

# 请扫码登记



无线网名称：BUAA\_SME3， 无线网密码：sme41sme



扫码登记



课程微信群



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](mailto:shouzhong.peng@buaa.edu.cn)

2020年11月9日

# 直流和频率特性测量与分析



## ■ 直流特性实验内容

- 1、二极管的直流特性测量与分析
- 2、双极型晶体管的直流特性测量与分析
- 3、场效应晶体管的直流特性测量与分析

## ■ 频率特性实验内容

- 1、双极型晶体管的频率特性测量与分析
- 2、场效应晶体管的频率特性测量与分析

# 回顾

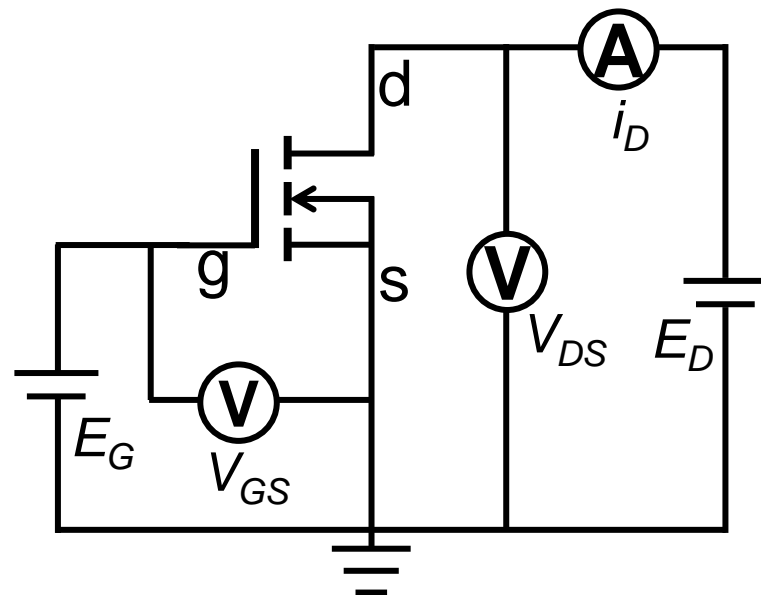


## ■ 实验三：转移特性曲线

1. 调节  $E_D$  使

$$E_D = 1.0V$$

IRFU214



2. 调节  $E_G$  使

$$E_G = 0.1-10V (3-5V \text{ 多取点})$$

3. 测量  $V_{GS}$  和  $i_D$  并画图



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  $i_D$

# 回顾



## ■ 实验四：输出特性曲线

1. 调节  $E_G$  使

$$E_G = 3.3V / 3.5V / 3.7V$$

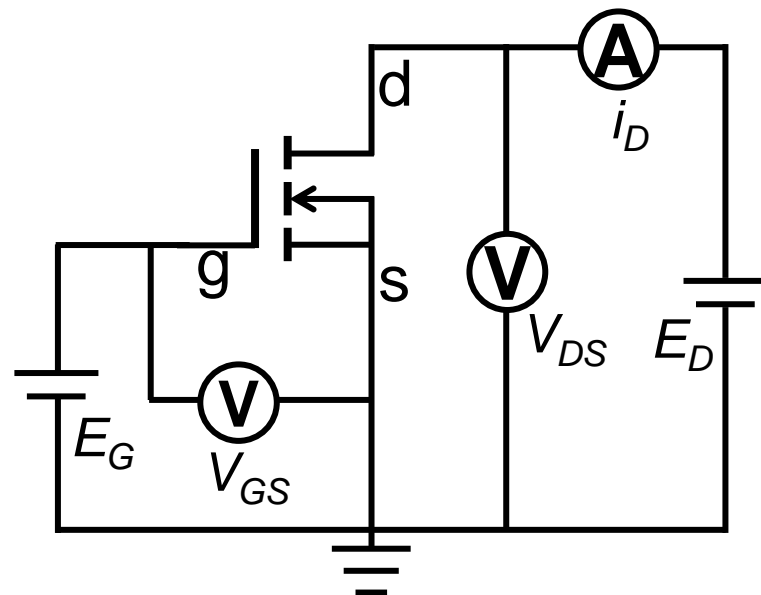
IRFU214



gds

2. 调节  $E_D$  使

$$E_D = 0.1 - 2V (0.1 - 0.5V \text{ 多取点})$$



3. 测量  $V_{DS}$  和  $i_D$  并画图



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  $i_D$

# MOS管的跨导

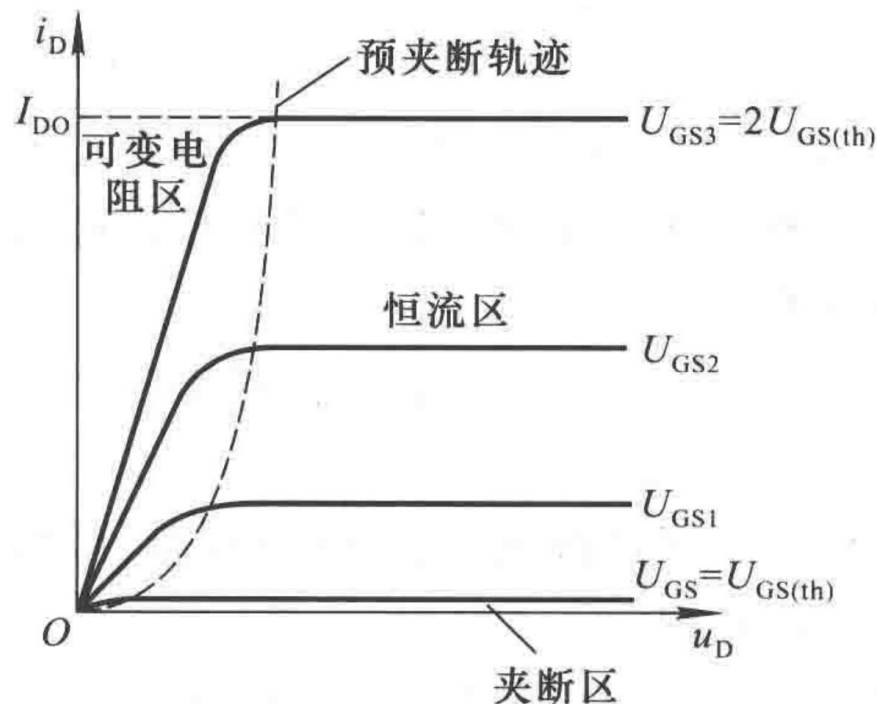
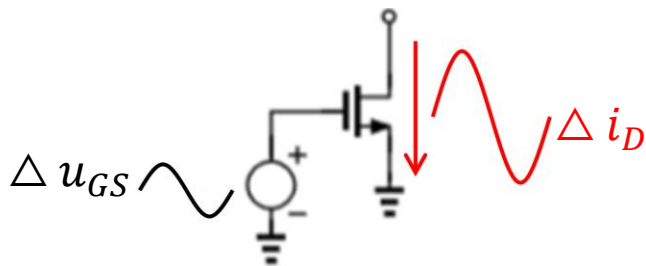


## ■ N沟道增强型MOS管输出特性曲线

- 低频跨导是漏-源电压一定时，栅极电压增量与由此产生的漏电流增量之比的倒数，即

$$g_m = \left. \frac{\Delta i_D}{\Delta u_{GS}} \right|_{U_{DS}=\text{常量}}$$

- 跨导表征栅电压对漏电流的控制能力，是衡量场效应管放大作用的重要参数，单位是西门子，用S表示



# MOS管的跨导

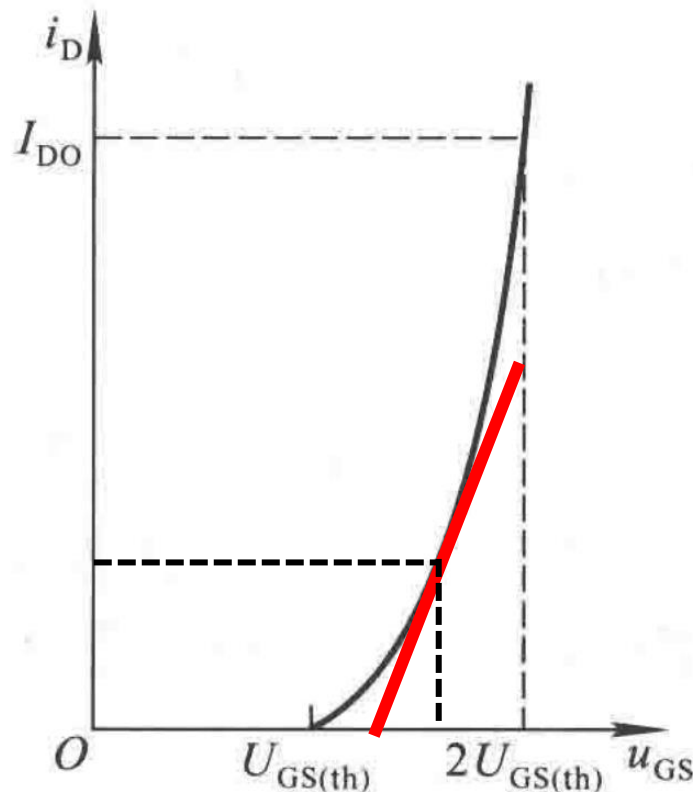
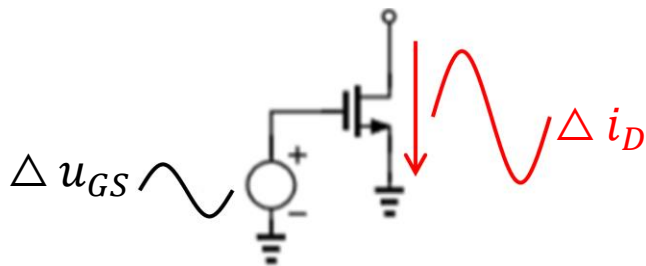


## ■ N沟道增强型MOS管输出特性曲线

- 低频跨导是漏-源电压一定时，栅极电压增量与由此产生的漏电流增量之比的倒数，即

$$g_m = \left. \frac{\Delta i_D}{\Delta u_{GS}} \right|_{U_{DS}=\text{常量}}$$

- 跨导表征栅电压对漏电流的控制能力，是衡量场效应管放大作用的重要参数，单位是西门子，用S表示





# MOS管的跨导



## ■ 恒流区跨导（忽略沟道长度调制效应）

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

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

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

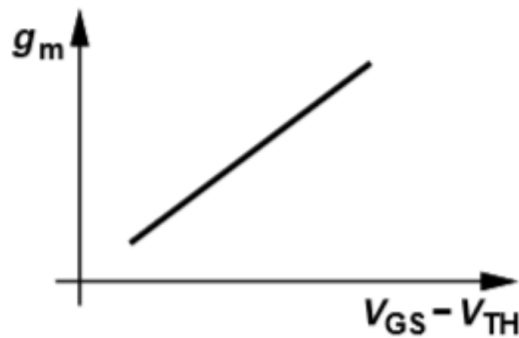
$$= \frac{2I_D}{V_{GS} - V_{TH}}$$



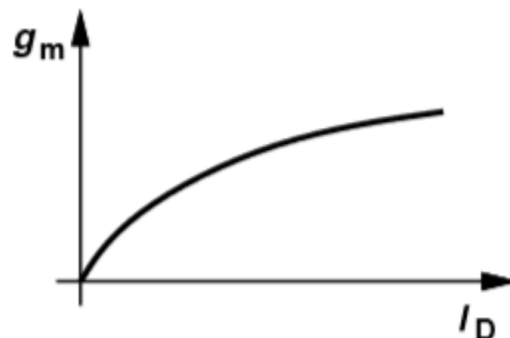
# MOS管的跨导



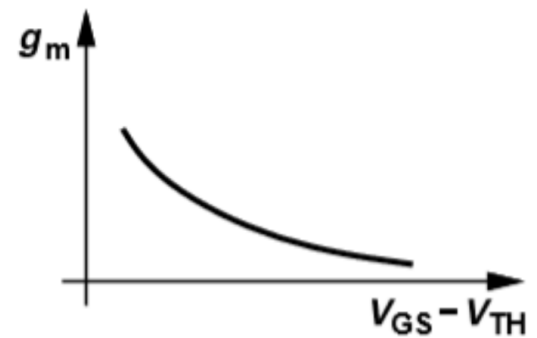
## ■ 恒流区跨导（忽略沟道长度调制效应）



W/L Constant



W/L Constant



$I_D$  Constant

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

# MOS管的跨导测量



## ■ 实验一：直流跨导测量

1. 调节  $E_D$  使  $E_D=6V$

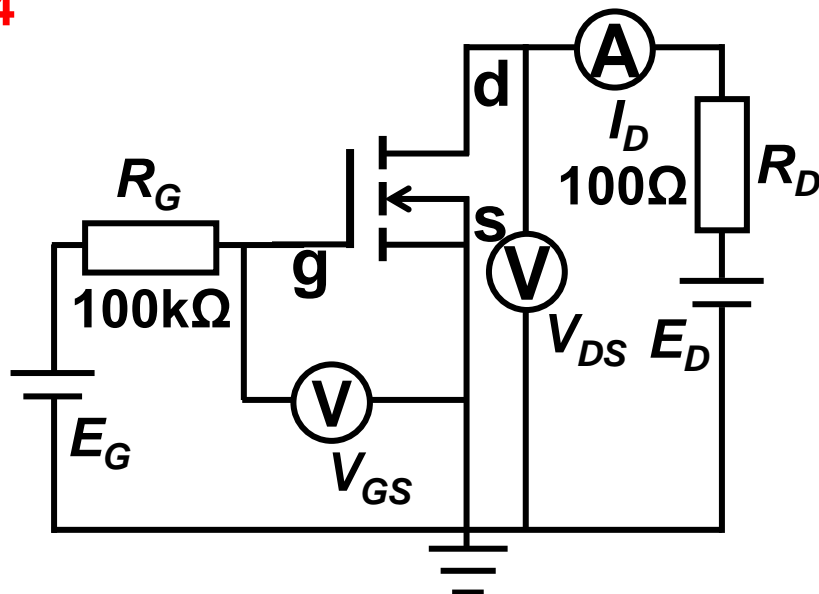
2. 调节  $E_G$  使

$E_G=0.1-6V$  (3-5V多取点)

3. 测量  $V_{GS}$  和  $I_D$  ( $I_D < 300mA$ )

4. 计算跨导  $g_m = \Delta i_D / \Delta V_{GS}$

IRFU214



电压源  
产生电压  $E_D$  和  $E_G$



手持式万用表1  
测量电压  $V_{GS}$



手持式万用表2  
测量电压  $V_{DS}$



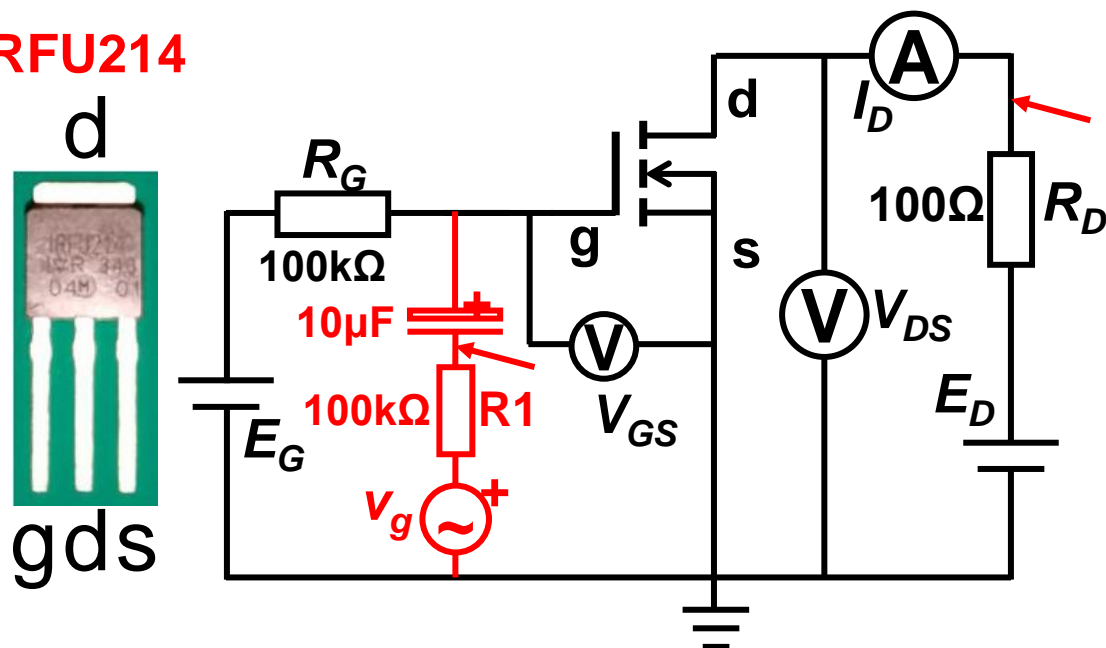
台式万用表  
测量电流  $i_D$

# MOS管的跨导测量



## ■ 实验二：低频跨导测量 IRFU214

1. 调节  $E_G$  使  $E_G = 4.5V$  左右
2. 调节  $E_D$  使  $E_D = 6V$  左右
3. 任意波形发生器输出  
1KHz、1V(0.1V, 0.3V,  
0.5V, 0.7V, 2V) 信号  $v_g$
4. 用示波器分别测量  
 $R_1$  和  $R_D$  上方的交流波形
5. 计算跨导  $g_m = \Delta i_D / \Delta v_{gs}$



任意波形发生器  
产生交流信号  $v_g$



数字示波器  
测量  $R_1$  和  $R_D$  电压波形

# 思考题



## ■思考题：

1. 分析直流跨导随输入电压的变化趋势及其原因。
2. 电流源内阻和负载电阻 $R_D$ 对转移特性曲线和跨导具有什么影响？

# MOS管的跨导测量



## ■ 实验一：直流跨导测量

1. 调节  $E_D$  使  $E_D=6V$

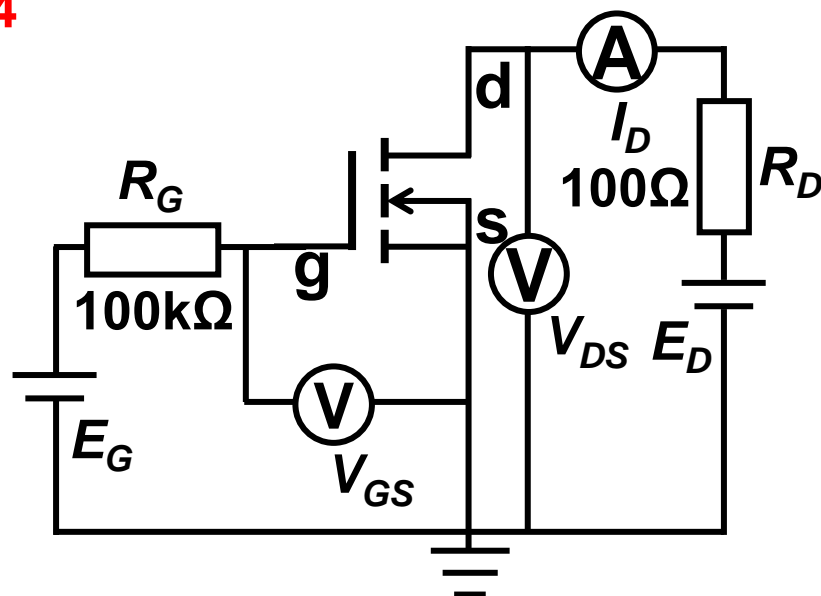
2. 调节  $E_G$  使

$E_G=0.1-6V$  (3-5V多取点)

3. 测量  $V_{GS}$  和  $I_D$  ( $I_D < 300mA$ )

4. 计算跨导  $g_m = \Delta i_D / \Delta V_{GS}$

IRFU214



电压源  
产生电压  $E_D$  和  $E_G$



手持式万用表1  
测量电压  $V_{GS}$



手持式万用表2  
测量电压  $V_{DS}$



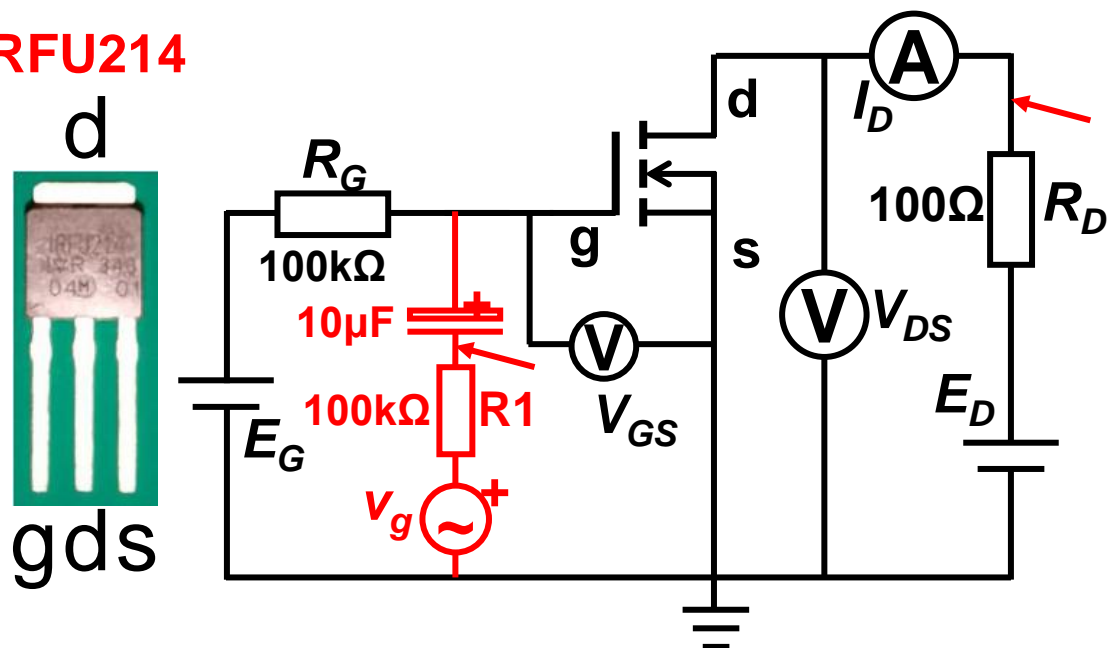
台式万用表  
测量电流  $i_D$

# MOS管的跨导测量



## ■ 实验二：低频跨导测量 IRFU214

1. 调节  $E_G$  使  $E_G=4.5V$  左右
2. 调节  $E_D$  使  $E_D=6V$  左右
3. 任意波形发生器输出  
1KHz、1V(0.1V, 0.3V,  
0.5V, 0.7V, 2V) 信号  $v_g$
4. 用示波器分别测量  
 $R_1$  和  $R_D$  上方的交流波形
5. 计算跨导  $g_m = \Delta i_D / \Delta v_{gs}$



任意波形发生器  
产生交流信号  $v_g$



数字示波器  
测量  $R_1$  和  $R_D$  电压波形

谢谢！