

MICROWAVE INTERDIGITAL STRUCTURE (CAD MODELING)

Jiří PRUDÍK, Bachelor Degree Programme (3)
Dept. of Radio Electronics, FEEC, BUT
E-mail: xprudi02@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Prof. Jiří Svačina

ABSTRACT

The paper presents a simplified modeling strategy for simulating multiple-line TEM structures such as interdigital ones by using single and symmetric coupled lines. The method presents an effective support for microwave engineering on interdigital filters. The paper contains an example of microwave CAD modeling through the use of the PUFF program. By this modeling it is possible to use low-cost CAD programs to complement classroom work.

1 ÚVOD

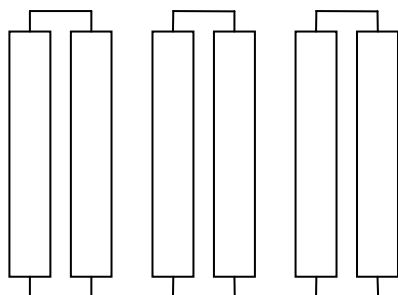
Tento příspěvek se zabývá návrhem složených planárních struktur, jako jsou hřebenové filtry, meandrovitá vedení nebo složená pásková vedení v kmitočtových pásmech nad 1GHz pomocí jednoduchých simulačních prostředků CAD. V mém příspěvku jsem se zaměřil zejména na výpočet a simulaci interdigitální páskové struktury [2].

Návrhy uvedených struktur jsou velmi složité a dostupné programy jsou ekonomicky nákladné, proto pro návrh a simulaci využívám program PUFF, který patří do kategorie jednodušších a levnějších. Abych byl schopný obvod navrhnout a simulovat v programu PUFF, bude složen z jednoduchých elementárních vedení. Tento způsob je použitelný pro vlnu TEM (a tedy i struktury obvodu tomu odpovídající). Základem je používání obvodových prvků, které nemají vzájemně mezi sebou parazitní kapacitní složky, které by zásadním způsobem změnili průběh celého výpočtu a částečně i charakter obvodu.

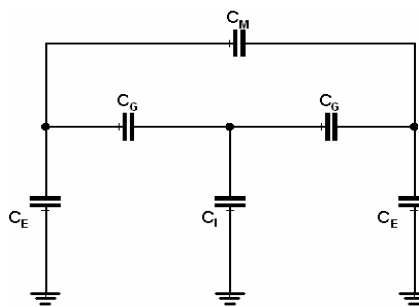
2 ROZBOR

V našem případě se jedná o návrh paralelní třístupňové interdigitální struktury, jejíž ekvivalentní model je naznačen na obr. 1. Náhradní schéma na obr. 2 odpovídá kapacitním složkám ve struktuře. V praxi se jedná o šest rovnoběžných mikropásků, z nichž vytvoříme tři dvojice jejich propojením pomocí přídatných vodičů.

Zde C_m symbolizuje parazitní kapacitní složku a pro výpočet musí být zanedbána, protože uvažuji mezi strukturou bezeztrátové prostředí, pro jednoduchost výpočtu. Každá z kapacit připojených na zem je rozdělena na dvě části, tomu odpovídá obr. 3.



Obr. 1: Ekvivalentní model



Obr. 2: Náhradní schéma

Centrální kapacita C_1 v obr. 2 je v obr. 3 rozdělena na dvě stejné části $C_2 = C_1/2$, důvod je zřejmý z obr. 1. Kapacity C_g (které jsou vůči sobě jako jediné zapojeny sériově) nahrazují ekvivalentním fyzikálním modelem. Kapacity C_1 a C_2 jsem rozdělil podle vztahu $C_1 = C_e - C_2$. Jak vidíme na obr. 3, výsledný reálný obvod je složen z 6 pásků propojených přenosovým vedením o rozdílných parametrech. Parametrem je impedance, která se pro vázané vedení (v programu PUFF je to součástka označená symboly **a, b, c, d**) určuje ze vztahu:

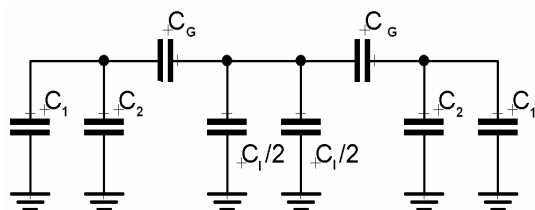
$$Z = \frac{2\beta}{\omega C_i} \quad \text{a} \quad Z = \frac{2\beta}{\omega(C_i + C_g)}$$

Jednoduché vedení (v programu PUFF je to součástka označená symboly **e, f**) podle:

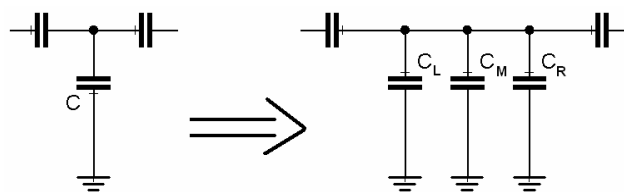
$$Z = \frac{2\beta}{\omega(2C_e - C_i)}$$

Kde β je fázová konstanta šíření vlny ve struktuře.

V případech použití vícestupňové struktury, například čtyřech a více pásků, je možné nahradit uzel dle schématu na obr. 4. V tomto případě je uzel (kondenzátory) C_L a C_R nahrazen dvojicí vázaného mikropáskového vedení (coupled) a prostřední uzel (C_M) jednoduchým vedením (single). Toho lze využít pouze tehdy, je-li součet C_r a C_l menší než C , protože při rozdělování kapacit podle uzlů musí být výsledná kapacita oproti zemi stejná jako bez rozdělení.



Obr. 3: Zjednodušené náhradní schéma



Obr. 4: Rozdělení uzlu na tři části

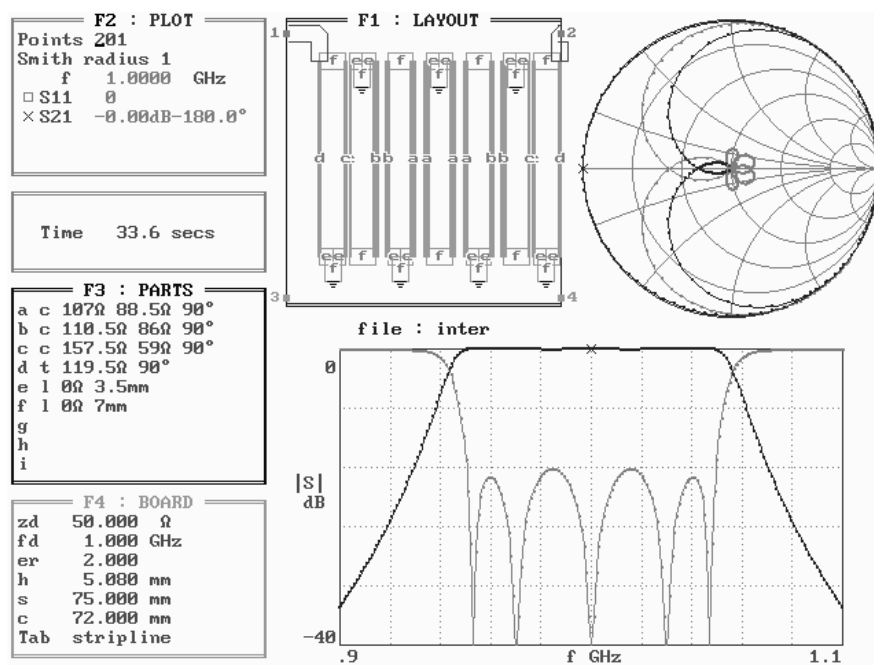
Ujistil jsem se, že daný obvod je správně navržený a mezi jednotlivými páskovými vedeními nevzniká příliš velký útlum, který by měl za následek ztrátu užitečného signálu, na základě toho, že je splněna impedanční podmínka a mezi sousedními oddělenými mikropásky není příliš velký vazební útlum.

3 PŘÍKLAD MODELOVÁNÍ A SIMULACE

Jako příklad jsem pomocí programu PUFF navrhl a modeloval pásmovou propust

s těmito požadavky: Střední pracovní kmitočet filtru 1 GHz, šířka pásma 10 % středního kmitočtu, odezva shodná s Chebyševovým filtrem (zvlnění 0.1 dB).

K návrhu jsem tedy použil 6 vázaných a dvou jednoduchých vedení. V obvodu je dodržena symetrie jednotlivých sousedních vedení. Výsledek návrhu v programu PUFF je na obr. 5.



Obr. 5: Výsledek simulace v programu PUFF

4 ZÁVĚR

Výpočtem jsem ověřil, že obvod splňuje všechny podmínky při charakteristické impedanci obvodu 50Ω a $\epsilon_r = 2$, impedanční podmínku a vazební útlum pohybující se okolo 3 dB mezi jednotlivými mikropáskami, které nejsou vodivě pospojovány. Zároveň musím uvažovat, že každá dvojice mikropásky (v programu PUFF to tedy budou například sousední vedení označená jako **a** v okně se schématem LAYOUT), které jsou galvanicky odděleny musí pracovat, jako protisměrný vazební člen, tzn. S_{11} a S_{41} nesmí být rovné nule, k vazbě musí vždy docházet mezi sousedními vedeními. Návrhem a simulací provedenou v programu PUFF na obr. 5 jsem získal výslednou frekvenční charakteristiku interdigitální struktury. Vzniklá pásmová propust má střed charakteristiky přesně na 1 GHz se šířkou pásma téměř 10 %, což odpovídá zadání. Nevýhodou programu PUFF, která vzniká na základě zjednodušeného výpočtu je, že reálný obvod v pásmu propustnosti bude mít nenulový útlum a větší zvlnění, ale jako dokumentace správné funkce tohoto zapojení, je simulace dostačující.

LITERATURA

- [1] Hanus, S. Svačina, J.: Vysokofrekvenční a mikrovlnná technika – přednášky. Skripta FEKT VUT v Brně. Brno: MJ Servis, 2004, 208 s.
- [2] Mazzarella, G.: CAD Modeling of Interdigitated Structures. IEEE Trans. on Education, 1999, č. 42, str. 81 – 87