

## Měření dynamických charakteristik diod

Pokud jsou diody používány ve spínacím režimu, jsou důležité také jejich dynamické vlastnosti. Při skokové změně kladné polaritu na zápornou polaritu nepoklesne vlivem kapacity diody proud diodou okamžitě na nulovou hodnotu, ale po dobu  $t_{tr}$  (doba zotavení) teče proud  $I_r$  v závěrném směru. Tento proud je omezen pouze pracovním odporem  $R$ . Dobu zotavení můžeme rozdělit na dobu zpoždění  $t_s$  (po uplynutí této doby začne proud exponenciálně klesat) a dobu poklesu  $t_r$  (ustálení). Doba ustálení je definována pro pokles proudu na 10% hodnotu proudu  $I_r$ . Dobu zotavení a dobu ustálení lze jednak odečíst z obrazovky osciloskopu a jednak vypočítat ze vztahu pro náboj na diodě  $Q = \tau \cdot I_f$ . Změní-li se proud diodou v čase  $t = 0$  na hodnotu  $-I_r$ , potom platí

$$\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{\tau} = -I_r$$

Dobu zpoždění  $t_s$  určíme z podmínky, že v čase  $t = t_0$  je na diodě náboj  $Q$  a v době  $t = t_{tr}$  je  $Q = 0$ , tedy

$$Q = -I_r \tau (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) + I_f \tau e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Odtud pak logaritmováním dostaneme

$$t_s = \tau \ln \left( 1 + \frac{I_f}{I_r} \right)$$

Po dobu ustálení klesá proud diodou exponenciálně

$$I(t) = -I_r e^{-\frac{t}{RC_r}}$$

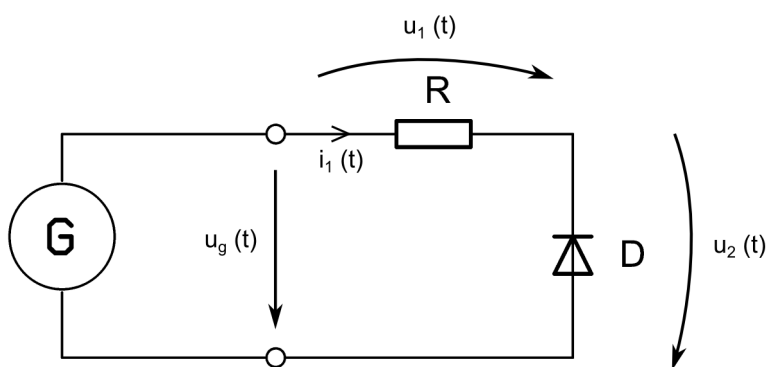
a doba ustálení je dána přibližně

$$t_r \cong 3RC_r = 3 \tau,$$

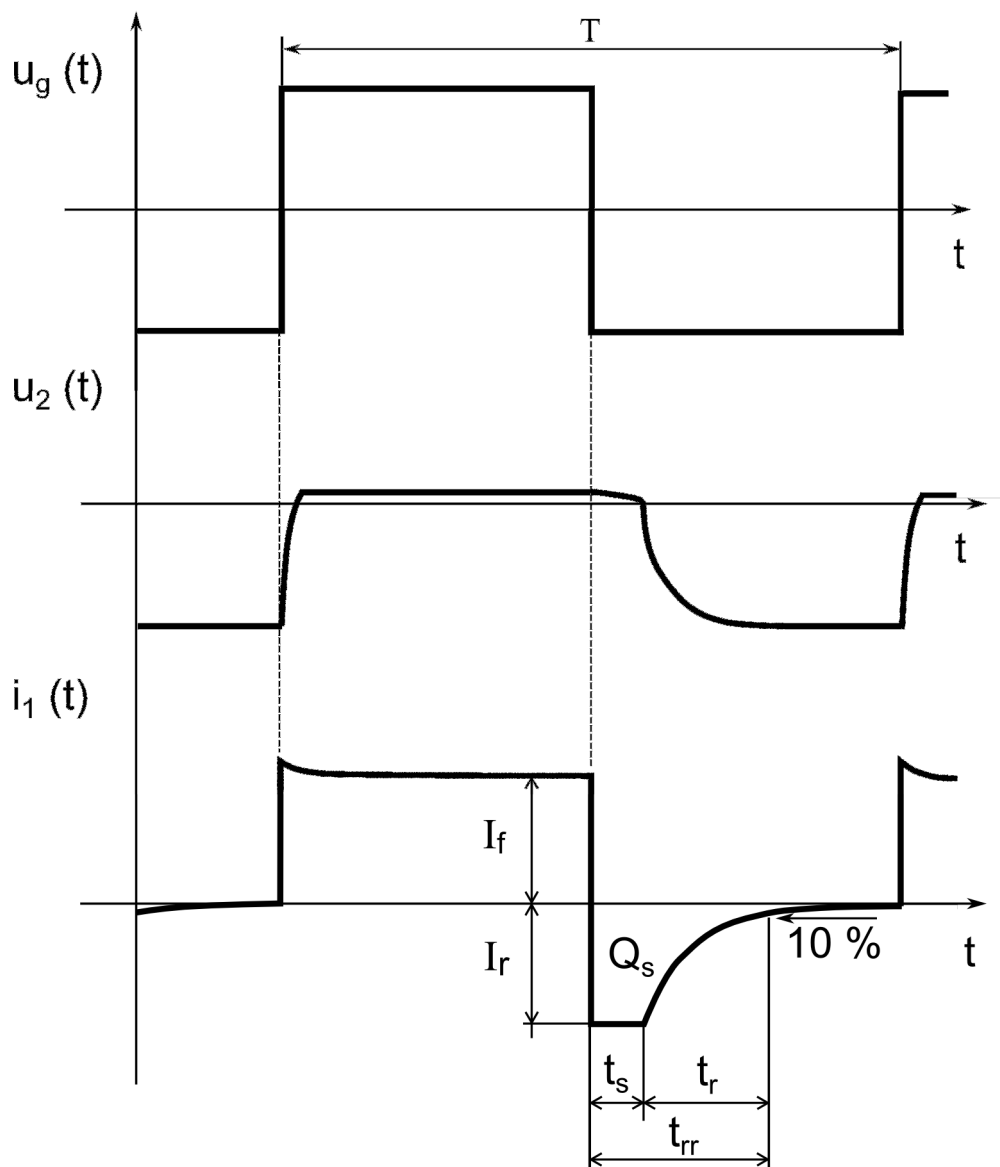
kde  $C_r$  je kapacita diody v závěrném směru a  $R$  je pracovní odpor. Dobu zotavení  $t_{tr}$  lze zmenšit zmenšením proudu  $I_f$  nebo zvětšením proudu  $I_r$ . Dobu ustálení  $t_r$  můžeme zmenšit zmenšením odporu  $R$ , ten je však dán velikostí dovoleného proudu diodou.

### Úkol měření

1. Určete hodnotu odporu v SMD provedení na přípravcích pro měření dynamických vlastností diod.
2. Na funkčním generátoru nastavte obdélníkový průběh napětí **2 V** špička-špička a frekvenci **1 kHz (střída 1:1)**. Navrhněte zapojení osciloskopických sond tak, abyste každou sondou měřili časový průběh napětí na každé ze součástí, tj. diodě a odporu. (Při návrhu zapojení mějte na paměti, že zemní svorky obou napěťových sond jsou uvnitř osciloskopu propojeny!!!!)
3. Pro dané diody změřte dobu zotavení  $t_{rr}$ , dobu ustálení  $t_r$  a dobu zpoždění  $t_s$ . Změřte napětí  $U_F$  a  $U_R$  na rezistoru  $R$ . Tyto napětí odpovídají proudu procházejícím diodou v propustném respektive v závěrném směru (obr. 2). Měření proveďte prostřednictvím napěťových sond osciloskopu.



**Obr. 1:** Schéma zapojení



**Obr. 2:** Časové průběhy měřených veličin

Vztahy pro výpočet  $Q_s$ ,  $\tau$  a  $t_s$

$$Q_s = I_R \cdot t_s$$

$$t_s = \tau \ln \left( 1 + \frac{I_F}{I_R} \right)$$

$$\tau \approx \frac{t_r}{3}$$

## Obsah elaborátu

- ☐ Titulní strana (jméno katedry, předmětu, název úlohy, datum měření, jména členů ve skupině, jméno osoby zodpovědné za vypracování úlohy).
- ☐ Tato kapitola s obsahem elaborátu.
- ☐ Schéma zapojení úlohy (kompletní včetně měřících přístrojů a zdrojů).
- ☐ Katalogové parametry měřených součástek.
- ☐ Hodnota rezistoru v SMD provedení na přípravcích pro měření dynamických charakteristik.
- ☐ Tabulka pro všechny měřené diody se spočtenými
  - ☐ Proudů  $I_F$  a  $I_R$  na základě měření napětí na rezistoru  $R$ .
  - ☐ Hodnotami zotavovacího náboje  $Q_s$ .
  - ☐ Dobami zpoždění  $t_s$ .
  - ☐ Dobami  $\tau$ .
  - ☐ Maximálními pracovními frekvencemi  $f_{max}$  (na základě změřené doby  $t_{rr}$ )
- ☐ Příklad výpočtu pro každou počítanou veličinu  $I_F$ ,  $I_R$ ,  $Q_s$ ,  $t_s$ ,  $f_{max}$ ,  $\tau$ .
- ☐ Závěr s
  - ☐ Porovnáním vámi naměřených hodnot doby zpoždění  $t_{rr}$  s hodnotami v katalogu výrobce. (V případě, že se hodnoty neshodují více jak o jeden řád, zdůvodněte!).
  - ☐ Porovnáním hodnot  $f_{max}$  u jednotlivých diod.
- ☐ List s naměřenými hodnotami (zaznamenané nesmazatelnou propiskou) potvrzenými vyučujícím.

Pozn.: Jednotlivé body obsahu elaborátu budou kontrolovány a každý chybějící kontrolní bod je hodnocen 1 chybou. Chybějící potvrzené naměřené hodnoty vyučujícím jsou hodnoceny 7 chybami.

Datum:

Podpis cvičícího:

## **Měření dynamických charakteristik diod**

Typ diody	ts (us)	tr (us)	trr (us)	Uf (V)	Ur (V)	trr -katalog
BY448						
1N5062						
1N5625						
1N4007G						
BYW54						
KA207						
KY701						