

## Pásmové filtry pro 144 a 432 MHz

Tomáš Kavalír, OK1GTH [kavalir.t@seznam.cz](mailto:kavalir.t@seznam.cz)

<http://OK1GTH.nagano.cz>

**V tomto technicky zaměřeném článku je popsán konstrukční návod pro realizaci jednoduchých pásmových filtrů (Bandpass) pro pásma 144 a 432 MHz. Podobným způsobem je možné realizovat filtry i pro jiná kmitočtová pásma, jiných aproximací atd. Vlastní zapojení bylo simulováno pomocí dostupného softwaru ANSOFT DESGINER SV – studentská verze [1].**

Hlavním důvodem uplatnění pásmových (bandpass) filtrů může být například vysoká hladina mimopásmových signálů na daném stanovišti, které nám mohou negativně ovlivnit vlastní přijímací cestu (například křížové intermodulace). Typickým problémem může být například vhodná VKV kóta, na které jsou ale zároveň často umístěné i další radiokomunikační služby, TV a rozhlasové vysílače atd., kdy zařazení pásmového filtru může pomoci zlepšit přijímací cestu. Vzhledem k nízkému průchozímu útlumu je možné teoreticky filtr použít přímo na vstupu LNA, ale je nutné si uvědomit, že o hodnotu průchozího útlumu si zhoršíme šumové číslo. Navíc se mohou objevit problémy například se stabilitou. Čistějším řešením tak je použít velmi odolný předzesilovač například s PGA103+ [2] s jednoduchým vstupním filtrem, který nám dostatečně lineárně zpracuje (zesílí) i mimopásmové signály a následně za něj zařadit kvalitní pásmovou propust pro výběr žádaného kmitočtového úseku. Vhodným řešením může být například zde prezentovaná pásmová propust, případně velmi kvalitní víceobvodové filtry od firmy Minicircuit [3].

Existuje celá řada postupů, jak realizovat vlastní filtry typu pásmová propust. V pásmech VKV a UKV se nejčastěji realizují za pomoci znalostí vlastností úseků vedení a velmi známé je tak provedení například pomocí čtvrtvlnného úseku vedení na konci zkratovaného ve formě rezonátoru s kapacitní vazbou. Toto řešení je velmi jednoduché a umožňuje dosáhnout velmi dobrých parametrů s velmi nízkým průchozím útlumem pod 1 dB. Nevýhodou tohoto řešení jsou především geometrické rozměry dané poměrem k vlnové délce. V nižších kmitočtových pásmech je běžné sestavovat takovéto filtry z disktrétních součástek. Omezením pro vyšší kmitočty než cca 50 MHz ale již může být problém například s parazitními parametry součástek (především indukčnost přívodů, s vlastní rezonancí kondenzátorů atd.). Zároveň pro vyšší pásma vycházejí relativně nízké hodnoty součástek (jednotky pF a jednotky nH) v použitých vázaných rezonančních obvodech, které mohou komplikovat zapojení.

V tomto zapojení bylo použito kompromisu, kdy navzdory relativně vysokým kmitočtům, byly použity disktrétní bezvývodové součástky pro SMT montáž na pozici rezonančních kondenzátorů a část indukčnosti byla nahrazena úsekem vedení tvořeného mikropáskem na plošném spoji.

Při vlastní analýze zapojení byla použita Chebyshevova aproximace třetího řádu a zapojení bylo optimalizováno na běžně dostupnou součástkovou základnu a zároveň byl sledován průchozí útlum, dobré impedanční přizpůsobení a dostatečná strmost potlačení. Porovnáním simulačních výsledků a odměřením reálného zapojení docházíme k rozumné shodě, kdy drobná odchylka potlačení směrem k vyšším kmitočtům je již ovlivněna parazitními parametry součástek (například mezizávitovou kapacitou indukčnosti). Praktickými pokusy bylo prokázáno, že v případě miniaturizace zapojení, použitím speciálních součástek v malých pouzdrech a při použití kvalitnějšího substrátu je možné realizovat různé druhy filtrů za pomoci diskretních součástek až na hranici 1 GHz. Zároveň platí, že čím vyšší kmitočtové pásmo, tím je potřeba zachovávat vyšší pečlivost při realizaci a především při vlastním nastavování.

### **Praktická realizace:**

Celý filtr je umístěn v duralové krabičce vyrobené na míru GTH02 o rozměrech cca 50 x 50 mm, ve které je umístěn vlastní plošný spoj o rozměru cca 40 x 40 mm. Důvodem k tomuto řešení je lepší mechanická a teplotní stabilita, ale je možné úspěšně použít i jiné mechanické provedení. Další nezanedbatelnou výhodou je snadné zachování osy vysokofrekvenčního konektoru a zachování vlnové impedance v celé cestě připojení. Konektor je zároveň robustně spojen s celým filtrem a nehrozí tak „kroucení“ filtru při montáži koaxiálních propojek. Dále je možné s úspěchem použít pro spojení s duralovou krabičkou s vyvýšeným dnem a vlastním plošným spojem malé samořezné šroubky, které nám nahrazují zemní prokovky. Takto je možné elegantně získat kvalitní zemní spojení. Vlastní mechanické provedení je patrné z přiložených obrázků.

Na vlastní plošný spoj je použit běžně dostupný oboustranný substrát FR4 a součástky C1 a C2 jsou SMD MLCC kondenzátory o rozměru 1206. Na pozici prvku C3 je použit vhodný kapacitní trimer, kdy vzhledem k dlouhodobé stálosti a mechanické robustnosti jsou použity kvalitní trimery s PTFE dielektrikem a pozlaceným rotorem. Pro 144 MHz byl použit kapacitní trimer s rozsahem do cca 45 pF a na 432 MHz trimer s maximální kapacitou cca 20 pF.

### **Navíjecí předpis cívek:**

Cívka	144 MHz	432 MHz
L1 a L2	5 závitů CuL 0,8 mm na průměru 5 mm	9 závitů CuL 0,8 mm na průměru 5 mm

### **Závěr:**

Cílem článku bylo ukázat jedno z možných řešení za použití běžně dostupných součástek. Pro naladění je vhodné použít VNA (Vector Network Analyzer), pomocí kterého je možné snadno pásmové propusti naladit. Je vhodné nastavit i vhodnou indukčnost ve vázaných rezonančních obvodech postupným stlačováním případně roztahováním cívek L1 a L2 a zároveň pomocí kapacitního trimru na pozici C3. Vhodným nastavením je možné dosáhnout

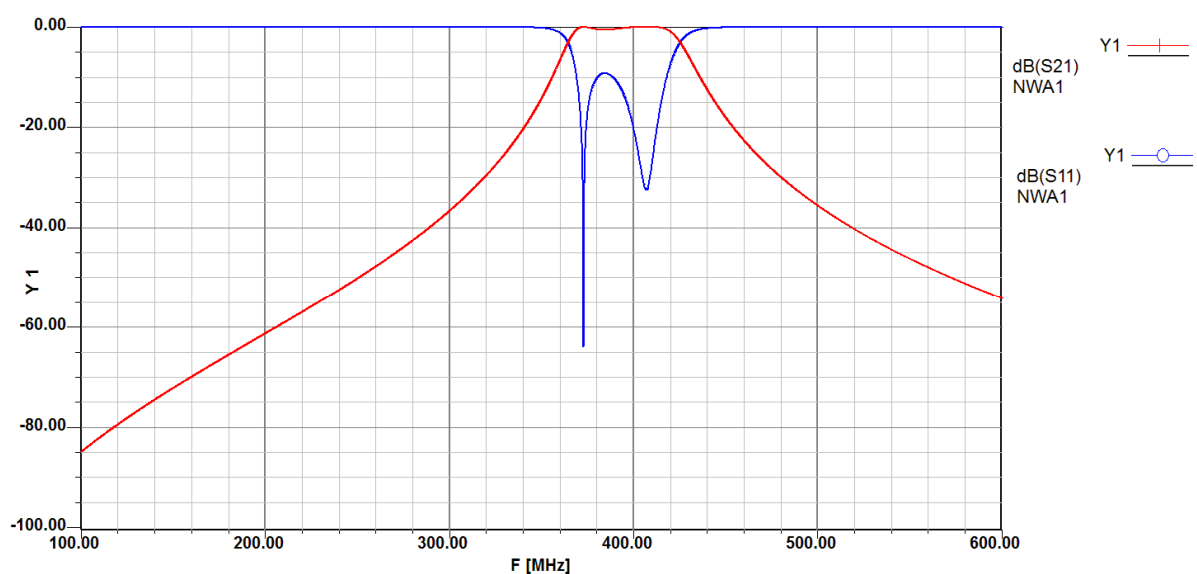
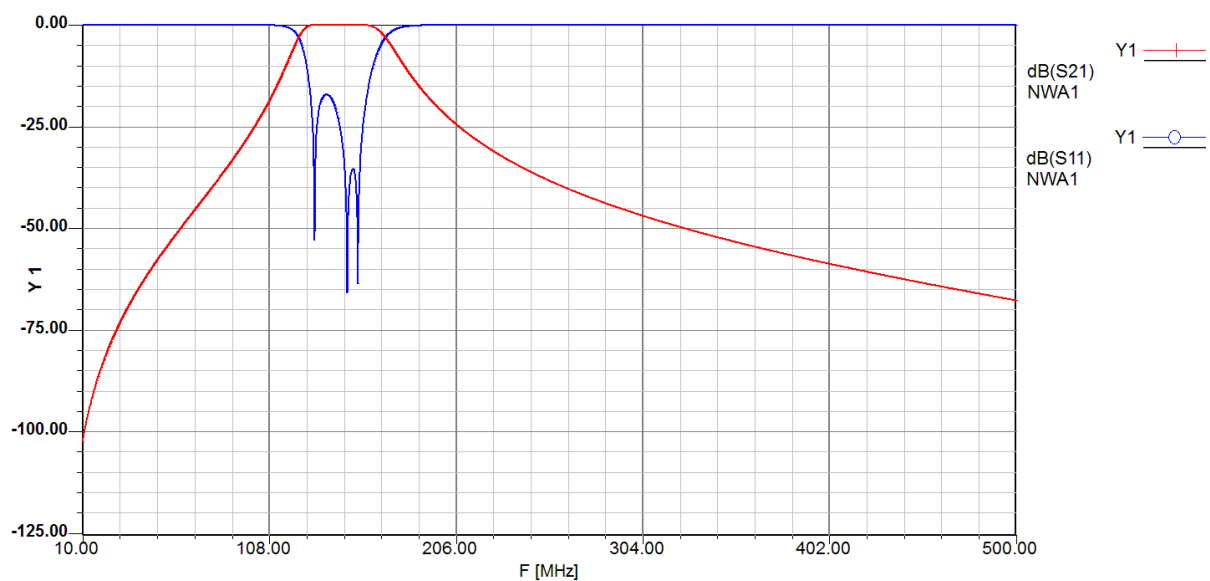
průchozího útlumu okolo 1 dB v případě 144 MHz (2 dB pro 432 MHz) a PSV na obou portech pod 1,5. Z hlediska průchozího výkonu jsou tyto filtry určeny především pro přijímací cestu a maximální průchozí výkon bude odhadem někde do 1 W (30 dBm). V případě zájmu je možné dodat hotové a nastavené filtry uvedených parametrů, případně i filtry jiných typů a vlastností podle zadání.

### Odkazy:

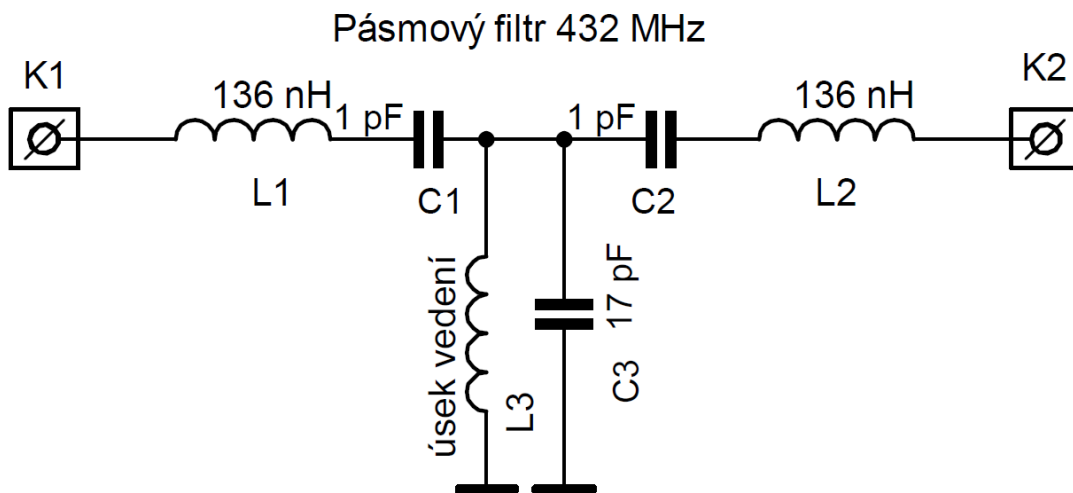
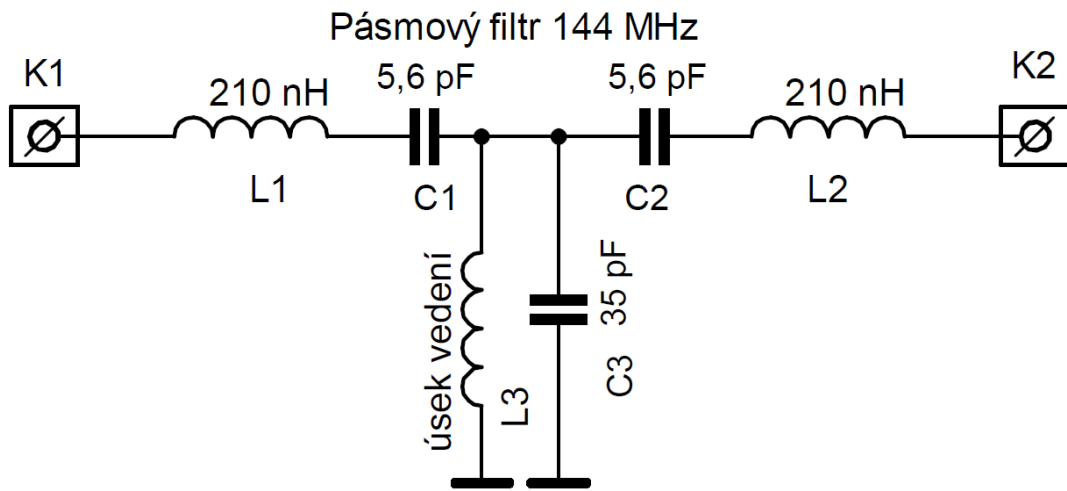
[1] <http://www.gunthard-kraus.de>

[2] <https://www.minicircuits.com/pdfs/PGA-103+.pdf>

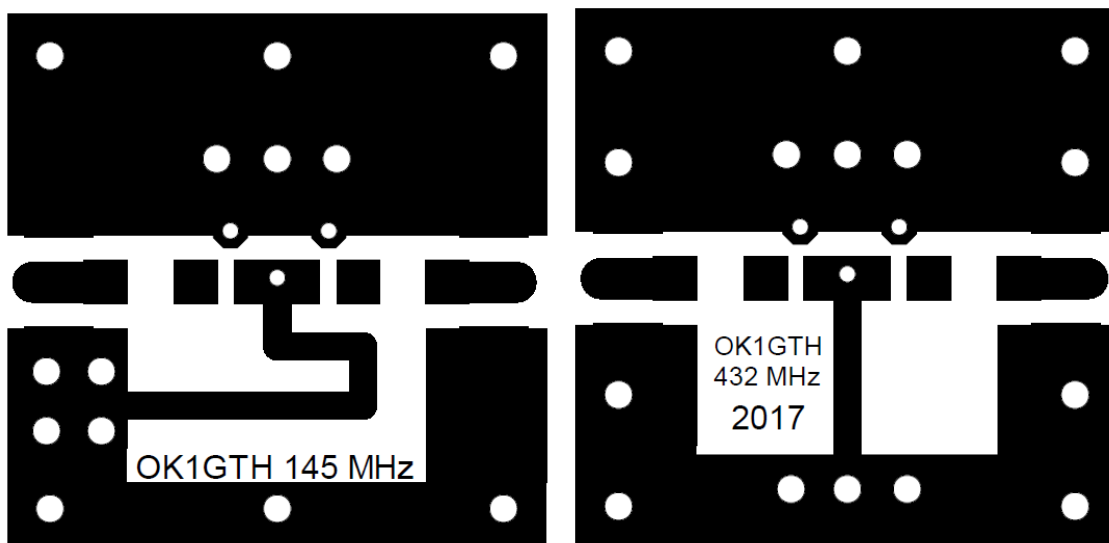
[3] <https://www.minicircuits.com/WebStore/Filters.html>



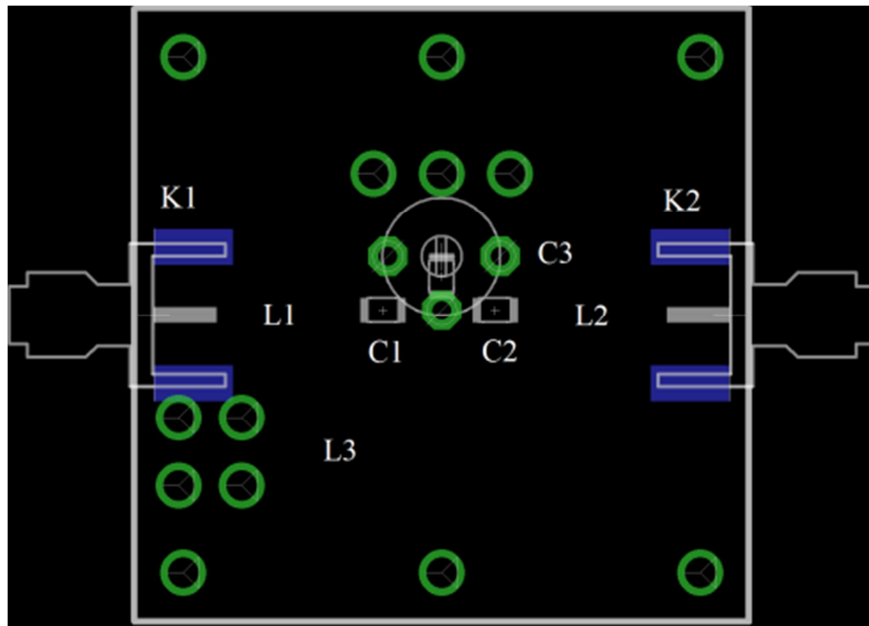
Obr. 1 Simulovaný průběh parametru S11 a S21 v pásmu 10 – 500 a 100 – 600 MHz



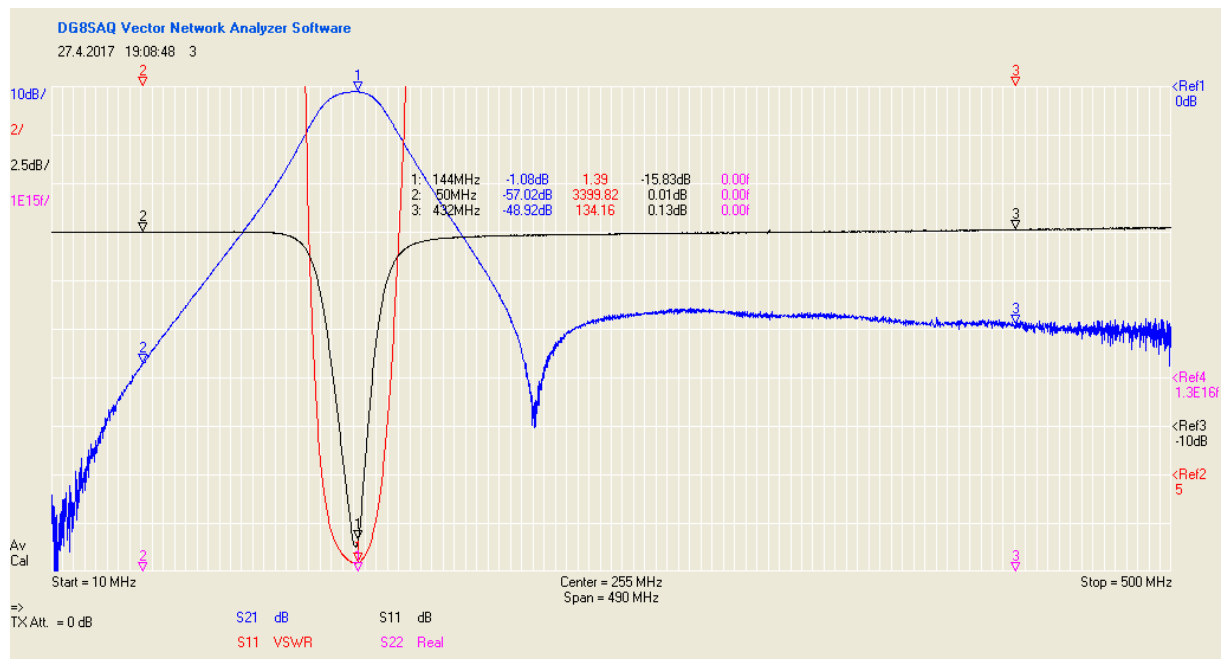
Obr. 2 Zapojení filtrů pro 144 a 432 MHz

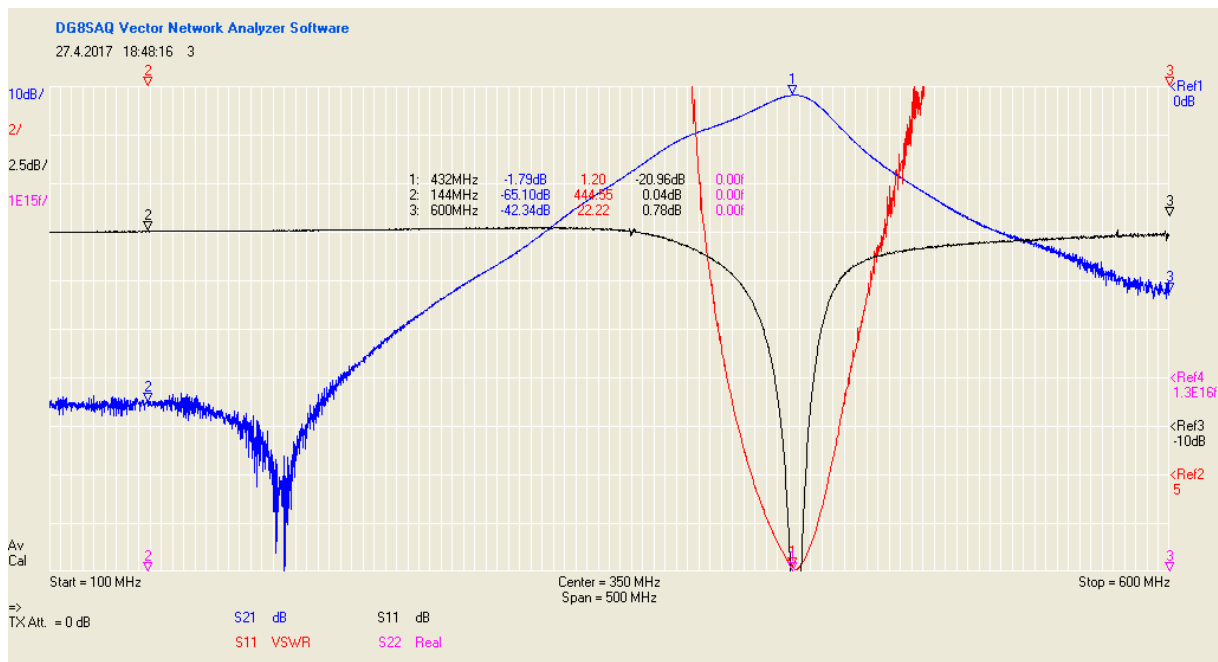


Obr. 3 Motiv plošného spoje filtrů pro 144 a 432 MHz o rozměru 40 x 40 mm



Obr. 4 Osazení plošného spoje filtrů pro 144 a 432 MHz o rozměru 40 x 40 mm





Obr. 5 Změřené parametry filtrů jako S21, S11 a PSV v pásmu 10 – 500 a 100 – 600 MHz



