



中国科学技术大学

University of Science and Technology of China

§ 4.3 直流偏置电路

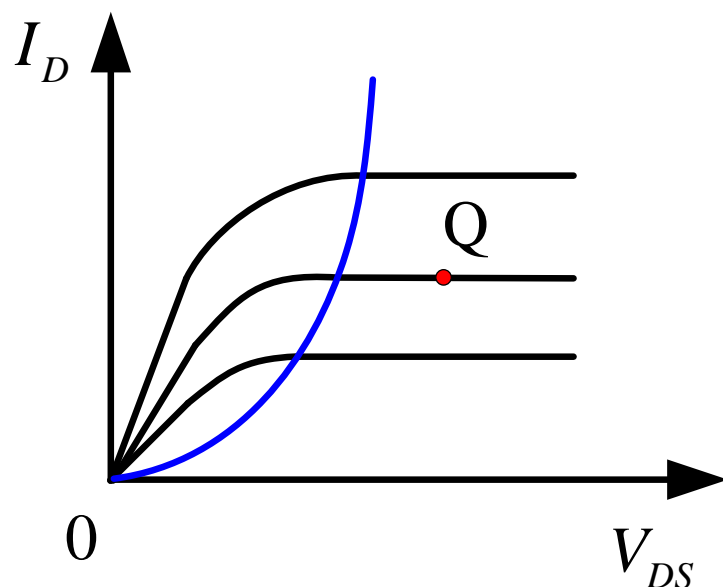
lugh@ustc.edu.cn

2016年10月26日

提纲

- 1. 自偏压电路
- 2. 分压式偏置电路

1. 自偏压电路



■ 直流分析的关键所在

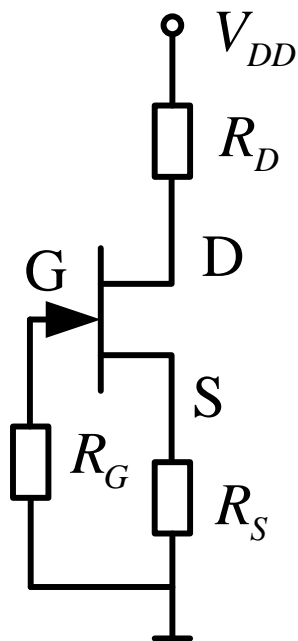
- 与BJT类似，因FET也具有三种工作状态，对FET基本放大电路进行直流分析的关键环节是：确定FET真实工作状态

■ FET线性工作条件

- 若要使FET对交流小信号具有线性放大作用，则必须将FET的直流工作点设置于饱和电流区

1. 自偏压电路

■ 电路结构



$$I_G = 0 \Rightarrow V_{GS} = -I_D R_S$$

1. 自偏压电路

■ 说明

- 栅极电流 I_G 恒为0，栅源之间的负偏置电压 V_{GS} 是由源极电阻 R_S 提供的， R_G 构成自偏压回路

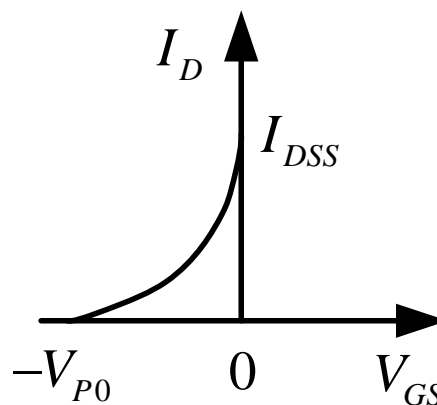
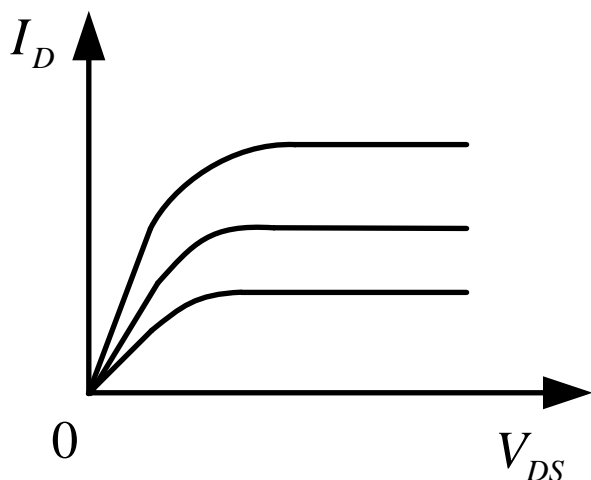
■ 应用

- 自偏压电路只能提供负的栅源控制电压，故只能适用于N-JFET或N-DMOS

(1) 图解法分析

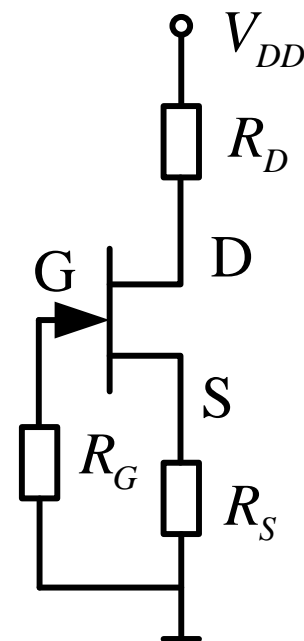
■ 已知条件

□ 某FET的漏极伏安特性曲线及其转移特性曲线



■ 待求参数

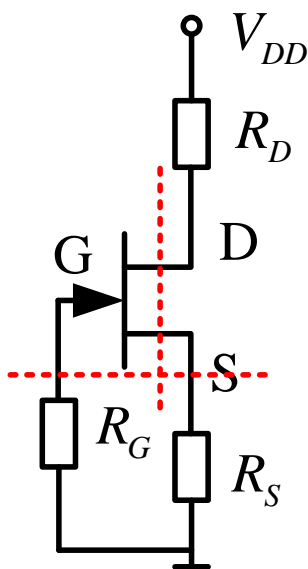
$$V_{GSQ} \quad V_{DSQ} \quad I_{DQ}$$



(1) 图解法分析

■ 第一步

- 将FET从电路中独立出来，分别列出输入端口和输出端口的回路方程，构成直流负载线

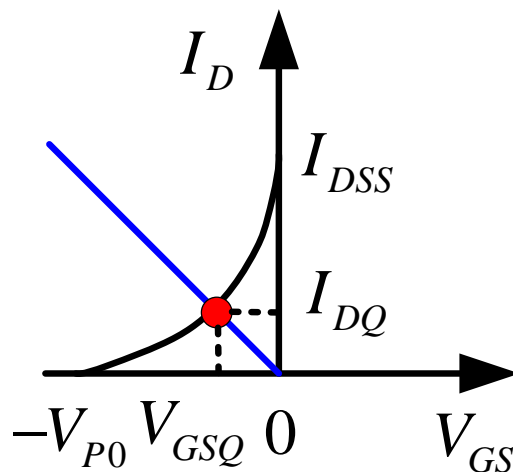


$$\begin{cases} \text{输入端: } V_{GS} = -I_D R_S \\ \text{输出端: } V_{DD} = I_D R_D + V_{DS} + I_D R_S \end{cases}$$

(1) 图解法分析

■ 第二步

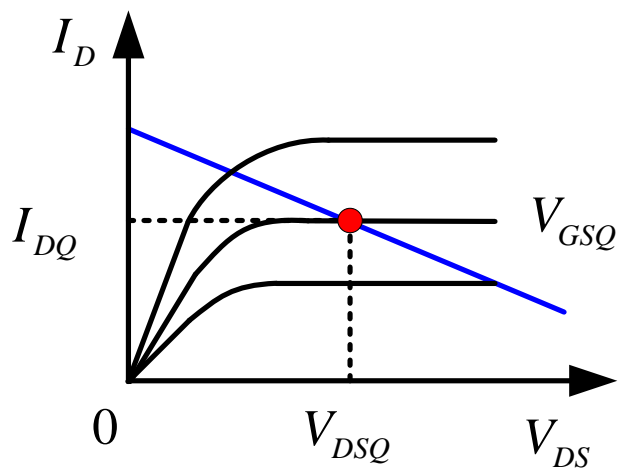
- 在转移特性曲线图中绘制输入端口的直流负载线，确定交点坐标，可得 V_{GSQ} 及 I_{DQ}



(1) 图解法分析

■ 第三步

- 在漏极伏安特性曲线图中绘制输出端口的直流负载线，确定出与 V_{GSQ} 对应曲线的交点坐标，可得 V_{DSQ}



(1) 图解法分析

■ 注意工作状态

- 由于给出的曲线是**FET**处于饱和态的转移特性曲线，因此图解法分析的前提假设是**FET**已经工作于饱和态，否则，必须测得**FET**处于非饱和态的转移特性曲线方可分析

(2) 转移方程法分析

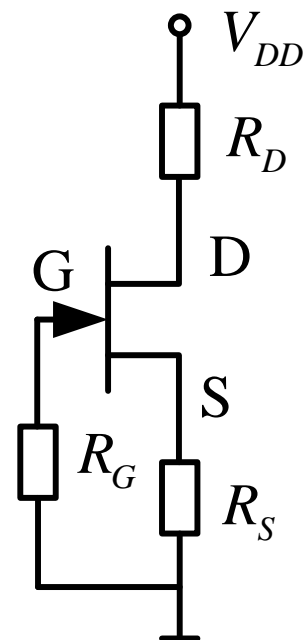
■ 已知条件

□ FET器件参数

$$\text{JFET:} \begin{cases} I_{DSS} \\ V_{P0} \end{cases} \quad \text{EMOS:} \begin{cases} I_{D0} \\ V_T \end{cases} \quad \text{DMOS:} \begin{cases} I_{DS} \\ V_{PG} \end{cases}$$

■ 待求参数

$$V_{GSQ} \quad V_{DSQ} \quad I_{DQ}$$



(2) 转移方程法分析

■ 过程

- 电路中的**FET**工作状态未知
- 必须首先假定**FET**工作状态，再行分析，即采用基于假设的转移特性方程法求解

(2) 转移方程法分析

■ 第一步

- 在FET工作状态未知的情况下，应先假定该管子工作于饱和态，其目的是可使用只有在饱和电流区才成立的二次型转移特性方程

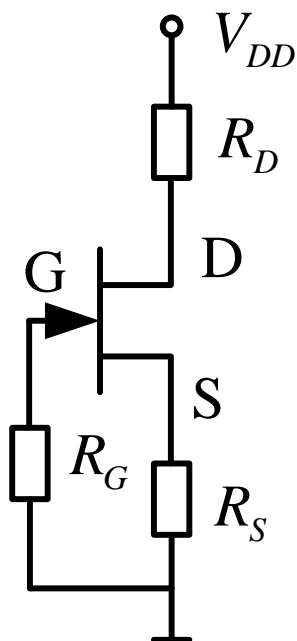
$$JFET : I_D = I_{DSS} \left(1 + \frac{V_{GS}}{V_{P0}} \right)^2 \quad EMOS : I_D = \begin{cases} I_{D0} \left(\frac{V_{GS}}{V_T} - 1 \right)^2 \\ K_n (V_{GS} - V_T)^2 \end{cases}$$

$$DMOS : I_D = \begin{cases} I_{DS} \left(1 + \frac{V_{GS}}{V_{PG}} \right)^2 \\ K_n (V_{GS} + V_{PG})^2 \end{cases}$$

(2) 转移方程法分析

■ 第二步

- 利用二次型转移特性方程与输入、输出端口回路方程联立求解，并依条件进行解的取舍



$$\begin{cases} V_{GS} = -I_D R_S \\ I_D = I_{DSS} \left(1 + \frac{V_{GS}}{V_{P0}}\right)^2 \\ V_{DD} = I_D (R_D + R_S) + V_{DS} \end{cases} \quad (\text{以JFET为例})$$

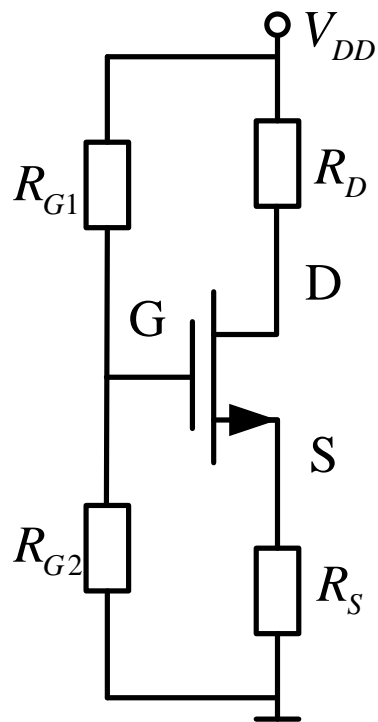
(2) 转移方程法分析

■ 第三步

- 依据所求得的解和饱和状态工作条件，判断饱和状态假设是否成立。若成立，求解结束；若不成立，则应假设该管处于其它工作状态，重新分析

2.分压式偏置电路

■ 电路结构



2.分压式偏置电路

转移方程法分析：

假设FET处于饱和态

$$\begin{cases} V_G = \frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} V_{DD} \Rightarrow V_{GS} = \frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} V_{DD} - I_D R_S \\ I_D = f(V_{GS}) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} V_{GSQ} \\ I_{DQ} \\ \text{判断 } V_{DSQ} \geq V_P \text{ 是否成立} \end{cases}$$

2.分压式偏置电路

■ 解的取舍与假设验证

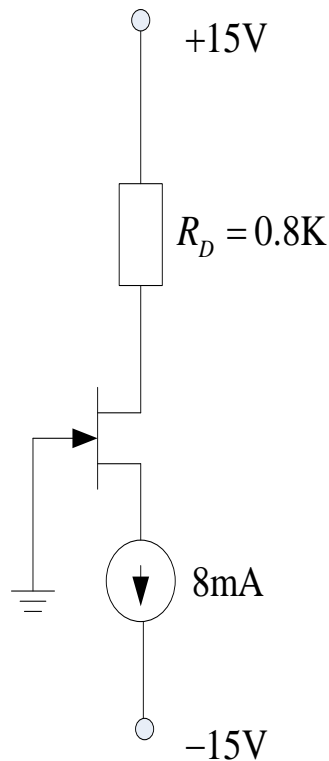
- 应用转移方程法分析电路时，请注意根据**FET**工作条件，在求解过程中进行解的取舍，并检验线性状态假设是否成立

■ 应用

- 因栅极电流 I_G 恒为0，分压式偏置电路可提供精确固定的栅压，通过源极电阻 R_S 的合理配置，可获得可正可负的栅源控制电压 V_{GS} ，因而该偏置结构适用于各种**FET**

■ 例：FET直流偏置电路分析

已知 $N-JFET$ 夹断电压 $V_{P0} = 3.5V$ ， $I_{DSS} = 18mA$ ，
求 V_{GS} 及 V_{DS} 。





解：

假设JFET工作于饱和区，则由

$$I_D = I_{DSS} \left(1 + \frac{V_{GS}}{V_{P0}} \right)^2 = 8 \Rightarrow V_{GS} = \begin{cases} -\frac{7}{6} \\ -\frac{35}{6} < -V_{P0} (\text{舍}) \end{cases}$$

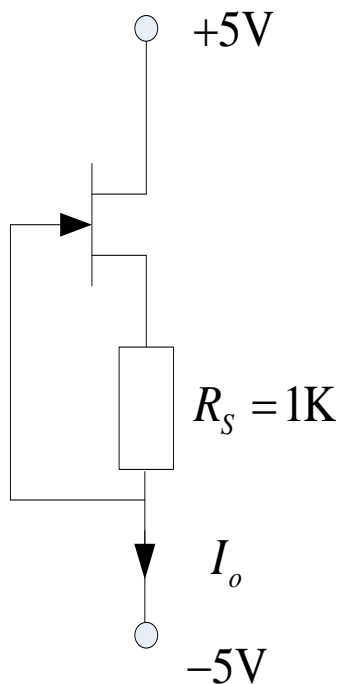
$$\Rightarrow V_{DS} = 15 - I_D R_D - V_S$$

$$= 15 - I_D R_D + V_{GS} = 7.43V > V_P = V_{GS} + V_{P0}, \text{ 假设成立。}$$

例

■ 例：FET直流偏置电路分析

已知 $JFET$ 的 $I_{DSS} = 2\text{mA}$, $V_{p0} = 3.5\text{V}$, 求 I_o .



解：

假设JFET工作于饱和区，则由

$$\begin{cases} I_D = I_{DSS} \left(1 + \frac{V_{GS}}{V_{P0}} \right)^2 \\ V_{GS} = -I_D \cdot 1 \end{cases} \Rightarrow I_D = \begin{cases} 12.1\text{mA} > I_{DSS} \text{ (舍)} \\ 1.01\text{mA} \end{cases}$$

$$\Rightarrow I_o = I_D = 1.01\text{mA}$$

$$V_{DS} = 5 - I_D \cdot 1 + 5 = 8.99\text{V} > V_{GS} + V_{P0}, \text{ 假设成立。}$$