

СХЕМИ НА ПОЛЬОВИХ ТРАНЗИСТОРАХ

Ч.1. – Загальні принципи
побудови

Польові транзистори

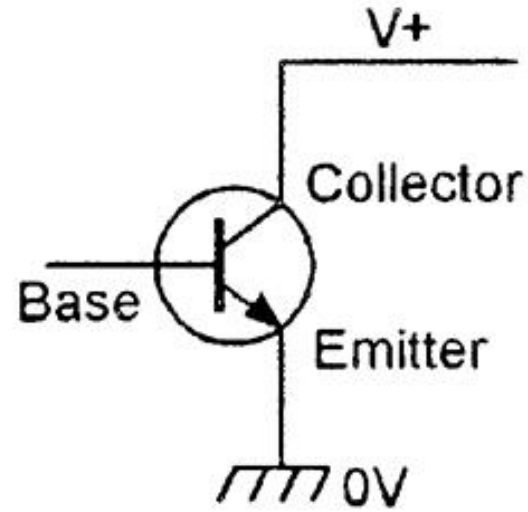
При використанні ПТ немає необхідності слідкувати за струмом затвора – він дуже малий через те, що вхідний опір ПТ становить сотні МОм – одиниці ГОм (вхідний струм вимірюється пікоамперами).

ПТ – це напівпровідникові пристрої, які керуються зарядом (або напругою). Основною вихідною величиною є, як правило, струм.

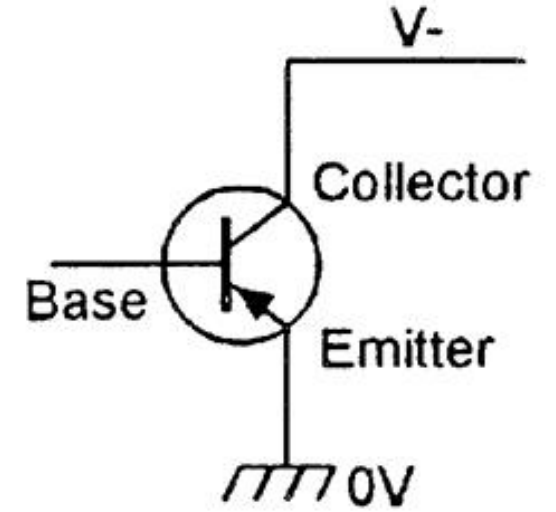
Корисно запам'ятати правило:

БТ: на вході – керуючий струм, на виході – керована напруга.

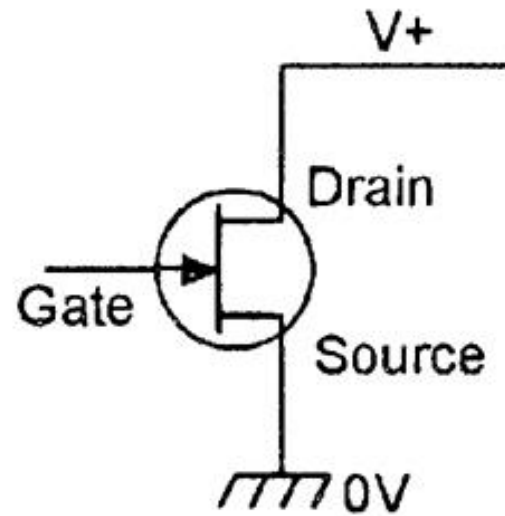
ПТ: на вході – керуюча напруга, на виході – керований струм.



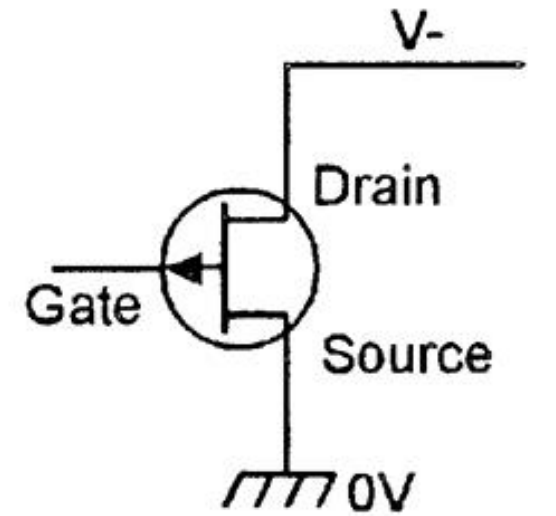
(a) npn transistor



(b) pnp transistor



(c) n-channel JFET



(d) p-channel JFET

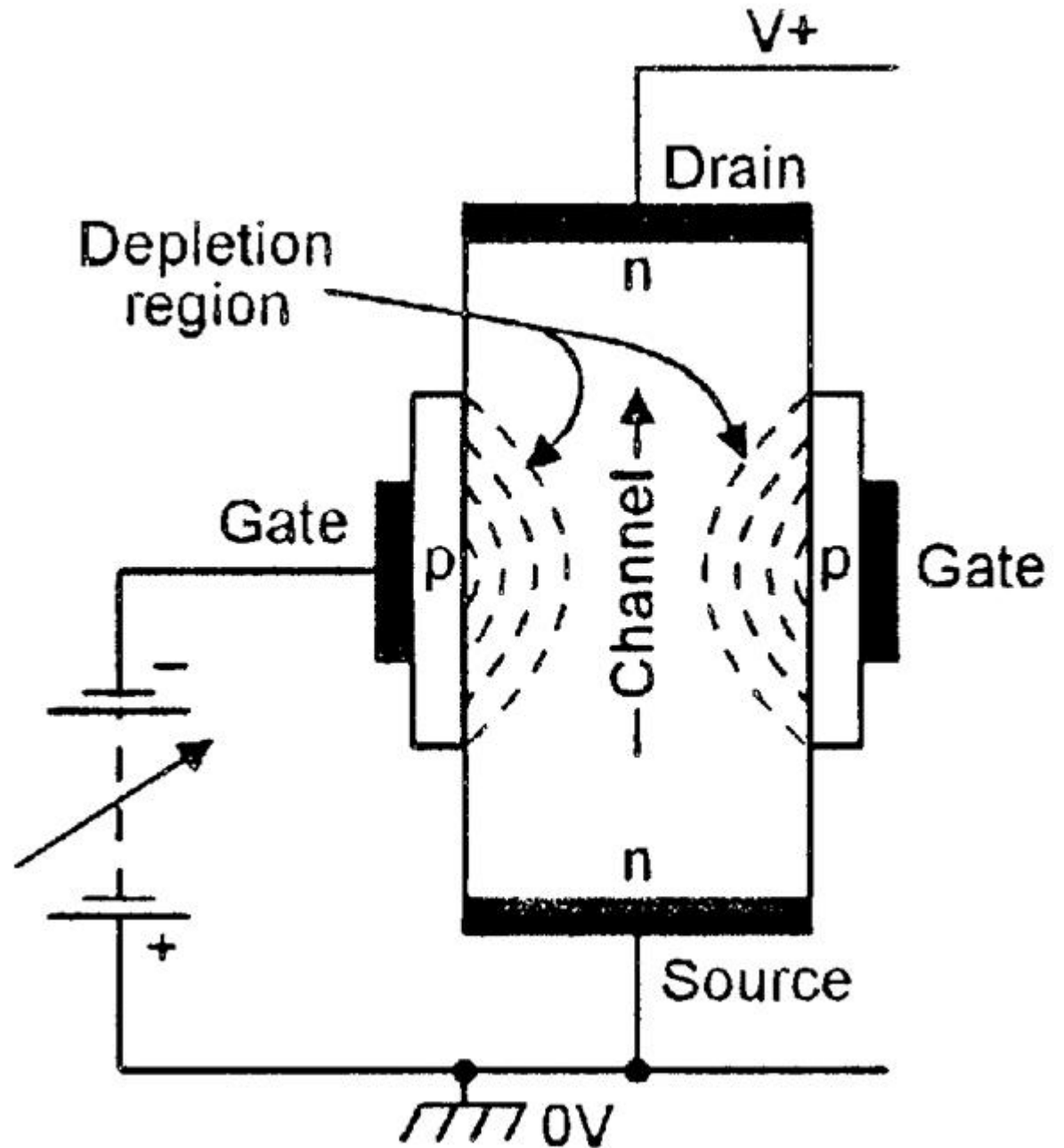
Польові транзистори

Схематична будова

Тут показаний ПТ з керуючим р-n-переходом. Цей р-n-перехід весь час повинен бути зміщений у зворотному напрямку, щоб струму через нього не було. Таким чином, на вхід такого ПТ можна подавати сигнали строго однієї полярності.

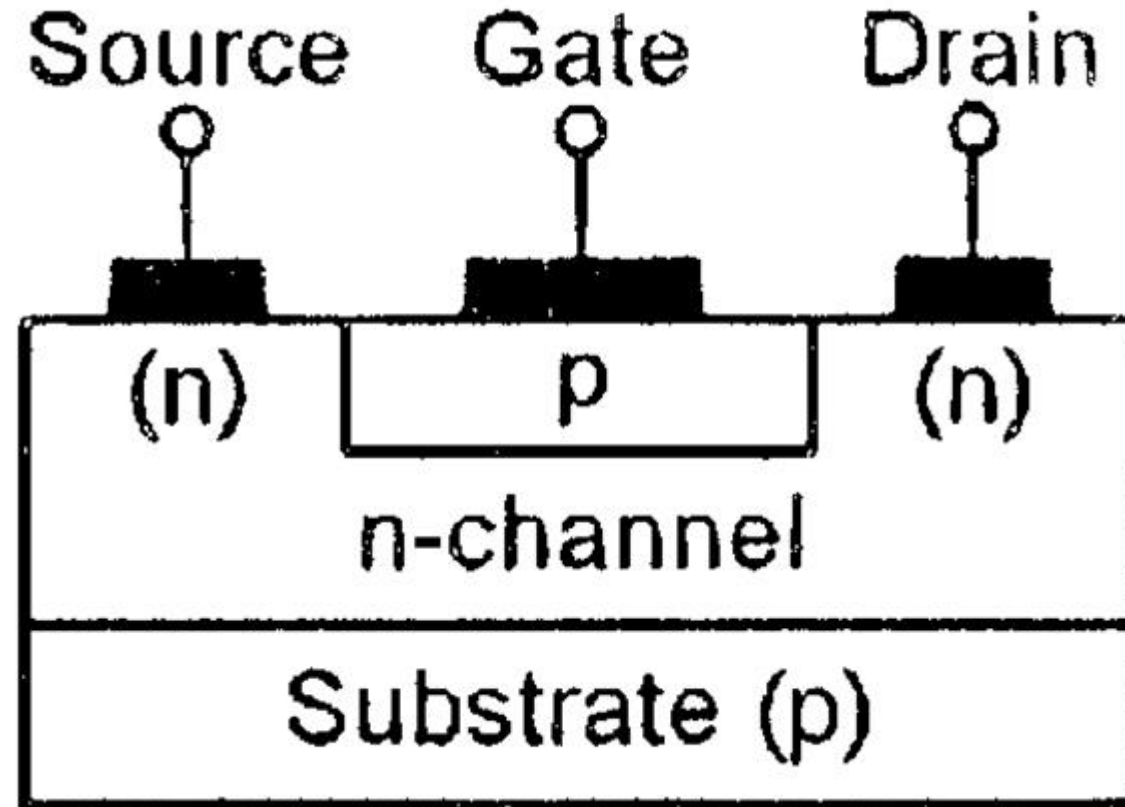
ПТ з ізолюваним затвором такого недоліку позбавлені.

Як правило, при відсутності напруги на затворі ПТ має низький опір каналу (тобто через ПТ можуть текти максимальний струм), а при поступовому збільшенні напруги на затворі опір каналу збільшується.



Польові транзистори

Реальна будова планарного ПТ



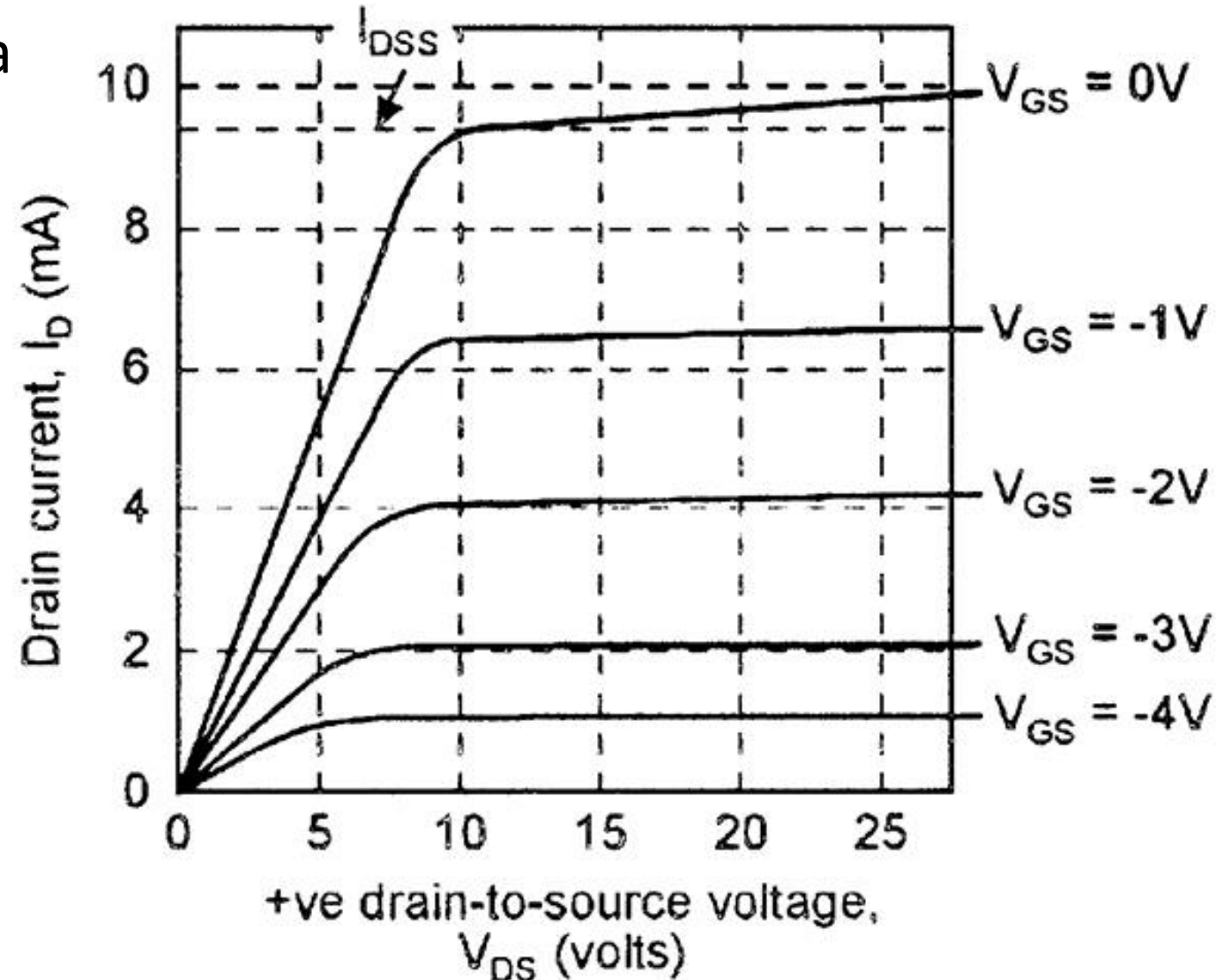
Польові транзистори

Типова вихідна характеристика

Оскільки вхідний струм ПТ вкрай малий, то вхідної характеристики як такої у ПТ немає.

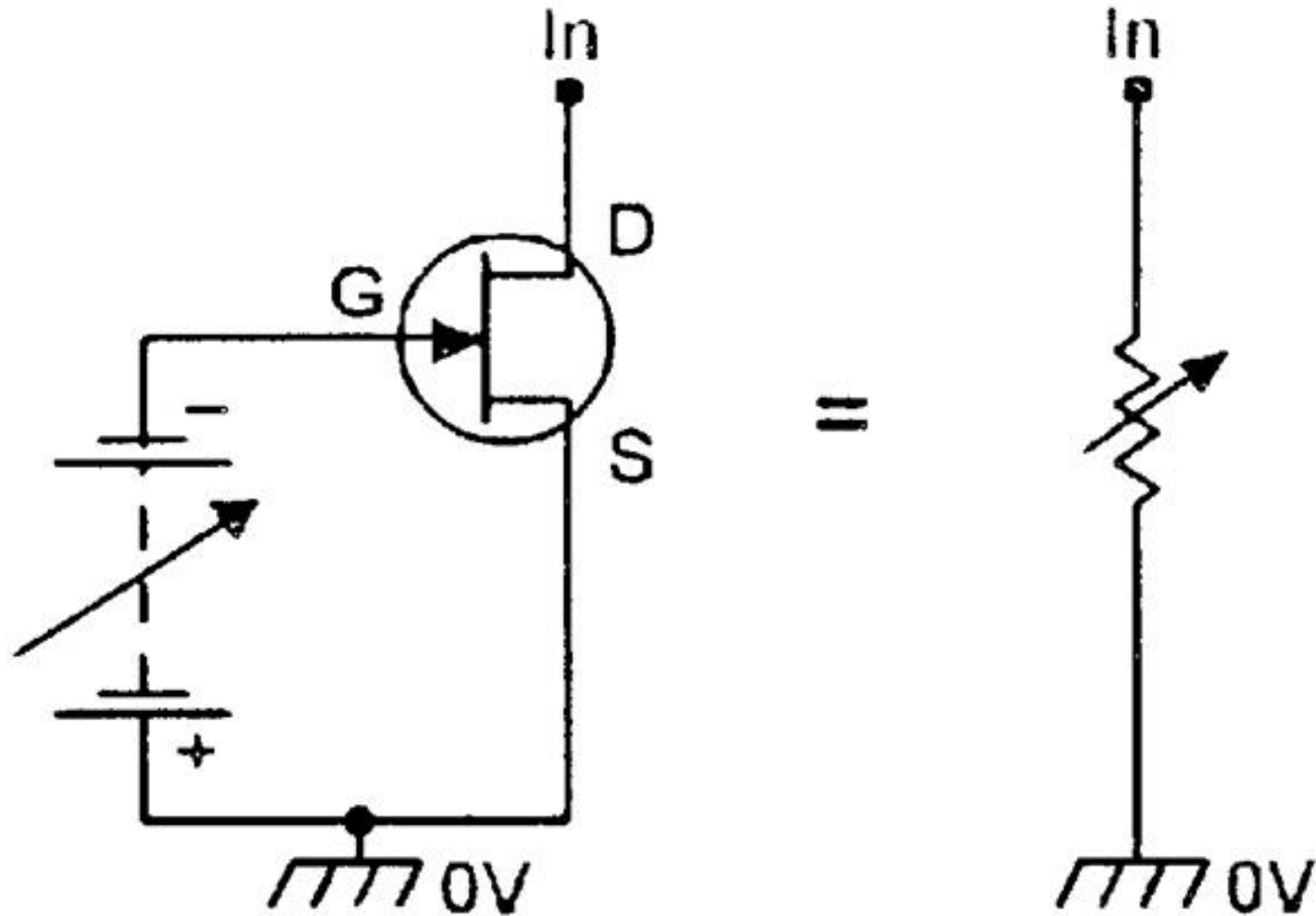
Вихідна характеристика – це, як правило, залежність струму стоку (I_D) від напруги стік-витік (U_{DS}) при сталій напрузі на затворі (U_{GS} – відносно витоку, оскільки найчастіше мова йде саме про схему із спільним витоком).

Інші схеми включення ПТ (зі спільним затвором, зі спільним стоком) використовуються значено рідше.

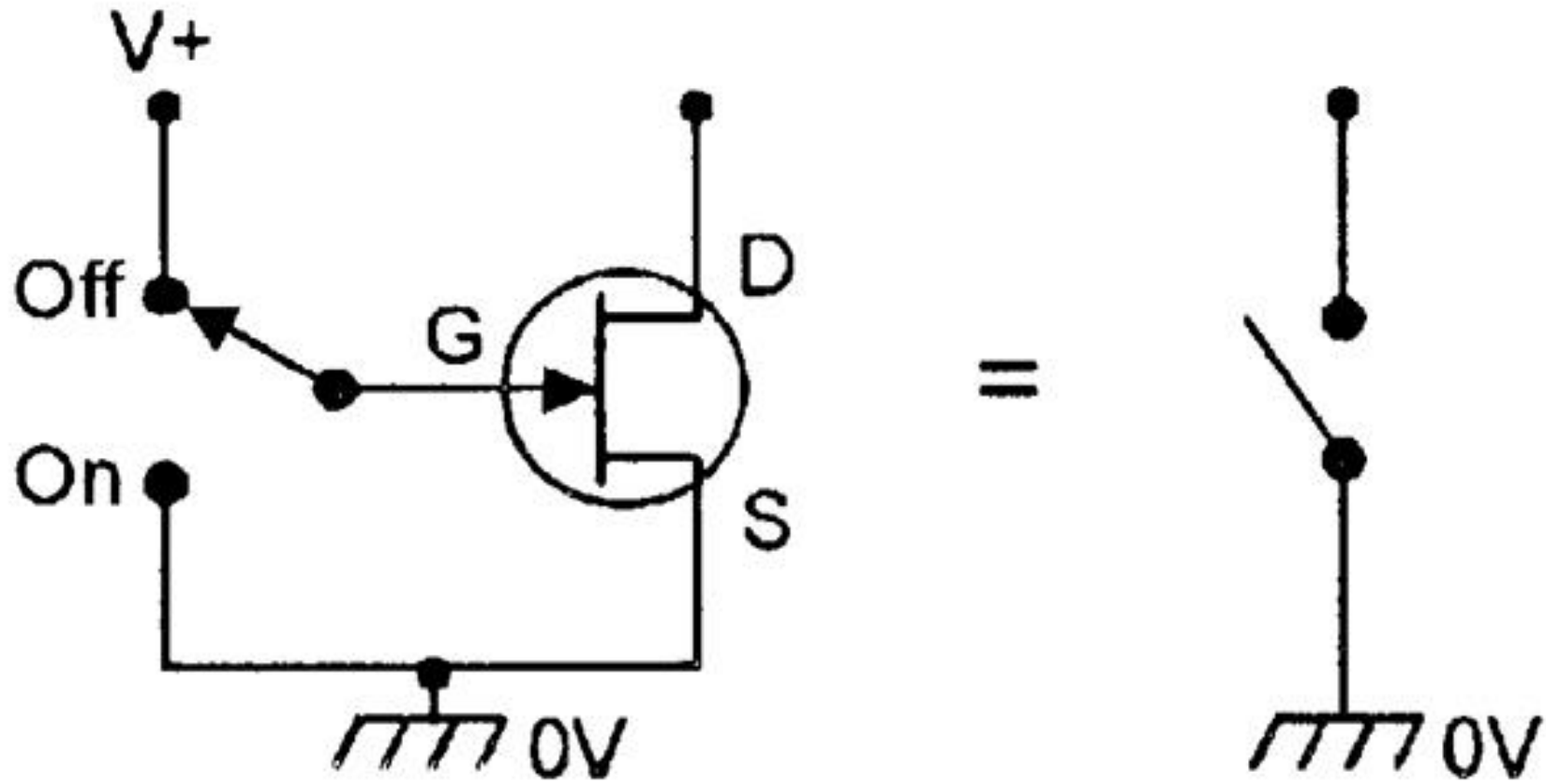


Польові транзистори

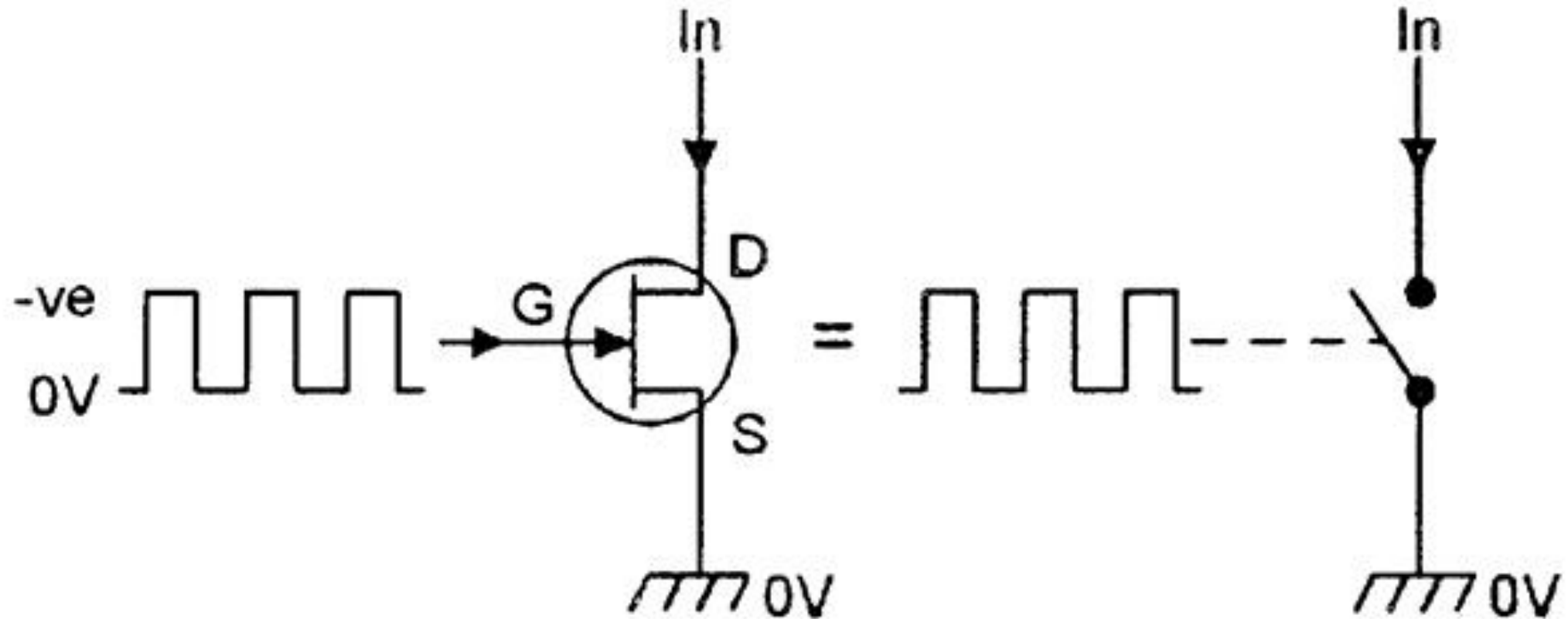
[Майже найточніша] еквівалентна схема



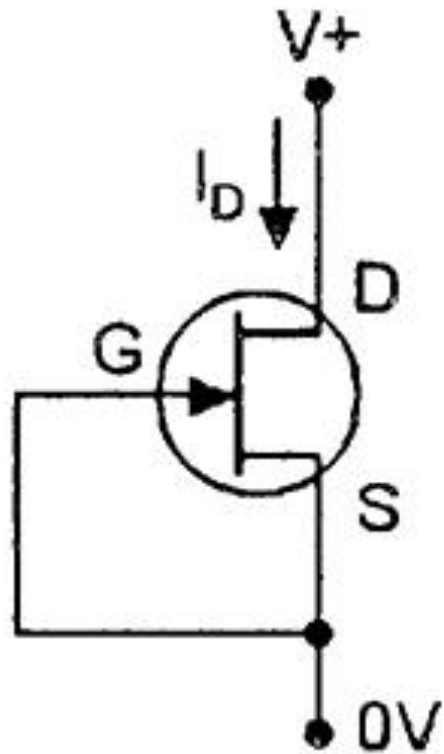
Ключовой режим работы ПТ



Ключовой режим работы ПТ

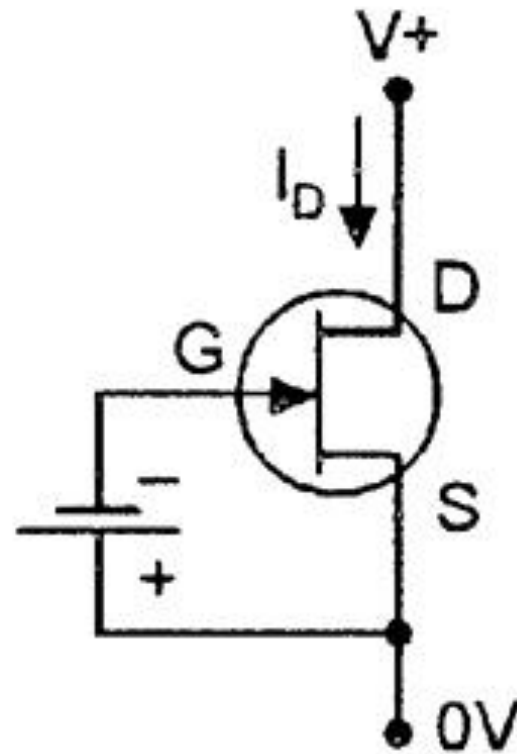


Джерело струму на ПТ



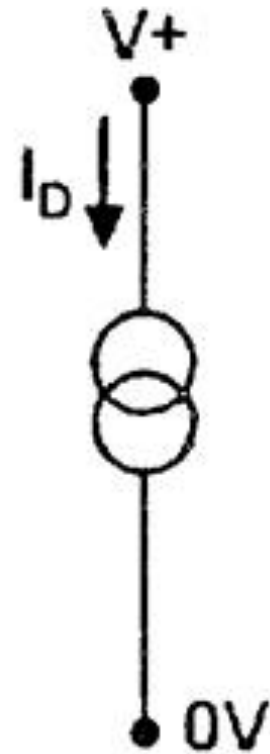
(a)

or



(b)

||



(b)

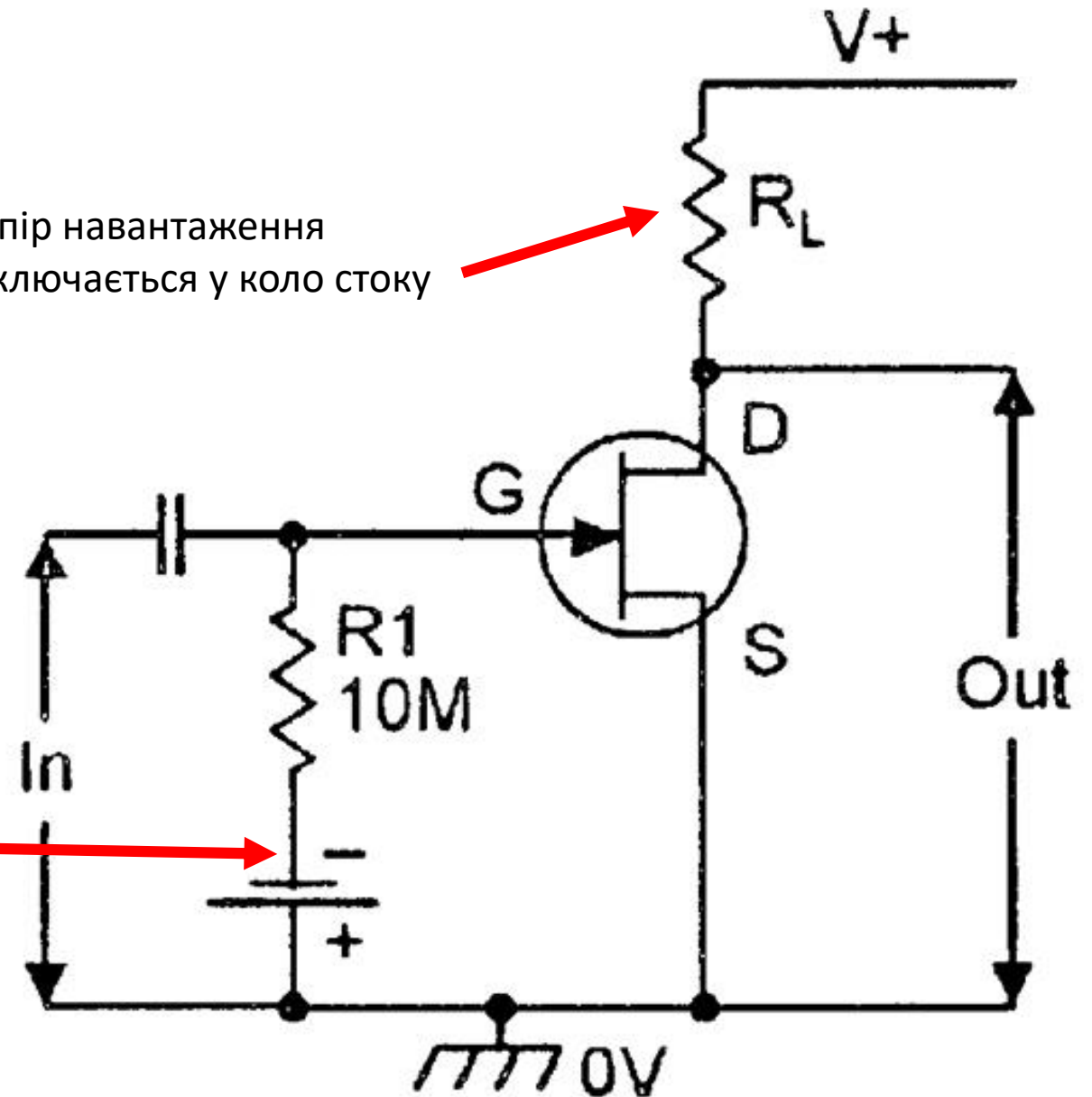
Основна схема підсилювача на ПТ

Схема із спільним витоком (common source) є аналогом схеми із спільним емітером (на БТ).

Точно так само, як в схема із СЕ, схема із СВ інвертує сигнал, має найбільший коефіцієнт підсилення по струму/напрузі/потужності, а також і найсильніше спотворює сигнал.

Зверніть увагу на те, що полярність вхідного сигналу тут має знак «-».

Опір навантаження включається у коло стоку



Альтернативна схема

Аналог схеми емітерного повторювача –
витоковий повторювач

На відміну від попередньої схеми ця
схема не інвертує сигнал, але також і
не дає підсилення по напрузі
(підсилює лише по струму).

Опір навантаження включається в
коло витоку.

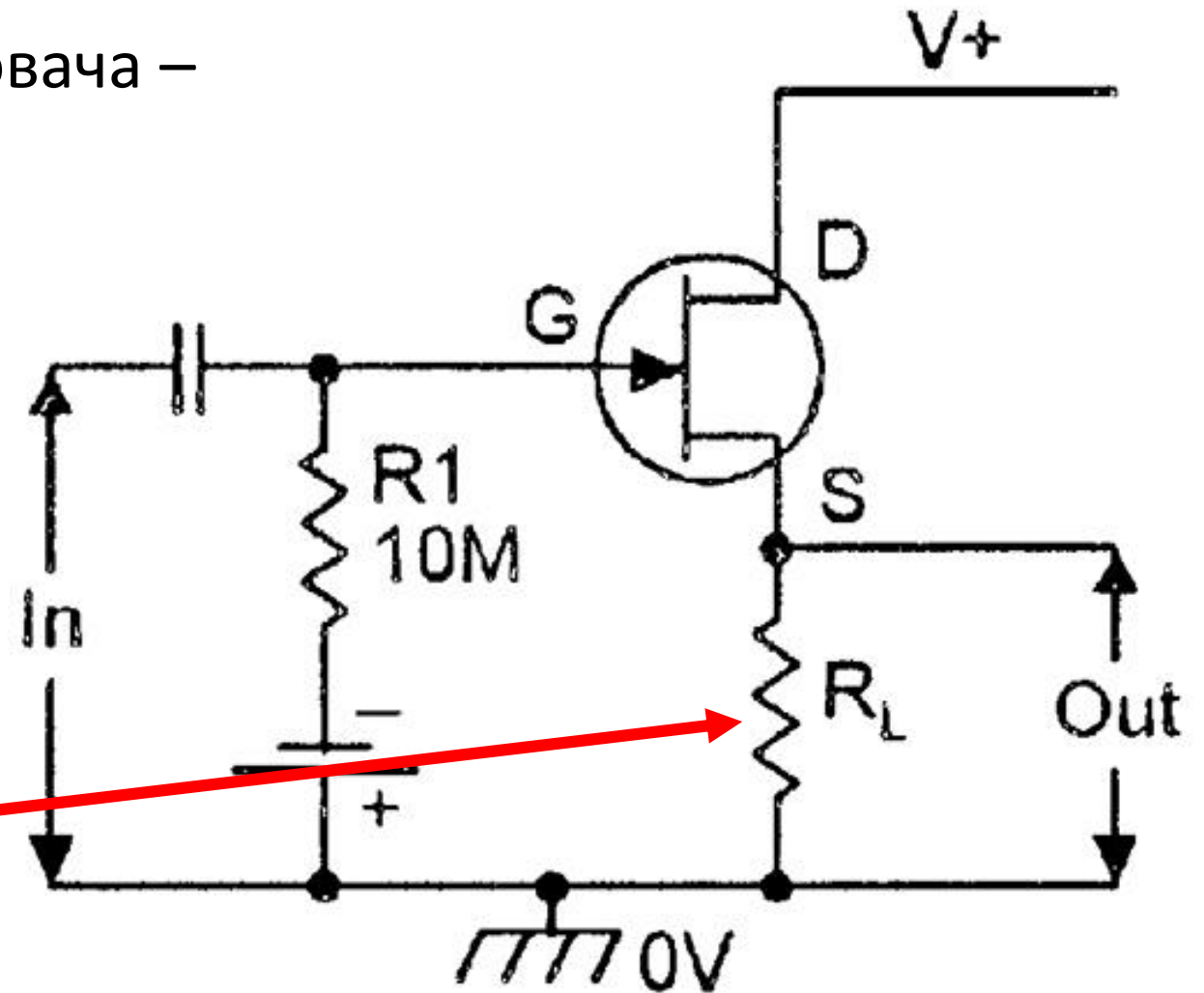


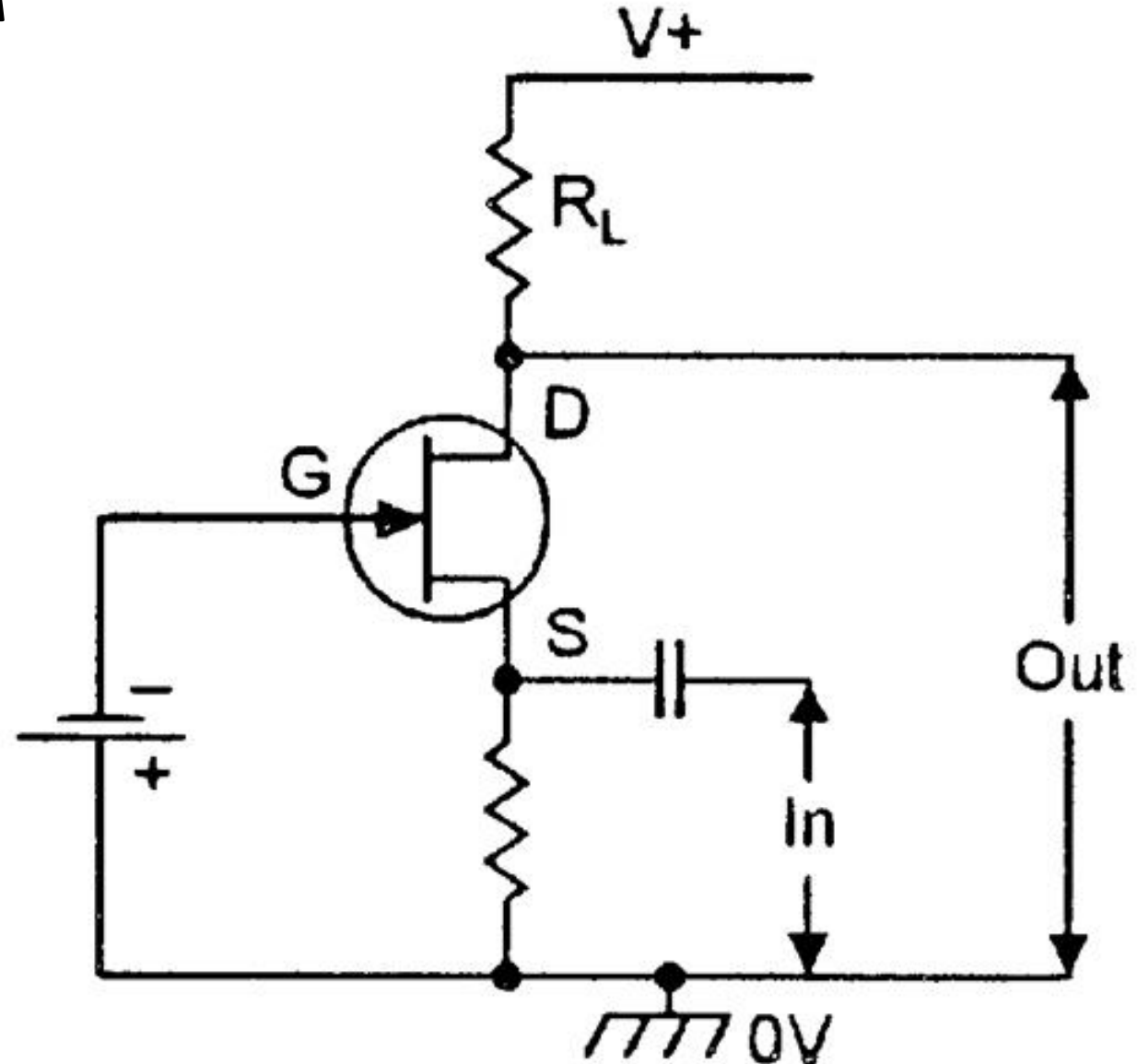
Схема із спільним затвором

Аналог схеми із спільною базою

Точно так само, як в схема із СБ, схема із СЗ не інвертує сигнал, але і не підсилює по струму – лише по напрузі.

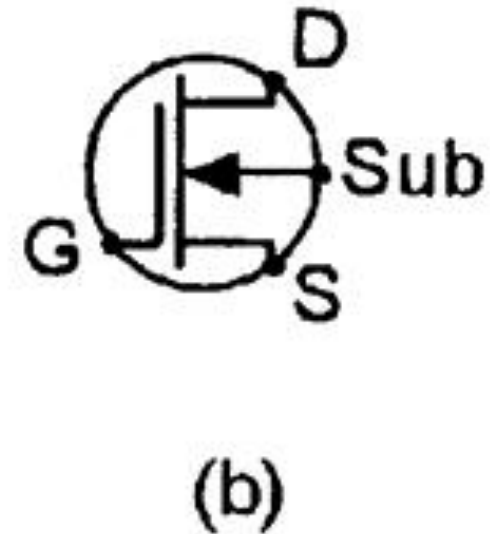
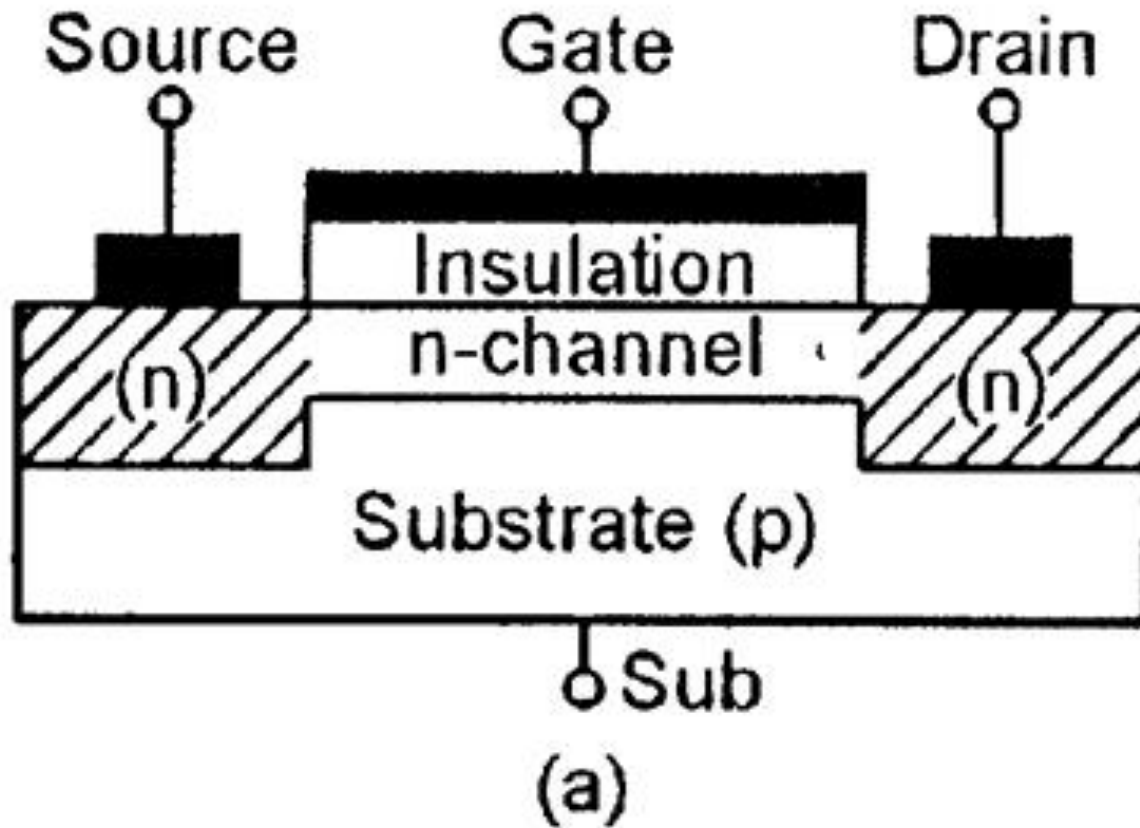
Вхідний сигнал тут подається на витік, а вихідний знімається зі стоку.

На затвор подається напруга зміщення, яка задає робочу гілку вихідної характеристики.



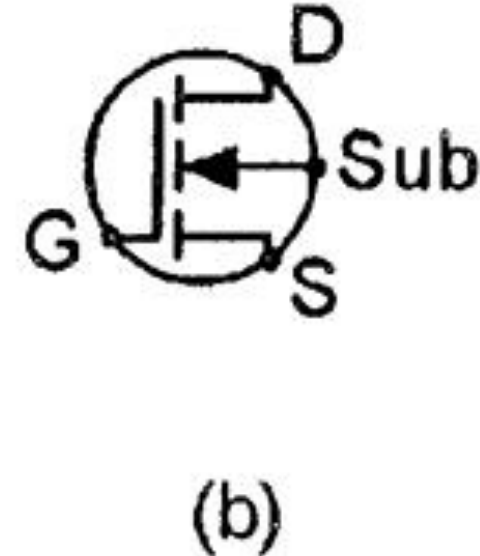
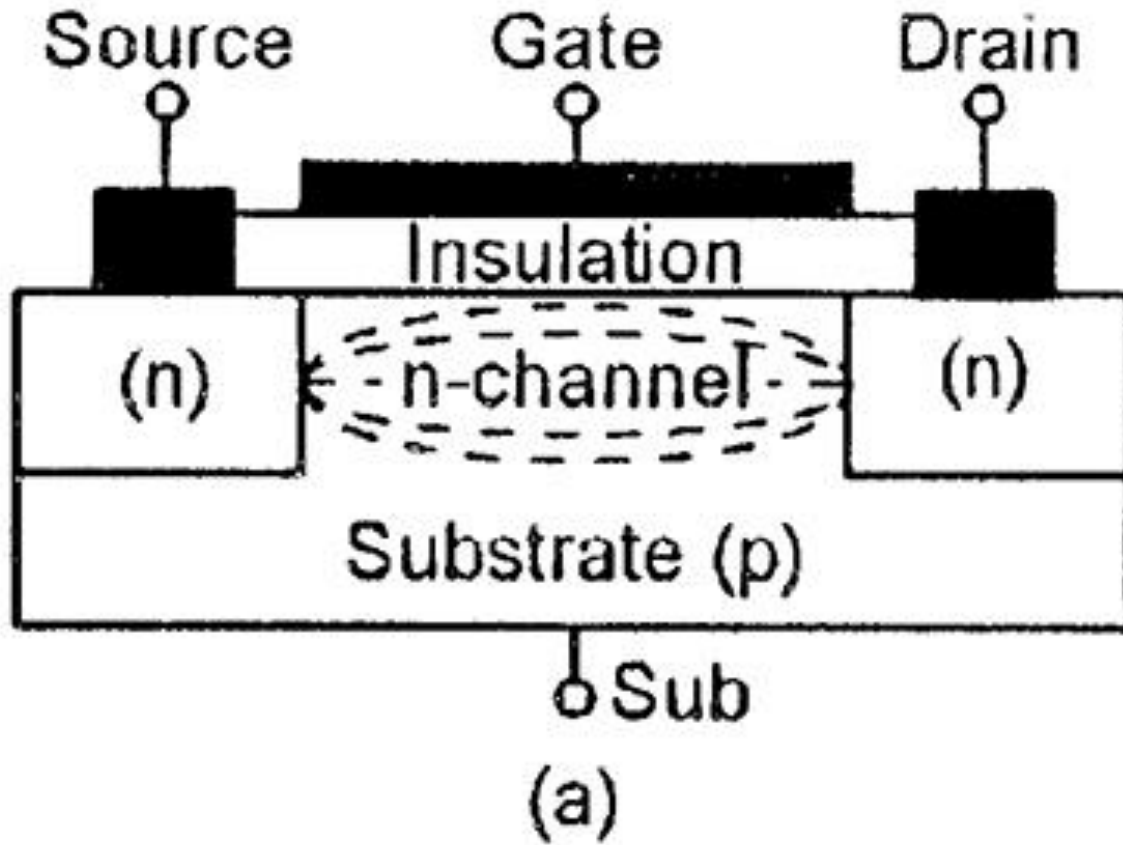
Польові транзистори з ізолюваним затвором (IGFET/MOSFET)

Вбудований канал (збіднені)



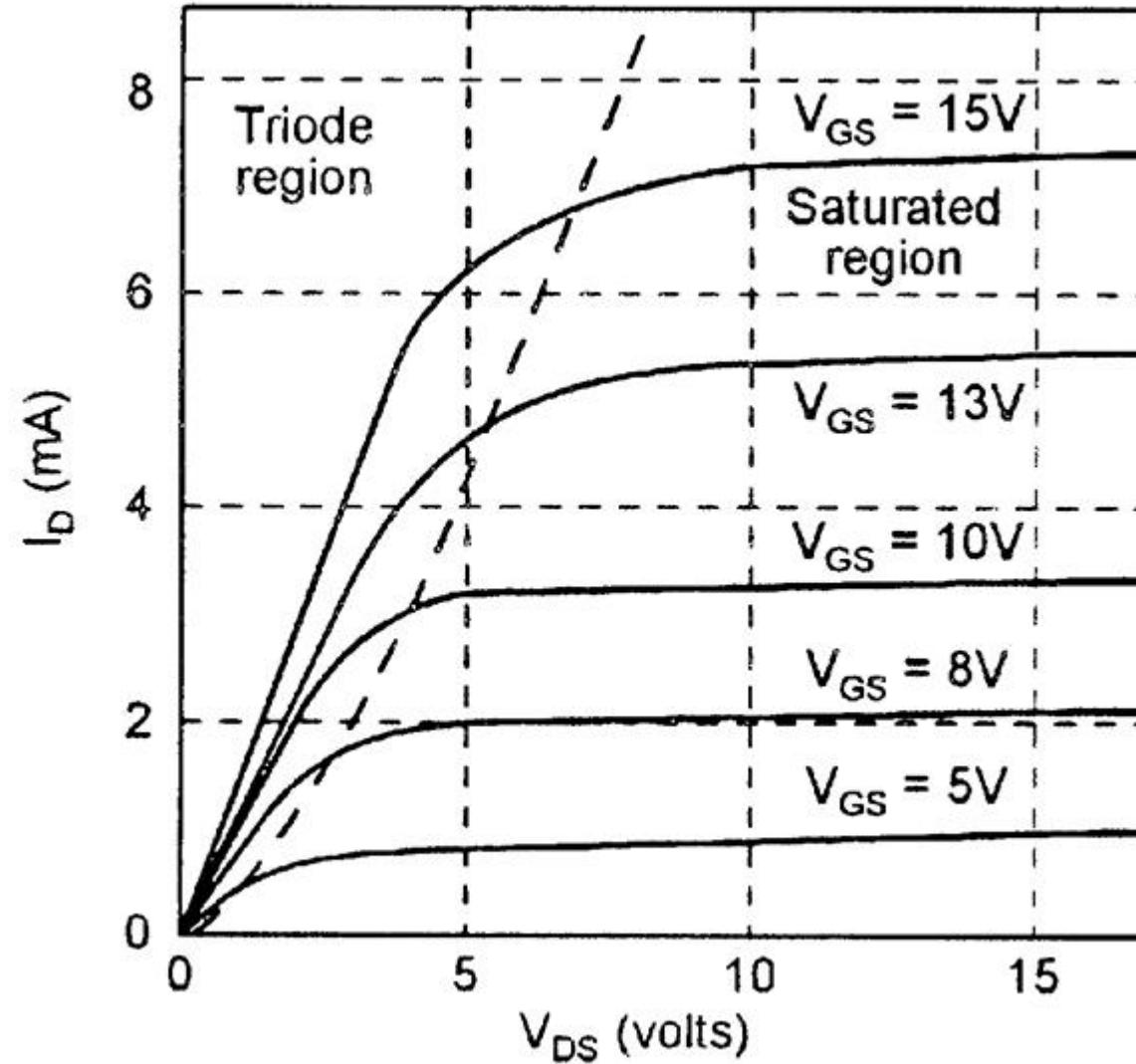
IGFET/MOSFET

Індукований канал (збагачені)



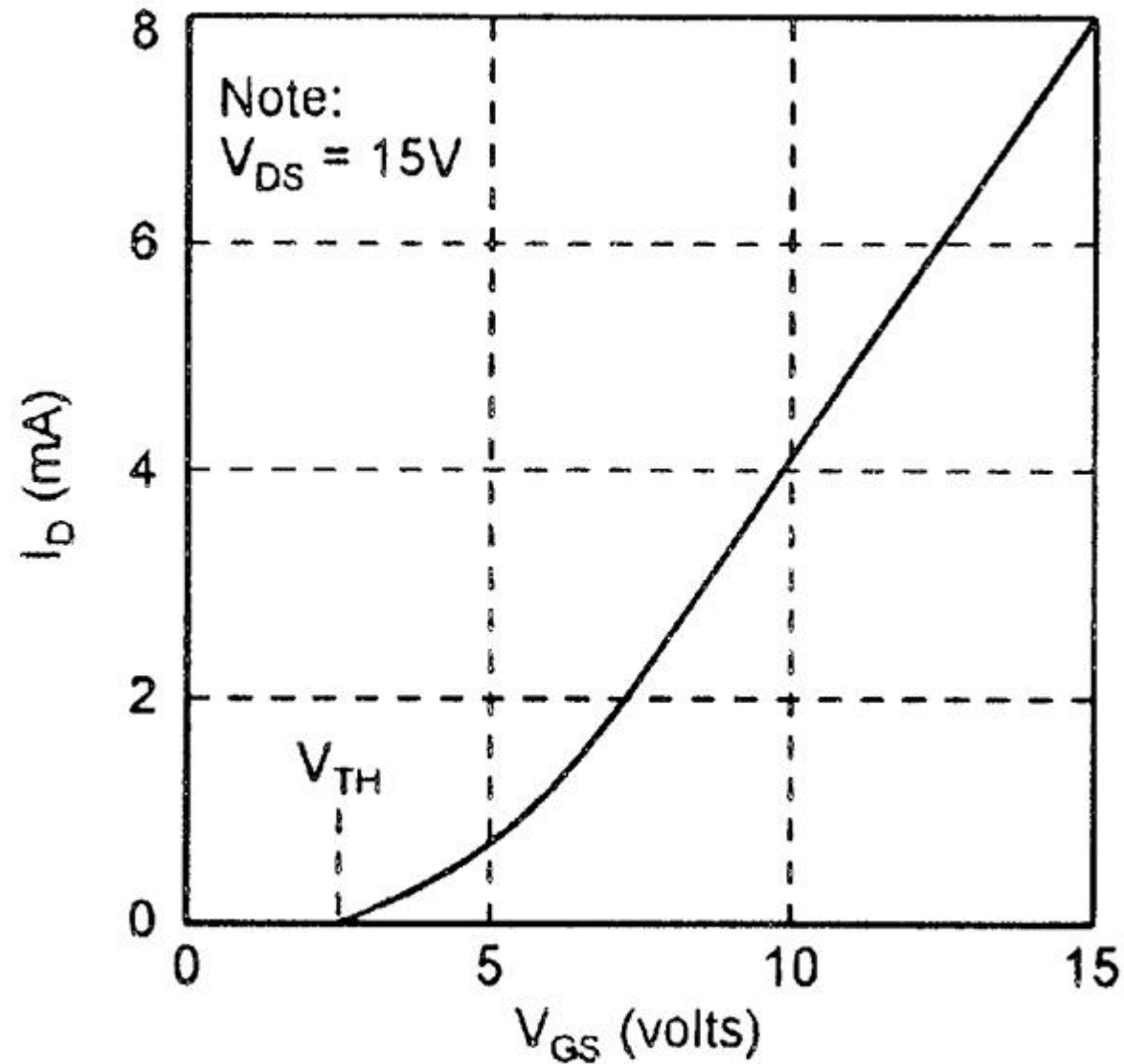
IGFET/MOSFET

Типова вихідна характеристика



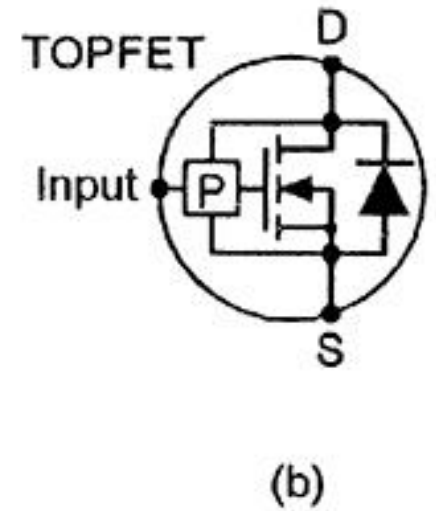
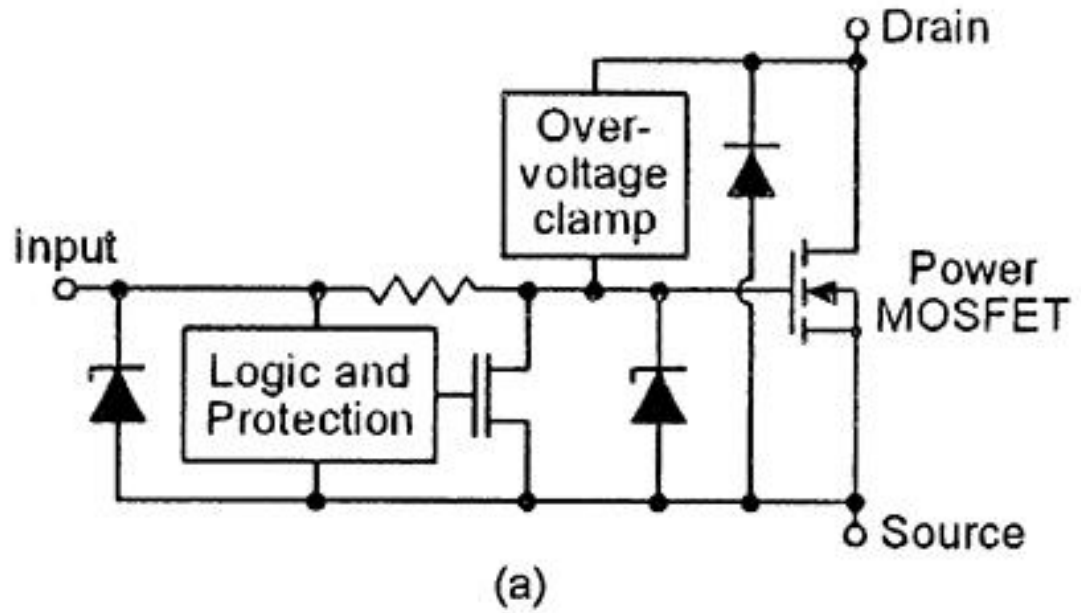
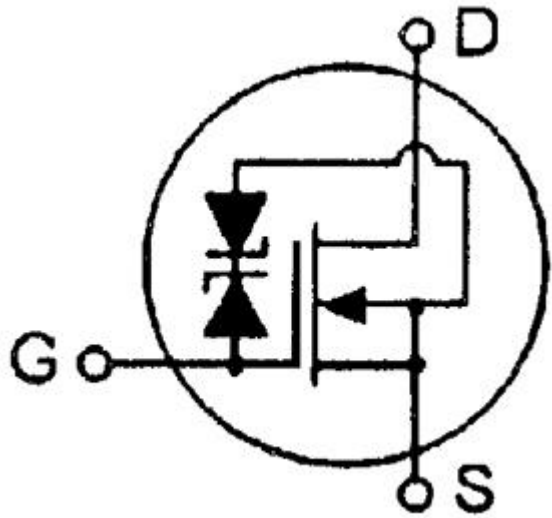
IGFET/MOSFET

Типова перехідна характеристика



IGFET/MOSFET

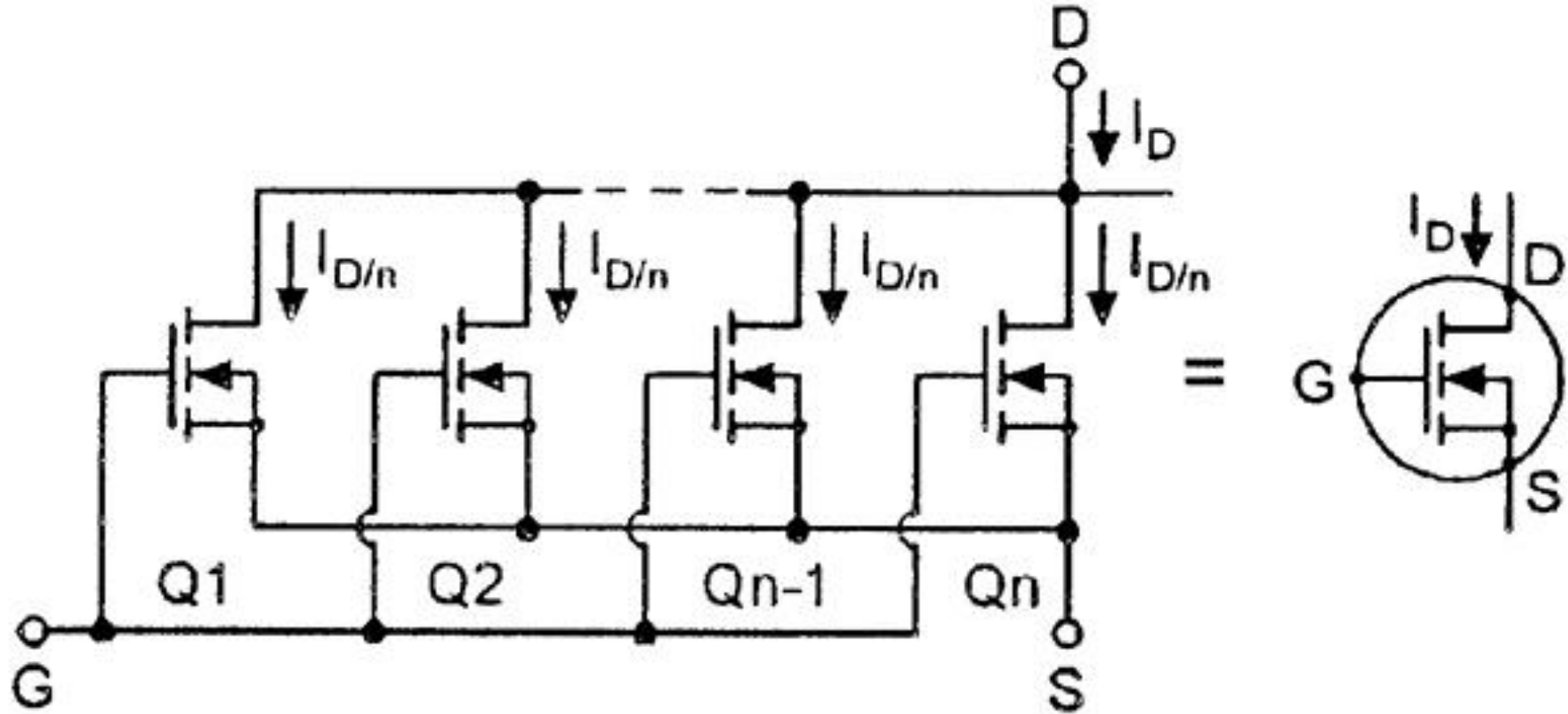
Сучасний ПТ із захистом



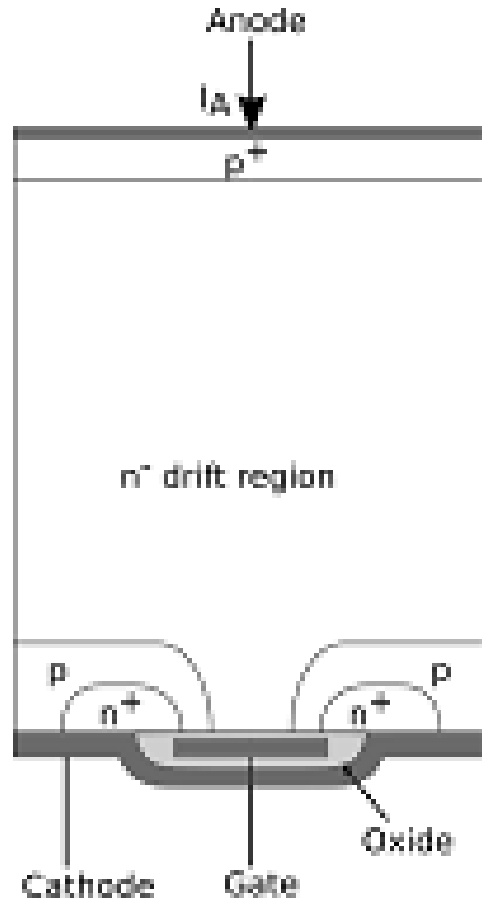
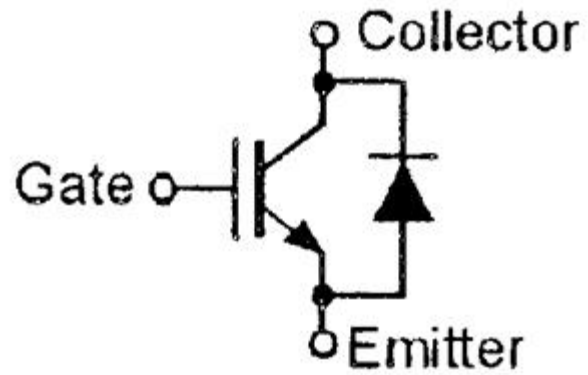
HEXFET

$$U_{DS} = 1000+ \text{ V}$$

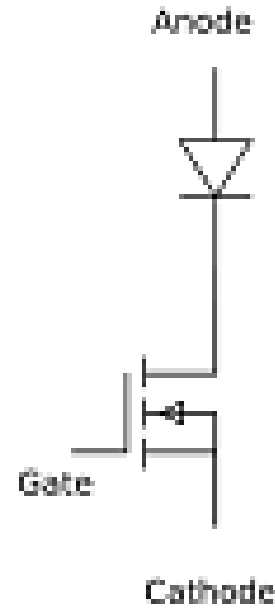
$$I_D = 100+ \text{ A}$$



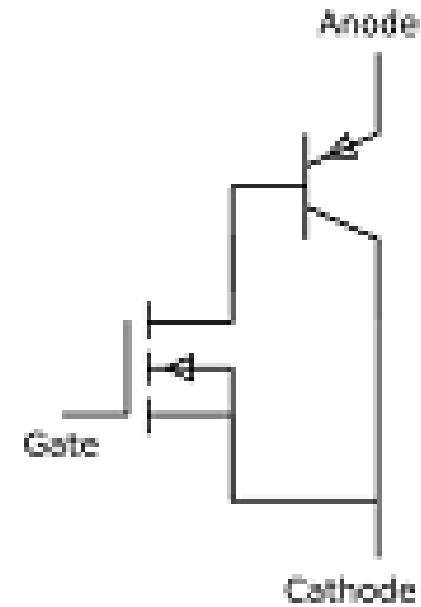
IGBT



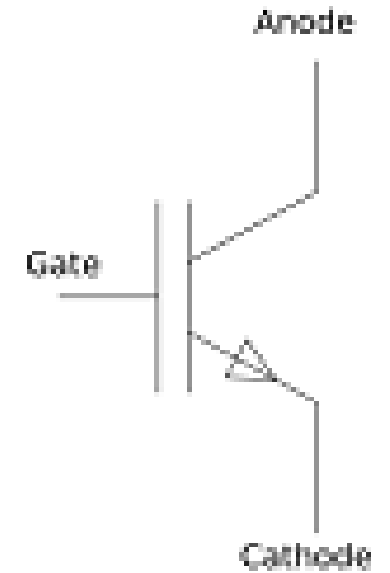
Cross Section



Equivalent Circuit for $V_{ce} < 0.7V$

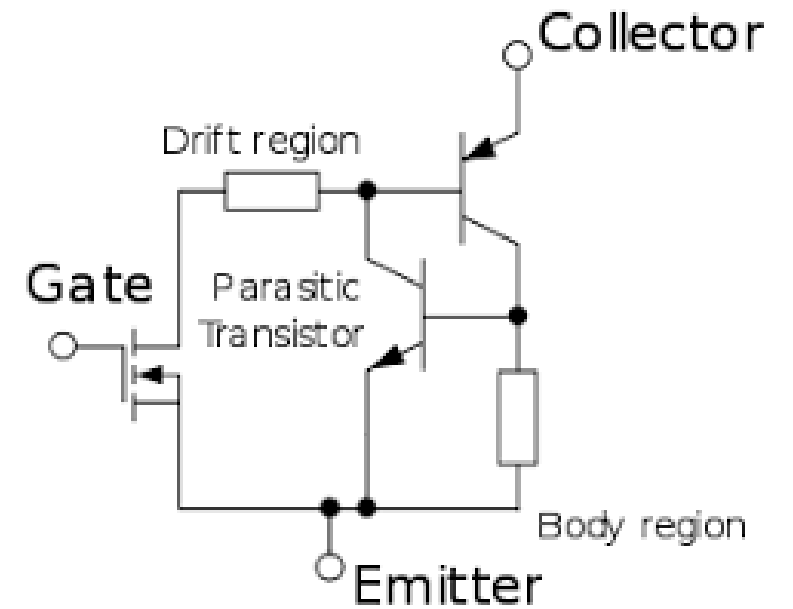
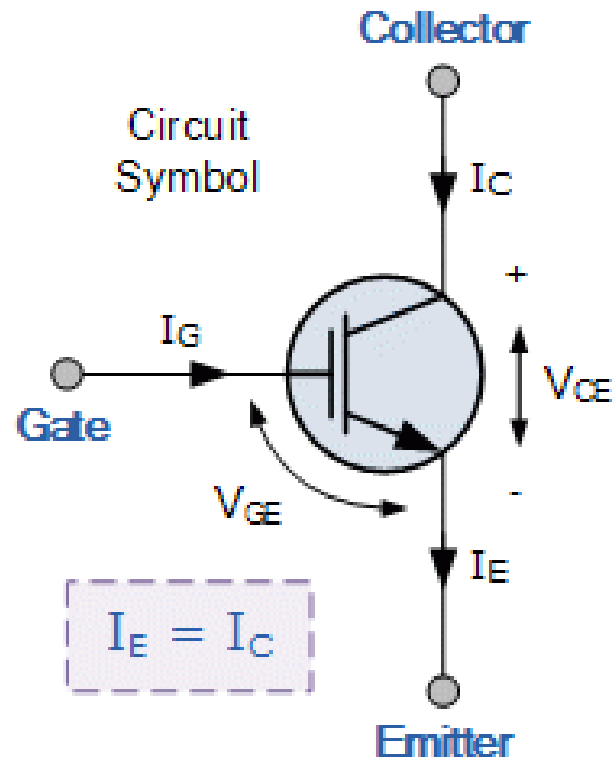
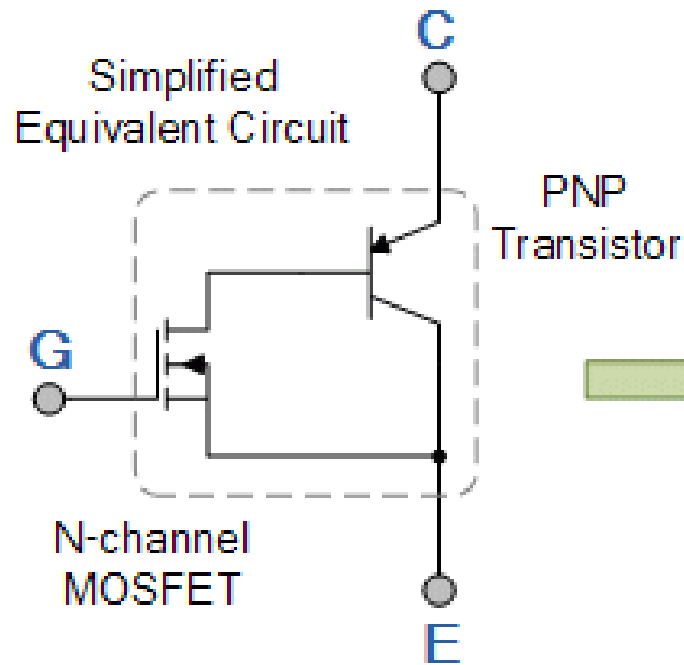


Equivalent Circuit for $V_{ce} > 0.7V$



Symbol

IGBT



NPT-IGBT i PT-IGBT

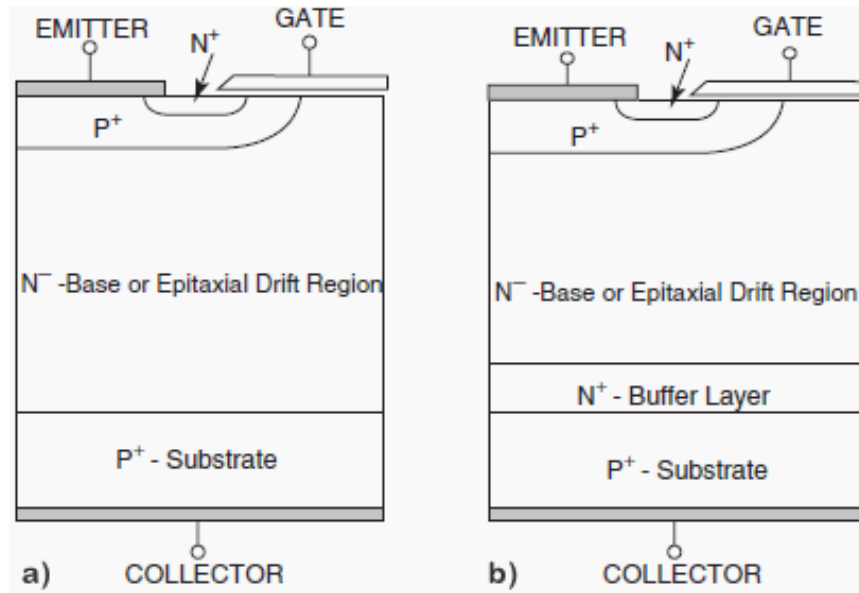
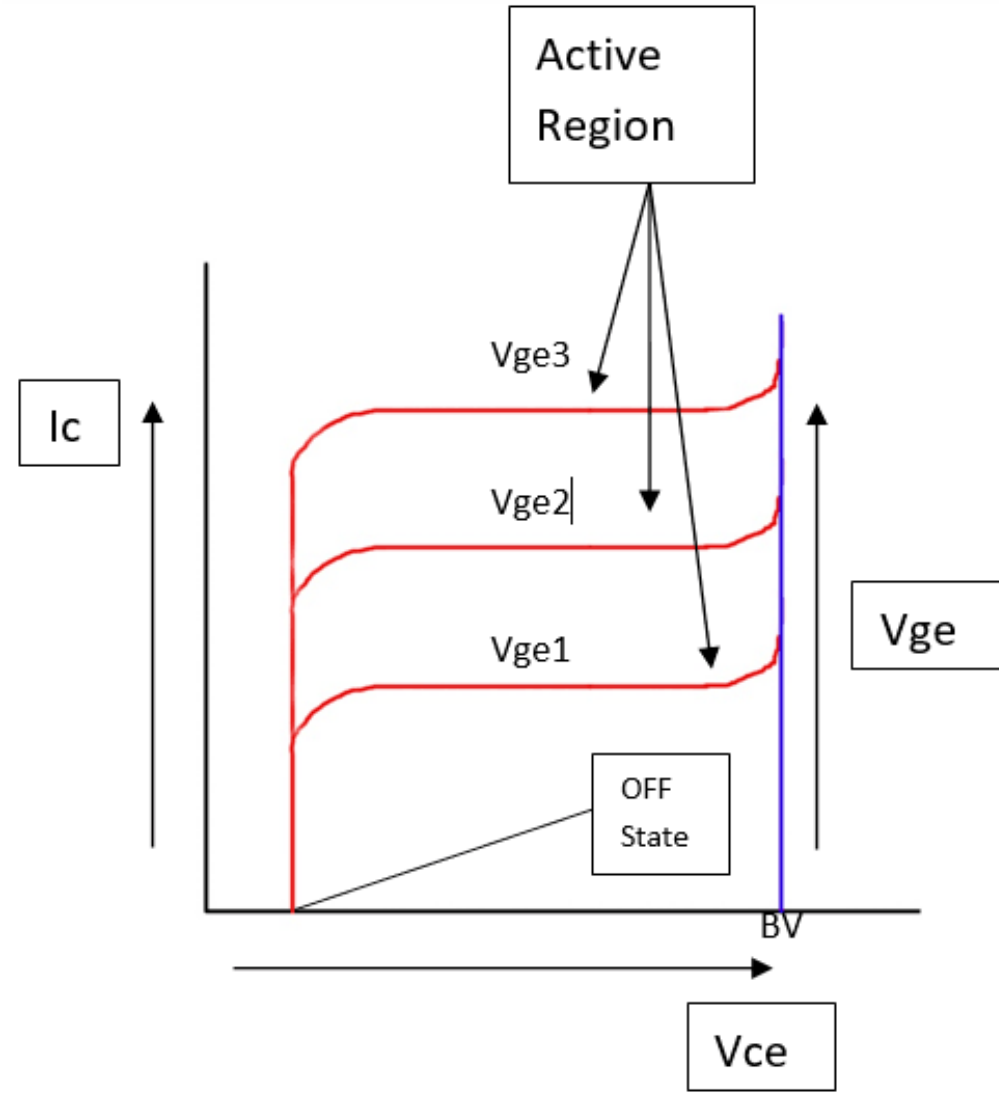
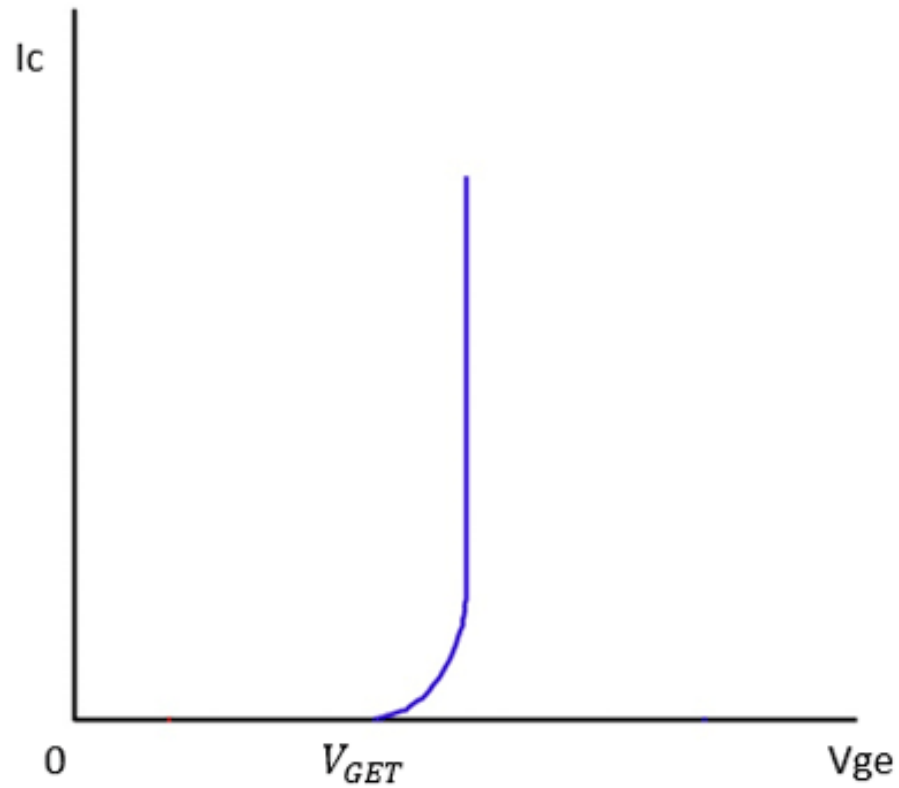


Table 1: Characteristics Comparison of NPT and PT IGBTs:

	NPT	PT
Switching Loss	Medium Long, low amplitude tail current. Moderate increase in E_{off} with temperature	Low Short tail current Significant increase in E_{off} with temperature
Conduction Loss	Medium Increases with temperature	Low Flat to slight decrease with temperature
Paralleling	Easy Optional sorting Recommend share heat	Difficult Must sort on $V_{CE(on)}$
Short-Circuit Rated	Yes	Limited High gain

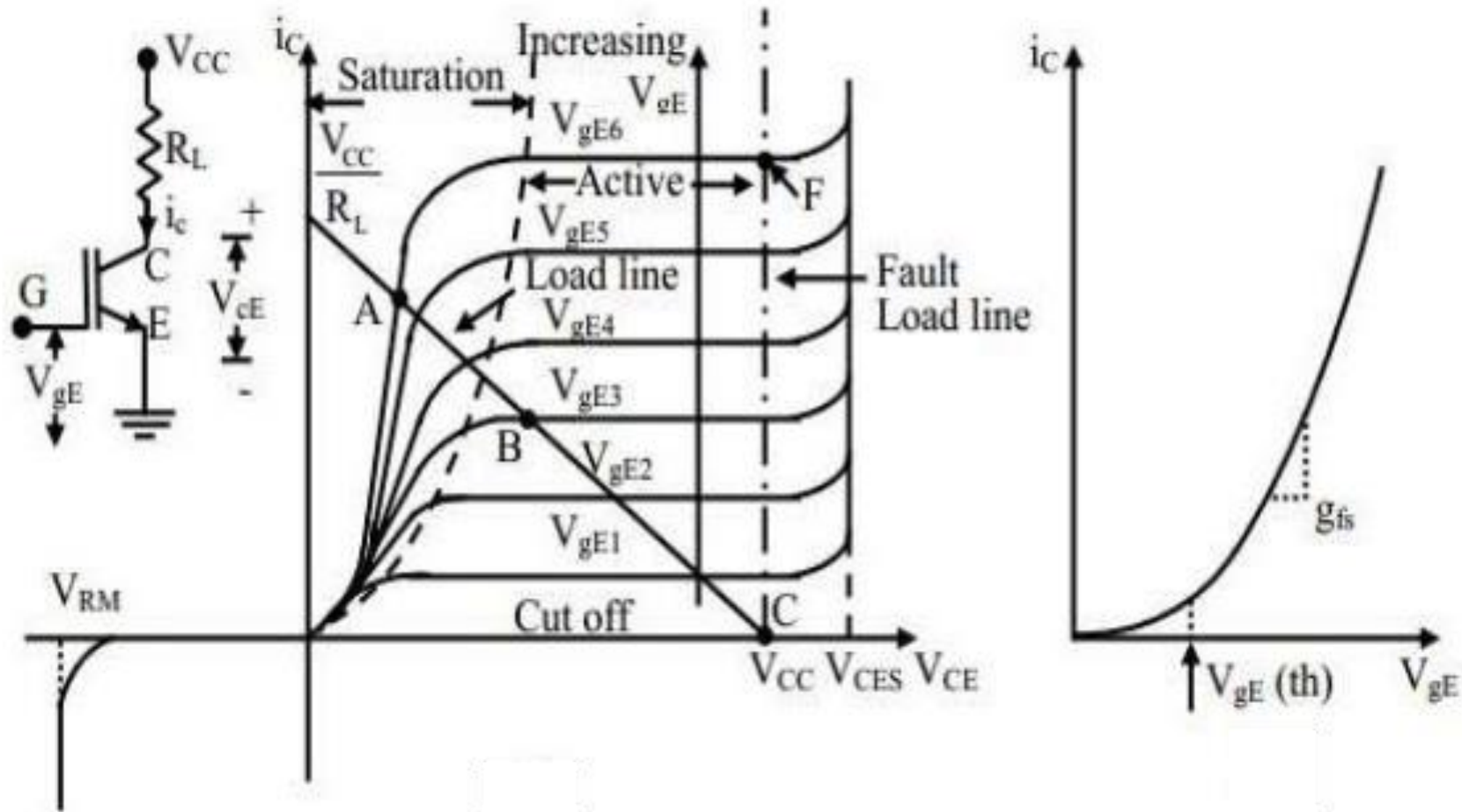
IGBT

Вхідні та вихідні характеристики



IGBT

Схема включення та навантажувальна пряма



Резюме

Загалом схеми на польових транзисторах дещо простіші, ніж на біполярних – через те, що немає потреби контролювати і точно задавати струм затвору. З іншого боку, використання ПТ з керуючим р-п-переходом вимагає суворого контролю полярності вхідних/вихідних сигналів. Саме з цієї причини такі ПТ зараз майже не використовуються.

Основна область використання ПТ зараз – силова електроніка, тобто пристрої, які оперують струмами в десятки ампер і напругами в сотні вольт.

