



厦门大学
XIAMEN UNIVERSITY

电力电子技术A实验

实验课程主讲：李 杰

实验课程辅导：朱晋英、严新金



实验五 场效应管放大器

实验目的

- 一、实验原理与实验方法
- 二、场效应管放大电路静态工作点测量
- 三、场效应管放大电路的动态参数
- 四、场效应管参数测量

实验目的:

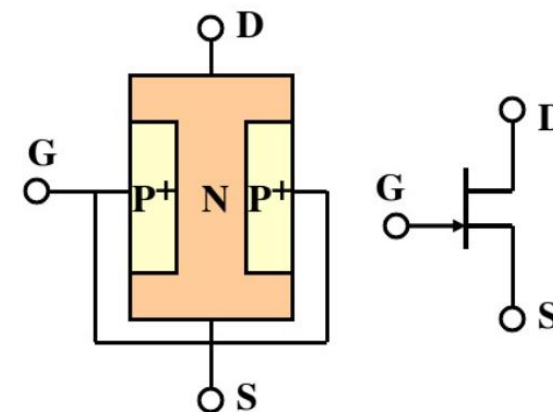
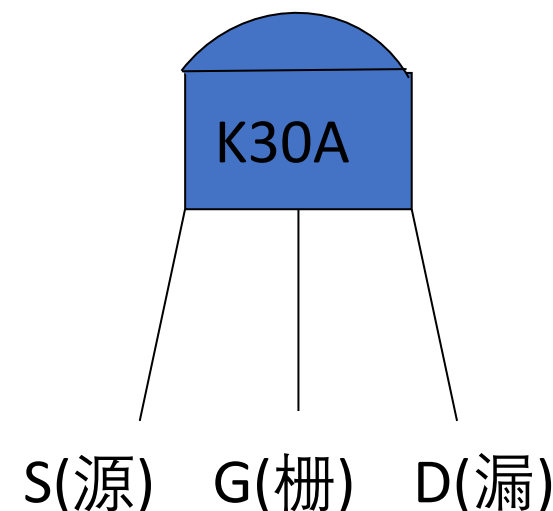
- ① 学习场效应管放大电路设计和调试方法
- ② 掌握场效应管放大电路静态工作点的调试及测量方法
- ③ 掌握场效应管放大电路动态参数的测量方法
- ④ 学会高输入阻抗放大器的输入阻抗的测量方法

一、实验原理与实验方法

1. 场效应管概念与分类

场效应管简称FET,是电压控制电流型的一种半导体器件。它不仅具有半导体三极管的体积小,重量轻,耗电少,寿命长的优点。

- 按结构分为MOS型和结型
- 按沟道分为N沟道和P沟道
- K30A, N沟道结型场效应管



N沟道JFET



一、实验原理与实验方法

2. 场效应管的主要特点

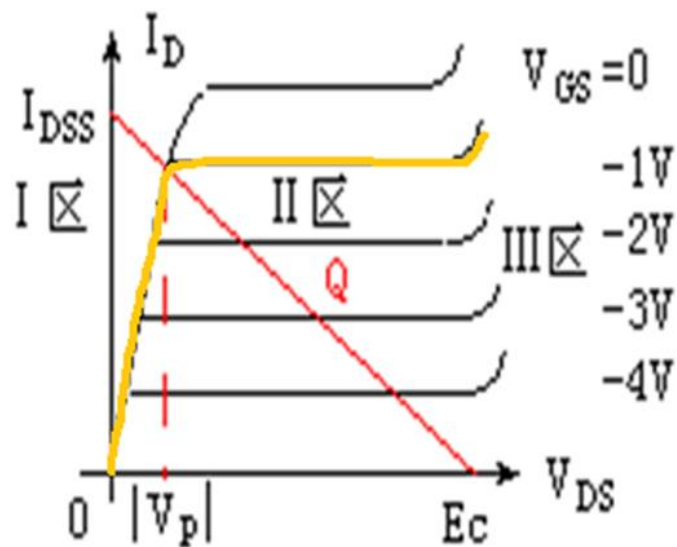
- 栅极N沟道间绝缘，输入阻抗很高，达 $10^{10} \Omega$ (几百兆)
- 通过输入电压控制输出电流，有放大作用，常用于大规模集成电路中的输入前端
- A_v 与跨导有关， g_m 在1~5之间
所以 A_v 较小，要提高 A_v 不能单纯提高漏极电阻，否则Q点将从放大区进入截止区，要采用有源负载

一、实验原理与实验方法

3. N沟道结型场效应管的特性曲线和示意图（红色为耗尽层）

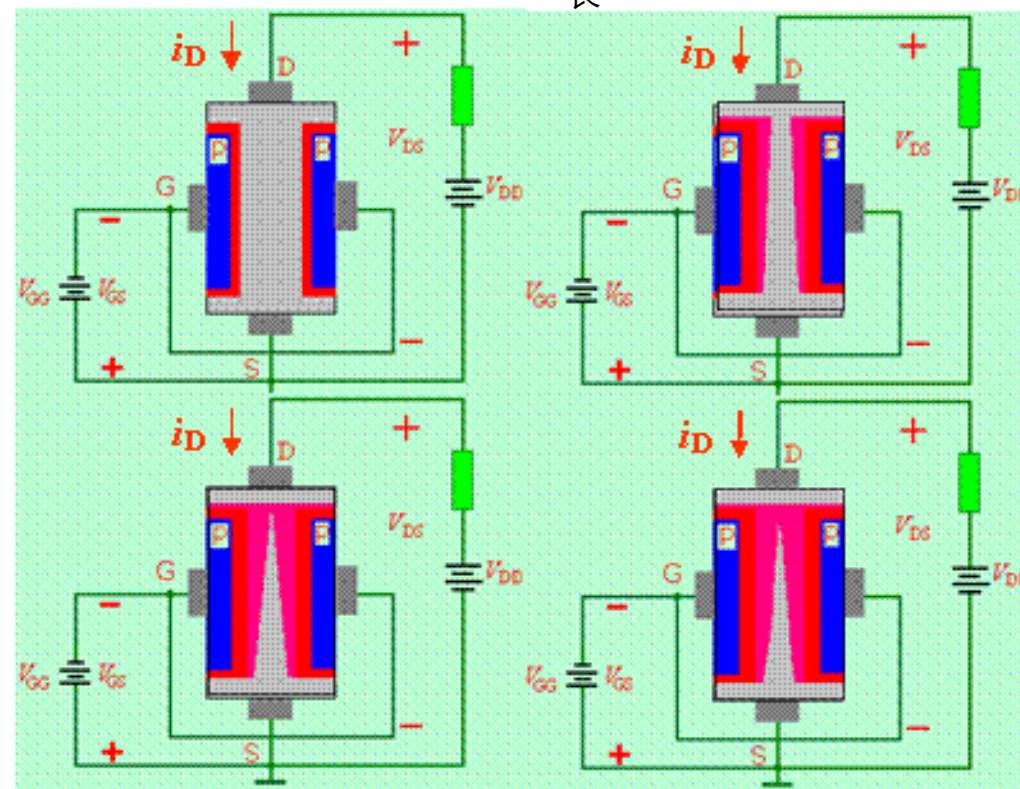
当 $V_{GS} = -1V$ 时

- 反映了漏源电压 V_{DS} 对漏极电流 I_D 的控制作用。



$V_{DS} = 0, I_D = 0$

I区, $V_{DS} < |V_P|$, I_D 线性增长



$V_{DS} = |V_P|$, 预夹断

II区, $V_{DS} > |V_P|$, I_D 基本不变

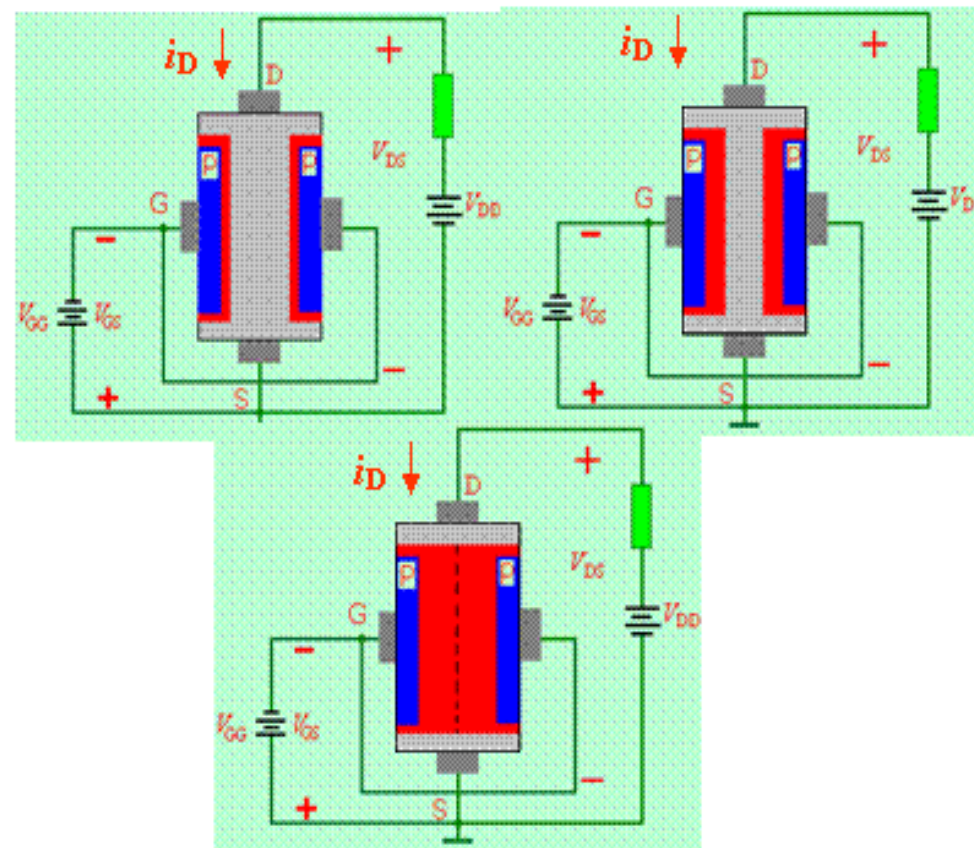
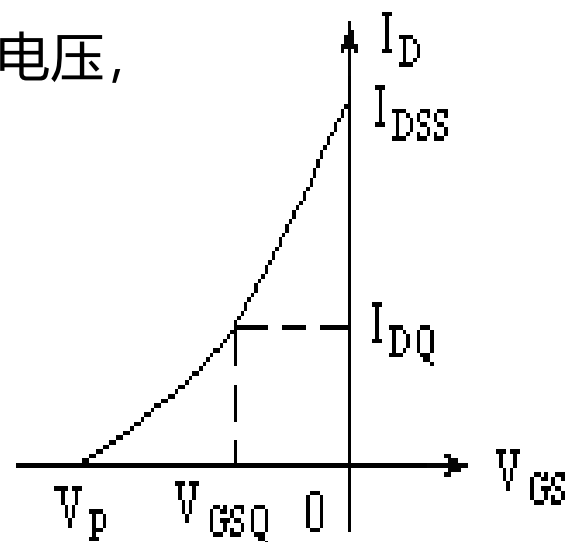
一、实验原理与实验方法

4. N沟道结型场效应管的转移特性曲线和示意图（红色为耗尽层）

$$V_{GS} = 0, I_D = I_{DSS}$$

$$V_{GS} = V_{GSQ}, I_D = I_{DQ}$$

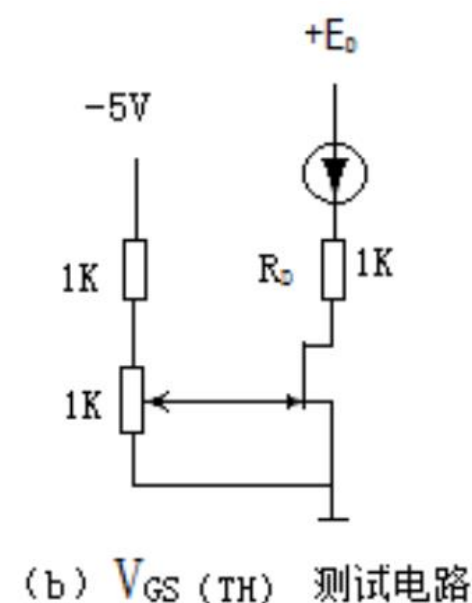
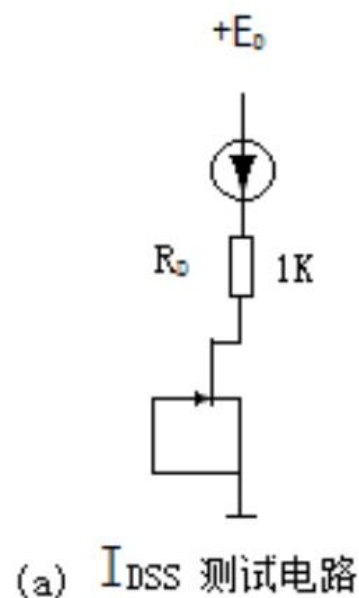
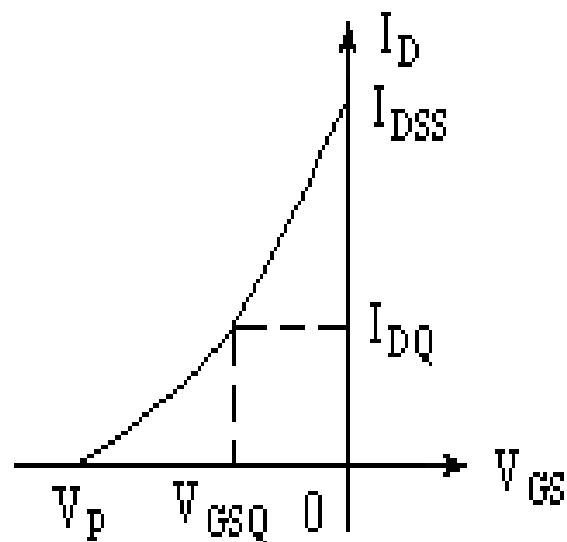
- 反映了管子工作在饱和区时栅极电压 V_{GS} 对漏极电流 I_D 的控制作用。
- 当 $V_{GS}=0$ 时的漏极电流称为漏极饱和电流 I_{DSS} 。
- 当 $I_D=0$ 时所对应的栅源电压，称为夹断电压 $V_{GS}=V_P$ 。



$$V_{GS} = V_P, I_D = 0$$

一、实验原理与实验方法

5. 场效应管参数测试原理



测试方法：图a. 根据 I_{DSS} 的定义，满足 $V_{GS}=0$,采用测量 R_D 两端电压的方法来换算电流。

图b. 根据 V_P 的定义，需满足 $I_D=0$,这里我们采用调整电位器使漏极电压

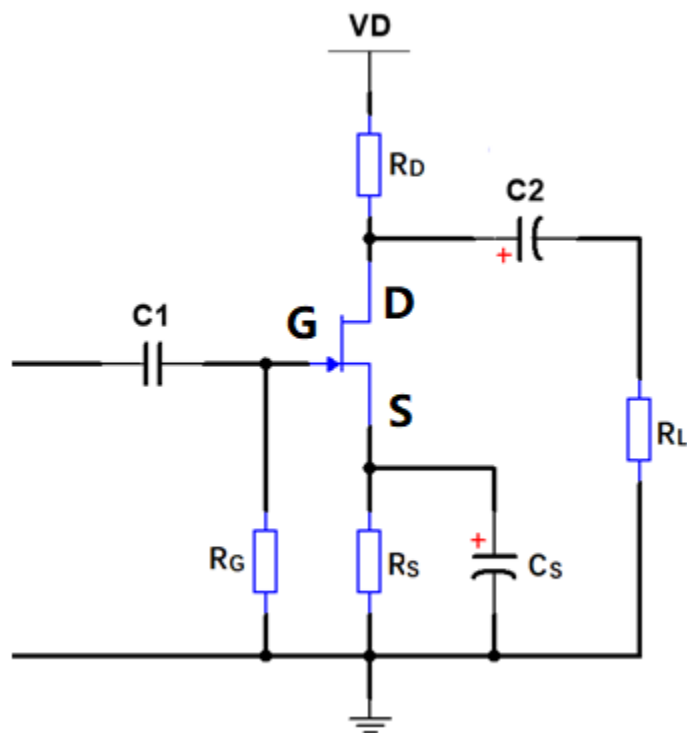
$V_D = +E_D$ 的方式来满足这一条件。这里需要注意的是在调整电位器的过程中，

当 $V_{GS} < V_P$ 后， I_D 始终为0，漏极电压 V_D 的值会保持在一个固定的值。

一、实验原理与实验方法



6. 场效应管放大电路

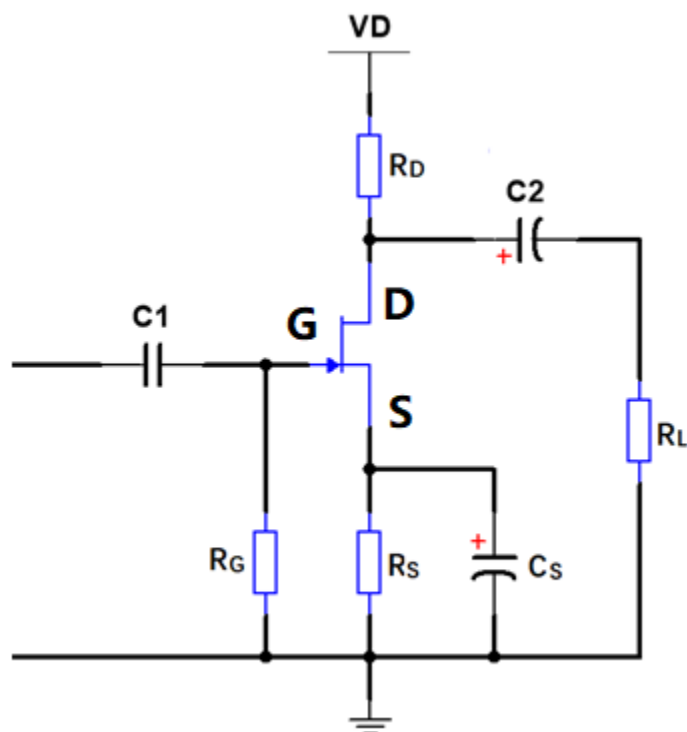


该电路利用了结型场效应管在栅源电压 $V_{GS}=0$ 时，漏极电流 $I_D \neq 0$ 的特点，用漏极电流在源极电阻 R_S 上产生压降为栅源级间提供一个偏压，所以称为自偏压电路。

一、实验原理与实验方法

7. 场效应管放大电路的静态工作点

① 静态工作点计算公式



静态时，由于场效应管栅极电流为0，所以
电阻 R_G 上的压降为0，因此栅极电位 $V_{GQ}=0$

而源极电位 $V_{SQ} = -I_{DQ}R_S$

$$I_{DQ} = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GSQ}}{V_P}\right)^2$$

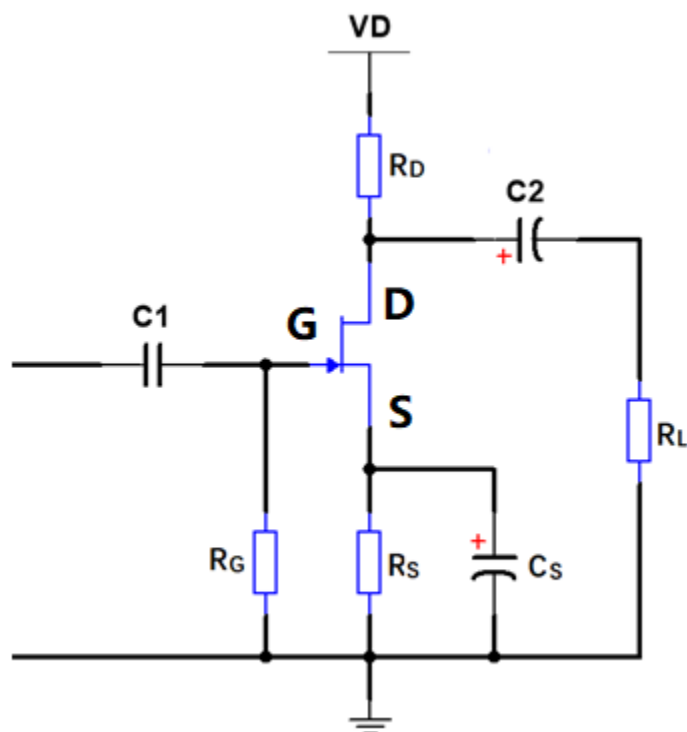
$$V_{GSQ} = V_{GQ} - V_{SQ} = -I_{DQ}R_S$$

$$V_{DSQ} = V_{DD} - I_{DQ}(R_D + R_S)$$

一、实验原理与实验方法

7. 场效应管放大电路的静态工作点

② 静态工作点调试与测量



场效应管静态工作点的测量与调试方法与基本放大电路方法类似。采用测量场效应管源极，栅级，漏极的对地电压，然后换算得到静态工作点 (I_{DQ} , V_{DSQ} , V_{GSQ}) 的值

$$I_{DQ} = (V_{DD} - V_{DQ}) / R_D$$

$$V_{GSQ} = V_{GQ} - V_{SQ}$$

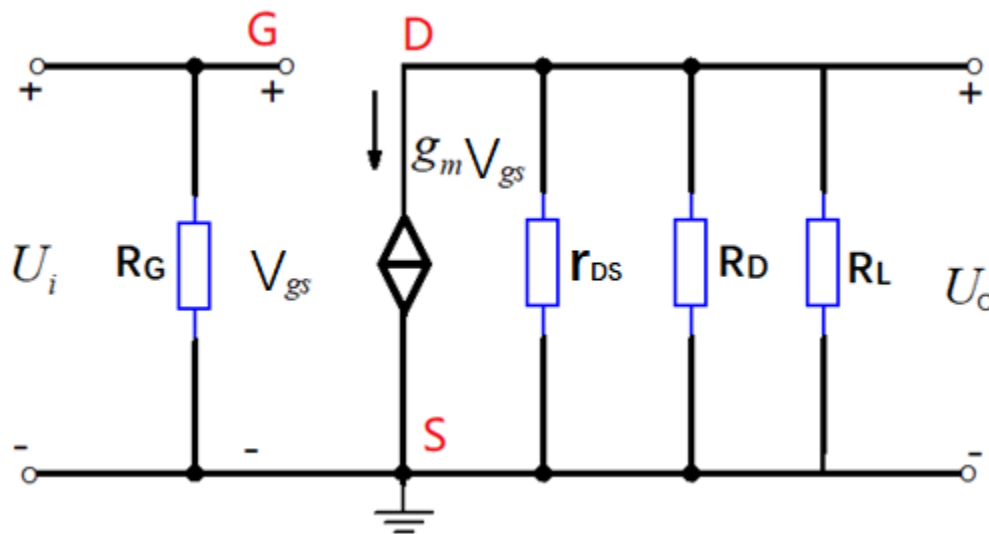
$$V_{DSQ} = V_{DQ} - V_{SQ}$$

通常我们通过调整电阻 R_S 的值来改变电路的静态工作点

一、实验原理与实验方法

8. 场效应管放大电路的动态参数

① 微变等效电路



$$A_u = \frac{U_o}{U_i} = -g_m (R_D // R_L // r_{DS})$$

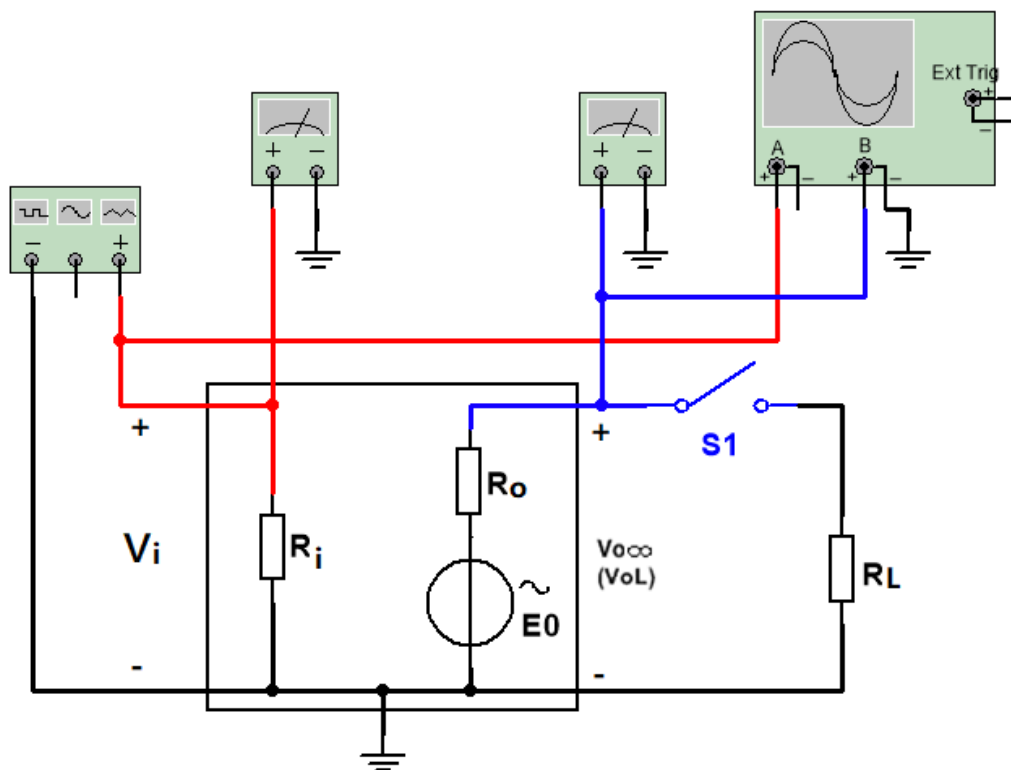
$$R_i \approx R_G$$

$$R_o = R_D // r_{DS}$$

一、实验原理与实验方法

8. 场效应管放大电路的动态参数

② 放大倍数和输出电阻的测量



空载电压放大倍数 $A_{V\infty} = \frac{V_{O\infty}}{V_i}$

带载电压放大倍数 $A_{VL} = \frac{V_{OL}}{V_i}$

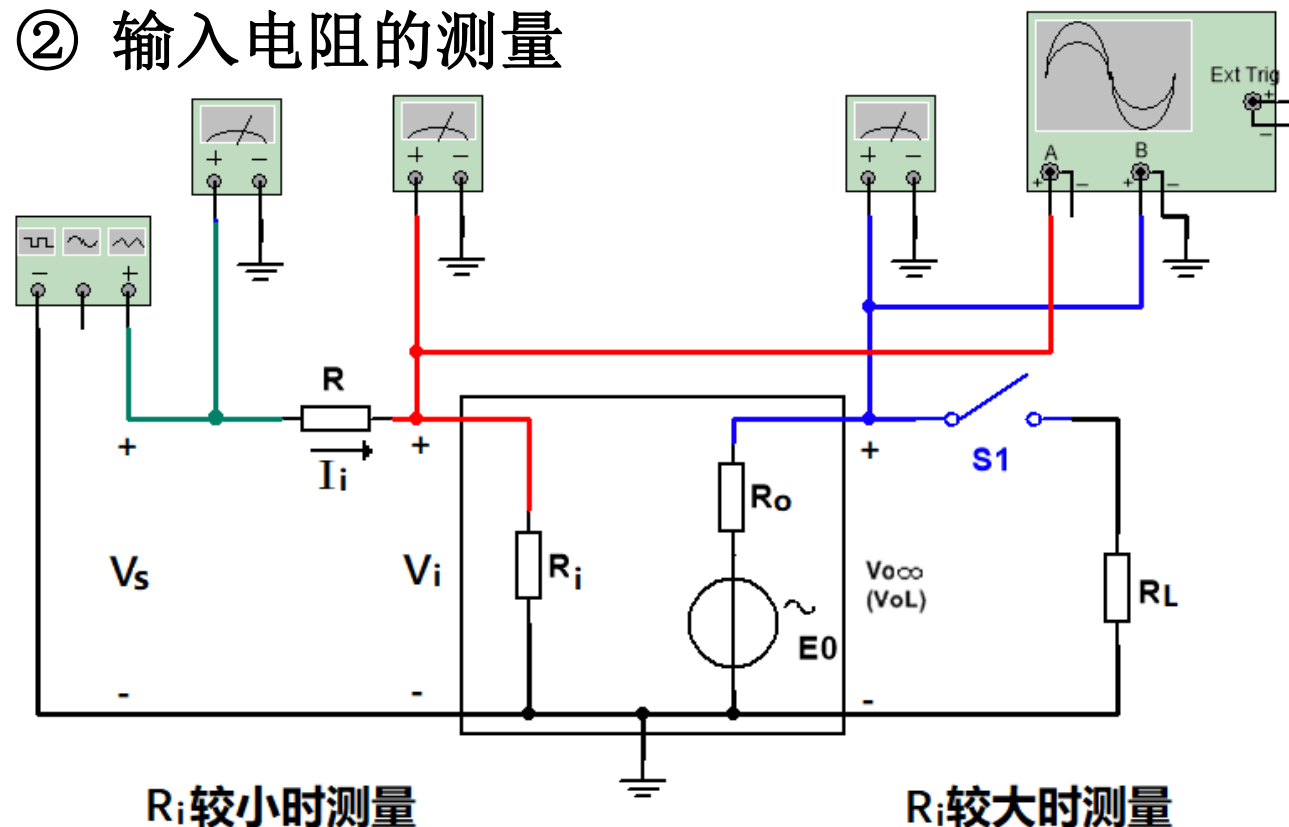
输出电阻 $R_O = \left(\frac{V_{O\infty}}{V_{OL}} - 1 \right) R_L$

在测量过程中，应适当的选择输入信号(幅度，频率)，通过示波器观察输出波形，在**不失真**的条件下，应尽量增大输入信号的幅度，以避免输入信号太小易受干扰。

一、实验原理与实验方法

8. 场效应管放大电路的动态参数

② 输入电阻的测量



$$R_i = \left(\frac{V_i}{V_s - V_i} \right) R$$

这种方法仅适用于放大器输入阻抗远远小于万用表输入阻抗的条件下。

场效应管放大器输入阻抗非常大， $R_i > 500\text{K}\Omega$ ，而万用表的输入阻抗 $R_I > 1\text{M}\Omega$ ，所以用万用表测量将产生较大的误差，同时将引入干扰。因此不能用万用表测量 V_i 。

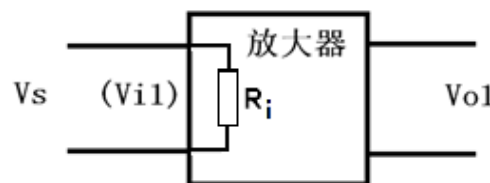
一、实验原理与实验方法

8. 场效应管放大电路的动态参数

② 输入电阻的测量

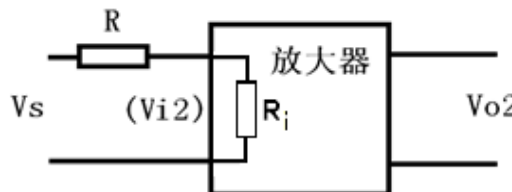
- 场效应管放大电路输出阻抗较小，可以用万用表直接测量 V_o ，因而可以采用测量输出电压通过换算求出 R_i 。

- 当电路不串入 R 时， $V_{i1}=V_S$



$$V_{o1}=A_V \cdot V_{i1}=A_V \cdot V_S$$

- 当电路串入 R 时， $V_{i2}=\frac{R_i}{R_i+R}V_S$



$$V_{o2}=A_V \cdot V_{i2}=A_V \cdot \frac{R_i}{R_i+R}V_S$$

- 我们只需要测量不串入 R 时的输出 V_{o1} 和串入 R 时的输出 V_{o2} ，就可以计算出输入阻抗。

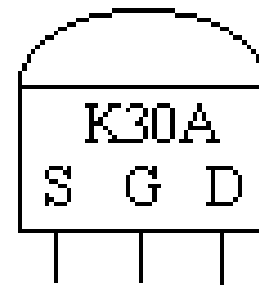
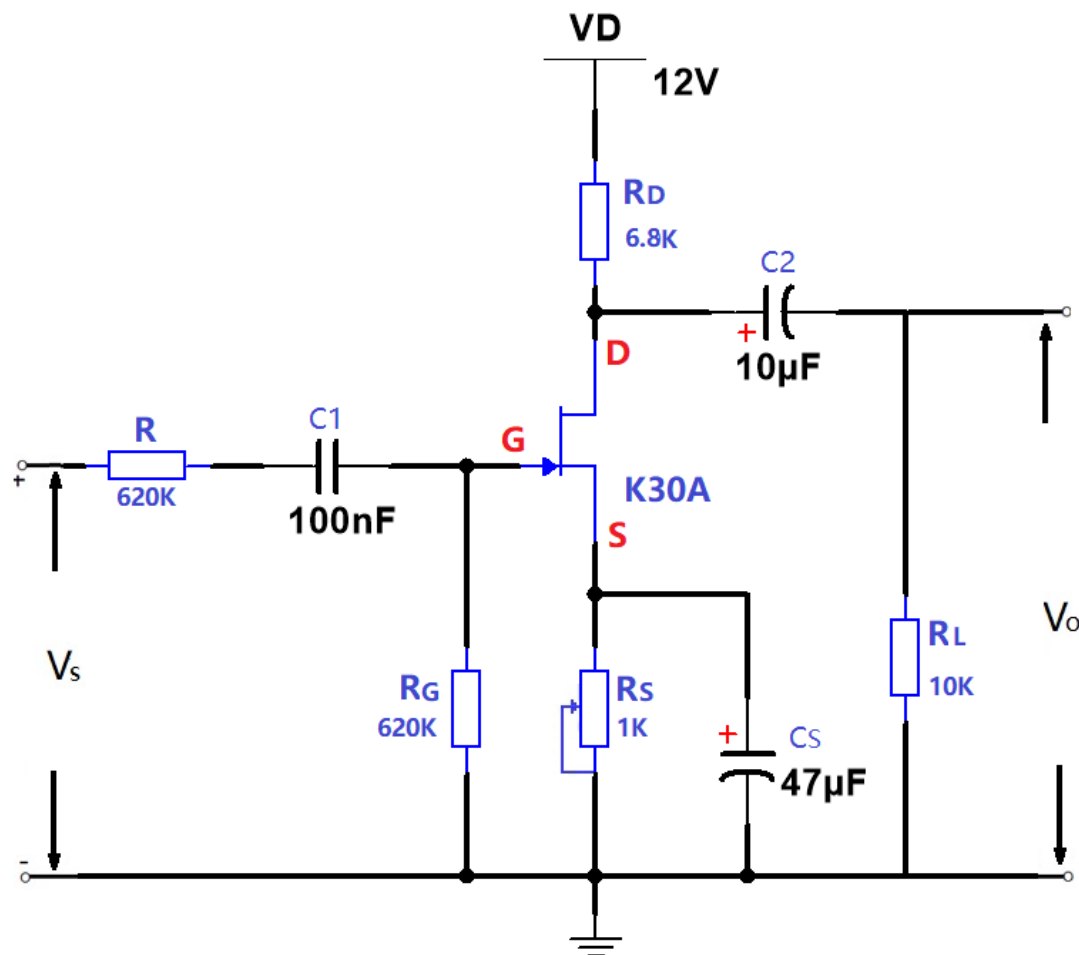
$$R_i=\frac{V_{o2}}{V_{o1}-V_{o2}}R$$

二、场效应管放大电路静态工作点测量



厦门大学
XIAMEN UNIVERSITY

1. 场效应管放大器电路原理图



元器件清单:

场效应管: K30A

电阻: 620K, 6.8K, 10K,

电位器: 1K

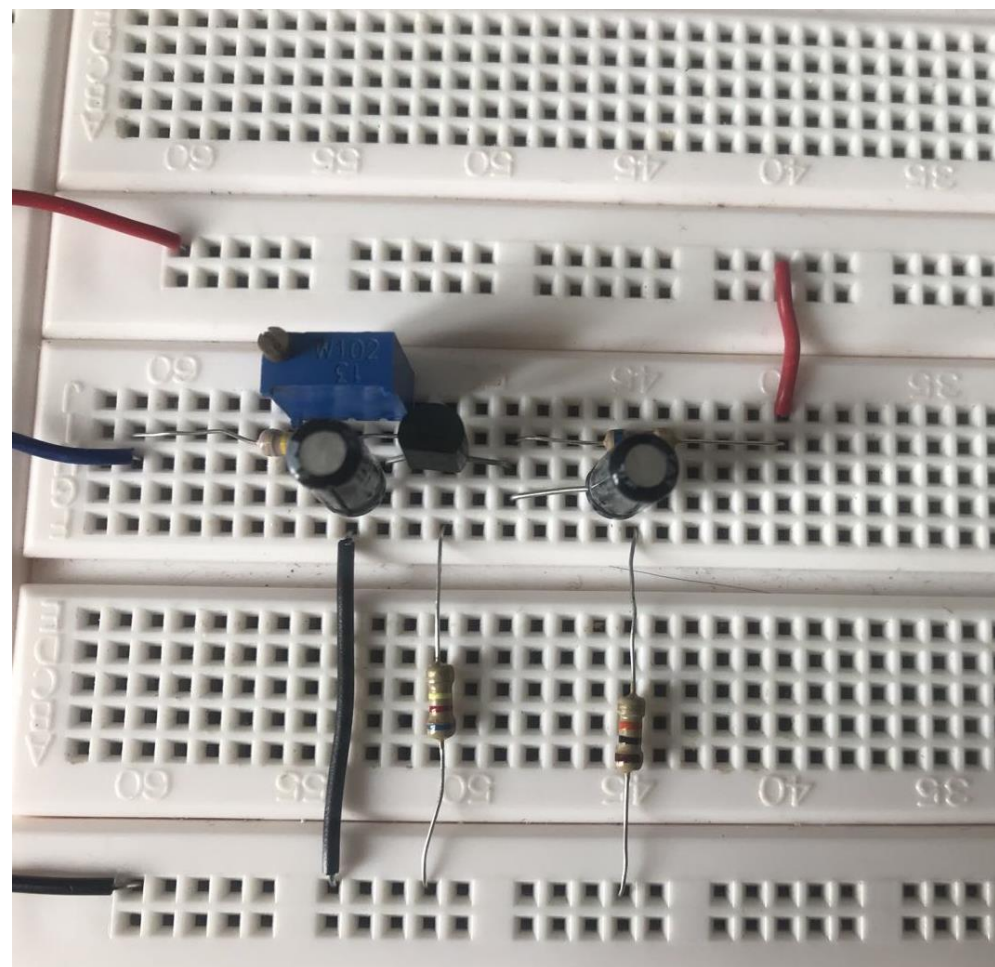
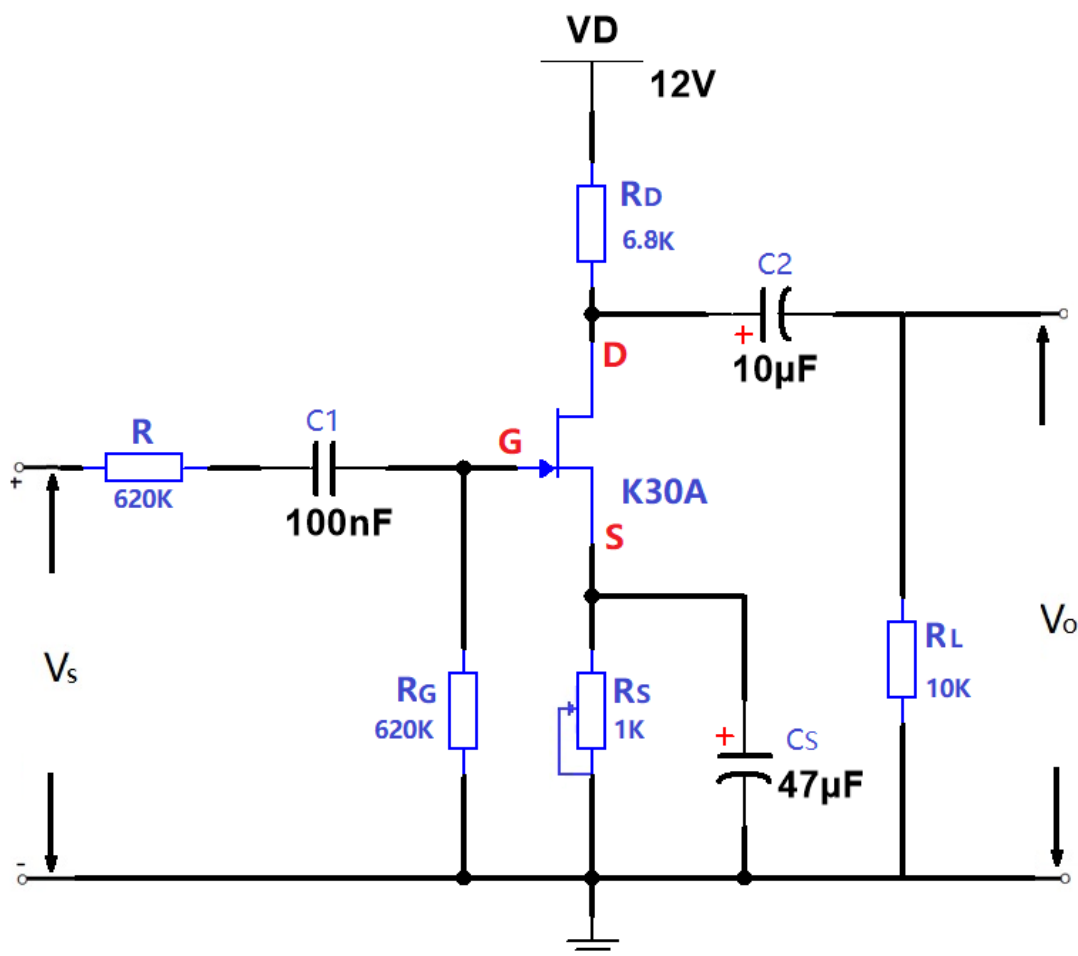
电解电容: 10uF, 47uF

涤纶电容: 100n

二、场效应管放大电路静态工作点测量

2. 场效应管放大器电路搭接

电位器 R_s 首选实验箱的旋钮电位器





二、场效应管放大电路静态工作点测量

2. 静态工作点的调试与测量

实验要求:

- 调整电位器 R_W ,使 $V_D=6V$,测量此时电路的静态工作点。

静态工作点	测量			计算		
	$V_{DQ}(V)$	$V_{GQ}(V)$	$V_{SQ}(V)$	$I_{DQ}(mA)$	$V_{DSQ}(V)$	$V_{GSQ}(V)$



三、场效应管放大电路的动态参数

1. 放大倍数、输出阻抗的测量

实验要求:

- 不接入辅助电阻 R ,选择合适的输入信号 (2kHz 100mV),在空载 ($R_L=\infty$) 情况下,用示波器同时观察输入和输出波形 (V_i 和 V_o), 保证输出波形不失真。
- 测量 $V_s, V_{o\infty}, V_{oL}$, 并计算 A_v, R_o

测 量			计 算		
$V_s=V_i$	$V_{o\infty}$	V_{oL}	$A_{v\infty}$	A_{vL}	R_o



三、场效应管放大电路的动态参数

2. 输入阻抗的测量

实验要求:

- 选择合适的输入信号 (2kHz, 100mV), 在空载 ($R_L = \infty$) 情况下, 用示波器同时观察输入和输出波形 (V_i 和 V_o), 保证输出波形不失真。
- 测量不串入辅助电阻 R 时的输出 V_{o1} , 测量串入辅助电阻 R 时的输出 V_{o2} , 并计算 R_i

测 量			计 算
V_{o1}	V_{o2}	R	R_i

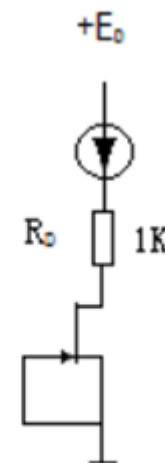
四、场效应管参数测量



1. I_{DSS} 测试电路



采用测量 R_D 两端电压的方法来换算电流

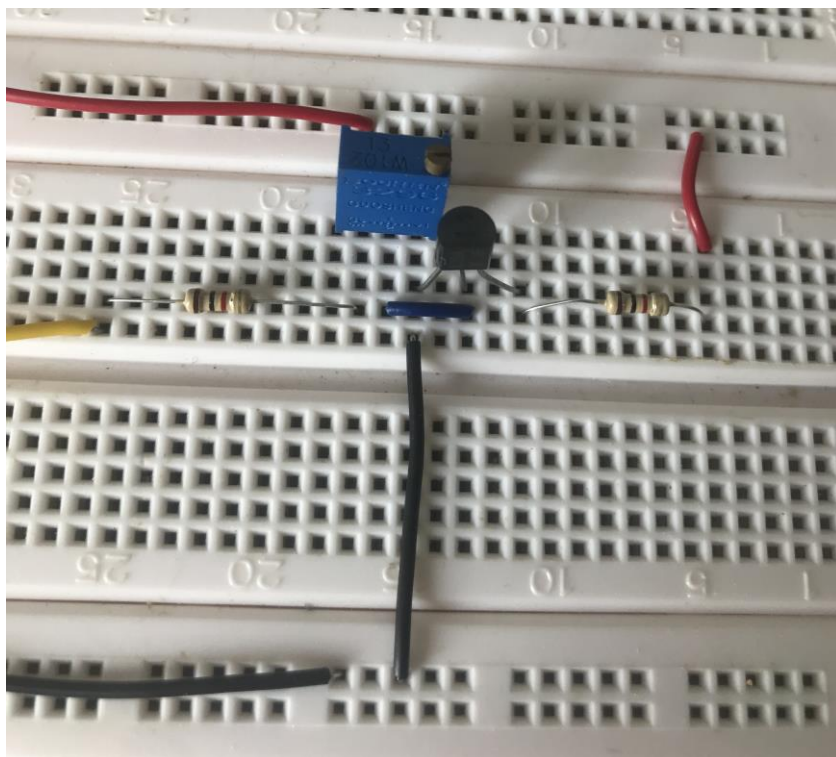


(a) I_{DSS} 测试电路

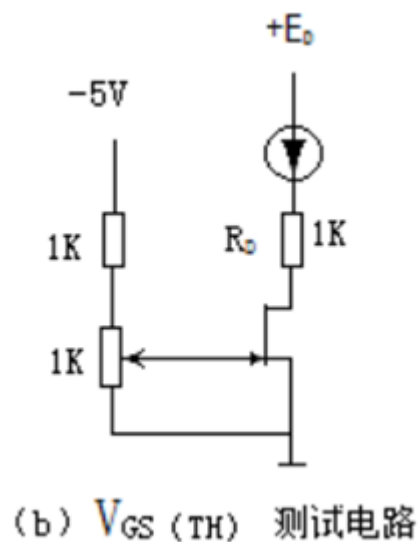
四、场效应管参数测量



2. $V_{GS(TH)}$ 测试电路



采用测量 R_D 两端电压的方法来换算电流



电位器首选实验箱的旋钮电位器

实验五 场效应管放大器

六、实验内容

1, 2, 3, 5 (gm不测量)

思考题