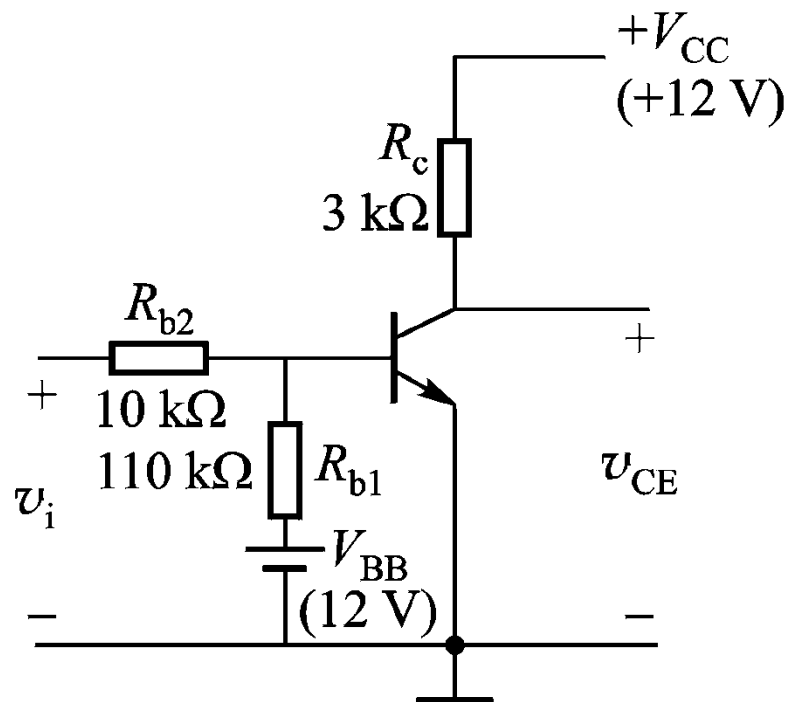
ü 非线性失真：由晶体管非线性特性引起的（饱和、截止）失真。

## ✓ 本节作业

### ☺ 习题 1 (P91)

1 (图解法)

☺ 题 1.1: 电路图如右所示。

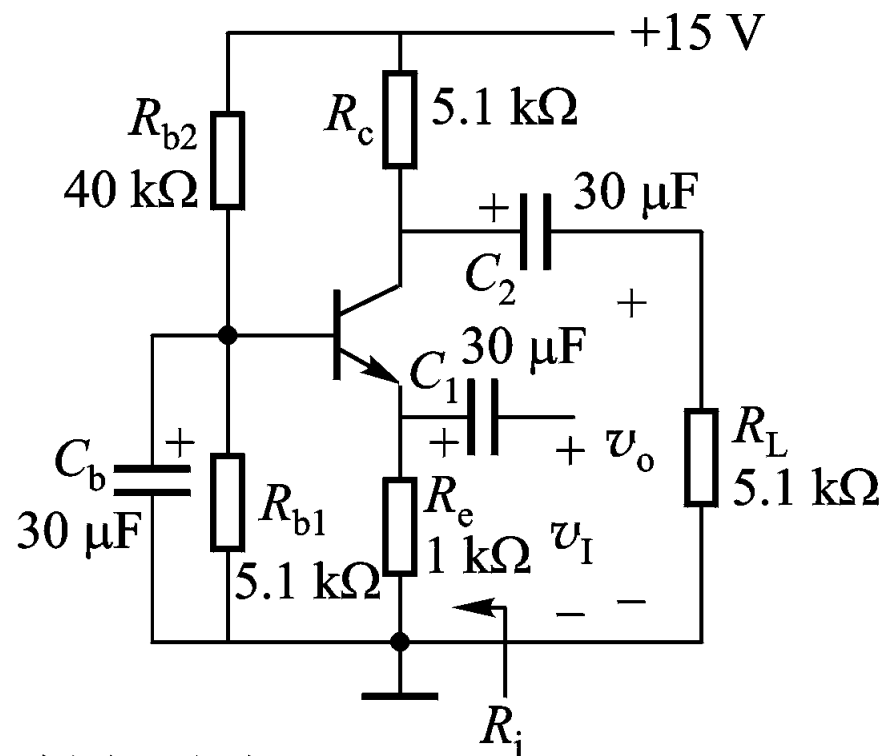


所有的题目，需要有解题过程（不是给一个答案即可）。

## ✓ 本节作业

### ☺ 习题 1 (P95)

7c、9b (三极管)



☺ 题 1.7c 与 1.9b：实际上是同一个电路图（右上）；

题 1.9b：第一小题、第二小题（电路组态）不用做。

☺ 题 1.7c 与 1.9b：包括静态、动态分析；

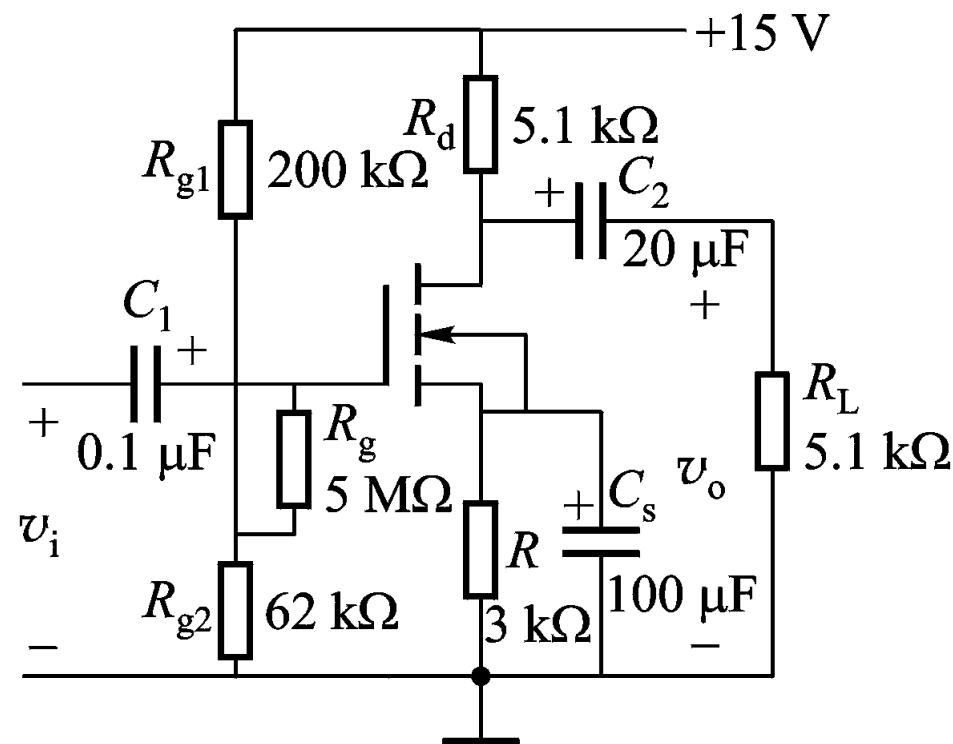
（可根据已知内容先做部分，或等待动态分析讲解完后再做题）

所有的题目，需要有解题过程（不是给一个答案即可）。

## ✓ 本节作业

### 🟡 习题 1 (P93)

5c、12a (场效应管)



🟡 题 1.5c 与 1.12a：实际上是同一个电路图（右上）；

题 1.12a：第一小题（电路组态）不用做。

🟡 题 1.5c 与 1.12a：包括静态、动态分析；

（可根据已知内容先做部分，或等待动态分析讲解完后再做题）

所有的题目，需要有解题过程（不是给一个答案即可）。