

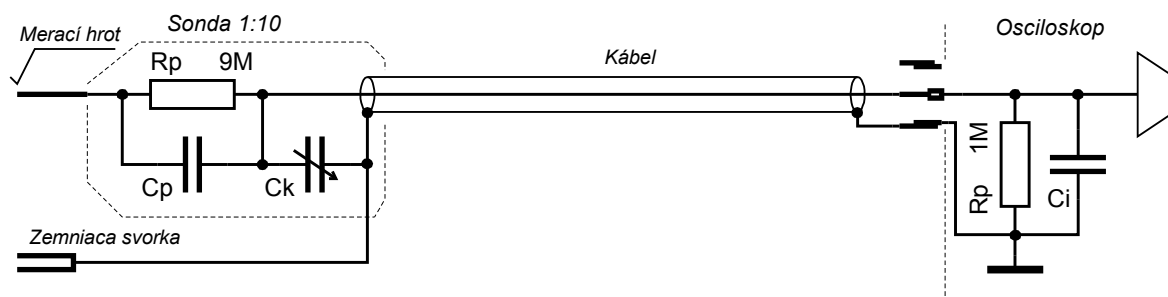


## Referenčný pracovný list laboratórneho cvičenia

Názov:	Kompenzácia meracej sondy osciloskopu
Referenčné číslo:	M-S-01-01
Použité prístroje:	Niektorý z osciloskopov M521až M526, Sonda E261/06 alebo E261/20

### 1. Teória

Osciloskopy sa používajú na meranie priebehov napätí, ktoré sa rýchlo menia. Pripojenie meraného bodu na vstup osciloskopu predstavuje problém, pretože kvôli potlačeniu rušenia je potrebné viesť meraný signál tieneným vedením, ktoré má však značnú parazitnú kapacitu. Táto kapacita môže významne ovplyvniť frekvenčné vlastnosti meracej cesty a teda aj tvar nameraného priebehu. Najčastejším riešením tohto problému je použitie pasívnej meracej sondy. Princiálne usporiadanie takejto sondy je na obrázku 1.1.



Obr. 1.1. Princiálne usporiadanie osciloscopickkej sondy s deliacim pomerom 1:10

Merací hrot sondy je bezprostredne spojený s pracovným odporom  $R_p$ . Tento je prostredníctvom tieneneho kábla spojený so vstupom osciloskopu. Veľkosť vstupného odporu vysokoimpedančného vstupu osciloskopu je štandardne 1 Mohm. Pracovný odpor sondy a vstupný odpor osciloskopu tvoria napäťový delič tak, ako je to znázornené na obrázku 1.2.

Okrem vstupného odporu však vykazuje vstup osciloskopu aj parazitnú kapacitu ( $C_i$ ), ktorá je s ním spojená paralelne. Rovnako paralelne sa k vstupnému odporu radí aj parazitná kapacita spojovacieho kábla ( $C_v$ ). K pracovnému odporu sondy je pripojený kondenzátor ( $C_p$ ), ktorého úlohou je zabezpečiť, aby bol deliaci pomer sondy frekvenčne nezávislý. Pretože sa vstupná kapacita meracieho kanálu osciloskopu mení v závislosti na typu, je paralelne k  $R_i$  zaradený kondenzátor ( $C_k$ ) s nastaviteľnou kapacitou.

Základný (statický) deliaci pomer sondy je daný deliacim pomerom odporového deliča  $R_p/R_i$ , ktorý je možné vyjadriť ako:

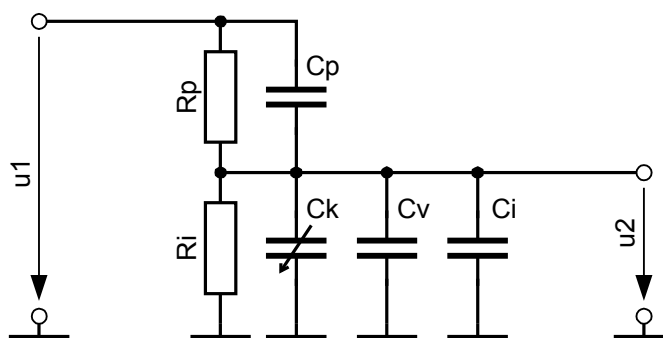


$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{R_i}{R_i + R_p} \quad [1.1]$$

Ak má byť delič frekvenčne nezávislý, musia rovnaký deliaci pomer vytvoriť aj impedancie kondenzátorov:

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{\frac{1}{2 * \pi * f * (C_k + C_i + C_v)}}{\frac{1}{2 * \pi * f * (C_k + C_i + C_v)} + \frac{1}{2 * \pi * f * C_p}} \quad [1.2]$$

kde:  $f$  = frekvencia vstupného napätia a  $\pi$  = Ludolfovo číslo



Obr. 1.2. Náhradné zapojenie osciloscopkej sondy pripojenej k osciloskopu

Vzťah [1.2] môžeme upraviť nasledovne:

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{\frac{1}{(C_k + C_i + C_v)}}{\frac{1}{(C_k + C_i + C_v)} + \frac{1}{C_p}} \quad [1.3]$$

Pretože sa frekvencia vo vzťahu nevyskytuje, deliaci pomer v ktorom kondenzátory delia napätie je frekvenčne nezávislý. Ak zohľadníme [1.1] a [1.3] je zřejmé, že platí aj:

$$\frac{R_i}{R_i + R_p} = \frac{\frac{1}{(C_k + C_i + C_v)}}{\frac{1}{(C_k + C_i + C_v)} + \frac{1}{C_p}} \quad [1.4]$$



Vzťah [1.4] je možné upraviť nasledovne:

Čitateľa aj menovateľa zlomku na ľavej strane vydělíme  $R_i$  a čitateľa aj menovateľa zlomku na pravej strane vynásobíme  $(C_k + C_i + C_v)$ :

$$\frac{\frac{R_i}{R_i}}{\frac{R_i}{R_i} + \frac{R_p}{R_i}} = \frac{\frac{(C_k + C_i + C_v)}{(C_k + C_i + C_v)}}{\frac{(C_k + C_i + C_v)}{(C_k + C_i + C_v)} + \frac{(C_k + C_i + C_v)}{C_p}} \quad [1.5]$$

Po jednoduchých úpravách získame vzťah:

$$\frac{1}{1 + \frac{R_p}{R_i}} = \frac{1}{1 + \frac{C_k + C_i + C_v}{C_p}} \quad [1.6]$$

Z čoho vyplýva:

$$\frac{R_p}{R_i} = \frac{C_k + C_i + C_v}{C_p} \quad [1.7]$$

Vzťah [1.7] hovorí, že ak má byť delič napätia vytvorený z odporov a kondenzátorov frekvenčne nezávislý, potom musia byť hodnoty kapacít pripojených paralelne k odporom v obrátenom pomere k hodnotám odporov.

Pasívna meracia sonda pripojiteľná ku štandardnému osciloskopu so vstupným odporom 1MOhm má podľa [1.1] pracovný odpor veľkosti 9MOhm. Predpokladajme, že vstupná kapacita osciloskopu je 30 pF a kapacita pripojovacieho kábla 51 pF, potom najnižšia možná hodnota kondenzátora  $C_p$  by podľa [1.7] bola: 9 pF. V praxi sa hodnota tohto kondenzátora volí tak, aby bolo možné paralelne s  $C_i$  a  $C_v$  zapojiť ešte aj nastaviteľný  $C_k$  s ktorým sa bude dať správny pomer kapacít [1.7] a teda aj frekvenčná nezávislosť sondy nastaviť pre rôzne typy a teda i rôzne vstupné kapacity osciloskopov.

Vďaka skutočnostiam, ktoré boli uvedené, vykazuje pasívna meracia sonda oveľa vyšší vstupný odpor [10 Mohm] a nižšiu vstupnú kapacitu ako vstup osciloskopu, čo znižuje vplyv merania na funkciu meraného systému.

Ak chceme, aby boli namerané priebehy čo najbližšie k realite, je bezpodmienečne potrebné vykonať kompenzáciu meracej sondy vždy vtedy, keď ju pripájame k inému typu osciloskopu, než pre ktorý bola kompenzovaná.

Pre kompenzáciu sondy je potrebné, aby na merací vstup sondy bol privedený signál



so širokým spektrom harmonických a s jednoduchou možnosťou posudzovania frekvenčných vlastností prenosu. Na tieto účely sa najlepšie hodí obdĺžnikový priebeh. Preto je väčšina osciloskopov vybavená takzvaným kompenzačným generátorom, ktorý generuje signál obdĺžnikového priebehu..



## 2. Praktická časť

### 2.1. Kompenzácia sondy

#### 2.1.1. Zapojenie

Sondu pripojíme ku vstupu pre ktorý ju chceme kompenzovať a z hrotu sondy odstránime merací háčik. Hrot sondy zasunieme do konektora externej synchronizácie osciloskopu (ak kompenzujeme sondu E261/20 môžeme použiť redukciu do BNC konektorov, ktorá je v príslušenstve). Nezabudneme sondu predtým prepnúť na deliaci pomer 1:10.



Obr. 2.1.1.1. Zapojenie pre kompenzáciu sondy ku kanálu A

#### 2.1.2. Pokyny k meraniu

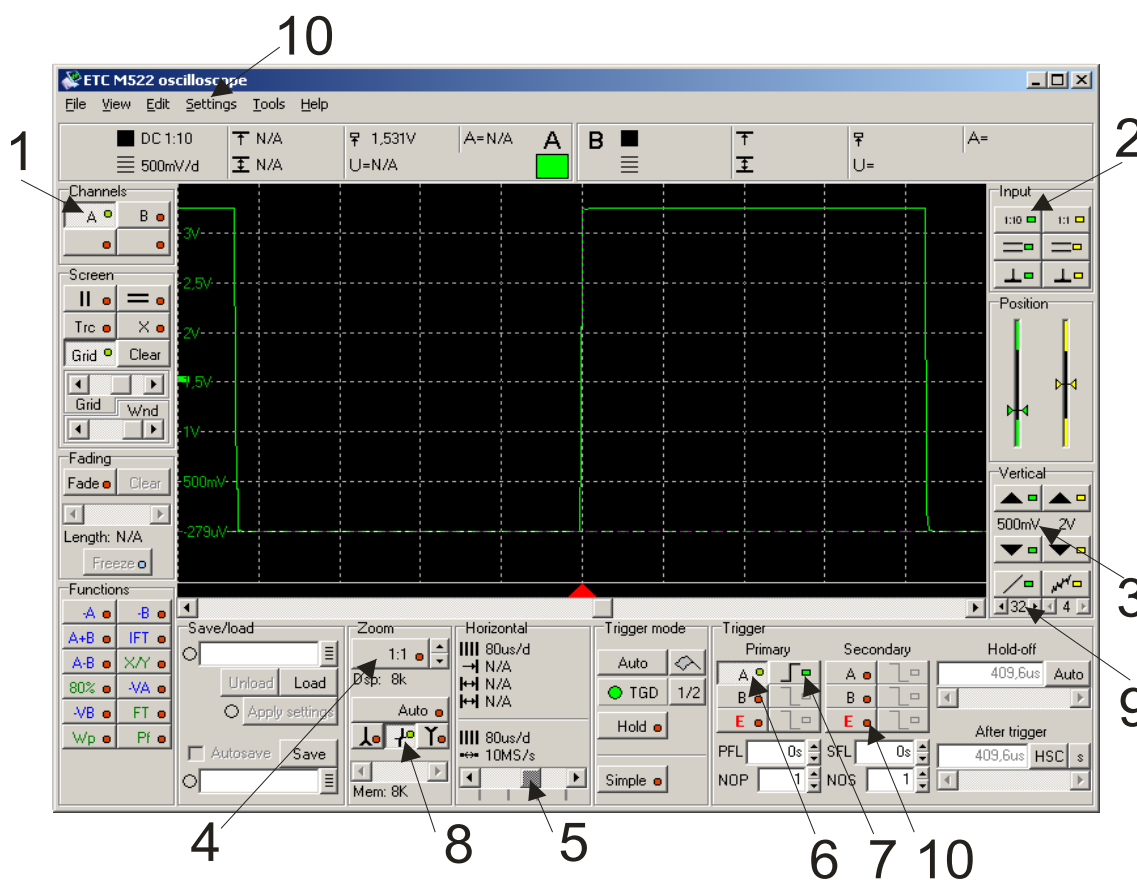
Dvojitým kliknutím na ikonu spustíme riadiaci program „Scope“.

1. Zapneme kanál, ku ktorému je pripojená sonda
2. nastavíme deliaci pomer 1:10



3. vertikálny rozsah 500mV/d
4. vypneme „Zoom“
5. nastavíme časovú základňu na 80us/d
6. ako zdroj synchronizačných impulzov zvolíme ten kanál, ku ktorému je sonda pripojená
7. ako synchronizačnú udalosť zvolíme nábežnú hranu
8. zvolíme zobrazenie strednej hodnoty skupiny nameraných hodnôt
9. zapneme digitálne tienenie a nastavíme ho na hodnotu 32
10. cez **Settings/External trigger output/Compensation generator** v hlavnom menu aktivujeme výstup kompenzačného generátora. To, že je kompenzačný generátor aktívny indikuje to, že symbol na tlačítku externej synchronizácie je červenej farby.

Pomocou nastavovacieho skrutkovača, ktorý je v príslušenstve sondy nastavíme kompenzačný trimer, ktorý je umiestnený na meracom konci sondy (pozor, nenastavujte prvky umiestnené na sonde blízko konektora (sonda E261-20), tieto sú určené pre nastavenie vysokofrekvenčných vlastností sondy). Pri nastavovaní sa snažíme dosiahnuť na obrazovke ideálny obdĺžnik (obr. 2.1.2.1. nastavenie M-S-01-01.st).



Obr. 2.1.1.1. Kompenzácia meracej sondy ku kanálu A s vyznačením krokov nastavenia osciloskopu



Po kompenzácii sondy je treba deaktivovať kompenzačný generátor (10) a vypnúť digitálne tienenie (9).