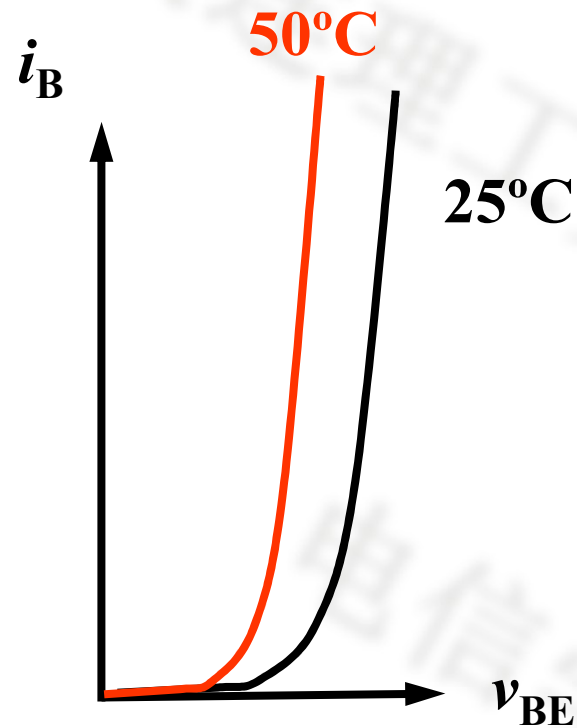


4.1.4 晶体管的主要参数

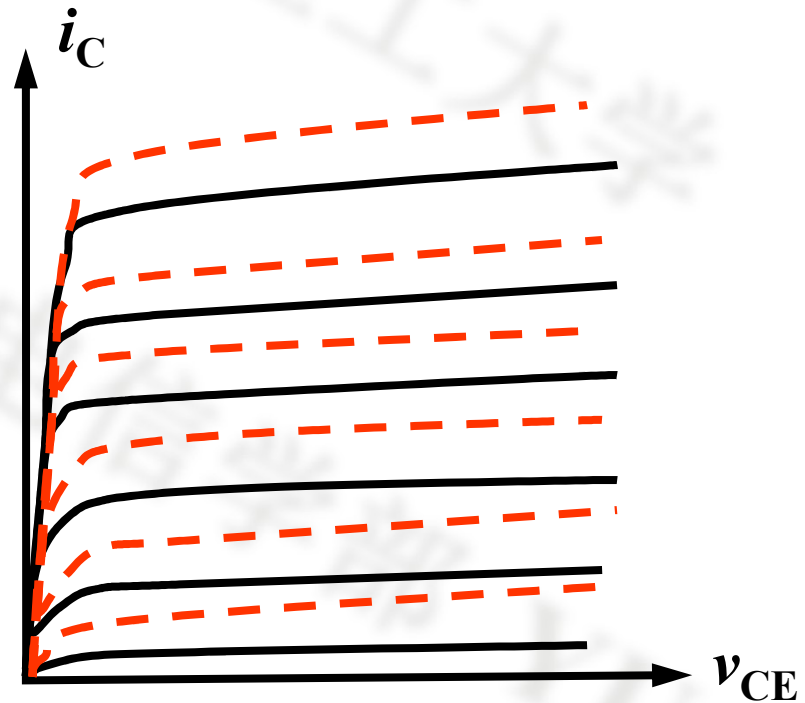
4. 温度的影响

(1) 温度对输入特性的影响



温度升高, v_{BE} 减小

(2) 温度对输出特性的影响



温度升高, I_{CBO} 、 I_{CEO} 、 β 增大
输出特性曲线上移

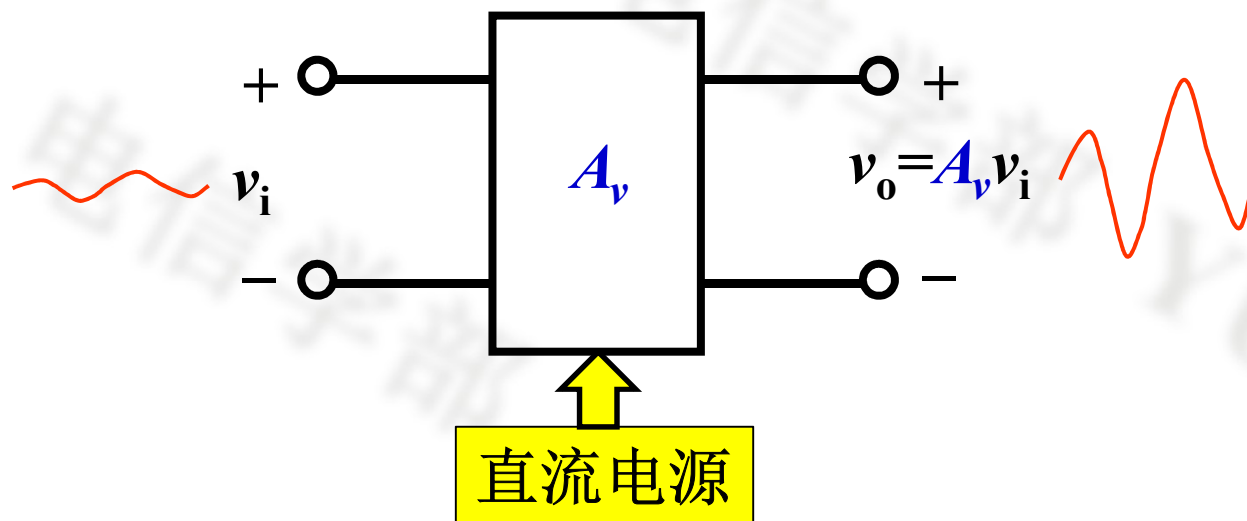
4.1.5 半导体三极管的型号

参 数 型 号	P_{CM} mW	I_{CM} mA	$V_{BR CBO}$ V	$V_{BR CEO}$ V	$V_{BR EBO}$ V	I_{CBO} μA	f_T MHz
3AX31D	125	125	20	12		≤ 6	$* \geq 8$
3BX31C	125	125	40	24		≤ 6	$* \geq 8$
3CG101C	100	30	45			0.1	100
3DG123C	500	50	40	30		0.35	
3DD101D	5W	5A	300	250	4	$\leq 2mA$	
3DK100B	100	30	25	15		≤ 0.1	300
3DG23	250W	30A	400	325			8

4.2 基本共射极放大电路

4.2.1 放大的概念

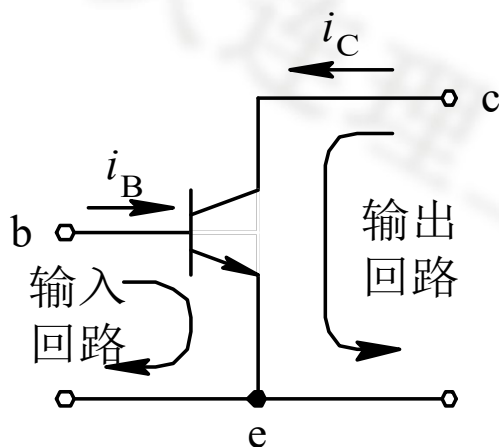
1. 放大的对象：主要放大微弱(**small signals**)、变化(**ac**)的信号，使信号的电压/电流/功率得到放大！
2. 晶体管放大特性的实质：直流能 \rightarrow 交流能
三极管也是一种换能器。
3. 信号可展开为多个正弦信号的叠加，分析时采用正弦信号。



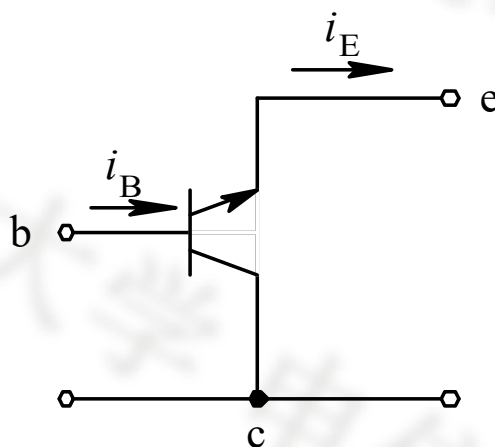
4.2 基本共射极放大电路

4.2.1 放大的概念

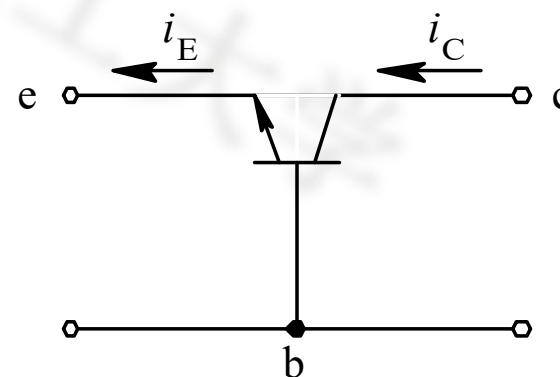
三极管放大电路有三种基本形式：



➤ 共射放大器



➤ 共基放大器



➤ 共集放大器

管子要工作在放大区！

J_e 正偏, J_c 反偏

管子要工作在放大区！

J_e 正偏, J_c 反偏

管子要工作在放大区！

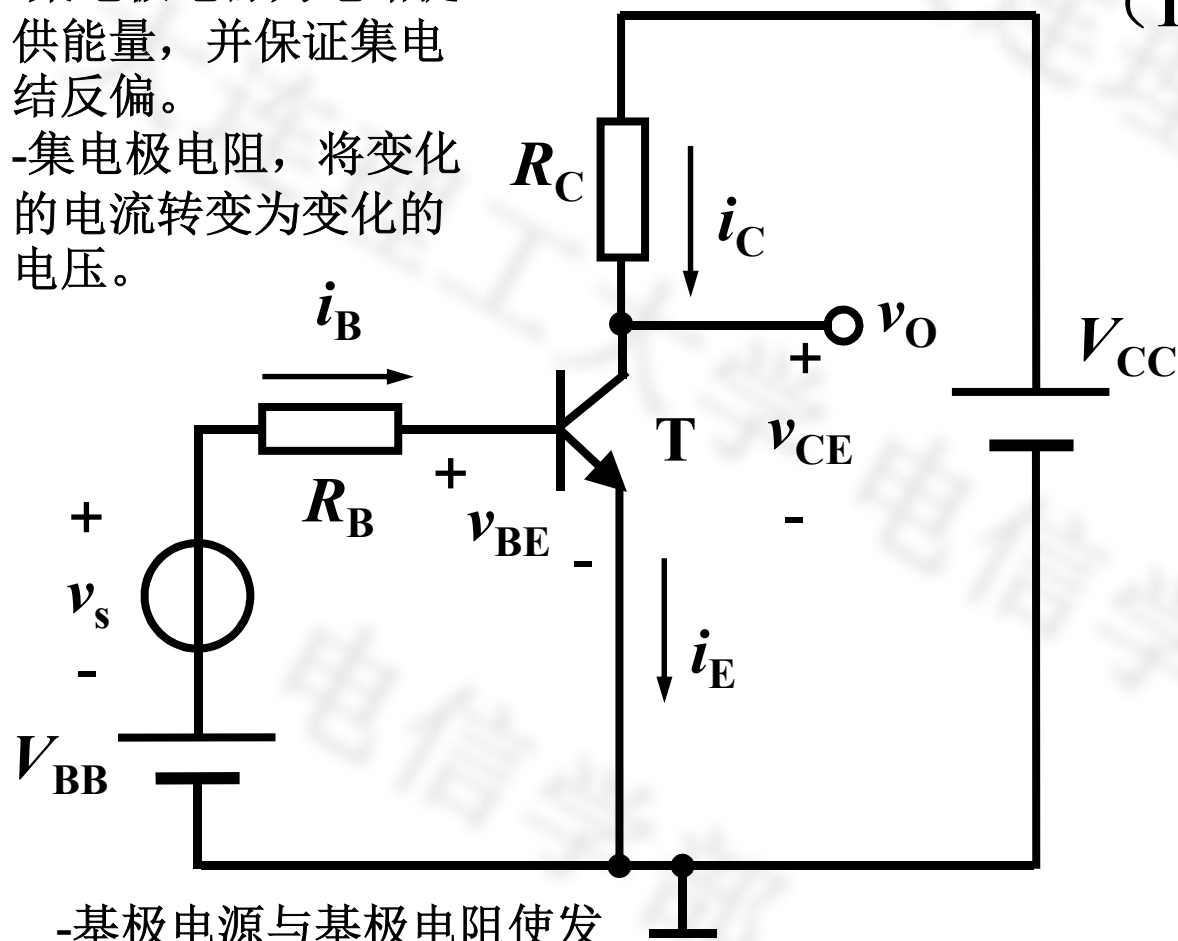
J_e 正偏, J_c 反偏

4.2 基本共射极放大电路

4.2.2 电路结构

-集电极电源为电路提供能量，并保证集电结反偏。

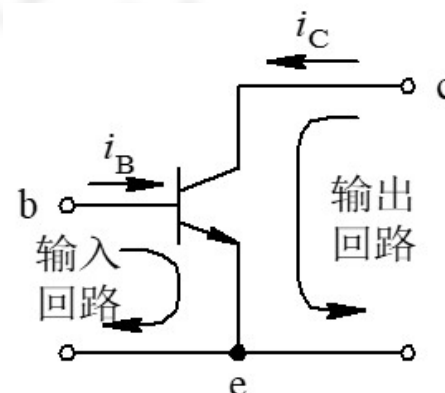
-集电极电阻，将变化的电流转变为变化的电压。



-基极电源与基极电阻使发射结正偏

-交流信号源叠加在 V_{BB} 上

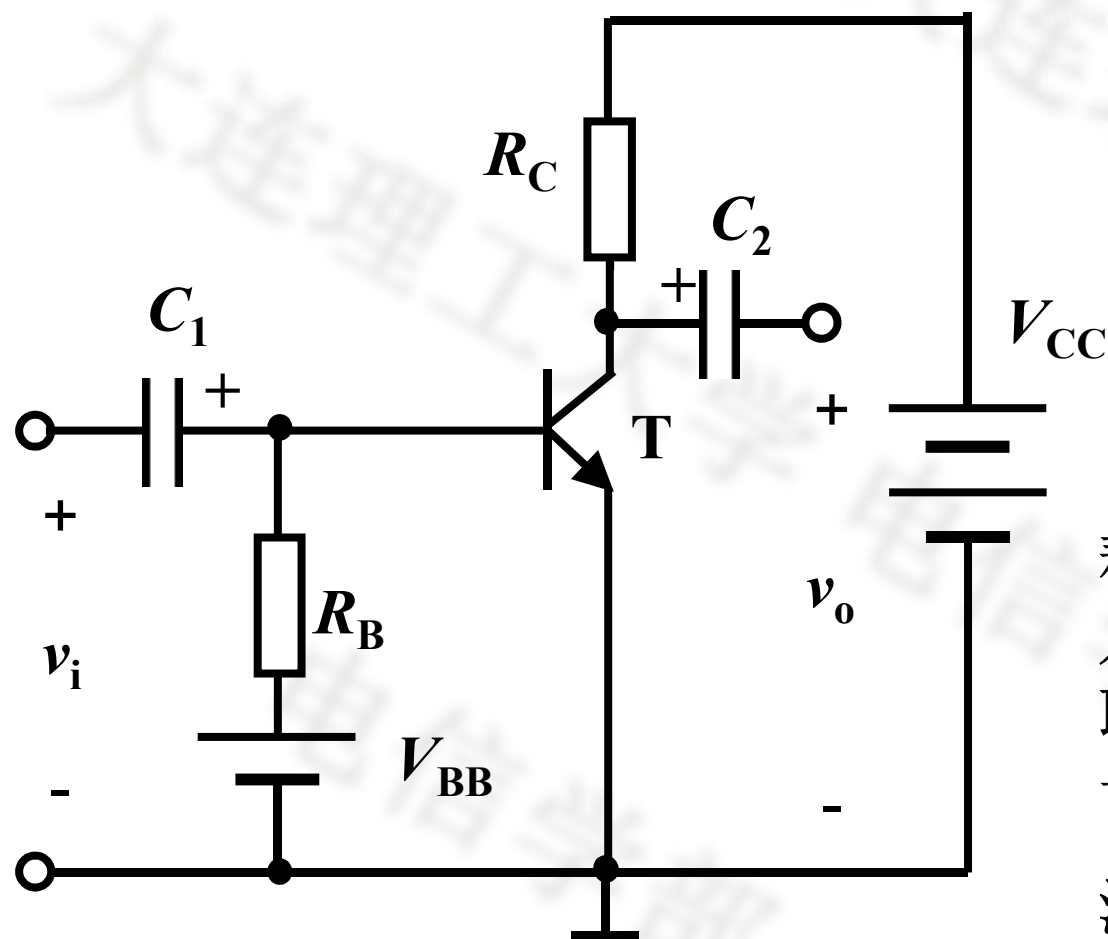
(1) 基本共射放大电路 (原理性电路)



放大元件 **T** 工作在放大区，
要保证集电结反偏，发射结正偏。
 $i_C = \beta i_B$

4.2 基本共射极放大电路

4.2.2 电路结构



交流信号源
实现共地

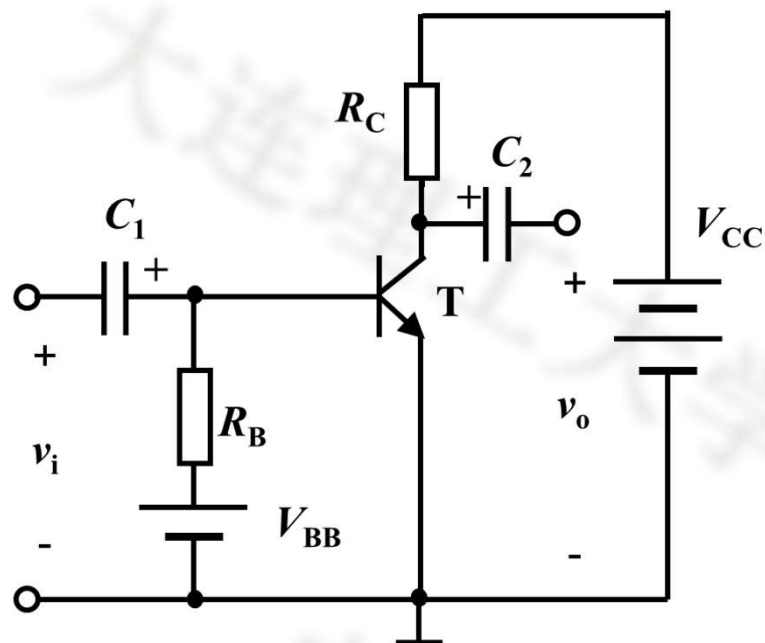
(2) 阻容耦合的
基本共射放大电路

耦合电容 C_1 、 C_2 隔离输入、输出与电路的直流联系，同时能使交流信号顺利输入输出。

注意耦合电容的极性。
(仅考虑直流电源时的高电平端接正极)

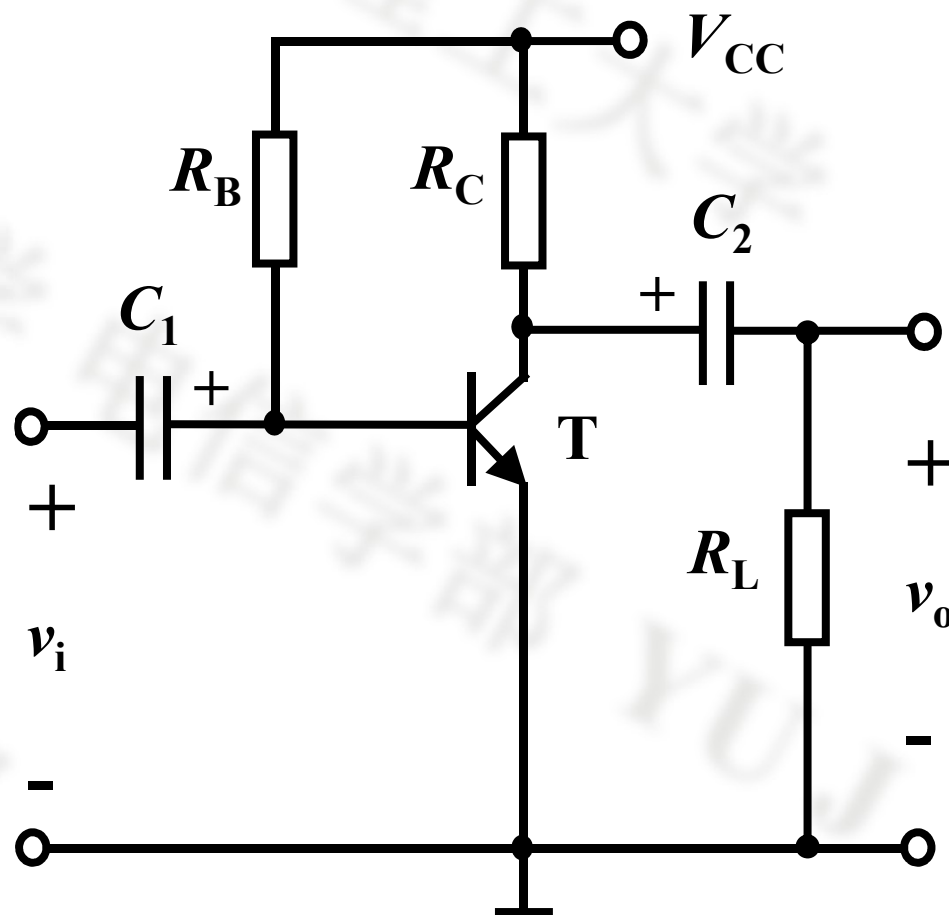
4.2 基本共射极放大电路

4.2.2 电路结构



使用两个电源，
欠缺实用性。
→ 改单电源供电

(3) 实用的共射放大电路

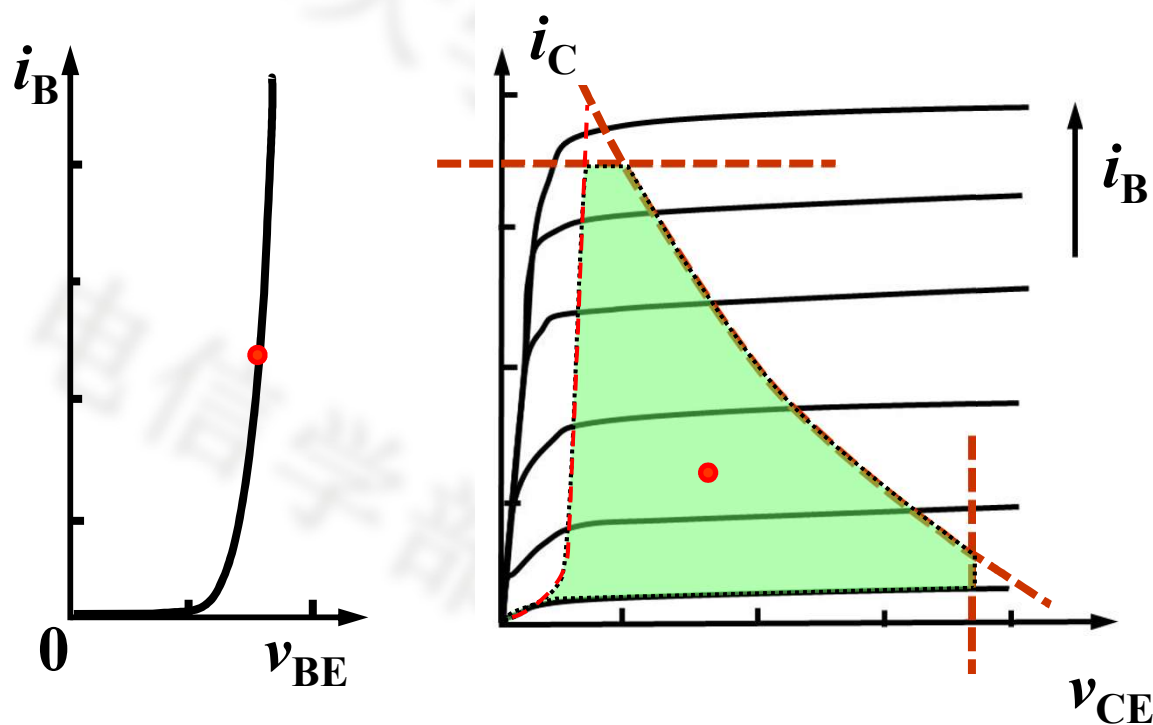


4.3 基本放大电路的分析方法

总信号 = 动态信号 + 直流分量；可分别进行分析。

第一步，静态分析（工作在放大区）

第二步，动态分析（信号的放大效果）



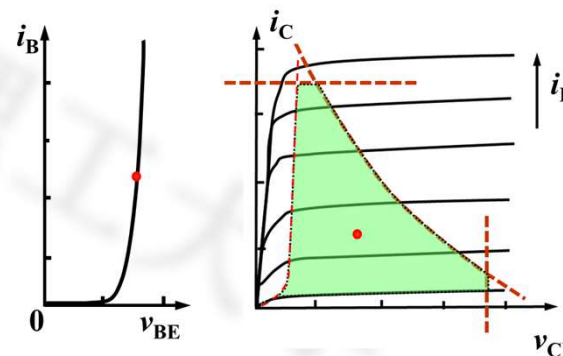
4.3.1 静态分析

DC Analysis

静态分析有两种方法：

一、近似计算法

二、图解分析法 (Graphical Analysis)

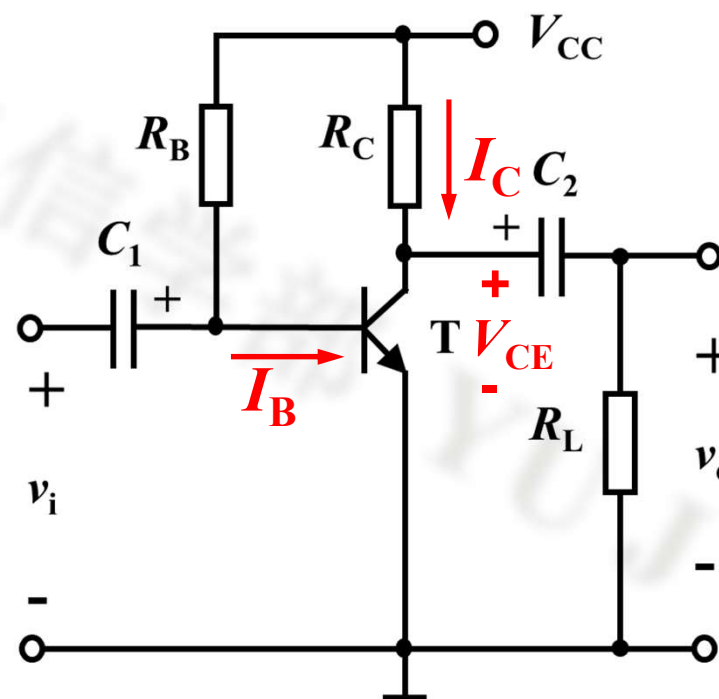


分析路径：直流通路

确保静态工作点Q位于放大区

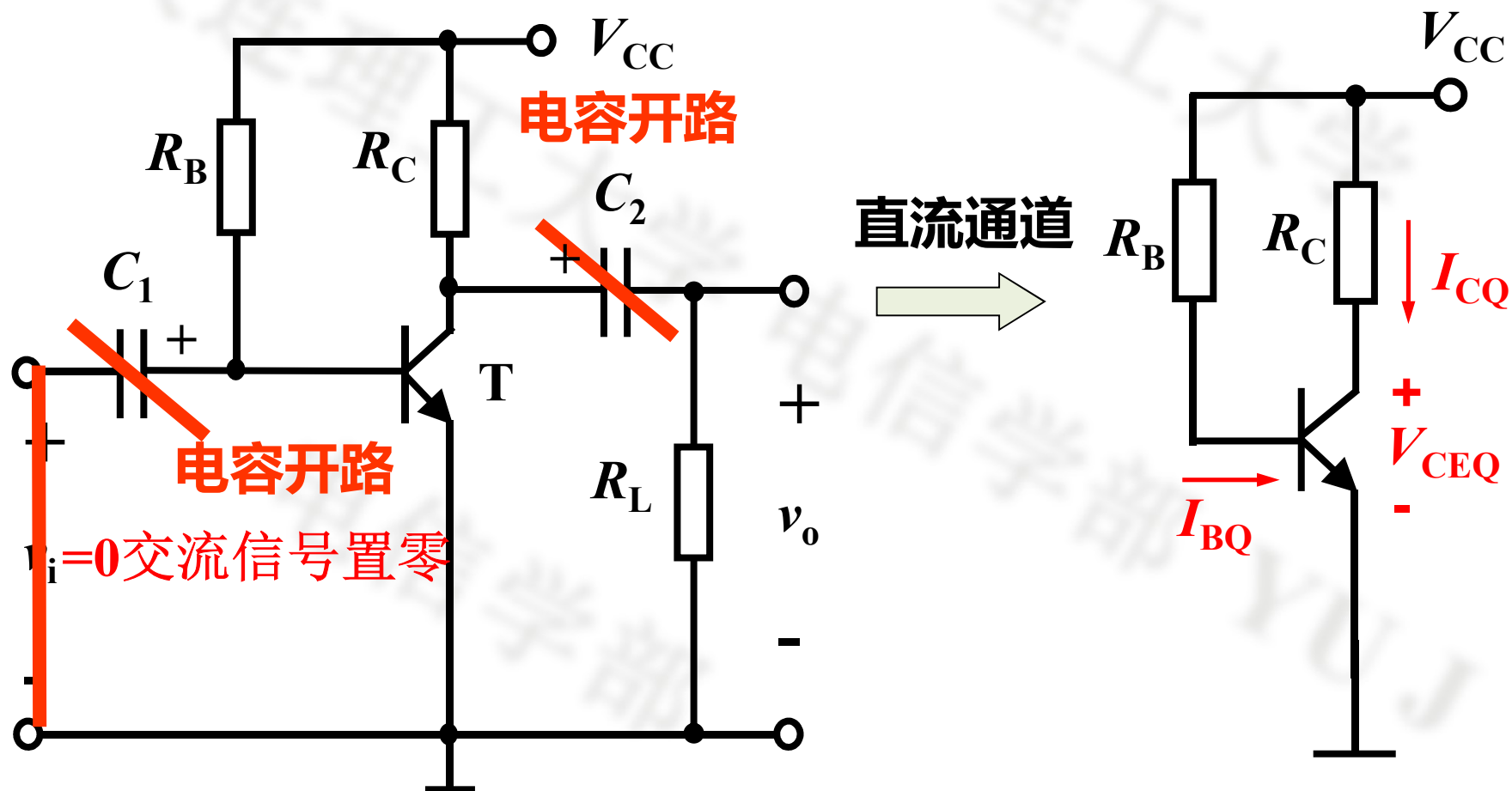
分析对象：Q (Quiescent)

(I_B 、 I_C 和 V_{CE} 的值?)

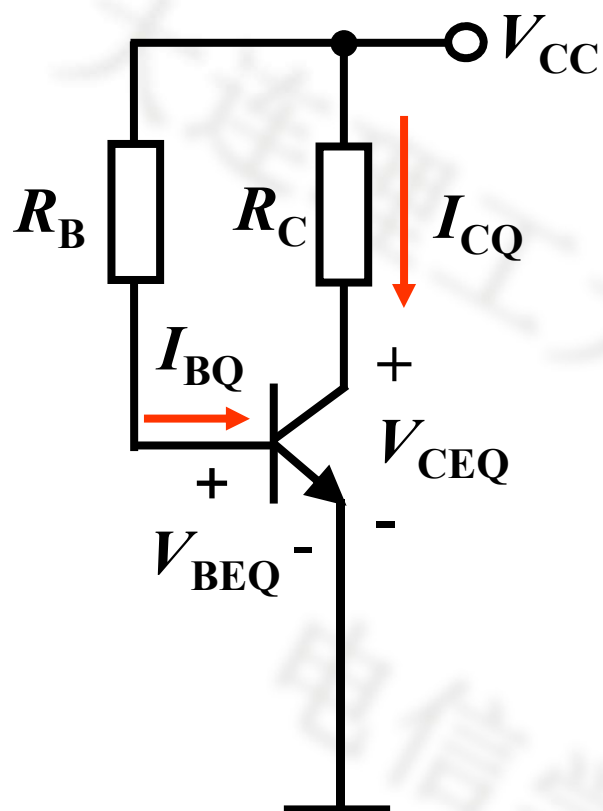


4.3.1 静态分析 一、提取直流通路

做静态分析，只看直流信号。



4.3.1 静态分析 二、近似算法（从发射结正偏着手）



R_B 称为基极偏置电阻，
 I_{BQ} 称为基极偏置电流。

$$\begin{aligned} I_{BQ} &= \frac{V_{CC} - V_{BEQ}}{R_B} \\ &\approx \frac{V_{CC} - 0.7}{R_B} \\ &\approx \frac{V_{CC}}{R_B} \quad V_{CC} \text{远大于 } V_{BE} \text{ 时} \end{aligned}$$

例如，工程上若可接受**10%**误差，
则 $V_{CC} > 10V_{BE}$ 时就可以忽略 V_{BE} 了。

$$\begin{aligned} I_{CQ} &= \beta I_{BQ} \\ V_{CEQ} &= V_{CC} - I_{CQ} R_C \end{aligned}$$

4.3.1 静态分析 二、近似算法----算例

例：用估算法计算静态工作点。

已知： $V_{CC}=12\text{ V}$ ， $R_C=4\text{ k}\Omega$ ，

$R_B=300\text{ k}\Omega$ ， $\beta=37.5$ 。

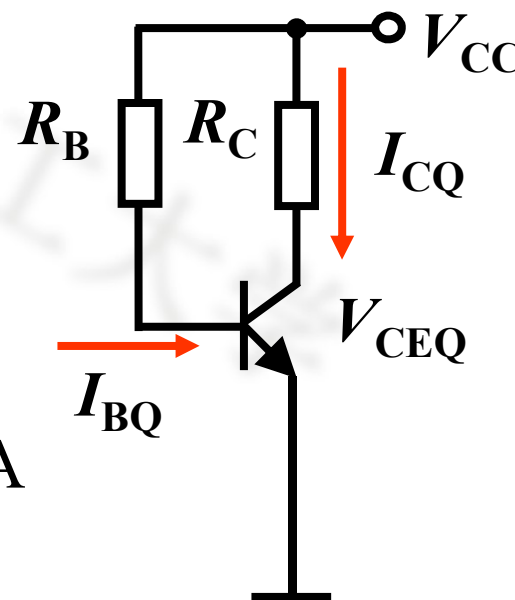
解：
$$I_{BQ} \approx \frac{V_{CC}-0.7}{R_B} \approx \frac{12}{300\text{k}} = 0.04\text{mA} = 40\mu\text{A}$$

$$I_{CQ} \approx \beta I_{BQ} = 37.5 \times 0.04\text{mA} = 1.5\text{mA}$$

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}R_C = 12 - 1.5 \times 4 = 6\text{V}$$

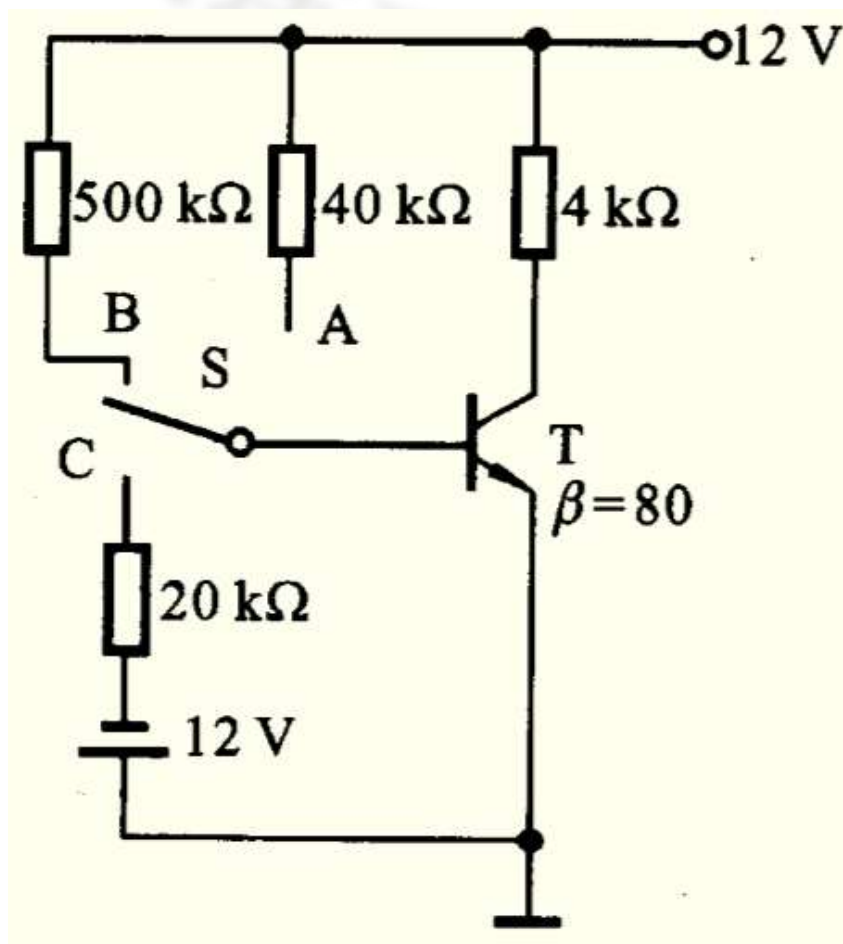
注意： I_{CQ} 是 I_{BQ} 的 β 倍，即大了几十~几百倍。

I_{BQ} 通常几十~几百微安， I_{CQ} 通常几~几百毫安。



练习：已知T的 $V_{BEQ}=0.6V$ ， I_{CEO} 和 V_{CES} 可忽略不计，试分析当S分别接通A、B、C三个位置时，T的工作区域？并估算 I_C 。

解： $I_{C\text{MAX}} = 12/(4\text{ k}) = 3\text{ mA}$



(1) 接A,

$$I_B \approx 12/(40\text{ k}) = 0.3\text{ mA}$$

$$\beta I_B = 80 * 0.3\text{ mA} > I_{C\text{MAX}}$$

所以工作在饱和区。

$$I_C \approx 12/(4\text{ k}) = 3\text{ mA};$$

(2) 接B,

$$I_B \approx 12/(500\text{ k}) = 24\text{ uA}$$

$$\beta I_B = 80 * 24\text{ u} = 1.92\text{ mA} = I_C$$

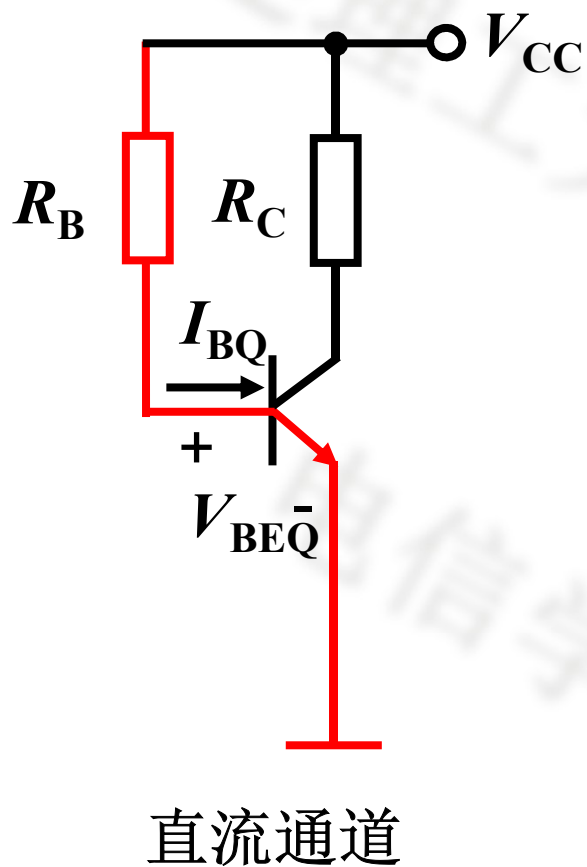
工作在放大区；

(3) 接C, $v_{BE} < 0$, 截止区；

$$I_C \approx 0$$

4.3.1 静态分析 三、图解分析

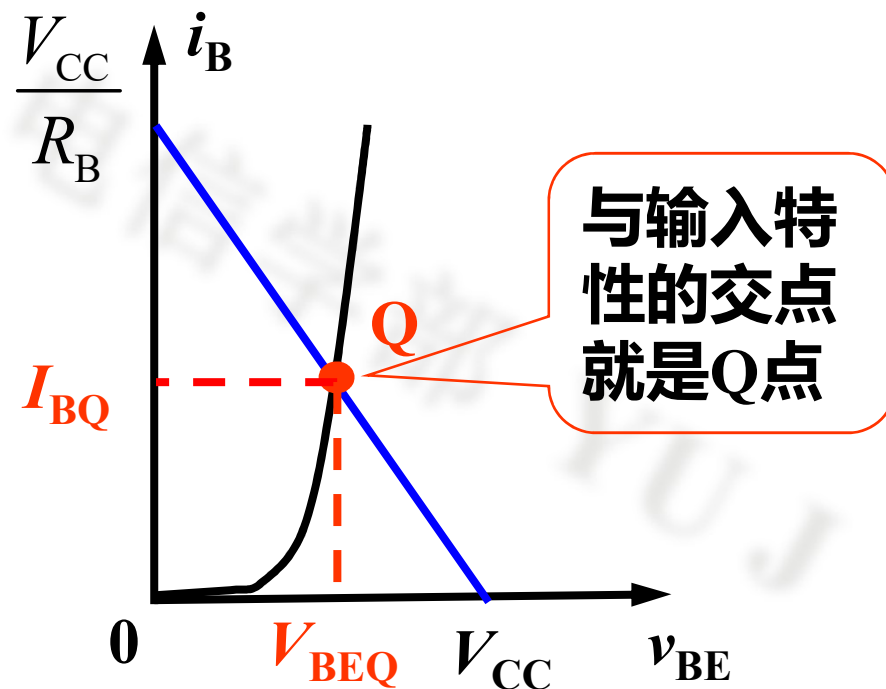
(1) 输入回路



从发射结正偏着手

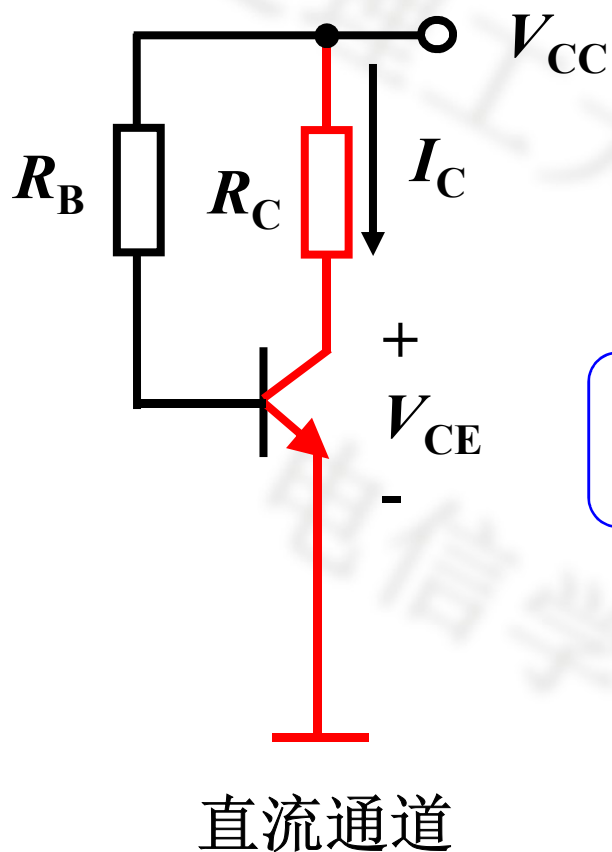
(1) 三极管的输入特性。

(2) 电阻 R_B : $v_{BE} = V_{CC} - i_B R_B$



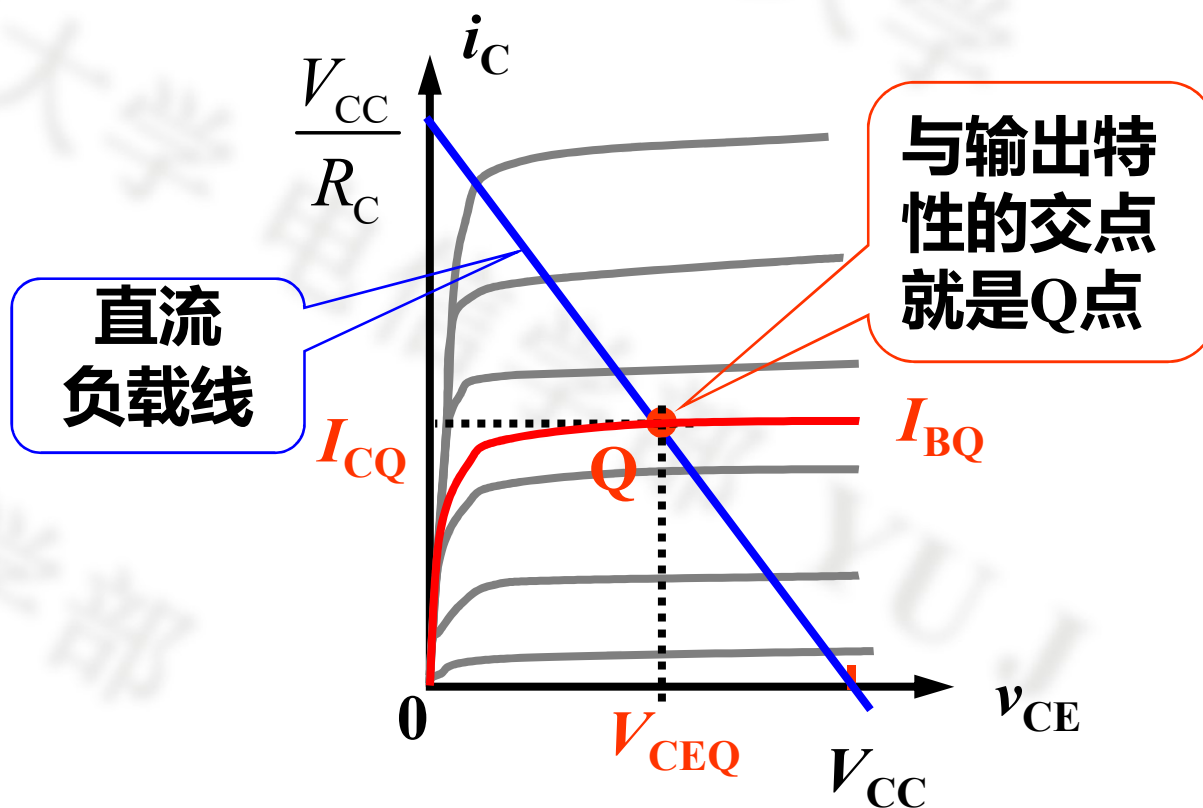
4.3.1 静态分析 三、图解分析

(2) 输出回路



(1) 三极管的输出特性。

(2) 电阻 R_C : $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$



4.3.2 动态分析 AC Analysis

动态分析有两种方法：

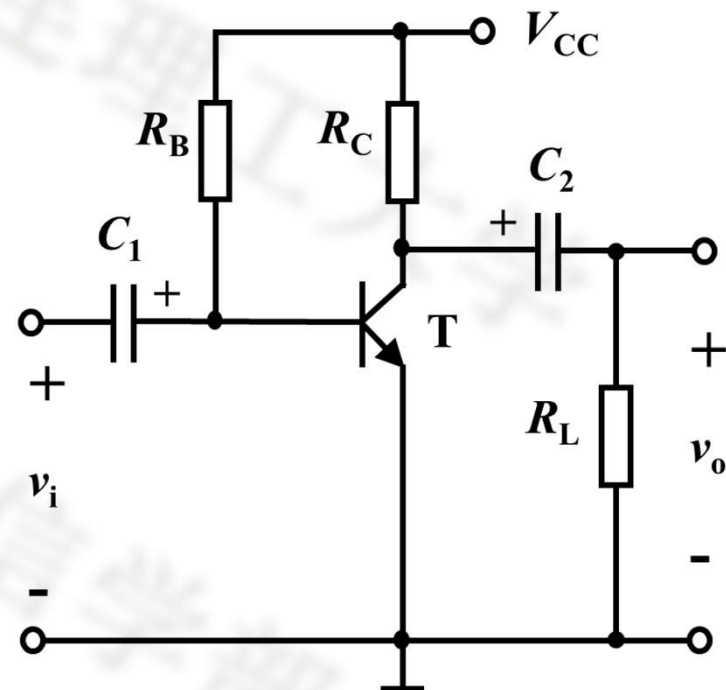
一、图解分析法

二、小信号模型分析法

(微变等效电路法)

分析路径：交流通路

分析对象： \dot{A}_v R_i R_o



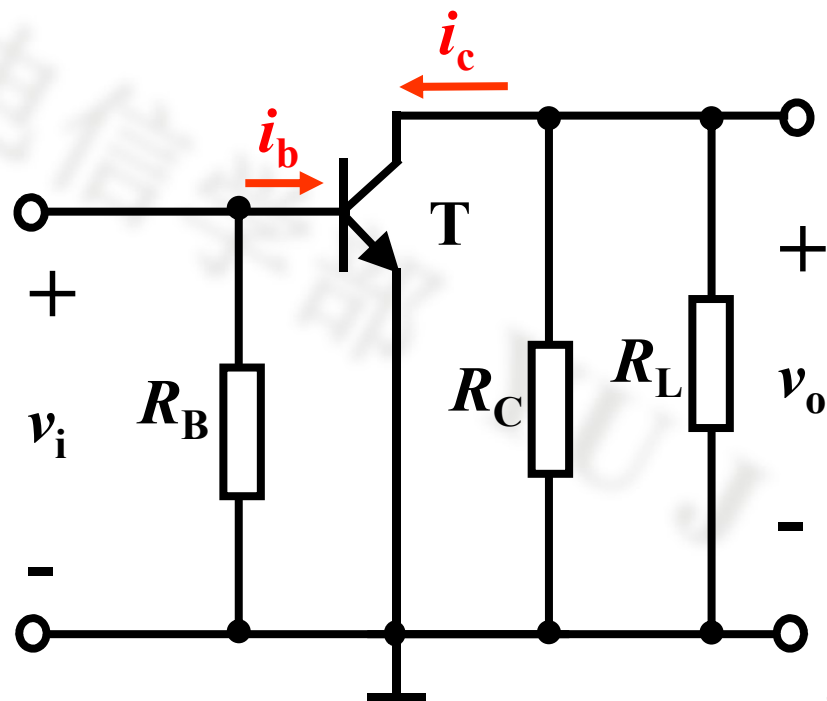
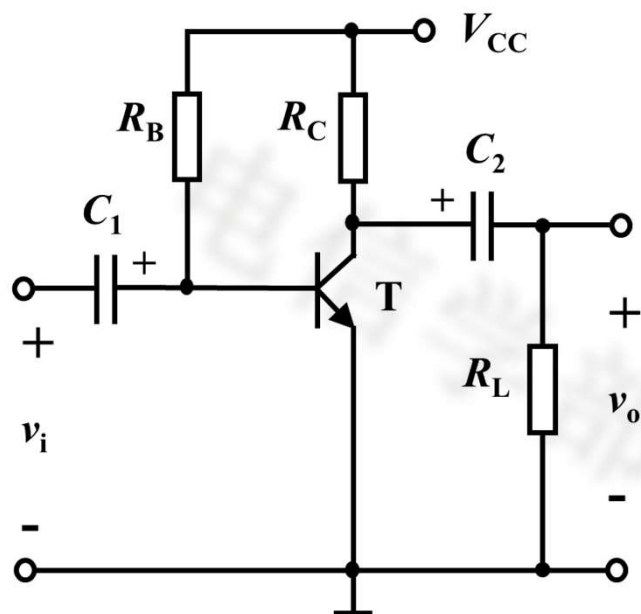
4.3.2 动态分析 AC Analysis

一、交流通路

电阻和晶体管不变；

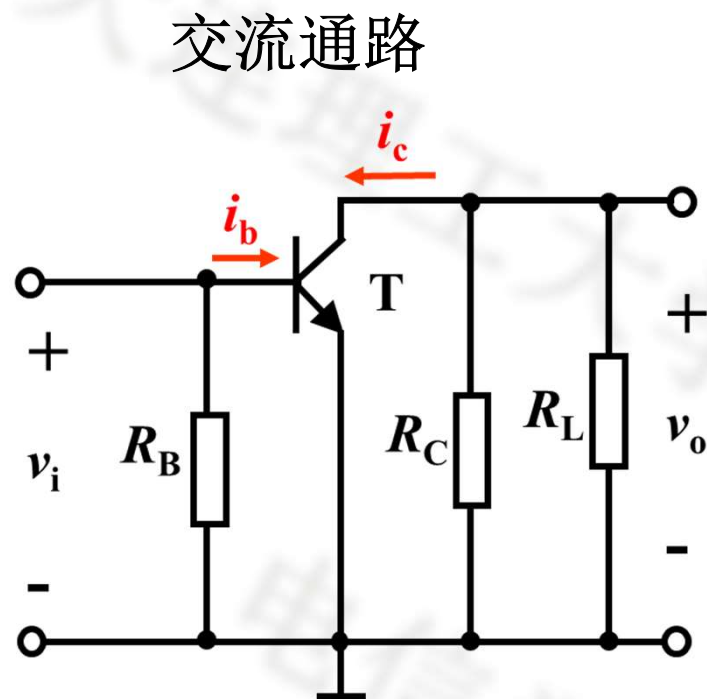
耦合、旁路电容短路；

直流电压源置零（接地）。



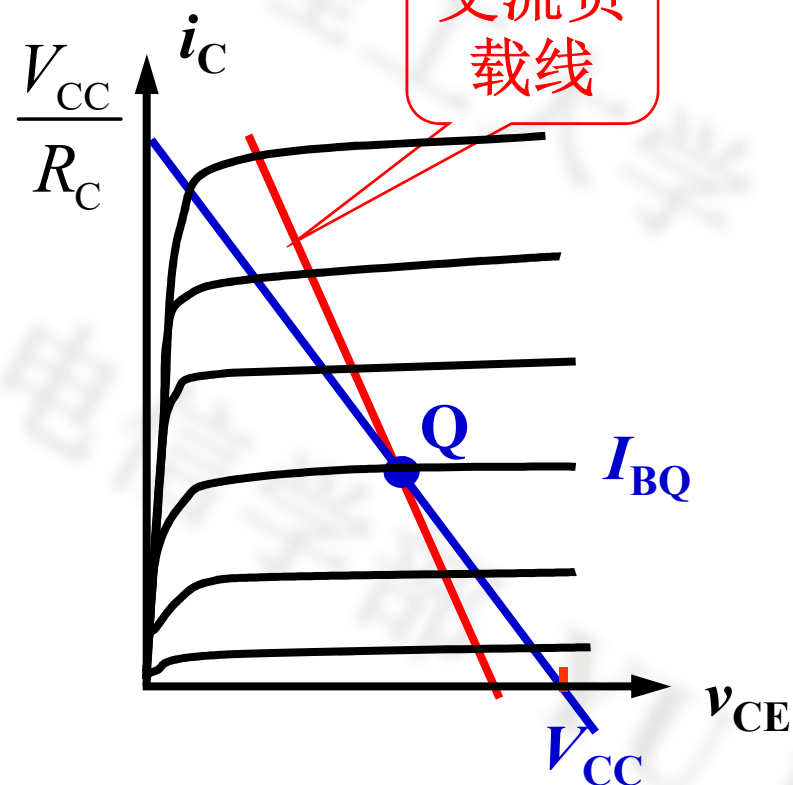
4.3.2 动态分析 二、图解分析法

(1) 交流负载线



$$v_{ce} = v_o = -i_c R'_L$$

$$R'_L = R_L // R_C$$

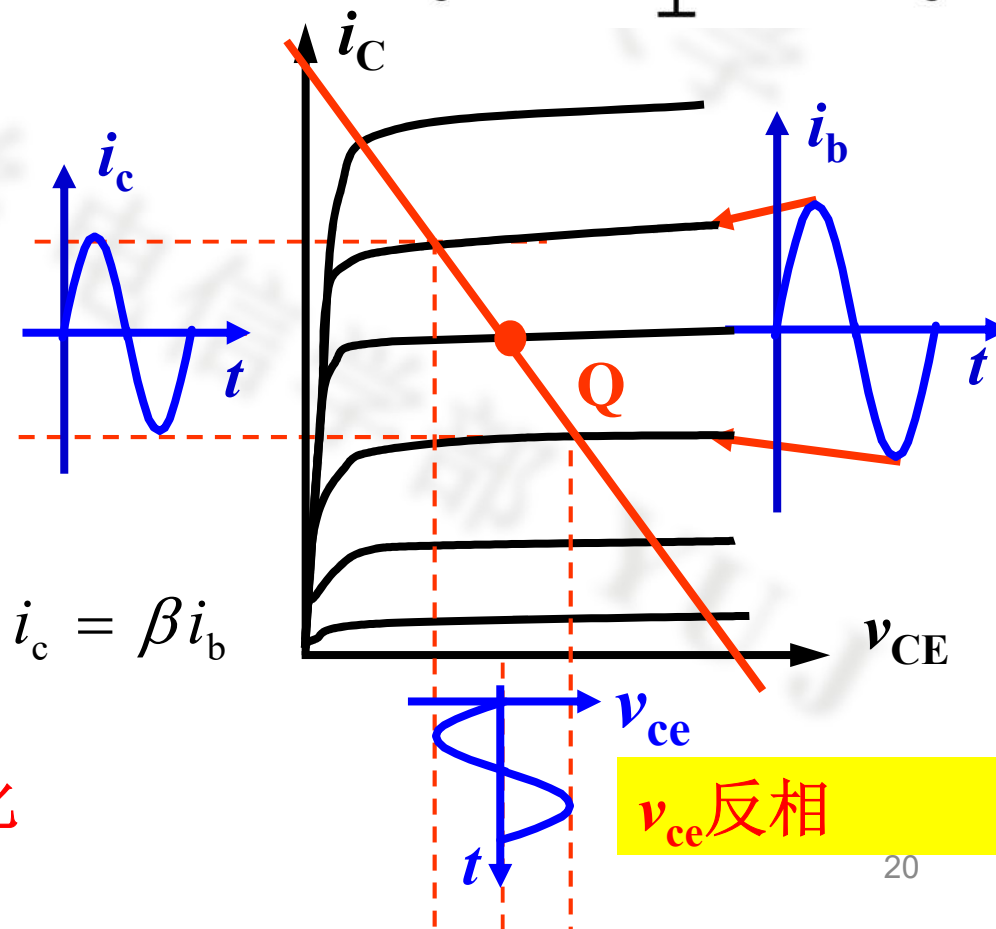
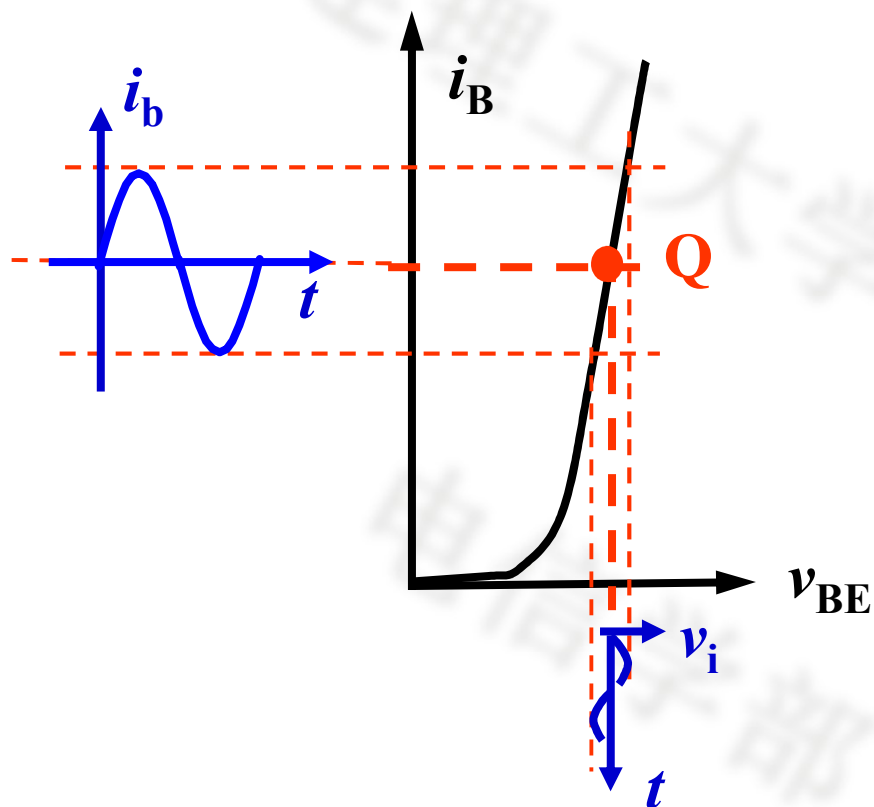
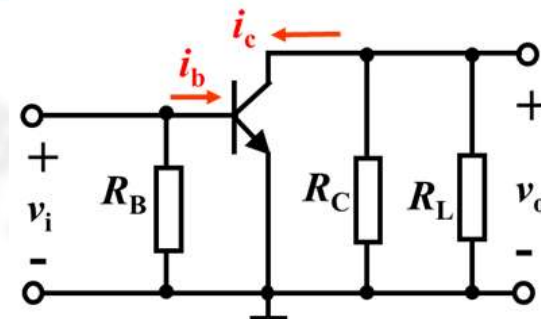


过Q点作交流负载线，斜率为： $-\frac{1}{R'_L}$

4.3.2 动态分析 二、图解分析法 (2) 动态工作情况分析

$v_o = v_{ce}$
怎么变化?

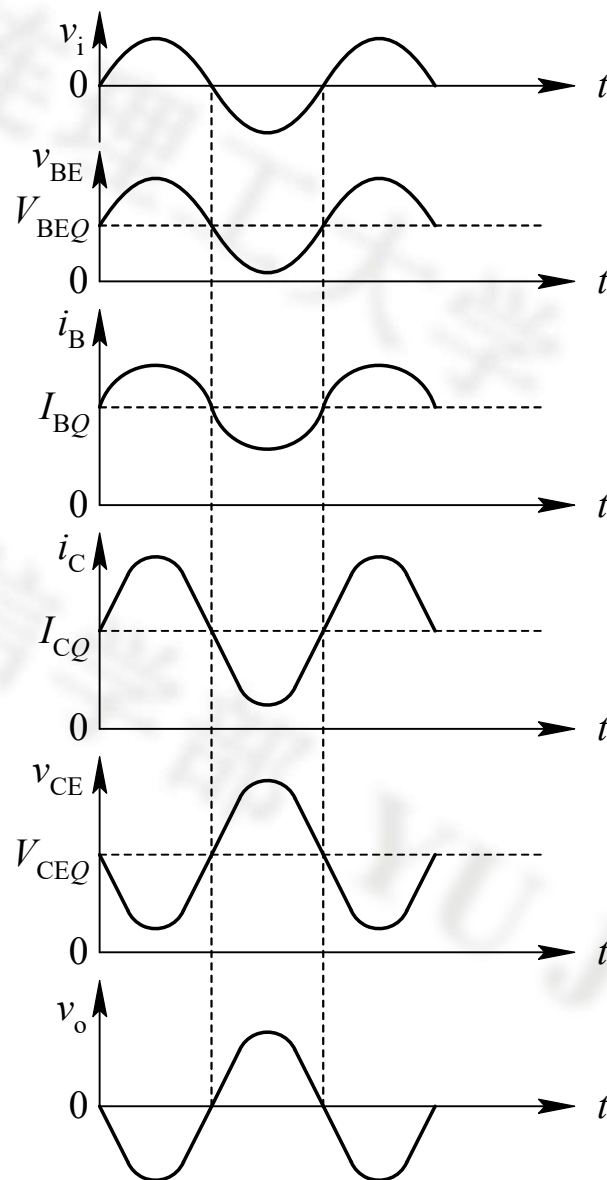
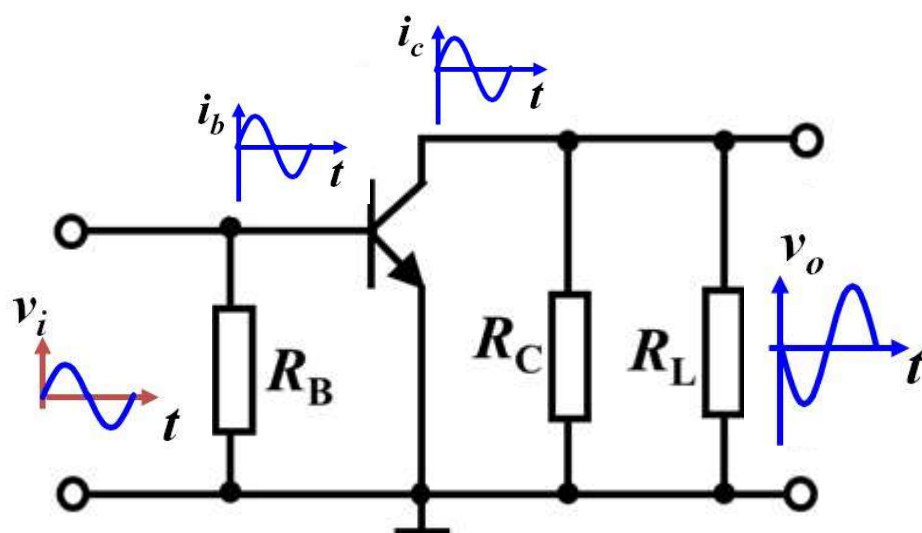
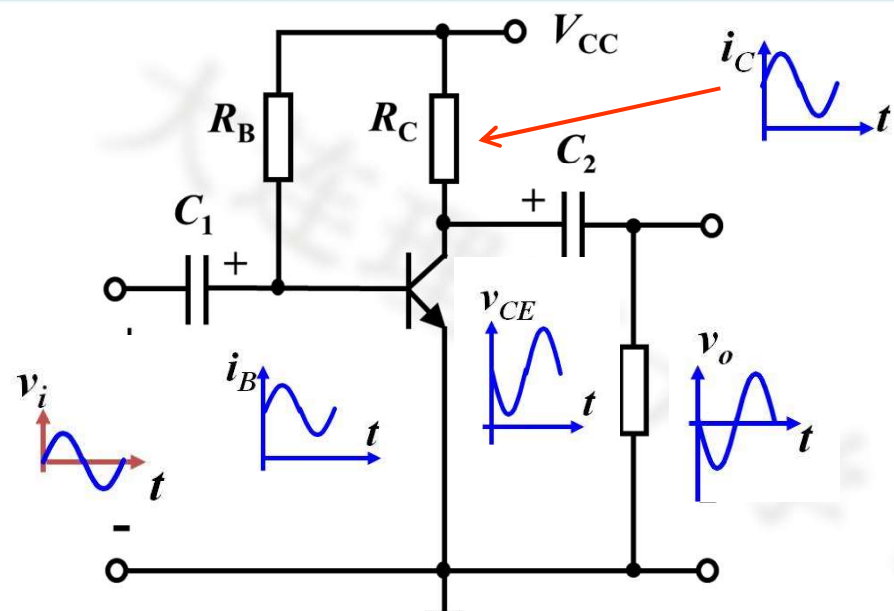
$$v_{ce} = v_o = -i_c R'_L$$



假设 v_{BE} 有一微小的变化

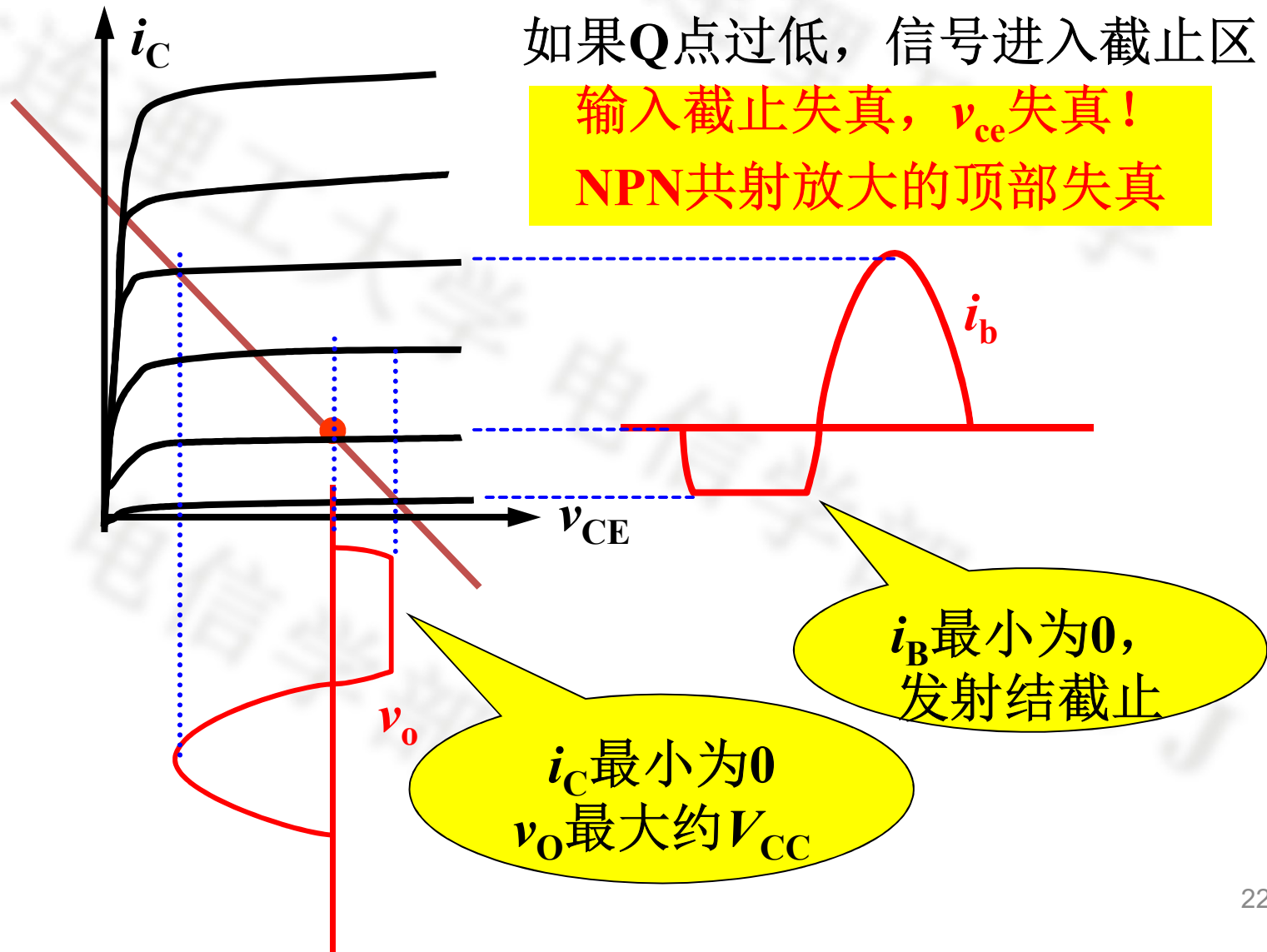
v_{ce} 反相

4.3.2 动态分析 二、图解分析法 (2) 动态工作情况分析

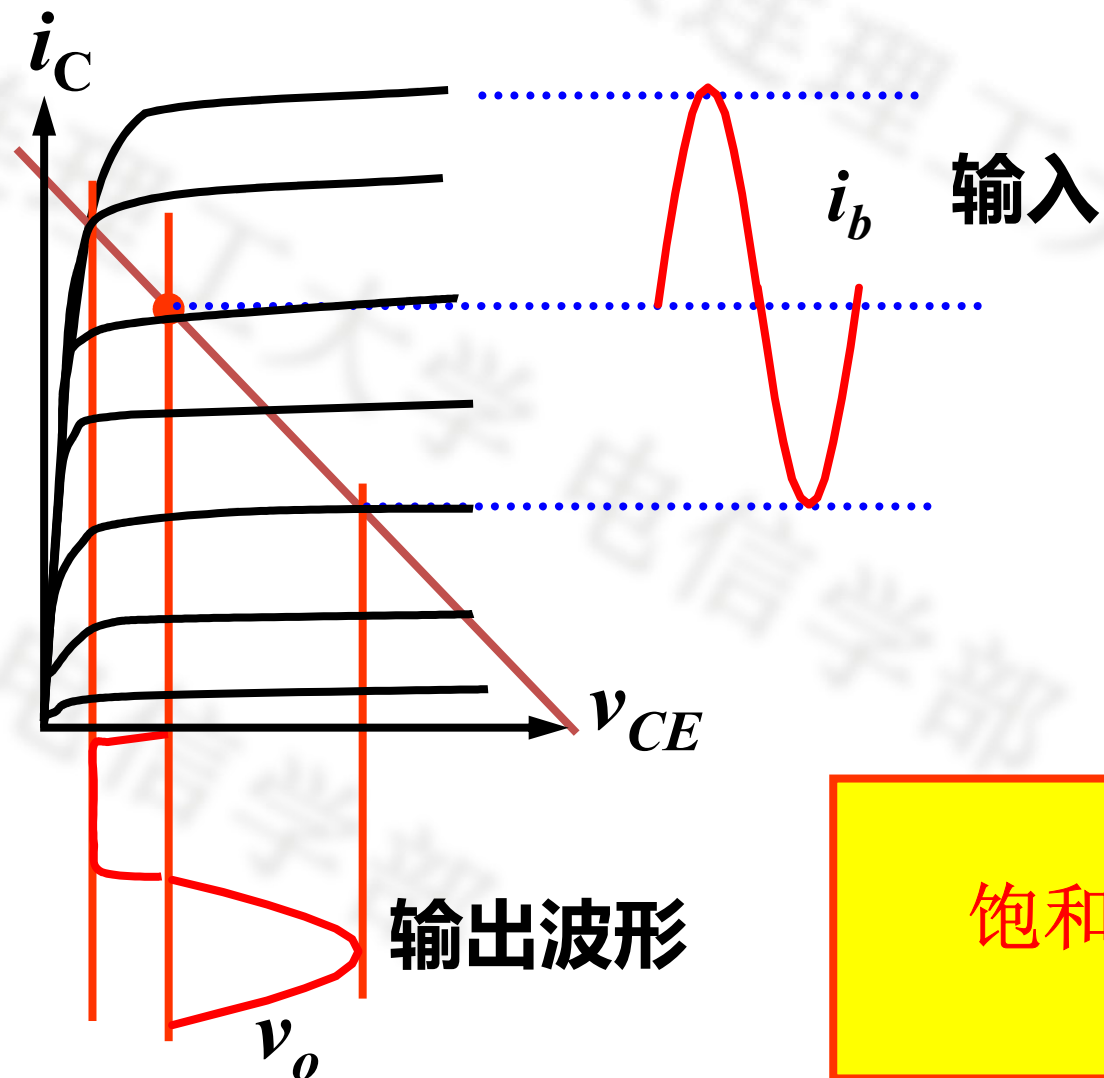


4.3.2 动态分析 二、图解分析法

(3) 静态工作点与非线性失真

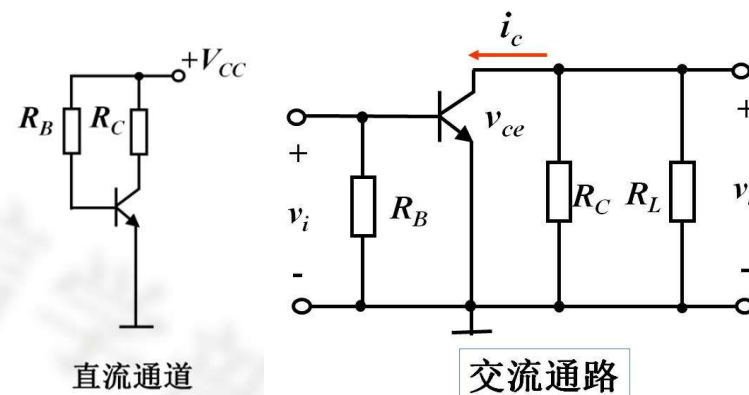
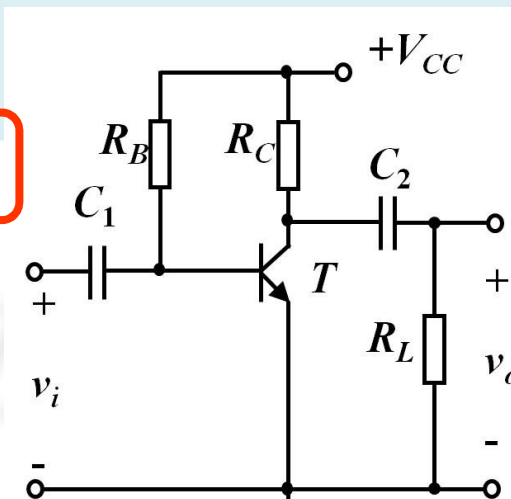
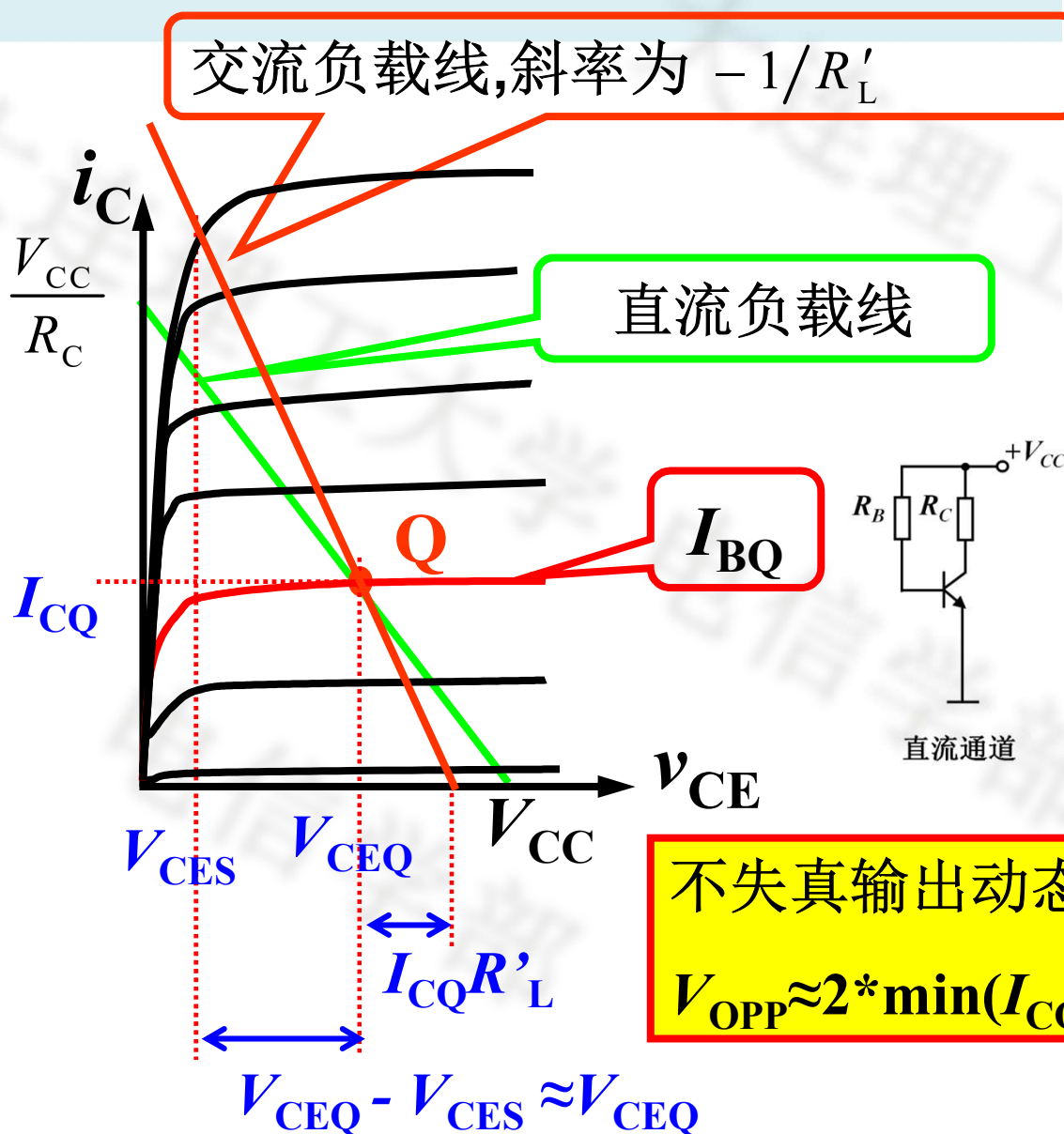


Q点过高，信号进入饱和区



饱和失真

图解法总结



不失真输出动态范围:

$$V_{OPP} \approx 2 * \min(I_{CQ}R'_L, V_{CEQ})$$

静态工作点对波形失真的影响

在放大电路中，输出信号应该成比例地放大输入信号（即线性放大）；如果两者不成比例，则输出信号不能反映输入信号的情况，放大电路产生非线性失真。

为了得到尽量大的输出信号，要把Q设置在交流负载线的中间部分。如果Q设置不合适，信号进入截止区或饱和区，造成非线性失真。

最大不失真输出电压

由于受晶体管截止和饱和的限制，放大器的不失真输出电压有一个范围，其最大值称为放大器输出动态范围。

静态工作点偏低时，因受截止失真限制，其最大不失真输出电压的幅度为

$$V_{om} = I_{CQ} R'_L$$

静态工作点偏高时，而因饱和失真的限制，最大不失真输出电压的幅度则为

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

输出动态范围 $V_{opp} = 2V_{om}$

4.2 & 4.3 BJT共射放大电路分析

本节小结

掌握：直流通路、交流通路

掌握：静态分析计算方法；

掌握：利用图解法分析Q点和非线性失真

预习：BJT的小信号分析法

作业（下周一交）

4.2.1； 4.3.5

问题？



群名称:模电2018_生医和计算机
群 号:561745191