

TRUE RMS DC + AC CONVERTERS

Jiří SAPÁK, Master Degree Programme (4)
Dept. of Radio Electronics, FEEC, BUT
E-mail: jirsap@centrum.cz

Supervised by: Prof. Václav Říčný

ABSTRACT

This paper describes modifications of Analog Devices' recommended circuit of a True RMS converter with a four-quadrant multiplier and divider AD734AN. The objective of this work was to improve the circuit's capabilities of processing signals with high crest factor and also the reduction of DC offsets of the AD734AN.

1 ÚVOD

Ověřováním vlastností obvodu AD734AN v doporučeném zapojení převodníku signálů různého charakteru na stejnosměrné napětí odpovídající jejich efektivní hodnotě, byly zjištěny některé nedostatky. Úkolem bylo zlepšit schopnost stávajícího převodníku zpracovávat signály s velkým činitelem výkyvu, zmenšit chyby převodu způsobené stejnosměrnými offsety obvodu AD734AN, a dosažené parametry porovnat s jinými typy RMS převodníků.

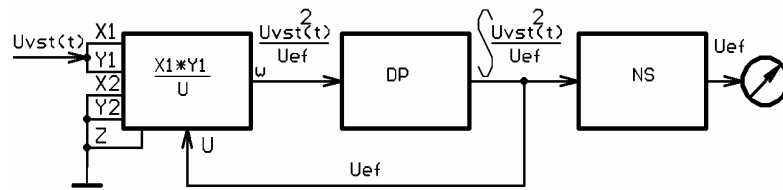
2 TEORETICKÝ ROZBOR

Převodník realizuje funkci implicitního vyjádření efektivní hodnoty dle vztahu (2). Využívá tedy kvadrátoru a děličky obvodu AD734AN. Vstupní signál je nejprve umocněn na druhou a následně dělen stejnosměrným napětím z výstupu převodníku. Z takto vzniklého signálu se vytváří střední hodnota (integrál od v v čase od 0 do T) pomocí pasivní dolní propusti. Tato střední hodnota již odpovídá efektivní hodnotě vstupního signálu.

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

Dělička pracuje správně jen tehdy, je-li na jejím vstupu napětí $U \in 10 \text{ mV} - 10 \text{ V}$. Současně musí být splněna podmínka, že toto napětí nesmí klesnout pod 75% velikosti napětí na vstupu kvadrátoru. Nedodržetím této podmínky přestává dělička správně fungovat a výsledek je zatížen velkými chybami. K tomu snadno dochází u signálů, jejichž efektivní hodnota je menší než 75% špičkové hodnoty. Tedy u signálů s velkým činitelem výkyvu (Crest Factor, CF). Například u pulsního signálu se stejnosměrnou složkou, o stříde $S < 0,55$

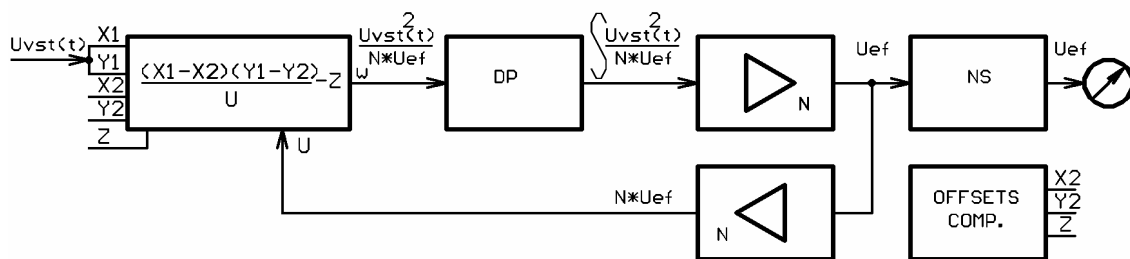
($CF \approx 1,4$), je již podmínka porušena. Je tedy zřejmé, že obvod v doporučeném zapojení podle výrobce (**obr. 1**) korektně pracuje pouze při převodu signálů s výraznou stejnosměrnou složkou, u kterých se efektivní hodnota blíží jejich maximální úrovni ($CF \approx 1$).



Obr. 1: Blokové schéma převodníku podle doporučení výrobce.

3 OPTIMALIZACE PRACOVNÍHO REŽIMU DĚLIČKY

Obvodová úprava (**obr. 2**) spočívá ve zvětšení napětí přiváděného na vstup děličky pomocným stejnosměrným zesilovačem o zesílení $A_u = N$, přičemž hodnota zesílení je volena tak, aby zesílené napětí $N \cdot U_{ef}$ splňovalo již zmíněnou podmínku $0,75 \cdot U_{vst} < N \cdot U$. Vzroste-li činitel výkyvu měřeného signálu, je třeba zvětšit zesílení N . Protože je po této úpravě signál dělen napětím $N \cdot U_{ef}$, je nutné provést korekci tak, aby se ve výsledné funkci konstanta N vykrátila. Řešení spočívá v zařazení dalšího zesilovače o stejném zesílení na výstup dolní propusti. Na vývojové desce převodníku byly realizovány pomocné zesilovače se zanedbatelnými ofsety a přepínatelným zesílením o přesných velikostech $N = 1, 2, 3, 5$ a 10 .

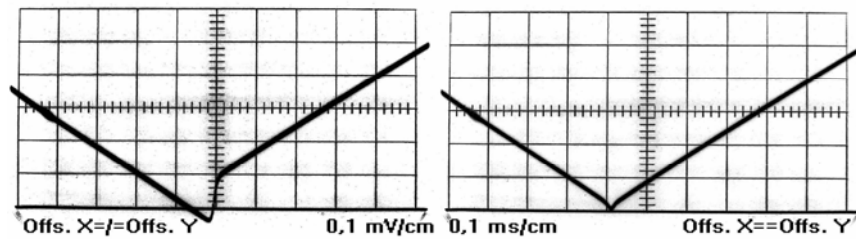


Obr. 2: Blokové schéma upraveného převodníku

4 KOREKCE NAPĚŤOVÝCH NESYMETRIÍ AD734AN

Obvod AD734AN ve skutečnosti realizuje funkci $W = ((X_1 - X_2) \cdot (Y_1 - Y_2) / U) - Z$. Druhá mocnina je realizována spojením vstupů X_1 a Y_1 . Zbývající vstupy X_2 , Y_2 a Z lze využít pro kompenzaci napěťových nesymetrií. Jelikož je funkce W nelineární, nestačí vykompenzovat jen výslednou napěťovou odchylku. Další problém spočívá v absenci pomocných výstupů, které by umožnily změření ofsetů dílčích funkčních částí AD734. K dispozici je jen jediný výstup W , ve kterém se již uplatňují všechny vstupní ofsety a jejich násobky. Z toho důvodu lze přesně vyrovnat pouze rozdílnou (nerovnováhu) ofsetů mezi vstupy X a Y , rozmítáním vstupu kvadrátoru napětím symetrického pilového průběhu a pozorováním výstupního napětí (W) osciloskopem. V okolí průchodu budícího pilového signálu nulou se výrazně projeví nerovnováha ofsetů mezi vstupy X a Y , jak je vidět na **obr. 3**, vlevo. Vpravo je průběh po vyrovnání ofsetů. (Vstup děličky byl uzemněn, proto průběh výstupního napětí

není parabolický). Skutečné úrovně ofsetů všech vstupů obvodu lze zjistit jen přibližně, a to poměrně složitým postupem. Přestože na realizovaném přípravku nebyly ofsety vykompenzovány zcela přesně, měřením statické charakteristiky bylo zjištěno výrazné snížení chyb převodu, zejména v oblasti $|U_{vst}| < 1$ V.



Obr. 3: Průběh napětí na výst. W při nevyrovnaných a vyrovnaných ofsetech mezi X a Y

5 ZÁVĚR

Měřením parametrů přípravku v upraveném zapojení bylo zjištěno, že použití pomocných zesilovačů skutečně vede k výraznému zlepšení funkce převodníku při převodech signálů s velkým činitelem výkyvu. Konkrétně při $N = 5$, je možné měřit obdélníkové pulsy se stejnosměrnou složkou, s rozkmitem $2 V_{PP}$, ještě při střídě $S < 0,05$ (tj. $CF \approx 5$). Předpokladem je dodržení minimální šířky pulsu $0,1 \mu s$. Je tedy zřejmé, že s rostoucím činitelem výkyvu klesá maximální možný kmitočet měřeného signálu. Například, zmíněný pulsní signál lze měřit při střídě $S = 0,5$ na kmitočtu $f_{max} = 5$ MHz, zatímco při střídě $S = 0,1$ jen na $f_{max} = 1$ MHz. Chyba převodu bílého šumu je přibližně 10 %, při zesíleních $N < 5$, chyby narůstají. Nevýhodou upraveného převodníku je možnost napěťového přetížení děličky při poklesu činitele výkyvu měřeného signálu, nedojde-li současně ke snížení amplitudy signálu. Je tedy nutné sledovat úroveň na jejím vstupu a případně ji snížit zmenšením N .

Nutnost kompenzace ofsetů se projevila zejména při větších hodnotách N , kdy se vliv ofsetů zesílením násobí. Nevykompenzované ofsety prakticky znemožňují použití zesílení $N > 3$. Kompenzační obvody však vedou ke zvýšení složitosti celého převodníku, a jejich nastavování je poměrně komplikované. Výhodnější by možná bylo použít obvod AD734BN, u nějž výrobce zaručuje poloviční až třetinové ofsety a vyhnout se tak nutnosti kompenzace.

Převodník v upraveném zapojení má parametry srovnatelné s jednoúčelovými RMS převodníky AD536A apod., je však konstrukčně složitější a dražší. V současnosti je pro realizaci RMS převodníku výhodné použití modernějšího obvodu AD8361. Ten však umožňuje zpracovávat pouze střídavou složku signálu. Nabízí se tedy řešení zpracovávat stejnosměrnou složku zvlášť, a obě (již stejnosměrné) složky zvláštním způsobem sečíst pomocí obvodu AD734AN(BN), s využitím všech stávajících poznatků o tomto obvodu.

LITERATURA

- [1] Katalogové listy Analog Devices. <http://www.analog.com/>
- [2] Gesheitová, E., Rez, J., Steinbauer, M.: Měření v Elektrotechnice. Brno, Vutium 2002.
- [3] Proceedings of the 10th Conference and Competition STUDENT EEICT 2004, Volume 1