



ELECTRONIC DEVICES AND CIRCUIT

Faculty of Computer Science and Engineering
Department of Computer Engineering

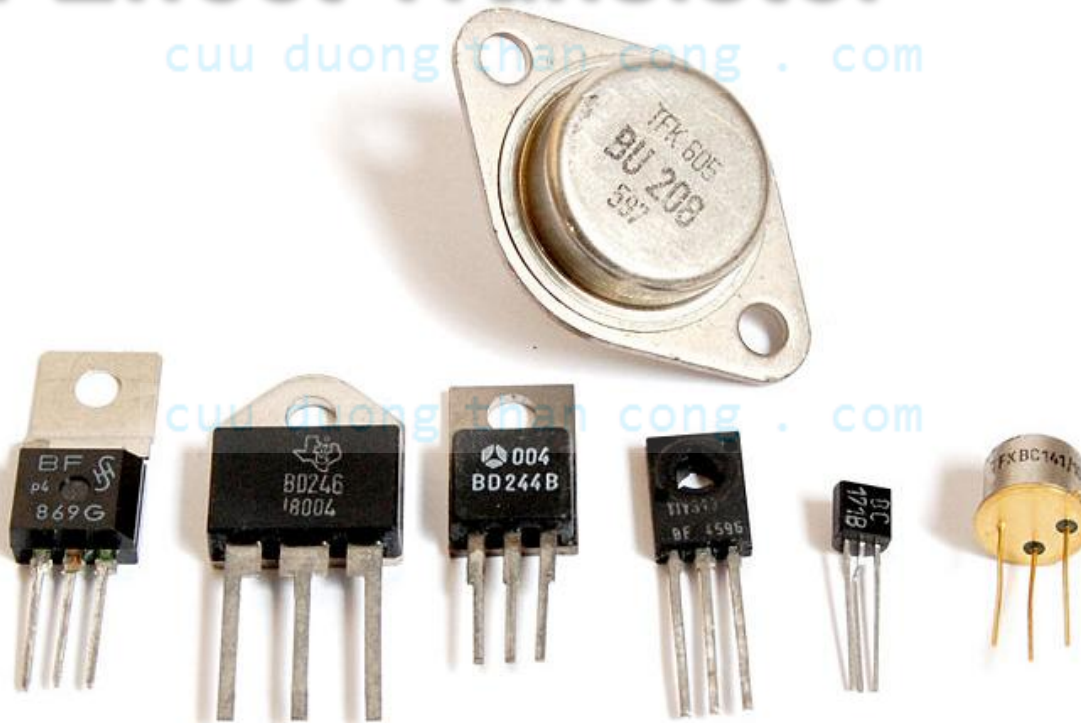


Vo Tan Phuong

<http://www.cse.hcmut.edu.vn/~vtphuong>

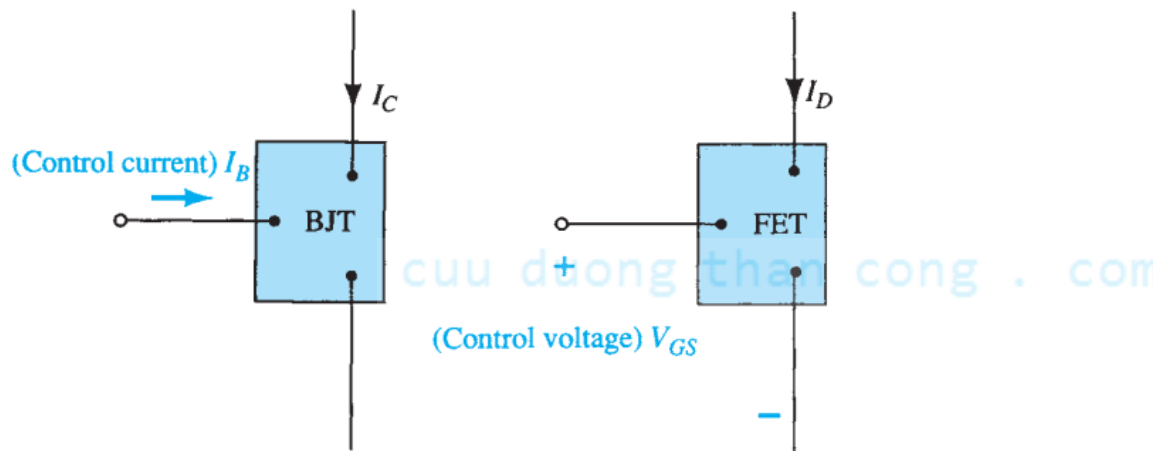
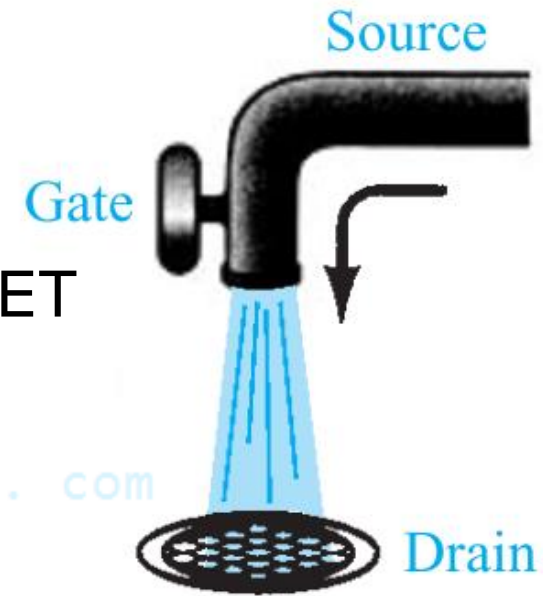
Chapter 3

Field-Effect Transistor

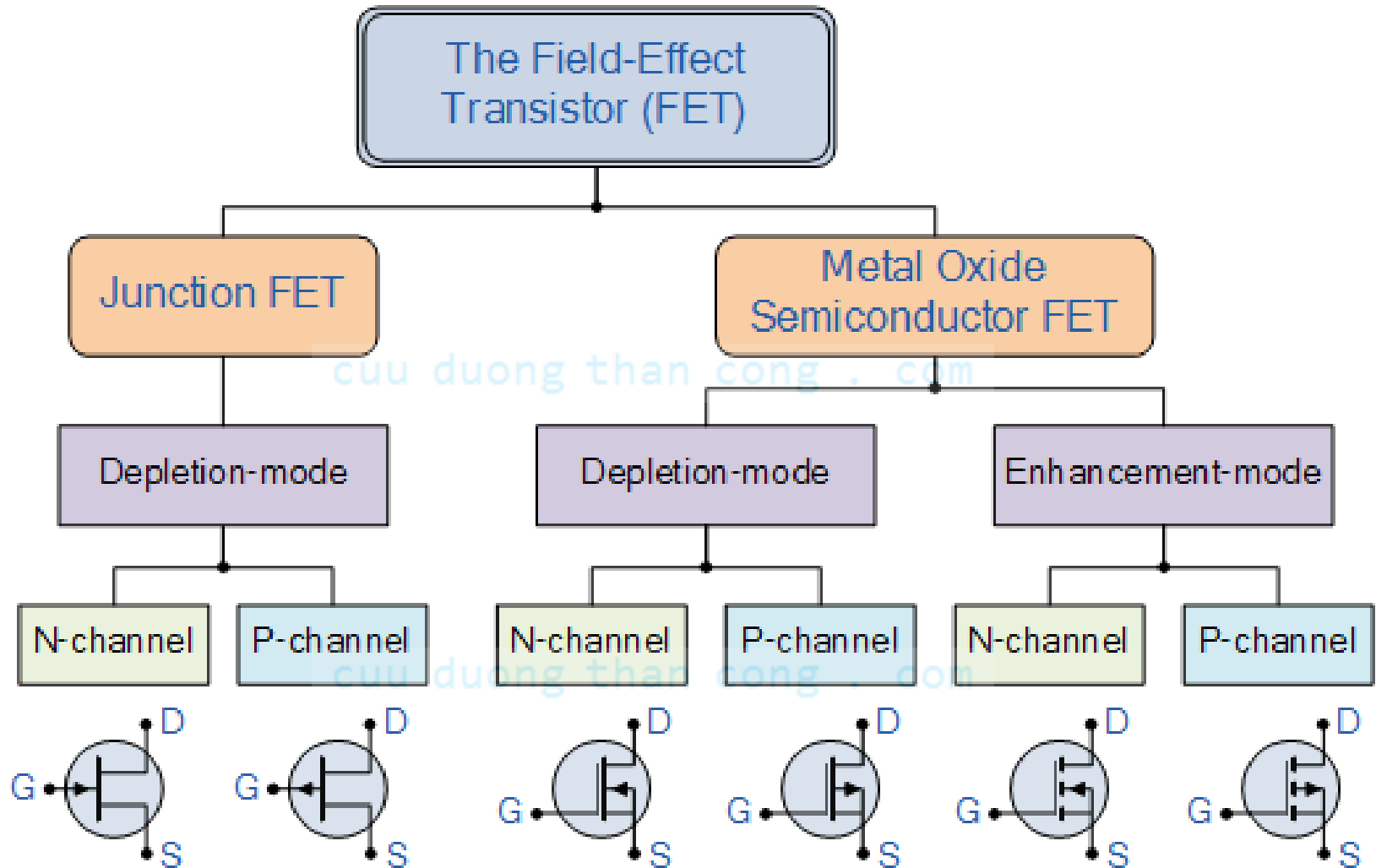


Nội dung trình bày

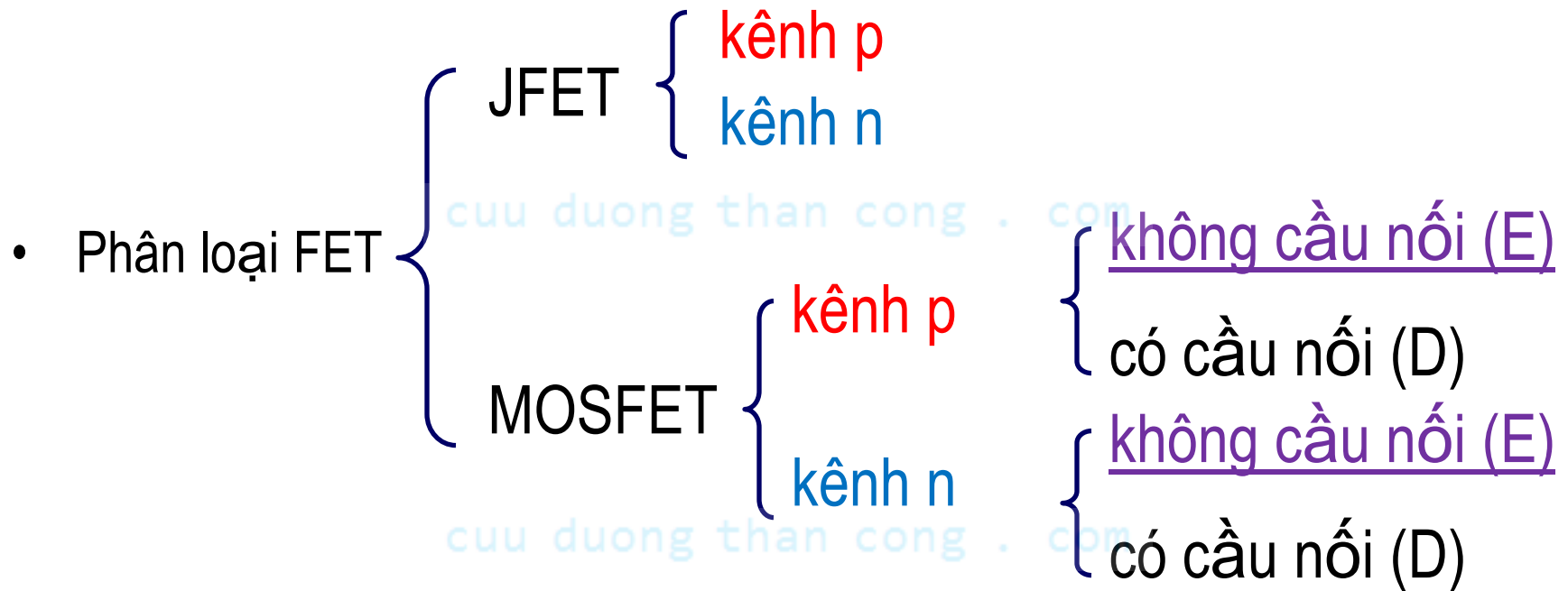
- Phân loại FET
- Cấu tạo và hoạt động của JFET
- Cấu tạo và hoạt động của MOSFET
- Phân cực cho FET



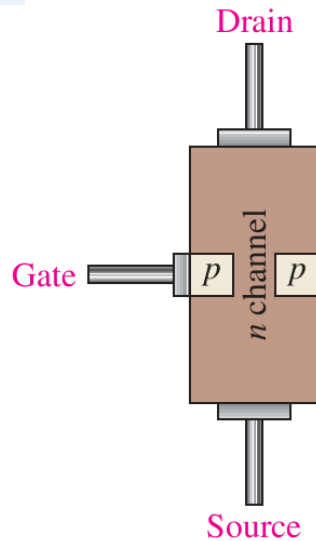
Phân loại Field-Effect Transistor (FET)



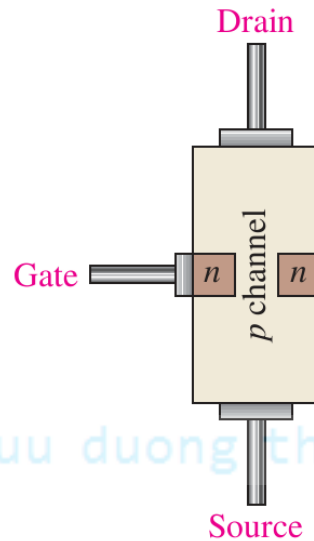
Phân loại Field-Effect Transistor (tt)



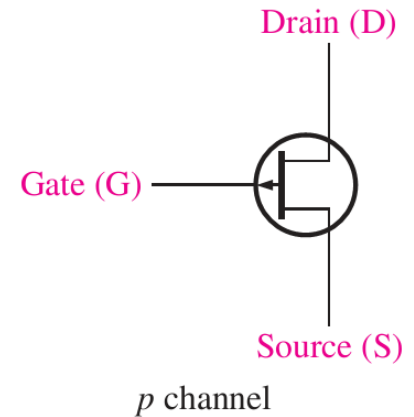
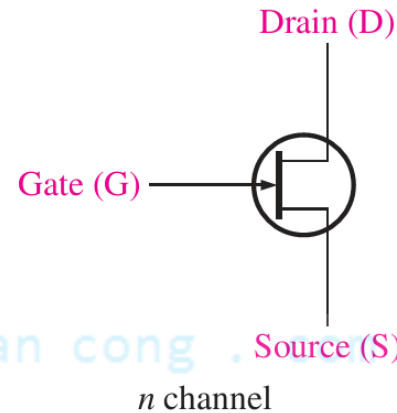
Cấu tạo JFET



(a) n channel



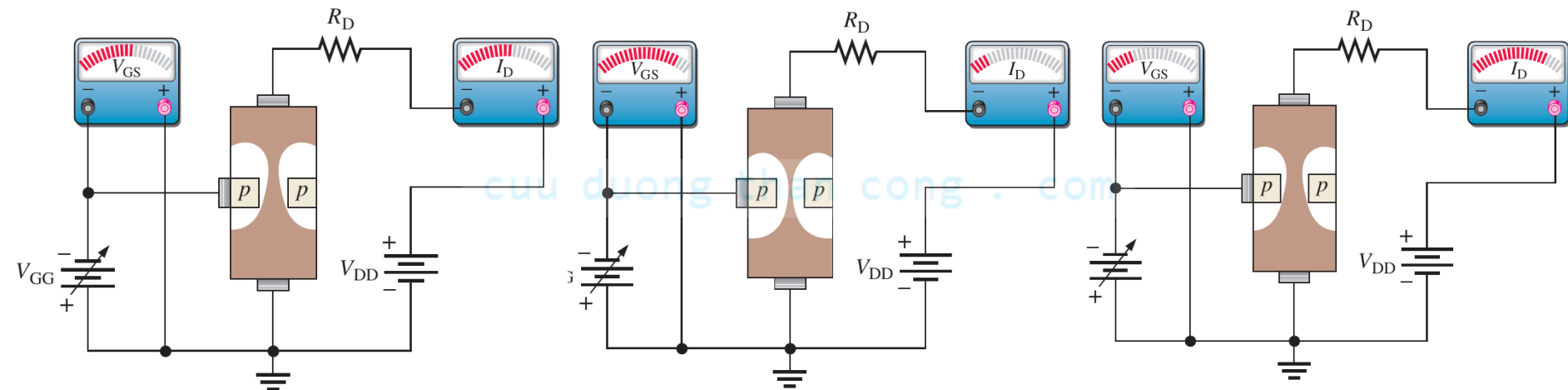
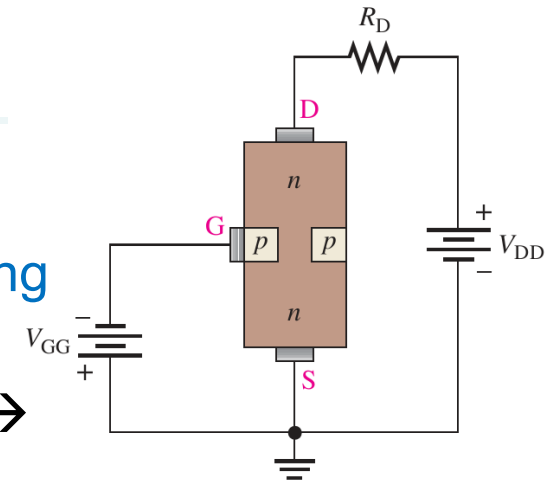
(b) p channel



- Có hai loại, **kênh n** và **kênh p**
- Gồm khối bán dẫn chính nối hai cực D và S và hai khối bán dẫn khác loại bên hông nối lại với nhau và nối với cực G

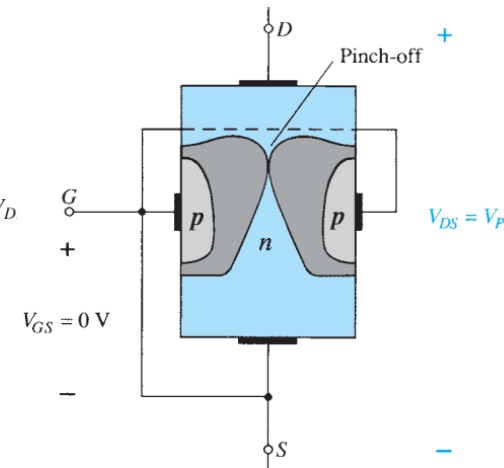
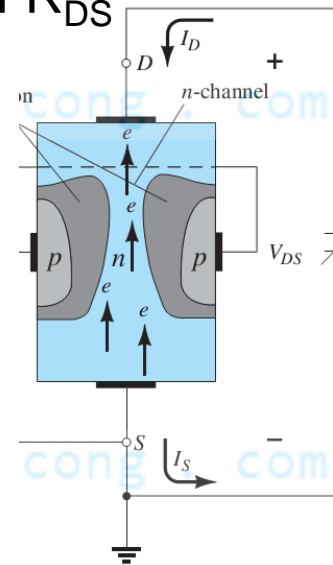
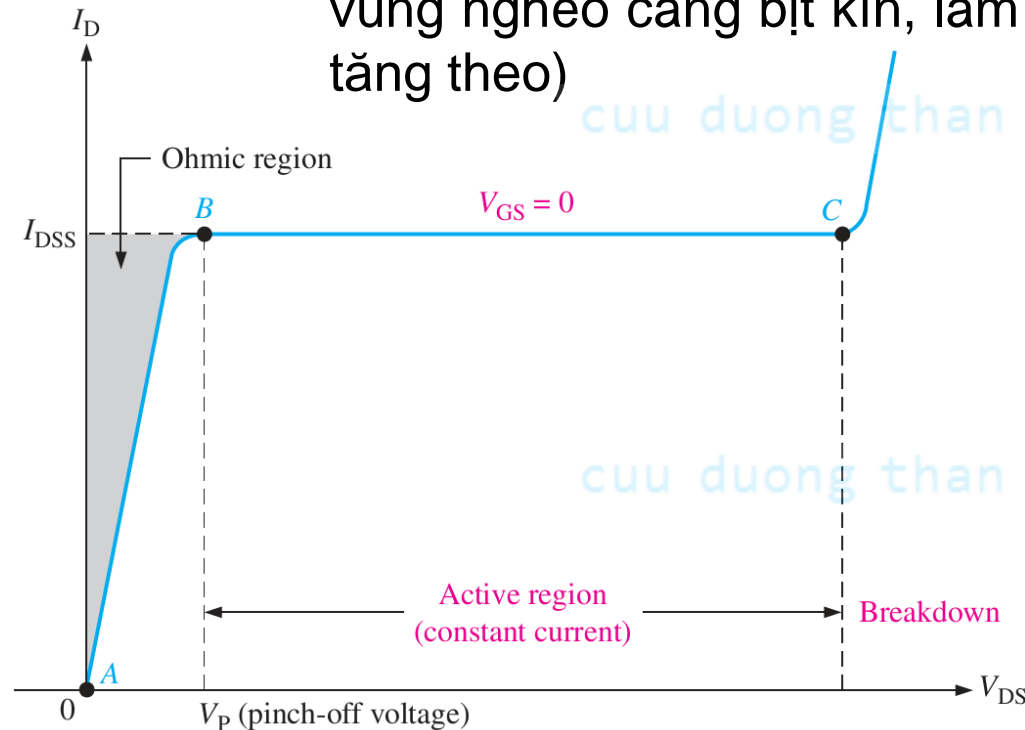
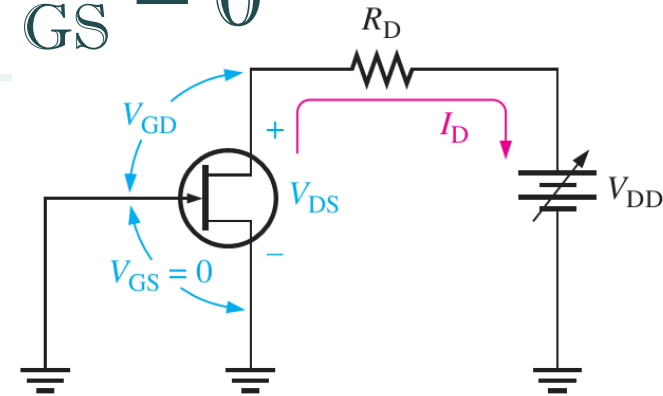
Nguyên lý hoạt động JFET

- G và S **luôn phân cực ngược**
 - V_{GS} càng âm làm vùng nghèo càng mở rộng sâu \rightarrow càng tăng điện trở giữa D và S
 - V_{GS} giảm âm làm vùng nghèo thu hẹp lại \rightarrow giảm điện trở giữa D và S
- V_{DD} là điện thế cấp nguồn cho dòng điện I_D từ D đến S, điện trở R_{DS} thay đổi dẫn đến I_D thay đổi

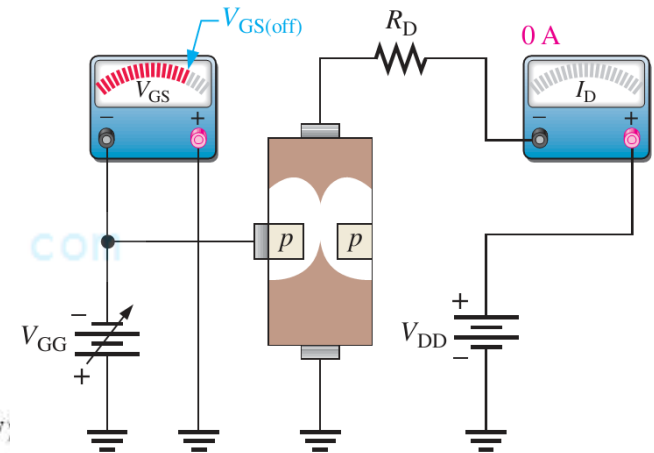
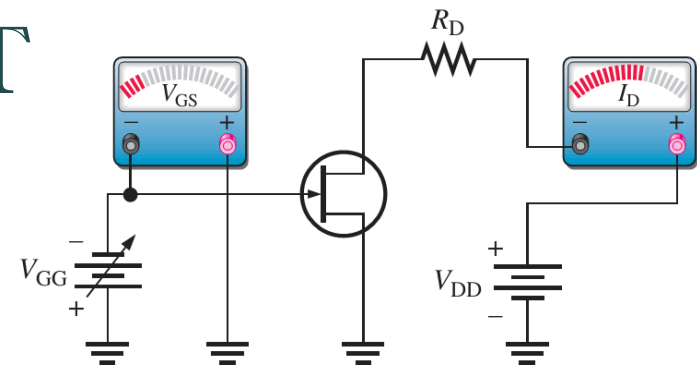
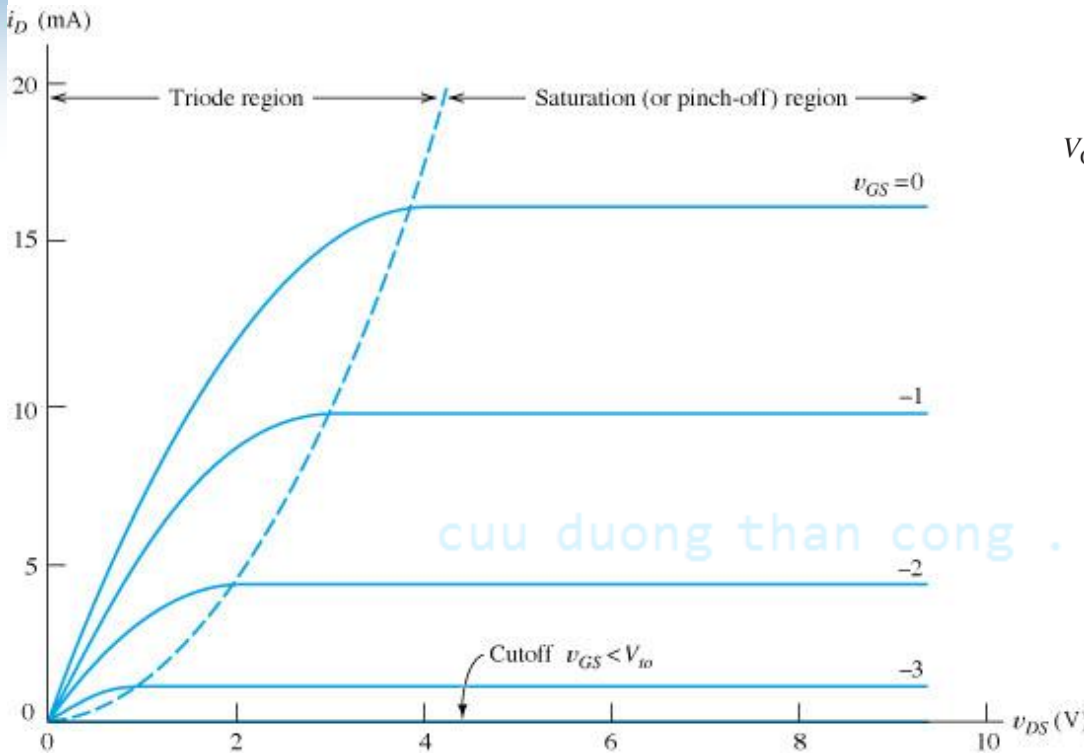


Đặc tuyến của JFET khi $V_{GS} = 0$

- $V_{GS} = 0$, tăng từ từ V_{DD} :
 - Đoạn AB tuyến tính $V_{DS} = R_D I_D$ (điện trở gần như không đổi)
 - Đoạn BC ($V_{DS} > V_P$), dòng điện I_D không đổi (V_{DS} càng tăng, vùng nghèo càng bít kín, làm R_{DS} tăng theo)



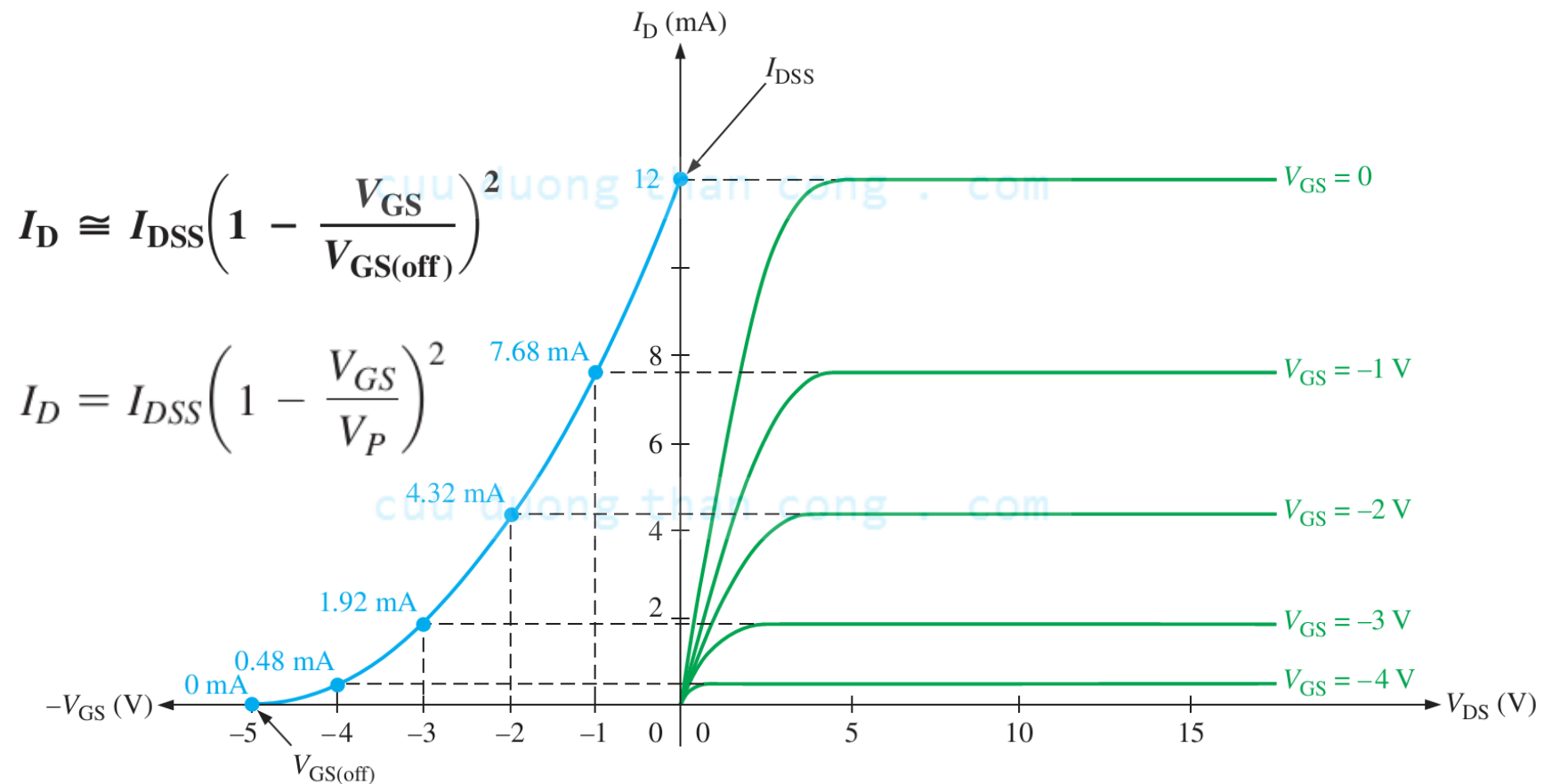
Họ đặc tuyến của n JFET



- **Càng phân cực ngược, $0 < V_{GS} < V_{GS(off)}$**
 - Càng mở rộng vùng nghèo \rightarrow **càng dễ đạt trạng thái bị kín**
 - Các điểm trạng thái **bị kín** nằm trên một **đường cong parabol**
- Khi V_{GS} âm đủ lớn ($V_{GS} = V_{GS(off)}$), vùng nghèo tự bị kín, **JFET ngưng dẫn**

Phương trình truyền tải của JFET

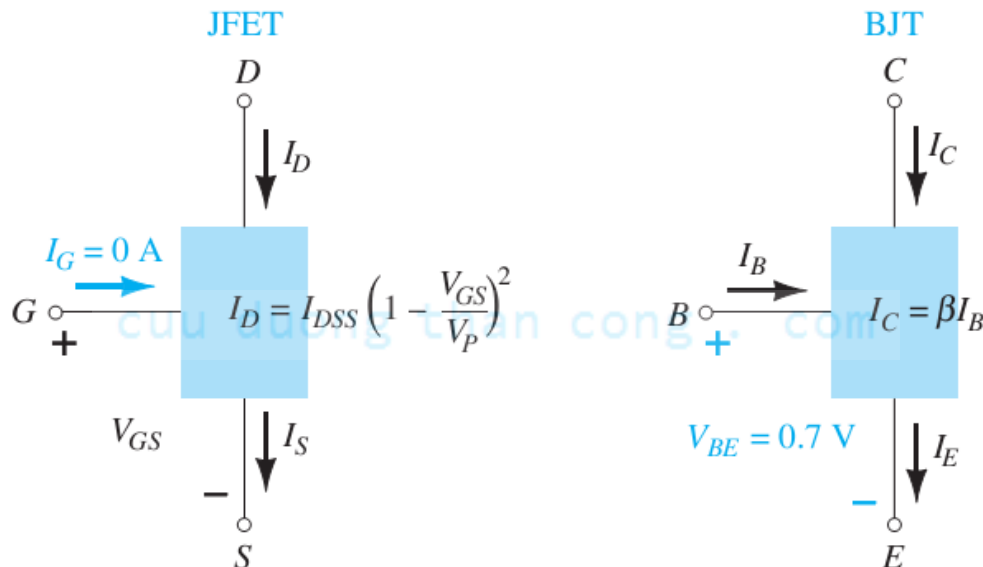
- Thể hiện mối quan hệ giữa V_{GS} và I_D lớn nhất
- JFET kênh n có $0 \geq V_{GS} \geq V_{GS(off)}$ (hình dưới); kênh p ngược lại $V_{GS(off)} \geq V_{GS} \geq 0$



So sánh giữa JFET và BJT

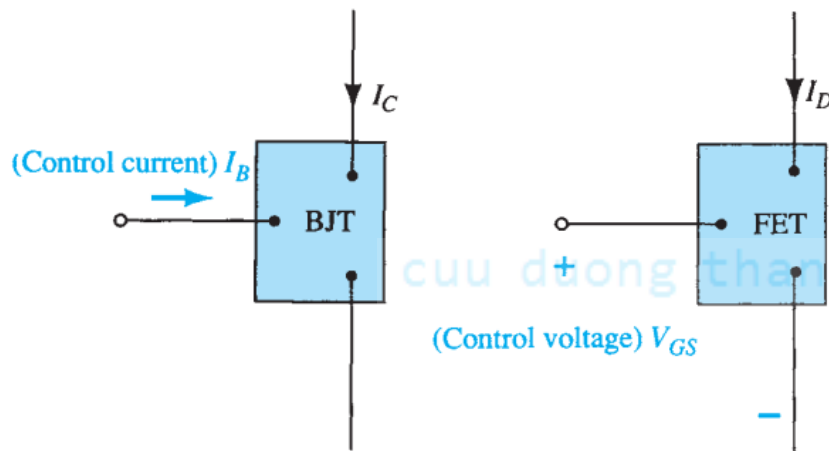
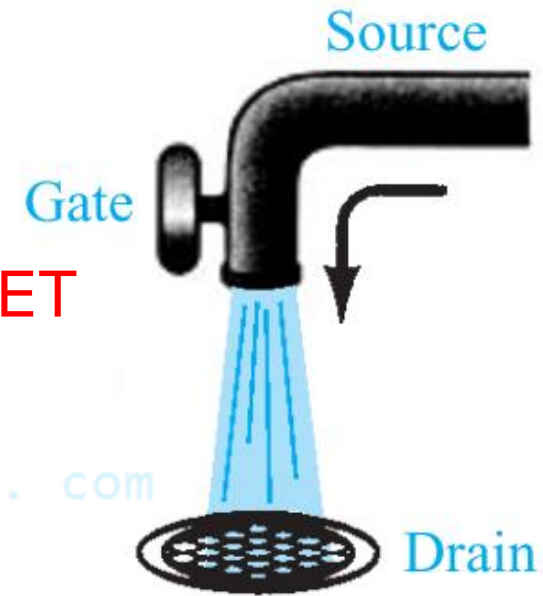
<i>JFET</i>		<i>BJT</i>
$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2$	\Leftrightarrow	$I_C = \beta I_B$
$I_D = I_S$	\Leftrightarrow	$I_C \cong I_E$
$I_G \cong 0 \text{ A}$	\Leftrightarrow	$V_{BE} \cong 0.7 \text{ V}$

cuu duong than cong . com

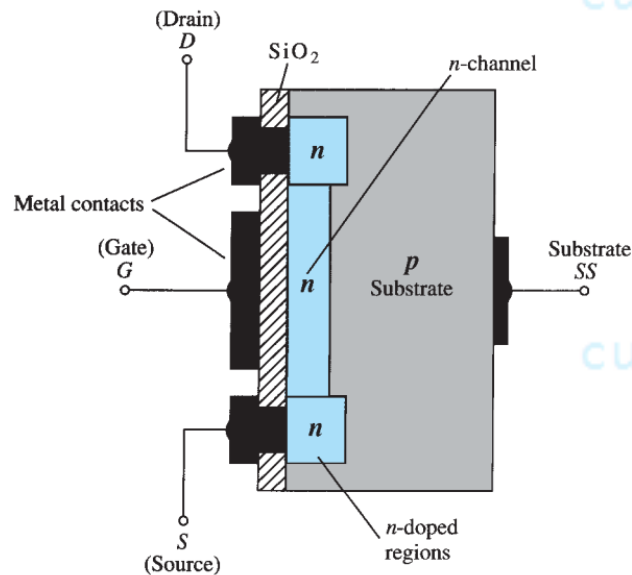
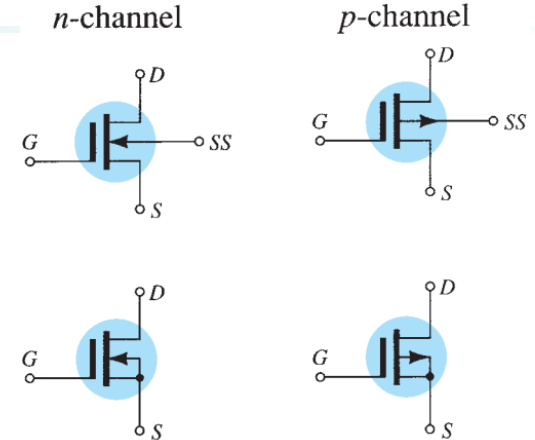
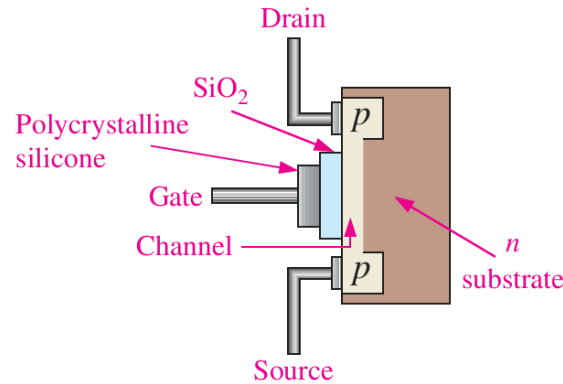
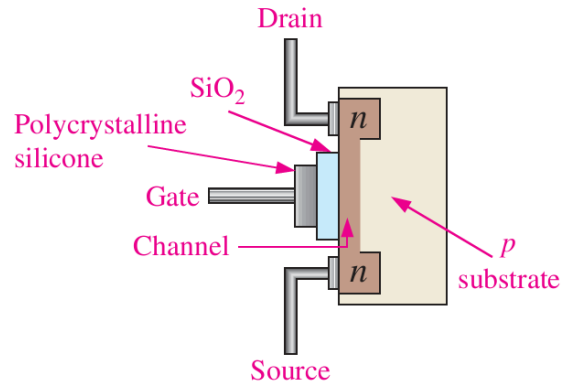


Nội dung trình bày

- Phân loại FET
- Cấu tạo và hoạt động của JFET
- **Cấu tạo và hoạt động của MOSFET**
- Phân cực cho FET

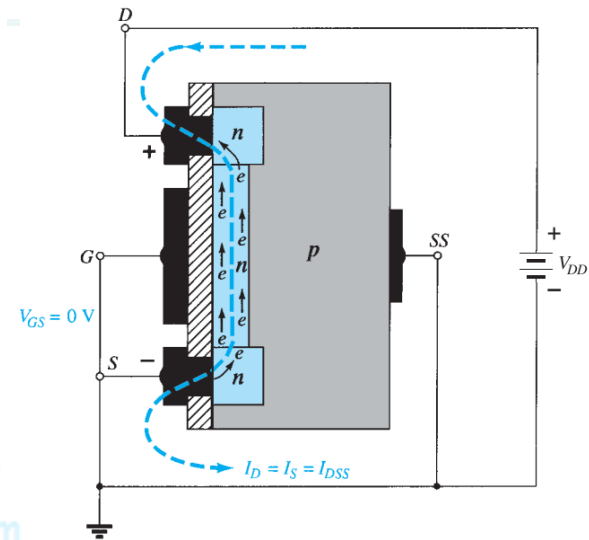
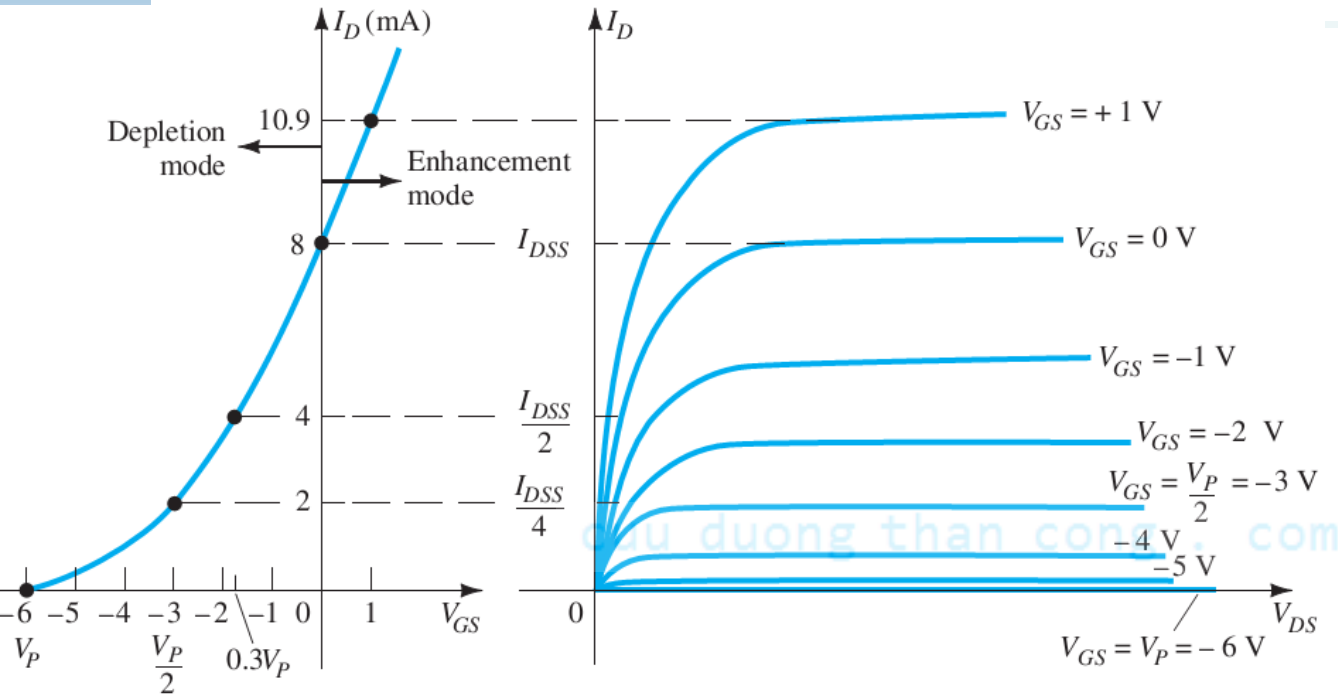


MOSFET có cầu nối (D-MOSFET)

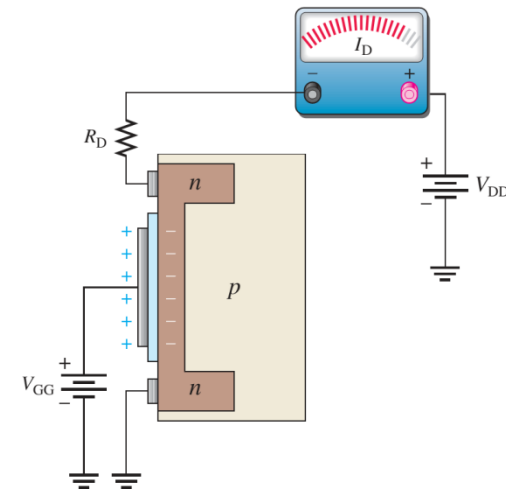
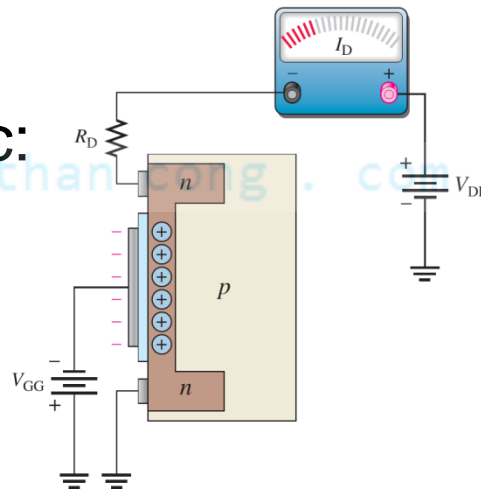


- Cực **D** và **S** là hai khối bán dẫn được nối với nhau bằng một kênh nhỏ (cầu nối), tất cả nằm trong một khối bán dẫn nền (substrate) khác loại
- Cực **G** áp trên kênh nhỏ bằng lớp cách điện SiO_2
- Cực **SS** nối vào khối bán dẫn nền; thông thường SS được nối vào S

Nguyên lý hoạt động của D-MOSFET



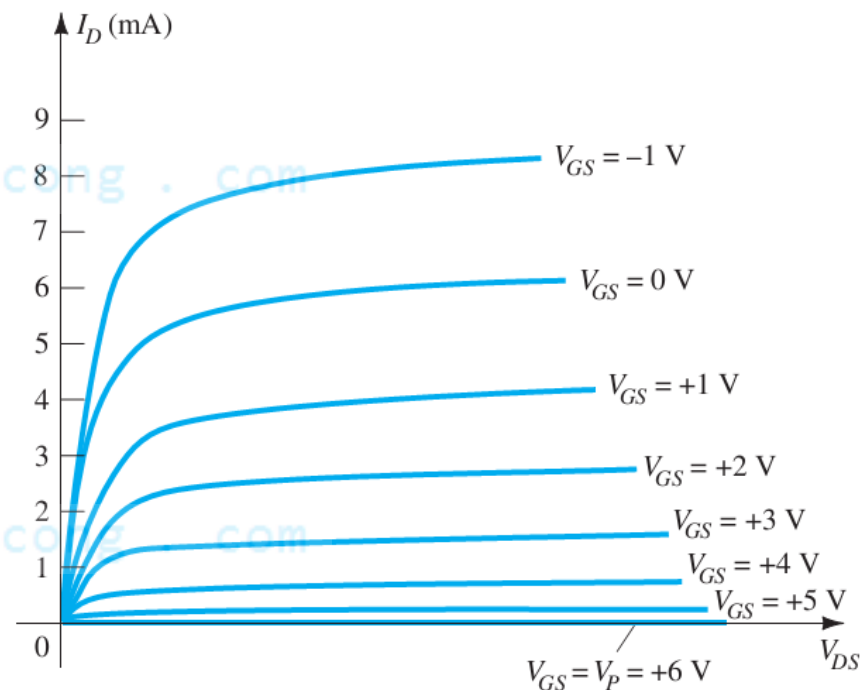
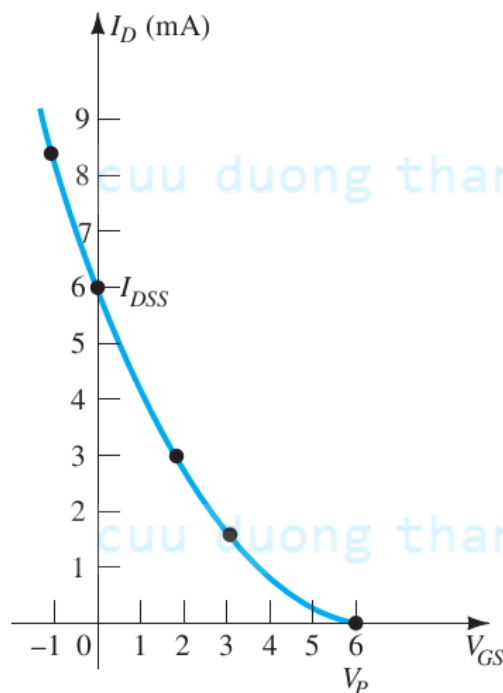
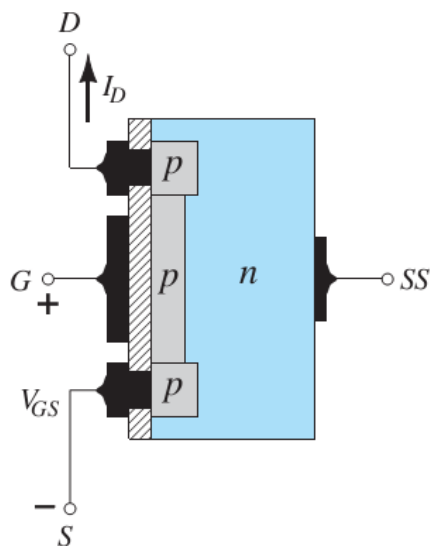
- Gần giống JFET, điểm khác:
 - V_{GS} có thể dương (chế độ hỗ trợ - enhancement)



Đồ thị của p D-MOSFET

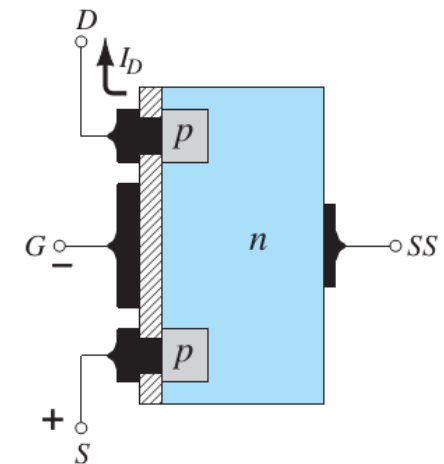
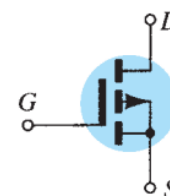
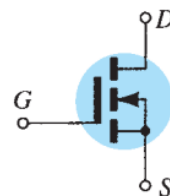
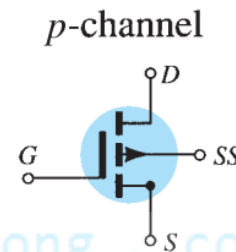
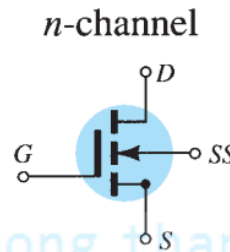
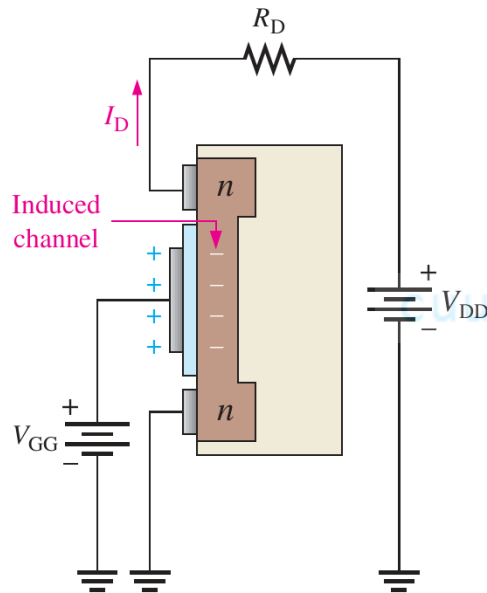
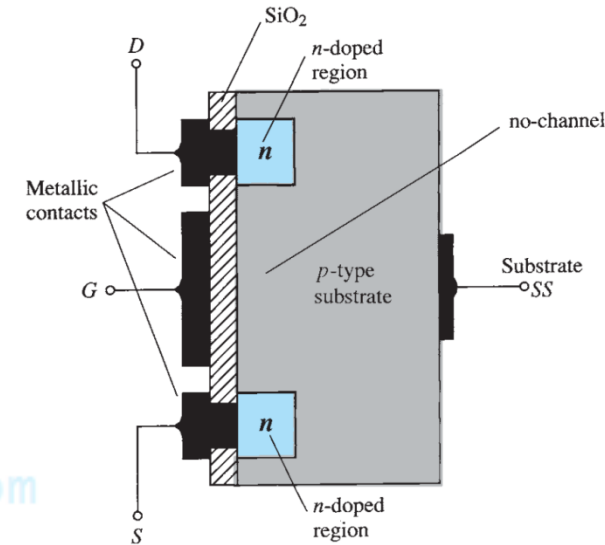
- Ngược V_{GS} so với loại n

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

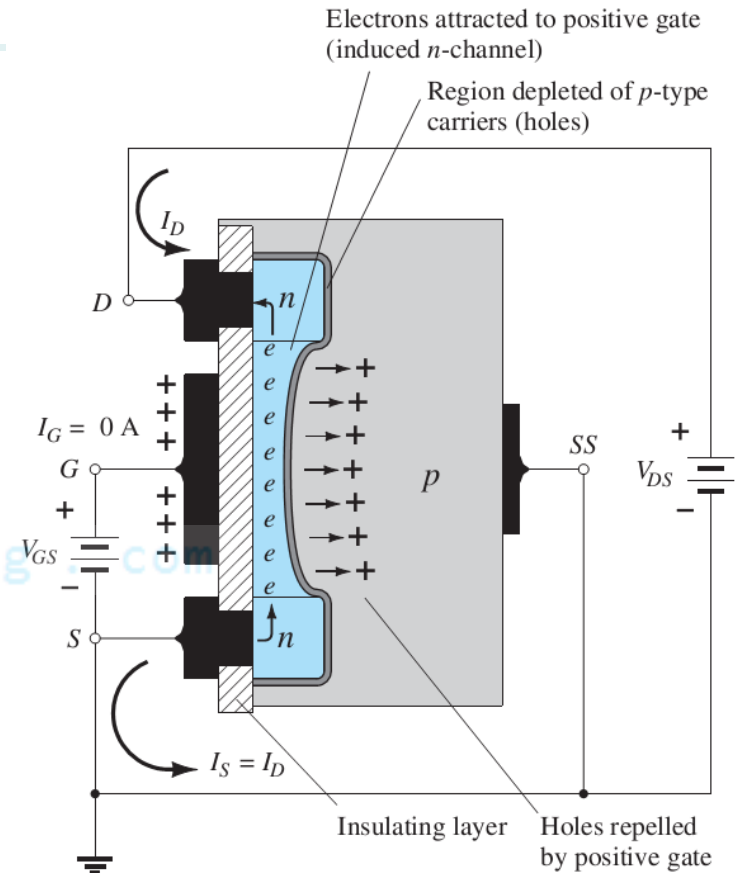
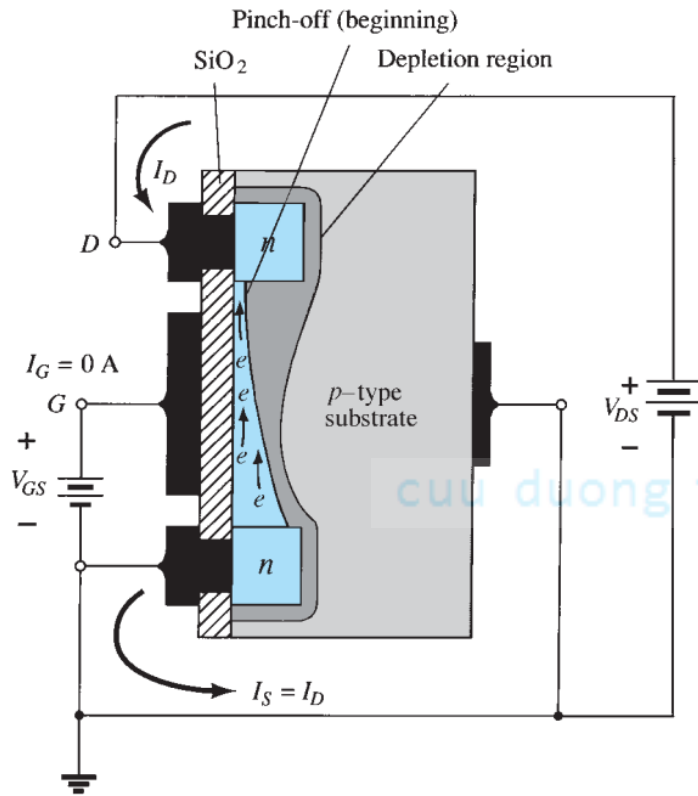


MOSFET không cầu nối (E-MOSFET)

- Cấu tạo gần giống D-MOSFET, khác là không có kênh nhỏ nối D-S
- Kênh nhỏ được tạo ra khi đặt một điện thế V_{GS} dương vào cực G và S



Hoạt động của E-MOSFET



- Khi V_{GS} dương đủ lớn ($V_{GS} \geq V_T$), kênh dẫn được tạo ra cho phép dòng electron di chuyển từ S sang D
- Khi V_{DS} tăng đến ngưỡng sẽ làm kênh dẫn bị bít kín
- V_{GS} càng dương kênh dẫn càng rộng \rightarrow khó bị bít kín

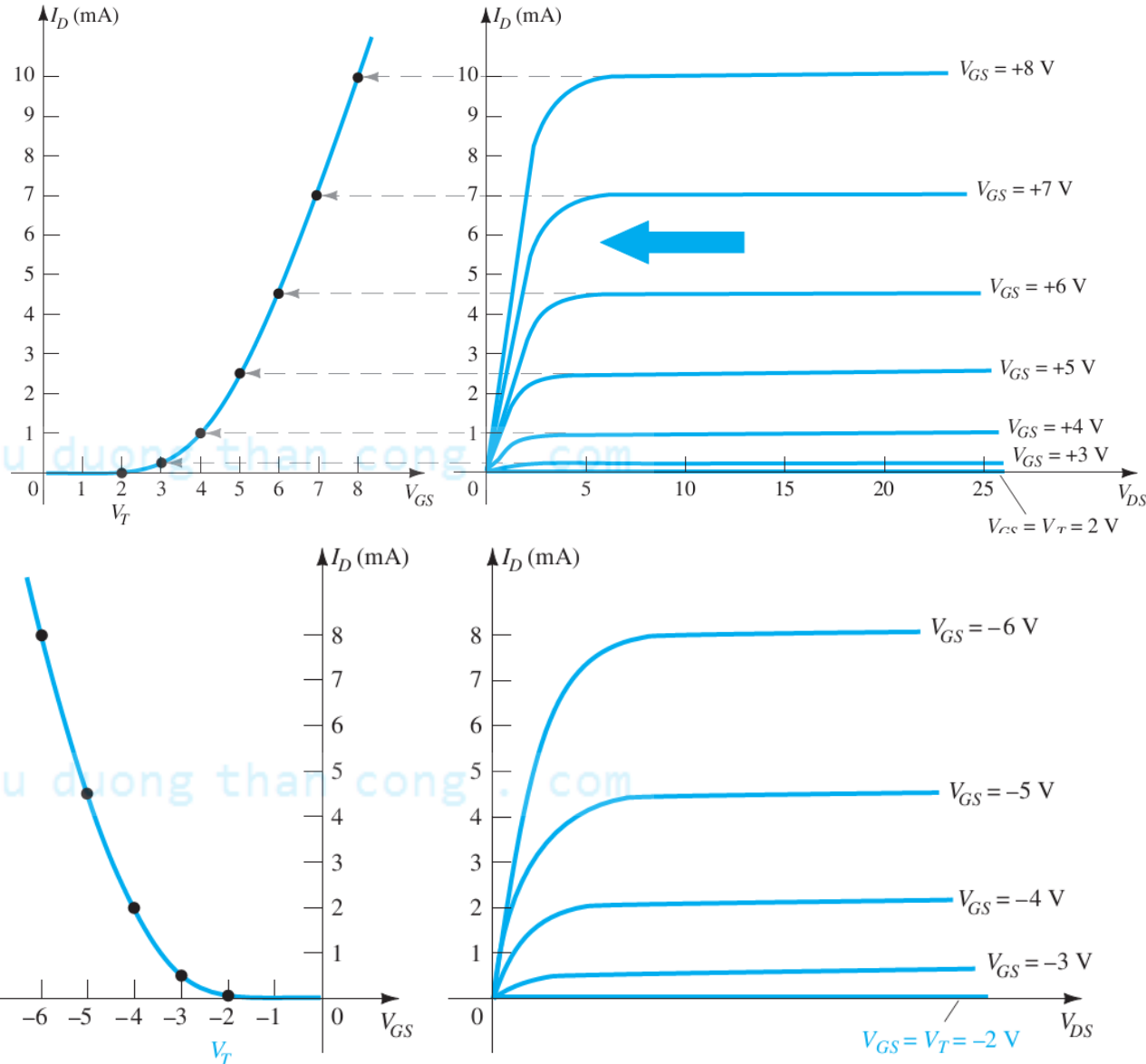
Phương trình truyền tải của E-MOSFET

- I_D quan hệ với V_{GS} theo biểu thức:

$$I_D = k(V_{GS} - V_T)^2$$

- Hệ số k được tính dựa vào thông số trong datasheet

$$k = \frac{I_{D(on)}}{(V_{GS(on)} - V_T)^2}$$



Datasheet của E-MOSFET

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Drain-Source Voltage	V_{DS}	25	Vdc
Drain-Gate Voltage	V_{DG}	30	Vdc
Gate-Source Voltage*	V_{GS}	30	Vdc
Drain Current	I_D	30	mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	300 1.7	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Junction Temperature Range	T_J	175	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +175	$^\circ\text{C}$

* Transient potentials of ± 75 Volt will not cause gate-oxide failure.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
----------------	--------	-----	-----	------

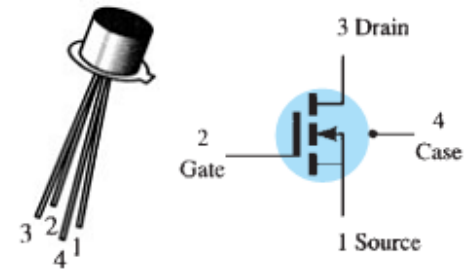
OFF CHARACTERISTICS

Drain-Source Breakdown Voltage ($I_D = 10 \mu\text{A}$, $V_{GS} = 0$)	$V_{(BR)DSX}$	25	—	Vdc
Zero-Gate-Voltage Drain Current ($V_{DS} = 10 \text{ V}$, $V_{GS} = 0$) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = 150^\circ\text{C}$	I_{DSS}	— —	10 10	nAdc μAdc
Gate Reverse Current ($V_{GS} = \pm 15 \text{ Vdc}$, $V_{DS} = 0$)	I_{GSS}	—	± 10	pAdc

ON CHARACTERISTICS

Gate Threshold Voltage ($V_{DS} = 10 \text{ V}$, $I_D = 10 \mu\text{A}$)	$V_{GS(Th)}$	1.0	5	Vdc
Drain-Source On-Voltage ($I_D = 2.0 \text{ mA}$, $V_{GS} = 10 \text{ V}$)	$V_{DS(on)}$	—	1.0	V
On-State Drain Current ($V_{GS} = 10 \text{ V}$, $V_{DS} = 10 \text{ V}$)	$I_{D(on)}$	3.0	—	mAdc

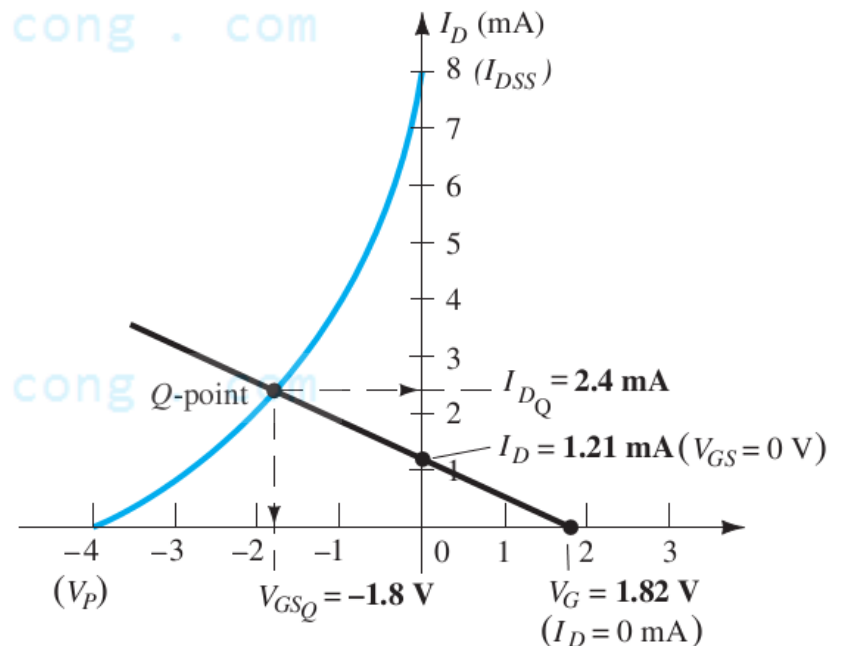
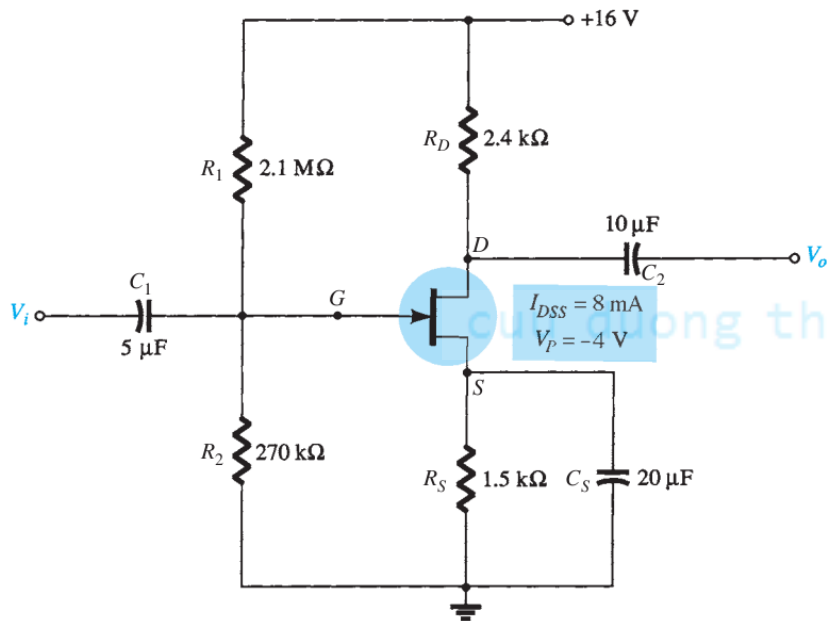
2N4351 MOSFET SWITCHING



N-CHANNEL – ENHANCEMENT

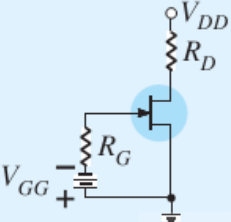
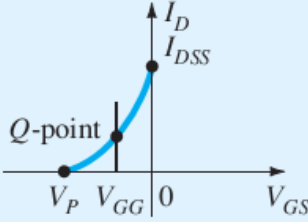
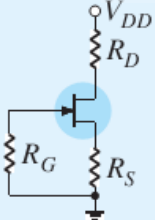
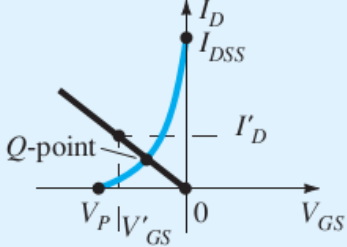
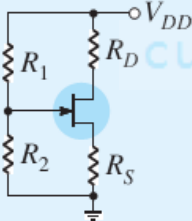
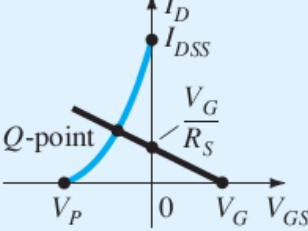
Nội dung trình bày

- Phân loại FET
- Cấu tạo và hoạt động của JFET
- Cấu tạo và hoạt động của MOSFET
- Phân cực cho FET

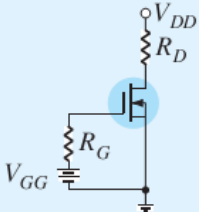
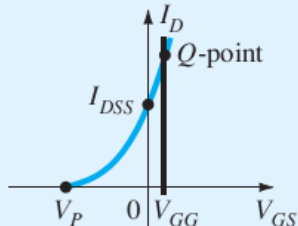
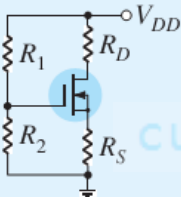
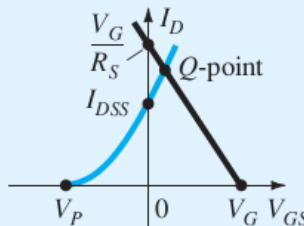
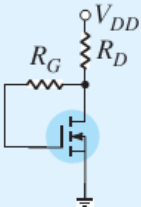
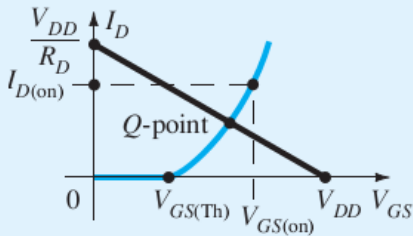
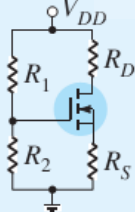


Phân cực cho JFET

- Có 3 kiểu: phân cực tĩnh, tự phân cực và phân cực dùng cầu chia áp

JFET Fixed-bias		$V_{GS_Q} = -V_{GG}$ $V_{DS} = V_{DD} - I_D R_D$	
JFET Self-bias		$V_{GS} = -I_D R_S$ $V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S)$	
JFET Voltage-divider bias		$V_G = \frac{R_2 V_{DD}}{R_1 + R_2}$ $V_{GS} = V_G - I_D R_S$ $V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S)$	

Phân cực cho MOSFET

Depletion-type MOSFET Fixed-bias (and MESFETs)		$V_{GS_Q} = +V_{GG}$ $V_{DS} = V_{DD} - I_D R_D$	
Depletion-type MOSFET Voltage-divider bias (and MESFETs)		$V_G = \frac{R_2 V_{DD}}{R_1 + R_2}$ $V_{GS} = V_G - I_S R_S$ $V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S)$	
Enhancement type MOSFET Feedback configuration (and MESFETs)		$V_{GS} = V_{DS}$ $V_{GS} = V_{DD} - I_D R_D$	
Enhancement type MOSFET Voltage-divider bias (and MESFETs)		$V_G = \frac{R_2 V_{DD}}{R_1 + R_2}$ $V_{GS} = V_G - I_D R_S$	