

TRUE RMS DC + AC CONVERTER

Jiří SAPÁK, Master Degree Programme (3)
Dept. of Radio Electronics, FEEC, BUT
E-mail: jirsap@centrum.cz

Supervised by: Prof. Václav Říčný

ABSTRACT

In this application, a four-quadrant multiplier and divider AD734 and an AD708 dual operating amplifier serve as two-chip True RMS converter capable of processing signals with frequencies up to 10 MHz. Objective of this work was to verify its function, using a circuit recommended in AD734 datasheet.

1 ÚVOD

Úkolem bylo, zjistit vlastnosti, aplikační možnosti (zejména dosažitelnou přesnost), analogového převodníku pro vytváření efektivní hodnoty střídavých a stejnosměrných napětí s využitím integrovaného obvodu AD734 a dvojitého operačního zesilovače AD708.

2 TEORETICKÝ ROZBOR

Tento převodník pracuje na principu přímého výpočtu efektivní hodnoty výstupního napětí. Rovnice (1) vyjadřuje matematickou definici efektivní hodnoty. Úpravami je možné efektivní hodnotu vyjádřit implicitně, viz. rovnice (3). Tak je možno se vyhnout nutnosti elektronicky realizovat funkci odmocniny. Zkoumaný převodník využívá právě tohoto implicitního vyjádření.

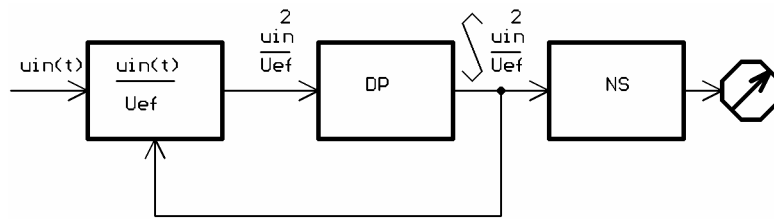
$$U_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} * \int_0^T u_{vst}^2(t) dt} \quad (1) \quad \Rightarrow \quad U_{ef}^2 = \frac{1}{T} * \int_0^T u_{vst}^2(t) dt \quad (2)$$

$$U_{ef} = \frac{\frac{1}{T} * \int u_{vst}^2}{U_{ef}} \quad (3)$$

3 REALIZACE

Obvod AD 734 je zapojený tak, že vstupní signál nejprve prochází kvadrátorem, následně je pomocí děličky dělen výstupním napětím (U_{ef}). Potom je vytvořena střední hodnota (integrál v čase T) průchodem dolní propustí tvořené RC článkem. Blokové schéma

je na **obr. 1**. První blok je tvořen obvodem AD734, druhý RC článkem, třetí napět'ovým sledovačem realizovaným operačním zesilovačem AD708.

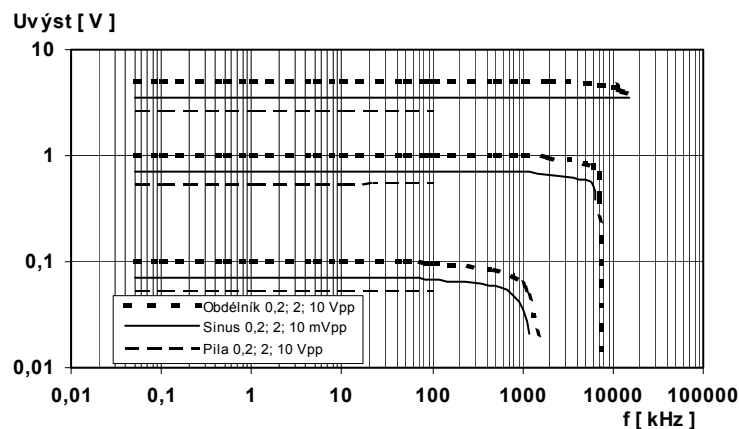


Obr. 1: Zjednodušené blokové schéma převodníku.

4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Po realizaci vývojové desky převodníku byla uskutečněna řada měření, jejichž cílem bylo ověření dosažitelné přesnosti měření v závislosti na velikosti, tvaru a kmitočtu měřených vstupních signálů. Vzhledem k tomu, že nebyl k dispozici kontrolní měřicí přístroj s dostatečnou přesností, byla přesnost měření efektivní hodnoty srovnávána s teoreticky vypočtenými hodnotami pro relativně jednoduché periodické signály. Výsledky měření lze stručně shrnout do následujících poznatků:

- **Stejnoseměrná převodní charakteristika** - Při $|U_{vst}| < 0,2$ V výrazně narůstá relativní chyba (projevuje se absolutní chyba převodníku - výstupní napět'ový offset). Při velkých napětích ($|U_{vst}| > 11$ V) se výstup naopak dostane do saturace. V rozmezí hodnot vstupních signálů $|U_{vst}| \in 0,2 - 11$ V je relativní chyba malá (do 3 %).
- **Amplitudově-kmitočtová charakteristika (obr. 2)** - závislost výstupního napětí na kmitočtu a tvaru vstupního signálu. Vodorovné úseky představují odpovídající efektivní hodnoty signálů základních tvarů, každý o rozkmitu 0,2 V, 2 V a 10 V_{pp}, S = 0,5. Zakřivené úseky představují odchylky od matematicky správné hodnoty.

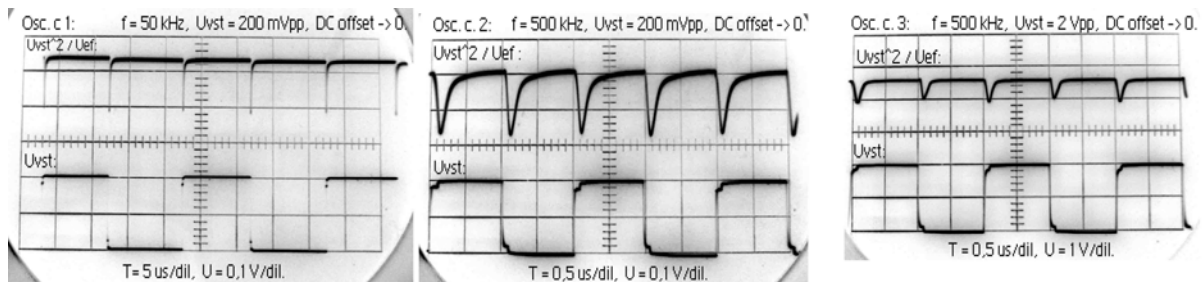


Obr. 2: Amplitudově-kmitočtové charakteristiky převodníku pro různé tvary signálu.

Z charakteristik je vidět, že kmitočtový rozsah je širší pro větší amplitudy vstupních signálů. Tento zajímavý efekt bude vysvětlen níže. Spokojíme-li se s relativní chybou do 2 %, lze převodník použít pro mezivrcholové hodnoty $u_{vst} \approx 2$ V_{pp} do kmitočtu cca 1 MHz a pro $u_{vst} \in 10 - 20$ V_{pp} do kmitočtu 10 MHz.

- **Vliv stejnosměrného offsetu vstupního napětí na přesnost převodu** - měření prokázala, že největší chyba převodu nastává, když je střídavý vstupní signál superponován na stejnosměrném napětí, jehož velikost je rovna právě 1/2 rozkmitu (největší relativní zvlnění). Relativní chyba měření chyba může pak dosáhnout až 10 %.

- **Vliv střídý u_{vst} na přesnost převodu** - kromě **symetrického** obdélníkového signálu, u kterého změna střídý nemá žádný vliv na tvar průběhu vstupujícího do integrátoru (po usměrnění jde již o vyhlazený stejnosměrný signál), funguje převodník správně pro ostatní tvary vstupních signálů jen při střídě $S > 0,5$ (a to včetně obdélníkového signálu superponovaného na SS složce). Při jiných střídách chyby měření výrazně narůstají. Je to způsobeno tím, že na výstupu RC článku v dolní propusti je při malých střídách malé napětí, které dělička špatně zpracovává.
- **Reakční doba kvadrátoru a děličky** - ve snaze vysvětlit rozšiřování amplitudově-kmitočtové charakteristiky s rostoucí velikostí u_{vst} , byly zkoumány časové průběhy napětí na vstupu převodníku a na vstupu integrátoru (**obr. 3**). Osc. 1 ukazuje ideální stav (nízký kmitočet (50 kHz) měřeného signálu). Na osc. 2 je vidět, že signál vyšší kmitočtu (500 kHz), ale stejné amplitudy, je po průchodu kvadrátorem zkreslen, jako by prošel dolní propustí (prodloužení náběžných a sestupných hran). Kvadrátor tedy není schopen zpracovat vyšší harmonické obdélníkového signálu, což se projevuje na vyšších kmitočtech výrazným nárůstem chyby převodu. Tento jev je však značně potlačen při **větších** napětích signálu u_{vst} , jak je patrné na osc. 3. Díky většímu vstupnímu napětí se uplatní jen spodní část prodloužených hran. Chyba je pak relativně malá i při větším kmitočtu měřeného signálu.



Obr. 3: Průběhy signálu na vstupu převodníku (dole) a na vstupu integrátoru (nahore).

5 ZÁVĚR

Z výsledků měření na realizovaném vzorku je patrné, že převodník je vhodný pro převod periodických signálů (ověřeno pouze u jednoduchých základních tvarů o střídě $S \approx 0,5$) v kmitočtovém pásmu cca do 5 MHz. Lze se pouze domnívat, že bude aplikovatelný i pro složitější periodické signály, pokud jejich nejvyšší harmonické složky nepřesáhnou uvedený kmitočet. Pro tyto signály nebyla jeho funkce zatím ověřována, protože nebyl k dispozici srovnávací kontrolní měřicí přístroj požadované přesnosti. Výhodou tohoto převodníku je, že při převodu je akceptována i stejnosměrná složka signálu, což u podobných převodníků nebývá obvyklé. Nepřesně měří pulsní signály se střídou jinou než $S < 0,5$ a v základní verzi není vhodný pro měření napětí o velikosti menší než 0,2 V. Jeho citlivost je však možno poměrně snadno řádově zvýšit použitím lineárního širokopásmového operačního zesilovače na jeho vstupu.

LITERATURA

[1] Katalogové listy firmy Analog Devices k obvodům AD734 a AD708. <http://www.analog.com/>

[2] Gescheidtová, E., Rez, J., Steinbauer, M.: Měření v Elektrotechnice. Brno, Vutium 2002.