

微电子器件实验 源随器与共栅放大器参数提取

范云潜，学号：18373486，搭档：徐靖涵，教师：彭守仲

微电子学院 184111 班

日期：2020 年 12 月 2 日

1 实验目的

通过对不同连接方式的场效应晶体管放大器的参数进行理论分析与实际测量，加深对不同放大器特点与功能的认识，掌握对小信号电路的分析能力。

2 实验所用设备及器件

主要设备有：电压源，任意波形发生器，示波器，手持式万用表，台式万用表，相关线缆等，主要器件有晶体管 IRFU214 与电阻。

3 实验基本原理及步骤

3.1 源随器电路推导

电路小信号如图 1。

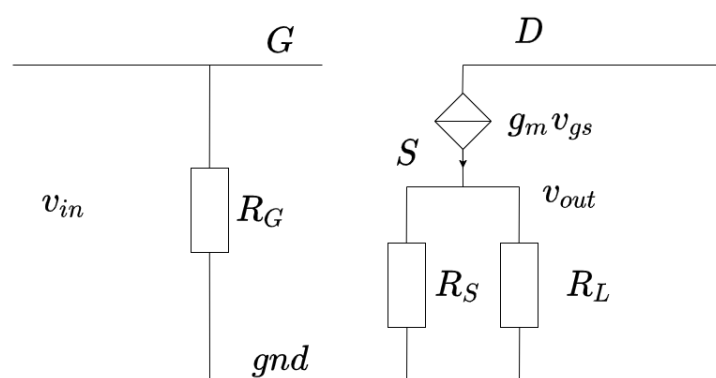


图 1: 源随器小信号电路

接下来进行推导：

$$\begin{aligned}
g_m(v_{in} - v_{out})R_S &= v_{out} \\
A_v &= \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{g_m R_S}{1 + g_m R_S} \\
R_{in} &= \frac{i_{in}}{v_{in}} = R_G \\
R_{out} &= \frac{v_{out}}{i_{out}} = \frac{1}{g_m + 1/R_S} \\
A_i &= \frac{i_{out}}{i_{in}} = \frac{\frac{R_L}{R_S + R_L} g_m(v_{in} - v_{out})}{v_{in}/R_G} = \frac{R_G g_m \frac{R_S}{R_S + R_L}}{(1 + g_m R_S // R_L)}
\end{aligned}$$

3.2 共栅放大器电路推导

电路小信号如图 2。

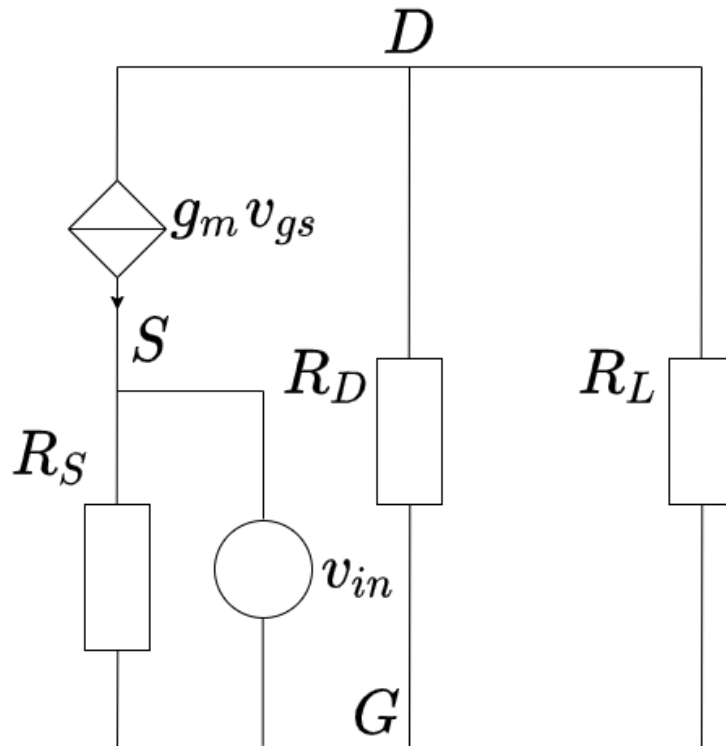


图 2: 源随器小信号电路

接下来进行推导：

without load:

$$A_V = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{0 - g_m(0 - v_{in})}{v_{in}} = g_m R_D$$

$$R_{in} = \frac{v_{in}}{i_{in}} = \frac{v_{in}}{g_m v_{in} + v_{in}/R_S} = \frac{1}{g_m + 1/R_S}$$

with load:

$$A_I = \frac{i_{out}}{i_{in}} = \frac{g_m v_{in} \frac{R_L}{R_L + R_S}}{g_m v_{in} + v_{in}/R_S}$$

$$R_{out} = \frac{v_{out}}{i_{out}} = R_D$$

3.3 实验步骤

3.3.1 源随器

首先测量源随器的直流特性：

1. 按照 图 3 搭建电路
2. 调节 $E_G = 5V$
3. 调节 $E_D = 0.1 - 8V$
4. 测量 V_{DS} 和 I_D 并绘制图像

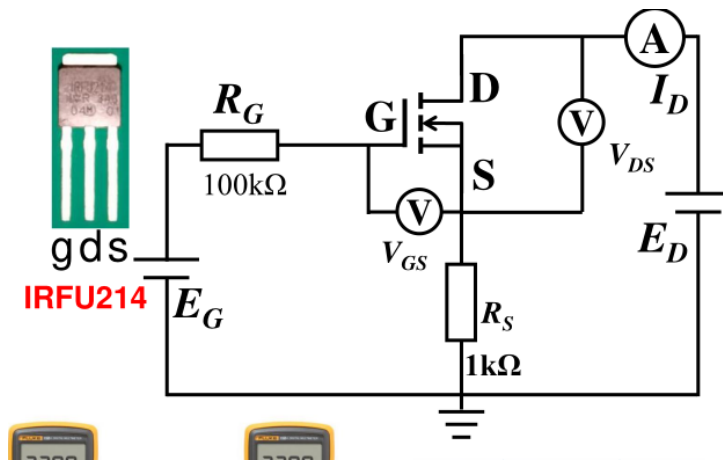


图 3: 源随器直流工作点电路

根据图像，得到放大电路合适的直流工作点，并进行放大电路的测量：

1. 按照 图 4 搭建电路
2. 按照上一步设好的直流工作点设置 E_D 和 E_G
3. 任意波形发生器输出 $1kHz$ $500mV_{pp}$ 的正弦信号 v_{in}
4. 断开 R_L ，用示波器测量 v_{in} 和 $v_{out,1}$ ，用万用表测量 i_{in} 和 i_d
5. 连接 R_L 测量 $v_{out,2}$

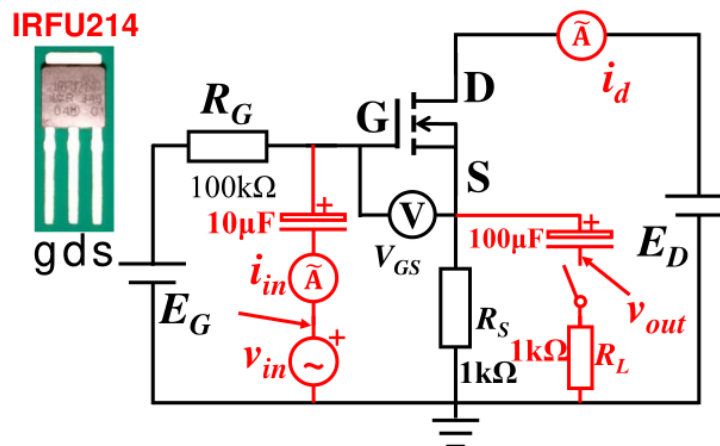


图 4: 源随器放大电路

3.3.2 共栅极放大器

首先设计测量共栅放大器的电路，我们采用固定漏极电压，扫描栅极电压的方式获得曲线，电路如图 5。步骤：

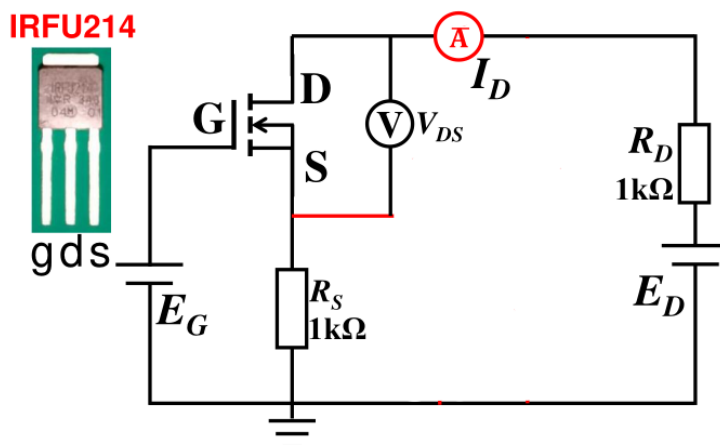


图 5: 共栅级放大电路

1. 按照图 5 搭建电路
2. 调节 $E_D = 5V$
3. 调节 $E_G = 0.1 - 6V$
4. 测量 V_{DS} 和 I_D 并绘制图像

根据上一步得到的直流特性，决定静态工作点的大致范围，调节 E_G 并通过公式 $A_v = g_m R_D = v_{out}/v_{in}$ ，间接找到合适的工作点，之后：

1. 在之前得到的静态工作点基础上，修改电路如图 6
2. 使得任意波形发生器产生 $1kHz, 500mV_{pp}$ 的信号
3. 断开 R_L ，用示波器测量 v_{in} 和 v_{out} ，用万用表测量 i_{in}
4. 连接 R_L ，用示波器测量 v_{in} 和 v_{out} ，用万用表测量 i_{in}

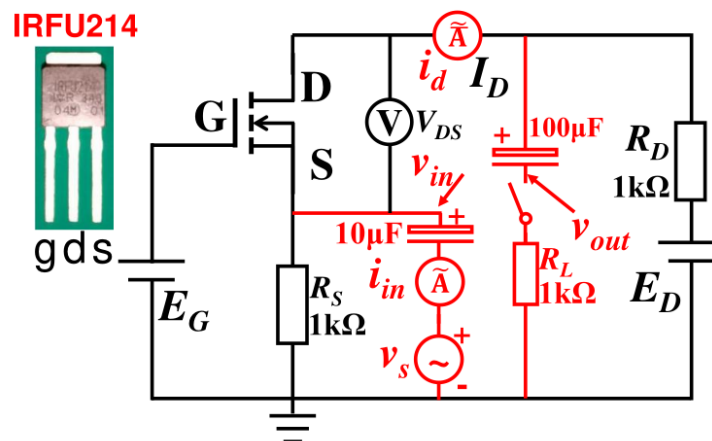


图 6: 共栅级放大交流电路

4 实验数据记录

原始数据请见 [这里](#)。

4.1 实验一

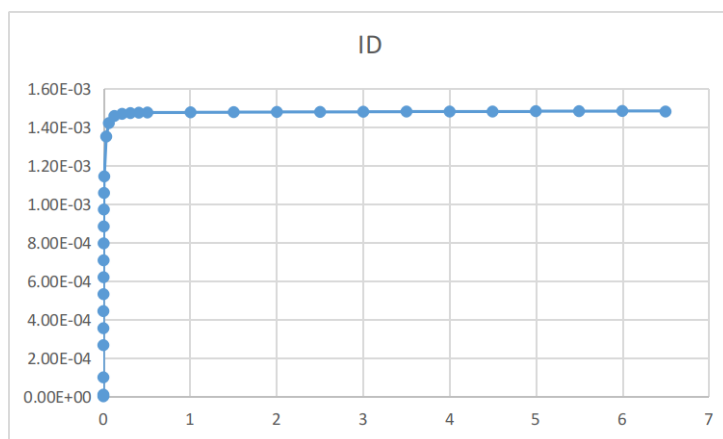


图 7: 源随器直流特性 $V_{DS} - I_D$

直流特性如 图 7 所示，据此设置 $E_G = E_D = 5V$ ，得到的交流特性如 表 1。

表 1: 源随器特性测量

EG	ED	vin	vout	iin	id	noload	AV	RIN	gm
5	5	1.78E-01	1.63E-01	1.50E-06	1.64E-04		0.915	118666	0.0109
						withload	AI	ROUT	
		1.78E-01	1.51E-01	1.50E-06	3.03E-04		100.6	79.47	

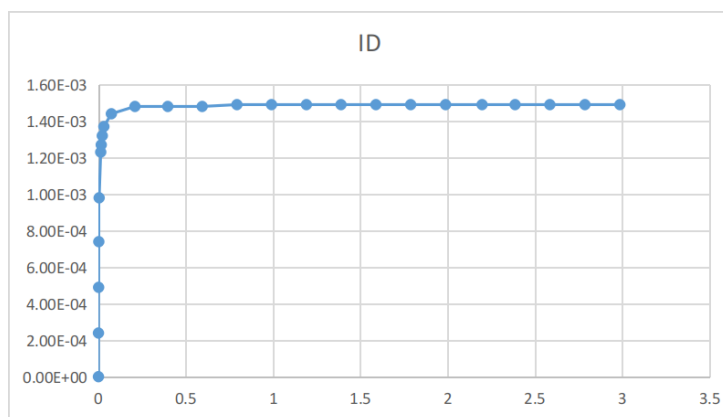


图 8: 共栅放大器直流特性 $V_{DS} - I_D$

4.2 实验二

直流特性如图 8 所示，经过简单测试，设置 $E_G = 4.88$, $E_D = 5V$ ，得到的交流特性以及对应的工作点如表 2。

表 2: 共栅放大器特性测量

ED	EG	VDS	iin	id	vin	gm
5	4.88	2.043	6.48E-04	5.88E-04	5.91E-02	0.009949
noload	vin	vout	iin	id	AV	RIN
	5.90E-02	5.87E-01	6.48E-04	5.88E-04	9.949	91.1
load	vin	vout	iin	id	AI	ROUT
	5.92E-02	2.93E-01	6.45E-04	5.87E-04	0.4543	1003.4

5 实验结果分析

源随器的电压增益接近 1，输入电阻较大，而电流增益较大，输出电阻小，因此可以很好接受电压并传递给下一级，并放大电流。

共栅极放大器输入电阻较小，具有一定电压增益，但是不放大电流，输出阻抗较大，因此可以较好接受电流，传递电压给下一级。

6 总结与思考

Q1: 根据之前的理论结果， $A_v = 0.9167$ ， $A_i = 84.615$ ， $R_{in} = 100k\Omega$ ， $R_{out} = 83.3\Omega$ ，和测量值较为接近。

根据之前的理论结果， $A_v = 10$ ， $A_i = 0.4545$ ， $R_{in} = 90.9$ ， $R_{out} = 1000$ ，和测量值较为接近。

Q2: 源随器的电压增益接近 1, 输入电阻较大, 而电流增益较大, 输出电阻小, 因此可以很好接受电压并传递给下一级, 并放大电流。

共栅极放大器输入电阻较小, 具有一定电压增益, 但是不放大电流, 输出阻抗较大, 因此可以较好接受电流, 传递电压给下一级。