

Etude d'adaptation et de Stabilité d'un amplificateur de puissance à 2 GHz

[A 2 GHz power amplifier matching and stability analysis]

Said Elkhaldi, Naima Amar Touhami, and Mohamed Aghoutane

Electronic and Instrumentation laboratory,
Faculty of Science, Abdmalak Essaadi University,
Tetouan, Morocco

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The power amplifier is the main element of a wireless communication channel, it's composed mainly of transistor, active and non-linear device, and in its design it's essential to study the phenomena of matching and stability.

In general, to stabilize, the transistor must reduce the gain to increase stability, which implies a trade-off: a resistor is used in series or in parallel in the input and / or output to stabilize the transistor, since in this case the circles of stability are in the sides of low resistances for this, in series resistance is used.

For the matching, we present two types: with lumped elements and with transmission lines, the latter are more practical since their presence in the final schematic of the power amplifier.

This paper presents a 2 GHz power amplifier with a bias point of $V_{DS} = 3\text{ V}$ and $V_{GS} = -0.2\text{ V}$ whose was studied the stability and Matching.

KEYWORDS: Power amplifier, stability, matching, stability factor, transmission line, gain.

RESUME: L'amplificateur de puissance est l'élément principal d'une chaîne de communication sans fil Il est composé principalement de transistor, dispositif actif et non-linéaire. Pour sa conception il est indispensable d'étudier les phénomènes d'adaptation et de stabilité et de les corriger.

De façon générale, pour stabiliser le transistor il faut réduire le gain pour augmenter la stabilité, ce qui implique un certain compromis à faire : On utilise une résistance en série ou en parallèle à l'entrée et/ou à la sortie pour stabiliser le transistor, puisque dans ce cas les cercles de stabilité sont de la cote des faibles résistances, on utilise une résistance en série.

Pour l'adaptation, on présente deux types : avec des éléments localisés et avec des lignes de transmissions, ces derniers sont plus pratiques dès leur présence dans le schéma final de l'amplificateur de puissance.

Ce papier présente un amplificateur de puissance qui fonctionne à 2 GHz avec un point de polarisation $V_{ds}=3\text{ V}$ et $V_{gs}=-0.2\text{ V}$ dont on a étudié sa stabilité et son adaptation.

MOTS-CLEFS: Amplificateur de puissance, stabilité, adaptation, facteur de stabilité, ligne de transmission, gain.

1 INTRODUCTION

Un amplificateur de puissance est un circuit qui augmente le niveau d'un signal électrique en utilisant l'énergie tirée d'une source d'énergie [1].

La conception et la grande analyse du signal pour les circuits micro-ondes ne sont possibles que par l'utilisation de modèles non linéaires précises des semi-conducteurs et des dispositifs actifs de circuits. Il existe différents modèles MESFET non linéaires tels que Curtice 2.[2], Curtice 3 [3], Startz [4], et Tajima [5]. Le choix optimal des modèles dépend de nombreux

facteurs, dont la disponibilité des modèles, le calcul d'efficacité, et l'application du transistor. Depuis, la performance de l'amplificateur de puissance dépend du comportement de tous les éléments non linéaires du circuit équivalent, le Curtice3 est le modèle préférable en raison de sa grande précision pour éviter des complications [6].

La conception d'un amplificateur de puissance vise un maximal gain de puissance et d'efficacité pour une valeur donnée de la puissance de sortie avec un degré prévisible de stabilité. L'instabilité de l'amplificateur de puissance conduira à des oscillations parasites indésirables et, en conséquence, à la distorsion du signal de sortie. L'une des principales raisons pour l'instabilité d'un amplificateur de puissance est une rétroaction positive de la sortie de l'appareil à son entrée par la capacité de rétroaction interne, inductance d'une électrode commune de l'appareil à la terre, et des éléments de circuit externe. Par conséquent, une analyse de la stabilité est cruciale pour toute conception d'un amplificateur de puissance, surtout à hautes fréquences. [7]

L'adaptation est nécessaire pour fournir un débit maximal de la puissance RF fournie par la source à la charge. Cela signifie que, lorsque le signal électrique se propage dans le circuit, une partie de ce signal sera réfléchi à l'interface entre les sections avec des impédances différentes. Par conséquent, il est nécessaire de mettre en place les conditions qui permettent de transmettre pleinement l'ensemble signal électrique sans réflexion.

En général, il y a une variété de configuration pour les réseaux qui peuvent être utilisés, mais afin d'obtenir une transmission élevée. Les circuits d'adaptation localisée ont prouvé depuis longtemps être efficace pour la conception des amplificateurs de puissance. [8]

A très hautes fréquences, il est très difficile à mettre en œuvre des éléments localisés avec une précision prédéfinis, en vue d'un effet significative de leurs paramètres parasites, Cependant, ces paramètres parasites deviennent une partie d'une structure LC distribué tel qu'une ligne de transmission. [7]

2 ETUDE DE LA STABILITÉ

Les 2 critères à satisfaire sont :

$$|\Gamma_{in}| = \left| S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_L}{1-S_{22}\Gamma_L} \right| < 1 \quad \text{Et} \quad |\Gamma_{out}| = \left| S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_S}{1-S_{11}\Gamma_S} \right| < 1 \quad (1)$$

Ce sont des équations qui décrivent des cercles sur l'abaque de Smith : on définit des cercles de stabilité à l'entrée et la sortie.

Un autre critère qui permet de vérifier la stabilité sans tracer les cercles sur l'abaque de Smith est le suivant : un circuit est stable selon deux paramètres k et b_1 , si $k > 1$ et $b_1 > 0$. [9]

$$k = \frac{1-|S_{11}|^2-|S_{22}|^2+|\Delta|^2}{2|S_{12}S_{21}|} \quad (2)$$

$$b_1 = 1 + |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 - |\Delta|^2 \quad (3)$$

Pour étudier la stabilité de notre transistor on a calculé le facteur de stabilité K . la valeur obtenue est inférieure à un, ce qui montre que le transistor est instable (les cercles de stabilités sont à l'intérieur de l'abaque de Smith).

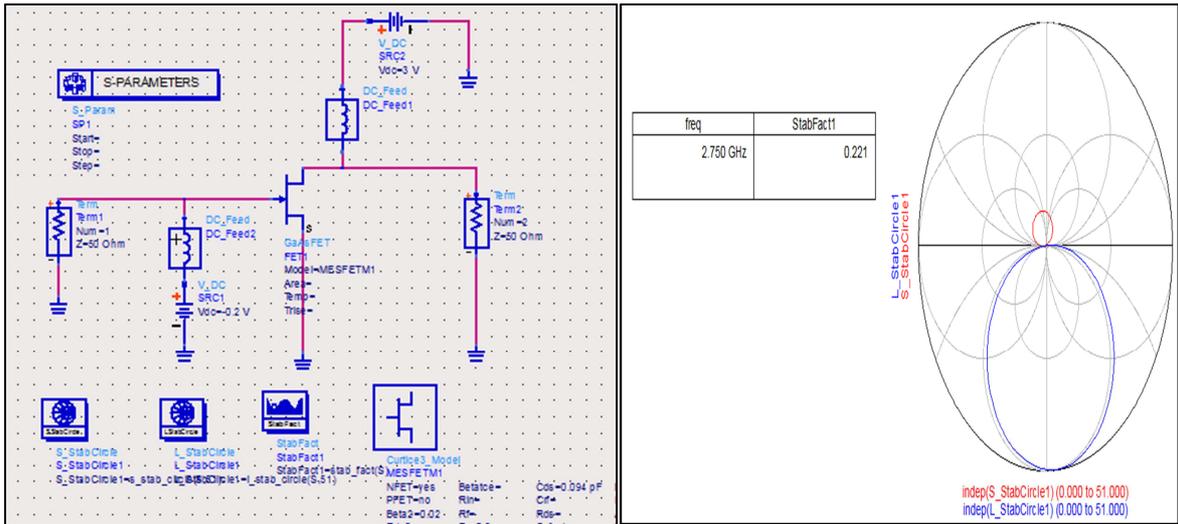


Fig1. Les schémas de l'instabilité

Pour stabiliser le transistor on a ajouté une résistance en série à l'entrée, puis on varie la valeur de cette résistance jusqu'à trouver le facteur de stabilité égale à 1 et les cercles de stabilité tangents à l'abaque de Smith.

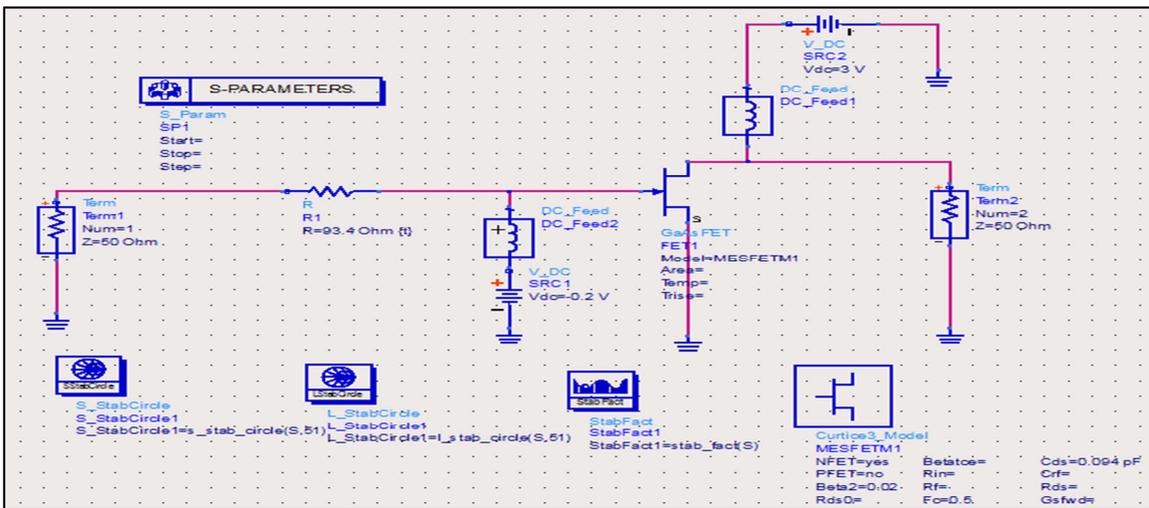


Fig2. Circuit de stabilité

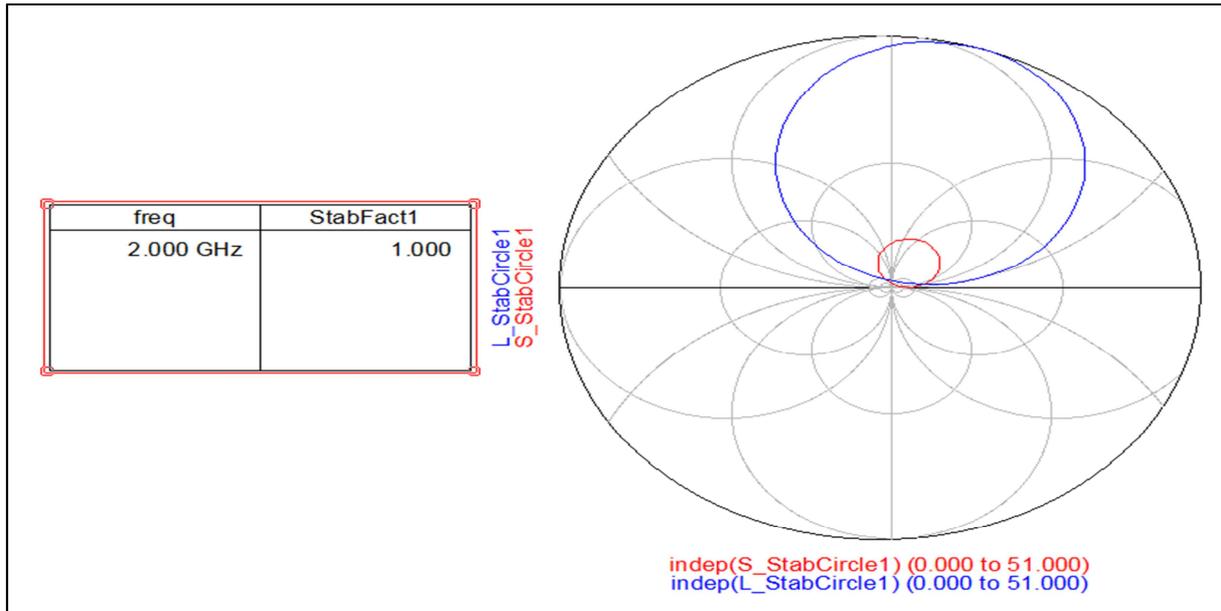


Fig3. Résultat de la simulation

On remarque que la stabilité du transistor est vérifiée.

3 ADAPTATION

A l'aide de l'outil Smith chart et on calculant la valeur conjuguée de SmGamma1 on peut adapter l'entrée du transistor à l'aide des éléments localisés. De la même manière, on peut réaliser l'adaptation en sortie la valeur conjuguée de SmGamma2.

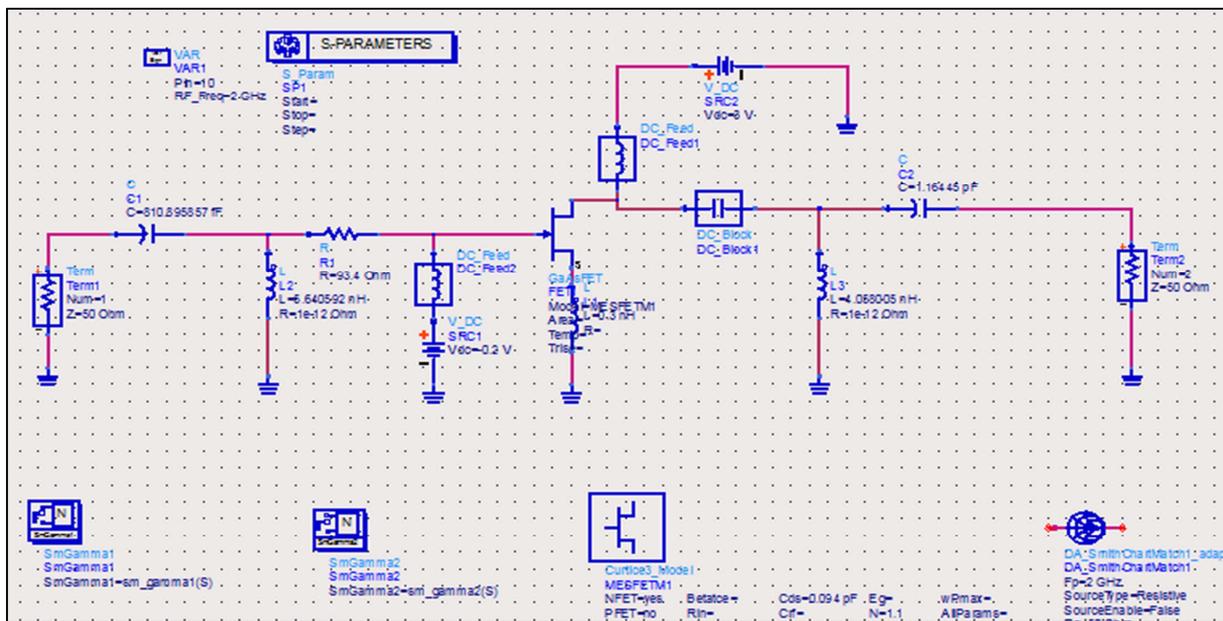


Fig4. Circuit d'adaptation d'entrée et sortie

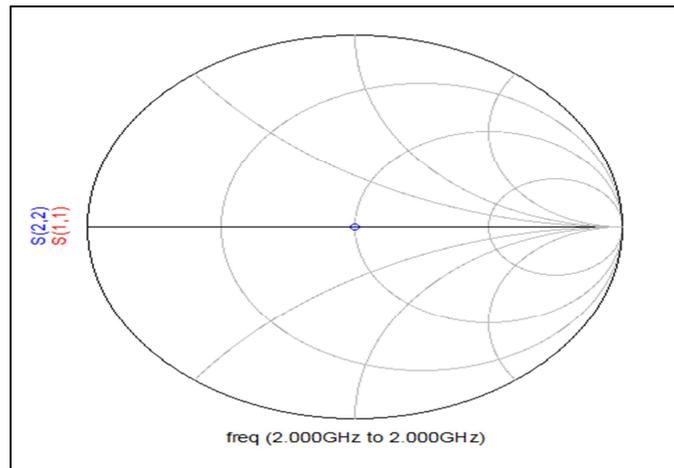


Fig5. Vérification de l'adaptation par l'abaque de Smith

On remarque que S11 et S22 se trouvent au centre de l'abaque, ce qui confirme que notre transistor est bien adapté.

En pratique, c'est préférable d'utiliser des lignes de transmissions au lieu des éléments localisés, on trouve les résultats montrés sur la Figure 5.

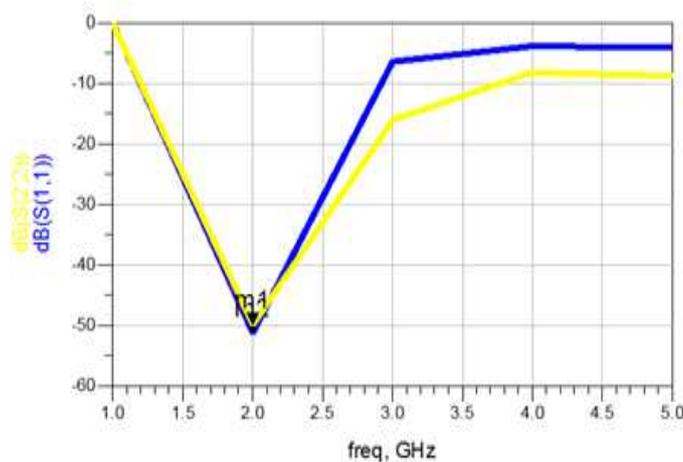


Fig5. Paramètres S11, S22

On remarque que (S11, S22) correspondantes sont inférieure à -10 dB à 2 GHz, donc l'amplificateur est bien adapté.

4 PRÉSENTATION DE L'AMPLIFICATEUR DE PUISSANCE

La figure 3 représente l'amplificateur complet, avec le circuit de polarisation, les réseaux d'adaptation, ainsi que la résistance de stabilité.

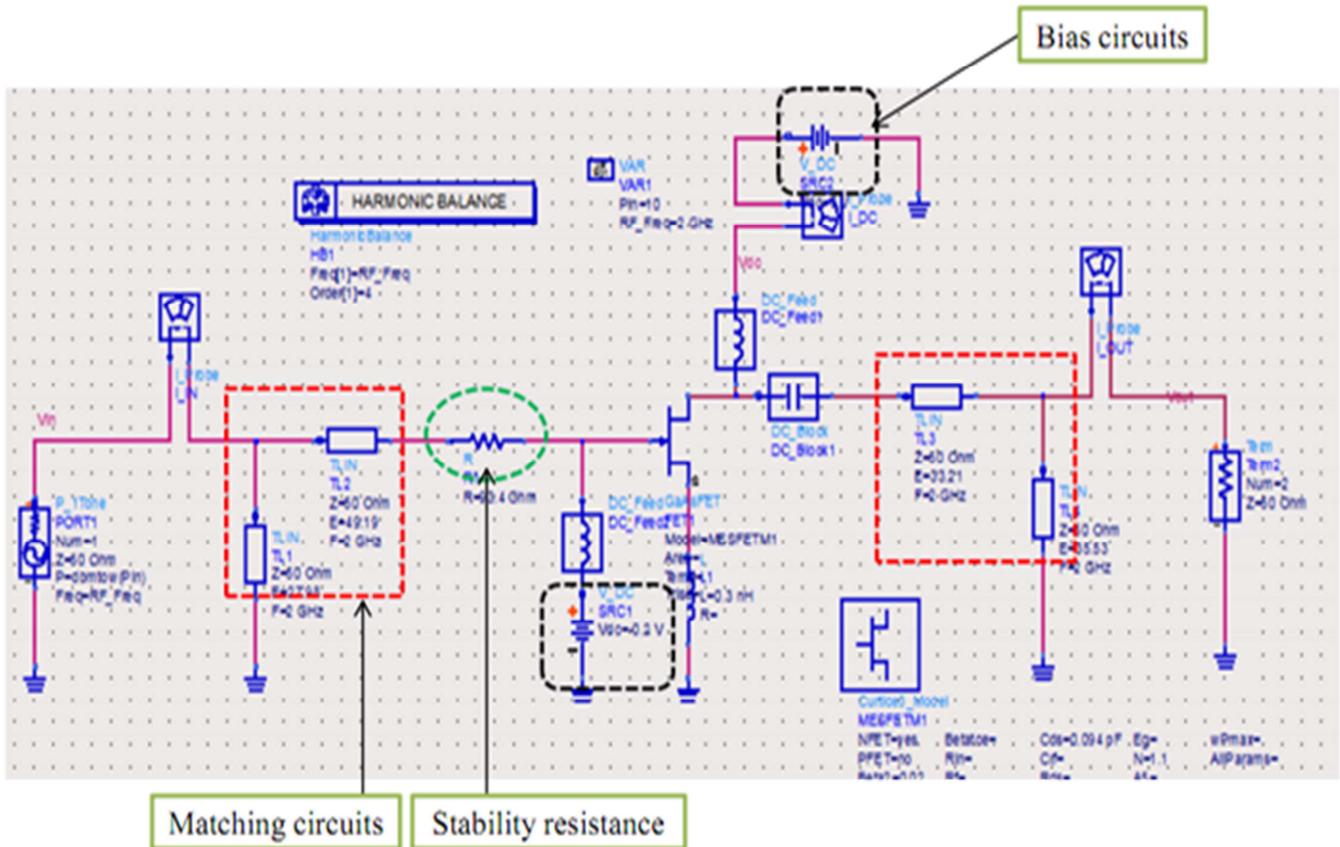


Fig6. L'amplificateur de puissance

- DC_Feed : assure la polarisation continue pour la grille et le drain du transistor. [10].
- DC_Block : Bloque la composante continue qui travers le circuit, il se comporte comme un court-circuit en haut fréquence et circuit ouvert en base fréquence. [11].
- R₁ : la résistance d'entrée qui assure la stabilité de l'amplificateur.
- La self placée à la source est utilisée pour faciliter l'adaptation : Montage source commune dégénérée par une inductance.

5 CONCLUSION

Pour la conception d'un amplificateur de puissance il est indispensable d'étudier les phénomènes d'adaptation et de stabilité et de les corriger.

Dans ce travail on a présenté une méthode de stabilisation d'un amplificateur de puissance on utilisant une résistance en série à l'entrée de l'amplificateur de puissance, en plus de son adaptation entrée /sortie avec des éléments localisé et avec des lignes de transmission.

REFERENCES

- [1] RF Power Amplifiers, Second Edition, MARIAN K. KAZIMIERCZUK, Wright State University, Dayton, Ohio, USA, 2015
- [2] W.R. Curt ice, "AMESFET model for use in design of GaAs ICs.", IEEE Trans. Microwave Theory Tech., MTT-28, p. 448, 1980.
- [3] W.R. Curtice and M. Ettenberg, "A nonlinear GaAs FET model for use in the design of output circuits for power amplifier." IEEE Trans. Microwave Theory Tech., MTT-33, p. 1383, 1985
- [4] H. Startz, P. Newman, R. Pucel, and H. Haus, "GaAs FET device and circuit simulation in SPICE." IEEE Trans. Electron Devices, vol. ED-34, pp. 160–169, 1987

- [5] Y. Tajima, B. Wroma, and K. Mishima, "GaAs FET large signal model and its application to circuit design." IEEE Trans. Electron Devices, vol. 28, 1981.
- [6] Z. Ghanian, A. Abdipour, A. Ghorbani "Nonlinear analysis, design, and implementation of a VCO in S frequency band" Analog Integr Circ Sig Process, Vol. 49, pp.213–223, 2006
- [7] RF AND MICROWAVE TRANSMITTER DESIGN, Andrei Grebennikov, Bell Labs, Alcatel-Lucent, Ireland, 2011 by John Wiley & Sons
- [8] M. Yamazoe, K. Haeiwa, S. Hirose, and K. Wakai, "Considerations for Developing a Highly Efficient, High- Power Shortwave AM Transmitter," Proc. 1996 IEEE Power Conversion Conf., pp. 1035–1042.
- [9] High Efficiency RF and Microwave Solid State Power Amplifiers Paolo Colantonio, Franco Giannini, and Ernesto Limiti, Department of Electronic Engineering, University of Roma, Tor Vergata, Italy , 2009
- [10] Bowick. C., J. Blyler, and C. Ajluni, RF circuit Design, 2nd edition. (Burlington, MA and Oxford, UK: Newnes, 2008),
- [11] Pozar, D.M., Microwave Engineering, 3rd edition. (New York, NY: John Wiley & Sons, 2005), ch. 1.