

# Тиристор

## Silicon Controlled Rectifier- SCR

Ж.Косев, Т.Карталов, Електроника, ЗФЕИТ03018

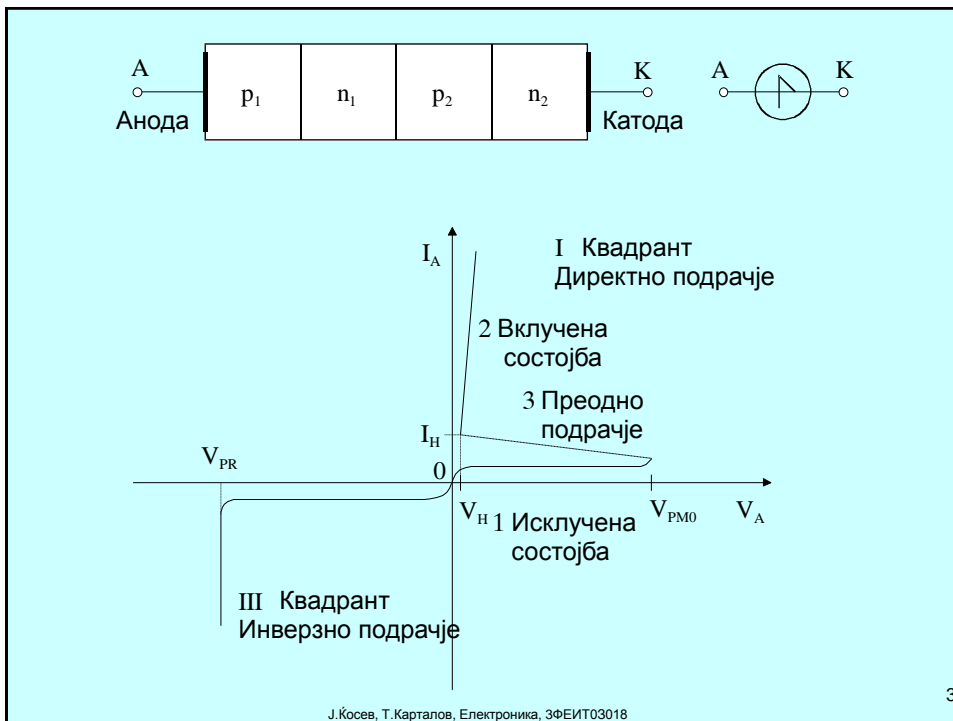
1

### Поделба и особини

- Тиристорот е четирислоен **pnpn** елемент
- Примена: **насочувач** и **прекинувач**.
- За струи  $> 1000\text{A}$ ,
- Напон на пробивање  $> 2\text{kV}$ .
- Еднонасочен диоден тиристор (динистор):

Ж.Косев, Т.Карталов, Електроника, ЗФЕИТ03018

2



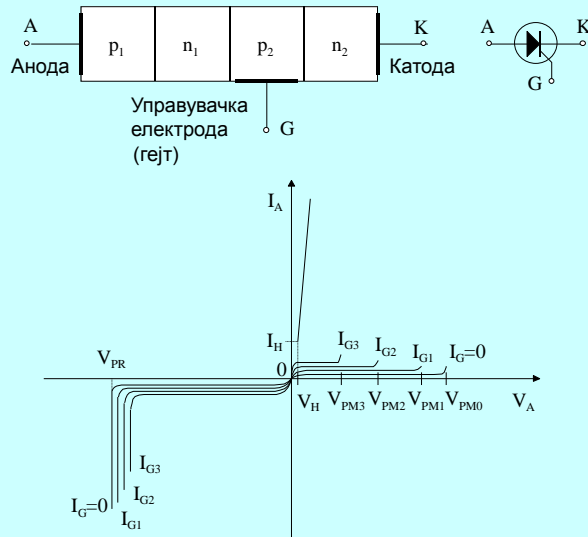
Ј.Косев, Т.Карталов, Електроника, ЗФЕИТ03018

- $V_{PM0}$  - напон на прелом 20V - 2kV.
- $V_{PR}$  - напон на пробив  $|V_{PR}| > V_{PM0}$ 
  - $(V_{BR})$  - break

Ј.Косев, Т.Карталов, Електроника, ЗФЕИТ03018

4

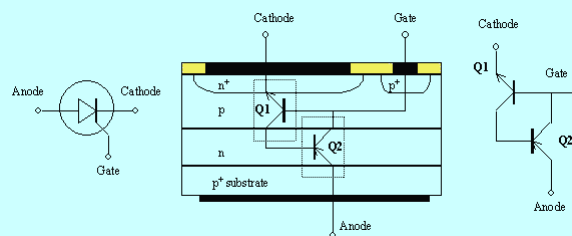
## Еднонасочен триоден тиристор



J. Косев, Т. Карталов, Електроника, ЗФЕИТ03018

5

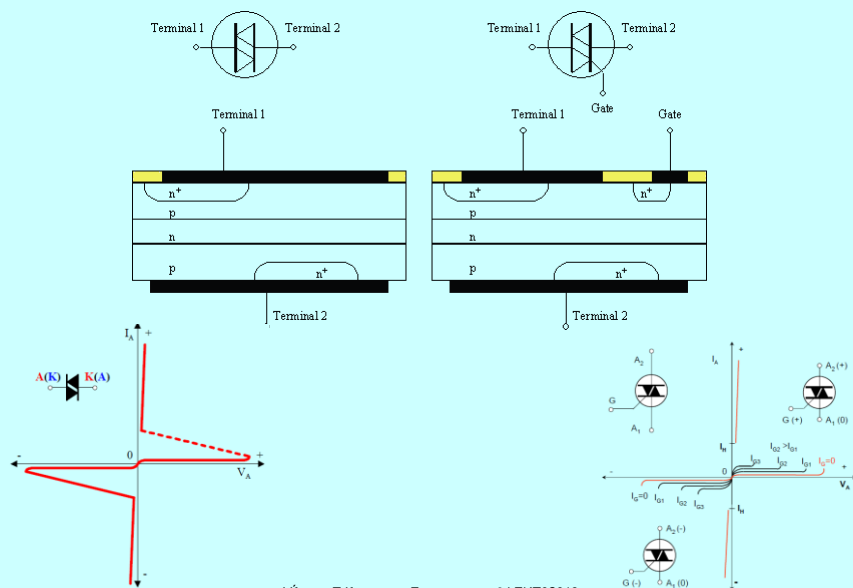
## • Двотранзисторска надомесна шема



J. Косев, Т. Карталов, Електроника, ЗФЕИТ03018

6

- Двонасочен триоден тиристор TRIAC



Ж.Косев, Т.Карталов, Електроника, ЗФЕИТ03018

7

# Мосфет Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor MOSFET

Ж.Косев, Т.Карталов, Електроника, ЗФЕИТ03018

8

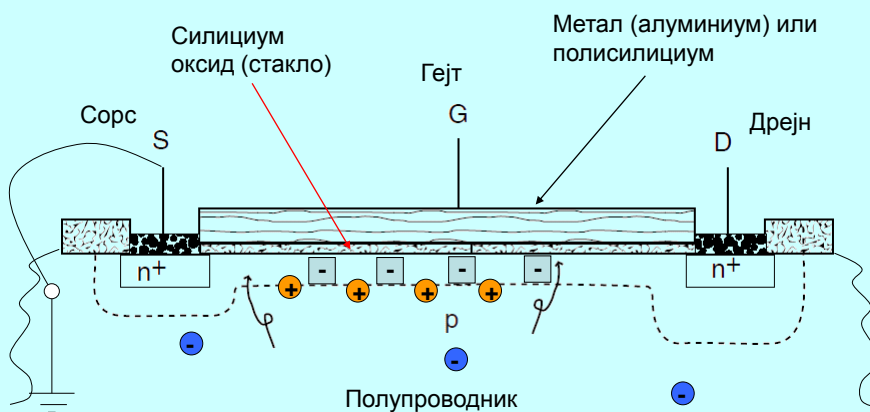
## Прелиминарни идеи за управување со струја со помош на ел. поле



Ј.Косев, Т.Карталов, Електроника, ЗФЕИТ03018

9

## Структура и принцип на работа (1)

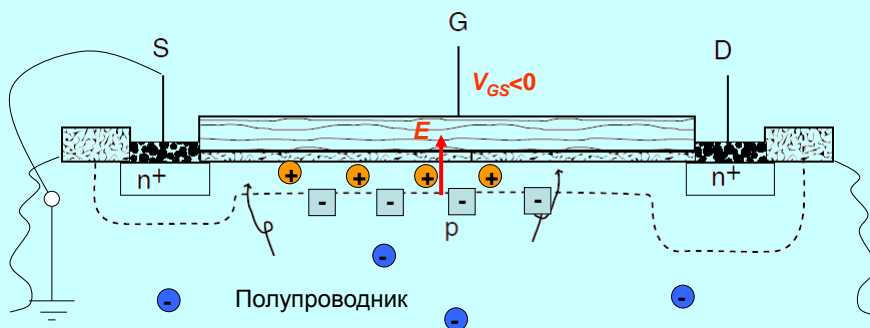


- При  $V_{GS}=0$  под гејтот се создава осиромашен слој.
- При каков било напон меѓу D и S секогаш има инверзно поларизиран спој и меѓу нив не може да тече струја.

Ј.Косев, Т.Карталов, Електроника, ЗФЕИТ03018

10

## Структура и принцип на работа (2)

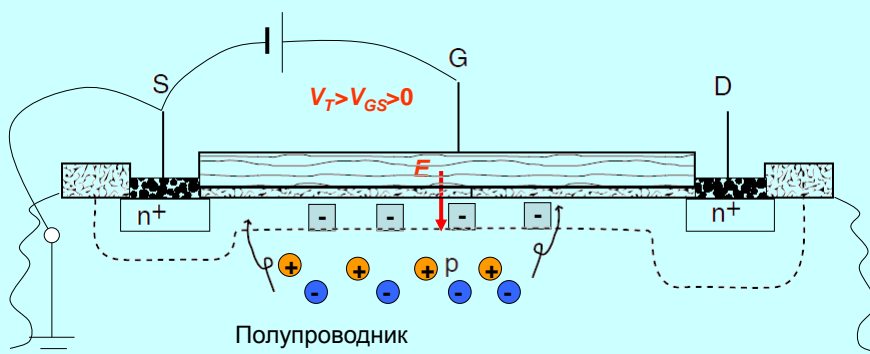


- При  $V_{GS} < 0$  ел. поле под гејтот натрупва празнини.
- При каков било напон меѓу D и S секогаш има инверзно поларизиран спој и меѓу нив не може да тече струја.

Ј.Косев, Т.Карталов, Електроника, ЗФЕИТ03018

11

## Структура и принцип на работа (3)

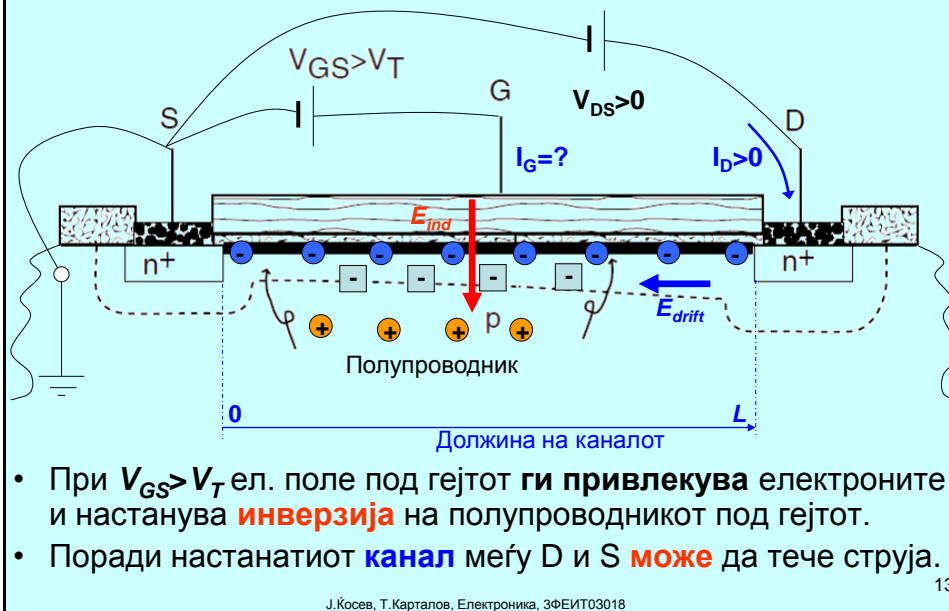


- При  $V_T > V_{GS} > 0$  ел. поле под гејтот го проширува испразнетото подрачје (ги истиснува празнините).
- При каков било напон меѓу D и S не може да тече струја.

Ј.Косев, Т.Карталов, Електроника, ЗФЕИТ03018

12

## Структура и принцип на работа (4)



- Анимација:
- <http://www.youtube.com/watch?v=QO5FgM7MLGg>

## Структура и принцип на работа (5)

- Гџтот и инвертираниот канал сочинуваат кондензатор. Проводноста во каналот зависи од привлечените електрони.
- $\sigma \sim n \sim Q \sim E_{\text{ind}}(x) \sim (V_{GS} - V_K(x) - V_T)$ ;  $V_K(x)$  е потенцијалот во каналот
- Струјата зависи од „хоризонталното“ поле.
- $I_D \sim \sigma \cdot K_{\text{drift}}(x) \sim \sigma \cdot dV_K(x)/dx \Rightarrow I_D \sim (V_{GS} - V_K(x) - V_T) \cdot dV_K(x)/dx$

$$I_D dx = \text{const} \cdot (V_{GS} - V_T - V_K(x)) dV_K(x)$$

- Интеграција на  $x$  од 0 до  $L$  во каналот и  $V_K$  од 0 до  $V_{DS} \Rightarrow$

$$I_D = \beta(V_{GS} - V_T)V_{DS} - \frac{\beta}{2}V_{DS}^2$$

$$\beta = \frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox}} \mu_n \frac{W}{L}$$

Ј. Косев, Т. Карталов, Електроника, ЗФЕИТ03018

15

Индуциран просторен полнеж во волуменот  $t_k \cdot W \cdot dx = A \cdot dx$  од полето низ оксидот:

со Гаусов закон по површина  $S_f$  (до длабочина каде што полето е 0).

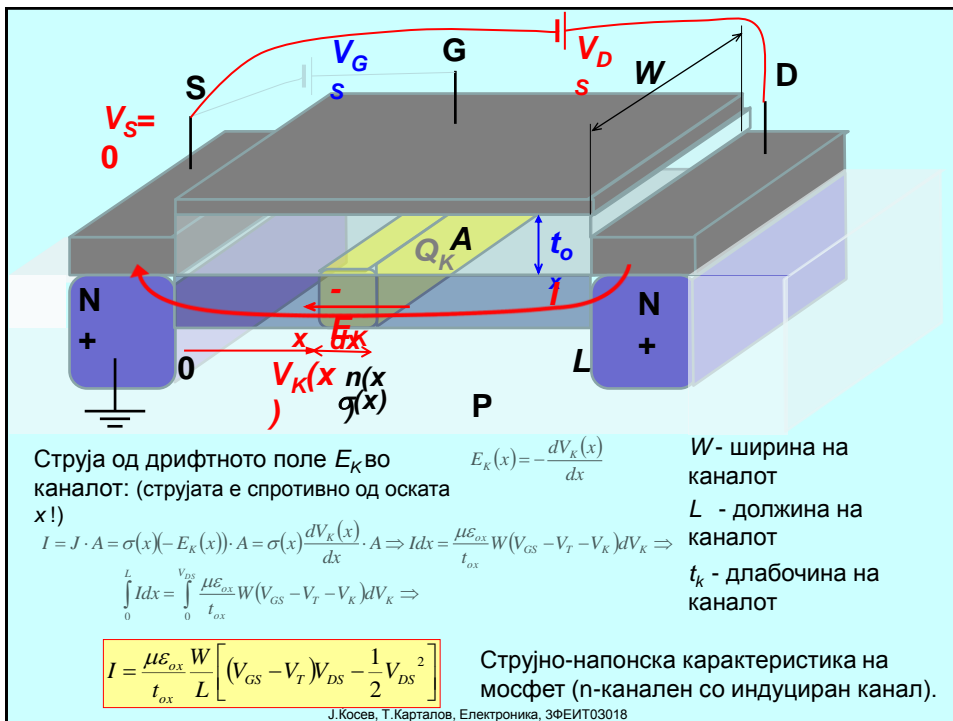
$$E_{ox} = -\frac{(V_{GS} - V_T) - V_K(x)}{t_{ox}} \quad Q_k = \int_{S_f} D dS = -\epsilon_{ox} E_{ox} W dx = -\epsilon_{ox} \frac{((V_{GS} - V_T) - V_K(x)) W dx}{t_{ox}} \quad Q_k = -qn(x) \cdot A dx$$

$$\Rightarrow n(x) = \epsilon_{ox} \frac{(V_{GS} - V_T - V_K(x)) W}{q A t_{ox}} \Rightarrow \sigma(x) = q \mu_n n(x) = \frac{\mu_n \epsilon_{ox}}{t_{ox}} \frac{W}{A} (V_{GS} - V_T - V_K(x))$$

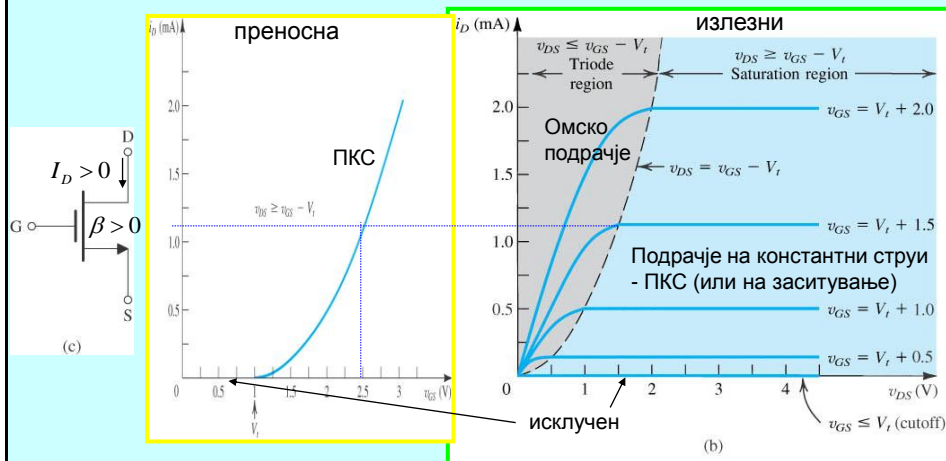
Специфична проводност во волуменот  $A dx$

Ј. Косев, Т. Карталов, Електроника, ЗФЕИТ03018

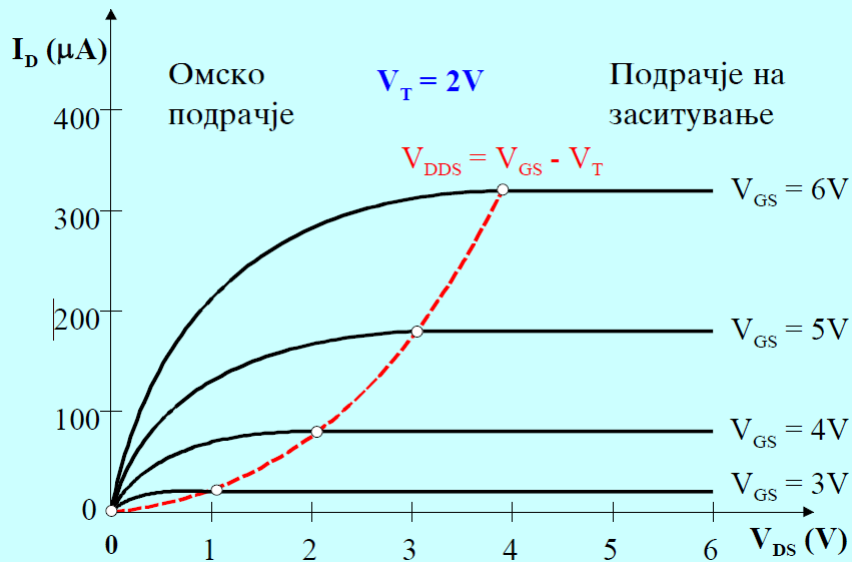




## Симбол и карактеристики на п-канален мосфет со индуциран канал ( $V_T > 0$ )



- Излезни карактеристики (друг поглед):



Ј.Косев, Т.Карталов, Електроника, ЗФЕИТ03018

19

- Излезни карактеристики на мосфет:

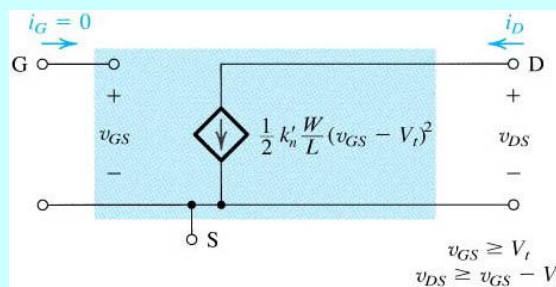
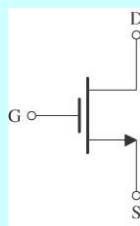
- На границата омско-ПКС:

$$V_{DS} = V_{GS} - V_T \Rightarrow I_D = \frac{\beta}{2} \cdot (V_{GS} - V_T)^2$$

- Тоа продолжува да важи понатаму во ПКС при

$$V_{DS} > V_{GS} - V_T$$

- Еквивалентна шема (и мосфетот е струен генератор):



Ј.Косев, Т.Карталов, Електроника, ЗФЕИТ03018

20

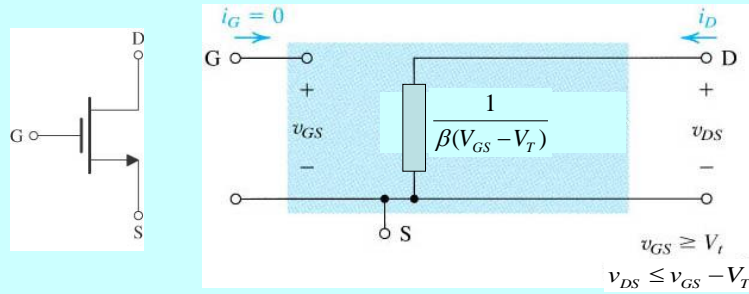
- Излезни карактеристики на мосфет:

- Длабоко **во омското** подрачје мосфетот е **напонски управуван отпорник**:

$$V_{DS} \ll V_{DS} \Rightarrow I_D = \beta(V_{GS} - V_T)V_{DS} - \frac{\beta}{2} \cdot V_{DS}^2 \approx \beta(V_{GS} - V_T)V_{DS} \Rightarrow$$

$$R_{DS} = \frac{V_{DS}}{I_D} = \frac{1}{\beta(V_{GS} - V_T)}$$

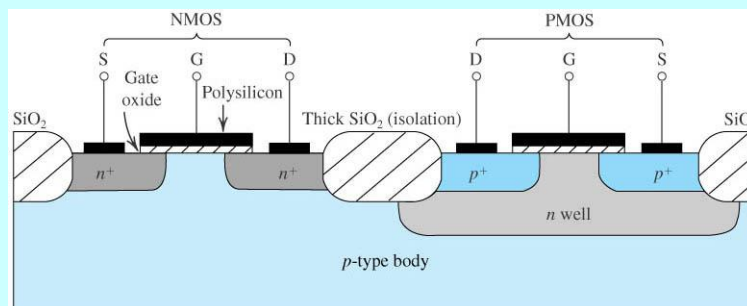
- Еквивалентна шема:



J. Косев, Т. Карталов, Електроника, ЗФЕИТ03018

21

## Р-канален мосфет

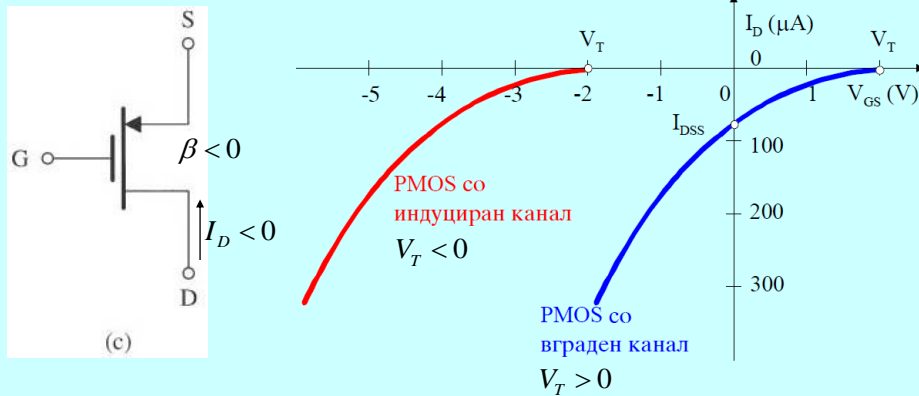


**Figure 4.9** Cross-section of a CMOS integrated circuit. Note that the PMOS transistor is formed in a separate  $n$ -type region, known as an  $n$  well. Another arrangement is also possible in which an  $n$ -type body is used and the  $n$  device is formed in a  $p$  well. Not shown are the connections made to the  $p$ -type body and to the  $n$  well; the latter functions as the body terminal for the  $p$ -channel device.

J. Косев, Т. Карталов, Електроника, ЗФЕИТ03018

22

## Р-канален мосфет

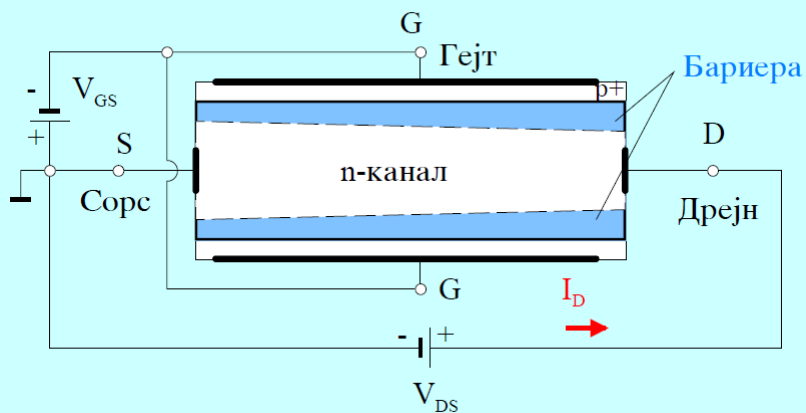


Ј. Косев, Т. Карталов, Електроника, ЗФЕИТ03018

23

## N-канален споен фет (JFET)

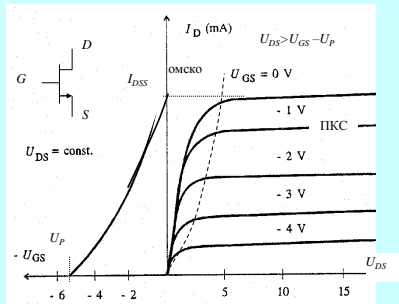
- Пресекот на „отпорникот“ (каналот), а со тоа и струјата низ него се модулира со ширење на инверзно поларизираната бариера гејт-канал



24

## Параметри на споен n-фет (JFET)

- Напон на допир  $V_{GS} = V_P < 0$  – напон при кој каналот е целосно затворен,
- Струја на потполно отворен канал  $I_{DSS}$ ,
- I-U карактеристики:



Во ПКС приближно важи:

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