

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Ústav elektrotechniky a měření

Diody a usměrňovače

Přednáška č. 2

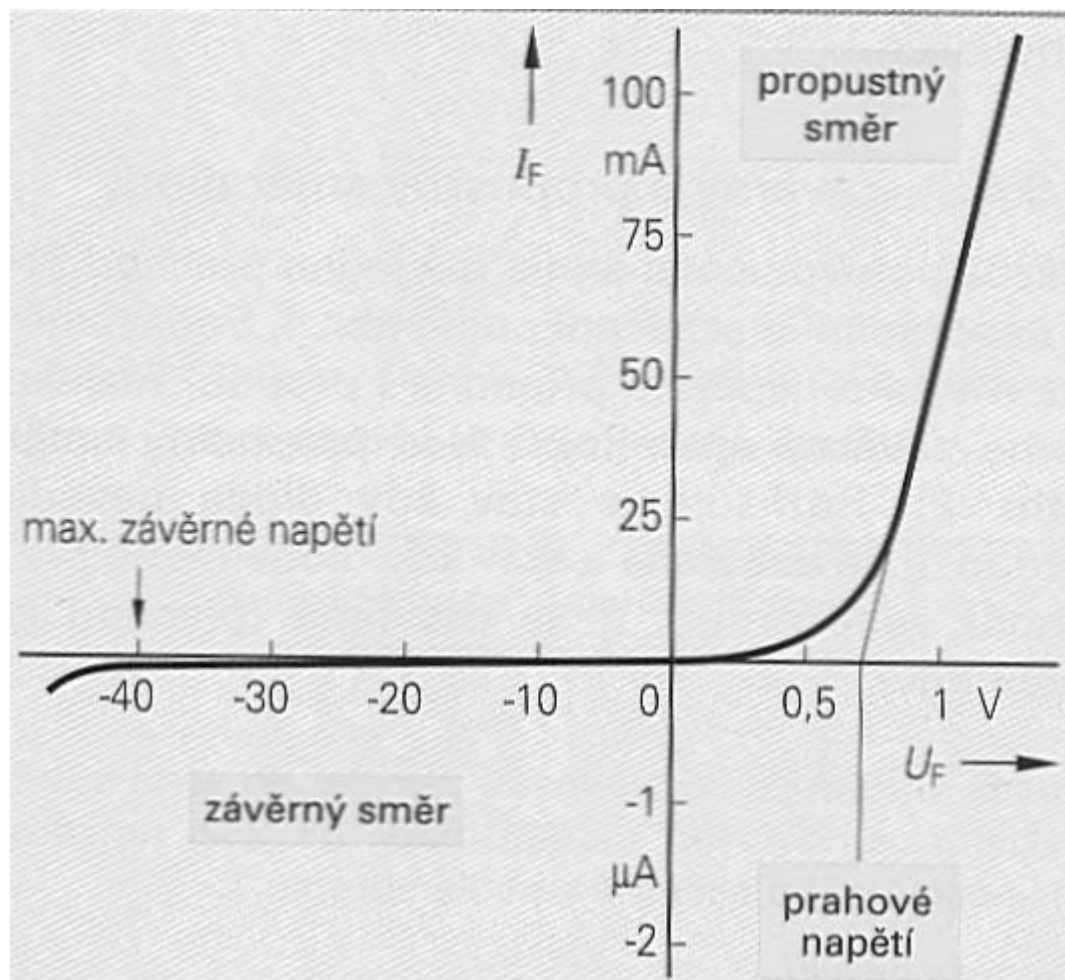
Milan Adámek

adamek@ft.utb.cz

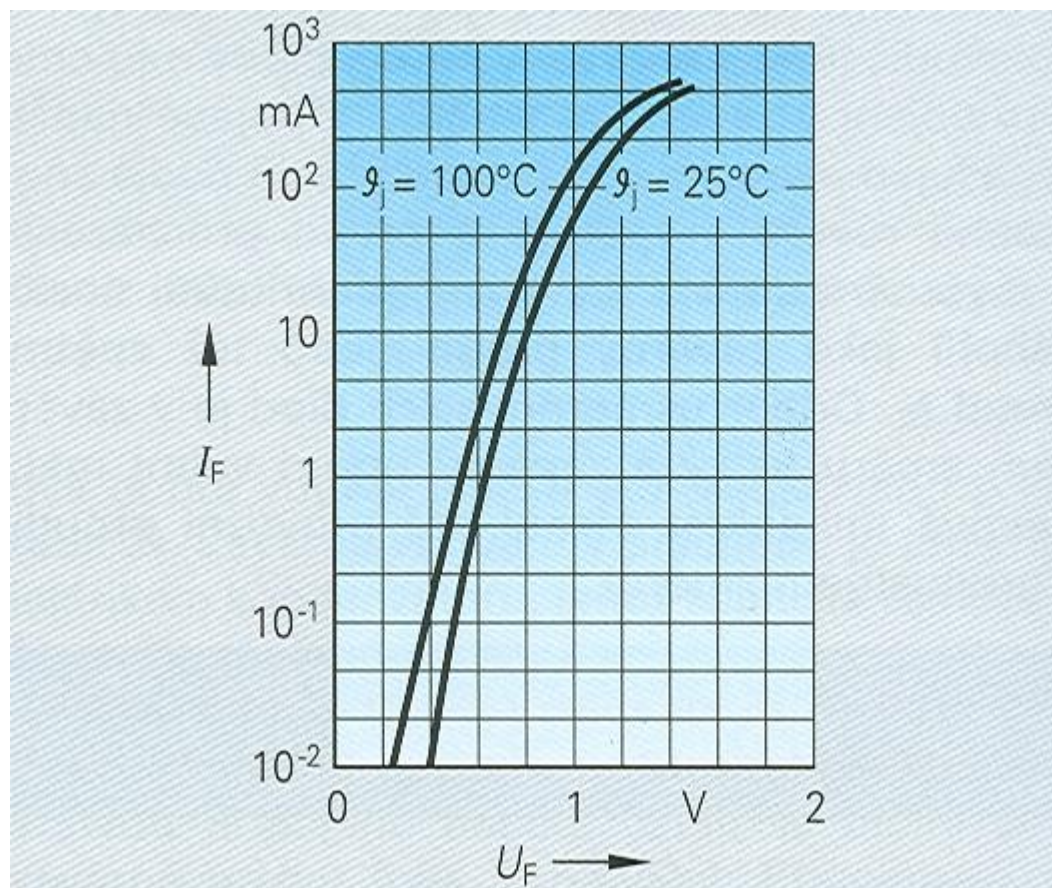
U5 A711

+420576035251

Voltampérová charakteristika diody



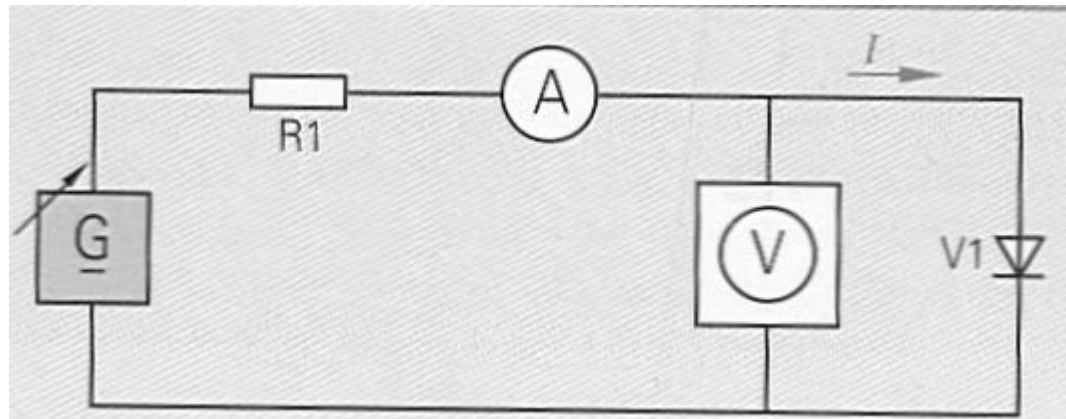
Voltampérová charakteristika diody



V-A charka v semilogaritmickém tvaru (technická dokumentace)

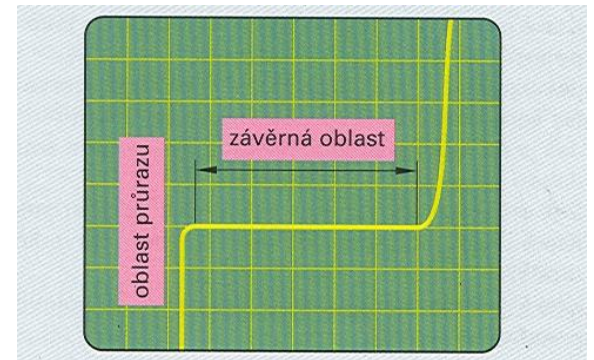
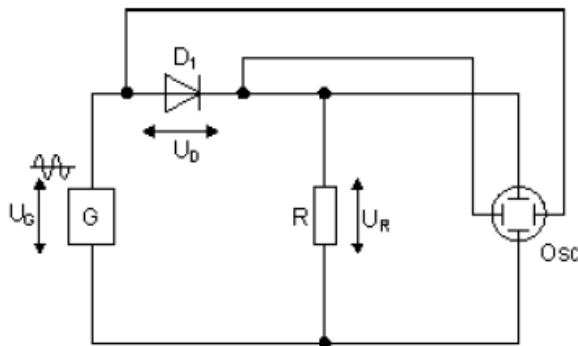
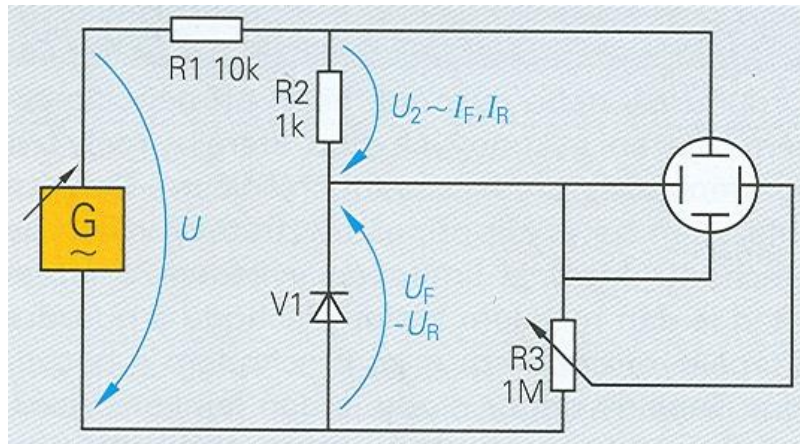
Měření VA charakteristiky diody

a) Pomocí ampérmetru a voltmetru

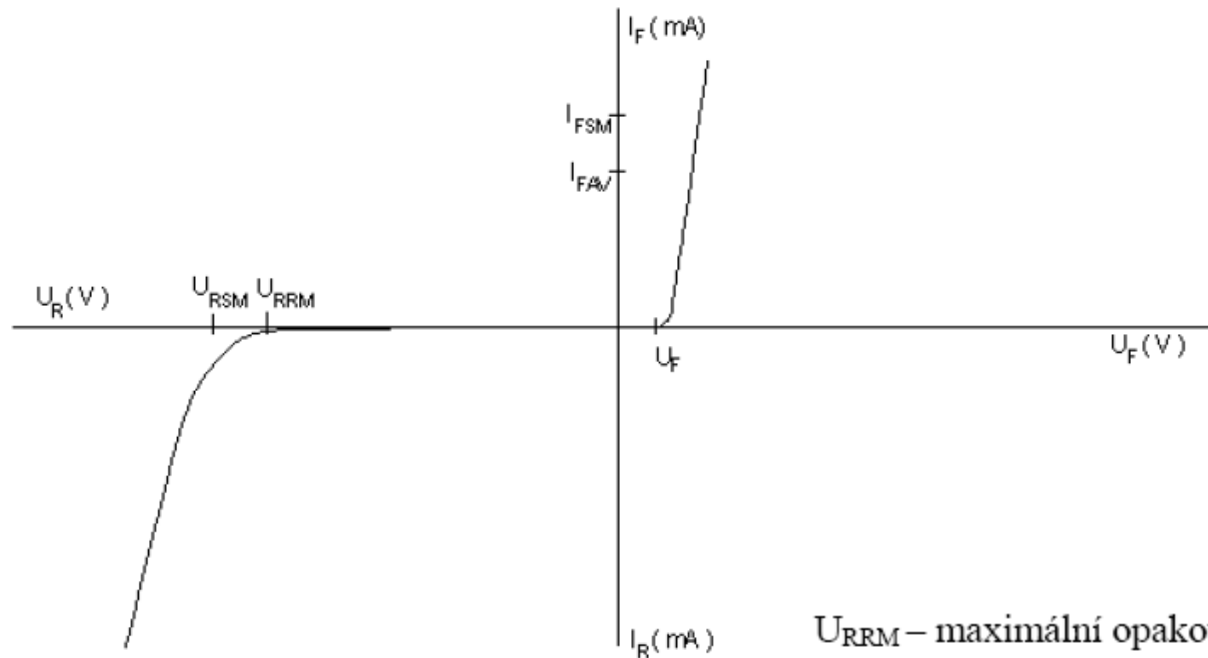


Měření VA charakteristiky diody

b) Pomocí osciloskopu



Mezní hodnoty diod



U_{RRM} – maximální opakovatelné špičkové závěrné napětí

U_{RSM} – maximální nárazové závěrné napětí

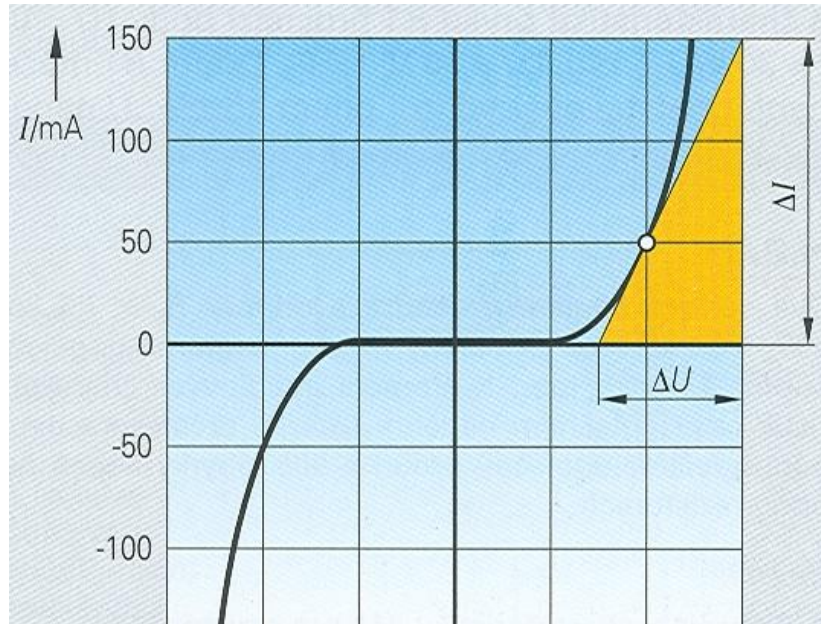
I_{FAV} – maximální usměrněný proud

I_{FSM} – maximální povolený impulsní proud

P_{tot} – celkový ztrátový výkon

Platí: Ztrátový výkon v propustném směru = ztrátový výkon v závěrném směru

Dynamický odpor diody



Směrnice tečny v pracovním bodě určuje dynamický odpor diody

$$R = \frac{U}{I}$$

$$r = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

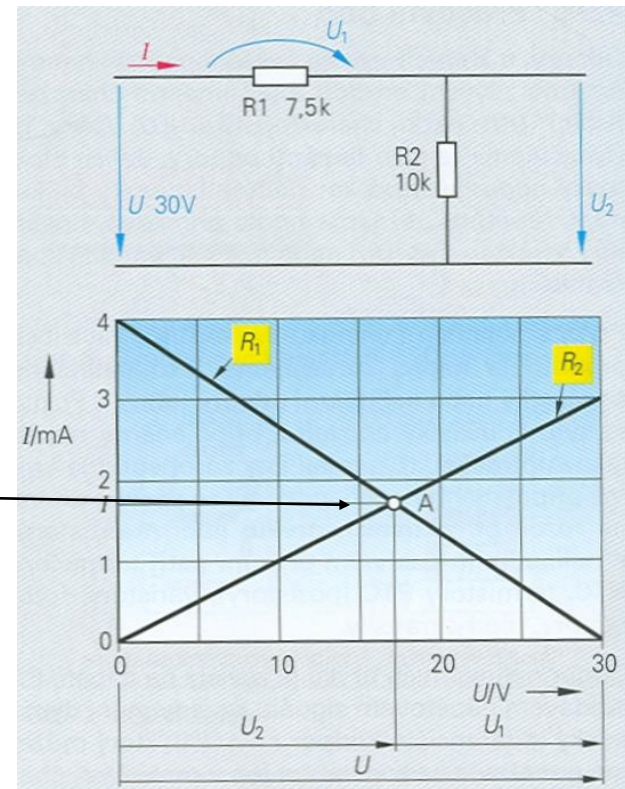
R	stejnoseměrný odpor
U	stejnoseměrné napětí
I	stejnoseměrný proud
r	dynamický (diferenciální) odpor
ΔU	napěťová změna
ΔI	proudová změna

Pracovní bod diody

Pracovní bod uvádí na VA charce pracovní napětí a proud, které odpovídají nastaveným hodnotám díky použitým hodnotám součástek

a) *Příklad lineárního děliče napětí*

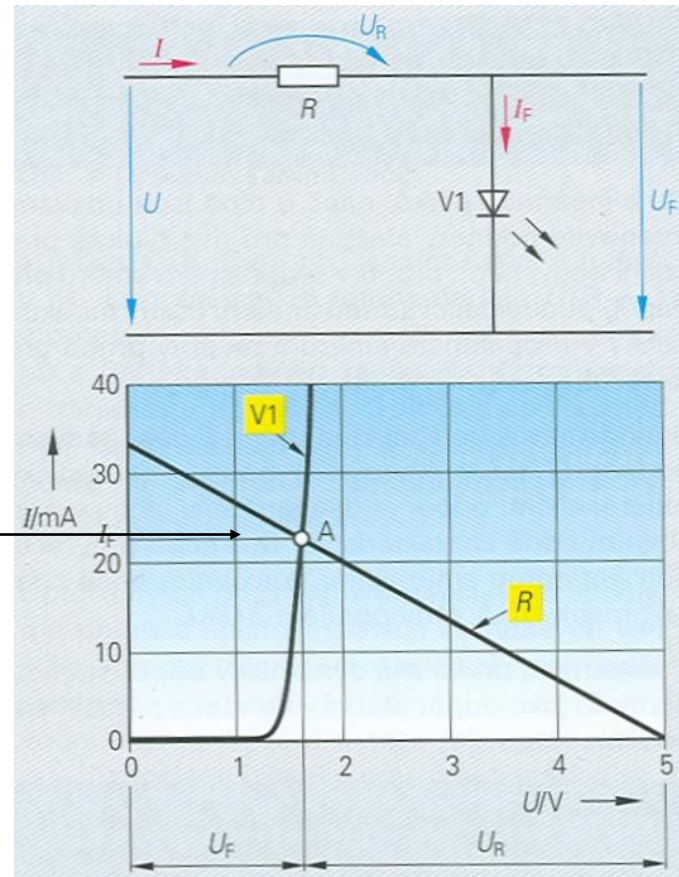
pracovní bod



Pracovní bod diody

b) *Příklad nelineárního děliče napětí*

pracovní bod



Průraz závěrné vrstvy diody

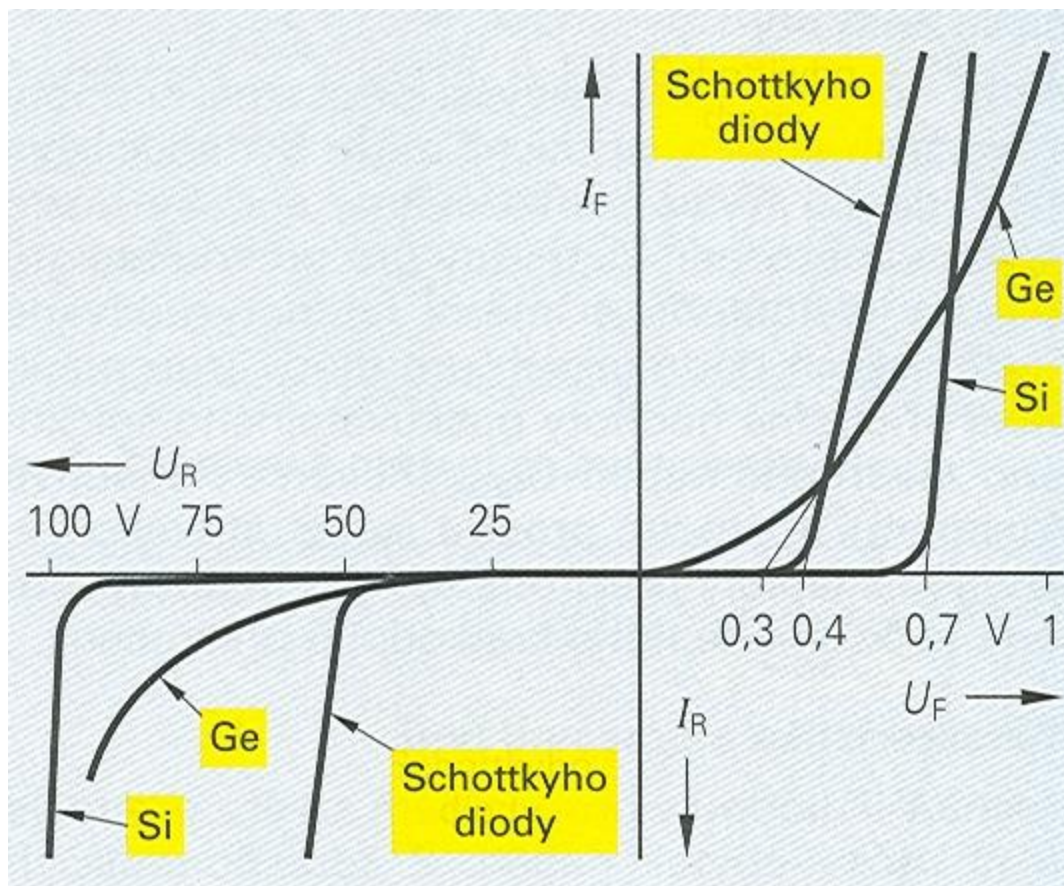
- k průrazu diody dojde díky velkému přiloženému závěrnému napětí – tzv. *průrazné napětí*
 - dioda se po průrazu stává vodivou i v závěrném směru díky tomu:
 - přiložené napětí vytrhne valenční elektrony – stanou se volné jde o *Zenerův jev* (Zener – americký fyzik)
 - uvolněné valenční elektrony vyrazí další elektrony - jde o *lavinový jev* (*Avalanche efekt*)
-
- ❑ *standardní diody* – po překročení průrazného napětí jsou poničeny
 - ❑ *stabilizační diody* (Zenerovy) – využívají průrazného proudu, průrazné napětí je *Zenerovo napětí*

Konstrukční provedení polovodičových diod


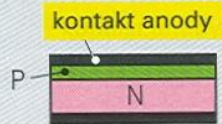
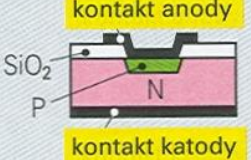
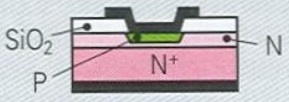
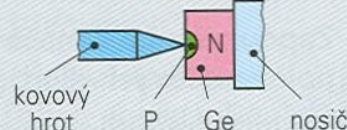
- vlastnosti polovodičových diod závisí na materiálu, krystalické struktuře a na typu a koncentraci dotující příměsi

veličina	vlastnosti		
	křemíkové diody	germaniové diody	Schottkyho diody
závěrné napětí	velké (až 400 V u přepětových ochranných diod)	malé (asi do 100 V)	malé (asi do 70 V)
nejvyšší přípustná teplota přechodu	relativně velká (asi 190°C)	relativně malá (asi 90°C)	relativně velká (asi 190°C)
max. ztrátový výkon	velký	střední	velký
citlivost na krátkodobé přetížení	velká	průměrná	velká
prahové napětí	asi 0,7 V	asi 0,3 V	asi 0,4 V
proud v závěrném směru	velmi malý	malý	velmi malý

Konstrukční provedení polovodičových diod



Typy konstrukcí diod

typ diody	řez vrstvami diody	vlastnosti	použití
slitinová dioda		velká plocha přechodu, velké provozní proudy, velká kapacita přechodu, obtížná hromadná výroba	výkonové diody, výkonové Z-diody do 10 V
jednoduchá difuzní dioda		velká plocha přechodu, velké provozní proudy, velká kapacita přechodu, snadná hromadná výroba	výkonové diody, výkonové Z-diody nad 10 V, varikapy (kapacitní diody)
planární dioda		technologie integrovaných obvodů s vývody v jedné rovině, malé rozměry, malý zpětný proud, parametry vhodné pro vf techniku	univerzální diody, Z-diody, varikapy, PIN diody, Schottkyho diody, vf-diody, spínací diody
epitaxní planární dioda		díky silné dotaci základu katody velmi malý odpor v propustném směru a jinak jako planární dioda	
hrotová dioda		pro malé proudy, velmi malá kapacita přechodu, krátká doba zotavení, vhodné pro vf techniku	ve vf obvodech s malými proudy, rychlé spínací diody

Pozn. planus = rovina, epi = nad, taxis = uspořádání

Typy konstrukcí diod

a) nízkofrekvenční diody

- vyrobeny technologií difuzní, planární nebo epitaxní
- velká plocha přechodu
- snese velké proudy, naopak velká zotavovací doba

b) univerzální diody

- vyrobeny epitaxní technologií
- pro střední a větší proudy (1A, 3A, 6A)
- středně velká kapacita přechodu

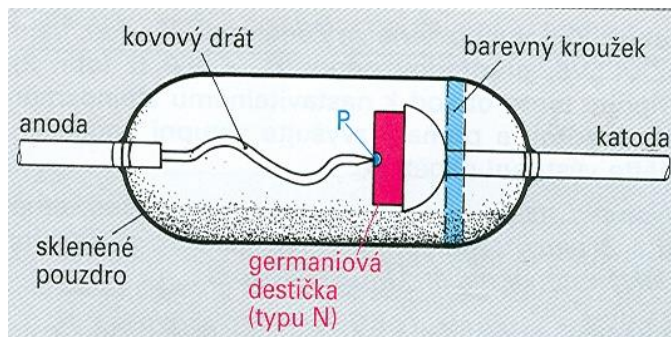
c) vysokofrekvenční signálové diody

- v obvodech MHz až GHz.
- krátká doba zpětného zotavení
- malá kapacita přechodu

Typy konstrukcí diod

c) vysokofrekvenční signálové diody

- *hrotové germániové diody* – wolframový hrot přitavený na germániovou N destičku

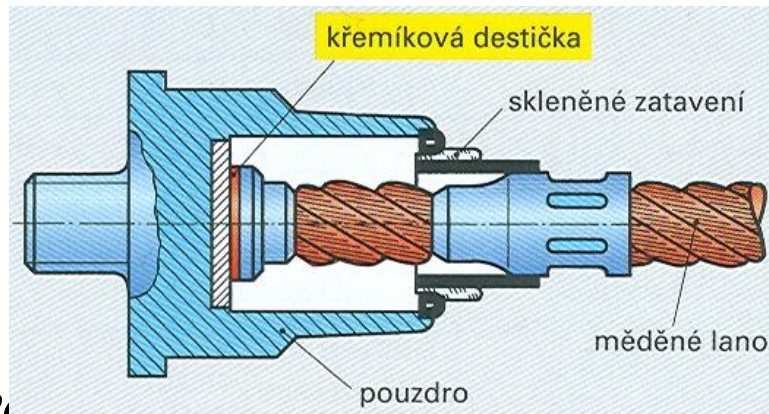


- *Schottkyho diody*
 - kov (Al, Pt) se dotýká epitaxní vrstvy N na polovodiči Si nebo GaAs
 - **Schottkyho jev** – záporné elektrony v polovodiči indukují na povrchu kovu kladný náboj stejné velikosti
 - má velký závěrná proud, vynikající dynamické parametry

Typy konstrukcí diod

d) *výkonové usměrňovací diody*

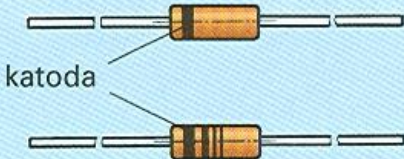
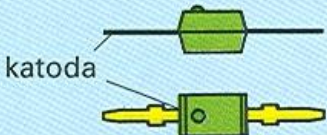

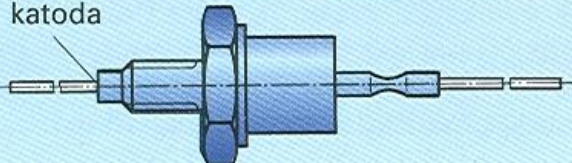
- pro spínání velkých proudů při napětích nad 100V
- robustní konstrukce s velkou plochou přechodu
- velké kontaktní plochy na elektrodách – odvod tepla



e) *přepět'ové ochranné diody, transily*

- *unipolární transil* – velmi rychlá Zenerova dioda, která snese krátkodobě velký závěrný proud
- *bipolární transil* – jde o dva antiparalelně zapojené unipolární transily

Zapouzdření a označení diod

tvar pouzdra (skutečná velikost)	označení katody	poznámky
	<p>kroužek je blíže katody, označení barevným kódem je blíže katody</p>	<p>univerzální usměrňovací diody, Schottkyho diody, Zenerovy diody, transily</p>
	<p>výstupek na pouzdře je blíže katody</p>	<p>varikapy, diody PIN, Schottkyho diody</p>
	<p>katoda je spojena s kovovým pouzdrem</p>	<p>usměrňovací a Zenerovy diody pro střední výkony</p>
	<p>Je-li katoda na kovovém pouzdrě, není označena. Je-li na pouzdře anoda, je katoda označena.</p>	<p>usměrňovací a Zenerovy diody pro velké výkony</p>

Označení polovodičových součástek

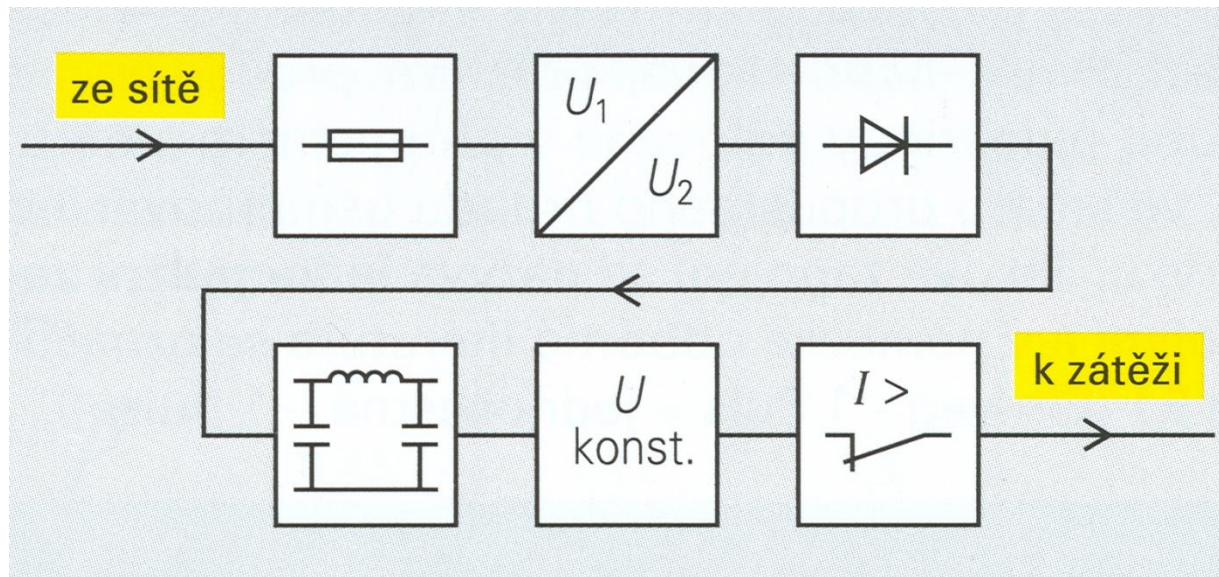
příklad:			
	B	A	Y 89
	1.	2.	3. písmeno
první písmeno (označení materiálu polovodiče)			
A	germanium	D	např. indiumantimonid
B	křemík	R	polykrystalické látky pro
C	III. – V. materiál např. galiumarsenid		magnetorezistory, fotoelementy
druhé písmeno (typ součástky)			
A	dioda	Q	vysílač záření
B	kapacitní dioda	R	řízený usměrňovač
C	NF-tranzistor	S	spínací tranzistor
D	NF-výkonový tranzistor	T	řízený výkonový usměrňovač
F	HF-tranzistor	Y	výkonová dioda
H	Hallův generátor	Z	Zenerova dioda
L	HF-výkonový tranzistor		
P	přijímač záření		
třetí písmeno a číslice			
3. písmeno označuje (obchodně) průmyslové typy. Čísla pak slouží k číslování podle typů a hodnot			

Zkoušení polovodičových součástek

Zkoušení	Přímý směr	Zpětný směr
pomocí ohmmetru		
ampér- metru a voltmetru		

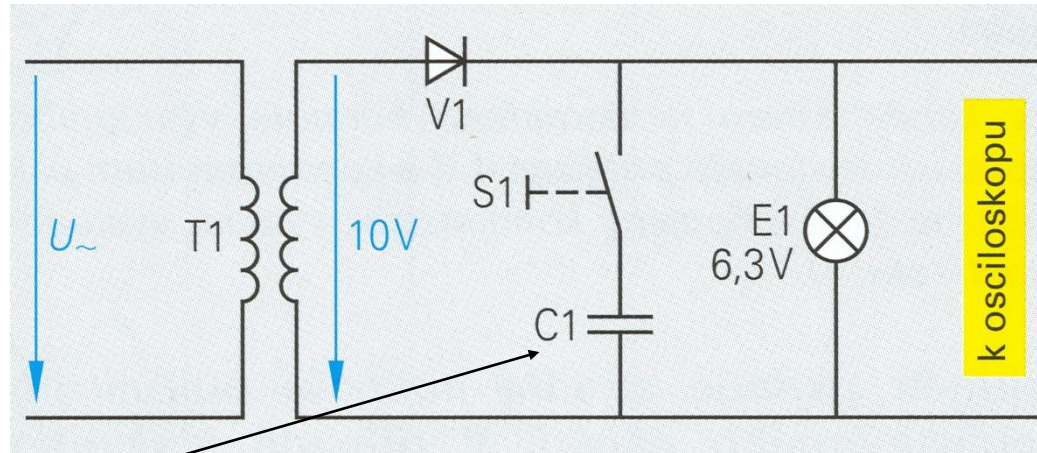
Usměrňovače

Obecná struktura síťového zdroje

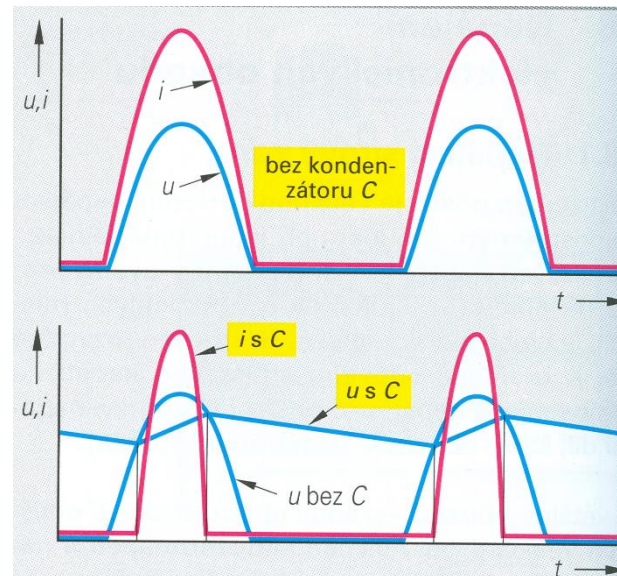


- ochrana proti přepětí, transformátor napětí, usměrňovač, vyhlazovací filtr, stabilizátor

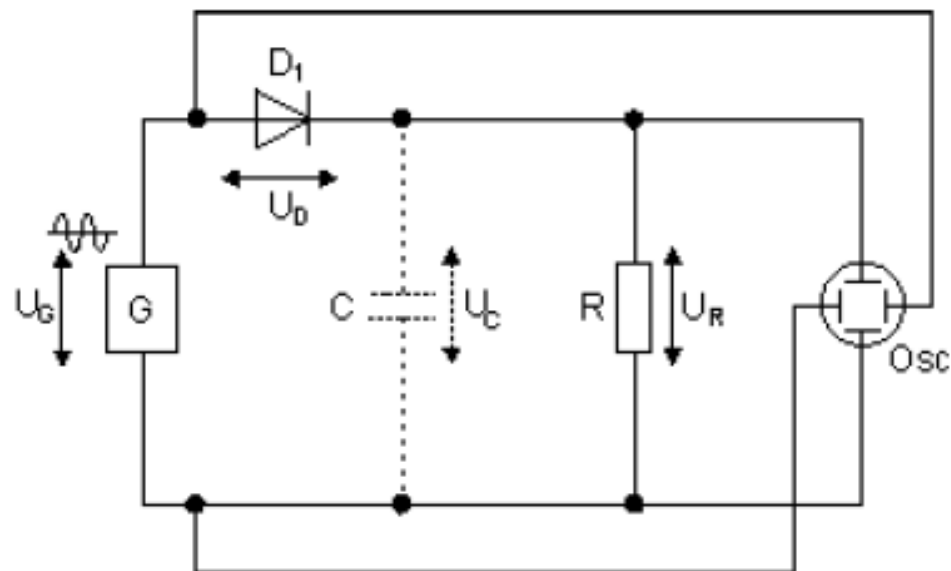
Jednocestný usměrňovač

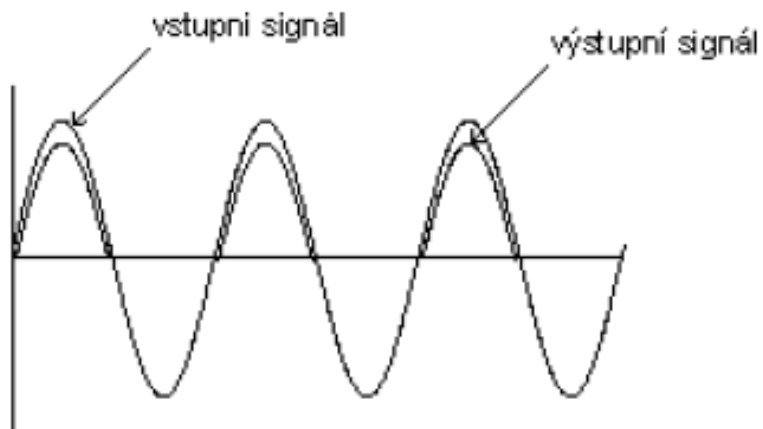


filtrační
kondenzátor

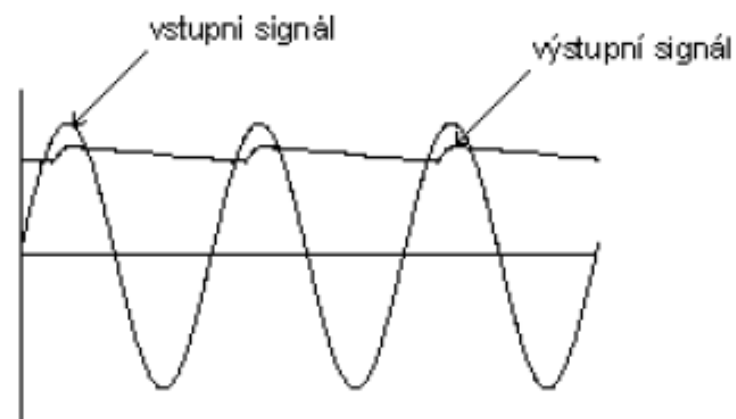


Jednocestný usměrňovač

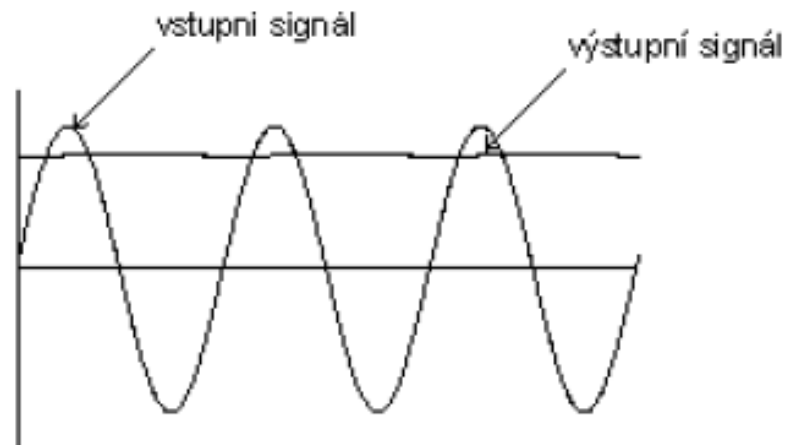




výstup bez filtračního kondenzátoru

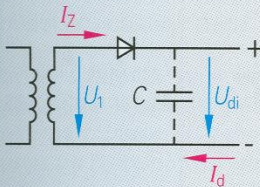
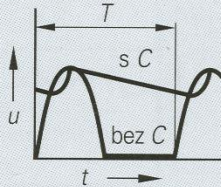
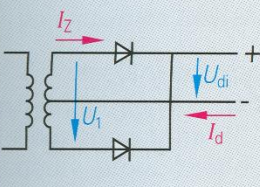
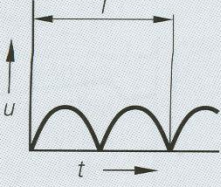
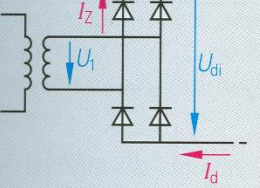
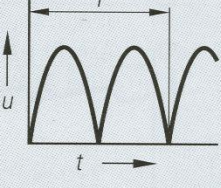
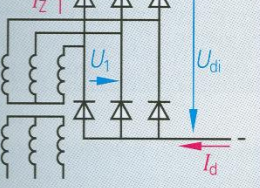
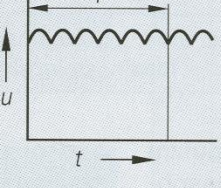


výstup s filtračním kondenzátorem C malé



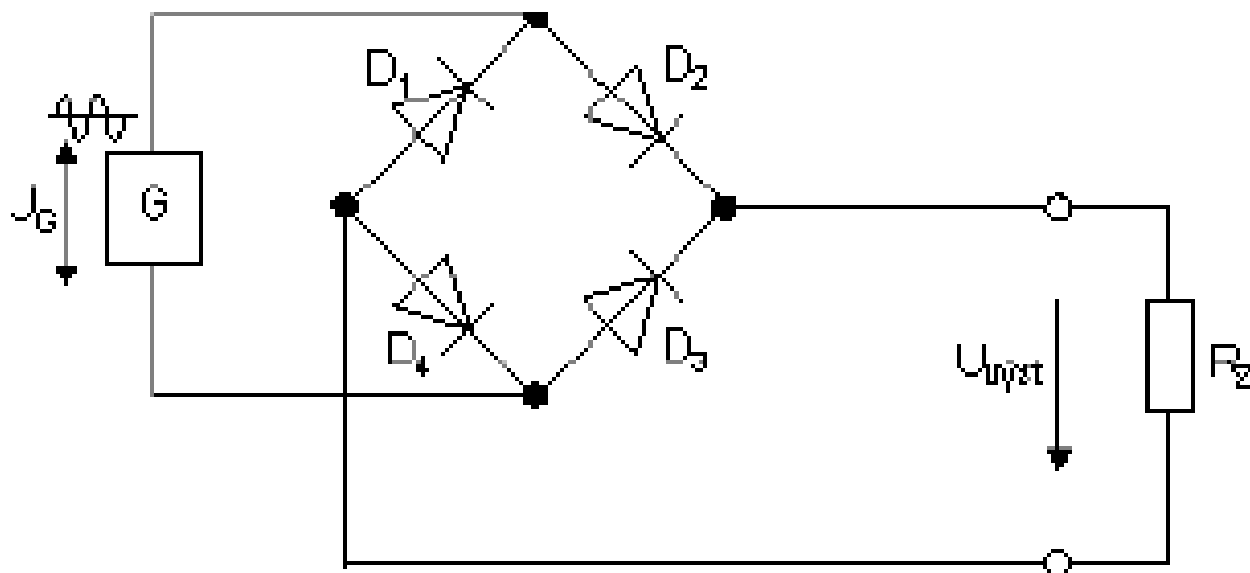
výstup s filtračním kondenzátorem C velké

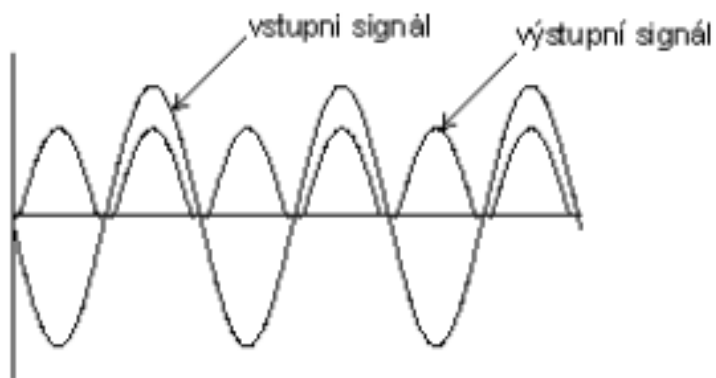
Dvojecstný usměrňovač

název označení	schéma zapojení usměrňovače	průběh výstupního napětí	U_{di}/U_1		P_T/P_d	I_Z
			bez C	s C		
jednopulzní zapojení E1			0,45	1,41	3,1	I_d
dvojpulzní uzlové zapojení M2			0,45	0,71	1,5	$\frac{I_d}{2}$
dvojpulzní můstkové zapojení B2			0,9	1,41	1,23	$\frac{I_d}{2}$
šestipulzní můstkové zapojení B6			1,35	1,41	1,1	$\frac{I_d}{3}$

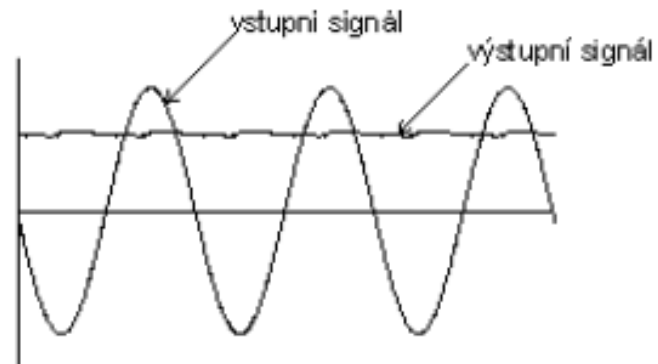
C kapacita, I stejnosměrný proud, I_Z proud větve, P_d stejnosměrný výkon, P_T typový výkon transformátoru, T perioda síťového kmitočtu, U_1 vstupní napětí, U_{de} velikost ideálního stejnosměrného napětí

Dvojcestný usměrňovač

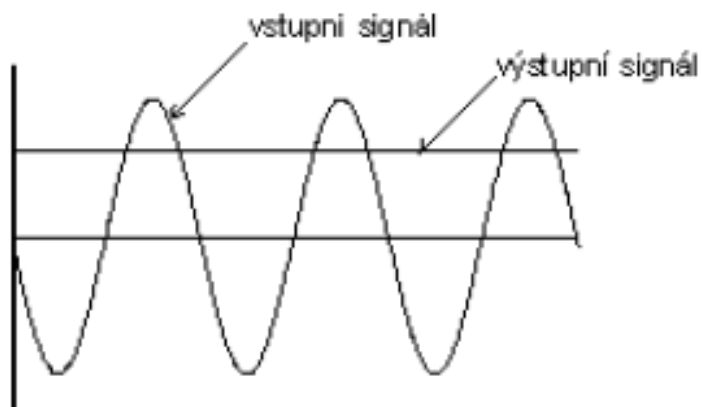




výstup bez filtračního kondenzátoru

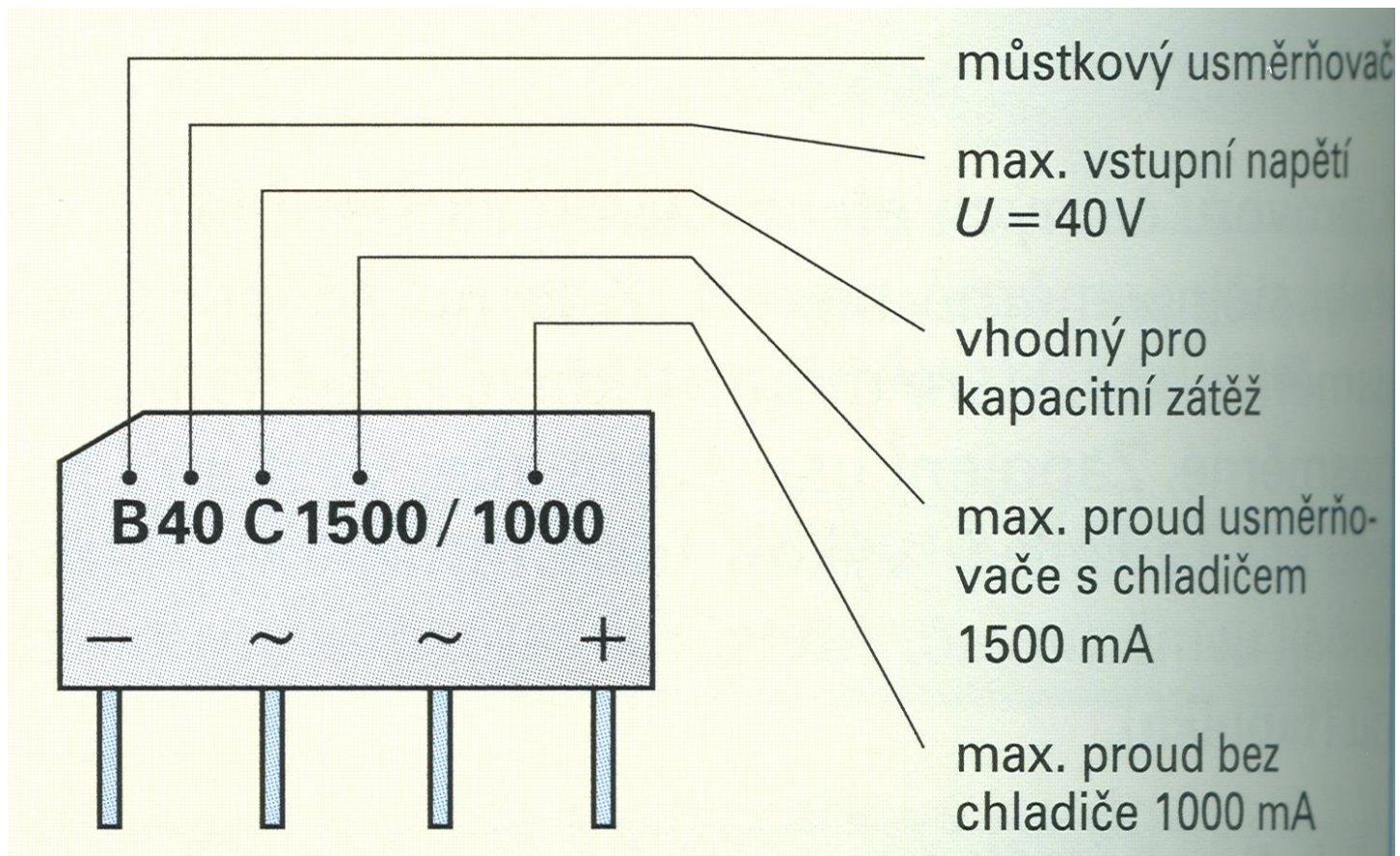


výstup s filtračním kondenzátorem C malé

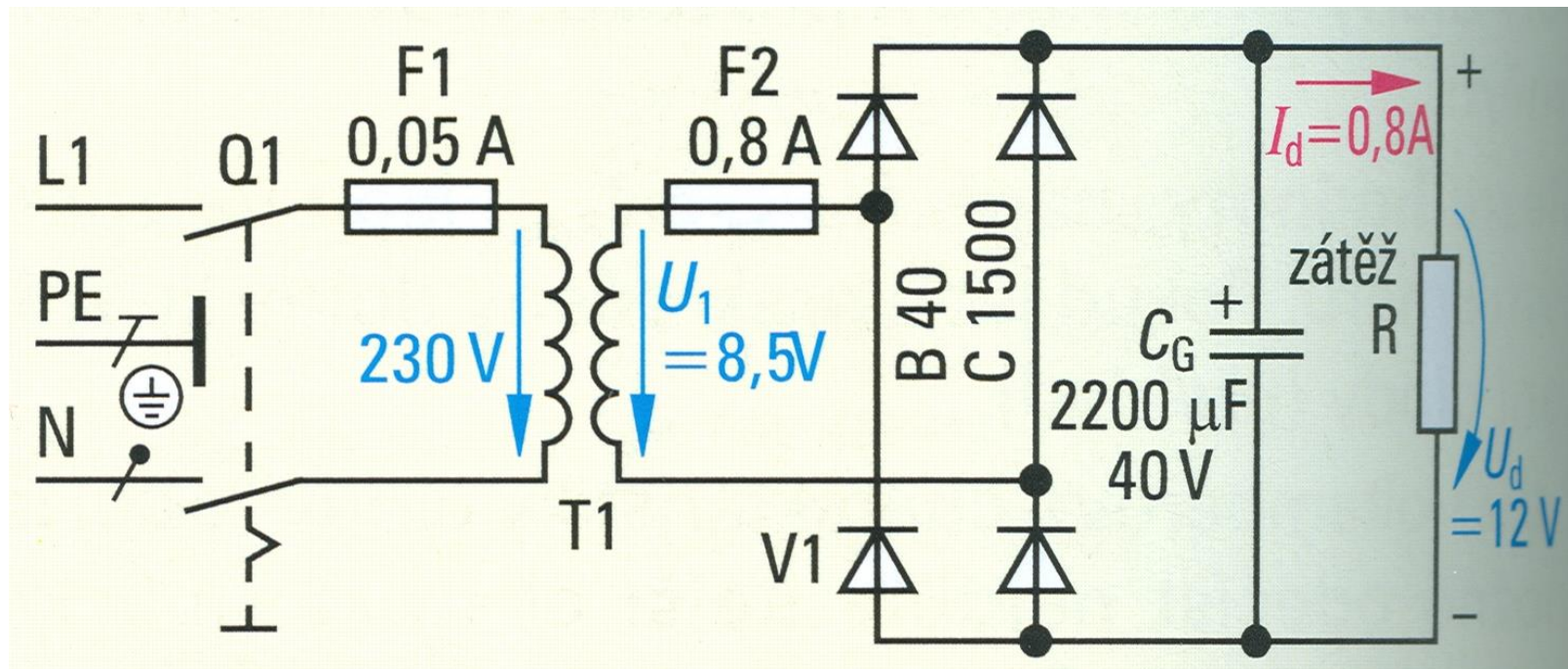


výstup s filtračním kondenzátorem C velké

Integrovaná verze můstkového usměrňovače



Příklad realizace můstkového usměrňovače



$$U_d \approx \sqrt{2} \cdot U_1$$

$$C_G = \frac{0,75 \cdot I_d}{f_p \cdot \hat{u}_p}$$

$$I_z = 0,5 \cdot I_d$$

$$S_1 \approx S_2$$

U_d stejnosměrné napětí

U_1 výstupní napětí

C_G kapacita vyhlazovacího kondenzátoru

I_d zatěžovací proud

f_p brumová frekvence

u_p brumové napětí

I_z proud ve větvi usměrňovače

S zdánlivý výkon

Brumové napětí

- představuje střídavou složku v usměrněném signálu
- je charakterizováno amplitudou u_p a frekvencí f_p
- projevuje se nepříznivě, např. šuměním ve sluchátku
- částečně se odstraní filtračním kondenzátorem