

# PRECISE FREQUENCY GENERATOR - DDS

**Petr Kratochvíl**

Master Degree Programme, FEEC BUT

E-mail: xkrato25@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Ondřej Baran

E-mail: xbaran03@stud.feec.vutbr.cz

## ABSTRACT

This paper describes a frequency generator based on the direct digital synthesis method - DDS. A construction of the precise generator and its control are described. The device is designed with an integrated circuit AD9954 from Analog Devices. The frequency can vary from 1 Hz to 160 MHz with 1 Hz step. The generator is controlled via the serial interface SPI and can be driven by PC via USB.

## 1. ÚVOD

Generátory kmitočtu jsou v dnešní době součástí všech telekomunikačních a sdělovacích zařízení. Rozšíření digitalizace ve všech oblastech elektrotechniky vede k realizaci generátorů pomocí digitálních metod. Jednou z těchto metod je přímá digitální kmitočtová syntéza [1]. Její princip je znám již přes 30 let, ovšem realizace je z technických důvodů možná teprve v dnešní době. Tento příspěvek pojednává o návrhu a konstrukci generátoru kmitočtu založeného na principu přímé digitální syntézy.

## 2. PRINCIP FUNKCE A ZAPOJENÍ GENERÁTORU

V současné době je na trhu dostupné poměrně velké množství integrovaných obvodů realizujících přímou kmitočtovou syntézu. Jeden z těchto obvodů je základním stavebním prvkem popisovaného generátoru. Jedná se o obvod AD9954 [3] od společnosti Analog Devices. Samotný obvod obsahuje jednotlivé části nutné pro nastavení parametrů a vytvoření výstupního signálu včetně D/A převodníku.

Na Obrázku 1 je přehledné blokové schéma navrženého generátoru DDS spolu s bloky potřebnými k zadávání parametrů a k jeho řízení.

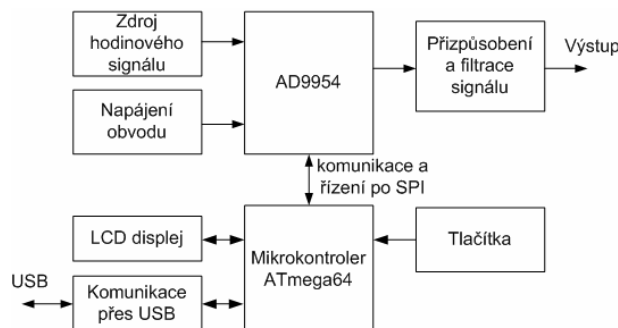
### 2.1. POPIS GENERÁTORU DDS

Stejnoseměrná část zajišťuje napájení obvodu pomocí lineárních stabilizátorů napětí. Celkový odběr obvodu nepřesahuje 250 mA, proto lze generátor napájet i z baterií, čehož lze využít pro různá terénní měření.

Taktovací část obvodu vytváří hodinový kmitočet, který je nutný pro správný běh obvodu a synchronizaci připojených periférií. Jádro DDS je taktováno kmitočtem 400 MHz, získaným násobením kmitočtu vnitřního krystalového oscilátoru smyčkou fázového závěsu.

Druhou možností je použít přesný kmitočet vnějšího zdroje, například kmitočtového normálu, což navržený generátor také umožňuje.

Prizpůsobovací obvod zajišťuje vhodné impedanční přizpůsobení a navázání dalších obvodů. Signál je dále přiveden na vstup filtru, který provede konečnou filtraci rušivých složek a tvaruje tak výstupní signál do konečné podoby.



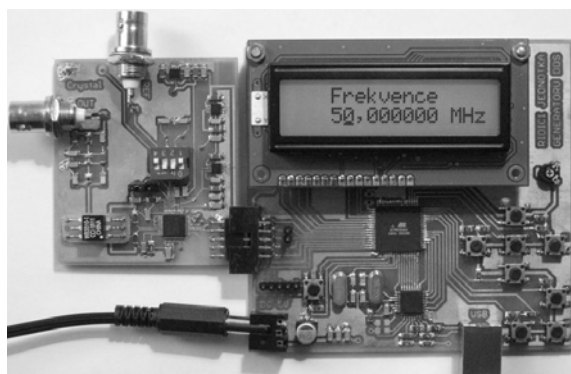
**Obrázek 1:** Blokové schéma generátoru DDS

Veškerá nastavení obvodu generátoru a parametrů generovaného signálu jsou zprostředkována pomocí sériové linky SPI. Jedná se o vysokorychlostní třívodičové sériové rozhraní s přenosovou rychlostí až 4 Mbit/s. Za účelem řízení byla navržena řídicí jednotka, jejímž základem je mikrokontrolér AVR. Pomocí ní uživatel zadává potřebné parametry signálu generátoru a odesílá je do řídicích registrů obvodu. Nastavované hodnoty jsou zároveň zobrazovány na displeji. Zadávání hodnot je možné buď přímo z klávesnice přípravku, nebo pomocí PC aplikace přes rozhraní USB. Rychlost tohoto přenosu je až 1 MB/s.

## 2.2. PARAMETRY GENERÁTORU DDS

Navržený generátor má následující vlastnosti a parametry výstupního signálu:

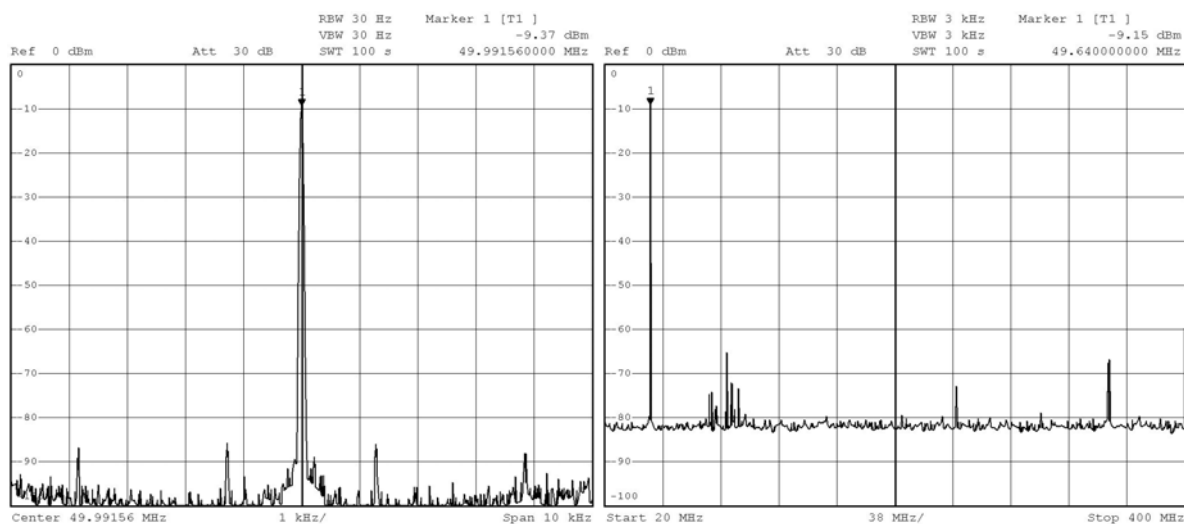
- Proměnný výstupní kmitočet v rozsahu ~1 Hz – 160 MHz
- Kmitočtový krok až 1 Hz v celém rozsahu kmitočtů
- Regulace amplitudy výstupního signálu
- Výstupní impedance 50  $\Omega$
- Možnost připojení přesného vnějšího referenčního kmitočtu pro taktování
- Umožňuje řízení pomocí PC aplikace přes USB rozhraní



**Obrázek 2:** Fotografie generátoru DDS s řídicí jednotkou

Na Obrázku 2 je fotografie celkového přípravku generátoru. Jedná se zatím o nezapouzdřenou zkušební verzi generátoru a řídicí jednotky. Na obrázku je vidět způsob zadávání a zobrazení kmitočtu.

Na Obrázku 3 jsou zobrazena spektra signálu generátoru DDS při jmenovitém výstupním kmitočtu 50 MHz. Obrázek vlevo ukazuje spektrum v úzkém pásmu  $\pm 5$  kHz okolo jmenovitého kmitočtu. Zde je signál čistý, bez rušivých signálů, s dynamickým rozsahem SFDR > 70 dB. Na obrázku vpravo je spektrum výstupu v širokém frekvenčním rozsahu. Je vidět, že výstupní signál je poměrně čistý s minimem rušivých složek a vyšších harmonických, dynamický rozsah v tomto pásmu je SFDR > 50 dB. Čistotu výstupního signálu lze zlepšit úpravou výstupních obvodů a filtru, což je jedním z cílů této práce.



**Obrázek 3:** Spektrum výstupního signálu generátoru pro jmenovitý kmitočet 50 MHz

### 3. ZÁVĚR

Navržený generátor DDS se vyznačuje dobrou přesností kmitočtu výstupního signálu a poměrně velkou šířkou pásma generovaného signálu, v rozsahu 1 Hz až 160 MHz s kmitočtovým krokem až 1 Hz. Přesnost a stabilitu výstupního kmitočtu lze ještě zlepšit připojením vnějšího zdroje referenčního kmitočtu, např. kmitočtového normálu. Díky nízkému odběru a malým rozměrům celého zařízení bude generátor lehce přenosný a vhodný i pro různá terénní měření.

### PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory grantu GAČR 102/06/1672 "Komunikační systémy experimentálních družic" a projektu FRVŠ 105/2009/G1 "Inovace laboratorní výuky magisterského předmětu Směrové a družicové spoje".

### LITERATURA

- [1] VANKKA, J. Digital Synthesizers and Transmitters for Software Radio. Heidelberg: Springer, 2005. IS BN 1-4020-3194-6
- [2] HANUS, S., SVAČINA, J. Vysokofrekvenční a mikrovlnná technika. Brno: Skripta FEKT VUT v Brně, 2002. 210 s. ISBN 80-214-2222-X.
- [3] ANALOG DEVICES. AD9954, Direct Digital Synthesizer, online. 2007. Dostupné z URL: <[http://www.analog.com/UploadedFiles/Data\\_Sheets/AD9954.pdf](http://www.analog.com/UploadedFiles/Data_Sheets/AD9954.pdf)>