

6. Měření kmitočtu a fázového rozdílu čítačem

Úkol měření

a) Zkontrolujte správnost stupnice nf. generátoru:

- 1) čítačem v režimu měření frekvence při různé době měření,
- 2) čítačem v režimu měření doby periody jednak přímo, jednak s využitím průměrování,

Měřte při kmitočtech 60, 500 Hz a 5, 10, 20 kHz. U všech měření určete, případně odhadněte chybu měření.

Pozn.:

Chyba čítače při **měření kmitočtu**:

$$|\delta_f| = |\delta_r| + \frac{\Delta_D}{f_x} \cdot 100 [\%]$$

kde $|\delta_r|$ je relativní chyba referenčního kmitočtu ($5 \cdot 10^{-5} \%$),
 Δ_D je jednotka nejnižšího řádu displeje,
 f_x je měřený kmitočet.

Chyba čítače při **měření doby periody**:

$$|\delta_T| = |\delta_r| + \frac{\Delta_D}{n T_x} \cdot 100 + |\delta_s| [\%]$$

kde $|\delta_s|$ je chyba spouštění (pro harmonický signál a odstup signál-šum 40 dB

$$|\delta_s| = \frac{0.003}{n} \cdot 100 [\%]$$

n je počet průměrovaných period o délce T_x .

b) Ověřte přesnost krystalem řízených hodin:

- 1) měřením doby periody pulsů pro krokový motor (správná hodnota je 2 s),
- 2) přímým měřením frekvence oscilátoru (správná hodnota je 2^{15} , tj. 32 768 Hz, resp. 2^{22} , tj. 4 194 304 Hz).

V obou případech určete chybu měření a nepřesnost hodin vyjádřete v sekundách za den.

Pozn.:

k bodu b2) Přímé měření kmitočtu oscilátoru u krystalu není vhodné, neboť vstupní kapacita kabelu a čítače (i při použití sondy) ovlivňuje frekvenci oscilátoru. Proto je mezi krystalem a čítačem zařazen emitorový sledovač.

c) Nakreslete blokové schéma čítače v obou režimech činnosti.

d) Pomocí čítače se schopností přímého **měření fázového rozdílu** určete fázový posuv napětí u_1 a u_2 stejného přemostěného T-článku jako v úloze 1. Měřte opět pro kmitočty $f = 4, 10, 50, 100, 200, 400, 600, 800$ kHz.

Srovnajte naměřené hodnoty s výsledky z úlohy č. 1 a zdůvodněte případné rozdíly.

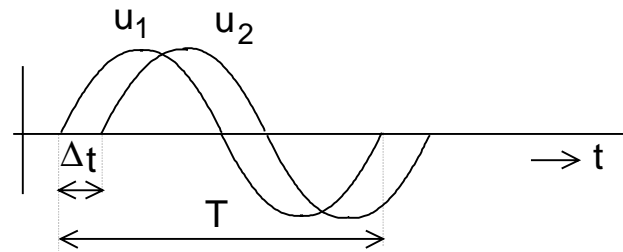
Určete relativní chyby hodnot fázového rozdílu naměřených čítačem, pokud rozdíl zpoždění kanálů A a B čítače je vlivem velkého poměru amplitud vstupních signálů $\Delta\tau = \tau_1 - \tau_2 = 50$ ns.

Chyba čítače

V režimu měření fáze čítač změří periodu T jednoho signálu a časové zpoždění Δt mezi oběma signály (obr.1). Fázový posuv zobrazí podle vztahu:

$$\varphi = \frac{\Delta t}{T} \cdot 360^\circ$$

Nejistota čtení čítače při měření zpoždění Δt je dána periodou normálového kmitočtu čítače $T_n = 10$ ns. Protože měřený signál je asynchronní s normálovým kmitočtem, má tím vzniklá chyba náhodný charakter a lze ji tedy účinně potlačit průměrováním. Ze stejného důvodu lze zanedbat chybu určení doby periody T .



Obr. 1

Další přídatnou chybu způsobí rozdíl časových zpoždění τ_1, τ_2 vstupních tvarovačů. Absolutní chyba měření zpoždění Δt je dána vztahem:

$$\Delta(\Delta t) = \pm(\tau_1 - \tau_2)$$

Zpoždění τ_1 a τ_2 jsou díky identičnosti obou kanálů přibližně stejná při stejných amplitudách vstupního napětí. Protože u signálů s malou amplitudou překlápějí komparátory pomaleji a velké signály zahlcují vstupní obvody tvarovačů, vzniká při velkém poměru amplitud signálů značný rozdíl τ_1 a τ_2 . Tuto systematickou chybu nelze průměrováním vyloučit.

Pro čítač RFT G-2005.510 je třeba dodržet následující doporučení:

Při zařazení ATT (attenuátoru) je oblast malé závislosti zpoždění na amplitudě dána intervalem vstupního napětí

$$U_{ef} = (1,5; 25) \text{ V},$$

Při nezařazeném ATT musí být vstupní napětí v intervalu

$$U_{ef} = (0,1; 2,5) \text{ V}.$$

Vzhledem k velkému útlumu měřeného T-článku nastavte

$$U_{1ef} = 6 \text{ V}$$

a zařaďte v kanálu "A" ATT (attenuátor). V kanálu "B" ATT vypněte. Amplitudy vstupního a výstupního napětí orientačně změřte osciloskopem a v případě potřeby attenuátor v kanálu "B" zařaďte.