



基本共射放大电路

Common-emitter Amplifier Circuit

- 概念与性能指标 Concepts and Performances
- 工作原理 Operation Mechanisms

Feb. 2020



江南大学
JIANGNAN UNIVERSITY

Page 1



物联网工程学院
School of IoT Engineering



① 放大的概念 (Concepts of amplification)



- 放大的对象：变化量
- 放大的本质：能量的控制
- 放大的特征：功率放大
- 放大的基本要求：不失真，放大的前提

只有电路既放大电流又放大电压，才称其有放大作用

☐ A 正确

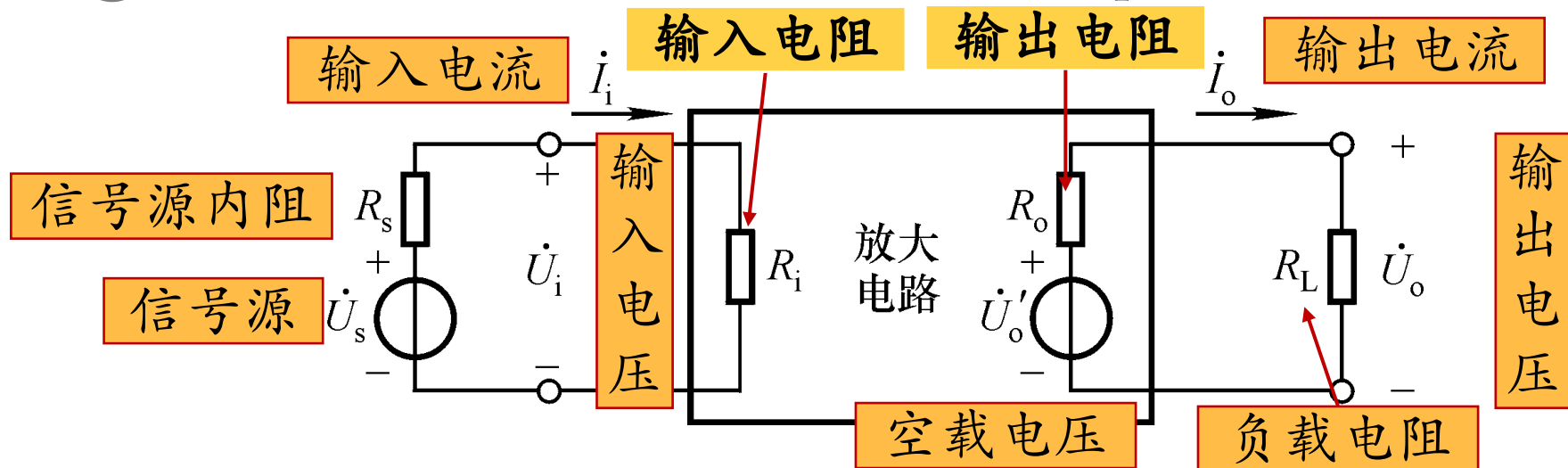
☒ B 错误

放大电路中输出的电流和电压都是由有源元件提供的

☐ A 正确

☒ B 错误

② 放大的性能指标 (Performances of amplification)



➤ 放大倍数 (Gain) : 输出量与输入量之比

电压

$$\dot{A}_{uu} = \dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i}$$

电流

$$\dot{A}_{ii} = \dot{A}_i = \frac{\dot{I}_o}{\dot{I}_i}$$

互阻

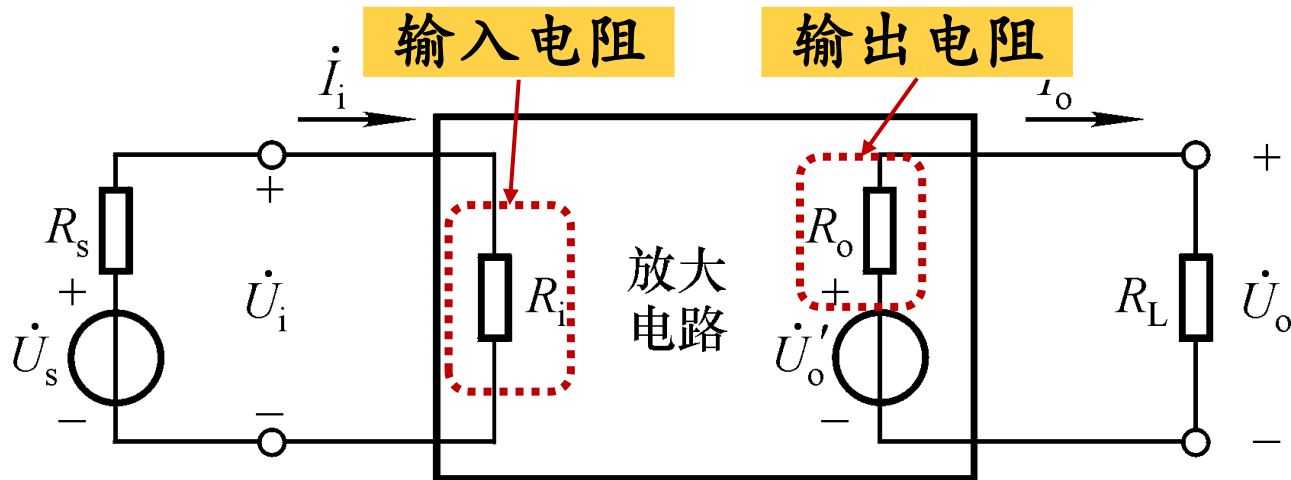
$$\dot{A}_{ui} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{I}_i}$$

互导

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

电压放大倍数是最常研究和测试的参数

③ 输入和输出电阻 (Input and output resistances)



➤ **输入电阻：**从放大电路输入端看进去的等效电阻

电压放大时， R_i 越大越好，信号拾取能力强

$$R_i = \frac{U_i}{I_i}$$

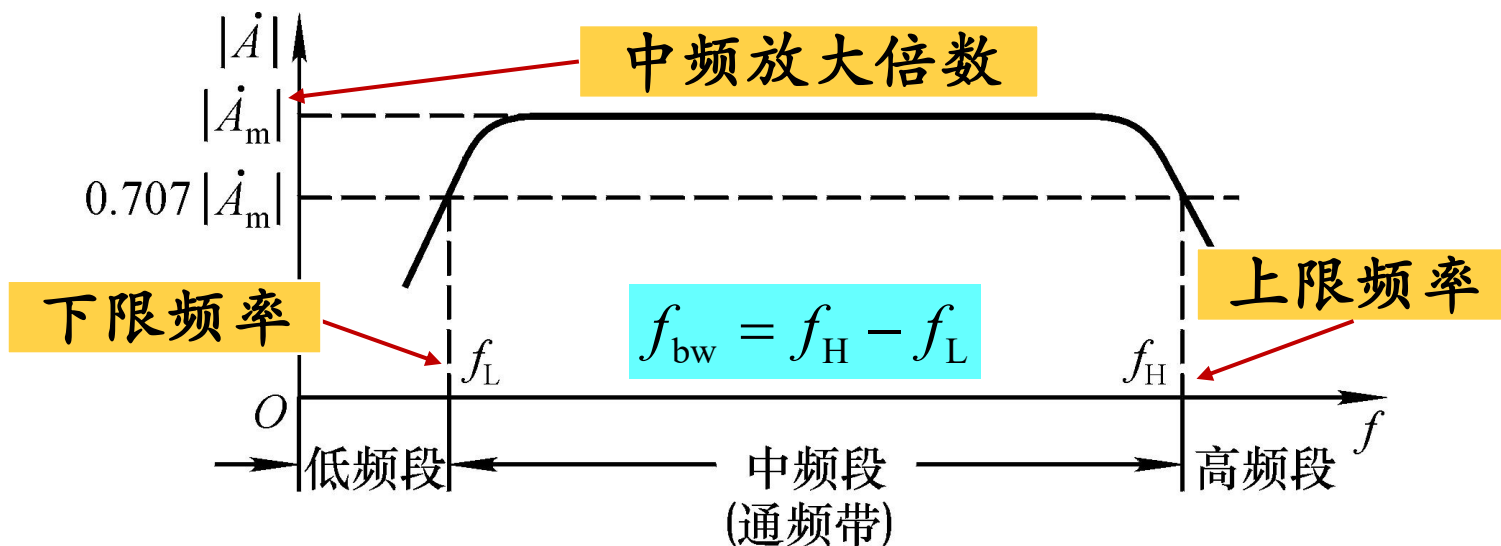
➤ **输出电阻：**从放大电路输出端看进去的等效电阻

R_o 越小，放大电路带负载的能力越强

$$R_o = \frac{U'_o - U_o}{\frac{U_o}{R_L}} = \left(\frac{U'_o}{U_o} - 1 \right) R_L$$

④ 其他性能参数

- 通频带：衡量放大电路对不同频率信号的适应能力



- 非线性失真系数 D : 谐波成分与基波成分之比
- 最大不失真输出电压 U_{om} (交流有效值)
- 最大输出功率(power) P_{om} 与效率 η

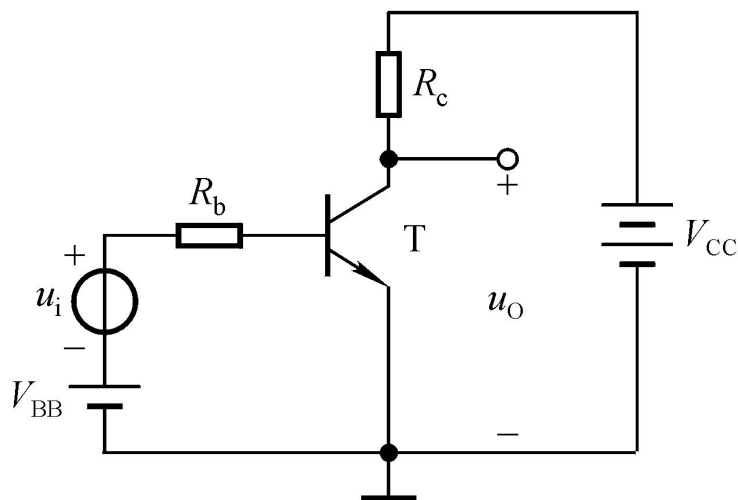
① 共射放大电路的组成及各元件的作用

- 静态(Static state): 发射结正偏, 集电结反偏, 配置静态工作点

V_{BB} 、 R_b : 使 $U_{BE} > U_{on}$, 且有合适的 I_B 。

V_{CC} : 使 $U_{CE} \geq U_{on}$, 同时作为负载的能源。

R_c : 将 Δi_C 转换成 $\Delta u_{CE}(u_o)$ 。

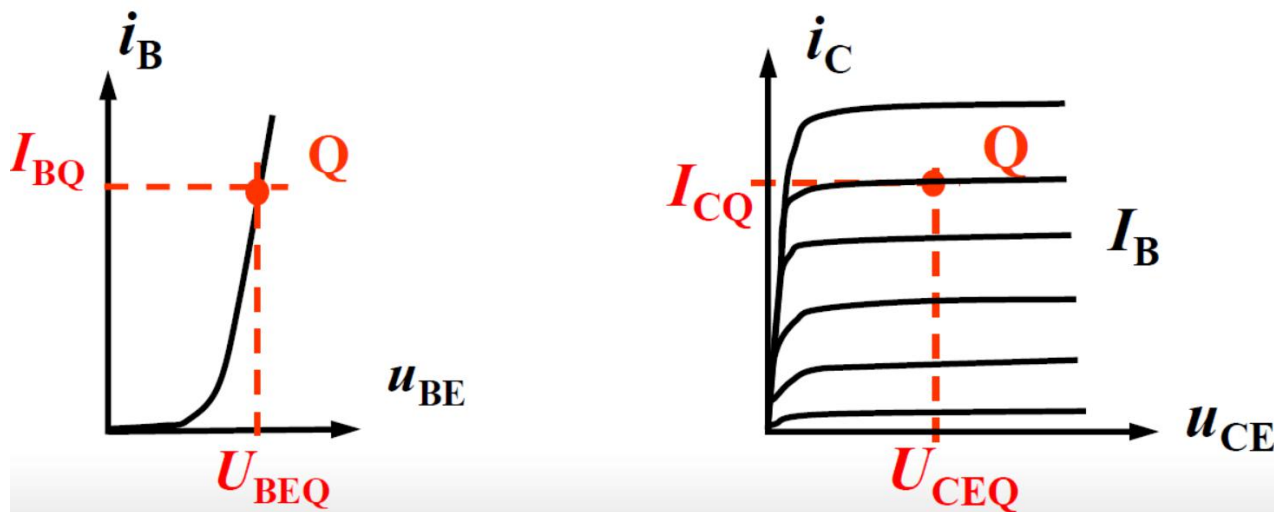


- 动态(Dynamic state): 使信号作用于输入回路, 负载上获得放大的动态信号

动态信号作用时: $u_i \rightarrow i_b \rightarrow i_c \rightarrow \Delta i_{R_c} \rightarrow \Delta u_{CE}(u_o)$

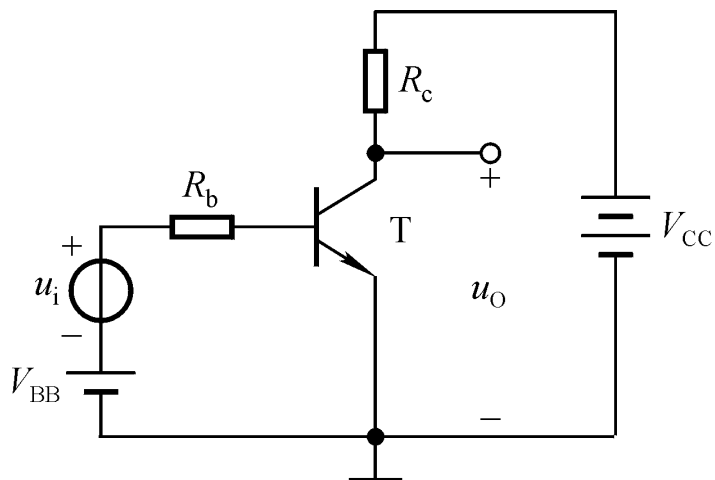
② 设置静态工作点的必要性 (Quiescent Operating Point)

输入电压 U_i 为零时，晶体管各极的电流、b-e间电压、管压降，称为静态工作点 Q 。记作 I_{BQ} 、 I_{CQ} (I_{EQ})、 U_{BEQ} 、 U_{CEQ} 。



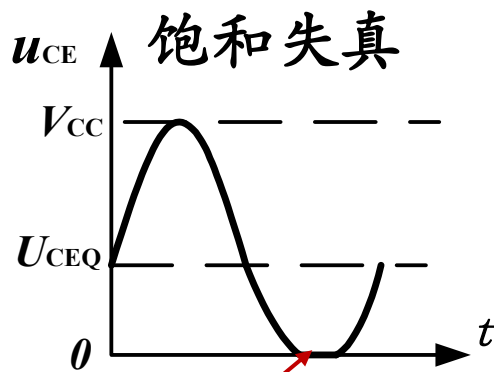
放大电路建立正确的静态工作点，是为了使三极管工作在线性区，以保证信号不失真

③ 波形分析 (Signal analysis)

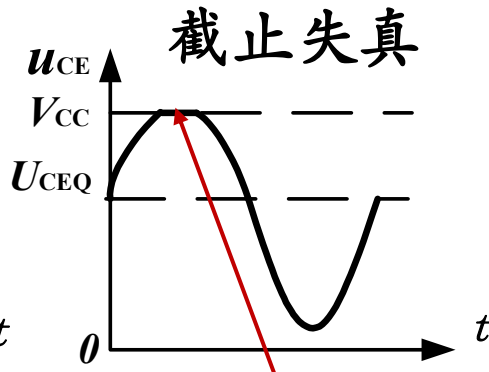


动态信号
驮载在静
态之上

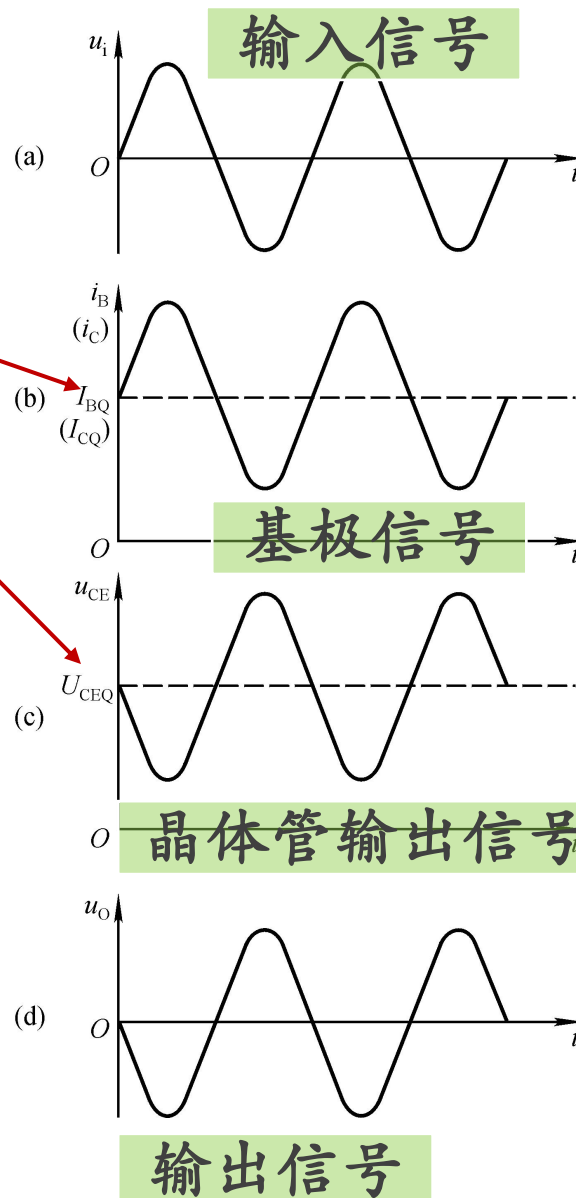
反相



底部失真



顶部失真



只要是共射放大电路，输出电压的底部失真都是饱和失真

☐ A 正确

☒ B 错误

由于放大的对象是变化量，所以当输入信号为直流信号时，任何放大电路的输出都毫无变化

☐ A 正确

☒ B 错误



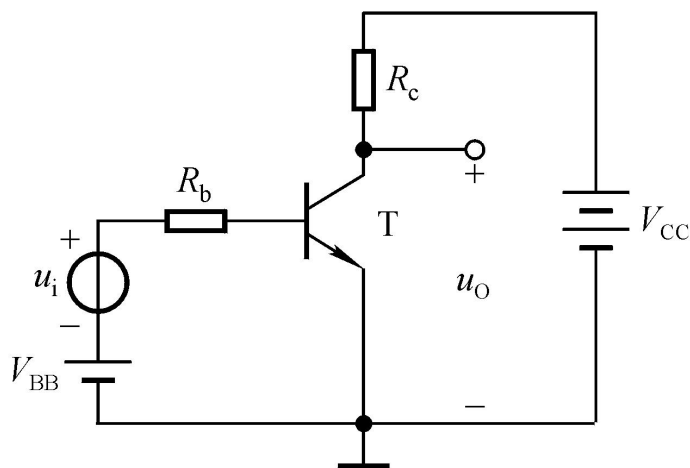
④ 放大电路的组成原则 (Composition principles)

- 静态工作点合适：合适的直流电源、合适的电路参数。
- 动态信号能够作用于晶体管的输入回路，在负载上能够获得放大的动态信号。
- 对实用放大电路的要求：共地、直流电源种类尽可能少、负载上无直流分量。

The choice of parameters for the required DC levels will affect the AC response.

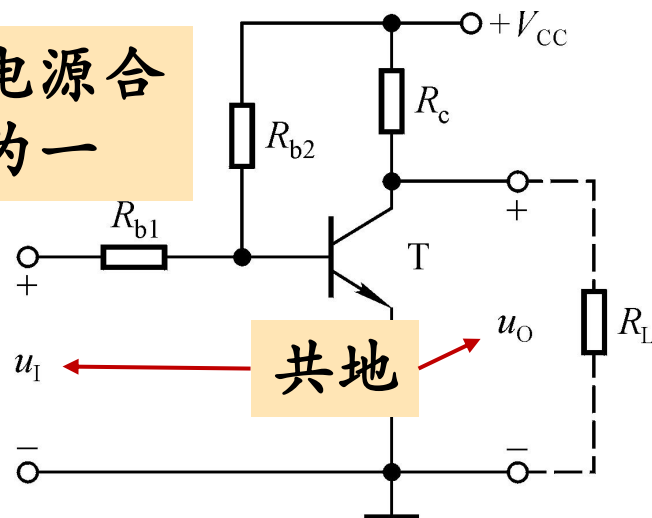
⑤ 两种实用放大电路 (Two practical amplifier circuits)

基本共射放大电路



直接耦合放大电路

两个电源合
二为一



问题:

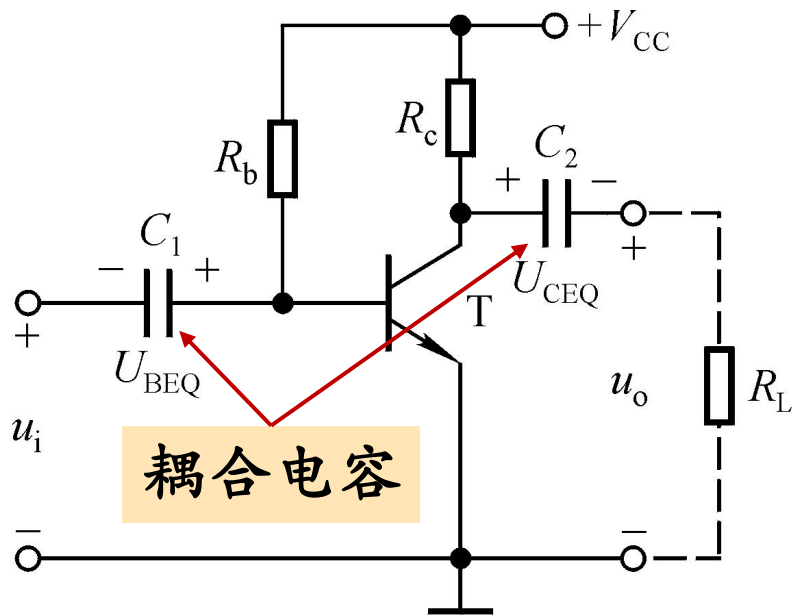
- 1、两种电源
- 2、信号源与放大电路不“共地”

静态时, $U_{BEQ} = U_{R_{b1}}$

动态时, b-e间电压是 u_i 与 R_{b1} 上电压之和。

⑤ 两种实用放大电路 (Two practical amplifier circuits)

阻容耦合放大电路



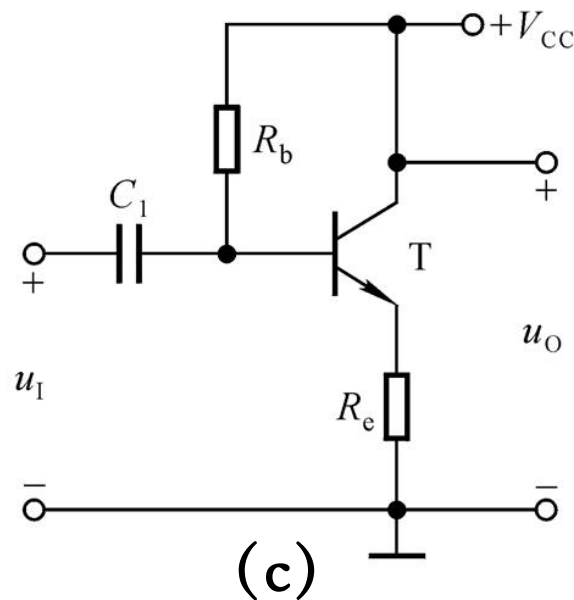
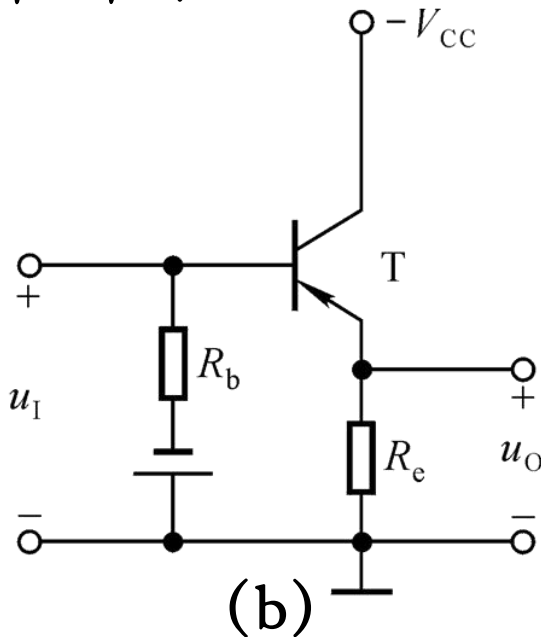
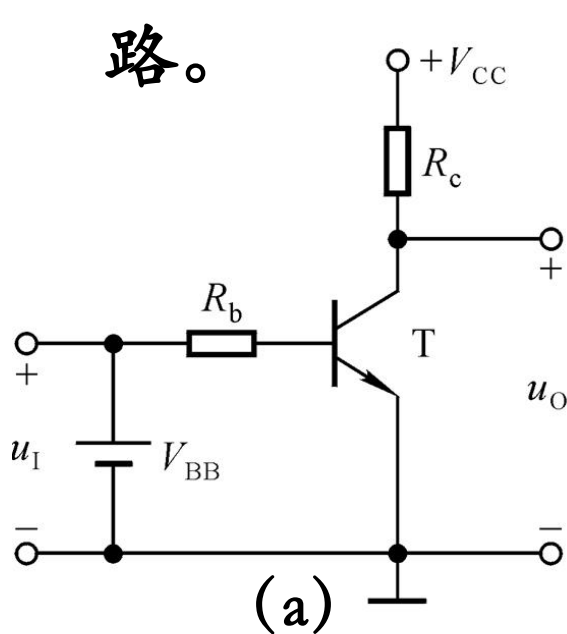
耦合电容的容量应足够大，即对于交流信号近似为短路。其作用是“隔离直流、通过交流”。

静态时， C_1 、 C_2 上电压？

$$U_{C1} = U_{BEQ}, \quad U_{C2} = U_{CEQ}$$

动态时， $u_{BE} = u_i + U_{BEQ}$ ，信号驮载在静态之上，负载上只有交流信号。

① 试分析下图所示各电路是否能够放大正弦交流信号，简述理由。设图中所有电容对交流信号均可视为短路。

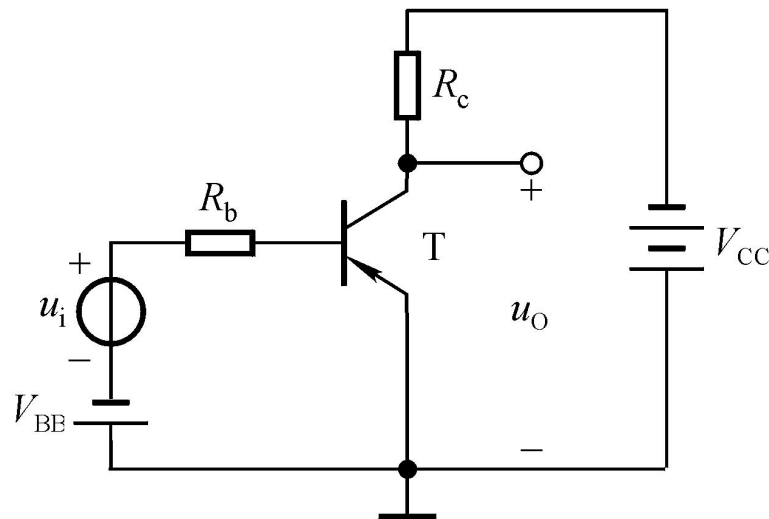
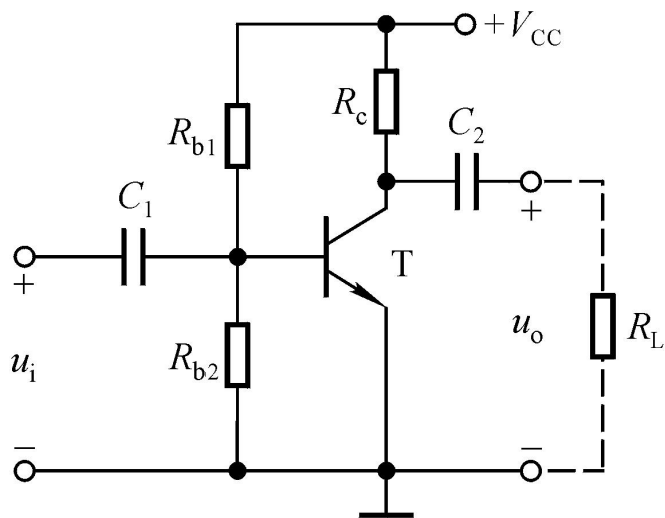


(a) 不能。因为输入信号被 V_{BB} 短路。

(b) 不能。因为输入信号作用于基极与地之间，不能驮载在静态电压之上，必然失真。

(c) 不能。因为输出信号被 V_{CC} 短路，恒为零。

- ① 用NPN型管组成一个在本节课中未见过的共射放大电路
- ② 用PNP型管组成一个共射放大电路。





小结 (Summary)



① 概念与性能指标

□ 放大的概念

- 放大的对象
- 放大的本质
- 放大的特征
- 放大的基本要求

□ 放大的性能指标

- 放大倍数
- 输入电阻
- 输出电阻
- 通频带
- 非线性失真系数
- 最大不失真输出电压
- 最大输出功率和效率

② 放大电路的工作原理

□ 组成及各元件作用

- 静态参数
- 动态信号作用流程

□ 设置静态工作点的必要性

- 静态参数设置 I_{BQ} 、 I_{CQ}
(I_{EQ})、 U_{BEQ} 、 U_{CEQ}
- 放大电路不产生失真

□ 工作原理及波形分析

- 放大电路组成原则
- 直接耦合放大电路
- 阻容耦合放大电路