

LABORATORY FUNCTION GENERATOR BASED ON DDS

Tomáš Kret

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xkrett00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Šebesta

E-mail: sebestaj@feec.vutbr.cz

Abstract: The contribution is focused on design of multifunction generator based on direct digital synthesis and its firmware and hardware description. This generator is determined as a standard measuring device producing sine, triangle and square signal with variable duty cycle, burst and other functions such as frequency sweeping, FM and PWM modulation. The fundamental principle of digital direct synthesis DDS is also presented.

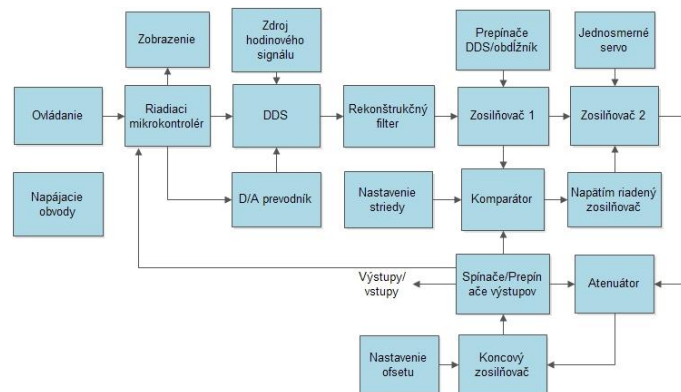
Keywords: Direct digital synthesis, reconstruction filter, function generator, current feedback

1. ÚVOD

Funkčné generátory sú často požadovaným príslušenstvom osciloskopov, bez ktorých by mali obmedzené použitie. Najpoužívanejšie sú v dnešnej dobe generátory využívajúce princíp DDS kvôli mnohým výhodám, napr. stabilita kmitočtu, dobrá preladiteľnosť. Vďaka riadiacemu celku DDS sa dosahujú dobré vlastnosti aj pri minimálnom množstve súčiastok, čím sa zvyšuje spoľahlivosť a opraviteľnosť pri prijateľnej cene.

2. BLOKOVÁ SCHÉMA

Celý princíp generovania signálu je založený na jednom obvode, ktorý vykonáva DDS syntézu.



Obrázok 1: Bloková schéma

2.1. VÝSTUPNÝ KMITOČET

Je daný vzťahom:

$$f_{\text{OUT}} = \frac{M}{2^n} \cdot f_c, \quad (1)$$

kde M je hodnota delta fázového registra, n je počet bitov fázového registra a f_c je frekvencia hodinového signálu.

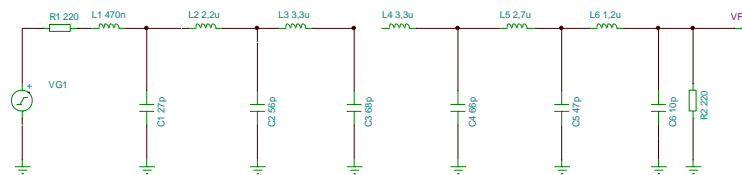
2.2. POPIS ZAPOJENIA A PARAMETRE

Generátor má rozkmit napätia 10 V_{pp} / 50 R (20 V_{pp} naprázdno) a maximálny generovaný kmitočet je do 25 MHz. Maximálna rýchlosť priebehu je 2500 V / us. Ako DDS syntetizátor bol vybraný AD5930 pre dostatočný počet funkcií generovania signálu - umožňuje generovať sínus, trojuholník aj obdĺžnik s pevnou striedou, ďalej dokáže lineárne rozmietať a generovať burst, čím sa výrazne šetrí SPI komunikácia. Jeho maximálna frekvencia hodinového signálu je 50 MHz, z čoho je maximálny generovaný signál 25 MHz pri použití ideálneho rekonštrukčného filtra. Keďže výstupný signál z D/A prevodníka nemá tvar dirakových impulzov, ale má tvar obdĺžnikov, spektrum jedného vzorku nie je konštantné, ale sleduje funkciu sinc(x), a tým je možné znížiť nároky na filter. Rozlíšenie výstupného D/A prevodníka je 10 bitov. Výstup je symetrický prúdový, vďaka ktorému je možné odstrániť ofset signálu pomocou diferenčného zosilňovača s menším zosilnením.

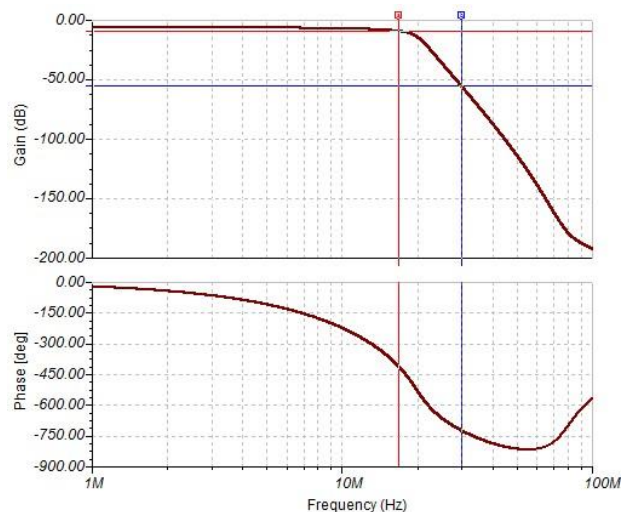
Rekonštrukčný filter je zvolený Butterworthov 12. rádu s medznou frekvenciou 20 MHz. Kondenzátory sú zvolené keramické a cievky s feromagnetickým jadrom, kde filtráciu na vyšších kmitočtoch ovplyvňuje aj zotrvačnosť jadra. Pre voľbu rádu bol použitý vzťah:

$$N = \left[\log\left(\frac{1}{10}\right) \frac{L}{\log(f_m) - \log(f_L)} - 3 \right] \cdot \frac{1}{20} = \left[\log\left(\frac{1}{10}\right) \frac{42,26}{\log(20) - \log(30)} - 3 \right] \cdot \frac{1}{20} = 12, \quad (2)$$

kde N je rád filteru a L je požadovaný útlm v dB na frekvencii f_L a f_m je medzná frekvencia. Z tohto vzťahu vyplýva, že pri 12. ráde je dosiahnutý útlm na zrkadlovom kmitočte 42,26 dB. Samotný filter bol navrhnutý v programe Filter Solutions 10.0. Filter bol simulovaný s podstatnými parazitnými parametrami. Schému je možné vidieť na obrázku 2 a modulovú charakteristiku s fázovou na obrázku 3.



Obrázok 2: Riešenie rekonštrukčného filtra



Obrázok 3: Frekvenčná charakteristika rekonštrukčného filtra

Signál z DDS syntetizéra je zosilnený kaskádou zosilňovačov s prúdovou väzbou (CFA) – AD8009 s rýchlosťou priebehu 5500 V / μs. Koncový stupeň pozostáva z AD811 s 2500 V / μs. Pre jeden zosilňovač je zvolené zosilnenie na základe vzťahu:

$$A_U = \sqrt[n]{\frac{U_{OUT}}{U_{IN}} \cdot \frac{1}{A_{Udif}}} = \sqrt[4]{\frac{3,7}{0,35} \cdot \frac{1}{1,5}} = 1,63, \quad (3)$$

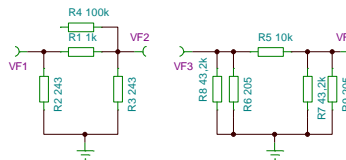
kde A_U je zosilnenie jedného stupňa, U_{IN} je napätie z DDS syntetizéra, U_{OUT} je napätie na poslednom napäťovom sledovači a A_{Udif} je zosilnenie diferenčného zosilňovača a n je počet stupňov.

Amplitúda výstupného signálu je nastavovaná pomocou D/A prevodníku AD5620, ktorým sa reguluje referenčný prúd DDS 2. Kirchhoffovým zákonom. Jej veľkosť je určená:

$$I_{OUT} = \frac{18 \cdot (V_{REFOUT} - V_{DAC})}{R_{SET} + 280 \parallel 100}, \quad (4)$$

R_{SET} je rezistor určujúci referenčný prúd, V_{REFOUT} je výstup z referencie, I_{OUT} je výstupný prúd.

Obdĺžnikový signál s nastaviteľnou striedou je získaný komparáciou jednosmerného signálu striedy z PWM D/A prevodníka s trojuholníkovým signálom z DDS. Tým je možné dostať obdĺžnikový signál aj pri pomerne vysokých frekvenciách. Amplitúda samotného obdĺžnikového signálu je regulovaná za pomoci napäťovo riadeného atenuátora s LMH6503. Pre nastavenie nízkych amplitúd slúžia Π atenuátory, pomocou ktorých je možné nastaviť útlm 20dB, 40dB a 60dB, útlmy sú prepínané mechanicky pomocou relé. Ich hodnoty sú vyberané z rady s toleranciou 0,1%, paralelným zapojením sa dosiahne vyššia presnosť. Realizáciu je možné vidieť na obrázku 4.



Obrázok 4: Realizácia atenuátorov 20 a 40 dB

V zapojení boli použité aj PWM D/A prevodníky využívajúce signál získaný z periférie mikrokontroléra. Mikrokontrolér bol zvolený atmega128 z rady AVR pre dostatočný výpočtový výkon 16 MIPS. Nežiaduci ofset kaskády CFA sa odstraňuje jednosmerným servom pre symetrické signály a elektronicky pre nesymetrické signály. Samotný ofset je možné regulovať pomocou PWM D/A prevodníka.

3. ZÁVER

Návrhy jednotlivých častí generátora boli overené výpočtami ako aj simuláciou. Rozsah generátora je dosť obmedzený a vzťahuje sa na rekonštrukčný filter, ako aj tranzitný kmitočet zosilňovača. Rozsah možno zvýšiť zvýšením rádu filtra alebo použitím filtra s vyššou strmosťou. Inou možnosťou je aj voliť kompromis hodnoty SFDR a zvýšiť medzný kmitočet filtra. Na ochranu výstupu z generátora bolo použité galvanické oddelenie pomocou relé pre vstupy a výstupy, a pomocou optočlena so Schmittovým klopným obvodom v prípade vstupu pre FSK. Optočlen synchronizácie neoddeľuje galvanicky, ale chráni výstup mikrokontroléra. Výstupné konektory sú typu SMB. Celé zariadenie je plánované umiestniť do kovovej konštrukcie, ktorá bude predstavovať zásuvný modul stola VarioLab. Ovládanie tvorí dokopy 18 tlačidiel, z čoho 12 tlačidiel je klávesnica, 5 tlačidiel pre ovládanie menu a 1 pre jeho vyvolanie.

REFERENCIE

- [1] FRÝZA, T. Mikroprocesorová technika. Elektronické skriptum. Brno: FEKT, VUT v Brně, 2008.
- [2] DAŘO, S., VEDRAL, J. Číslicové měření. Přístroje a metody. Skriptum. Praha: ČVUT v Praze, 2006.