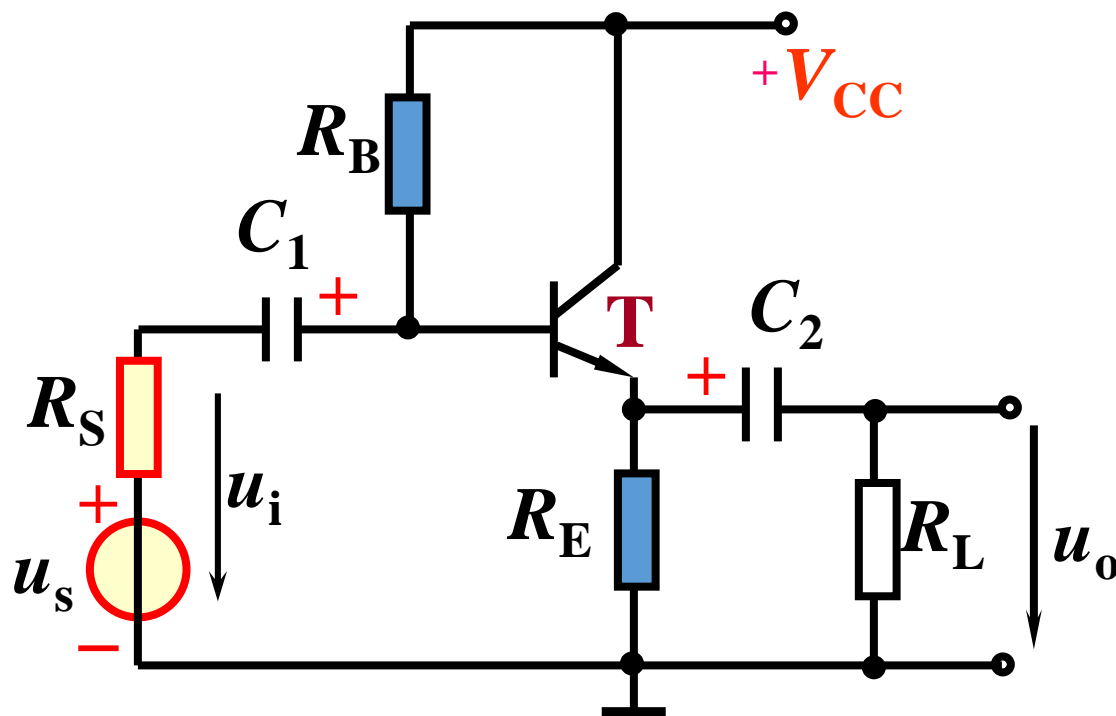
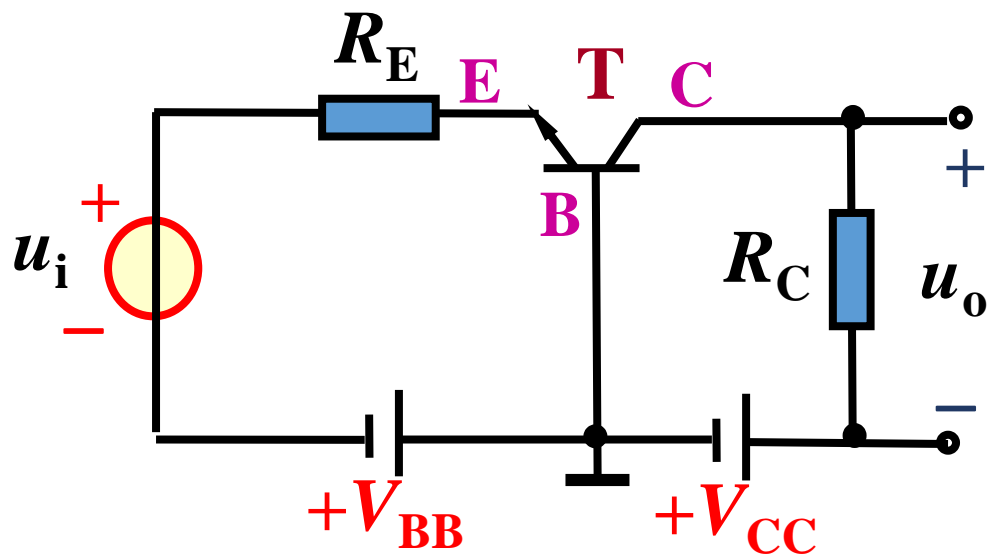


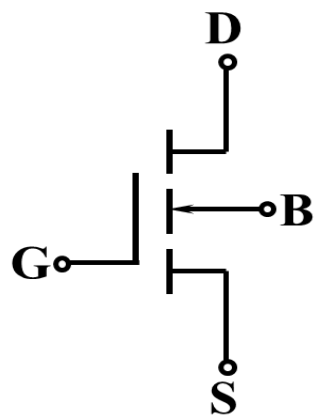
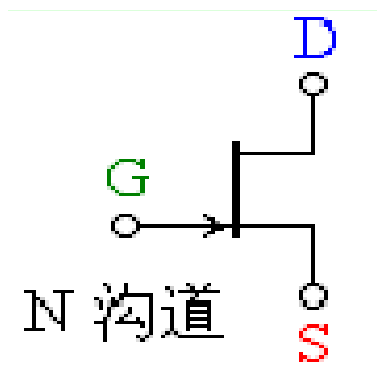
共射极电路既能放大电流又能放大电压，输出电压与输入电压反相，电压放大倍数较高，输入电阻较小，输出电阻较大。常用于电压放大电路的单元电路。



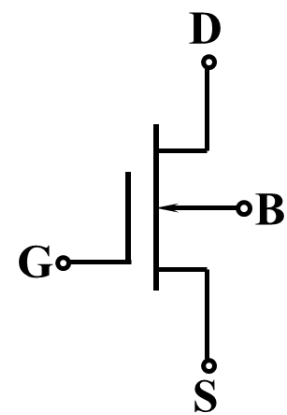
共集电极放大电路（射极输出器）只能放大电流不能放大电压，输出电压与输入电压同相，具有跟随作用。输入电阻高，输出电阻低。常用于电压放大电路的输入级和输出级



共基极电路只能放大电压不能放大电流，输入电阻小，电压放大倍数和输出电阻与共射极电路相当，频率特性是三种接法中最好的电路。常用于宽频带放大电路。



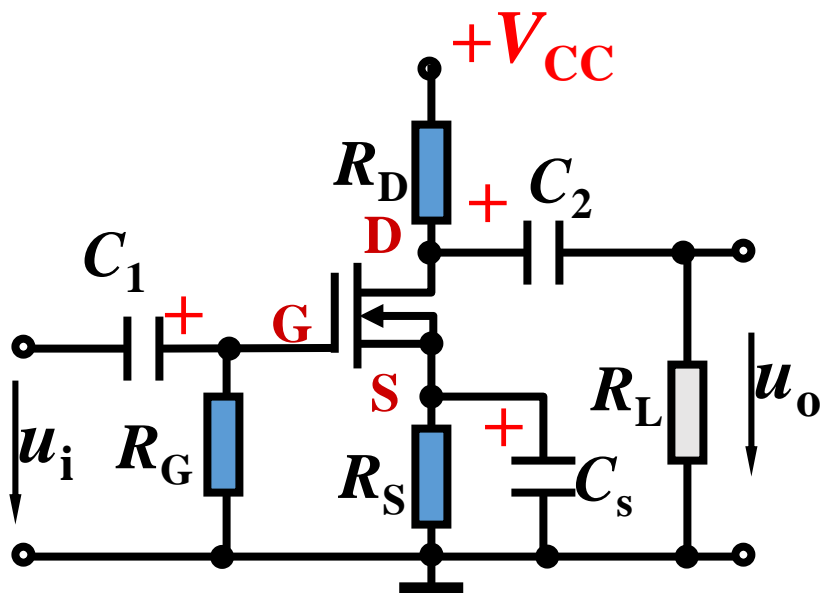
N沟道



N沟道

共源极放大电路

自给偏压电路



静态分析

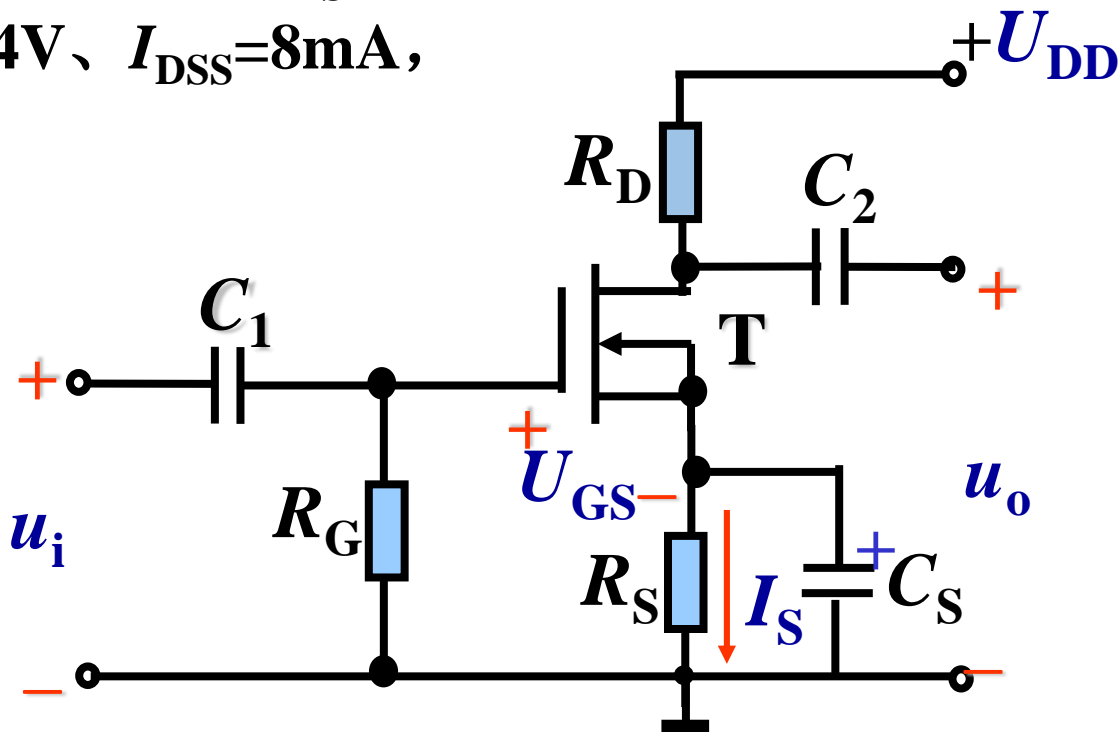
$$I_G=0, \quad I_D=I_S$$

$$\begin{cases} U_{GS} = -I_D R_S \\ I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}} \right)^2 \\ U_{DS} = V_{CC} - I_D (R_D + R_S) \end{cases}$$

例：已知 $U_{DD}=20\text{V}$ 、 $R_D=3\text{k}\Omega$ 、 $R_S=1\text{k}\Omega$ 、 $R_G=500\text{k}\Omega$ 、 $U_{GS(\text{off})}=-4\text{V}$ 、 $I_{DSS}=8\text{mA}$ ，
确定静态工作点。

解：列出关系式

$$\begin{cases} U_{GS} = -1 \times I_D \\ I_D = 8 \left(1 - \frac{U_{GS}}{-4} \right)^2 \end{cases}$$



解出 $U_{GS1}=-2\text{V}$ 、 $U_{GS2}=-8\text{V}$ 、 $I_{D1}=2\text{mA}$ 、 $I_{D2}=8\text{mA}$

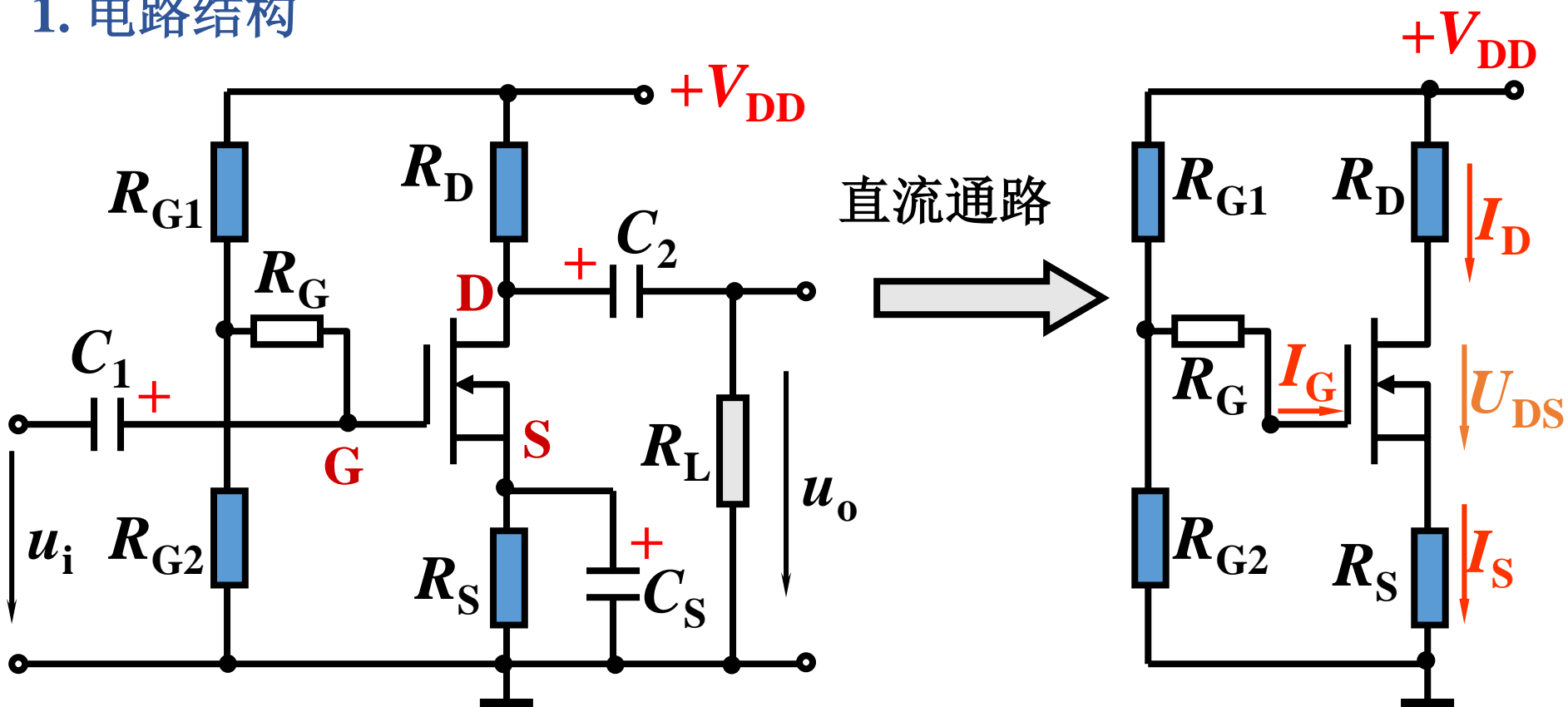
因 $U_{GS2} < U_{GS(\text{off})}$ 故舍去，所求静态解为 $U_{GS}=-2\text{V}$ $I_D=2\text{mA}$ 、

$$U_{DS} = 20 - 2 (3 + 1) = 12 \text{ V}$$

2.6 场效应管放大电路

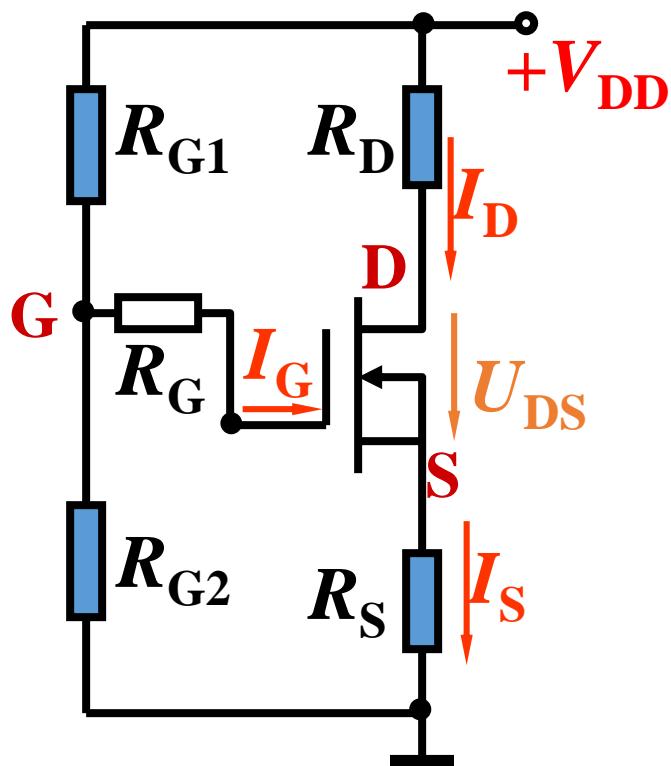
二、分压式偏置电路

1. 电路结构



2.6 场效应管放大电路

2. 静态分析



$$I_G = 0$$

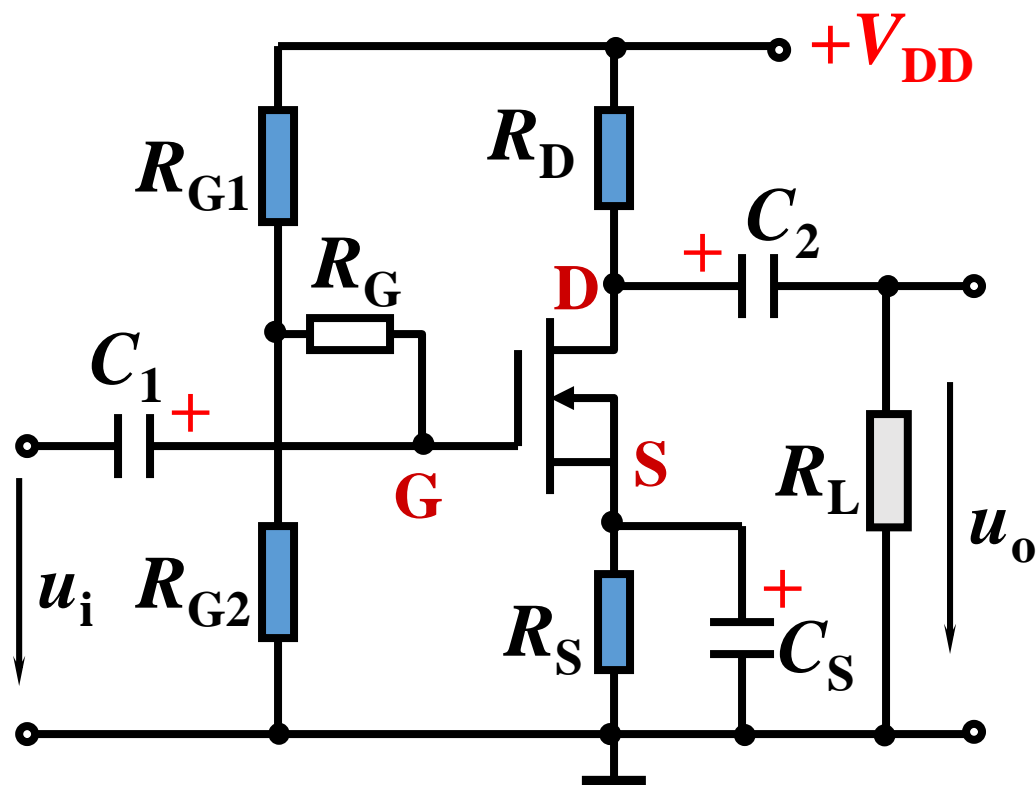
$$U_G = V_{DD} \frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}}$$

$$\begin{cases} U_G = U_{GS} + I_D R_S \\ I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}} \right)^2 \\ U_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S) \end{cases}$$

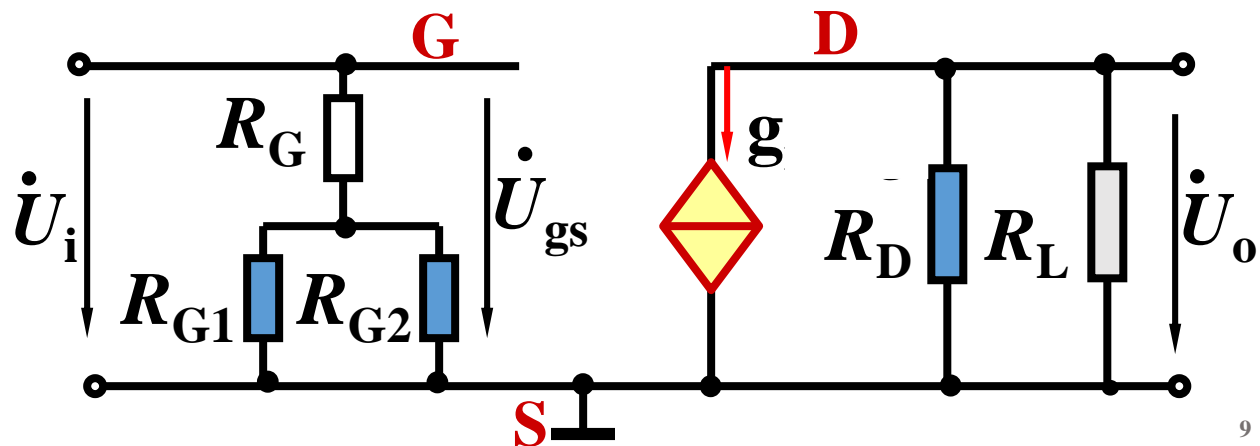
增强型 $I_D = I_{DO} \left(\frac{U_{GS}}{U_{GS(th)}} - 1 \right)^2$

2.6 场效应管放大电路

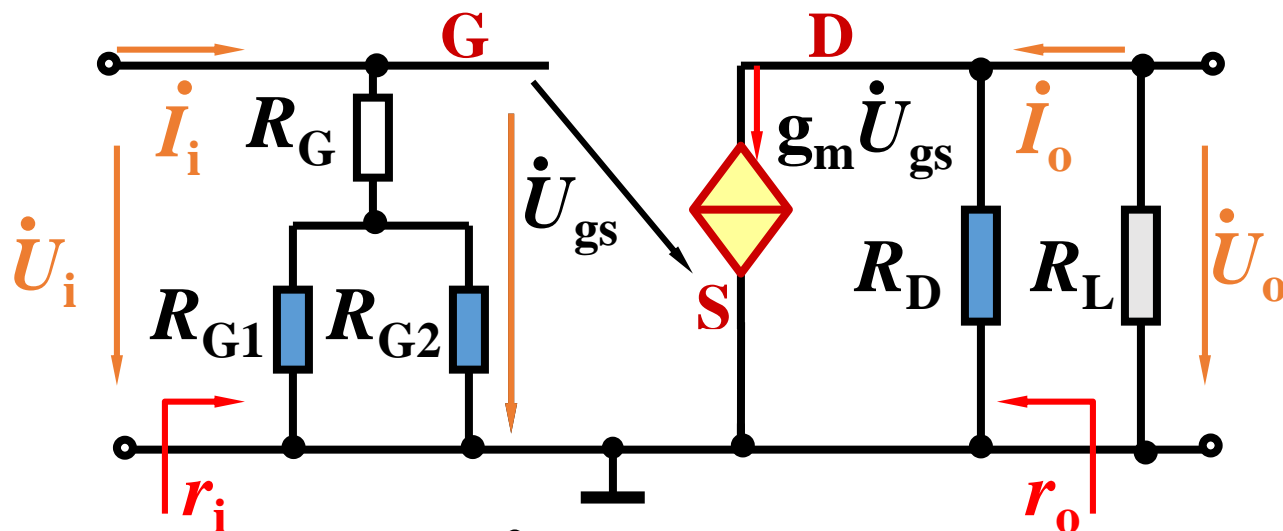
3. 动态分析



微变等效电路



2.6 场效应管放大电路



(1) 电压放大倍数

$$A_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = -g_m(R_D // R_L)$$

若考虑 R_S 的影响, 即 $C_S=0$, 则 $A_u = -g_m \frac{(R_D // R_L)}{1 + g_m R_S}$

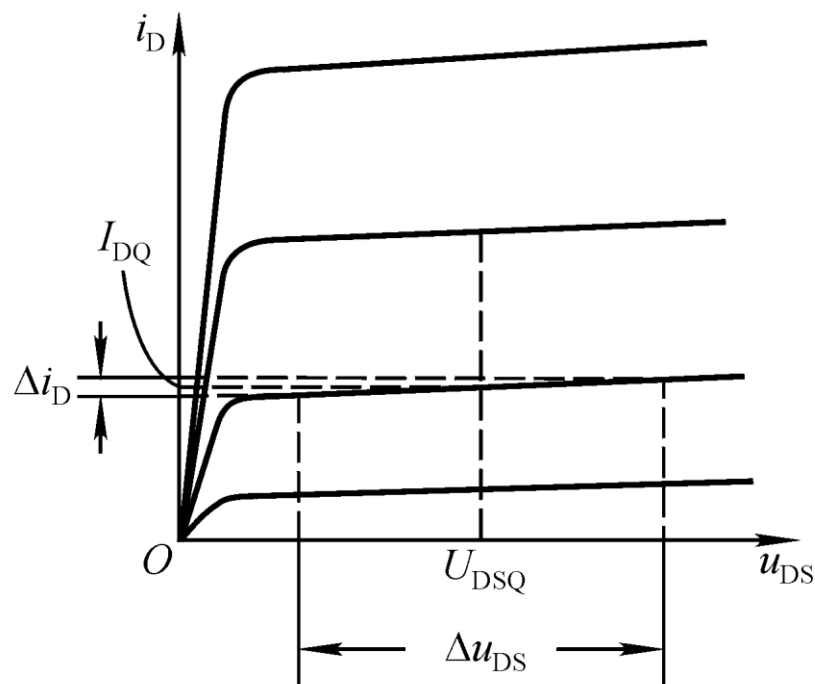
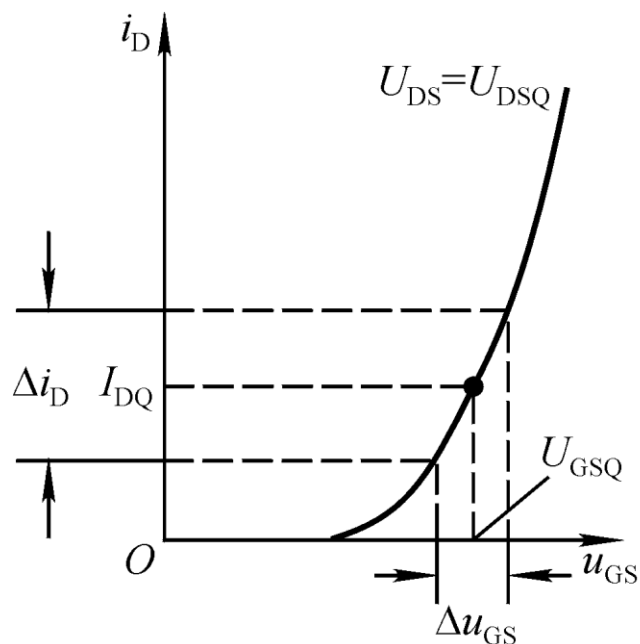
(2) 输入电阻

$$r_i = \frac{U_i}{I_i} = R_G + R_{G1} // R_{G2}$$

(3) 输出电阻

$$r_o = \left. \frac{U_o}{I_o} \right|_{\substack{U_i=0 \\ R_L=\infty}} = R_D$$

2.6 场效应管放大电路



g_m 和Q点密切相关，Q点越高， g_m 越大

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

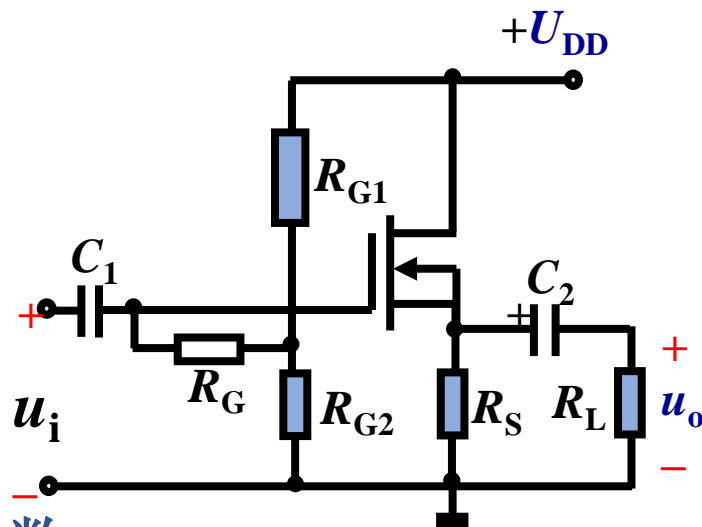
$$g_m \approx \frac{-2}{U_{GS(off)}} \sqrt{I_{DSS} I_{DQ}}$$

$$I_D = I_{DO} \left(\frac{U_{GS}}{U_{GS(th)}} - 1 \right)^2$$

$$g_m \approx \frac{2}{U_{GS(th)}} \sqrt{I_{DO} I_{DQ}}$$

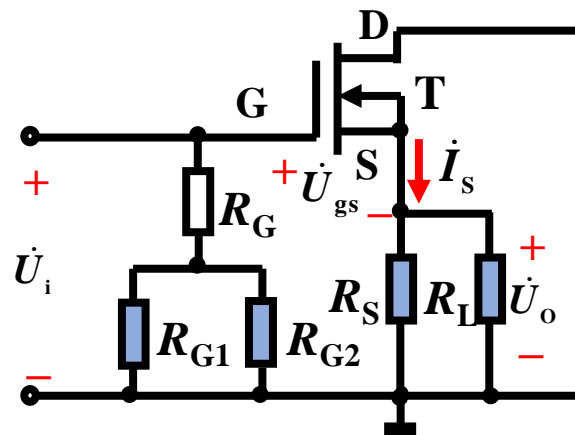
2.6 场效应管放大电路

共漏极放大电路（源极输出器）



电压放大倍数

交流通路



$$\dot{U}_o = \dot{I}_S (R_S // R_L) = g_m \dot{U}_{gs} (R_S // R_L) \quad \dot{U}_i = \dot{U}_{gs} + \dot{U}_o = \dot{U}_{gs} + g_m \dot{U}_{gs} (R_S // R_L)$$

$$A_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{g_m (R_S // R_L)}{1 + g_m (R_S // R_L)} \approx 1$$

特点与晶体管的射极输出器一样

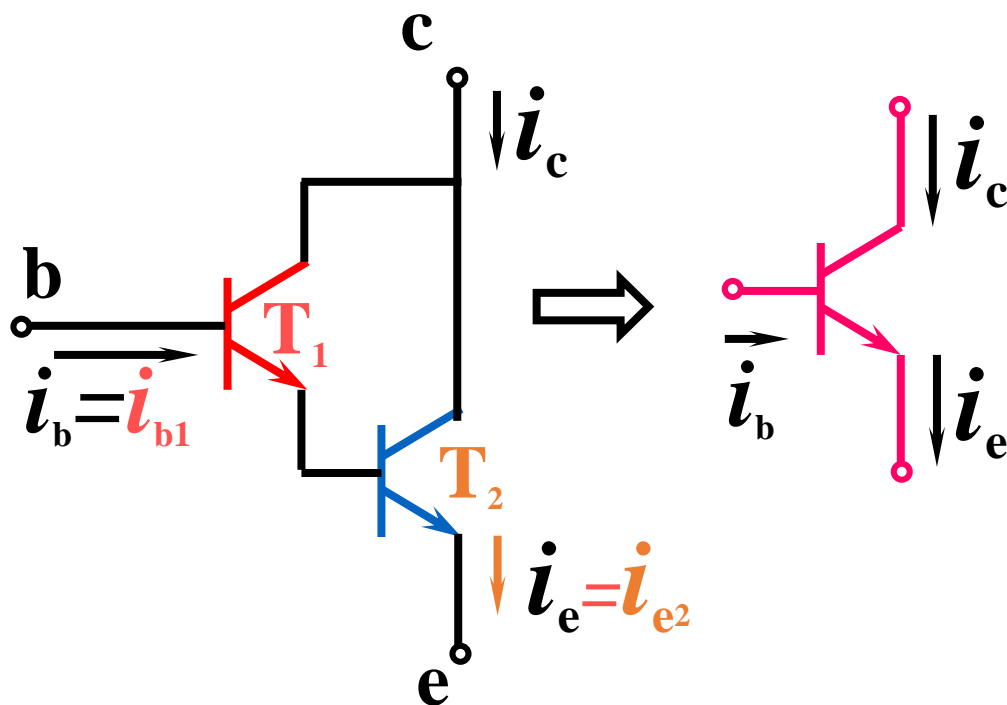
2.6 场效应管放大电路

场效应放大电路的特点

场效应管(单极型管)与晶体管(双极型管)相比,最突出的优点是可以组成高输入电阻的放大电路,噪声低、温度稳定性好、抗辐射能力强等优于晶体管的特点,而且便于集成化,所以被广泛应用于各种电子电路中。但场效应管的放大能力比晶体管差,共源极放大电路的电压放大倍数只有几到几十,而共射极放大电路的电压放大倍数可达百倍以上。

2.7.1 复合管

1. T_1 为NPN型
 T_2 为NPN型 } 复合管为NPN型 $\text{NPN} + \text{NPN} \rightarrow \text{NPN}$



$$\begin{aligned} i_c &= i_{c1} + i_{c2} \\ &= \beta_1 i_{b1} + \beta_2 i_{b2} \\ &= \beta_1 i_{b1} + \beta_2 i_{e1} \\ &= \beta_1 i_{b1} + \beta_2 (1 + \beta_1) i_{b1} \\ &= \beta_1 i_{b1} + \beta_2 i_{b1} + \beta_1 \beta_2 i_{b1} \\ &\approx \beta_1 \beta_2 i_{b1} = \beta_1 \beta_2 i_b \end{aligned}$$

复合管的等效电流放大系数为

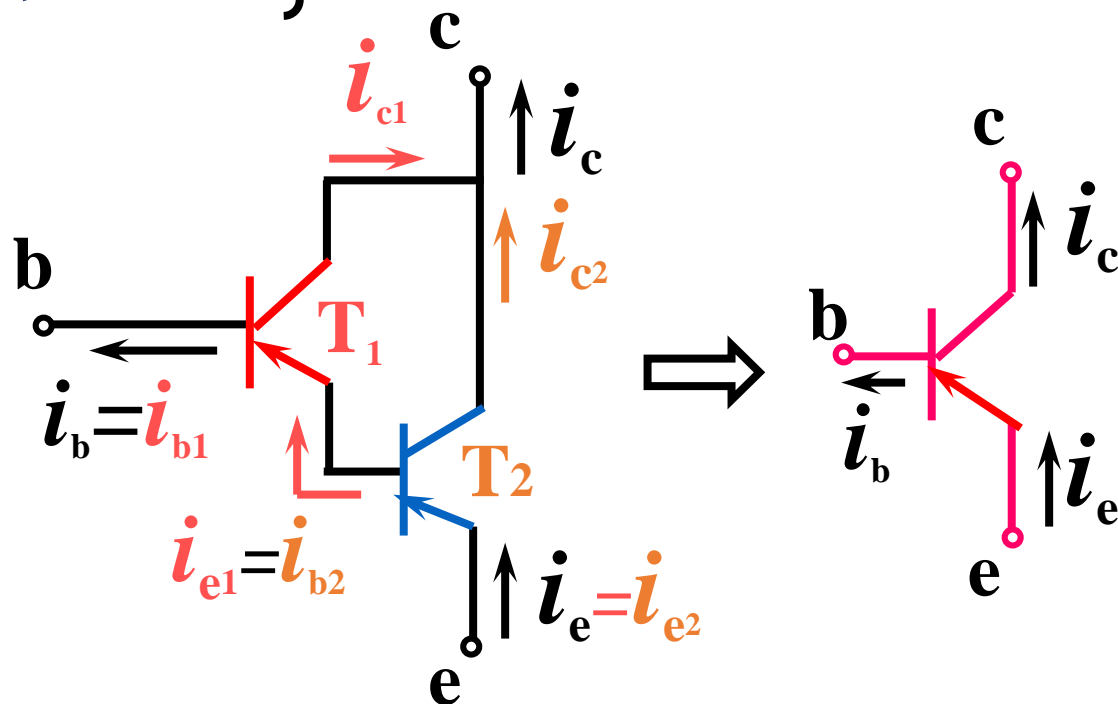
$$\beta = \frac{i_c}{i_b} \approx \beta_1 \beta_2$$

复合管的 $r_{be} = r_{be1} + (1 + \beta_1) r_{be2}$

复合管的 $U_{BE} = U_{BE1} + U_{BE2}$

2.7.1 复合管

2. T_1 为PNP型
 T_2 为PNP型 } 复合管为PNP型 PNP + PNP \rightarrow PNP



复合管的等效电
流放大系数为

$$\beta = \frac{i_c}{i_b} \approx \beta_1 \beta_2$$

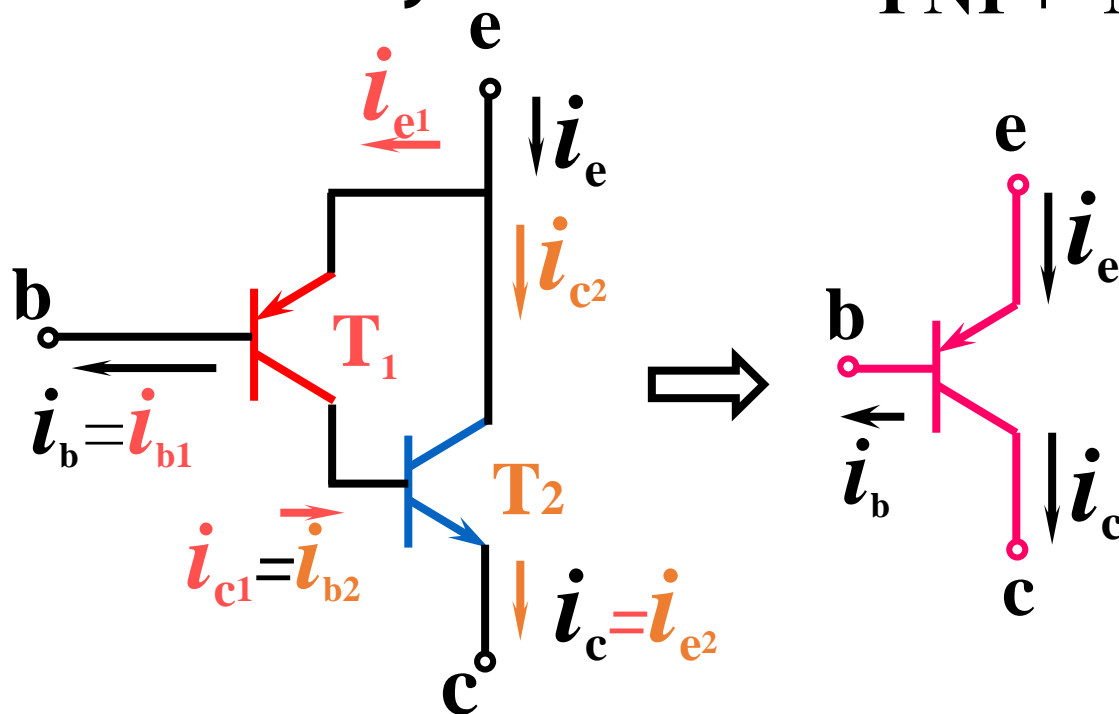
复合管的 $r_{be} = r_{be1} + (r + \beta_1)r_{be2}$

复合管的 $U_{BE} = U_{BE1} + U_{BE2}$

2.7.1 复合管

3. T_1 为PNP型小功率管
 T_2 为NPN型大功率管 } 复合管为PNP型

PNP + NPN \rightarrow PNP



复合管的等效电
流放大系数为

$$\beta = \frac{i_c}{i_b} \approx \beta_1 \beta_2$$

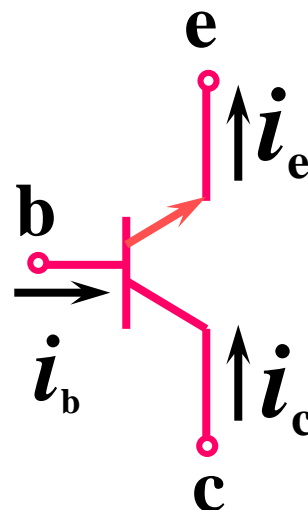
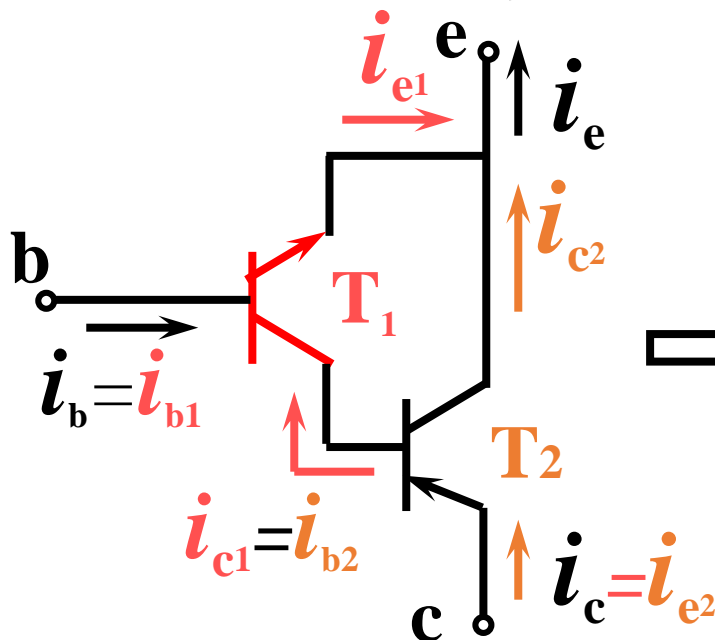
复合管的 $r_{be} = r_{be1}$
复合管的 $U_{BE} = U_{BE1}$

2.7.1 复合管

4. T_1 为NPN型小功率管
 T_2 为PNP型大功率管

复合管为NPN型

NPN + PNP \rightarrow **NPN**



复合管的等效电
流放大系数为

$$\beta = \frac{i_c}{i_b} \approx \beta_1 \beta_2$$

复合管的 $r_{be} = r_{be1}$

复合管的 $U_{BE} = U_{BE1}$

在合适的外加电压下，每只管子的电流都有合适的通路，才能组成复合管。

作业 2.15



北京航空航天大学
BEIHANG UNIVERSITY

自动化科学与电气工程学院

模拟电子技术基础

第3章 集成运算放大电路

第三章 集成运算放大电路

3.1 多级放大电路的一般问题

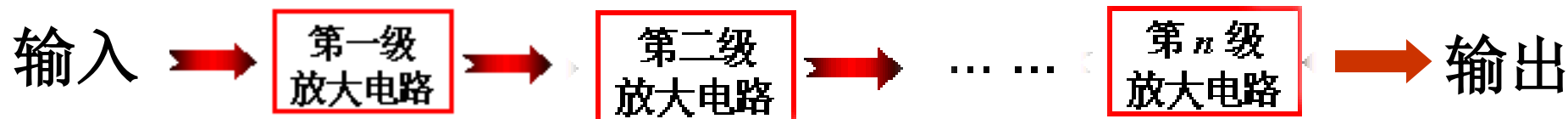
3.2 集成运算放大电路概述

3.3 集成运放中的单元电路

3.4 集成运放电路简介

3.5 集成运放的性能指标及低频等效电路

3.1.1 多级放大电路的耦合方式

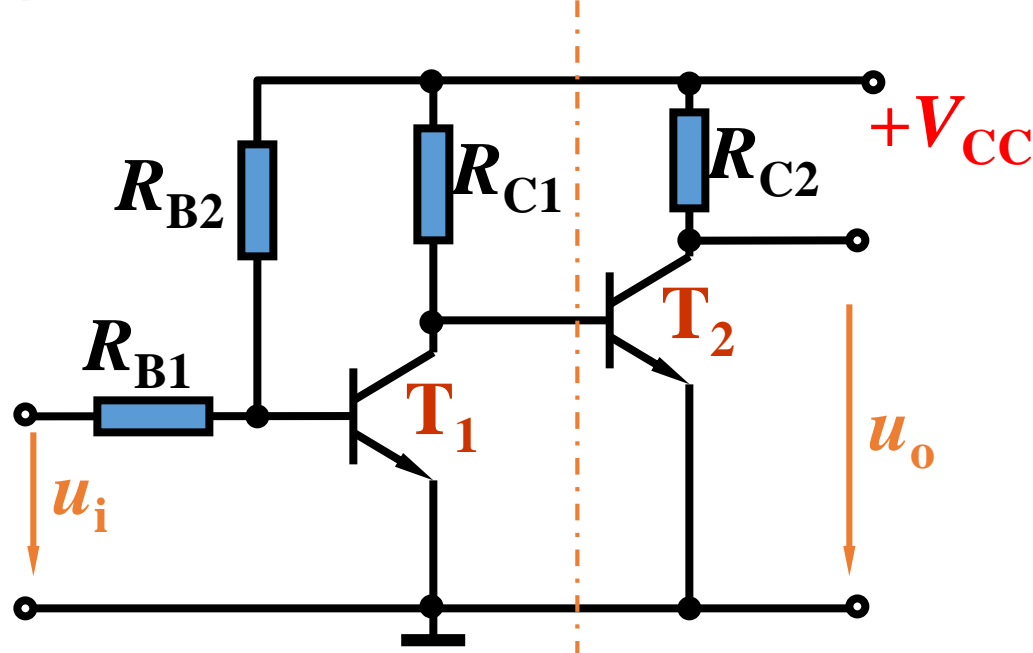


组成多级放大电路的每一个基本放大电路称为一级，级与级之间的连接方式称为耦合方式。

常见的耦合方式 {
直接耦合
阻容耦合
变压器耦合
光电耦合

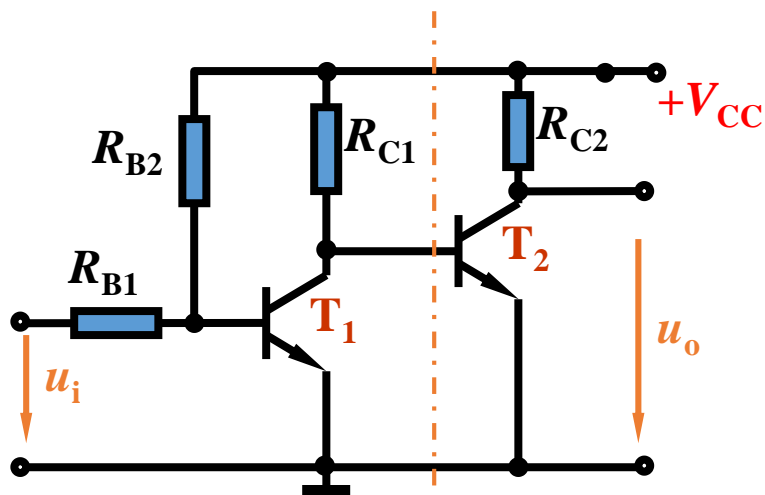
3.1.1 多级放大电路的耦合方式

直接耦合: 前级的输出端直接连接到后级的输入端

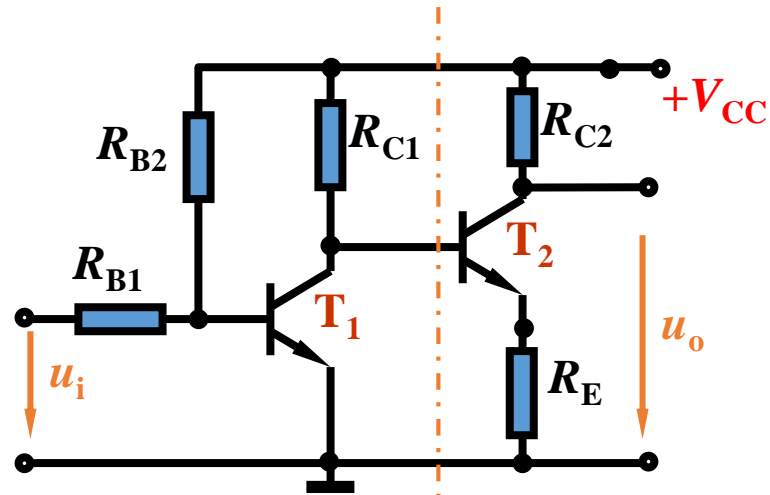


直接耦合放大电路最突出的优点是具有良好的低频特性，
可以放大变化缓慢的信号；
电路中没有大容量电容易于构成集成放大电路。

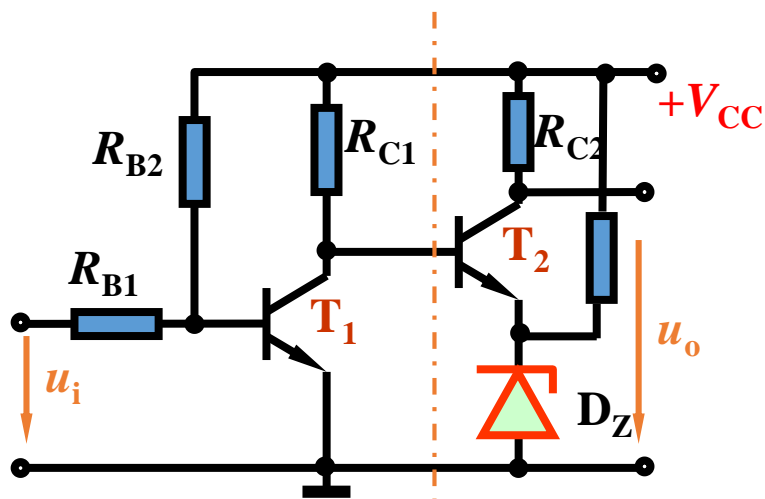
3.1.1 多级放大电路的耦合方式



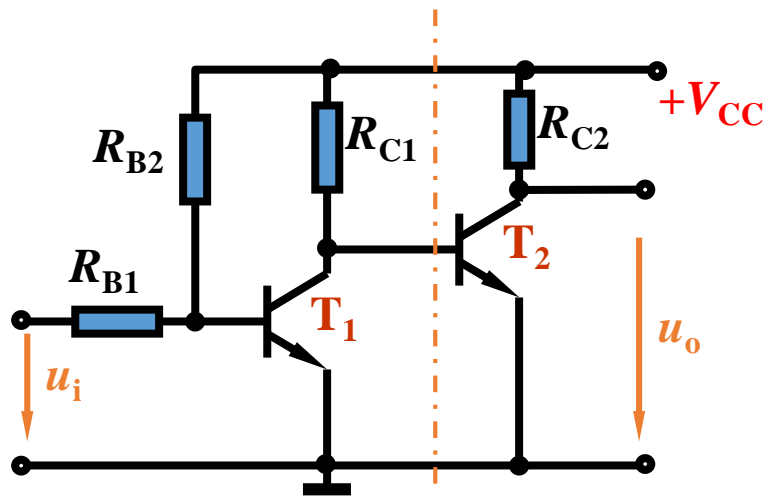
T_1 管静态工作点靠近饱和区



电压放大倍数下降



3.1.1 多级放大电路的耦合方式



集电极电位逐级升高

直接耦合放大电路
存在零点漂移现象

