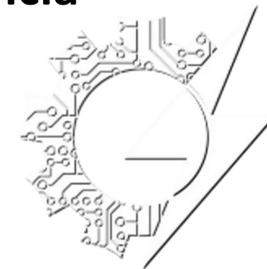


## Técnicas de combinação de potência para amplificadores de radiofrequência em tecnologia CMOS



Aluno: João Paulo Perbiche; Orientador: Prof. Bernardo Leite  
 GICS - Grupo de concepção de circuitos e sistemas integrados  
 PPGE - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica  
 joaoperbiche@gmail.com

### INTRODUÇÃO

O amplificador de potências (PA) é o elemento responsável por promover sinais para grandes potências em uma cadeia de transmissão de RF, Fig. 1. Uma das maneiras de um PA superar os limites impostos pela tecnologia é a utilização de combinação de potência com células amplificadoras em paralelo [1]. Entre as vantagens dessa técnica aplicada à PAs CMOS, ressaltam-se: reconfigurabilidade e baixo custo [2].

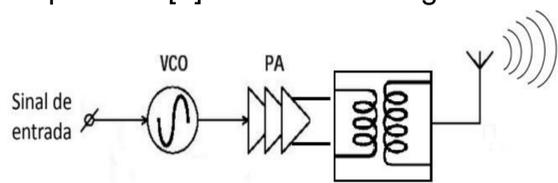


Fig. 1 – Transmissor RF

### OBJETIVOS

Projetar um combinador de potência baseado em transformadores, para combinar a potência de saída de dois PAs em 2,4 GHz, e integrado em tecnologia CMOS 130 nm.

### MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada para esta pesquisa, Fig. 2, possui três etapas principais. A 1ª consiste no projeto do transformador, com auxílio da ferramenta de simulação eletromagnética *Keysight ADS*. A 2ª etapa visa associar dois transformadores, para projetar o combinador de potência, Fig. 4. A última etapa, representada pela Fig. 3, consiste na associação de PAs com o combinador projetado. Um PA de um único estágio a 2,4 GHz em CMOS 130 nm, baseado no circuito apresentado em [4] foi utilizado para concepção do amplificador diferencial, para a sua combinação de potência.

Projeto do transformador  
Métrica: IILm

Projeto do combinador  
Métrica: IIm

Combinadores +PAs  
Métrica: OCP<sub>1dB</sub>

Fig. 2 - Metodologia

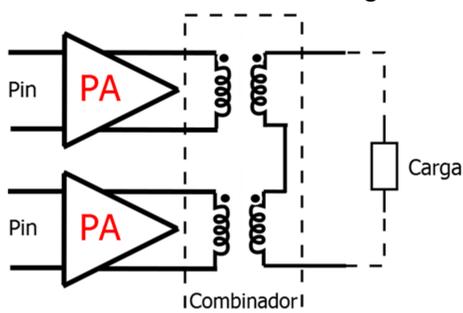


Fig. 3 – Associação de PAs

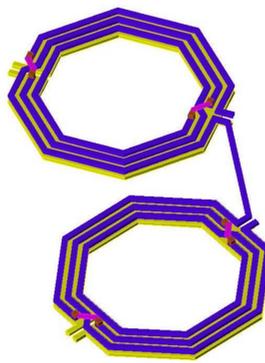


Fig. 4 – Combinador 2 entradas

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

Técnicas de rotação angular (22,5 °) e espaçamento (30 μm) foram aplicadas para diminuir os efeitos indesejáveis do acoplamento magnético negativo. Para associação de 2 PAs obteve um OCP<sub>1dB</sub> de 25,3 dBm, e uma eficiência de 23,8%. Com uma associação ideal obteve-se uma eficiência entre 11 % a 30 % (Fig. 5), e um consumo de 0,9 W a 2,5 W (Fig. 6).

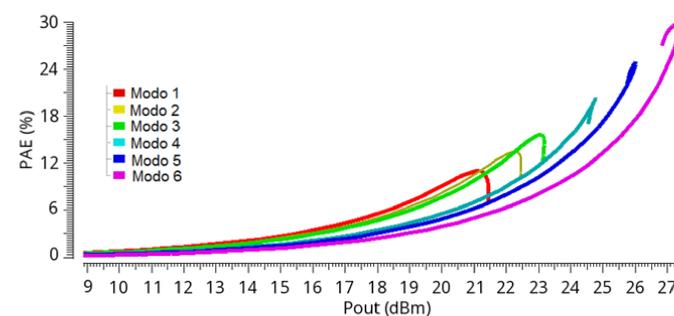


Fig. 5 – Eficiência da associação ideal de 2 PAs

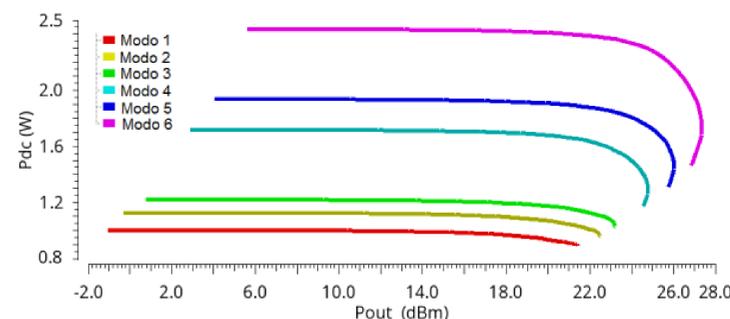


Fig. 6 – Consumo DC da associação ideal de 2 PAs

### CONCLUSÃO

Foi projetado uma associação em série dos combinadores, como trabalho futuro, projetar a associação em paralelo para comparar métodos e projetar o combinador visando utilizá-lo no casamento de impedância de saída.



#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. D. Zhao, P. Reynaert. "A 60-GHz Dual-Mode Class AB Power Amplifier in 40-nm CMOS." *IEEE J. of Solid-State Circuits*, vol. 48, no. 10, pp. 2323-2337, Oct 2013.
2. A. Pye, M. M Hella. "Analysis and Optimization of Transformer-Based Series Power Combining for Reconfigurable Power Amplifiers." *IEEE Transactions on Circuits and Systems*. Jan, 2011. VOL. 58, NO. 1.
3. LEITE, B. Design and modeling of mm-wave integrated transformers in CMOS and BiCMOS technologies. 22 de Novembro de 2011. 161f. Tese (Doutorado Faculdade de Ciências Ciências Físicas e Engenharia), L'UNIVERSITÉ BORDEAUX 1, 2011 g.
4. F. Santos, A. Mariano, B. Leite. "2.4 GHz CMOS Digitally Programmable Power Amplifier for Power Back-off Operation" VII Latin American Symposium on Circuits and Systems (LASCAS) 2016.