

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11月30日

回顾：共集放大电路

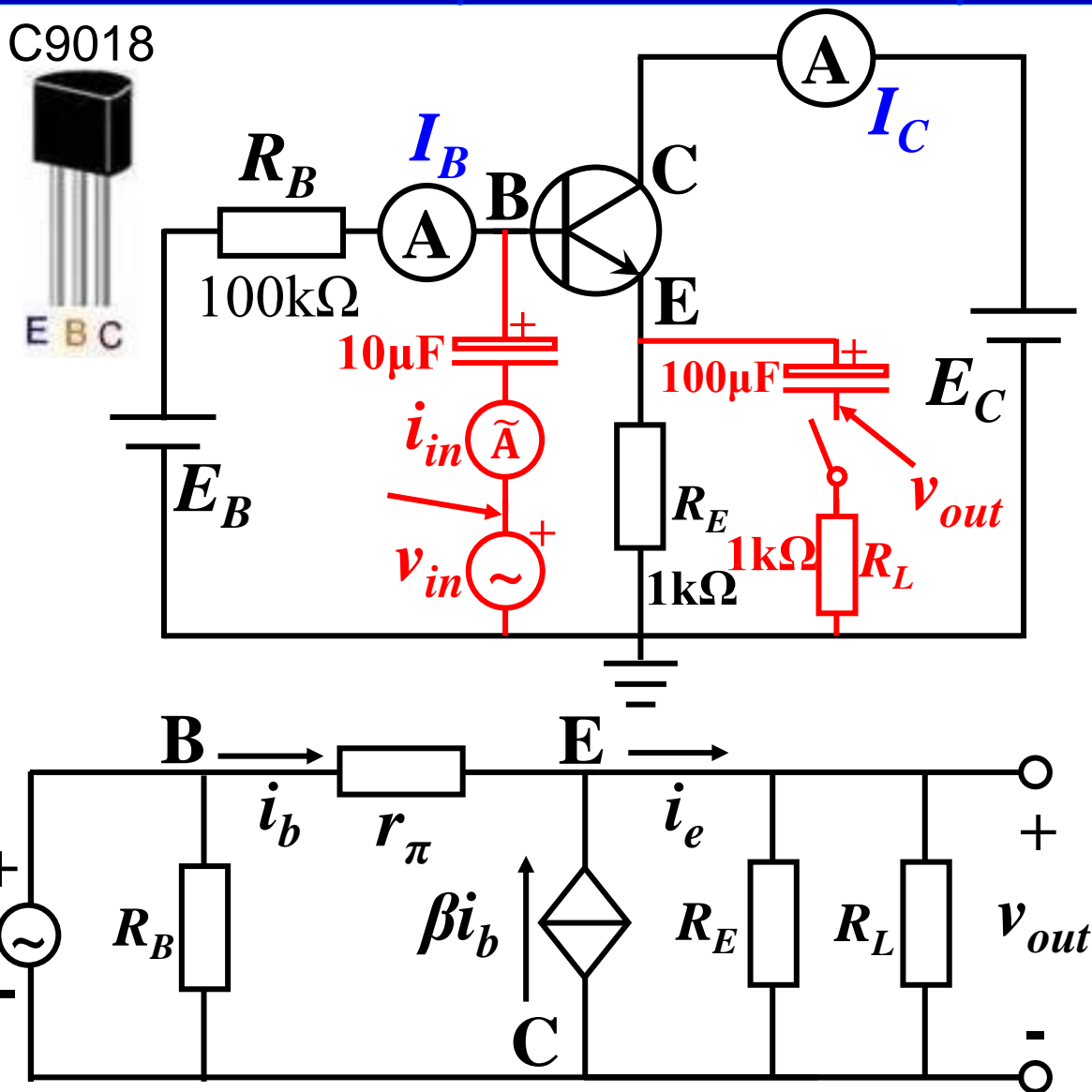


■ 低频交流小信号等效电路

$$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{(1 + \beta)i_b R_E}{i_b r_\pi + (1 + \beta)i_b R_E} = \frac{(1 + \beta) R_E}{r_\pi + (1 + \beta) R_E}$$

$$R_{in} = \frac{v_{in}}{i_{in}} = \frac{v_{in}}{\frac{v_{in}}{R_B} + \frac{v_{in}}{R_\pi + (1 + \beta) R_E}} = R_B // (R_\pi + (1 + \beta) R_E)$$

$$A_i = \frac{i_{out}}{i_{in}} = \frac{\frac{(1 + \beta)i_b}{2}}{\frac{v_{in}}{R_B} + i_b} = \frac{\frac{(1 + \beta)i_b}{2}}{\frac{v_{in}}{(1 + \beta)R_B} + i_b} = \frac{(1 + \beta)R_B}{2(R_\pi + (1 + \beta)(R_E // R_L)) + 2R_B}$$



回顾：共集放大电路



■ 低频交流小信号等效电路

$$i_b = -\frac{v_{out}}{r_\pi}$$

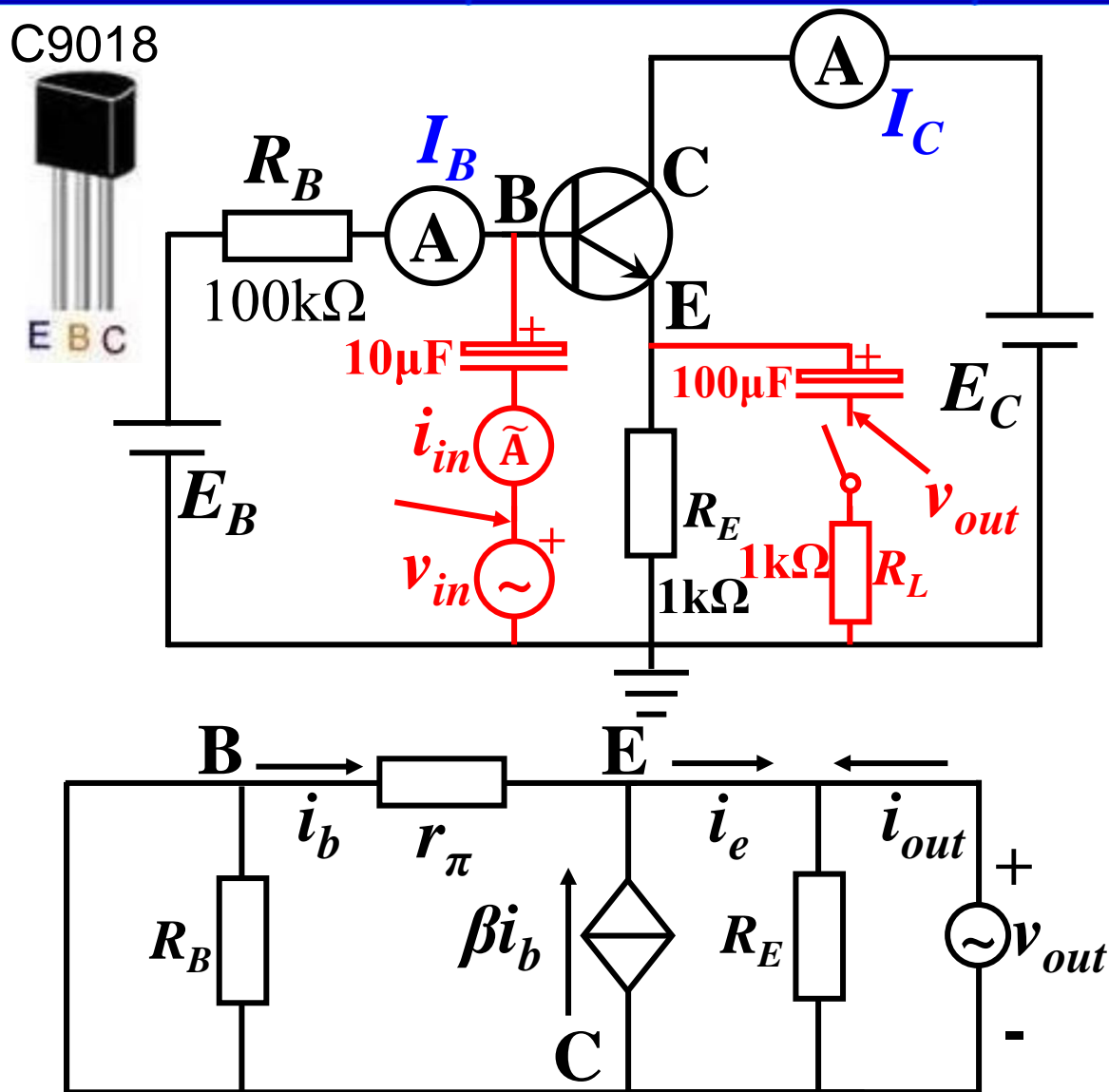
$$i_e = -(1 + \beta) \frac{v_{out}}{r_\pi}$$

$$i_{out} = \frac{v_{out}}{R_E} + (1 + \beta) \frac{v_{out}}{R_\pi}$$

$$R_{out} = \frac{v_{out}}{i_{out}} = \frac{1}{(1 + \beta) \frac{1}{R_\pi} + \frac{1}{R_E}}$$

$$= \frac{R_\pi}{1 + \beta} // R_E$$

注意：计算输出电阻时要使输入端短路！



回顾：共基放大电路



■ 低频交流小信号等效电路

$$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{\beta i_b R_C}{i_b r_\pi} = \frac{\beta R_C}{r_\pi}$$

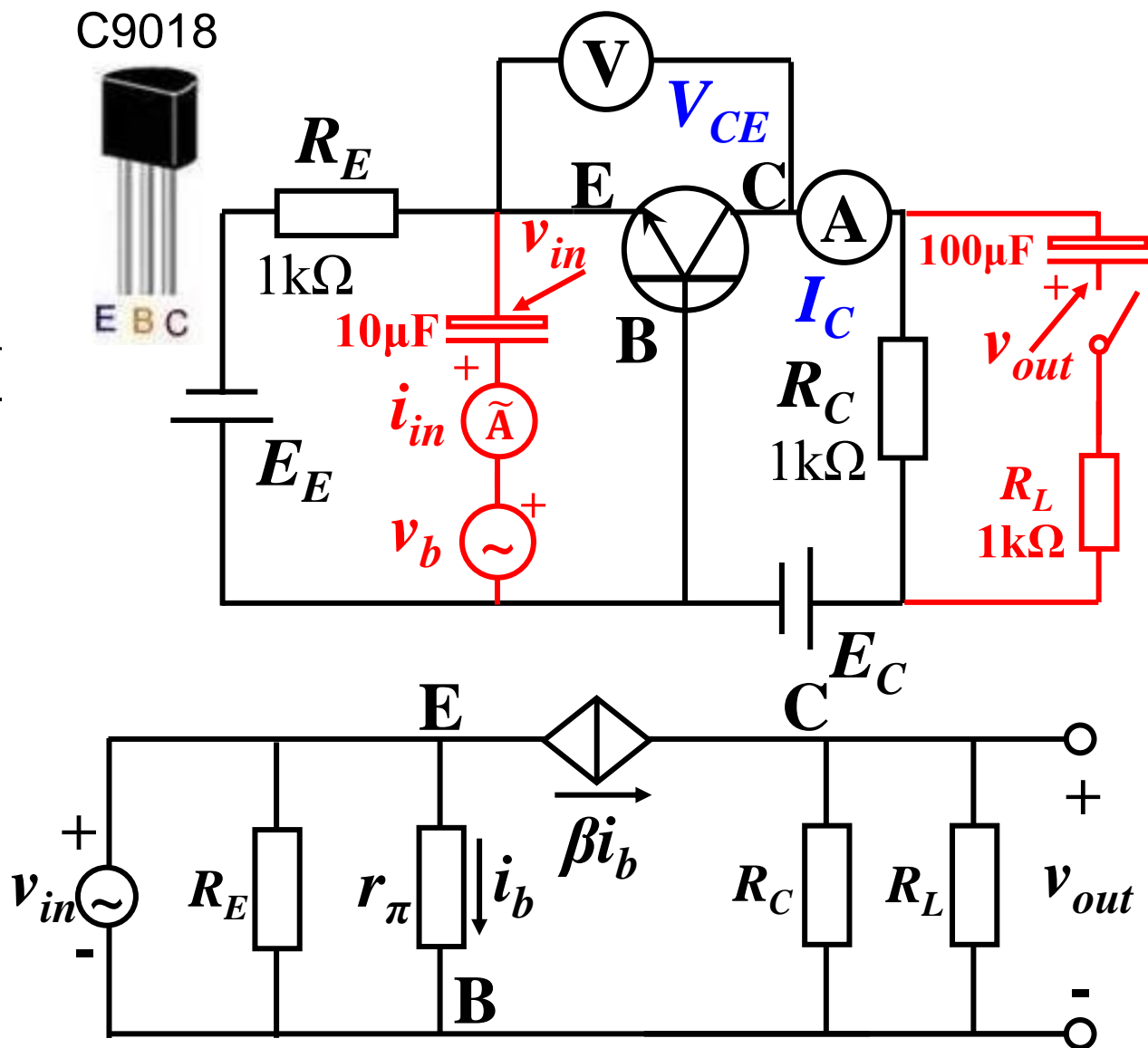
$$R_{in} = \frac{v_{in}}{i_{in}} = \frac{v_{in}}{\frac{v_{in}}{R_E} + \frac{v_{in}}{R_\pi} + \frac{\beta v_{in}}{R_\pi}}$$

$$= R_E // \frac{R_\pi}{1 + \beta}$$

$$A_i = \frac{i_{out}}{i_{in}} = \frac{\frac{\beta v_{in} R_C}{r_\pi (R_C + R_L)}}{\frac{v_{in}}{R_E} + \frac{v_{in}}{R_\pi} + \frac{\beta v_{in}}{R_\pi}}$$

$$= \frac{\frac{\beta R_C}{r_\pi (R_C + R_L)}}{\frac{1}{R_E} + \frac{1 + \beta}{R_\pi}}$$

$$R_{out} = R_C$$

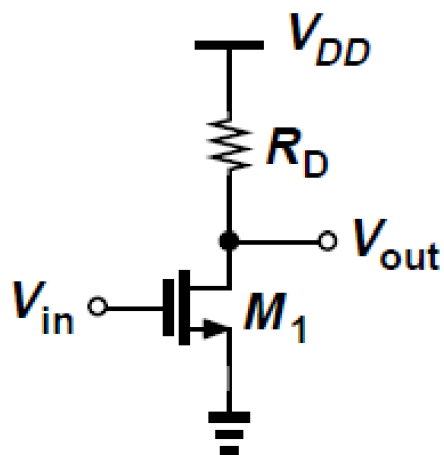


基本放大电路

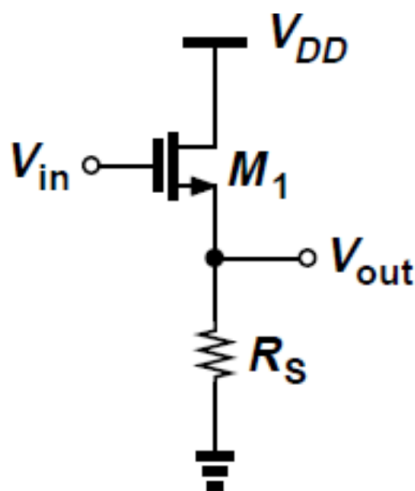


■ MOS单管放大电路

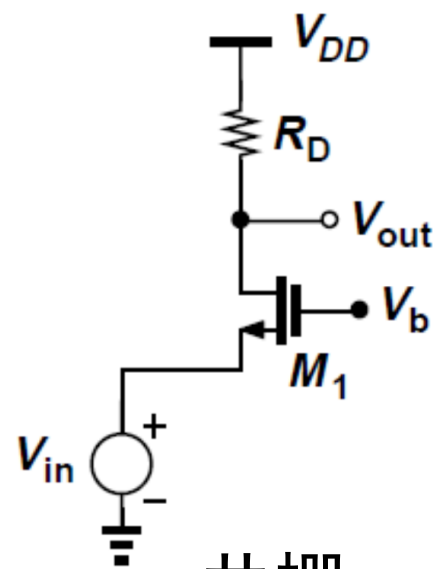
- 共源放大电路
- 共漏放大电路（源随器）
- 共栅放大电路



共源



共漏（源随器）

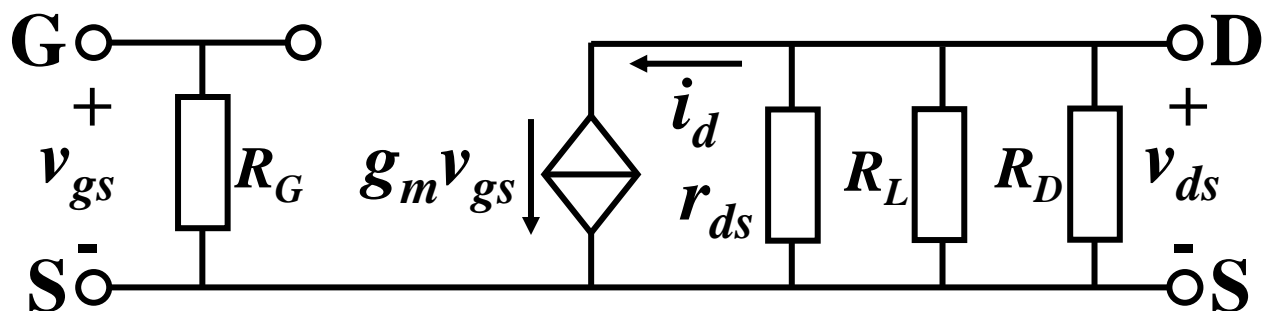
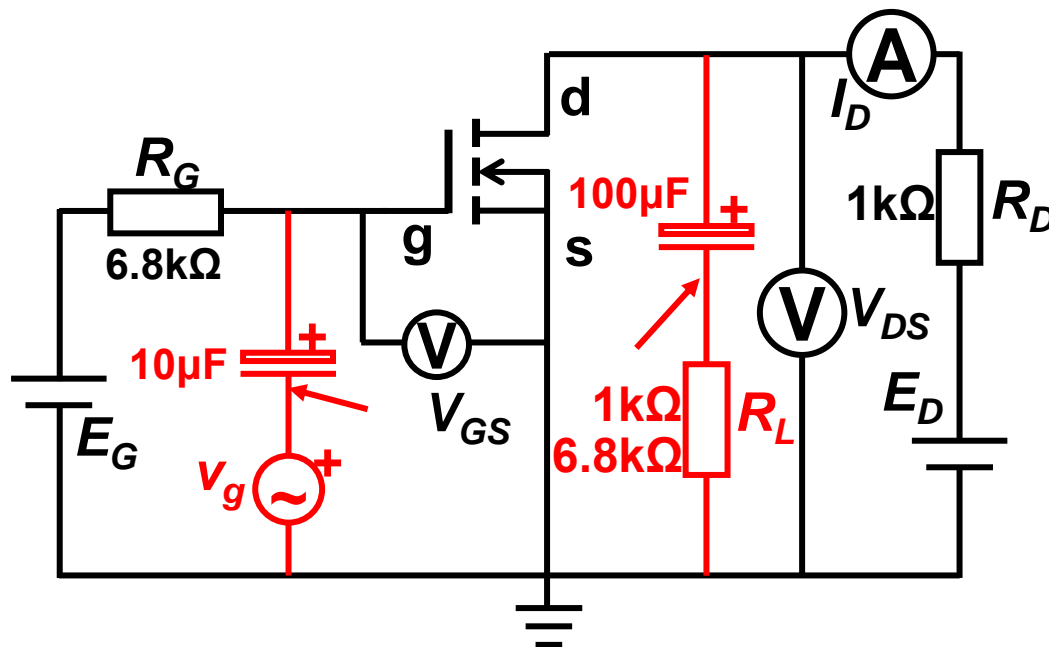


共栅

基本放大电路



■ 特征参数测量时测量过共源放大电路：



基本放大电路

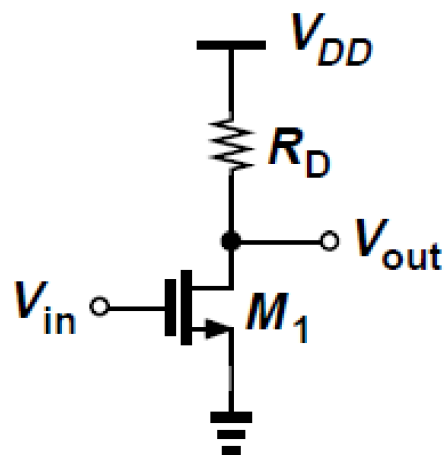


■ MOS单管放大电路

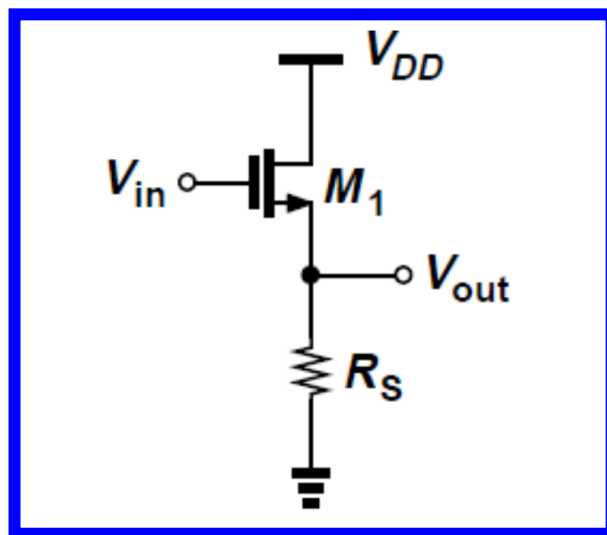
■ 共源放大电路

■ 共漏放大电路（源随器）

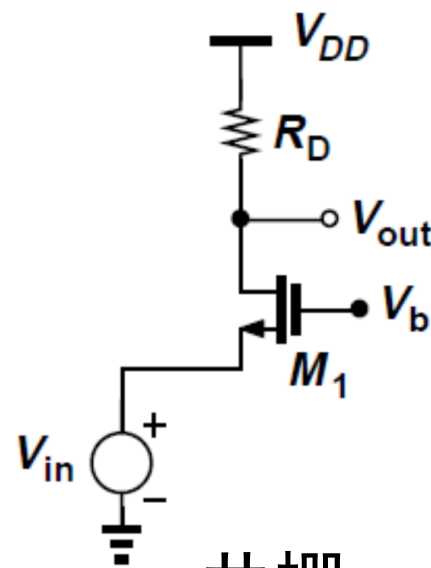
■ 共栅放大电路



共源



共漏（源随器）



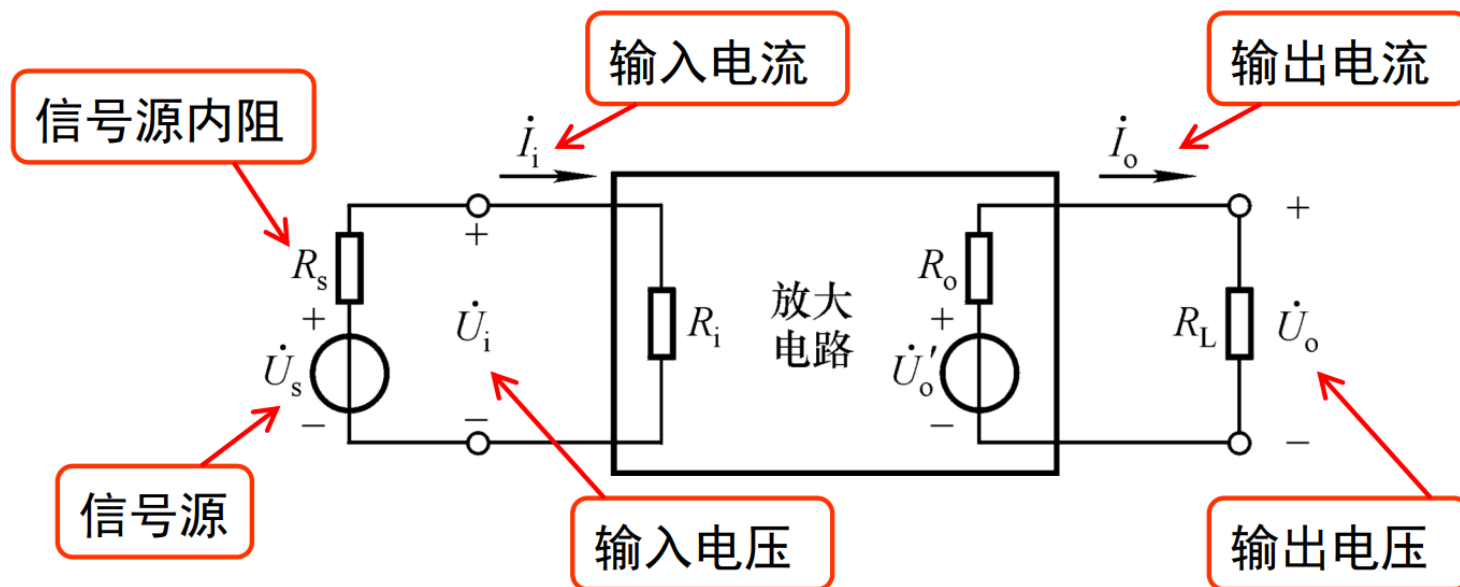
共栅

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。

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

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

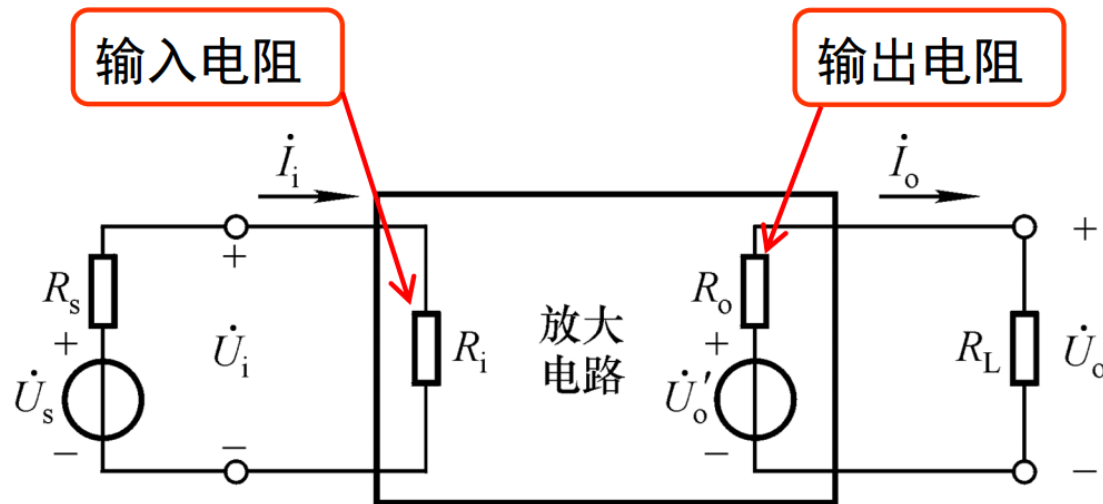
$$A_{ui} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{I}_i}$$

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

基本放大电路



■ 输入电阻和输出电阻的测量方法



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

$\xrightarrow{\text{示波器测量有效值}}$

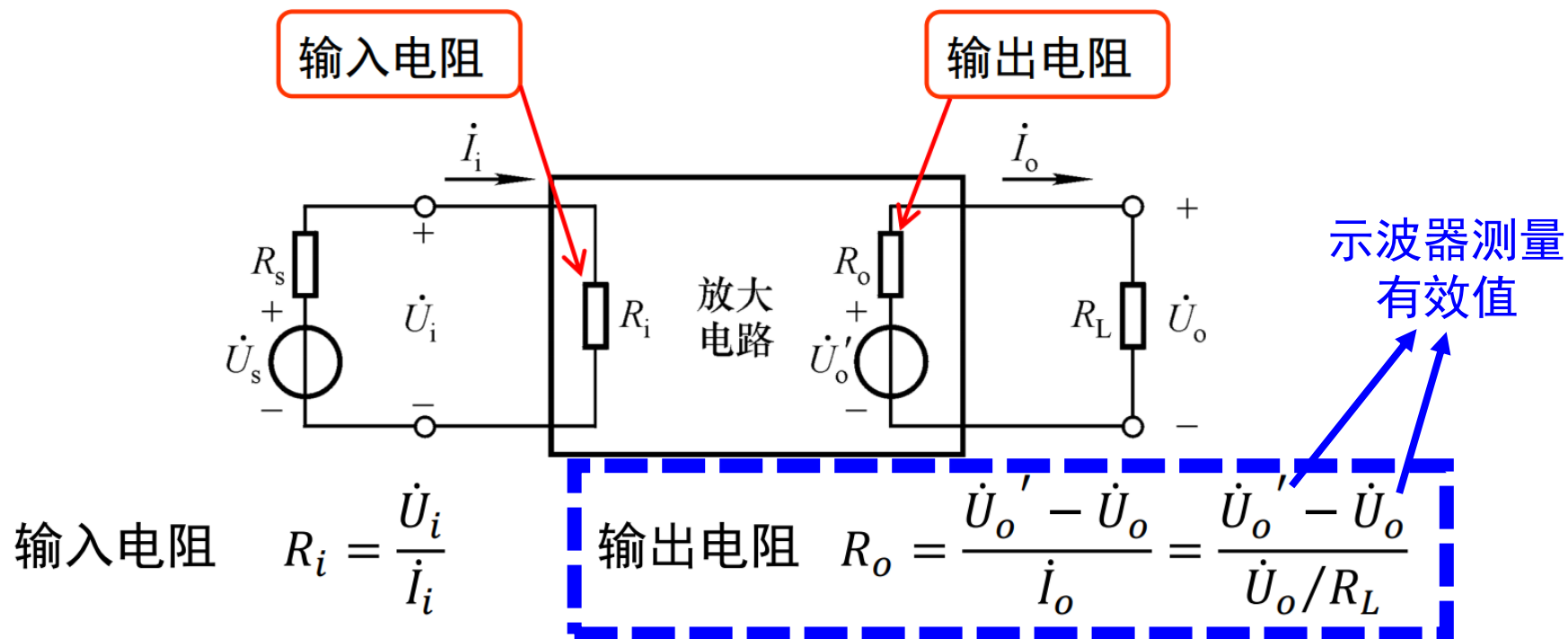
$\xrightarrow{\text{万用表测量有效值}}$

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

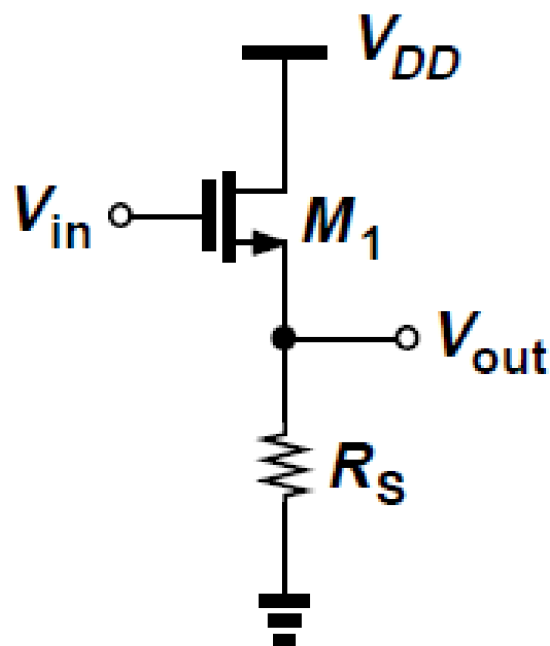


对输出电阻的直观理解：将放大器的输出等效为电压源，其内阻就是输出电阻。可用戴维南定理求解（从负载端看进去，令 $\dot{U}_o' = 0$ ）。

基本放大电路



■ 源随器：直流通路分析



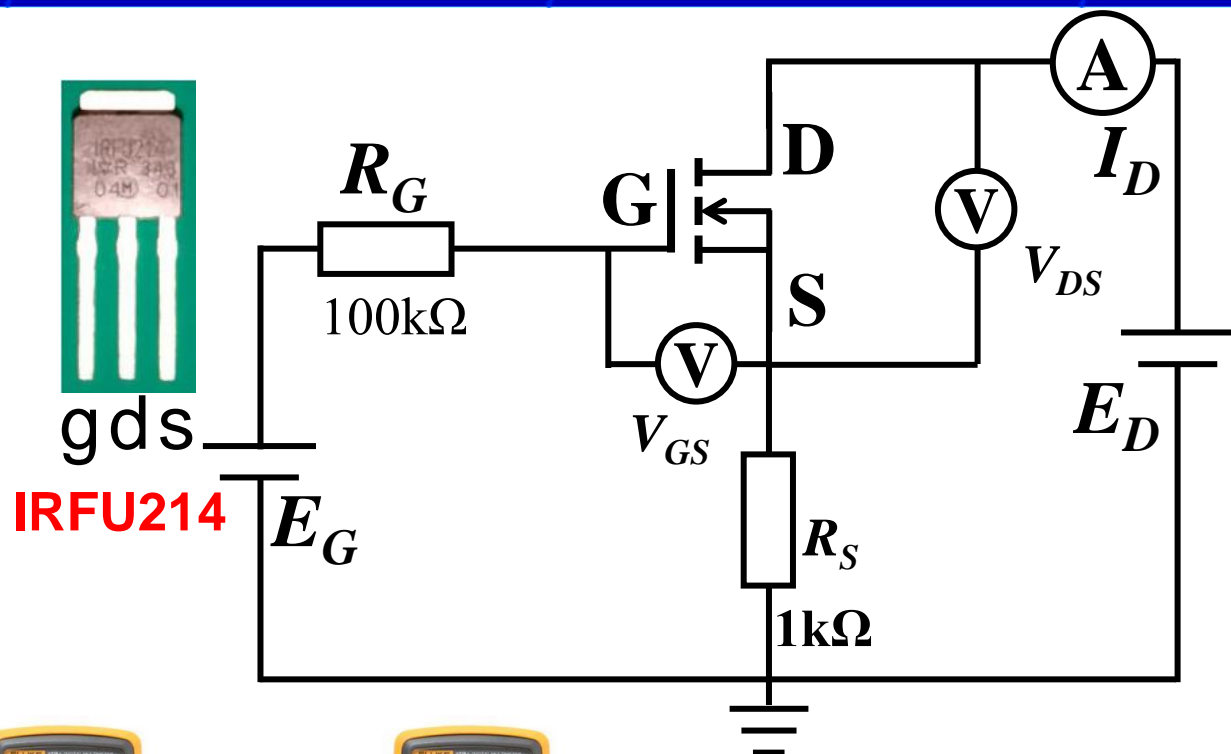
- 当 V_{in} 较小时, $V_{GS} < V_{TH}$, 器件处于截止区, $I_D \approx 0$, $V_{out} = I_D \times R_S \approx 0$
- 为使器件进入饱和区, 要求 $V_{GS} = V_{in} - V_{out} > V_{TH}$ 且 $V_{GD} = V_{in} - V_{DD} < V_{TH}$, 从而要求:
 $V_{in} > V_{TH} + V_{out}$ 且 $V_{DD} > V_{TH} + V_{in}$ 。
(大家测量的过程中, 当 $V_{DD} < V_{TH}$ 时, 无法进入饱和区)
- 要使器件进入线性区, 要求 $V_{GS} = V_{in} - V_{out} > V_{TH}$ 且 $V_{GD} = V_{in} - V_{DD} > V_{TH}$, 从而要求 $V_{in} > V_{DD} + V_{TH}$ 。
所以当 V_{DD} 大于 V_{in} 时, 继续增大 V_{DD} 后器件也不会进入线性区。

步骤1: 确保工作在放大区



■ 直流输出特性测量

1. 调节 $E_G = 5V$
2. 调节 $E_D = 0.1-8V$
3. 测量 V_{DS} 和 I_D 并画图
4. 思考：放大电路中 E_D 应设置为多少伏？



电压源
产生电压 E_G 和 E_D



手持式万用表1
测量电压 V_{GS}



手持式万用表2
测量电压 V_{DS}



台式万用表
测量电流 I_D

步骤2: 放大电路参数测量



■ 放大电路参数测量

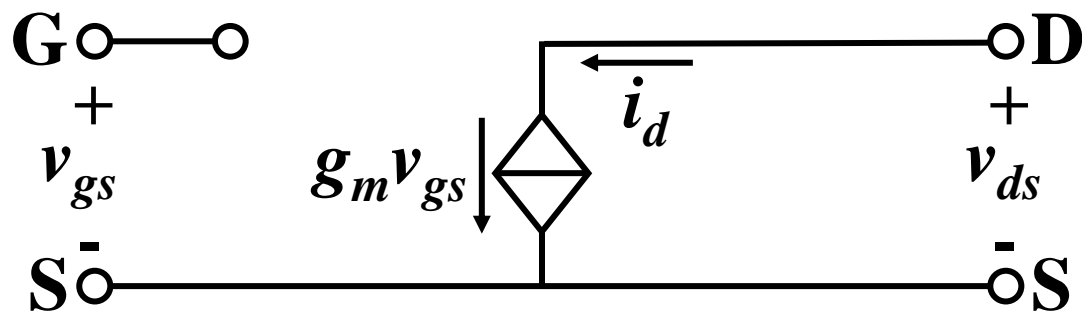
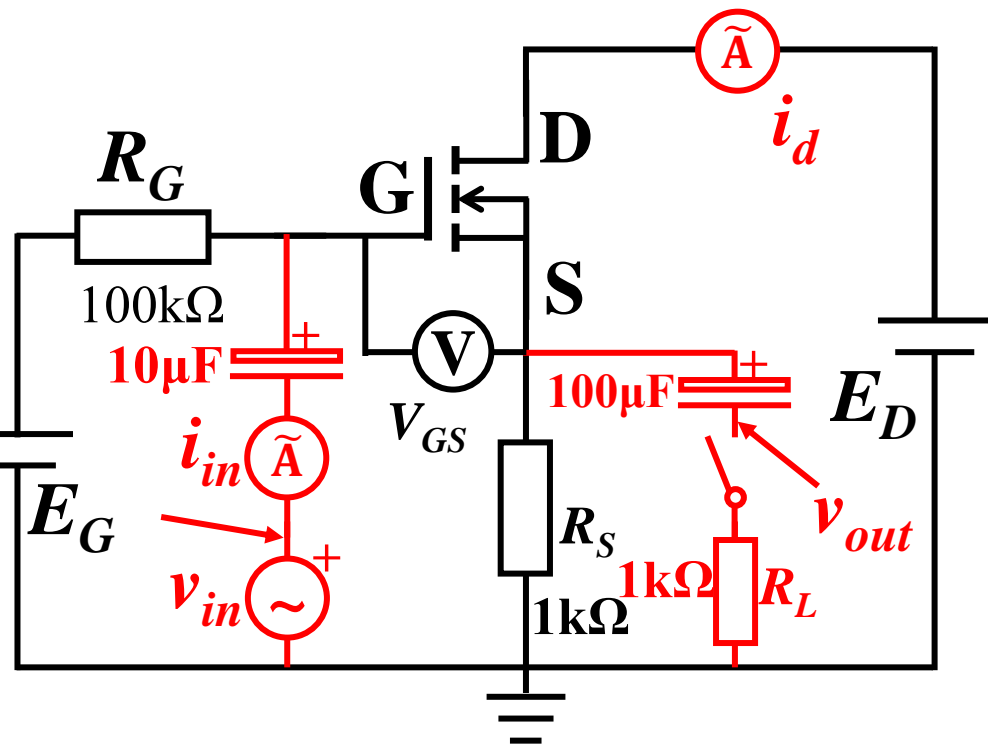
画出低频交流小信号

等效电路 (课堂测试)

IRFU214



gds



步骤2: 放大电路参数测量

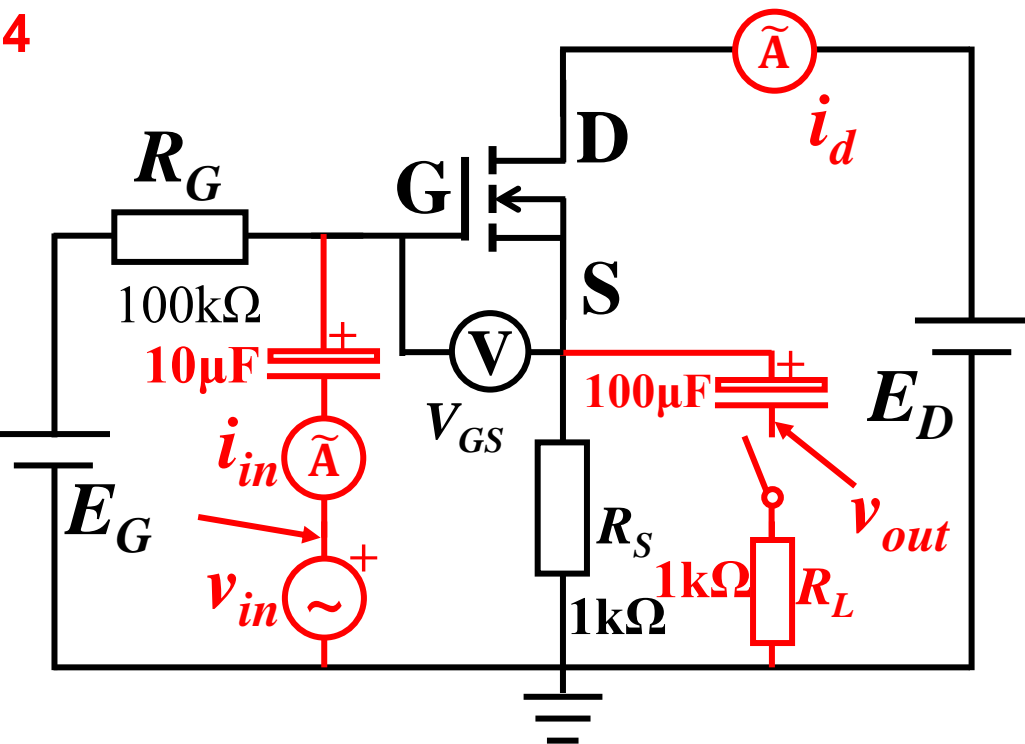


■ 放大电路参数测量

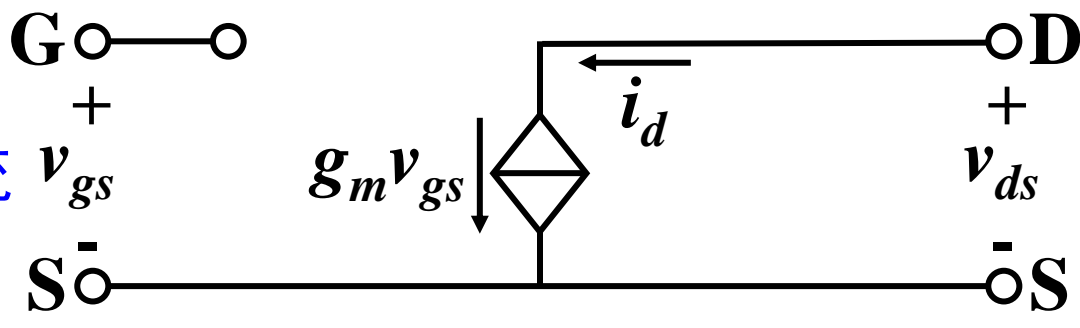
IRFU214



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}



课后思考



■ 课后思考

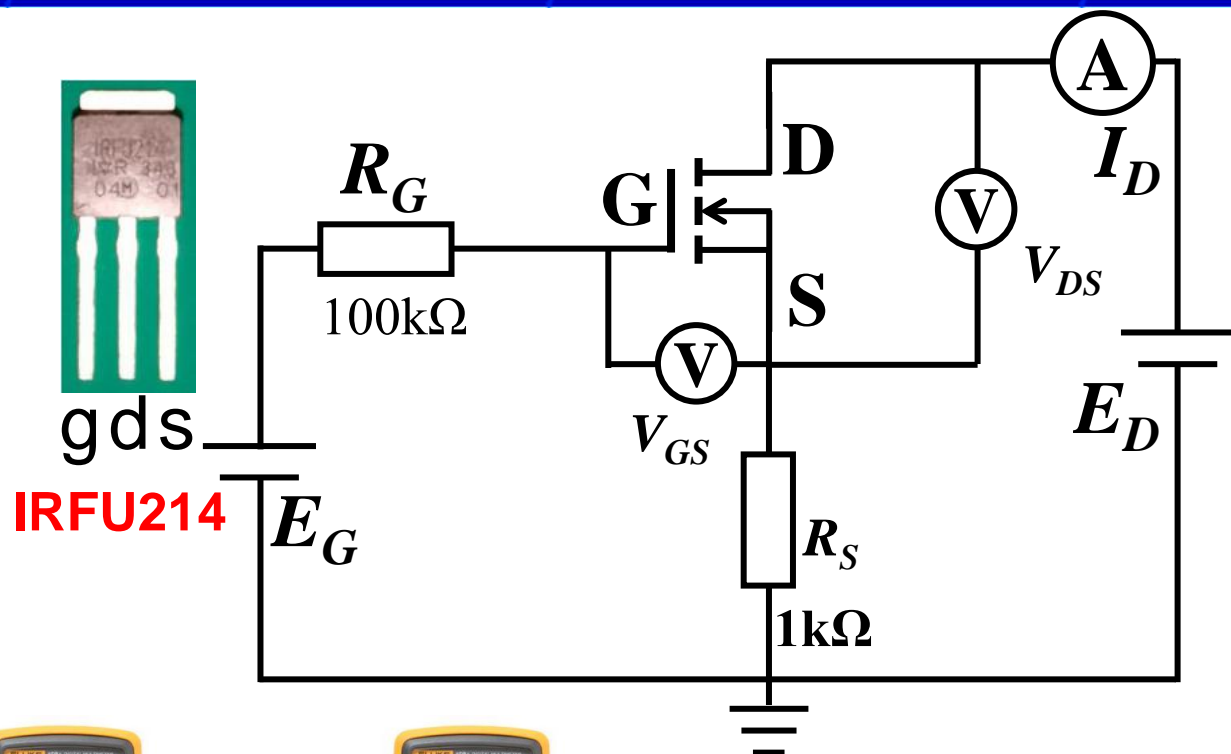
1. 利用交流等效电路计算出放大电路的电压放大倍数 A_v 、电流放大系数 A_i 、输入电阻 R_{in} 和输出电阻 R_{out} 的数值大小（需要先根据测量结果计算出交流跨导 g_m ），并与实验测量结果进行对比。
2. 对比和分析共漏放大电路和共栅放大电路的参数和特点。

步骤1: 确保工作在放大区



■ 直流输出特性测量

1. 调节 $E_G = 5V$
2. 调节 $E_D = 0.1-8V$
3. 测量 V_{DS} 和 I_D 并画图
4. 思考：放大电路中 E_D 应设置为多少伏？



电压源
产生电压 E_G 和 E_D



手持式万用表1
测量电压 V_{GS}



手持式万用表2
测量电压 V_{DS}



台式万用表
测量电流 I_D

步骤2: 放大电路参数测量



■ 放大电路参数测量

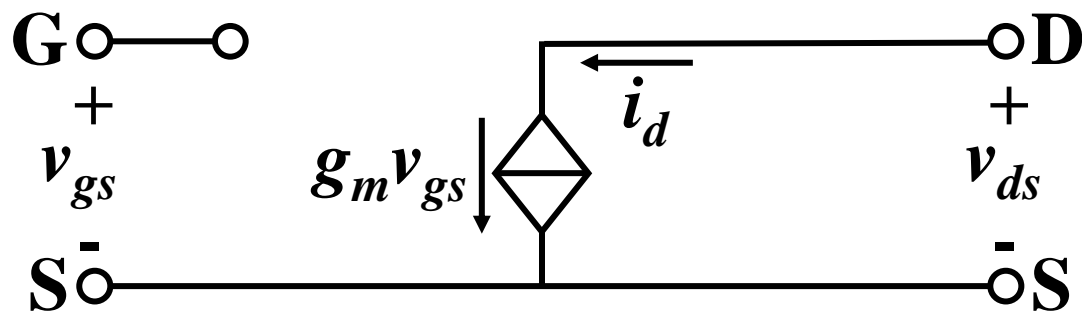
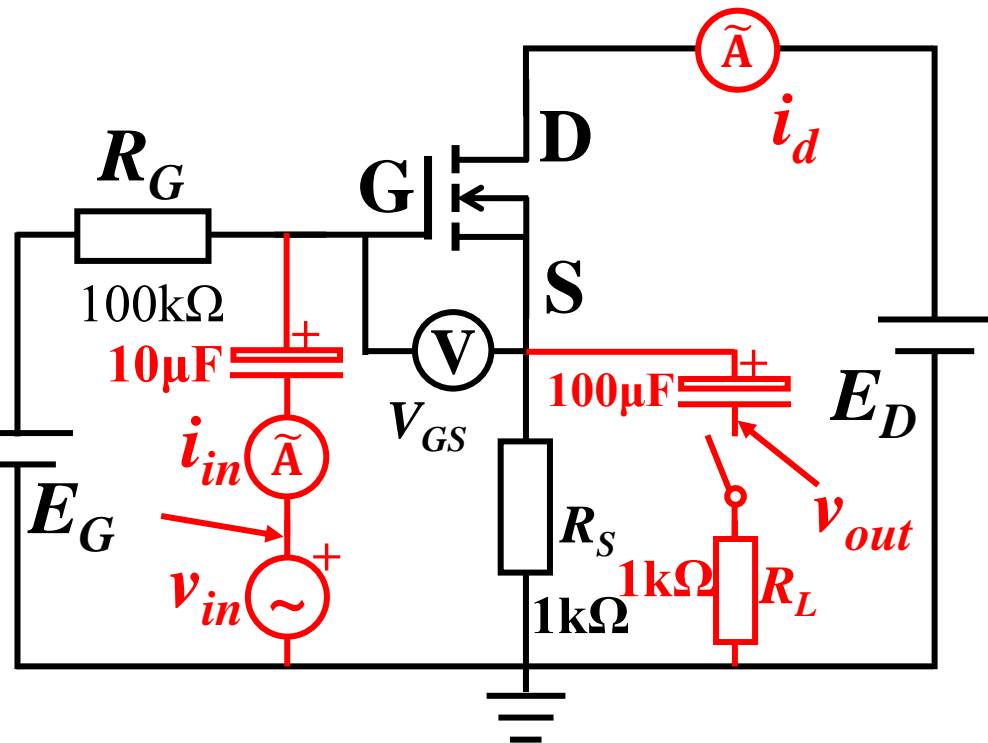
画出低频交流小信号

等效电路 (课堂测试)

IRFU214



gds



步骤2: 放大电路参数测量

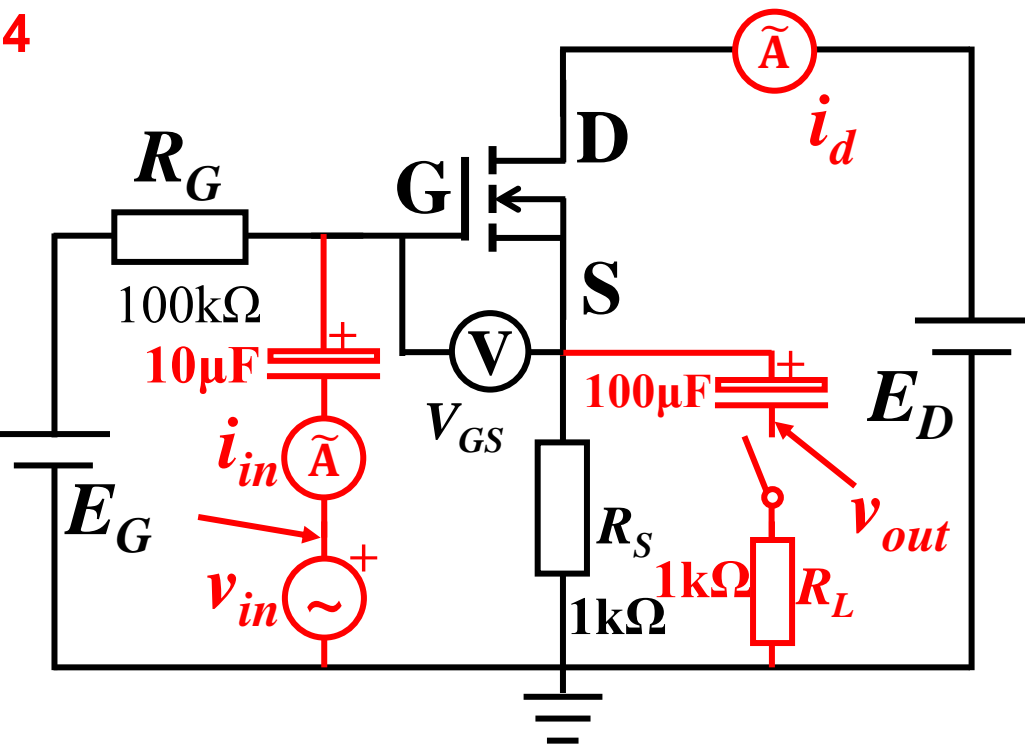


■ 放大电路参数测量

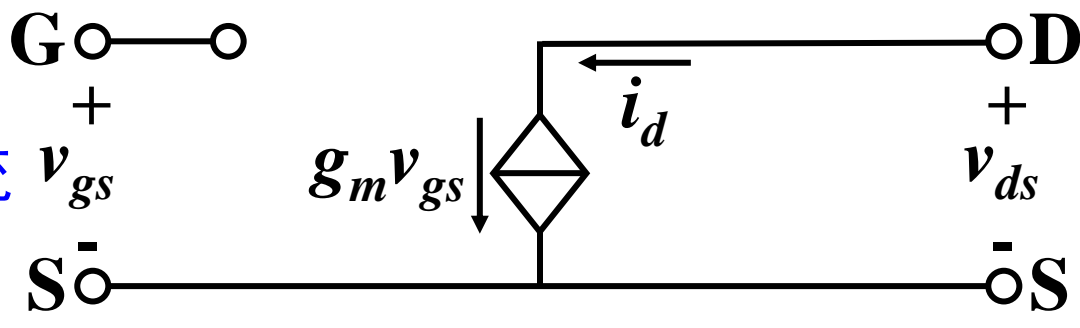
IRFU214

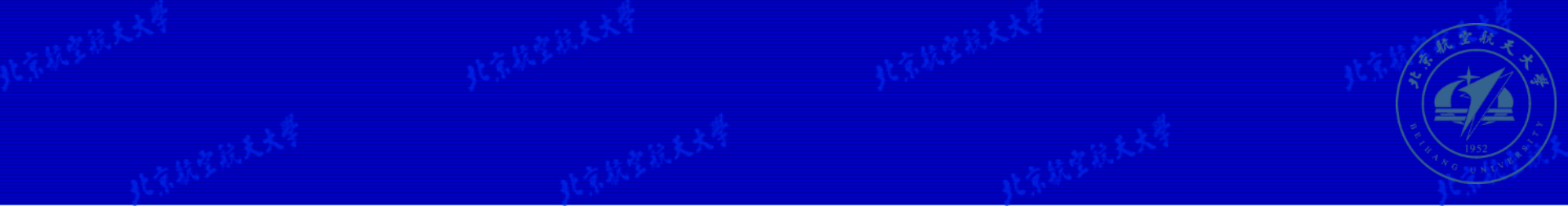


gds



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}





谢谢！