

RF GENERATOR BASED ON ADF4360 CONTROLLED BY MICROPROCESSOR

Martin Doseděl

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xdosed04@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Tomáš Urbanec

E-mail: urbanec@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

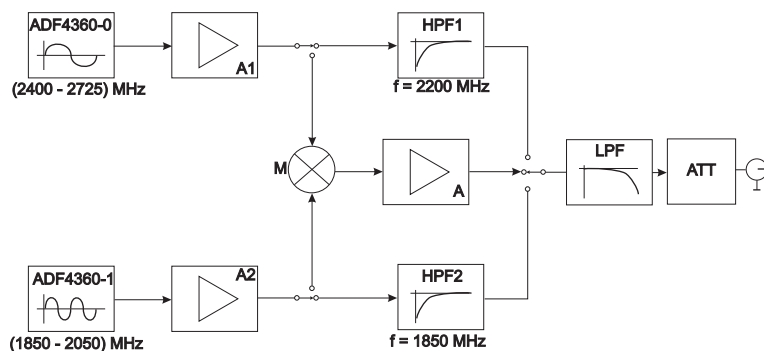
The aim of this paper is not to bring a theoretical expressions and some new ideas in mixing theory, but only to show a simple wide band RF generator design with one mixing. The instrument is based on two integrated frequency synthesizers (ADF-4360-x) controlled by Atmel AVR microcontroller via integrated SPI bus. Wide frequency range is achieved by dividing ADF output signal by two using internal frequency divider, signal mixing and suitable switching. Frequency tuning is discontinuous (because of synthesizers), but ADFs are allowed to design frequency step of tens of kilohertz.

In this design, 1MHz tuning step and (1-2837) MHz bandwidth are used. Simple output microwave lowpass filter (with 3 GHz limit frequency) and two microwave highpass filters (with 1.7 GHz and 1.9 GHz limit frequencies) around mixer are included in generator design. Of course, microwave gain blocks, monolithic mixer and monolithic and also discrete microwave switches are used in.

1 ZÁKLADNÍ IDEA SMĚŠOVACÍHO GENERÁTORU

Obvody ADF4360-x jsou kompletní integrované frekvenční syntezátory (typu N) a VCO na jednom čipu. S výhodou může být využito dělení výstupního signálu dvěma. Komunikace se všemi registry obvodu probíhá pomocí jednoduché SPI sběrnice. Obvod může být (mimo jiné) vypnut (nastaven do Power-down módu), pokud se nepoužívá. V generátoru jsou použity dva obvody pracující v pásmu nad 2 GHz - konkrétně ADF4360-1 (1,8 - 2,4) GHz a ADF4360-0 (2,0 - 2,8) GHz. Čipy jsou velmi variabilní a plně digitálně ovladatelné. Např. lze měnit výstupní výkon ve čtyřech krocích (-13 dBm ... -6 dBm), zapnout frekvenční dělení dvěma a v neposlední řadě i navrhnout dostatečně malý ladicí krok. Blokové schéma generátoru je v obr. 1. Výstupní signál může být v podstatě získáván dvěma různými cestami:

- **směšováním** – signál z obou generátorů je veden přes MW přepínače a zesilovače do směšovače. V konstrukci je využíván rozdílový produkt směšování. Generátory mají přeladění 600 MHz, což znamená, že jsme schopni pokrýt pásmo (0-600) MHz (při přeladění pouze jednoho ADF). Pokud budeme přeladovat vhodně oba generátory, získáme rázem pásmo do 1 GHz a pokud navíc zapneme u jednoho z generátorů dělení dvěma, zvýší se šířka pásma generovaných kmitočtů až na 1,9 GHz.



Obrázek 1: Blokové schéma RF generátoru.

- **přímé cesty kolem směšovače** – čipy ADF samy o sobě generují frekvence vyšší než 1,9 GHz, proto je zbytečné tyto frekvence získávat směšováním. Mimochodem, s těmito konkrétními ADF čipy nejsme schopni za žádných podmínek vysměšovat frekvence vyšší, než právě 1,9 GHz.

2 POMOCNÉ OBVODY A DALŠÍ SOUČÁSTI GENERÁTORU

Jak již bylo řečeno, směšovač (spolu s oscilátory klíčová součást generátoru) je monolitický integrovaný obvod velmi dobrých parametrů. Jsou to hlavně velký frekvenční rozsah bran (IF, LO a RF) a frekvenční nezávislost všech branových parametrů (impedance, odraz, konverzní ztráty apod.). Tyto požadavky by byly velmi těžce realizovatelné diskretní konstrukcí směšovače. Proto byl vybrán typ od firmy Minicircuits (MCA1-42+), který na malém rozměru splňuje vše.

Výstupní signály z ADF a také ze směšovače jsou zesíleny v integrovaných zesilovačích (*Gain Blocks*) ERA-3SM. Jejich mezní frekvence je typicky 3 GHz a zisk 17 dB @ 3 GHz (na nižších frekvencích je zisk vyšší). Jejich výhody oproti diskretním zesilovačům jsou obdobné, jako u směšovačů – hlavně širokopásmové přizpůsobení bran.

Dále je nutné vést signál na výstup různými cestami (viz obr. 1). Protože se přepínají MW signály, je nutné přepínačům věnovat více pozornosti. Principiálně jsou místa přepínání dvě. Prvním je přepínání výstupního signálu z ADF na směšovač nebo přímou cestou na výstup generátoru. Tyto přepínače jsou realizovány integrovanou dvojicí přepínačů (ADG936-36) s excelentními parametry [3]. Druhým místem přepínání je místo před výstupním filtrem – tedy přepínání buďto signálu ze směšovače nebo z přímých cest na výstup. Protože je nutné přepínat jeden ze tří signálů do jednoho místa (byly by potřeba min. dvě pouzdra přepínačů ADG a značně by se zkomplikoval návrh DPS), byla zvolena diskretní podoba přepínačů (PIN diody s příslušnou elektronikou zajišťující vhodný pracovní režim). Ty sice nemají tak dobré parametry, jako integrované přepínače, ale pro tuto konstrukci jsou dostačující.

Generátor také obsahuje tři filtry, konstruované jako hybridní mikrovlnný IO – úseky microstripu a vkládané diskretní čipy (SMD kondenzátory 0805). Tyto filtry byly navrženy a simulovány v prostředí Ansoft Serende a jejich parametry dodatečně ověřeny měřením. Výstupní filtr je typu dolní propust s mezním kmitočtem 3 GHz. Jeho hlavním úkolem je potlačit vyšší harmonické složky spektra (vzniklé např. při směšování apod.). Je Butterworthova typu 5. řádu se strmostí 30dB/okt. Výstup tohoto filtru je přiveden na SMA konektor a ten tvoří zároveň výstup celého přístroje. Úkolem zbylých dvou filtrů je potlačit signály určené primárně ke směšování, které ale

díky nedokonalosti přepínačů, popř. díky elektromagnetickým vazbám na DPS, pronikly až do těchto cest a na výstupu by zhoršovaly spektrální čistotu signálu. Oba filtry jsou Chebyshevova typu 5. řádu se strmostí 30db/okt a jejich mezní frekvence jsou 1,7 GHz a 1,9 GHz.

3 DIGITÁLNÍ ŘÍDÍCÍ ČÁST GENERÁTORU S MIKROPROCESOREM

Vysokofrekvenční část generátoru je plně digitálně říditelná pomocí SPI sběrnice. Řízení lze rozdělit do dvou skupin – první je řízení přepínačů (velmi jednoduché a spočívá jen v generování log. 0 a log. 1 na výstupních pinech MCU). Druhou skupinou je řízení samotných ADF. To je značně komplikované. Oba generátory jsou připojeny ke stejné sběrnici SPI a rozlišeny pouze signálem LE (*Load Enable*). K úplnému nastavení je potřeba poslat do každého ADF tři řídicí slova sestavená z 24 bitů. Pokud již byla ADF kompletně nastavena a je potřeba pouze přenastavit frekvenci, stačí poslat jen jedno (poslední) 24bitové slovo obsahující informace o hodnotách děličů syntezátoru. Pokud ale chceme přenastavit jiné parametry obvodu (např. proud jádra, výstupní výkon, dělení dvěma, power-down módy apod.), je nutné opět poslat celou zprávu 3x24 bitů [1].

Maximální frekvence SPI sběrnice je 20 MHz. Každé řídicí slovo obsahuje informace o mnoha parametrech, ale také (jak již bylo řečeno) o hodnotách předděličů. Do ADF se tedy neposílá konkrétní frekvence, ale jen její hodnota přepočítaná právě na hodnoty předděličů. Tento přepočítání zajišťuje MCU, který také vypočítané hodnoty namapuje do výstupních řídicích slov a ta potom odešle do ADF po SPI. V konstrukci je použita (prozatím prakticky ověřena) rychlost SPI 1 MHz.

Řídicí část se také skládá z klávesnice a znakového LCD displeje (2x16 znaků) pro komfortnější ovládání. V budoucnu bude doplněna i komunikační část (na bázi RS232 nebo USB) pro spojení s PC. Nyní je napsán software verze 1.01 v jazyce C a implementován do MCU AT-MEL AVR, konkrétně ATmega32. Tento typ podporuje i ISP mód, což je značná výhoda pro ladění programu. Zatím je generátor dočasně řízen AVR kitem se všemi potřebnými perifériemi (maticová klávesnice, LCD, sada LED a přepínačů, IIC a SPI sběrnice apod.).

4 ZÁVĚR

Generátor byl zkonstruován a prozatím ověřeny některé jeho parametry. Je to pracovní frekvenční rozsah (1-2837) MHz a také ladící krok (1 MHz). Výstupní signál má spektrální čistotu asi -50 dB (pro výstupní signál generovaný přímo ADF), popř. -15 dB (při použití směšovací cesty). Tyto hodnoty ještě nejsou konečné, generátor je stále ve vývoji a prochází značnými úpravami jak v RF části, tak hlavně v SW části.

REFERENCE

- [1] Analog Devices: *Integrated Synthesizer and VCO ADF4360-x* [online]. Analog Devices, 2004, URL: www.analog.com.
- [2] Atmel: *8-bit AVR Microcontroller with 32K In-System Programmable Flash ATmega32* [online]. Atmel, 2003, URL: www.atmel.com.
- [3] Analog Devices: *Wideband 4 GHz, 36 dB Isolation at 1 GHz CMOS, 1.65 V to 2.75 V, Dual SPDT Switches* [online]. Analog Devices, 2005, URL: www.analog.com.