

Jednoduchý dvojtónový generátor

Ing. Tomáš Kavalír, OK1GTH kavalir.t@seznam.cz, <http://ok1gth.nagano.cz>

Tento článek popisuje velmi jednoduchou variantu provedení nízkofrekvenčního dvojtónového generátoru, který je nezbytnou součástí pro měření intermodulačního zkreslení (IMD) tzv. dvojtónovou zkouškou. Vzhledem k tomu, že výstupem generátoru je nf.signál a předpokládá se využití generátoru především v RF oblasti, je potřeba kmitočtová konverze do patřičné kmitočtové polohy. K tomuto účelu nejjednodušeji využijeme vysílač radiostanice, kdy do mikrofonního vstupu přivedeme právě tento nf. signál.

Jedno ze základních měření v oblasti vysokofrekvenční techniky a především v oblasti výkonové radiotechniky je měření intermodulačního zkreslení. Velikost tohoto intermodulačního zkreslení nám přímo ukazuje na velikost nelinearity měřeného objektu. V praxi a v laboratorních podmínkách se nejčastěji používá měření tzv. dvojtónovou zkouškou, kdy se použijí dva přesné spektrálně čisté generátory, které se přes slučovač s izolovanými porty přivedou na vstupní bránu měřeného objektu a na jeho výstup se připojí spektrální analyzátor. Na tomto analyzátoru již můžeme snadno odměřit výstupní spektrum a případné intermodulační produkty, tj. nově vzniklé v původním spektru neobsažené složky.

Tento postup vypadá poměrně jednoduše a také je jednoduchý v oblasti malovýkonových zařízení. Problém nastane, pokud chceme měřit velikost inermodulačního zkreslení v oblasti výkonové radiotechniky a především v oblasti výkonových vf. zesilovačů. Pokud se totiž podíváme na velikost výstupní úrovně běžně dostupných vysokofrekvenčních generátorů, tak zjistíme, že většinou končí na úrovni cca 20dBm, což odpovídá 100mW výkonu na 50Ω zátěži. A pokud tento výkon porovnáme s výkonem nutným pro vybuzení výkonového zesilovače, zjistíme, že se většinou neobejdeme bez pomocného budícího zesilovače. Tento zesilovač by měl navíc vykazovat minimálně o jeden řád lepší hodnoty intermodulačního a harmonického zkreslení než měřený objekt. Tyto velmi lineární zesilovače se realizují jako širokopásmové a v praxi samozřejmě existují, ale jejich cena je poměrně vysoká a navíc se nejedná o úplně běžné vybavení. Na další problém narazíme, pokud se podíváme na maximální vstupní úroveň spektrálních analyzátorů. Většinou je tato hodnota max. 30dBm, což odpovídá 1W na 50Ω zátěži. Pro měření výkonových zesilovačů s dnes běžně používanými výstupními výkony v řádech jednotek kW musíme zajistit potřebné utlumení na bezpečnou výkonovou úroveň. V praxi jsou běžné dvě cesty, první je použití průchozího útlumového členu s potřebným ztrátovým výkonem a druhá cesta je použití směrové odbočnice s definovaným vazebním útlumem a dostatečně dimenzované umělé zátěže na výstupu. První cesta dává přesnější výsledky a je tak vhodná především pro laboratorní podmínky. Potřebné přesné průchozí útlumy s vysokým ztrátovým výkonem jsou ale opět poměrně dost drahé. Druhá cesta je realizovatelná i v amatérských podmínkách a vybavení (směrová odbočnice, umělá zátěž) je finančně přijatelnější. Navíc pro moderní komunikační systémy se pro posouzení velikosti intermodulačního zkreslení nepoužívají jen dva signály, ale je snaha používat multitónové systémy, kdy se měření více přibližuje reálné situaci a dává přesnější výsledky. Nutno podotknout, že se jedná o poměrně nové metody, které jsou především z hlediska ceny použitých měřicích zařízení velmi náročné.

Zde popsany dvojtónový generátor je velmi jednoduché konstrukce a jak bylo řečeno výše, jeho výstupem je nf. signál, který zavedeme do modulační cesty radiostanice, která nám zajistí kmitočtovou konverzi do daného kmitočtového pásma. Naměřené parametry odpovídají jeho jednoduchosti, kdy například harmonické zkreslení tohoto generátoru je

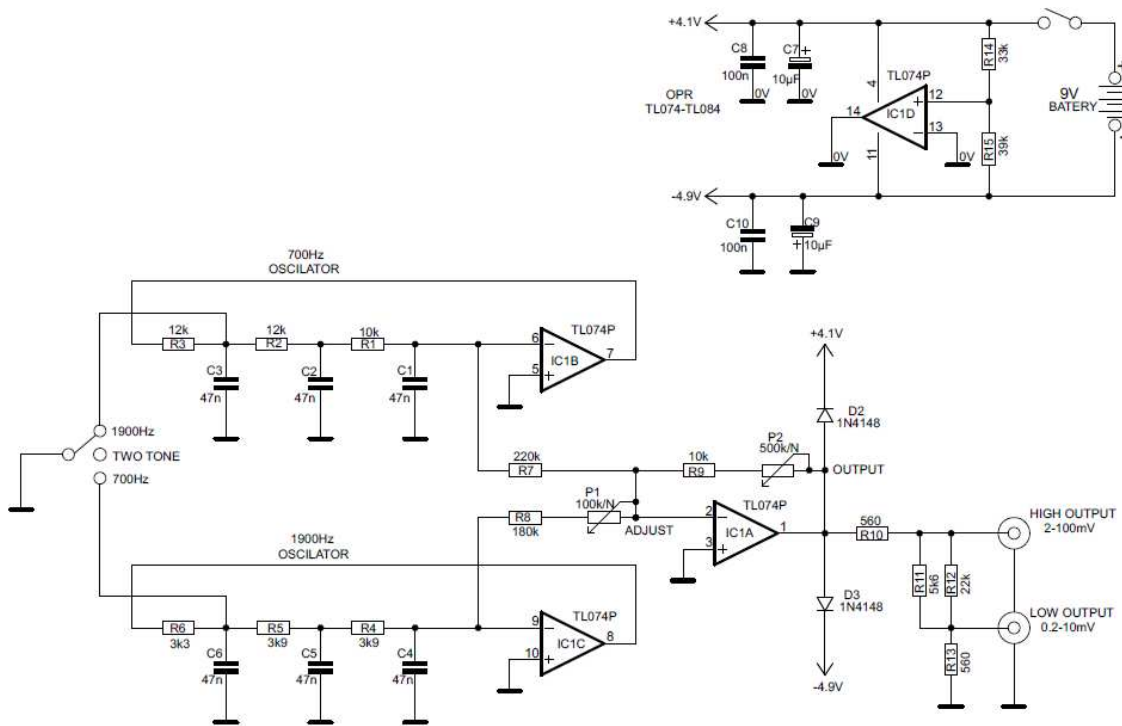
poměrně vysoké a dosahuje hodnoty přibližně 1,3%. Pro přesná laboratorní měření by tento typ generátoru bez stabilizace amplitudy nebyl vhodný, ale pro jednoduchá amatérská měření je dostatečný. Bylo prováděno měření výstupního spektra radiostanice při použití zde popisovaného jednoduchého generátoru a zároveň bylo výstupní spektrum radiostanice měřeno při použití dvou profesionálních spektrálně čistých generátorů na vstupu a výsledky nebyly až tak rozdílné. Je to pravděpodobně způsobeno také tím, že vlastní radiostanice má nezanedbatelné vlastní zkreslení a v mikrofonním vstupu má zařazen nf. filtr pro omezení zpracovatelné šířky pásma, který nám potlačuje vyšší harmonické produkty generátoru. Podstatnější je najít především takový bod nastavení mikrofonního zisku, při kterém je harmonické a intermodulační zkreslení radiostanice nejnižší.

Výhodou popisovaného generátoru je, že umožňuje přepínat mezi kmitočty 700 a 1900 Hz a v případě střední polohy jsou na výstupním konektoru oba signály současně. Při konstrukci tohoto generátoru jsem vycházel z těchto kvalitních stránek [1], kde je i odkaz na původní konstrukci. Další velikou výhodou tohoto generátoru je, že umožňuje plynule nastavit nejen výstupní úroveň, ale i ofset mezi oběma tóny. Celý generátor jsem vestavěl do plechové krabičky U-KK07-102, kterou je možné zakoupit například zde [2]. Celá konstrukce generátoru je jednoduchá a nebude činit potíže. Musíme si dát pozor na to, že generátor vyžaduje symetrické napájení, tudíž nemůžeme propojit záporný pól se zemní rovinou. Takže při napájení máme dvě možnosti. První možnost je, že celý generátor budeme napájet z baterie, která díky malému odběru generátoru může být umístěna i uvnitř generátoru, nebo použijeme napájecí zdroj, který nemá záporný pól spojen se zemí. Zpravidla takto bývají řešeny laboratorní regulovatelné zdroje, které mají na předním panelu vyvedenou zemní svorku zvlášť. Na přední panel jsem umístil konektor DIN5, ke kterému mám vyrobené mikrofonní redukce k radiostanicím ICOM i YAESU, dále jsem zde umístil tři páčkové přepínače, kdy jeden slouží pro přepínání kmitočtů 700 Hz, 1900 Hz a oba dohromady, druhý slouží pro přepínání mezi vysokou a nízkou úrovní a třetí jsem využil pro trvalé zaklíčování radiostanice při měření. Dále zde najdeme dva potenciometry pro nastavení výstupní úrovně a pro nastavení ofsetu mezi signály 700 a 1900 Hz. Všem, kdo se pustí do stavby tohoto užitečného doplňku, přeji hodně radosti při stavbě.

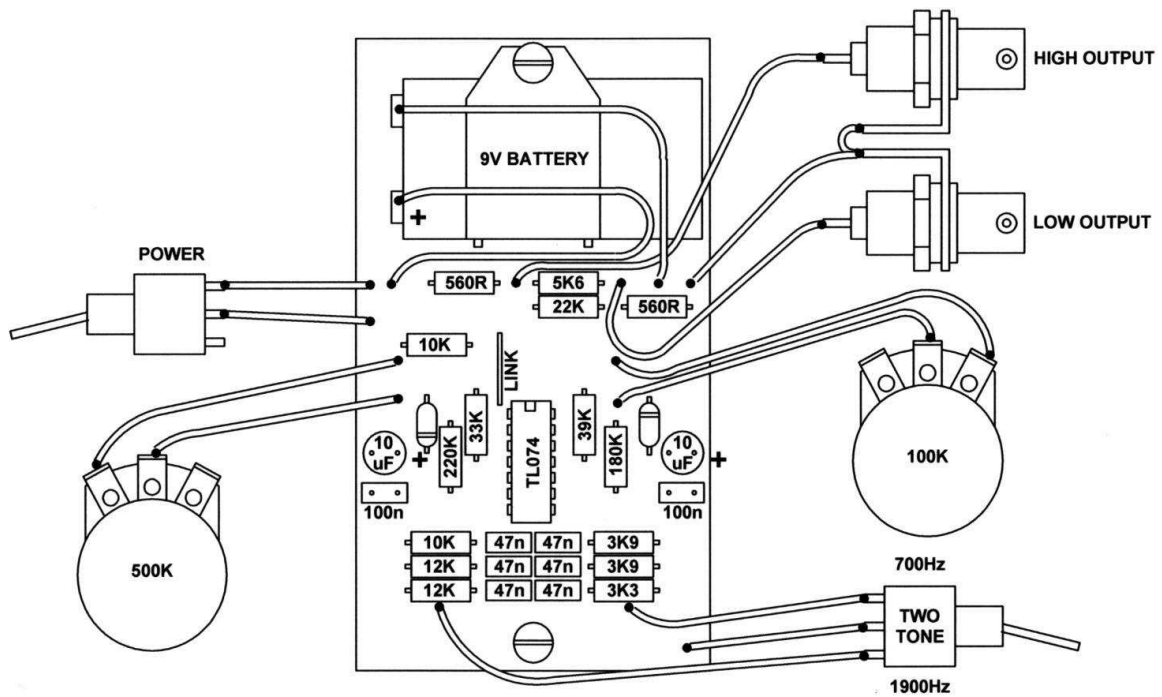
Odkazy:

[1] <http://om6bb.bab.sk/>

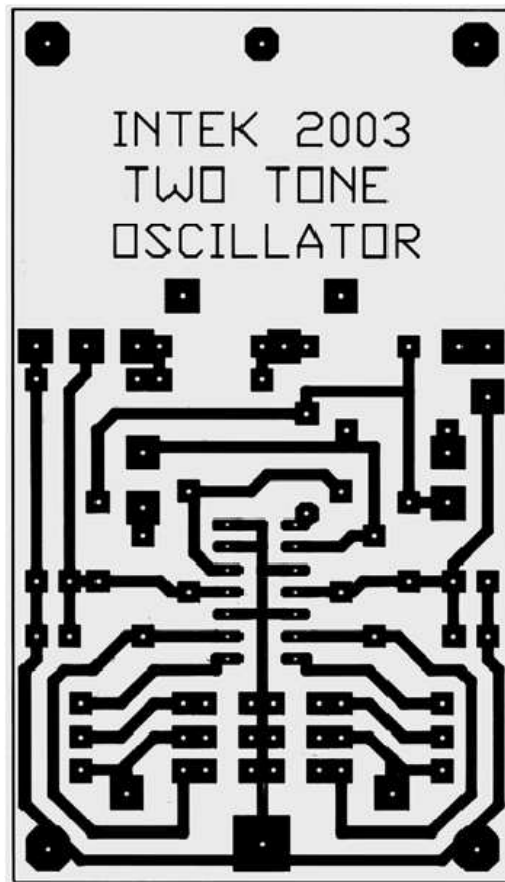
[2] <http://www.gme.cz>



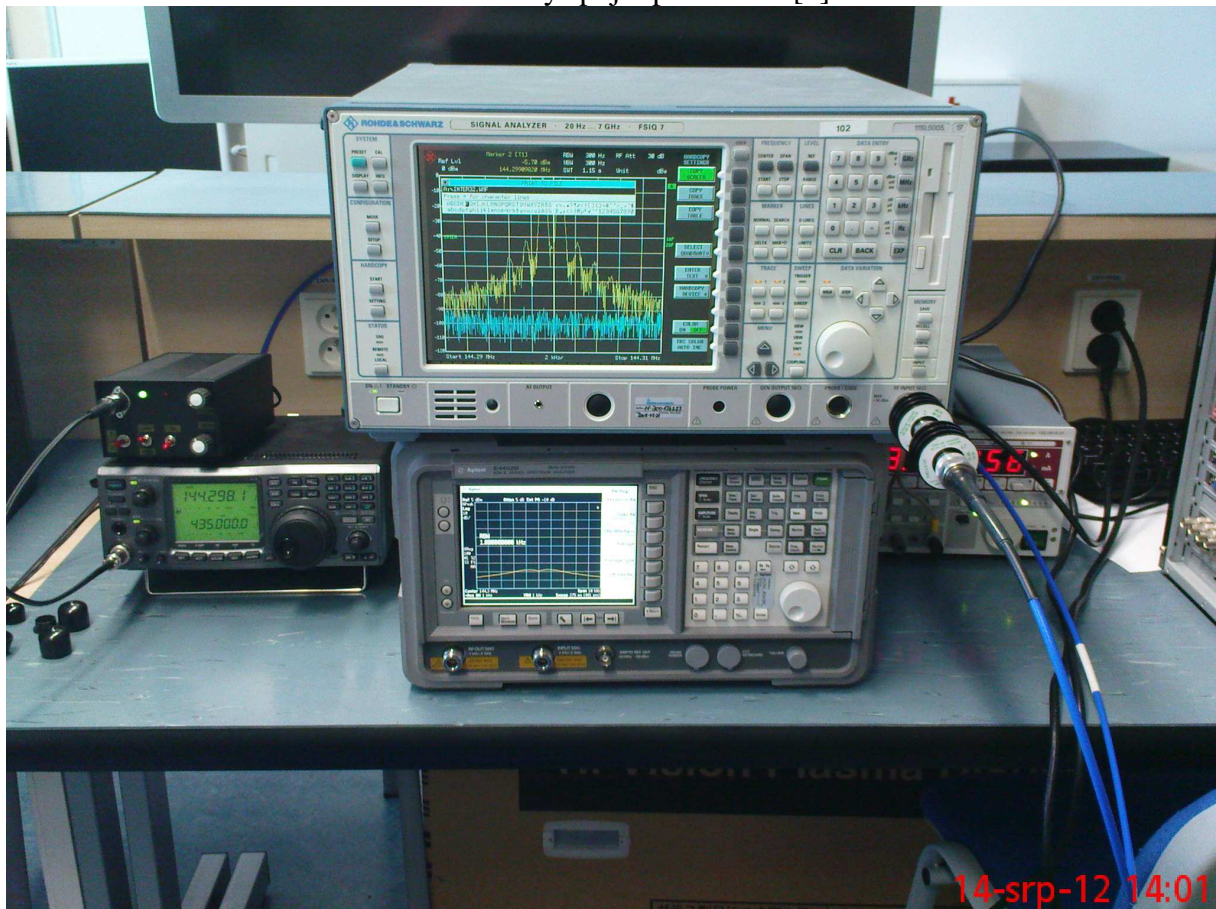
Obr.1 Schéma generátoru - převzato z [1]



Obr.2 Osazovací plán generátoru – převzato z [1]



Obr.3 Plošný spoj – převzato z [1]



Obr.4 Měření spektra radiostanice IC910 dvoutonovou zkouškou.