

## 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 ( $5 \cdot 10^{-5} \%$ ),  
 $\Delta_D$  je jednotka nejnižšího řádu displeje,  
 $f_x$  je měřený kmitočet.

Chyba čítače při **měření doby periody**:

$$|\delta_T| = |\delta_r| + \frac{\Delta_D}{nT_x} \times 100 + |\delta_S| [\%]$$

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

$$|\delta_S| = \frac{0.003}{n} \times 100 [\%]$$

$n$  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.

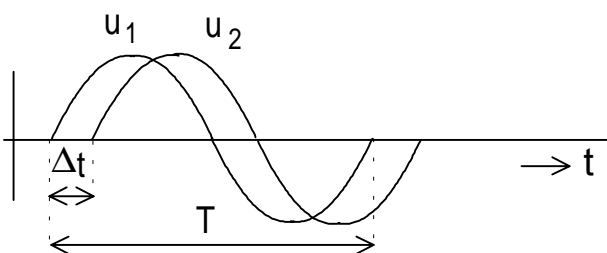
- d) Pomocí čítače se schopností přímého **měření fázového rozdílu** (např. HP53131A) určete fázový posuv napětí  $u_1$  a  $u_2$  stejného přemostěného T-článku jako v úloze 1. Měřte opět pro kmitočty  $f = 4, 20, 50, 100, 200, 400, 600$  a  $800$  kHz. Měřte s použitím průměrování, např. pro  $N = 50$ .

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

### Teoretický rozbor úlohy

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

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



Obr. 1

### Absolutní chyba čítače HP53131A při měření fázového rozdílu

je definována výrazem

$$\Delta\varphi = \sqrt{\left[t_r^2 + (2 \times \Delta_s)^2\right] \times \left[1 + \left(\frac{\varphi}{360^\circ}\right)^2\right]} \times f \times 360^\circ$$

kde  $t_r = 750$  ps je rozlišovací schopnost čítače při měření časového intervalu,

$\Delta_s$  je chyba spouštění (Trigger Error):

$$\Delta_s = \frac{\sqrt{U_s^2 + U_{sig}^2}}{v_p} \quad (\text{s})$$

$U_s$  je efektivní hodnota šumu vstupního zesilovače čítače ( $U_{s \text{ jm.}} = 350 \mu\text{V}$ ,  $U_{s \text{ max.}} = 1 \text{ mV}$ );

$U_{sig}$  je efektivní hodnota šumu vstupního signálu v celé šířce pásma 225 MHz (bez zařazení filtru 100 kHz); předpokládáme  $U_{sig \text{ max.}} = 1 \text{ mV}$ ;

$v_p$  je rychlost přeběhu spouštěcí hrany signálu v okamžiku spuštění (V/s) (Input Signal Slew Rate at Trigger Point).

Nejistota čtení čítače při měření zpoždění  $\Delta t$  je dána periodou normálového kmitočtu čítače  $T_n = 100$  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  $T$ .

## Ovládání čítače HP53131A

Po zapnutí síťového vypínače se provádí automatický test funkce a pokud jsou ke vstupům čítače Ch1 a Ch2 (nebo alespoň ke vstupu Ch1) připojeny signály, režim čítače se nastaví na měření frekvence v kanálu 1; spouštěcí úroveň je nastavena automaticky (AUTO TRIG: ON) na 50 % rozkmitu signálu - pro harmonický signál je tedy automaticky nastavena úroveň 0 V. Spouštění je standardně nastaveno na automatický režim.

Automatickou úroveň spouštění lze vyřadit stisknutím tlačítka Trigger/Sensitivity, spouštěcí úroveň lze nastavit v rozmezí -100 až +100 % amplitudy signálu a spouštění buď náběžnou, nebo sestupnou hranou.

Kanál 2 je nastaven jako referenční.

Chceme-li měřit fázový rozdíl signálů připojených na vstup 1 a 2, postupujeme takto:

- a) stiskneme 2-krát šedé tlačítko "Other Meas" - na displeji se zobrazí na okamžik funkce PHASE 1 TO 2 a vzápětí měřená hodnota ve stupních; referenčním signálem je vstup 2;
- b) chceme-li zpřesnit měření, stiskneme bílé tlačítko "Stats" - na displeji se objeví SHOW: MEAS; nyní je nutné šipkami  $\uparrow$  nebo  $\downarrow$  vpravo nahoře zvolit funkci SHOW: MEAN; po dalším stisknutí tlačítka "Stats" se na displeji objeví  $N$  (standardní nastavení je  $N = 100$ );
- c) chceme-li změnit počet odměrů pro průměrování, šipkami  $\rightarrow$  resp.  $\leftarrow$  volíme řád (číslice bliká), šipkami  $\uparrow$  resp.  $\downarrow$  nastavíme hodnotu a stiskneme tlačítko Enter, potom šedé tlačítko "Run"; na displeji se objeví DOING STATS a vzápětí hodnota fázového rozdílu signálu 1 vůči signálu 2.