



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Engenharia Eletrônica

**Circuladores RF construídos com loops
acoplados de ressonadores parametricamente
modulados**

Autor: Eduardo Gonçalves Sousa
Orientador: Prof. Sébastien Rondineau

Brasília, DF
2016



Eduardo Gonçalves Sousa

Circuladores RF construídos com loops acoplados de ressonadores parametricamente modulados

Monografia submetida ao curso de graduação em (Engenharia Eletrônica) da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em (Engenharia Eletrônica).

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: Prof. Sébastien Rondineau

Coorientador: Prof. Leonardo Aguayo

Brasília, DF

2016

Eduardo Gonçalves Sousa

Circuladores RF construídos com loops acoplados de ressonadores parametricamente modulados/ Eduardo Gonçalves Sousa. – Brasília, DF, 2016-

53 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Sébastien Rondineau

Coorientador: Prof. Leonardo Aguayo

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA , 2016.

1. Circuladores RF. 2. Ressonadores. I. Prof. Sébastien Rondineau. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. Circuladores RF construídos com loops acoplados de ressonadores parametricamente modulados

Eduardo Gonçalves Sousa

Circuladores RF construídos com loops acoplados de ressonadores parametricamente modulados

Monografia submetida ao curso de graduação em (Engenharia Eletrônica) da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em (Engenharia Eletrônica).

Trabalho aprovado. Brasília, DF, 8 de dezembro de 2016.

Prof. Sébastien Rondineau
Orientador

Prof. Leonardo Aguayo
Coorientador

Prof. Wellington Avelino do Amaral
Convidado

Brasília, DF
2016

À memória da minha vó, Elza.

Agradecimentos

Meus sinceros agradecimentos a minha família, noiva e amigos que nos últimos anos me apoiaram e compreenderam minha ausência em diversas reuniões!

Ao meu orientador, Sébastien Rondineau, pela paciência e disponibilidade para me instruir.

Agradeço a Deus, que em diversos momentos, pela fé, não me deixou fracassar.

*“Tenho-vos dito isto, para que em mim tenhais paz;
no mundo tereis aflições, mas tende bom ânimo,
eu venci o mundo.
(Bíblia Sagrada, João 16:33)*

Resumo

O circulador é um dispositivo não recíproco muito utilizado em sistemas de comunicação *full-duplex*. O seu funcionamento é decorrente da precessão de Larmor do momento de *Spin* do elétron, devido à aplicação de um campo magnético externo uniforme. Sem esse campo, o dispositivo se comporta como um divisor de potencia. Por consequência da necessidade de aplicar um campo magnético externo uniforme, torna-se necessário o uso de ferrita de grande dimensão, tornando o seu *footprint* muito grande comparado aos padrões de componentes *SMT* atuais. Assim, ele não pode ser inserido num circuito integrado, limitando o seu uso e contribuindo para a não diminuição do custo de fabricação. Uma alternativa é construir um circulador ativo utilizando transistores, porém, seus defeitos são: a necessidade da polarização dos transistores; a limitação de largura de banda; o alto nível de ruído; a distorção do sinal e a complexidade da topologia. Este trabalho apresenta uma alternativa aos modelos supracitados, com topologias discretizadas e sem o uso de transistores. Isso é possível, emulando o fenômeno da precessão de Larmor, em um arranjo composto de loops de ressonadores acoplados, parametricamente modulados. O primeiro passo trata do estudo de caso, com análise e simulação, de um circulador operando em 170 MHz. Em seguida faz-se a transposição da faixa de operação para 915 MHz.

Palavras-chaves: circulador, radiofrequência, UHF, ressonadores, amagnetismo, não reciprocidade, precessão de Larmor.

Abstract

A circulator is a non-reciprocal device often used in full-duplex communication systems. Its operation is due to the Larmor precession spin momentum of the electron produced by the application of a uniform external magnetic field. Without this field, the device behaves as a power divider. As a consequence of the need of applying a uniform external magnetic field, it is necessary to use large ferrite cylinders, turning its large footprint very compared to current standards SMT components. Thus, it can not be inserted in an integrated circuit, limiting its use and not contributing to the reduction of its manufacturing cost. An alternative is to build an active circulator using transistors, but its drawbacks are the necessary polarization of the transistors, its limiting bandwidth, its high noise level production, its signal distortion and the complexity of the topology. This document presents an alternative to the above models using discretized topologies turning transistors unnecessary. This is done by emulating the Larmor precession phenomenon through a coupled resonators loops arrangement, parametrically modulated. The first step deals with the case study, analysing a circulator operating at 170 MHz. Then, its operating frequency is transposed to 915 MHz.

Key-words: circulator, RF circuit, UHF, resonators, magnetic-free, non-reciprocally, Larmor precession.

