

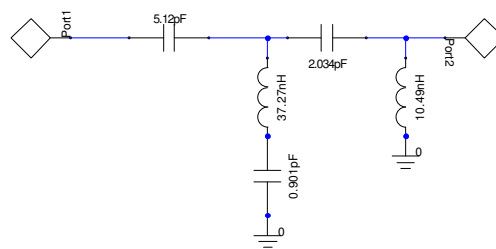
Zadání

Navrhněte a realizujte horní propust se zlomovou frekvencí 950 MHz, která bude vykazovat 1 dB zvlnění v propustném pásmu a útlum na frekvencích menší než 862MHz větší než 10 dB. To vše navrhněte pro zatěžovací a generátorovou impedanci 75Ω (tj. pro TV distribuce signálu) s RF konektory F. Celý filtr realizujte na substrátu z materiál FR4 s relativní permitivitou $\epsilon_r = 4,5$ a $\text{tg}\delta = 0,02$. Tloušťka substrátu je $h = 1,5$ mm a mědi 17 μm .

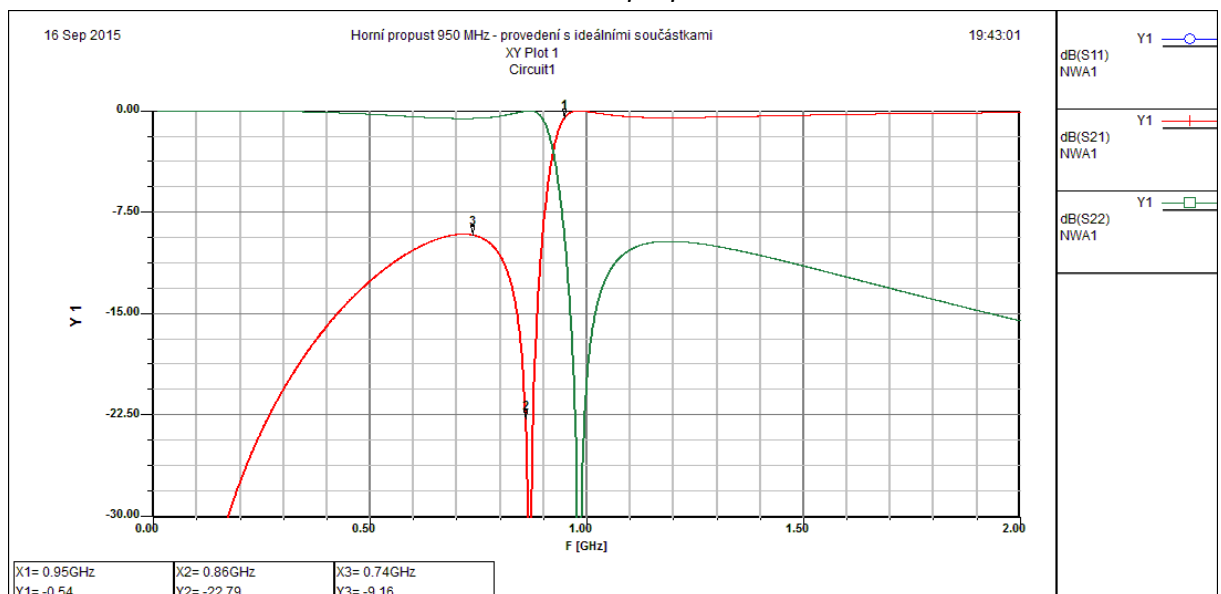
Doporučení: Navrhněte horní propust eliptické aproximace s řádem frekvenční charakteristiky 4 a se zvlněním v propustném pásmu 0.5 dB.

Řešení

- 1) Pomocí programu Nuherz Filter 5.1 byla navržena topologie ideální dolní propusti požadovaného řádu, které odpovídá schéma z obrázku obr.1. Vlastnosti této topologie byly ověřeny v programu Ansoft designer a výsledné S parametry jsou zobrazeny na obrázku obr.2

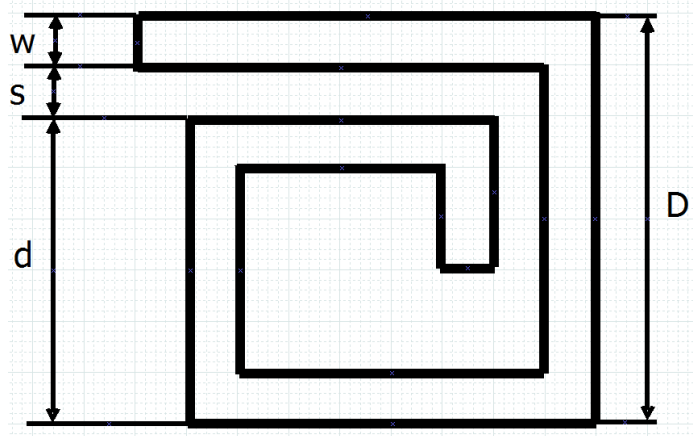


Obr.1 Schéma ideální horní propusti 950 MHz



Obr.2 Výsledné S-parametry ideální horní propusti 950 MHz.

- 2) Dále bylo nezbytné navrhnut napájecí vedení 75Ω , což bylo provedeno pomocí programu TX-line. Pro uvažovaný substrát vychází tloušťka mikropáskového vedení $w = 1,28\text{ mm}$ (1 GHz).
- 3) Dále byly ideální prvky (kondenzátory a cívky) nahrazeny odpovídajícími reálnými komponenty, reprezentované jejich S-parametry. Kondenzátory byly vybrány vždy nejbližší z běžně používané řady, viz. tabulka tab.1. Cívky pak byly navrženy pomocí planárních kvadratických spirál dle následujícího postupu.



Obr.3 Jeden závit kvadratické spirály

Indukčnost kvadratické spirály se určí dle následujícího vztahu:

$$L = 6 \frac{(D+d)^2 \cdot N^2}{15D - 7D}$$

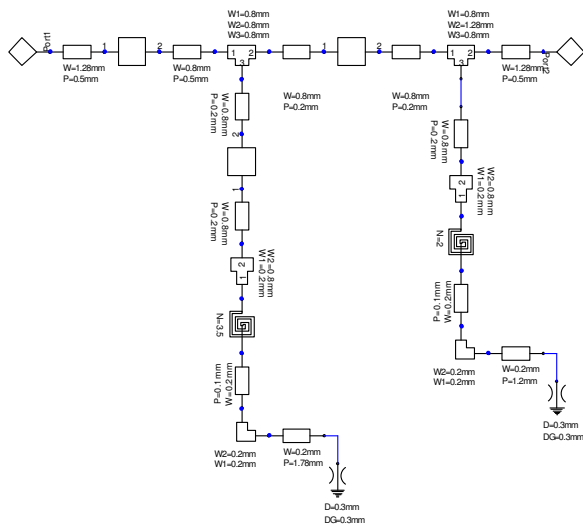
$$D = d + 2N(w + s) + w - s$$

N – poč. závitů

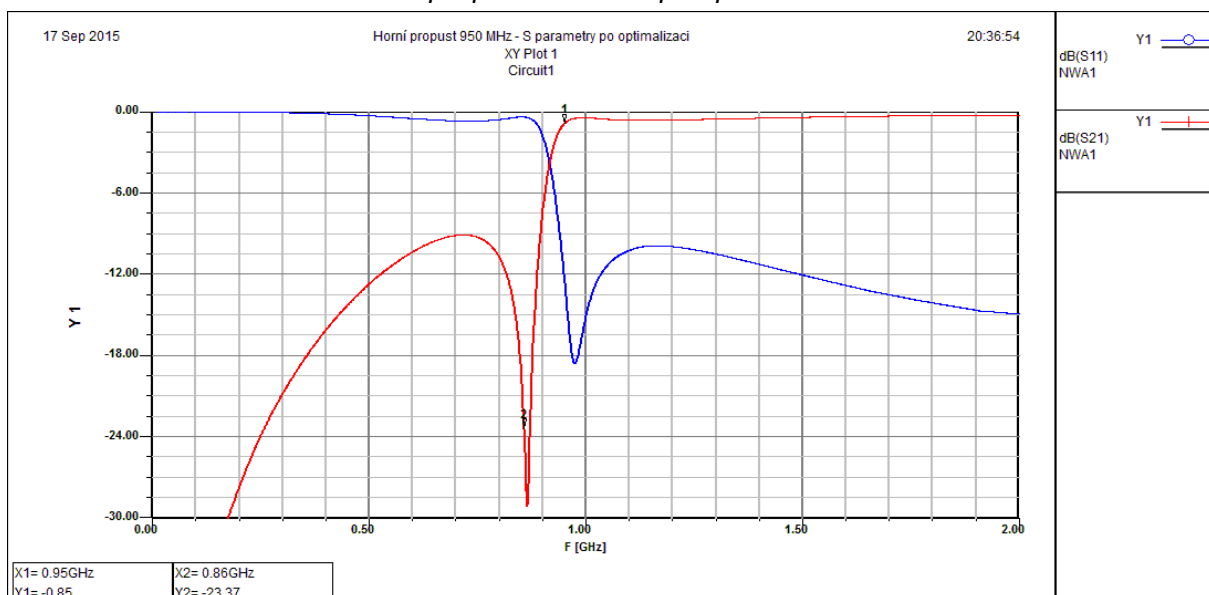
Interakční metodou jsme určily počty závitů navrhovaných cívek, které jsou taktéž shrnuty v následující tabulce Tab.1.

Ideální filtr	Pro optimalizaci
C 5.120 pF	C0603 5p6
C 2.034 pF	C0603 2p2
C 0.901 pF	C0603 1p0
L 37.27 nH	KVS N = 4 záv.
L 10.41 nH	KVS N = 2 záv.

- 4) Tento filtr byl realizován v programu Ansoft designer s následující topologií, která je zobrazena na obrázku Obr.4. Průběhy S-parametrů je možno vidět na Obr.5. Výsledné vlastnosti ještě nevyhovují zadání, proto bylo nezbytné provést optimalizaci.



Obr.6 Horní propust 950 MHz po optimalizaci

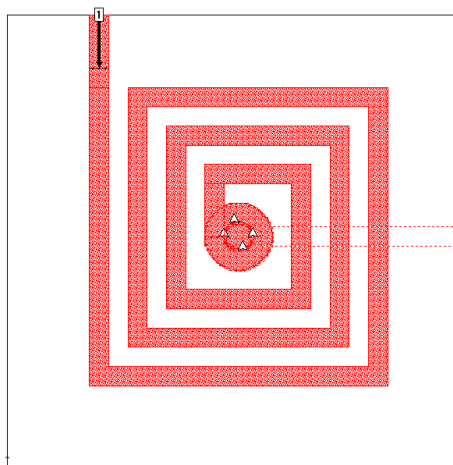


Obr. 7 Výsledné S parametry horní propusti 950 MHz po optimalizaci

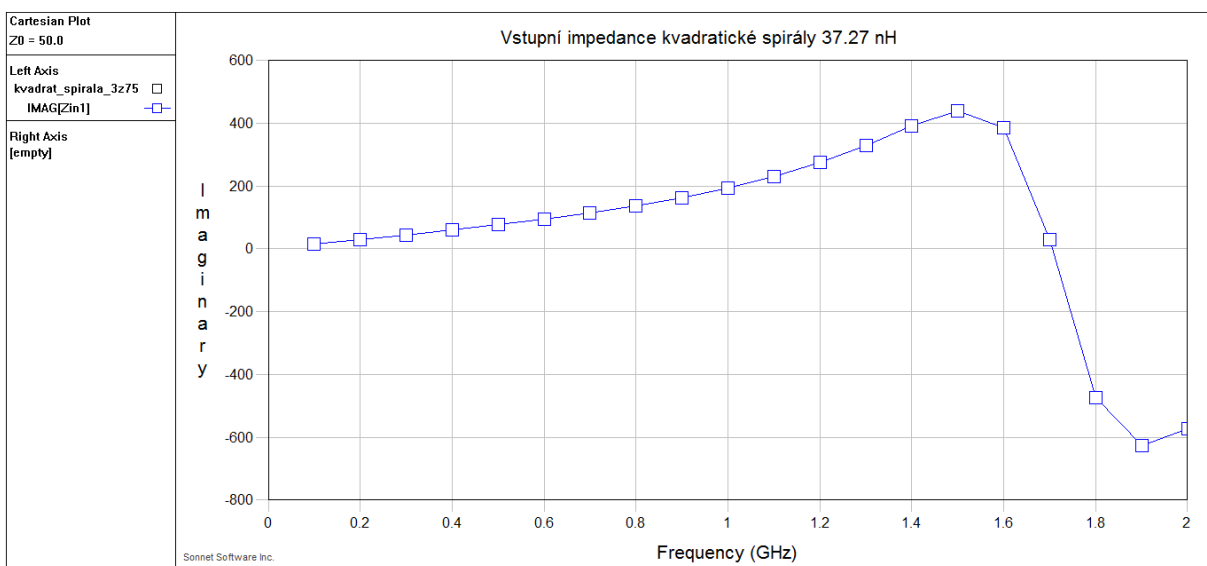
Ideální filtr	Před optimalizací	Po optimalizaci
C 5.120 pF	C0603 5p6	C0603 5p6
C 2.034 pF	C0603 2p2	C0603 2p2
C 0.901 pF	C0603 1p0	C0603 1p0
L 37.27 nH	KVS N = 4 záv.	KVS N = 3.75 záv.
L 10.41 nH	KVS N = 2 záv.	KVS N = 2 záv.

Tab.2 Hodnoty jednotlivých prvků v různé fázi návrhu

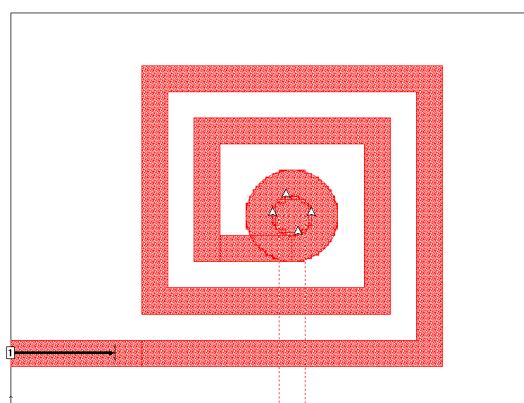
6) Jelikož byly v Ansoft designeru použity pouze lineární modely kvadratických spirál, bylo nezbytné provést analýzu těchto planárních obvodů v 2.5D simulátoru elektromagnetického pole. Pro tento účel byl použit program Sonnet 15.53 Lite. Výsledné optimalizované motivy pro kvadratickou spirálu 37,27 nH a 10,41 nH jsou zobrazeny na obrázcích Obr.8 a Obr.9.



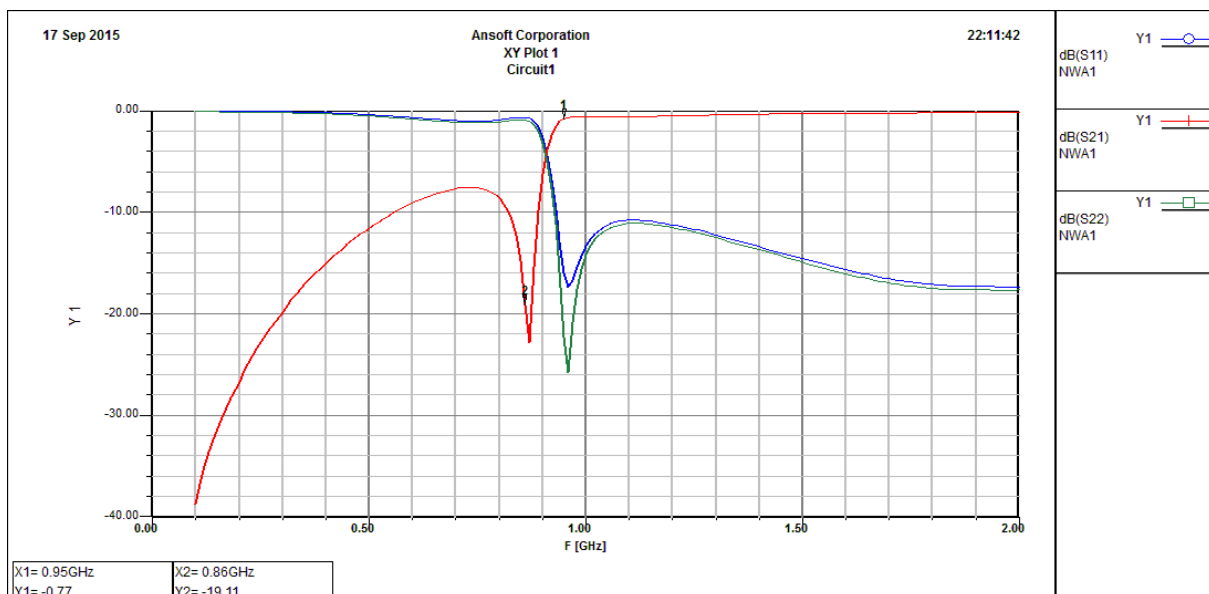
Obr.8 Kvadratická spirála 37,27 nH v programu Sonnet



Obr. 9 Imaginární část impedance kvadratické spirály 37,27 nH v programu Sonnet



Obr.10 Kvadratická spirála 10,41 nH v programu Sonnet

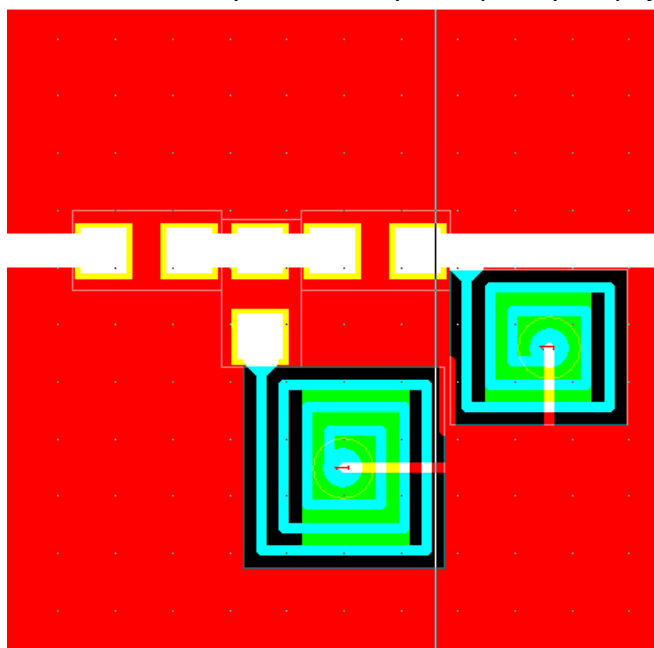


Obr.13 Výsledná S-parametry optimalizované horní propusti 950 MHz

Ideální filtr	Před optimalizací	Po optimalizaci	Po sim. v Sonnetu
C 5.120 pF	C0603 5p6	C0603 5p6	C0603 5p6
C 2.034 pF	C0603 2p2	C0603 2p2	C0603 2p2
C 0.901 pF	C0603 1p0	C0603 1p0	C0603 1p0
L 37.27 nH	KVS N = 4 záv.	KVS N = 3.75 záv.	KVS N = 3 záv.
L 10.41 nH	KVS N = 2 záv.	KVS N = 2 záv.	KVS N = 2 záv.

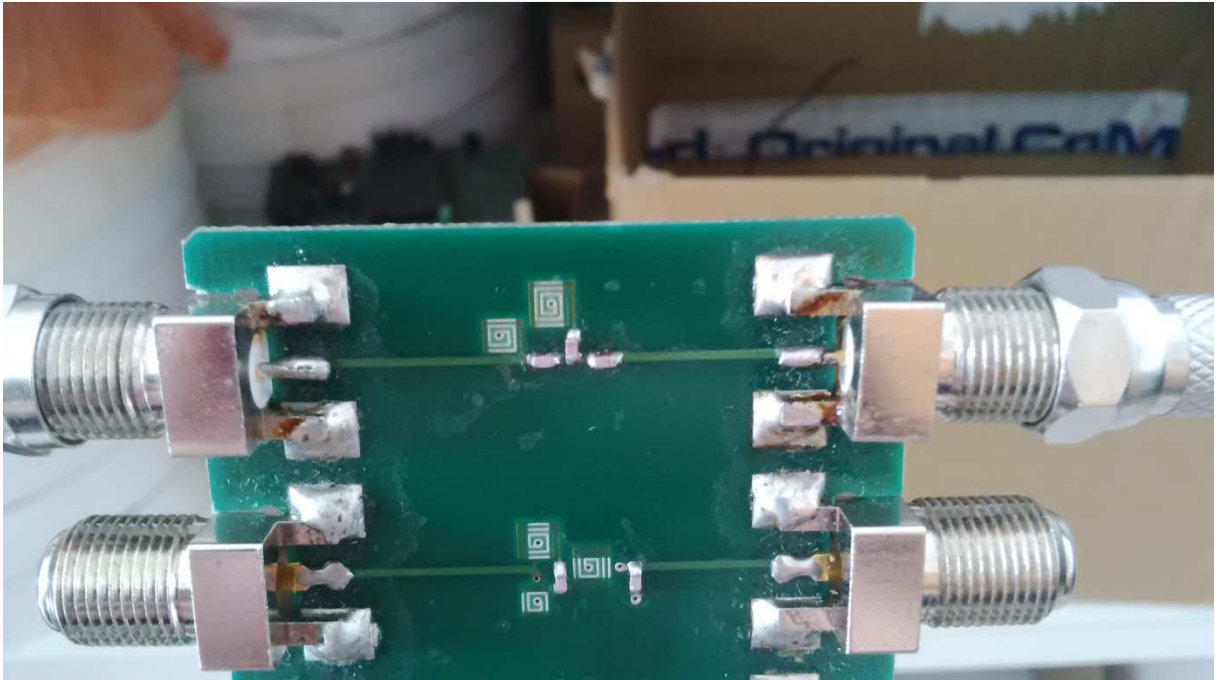
Tab.3 Závěrečné shrnutí hodnot jednotlivých prvků v různé fázi návrhu

- 8) Navržený a optimalizovaná horní propust byla namalovaná v návrhové systému OrCAD (detail motivu je zobrazen na obrázku Obr.14), ze kterého byla vygenerovaná technologická Gerber data, která byla zaslána výrobcí plošných spojů.

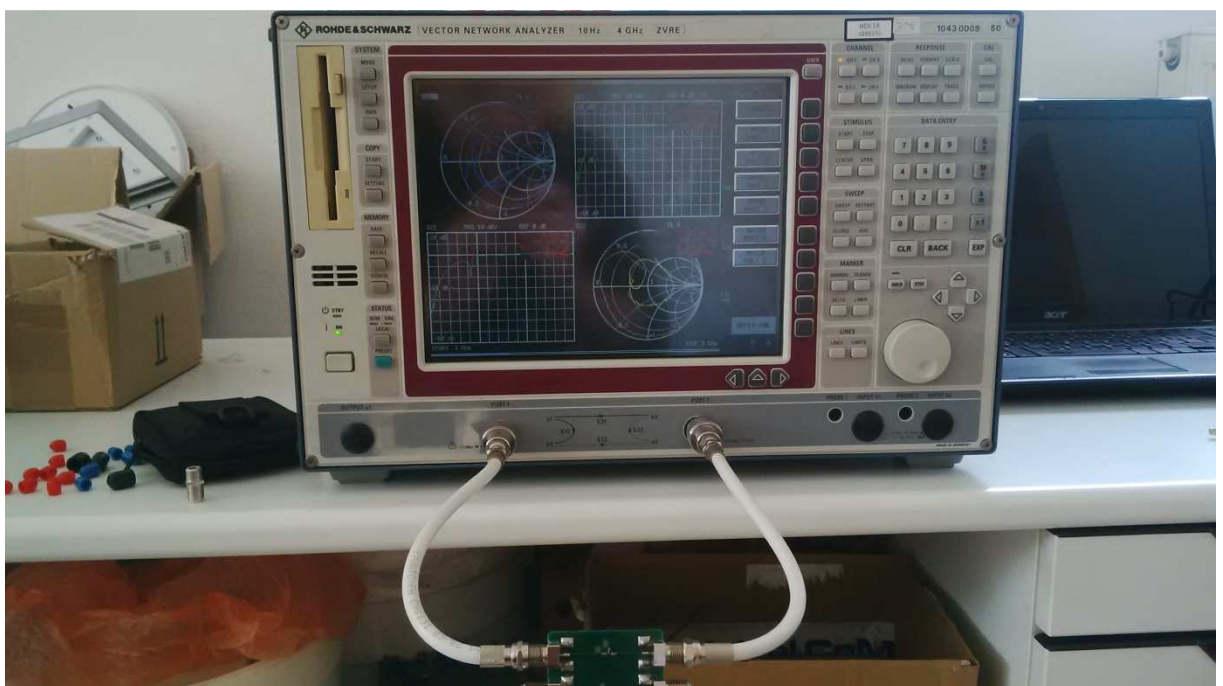


Obr.14 Motiv horní propusti 950 MHz v návrhovém systému OrCAD

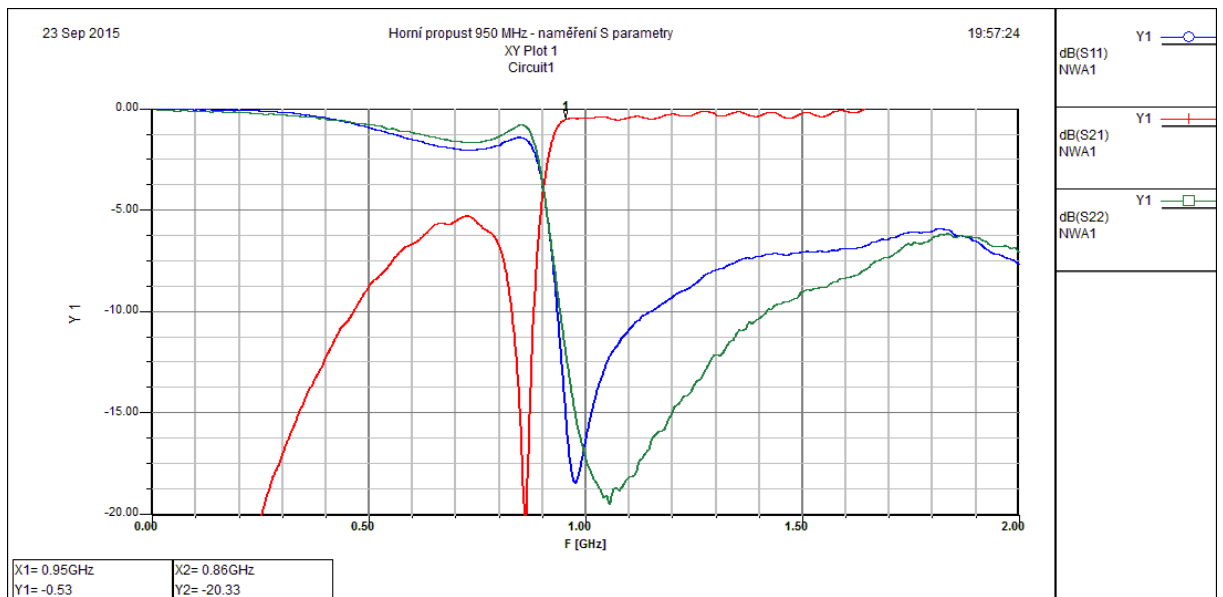
- 9) Vyrobený plošný spoj byl osazen a změřen na obvodovém vektorové analyzátoru (viz. Obr.15 -16) s výslednými S –parametry z Obr.18. Pro dosažení uvedených parametrů nebyla potřeba žádná dodatečná modifikace.



Obr.15 Realizovaná horní propust 950 MHz na plošném spoji



Obr.16 Měřicí pracoviště



Obr.17 Naměřené S parametry zrealizované horní propusti

10) Závěr