

请扫码登记

无线网名称：B3A06， 无线网密码：beihang41



助教：
芦家琪
李伟祥



核心专业课
B3I493220

微电子器件实验

彭守仲

北京航空航天大学 微电子学院

第一馆203办公室 shouzhong.peng@buaa.edu.cn

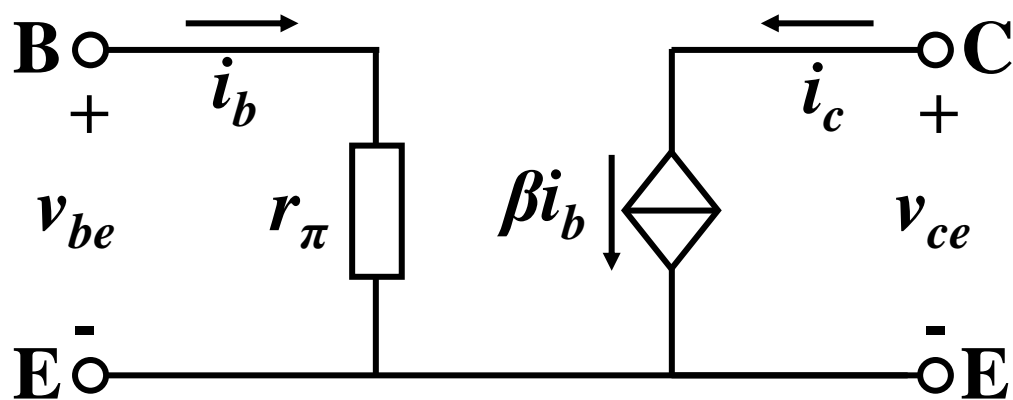
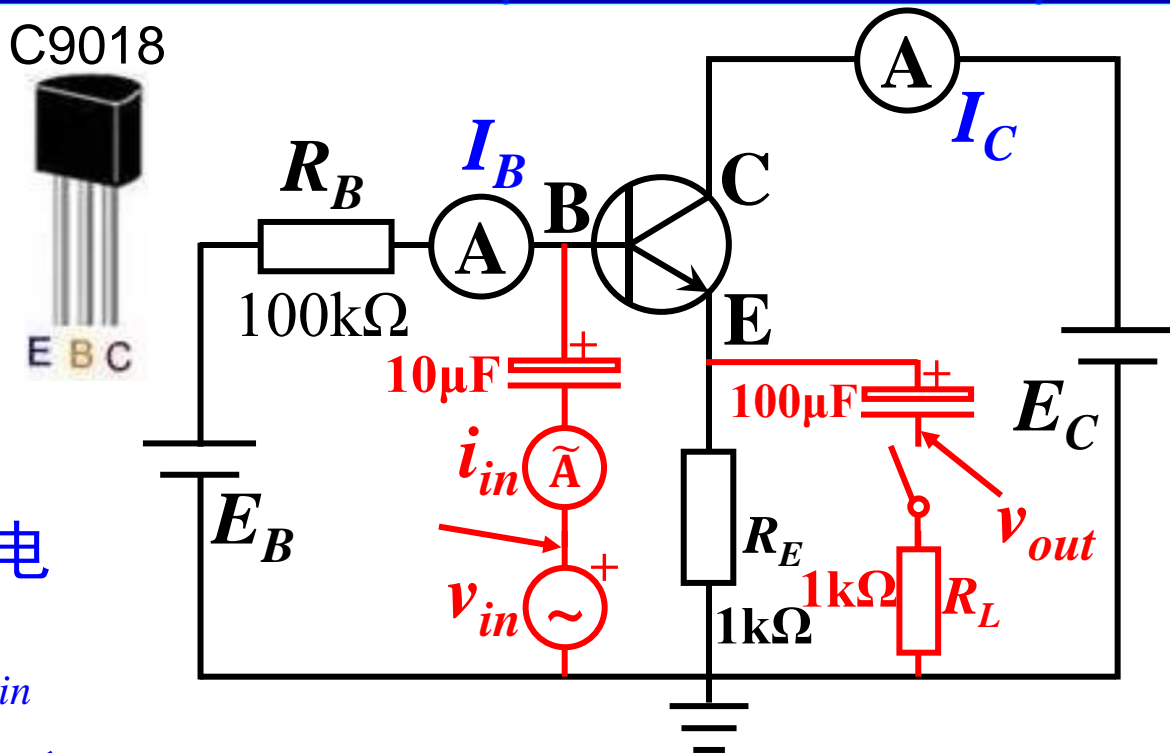
2020年11月25日

回顾：共集放大电路



■ 放大电路参数测量

1. E_B 不变, 使 $E_C = 12V$
2. 任意波形发生器输出
1KHz、 $1V_{PP}$ 信号 v_b
3. 用示波器测量 v_{in} 和 R_L 的电压波形, 用万用表测量 i_{in}
4. 计算电压放大倍数 A_v 、电流放大系数 A_i 和输入电阻 R_{in}
5. 断开 R_L 测量 v_{out1} , 连接 R_L 测量 v_{out2} , 计算输出电阻 R_{out}



回顾：共集放大电路

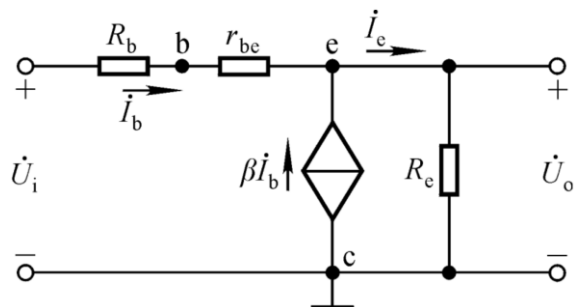
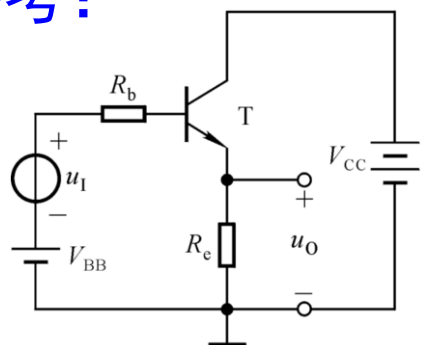


■ 放大电路参数测量

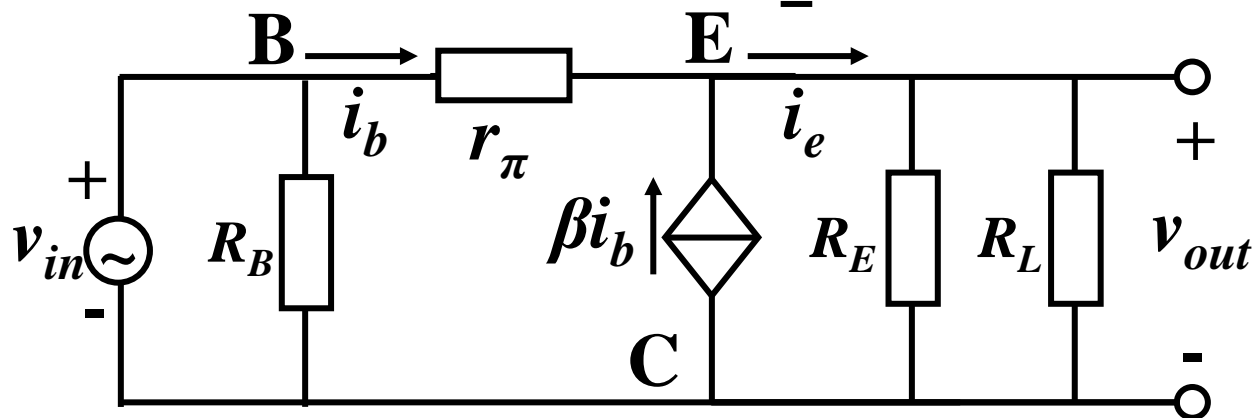
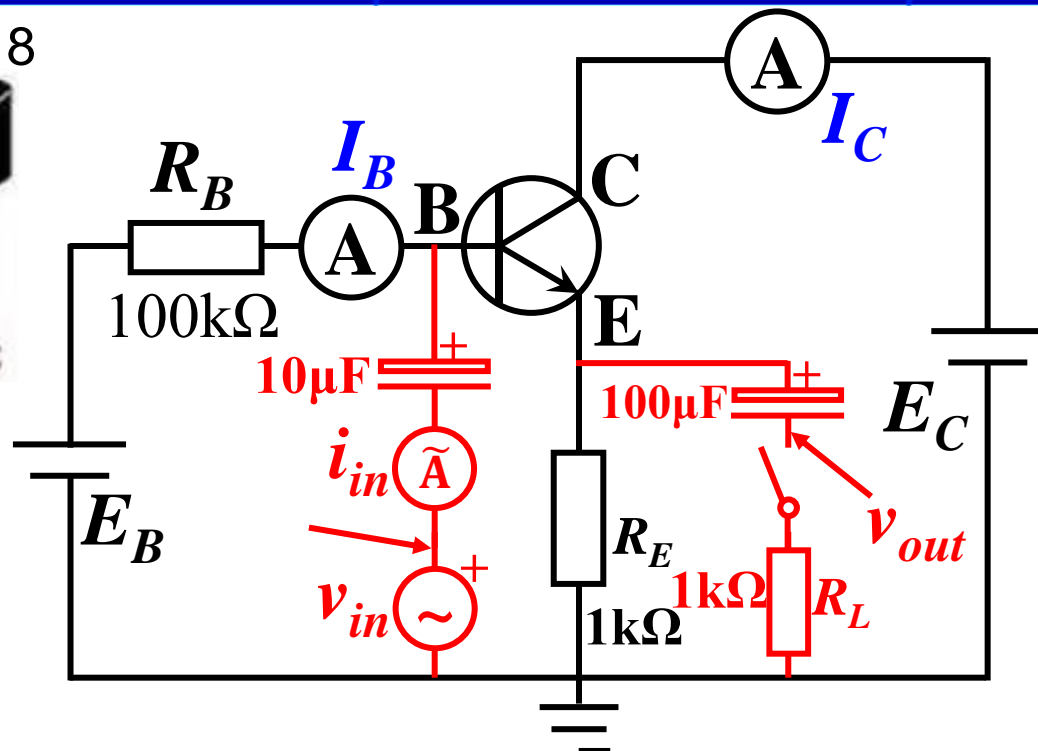
画出低频交流小信号

等效电路（课堂测试）

参考：



C9018



基本放大电路



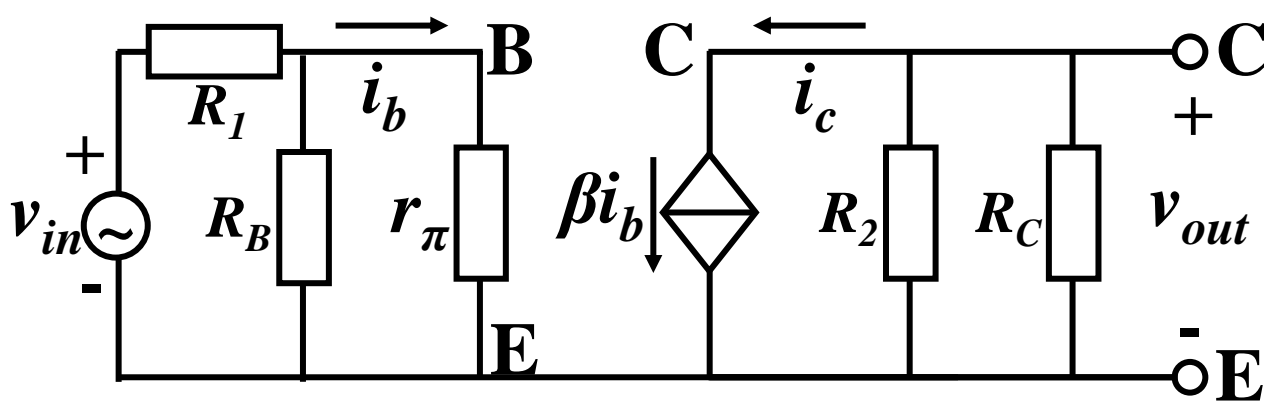
■ 晶体管单管放大电路

■ 共射放大电路

■ 共集放大电路（射随器）

■ 共基放大电路

■ （交流等效电路中以某一端口为公共端）



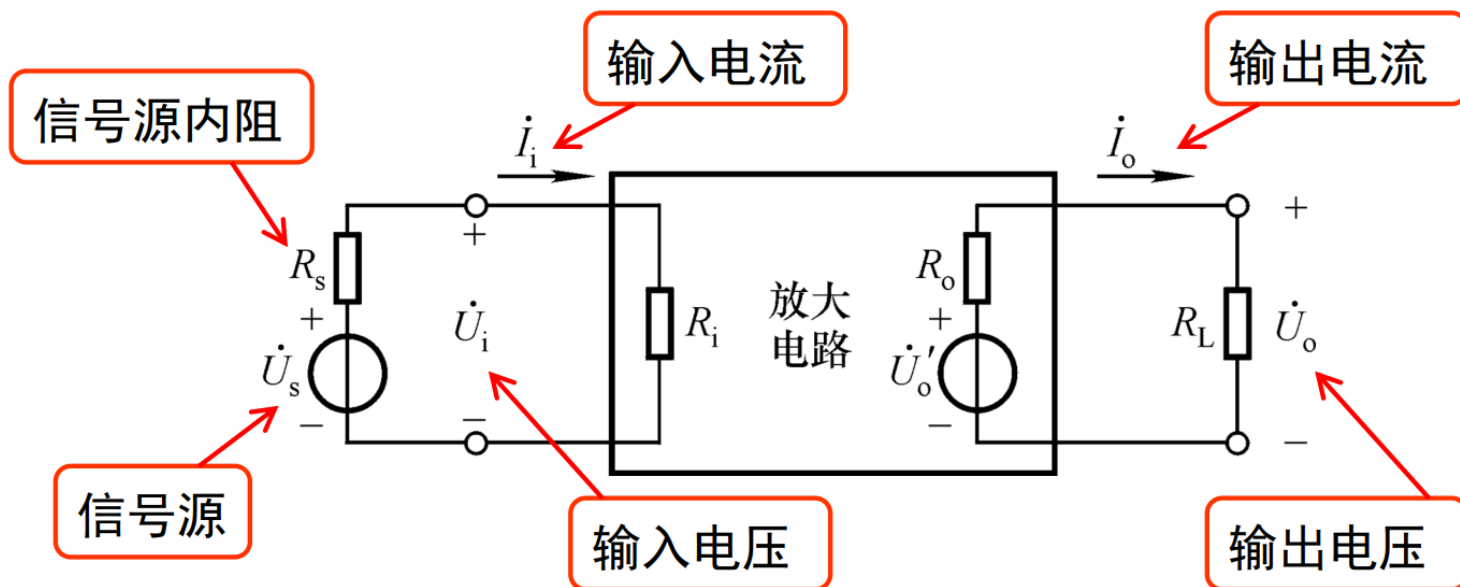
共射放大电路

基本放大电路



■ 电压或电流放大倍数（增益）的测量方法

任何放大电路均可视为二端口网络。



放大倍数/增益：输出量与输入量之比。注意：是变化量之比。

$$A_v = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} \quad \text{最常用}$$

$$A_i = \frac{\dot{I}_o}{\dot{I}_i}$$

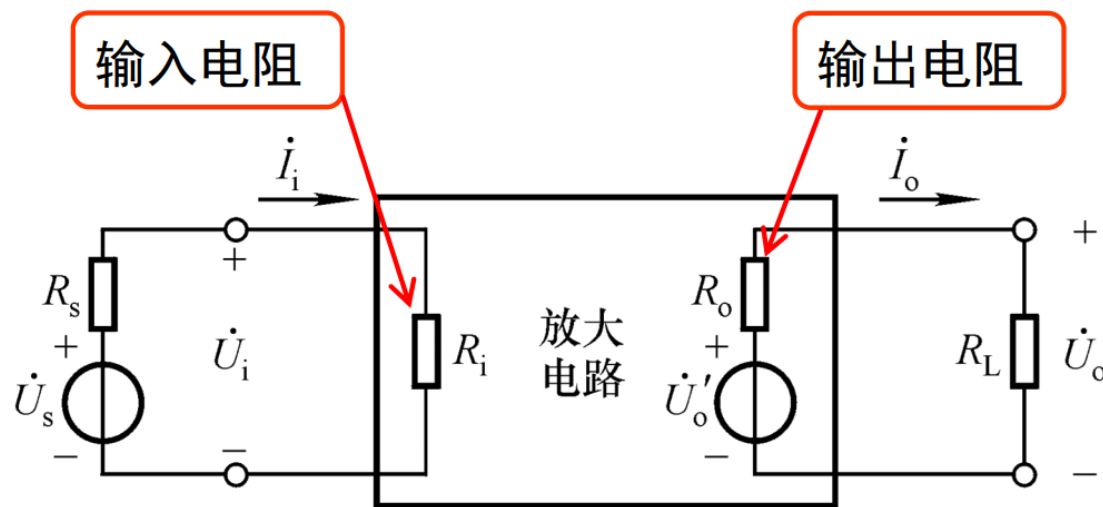
$$A_{ui} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{I}_i}$$

$$A_{iu} = \frac{\dot{I}_o}{\dot{U}_i}$$

基本放大电路



■ 输入电阻和输出电阻的测量方法



输入电阻 $R_i = \frac{\dot{U}_i}{\dot{I}_i}$

$\xrightarrow{\text{示波器测量有效值}}$

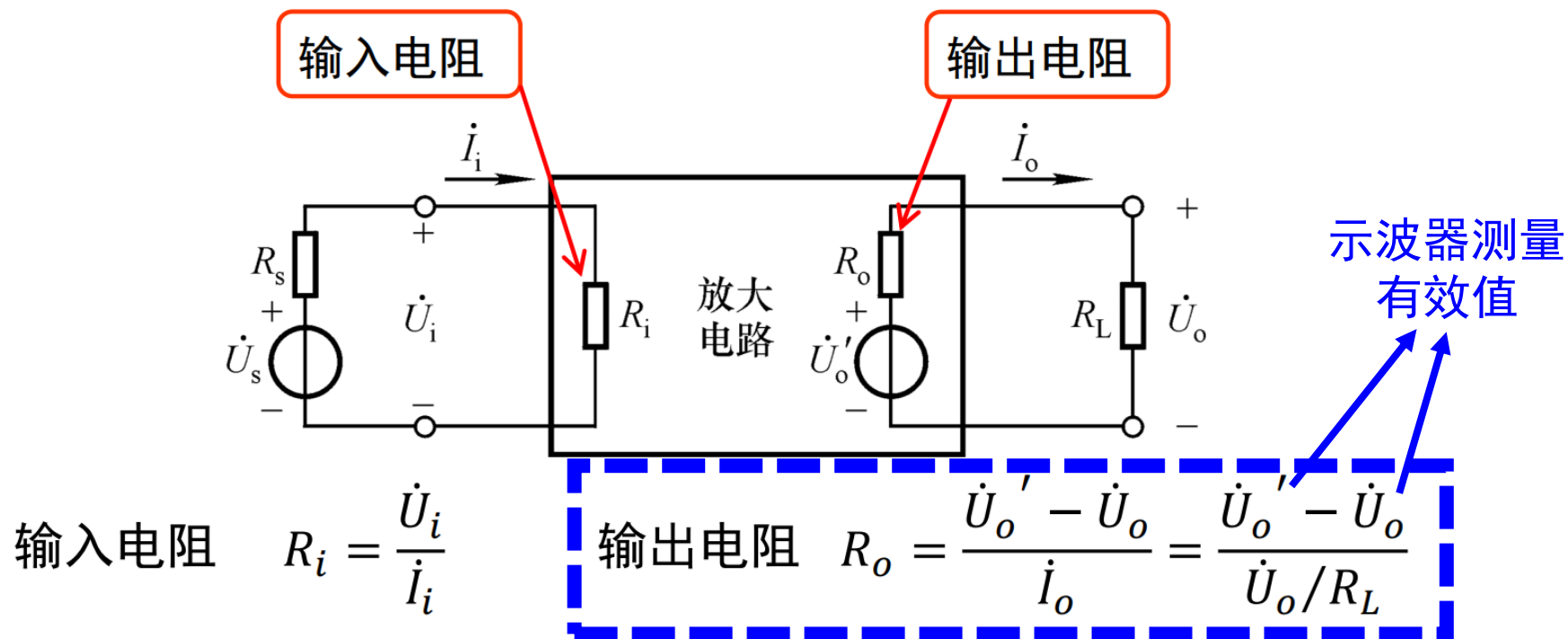
$\xrightarrow{\text{万用表测量有效值}}$

对输出电阻的直观理解：将放大器的输出等效为电压源，其内阻就是输出电阻。可用戴维南定理求解（从负载端看进去，令 $\dot{U}_o' = 0$ ）。

基本放大电路



■ 输入电阻和输出电阻的测量方法

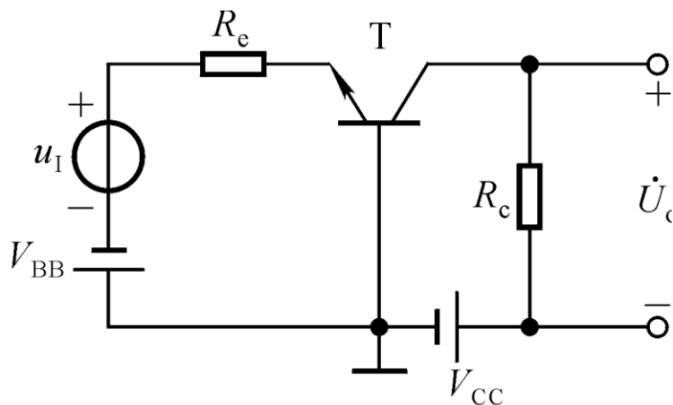


对输出电阻的直观理解：将放大器的输出等效为电压源，其内阻就是输出电阻。可用戴维南定理求解（从负载端看进去，令 $\dot{U}_o' = 0$ ）。

基本放大电路



■ 共基放大电路：直流通路



注意：
 V_{CC} 变化时 I_B 将发生变化

$$I_{EQ} = \frac{V_{BB} - U_{BEQ}}{R_e} \quad I_{BQ} = \frac{I_{EQ}}{1 + \beta} \quad I_{CQ} = \frac{\beta I_{EQ}}{1 + \beta} \approx I_{EQ}$$

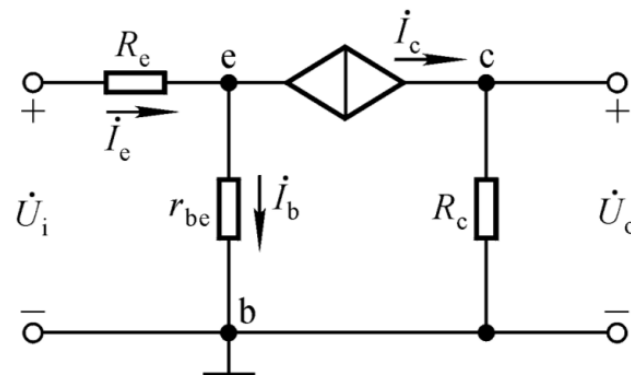
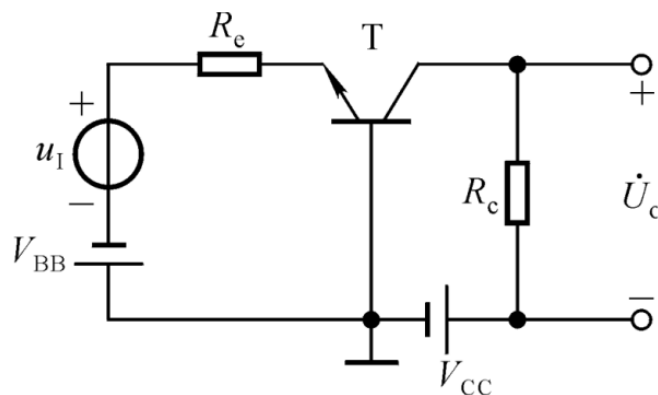
$$U_{CEQ} = U_{CQ} - U_{EQ} = (V_{CC} - I_{CQ}R_c) - (0 - U_{BEQ})$$

$$= V_{CC} - \frac{\beta}{1 + \beta} \frac{V_{BB} - U_{BEQ}}{R_e} R_c + U_{BEQ}$$

基本放大电路



■ 共基放大电路：交流通路



$$A_v = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{\dot{I}_c R_c}{\dot{I}_e R_e + \dot{I}_b r_{be}} = \frac{\beta R_c}{(1 + \beta) R_e + r_{be}}$$

$$R_i = \frac{\dot{U}_i}{\dot{I}_e} = \frac{\dot{I}_e R_e + \dot{I}_b r_{be}}{\dot{I}_e} = R_e + \frac{r_{be}}{1 + \beta}$$

$$R_o = R_c$$

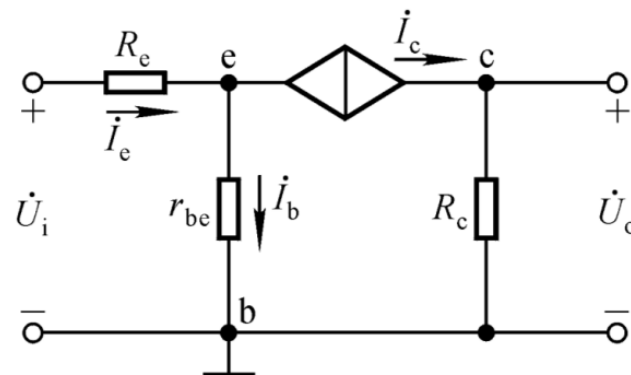
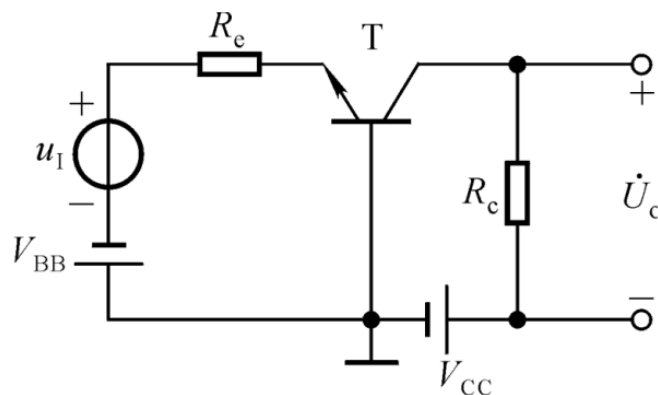
例题： $R_e=300\Omega$ ， $R_c=5\text{k}\Omega$ ， 晶体管的 $\beta=100$ ， $r_{be}=r_\pi=1\text{k}\Omega$ ， 静态工作点合适， 则：

$$A_v \approx 16, \quad R_i = 310\Omega, \quad R_o = R_c = 5\text{k}\Omega$$

基本放大电路



■ 共基放大电路：交流通路



$$A_v = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{\dot{i}_c R_c}{\dot{i}_e R_e + \dot{i}_b r_{be}} = \frac{\beta R_c}{(1 + \beta) R_e + r_{be}}$$

$$R_i = \frac{\dot{U}_i}{\dot{i}_e} = \frac{\dot{i}_e R_e + \dot{i}_b r_{be}}{\dot{i}_e} = R_e + \frac{r_{be}}{1 + \beta}$$

$$R_o = R_c$$

■ 这是同相放大器。 $A_v \approx 16$, $R_i = 310\Omega$, $R_o = R_c = 5k\Omega$

■ 具备一定的电压放大能力，几乎不放大电流 ($i_e \approx i_c$)。

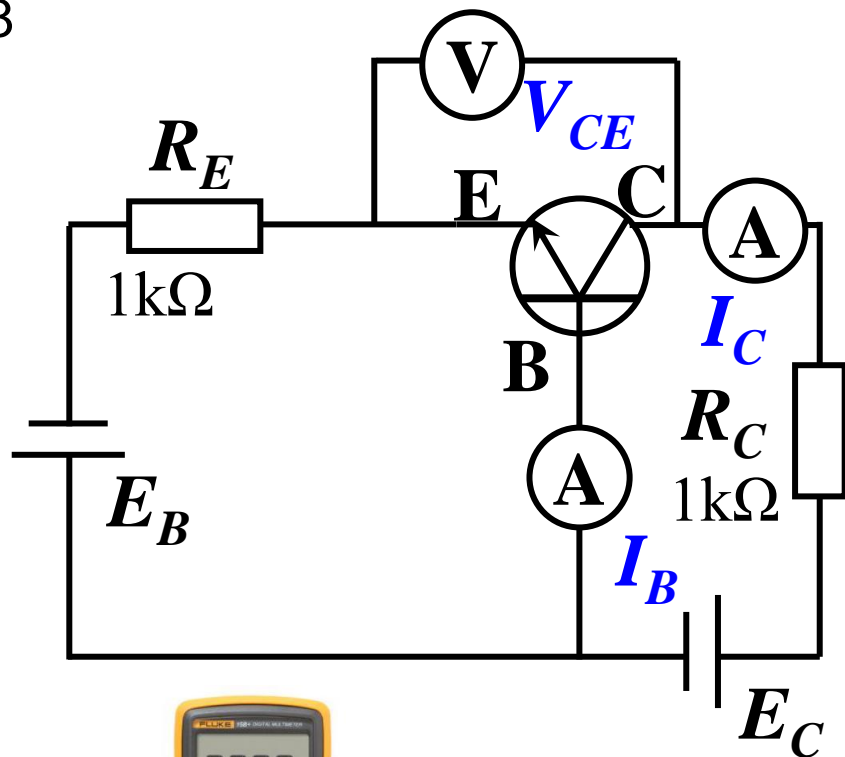
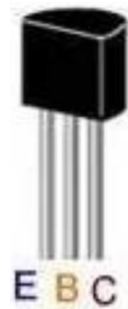
■ 输入电阻较小，输出电阻较大。

步骤1: 确保工作在放大区



■ 直流输出特性测量

C9018



1. 调节 $E_B = 7V$
2. 调节 E_C 使 $E_C = 0.1V - 15V$
3. 测量 V_{CE} 和 I_C 并画图,
计算 I_C/I_B
4. 思考: 放大电路中
 E_C 应设置为多少伏



电压源
产生电压 E_B 和 E_C



手持式万用表1
测量电压 V_{CE}



手持式万用表2
测量电流 I_C



台式万用表
测量电流 I_B

步骤2: 放大电路参数测量



■ 放大电路参数测量

画出低频交流小信号

等效电路并计算出电压

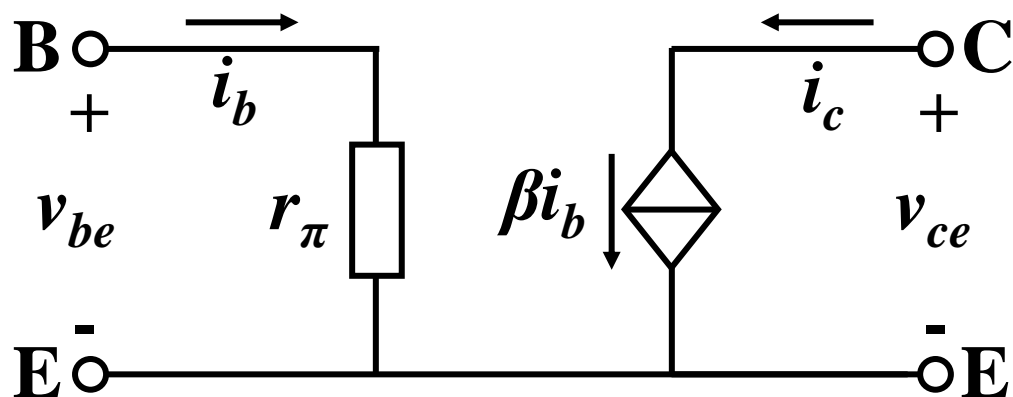
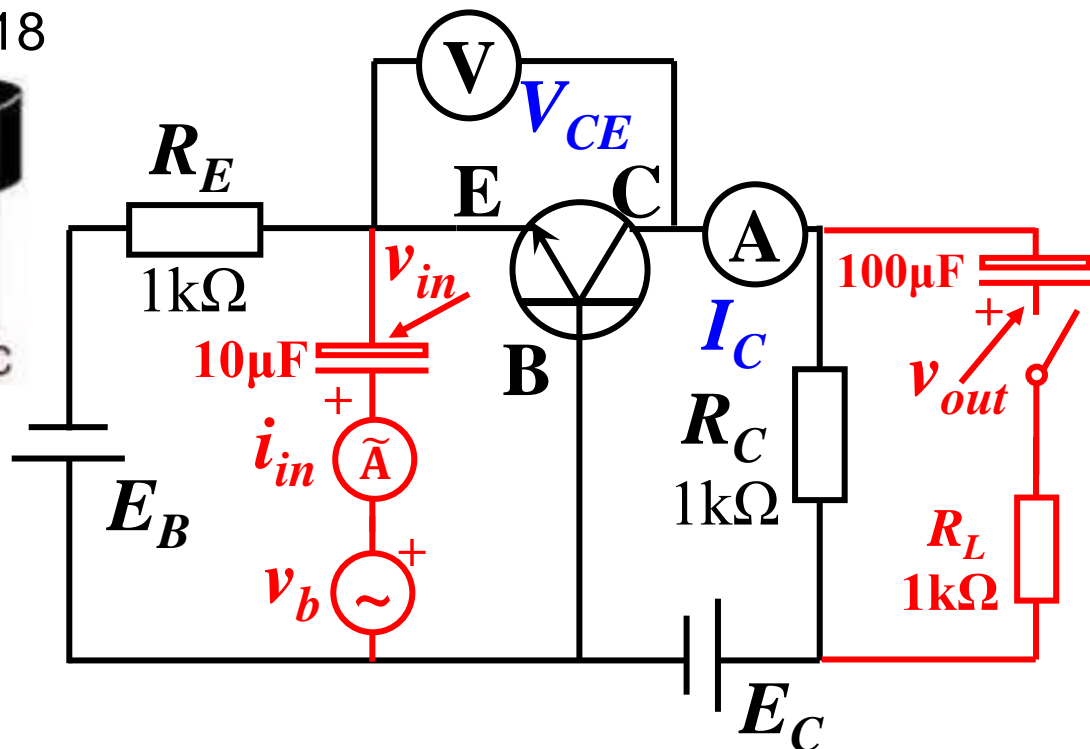
放大倍数 A_v 、电流放大

系数 A_i 、输入电阻 R_{in} 和

输出电阻 R_{out} 的数值

(课堂测试)

C9018

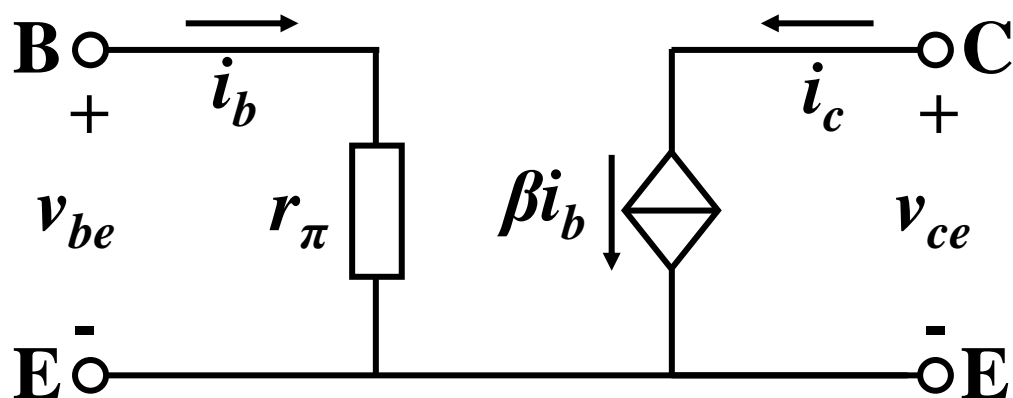
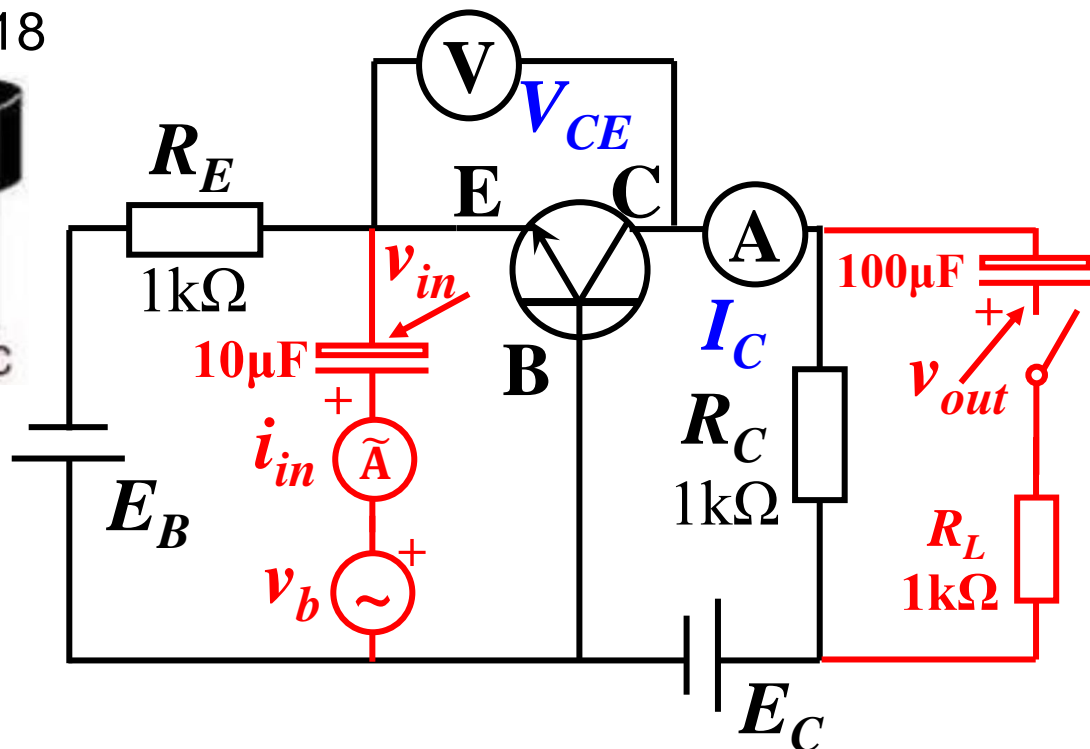


步骤2: 放大电路参数测量



■ 放大电路参数测量

C9018



1. E_B 和 E_C 保持不变
2. 任意波形发生器输出
1KHz、500mV_{PP} 信号 v_b
3. 断开 R_L ，用示波器测量 v_{in}
和 v_{out1} ，用万用表测量 i_{in}
4. 计算电压放大倍数 A_v 和
输入电阻 R_{in}
5. 连接 R_L 测量 v_{out2} ，计算电流
放大倍数 A_i 和输出电阻 R_{out}

课后思考



■ 课后思考

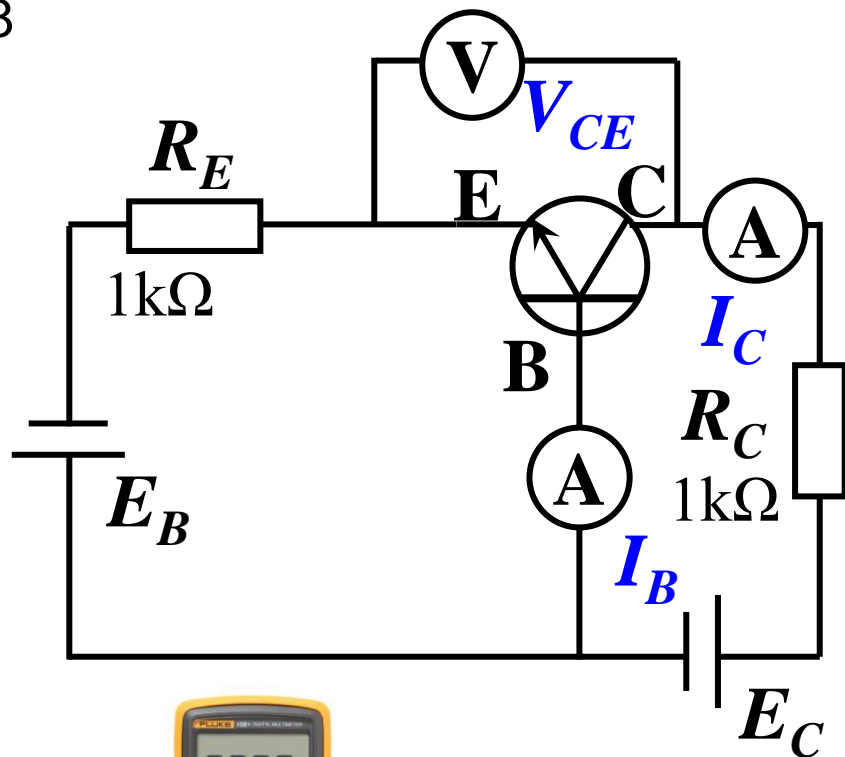
1. 利用交流等效电路计算放大电路的电压放大倍数 A_v 、电流放大系数 A_i 、输入电阻 R_{in} 和输出电阻 R_{out} ，并与实验测量结果进行对比——已完成。
2. 对比和分析共集放大电路和共基放大电路的参数和特点。

步骤1: 确保工作在放大区



■ 直流输出特性测量

C9018



1. 调节 $E_B = 7V$
2. 调节 E_C 使 $E_C = 0.1V - 15V$
3. 测量 V_{CE} 和 I_C 并画图,
计算 I_C/I_B
4. 思考: 放大电路中
 E_C 应设置为多少伏



电压源
产生电压 E_B 和 E_C



手持式万用表1
测量电压 V_{CE}



手持式万用表2
测量电流 I_C



台式万用表
测量电流 I_B

步骤2: 放大电路参数测量



■ 放大电路参数测量

画出低频交流小信号

等效电路并计算出电压

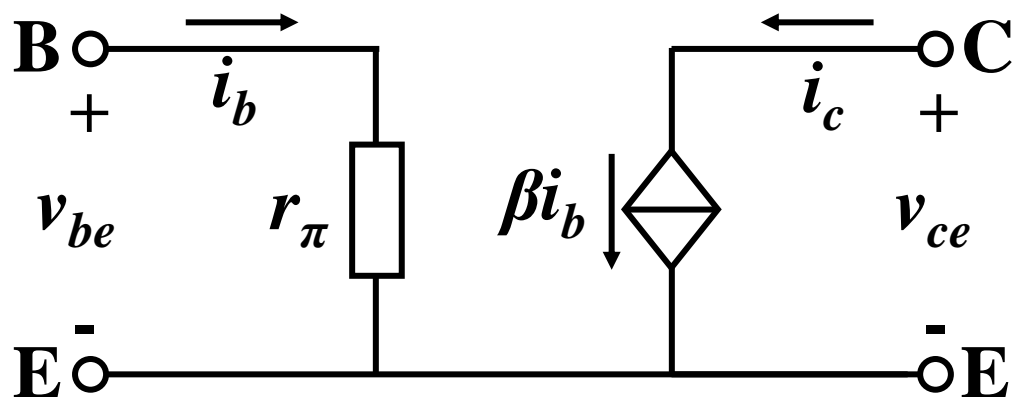
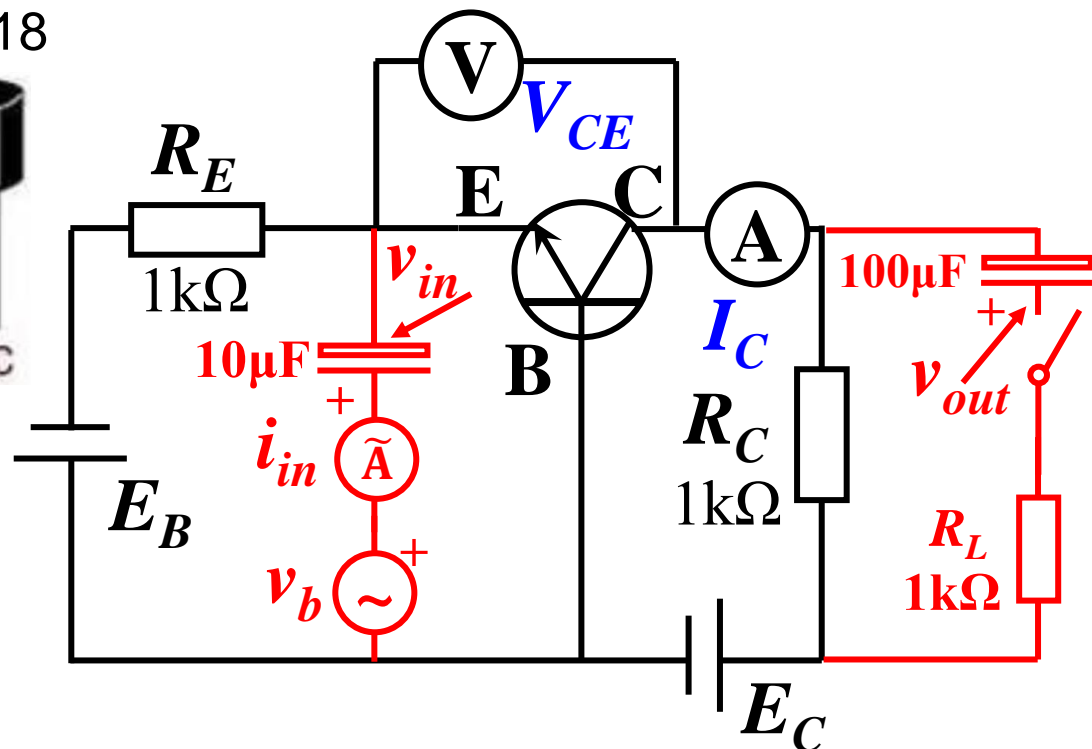
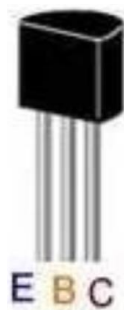
放大倍数 A_v 、电流放大

系数 A_i 、输入电阻 R_{in} 和

输出电阻 R_{out} 的数值

(课堂测试)

C9018

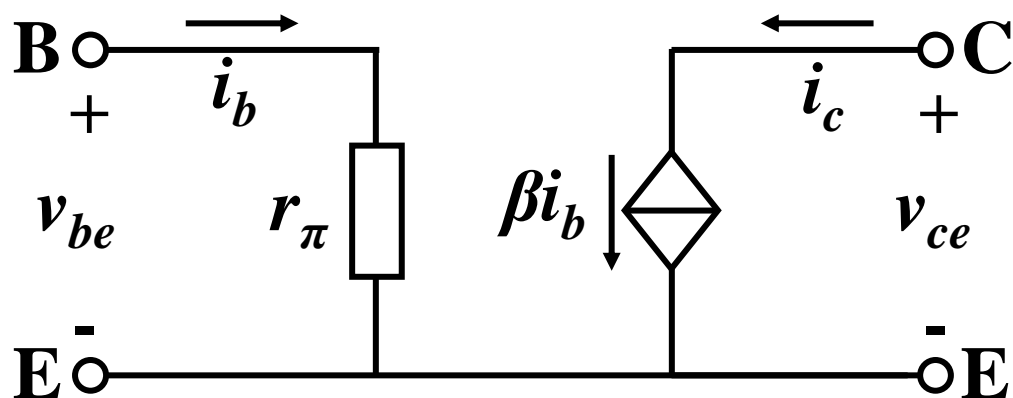
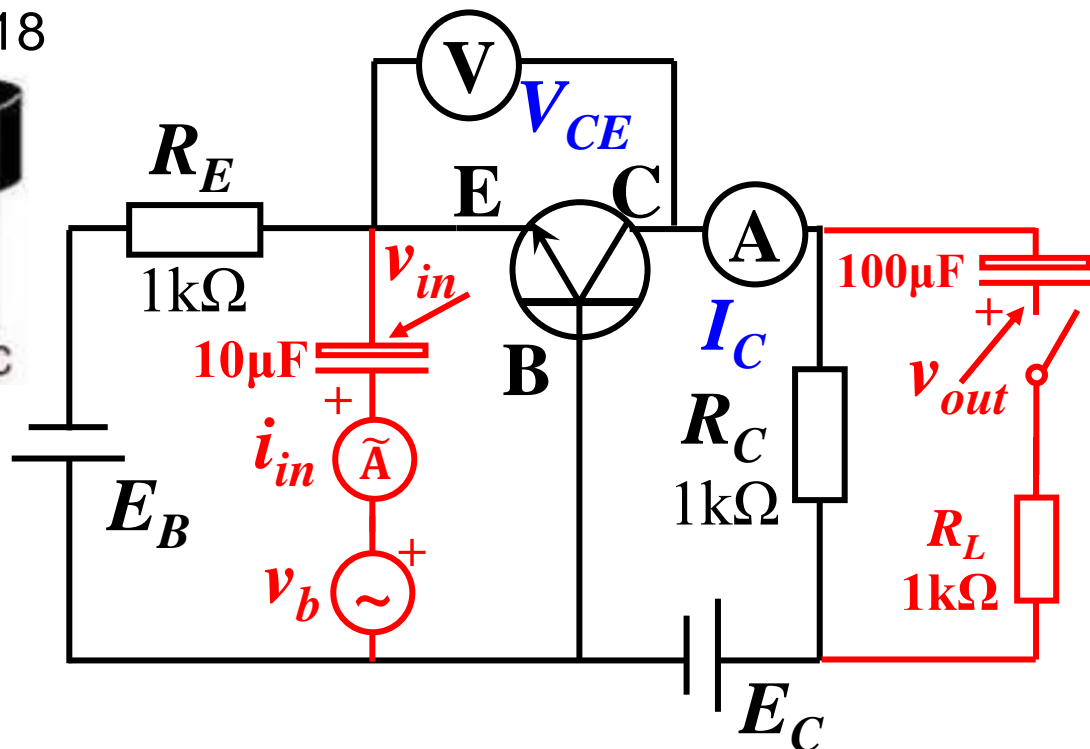


步骤2: 放大电路参数测量

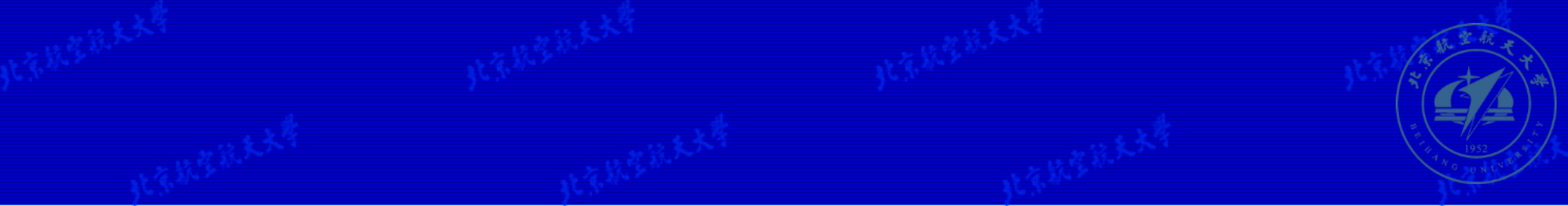


■ 放大电路参数测量

C9018



1. E_B 和 E_C 保持不变
2. 任意波形发生器输出
1KHz、500mV_{PP} 信号 v_b
3. 断开 R_L ，用示波器测量 v_{in}
和 v_{out1} ，用万用表测量 i_{in}
4. 计算电压放大倍数 A_v 和
输入电阻 R_{in}
5. 连接 R_L 测量 v_{out2} ，计算电流
放大倍数 A_i 和输出电阻 R_{out}



谢谢！