

DESIGN OF MICROSTRIP FILTERS

Josef Lapčík

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT
E-mail: xlapci00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Dřínovský

E-mail: drino@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

This project is concerning in usage and design of microstrip filters. Design of bandpass filter is described. Results of filter analysis from program *Ansoft Designer* and results of measurement on vector network analyzer are presented.

1. ÚVOD

Mikrovlnné filtry jsou velmi důležité na vstupu nízkošumového zesilovače na přijímací straně komunikačního řetězce. Anténou je totiž přijímána směs signálů, z nichž je zapotřebí vybrat pouze to pásmo kmitočtů, které obsahuje užitečný signál.

Filtry tedy pracují na velmi vysokých kmitočtech v řádu jednotek GHz a použitelností zasahují tak do pásma ultra krátkých vln (UKV) až super krátkých vln (SKV), kde je délka vlny relativně krátká a je srovnatelná s rozměry komponentů, ze kterých jsou elektronické obvody sestaveny. Klasické cívky a kondenzátory tedy nelze na těchto kmitočtech používat. U cívek vznikají velmi vysoké ztráty ve feritovém jádru a významné jsou též vzájemné kapacity mezi závity. Z toho plyne, že při těchto kmitočtech samotná indukčnost nemusí ani převládat ve výsledných vlastnostech cívky. V případě kondenzátorů dochází ke značným ztrátám v použitém dielektriku a vlastní indukčnosti přívodů mohou taktéž převládnout nad samotnou kapacitou kondenzátorů.

Z výše uvedených důvodů bývají indukčnosti a kapacity realizovány pomocí úseků vedení. Při návrhu budou konkrétně využita vedení mikropásková.

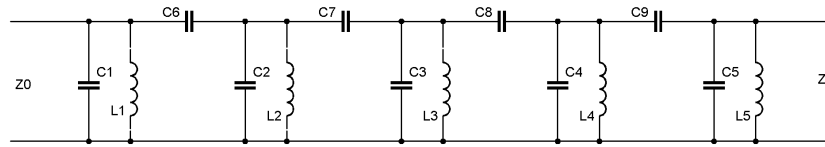
2. ROZBOR

Pro návrh filtru je stěžejní volba substrátu. Dolní strana je spojitě pokovena a je uzemněna. Horní strana substrátu slouží k vytvoření planárního motivu filtru. Z důvodu velmi dobré stability byl zvolen materiál N25 s relativní permitivitou $\epsilon_r = 3,28$ a tloušťkou 1,56 mm.

2.1. NÁVRH MIKROPÁSKOVÉ PÁSMOVÉ PROPUSTI

Na obrázku 1 je znázorněno schéma pásmové propusti 5. řádu, která je koncipována jako kaskáda paralelních rezonančních obvodů, mezi nimiž je navíc kapacitní vazba. Rezonanční obvody realizujeme pomocí půl-vlnných *U-rezonátorů* (neboli tzv. *hairpin* rezonátorů) a kapacitní vazbu snadno pomocí jejich vzájemného odstupu. Motiv odpovídajícího mik-

ropáskového filtru je znázorněn na obrázku 2. Pásky na vstupu a výstupu filtru jsou navrženy tak, aby jejich charakteristická impedance byla 50Ω .



Obrázek 1: Elektrické schéma pásmové propusti 5. řádu.



Obrázek 2: Motiv mikropáskového filtru odpovídající elektrickému schématu na obrázku 1.

Pásmová propust má mít šířku pásma 20 % ($FBW = 0,2$) a střední kmitočet $f_0 = 2$ GHz. Zvlnění v propustném pásmu pod 0,1 dB. Při určování rozměrů mikropáskových úseků se vychází z aproximace Čebyševova průběhu přenosové charakteristiky a pátého řádu filtru, pro něž platí následující hodnoty prvků prototypové dolní propusti:

$$g_0 = g_6 = 1, \quad [-] \quad (1a)$$

$$g_1 = g_5 = 1,1468, \quad [-] \quad (1b)$$

$$g_2 = g_4 = 1,3712, \quad [-] \quad (1c)$$

$$g_3 = 1,9750, \quad [-] \quad (1d)$$

Uvedené hodnoty platí pro normovaný mezní kmitočet $\Omega_C = 1$.

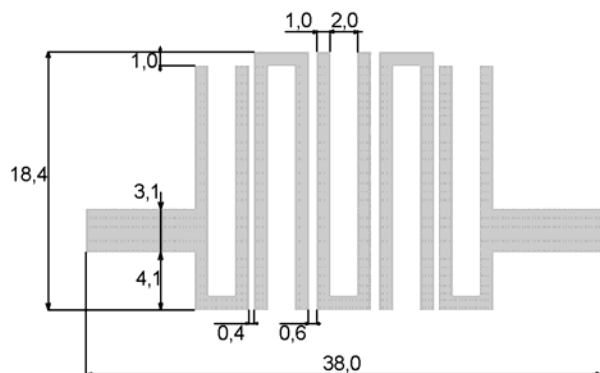
Z hodnot g_0 až g_6 a Ω_C dolní propusti lze určit parametry pásmové propusti - Q_{e1} až Q_{en} (činitele vnější kvality rezonátorů na vstupu a výstupu) a $M_{i,i+1}$ (činitele vazby mezi sousedními rezonátory). Rozměry rezonátorů závisejí přitom na parametrech vybraného substrátu pro výrobu filtru.

2.2. VÝSLEDNÁ MIKROPÁSKOVÁ PÁSMOVÁ PROPUST A JEJÍ ANALÝZA

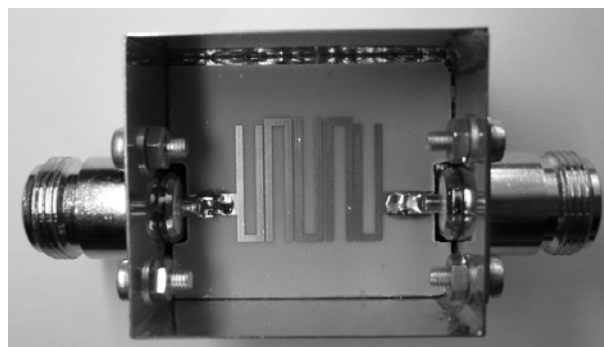
Návrh filtru je kompletní, zbývá však ověřit jeho vlastnosti s pomocí programu *Ansoft Designer*. Program nabízí k ověření návrhu tři různé nástroje. Využijeme z nich modul pro modelování planárních struktur momentovou metodou – numerická analýza.

Filtr namodelujeme podle obrázku 3 znázorňujícího rozměry výsledného návrhu. Vstupní a výstupní rezonátor je mírně zkrácený kvůli vyvážení účinku přizpůsobovacích mikropásků k vedlejšímu rezonátoru. Vstupní a výstupní úseky mikropásku jsou prodlouženy kvůli technologickým požadavkům. Na obrázku 4 je již vyfocena praktická realizace pásmové propusti.

V programu provedeme analýzu ve frekvenčním rozsahu 1,5 až 3,6 GHz, abychom získali komplexní představu o chování filtru ve frekvenčním pásmu, pro něj je určen. Výsledek analýzy je znázorněn na obrázku 5.

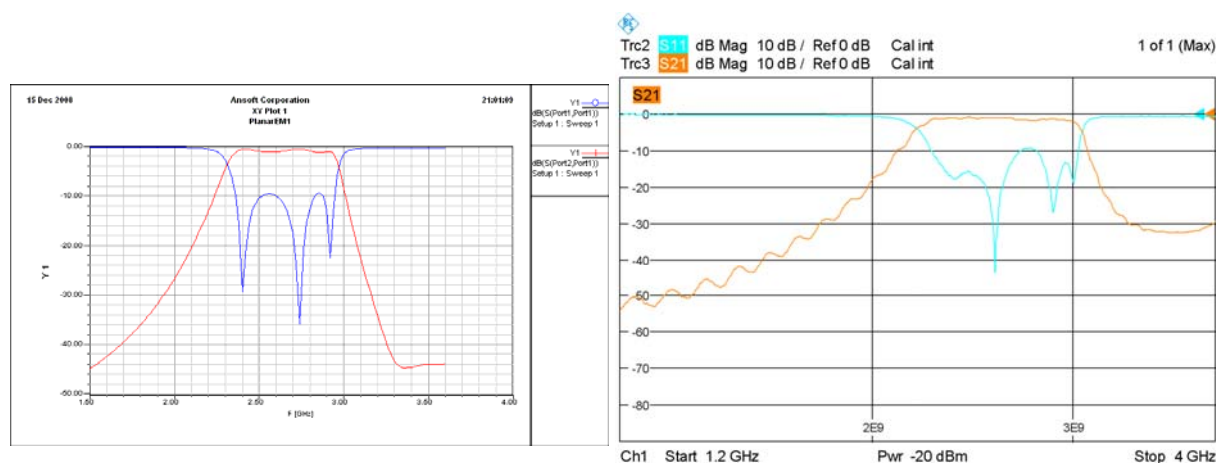


Obrázek 3: Motiv navržené pásmové propusti. Rozměry jsou uvedeny v [mm].



Obrázek 4: Praktická realizace mikropásmové pásmové propusti s konektory typu N.

Nyní zbývá ověřit výsledek numerické analýzy v programu Ansoft Designer analýzou samotného filtru vektorovým obvodovým analyzátozem R&S ZVL. Výsledek je znázorněn na obrázku 6.



Obrázek 5: Analýza pásmové propusti pomocí numerické analýzy planárních struktur. Modře závislost $s_{11} = f(f)$, červeně $s_{21} = f(f)$.

Obrázek 6: Analýza pásmové propusti vektorovým obvodovým analyzátozem. Zeleně závislost $s_{11} = f(f)$, oranžově $s_{21} = f(f)$.

3. ZÁVĚR

Výsledek analýzy z vektorového obvodového analyzátozu odpovídá výsledkům numerické analýzy filtru v programu *Ansoft Designer*. Odlišnost je v mírném zvýšení středního kmitočtu o přibližně 50 MHz. Zcela stejný není průběh parametru s_{11} v pásmu propustnosti, což ovšem nemá zásadní vliv na použitelnost filtru.

LITERATURA

- [1] Hong Jia-Sheng, Lancaster M. J., *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*. John Wiley & Sons, Inc., 2001, ISBN 0-471-38877-7
- [2] Raida Z., *Počítačové řešení komunikačních systémů*. Elektronické skriptum, Brno: FEKT VUT v Brně, 2002