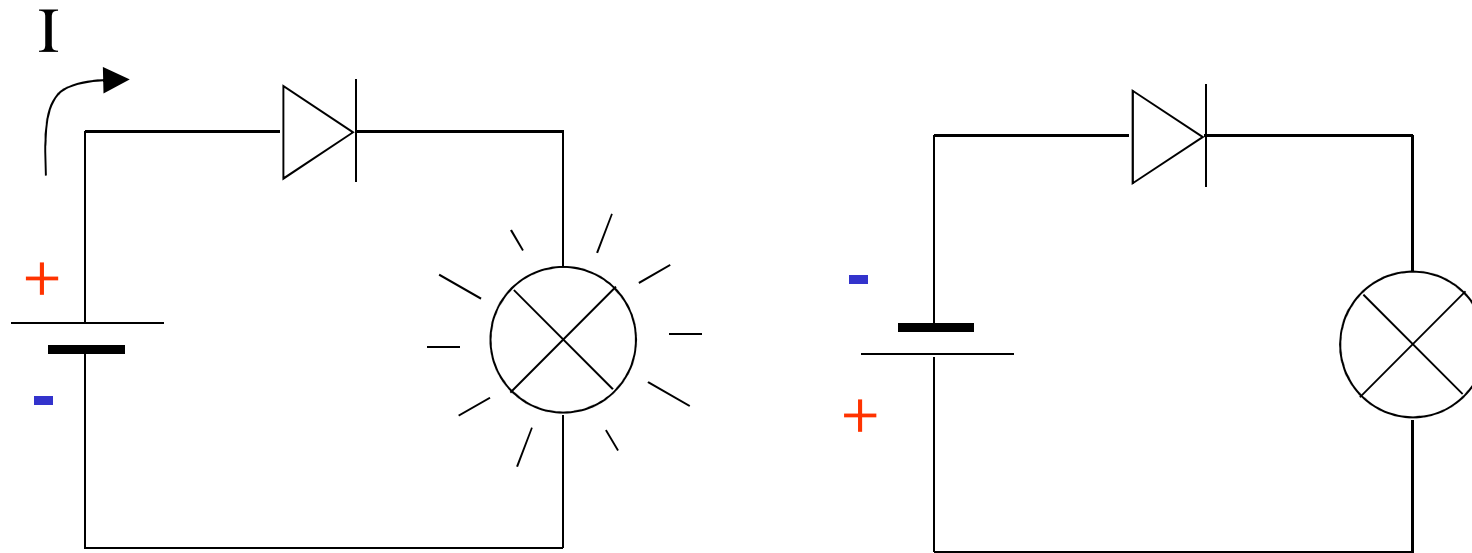


Polovodiče, dioda

Richard Růžička

Motivace...

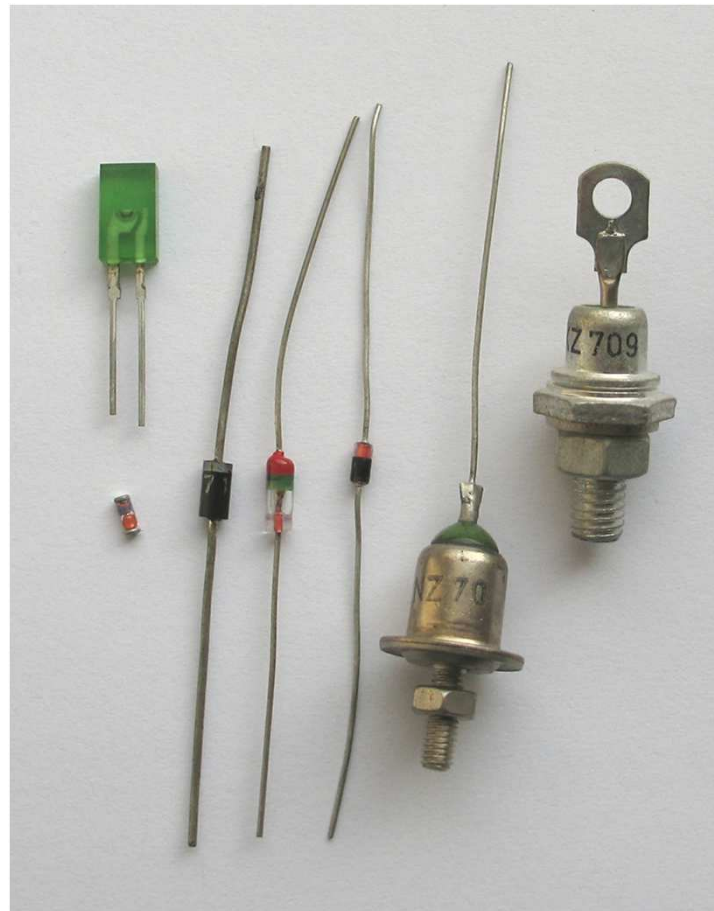
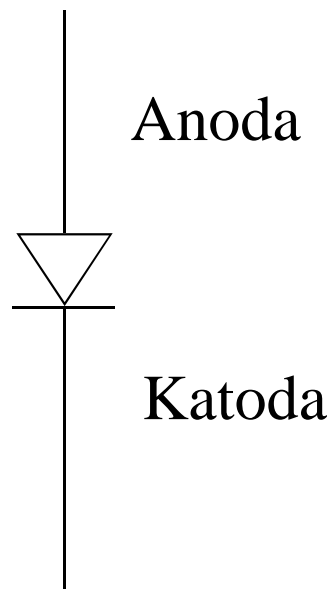
Chceme součástku, která propouští proud jen jedním směrem.



Takovou součástkou může být polovodičová dioda.

Schematická značka

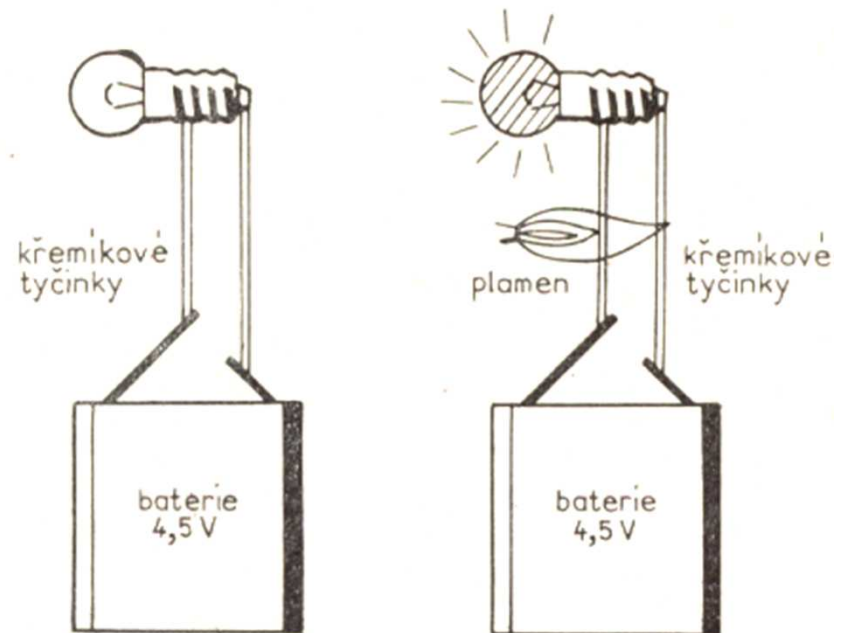
polovodičové diody



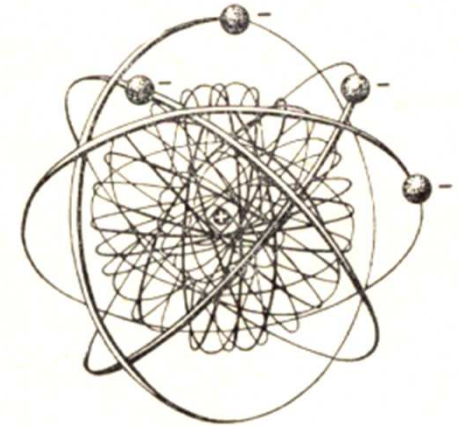
Jak je to uděláno?

- Polovodiče
- mají větší měrný elektrický odpor než kovy, řádově $10^{-4} \Omega\text{m}$ až $10^{-8} \Omega\text{m}$, jejich odpor se s

teplotou rychle
zmenšuje (u kovů
se naopak zvyšuje)
polovodiče jsou např.
Si, Ge, Se, ...



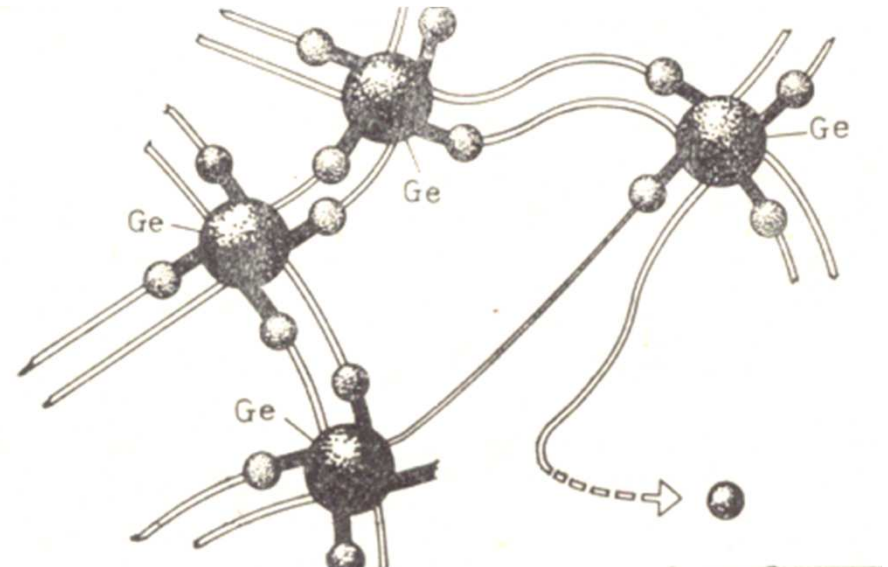
Vlastní polovodiče



- *Vlastní polovodiče* - např. čistý Si či Ge, má 14 elektronů, z toho 10 je pevně vázáno a 4 tvoří el. vazebné dvojice se sousedními atomy Si v krystalové mřížce (*kovalentní vazba*), atom je tak v elektroneutrálním stavu (je izolantem),
- již při běžných teplotách je energie dodaná vazebným elektronům dostatečná, aby se uvolnily vazby, vznikají tak současně dva druhy částic s nábojem - volné elektrony a díry,
- usazením elektronu do díry zanikají tyto dvě částice - *rekombinace*,

Vlastní polovodiče

- V čistém Si (Ge) je počet děr roven počtu volných elektronů, není-li polovodič zapojen do obvodu, pak se elektrony a díry pohybují neuspořádaně, při zapojení se částice pohybují uspořádaně, veličina el. proud se tak rovná součtu elektronového a děrového proudu.



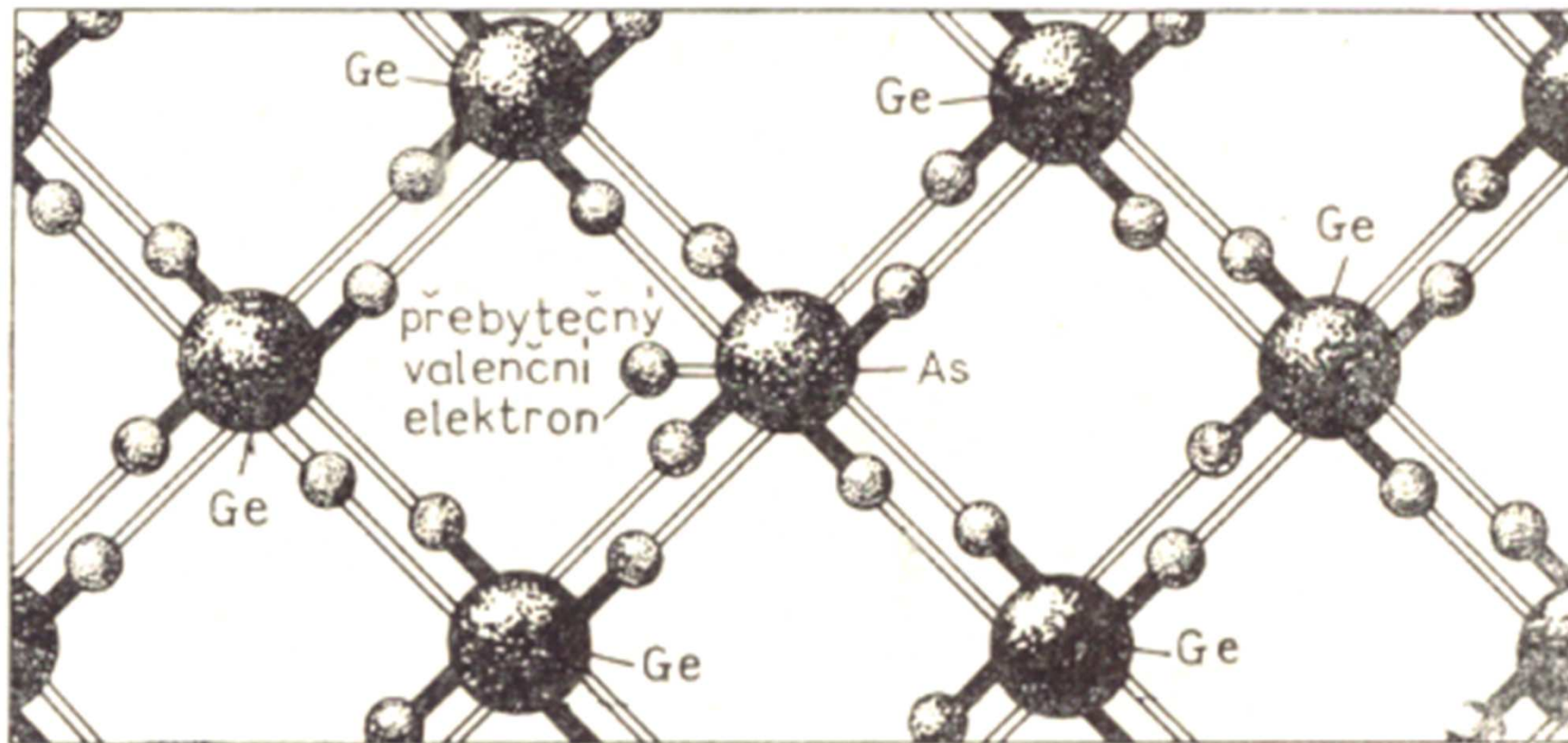
Nevlastní polovodiče

- *Příměsové (nevlastní) polovodiče* - hustota párů *elektron - díra* u vlastních polovodičů je pro praktické použití nedostatečná, proto se zvýšení hustoty elektronů nebo děr dosáhne přítomností příměsi, vedle vodivosti vlastní pak vzniká i vodivost *příměsová*.

Elektronová vodivost

- *elektronová vodivost* - jako příměs je použit např. fosfor či Arsen, který má 5 valenčních elektronů, Si nebo Ge jenom 4, takže je k dispozici jeden volný elektron a fosfor nazýváme *donorem* (dárcem), elektrony jsou zde většinové majoritní nosiče náboje, díry pak menšinové (minoritní).
- *Polovodiče, jejichž příměsovou vodivost způsobují elektrony, jsou **polovodiče typu N** - polovodiče s elektronovou vodivostí.*

Elektronová vodivost

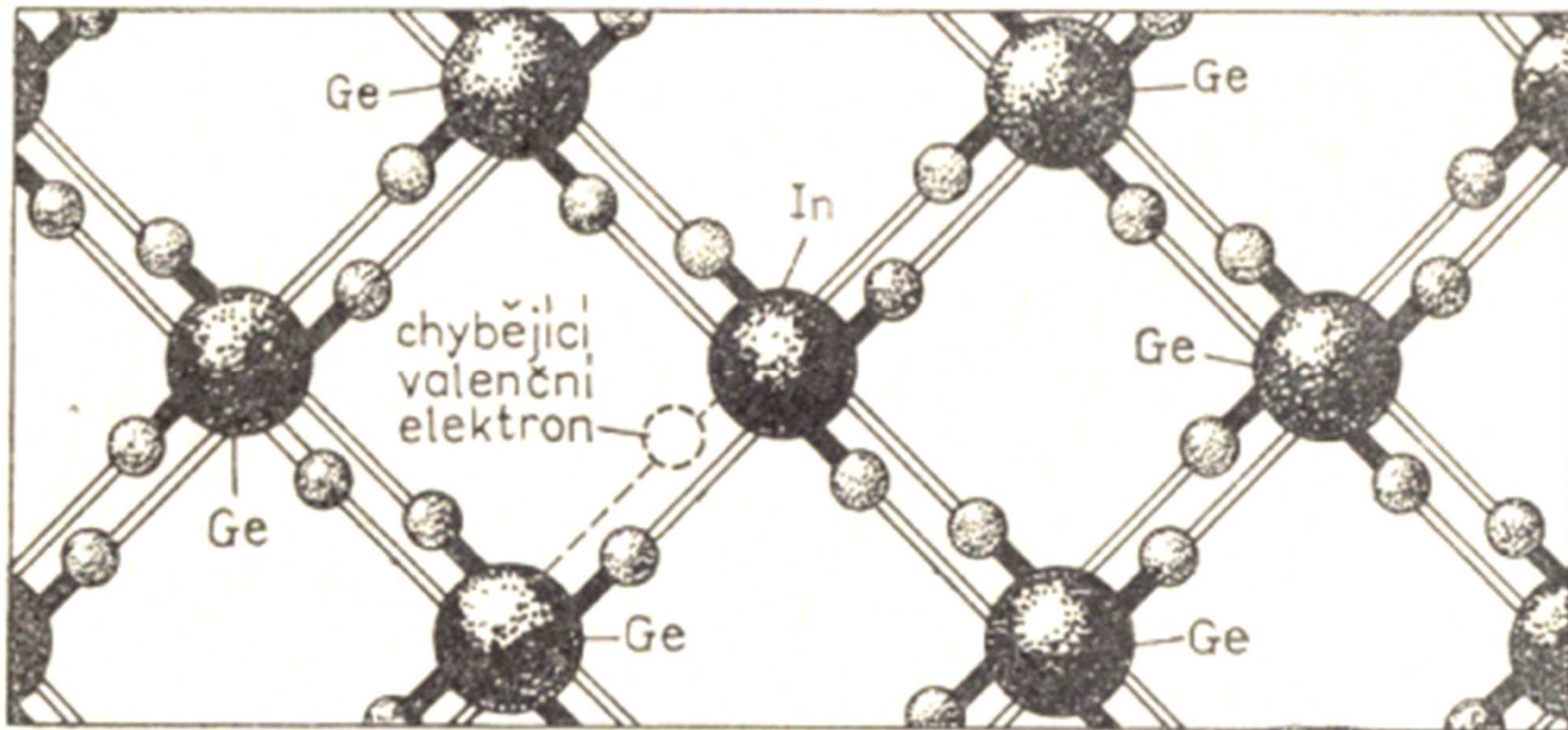


Děrová vodivost

- *děrová vodivost* - vzniká v Si příměsí např. bóru nebo India se třemi valenčními elektrony, tím v obsazení vazeb s Si (Ge) chybí jeden elektron - vzniká tedy díra, díry jsou zde většinovými nosiči náboje, bór je nazýván *akceptor*.
- *polovodiče, jejichž příměsovou vodivost způsobují díry, jsou **polovodiče typu P** - polovodiče s děrovou vodivostí.*

Díra je pouze fiktivní částice – je to **chybějící** elektron, tedy má kladný náboj.

Děrová vodivost

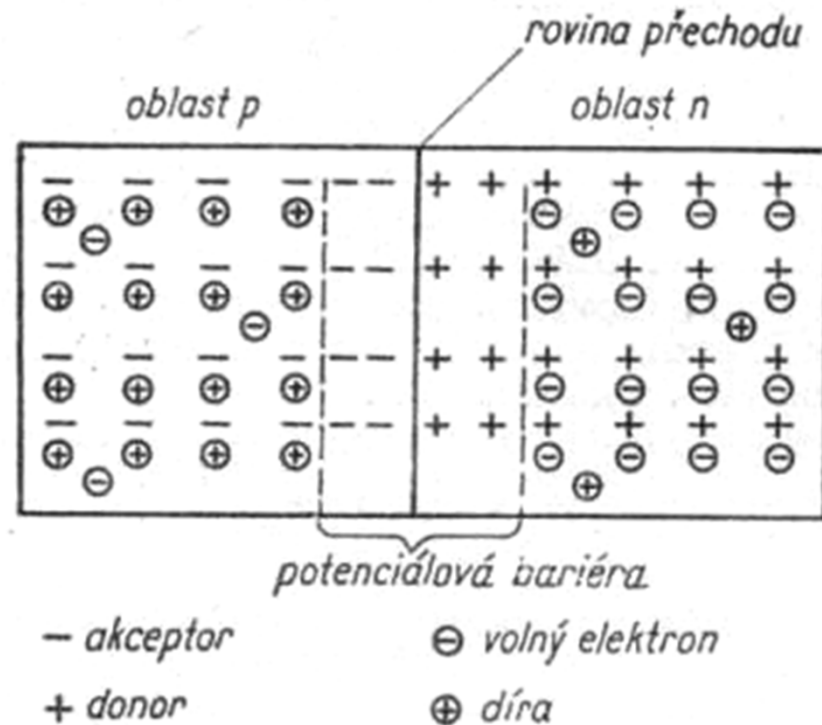


Přechod PN

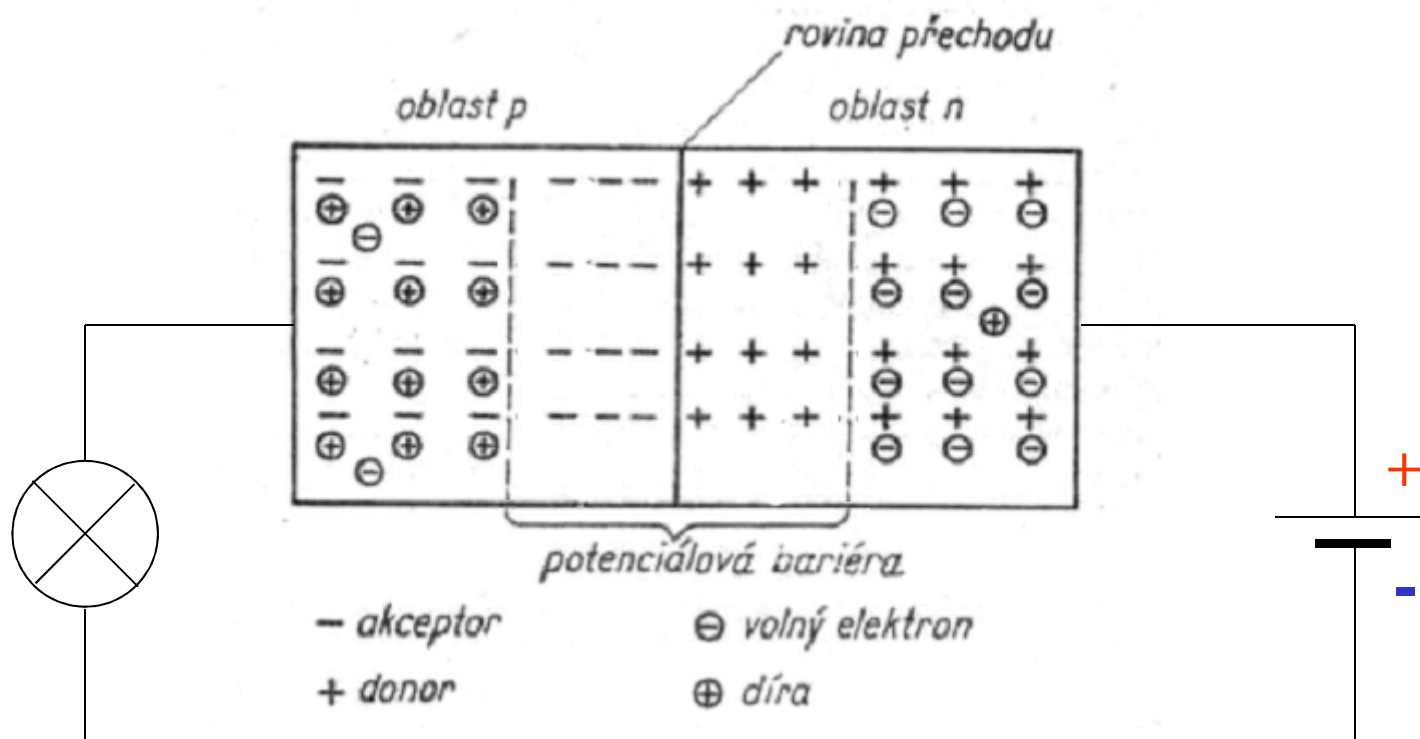
je rozhraní mezi dvěma polovodiči s různým typem vodivosti.

Na rozhraní vzniká tzv. potenciálová bariéra.

V ní dojde k rekombinaci volných nosičů náboje.

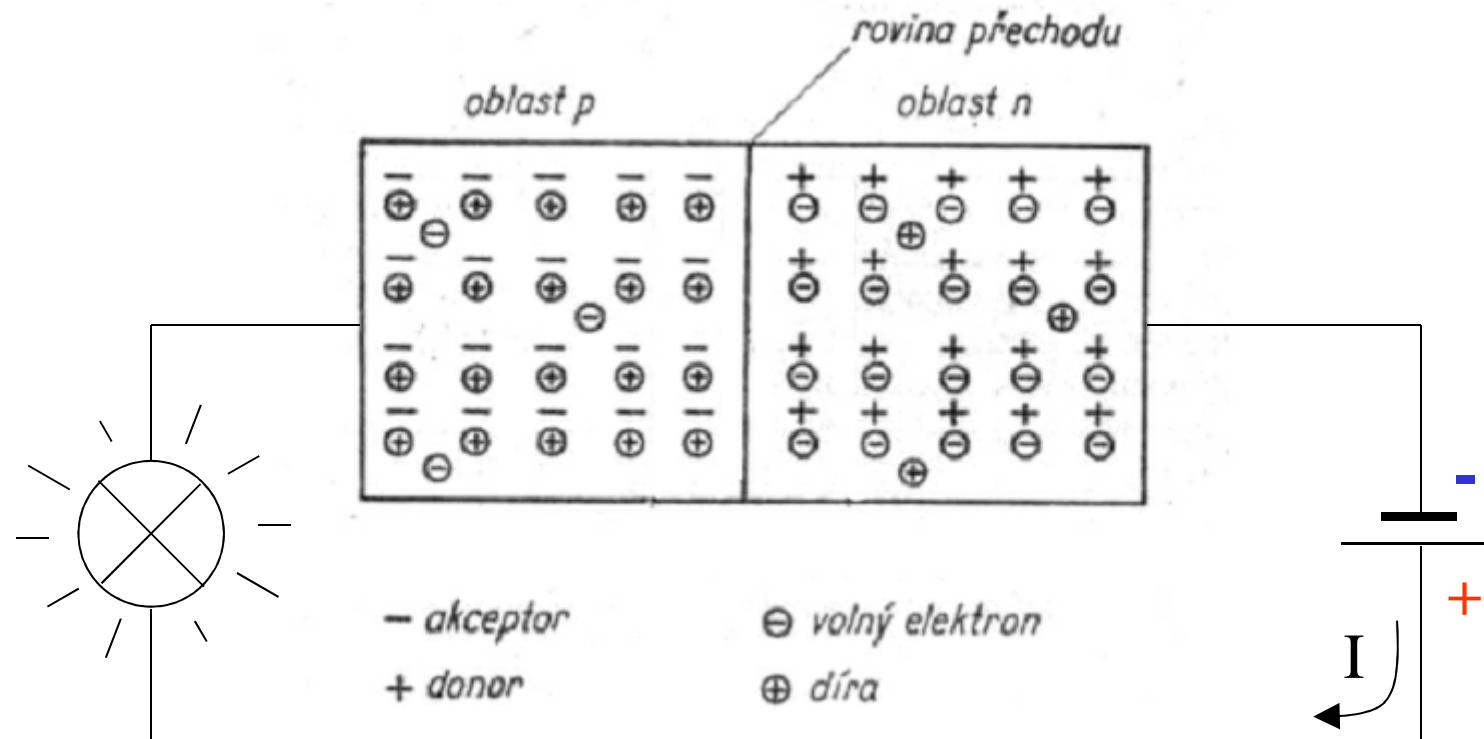


Závěrně polarizovaný přechod PN



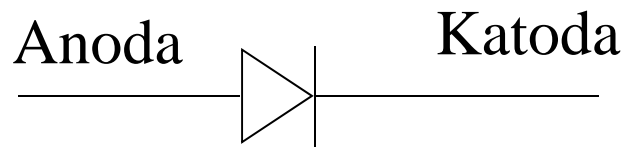
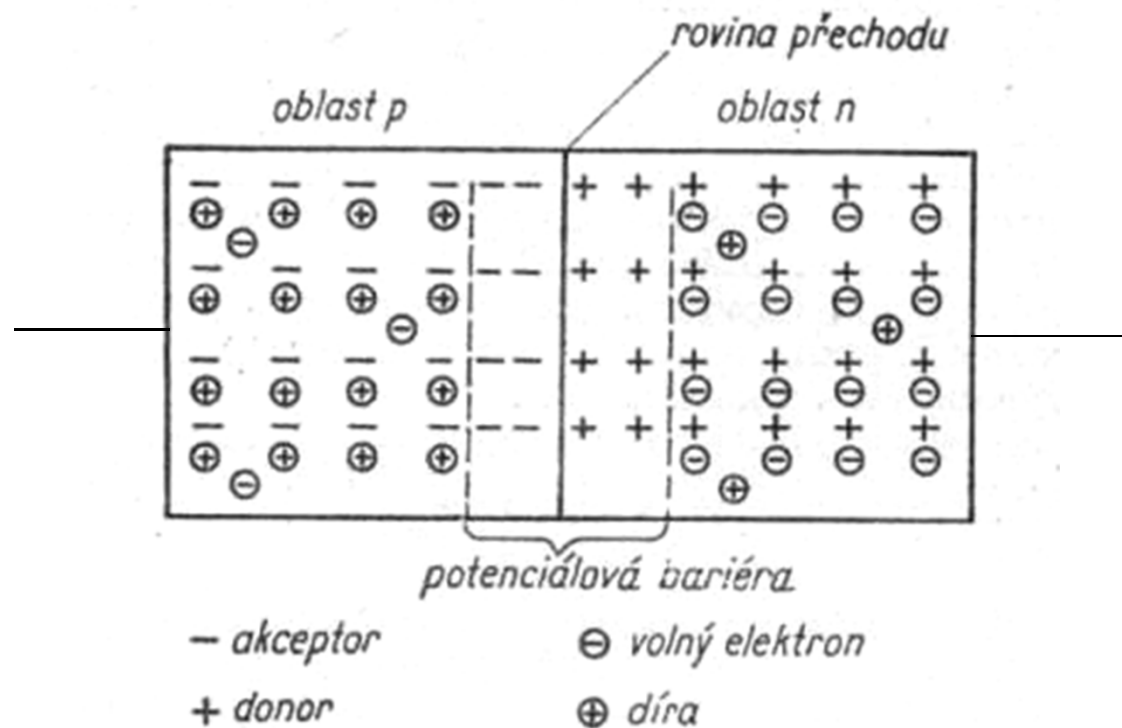
Volné elektrony z oblasti N jsou přitahovány ke kladnému pólu zdroje (mají záporný náboj), díry z oblasti P jsou přitahovány k zápornému pólu. Potenciálová bariéra se zvětší, proud neprotéká.

Propustně polarizovaný přechod PN

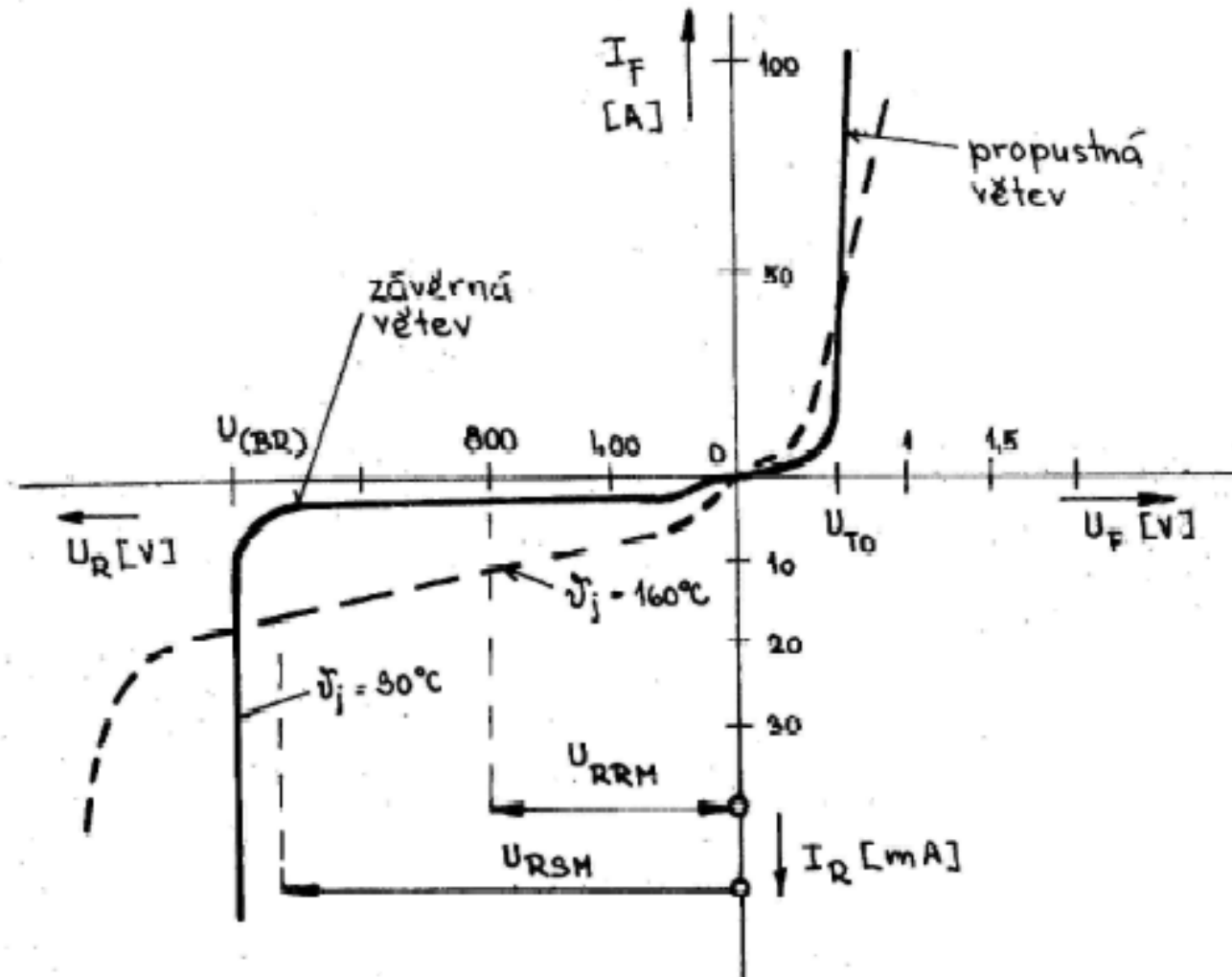


Volné elektrony z oblasti N jsou přitahovány ke kladnému pólu zdroje (mají záporný náboj) přes oblast P, díry jsou přitahovány k zápornému pólu. Potenciálová bariéra zanikne, nosiče náboje putují přes přechod, protéká proud.

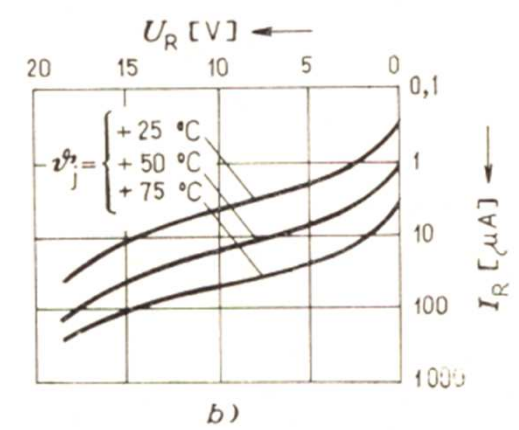
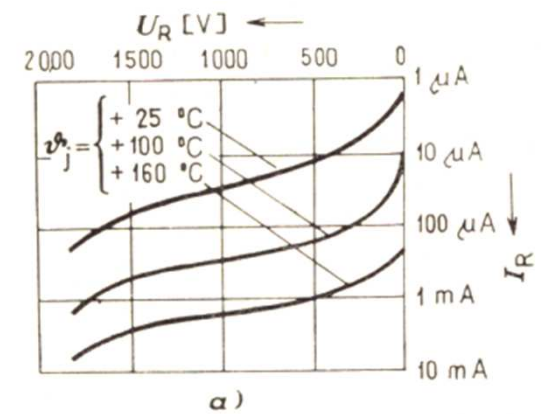
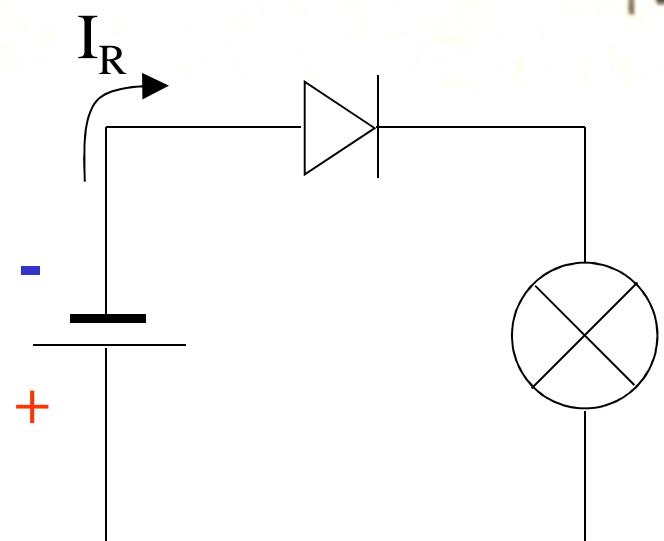
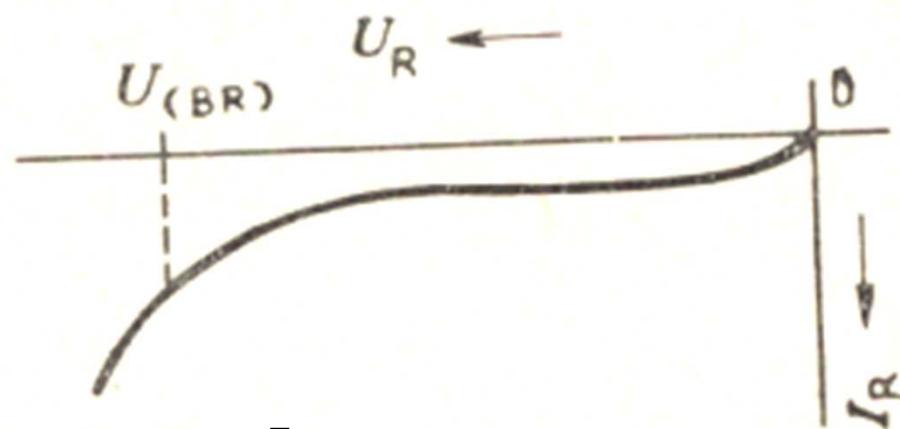
Dioda = polovodičový PN přechod



Elektrické vlastnosti diody



Dioda v závěrném směru



Mezní parametry

- I_{FAV} (Forward AVerage) – max. povolená stř. hodnota proudu v propustném směru.
- I_{FSM} (Forward Surge Maximum) – maximální jednorázový proudový impuls.
- U_{RRM} (Reverse Repetitive Maximum) – max. opakovatelné závěrné napětí.
- U_{RSM} (Reverse Surge Maximum) – max. neopakovatelné závěrné napětí.

Příklad – běžná usměrňovací dioda 1N4007

1N4001 - 1N4007

Features

- Low forward voltage drop.
- High surge current capability.



DO-41

COLOR BAND DENOTES CATHODE

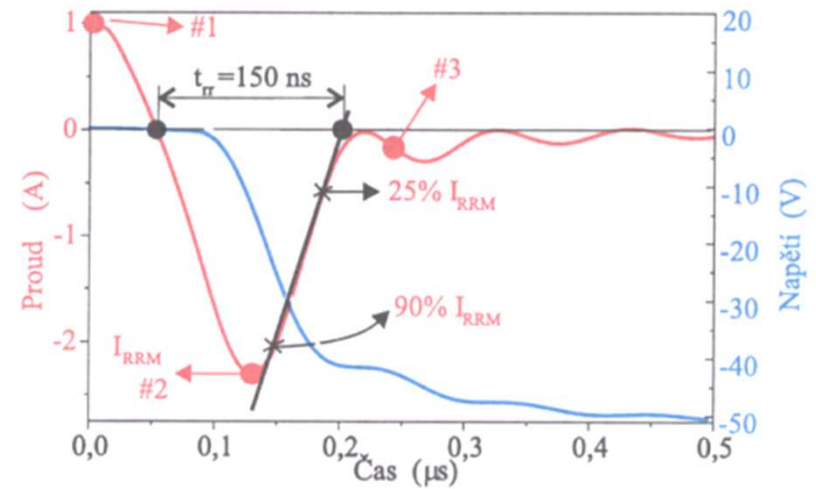
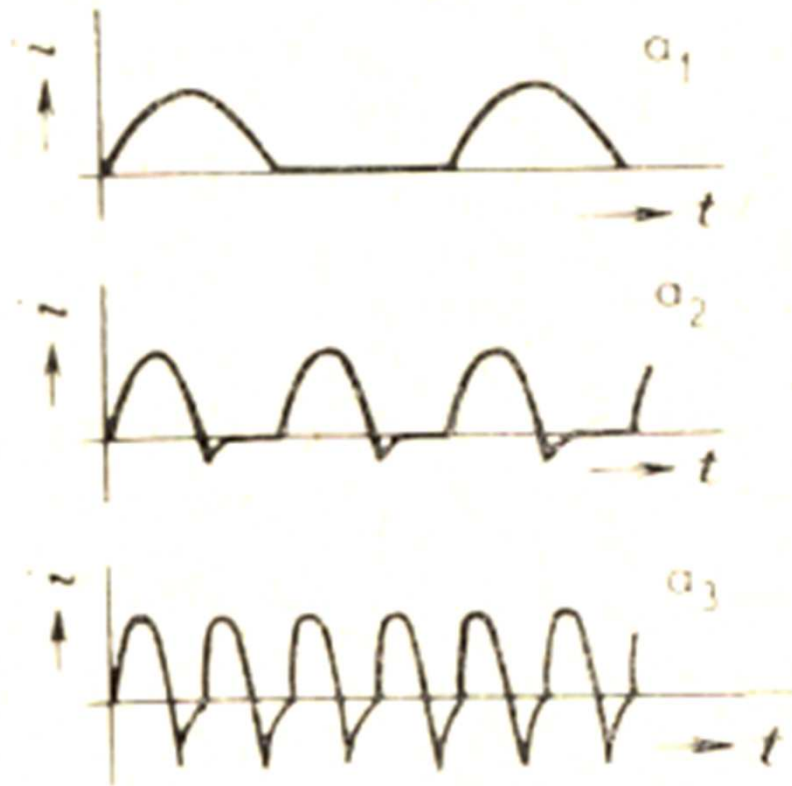
General Purpose Rectifiers

Absolute Maximum Ratings* $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
V_{RRM}	Peak Repetitive Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
$I_{F(AV)}$	Average Rectified Forward Current, .375" lead length @ $T_A = 75^\circ\text{C}$	1.0							A
I_{FSM}	Non-repetitive Peak Forward Surge Current 8.3 ms Single Half-Sine-Wave	30							A
T_{stg}	Storage Temperature Range	-55 to +175							$^\circ\text{C}$
T_J	Operating Junction Temperature	-55 to +175							$^\circ\text{C}$

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

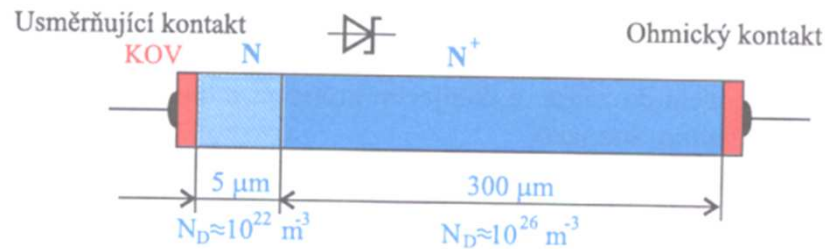
Dynamické vlastnosti



Doba závěrného zotavení t_{rr}

Příklad: 1N4007 má $t_{rr} =$ až 700ns

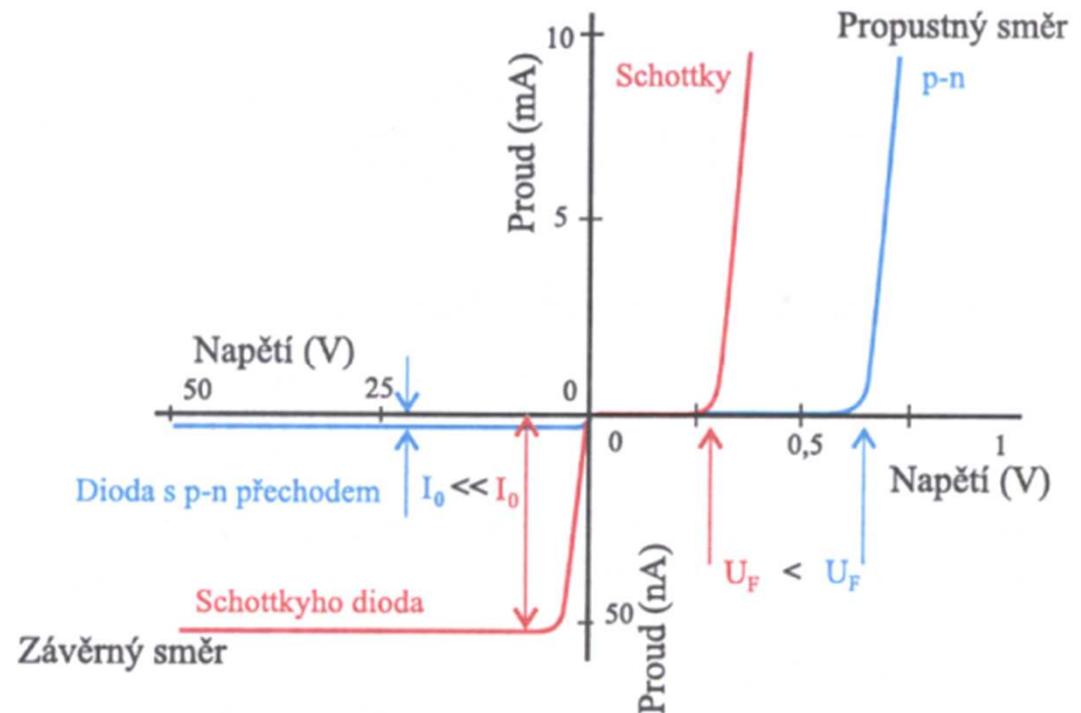
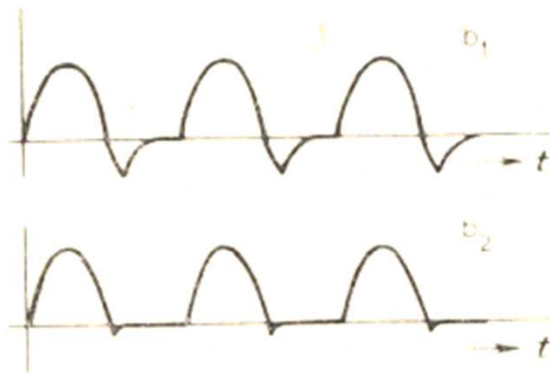
Přechod kov-polovodič



Schottkyho dioda

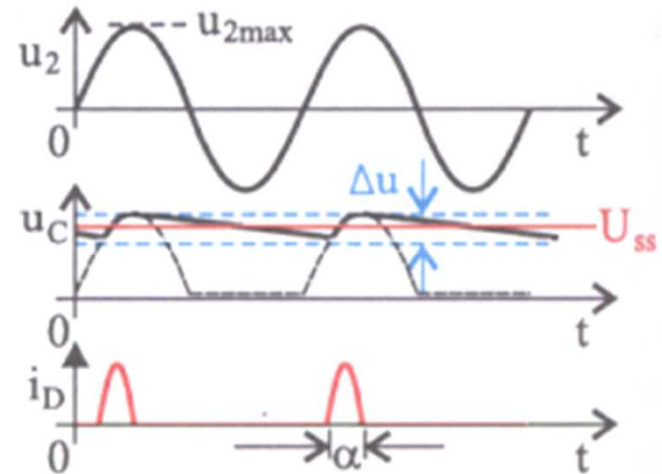
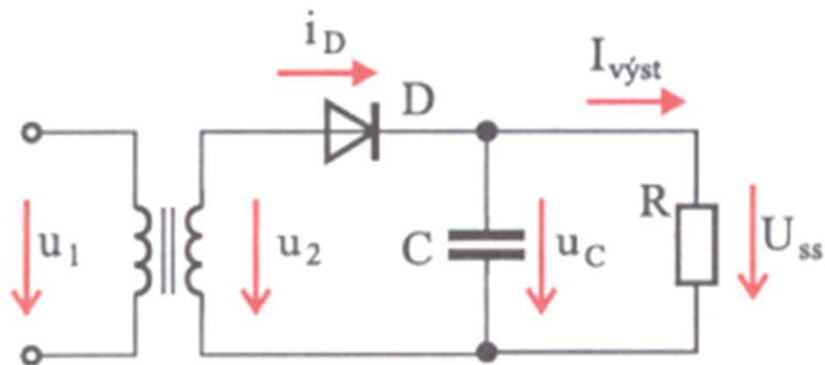
Hlavní výhoda: rychlost

srovnání běžné (PN) a
Schottkyho diody:

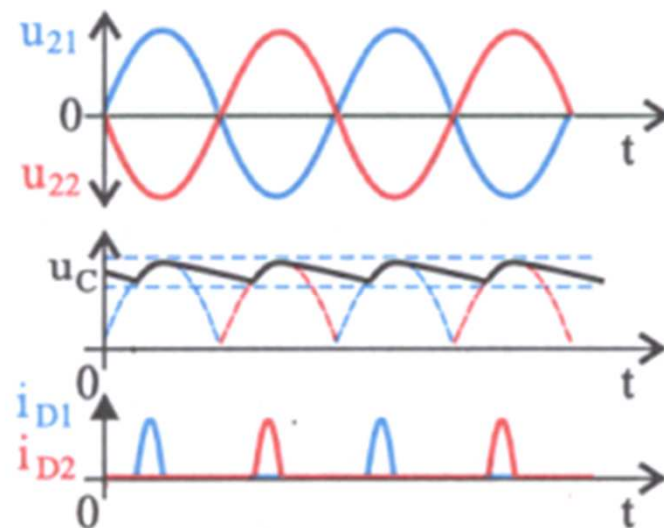
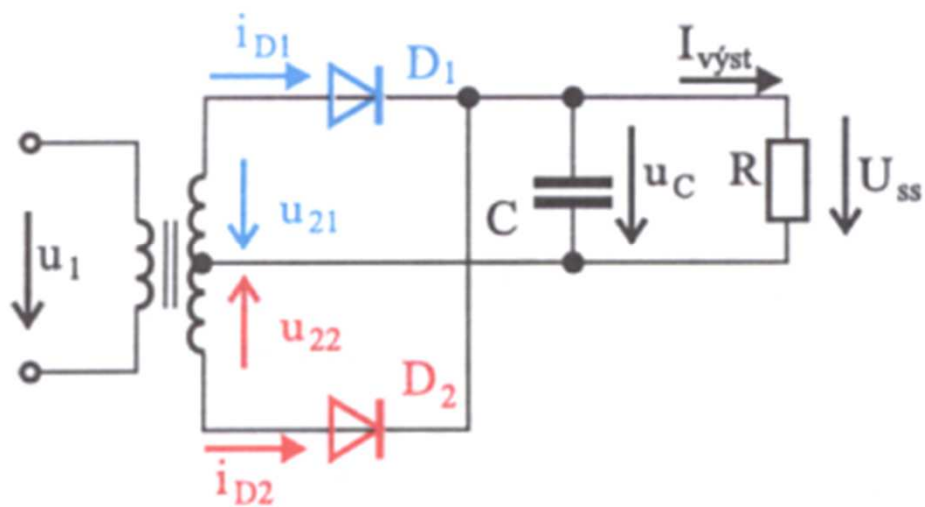


Použití diod

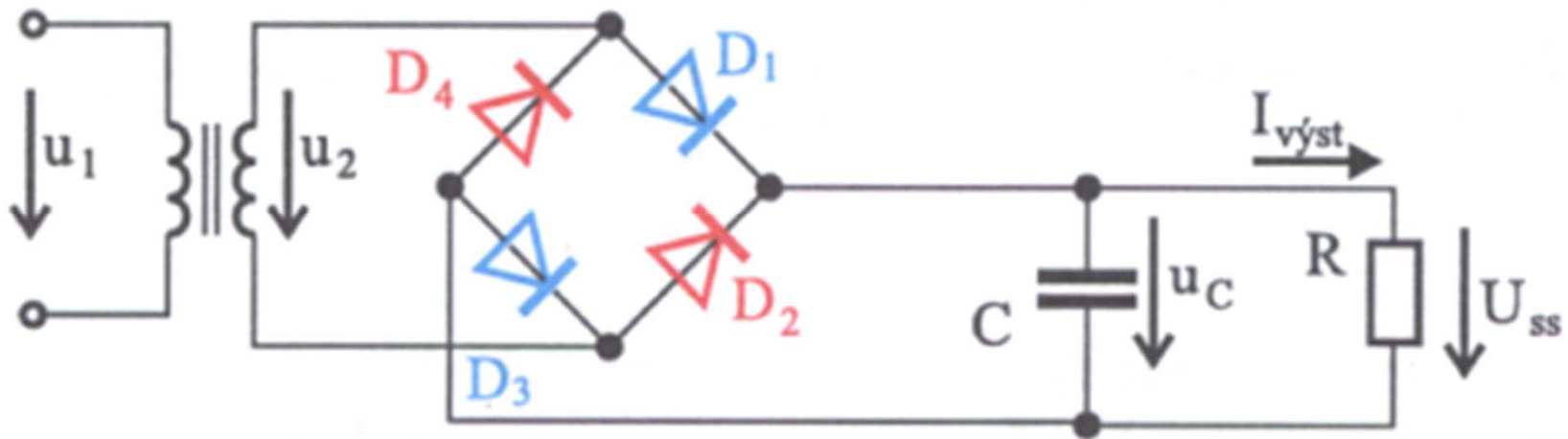
jednocestný usměrňovač



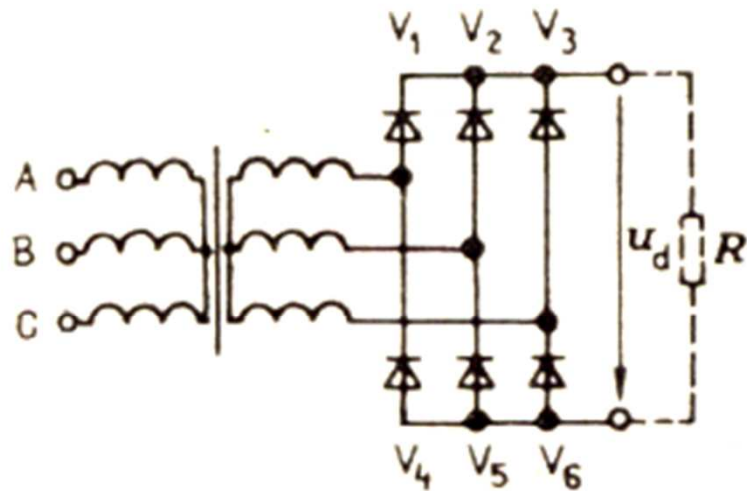
Dvoucestný usměrňovač



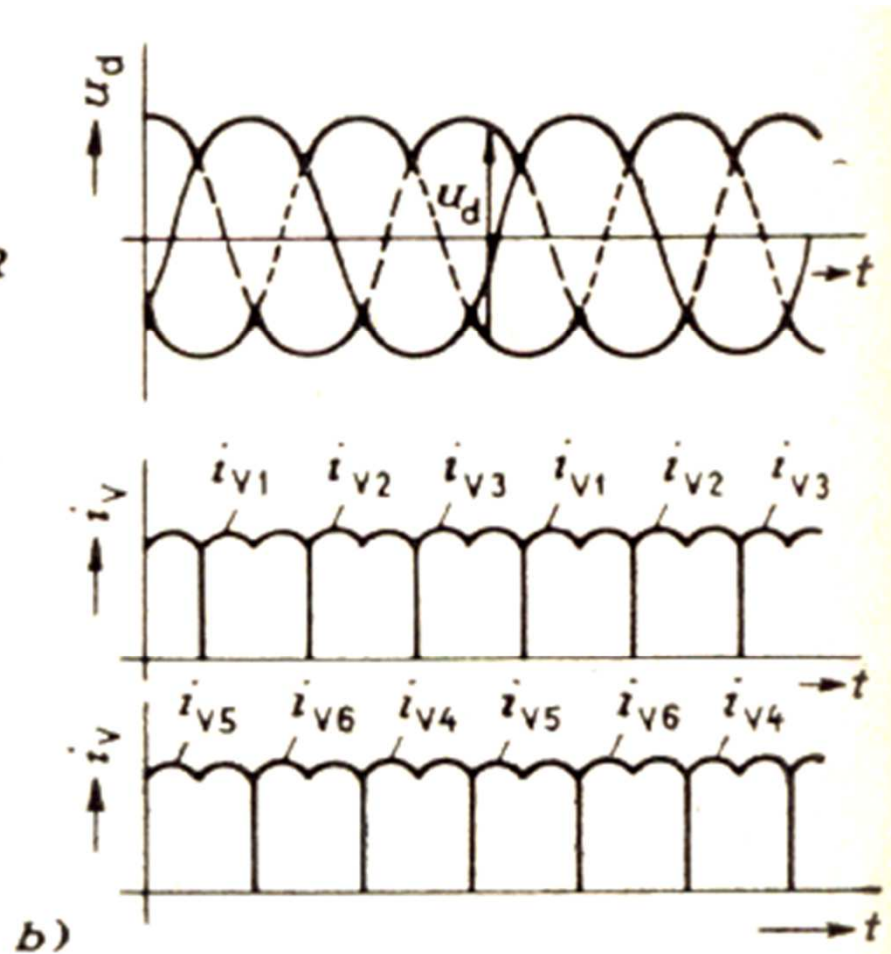
Můstkový usměrňovač



Třífázový usměrňovač



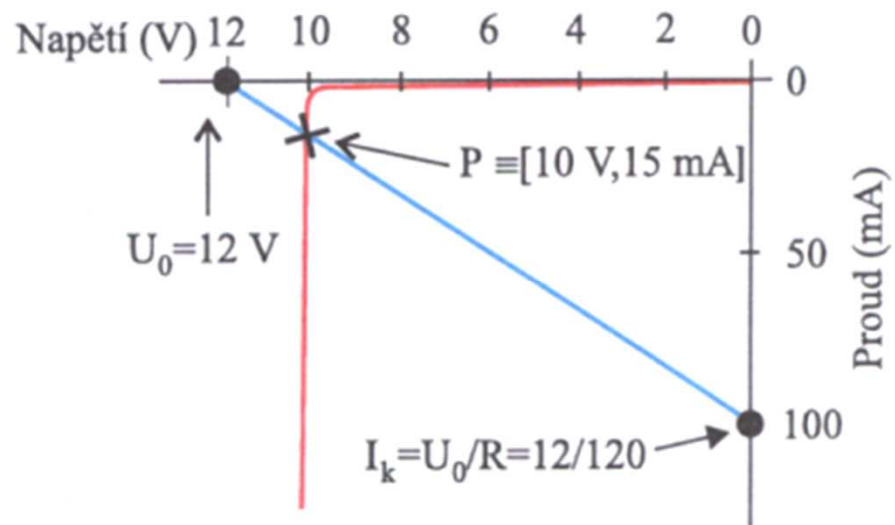
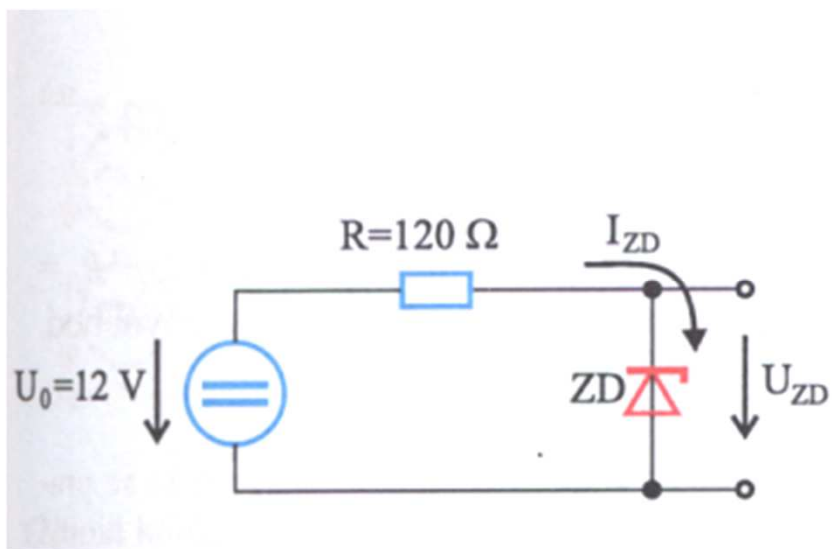
a)



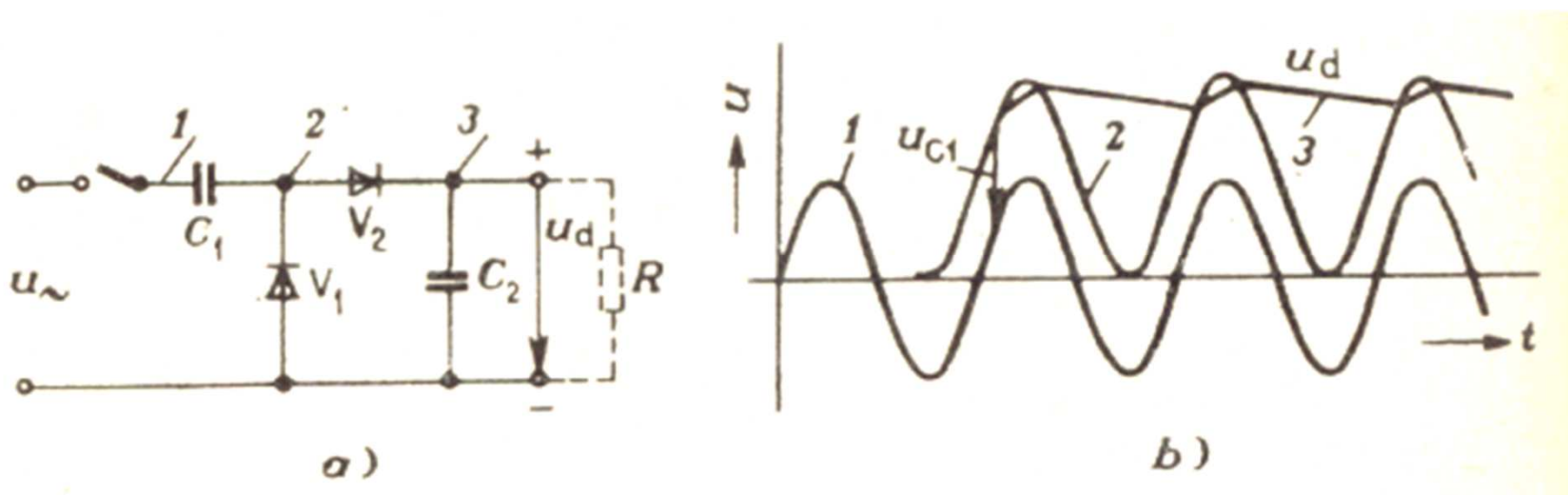
b)

Stabilizátor

se zenerovou stabilizační diodou



Zdvojovač napětí



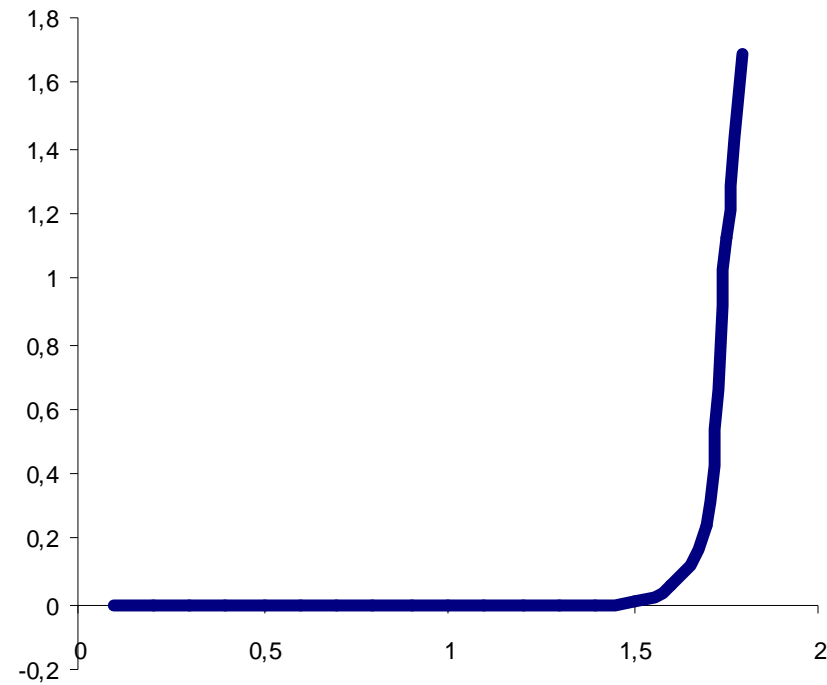
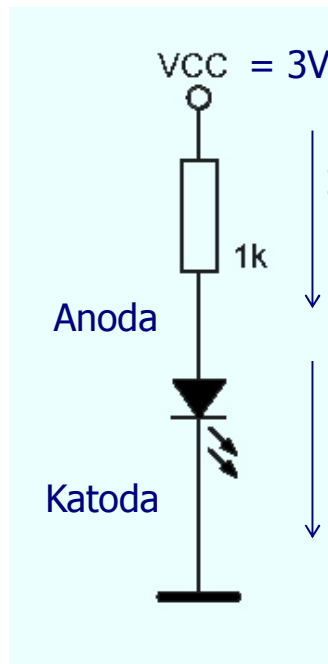
V první záporné půlperiodě se nabije kondenzátor C_1 na napětí dané amplitudou zdroje.

V následující kladné půlperiodě je napětí na C_1 a napětí zdroje v sérii, C_2 se tedy nabije na součet těchto napětí.

Zdvojovače lze řadit do kaskády a získat tak násobič napětí.

Vstupem je střídavé napětí, výstupem je stejnosměrné!

Svítivá dioda - LED



$$I = U/R = 1,3/1000 = 1,3\text{mA}$$

Polymerová LED

