

MĚŘENÍ KMITOČTU A DOBY PERIODY ČÍTAČEM

Jakub Dvořák

27.10.2020



**FACULTY OF
ELECTRICAL ENGINEERING**

1 Úkol měření

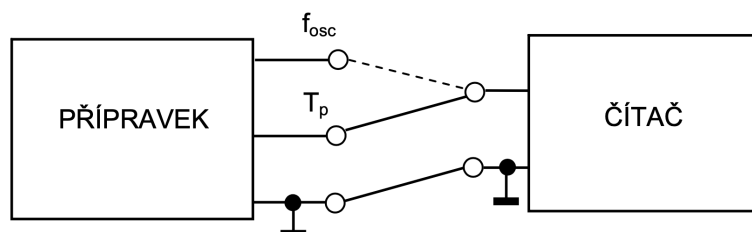
1. Nakreslete blokové schéma čítače v obou režimech činnosti.
2. Zkontrolujte správnost stupnice nízkofrekvenčního generátoru:
 - a) čítačem v režimu **měření frekvence při různých dobách měření**,
 - b) čítačem v režimu **měření doby periody** jednak **přímo**, jednak s **využitím průměrování**.

Měřte při kmitočtech 60 Hz, 500 Hz, 5 kHz, 10 kHz, 20 kHz, 50 kHz, 100 kHz. U všech měření určete **nejistotu** měření **způsobenou rozlišením**.

3. Ověřte přesnost krystalem řízených hodin:
 - a) měřením doby periody pulsů pro krokový motor (správná hodnota je 2 s),
 - b) 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 nepřesnost hodin v sekundách za den.

2 Schéma zapojení



Obrázek 1: Schéma zapojení měření na přípravku

3 Seznam použitých přístrojů

| | |
|-----------|---------------------------------------------------|
| GENERÁTOR | - nízkofrekvenční generátor, typ GOLDSTAR FG-8002 |
| ČÍTAČ | - univerzální čítač, typ <i>made by ČVUT</i> |
| PŘÍPRAVEK | - přípravek s hodinami řízenými krystalem |

4 Teoretický úvod

Měření frekvence a doby periody je zpravidla prováděno čítačem. Ten v závislosti na nastaveném typu měření měří následovně. Při měření frekvence ve vstupní signál upraven podle blokového schéma 1. Signál prochází zesílením a tvarovačem, díky čemuž se stane vhodným pro hradlo. Toto hradlo počítá kmity za danou periodu. Ta je dána vnitřním krystalovým oscilátorem.

Pro měření doby periody naopak použijeme zapojení podle schématu 2. V tomto režimu vstupním signálem určujeme, jak dlouho bude hradlo otevřeno, zatímco mu z krystalového oscilátoru sypeme kmitů, dokud to jde. Podle kmitů, které se vešly do doby jedné periody vstupního signálu poté určíme dobu periody.

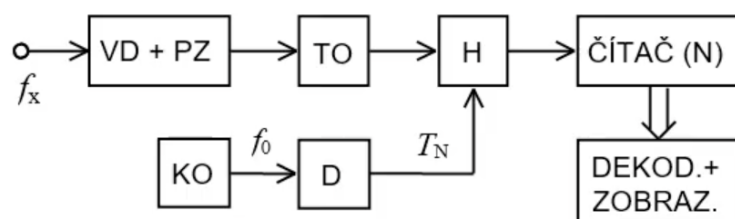


Schéma 1: Režim měření frekvence

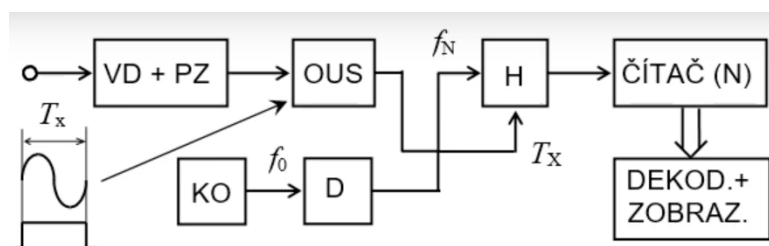


Schéma 2: Režim měření doby periody

5 Naměřené hodnoty

Naměřená data z měření frekvenčního generátoru jsou v tabulce ?? a ??.

| | 60 Hz [Hz] | 10 kHz [kHz] | 100 kHz [kHz] |
|-------|------------|--------------|---------------|
| 0,1 s | 70 | 10,63 | 110,83 |
| 1 s | 68 | 10,622 | 110,828 |
| 10 s | 67,9 | 10,6231 | 110,8373 |

Tabulka 1: Naměřené hodnoty frekvence

Data z měření hodin jsou v tabulce 3.

| | 60 Hz [μ s] | 10 kHz [μ s] | 100 kHz [μ s] |
|--------|------------------|-------------------|--------------------|
| 1 T | 15100,7 | 93,6 | 9 |
| 10 T | 15101,87 | 93,64 | - |
| 100 T | - | 93,6488 | - |
| 1000 T | - | 93,63633 | 9,05553 |

Tabulka 2: Naměřené hodnoty periody

| f [kHz] | T [μ s] |
|---------|--------------|
| 32,7677 | 2000038,9 |

Tabulka 3: Hodnoty pro ručičkové hodiny

6 Zpracování naměřených hodnot

Pro určení nejistoty měření frekvence způsobenou rozlišením budeme vycházet ze vzorce 1.

$$u_{f_X} = \sqrt{\left(\Delta' f_X / \sqrt{3}\right)^2 + \left(\Delta f_X / \sqrt{3}\right)^2} \quad (1)$$

Pro určení nejistoty měření doby periody způsobenou rozlišením budeme vycházet ze vzorce 2.

$$u_{T_X} = \sqrt{\left(\Delta' T_X / \sqrt{3}\right)^2 + \left(\Delta T_X / \sqrt{3}\right)^2 + 2u_k^2} \quad (2)$$

Jelikož neznáme efektivní hodnotu šumu vstupního zesilovače, nemůžeme určit člen u_k^2 a budeme ho proto ignorovat. Nejistoty jsou dále v tabulce.

Pro zjištění přesnosti hodin použijeme rovnice 3 a 4. Budeme vycházet z toho, že den má $24 \cdot 60 \cdot 60 = 86\,400$ s.

$$\left(\frac{T_m}{T} - 1\right) \cdot 86\,400 \text{ s} = \left(\frac{2,0000389}{2} - 1\right) \cdot 86\,400 \text{ s} = 1,68 \text{ s/den} \quad (3)$$

$$\left(\frac{f_m}{f} - 1\right) \cdot 86\,400 \text{ s} = \left(\frac{32\,767,7}{32\,768} - 1\right) \cdot 86\,400 \text{ s} = -0,79 \text{ s/den} \quad (4)$$

| | 60 Hz [Hz] | 10 kHz [Hz] | 100 kHz [Hz] |
|-----|-------------|-------------|--------------|
| 0,1 | 5,773502692 | 5,773502822 | 5,773516875 |
| 1 | 0,577350269 | 0,577351572 | 0,577492082 |
| 10 | 0,057735027 | 0,057748056 | 0,059136555 |

Tabulka 4: Nejistoty měření frekvence

| T, T= 1 μ s | 60 Hz [μ s] | 10 kHz [μ s] | 100 kHz [μ s] |
|-----------------|------------------|-------------------|--------------------|
| 1 | 0,001743679 | 1,08234E-05 | 1,18884E-06 |
| 10 | 0,001743823 | 1,22575E-05 | |
| 100 | | 5,8739E-05 | |
| 1000 | | 0,000577452 | 0,000577351 |

Tabulka 5: Nejistoty měření periody

Relativní chyba stupnice vůči měřené hodnotě je zobrazena v tabulce níže.

| | 60 Hz [Hz] | 10 kHz [Hz] | 100 kHz [Hz] |
|-----------------|------------|-------------|--------------|
| Naměřeno | 67,9 | 10623,1 | 110837,3 |
| Absolutní chyba | 7,9 | 623,1 | 10837,3 |
| Relativní chyba | 0,12 | 0,059 | 0,098 |

Tabulka 6: Relativní chyba stupnice na generátoru funkcí

7 Závěrečné vyhodnocení

Zjistili jsme nepřesnost hodin a jaký rozchod můžeme čekat za den. Také jsme ověřili, jak se při průměrování a při používání delšího časového okna pro počítání tiků může zvýšit přesnost resp. snížit nejistota měření. Dále jsme zjistili absolutní a relativní chybu stupnice generátoru funkcí. Zjistili jsme, že právě nastavení frekvence byl největší zdroj chyby.

Seznam použité literatury a zdrojů informací

Seznam použitých internetových zdrojů

[1] Návod k laboratorní úloze