

# Dioda – VA charakteristika, pracovní bod

## Elektronika pro informační technologie (IEL)

Brno University of Technology, Faculty of Information Technology  
Božetěchova 1/2, 612 66 Brno - Královo Pole  
Petr Veigend



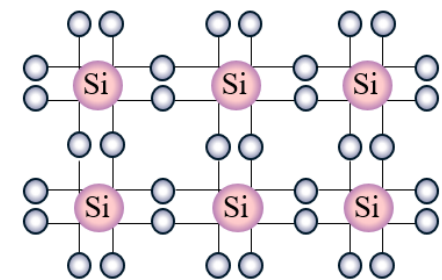
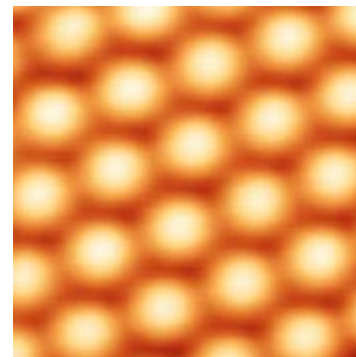
Spolufinancováno  
Evropskou unií



- Polovodičová dioda
  - Úvod do problematiky
  - Měření V-A charakteristiky diody
  - Pracovní bod

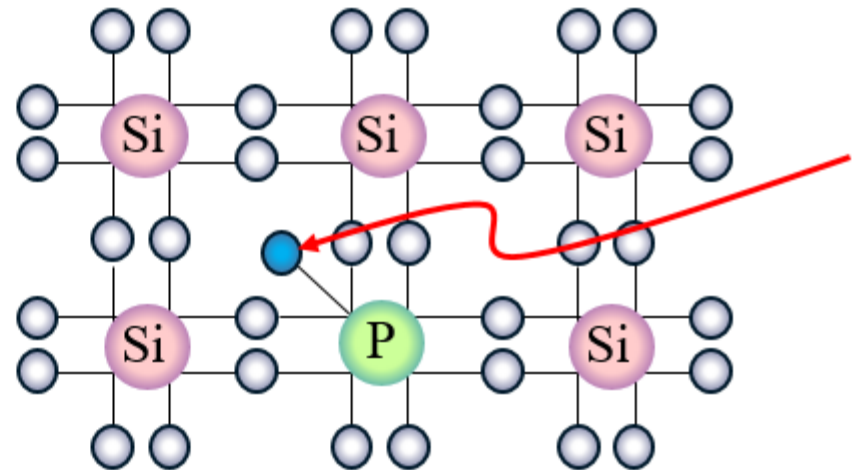
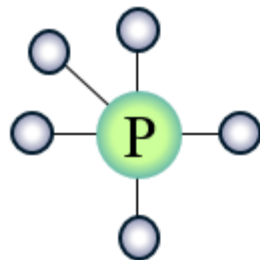
# POLOVODIČOVÁ DIODA

- Rozlišujeme polovodiče **vlastní** a **nevlastní**
- **Vlastní (v praxi se příliš nepoužívají)**
  - **Křemík (Si)**
  - Valenční vrstva – **4 elektrony**, chová se jako elektricky neutrální
  - Příměsí vhodných prvků do čistého křemíku se tento stav naruší → vznik 2 typů polovodičů
- **Nevlastní**
  - polovodiče typu P
  - polovodiče typu N



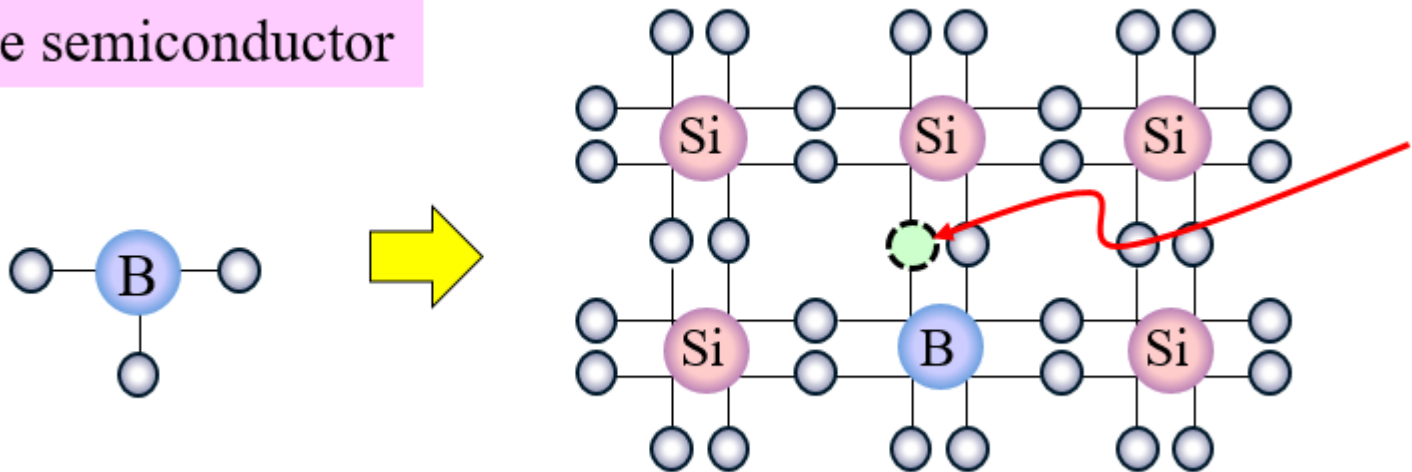
- **Typ N:** elektronová vodivost, příměs o 1 el. více
  - Příklad: **5-mocný fosfor (P) – 5 elektronů** ve valenční vrstvě
  - v krystalu křemíku od každého atomu fosforu 1 volný elektron
  - Záporně nabitý materiál → **polovodič typu N**

n-type semiconductor



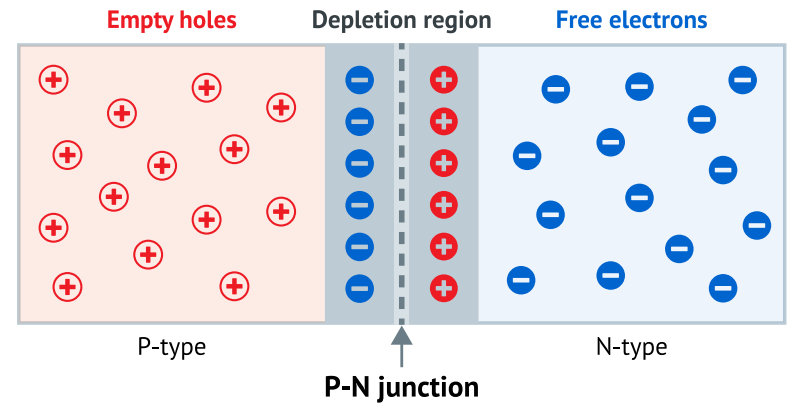
- **Typ P:** děrová vodivost, příměs o 1 el. méně
  - Příklad: **3-mocný bor (B) – 3 elektrony** ve valenční vrstvě
  - v krystalu křemíku od každého atomu boru 1 volné místo ("díra")
  - Kladně nabitý materiál → **polovodič typu P**

p-type semiconductor

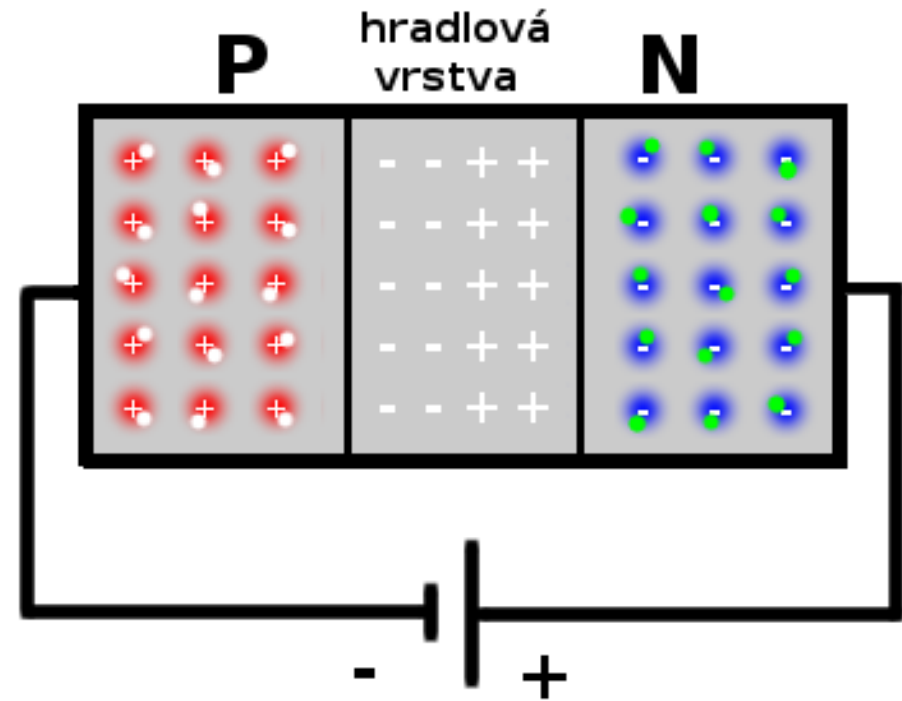


- Příměsi s **5 valenčními elektrony (např. fosfor)**
  - **Donory:** dodávají do krystalu křemíku **volné elektrony**
- Příměsi se **3 valenčními elektrony (např. bor)**
  - **Akceptory:** vytvářejí v křemíku kladně nabitě "díry", které **elektrony přitahují**
- Takto upravené materiály jsou však samy o sobě **prakticky nepoužitelné**, jelikož neposkytují dostatek volných elektronů pro vedení proudu.
  - **Řešení:** spojíme polovodiče typu P a N  
→ **PN přechod**

- Rozhraní materiálů P a N  
→ **hradlová vrstva**  
(potenciálová bariéra)
- Volné elektrony (-) jsou přitahovány k dírám (+)
  - **rekombinace** – zánik páru  
(elektron se náhodně setká s dírou, ztratí část energie a zaplní díru)

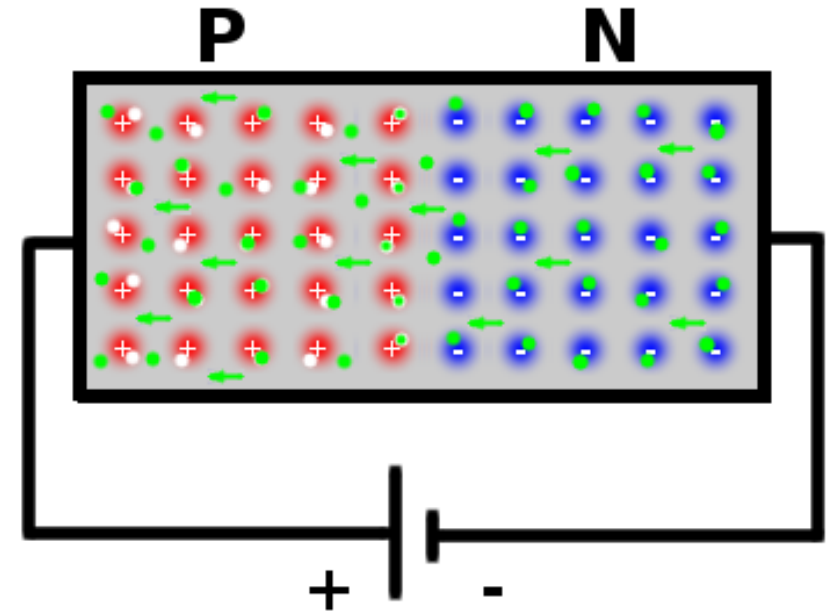



- Připojeno vnější napětí
- **Kladná polarita (+)** vnějšího napětí u polovodiče N přitahuje elektrony (-)
- **Záporná polarita (-)** vnějšího napětí u polovodiče P přitahuje díry (+)
- **potenciálová bariéra se zvětšuje a proud neprotéká**



- + hradlová vrstva rozšířena při zapojení v závěrném směru => značný odpor bránící průtoku proudu

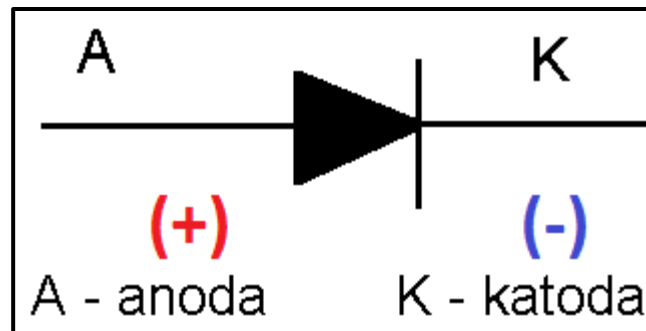
- Připojeno vnější napětí
- **Kladná polarita (+)** vnějšího napětí u polovodiče P odpuzuje díry (+)
- **Záporná polarita (-)** vnějšího napětí u polovodiče N odpuzuje elektrony (-) a tlačí je směrem k přechodu
- **potenciálová bariéra zaniká** a začíná **protékat proud**



 polarizace PN přechodu tzv. do propustného směru, značná redukce hradlové vrstvy, pokles odporu, prochází elektrický proud

**dochází k rekombinaci elektronů a děr**

- Jedná se vlastně o **polovodičový PN přechod**
- Má dvě elektrody
  - kladnou: **anodu, P (delší)**
  - zápornou: **katodu, N (kratší)**
- **Záleží na polaritě vstupního napětí**
- **Značka**



- Analytické řešení

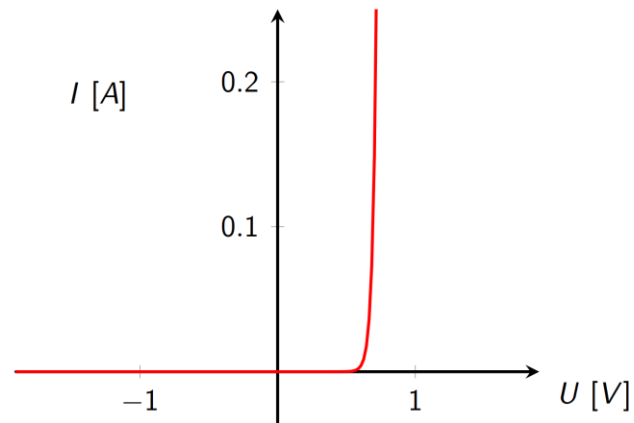
$$I = I_0 \left( e^{\frac{eU}{kT}} - 1 \right)$$

kde:

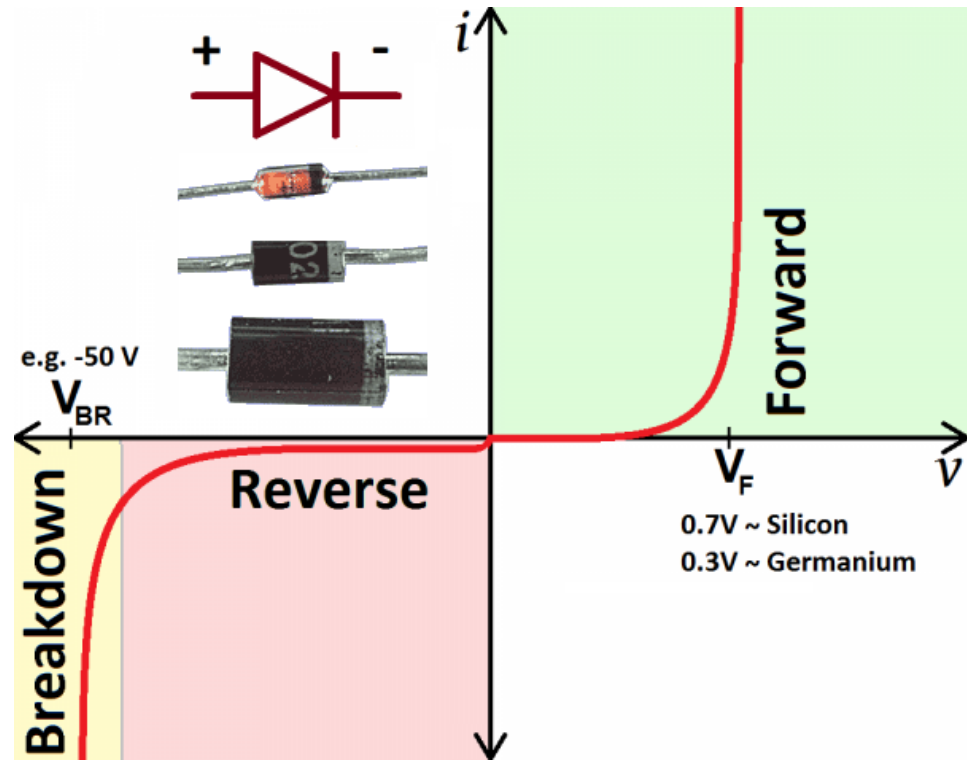
$e$  je náboj elektronu ( $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ),

$k$  je Boltzmanova konstanta ( $1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$ ),

$T$  je teplota přechodu PN ( $300 \text{ K}$ )

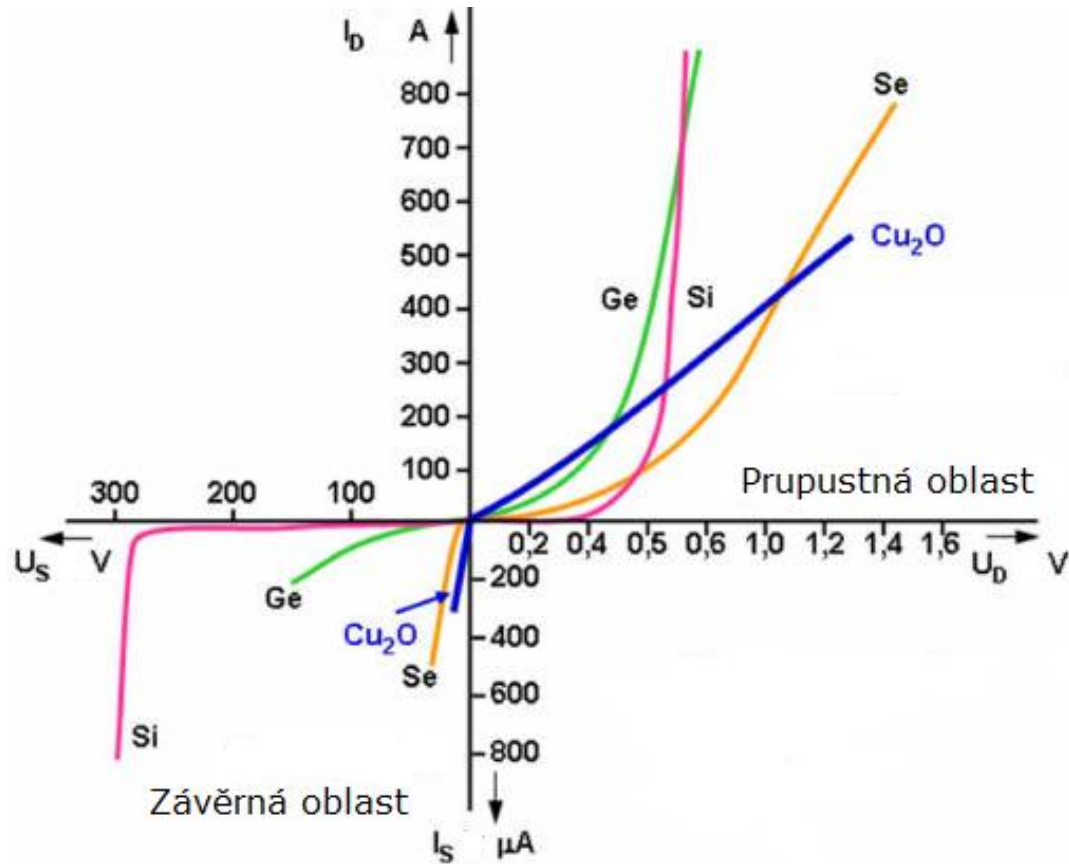


- **Skutečná charakteristika**

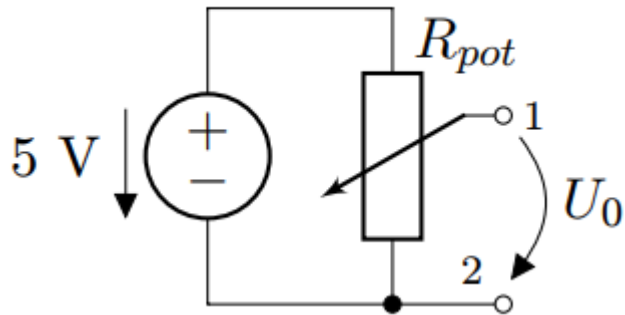


- Diodou prochází proud  $i$  v tzv. **závěrném směru**. Pokud překročí maximální povolenou hodnotu,
  - dojde k (destruktivnímu) **průrazu** a u většiny typů diod i k jejich **zničení** (existují výjimky – **Zenerova dioda**)

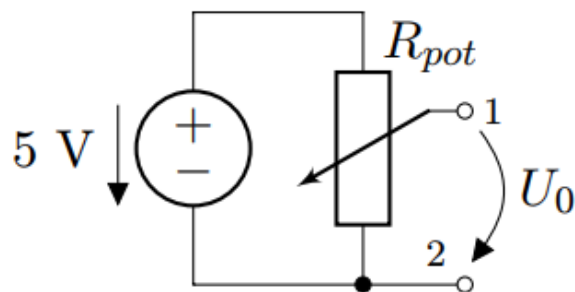
- **Si** – otevírá se při  $U_D=0,4V$ , otevřená je při  $U_D=0,5V$   
– průraz cca při cca 300V



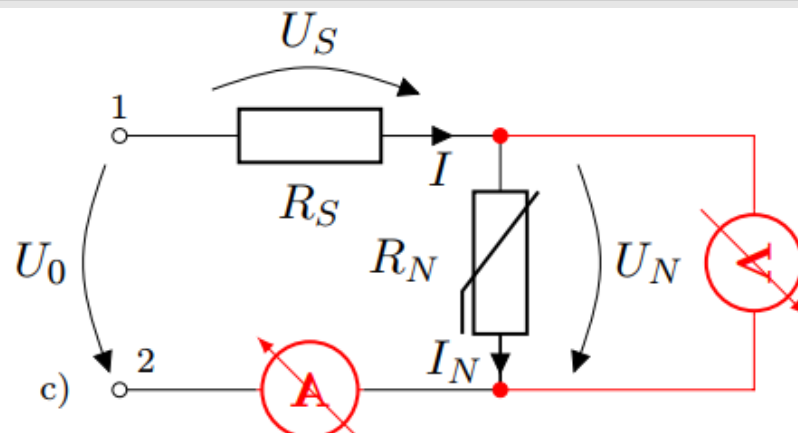
- Zapojte v nepájivém poli



- Připojte multimetr (V, 20V) a sledujte, jak se bude měnit napětí při otáčení knoflíku potenciometru.
  - Měříme napětí  $U_0$



Regulace vstupního napětí  $U_0$

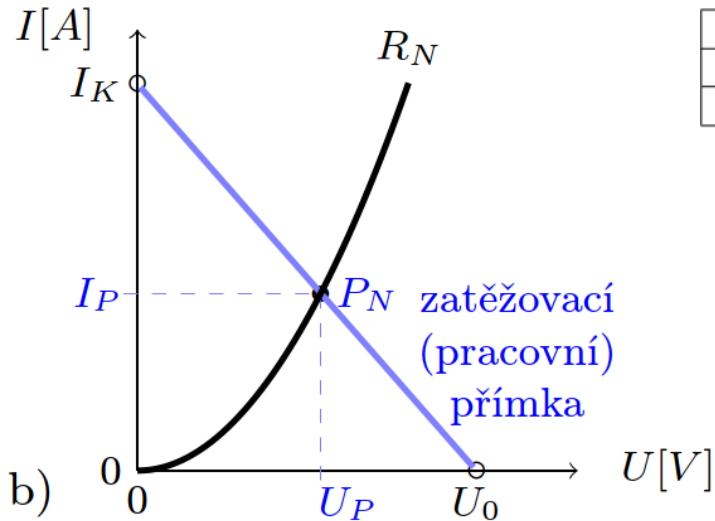


Kompletní zapojení pro změření VA charakteristiky

$U_0$	0	0.1	0.2	0.4	0.6	1	2	5	[V]
$U_N$									
$I_N$									[ $\mu$ A]

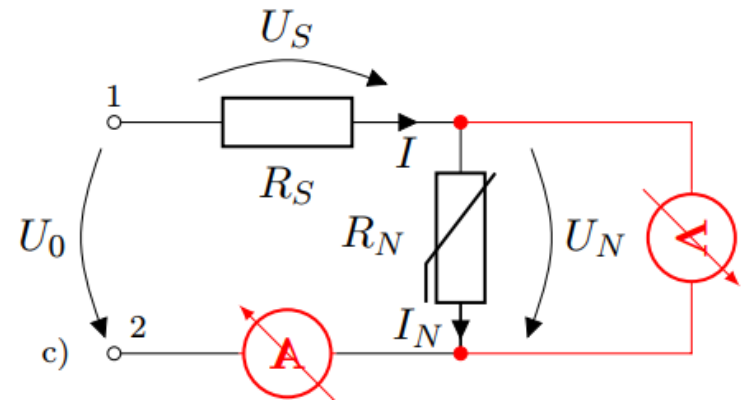
Osa x -  $U_N$

Osa y -  $I_N$



$U_0$	0	0.1	0.2	0.4	0.6	1	2	5	[V]
$U_N$							$U_P$		
$I_N$							$I_P$		[ $\mu$ A]

- Napětí  $U_0 = 2[V]$ 
  - Napětí zdroje „naprázdno“
- Proud nakrátko  $I_K$ 
  - Proud při nahrazení  $R_N$  vodičem (odpojíme diodu)
- $I_K = \frac{U_0}{R_S}$



Děkuji za pozornost!