



第3章 场效应管和基本放大电路

4学时

场效应管和基本放大电路

作业

- 习题 3-3、3-4、3-7、3-11

重点和难点

重点

理解场效应管的工作原理；
掌握场效应管的外特性及主要参数；
掌握场效应管放大电路静态工作点与动态参数 (A_u 、 R_i 、 R_o) 的分析方法。

难点

通过外部电压对导电沟道的控制作用来说明结型场效应管及绝缘栅型场效应管的工作原理。

3.1 场效应晶体管

场效应管(FET): 是利用输入回路的 **电场效应** 来控制输出回路 **电流** 的一种半导体器件。

输入回路内阻很高($10^7 \sim 10^{12} \Omega$), 热稳定性好, 噪声低, 比晶体管耗电小, 应用广泛。

仅靠多数载流子导电, 又称 **单极型** 晶体管。

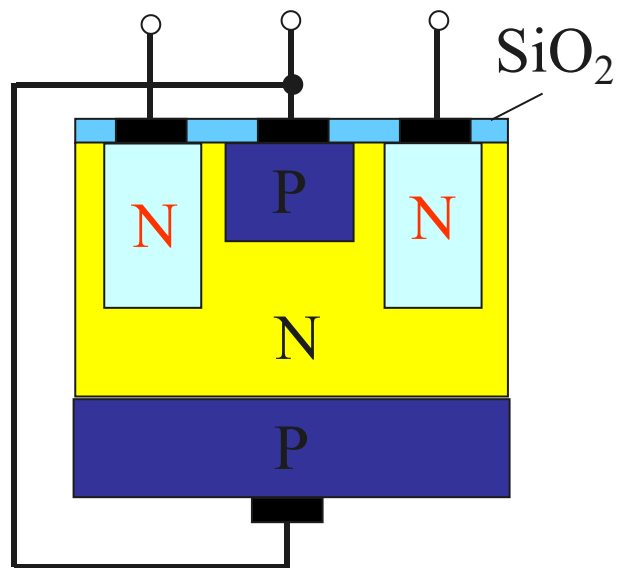
分类: **结型(JFET)**

绝缘栅型(IGFET)

1. 结型场效应管的结构

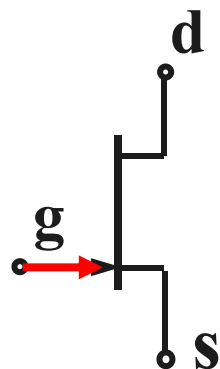
N沟道结型场效应管是在同一块N型半导体上制作两个高掺杂的P区，将它们连接在一起引出电极**栅极g**。N型半导体分别引出**漏极d**、**源极s**，P区和N区的交界面形成耗尽层。源极和漏极之间的非耗尽层称为导电沟。

源极S 栅极G 漏极D

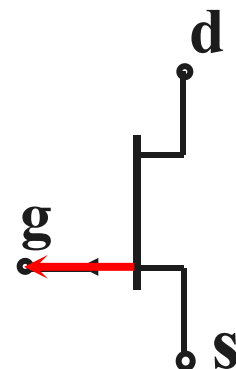


N沟道结构示意图

结型场效应管的符号



N沟道符号



P沟道符号

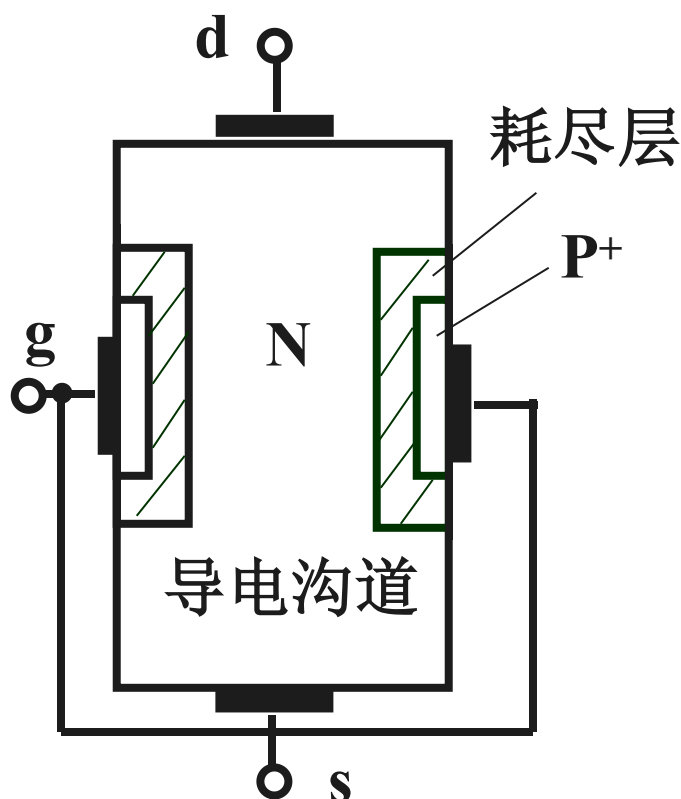
2.工作原理—电压控制作用（以N沟道为例）

正常工作时

在栅-源之间加负向电压，
(保证耗尽层承受反向电压)

漏-源之间加正向电压，
(以形成漏极电流)

这样既保证了栅源之间的电阻很高，又实现了 u_{gs} 对沟道电流 i_D 的控制。



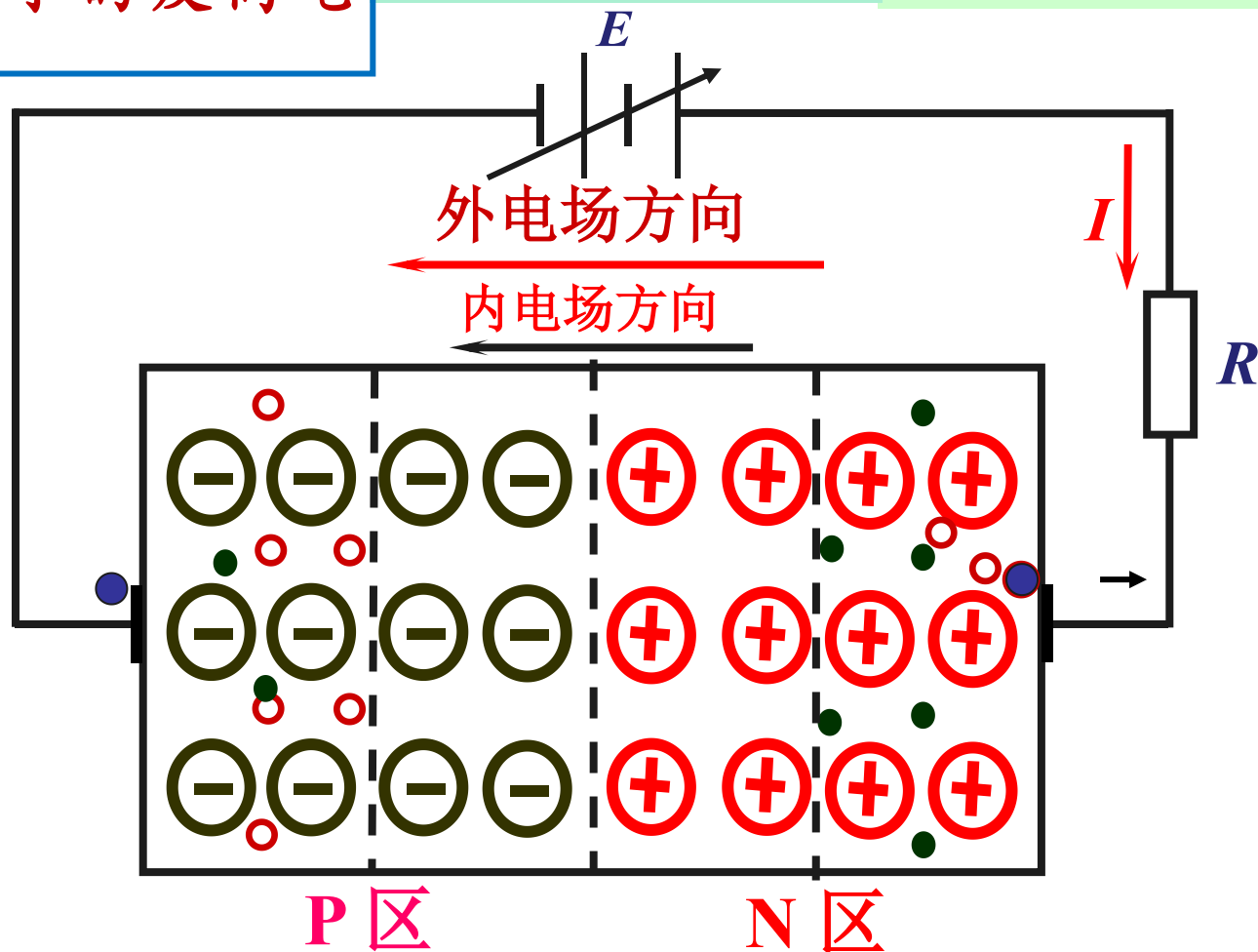
结构示意图

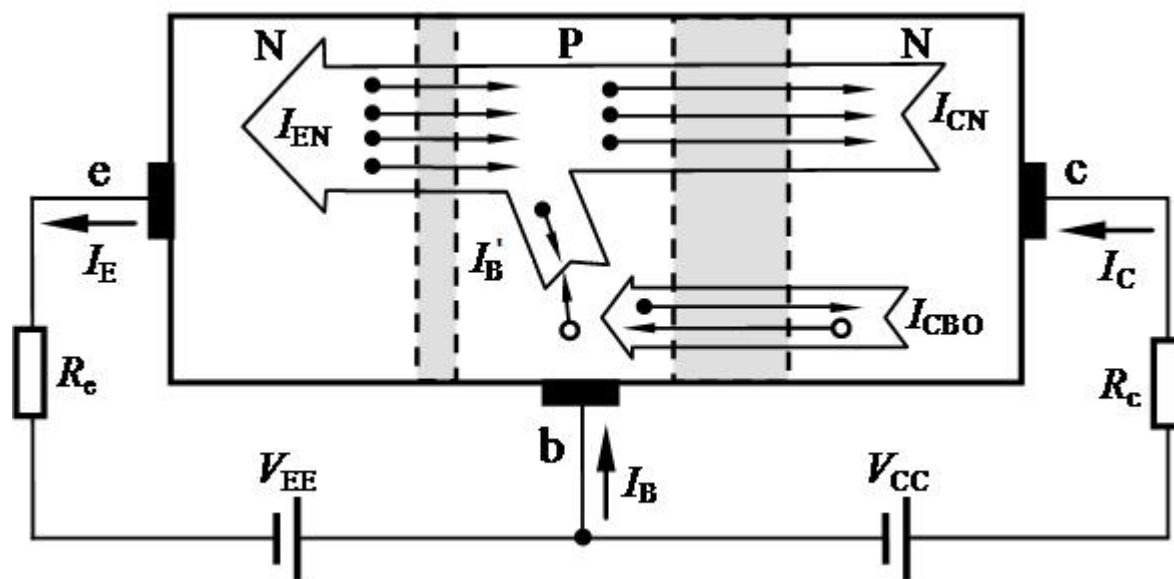
外电场和内电场方向相同，空间电荷区变宽，只有少数载流子越过PN结形成的很小的反向电流。

外电场驱使P区的空穴向电源负极移动，远离空间电荷区

N区电子向电源正极移动，离空间电荷区更远

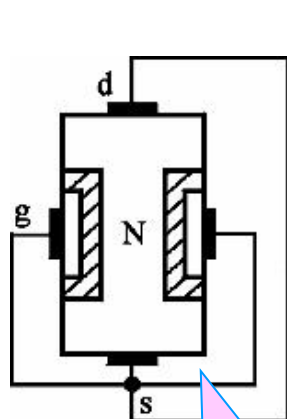
空间电荷区变宽





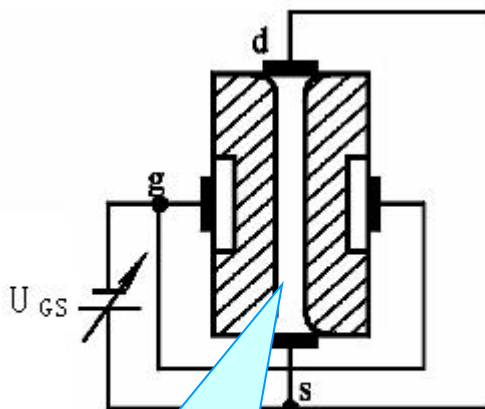
1) g 、 s 间和 d 、 s 间短路

2) g 、 s 间加负电压和 d 、 s 间短路



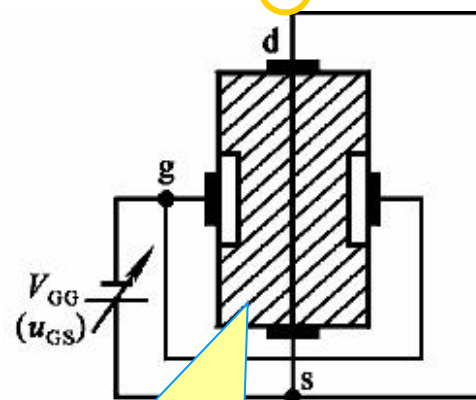
(a)

耗尽区很窄，
导电沟道宽



(b)

$|U_{GS}|$ 增大，耗尽区增宽，沟道变窄，沟道电阻增大。



(c)

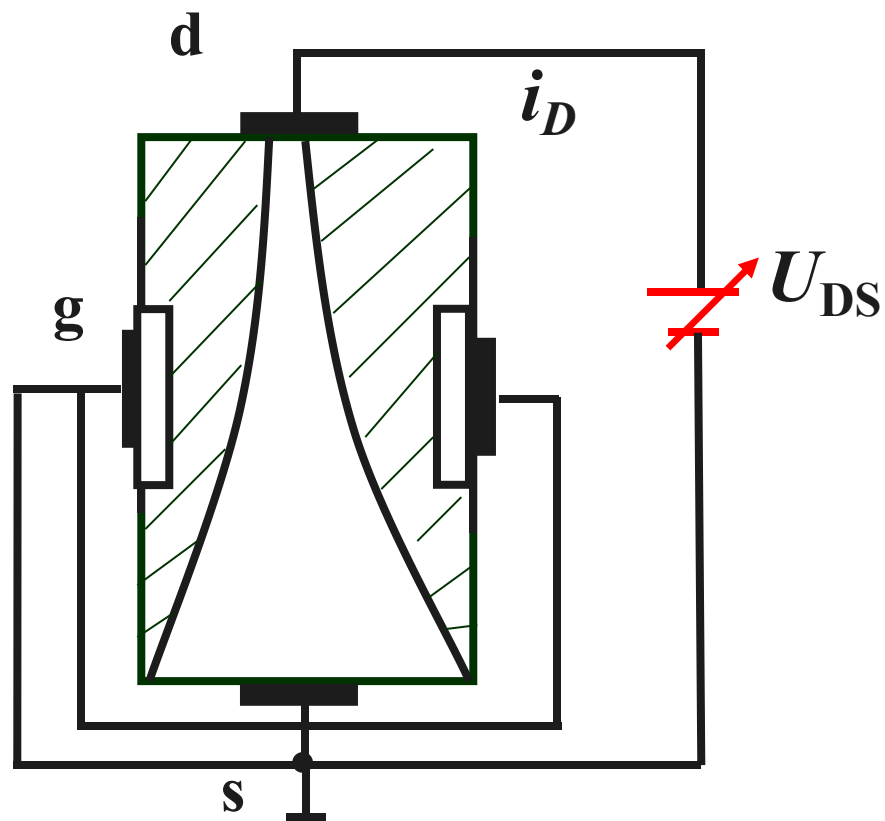
$|U_{GS}|$ 增加到某一数值，耗尽区相接，沟道消失，沟道电阻趋于无穷大，沟道夹断

此时 U_{GS} 的值为夹断电压

$U_{GS(off)}$

3) g 、 s 间短路, d 、 s 间加正向电压

U_{DS} 的作用产生漏极电流 I_D , 使沟道中各点和栅极间的电压不再相等, 近漏极电压最大, 近源极电压最小。导电沟道宽度不再相等, 近漏极沟道窄, 近源极沟道宽。



随着 U_{DS} 的增加, I_D 近似线性增加, d - s 间呈电阻特性。

预夹断时，导电沟道内仍有电流 I_D ，且 U_{DS} 增大时 I_D 几乎不变，此时的 I_D 称为“饱和漏极电流 I_{DSS} ”

随着 U_{DS} 增加 I_D 增大。

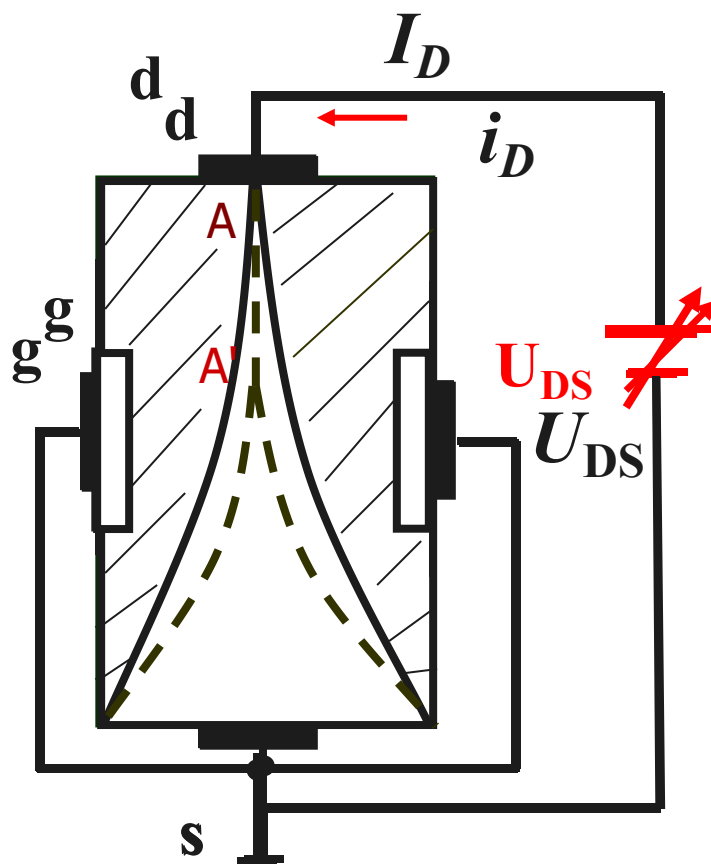
沟道在漏极处，越来越窄。

$$U_{GD} = U_{GS} - U_{DS} = -U_{DS}$$

当 U_{DS} 增加到 $|U_{GS(off)}|$ 漏极附近的耗尽区相接，称为预夹断。

U_{DS} 再增加，夹断区长度增加

($A \rightarrow A'$)。

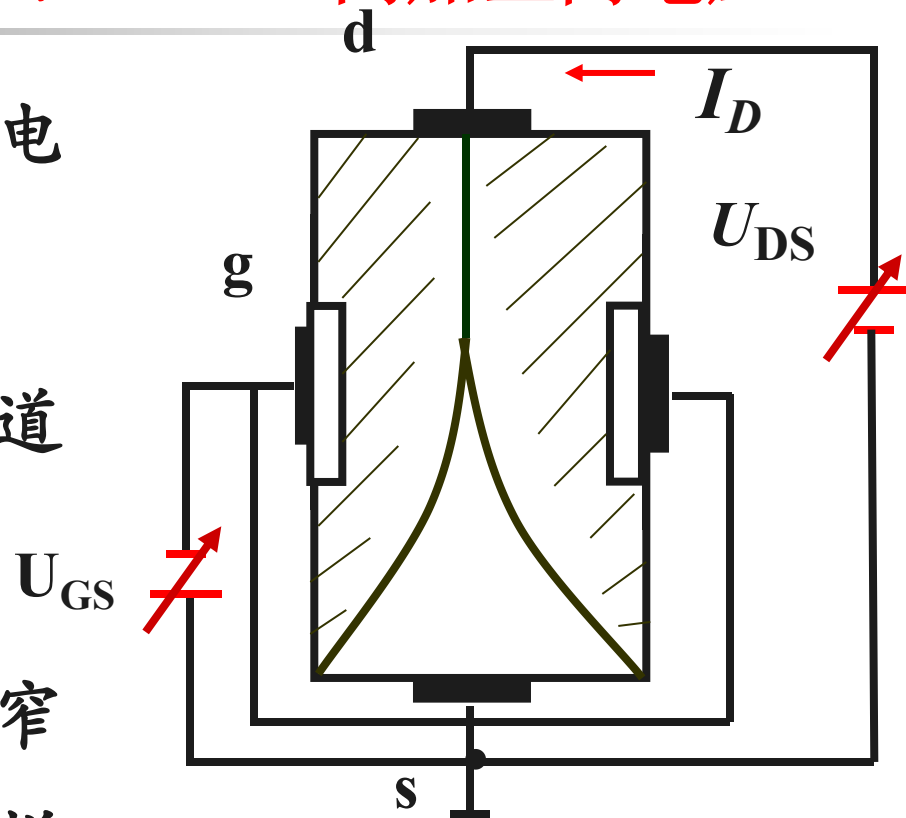


3) g 、 s 间加负向电压, d 、 s 间加正向电压

g 、 s 间的负电压使导电沟道变窄 (等宽)

d 、 s 间的正电压使沟道不等宽

$|U_{GS}|$ 增加, 导电沟道变窄, 沟道电阻增大, 同样 U_{DS} 的产生的 I_D 减小。

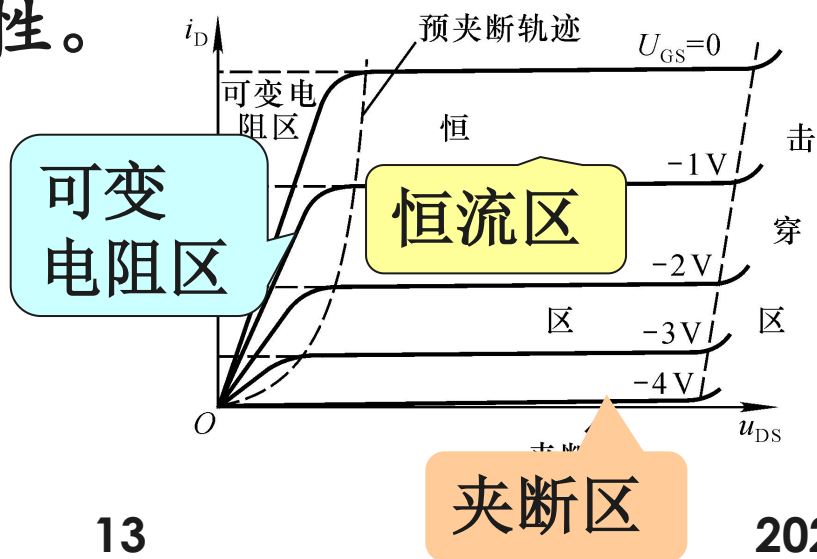
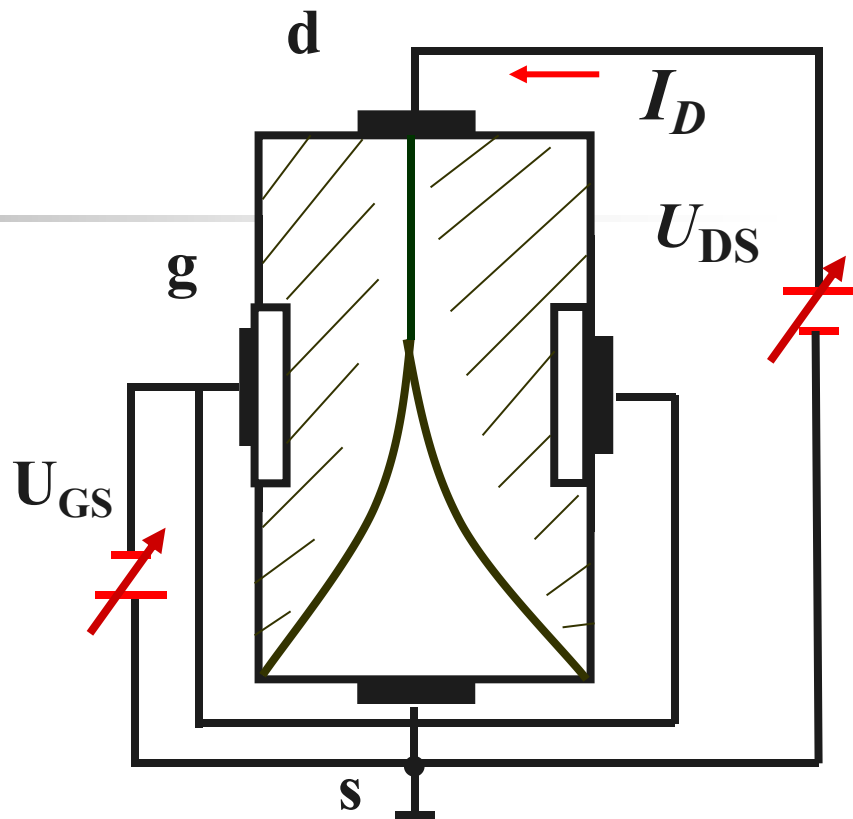


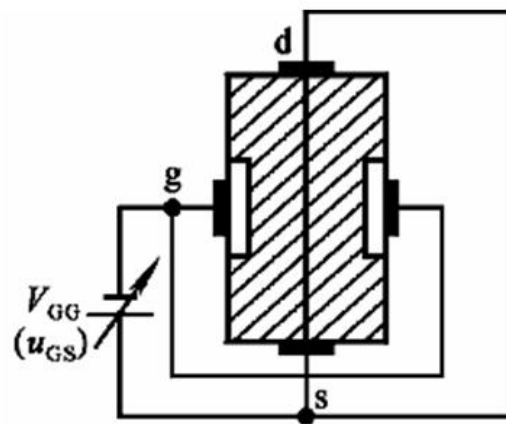
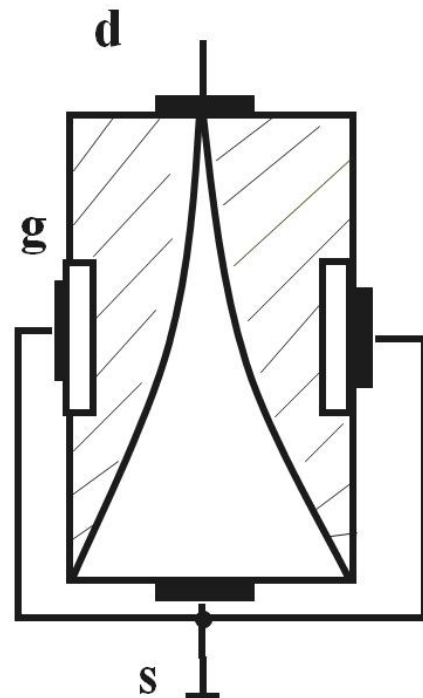
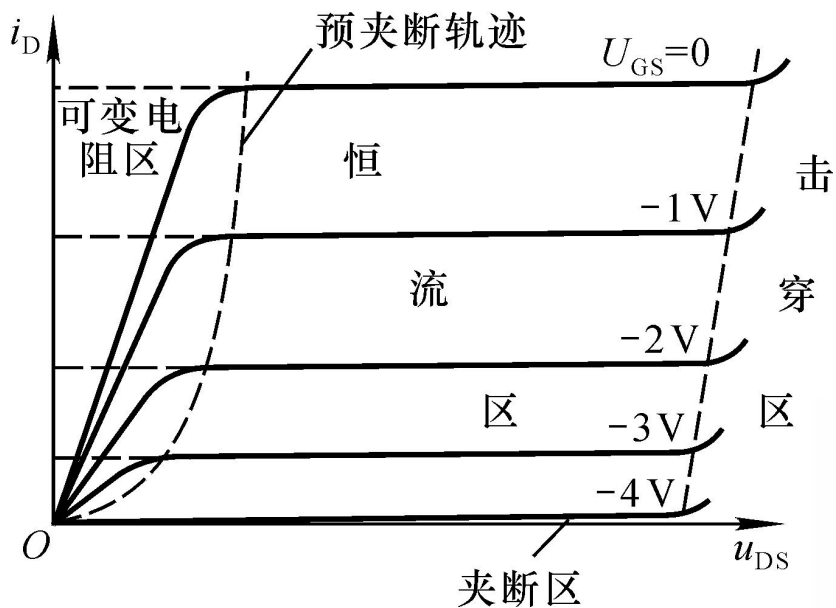
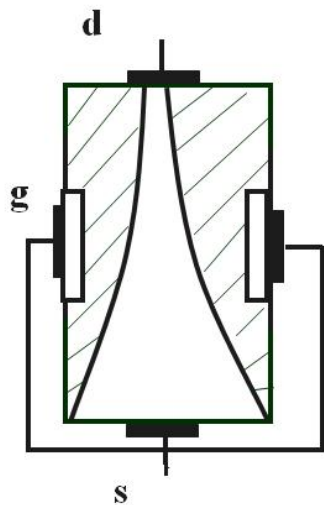
由于 U_{DS} 的增加几乎全部落在夹断区，漏极电流 I_D 基本保持不变。

I_D 可以认为仅仅决定于 U_{GS} ，表现出恒流特性。

称场效应管为

电压控制元件。





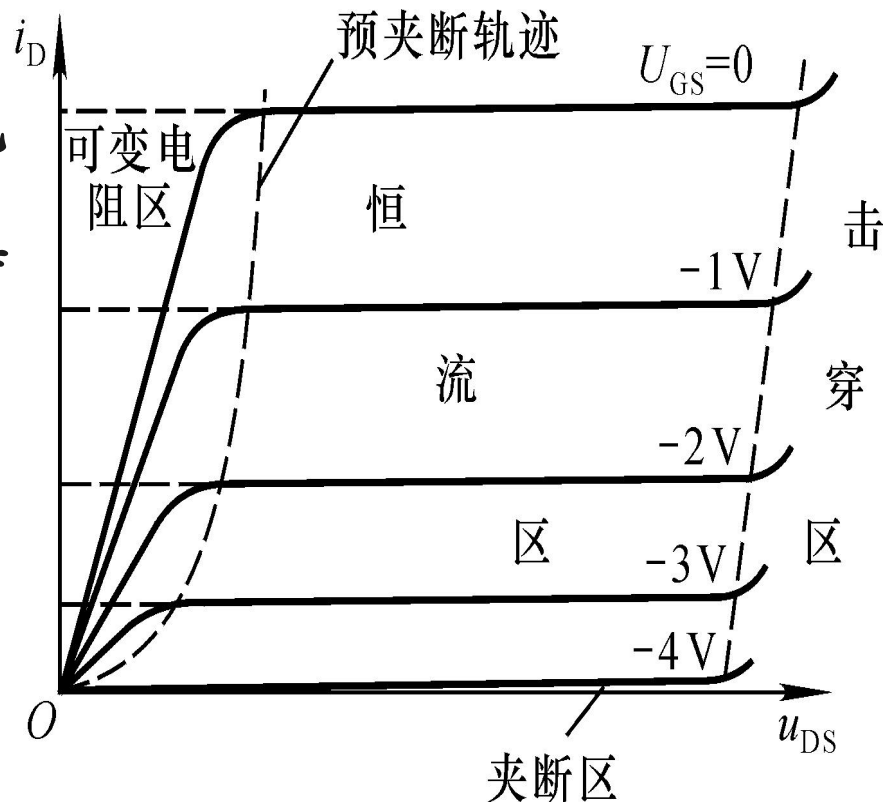
3. 结型场效应管的特性

输出特性和转移特性

因场效应管栅极电流几乎为零，不讨论输入特性。

(1) 输出特性曲线

$$I_D = f(U_{DS}) \big|_{U_{GS} = \text{常数}}$$



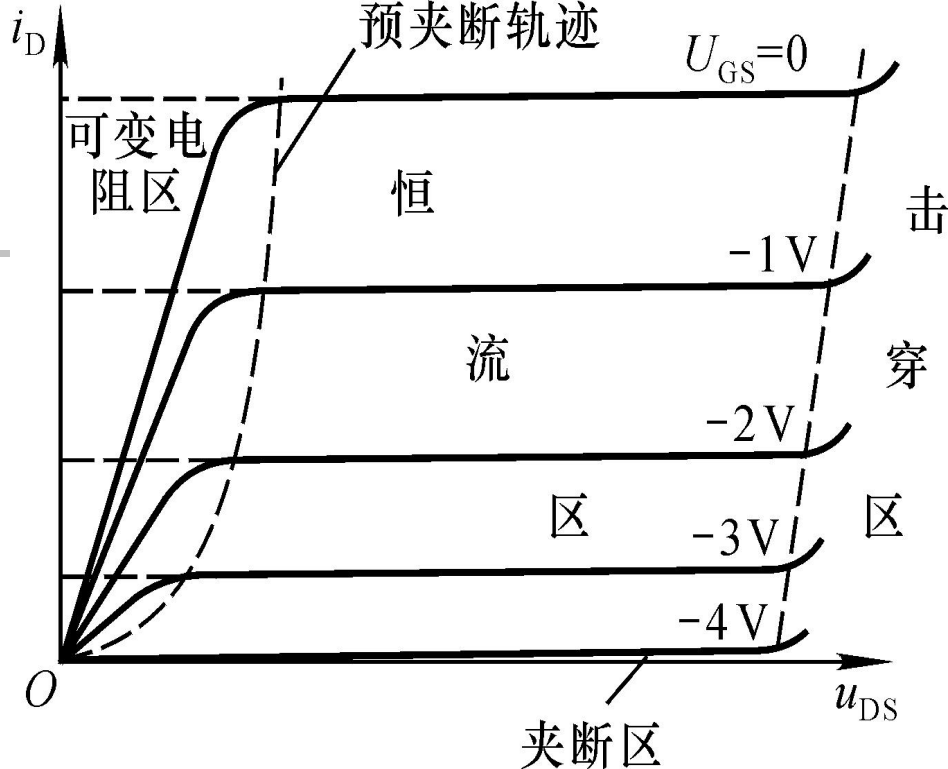
1) 夹断区（截止区）：

导电沟道全部夹断

条件： ~~$|U_{GS}| \geq |U_{GS(off)}|$~~

$$U_{GS} \leq U_{GS(off)}$$

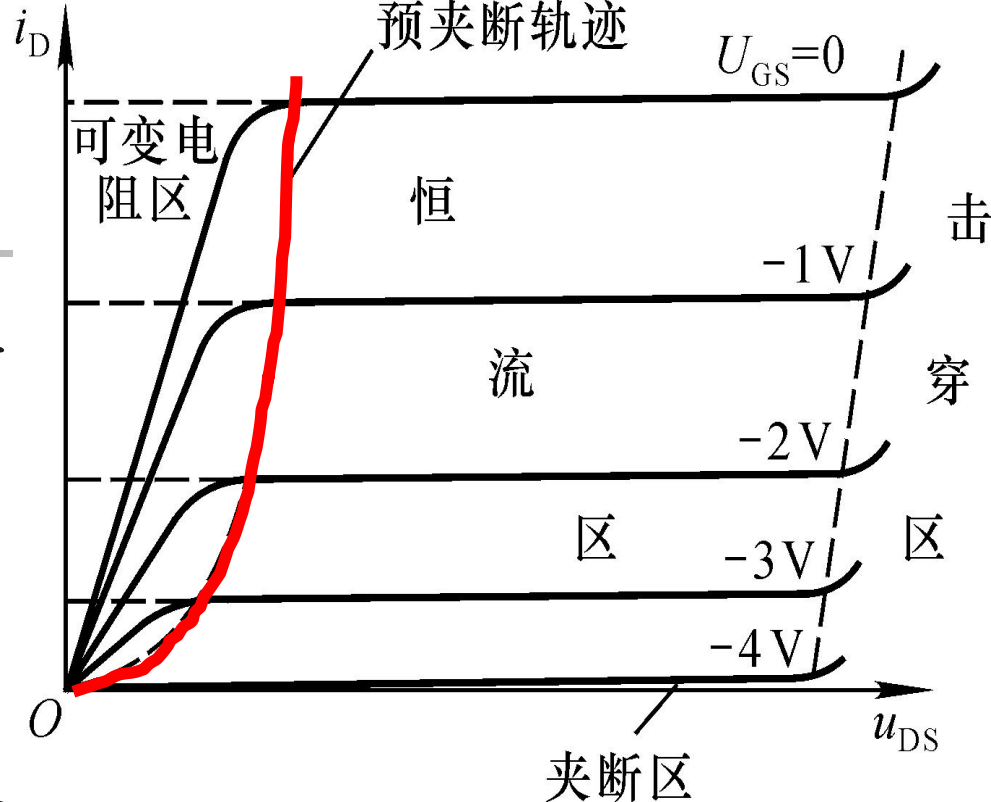
特点： $I_D \approx 0$



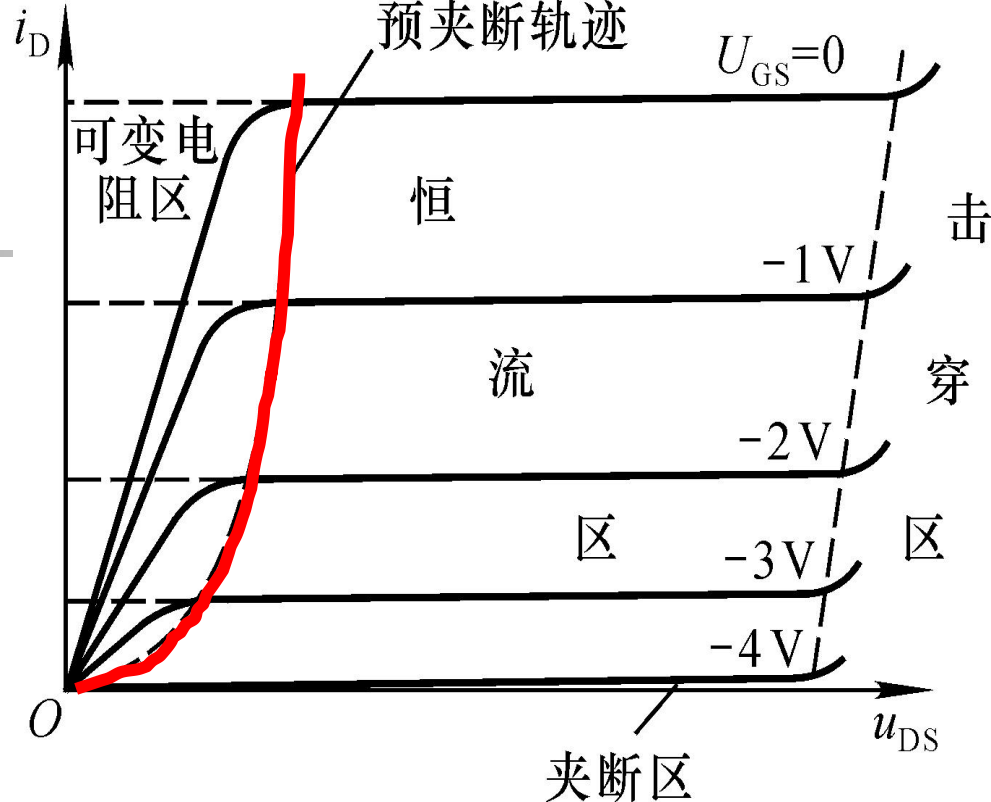
2) 可变电阻区：预夹断轨迹左边区域。

条件： $U_{GD} > U_{GS(off)}$

特点：可通过改变 U_{GS} 大小来改变漏源间电阻值。



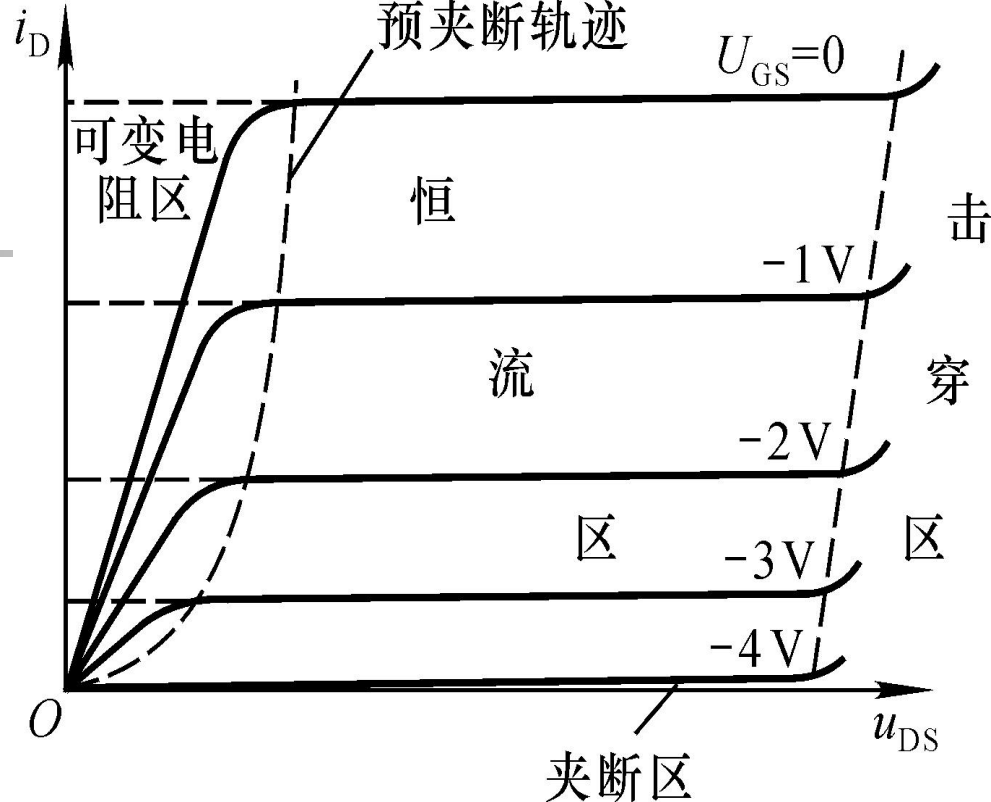
预夹断轨迹：通过连接各曲线上 $U_{GD} = U_{GS(off)}$ 的点而成。



3) 恒流区：预夹断轨迹右边区域。

条件： $U_{GD} < U_{GS(off)}$

特点： I_D 只受 U_{GS} 控制

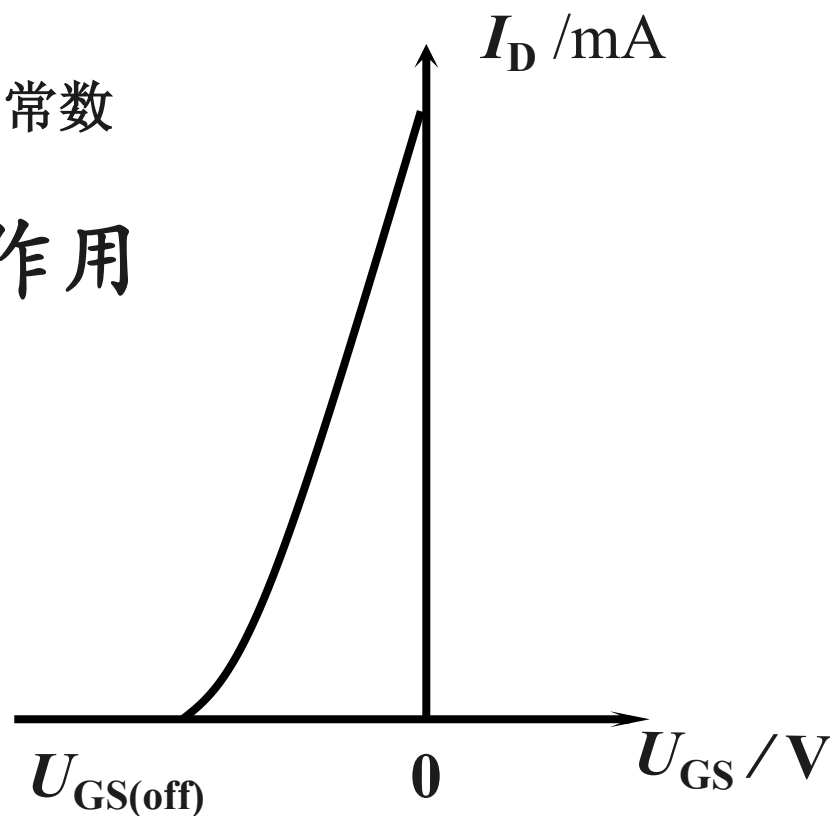


4) 击穿区: U_{DS} 增加到一定程度, 电流急剧增大。

(2) 转移特性

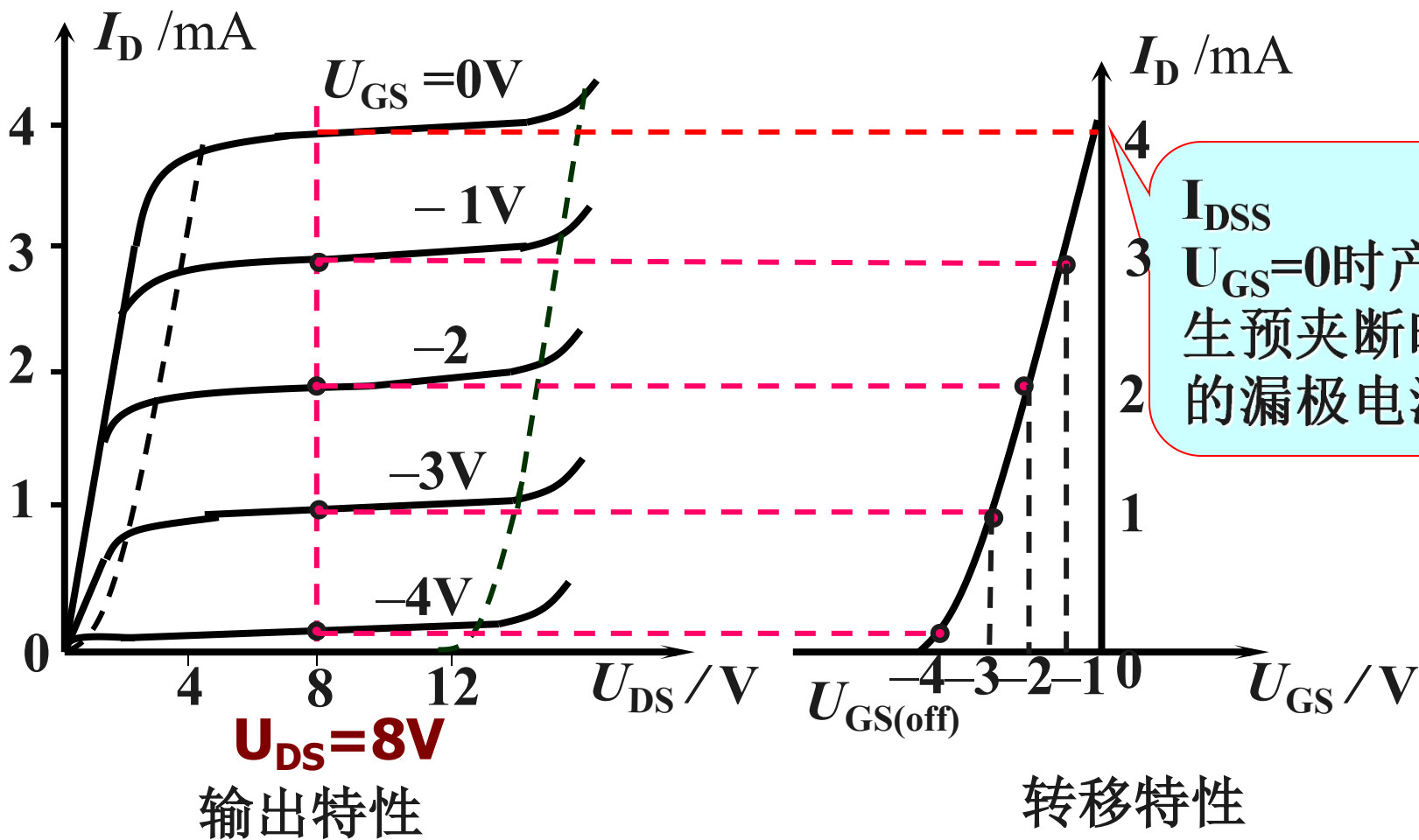
$$I_D = f(U_{GS}) | U_{DS} = \text{常数}$$

反映 U_{GS} 对 I_D 控制作用



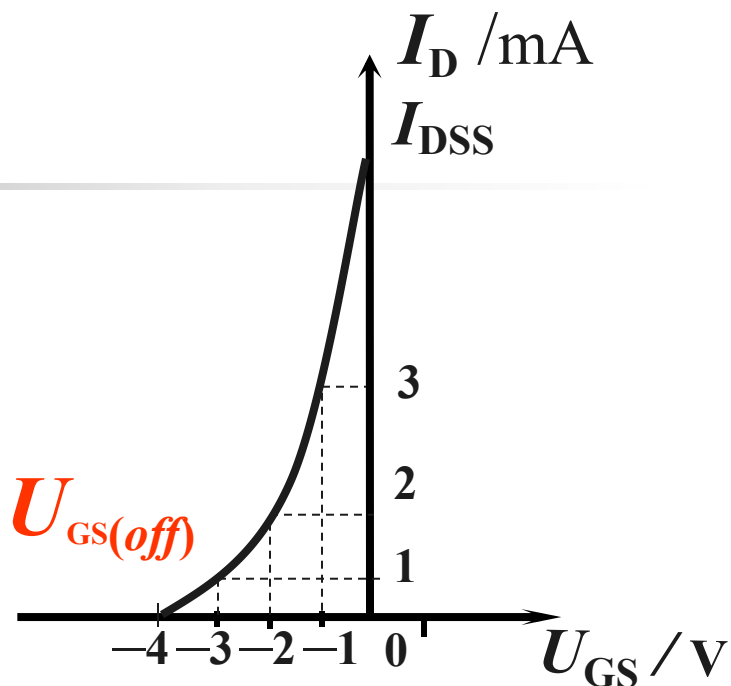
转移特性

转移特性曲线与输出特性曲线有严格的对应关系



恒流区 I_D 近似表达式为：

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}} \right)^2$$



N沟结型场效应管，栅源之间加**反向**电压。

P沟结型场效应管，栅源之间加**正向**电压。

管子工作在可变电阻区时，不同的 U_{DS} ，转移特性曲线有很大差别。

绝缘栅型场效应管 (MOS管)

绝缘栅型场效应管采用 SiO_2 绝缘层隔离，栅极为金属铝，又称为MOS管。

MOS管分类：

N沟道 (N MOS) 增强型

耗尽型

P沟道 (P MOS) 增强型

耗尽型

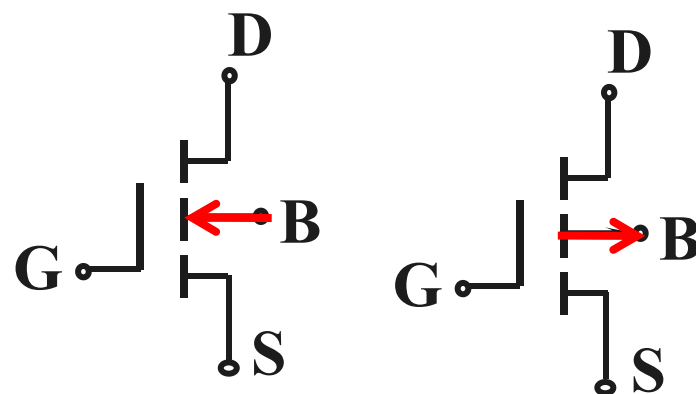
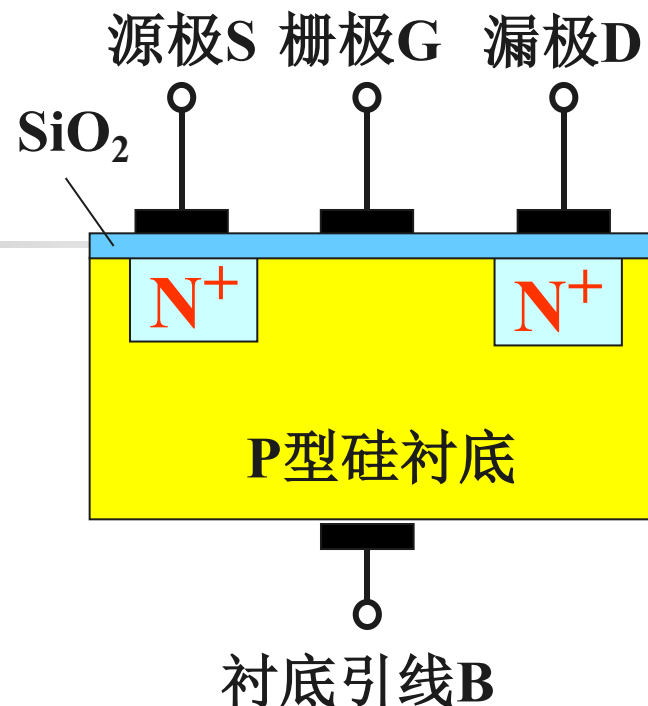
栅-源电压为零时，无导电沟道，称为**增强型**。

栅-源电压为零时，已建立了导电沟道，称为**耗尽型**。

1.N沟道增强型MOS管

(1) **结构** 通常衬底和源极连接在一起使用。栅极和衬底各相当于一个极板，中间是绝缘层，形成电容。

栅-源电压改变时，将改变衬底靠近绝缘层处感应电荷的多少，从而控制漏极电流的大小。

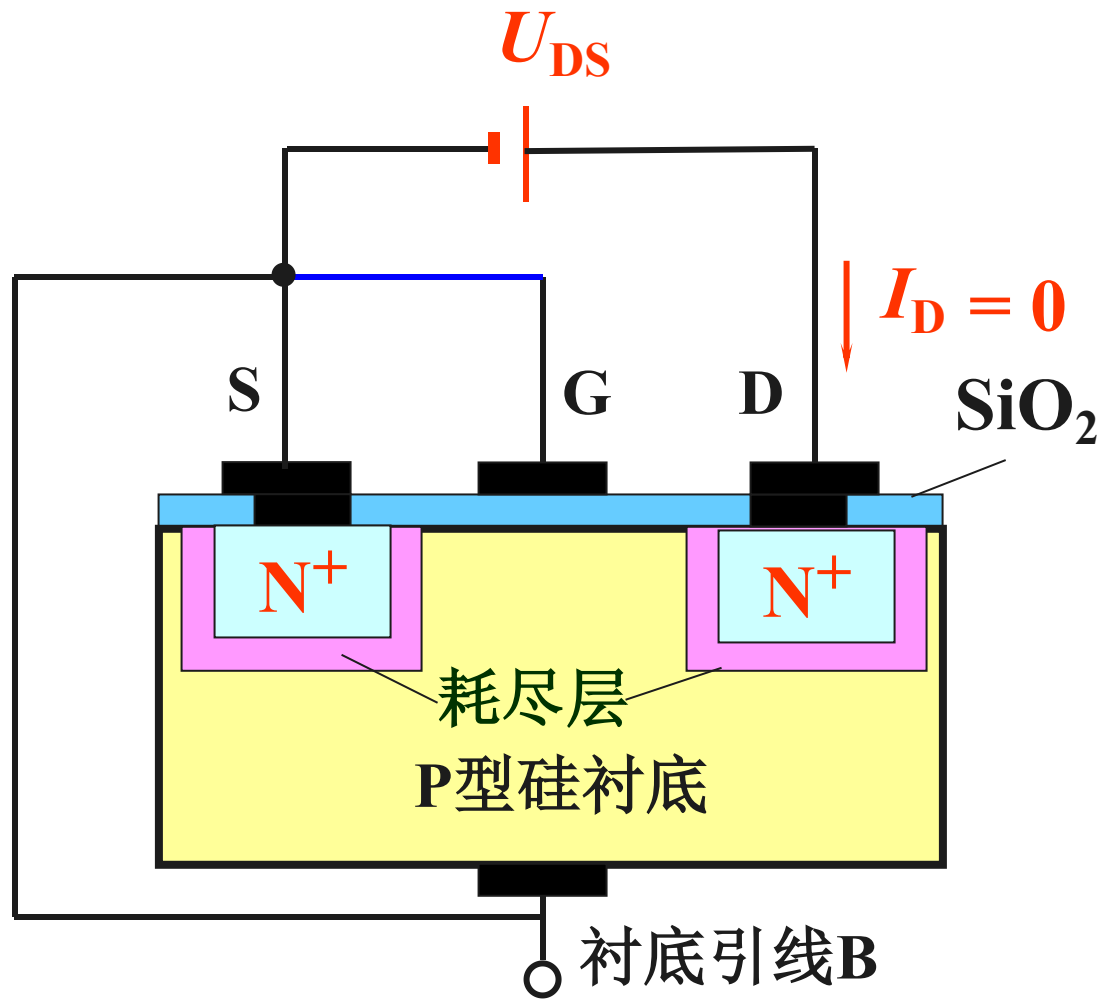


N沟道符号 P沟道符号

(2) 工作原理

1) $U_{GS} = 0$

D与S之间是两个PN结反向串联，无论D与S之间加什么极性的电压，漏极电流均接近于零。

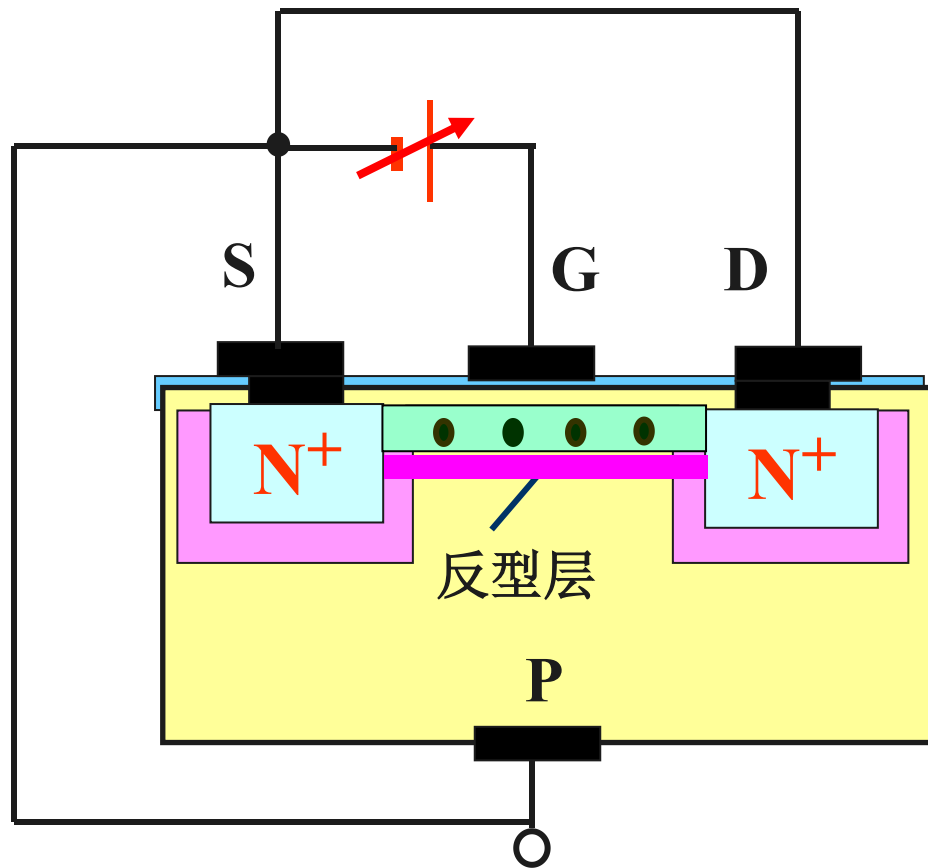


2) $U_{GS} > 0$, $U_{DS} = 0$

由于绝缘层 SiO_2 的存在，栅极电流为零。栅极金属层将聚集大量正电荷，排斥P型衬底靠近 SiO_2 的空穴，将衬底的自由电子吸引到耗尽层与绝缘层之间，形成N型薄层，称为反型层。这个反型层就构成了漏源之间的导电沟道。

此时的栅-源电压称为开启电压 $U_{GS(th)}$

U_{GS} 越大，反型层越厚，导电沟道电阻越小，同样的 U_{DS} 产生的电流 I_D 越大



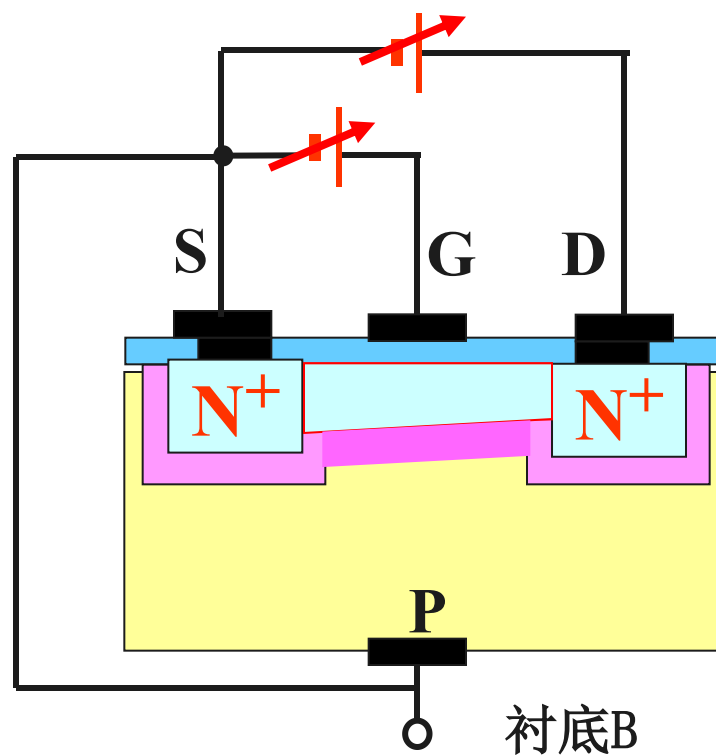
$$3) U_{GS} > U_{GS(th)}, U_{DS} > 0$$

U_{DS} 作用产生漏极电流 I_D 。

沟道各点对栅极电压不再相等，导电沟道宽度不再相等，沿源-漏方向逐渐变窄。

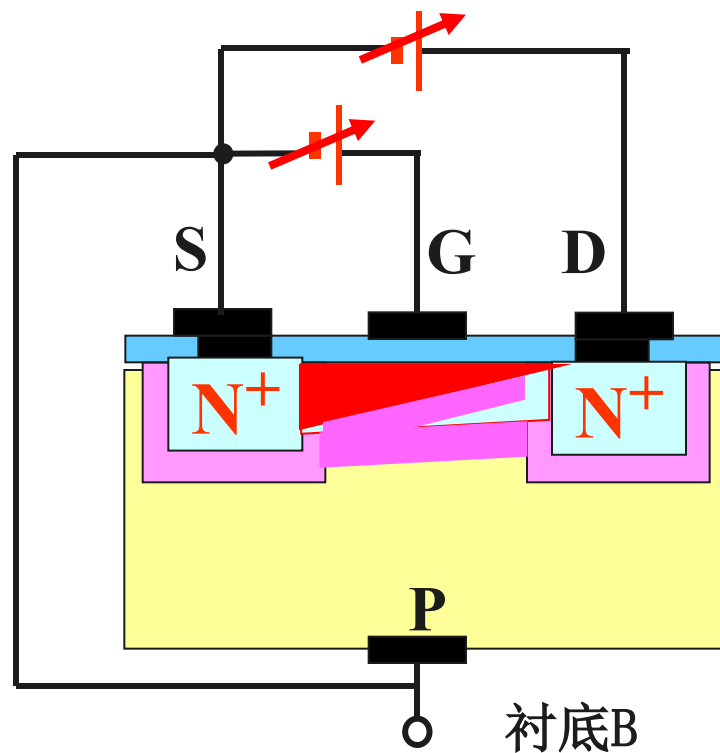
$$U_{GD} = U_{GS} - U_{DS} < U_{GS}$$

I_D 随着的 U_{DS} 增加而线性增大。

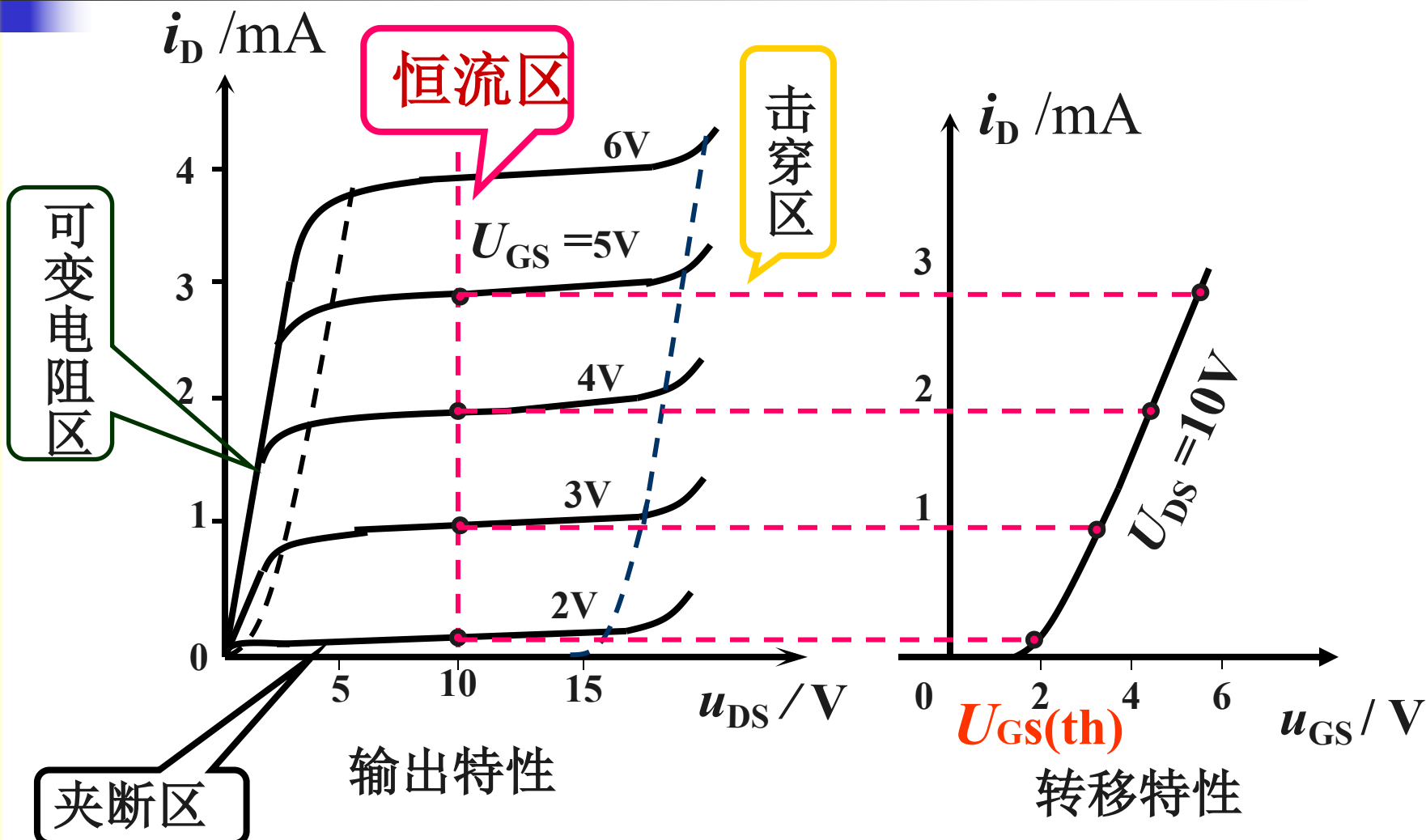


随着 U_{DS} 的继续增大, U_{GD} 减小, 当 $U_{GD} = U_{GS(th)}$ 时, 导电沟道在漏极一端产生夹断, 称为**预夹断**。

U_{DS} 继续增大, 夹断区延长, 漏电流 I_D 几乎不变, 管子进入恒流区, I_D 几乎仅仅决定于 U_{GS} 。此时可以把 I_D 近似看成 U_{GS} 控制的电流源。



(3) 特性曲线

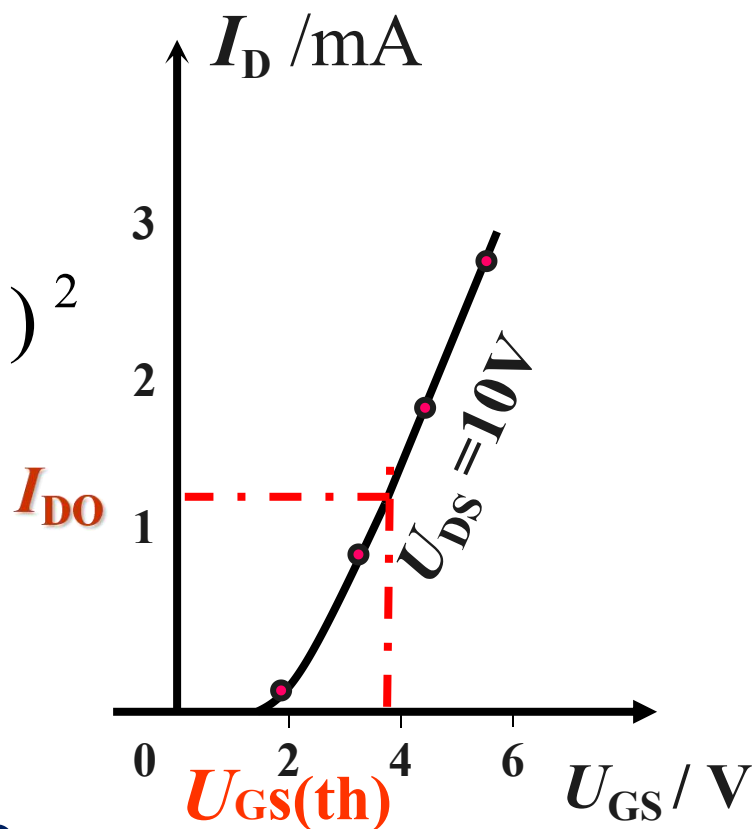


N沟道增强型 MOS 管的特性曲线

I_D 和 U_{GS} 的近似关系：

$$I_D = I_{D0} \left(\frac{U_{GS}}{U_{GS(th)}} - 1 \right)^2$$

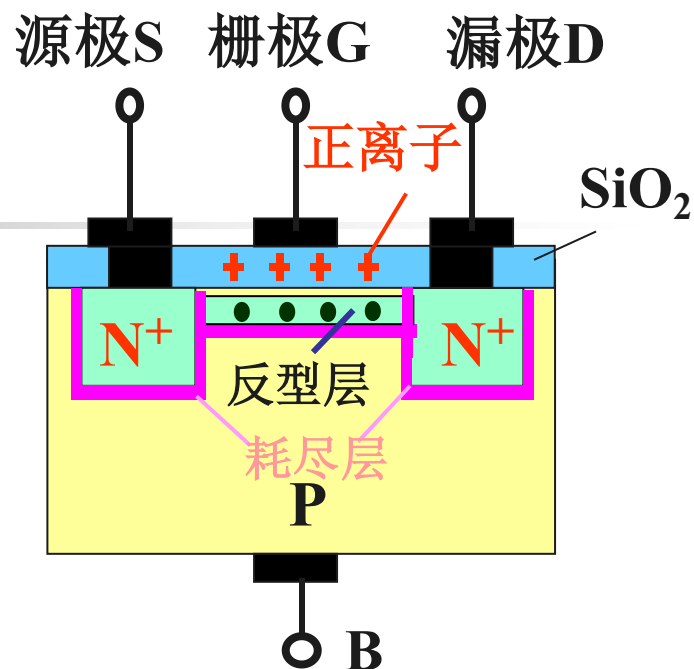
I_{D0} 是 $U_{GS}=2U_{GS(th)}$ 时的 I_D 。



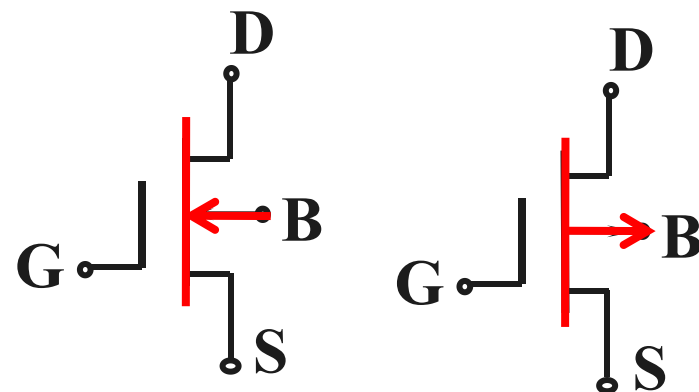
2. N沟道耗尽型MOS管

制造时,在 SiO_2 绝缘层中掺入大量的正离子,即使 $U_{GS}=0$,在正离子的作用下,源-漏之间也存在导电沟道。只要加正向 U_{DS} ,就会产生 I_D 。

只有当 U_{GS} 小于某一值时,才会使导电沟道消失,此时的 U_{GS} 称为**夹断电压** $U_{GS(off)}$ 。

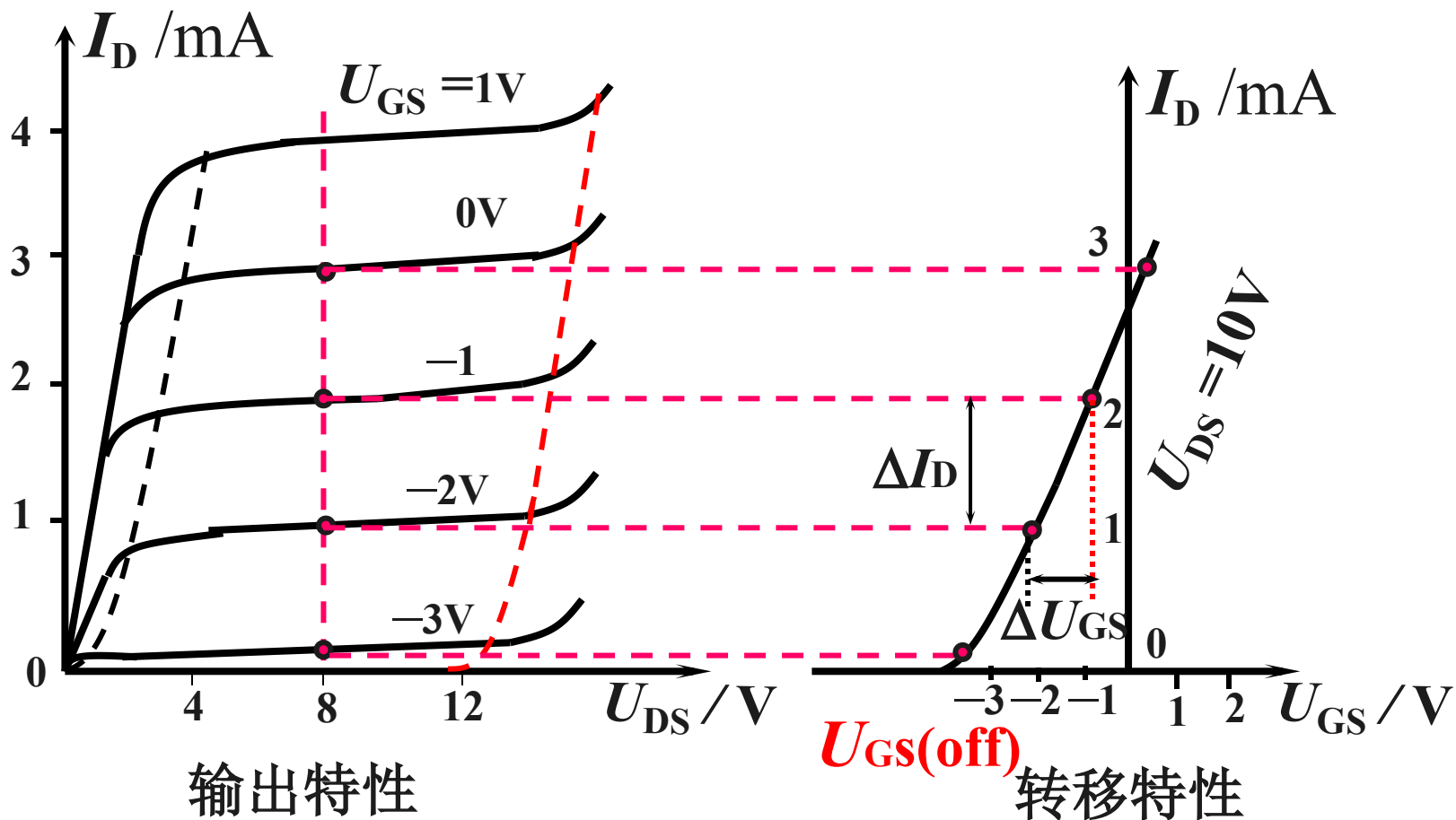


结构示意图



N沟道符号 P沟道符号

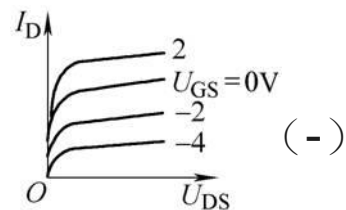
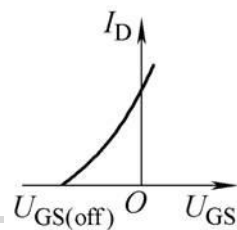
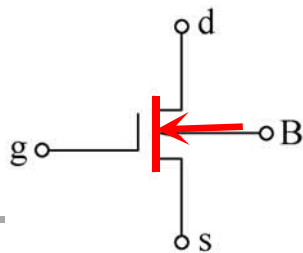
特性曲线



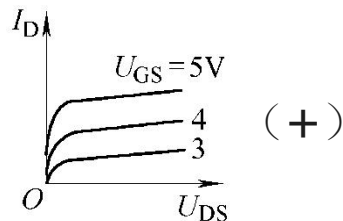
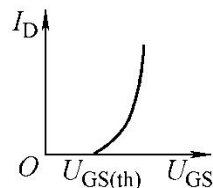
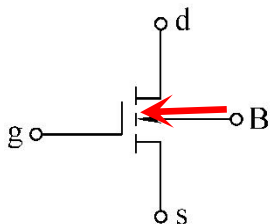
N沟道耗尽型MOS管的特性曲线

场效应管的符号及特性 (p76)

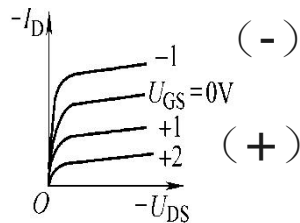
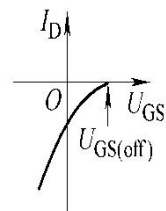
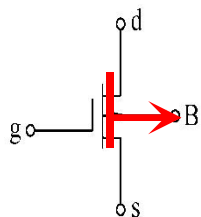
NMOS耗尽型



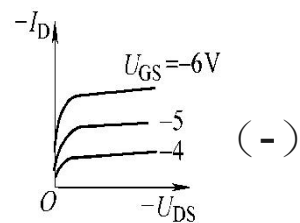
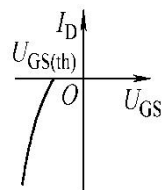
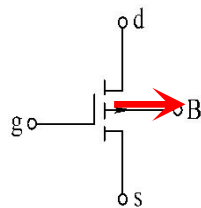
NMOS增强型



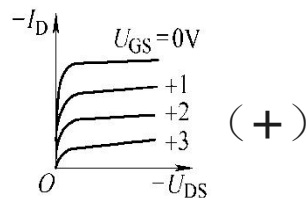
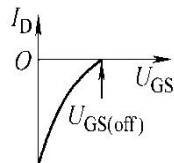
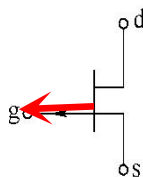
PMOS耗尽型



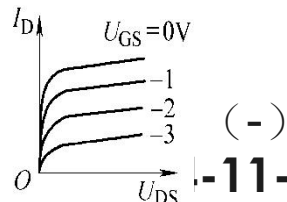
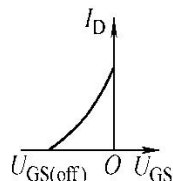
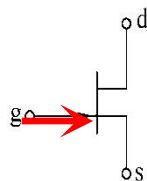
PMOS增强型



结型P沟道



结型N沟道



注意：结型场效应管G-S电压必须反偏

三个工作区域的判断

N沟道，耗尽型 (结型、耗尽型)

夹断区： $U_{GS} \leq U_{GS(off)}$

恒流区： $U_{GS} \geq U_{GS(off)}$, $U_{GD} \leq U_{GS(off)}$

可变电阻区： $U_{GS} \geq U_{GS(off)}$, $U_{GD} \geq U_{GS(off)}$

N沟道，增强型

夹断区： $U_{GS} \leq U_{GS(th)}$

恒流区： $U_{GS} \geq U_{GS(th)}$, $U_{GD} \leq U_{GS(th)}$

可变电阻区： $U_{GS} \geq U_{GS(th)}$, $U_{GD} \geq U_{GS(th)}$

注意：结型场效应管G-S电压必须反偏

三个工作区域的判断

P沟道，耗尽型 (结型、耗尽型)

夹断区： $U_{GS} \geq U_{GS(off)}$

恒流区： $U_{GS} \leq U_{GS(off)}$, $U_{GD} \geq U_{GS(off)}$

可变电阻区： $U_{GS} \leq U_{GS(off)}$, $U_{GD} \leq U_{GS(off)}$

P沟道，增强型

夹断区： $U_{GS} \geq U_{GS(th)}$

恒流区： $U_{GS} \leq U_{GS(th)}$, $U_{GD} \geq U_{GS(th)}$

可变电阻区： $U_{GS} \leq U_{GS(th)}$, $U_{GD} \leq U_{GS(th)}$

测得某电路中三个MOS管的三个电极的电位及它们的开启电压如表所示。试分析各管的工作状态（截止区、恒流区、可变电阻区）。

管号	$U_{GS(th)}/V$	U_S/V	U_G/V	U_D/V	工作状态
T_1	4	-5	1	3	恒流区
T_2	-4	3	3	10	夹断区
T_3	-4	6	0	5	可变电阻区

场效应管的主要参数

1、直流参数

(1) 开启电压 $U_{GS(th)}$

U_{DS} 为固定值能产生漏极电流 I_D 所需的栅-源电压 U_{GS} 的最小值。

增强型MOS管的参数

NMOS管为正，PMOS管为负

(2) 夹断电压 $U_{GS(off)}$

U_{DS} 为固定值使漏极电流近似等于零时所需的栅-源电压。

结型场效应管和耗尽型MOS管的参数

NMOS管为负，PMOS管为正

(3) 饱和漏极电流 I_{DSS}

对于耗尽型MOS管，在 $U_{GS}=0$ 情况下产生预夹断时的漏极电流。

(4) 直流输入电阻 $R_{GS} (DC)$

栅-源电压与栅极电流的比值，其值很高，一般为 10^7 - 10^{10} 左右。

2、交流参数

(1) 低频跨导 g_m

管子工作在恒流区并且 U_{DS} 为常数时, 漏极电流的微变量与引起这个变化的栅-源电压的微变量之比称为低频跨导, 即

$$g_m = \partial i_D / \partial u_{GS} |_{U_{DS} = \text{常数}}$$

g_m 是衡量栅-源电压对漏极电流控制能力的一个重要参数。

(2) 交流输出电阻 r_{ds}

$$r_{ds} = \left. \frac{\partial u_{DS}}{\partial i_D} \right|_{U_{GS}=\text{常数}}$$

r_{ds} 反映了 u_{DS} 对 i_D 的影响，是输出特性

曲线上Q点处切线斜率的倒数。

r_{ds} 在恒流区很大。

3、极限参数

- (1) 最大漏极电流 I_{DM}
- (2) 最大漏源电压 $U_{\text{DS(BR)}}$
- (3) 最大栅源电压 $U_{\text{GS(BR)}}$
- (4) 最大耗散功率 P_{DM}

场效应管与双极型晶体管的比较

场效应管的栅极 g 、源极 s 、漏极 d 分别对应于晶体管的基极 b 、发射极 e 、集电极 c

1) FET是电压控制元件，输入阻抗很高；

BJT 是电流控制元件，输入阻抗较小；

2) FET（单极型）多子参与导电，温度稳定性好，抗辐射能力强，FET噪声系数小；

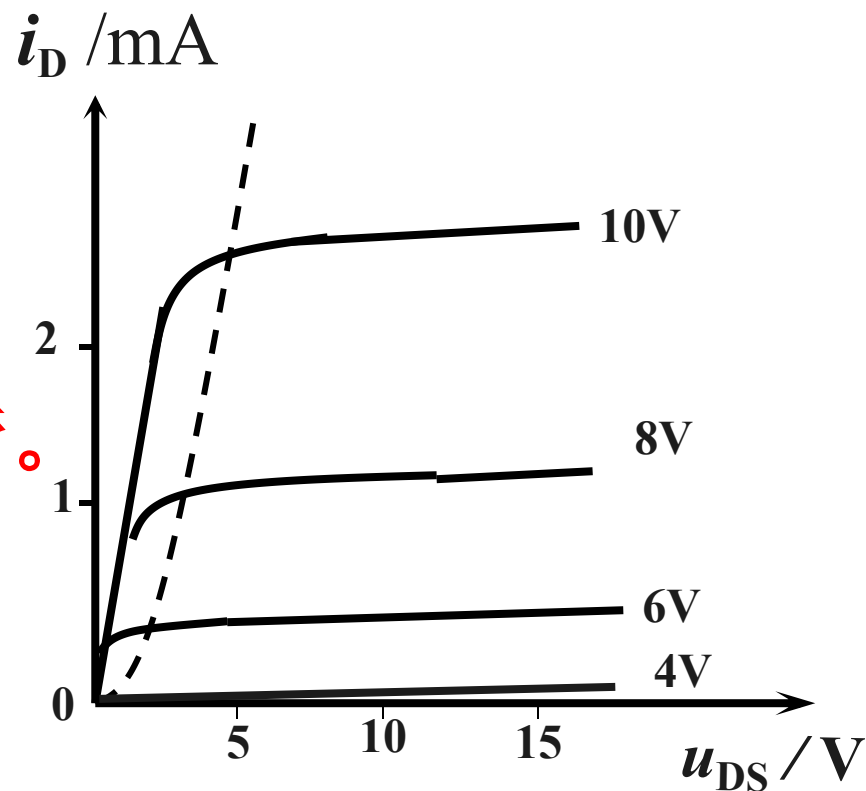
BJT为多子和少子同时参与导电，性能较差；

- 3) FET漏极与源极可以互换使用；BJT的发射极与集电极一般不能互换使用；FET比BJT的种类多，组成电路更灵活；
- 4) FET工艺简单，功耗小，电源范围宽，更多用于大规模和超大规模集成电路；
- 5) MOS管的栅极绝缘，外界感应电荷不易泄放。

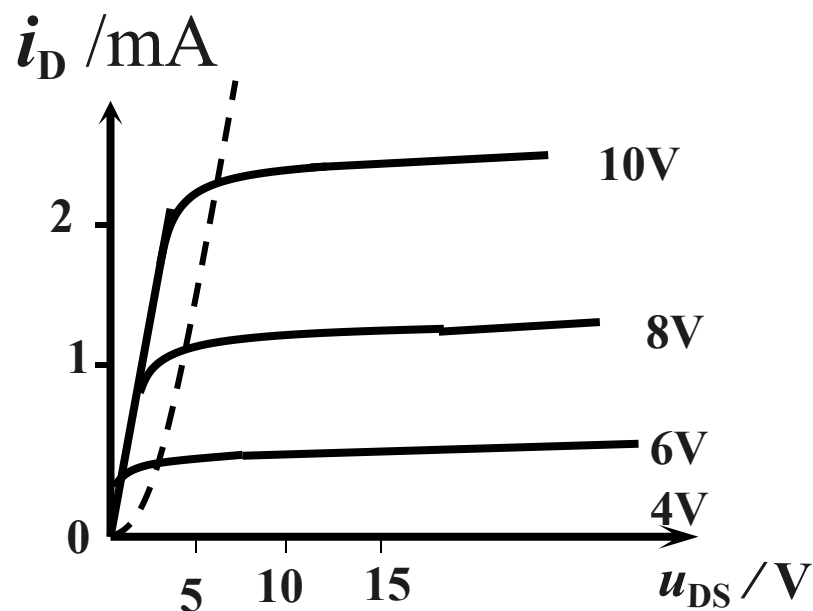
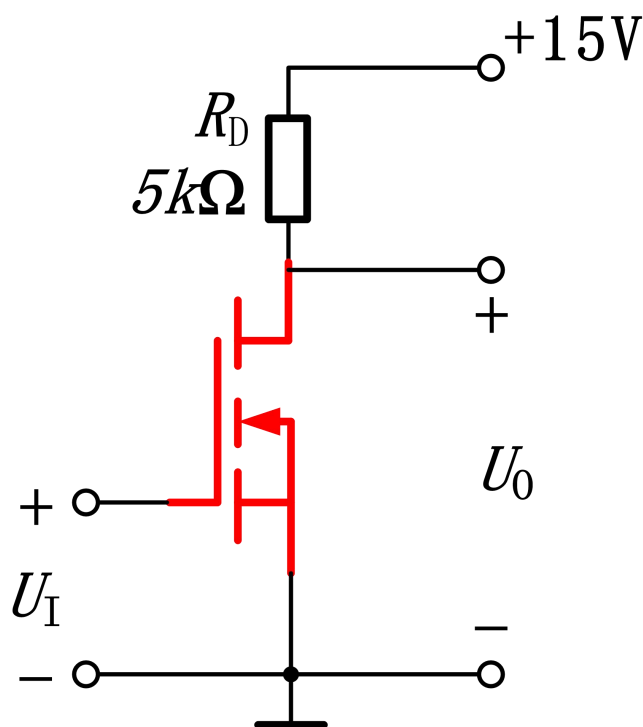
例 已知某管的输出特性曲线如图所示。试分析该管是什么类型的场效应管。

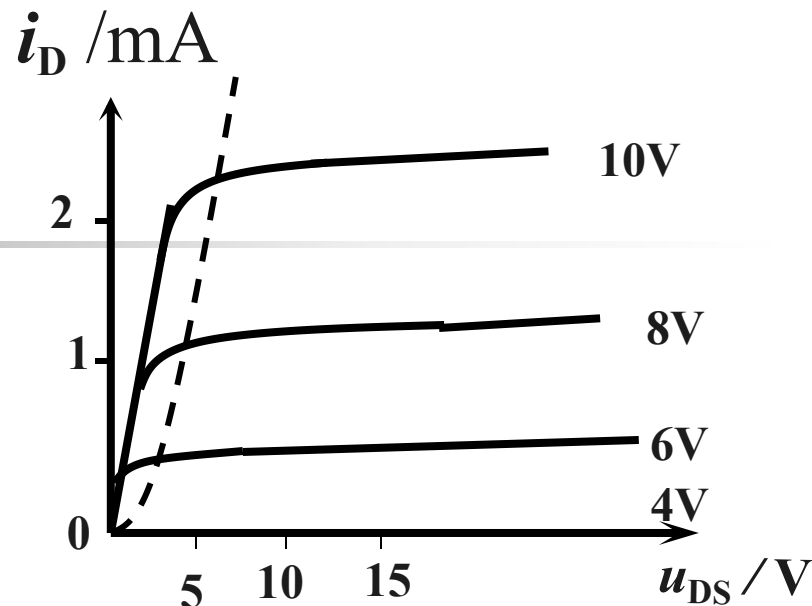
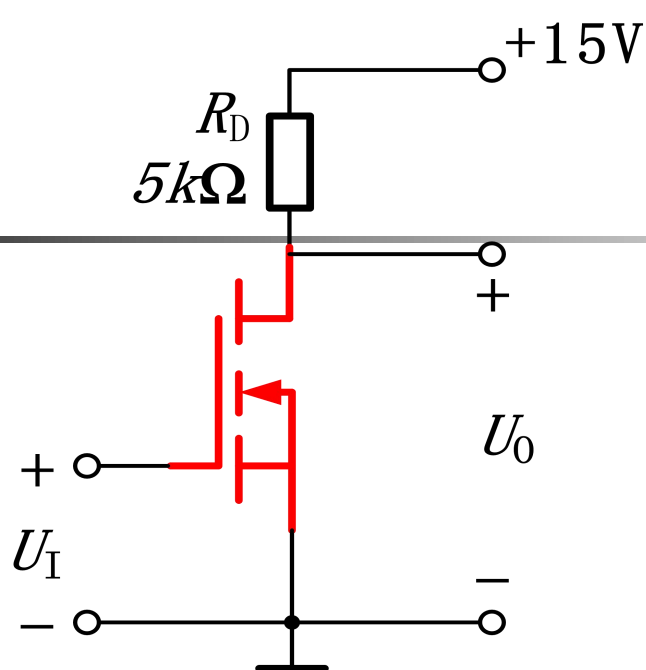
开启电压 $U_{GS(th)} = 4V$

N沟道增强型MOS管。



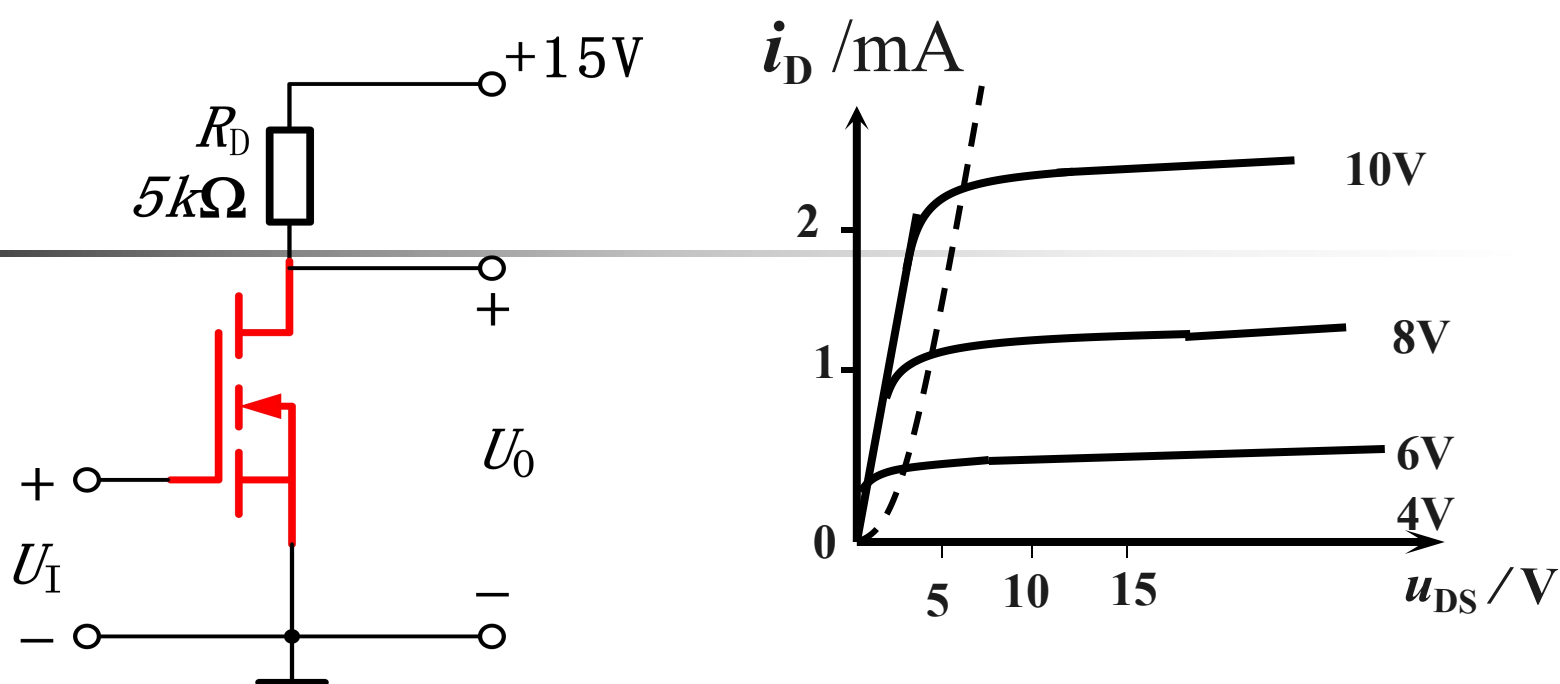
例 电路及管子的输出特性如图所示。试分析 u_I 为0、8V和10V三种情况下 u_O 分别为几伏。





(1) 当 $u_{GS} = u_I = 0$ 时，管子处于夹断状态，因而 $i_D = 0$ ，
 $\therefore u_O = u_{DS} = V_{DD} - i_D R_D = V_{DD} = 15V$

(2) 当 $u_{GS} = u_I = 8V$ 时，管子工作在恒流区的 $i_D = 1mA$ ，
 $\therefore u_O = u_{DS} = V_{DD} - i_D R_D = (15 - 1 \times 5)V = 10V$



(3) 当 $U_{GS}=10V$ 时, 若认为 T 工作在恒流区, 则 i_D 为 2.2mA, $U_O=4V$, 而 $U_{GS}=10V$ 时的产生预夹断电压为 $u_{DS}=6V$ 说明管子工作在可变电阻区。

$$\text{等效电阻 } R_{ds} = u_{DS} / i_D \approx \left(\frac{3}{1 \times 10^{-3}} \right) \Omega = 3k\Omega$$

$$\therefore u_O = \frac{R_{ds}}{R_{ds} + R_D} V_{DD} = \left(\frac{3}{5 + 3} \times 15 \right) V \approx 5.6V$$

3.2 场效应管放大电路

场效应管放大电路的直流偏置及静态分析

场效应管组成的放大电路与双极型晶体管一样，必须建立合适的静态工作点。

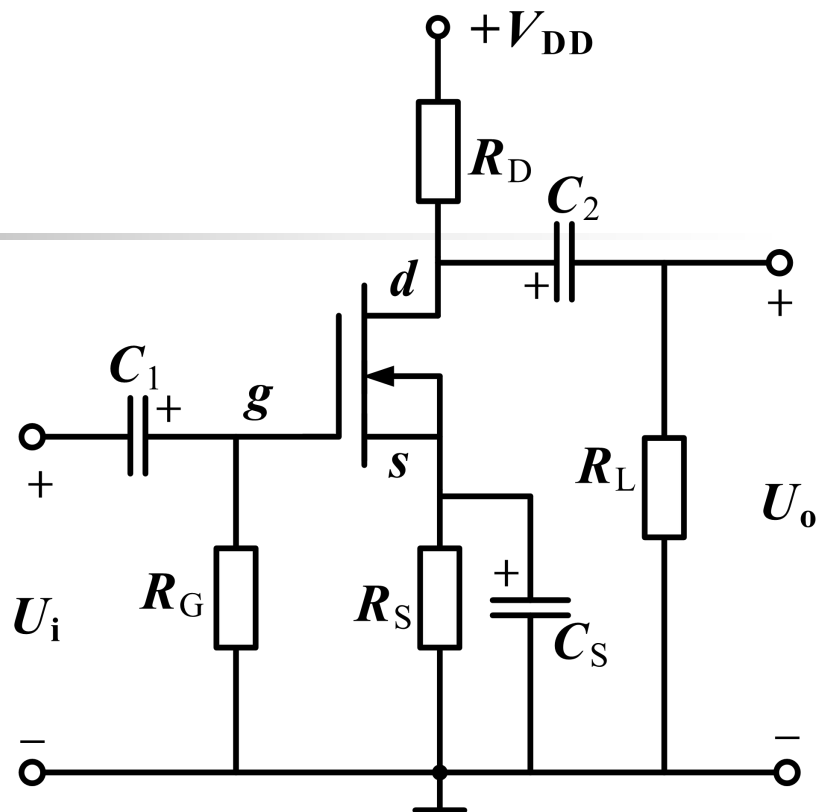
保证场效应管工作在恒流区。

1、自给偏压电路

静态工作点分析

栅极电流为0

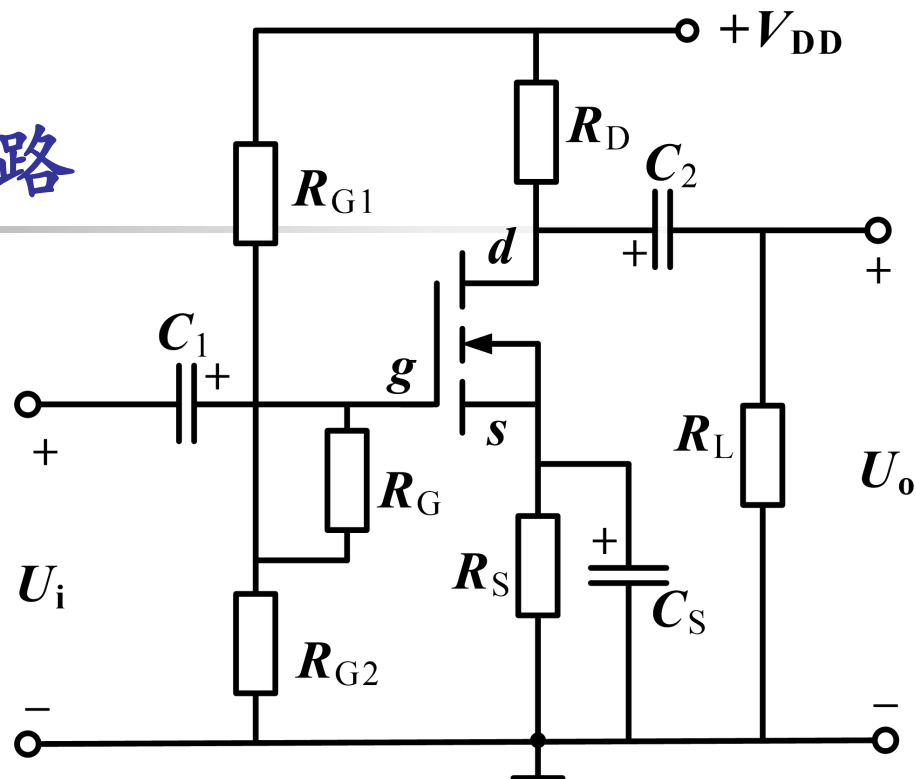
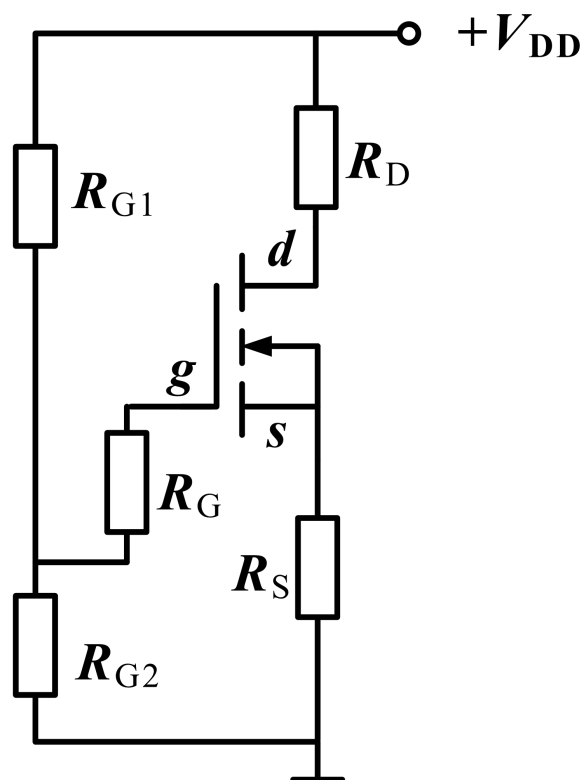
$$\begin{cases} U_{GSQ} = U_{GQ} - U_{SQ} = -I_{DQ}R_s \\ I_{DQ} = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GSQ}}{U_{GS(off)}}\right)^2 \end{cases}$$



此电路只适用于
耗尽型器件

2、分压式偏置电路

静态工作点分析



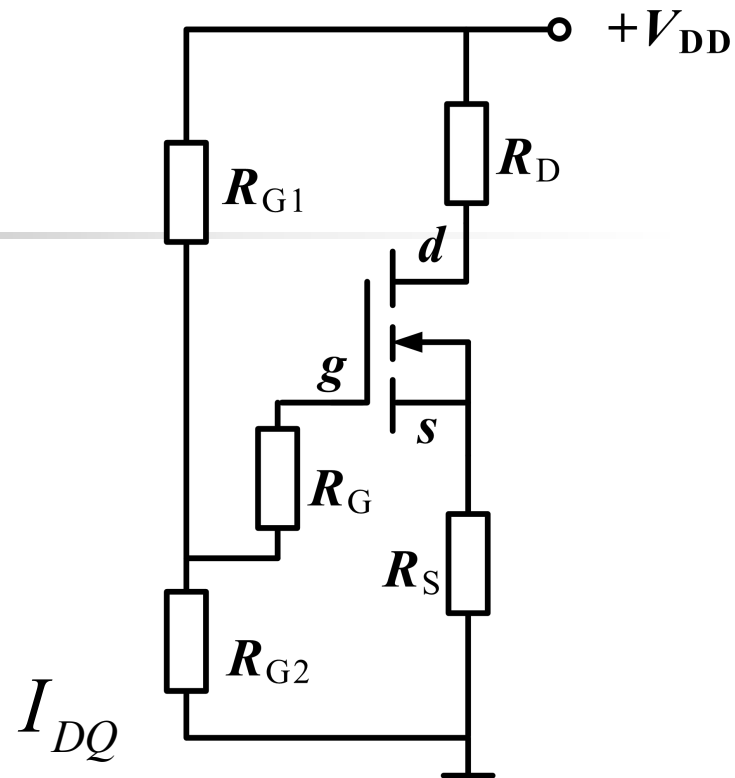
栅极电流为0

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

$$= \frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} V_{DD} - I_{DQ} R_s$$

$$i_D = I_{DO} \left(\frac{U_{GS}}{U_{GS(th)}} - 1 \right)^2$$

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

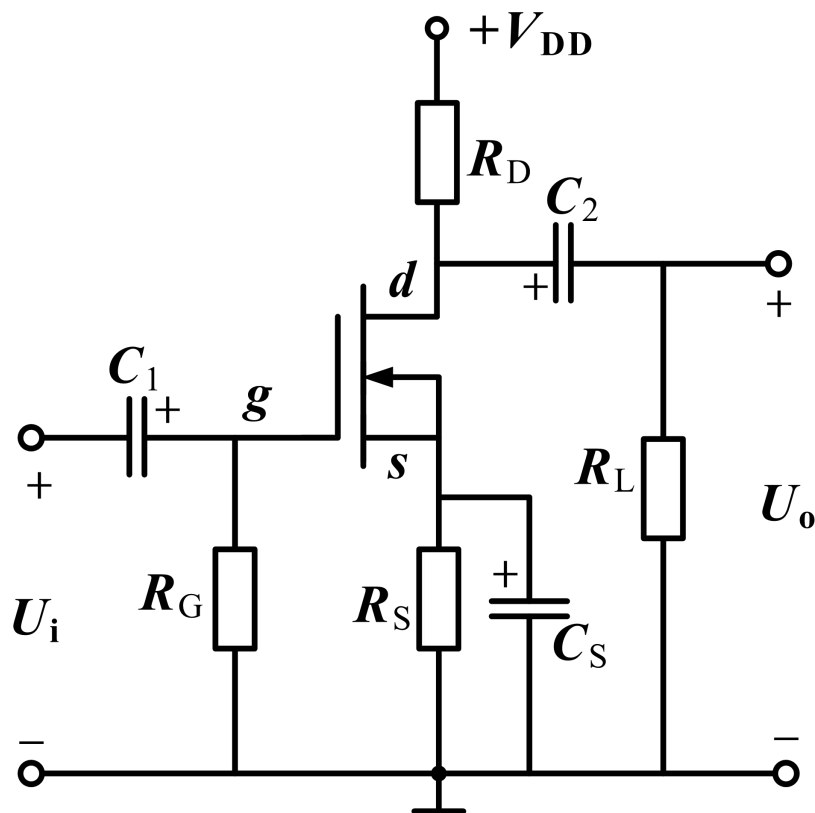


例 自给偏压电路中,已知场效应管的输出特性, $R_G=10\text{M}\Omega$, $R_S=2\text{k}\Omega$, $R_D=18\text{k}\Omega$, $V_{DD}=20\text{V}$, 用图解法确定Q点。

根据输出回路方程

$$u_{DS} + i_D(R_D + R_S) = V_{DD}$$

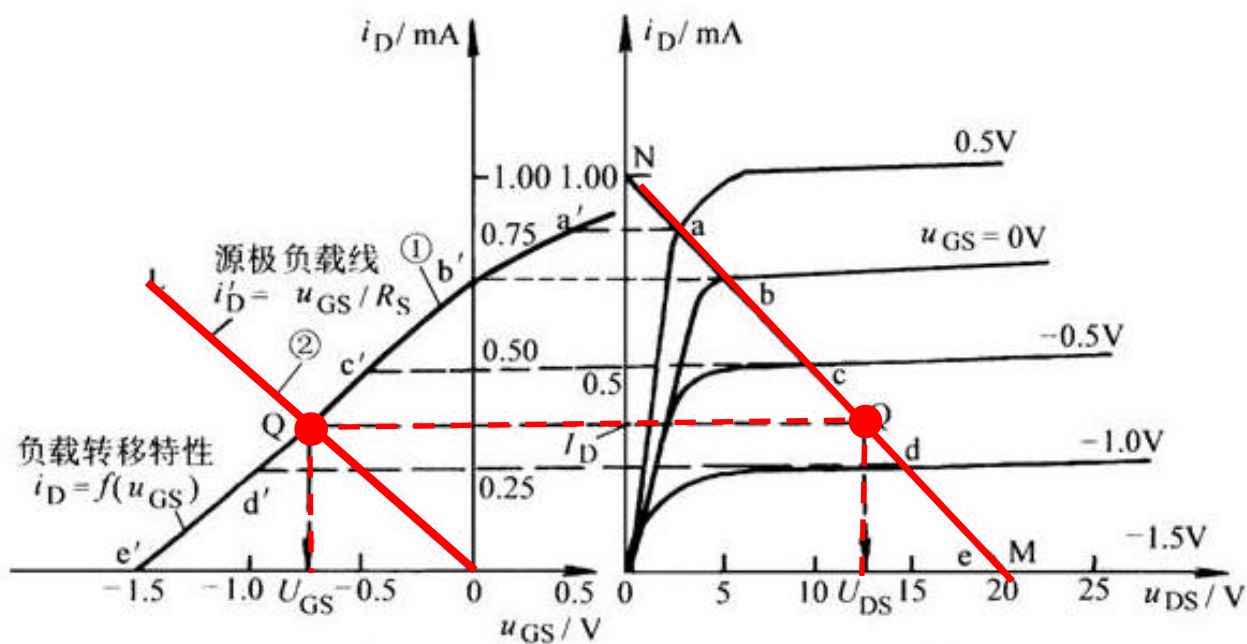
作直流负载线MN



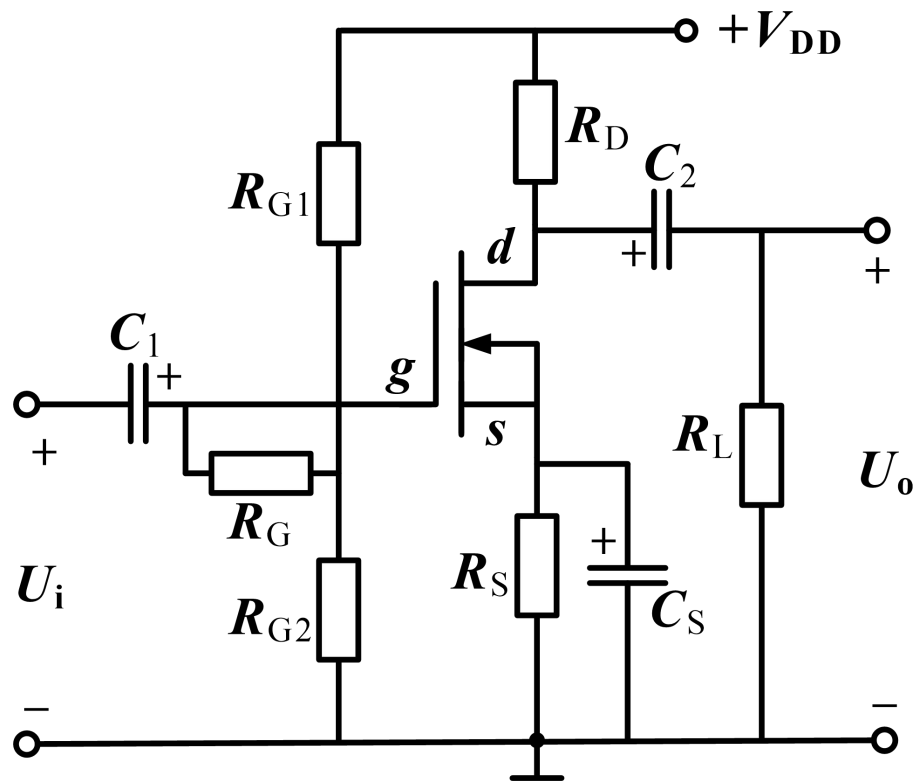
源极负
载线与转
移特性曲
线的交点
为Q点

根据直流负载线与各输出曲线的交点a、b、c、d、e所对应的 i_D 和 u_{GS} 的值作转移特性。

根据输入回路方程 $u_{GS} = -i_D R_S$ 作源极负载线OL



例 图示电路中 $R_{G1}=2\text{M}\Omega$, $R_{G2}=47\text{k}\Omega$,
 $R_G=10\text{M}\Omega$, $R_D=30\text{k}\Omega$, $V_{DD}=18\text{V}$, 场效应
 管 $U_{GS(\text{off})}=-1\text{V}$, $I_{DSS}=0.5\text{mA}$, 求静态工作点。



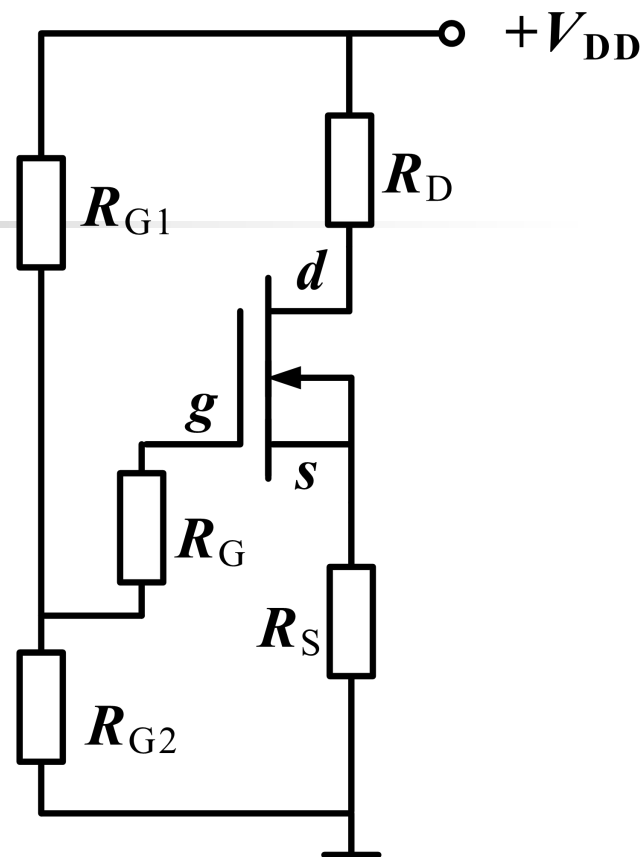
$$I_{DQ} = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GSQ}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 0.5 \left(1 + \frac{U_{GSQ}}{1}\right)^2$$

$$U_{GSQ} = U_{GQ} - U_{SQ} = \frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} V_{DD} - I_{DQ} R_s$$

$$\begin{cases} I_{DQ} = 0.5(1 + U_{GSQ})^2 \\ U_{GSQ} = 0.4 - 2I_{DQ} \end{cases}$$

$$I_{DQ1} = 0.31mA, I_{DQ2} = 1.59mA$$

$$U_{GSQ1} = -0.22V, U_{GSQ2} = -2.78V \quad U_{DS} = 8.1V$$



用微变等效电路法

分析场效应管放大电路的动态参数

1. 场效应管的交流低频小信号模型

$$i_D = f(u_{GS}, u_{DS})$$

求全微分

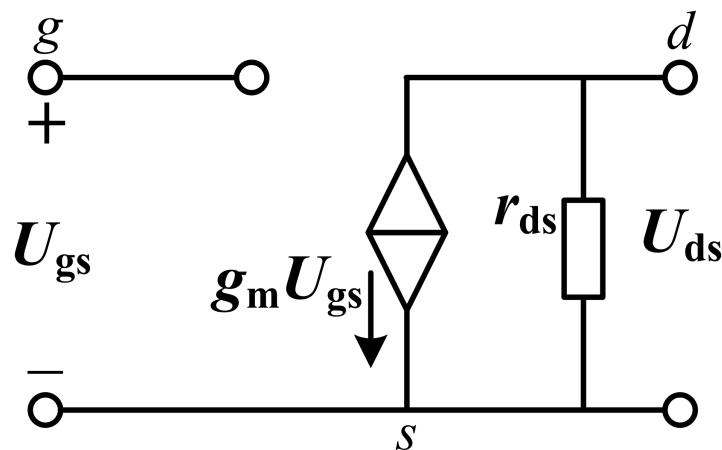
$$di_D = \left. \frac{\partial i_D}{\partial u_{GS}} \right|_{U_{DS}} du_{GS} + \left. \frac{\partial i_D}{\partial u_{DS}} \right|_{U_{GS}} du_{DS}$$

低频小信号模型

令 $\left. \frac{\partial i_D}{\partial u_{GS}} \right|_{U_{DS}} = g_m$

$$\left. \frac{\partial i_D}{\partial u_{DS}} \right|_{U_{GS}} = \frac{1}{r_{ds}}$$

$$I_d = g_m U_{gs} + \frac{1}{r_{ds}} \cdot U_{ds}$$



$r_{ds} \rightarrow \infty$ (或 $r_{ds} \gg R_L'$)

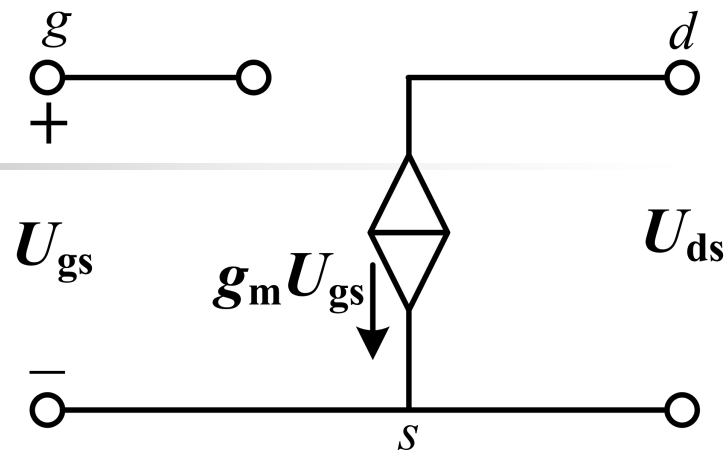
\therefore 简化交流等效模型为

增强型:

$$i_D = I_{DO} \left(\frac{u_{GS}}{u_{GS(th)}} - 1 \right)^2$$

耗尽型 (结型):

$$i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}} \right)^2$$

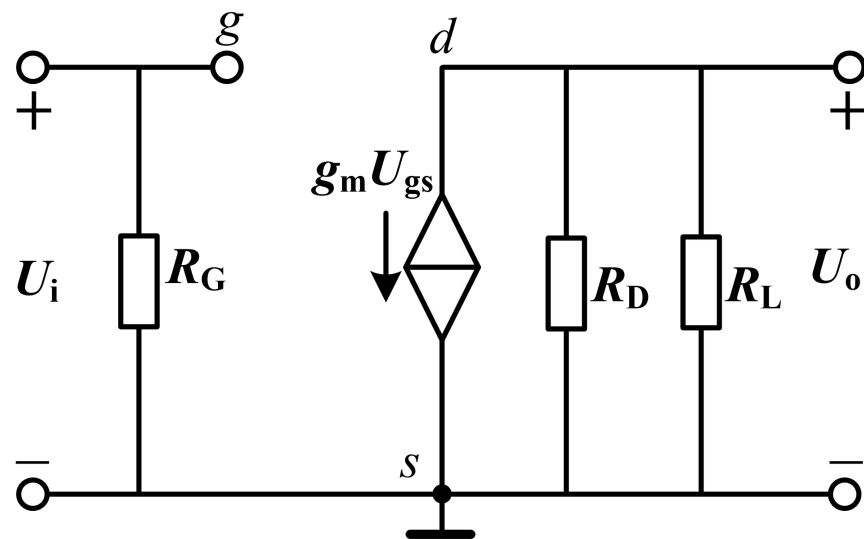
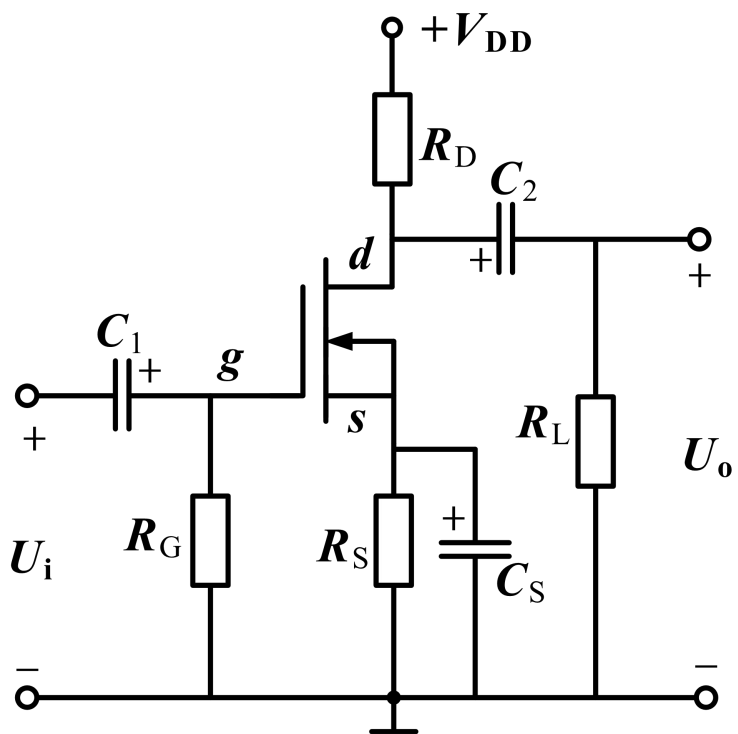


$$g_m = \frac{2}{U_{GS(th)}} \sqrt{I_{DO} I_{DQ}}$$

$$g_m = \frac{-2}{U_{GS(off)}} \sqrt{I_{DSS} I_{DQ}}$$

2. 应用微变等效电路分析法分析场效应管放大电路

(1) 共源放大电路

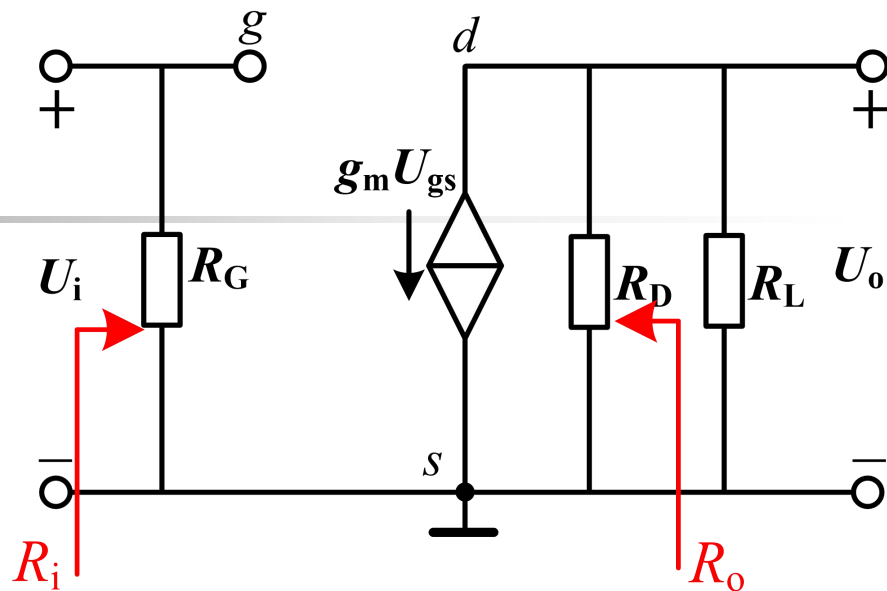


电压增益

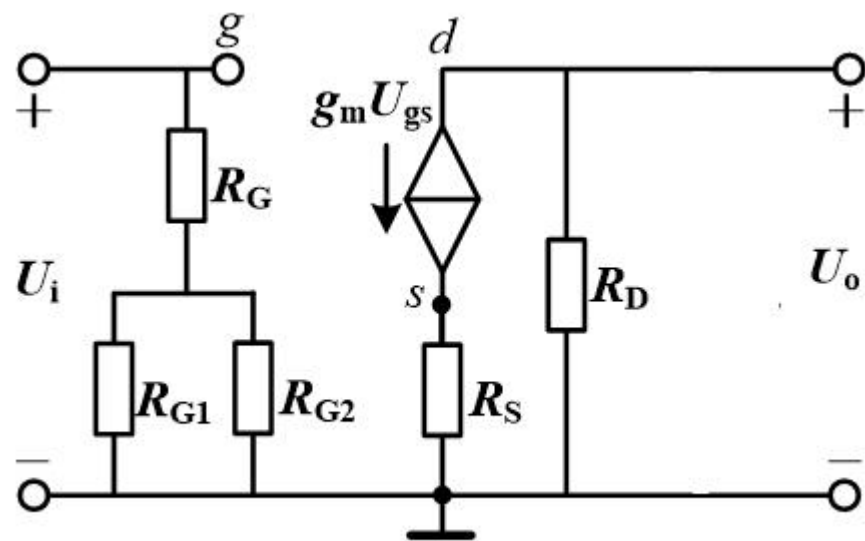
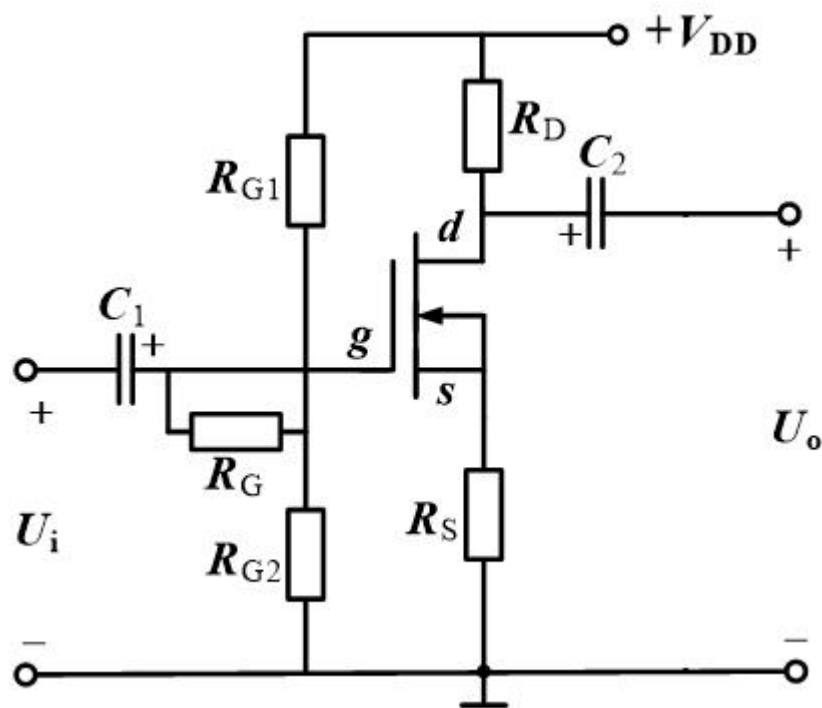
$$A_u = \frac{U_o}{U_i} = \frac{-I_d R'_L}{U_{gs}} = -\frac{g_m U_{gs} R'_L}{U_{gs}} = -g_m R'_L = -g_m (R_D // R_L)$$

输入电阻 $R_i = R_G$

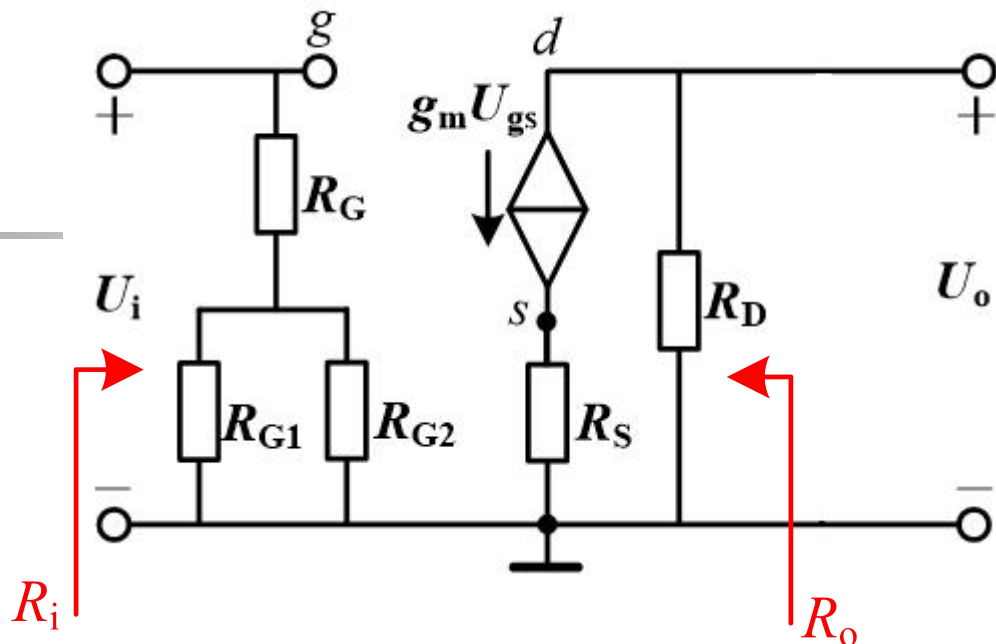
输出电阻 $R_o \approx R_D$



例 图示电路 $R_{G1}=300\text{k}\Omega$, $R_{G2}=100\text{k}\Omega$,
 $R_G=2\text{M}\Omega$, $R_D=10\text{k}\Omega$, $R_s=2\text{k}\Omega$, $g_m=1\text{mS}$,
 计算 A_U 、 R_i 、 R_o



解：



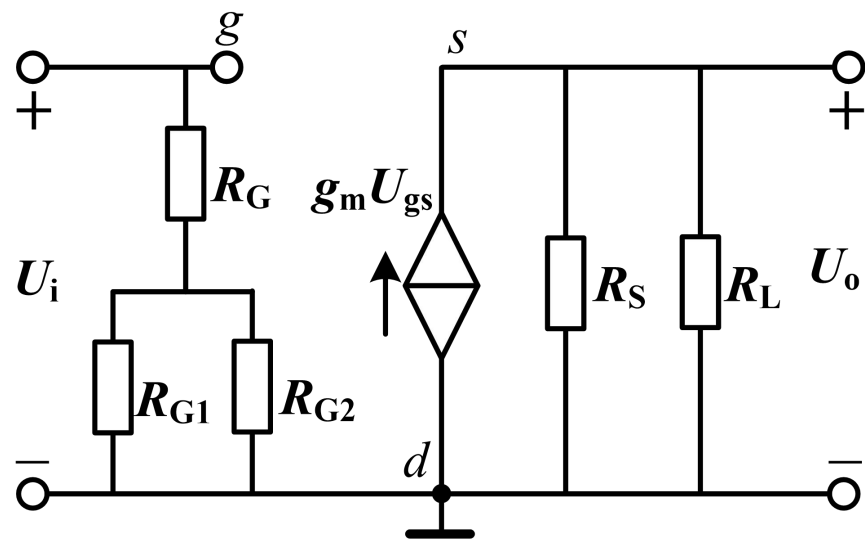
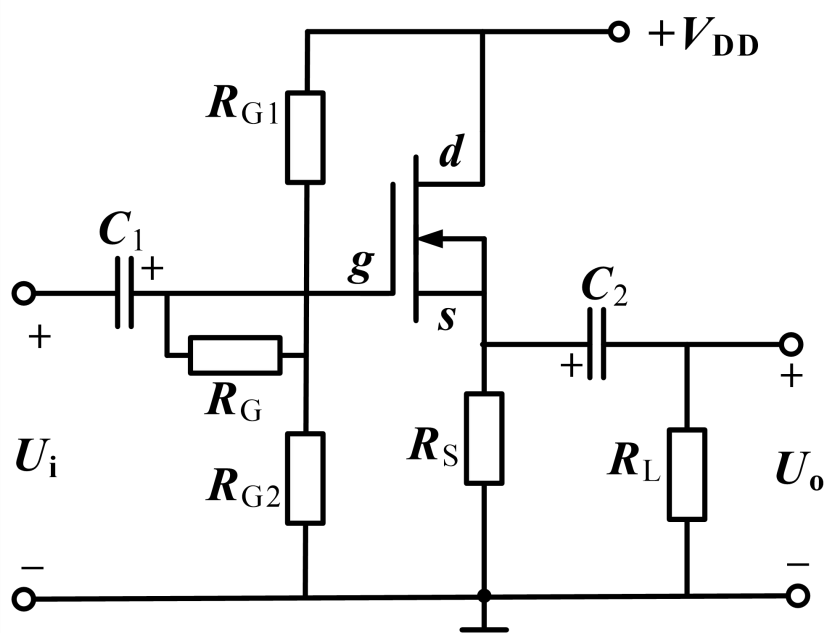
$$A_u = \frac{U_o}{U_i} = \frac{-g_m U_{gs} R_D}{U_{gs} + g_m U_{gs} R_S} = \frac{-g_m R_D}{1 + g_m R_S} = -3.3$$

$$R_i = R_G + R_{G1} // R_{G2} = 2.075 M\Omega$$

$$R_o = R_D = 10 k\Omega$$

共源电路的电压增益比共射电路小，输入电阻大

(2) 共漏放大电路

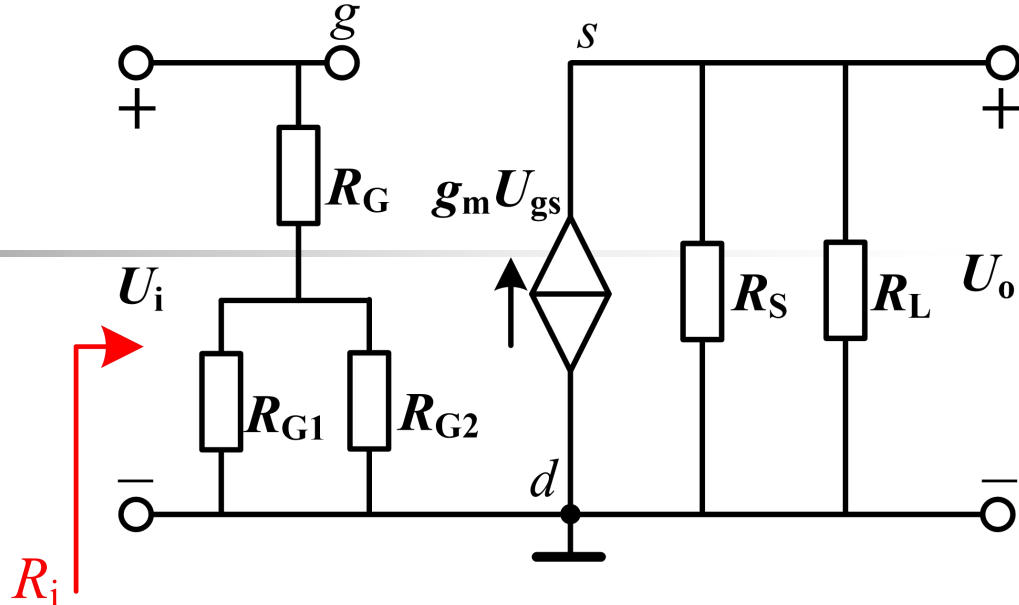


电压增益

$$A_u = \frac{U_o}{U_i} = \frac{g_m U_{gs} R'_L}{U_{gs} + g_m U_{gs} R'_L} = \frac{g_m R'_L}{1 + g_m R'_L} \quad R'_L = R_L // R_S$$

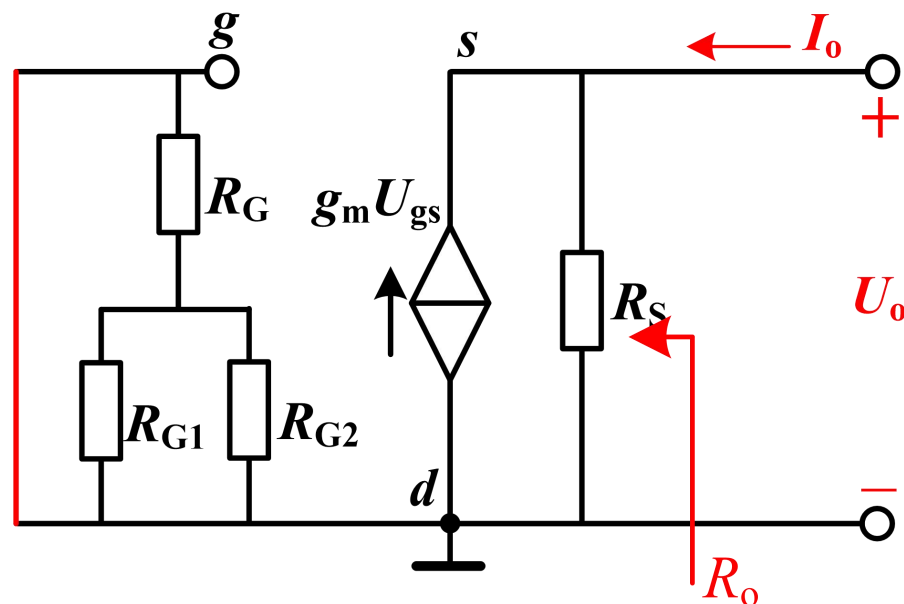
$A_u \leq 1$, 源极跟随器

输入电阻 $R_i = \frac{U_i}{I_i} = R_G + R_{G1} // R_{G2}$



输出电阻 较小

断开负载，
输入信号短路，
输出端加电压，
得到求输出电阻的电路。



$$U_{gs} = -U_o$$

$$I_o = -g_m U_{gs} + \frac{U_o}{R_S} = U_o (g_m + \frac{1}{R_S})$$

$$R_o = \frac{U_o}{I_o} = \frac{1}{g_m + \frac{1}{R_S}} = R_S // \frac{1}{g_m}$$

例 电路如图

$$R_{G1}=91\text{k}\Omega, R_{G2}=10\text{k}\Omega,$$

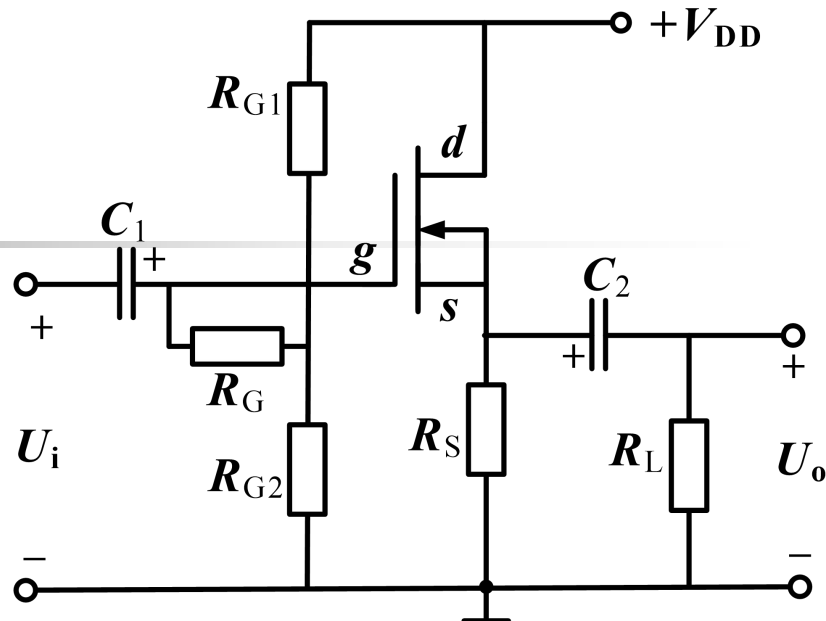
$$R_G=5\text{M}\Omega, R_S=2\text{k}\Omega,$$

$$R_L=2\text{k}\Omega, I_{\text{DSS}}=5\text{mA},$$

$$U_{\text{GS(off)}}=-4\text{V}, V_{\text{DD}}=10\text{V}。$$

求：静态工作点 I_{DQ} 和 U_{GSQ} ；

计算 A_u 、 R_i 和 R_o



解：

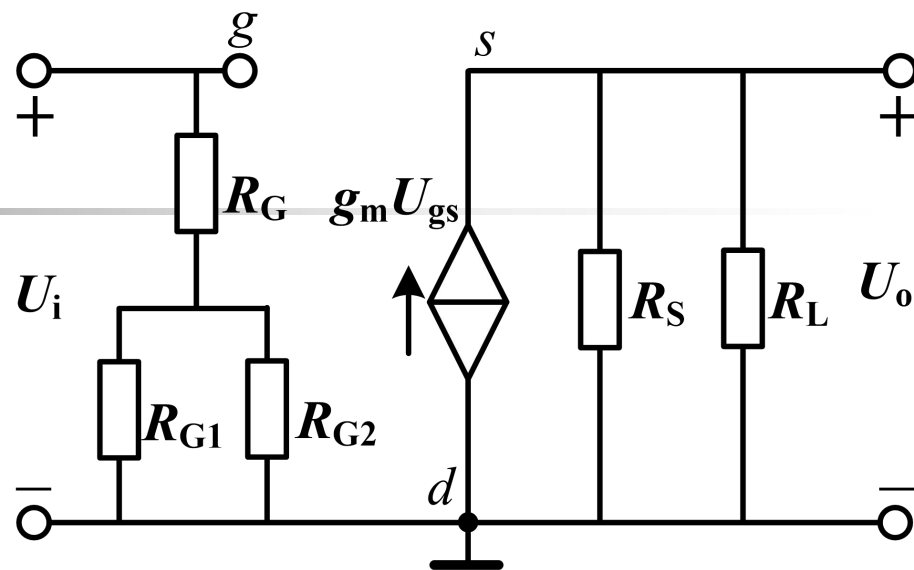
$$I_{DQ} = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GSQ}}{U_{GS(off)}}\right)^2 = 5 \left(1 + \frac{U_{GSQ}}{4}\right)^2$$

$$U_{GSQ} = U_{GQ} - U_{SQ} = \frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} V_{DD} - I_{DQ} R_S = 1 - 2I_{DQ}$$

$$I_{DQ1} = 1.43mA, I_{DQ2} = 4.37mA$$

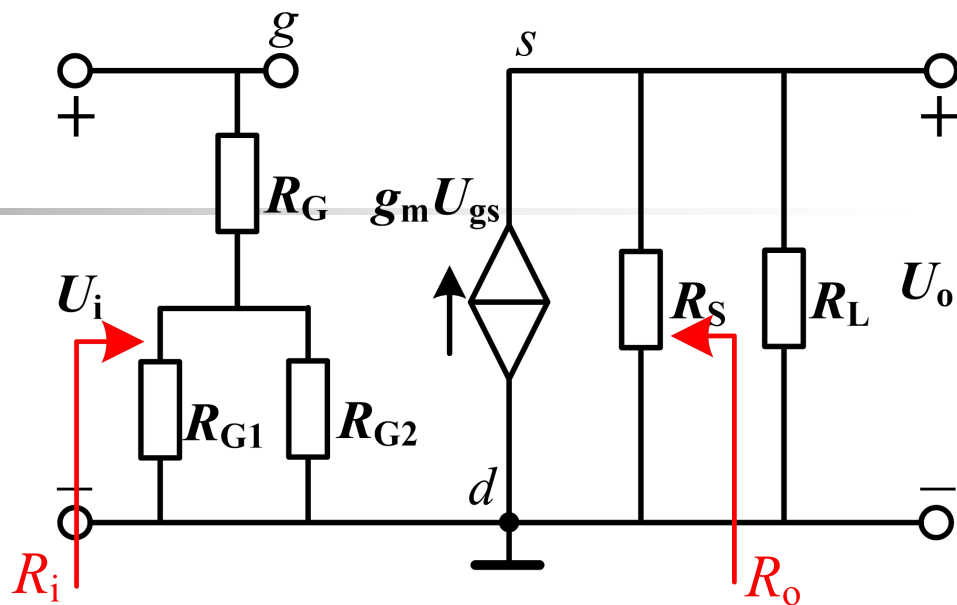
$$U_{GSQ1} = (1 - 2 \times 1.43) = -1.86V$$

$$U_{GSQ2} = (1 - 2 \times 4.37) = -7.74V < U_{GS(off)} \text{ (舍去)}$$



$$g_m = -\frac{2I_{DSS}}{U_{GS(off)}} \left(1 - \frac{U_{GSQ}}{U_{GS(off)}}\right) = 1.34 \text{ mS}$$

$$A_u = \frac{g_m R'_L}{1 + g_m R'_L} = \frac{1.34}{1 + 1.34} \approx 0.57$$



$$R_i = R_G + R_{G1} // R_{G2} \approx 5M\Omega$$

$$R_o = R_S // \frac{1}{g_m} \approx 543\Omega$$

场效应管的三种基本接法:共源、共漏和共栅分别与双极型晶体管的共射、共集和共基对应,相应的输出量与输入量之间的大小和相位关系一致,可以实现反相电压放大、电压跟随、电流跟随的功能。

重点和难点

重点

理解场效应管的工作原理；
掌握场效应管的外特性及主要参数；
掌握场效应管放大电路静态工作点与动态参数 (A_u 、 R_i 、 R_o) 的分析方法。

难点

通过外部电压对导电沟道的控制作用来说明结型场效应管及绝缘栅型场效应管的工作原理。