Čítače

Čítače

elektronické přístroje pro měření:

- kmitočtu
- doby periody
- délky impulsů
- poměru dvou kmitočtů
- rozdílu dvou kmitočtů
- fázového posunu

Čítače mají velký vstupní odpor – typická hodnota je 1MΩ a kapacita 30 až 10pF

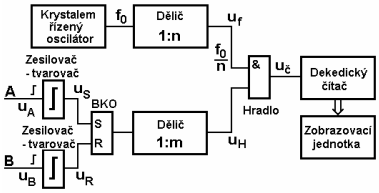
Do měřícího obvodu se čítače zapojují paralelně, co nejblíže ke zdroji signálu.

Měření času patří k nejpřesnějším měřením s velmi malou chybou v řádu 10^{-6} až 10^{-8}.

Přesná číslicová měření mnoha elektrických i neelektrických jsou založena na převodu těchto veličin na měření času nebo kmitočtu.

Funkcí měření kmitočtu je vybavena většina lepších multimetrů.

Blokové schéma dvouvstupového čítače



Krystalový oscilátor – přesný zdroj hodinových pulzů f_0

Dělič 1:n – změna funkce – měření kmitočtu nebo času

Dělič 1:m – změna rozsahu

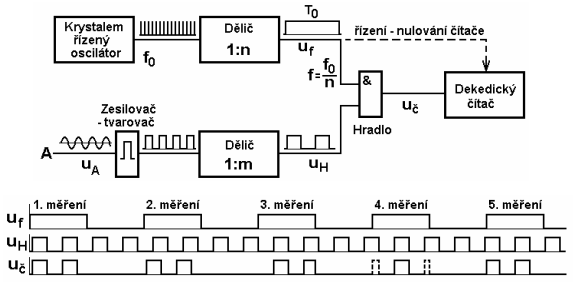
Zesilovače / tvarovače – upravují vstupní napětí na obdélníkový průběh s požadovanou úrovní napětí

BKO – bistabilní klopný obvod – rozšiřuje možnosti 2-vstupového čítače o měření délky pulzu a fázových posunů

Hradlo – součinové hradlo AND „propustí“ na výstup kladné pulzy pouze za podmínky, že je i na druhém stupu hodnota logické 1

Čítač - s příchodem pulzů zvyšuje stav o 1 – výsledek je zobrazen zobrazovací jednotkou nebo odeslán k dalšímu pracování

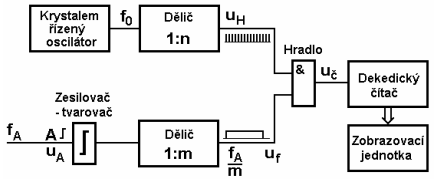
Měření kmitočtu



Při měření kmitočtu je **Děličem 1:n** nastavena „dlouhá“ doba čítání T_0, po tuto dobu prochází pulzy tvarovaného vstupního napětí přes hradlo do čítače. Pro čas měření T_0=1 je stav čítače roven kmitočtu.

Při měření malých kmitočtů je nepřesnost měření velká a je vhodnější vypočítat kmitočet z doby periody f=1/T

Měření doby periody



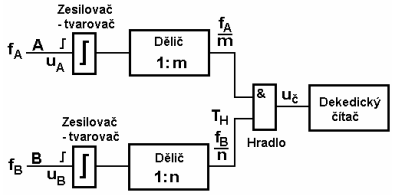
$$T_X = \frac{N}{f_0}$$

Při měření doby periody je **Děličem 1:n** nastaven vysoký opakovací kmitočet f_0.

Vstupní obvody upraví signál do podoby relativně dlouhého kladného pulzu jehož délka je shodná s dobou periody T_X. Po tuto dobu prochází pulzy z oscilátoru přes hradlo do čítače.

Přesnost měření je dána nastavením **Děliče 1:n**.

Měření poměru kmitočtů



$$\frac{f_A}{m} = \frac{N}{T_H} = N \cdot \frac{f_B}{n} \quad \Rightarrow \quad \frac{f_A}{f_B} = N \cdot \frac{m}{n}$$

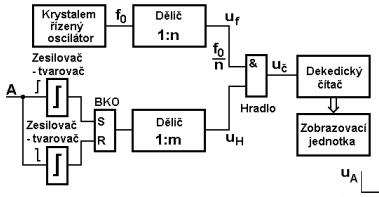
Krystalový oscilátor je nahrazen zdrojem druhého kmitočtu.

Měření je přesné pro kmitočty značně rozdílné.

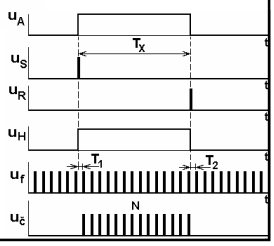
Při malém poměru kmitočtů vzniká v důsledku malé rozlišovací schopnosti čítače velká chyba měření.

Přesnost měření lze zvýšit úpravou dělících poměrů **Děličů 1:n** a **1:m**, důsledkem je však dlouhá doba měření.

Měření délky pulzu



Rozdíl mezi měřením délky pulzu a doby periody spočívá v jiném nastavení vstupních obvodů – jiném tvarování vstupního signálu



Tvarovač vstupu BKO S je nastavený na kladnou hranu signálu, vstupu BKO R na sestupnou hranu.

BKO vytvoří hradlovací napětí U_H s délkou shodnou s délkou pulzu T_X, po kterou prochází pulzy z oscilátoru přes hradlo do čítače.

Měření rozdílu kmitočtů

Pro měření rozdílu dvou kmitočtů je opět nutný dvouvstupový čítač.

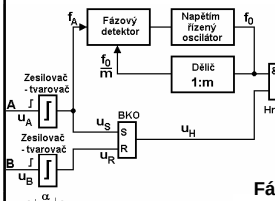
Měření je realizováno softwarově rozdělením do dvou kroků:

1. kroku je změřen kmitočet prvního signálu
2. kroku je změřen kmitočet prvního signálu

Výsledky obou měření jsou v jednotce číslicového zpracování odečteny a následně zobrazeny

Měření je vhodné pro signály s kmitočty přibližně stejnými

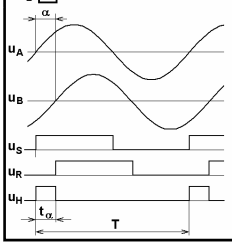
Měření fázového posunu čítačem s fázovým detektorem



$$f_A = \frac{f_0}{m} \quad \Rightarrow \quad T_A = \frac{1}{f_A} = \frac{m}{f_0}$$

$$t_\alpha = N \cdot T_0 = \frac{N}{f_0}$$

$$\alpha = \frac{t_\alpha}{T_A} \cdot 360 = \frac{N \cdot f_0}{f_0 \cdot m} \cdot 360 = \frac{N}{m} \cdot 360$$



Fázový detektor zajistí generování synchronního kmitočtu f_0= k.360.f_A potom je údaj čítače roven 1/k-násobku fázovému posunu

Tvarovací obvody a BKO zajistí vygenerování hradlovacího pulzu jehož délka t_α=T_{AB} je shodná s fázovým posunem φ

Děličem 1:m se nastavuje k- násobek vnitřního kmitočtu čítače – přesnost měření

Nevýhodou je dlouhá doba pro ustálení fázového detektoru

Měření fázového posunu
dvouvstupovým čítačem

V první kroku změříme dobu periody T_A

V druhém kroku nastavíme oba tvarovače vstupních obvodů na náběžnou hranu signálů. Na vstup BKO S se připojí první signál, na vstup BKO R se připojí druhý signál jehož fázový posun vzhledem k prvnímu se má určit.

Na výstupu BKO vznikne pulz s délkou T_{AB}

Z měření délky pulzu T_{AB} a periody T_A vypočítáme fázový posun

$$\varphi = 360 \frac{T_{AB}}{T_A}$$

Přesnost měření kmitočtu

- základní přesnost měření čítače je dána přesností kmitočtu oscilátoru δ_{fo}
- zejména při nižších kmitočtech výrazně výsledky ovlivňuje **rozlišovací schopností (citlivostí) čítače**:

$$\Delta_f = \frac{1}{T_0}$$

- T_0 – doba hradlování – čítání,

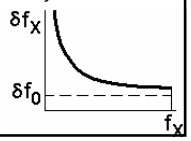
Kmitočty menší jak rozlišovací schopnost není čítač schopen měřit.

Při měření nízkých kmitočtů se velký vliv malé rozlišovací schopnosti omezuje nahrazením přímého měření kmitočtu měřením doby periody.

Údaj zobrazený na displeji je zatížen přinejmenším chybou v hodnotě jednotky posledního řádu.

Celková relativní chyba měření frekvence:

$$\delta_{f_x} \le \left(100 \frac{\Delta_f}{f_X} + \delta_{f_0} \right) = \left(\frac{100}{f_X T_0} + \delta_{f_0} \right)$$

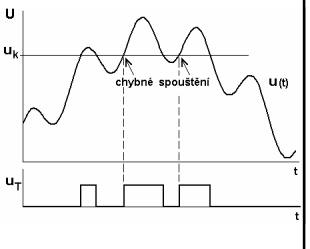


Přesnost měření času

Kromě přesnosti krystalového oscilátoru a rozlišovací schopnosti čítače je přesnost měření času ovlivněna chybou tvarování – nastavením tvarovací (spouštěcí) úrovně

Celková relativní chyba měření času:

$$\delta_{Tx} = \left(\frac{100}{f_N T_X} + \delta_{fo} + \delta_K \right)$$



- f_N – je kmitočet oscilátoru na výstupu děliče 1:n
- T_X – je délka měřeného intervalu,
- δ_{fo} – je chyba kmitočtu oscilátoru,
- δ_K – je chyba tvarování

Vliv superponovaných rušivých signálů lze omezit použitím dolní propusti nebo změnou spouštěcí úrovně.