

Technique de réalisation au G.E.I.I. de Marseille **FILTRE PASSE BAS EN TECHNIQUE MICROSTRIP**

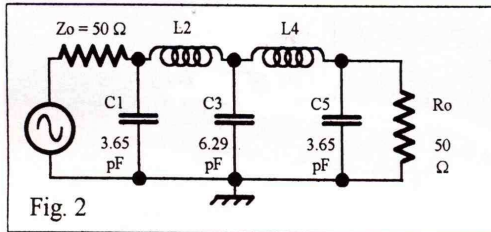
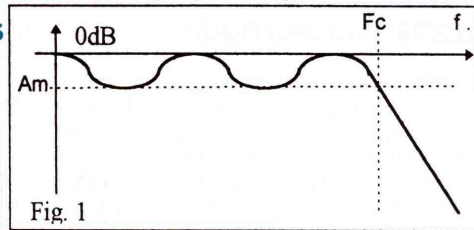
par Jean-Marie Mathieu et Michel Devaud, G.E.I.I. de Marseille

Suite à l'article paru dans G.E.S.I. n° 39, quelques collègues ont paru intéressés par les possibilités offertes par une CAO simple et exploitable rapidement en TR2 (PUFF). Voici de quoi alimenter leurs envies de réalisations. Construisons un filtre passe bas à 1 GHz en technique microstrip. Cet exemple sera l'occasion d'illustrer quelques notions abordées en G.E.I.I. 2^{ème} année, en particulier la synthèse d'un passe bas selon le modèle Tchebyshev avec des composants classiques, vérification par CAO du bon fonctionnement du filtre, exploitation des propriétés des lignes (constantes primaires L et C) pour réaliser les différentes réactances en microstrip, puis vérification par CAO de la version microstrip, enfin tirage cuivre epoxy du masque fourni par PUFF et passage en mesure (banc HP 8752A) et comparaison. Voyons de plus près les étapes.

I - SYNTHÈSE DU PROTOTYPE EN COMPOSANTS CLASSIQUES

Le modèle de Tchebyshev est caractérisé par une bande passante et des ondulations de l'atténuation comprises entre 0 et A_m avec une coupure F_c définie pour A_m (figure 1).

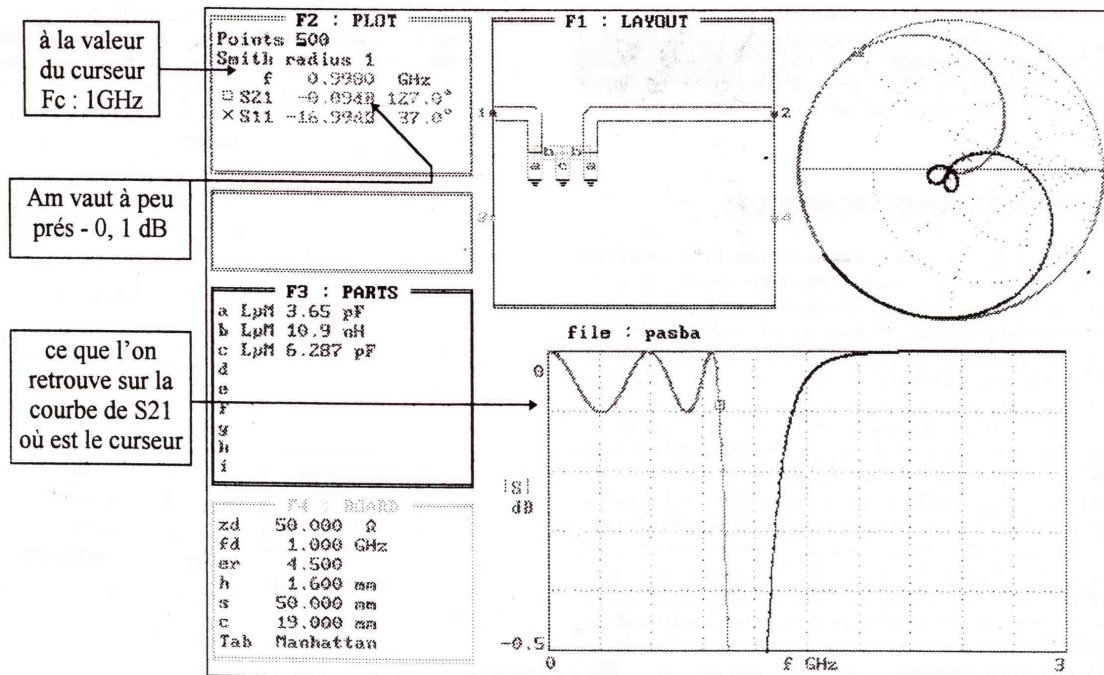
Choisissons une ondulation à 0.1 dB et F_c égale à 1 GHz, avec une réjection à $2F_c$ meilleure que 30dB. On en déduit l'ordre N égal à 5 et la structure (Mattaei, Combes).



Ainsi notre filtre comprend 5 réactances encadrées par une source et une charge de 50 ohms. Des tables classiques donnent pour $N=5$ et $A_m=0.1$ dB les valeurs des coefficients g_1 à g_5 représentant, pour les selfs la réactance réduite et pour les capacités la susceptance réduite ($L_i \omega c / Z_0$ et $C_i \omega c \cdot Z_0$). Soit $g_1=g_5=1,1468$ d'où $C_1=C_5=3,65$ pF, $g_2=g_4=1,3712$ d'où $L_2=L_4=10,91$ nH et $g_3=1,975$ d'où $C_3=6,287$ pF (figure 2).

II - VERIFICATION DU PROTOTYPE

L'écran de PUFF résume les données et le comportement du passe bas sous forme de transmission S_{21} et de réflexion S_{11} : le tout est conforme.



III - UTILISATION DES CONSTANTES PRIMAIRES DE LIGNES BIFILAIRES

Dans toute la suite notons les simplifications suivantes : la fréquence est assez haute pour considérer la self linéique L indépendante de la fréquence et les longueurs utilisées permettent de négliger les pertes (référence Combes).

Les équations de propagation conduisent au schéma équivalent, en impédance, d'un tronçon de ligne de longueur d (figure 3).

Exprimons dans ces conditions l'impédance de la branche horizontale et la susceptance des branches verticales (figure 4).

Les expressions des réactances se linéarisent tant que nous utiliserons des fréquences assez basses pour que $d/\lambda < 0.1$ (figure 5).

La nature des branches apparaît clairement sous forme d'une self $L = Z_c \cdot d/V$ et de deux capacités $C = d/2Z_c V$ (figure 5), valeurs rassurantes car elles s'écrivent aussi $L = L \cdot d$ et $C = C/d/2$!

On voit donc qu'en augmentant Z_c nous pourrions augmenter L et en même temps réduire C et donner un caractère selfique au petit tronçon.

Inversement en réduisant Z_c on fera dominer le caractère capacitif. Ces résultats, appliqués à un ruban conducteur de largeur W posé sur un diélectrique d'épaisseur e étaient prévisibles, en remarquant que la self linéique L (H/m) croît comme $\mu_0 \cdot e/W$ et que la capacité linéique C croît comme $\epsilon_{eff} \cdot W/e$.

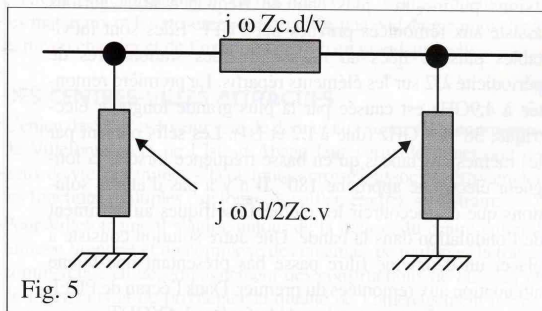
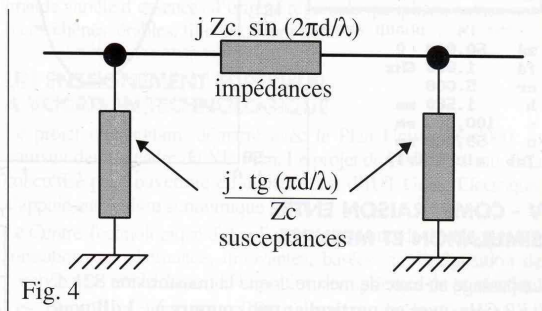
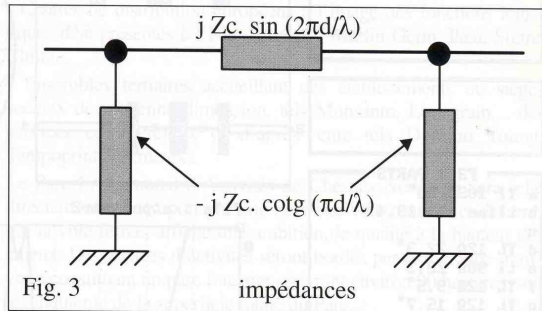
Les élèves peuvent en être convaincus par des mesures de L et C sur des lignes de différentes largeurs W . (Analyseur de réseaux).

Prenons deux exemples chiffrés, grâce à PUFF (GESI n° 39) :

deux lignes sans pertes de longueur électrique $\Theta=360^\circ$ à 1 GHz ($d=\lambda$), et d'impédance 105Ω puis 12Ω .

La commande "=" nous donne la taille pour chacune : **TLINE 105Ω 360° $d=163.86\text{mm}$ $W=0,503\text{mm}$** et (par calcul) une vitesse $V=1,64E8\text{m/s}$, une capacité linéique $C=57,6\text{pF/m}$, une self linéique $L=646\text{ nH/m}$ et respectivement : **TLINE 12Ω 360° $d=141,85\text{mm}$, $W=18,71\text{mm}$, $V=1,418E8\text{m/s}$, $C=587,5\text{pF/m}$, $L=84,6\text{nH/m}$.**

Gardons ces deux microstrips de 105Ω et 12Ω pour réaliser les éléments du filtre défini en 1.

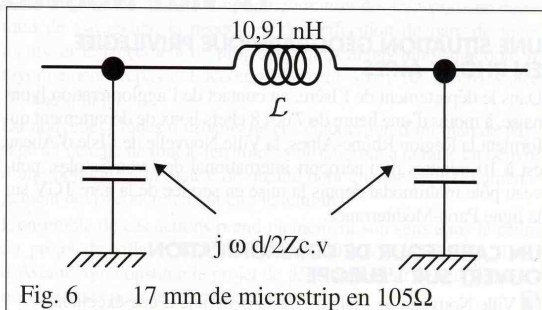


IV - CONCEPTION DU FILTRE AVEC DES TRONÇONS DE MICROSTRIP

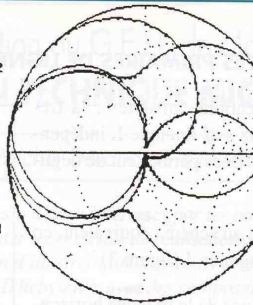
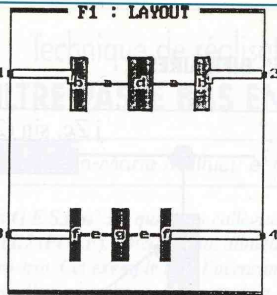
Commençons par créer les selfs L_2 et L_4 de $10,91\text{nH}$ avec du ruban de 105Ω de longueur : $d_2 = 10,91/646=17\text{mm}$ (38°), ce qui amène inévitablement aux deux extrémités de la self une capacité de $17\text{mm} \times 57,6\text{pF/m} = 0,51\text{pF}$ (figure 6).

Ces deux capacités de $0,51\text{pF}$ devront être retranchées de C_1 et C_3 qui encadrent L_2 , par conséquent à la place de C_1 et C_3 nous mettrons $C'_1 = C_1 - 0,51\text{pF} = 3,1\text{pF}$ à gauche de L_2 et $C'_3 = C_3 - 0,51\text{pF} - 0,51\text{pF} = 5,2\text{pF}$ à droite de L_2 (on retranche 2 fois $0,51\text{pF}$ car C_3 est encadrée par L_2 et L_4).

Nous réalisons C'_1 grâce à un petit tronçon en 12Ω de longueur $d_1 = 3,1/587,5 = 5,3\text{mm}$ ($13,4^\circ$) et C'_3 par un autre de longueur $d_3 = 8,78\text{mm}$ ($22,3^\circ$).

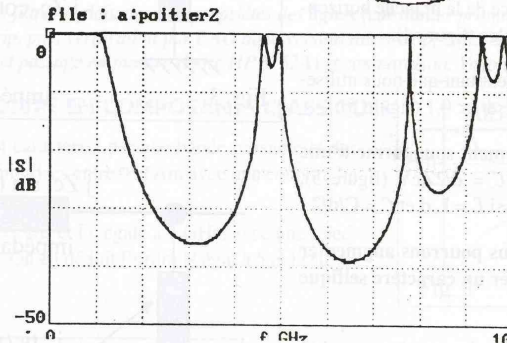


F2 : PLOT
 Points 500
 Smith radius 1
 f 0.0000 GHz
 S21 0.00dB 0.0°



F3 : PARTS
 a TL 105Ω 38°
 b tline 12Ω 13.4°
 c
 d TL 12Ω 22.3°
 e t 1 98Ω 28.3°
 f TL 12Ω 9.5°
 g TL 12Ω 15.7°
 h
 i

z0 50.000 Ω
 fd 1.000 GHz
 er 5.000
 h 1.580 mm
 s 100.000 mm
 c 59.000 mm
 Tab microstrip



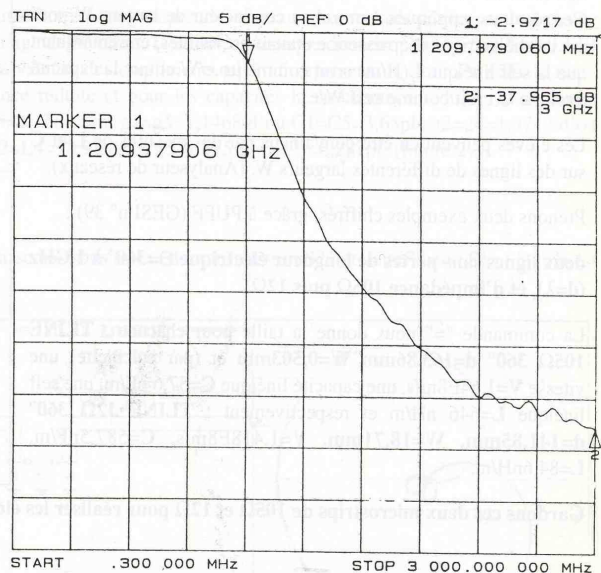
L'écran de PUFF résume toutes les données de l'époxy (BOARD) et de la géométrie (PARTS) et fournit transmission et réflexion du filtre très proches de celles du filtre à composants classiques jusqu'à deux ou trois Fc. **En particulier une coupure à -2,86 dB (-3dB) à la fréquence de 1188 MHz.** Il ne reste plus qu'à imprimer le masque, en faire une photocopie transparente, insoler, passer au perchlore et souder au BNC.

V - COMPARAISON ENTRE SIMULATION ET MESURES

Le passage au banc de mesure donne la transmission S21 de 0 à 3 GHz, avec en particulier une coupure à -3 dB pour 1209MHz, concluons que PUFF est assez réaliste ! Si nous avons pu mesurer plus haut en fréquence nous aurions assisté aux remontées prévues par PUFF. Elles sont inévitables puisque liées au régime d'ondes stationnaires de périodicité $\lambda/2$ sur les éléments répartis. La première remontée à 4,9GHz est causée par la plus grande longueur électrique, 38° à 1 GHz (due à L2 et L4). Les selfs passent par les mêmes réactances qu'en basse fréquence lorsque la longueur électrique approche 180°. Il n'y a pas d'autres solutions que de raccourcir les éléments selfiques au détriment de l'ondulation dans la bande. Une autre solution consiste à placer un deuxième filtre passe bas présentant une bonne atténuation aux remontées du premier. Dans l'écran de PUFF on trouve son masque en bas de la fenêtre LAYOUT.

BIBLIOGRAPHIE

- Microwa ve filter de Matthaei and col. Artech house.
- Micro-ondes: Problèmes de Aubès, Chènerie, Combes, Graffeuil, Lopès, Sautereau. Dunod (p.153).
- Conception des circuits micro-ondes : Edwards. Masson (p. 279).



LA VILLE NOUVELLE DE L'ISLE D'ABEAU

UNE SITUATION GÉOGRAPHIQUE PRIVILÉGIÉE EN RHÔNE-ALPES

Dans le département de l'Isère, au contact de l'agglomération lyonnaise, à moins d'une heure de 7 des 8 chefs lieux de département qui forment la Région Rhône-Alpes, la Ville Nouvelle de l'Isle d'Abreau est à 10 minutes de l'aéroport international de Lyon-Satolas, nouveau pôle multimodal depuis la mise en service de la gare TGV sur la ligne Paris-Méditerranée.

UN CARREFOUR DE COMMUNICATION OUVERT SUR L'EUROPE

La Ville Nouvelle de l'Isle d'Abreau bénéficie d'une excellente

accessibilité grâce à un réseau de communication dense et maillé qui doit connaître de nouveaux développements avec les investissements programmés ou à l'étude.

- L'aéroport de Satolas augmente ses capacités d'accueil pour les passagers, et développe sa zone fret.

- Le projet TGV Lyon/Turin a été retenu par l'Union Européenne pour être engagé rapidement.

- Le réseau autoroutier poursuit son extension et son maillage avec le projet de doublement de l'axe Nord Sud de la Vallée du Rhône par l'autoroute A48 : Dijon-Ambérieu-Grenoble-Méditerranée.