

6. MĚŘENÍ KMITOČTU A DOBY PERIODY ČÍTAČEM

Autor: Jakub Kraus

Měřeno: 30.10.2024

Spolupracoval: Viktor Procházka

Úplné zadání úlohy:

6.3.1 Změřte frekvenci generovanou nízkofrekvenčním generátorem:

- školním čítačem v režimu měření frekvence při různých dobách otevření hradla ($T_N = 1\text{ s}, 10\text{ s}$)
- školním čítačem v režimu měření doby periody jednak přímo ($n = 1$), jednak s využitím průměrování ($n = 100$).
- Komerčním čítačem TF930 v režimu měření frekvence při dobách měření $T_N = 1\text{ s}, 10\text{ s}$ Na generátoru nastavte kmitočty 60 Hz, 500 Hz, 5 kHz, 50 kHz, 200 kHz. Pro výše uvedené režimy měření určete pro kmitočty 60 Hz a 200 kHz pro měření školním čítačem jak absolutní nejistotu, tak relativní nejistotu v %.

Poznámka k měření: Komerční čítače, které jsou v současné době na trhu, používají pro eliminaci nevýhod výše uvedených metod a zpřesnění měření tzv. metodu „recipročního měření“ (reciprocal counting), která obě výše uvedené metody kombinuje (více detailů pro zájemce viz podklady k přednášce Měření kmitočtu a fázového rozdílu).

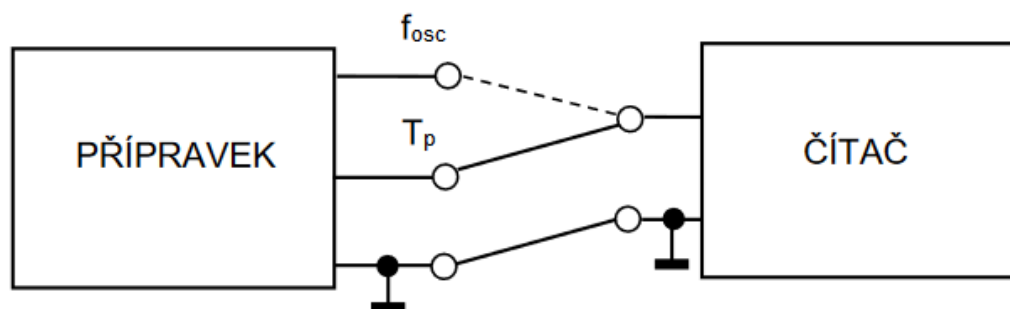
6.3.2. Ověřte přesnost krystalem řízených hodin:

- měřením doby periody pulsů pro krokový motor (správná hodnota je 2 s),
- přímým měřením frekvence oscilátoru (správná hodnota je 215, tj. 32 768 Hz).

Určete nepřesnost hodin v sekundách za den.

Poznámka k měření: Přímé měření kmitočtu oscilátoru u krystalu není vhodné, protože vstupní kapacita kabelu a čítače (i při použití sondy) ovlivňuje kmitočet oscilátoru. Proto je mezi krystalem a čítačem zařazen emitorový sledovač (je součástí přípravku s hodinami).

Schéma zapojení



Obr. 6.4. Zapojení měřicího obvodu

Seznam použitých přístrojů

Generátor FG-8002

Školní čítač K3-4

Čítač TF930

Domácí příprava

6 DP

5.2.2.

rozlišení při měření frekvence je $\Delta f_x = \frac{1}{T_N}$,

tedy $T_N \uparrow \dots \Delta f_x \downarrow$

obdobně,

rozlišení $\Delta T_x = \frac{1}{f_m}$ při nepřímém měření frekvence (tedy měření periody).

$f_m \uparrow \dots \Delta T_x \downarrow$

5.2.3.

je-li měření více period a průměrování hodnot,
umožňuje-li se přesnější měření.

Naměřené hodnoty

měření:

	60	500	5K	50K	200K	} [Hz]
a) \bar{f} $T_N=1$	67	560	5590	58213	204664	
$T_N=10$	66,3	559,2	5590,7	58213,5	204894,0	
b) \bar{f} $T_N=1$	14448,2	1755,0	175,6	16,9	4,9	
$T_N=10$	14449,87	1755,09	175,57	16,86	4,87	
c) TF 930 1s	66,955	592,005	5,9147 K	60,559 K	205,05 K	
10s	66,9564	591,944	5,91477 K	60,563 K	205,102 K	
\bar{f} $T_N=100$	14838,635	1766,012	176,718	16,957	4,898	

6.3.2.

a) 20 000 30,7 \ddot{u}

b) 32,7675 kHz \ddot{u}

Zpracování

Pro čítač 3-4 je stabilita $\delta f_0 = 2.5 \times 10^{-5}\%$

6.3.1 Přímé měření (frekvence)

$$u_{f_x} = \sqrt{\left(\frac{\Delta' f_x}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta f_x}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

$$\Delta' f_x = \frac{1}{T_N}$$

$$\Delta f_x = \frac{\delta f_0}{100} \frac{N}{T_N} = \frac{\delta f_0}{100} f_x$$

- 60Hz, $T_N = 1s$
 - Naměřeno 67Hz
 - $u_{f_x} = \sqrt{\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{2.5 \times \frac{10^{-5}}{100} \times 67}{\sqrt{3}}\right)^2} \doteq 0.577\text{Hz} \rightarrow 0.86\%$
 - $f_x = (67.0 \pm 0.6)\text{Hz} = (67.0 \pm 0.86\%)\text{Hz}$
- 60Hz, $T_N = 10s$
 - Naměřeno 66.3Hz
 - $u_{f_x} = \sqrt{\left(\frac{0.1}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{2.5 \times \frac{10^{-5}}{100} \times 66.3}{\sqrt{3}}\right)^2} \doteq 0.0577\text{Hz} \rightarrow 0.087\%$
 - $f_x = (66.30 \pm 0.06)\text{Hz} = (66.30 \pm 0.087\%)\text{Hz}$
- 200kHz, $T_N = 1s$
 - Naměřeno 204664Hz
 - $u_{f_x} = \sqrt{\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{2.5 \times \frac{10^{-5}}{100} \times 204664}{\sqrt{3}}\right)^2} \doteq 0.578\text{Hz} \rightarrow 2.8 \times 10^{-4}\%$
 - $f_x = (204664.0 \pm 0.6)\text{Hz} = (204664.0 \pm 2.8 \times 10^{-4}\%)\text{Hz}$
- 200kHz, $T_N = 10s$
 - Naměřeno 204697.0Hz
 - $u_{f_x} = \sqrt{\left(\frac{0.1}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{2.5 \times \frac{10^{-5}}{100} \times 204697.0}{\sqrt{3}}\right)^2} \doteq 0.0649\text{Hz} \rightarrow 3.2 \times 10^{-5}\%$
 - $f_x = (204697.00 \pm 0.07)\text{Hz} = (204697.00 \pm 3.2 \times 10^{-5}\%)\text{Hz}$

6.3.1 Nepřímé měření (periody)

$$u_{T_x} = \sqrt{\left(\frac{\Delta' T_x}{n\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta T_x}{\sqrt{3}}\right)^2 + 2\left(\frac{u_k}{n}\right)^2}$$

$$\Delta' T_x = \frac{1}{f_n}$$

$$\Delta T_x = \frac{\delta f_0}{100} T_N N = \frac{\delta f_0}{100} T_x$$

Hodnotu u_k nemám, jak zjistit.

- 60Hz, $n = 1$

- Naměřeno 14998.2us \rightarrow 66.67467Hz

- $u_{T_x} = \sqrt{\left(\frac{10^{-7}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{2.5 \times 10^{-5}}{100} \times 14998.2 \times 10^{-6}\right)^2} \doteq 58\text{ns} \rightarrow 3.8 \times 10^{-4}\%$

- $3.8 \times 10^{-4}\% \rightarrow f_x = (66674.67 \pm 3.8 \times 10^{-4}\%)\text{mHz} = (66674.67 \pm 0.25)\text{mHz}$

- 60Hz, $n = 100$

- Naměřeno 14838.635us \rightarrow 67.3916435Hz

- $u_{T_x} = \sqrt{\left(\frac{10^{-7}}{100 \times \sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{2.5 \times 10^{-5}}{100} \times 14998.2 \times 10^{-6}\right)^2} \doteq 3.8\text{ns} \rightarrow 2.5 \times 10^{-5}\%$

- $2.5 \times 10^{-5}\% \rightarrow f_x = (67391.644 \pm 2.5 \times 10^{-5}\%)\text{mHz} = (67391.644 \pm 0.017)\text{mHz}$

- 200kHz, $n = 1$

- Naměřeno 4.9us \rightarrow 204kHz

- $u_{T_x} = \sqrt{\left(\frac{10^{-7}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{2.5 \times 10^{-5}}{100} \times 4.9 \times 10^{-6}\right)^2} \doteq 58\text{ns} \rightarrow 1.2\%$

- $1.2\% \rightarrow f_x = (204 \pm 1.2\%)\text{kHz} = (204 \pm 2)\text{kHz}$

- 200kHz, $n = 100$

- Naměřeno 4.898us \rightarrow 204165Hz

- $u_{T_x} = \sqrt{\left(\frac{10^{-7}}{100 \times \sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{2.5 \times 10^{-5}}{100} \times 4.898 \times 10^{-6}\right)^2} \doteq 0.58\text{ns} \rightarrow 1.2 \times 10^{-2}\%$

- $1.2 \times 10^{-2}\% \rightarrow f_x = (204165 \pm 1.2 \times 10^{-2}\%)\text{Hz} = (204165 \pm 24)\text{Hz}$

6.3.2

Dle měření periody:

$$\frac{2000030.7}{2000000.0} - 1 = 15.35 \text{ ppm}$$

Den má $60 * 60 * 24 = 86400$ sekund

$$\frac{15.35}{10^6} \times 86400 \doteq 1.33 \text{ sekund za den}$$

Dle měření frekvence:

$$\frac{32.7675}{32.7680} - 1 = 15.26 \text{ ppm}$$

Den má $60 * 60 * 24 = 86400$ sekund

$$\frac{15.26}{10^6} \times 86400 \doteq 1.32 \text{ sekund za den}$$