

# Polovodič

- vede za určitých podm.

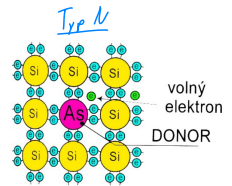
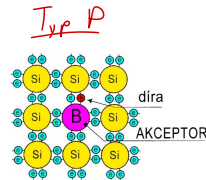
- Vlastní polovodič - křemík, Germanium bez příměsí

- velmi slabé

- Při 0K neteče proud

- Nerovinný polovodič - s příměsí

typ P  
typ N



- Typ P - do křemíku (4 valencí) přidáme prvek se 3 valencími → vznik volných děr



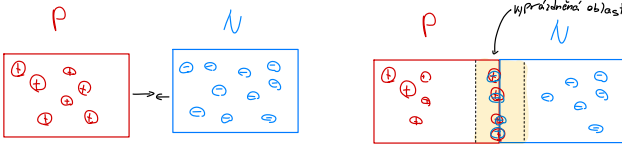
- Typ N - do křemíku (4 valencí) přidáme prvek s 5 valencími → vznik volných e<sup>-</sup>



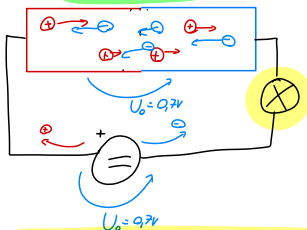
- Přechod PN - 1) Spojíme P a N → rekombinace

2) Vznikne vyprázdněná oblast, kudy nic samo neprojde

3) Musíme dodat energii ke správnému směru

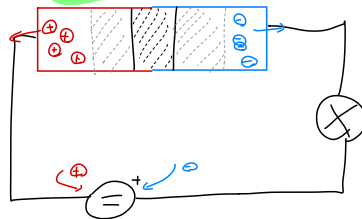


## Propustný směr



- Od určitého U dojde k průtoku a materiál se chová jako vodič

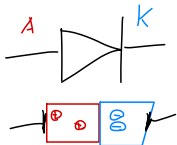
## Závěrný směr



- + a - jsou přitahovány zdrojem ke stranám  
→ rozšíření hladové vrstvy... nic neteče

→ PN přechod vede jen v 1 směru

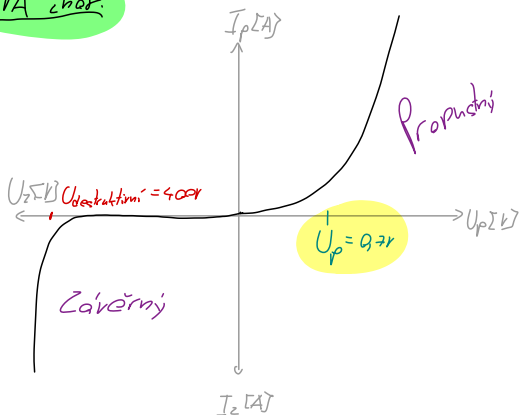
# Polarizová dioda



- PN přechod

- Propustí proud 1 směru (od  $U_p$  dál)

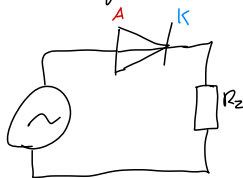
- VA char.



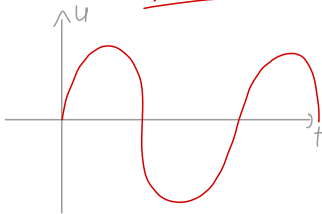
## Usměrňovací dioda



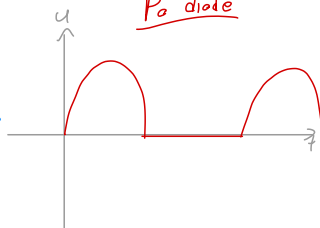
- Usměrníuje stříd. proud



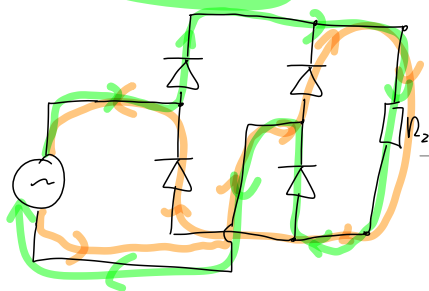
Před diodou



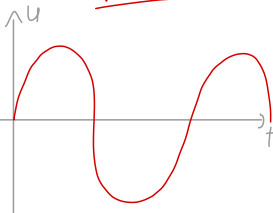
Pa diodě



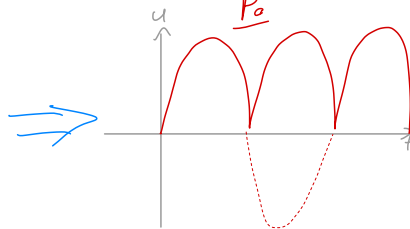
## Usměrňovací můstek



Před



Pa



## Luminiscenční dioda



- PN přechod při propustném směru svítí

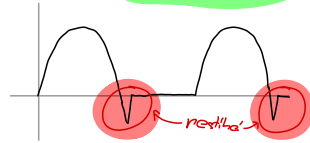
## Schottkyho dioda



- ma přechod polovodič-kov  $\Rightarrow$  velmi rychlá doba zotavení

- umí usměrnit i V<sub>f</sub> signály

Usměrnění V<sub>f</sub> pomocí  
klasické diody



## Tunelová dioda



- má tunelový průřez v propustném směru

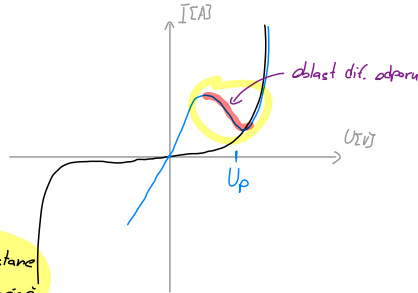
Závěrný směr -  $\ominus$  se tunelují z P do N (vede)

OV - romáška (nevede)

Propustný směr -  $\ominus$  se tunelují z P do N (vede)

$\hookrightarrow$  s dalším zvyšováním U se tunelování dostane na max a klasická část dif. R) = vede méně

- při U<sub>p</sub> se klasicky prorazí a začne zase růst více



## Zenerova dioda



- V závěrném směru se při U<sub>zenerovo</sub> (~5-30V) dioda prorazí a začne vodit

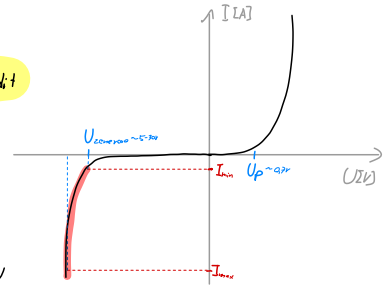
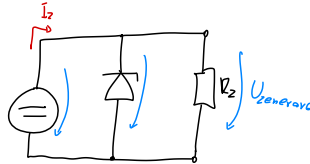
$\hookrightarrow$  tento průřez je malý a není destruktivní

- V propustném směru se chová jako klasická dioda

## Stabilizátor

- V závěrném směru se při průřezu i při velké změně I téměř nemění U

$\hookrightarrow$  dioda stabilizuje napětí



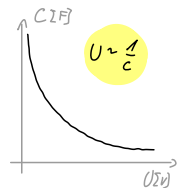
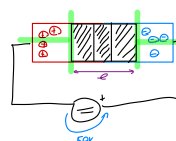
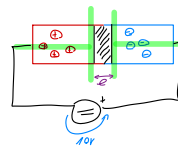
## Kapacitní dioda (Varikap)



= proměnný kondenzátor

- V závěrném směru se dioda chová jako kondenzátor

- Zvyšováním napětí se zvyšují závěrná oblast  $\rightarrow$  klesne kapacita



$$\uparrow U_z \uparrow \rightarrow \uparrow e \uparrow \rightarrow \downarrow C \downarrow \dots C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{d \Rightarrow |C|}$$

# Tranzistor

- polovodičová součástka (2 PN přechody)

- Použití: Spínač

Zesilovač

- Druhy: Unipolární - norejší

- lepší pro spínání

Bipolární - zesilovací

## Bipolární

- Dělí se uspořádání polovodičů na NPN a PNP

- Princip činnosti (NPN):

- Máme 2 obrody: 1. je připojen na B a E ( $U_{BE}$ )

2. je připojen na C a E ( $U_{CE}$ )

- Samotný  $U_{CE}$  obvod otvára PN přechod mezi BE, ale CB přechod je k němu v závěrném směru

- Obvod  $U_{BE}$ , do kterého pustíme  $U_{BE} > 0,6V$  (Práhové napětí) způsobí pohyb  
⊖ proud  $I_B$

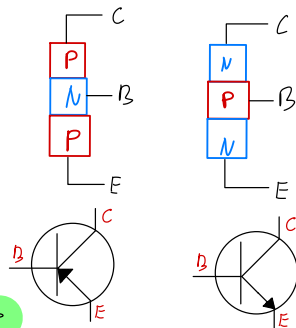
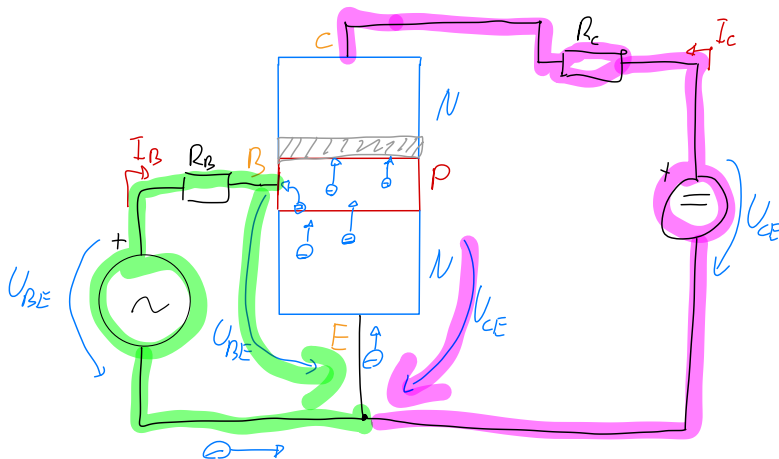
↳ Tím, že na ně zároveň působí  $U_{CE}$ , tak vlastně ⊖ také přitáhne (ale o dost víc)

↳  $U_{CE}$  přitáhne většinu do oblasti mezi B a C (▨) → prázdná oblast zanikne

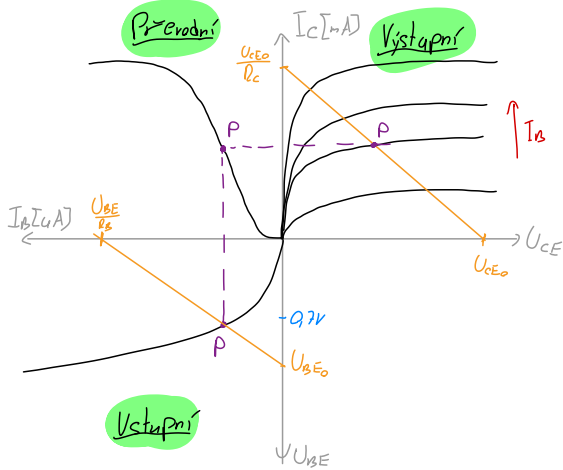
↳ Proud  $I_C$  může téct

- Malým  $I_B$  ovládáme velký  $I_C \dots I_C \gg I_B$

→ Tranzistorový jev - Malým  $I_B$  procházejícím otevřením B-E přechodem se spustí  
xkrát větší  $I_C$  procházející celou C-B-E strukturou



## Charakteristiky a nastavení prac. bodu



## H-parametry

- Vstupní impedance:  $h_{11} = \frac{u_1}{i_1} \left| u_2 = 0 \right. [S]$
- Vstupní admitance:  $h_{22} = \frac{i_2}{u_2} \left| u_1 = 0 \right. [S]$
- Proudový zesilovací činitel:  $h_{21} = \frac{i_2}{i_1} \left| u_2 = 0 \right. [-]$   
(nepřímý zesílení, tranzistor pracuje do zkrat)
- Napětový zesilovací činitel:  $h_{12} = \frac{u_1}{u_2} \left| i_1 = 0 \right. [-]$   
(přímý ZV)

## Vstupní

- char. obvahu s  $U_{BE}$
- Podobná VA char. diody ( $I_C$  to vlastné  $I_{PU}$  prechod)
- Transistor dverčenne pri  $U_{BE} = 90V$ 
  - ↳ Páked je nižší, tak je  $T$  uzavren ( $I_C$  nebež)

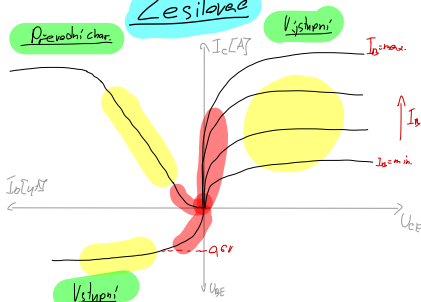
## Výstupní

- Sustava krivket s parametren  $I_b$
- $I_c$  je zavisni na  $I_b$
- Pokud je T zeka devien ( $U_{CE} = 0V$ )  $\rightarrow$  nemozce zesilovat  
 $\rightarrow$  chova se jako spinač = Stav satovace

## Převodní

- ukazuje za'nebst mezi  $I_B$  a  $I_C$
- $I_C$  je asi 100x větší...  $h_{21} = \frac{I_C}{I_B}$
- je téměř lineární

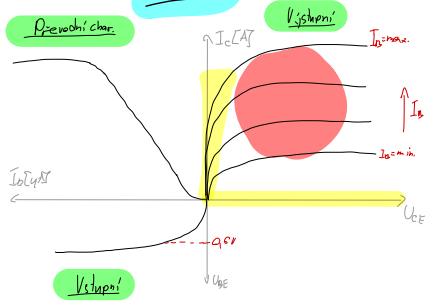
## Zesilovač



## Zesilovač

- Matým Io orla'dáme veľký Ic
- Rzed bázi máme niekoľik ml, ty zesiluje díky zdroji Uoc
- Tyar, frekvencie zúšňava, zesilí se jen amplifika

Spinač



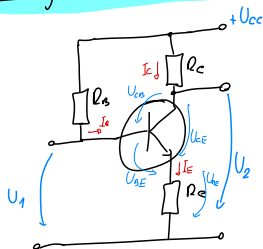
Spinac

- přecházíme mezi stavy  $\log. 1$  a  $\log. 0$

Tady chrome prac. bod

Tady nechceme prac. bod

# Zapojení tranzistoru SE



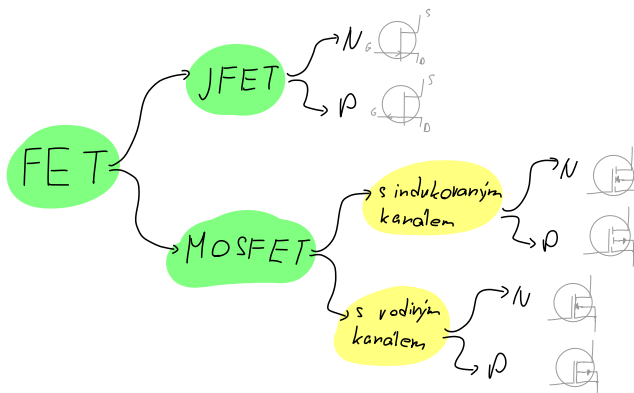
$$\begin{aligned} U_{CE} &= U_{CB} + U_{BE} \\ I_E &= I_C + I_B \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} U_{CE} &= U_{CB} + U_{BE} \\ I_E &= I_C + I_B \end{aligned}} \right\} U_2 = U_{CE} + U_{RE} = U_{CE} + R_E \cdot (I_B + I_C)$$

## Unipolární tranzistory

- řídí se el. polem (napětím) → jsou rychlé

Lowell's vstřední odpor - Výhody - nevláze do něj proud z Gate = méně rušení  
- skvělé spínací parametry

- Nevýhody - Snadné poškození elektrostatickou

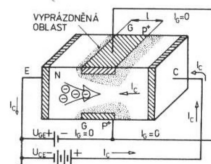


## JFET

- Konstrukce - polovodičová destička (typ N)

- na obou koncích jsou kovové kontakty

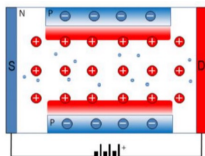
- na horní a dolní stěně jsou silně dotované oblasti (P')



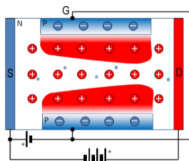
- Princip - napětím  $U_{GS}$  ovládáme šířku kanálu a tím řídíme proud  $I_D$

- při  $U_{GS} = 0$  je šířka maximální a proud největší

- Určitým  $U_{GS}$  kanál zcela zavřeme



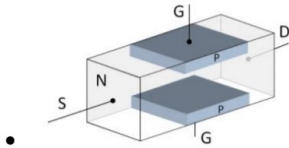
Vznik vyprázdněné oblasti



Vznik vyprázdněné oblasti

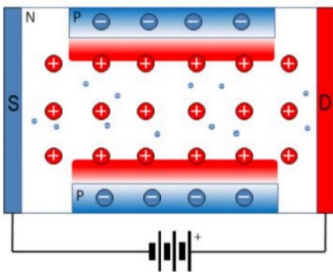
#### ■ Stavba:

- Tvořen základní destičkou polovodiče N (P), na které je ze dvou stran vytvořena brána (hradlo) z polovodiče opačného typu P (N).
- Bránou prochází kanál, kterým teče proud.
  - Řídicí elektroda G (Gate) je připojena k oběma polovinám brány
- Vývody vodivého kanálu jsou označeny S (Source - zdroj) a D (Drain - odtok)

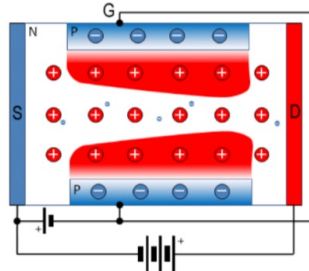


#### ■ Funkce

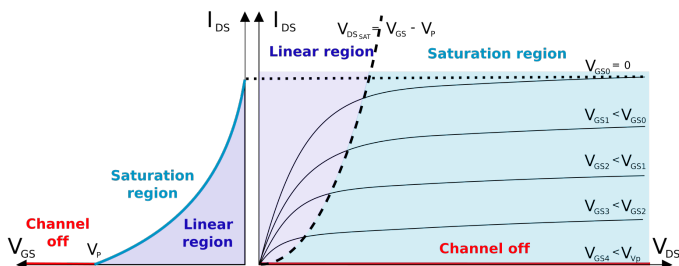
- Pokud na řídicí elektrodu není přivedeno napětí → vznik vyprázdněné oblasti kolem PN přechodů
  - Ta omezuje průchozí vodivý kanál a definuje max. velikost protékajícího proudu
- Přivedením napětí na řídicí elektrodu v záporné polaritě se zvětší vyprázdněná oblast na úkor vodivého kanálu → zmenší se vel. proudu
- Protože elektroda D má vůči řídicí elektrodě opačné napětí, je na této straně vyprázdněná oblast větší a vodivý kanál užší
  - Při zvyšování napětí mezi S a D u vodivého kanálu se tato oblast zvětšuje
- Do řídicí elektrody neteče prakticky žádný proud (PN přechod je v závěrném směru), tranzistor je řízen pouze napětím
  - Při určité vel. napětí dojde k úplnému uzavření kanálu



Vznik vyprázdněné oblasti



Užší oblast u elektrody D



# MOSFET



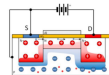
- Gate oddělena vrstvou izolantu

- Břínaje:  $U_G = 0$  - D + základní polovodič s tvrdí -  $\Rightarrow$  proud nepoteká

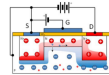
$U_G \neq 0$  - k povrchu polovodiče přitáhneme  $\ominus$

- Vznik vrstvy s  $\ominus \Rightarrow \oplus \rightarrow$  vrstva typu N = inverzní vrstva

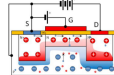
- Souvisek vodivého kanálu mezi S a D



Obrázek 2 Bez napětí



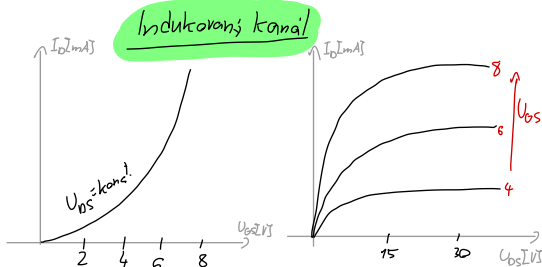
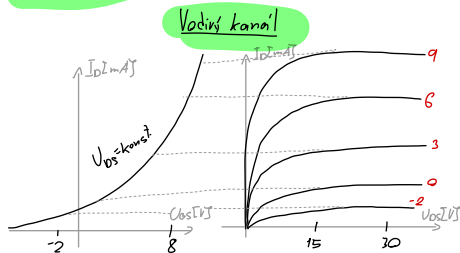
Obrázek 3 Odklusovací režim kanálu



Obrázek 4 Obhospodovací režim kanálu

- Indukovaný kanál - inverzní kanál se vytváří až po určitém  $U_G$

- Vodivý kanál - vede i při  $U_{GS} = 0V$  (nežake tam zbývají)  $\rightarrow$  klytlacíme je  $-U_{GS}$



## Typ MOSFET

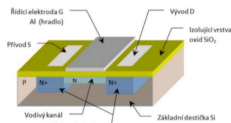
- Nejrozšířenější druh FET tranzistoru
- Vodivost kanálu mezi S a D ovládaná el. polem vytvářeným ve struktuře kov-oxid-polovodič napětím přiloženým mezi G a S
- Hradlo je odděleno od polovodiče vrstvou oxidu křemíku

### Použití:

- Základní prvek většiny současných elektroniky (nahradili bipolární tranzistory)
- Digitální i analogové obvody, výkonová elektronika

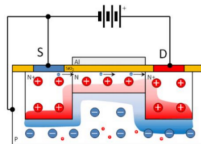
### Stavba (MOSFET s vodivým kanálem)

- Tvoření základní destičky polovodiče P (N), do které jsou vytvořeny dvě elektrody druhého typu N+ (P+). Mezi nimi je úzký kanál stejného typu N (P)
- Na destičce nevodivá vrstva, na které je napálena hliníková vodivá elektroda G
  - Ta je izolována  $\rightarrow$  obrovský vstupní odpor

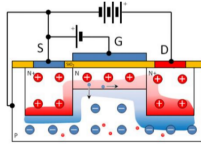


### Funkce (MOSFET s vodivým kanálem)

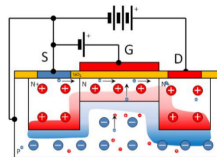
- Pokud na řídicí elektrodu není přivedeno napětí  $\rightarrow$  kolem přechodu vznikne vyprázdněná oblast
  - Omezuje průchod vodivý kanál, definuje vel. proudy mezi S a D
- Přivedením napětí na řídicí elektrodu v záporné polaritě  $\rightarrow$  odklusovací režim kanálu
  - El. pole vytvořené pod izolovanou řídicí elektrodou odpuzuje z vodivého kanálu elektrony  $\rightarrow$  vytlačuje je do základní destičky
    - zmenšení proudu vodivým kanálem
- Přivedením napětí na řídicí elektrodu v kladné polaritě  $\rightarrow$  obhospodovací režim kanálu
  - El. pole vytvořené pod izolovanou řídicí elektrodou vytváří elektrony ze základní destičky  $\rightarrow$  obhospoduje množství nosičů ve vodivém kanále
    - Zvětšení proudu vodivým kanálem



Obrázek 2 Bez napětí



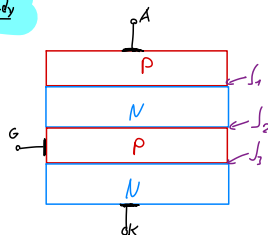
Obrázek 3 Odklusovací režim kanálu



Obrázek 4 Obhospodovací režim kanálu

# Saoučástky s více PN přechody

## Tyrista



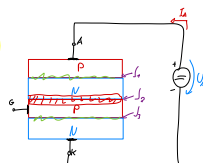
- Polovodičová výkonová spínací součástka

- má 3 PN přechody

**Princip:** Tyristor se zapne díky řídicímu  $U/I$  na Gate

① Aktivní režim -  $J_1$  a  $J_3$  je otevřen

-  $J_2$  je uzavřen



② Otevření  $J_2$  a) zvýšení  $U_A \rightarrow$  zničení

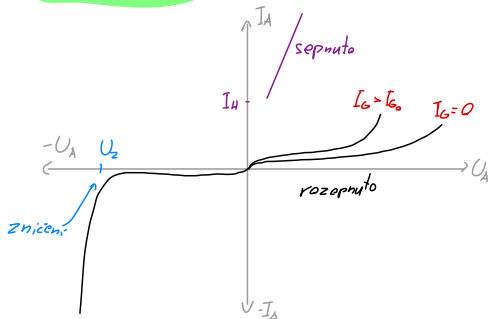
b) Proud  $I_A$  zvedá  $U_A$  = otevření napětovým skokem  $\rightarrow$  předtím se moc řídil

c) impuls na Gate (vstříkneme tam minoritní nosiče)  $\rightarrow$  průraz a otevření  $J_2$   
 $\rightarrow$  stačí jen impuls

③ Vypnutí a) Pokles  $I_A$  pod práhový  $I_H$

b) Vypínací tyristor (GTO) - záporný impuls na Gate  
 - odvedení nosičů zpět

## - $V_A$ charakteristika



$I_H$  - práhový proud = min. proud pro udržení ve řídicím stavu

$I_G$  - čím větší bude, tím menší  $U_A$  stačí pro otevření

## Použití - Řízení, výkon, spínání...

### DIAC

- Obousměrný tyristor bez Gate  
 - otevřít se napětovým skokem



### TRIAC

- Obousměrný tyristor s Gate  
 - Otevřít se impulsem na Gate  
 - dá se řídit  
 - elektronický spínač = rychlejší

