

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 集成电路学院

第一馆203办公室 shouzhong.peng@buaa.edu.cn

2020年12月2日

回顾：共漏放大电路（源随器）

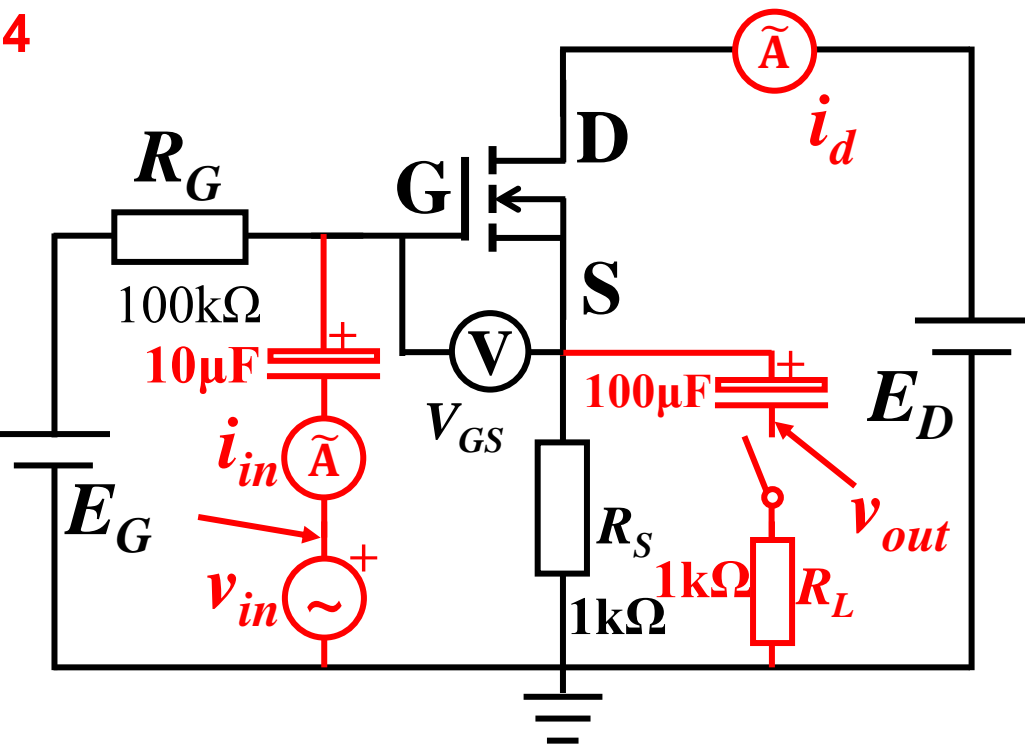


■ 放大电路参数测量

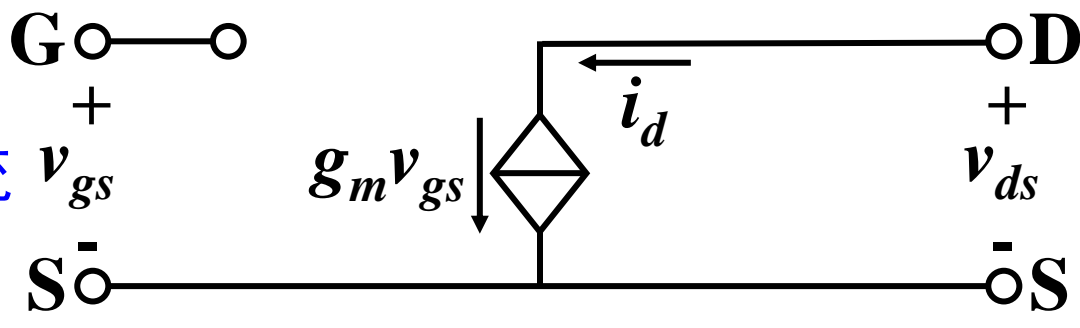
IRFU214



gds



1. 使 $E_D = 5V$, $E_G = 5V$
2. 任意波形发生器输出
1KHz、500mV_{PP} 信号 v_{in}
3. 断开 R_L ，用示波器测量 v_{in}
和 v_{out1} ，用万用表测量 i_{in} 和 i_d
4. 计算电压放大倍数 A_v 、
输入电阻 R_{in} 和交流跨导 g_m
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}



回顾：共漏放大电路（源随器）

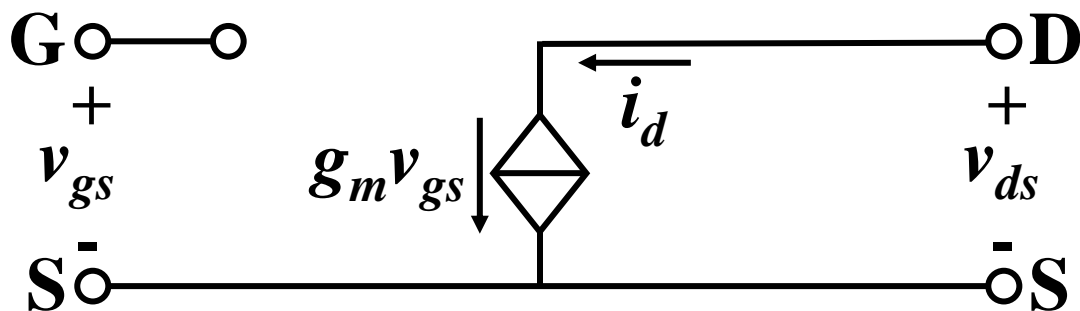
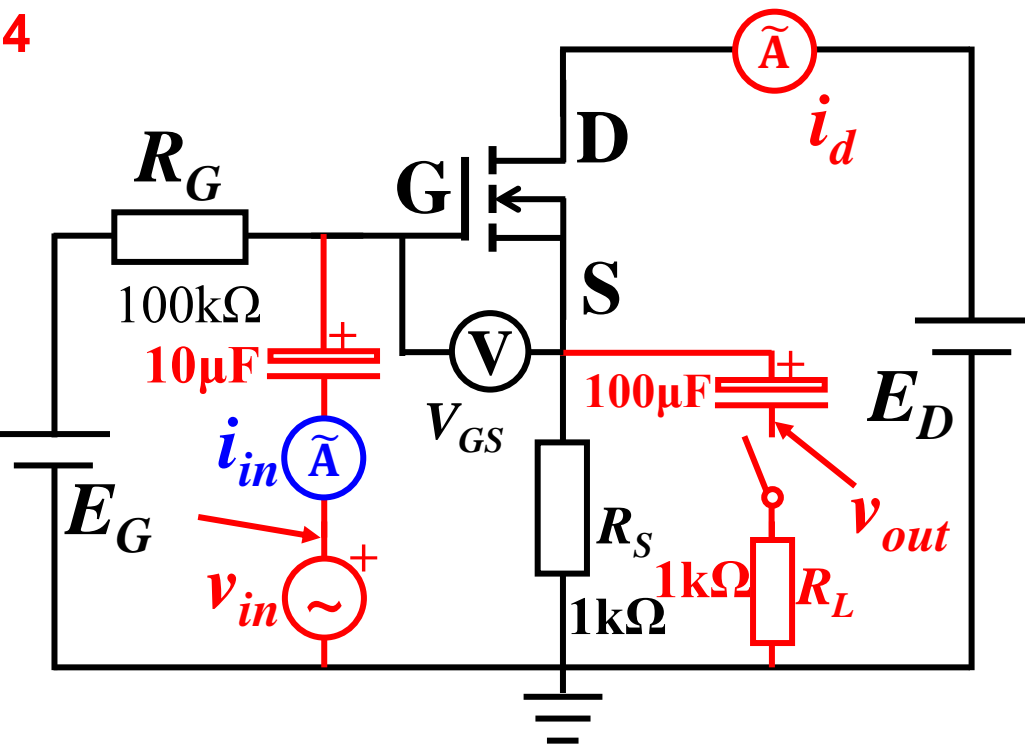


放大电路参数测量

IRFU214



gds



用万用表测量 i_{in}

理论上： $R_{in} \approx R_G = 100\text{k}\Omega$

实验上：

➤ 手持万用表测得 $i_{in} = 1.5\mu\text{A}$,

计算得到 $R_{in} = 118\text{k}\Omega$

➤ 台式万用表测得 $i_{in} = 1.85\mu\text{A}$,

计算得到 $R_{in} = 95.7\text{k}\Omega$

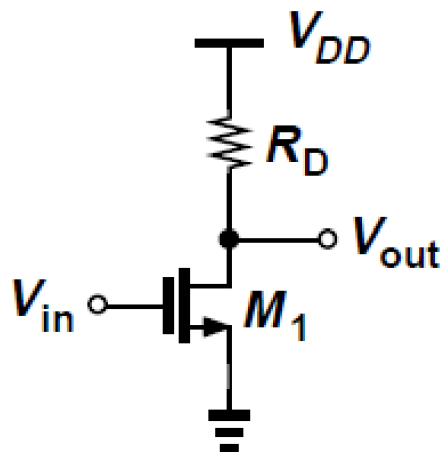
注意：低精度测量时选用
台式万用表

基本放大电路

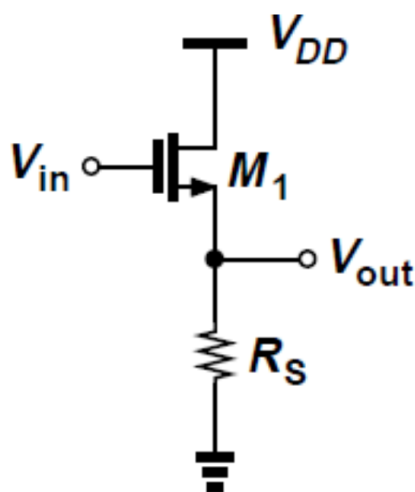


■ 场效应管单管放大电路

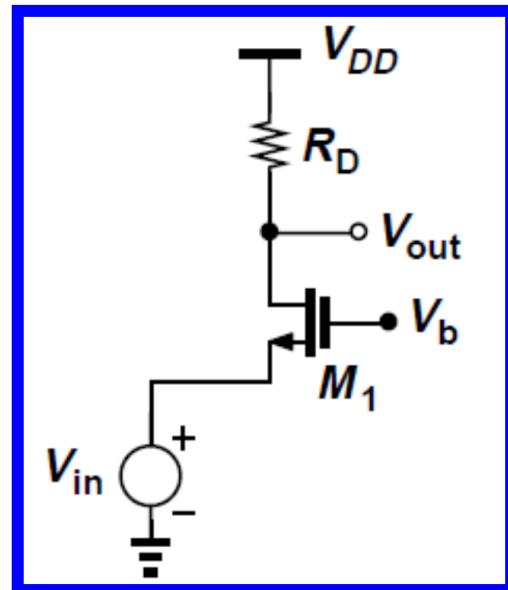
- 共源放大电路
- 共漏放大电路（源随器）
- 共栅放大电路



共源



共漏（源随器）



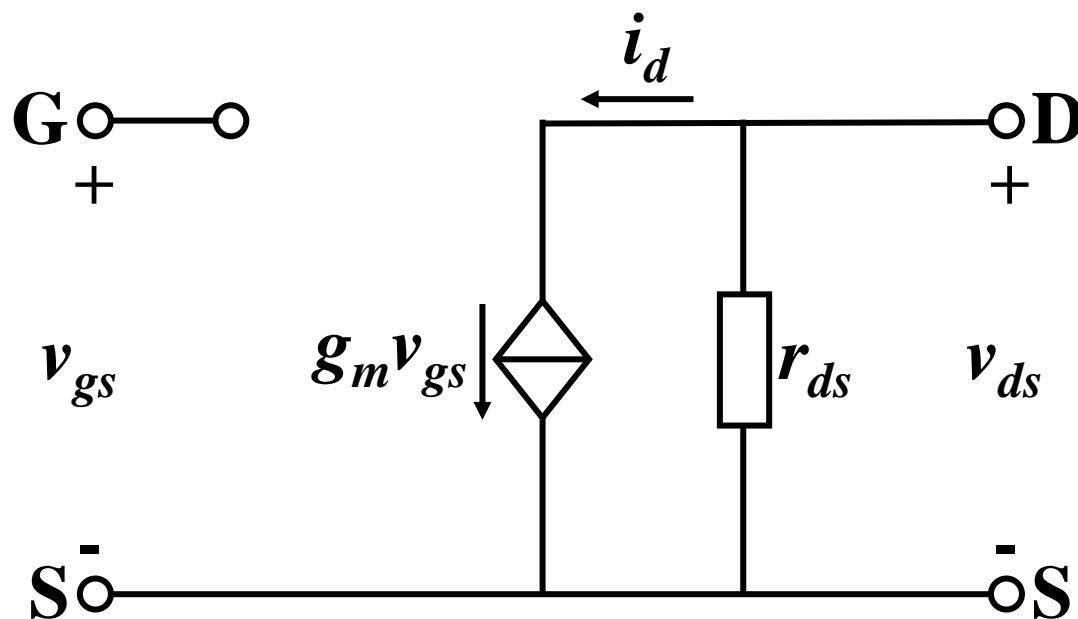
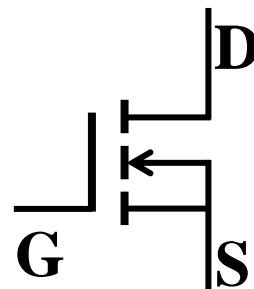
共栅

回顾：场效应管的模型参数测量

■ 场效应管的低频小信号等效电路

➤ 低频跨导：

$$g_m = \left. \frac{\partial i_D}{\partial v_{GS}} \right|_Q = \frac{i_d}{v_{gs}}$$



回顾：场效应管的模型参数测量



■ 饱和区低频跨导（忽略沟道长度调制效应）

$$\because I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH})^2$$

$$\begin{aligned} \because g_m &= \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} \\ &= \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH}) \end{aligned}$$

$$= \sqrt{2 \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} I_D}$$

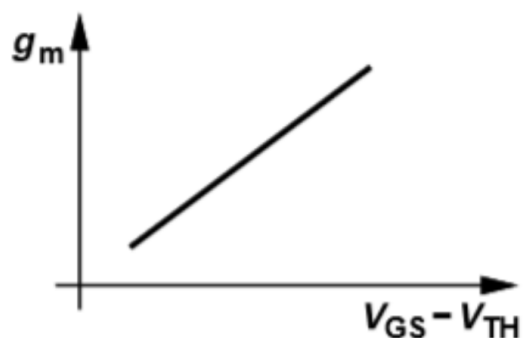
$$= \frac{2I_D}{V_{GS} - V_{TH}}$$

回顾：场效应管的模型参数测量

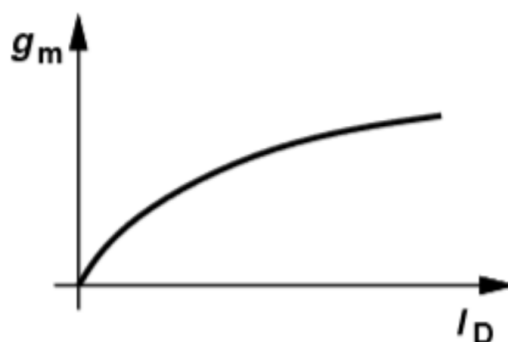


■ 饱和区低频跨导（忽略沟道长度调制效应）

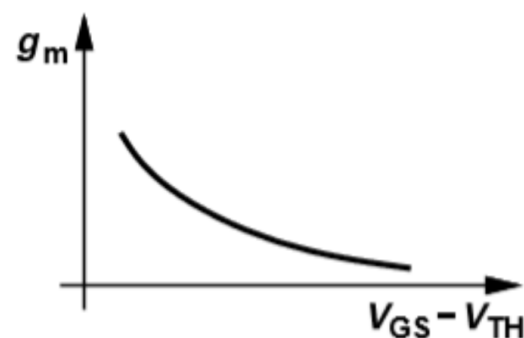
■ 直流工作点确定后， I_D 和 g_m 保持不变



W/L Constant



W/L Constant



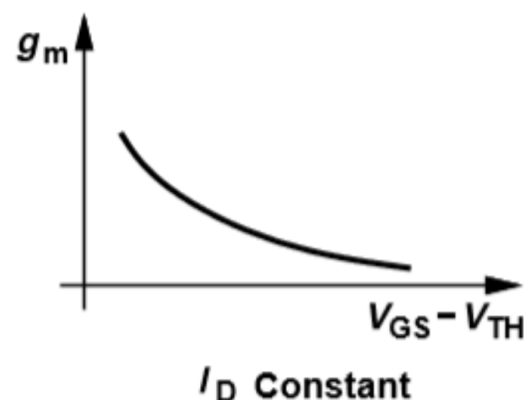
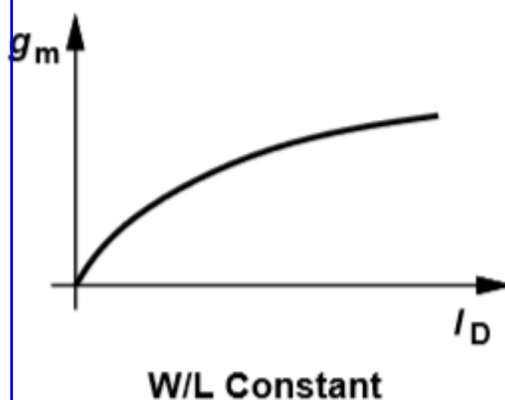
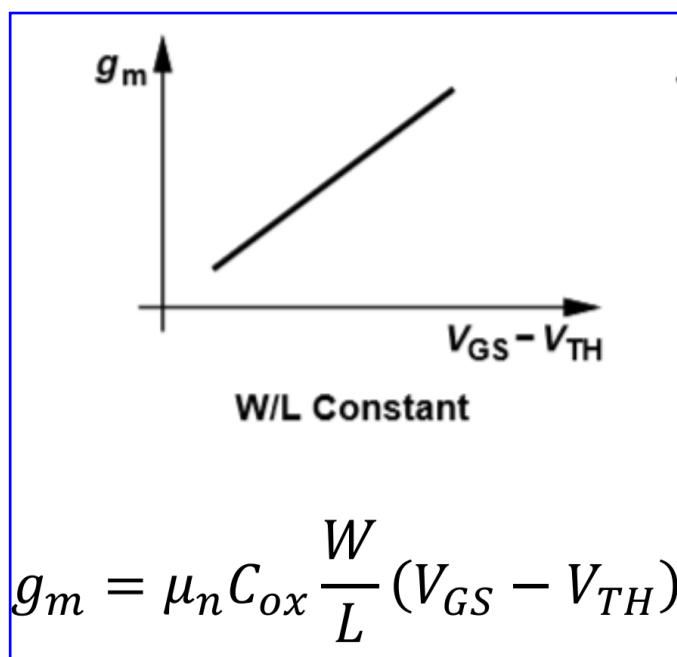
I_D Constant

$$g_m = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH}) = \sqrt{2\mu_n C_{ox} \frac{W}{L} I_D} = \frac{2I_D}{V_{GS} - V_{TH}}$$

回顾：场效应管的模型参数测量

■ 饱和区低频跨导（忽略沟道长度调制效应）

■ 直流工作点确定后， I_D 和 g_m 保持不变



$$= \sqrt{2\mu_n C_{ox} \frac{W}{L} I_D}$$

$$= \frac{2I_D}{V_{GS} - V_{TH}}$$

思考：如何改变低频跨导 g_m ？

步骤1: 放大电路参数计算



■ 放大电路参数计算

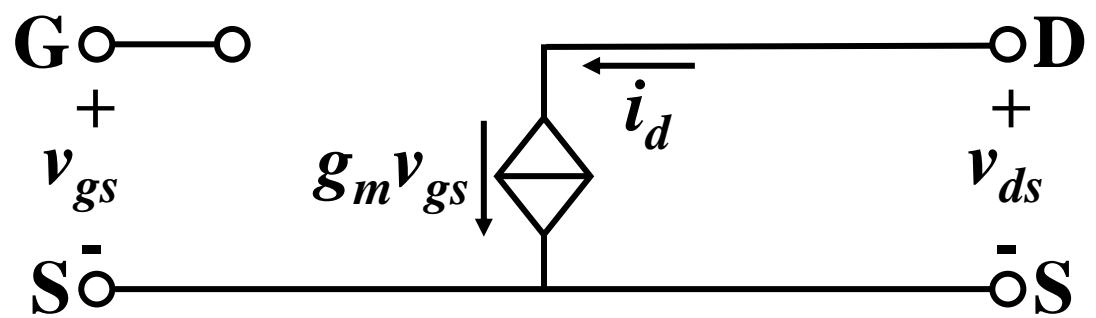
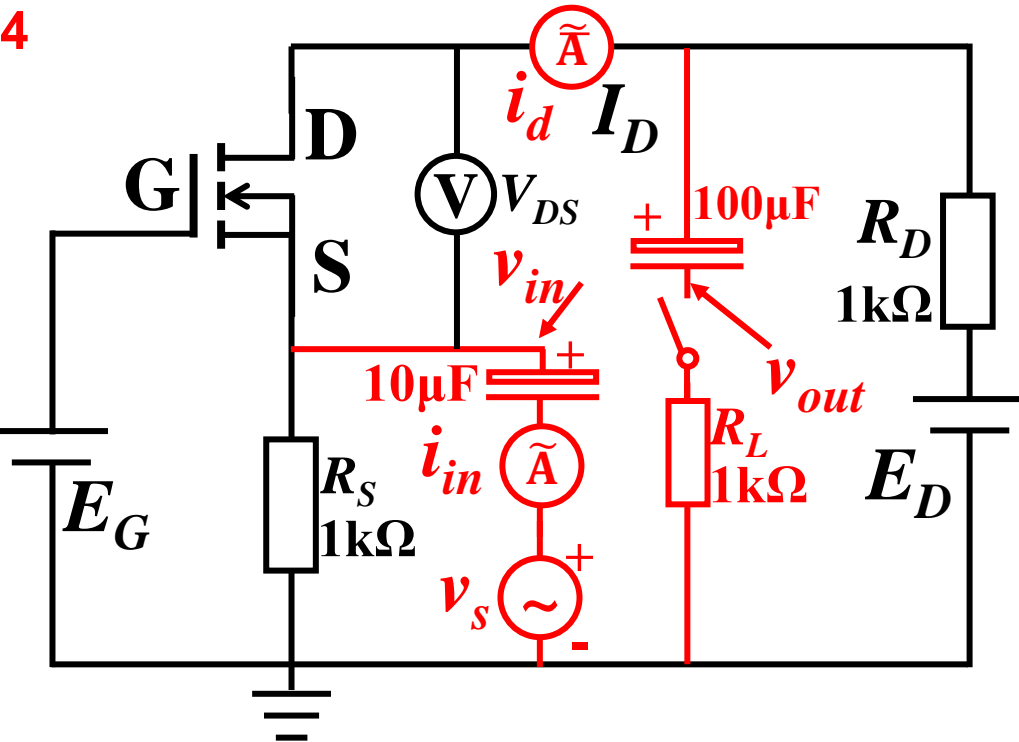
- 1. 画出低频交流小信号等效电路
- 2. 设 $g_m = 0.01S$, 计算出电压放大倍数 A_v 、电流放大系数 A_i 、输入电阻 R_{in} 、输出电阻 R_{out} 的具体数值

(课堂测试)

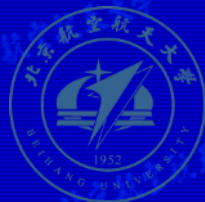
IRFU214



gds



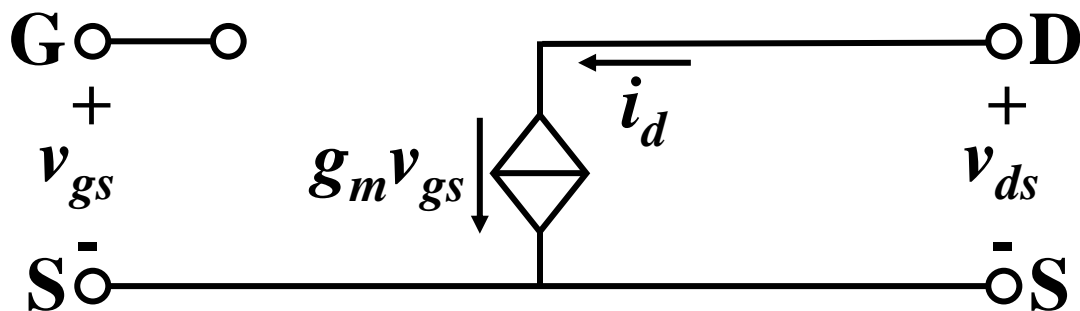
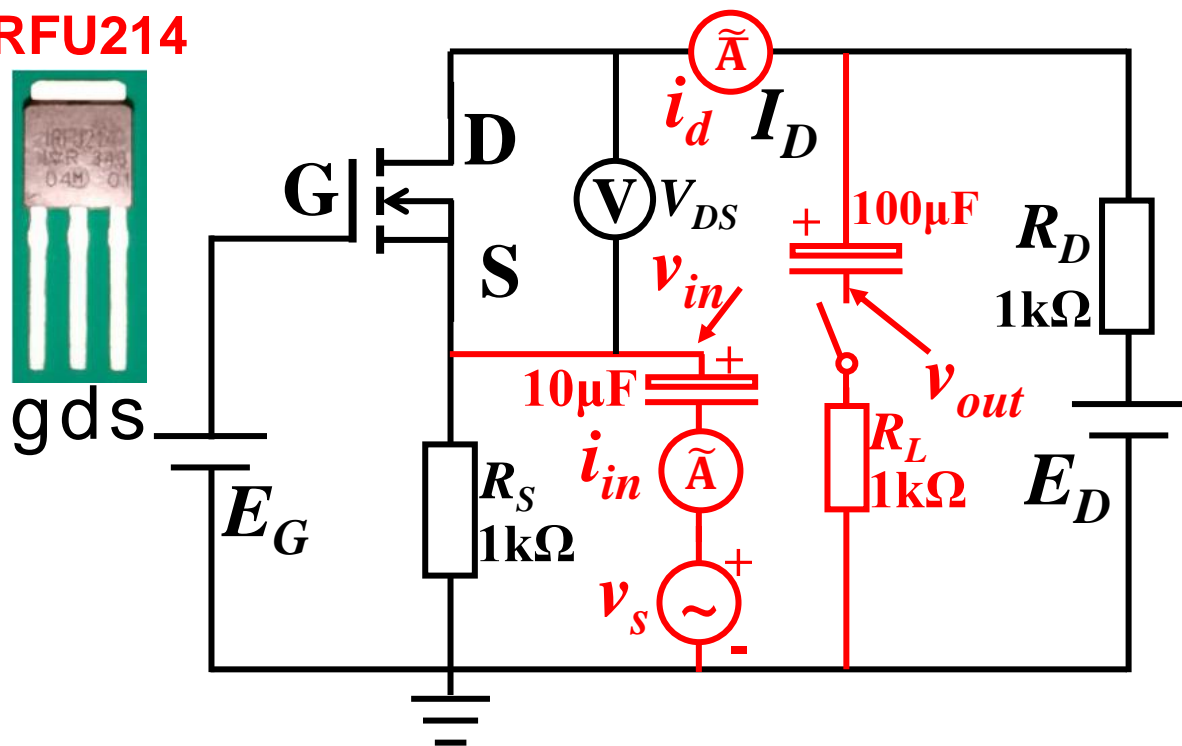
步骤2: 直流工作点设置



■ 直流工作点设置

1. 自行设置 E_G 和 E_D
2. 测量 V_{DS} 和 I_D 并画图, 确保工作在放大区
3. 测量 v_{gs} 和 i_d 并计算低频跨导 g_m
4. 调节 E_G 和 E_D , 使低频跨导 $g_m = 0.01\text{S}$

IRFU214



步骤3: 放大电路参数测量

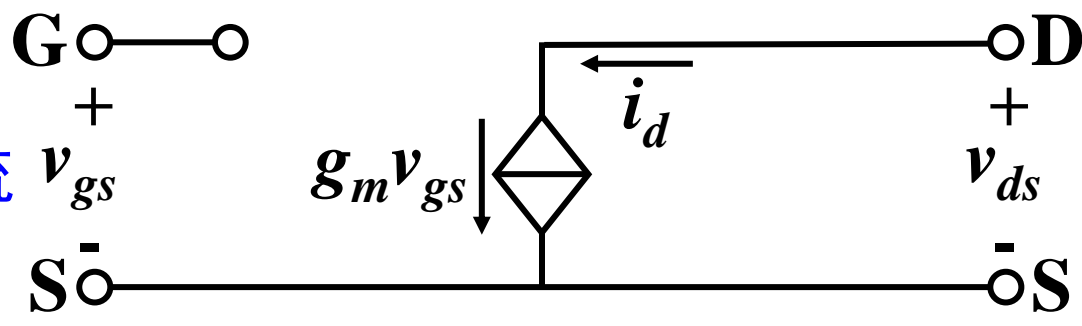
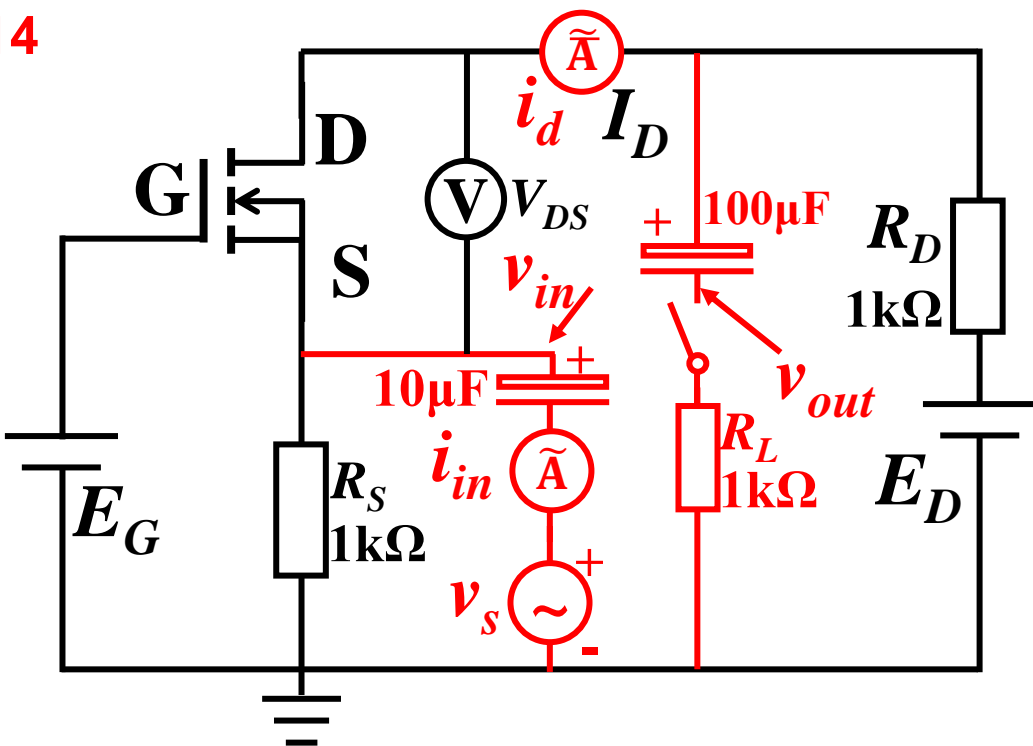


■ 放大电路参数测量

IRFU214



gds



1. 保持直流工作点不变

2. 任意波形发生器输出

1KHz、500mV_{PP}信号 v_{in}

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 、

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出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} 的数值大小（需要先根据测量结果计算出交流跨导 g_m ），并与实验测量结果进行对比。
2. 对比和分析共漏放大电路和共栅放大电路的参数和特点。

步骤1: 放大电路参数计算

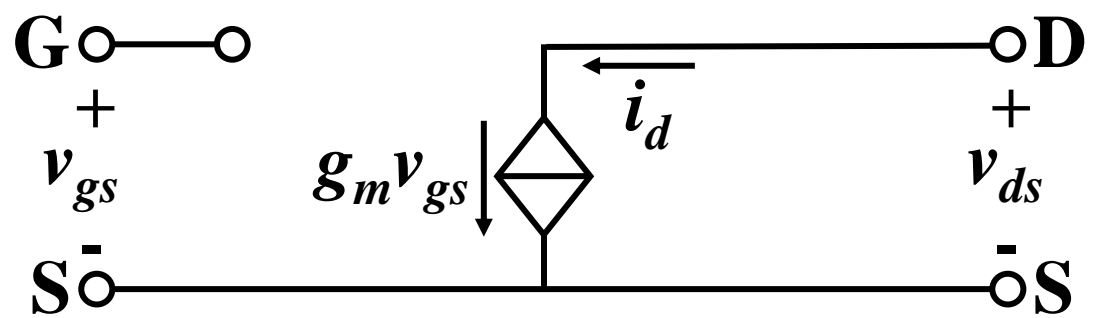
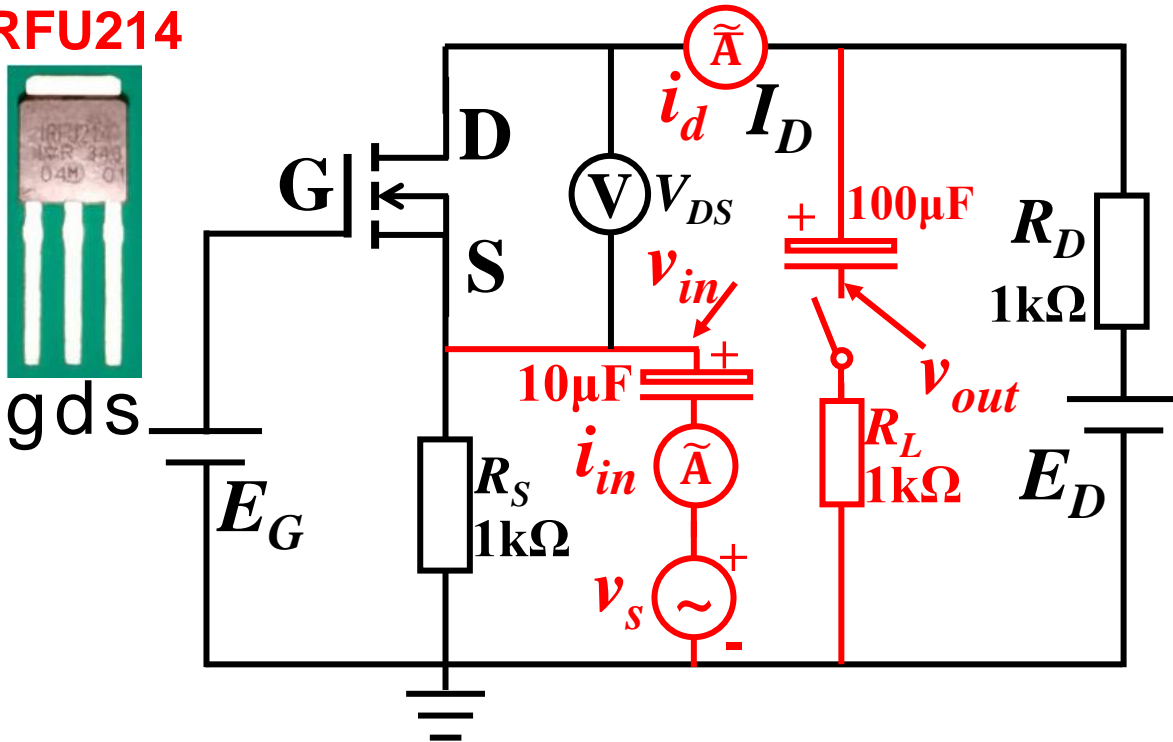


■ 放大电路参数计算

1. 画出低频交流小信号等效电路
2. 设 $g_m = 0.01S$, 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} 、输出电阻 R_{out} 的具体数值

(课堂测试)

IRFU214



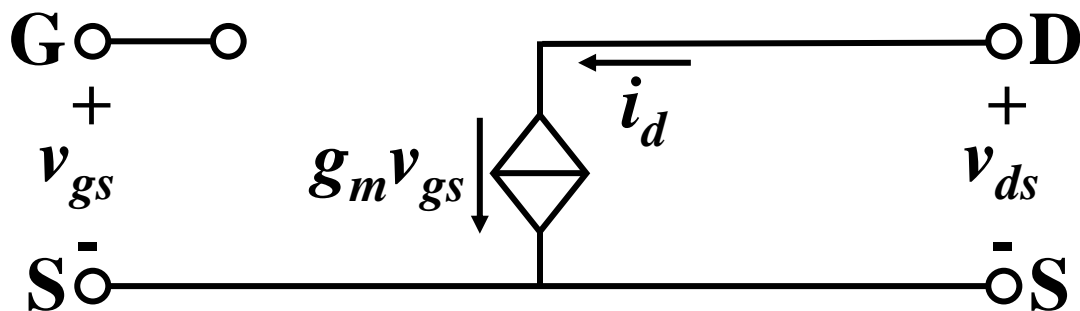
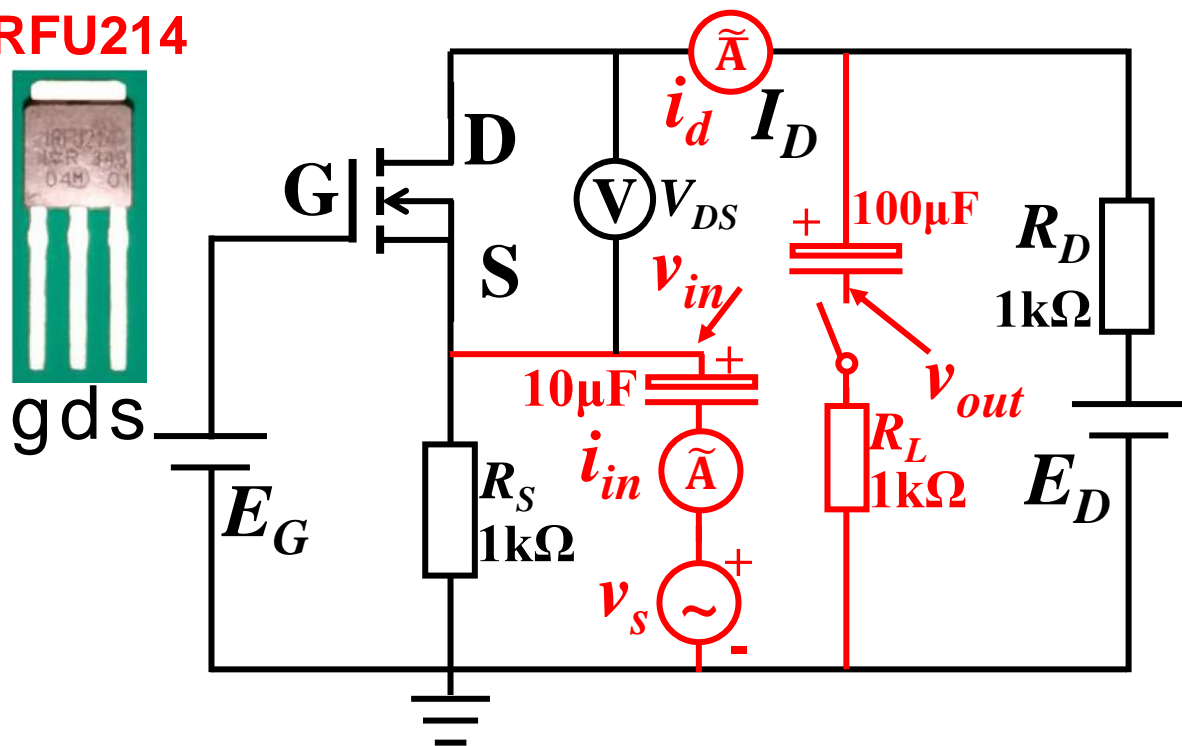
步骤2: 直流工作点设置



■ 直流工作点设置

1. 自行设置 E_G 和 E_D
2. 测量 V_{DS} 和 I_D 并画图, 确保工作在放大区
3. 测量 v_{gs} 和 i_d 并计算低频跨导 g_m
4. 调节 E_G 和 E_D , 使低频跨导 $g_m = 0.01\text{S}$

IRFU214



步骤3: 放大电路参数测量

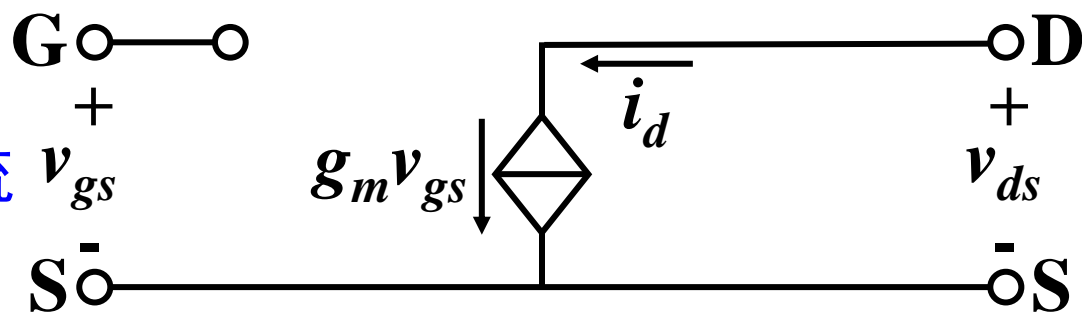
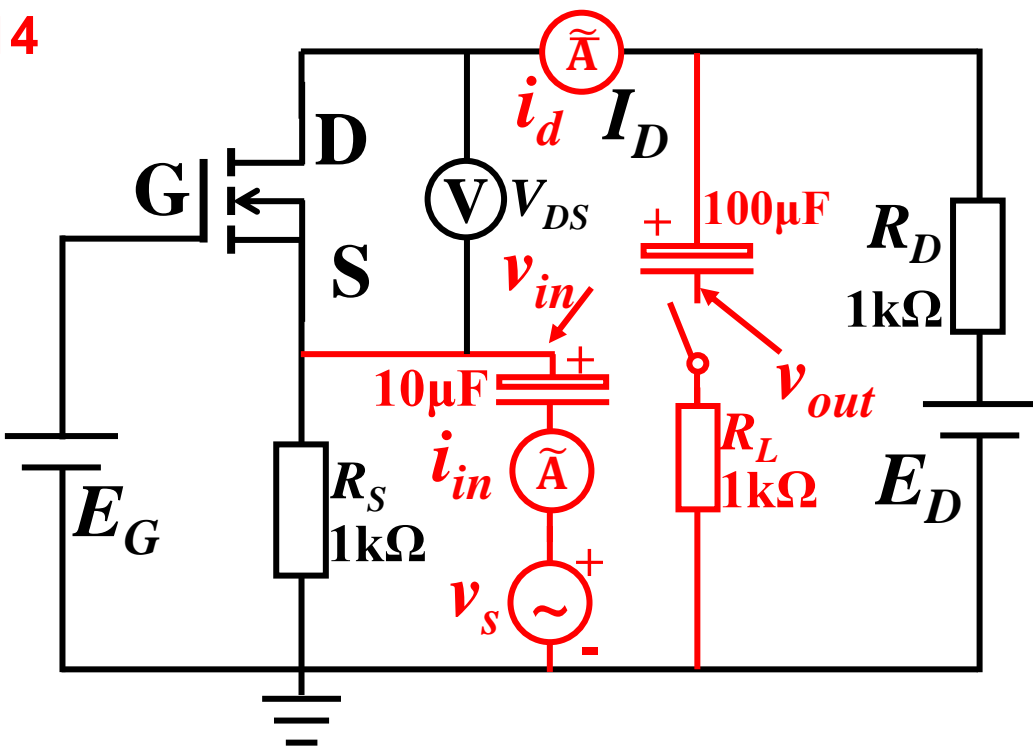


■ 放大电路参数测量

IRFU214



gds



1. 保持直流工作点不变

2. 任意波形发生器输出

1KHz、500mV_{PP} 信号 v_{in}

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 、

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}

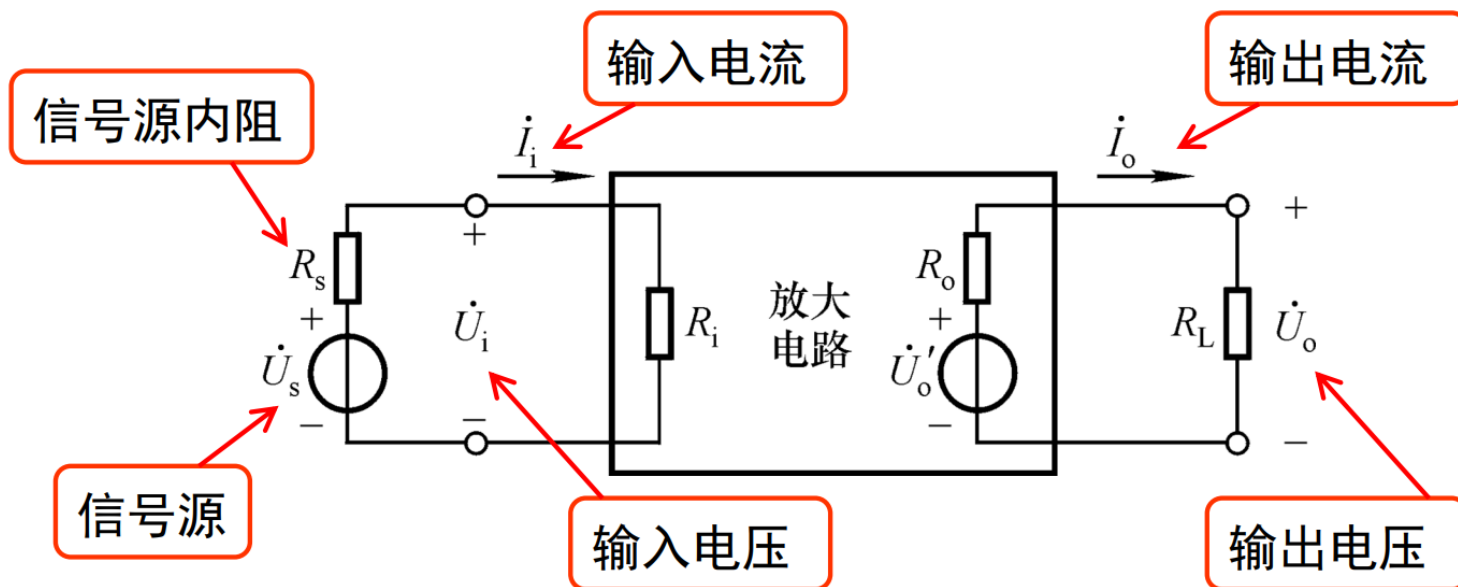
谢谢！

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。

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

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

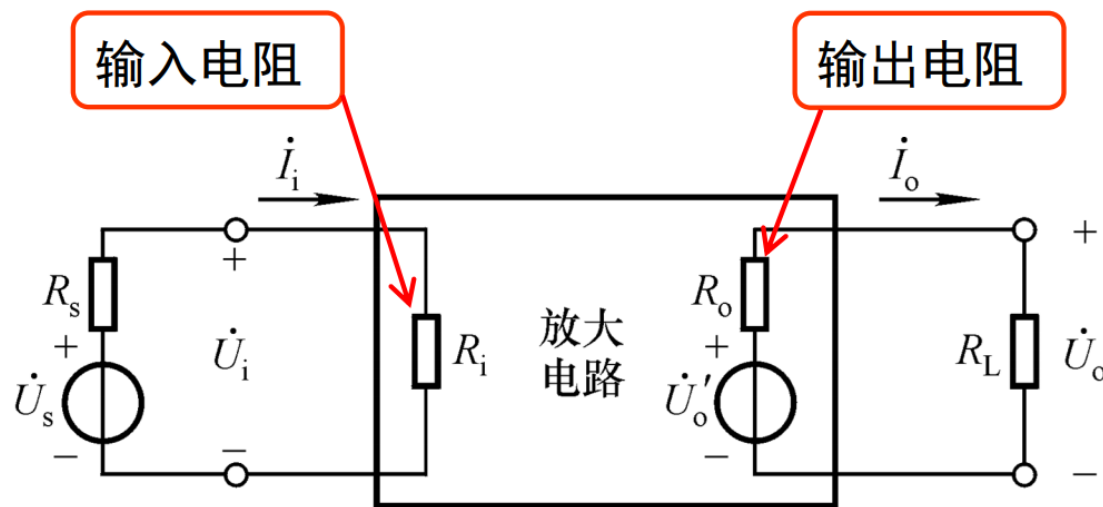
$$A_{ui} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{I}_i}$$

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

基本放大电路



■ 输入电阻和输出电阻的测量方法



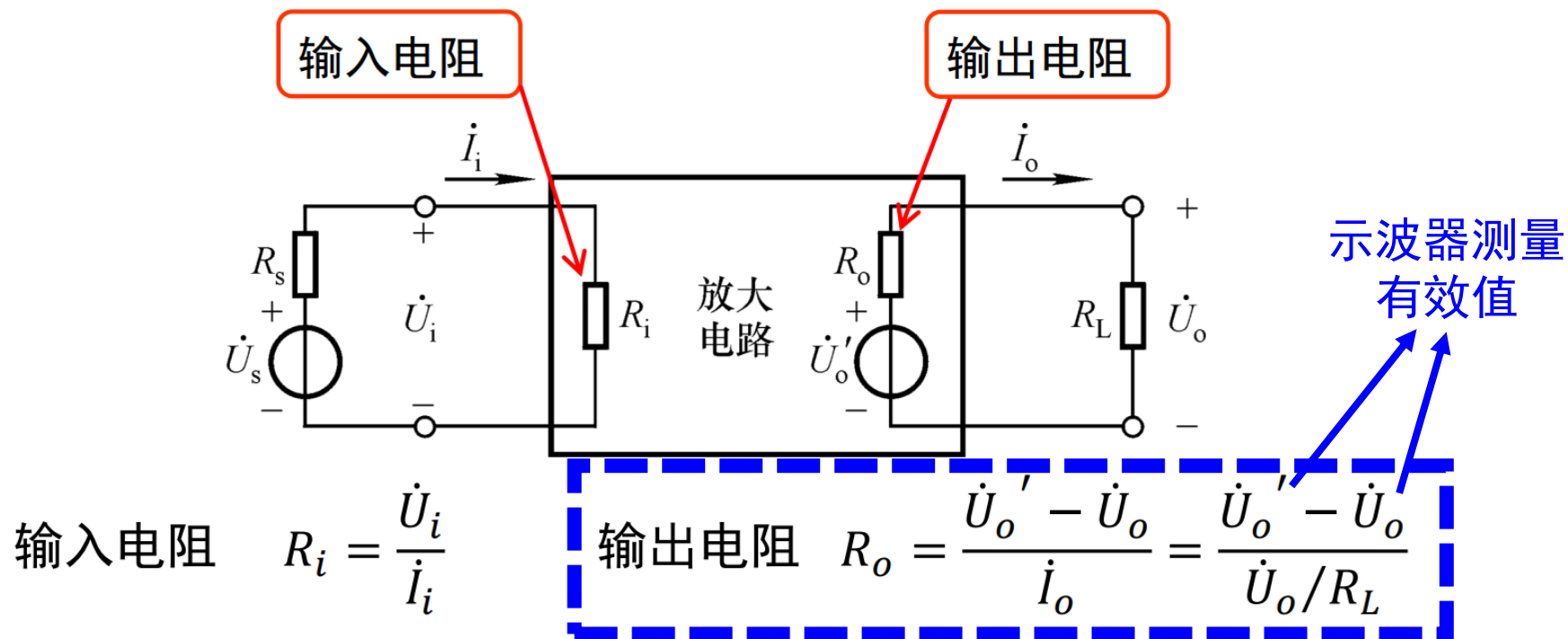
输入电阻 $R_i = \frac{\dot{U}_i}{\dot{I}_i}$ $\xrightarrow{\text{示波器测量有效值}}$
 $\xrightarrow{\text{万用表测量有效值}}$

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 $\dot{U}_o' = 0$ ）。