



**HAL**  
open science

## Nouveau déphaseur variable analogique large-bande

Khaled Khoder, Marc Le Roy, André Pérennec

► **To cite this version:**

Khaled Khoder, Marc Le Roy, André Pérennec. Nouveau déphaseur variable analogique large-bande. 18 èmes Journées Nationales Microondes, 15-17 Mai 2013 - Paris, May 2013, Paris, France. pp.1-2. hal-00793205

**HAL Id: hal-00793205**

**<https://hal.univ-brest.fr/hal-00793205>**

Submitted on 22 May 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Nouveau déphaseur variable analogique large-bande

Khaled Khoder, Marc Le Roy, André Pérennec

Lab-STICC, UMR CNRS 6285, UEB, Université de Brest (UBO), 6 avenue Le Gorgeu, CS93837, 29238 Brest cedex 3.  
Marc.LeRoy@univ-brest.fr

### Résumé

Dans cet article, une nouvelle topologie de déphaseur analogique variable est proposée. Elle est obtenue en inter-combinant un déphaseur de Schiffman et un déphaseur passe-tout mixte distribué/localisé. Ce déphaseur compact présente l'avantage d'une forte agilité en phase pour une variation limitée de la capacité de la varicap. Les mesures du dispositif réalisé en technologie hybride microruban confirme une variation continue du déphasage jusqu'à  $180^\circ$  pour un circuit à une seule cellule. Sur l'ensemble de la bande considérée, i.e. 4-7 GHz, les pertes d'insertion sont à  $1,8 \text{ dB} \pm 1 \text{ dB}$ . Cette topologie présente un compromis plage de variation, compacité, pertes, platitude de phase particulièrement intéressant.

### 1. Introduction

Les déphaseurs sont des dispositifs très répandus dans les émetteurs/récepteur RF et microondes, particulièrement dans les circuits de modulation/démodulation I-Q, de transposition en fréquence, en instrumentation scientifique, dans la guerre électronique, et surtout pour contrôler le pointage des réseaux d'antennes à balayage électronique. Ces déphaseurs peuvent être à contrôle analogique, i.e. que le déphasage varie de manière continue en fonction de la commande, ou à contrôle numérique en générant uniquement des valeurs discrètes. Un déphaseur analogique peut ainsi être transformé en lui ajoutant un CNA et quelques composants annexes.

La variation du déphasage, idéalement de  $360^\circ$ , est contrôlée soit par des composants à semi-conducteurs tels que les diodes PIN, Schottky ou varicaps, soit par des matériaux « agiles » (ferrites, ferroélectriques, cristaux liquides) ou de manière discrète par des commutateurs à MEMS. Pour la réalisation d'un déphaseur, le choix de la topologie et de la technologie dépend de la bande de fréquence, des pertes d'insertion, de la vitesse de commutation, de la tenue en puissance et de la consommation. Ce dispositif est de préférence réciproque et doit présenter une platitude du déphasage en fonction de la fréquence pour éviter le dépointage du faisceau d'antenne.

Actuellement, pour les déphaseurs analogiques, l'utilisation de varicap comme élément de commande est majoritairement employé et semble toujours présenter le meilleur compromis [1]. Notre démarche a donc d'abord

porté sur la recherche d'une topologie optimale puis à lui associer la dernière génération de varicap disponible.

Les différentes topologies distribuées et localisées existantes sont d'abord résumées puis nous présentons une configuration inter-combinant un déphaseur de Schiffman et une cellule passe-tout mixte distribuée-localisée. Ce nouveau déphaseur analogique large-bande réalisé en technologie microruban hybride est ensuite décrit puis les résultats simulés et expérimentaux sont comparés et commentés.

### 2. Topologie et Design

Le déphaseur proposé par Schiffman [2] consiste en deux lignes couplées quart d'onde connectées à une de leur extrémités (Fig. 1-a). Le déphasage est constant à  $90^\circ$  relativement à celui d'une ligne non-couplée de longueur triple. Une méthode générale de synthèse et plusieurs modifications pour obtenir d'autres valeurs de phase et élargir la bande de fréquence ont été proposées mais aucune topologie de déphaseur à variation continue de phase à base de Schiffman n'est référencée actuellement.

Pour obtenir cette agilité de phase, des circuits passe-bas ou passe-haut localisés ou distribués peuvent être utilisés ; cependant, les topologies de type passe-tout permettent l'obtention de meilleures performances notamment en largeur de bande. La topologie passe-tout mixte localisée/distribuée en MMIC présentée en [3] (Fig. 1-b) propose d'ailleurs un meilleur compromis que des structures uniquement localisées et atteint une variation de phase de  $180^\circ$  pour 2 étages avec des pertes modérées de  $3.6 \pm 1.1 \text{ dB}$  dans la bande 12-14 GHz.

Pour obtenir un maximum d'agilité sur une bande large avec une bonne platitude de phase, ainsi que des pertes réduites, nous avons combiné une structure de Schiffman et cette dernière structure passe-tout. La nouvelle topologie décrite ici (Fig. 1-c) peut d'ailleurs être considérée soit comme un déphaseur de Schiffman auquel est ajouté 2 varicaps pour obtenir l'agilité de phase (une connectée à la masse et l'autre en début de lignes couplées), soit comme une cellule passe-tout repliée pour introduire un couplage entre les lignes  $Z_C$ . En décomposant la structure en modes pair et impair, l'analyse complète a été faite mais n'est pas exploitable pour obtenir des équations de synthèse.

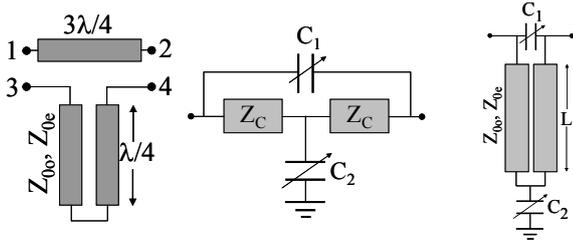


Figure 1. a) Déphaseur de Schiffman, b) Déphaseur de type passe-tout, c) Topologie proposée.

A partir de plusieurs analyses, il apparaît que le rapport entier  $C_2/C_1=2$  fournit un compromis intéressant en terme d'adaptation et d'agilité de phase.

Par ailleurs, nous avons mesuré la varicap seule [4] (MA46H120) : sa capacité varie de 1,15 pF à 0,15 pF pour une commande de 0 à 18 Volts, ce qui est conforme aux données constructeur. Le placement de 2 varicaps  $C_V$  en série pour former  $C_1=C_V/2$  et d'une varicap à la référence,  $C_2=C_V$ , permet de n'utiliser qu'un seul point de connexion pour la tension de commande (Fig. 2).

### 3. Validation expérimentale et analyse des performances

Les deux topologies imbriquées ont été d'abord synthétisées séparément pour servir de base initiale à l'optimisation. L'optimisation a pour objectifs :  $|S_{11}|_{dB}$ , la plage de variation de phase qui doit être maximale et la platitude du temps de propagation de groupe pour garantir une linéarité de la phase en fonction de la fréquence. Les paramètres S mesurés de la varicap sont utilisés dans l'optimisation, qui sur la bande 4-7 GHz, ramène les caractéristiques suivantes :  $Z_{0e} = 92 \Omega$  et  $Z_{0o} = 47 \Omega$  pour les impédances paires et impaires des deux lignes couplées et une fréquence de 10 GHz pour la longueur électrique de  $90^\circ$ . La Fig. 2 montre le layout du circuit réalisé en technologie hybride microruban.

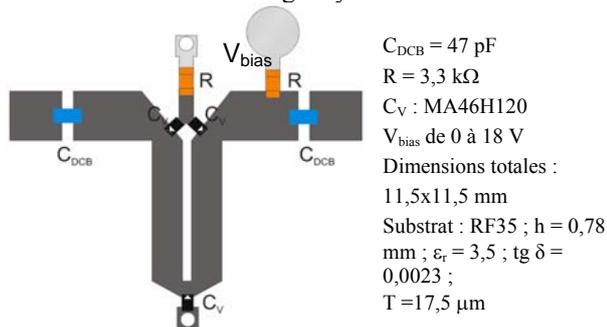


Figure 2. Layout et composants du déphaseur.

Les résultats de simulation intégrant les paramètres S et ceux mesurés (Fig. 3) sont globalement en accord y compris sur la phase en transmission (Fig. 4). Sur l'ensemble de la bande, les pertes sont en moyenne de  $1,8 \text{ dB} \pm 1 \text{ dB}$  avec une adaptation meilleure que 12 dB et une variation de phase supérieure à  $180^\circ$  avec une seule cellule. Les performances de cette approche seront comparées à celles des autres techniques dans la version longue de ce papier.

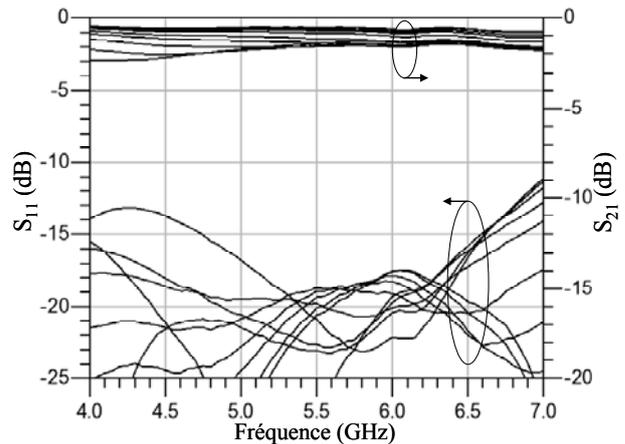


Figure 3. Paramètres S mesurés.

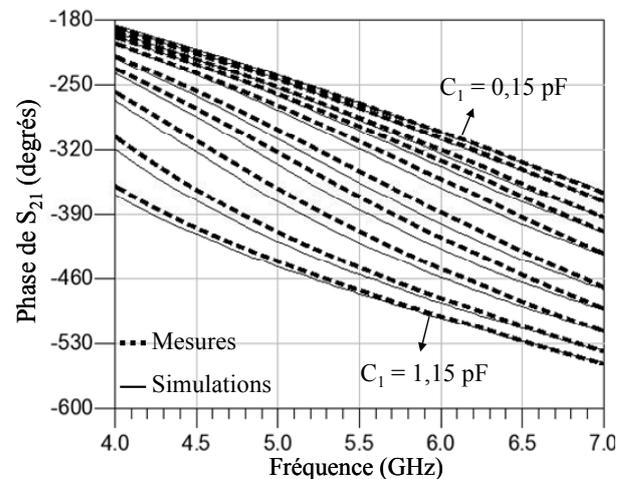


Figure 4. Comparaison des phases mesurées et simulées.

### 4. Conclusions et perspectives

Cette nouvelle topologie de déphaseur analogique large-bande présente une grande agilité en phase et génère des pertes d'insertion relativement faibles. Ainsi, cascader deux cellules pour obtenir  $360^\circ$  semble réaliste tout en permettant d'améliorer la platitude des phases, voire d'élargir la bande de fréquence. Sa compacité permet d'envisager une implantation en MMIC pour travailler en bande millimétrique.

### 5. Bibliographie

- [1] R. R. Romanofsky, Chap. 21. "Array Phase Shifters: Theory and Technology, Antenna Engineering Handbook", McGraw Hill, 214906, NASA/TM-2007.
- [2] B. M. Schiffman, "A new class of broad-band microwave 90-degree phase shifter," IRE Trans. MTT., pp. 232-237, April 1958.
- [3] H. Hayashi, T. Nakagawa, and K. Araki, "A Miniaturized MMIC Analog Phase Shifter Using Two Quarter-Wave-Lengh Transmission Lines", IEEE Trans. MTT., vol. 50, no. 1, Jan. 2002.
- [4] MA46H120 series, GaAs constant gamma Flip-ship Varactor diode, M/A-COM <http://www.macomtech.com/datasheets/MA46H120.pdf>.