

Číslicová elektronika

Pavol Galajda, KEMT, FEI, TUKE

Pavol.Galajda@tuke.sk

Základné vlastnosti, parametre, aplikácia pasívnych a polovodičových prvkov, modely prvkov a ich využitie pri analýze a syntéze jednoduchých elektronických obvodov.

Elektronikou rozumieme odvetvie fyziky, ktoré sa zaoberá vedením elektrického prúdu a príbuznými javmi v tuhých látkach - kovoch, polovodičoch, dielektrikách, v kvapalinách a v ionizovaných plynoch. Do elektroniky ďalej zahŕňame časť techniky, ktorá sa zaoberá využitím týchto javov pri návrhu a konštrukcii elektronických prvkov a obvodov.

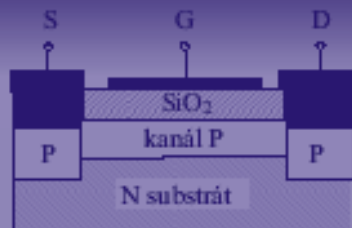
Rozvoj techniky sa začal v druhej polovici 19. storočia. Hlavná pozornosť sa vtedy zamerala na mechanizmy vedenia elektrického prúdu v zriedených plynoch. Toto štúdium viedlo k objavu katódových lúčov (1899). Ďalší výskum ukázal, že katódové lúče sú rýchlo sa pohybujúce záporne nabité častice, ktoré sa začali približne od roku 1900 nazývať *elektrónmi*.

I keď v prvej etape elektroniky dominovali vákuové elektróny, rozvíjali sa postupne aj elektronické prvky z tuhých látok.

Dôležitým medznikom v polovodičovej elektronike bol objav tranzistora. Koncom roku 1947 to bol hrotový tranzistor, ktorý objavil J. Barden a W. H. Brattain. V priebehu ďalších mesiacov W. Shockley sformuloval koncepciu *plošného tranzistora* s využitím vlastností *přechodov PN* (pri jeho činnosti sa vyžadujú obidva druhy nosičov náboja - elektróny a diery a preto patrí medzi *bipolárne súčiastky*). Nie je bez zaujímavosti, že hrotový a plošný tranzistor sa objavili ako dôsledok experimentov, cieľom ktorých bolo získať *unipolárne súčiastky*. Keďže tieto súčiastky využívajú efekt poľa, nazývajú sa *tranzistory ovládané elektrickým poľom* a označujú sa FET (Field Effect Transistor).

Spoločne s *integráciou* pokračovala aj *miniaturizácia* súčiastok a polovodičová technika vyúsťila tak do svojej súčasnej etapy - *mikroelektroniky*. Polovodičové súčiastky a obvody okrem špeciálnych aplikácií (napr. obrazovky) nahradili elektróny.

Ale o tom až neskôr...

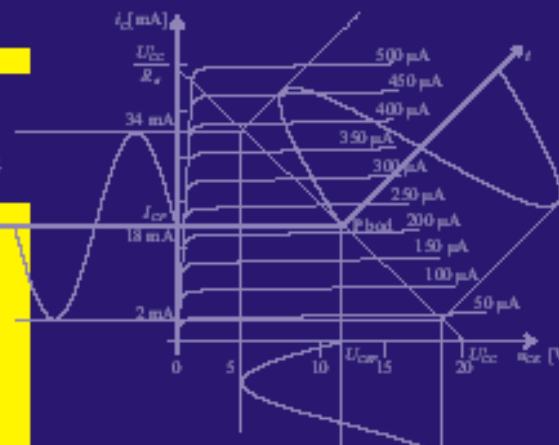
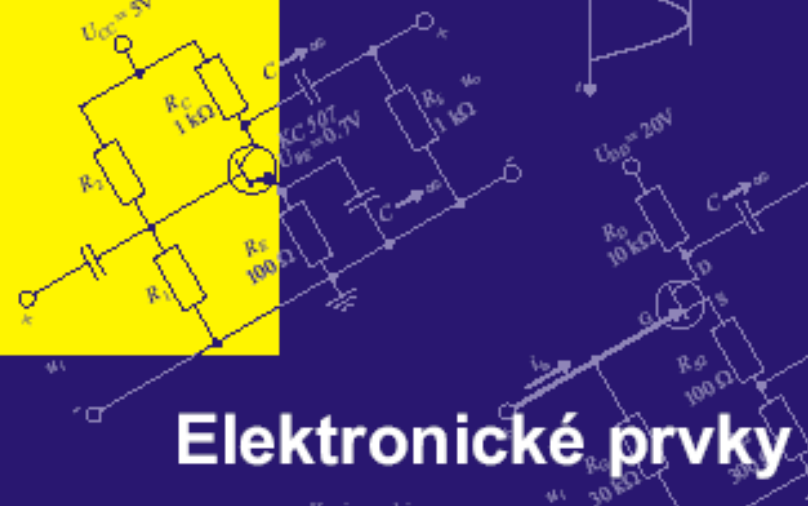
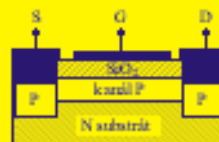


ISBN 80-89061-51-6



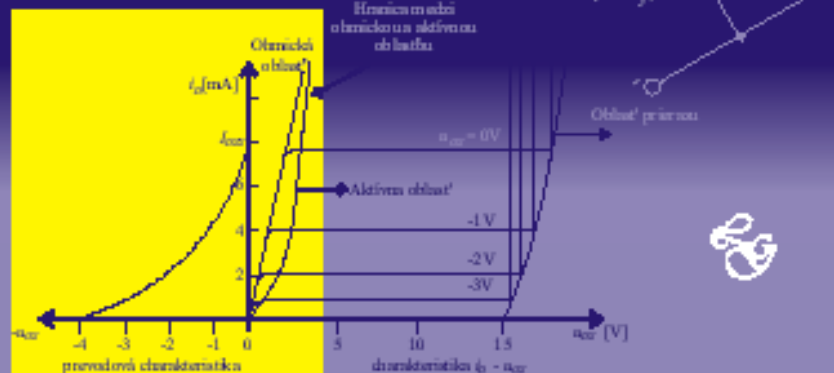
Elektronické prvky

Pavol Galajda
Rastislav Lukáč



Elektronické prvky

Galajda - Lukáč



Prečo práve S.O.S Electronic



Viac ako 7000 typov súčiastok priamo na našom sklade...

Široký výber sortiments, prispôbený Vašim požiadavkám...

Rýchle dodávky tovaru...



Kvalitné služby pre Vás - ISO certifikát...



Vždy máme pre Vás pripravené niečo navyše...

Technické poradenstvo, vyškolený personál, kvalitné služby...



OnLine Shop... elektronické ceny a skladové množstvá...

Novinky, zauímavosti, akcie...

Komplexné informácie...

4 x ročne časopis...



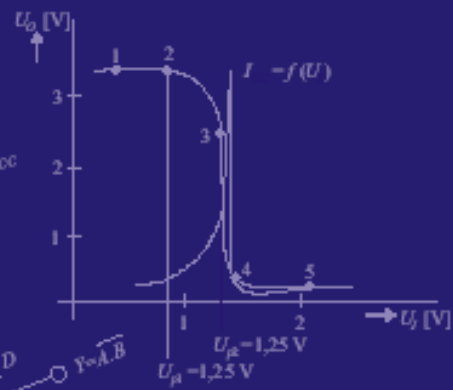
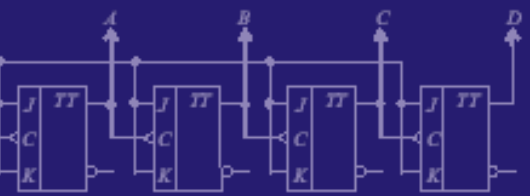
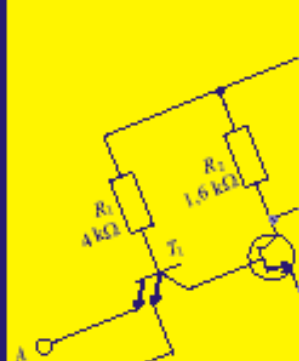
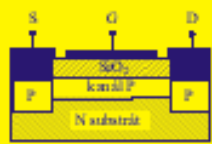
www.soselectronic.sk

S.O.S. electronic, Ždiarska 32, 04001 Košice, tel. 055/623 40 00-4, fax. 055/623 40 07, e-mail: info@sos.sk



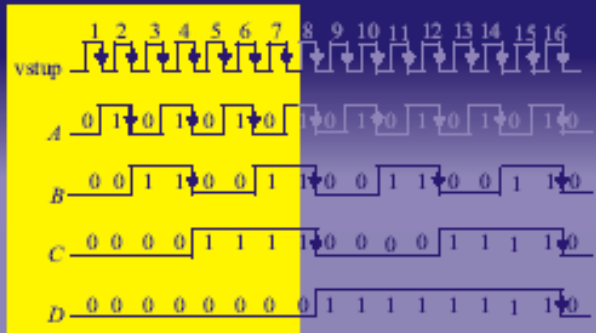
Elektronické obvody

Pavol Galajda¹⁾
Rastislav Lukáč²⁾
vstup



Elektronické obvody

Galajda - Lukáč

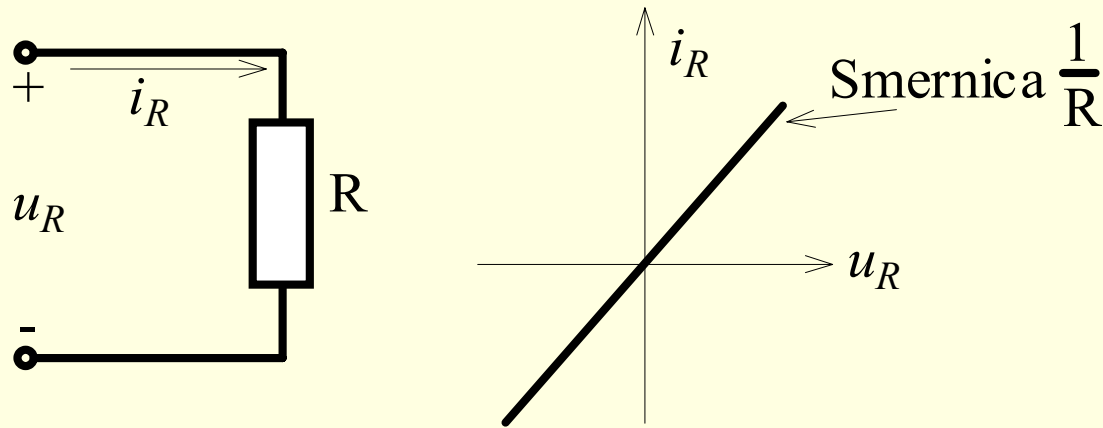


4 Polovodičové diódy

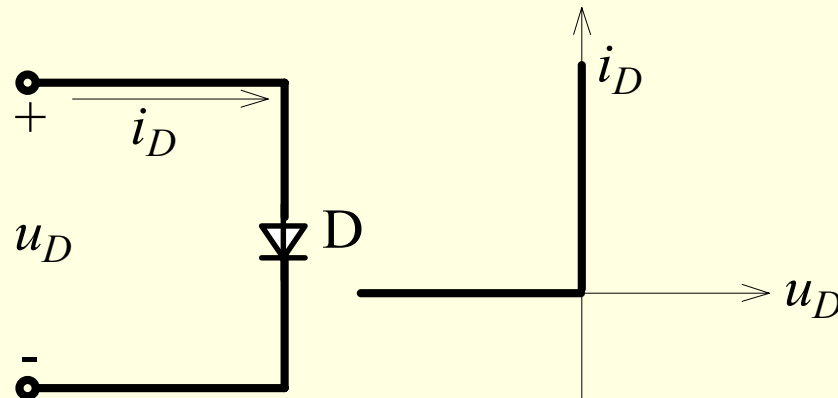
- **4.1 Konštrukcia diódy**
- **4.2 Činnosť diódy**
- **4.3 Náhradné obvody modely diódy**
- **4.4 Fyzika diód v pevnej fáze**
 - *4.4.1 Rozloženie náboja*
 - *4.4.2 Vzťah medzi diódovým prúdom a diódovým napätím*

4 Polovodičové diódy

- Ideálna dióda je nelineárna súčiastka s ampér-voltovou charakteristikou znázornenou na obr. b.
- Táto charakteristika je označovaná ako po častiach lineárna.



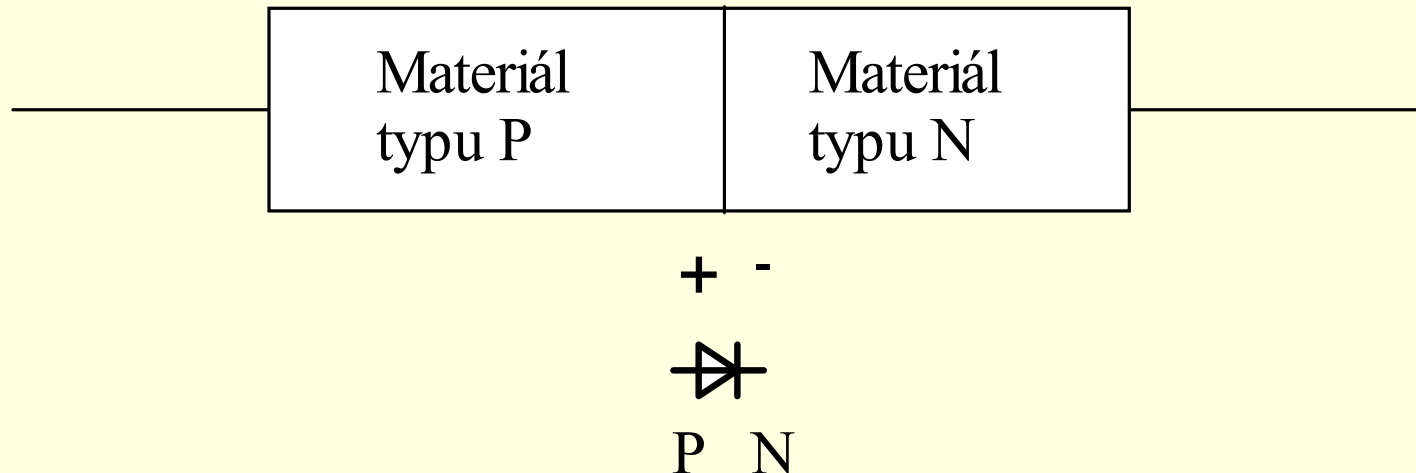
a)



b)

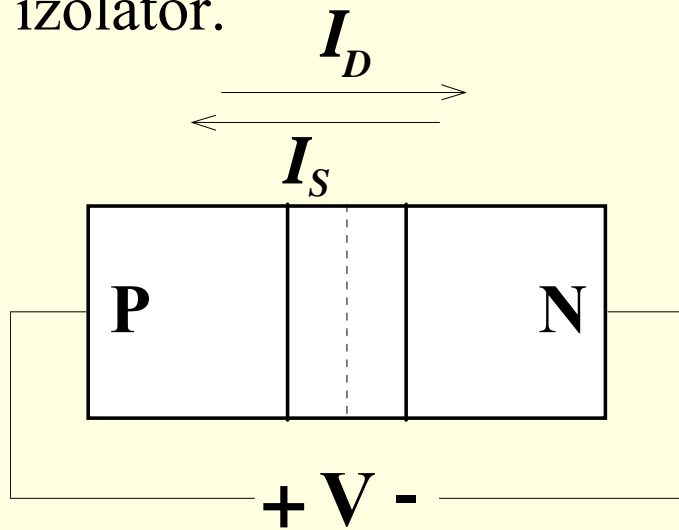
4.1 Konštrukcia diódy

- Na obr. je znázornený materiál typu P a materiál typu N, ktorých spojením vzniká **PN priechod**.
- Takýmto spôsobom je reprezentovaný zjednodušený model konštrukcie diódy.
- Tento model nezohľadňuje postupné zmeny koncentrácie nečistôt v materiále. Praktické diódy sú konštruované ako jeden celok polovodičového materiálu, kde jedna jeho strana je dotovaná materiálom typu P a druhá strana materiálom typu N.

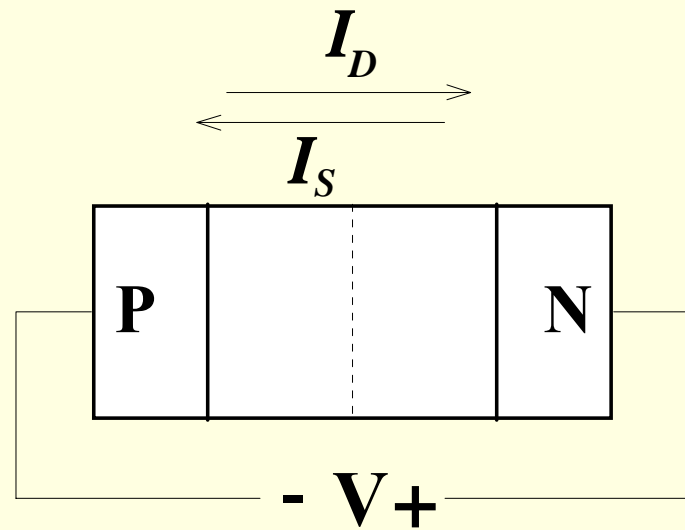


4.1 Konštrukcia diódy

- Ak kladný pól zdroja pripojíme na materiál typu P a záporný na materiál typu N obr. b, dióda je zapojená v *priamom smere*. Ochudobnená oblasť sa zúži v dôsledku priťahovania majoritných nosičov na opačnú stranu a diódou preteká prúd $I_D - I_S = I$.
- Ak pripojíme zdroj na diódu opačne, hovoríme o zapojení v *spätnom smere*. Ochudobnená oblasť sa rozšíri a dióda sa správa ako izolátor.



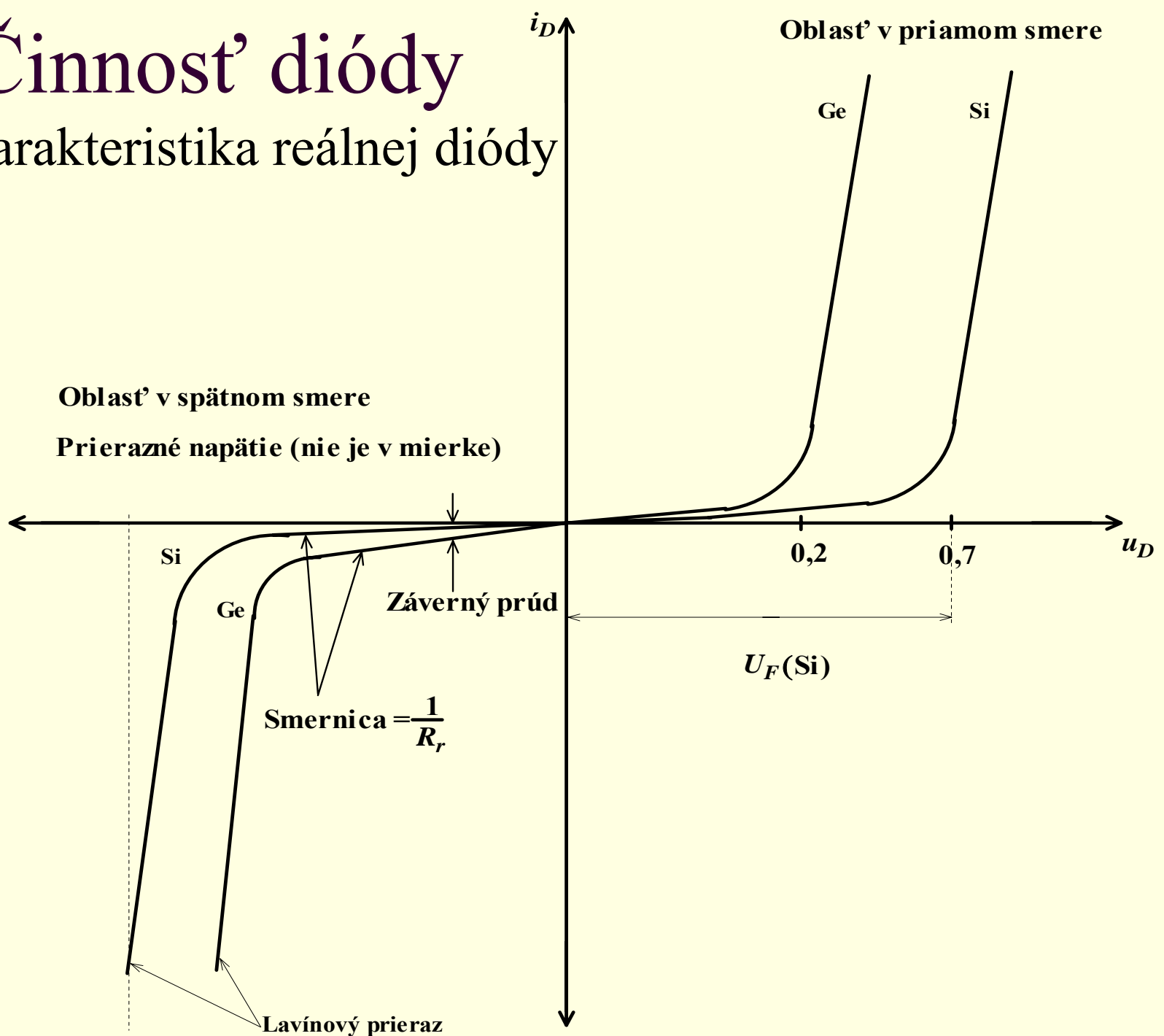
b)



c)

4.2 Činnosť diódy

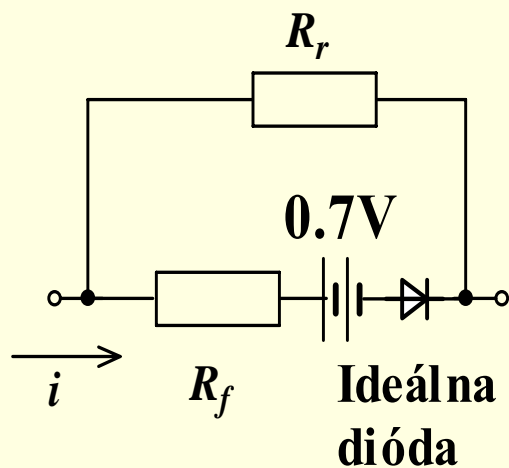
V-A charakteristika reálnej diódy



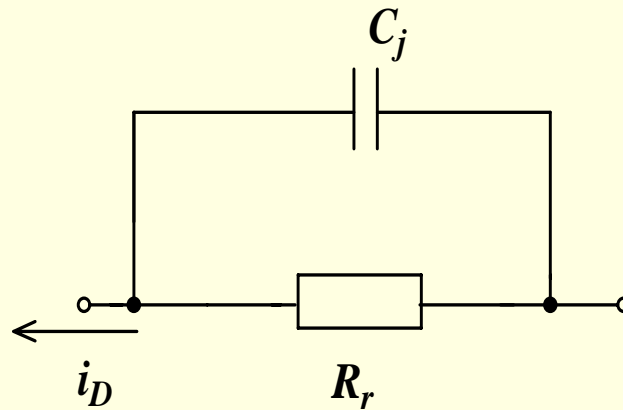
4.3 Náhradné obvodové modely diódy

R_r - reprezentuje odpor diódy v spätnom smere (niekoľko $M\Omega$)

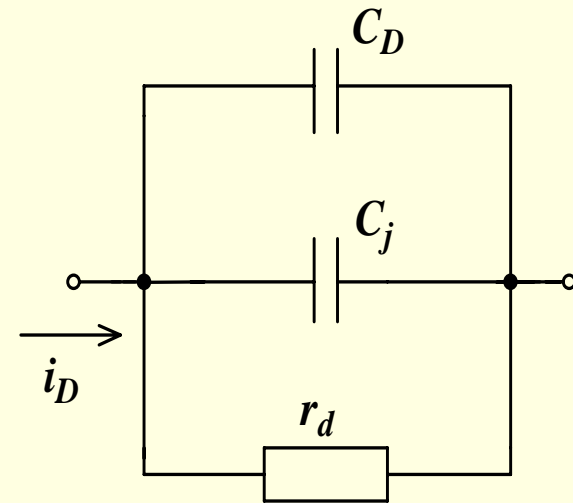
R_f - reprezentuje kontaktný a objemový odpor diódy (má obyčajne hodnotu $<50\Omega$)



a)



b)



c)

C_j - kondenzátor priechodu

C_D - difúzny kondenzátor

r_d - dynamický odpor

Modely diódy a) js model (v priamom i spätnom smere), b) jednoduchý st model pre diódu v spätnom smere, c) st model diódy v priamom smere.

4.4 Fyzika diód v pevnej fáze

4.4.2 Vzťah medzi diódovým prúdom a diódovým napätím

Medzi diódovým prúdom a pripojeným diódovým napätím existuje **exponenciálna závislosť**. Môžeme napísať jediný vzťah pre prúd v priamom i spätnom smere. Výraz môžeme použiť, pokiaľ napätie v spätnom smere neprekročí napätie prierazu.

Vzťah je vyjadrený rovnicou:

$$i_D = I_0 \left(\exp\left(\frac{q \cdot u_D}{n \cdot k \cdot T}\right) - 1 \right)$$

i_D - je diódový prúd,

u_D - je diódové napätie,

I_0 - vyjadruje záverný prúd (zvodový prúd),

q - je náboj elektrónu ($1,6 \cdot 10^{-19}$ C),

k - reprezentuje Boltzmannovu konštantu ($1,38 \cdot 10^{-23}$ J/°K),

T - je absolútna teplota v stupňoch Kelvina a

n - je empirická konštantka (1 až 2), niekedy tiež označovaná ako exponenciálny ideálny činiteľ.

4.4 Fyzika diód v pevnej fáze

4.4.2 Vzťah medzi diódovým prúdom a diódovým napätím

Ak definujeme

$$U_T = \frac{kT}{q}$$

potom rovnica pre diódový prúd bude mať tvar:

$$i_D = I_0 \left(\exp\left(\frac{u_D}{n \cdot U_T}\right) - 1 \right) \quad (4.2)$$

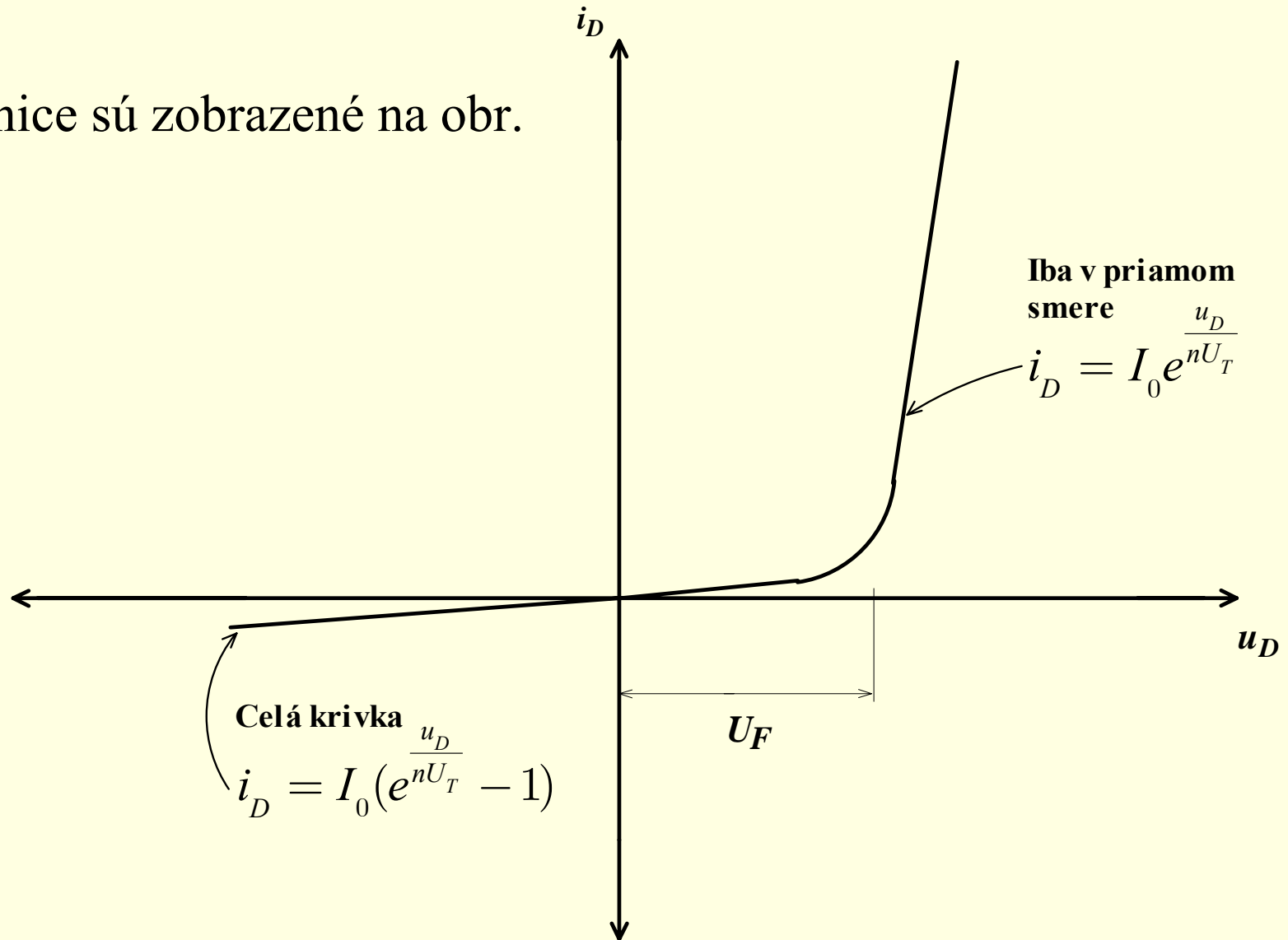
Ak pracujeme pri izbovej teplote (25°C) a len v priamom smere ($u_D > 0$), potom prvý člen v zátvorke prevažuje a prúd je približne

$$i_D = I_0 \exp\left(\frac{u_D}{n \cdot U_T}\right)$$

4.4 Fyzika diód v pevnej fáze

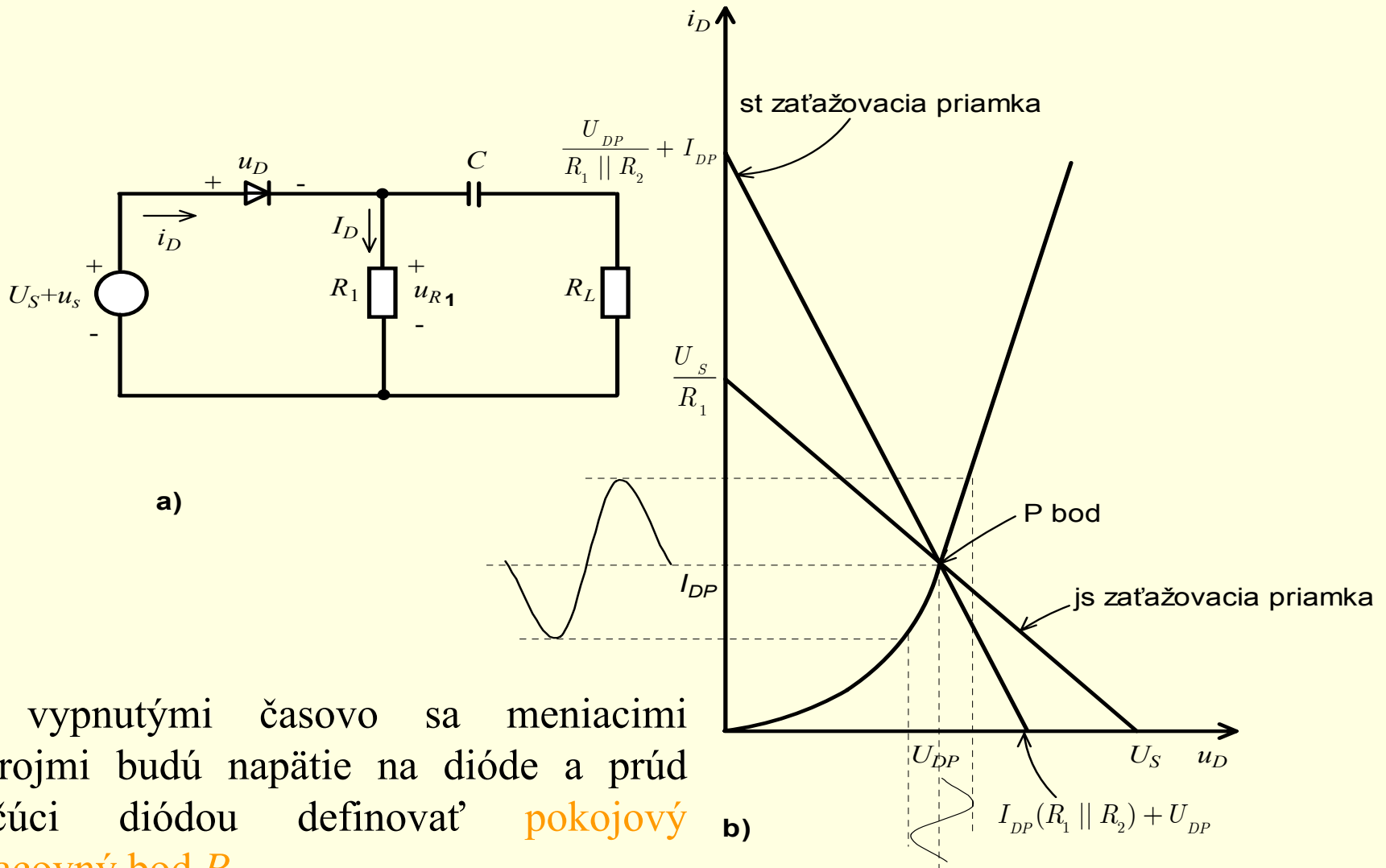
4.4.2 Vzťah medzi diódovým prúdom a diódovým napätím

Tieto rovnice sú zobrazené na obr.



4.4 Fyzika diód v pevnej fáze

4.4.4 Zaťažovacie priamky diódy



S vypnutými časovo sa meniacimi zdrojmi budú napätie na dióde a prúd tečúci diódou definovať **pokojoý pracovný bod P**.

4.4 Fyzika diód v pevnej fáze

4.4.4 Zaťažovacie priamky diódy

Najskôr vyšetříme jednosmerné podmienky.

$$U_S = U_D + U_{R1} = U_D + I_D R_1$$

$$U_D = -R_1 I_D + U_S \quad \text{- jednosmerná zaťažovacia priamka}$$

Ak pripojíme na vstup k jednosmernému signálu časovo sa meniaci signál, zmení sa jedna z dvoch uvažovaných rovníc.

$$u_s = u_d + i_d (R_1 \parallel R_L)$$

$$u_d = -(R_1 \parallel R_L) i_d + u_s$$

$$u_D = u_d + U_{DP}$$

$$i_D = i_d + I_{DP}$$

$$u_D - U_{DP} = -(R_1 \parallel R_L)(i_D - I_{DP}) + u_s \quad \text{- striedavá zaťažovacia priamka}$$

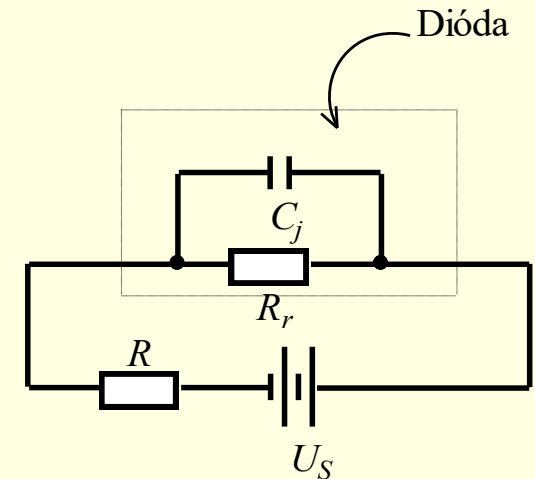
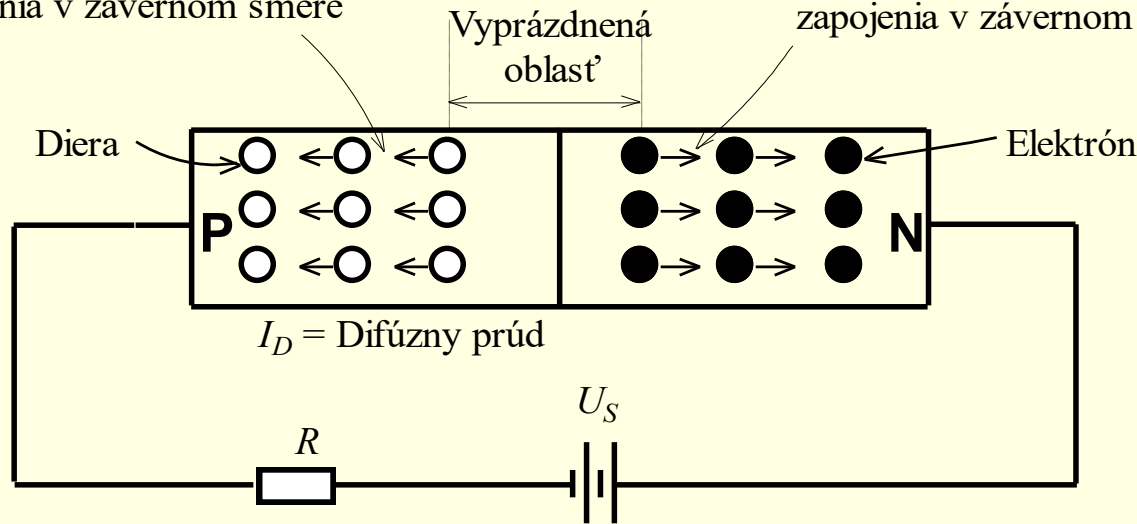
4.4 Fyzika diód v pevnej fáze

4.4.6 Kapacita diódy

Model diódy a ekvivalentný obvod

Pohyb dier v dôsledku
zapojenia v závernom smere

Pohyb elektrónov v dôsledku
zapojenia v závernom smere



Vyprázdnená oblasť sa správa ako izolátor.

Teda dióda v závernom stave sa správa ako kapacitor, ktorého kapacita sa mení nepriamo úmerne s druhou odmocninou napätia pripojeného na polovodičový materiál.

4.4 Fyzika diód v pevnej fáze

4.4.6 Kapacita diódy

Vysvetliť si to môžeme nasledovne:

Ak sa zdvojnásobí šírka oblasti priestorového náboja (čím sa zväčší dvakrát i priestorový náboj) musí sa súčasne dvakrát zväčšiť vzdialenosť medzi elektródami fiktívneho kondenzátora.

$$C \approx 1/d$$

Ak sa teda v rovnici

$$Q = C.U$$

zväčší ľavá strana dvakrát a na pravej strane klesne hodnota kapacity C tiež dvakrát, musí napätie U vzrásť štyrikrát.

$$C \approx 1/\sqrt{U}$$