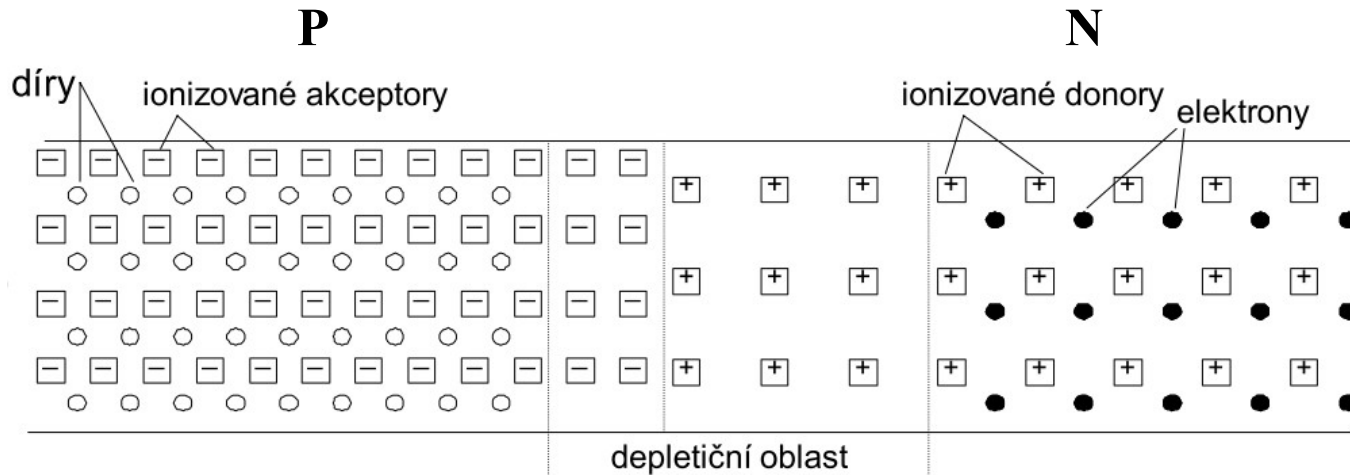


# PN přechod

Spojením polovodiče N a P



- elektrony v blízkosti přechodu difundují z oblasti N do P a zanechávají za sebou kladný prostorový náboj – ten odpuzuje kladné volné díry difundující ze strany P
- díry v blízkosti přechodu difundují z oblasti P do N a zanechávají záporný prostorový náboj – odpuzuje volné elektrony difundující ze strany N
- v oblasti přechodu volné elektr. a díry rekombinují → vznik depl. oblasti
- driftové síly el. pole vytvořeného prostorovým náboje působí proti difúznímu pohybu → v oblasti přechodu rovnováha difu. a drift. sil

# PN přechod

- v oblasti přechodu je rozdíl potenciálů  $\rightarrow$  difúzní napětí  $U_D$

$$U_D = \frac{kT}{q} \ln \left( \frac{N_D N_A}{n_i^2} \right)$$

$N_A$  – koncentrace akceptorů,  $N_D$  – koncentrace donorů

pro:  $kT/q = U_T = 26 \text{ mV}$

$$n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

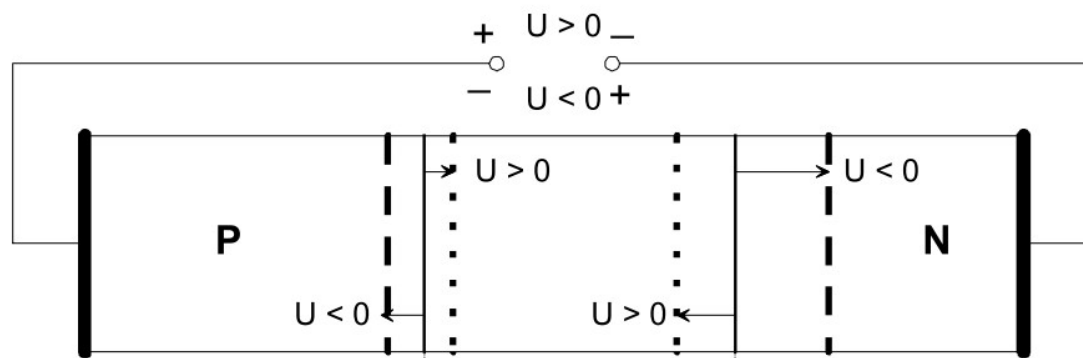
$$N_A = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$$

$$N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$$

$$U_D = 0,599 \text{ V}$$

# PN přechod

Při přiložení vnějšího napětí



- při kladné polaritě napětí ( $U > 0$ ) se snižuje depletiční oblast
- při záporné polaritě napětí ( $U < 0$ ) se rozšiřuje depletiční oblast

**saturační proud:**

$$I_0 = qA \left( \frac{D_n}{L_n} \frac{1}{N_A} + \frac{D_p}{L_p} \frac{1}{N_D} \right) n_i^2$$

$D_n, D_p$  – difúzní koeficient,

$L_n, L_p$  – střední difúzní délka minorit. nosičů

$N_A, N_D$  – koncentrace donorů a akceptorů

$A$  – plocha přechodu

# PN přechod

**Rovnice diody** (Shockleyho rovnice ideální diody)

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

$U$  – napětí na PN přechodu

$U_T$  – teplotní napětí (cca 26 mV)

**Propustní směr**

$$U \gg U_T$$

$$I \approx I_0 \left( e^{\frac{U}{U_T}} \right)$$

$$R_d \approx \frac{U_T}{I}$$

**závěrný směr**

$$U \ll |U_T|$$

$$I \approx I_0$$

# Kapacita PN přechodu

Bariérová kapacita

- převažuje v závěrném směru
- vlivem prostorového náboje v depletiční vrstvě

$$C_j = \frac{C_{j0}}{\sqrt{1 - \frac{U}{U_D}}}$$

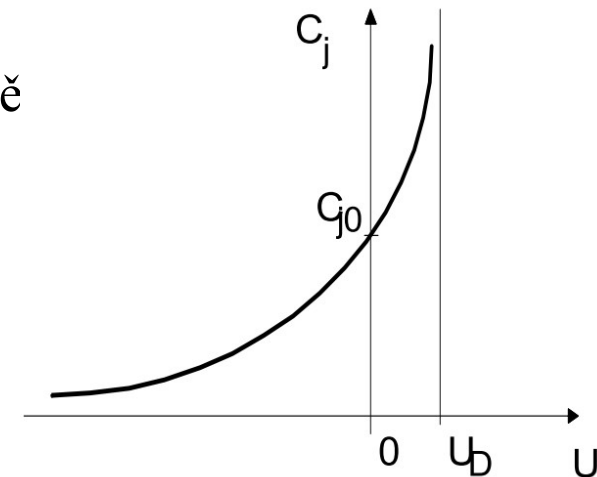
Difúzní kapacita

- převažuje v propustném směru

Celková kapacita

- součtem bariérové a difúzní kapacity

$$C = C_j + C_d$$



---

**Literatura** – hlavní zdroj informací pro polovodiče a PN přechody:

Musil, V. a kol.: *Elektronické součástky*. 2. vyd. Brno: VUT, 1996.

ISBN 80-214-0821-9.(Skriptum)

# Polovodičové diody

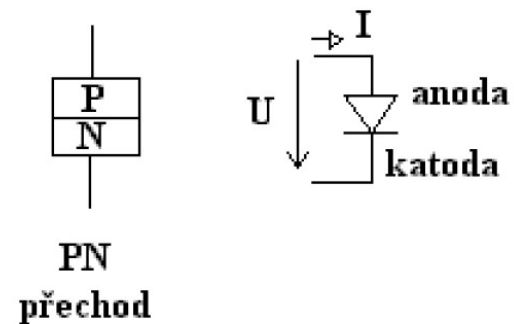
Využívají nelineárních vlastností PN přechodu

Dělení dle konstrukce:

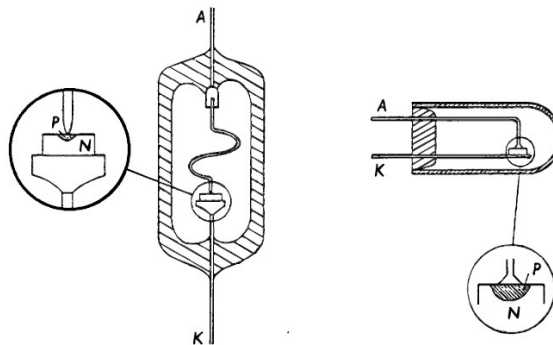
- hrotové
- plošné (slitinové, difúzní, planární a Schottkyho)

Dělení dle funkce a použití

- usměrňovací (nízkovýkonové a výkonové)
- detekční a spínací
- stabilizační a referenční (tzv. Zenerovy diody)
- tunelové a inverzní
- kapacitní (varikapy, varktory)
- luminiscenční (svítivé a laserové)
- fotodiody
- speciální diody



# Polovodičové diody



hrotová

s přivař. zlatým hrotem

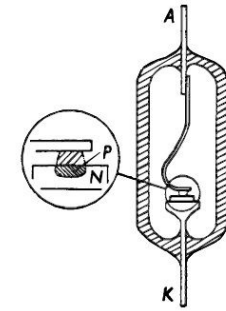
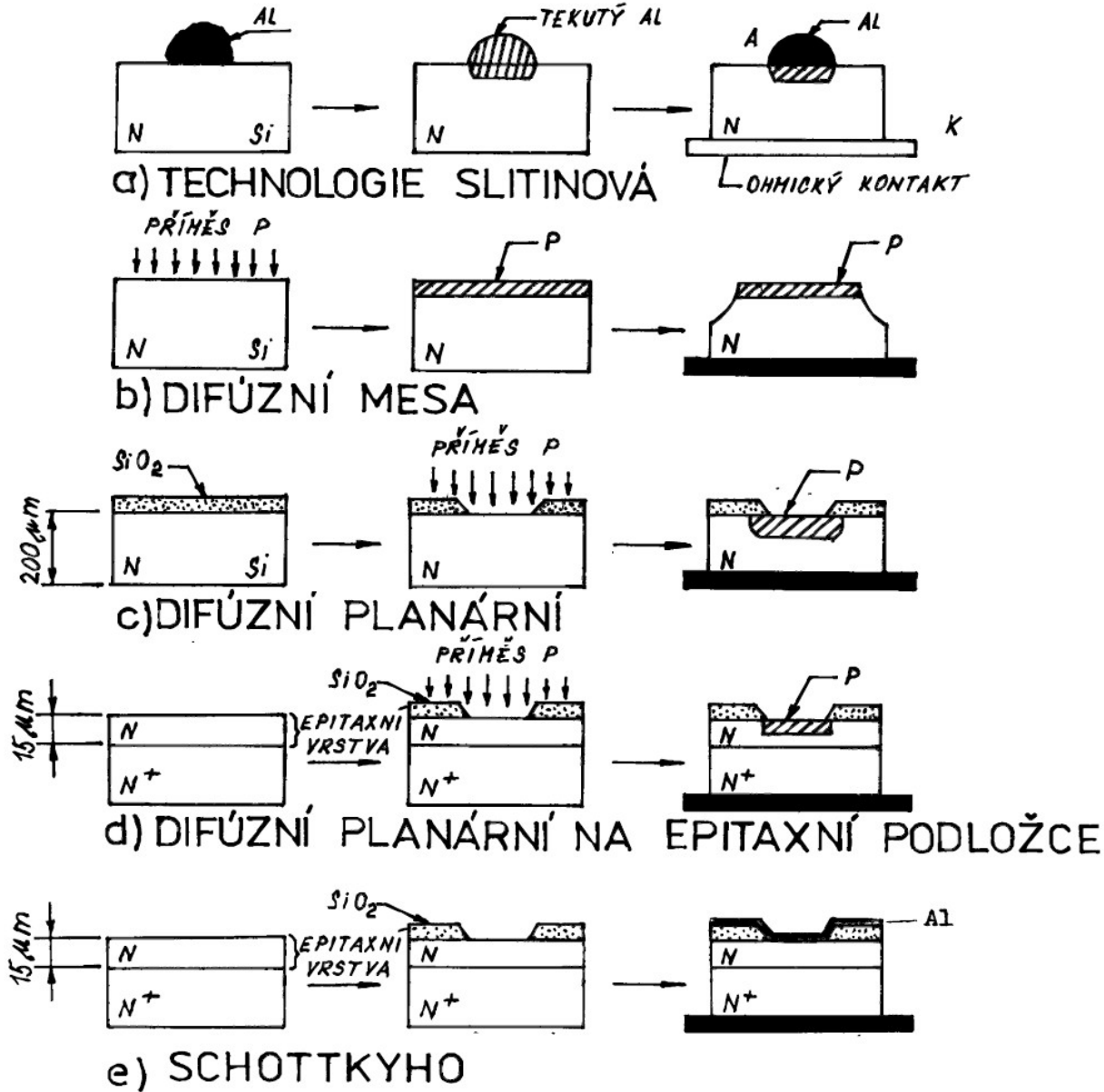
Výroba: proti destičce 1 x 1 x 0,1 mm připevněné na držáku se pohybuje zahnutý wolframový hrot než dojde k el. kontaktu. Následuje zatavení konců skleněné trubičky, v níž je destička umístěna. Jako poslední operace se provádí formování el. impulzem v propustném směru – vlivem velké teploty se pod hrotem pozmění krystalická struktura.

- Vlastnosti:
- malá parazitní kapacita
  - malý ztrátový proud (cca 10mW)
  - malá hodnota max. proudu (desítky mA)
  - velký sériový odpor
  - krátká zotavovací doba

Použití: usměrnění malých signálů velkých kmitočtů (tzv. mikrovlnné diody)

# Polovodičové diody

Plošné diody





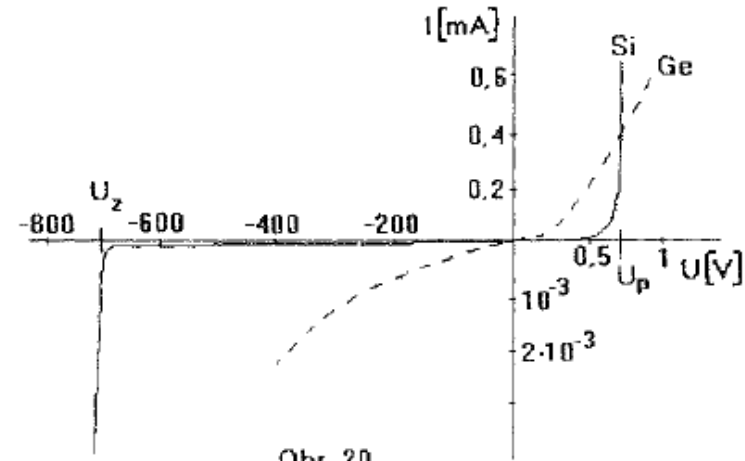
# Náhradní obvod diody

$U_p$  – prahové napětí

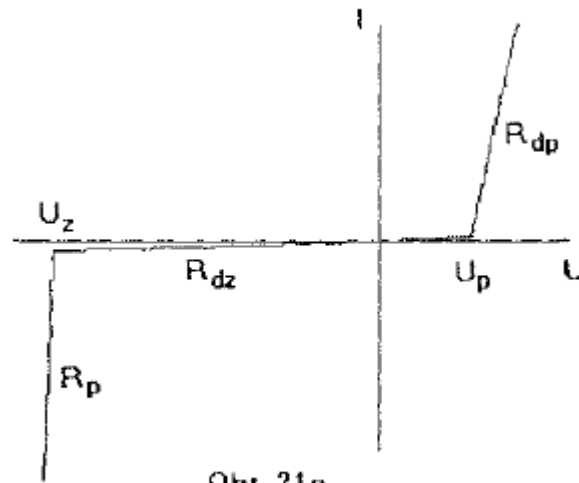
Si: 600 mV

Ge: 200mV

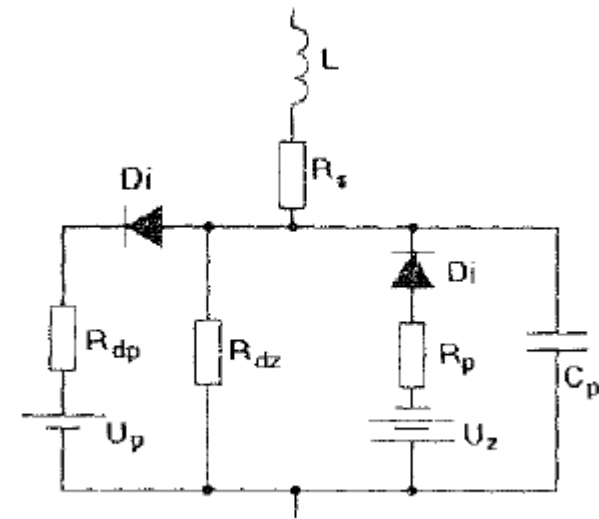
$U_z$  – závěrné napětí



Obr. 20



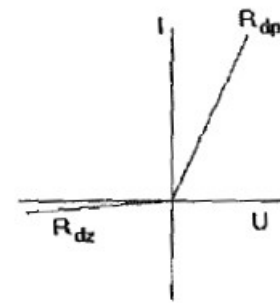
Obr. 21a



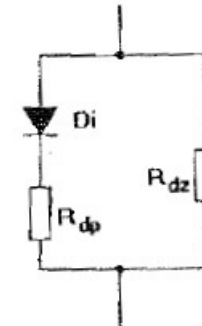
Obr. 21b

# Dioda

- Ne vždy používáme diodu ve všech oblastech
- Náhradní zapojení lze zjednodušit
- Nevystihuje dynamické vlastnosti

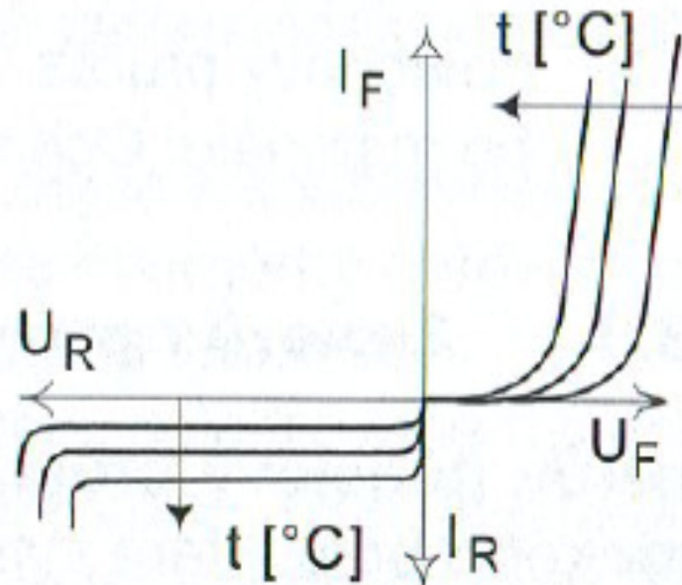


Obr. 22a

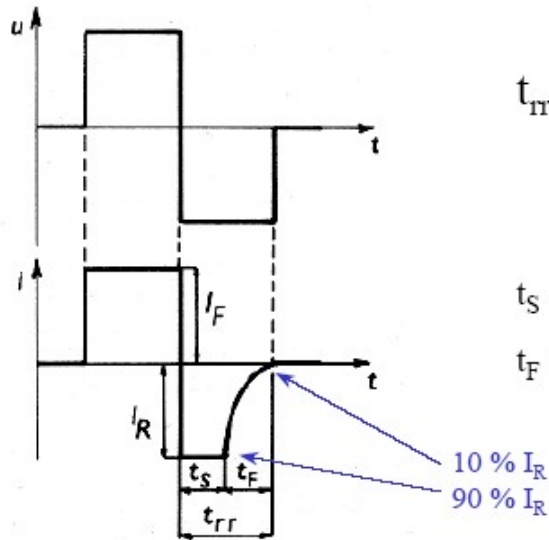


Obr. 22b

Změna VA – charakteristiky  
v závislost na teplotě



# Komutace u diody

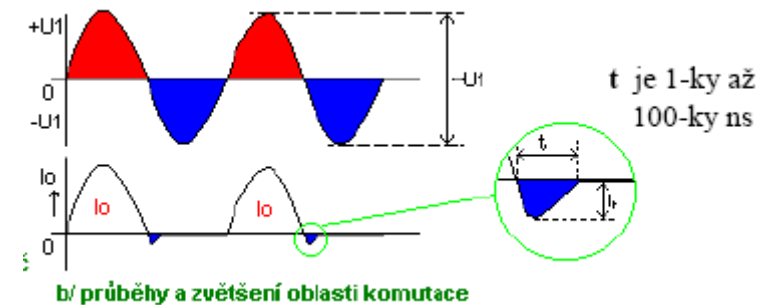


$t_{rr}$  - závěrná zotavovací doba

bývá v řádu 1 až 100 ns

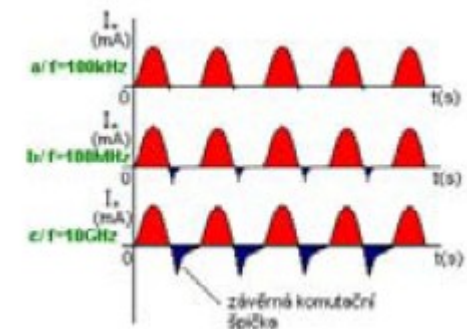
$t_s$  - doba vyprázdnění

$t_F$  - doba ustálení

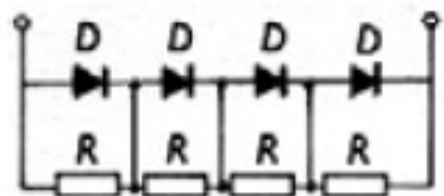


Může způsobovat rušení

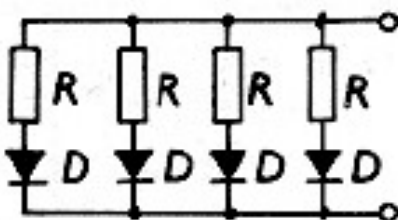
U vysokých frekvencí  
nezanedbatelný závěrný proud



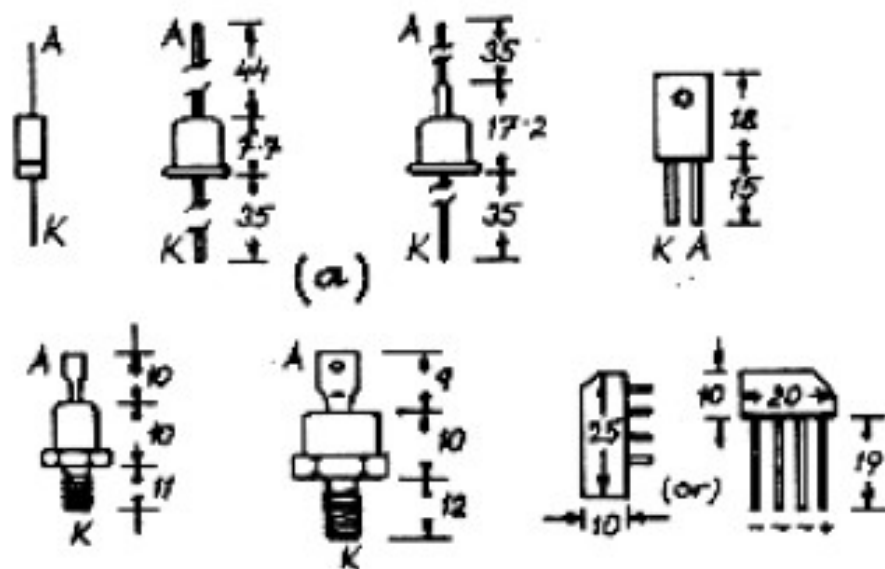
# Spojování diod



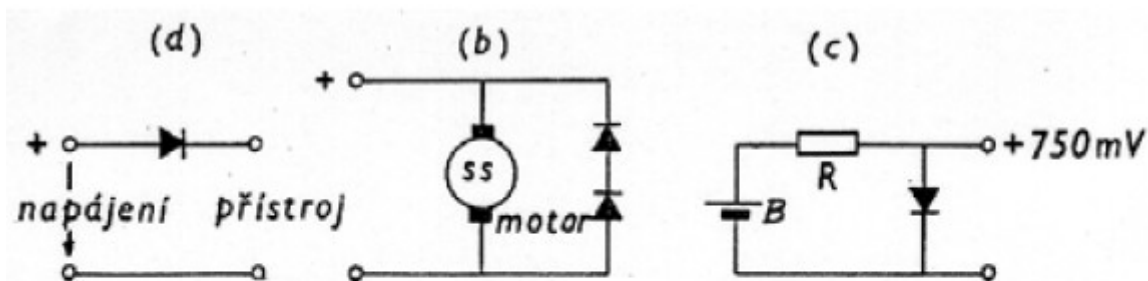
Sériové - zvýšení  
závěrného napětí



Paralelní - zvýšení  
propustného proudu



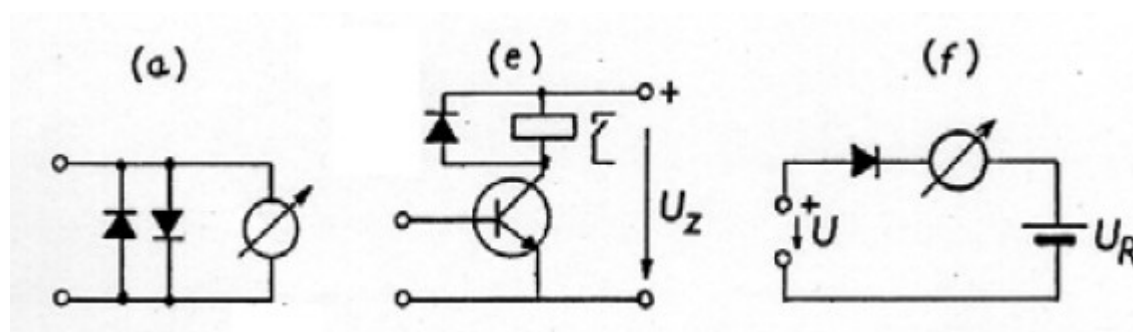
# Příklady použití diody



Ochrana před  
přepólováním  
zdroje

Odrušení  
komutátorov.  
motorku

Stabilizace  
napětí  
(prahové napětí)



Ochrana  
měřidla proti  
přetížení

Ochrana  
tranzistoru  
při spínání  
indukční  
zátěže

Indikace  
napětí nad  
 $U_R$