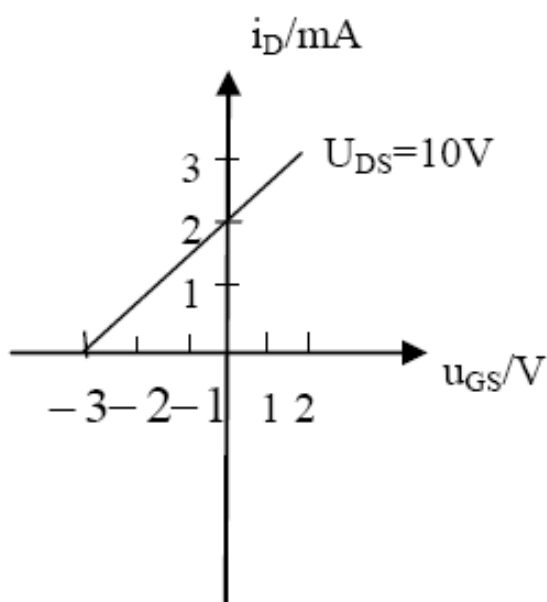
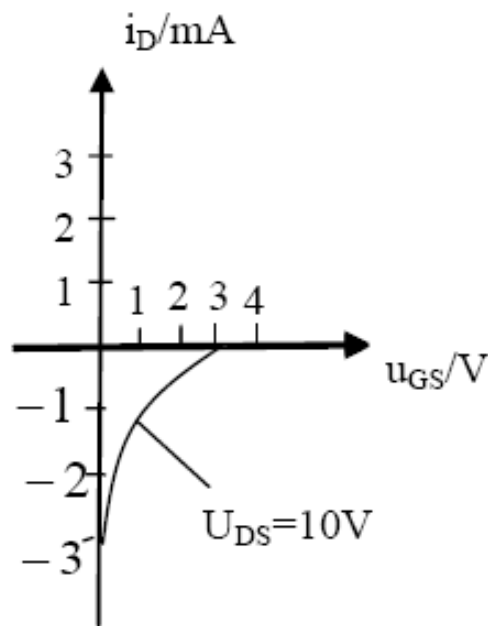


# 第二章 习题课

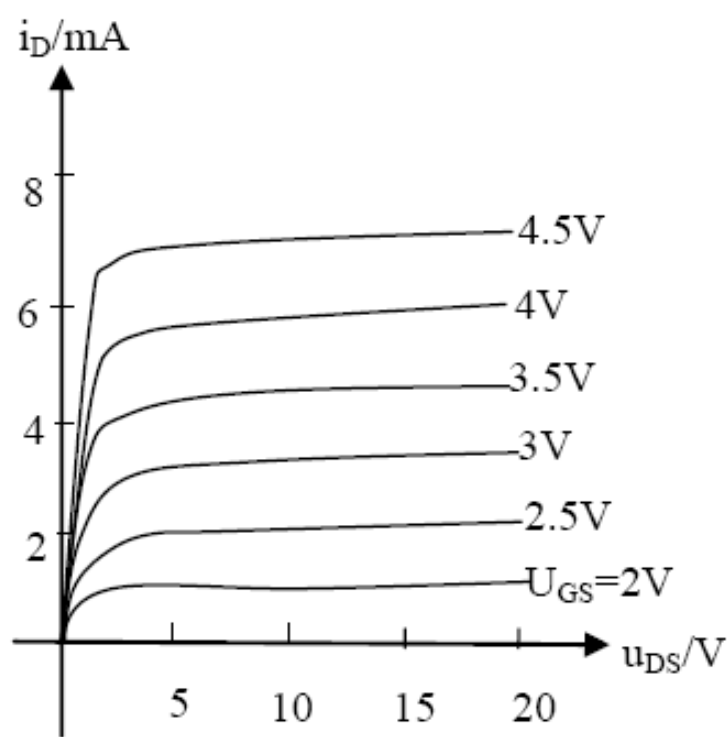
**2.1** 已知场效应管的输出特性或转移如题图3.1所示。试判别其类型，并说明各管子在  $|U_{DS}| = 10V$  时的饱和漏电流  $I_{DSS}$ 、夹断电压  $U_{GSoff}$ （或开启电压  $U_{GSth}$ ）各为多少。



(a)



(b)

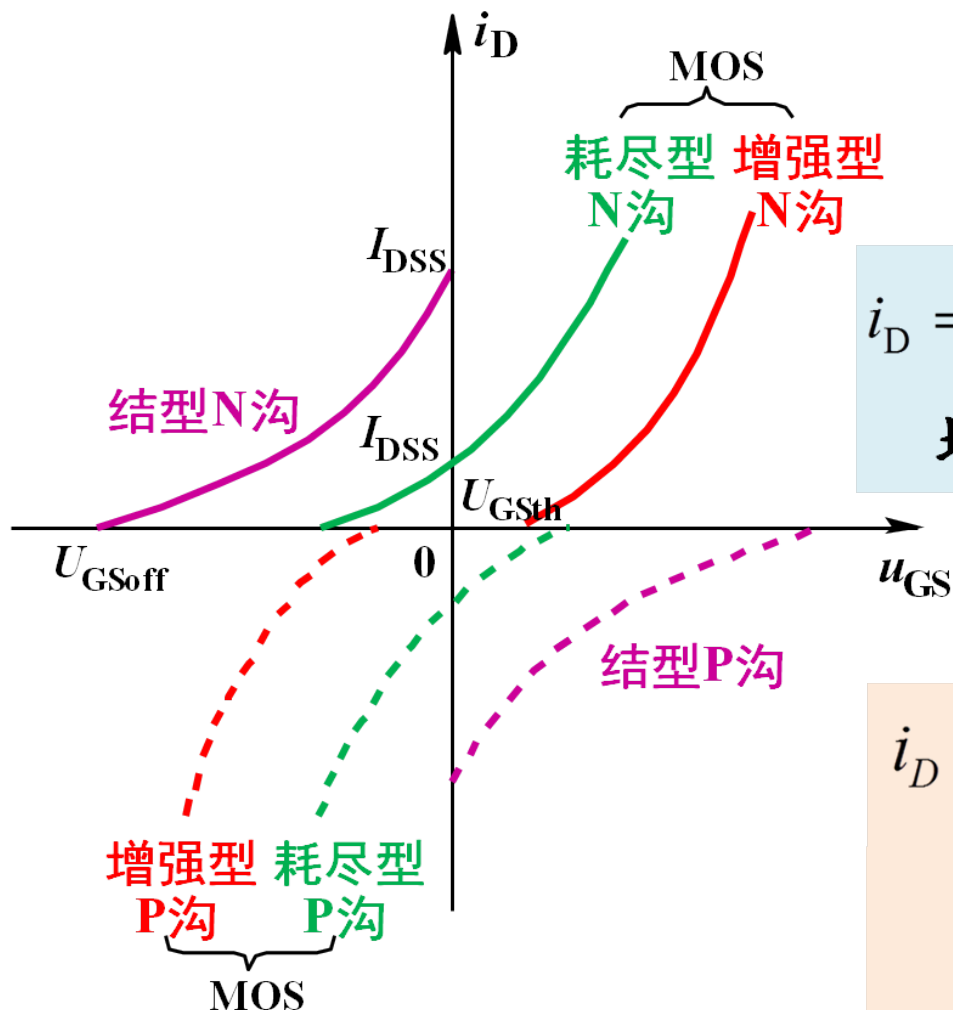


(c)

题图 3.1

# 各种场效应管的转移特性曲线

N沟道:  $i_D \geq 0$



$$i_D = k \frac{W}{L} (u_{GS} - U_{GSth})^2$$

**增强型MOSFET**

P沟道:  $i_D \leq 0$

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

**JFET**  
**耗尽型MOSFET**

# 输出特性曲线

$i_D$

N沟道:  $i_D \geq 0$

MOS -N沟

结型  
N沟

耗尽型

增强型

$U_{GS}/V$

0

3

9

-1

2

8

-2

1

7

-3

0

6

-4

-1

5

-5

-2

4

-6

-3

3

0

$u_{DS}$

-3

3

6

-4

2

5

-5

1

4

-6

0

3

-7

-1

2

-8

-2

1

-9

-3

0

$U_{GS}/V$

增强型

耗尽型

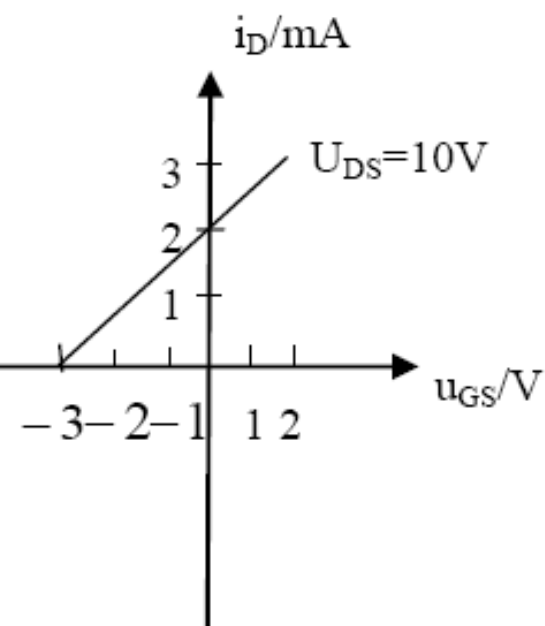
结型

P沟

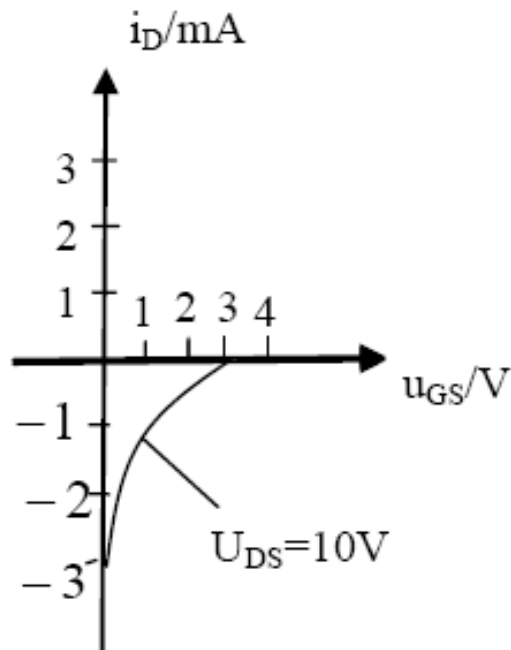
MOS -P沟

P沟道:  $i_D \leq 0$

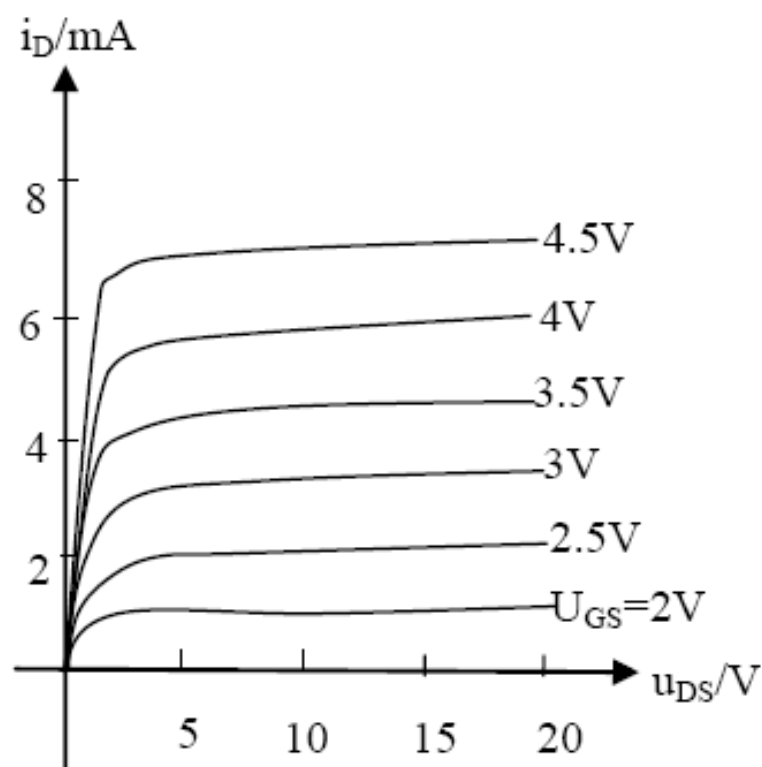
解：



(a)



(b)



(c)

题图 3.1

N 沟耗尽型 MOSFET

$$I_{DSS} = 2\text{mA}, U_{GS\text{off}} = -3\text{V}$$

P 沟结型 FET

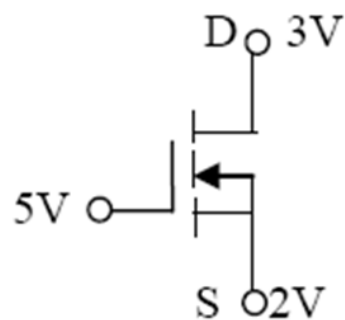
$$I_{DSS} = -3\text{mA}, U_{GS\text{off}} = 3\text{V}$$

N 沟增强型 MOSFET

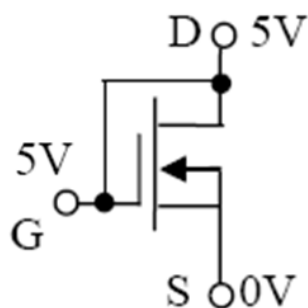
$$I_{DSS} \text{ 无意义}, U_{GS(th)} = 1.5\text{V}$$

3.3 已知各 FET 各极电压如题图 3.3 所示, 并设各管的  $|U_{GSth}| = 2V$ 。试分别判别其工作状态 (可变电阻区, 恒流区, 截止区或不能正常工作)。

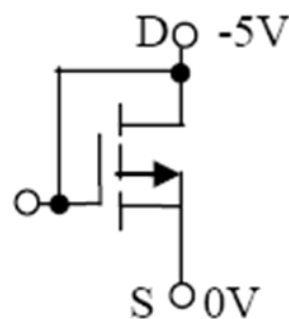
$$|U_{GSoff}| = 2V$$



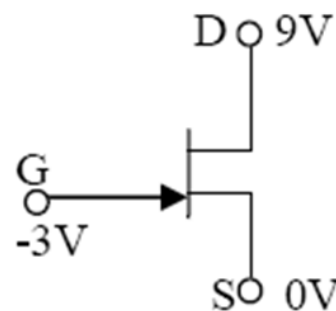
(a)



(b)



(c)

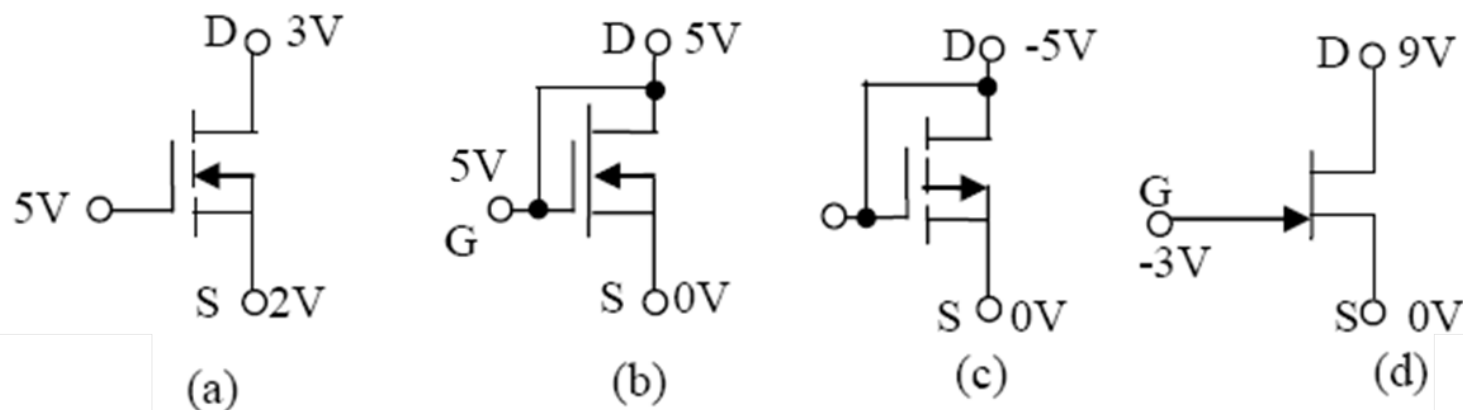


(d)

	截止区	可变电阻区	恒流区
<b>P-FET</b>	$u_{GS} > u_{GSoff}(u_{GSth})$	$u_{GS} < u_{GSoff}(u_{GSth})$ $u_{GD} < u_{GSoff}(u_{GSth})$	$u_{GS} < u_{GSoff}(u_{GSth})$ $u_{GD} > u_{GSoff}(u_{GSth})$
<b>N-FET</b>	$u_{GS} < u_{GSoff}(u_{GSth})$	$u_{GS} > u_{GSoff}(u_{GSth})$ $u_{GD} > u_{GSoff}(u_{GSth})$	$u_{GS} > u_{GSoff}(u_{GSth})$ $u_{GD} < u_{GSoff}(u_{GSth})$

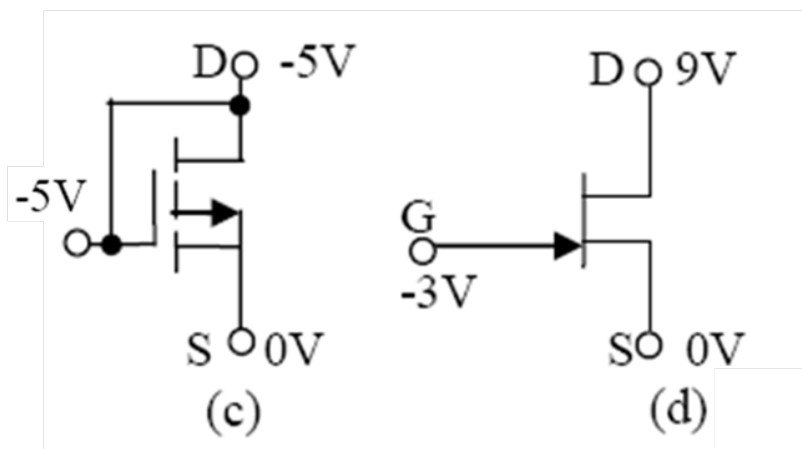
3.3 已知各 FET 各极电压如题图 3.3 所示, 并设各管的  $|U_{GSth}| = 2V$ 。试分别判别其工作状态 (可变电阻区, 恒流区, 截止区或不能正常工作)。

$$|U_{GSoff}| = 2V$$



**解:** (a) N 沟增强型 MOSFET, 因为  $U_{GS} = 3V > U_{GS(th)} = 2V$ , 所以靠近源极的导电沟道已经形成, 又因为  $U_{GD} = 2V = U_{GS(th)} = 2V$  所以靠近漏极的沟道刚好被预夹断, 所以此 FET 处于恒流区。

(b) N 沟耗尽型 MOSFET, 因为  $u_{GS} = 5V > U_{GSoff} = -2V$ , 所以靠近源极的原来就存在的沟道未被夹断, 又因为  $u_{GD} = 0V > U_{GSoff} = -2V$ , 所以靠近漏极的沟道未被预夹断, 所以此 FET 处于可变电阻区。



$$|U_{GSth}| = 2V$$

$$|U_{GSoff}| = 2V$$

(c) P 沟增强型 MOSFET，因为  $u_{GS} = -5V < U_{GSth} = -2V$ ，

$u_{GD} = 0V > U_{GSth} = -2V$ ，所以此FET处于恒流区。

(d) N 沟 JFET，因为  $u_{GS} = -3V < U_{GSoff} = -2V$ ，所以此FET处于截止区。



## 2.5 解: (a) N沟道JFET

G极到B点的电位差为:

$$U_{GQ} - U_B = U_{GSQ} + I_{DQ}R_S,$$

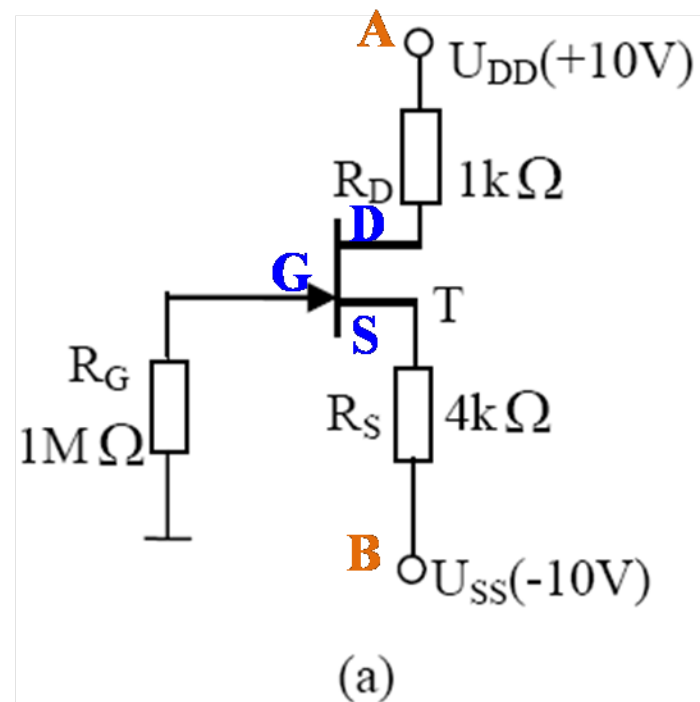
$$\text{即 } 0 - U_{SS} = U_{GSQ} + I_{DQ}R_S$$

$$\begin{cases} U_{GSQ} = -I_{DQ}R_S - U_{SS} \\ I_{DQ} = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GSQ}}{U_{GSoff}}\right)^2 \end{cases}$$

解得:  $U_{GSQ} = -1.25\text{V}$ ,  $I_{DQ} \approx 2.8\text{mA}$

$$U_{DSQ} = U_A - U_B - I_{DQ}(R_D + R_S)$$

$$= U_{DD} - U_{SS} - I_{DQ}(R_D + R_S) \approx 5.93\text{V}$$

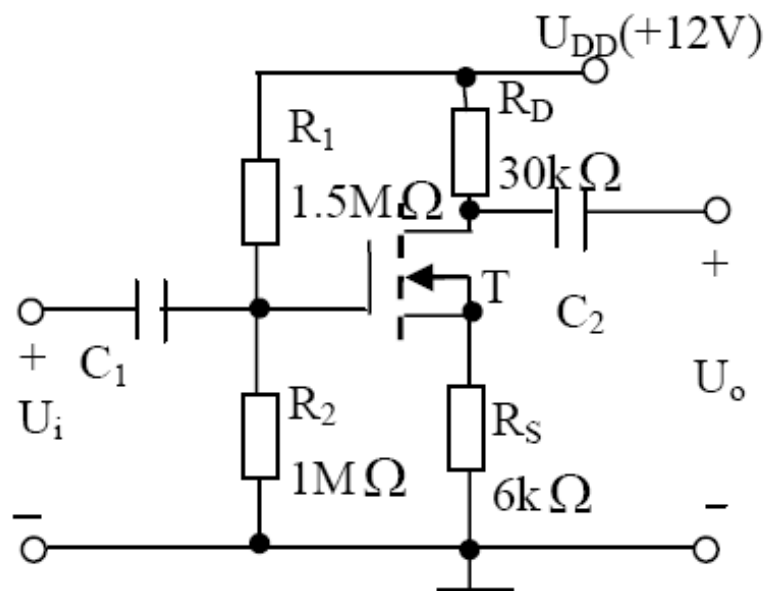


## (b) N沟道EMOSFET

$$\begin{cases} U_{GSQ} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{DD} - I_{DQ} R_S \\ I_{DQ} = k \frac{W}{L} (U_{GSQ} - U_{GSth})^2 \end{cases}$$

解得：  $U_{GSQ} \approx 3.8V$ ,  $I_{DQ} \approx 0.167mA$

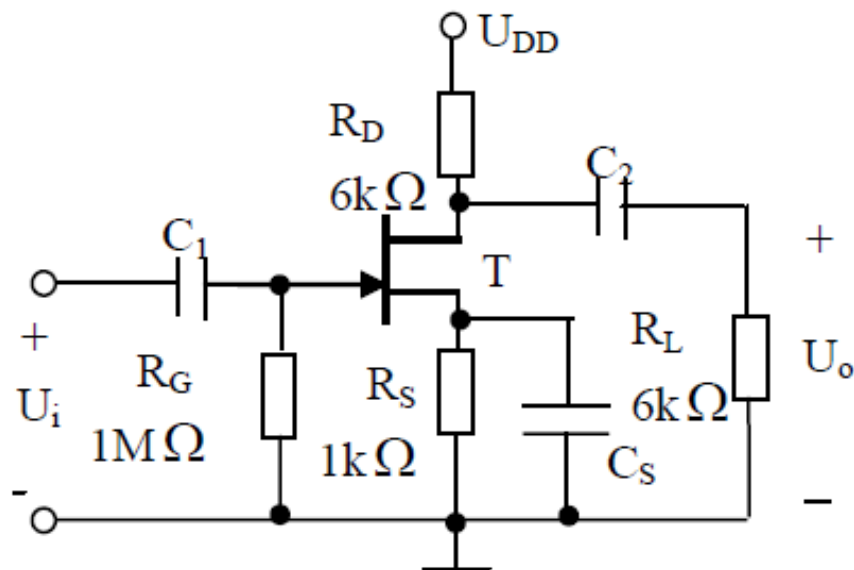
$$U_{DSQ} = U_{DD} - I_{DQ} (R_S + R_D) = 5.97V$$



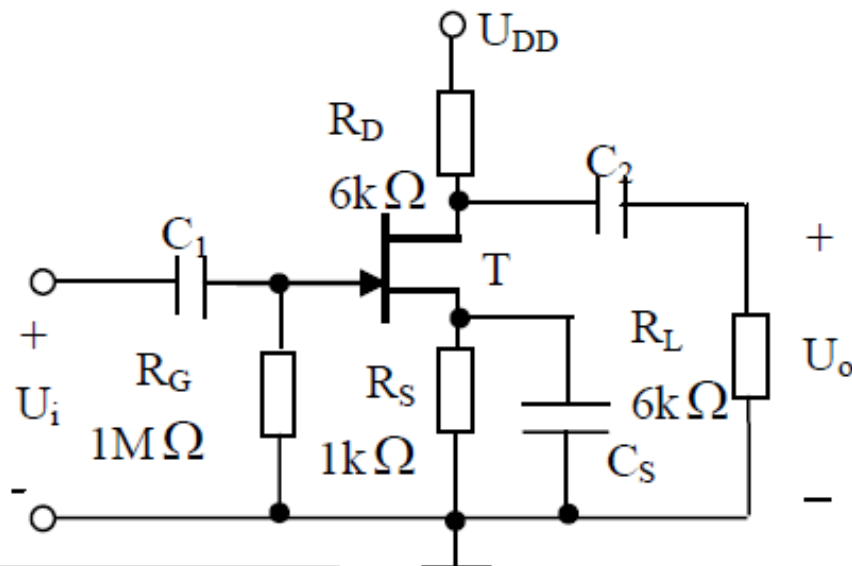
(b)

## 2.10

已知  $|U_{GS(off)}| = 2\text{ V}$ ,  $I_{DSS} = 2\text{ mA}$ ,  $g_m = 1.2\text{ ms}$ ,  $|U_A| = 80\text{ V}$



- (1) 试求该电路的静态漏极电流  $I_{DQ}$  和栅源电压  $U_{GSQ}$ 。
- (2) 为保证 JFET 工作在恒流区，试问电源电压  $U_{DD}$  应取何值？
- (3) 画出低频小信号等效电路。
- (4) 试求器件的  $r_{ds}$  值，电路的  $A_u$ 、 $R_i$  和  $R_o$ 。



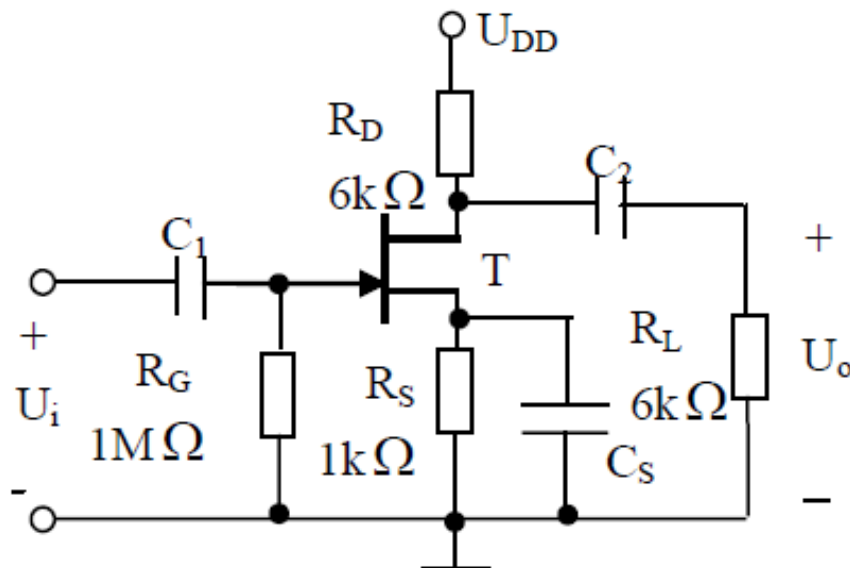
(1) T 为 N 沟 JFET, 所以  $V_{GS(off)} = -2\text{V}$ , 故可列出

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

联立解上述方程, 可得

$$\begin{cases} I_{DQ} = 0.764\text{mA} \\ I_{DQ} = 5.23\text{mA} (\text{不合题意而舍去}) \end{cases} \quad u_{GSQ} = -I_{DQ} R_S = -0.764\text{V}$$

( N 沟 JFET,  $I_{DSS} = 2\text{mA}$  )



(2) 为保证 JFET 工作在恒流区, 则应满足

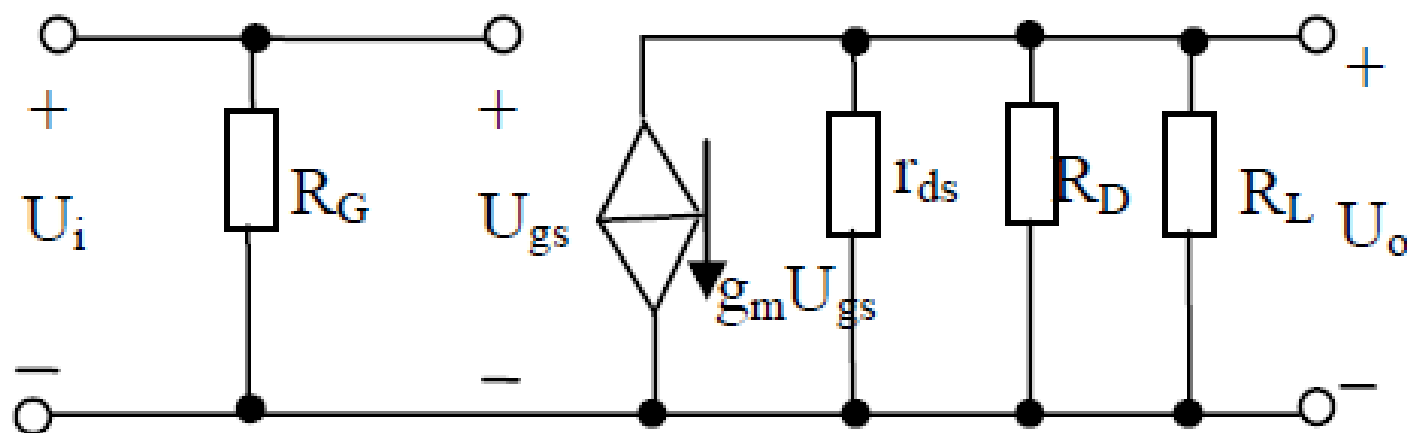
$$\begin{cases} u_{GSQ} = -0.764V > U_{GSoff} = -2V \\ u_{GDQ} < U_{GSoff} \end{cases}$$

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

$$u_{GDQ} = u_{GSQ} - u_{DSQ} = -I_{DQ}R_S - (U_{DD} - I_{DQ}(R_S + R_D)) < U_{GSoff} = -2V$$

所以  $U_{DD} > 1.23 + 0.764 \times 7 = 6.6 \text{ (V)}$

(3) 低频小信号等效电路如图



$$(4) \quad r_{ds} = \frac{80}{0.764} \approx 105k\Omega$$

$$A_u = -g_m \cdot R_D \parallel R_L \parallel r_{ds} = -1.236 \times 6 \parallel 6 \parallel 105 \approx -3.7$$

$$R_i = R_G = 1M\Omega$$

$$R_o = R_D \parallel r_{ds} = 6 \parallel 105k\Omega \approx 6k\Omega$$

### 2.12

与p44页例2.5.1相同