

## Dioda jako usměrňovač

Úkol: Ověřte vlastnosti Si diody jako sériového a paralelního usměrňovače

### 1.1 Pokyny pro měření

#### Sériový usměrňovač

##### Postup:

- 1) Zapojte diodu jako sériový usměrňovač podle obr.1, zobrazte průběhy vstupního a výstupního napětí na osciloskopu pro nízký kmitočet (cca 100Hz) a pro vyšší kmitočet (cca 10kHz a více podle typu diody tak, aby byl vidět projev zotavovací doby). Pro určení zotavovací doby zvolte takový kmitočet, při kterém překmit do záporné půlperiody nepřekročí polovinu amplitudy vstupního napětí. Průběhy překreslete, okótuje a určete zotavovací dobu.
- 2) Na výstup usměrňovače zapojte filtrační kondenzátor a zakreslete průběhy z osciloskopu
  - pro nízký kmitočet (cca 1kHz) s kondenzátorem  $C = 10\text{nF}$ ,  $100\text{nF}$ ,  $1\mu\text{F}$ .
  - pro vyšší kmitočet (cca 10kHz) opět se stejnými kondenzátory a průběhy porovnejte.
- 3) Pro kmitočty 100Hz a 10kHz určete usměrňovací účinnost usměrňovače

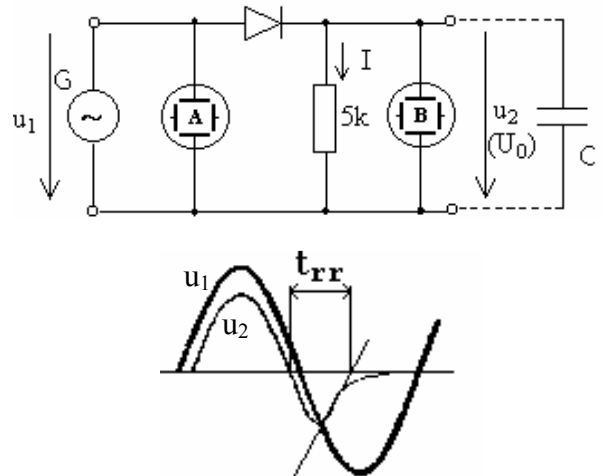
$$\eta_{\%} = \frac{U_0}{U_{1m}} \cdot 100$$

$U_{1m}$  je amplituda vstupního napětí

$U_0$  je stř. hodnota výstupního napětí (změřte osciloskopem bez kondenzátoru na výstupu)

( $U_0 = U_{2m}/\sqrt{2}$  pro jednocestný usm. a harm. průběh)

- 1) Zapojte diodu jako paralelní usměrňovač podle obr.2.
- 2) Zakreslete průběhy z obrazovky pro kmitočty 100Hz, 1kHz, 50kHz. Při vyšších kmitočtech dojde k deformaci  $u_2$  jako projev zotavovací doby.
- 3) Průběhy okótuje a při kmitočtu 100Hz odečtete hodnotu napětí  $U$  (úbytek napětí na diodě v propustném směru).
- 4) Z průběhů určete pro kmitočty podle bodu 2 fázové posuny výstupního napětí vzhledem k výstupnímu napětí.
- 5) (V případě, že by se, vzhledem parametrům diody, fázový posun neprojevil, zvyšujte kmitočet, až uvedený jev nastane).



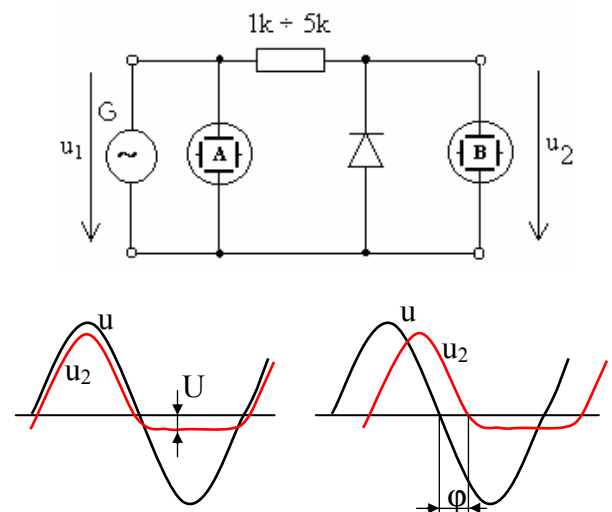
Obrázek1: Sériový usměrňovač a určení zotavovací doby

Napětí  $u_2$  je obrazem proudu I.

A,B – vstupy osciloskopu  
G - generátor funkcí

Měření  $U_0$  osciloskopem je vhodné, protože multimetry mají omezené kmitočtové vlastnosti.

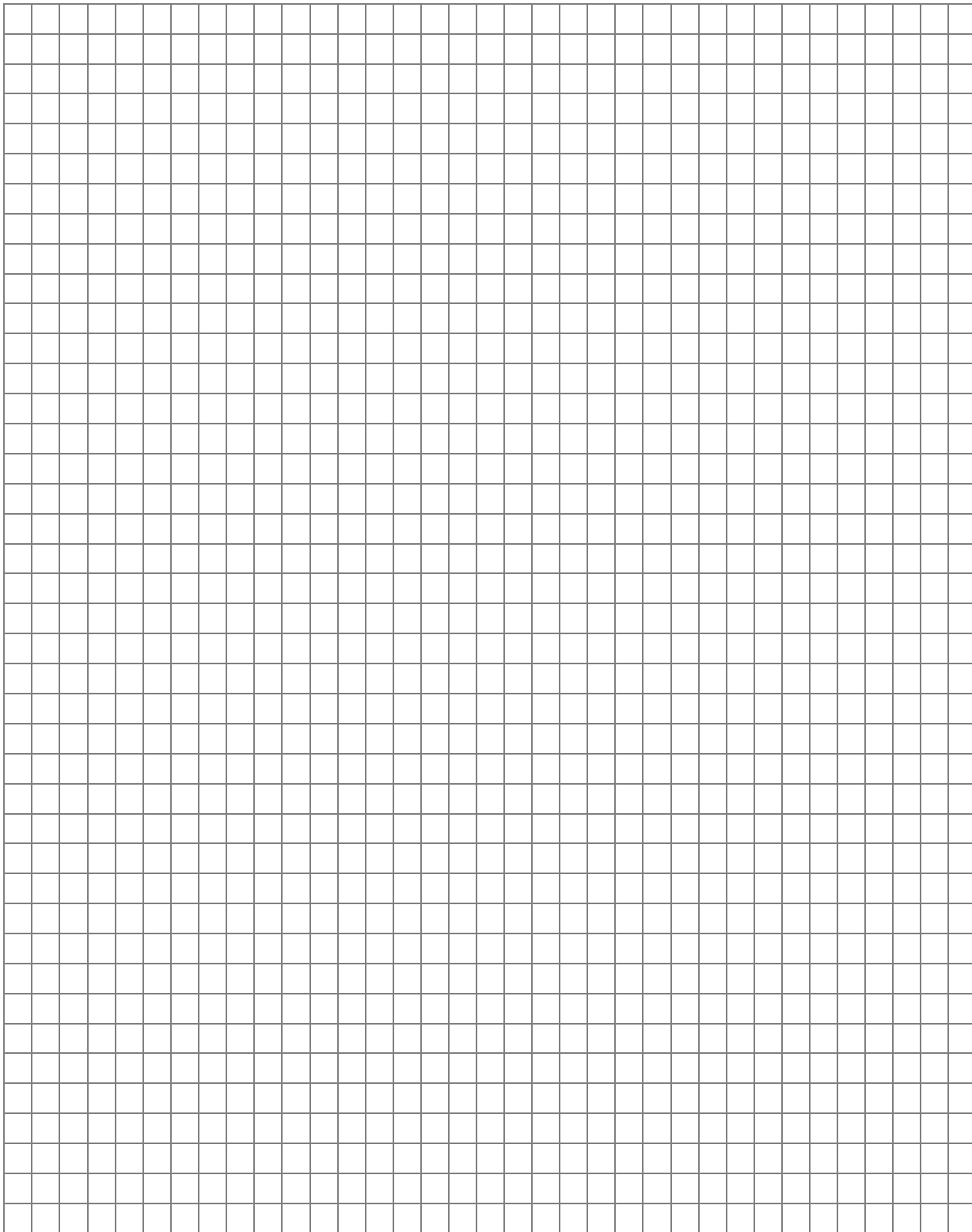
#### Paralelní usměrňovač



Obrázek 2: Paralelní usměrňovač a průběhy napětí

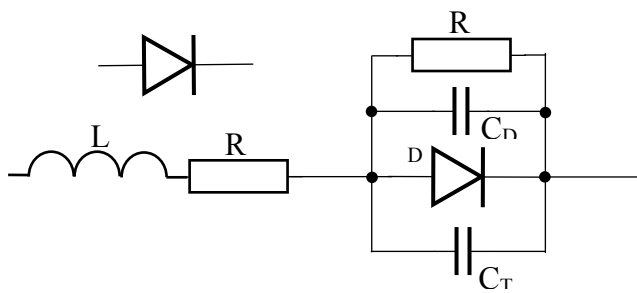
### 1.2 Měření a jeho vyhodnocení

Průběhy pozorované na osciloskopu zakreslete, proved'te popis os a vyhodnoťte !

**Závěr:****1.3 Teoretické poznámky****1.3.1 Dynamický režim polovodičové diody**

Rychlost klesání proudu diodou při poklesu napětí je závislá i na parazitních parametrech jako je např. seriová indukčnost přívodů (cca 100nH) a seriový odpor (cca 0,2  $\Omega$ ).

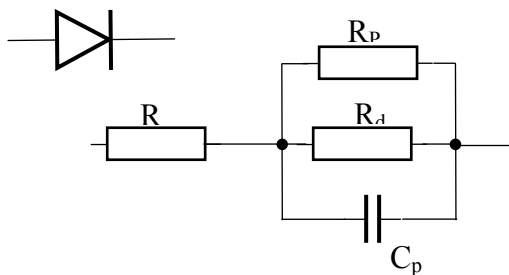
Parametry skutečné diody jsou v praxi závislé na řadě parazitních vlivů.



- $R_p$  - svodový odpor diody (uplatní se v závěrném směru)
- $C_D$  - difúzní kapacita (uplatní se v propustném směru)
- $C_T$  - bariérová kapacita (uplatní se v závěrném směru)
- $R_S$  - odpor materiálu diody a odpor přívodů ( $10^{-1} - 10^2 \Omega$ )
- $L_S$  - indukčnost přívodů
- D - ideální dioda

**Obrázek 1:** Náhradní schéma diody z lineárních obvodových prvků

Konkrétní náhradní schéma je třeba vždy sestavovat podle podmínek za kterých bude dioda pracovat, především podle rychlosti dějů, které bude zpracovávat.



- $C_p$  - bariérová a difúzní kapacita  $C_T + C_D$
- $R_d$  - dynamický odpor diody

**Obrázek 2:** Náhradní schéma diody pro nízké kmitočty

### 1.3.2 Náhradní odpor diody

#### Statický odpor $R_S$

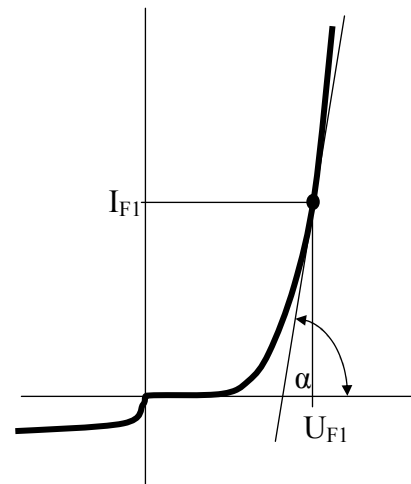
pro konkrétní bod charakteristiky

$$R_S = \frac{U_{F1}}{I_{F1}}$$

**Dynamický odpor  $R_d$**  - je dán strmostí VA charakteristiky (v propustném směru se blíží nule)

$$R_d = \frac{m_U}{m_I} \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

Pro oblast prahového napětí jsou oba odpory přibližně stejné a rovnají se v podstatě odporu polovodičového materiálu.

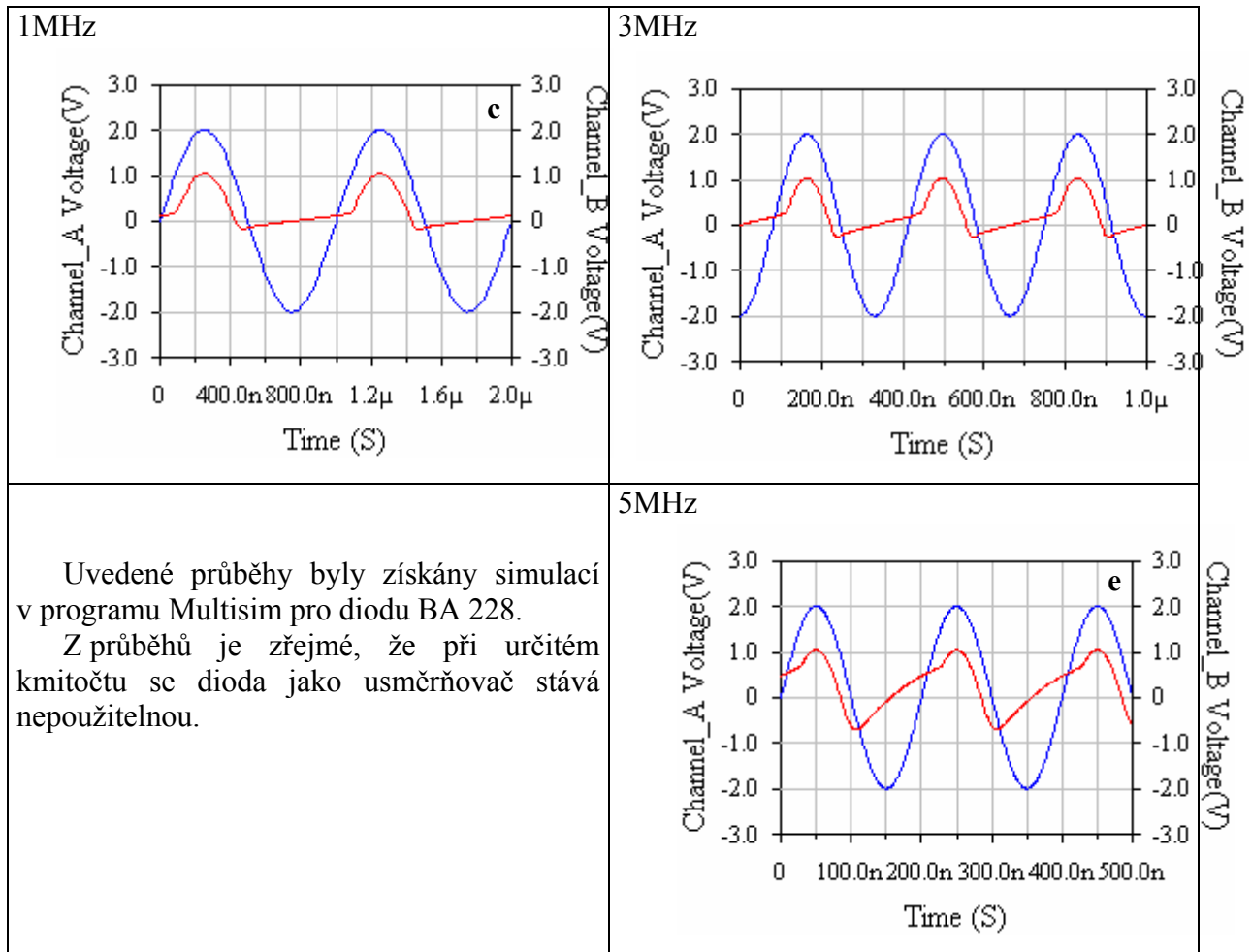


**Obrázek 3:** Statický a dynamický odpor z VA-charakteristiky

Jedním z mezních parametrů diody, který určuje její užité vlastnosti je dynamický parametr označovaný jako **doba závěrného zotavení  $t_{rr}$  (Reverse Recovery)**. Udává, jak rychle dioda dokáže přejít z propustného do závěrného režimu a blokovat průchod proudu. Dioda se tedy stává nevodivou až po uplynutí doby závěrného zotavení  $t_{rr}$ . Pro Schottkyho diody a diody GaAs je  $t_{rr}$  řádově  $10^{-12}$ s. Tuto dobu lze stanovit z časové závislosti  $i_D(t)$ . Zotavovací dobu je možné také určit z průběhu výstupního napětí  $u_2$  (viz první úloha zadání),

kteří je obrazem proudu protékajícího diodou. Pro její určení se používá např. tečny k překmitu (jak je naznačeno na obrázku v zadání, nebo časový interval pro pokles na 1/10 velikosti překmitu.

Při změně polarity napětí na diodě pokles proudu pokračuje i do záporných hodnot, protože dochází k postupnému odčerpávání injektovaných minoritních nosičů náboje, které se v diodě nahromadily při propustné polarizaci. Tzn., že postupně dochází k opětovnému rozšíření oblasti prostorového náboje.



**Obrázek 4:** Příklady průběhů výstupního napětí sériového usměrňovače pro diodu BA 228