

Elektronika

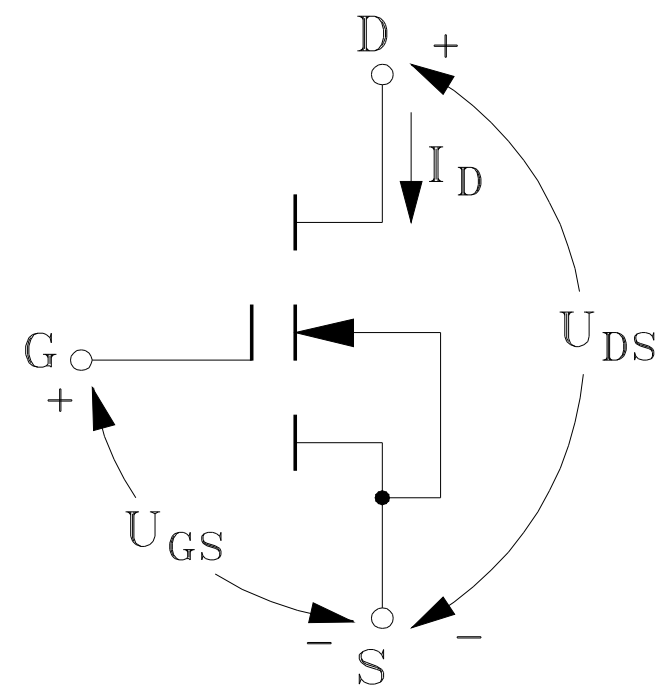
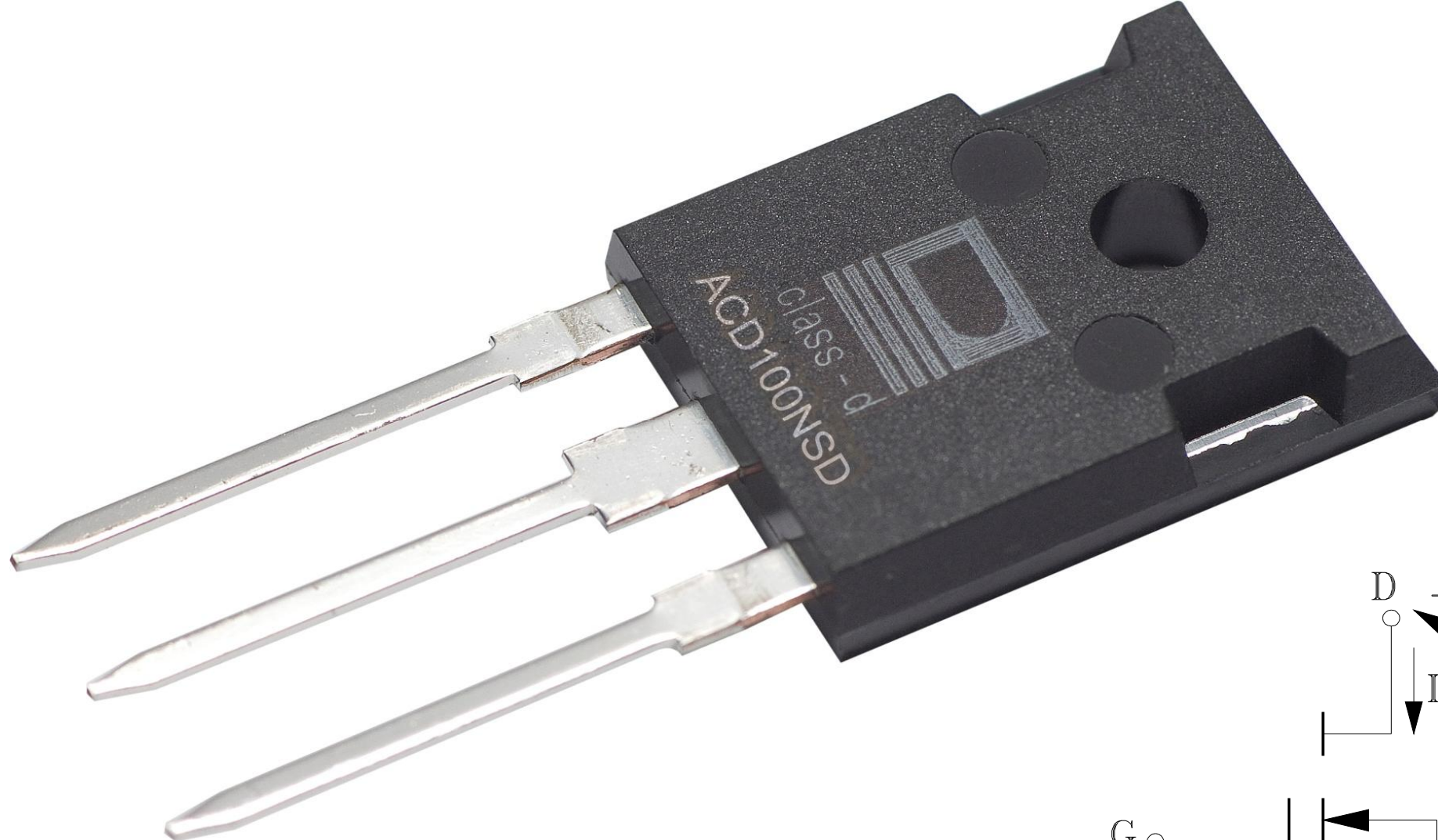
Auditorne vježbe 11

TRANZISTORI

- Bipolarni tranzistor
 - Ustrojstvo, struje i osnovni parametri
 - Earlyjev efekt
 - Ebers-Mollov model
- Unipolarni tranzistor
 - Spojni unipolarni tranzistor (JFET)
 - Unipolarni tranzistor s izoliranim vratima (MOSFET)

Zadatak 26.

- Za silicijski p-kanalni FET zadani su podaci: $N_A=10^{16} \text{ cm}^{-3}$, $N_D=5 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, $a=1 \text{ }\mu\text{m}$, $w/L=10$, $T=300 \text{ K}$. Odrediti struju odvoda I_D i strminu pri naponu $U_{DS}=-6 \text{ V}$ i naponima $U_{GS}=0 \text{ V}$, i $U_{GS}=2 \text{ V}$.

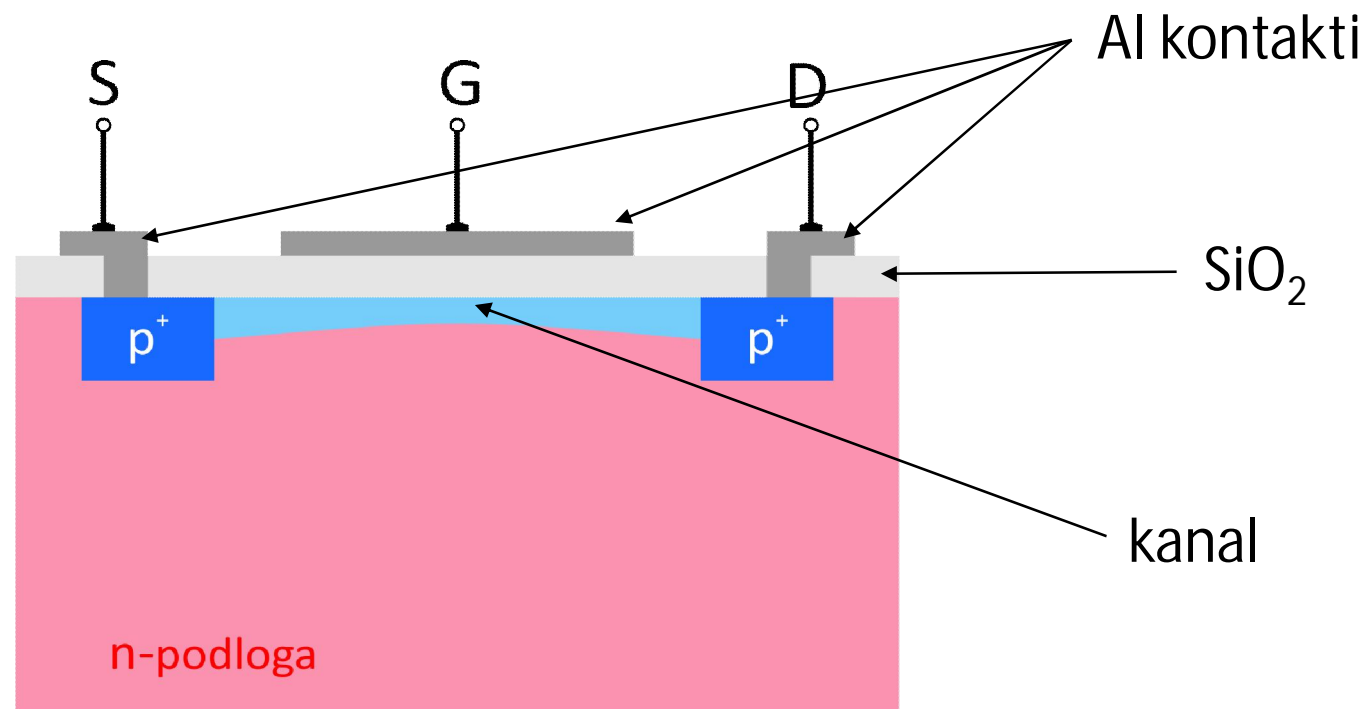


MOSFET

- Izvedbe:
 - n-kanalni na p-podlozi
 - p-kanalni na n-podlozi
- Podloga: Si (mala gustoća nečistoća)
- Područja uvoda i odvoda: Si (velika gustoća nečistoća), suprotnog tipa od podloge
- Kanal: dio poluvodiča između uvoda i odvoda
- Struja kroz kanal može teći samo ako je on istog tipa kao uvod i odvod – na podlozi se mora stvoriti inverzijski sloj.

Struktura MOSFET-a

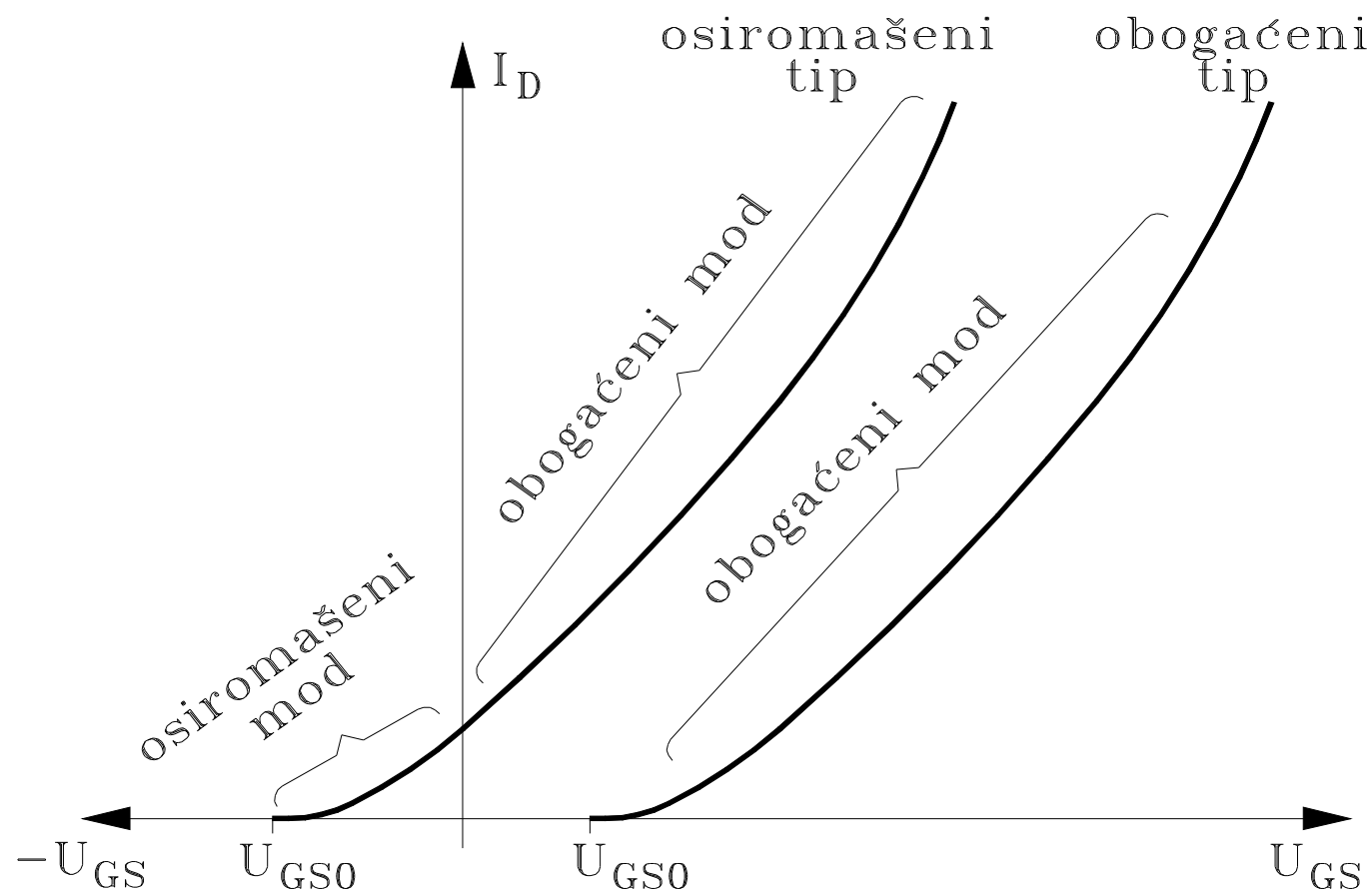
- P-kanalni



Tipovi MOSFET-a

- Obogaćeni tip: potrebno je stvoriti inverzijski sloj (kanal)
 - Obogaćeni mod
- Osiromašeni tip: inverzijski sloj je stvoren tehnološkim postupkom
 - Obogaćeni mod – dodatno obogaćivanje kanala
 - Osiromašeni mod – osiromašivanje kanala

Prijenosne karakteristike



Dinamički parametri MOSFET-a (n-kanalni)

Parametar	Područje	Izraz
Strmina	Triodno	$g_m = K \cdot U_{DS}$
	Zasićenje	$g_m = K \cdot (U_{GS} - U_{GS0})$
Izlazna dinamička vodljivost	Triodno	$g_d = K \cdot (U_{GS} - U_{GS0} - U_{DS})$
	Zasićenje	$g_d = I_D \cdot \lambda$
Faktor pojačanja		$\mu = \frac{g_m}{g_d}$

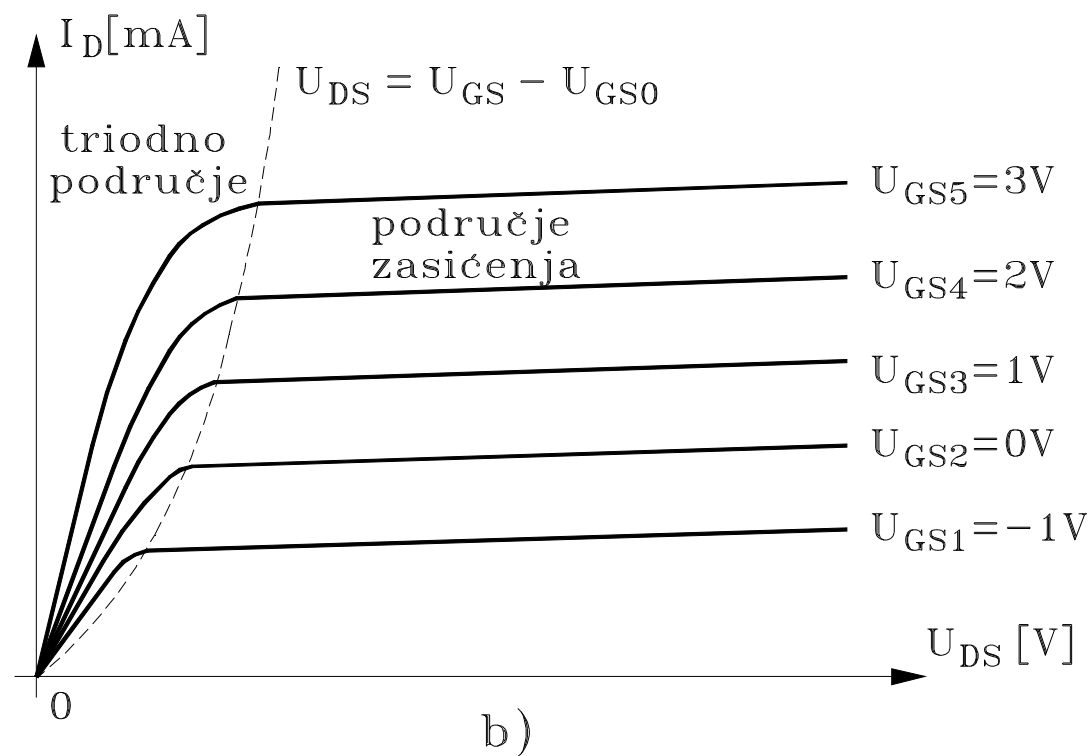
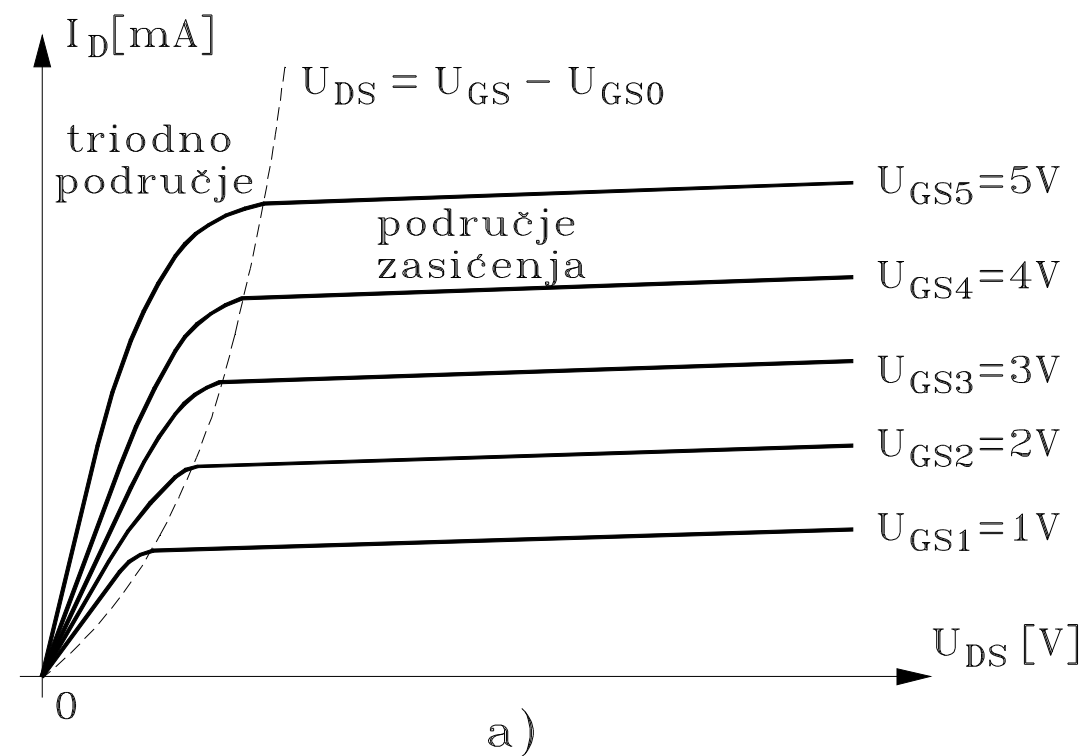
$$K = \frac{\mu_{nk} \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{ox} \cdot w}{t_{ox} \cdot L} \quad \dots \text{konstanta tranzistora}$$

Dinamički parametri MOSFET-a (p-kanalni)

Parametar	Područje	Izraz
Strmina	Triodno	$g_m = K \cdot (-U_{DS})$
	Zasićenje	$g_m = K \cdot (-U_{GS} + U_{GS0})$
Izlazna dinamička vodljivost	Triodno	$g_d = K \cdot (-U_{GS} + U_{GS0} + U_{DS})$
	Zasićenje	$g_d = I_D \cdot \lambda$
Faktor pojačanja		$\mu = \frac{g_m}{g_d}$

$$K = \frac{\mu_{pk} \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{ox} \cdot w}{t_{ox} \cdot L} \quad \dots \text{konstanta tranzistora}$$

Izlazne karakteristike

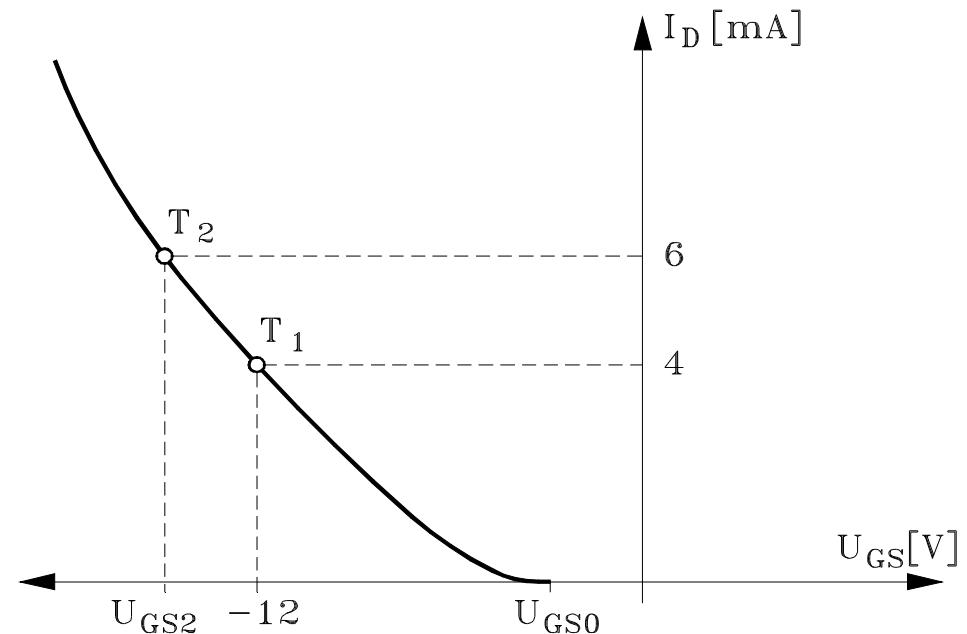


$$I_D = K \cdot \left[(U_{GS} - U_{GS0}) \cdot U_{DS} - \frac{1}{2} \cdot U_{DS}^2 \right] \quad \dots \text{triодно područje}$$

$$I_D = \frac{K}{2} \cdot (U_{GS} - U_{GS0})^2 \quad \dots \text{područje zasićenja}$$

Zadatak 27.

- Zadana je prijenosna karakteristika p-kanalnog MOSFET-a obogaćenog tipa u zasićenju. Odrediti dinamičke parametre u točki T_2 . Zadano je: $N_D=10^{15} \text{ cm}^{-3}$, $\epsilon_{\text{ox}}=3,82$, $t_{\text{ox}}=0,1 \text{ } \mu\text{m}$, $w/L=10$, $\lambda=0,01 \text{ V}^{-1}$, $T=300 \text{ K}$, a pokretljivost u kanalu je upola manja od pokretljivosti u podlozi.



Zadatak 28.

- Za n-kanalni MOSFET obogaćenog tipa čija je prijenosna karakteristika dana na slici, zadani su podaci: $N_A=5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, $\epsilon_{ox}=3,82$, $t_{ox}=0,1 \text{ }\mu\text{m}$, $w/L=5$, $\lambda=0,01 \text{ V}^{-1}$, $T=300 \text{ K}$, $\mu_{nk}=1/2 \mu_{nV}$. Izračunati dinamičke parametre u točkama:
 - $U_{GS}=6 \text{ V}$, $U_{DS}=1,8 \text{ V}$
 - $U_{GS}=6 \text{ V}$, $U_{DS}=8 \text{ V}$

