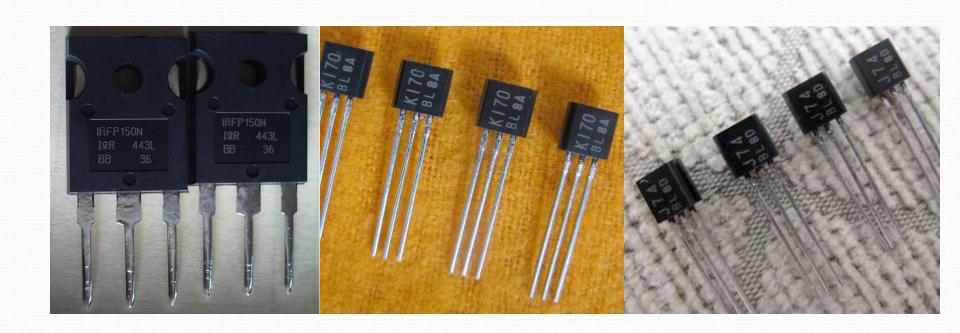
# TRANSISTOR TRUÒNG

(Field Effect Transistor - FET)



# NỘI DUNG

- ❖ CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN CỰC CHO FET
  - Nguồn cố định
  - Tự phân cực
  - Phân áp
  - Hồi tiếp điện áp
- ❖ SƠ ĐỒ TƯƠNG ĐƯƠNG TRONG CHẾ ĐỘ TÍN HIỆU NHỎ, TẦN SỐ THẤP.

## 1. CÁC KHÁI NIỆM: Với mạch phân cực mắc S chung:

- ightharpoonup Điểm làm việc tĩnh Q ( $I_{DQ}$ ,  $V_{GSQ}$ ,  $V_{DSQ}$ )
- Dường tải tĩnh:

$$I_D = a.V_{DS} + b$$

Dường phân cực:

$$I_D = c \cdot V_{GS} + d$$

- ❖ Q là giao điểm của:
  - Dường tải tĩnh với đặc tuyến ra
  - Đường phân cực với đặc tuyến truyền đạt

#### 2. CÁC PHƯƠNG TRÌNH

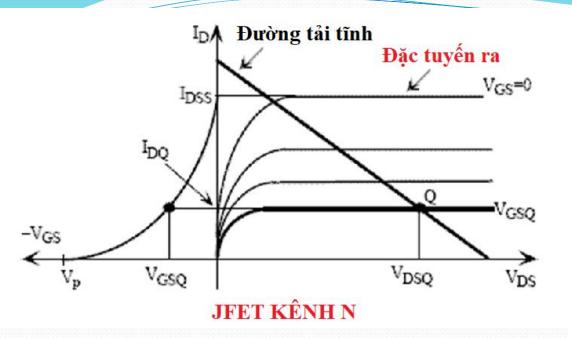
- 1.  $I_G = 0, I_D = I_S$
- 2. Phương trình truyền đạt của JFET và MOSFET liên tục:

$$I_{D} = I_{DSS} \left( 1 - \frac{V_{GS}}{V_{p}} \right)^{2} \quad (1a)$$

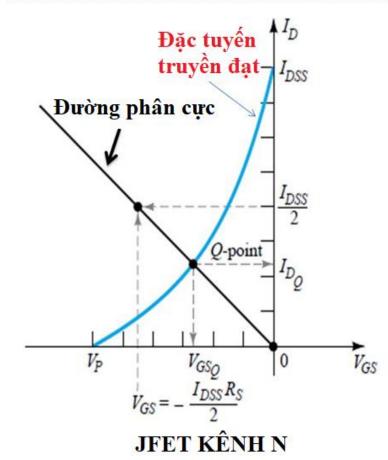
3. Phương trình truyền đạt của MOSFET gián đoạn:

$$I_{D} = k \left( V_{GS} - V_{GS(Th)} \right)^{2} \quad (1b)$$

$$k = \frac{I_{D(on)}}{\left(V_{GS(on)} - V_{GS(Th)}\right)^{2}} \left(A / V^{2}; mA / V^{2}\right)$$
(1c)



Đặc tuyến, đồ thị và điểm làm việc Q



## 3. NHIỆM VỤ PHÂN TÍCH MỘT CHIỀU

- 1. Tính các thông số của điểm làm việc tĩnh Q
- 2. Tính điện áp trên/giữa các cực của FET
- 3. Viết phương trình và vẽ đồ thị đường tải tĩnh
- 4. Viết phương trình và vẽ đồ thị đường phân cực
- 5. Biểu diễn điểm Q lên các đồ thị.

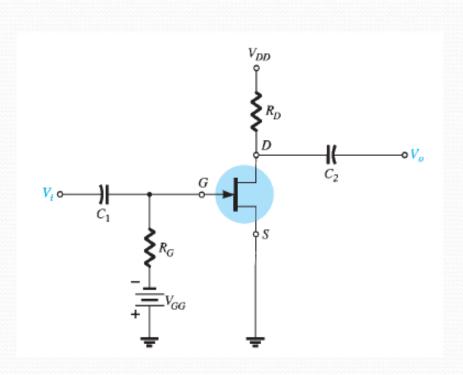
#### CÁC BƯỚC TÍNH TOÁN CƠ BẢN

#### Tìm điểm làm việc tĩnh Q

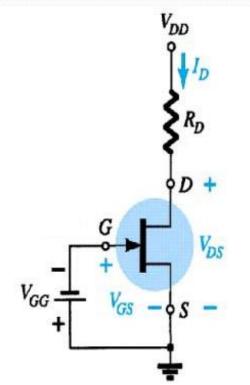
- Xét vòng mạch G S: viết phương trình  $I_D = f(V_{GS})$  theo định luật Kirrchoff 2 (2).
- Giải hệ phương trình (1a, 2) hoặc (1b, 2)  $\rightarrow$  2 nghiệm  $V_{GS}$ hoặc 2 nghiệm I<sub>D</sub>.
- Chọn nghiệm: dựa trên đồ thị đặc tuyến truyền đạt.
- Thay giá trị  $V_{GS}$  hoặc  $I_D$  vừa tìm được vào (2) để tính đại lượng còn lại.
- **Tính**  $V_{DS}$  dựa vào vòng mạch D S.
- Viết phương trình đường phân cực: suy ra từ phương trình (2). Viết phương trình đường tải tĩnh: Sử dụng vòng mạch D - S.

## 4.1. PHƯƠNG PHÁP NGUỒN CỐ ĐỊNH

Áp dụng cho JFET và MOSFET liên tục theo kết cấu mạch như sơ đồ dưới đây:



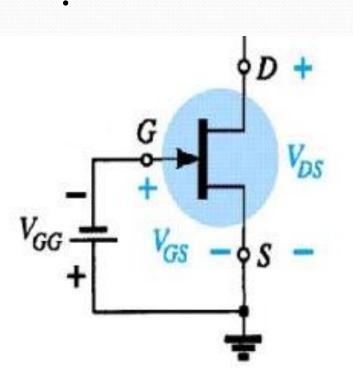




Mạch tương đương 1 chiều

#### \* Tìm điểm Q cho JFET và MOSFET liên tục:

 Xét vòng mạch G – S: Lập pt theo định luật Kirchhoff 2, ta tính được:



$$V_{GS} = -V_{GG} = const$$
 (2)

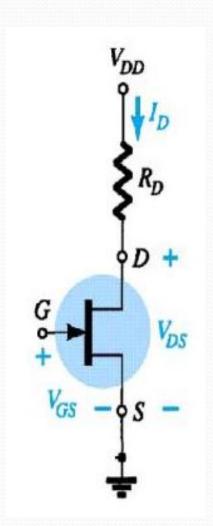
$$\rightarrow$$
  $V_{GSQ} = - V_{GG} = const$ 

$$(1a) \xrightarrow{(2)} I_{DQ} = I_{DSS} \left( 1 + \frac{V_{GG}}{V_{p}} \right)^{2}$$

• Xét vòng mạch D – S: Lập pt theo định luật Kirchhoff 2:

$$V_{DD} = I_{D}R_{D} + V_{DS}$$

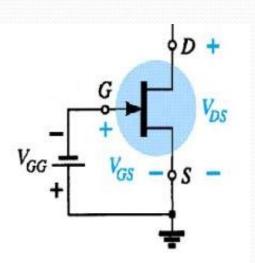
$$\Rightarrow V_{DSQ} = V_{DD} - I_{DQ}R_{D}$$



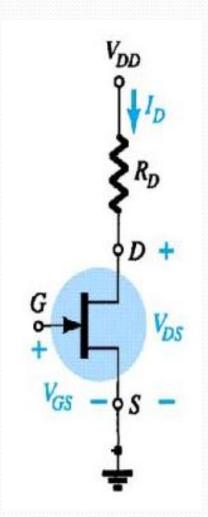
#### ❖ Đường tải tĩnh:

$$\mathbf{V}_{\mathrm{DD}} = \mathbf{I}_{\mathrm{D}} \mathbf{R}_{\mathrm{D}} + \mathbf{V}_{\mathrm{DS}} \Longrightarrow \mathbf{I}_{\mathrm{D}} = \frac{\mathbf{V}_{\mathrm{DD}} - \mathbf{V}_{\mathrm{DS}}}{\mathbf{R}_{\mathrm{D}}}$$

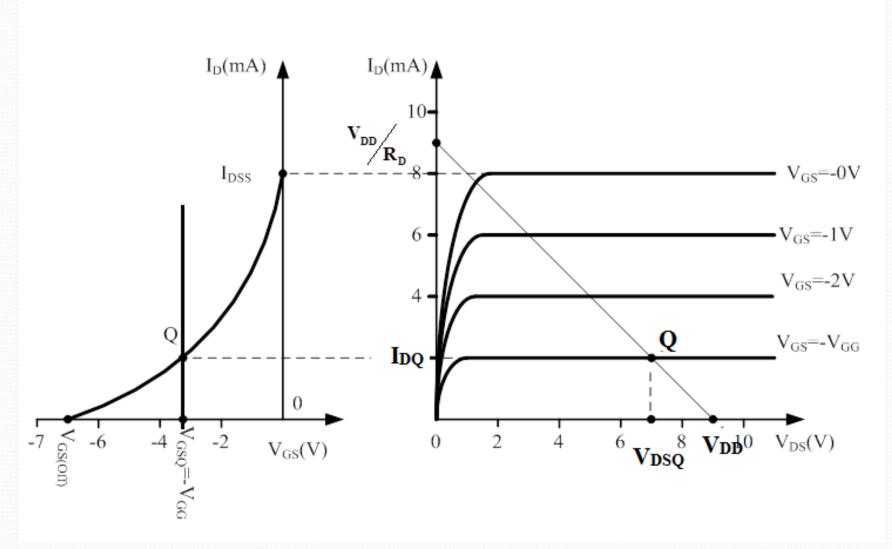
#### \* Đường phân cực: Xét vòng G-S:



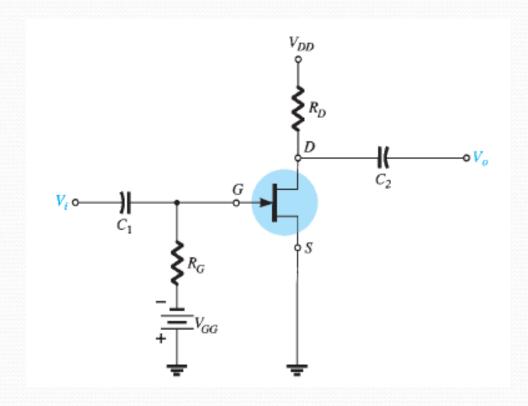
$$V_{GS} = -V_{GG} = const$$
 (2)



## \* Đồ thị



Ví dụ:  $V_{DD}$ =15V;  $V_P$ =-4V;  $I_{DSS}$  = 8mA;  $V_{GG}$ =+2V;  $R_G$  = 1 $M\Omega$ ;  $R_D$  = 1 $K\Omega$ . Xác định tọa độ điểm Q?



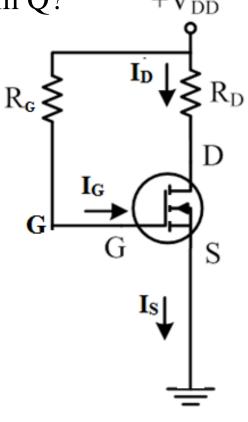
# 4.1. PHƯƠNG PHÁP NGUỒN CỐ ĐỊNH

Ap dụng cho MOSFET gián đoạn theo sơ đổ sau:

\* Xây dựng công thức tính thông số của điểm Q?

Phương trình đường tải tĩnh?

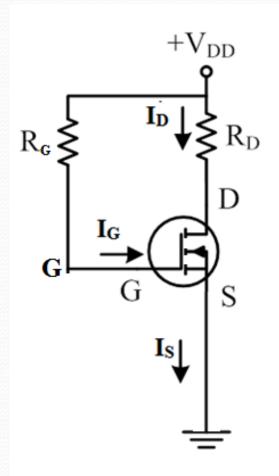
Phương trình đường phân cực?



# 4.1. PHƯƠNG PHÁP NGUỒN CỐ ĐỊNH

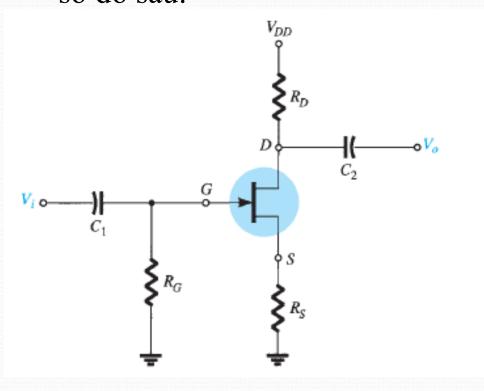
Ví dụ: Cho  $V_{DD} = 15V$ ;  $V_{GS(Th)} = 1V$ ;  $I_{D(on)} = 4mA$ ;  $V_{GS(on)} = 3V$ ;

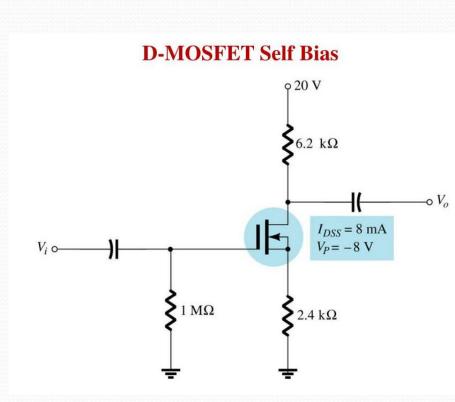
 $R_D = 200\Omega$ ;  $R_G = 1M\Omega$ . Tim Q?



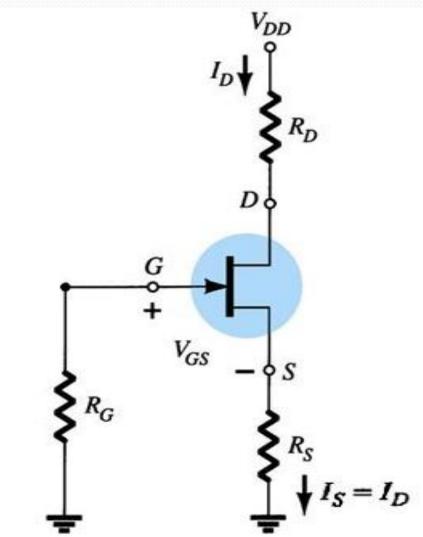
# 4.2. PHƯƠNG PHÁP TỰ CẤP (TỰ PHÂN CỰC)

❖ Phương pháp này áp dụng được cho *JFET và MOSFET liên tục* theo sơ đồ sau:





# 4.2. PHƯƠNG PHÁP TỰ CẤP (TỰ PHÂN CỰC)

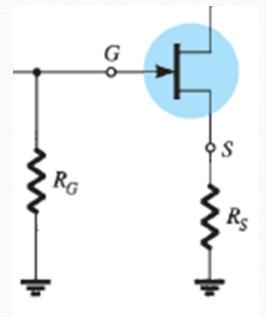


Hình 2: Mạch tương đương một chiều của mạch phân cực tự cấp với những nhánh có tụ điện được hở mạch.

#### ❖ Vòng mạch G – S:

$$V_{GS} = -I_{D}R_{S} \quad (2)$$

• Tính  $V_{GSQ}$  và  $I_{DQ}$ 



$$\xrightarrow{(2)} I_{D} = I_{DSS} \left( 1 + \frac{I_{D}R_{S}}{V_{p}} \right)^{2}$$

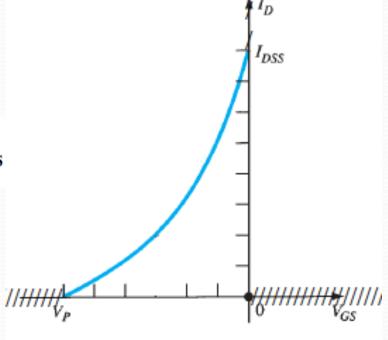
$$\Rightarrow \left(\frac{\mathbf{R}_{\mathrm{S}}}{\mathbf{V}_{\mathrm{P}}}\right)^{2} \mathbf{I}_{\mathrm{D}}^{2} + \left(\frac{2\mathbf{R}_{\mathrm{S}}}{\mathbf{V}_{\mathrm{P}}} - \frac{1}{\mathbf{I}_{\mathrm{DSS}}}\right) \mathbf{I}_{\mathrm{D}} + \mathbf{1} = \mathbf{0}$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} I_{_{D1}} & _{_{CS}} & \\ I_{_{D2}} & & \\ \end{bmatrix}_{_{V_{GS}=-I_{D}R_{S}}} \begin{bmatrix} V_{_{GS1}} \\ V_{_{GS2}} \end{bmatrix}$$

Chọn nghiệm: Dựa vào đặc tuyến truyền đạt

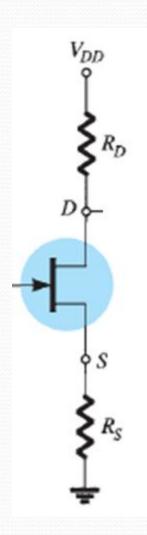
Với JFET, nghiệm phải thỏa mãn:

$$V_{_{D}} < V_{_{G\,S}} < 0 \quad v\grave{a} \quad 0 < I_{_{D}} < I_{_{D\,S\,S}}$$



Q: Điều kiện chọn nghiệm của MOSFET liên tục?

#### Vòng mạch D - S: Tính V<sub>DSQ</sub>:



$$V_{DD} = I_D R_D + V_{DS} + I_D R_S$$

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

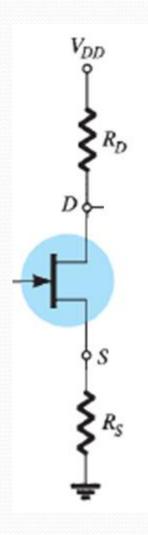
❖ Điện áp trên các cực của JFET:

$$\mathbf{V}_{S} = \mathbf{I}_{D} \mathbf{R}_{S}$$

$$\mathbf{V}_{G} = \mathbf{0}$$

$$\mathbf{V}_{D} = \mathbf{V}_{DD} - \mathbf{I}_{D} \mathbf{R}_{D} = \mathbf{V}_{DS} + \mathbf{V}_{S}$$

#### \* Vòng mạch D - S:



\* Đường tải tĩnh (tự vẽ đồ thị):

$$I_{D} = \frac{-V_{DS}}{R_{D} + R_{S}} + \frac{V_{DD}}{R_{D} + R_{S}}$$

Dường phân cực: Từ phương trình (2), suy ra đường phân cực là:

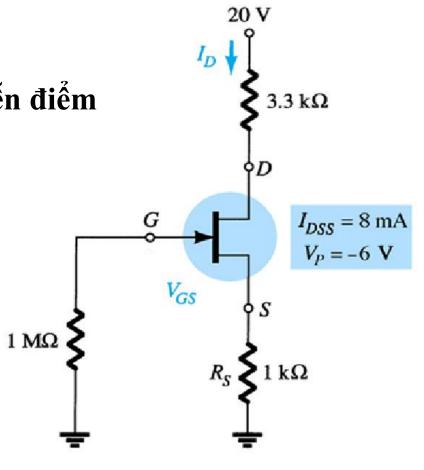
$$I_{D} = \frac{-1}{R_{S}}.V_{GS}$$

#### Ví dụ:

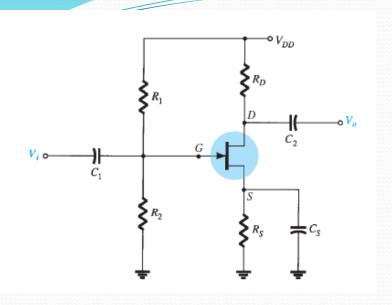
- a. Tìm điểm làm việc tĩnh Q (hình 3)?
- b. Tính các điện áp  $V_G$ ,  $V_D$ ,  $V_S$ ?

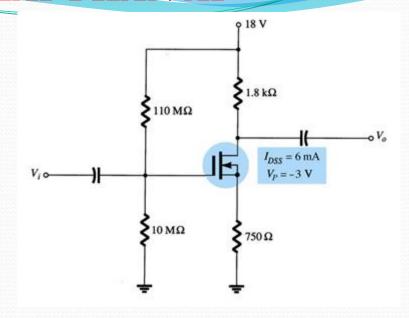
c. Vẽ đường phân cực và biểu diễn điểm

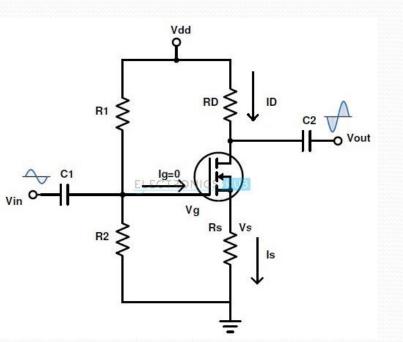
Q lên đồ thị?



# 4. 3. PHƯƠNG PHÁP PHÂN ÁP

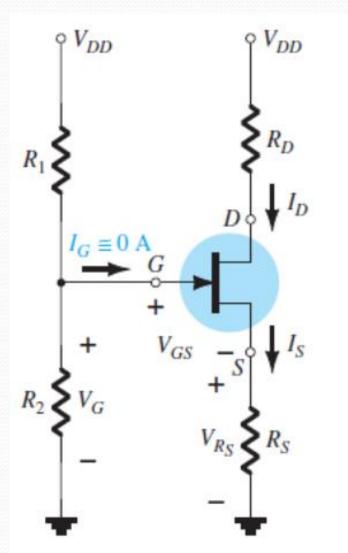




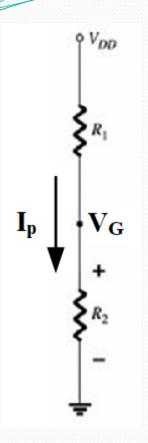


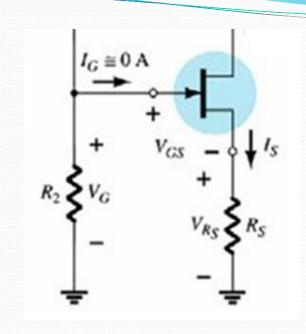
❖ Áp dụng cho cả JFET và MOSFET.

## 4. 3. PHƯƠNG PHÁP PHÂN ÁP

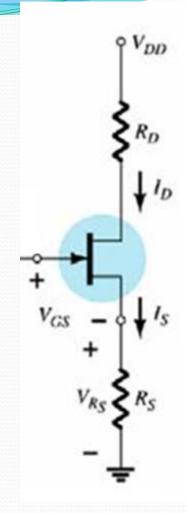


Hình 6: Mạch tương đương một chiều





$$V_{GS} = V_G - I_D.R_S \quad (2)$$



$$V_{G} = \frac{V_{DD}.R_{2}}{R_{1} + R_{2}}$$

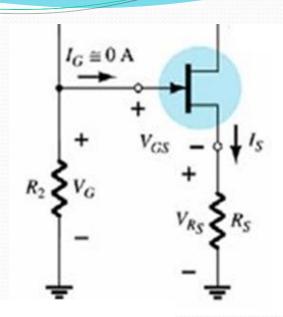
$$V_{DS} = V_{DD} - I_{D}.(R_{S} + R_{D})$$

\* Tính điểm Q (JFET):

❖ Vòng mạch G - S:

$$\mathbf{V}_{\mathrm{GS}} = \mathbf{V}_{\mathrm{G}} - \mathbf{R}_{\mathrm{S}} \mathbf{I}_{\mathrm{D}} \quad (2)$$

$$\mathbf{I}_{\mathbf{D}} = \mathbf{I}_{\mathbf{DSS}} \left( 1 - \frac{\mathbf{V}_{\mathbf{GS}}}{\mathbf{V}_{\mathbf{p}}} \right)^{2} (1\mathbf{a})$$



$$\rightarrow \left(\frac{1}{V_{P}}\right)^{2} V_{GS}^{2} + \left(\frac{1}{R_{S} I_{DSS}} - \frac{2}{V_{P}}\right) V_{GS} + 1 - \frac{V_{G}}{R_{S} I_{DSS}} = 0$$

ightharpoonup Nghiệm  $V_{GS}$  phải thỏa mãn:

$$V_p < V_{GSQ} < 0 \xrightarrow{(2)} I_{DQ}$$

\* Tính điểm Q (JFET):

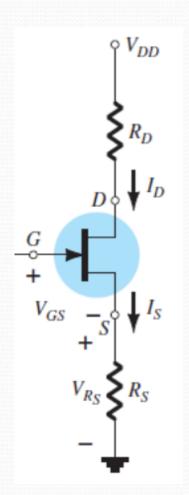
#### \* Các điện áp:

$$\mathbf{V}_{\mathrm{DSQ}} = \mathbf{V}_{\mathrm{DD}} - \mathbf{I}_{\mathrm{DQ}} (\mathbf{R}_{\mathrm{D}} + \mathbf{R}_{\mathrm{S}})$$

$$\mathbf{V}_{\mathbf{S}} = \mathbf{I}_{\mathbf{D}} \mathbf{R}_{\mathbf{S}}$$

$$\mathbf{V}_{\mathbf{G}} = \mathbf{0}$$

$$\mathbf{V}_{\mathbf{D}} = \mathbf{V}_{\mathbf{DD}} - \mathbf{I}_{\mathbf{D}} \mathbf{R}_{\mathbf{D}} = \mathbf{V}_{\mathbf{DS}} + \mathbf{V}_{\mathbf{S}}$$



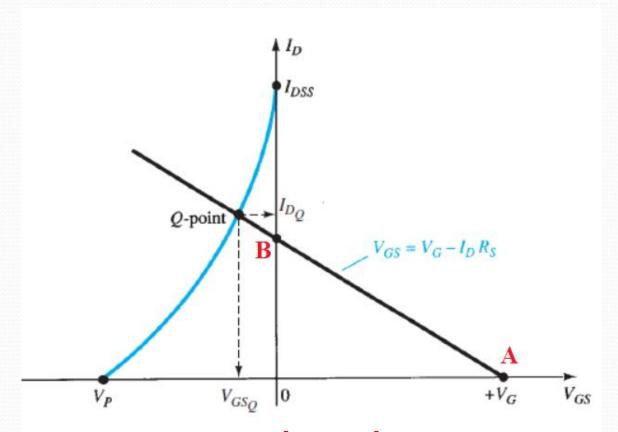
Vòng mạch D - S

#### \* Đường tải tĩnh:

#### Dường phân cực:

$$I_{D} = \frac{V_{DD} - V_{DS}}{R_{D} + R_{S}}$$

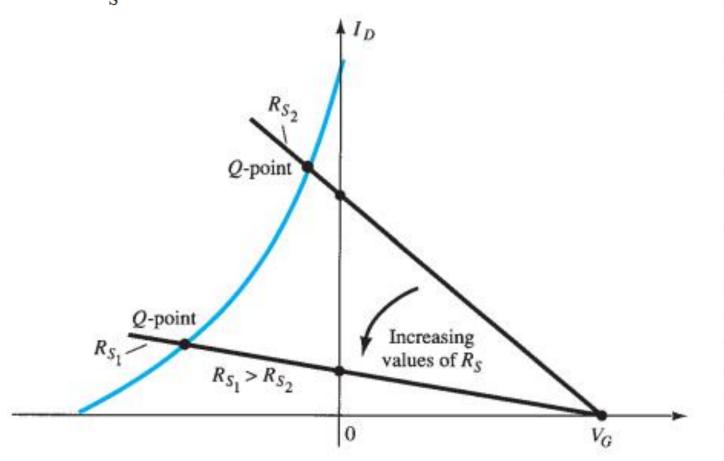
$$(2) \iff I_{D} = \frac{V_{G} - V_{GS}}{R_{S}}$$



Đường phân cực và đặc tuyến truyền đạt của JFET kênh n

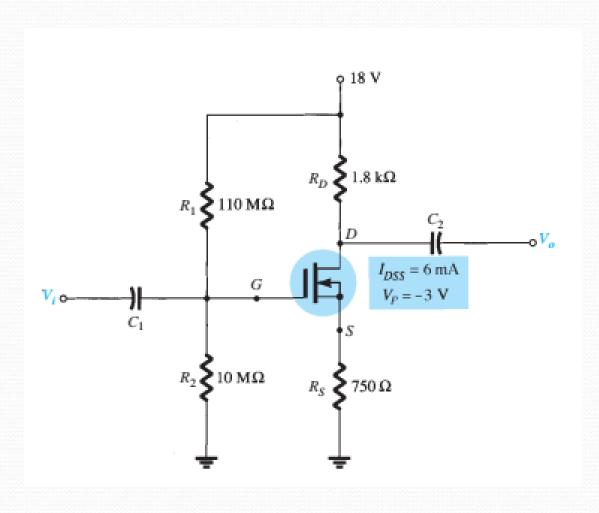
### Đường phân cực và ảnh hưởng của $R_S$

$$(2) \iff I_{_{D}} = \frac{V_{_{G}} - V_{_{GS}}}{R_{_{S}}}$$



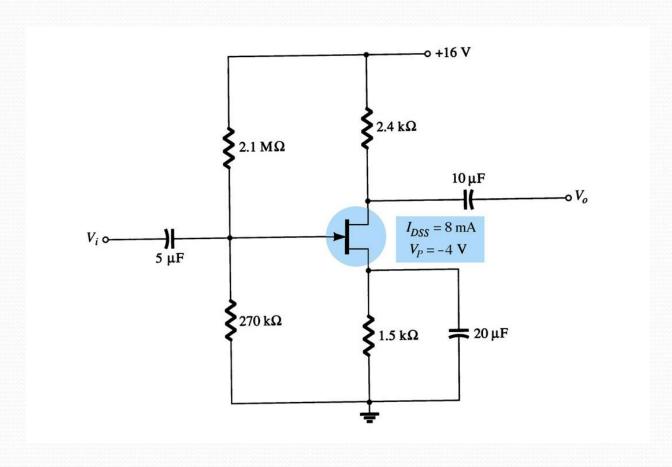
#### Ví dụ:

- a. Tîm Q?
- b. Vẽ đường phân cực, đường tải tĩnh, biểu diễn điểm Q lên đồ thị?

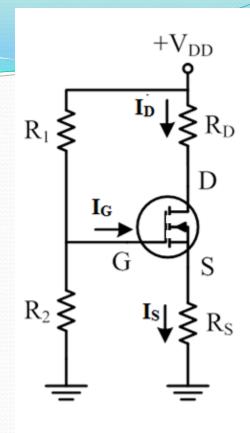


#### Ví dụ:

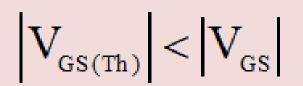
- a. Tìm tọa độ điểm làm việc tĩnh Q của JFET trong mạch phân cực như hình dưới?
- b. Vẽ đường phân cực, đường tải tĩnh, biểu diễn điểm Q lên 2 đồ thị?

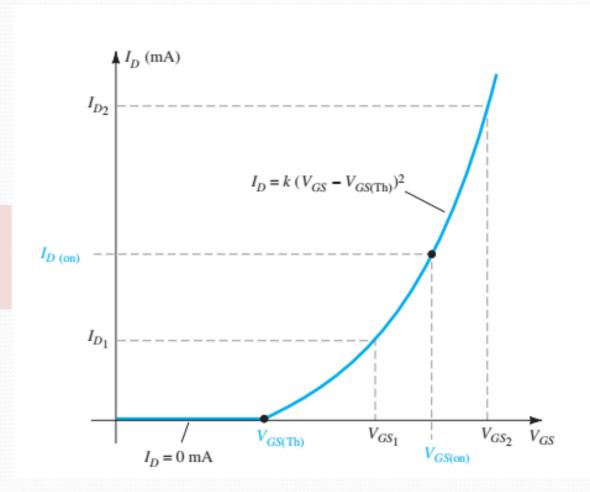


Q: Lập phương trình tính  $V_{GS}/I_D$  cho MOSFET liên tục/gián đoạn? Viết phương trình và vẽ đồ thị đường tải tĩnh? Biểu diễn điểm Q lên đồ thị?



#### Q: Chọn nghiệm cho EMOSFET?





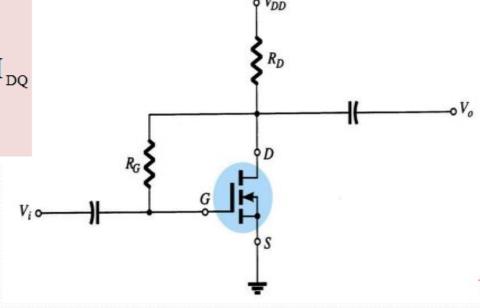
### 4.4. PHƯƠNG PHÁP HỘI TIẾP ĐIỆN ÁP

- Phương pháp này <u>chỉ áp dụng cho MOSFET gián đoạn</u> theo sơ đồ sau:
- \* Tính các thông số của điểm Q:

$$\begin{cases} V_{\text{GS}} = V_{\text{DD}} - I_{\text{D}} R_{\text{D}} & (2) \\ I_{\text{D}} = k \left( V_{\text{GS}} - V_{\text{GS(Th)}} \right)^2 \Rightarrow V_{\text{GSQ}} \xrightarrow{(2)} I_{\text{DQ}} \\ \left| V_{\text{GS(Th)}} \right| < \left| V_{\text{GS}} \right| \end{cases}$$

$$V_{DD} = I_{D}R_{D} + V_{DS}$$

$$\Rightarrow V_{DSQ} = V_{DD} - I_{DQ}R_{D}$$



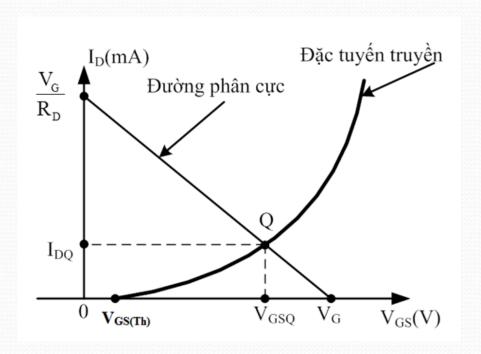
#### Dường tải tĩnh:

$$I_{D} = \frac{V_{DD} - V_{DS}}{R_{D}}$$

Q: Vẽ đồ thị đường tải tĩnh trên cùng hệ tọa độ với đặc tuyến ra và biểu diễn điểm Q lên đồ thị?

#### \* Đường phân cực:

$$(2) \iff I_{_{D}} = \frac{V_{_{DD}} - V_{_{GS}}}{R_{_{D}}}$$

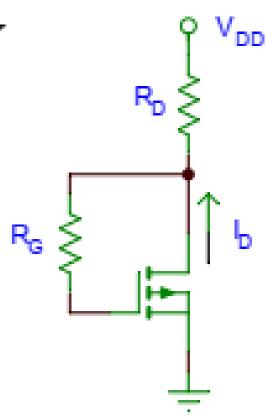


#### Ví dụ:

$$V_{DD}=-16V;\ R_D=2k\Omega\;;\ R_G=1M\Omega\;;$$

$$I_{D(on)} = 4 \, mA; \, V_{GS(on)} = -7 \, V; \, \, V_{GS(Th)} = -3 \, V$$

Hãy xác định:  $V_{GS_Q}$ ;  $I_{D_Q}$ ;  $V_{DS_Q}$ .



#### Ví dụ:

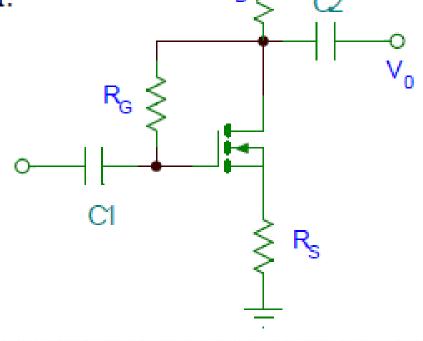
$$V_{DD}=22V;\ R_D=1,2k\Omega\;;R_G=1M\Omega\;;$$

$$I_{D(on)} = 5 \, mA; \, V_{GS(on)} = 7 \, V; \, V_{GS(Th)} = 4 \, V; \, \circ$$

 $R_s = 510\Omega$ . Hãy xác định:

$$\mathbf{a}) V_{\mathit{GS}_{\varrho}} \, ; \, I_{\mathit{D}_{\varrho}} \, ; \, V_{\mathit{DS}_{\varrho}} \, .$$

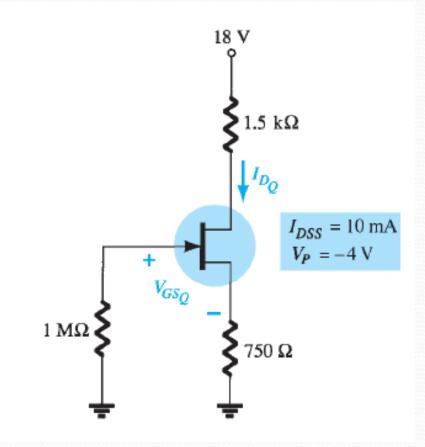
b)  $V_D$ ;  $V_S$ .



# BÀI TẬP VỀ NHÀ

- 2. Tính giá trị điện trở  $R_S$ , điện áp  $V_{DS}$  (hình 9), biết  $V_{GSQ}$  = -2V?
- 3. Tính  $I_{DQ}$ ,  $V_{GSQ}$  của JFET được phân cực theo phương pháp tự

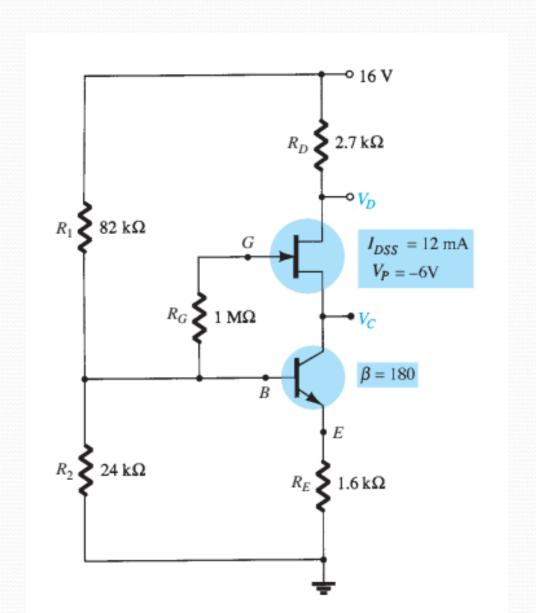
cấp như hình 10? o16 V ∘12 V



Hình 9

Hình 10

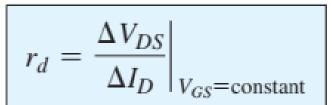
# MẠCH KẾT HỢP BJT VÀ FET

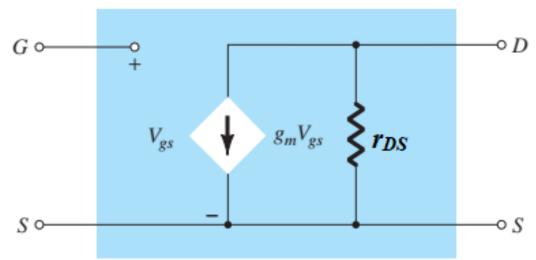


# SƠ ĐỒ TƯƠNG ĐƯƠNG CỦA FET TRONG CHẾ ĐỘ TÍN HIỆU XOAY CHIỀU NHỎ, TẦN SỐ THẤP

# SƠ ĐỔ TƯƠNG ĐƯƠNG CỦA JFET/DMOSFET

# Mắc S/D chung



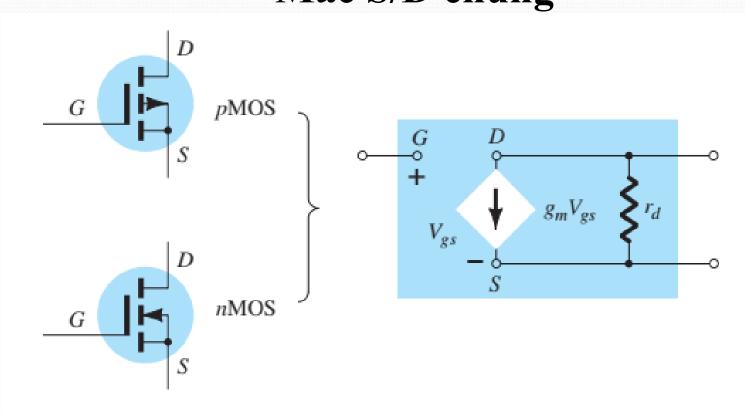


JFET ac equivalent circuit.

$$r_d = \frac{1}{y_{os}(\mu S)}$$

$$g_m = g_{fs} = y_{fs}$$

# SO ĐỒ TƯƠNG ĐƯƠNG CỦA EMOSFET Mắc S/D chung



Cực G và kênh được cách ly  $\rightarrow$  hở mạch

$$g_m = g_{fs} = y_{fs}$$

# HÕ DẪN g<sub>m</sub>

❖ Định nghĩa:

$$g_{\rm m} = \frac{\Delta I_{\rm D}}{\Delta V_{\rm GS}} = \frac{dI_{\rm D}}{dV_{\rm GS}}$$

• JFET và DMOSFET (MOSFET liên tục):

$$g_m = \frac{2I_{DSS}}{\left|V_P\right|} \cdot \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right); (A/V)$$

$$g_{m0} = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|}$$

• EMOSFET (MOSFET gián đoạn):

$$g_m = 2k \cdot \left(V_{GS} - V_{GS(Th)}\right); \left(A / V\right)$$

- Attribute (n): Thuộc tính
- With respect to something (phase verb): về khía cạnh, đối với
- Pulsating: đập mạch (very interesting and exciting)