

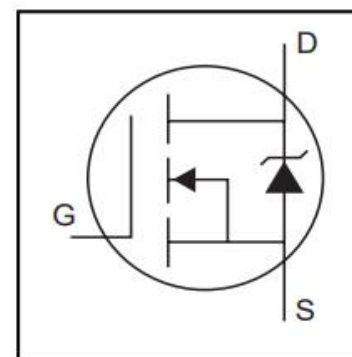
Лекція 15

Параметри і характеристики польових транзисторів

- Advanced Process Technology
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements

IRF640N
IRF640NS
IRF640NL

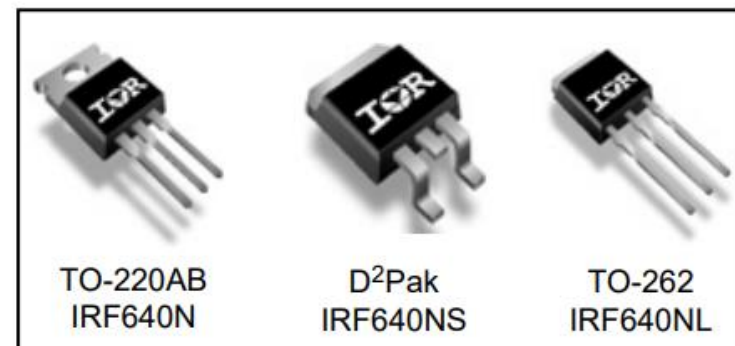
HEXFET® Power MOSFET



$$V_{DSS} = 200V$$

$$R_{DS(on)} = 0.15\Omega$$

$$I_D = 18A$$



TO-220AB
IRF640N

D²Pak
IRF640NS

TO-262
IRF640NL

The through-hole version (IRF640NL) is available for low-profile application

Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{V}$	18	A
$I_D @ T_C = 100^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{V}$	13	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	72	
$P_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	Power Dissipation	150	W
	Linear Derating Factor	1.0	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy②	247	mJ
I_{AR}	Avalanche Current①	18	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy①	15	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ⑥	8.1	V/ns
T_J	Operating Junction and	-55 to +175	°C
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds		
	Mounting torque, 6-32 or M3 screw④	10 lbf•in (1.1N•m)	

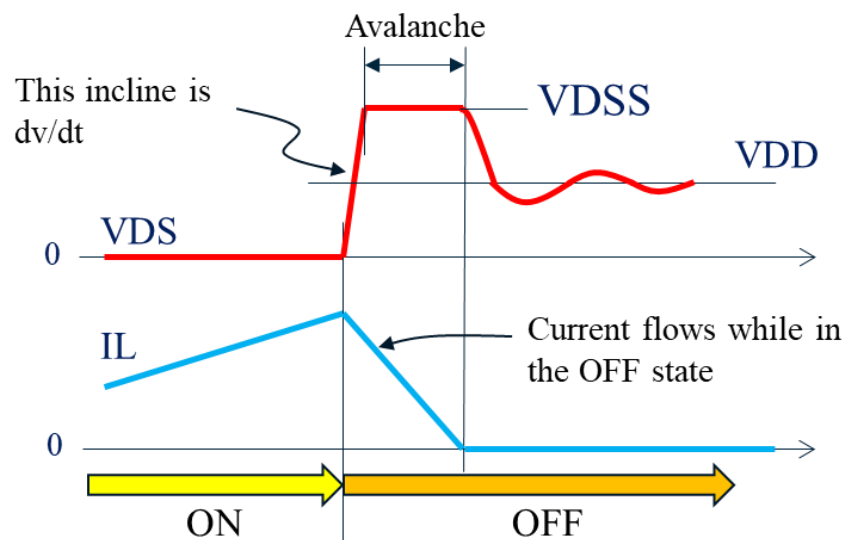
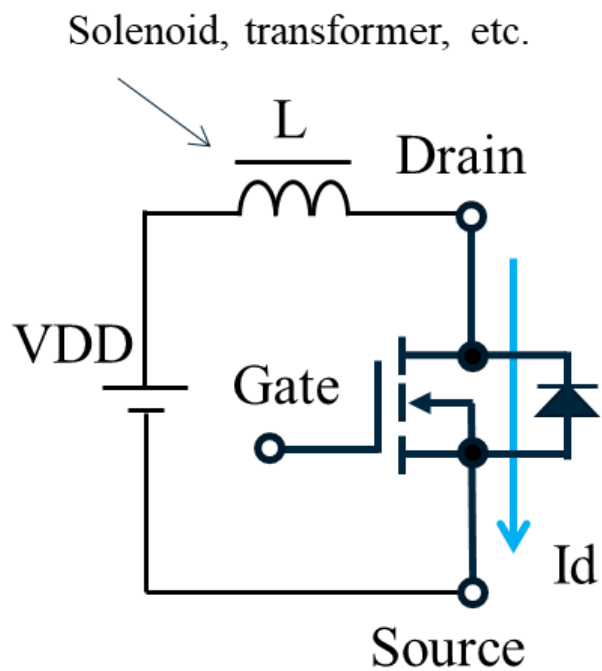
www.irf.com

1

10/09/00

Лавинний струм (avalanche current)

При використанні MOSFET в інжекторах (соленоїдах) і запальниках (трансформаторах) висока напруга, яка перевищує V_{DSS} (див. сл. 1, виділено червоним), в результаті зворотної електрорушійної сили від L , коли MOSFET вимкнений, виникає додатковий так званий лавинний струм. Цей струм створює великі втрати та може пошкодити MOSFET.

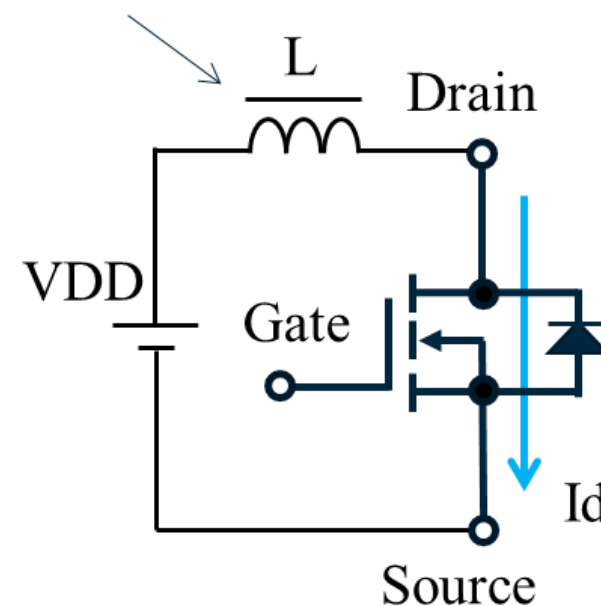


Лавинний струм (avalanche current)

Parameter	Power Dissipation	100	VV
	Linear Derating Factor	1.0	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy ^②	247	mJ
I_{AR}	Avalanche Current ^①	18	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy ^①	15	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ^⑥	8.1	V/ns
T _j	Operating Junction and	-55 to +175	

$$E_{AR} = \frac{L \cdot I_{AR}^2}{2} \Rightarrow L = \frac{I_{AR}^2}{2E_{AR}}$$

Solenoid, transformer, etc.



Як боротися з лавинним струмом?

Дуже просто. Паралельно транзистору між стоком і витком ставиться діод, допустимий прямий струм якого *більший*, ніж розрахунковий лавинний струм.

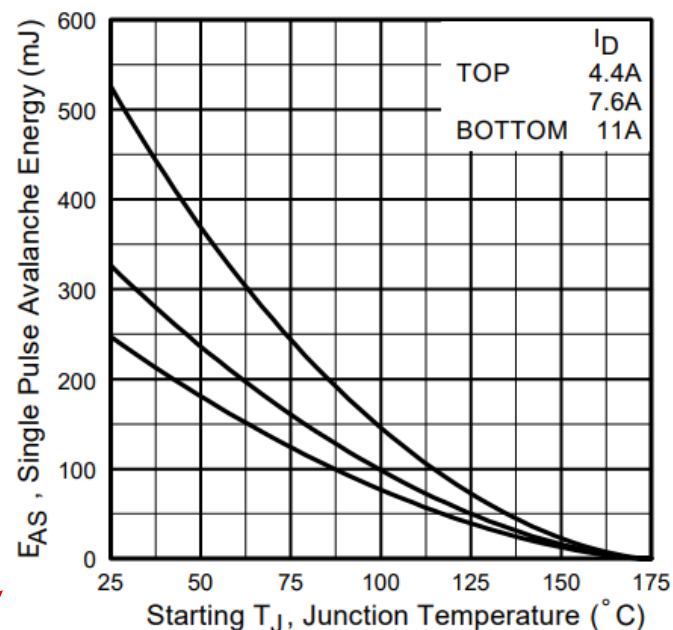
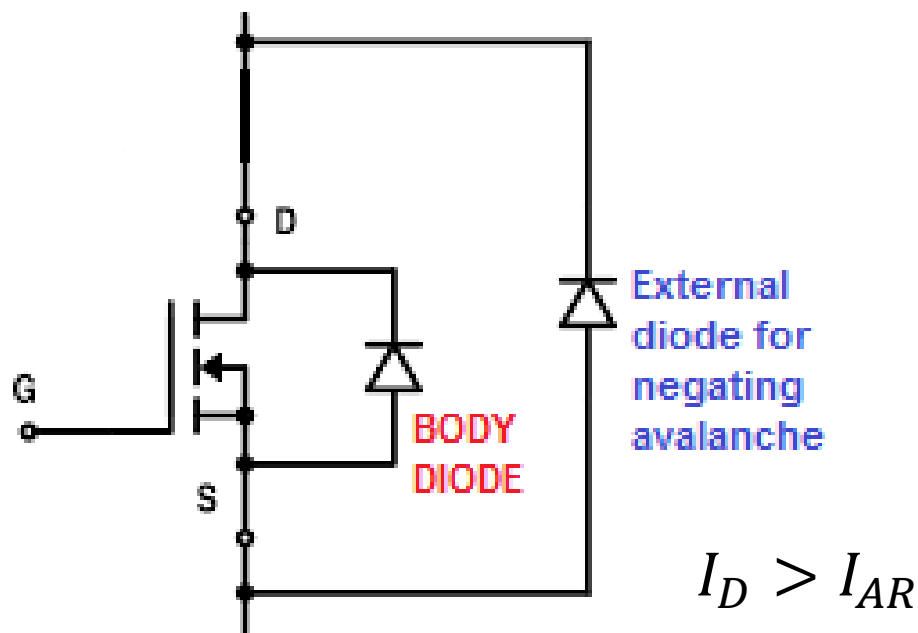
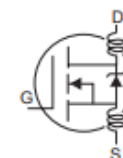


Fig 12c. Maximum Avalanche Energy Vs. Drain Current

Ну, і поправочка на температуру:

Electrical Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

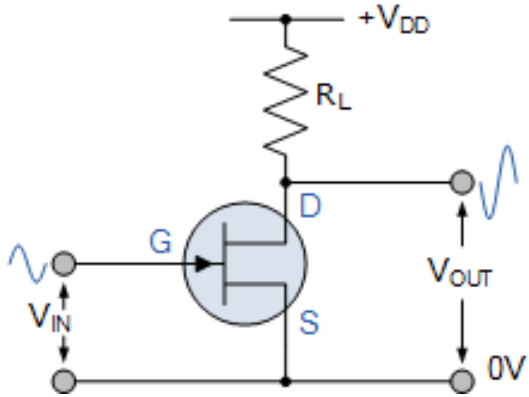
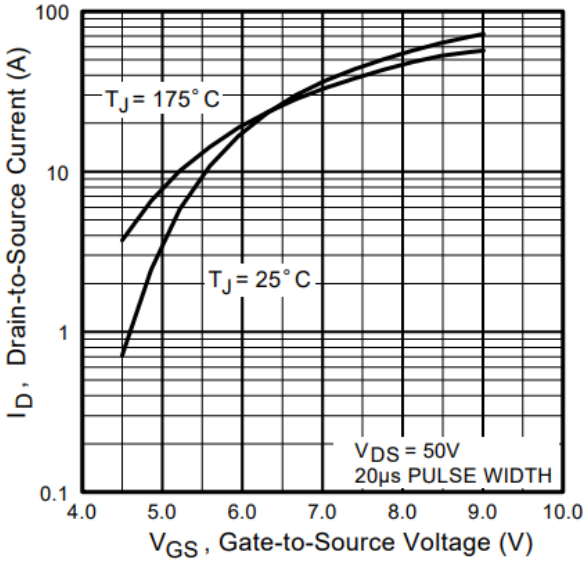
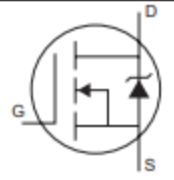
	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	200	—	—	V	$V_{GS} = 0V, I_D = 250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.25	—	V/ $^\circ\text{C}$	Reference to $25^\circ\text{C}, I_D = 1mA$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	0.15	Ω	$V_{GS} = 10V, I_D = 11A$ ③
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\mu A$
g_{fs}	Forward Transconductance	6.8	—	—	S	$V_{DS} = 50V, I_D = 11A$ ③
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	μA	$V_{DS} = 200V, V_{GS} = 0V$
		—	—	250		$V_{DS} = 160V, V_{GS} = 0V, T_J = 150^\circ\text{C}$
I_{GSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{GS} = 20V$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100		$V_{GS} = -20V$
Q_g	Total Gate Charge	—	—	67	nC	$I_D = 11A$
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	—	11		$V_{DS} = 160V$
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	33		$V_{GS} = 10V$, See Fig. 6 and 13
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	10	—	ns	$V_{DD} = 100V$
t_r	Rise Time	—	19	—		$I_D = 11A$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	23	—		$R_G = 2.5\Omega$
t_f	Fall Time	—	5.5	—		$R_D = 9.0\Omega$, See Fig. 10 ③
L_D	Internal Drain Inductance	—	4.5	—	nH	Between lead, 6mm (0.25in.) from package and center of die contact
L_S	Internal Source Inductance	—	7.5	—		
C_{iss}	Input Capacitance	—	1160	—	pF	$V_{GS} = 0V$
C_{oss}	Output Capacitance	—	185	—		$V_{DS} = 25V$
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance	—	53	—		$f = 1.0MHz$, See Fig. 5



Витоко-затворні характеристики

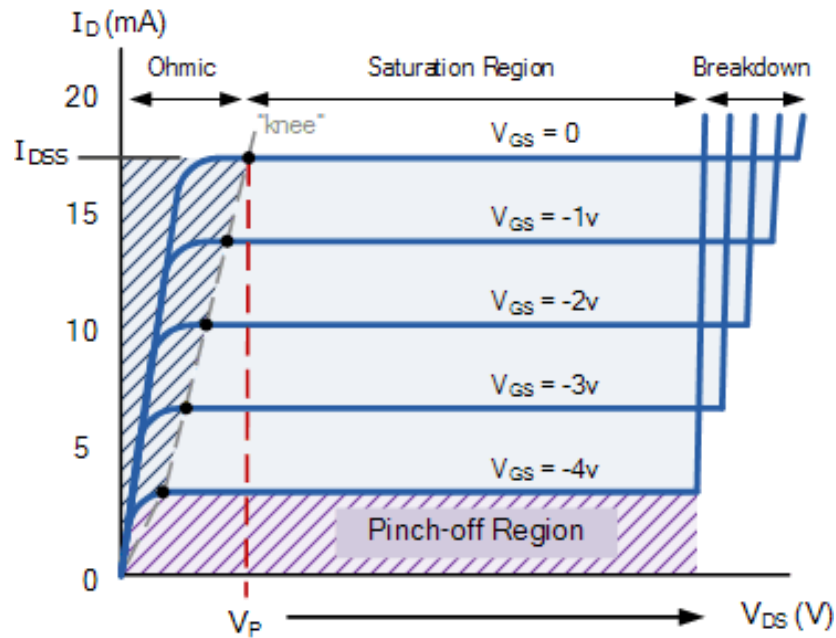
Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	18	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode)①	—	—	72		
V_{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	1.3	V	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_S = 11\text{A}$, $V_{GS} = 0\text{V}$ ③
t_{rr}	Reverse Recovery Time	—	167	251	ns	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_F = 11\text{A}$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	—	929	1394	nC	$di/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$ ③
t_{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L_S+L_D)				



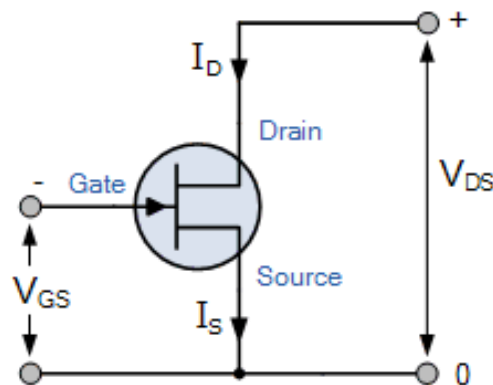
$$I_D = I_{DSS} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right]^2$$

Вихідні характеристики ПТ (теоретично)



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

$$R_{DS} = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D} = \frac{1}{g_m}$$



Вихідні характеристики ПТ (IRF640)

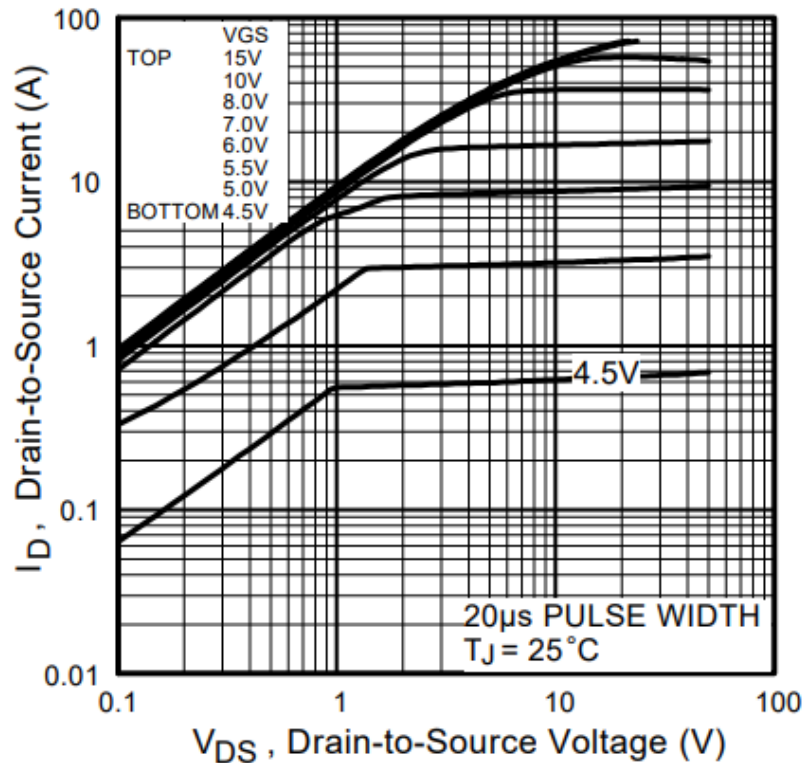


Fig 1. Typical Output Characteristics

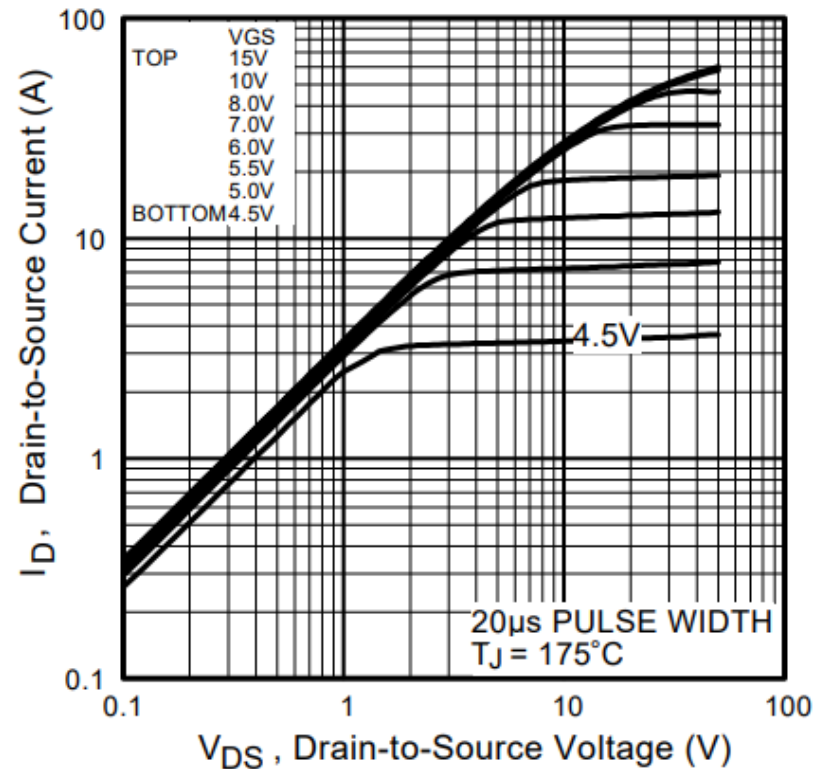
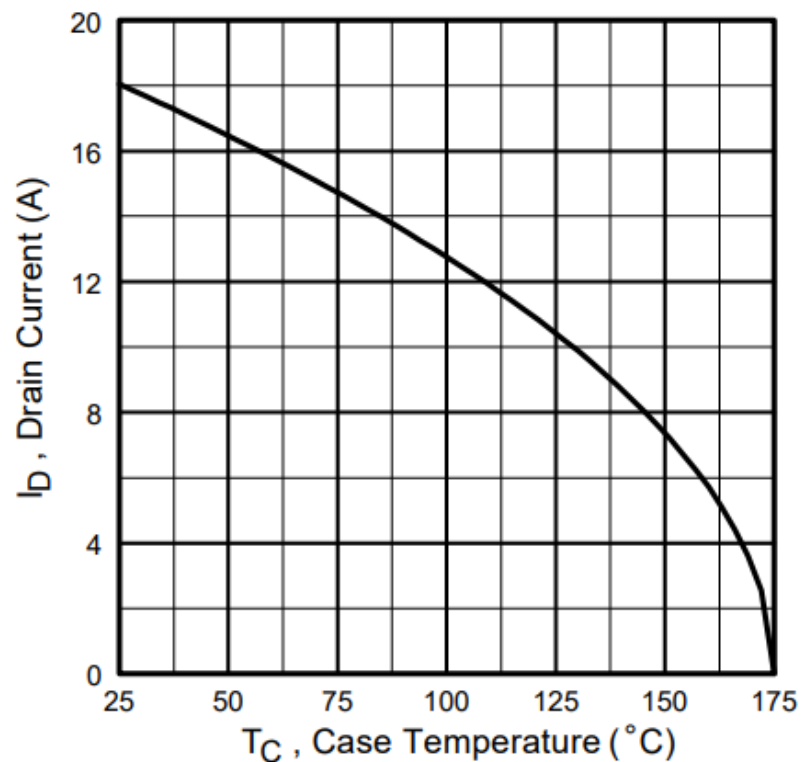


Fig 2. Typical Output Characteristics

Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	1.0	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface ④	0.50	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient④	—	62	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient (PCB mount)⑤	—	40	



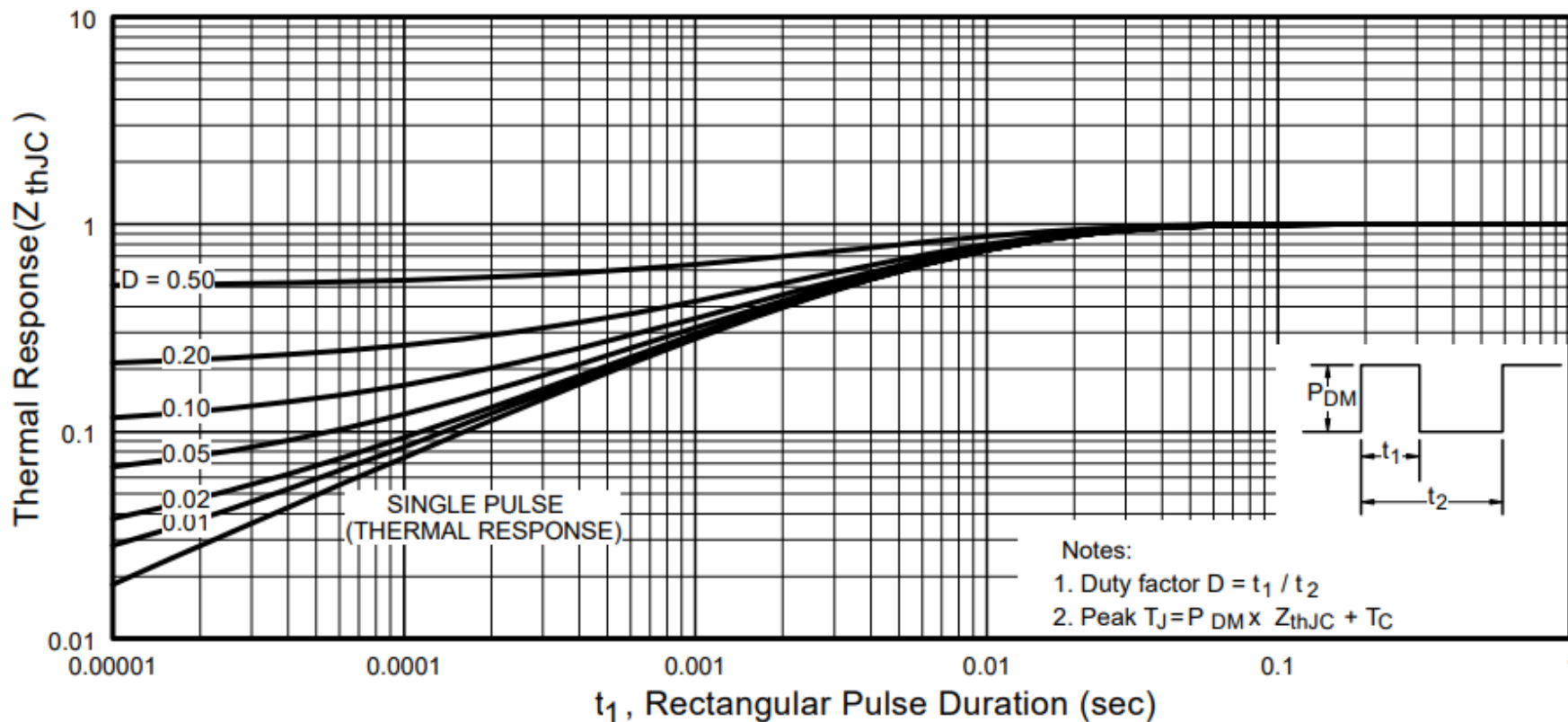


Fig 11. Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

Перехідні характеристики та їх залежність від температури

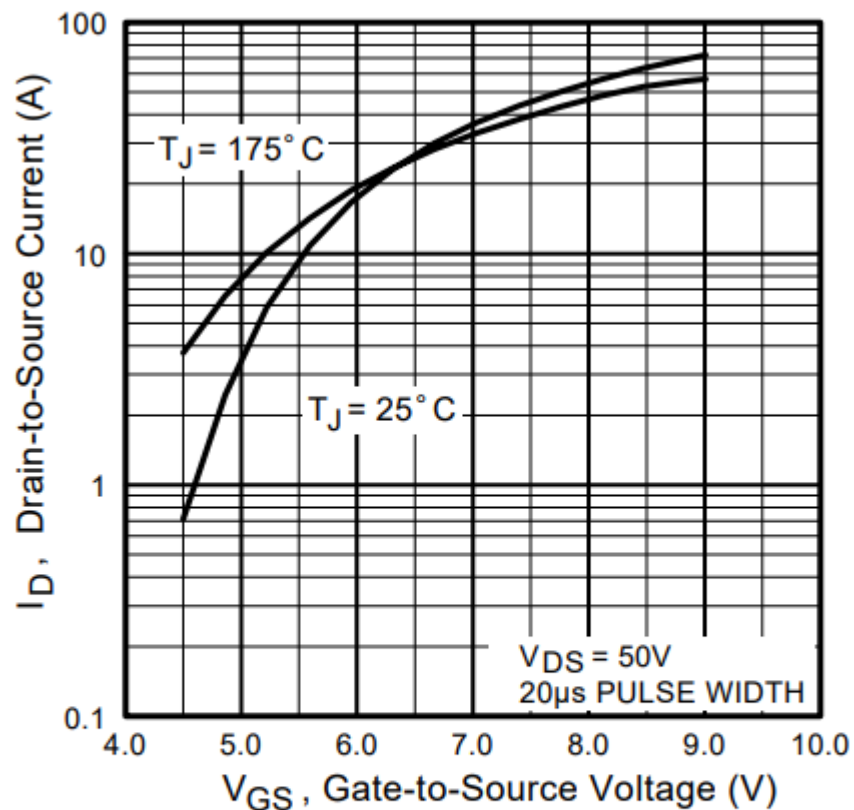


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

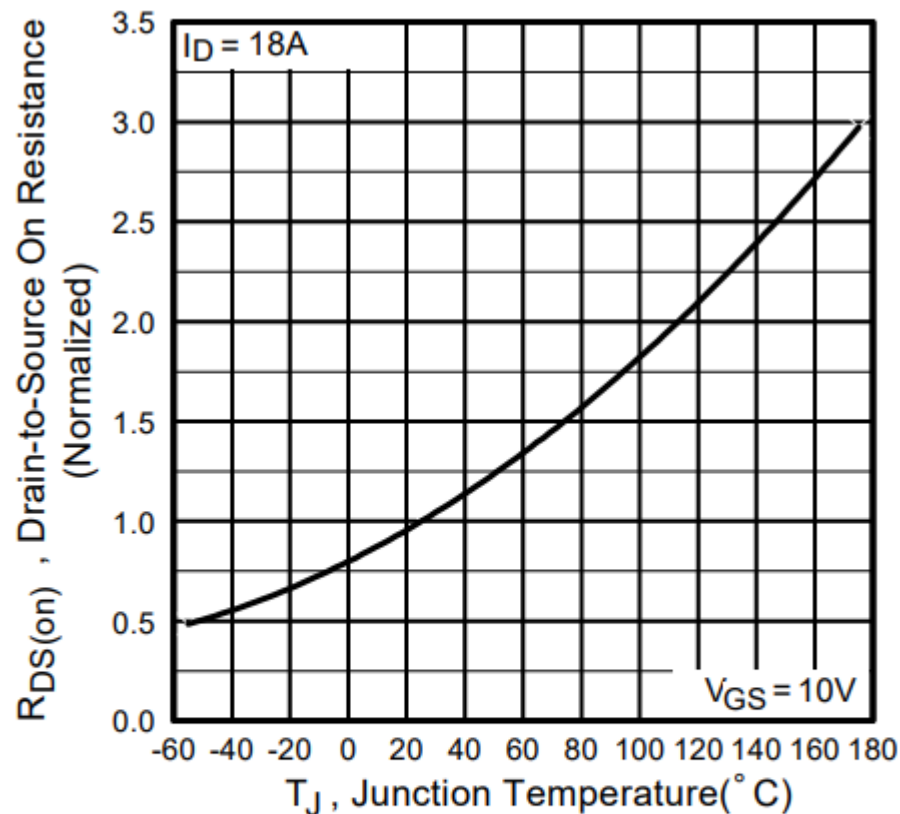


Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature

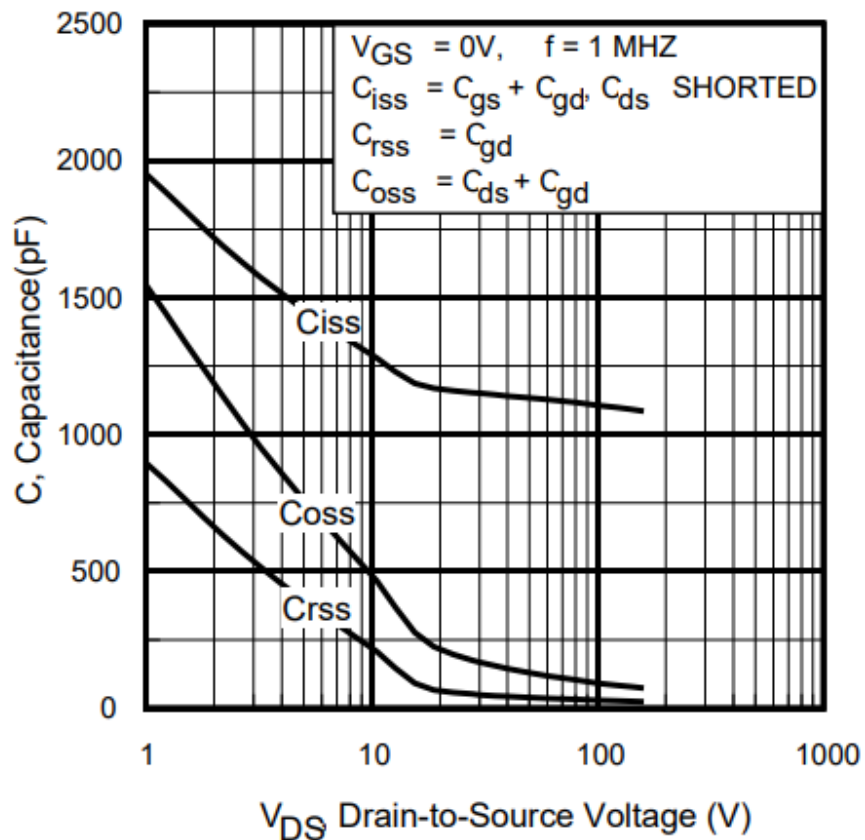


Fig 5. Typical Capacitance Vs. Drain-to-Source Voltage

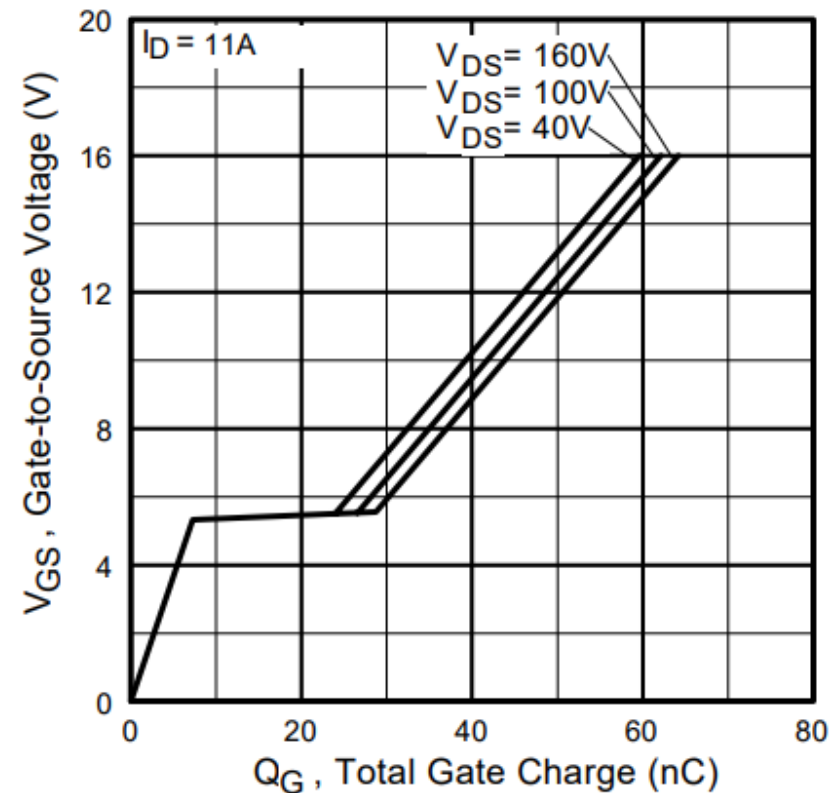


Fig 6. Typical Gate Charge Vs. Gate-to-Source Voltage

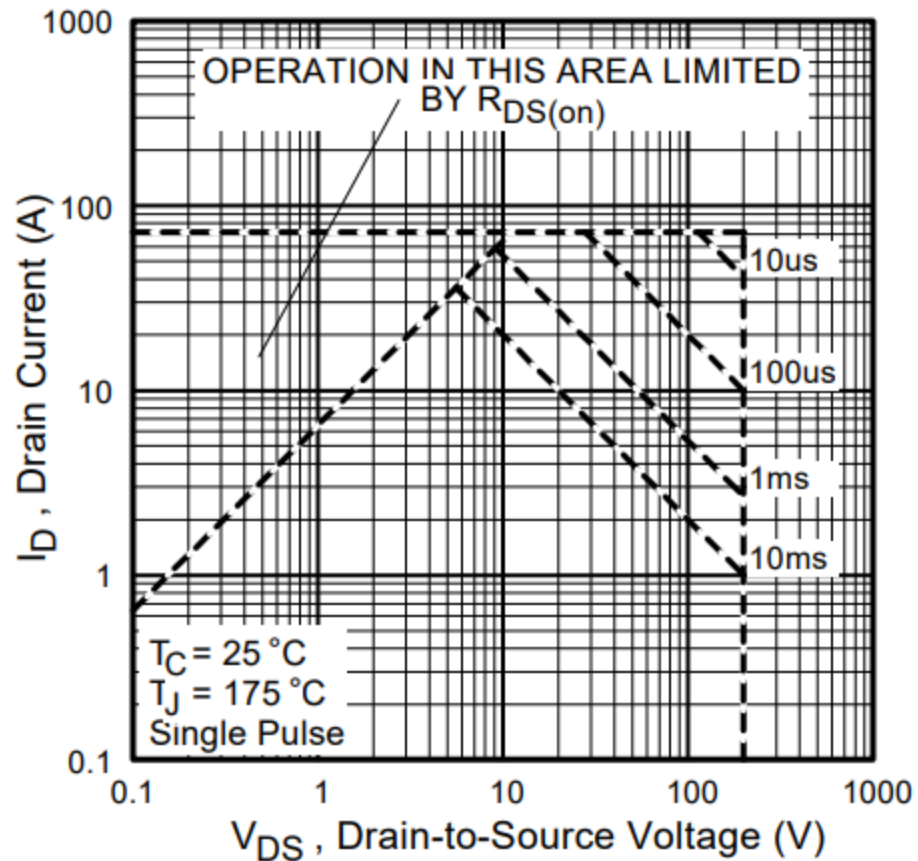
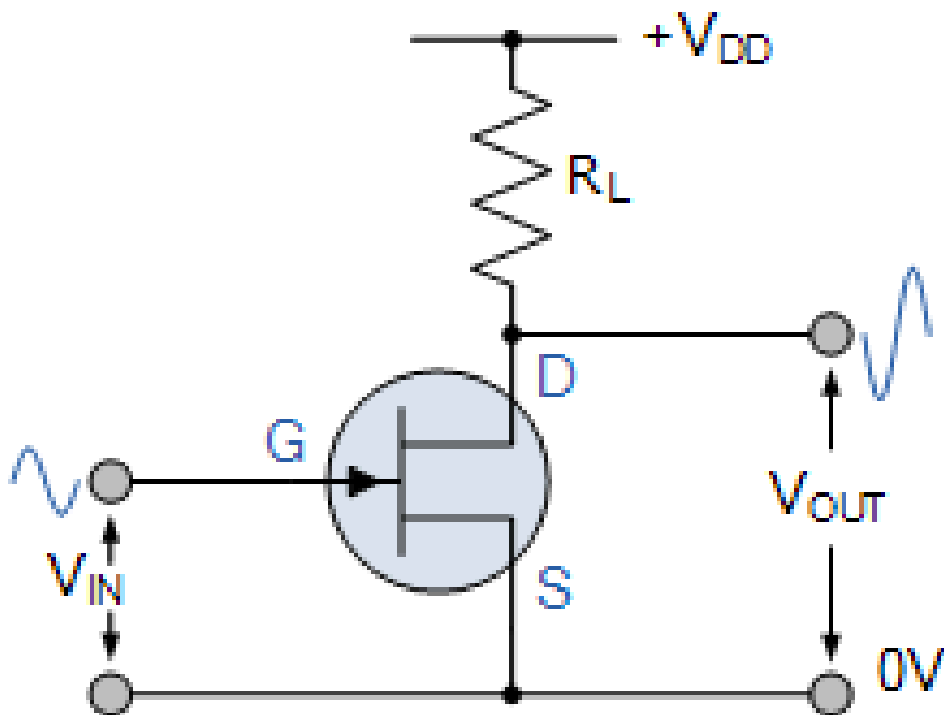


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

Основні схеми включення ПТ

Спільний витік (common source - CS)

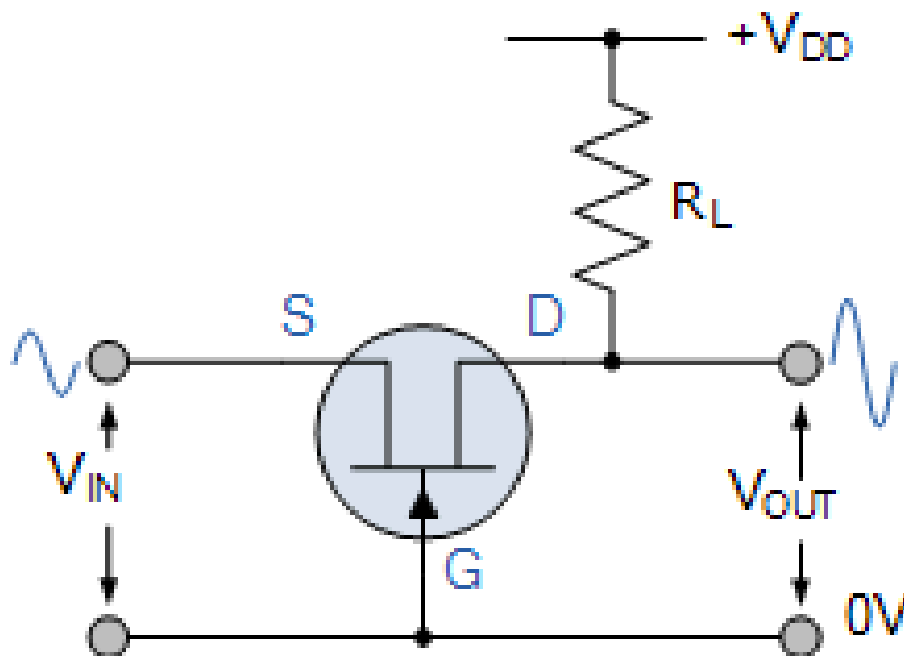
Аналогічна схемі із спільним емітером. Інвертує сигнал.



Основні схеми включення ПТ

Спільний затвор (common gate - CG)

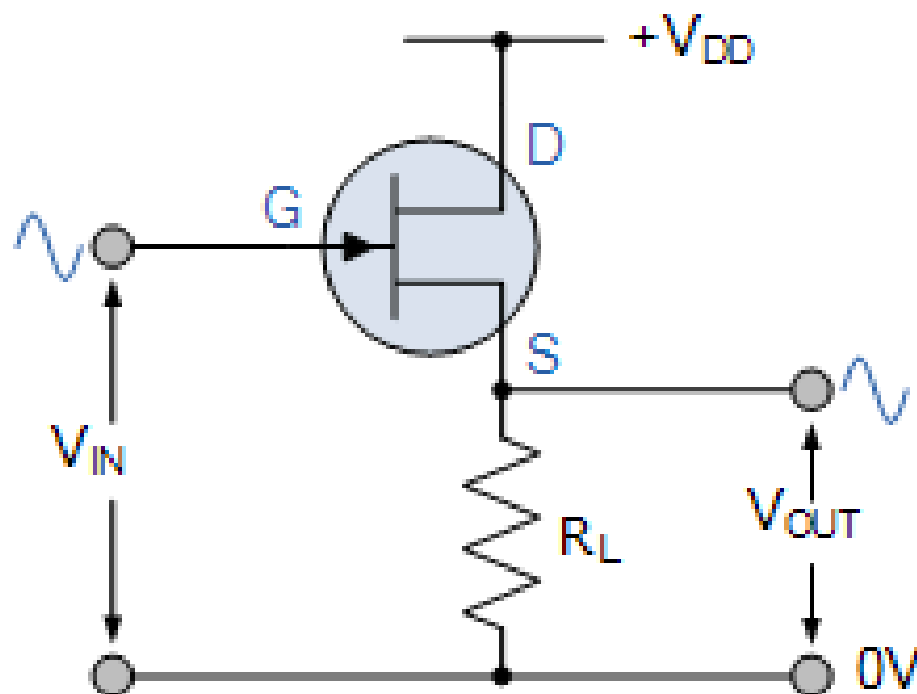
Аналогічно до схеми із спільною базою - сигнал не інвертує, має високий вхідний (що добре для прецизійного підсилення по напрузі слабких сигналів) та вихідний опори (що не дозволяє ставити на вихід низькоомне навантаження).



Основні схеми включення ПТ

Спільний стік (common drain - CD)

Аналогічно схемі із спільним колектором - по напрузі не підсилює (є «повторювачем напруги», буфером, витоковим повторювачем), але може працювати на низьомне навантаження. Сигнал не інвертує.

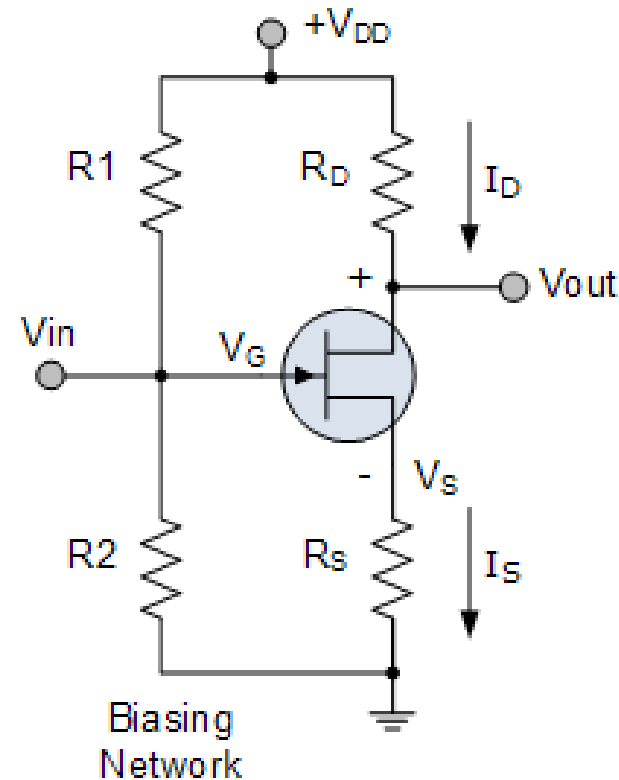


$$V_S = I_D R_S = \frac{V_{DD}}{4}$$

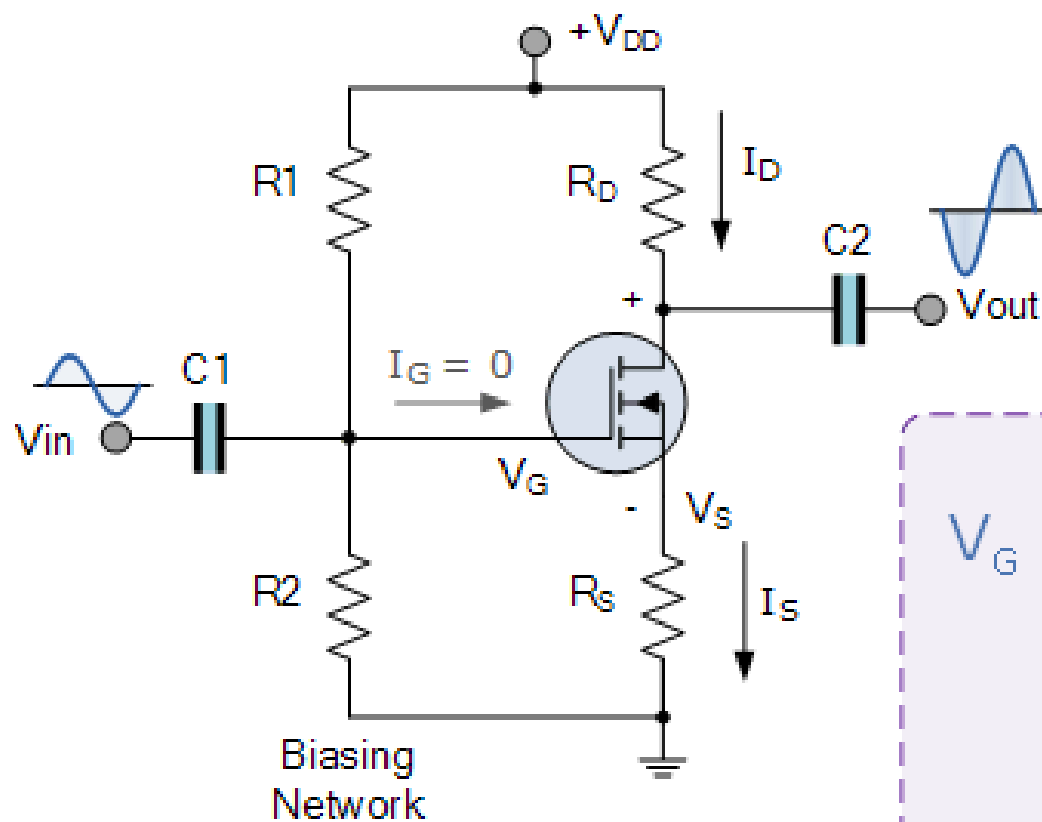
$$V_S = V_G - V_{GS}$$

$$V_G = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_{DD}$$

$$I_D = \frac{V_S}{R_S} = \frac{V_G - V_{GS}}{R_S}$$



Простий підсилювач напруги на MOSFET



$$V_G = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_{DD}$$

$$I_D = \frac{V_S}{R_S}$$



...Інші напівпровідникові пристрої
(тиристори, IGBT тощо...)