

CIRCUITOS GERADORES DE PULSOS ELETROMAGNETICOS COM TRANSISTORES NPN

RAIMUNDO EIDER F. SOBRINHO¹, AURIVAL V. L. MATEUS², MARCELO B. PEROTONI
ALEXANDRE M. DE OLIVEIRA⁴

¹ Graduando em Engenharia de Controle e Automação, Bolsista Labmax - PIBIFSP, IFSP, Câmpus Cubatão, raimundo@labmax.org.

² Graduando em Engenharia de Controle e Automação, Discente, IFSP, Câmpus Cubatão.

³ Dr. Em Engenharia Elétrica, Professor e Pesquisador Labmax, Universidade Federal do ABC (UFABC), Santo André, SP, marcelo.perotoni@ufabc.ed.br.

⁴ PHD em Engenharia Elétrica, Professor e Líder Pesquisador Labmax, IFSP, Câmpus Cubatão, amanicoba@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.04.06.01-3 Teoria Eletromagnética, Microondas, Propagação de Ondas, Antenas

Apresentado no

2º Encontro de Pesquisadores de Iniciação Científica do IFSP, Campus Cubatão

RESUMO: Este artigo apresenta dois circuitos de micro-ondas geradores de pulsos eletromagnéticos com uso transistores de junção bipolar NPN operando na região de corte e saturação, operando como portas logicas, em conjunto com filtro RLC. Os circuitos geradores de pulsos foram projetados e simulados no software QucsStudio versão 2.5.7 apresentando características de banda ultra larga (*Ultra Wide Band – UWB*) e resultados de 317,99 MHz e 3,96 GHz de frequência central cada.

PALAVRAS-CHAVE: Pulsos ultra curtos, UWB, Filtro RLC, SHF, UHF, Banda C.

INTRODUÇÃO

Os circuitos geradores de pulsos apresentam diversas topologias construtivas, com utilização de transistores [1], CMOS [2], [3], [4], [5], [6], SRD [7], BiCMOS[8] e possui utilidades na área civil, tais como: radares de penetração de solo [1], [5], imagens médicas[1], [5], [6], monitoramento de sinais vitais biológicos[6], comunicação sem fio [2], [4], [8]; e na área militar [1] em radares de detecção de alvos [2], [7], bloqueador de sinais indesejados [9] e guerra eletrônica.

Ao projetar os circuitos são levadas em conta as temperaturas dos transistores, pois altas variações de temperatura alteram a largura e a potência do pulso [8], as componentes de corrente continua, que afetam a radiação do pulsos na antena [5], [6], o elemento de atraso, pois dá forma, determina a largura e a amplitude do pulso [4], [8].

Os dois circuitos [10], [11], apresentados neste trabalho foram baseados no trabalho de [1] que utiliza transistores de junção bipolar NPN para, a partir da fusão das portas lógicas NOT e OR, formar a porta NOR que possui, em sua saída, um *buffer* junto a um filtro RLC de segunda ordem (diagrama de blocos fig. 1 (a)). Nos circuitos I [10] e II [11] é proposto a retirada do *buffer*, por apresentar capacitâncias parasitas em suas junções, em [10] há a inserção de um capacitor paralelo às entradas da porta OR (diagrama de blocos fig. 1 (b)), para auxiliar no atraso junto a porta NOT e em [11] há a inserção de um elemento capacitivo na entrada do sinal para ocasionar um atraso e um dupla filtragem (diagrama de blocos fig. 1 (c)).

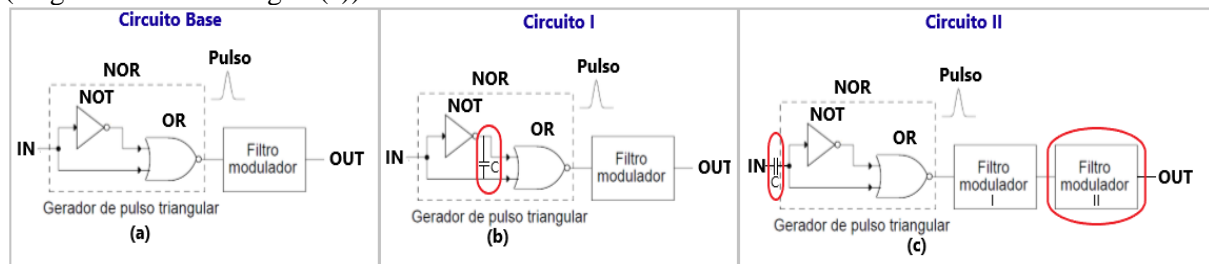


FIGURA 1. (a) Circuito base [1]; (b) circuito I proposto; (c) circuito II proposto.

O objetivo é projetar circuitos que atinjam características de *UWB* que tenham frequência central de no mínimo 300 MHz e banda de frequência fracionada (*FBW*) de no mínimo 500 MHz que pode ser obtido pela equação (1), que depende do limite de frequência de subida f_h e de descida f_l .

$$FBW = 2 \left(\frac{f_h - f_l}{f_h + f_l} \right) \quad (1)$$

MATERIAL E MÉTODOS

Os circuitos geradores de pulsos I e II foram projetados e simulados com o software QucsStudio, através da transformada de Fourier, aplicando a função `time2freq()` no software foi possível obter a frequência no domínio do tempo. A fig. 2 representa o esquemático do circuito gerador I. A simulação de ambos os circuitos se deu em parâmetro transiente com análise em 50.144 pontos.

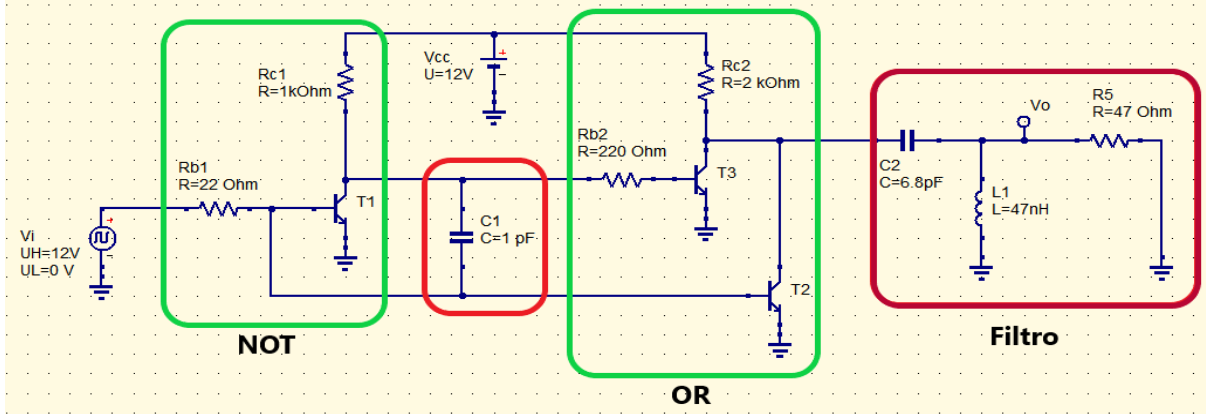


FIGURA 2. Esquemático do circuito I gerador de pulsos eletromagnéticos e seus componentes [10].

Os valores utilizados dos componentes eletrônicos do circuito são apresentados na fig. 2, em que V_{CC} é tensão de alimentação do circuito, o qual, funciona da seguinte forma: V_I produz um sinal de entrada na porta NOT (R_{B1} , R_{C1} , T_1) que, com ajuda do capacitor C_1 , provoca um atraso no sinal. O capacitor C_1 , cuja inclusão foi uma mudança em relação ao circuito base [1], tem sua carga/ descarga em função do tempo (equação (2)). Após sofrer o retardo supra referido, o sinal sai da porta OR (R_{B2} , R_{C2} , T_2 , T_3) em forma de onda triangular [1], ou seja, com componentes de corrente contínua (CC), após isso, o filtro passivo de 2ª ordem (C_2 , L_1 , R_5), elimina os componentes CC, que prejudicam a radiação dos pulsos na antena [5], [6], e modela os pulsos eletromagnéticos que saem em V_O , neste processo, a resistência R_5 atua como casamento de impedância.

$$v(t) = \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(\tau) d\tau + v(t_0) \quad (2)$$

A fig. 3 apresenta o circuito gerador II com seus respectivos valores de componentes eletrônicos, em que V_{CC} é tensão de alimentação do circuito. O gerador de pulsos apresenta um sinal de entrada V_I em alta de 12V e 0V em baixa, que ao passar pelo conjunto C_1 (equação (2)), alteração proposta a [1], e a lógica NOT (R_{B1} , R_{C1} , T_1) acarreta um retardo no sinal, este atraso tem importância na amplitude e forma do pulso [4], [8], após isto, o sinal segue para a porta OR (R_{B2} , R_{C2} , T_2 , T_3) saindo em forma de onda triangular [1], ou seja, com componentes (CC). Para eliminar estes componentes, foi proposto o filtro (C_2 , L_1 , C_3 , L_2 , R_5) que faz dupla filtragem e modelagem dos pulsos eletromagnéticos que saem em V_O , neste circuito, a resistência R_5 também atua no casamento de impedância.

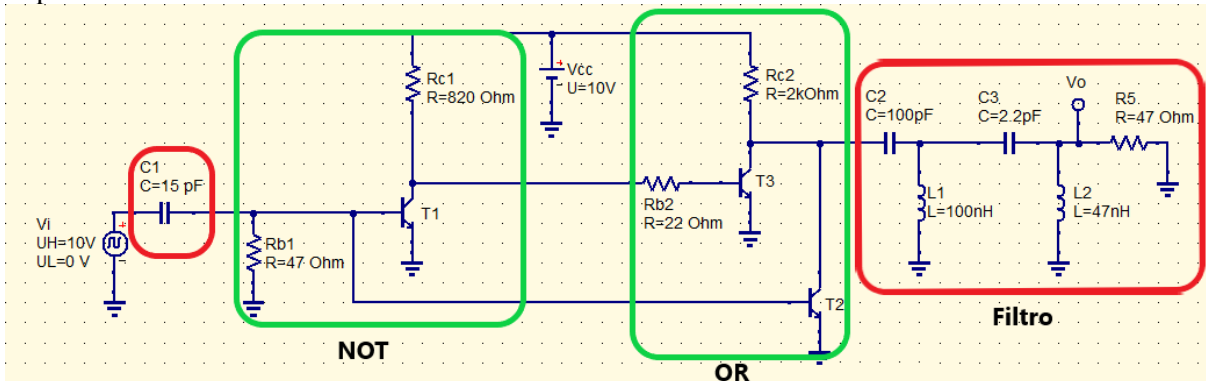


FIGURA 3. Esquemático do circuito II gerador de pulsos eletromagnéticos e seus componentes.

Em ambos os circuitos foram utilizados os transistores de modelo BRF92A [12] com frequência de transição 5GHz, que melhora o tempo de resposta do circuito, e baixas capacitâncias parasitas em suas junções, tendo menor interferência indesejadas nos pulsos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figs. 4 e 5 apresentam a forma do pulso e o espectro da frequência dos circuitos I e II, respectivamente. A partir das figs. 4 (a) e 5 (a) é possível extrair dados da amplitude, duração e forma de pulsos e de cada circuito e nas figs. 4 (b) e 5 (b) a frequência central e largura de banda de ambos.

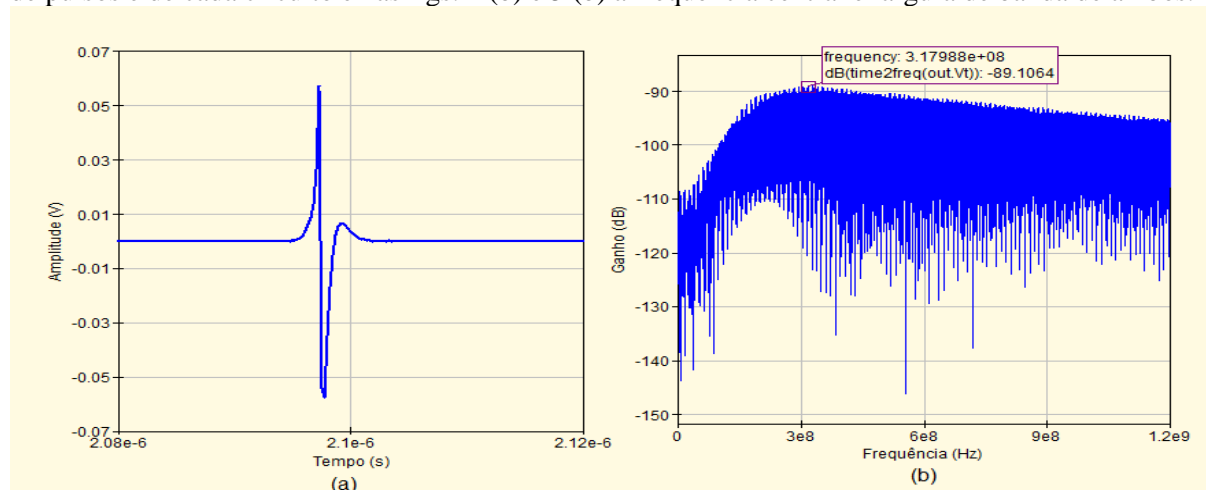


FIGURA 4. Circuito I: (a) Forma do pulso eletromagnético gerado; (b) Espectro do pulso eletromagnético. [10]

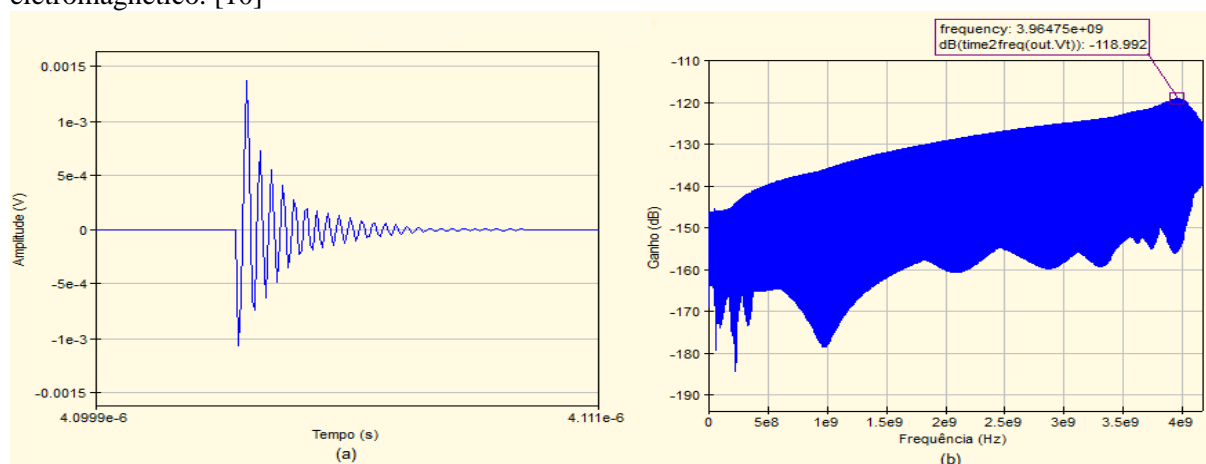


FIGURA 5. Circuito II: (a) Forma do pulso eletromagnético gerado; (b) Espectro do pulso eletromagnético.

Na tabela 1 encontram-se os valores obtidos nas simulações dos dois circuitos geradores de pulsos ultra-curtos.

TABELA 1. Resultados da simulação.

Parâmetros	Circuito I	Circuito II
Frequência Central (GHz)	0,3179	3,964
Amplitude Vpp (mV)	114,43	2,66
Duração do pulso (ns)	101,21	114,3
Frequência de Repetição de Pulso (MHz)	49,45	0,994
Ganho (dB)	-89,106	-118,99
Largura de Banda (MHz)*	560	500

* Adotado valor de 3dB para f_H e f_L e valores aproximados.

Apesar dos geradores de pulsos apresentarem transistores com mesmas características foi possível notar diferentes performances com destaque para maior frequência central obtida pelo circuito II, isso decorre da taxa de frequência de repetição de pulso do circuito I ser maior que a do circuito II,

provocando uma variação de temperatura nos transistores causando um maior aquecimento [3], [7], e interferindo na performance do pulso.

CONCLUSÕES

Ambos os circuitos apresentaram topologia simples e superaram os parâmetros de frequência e banda do sistema UWB. O circuito I atinge a faixa de rádio frequência UHF - *Ultra High Frequency* (entre 0,3 a 3GHz) e o circuito II apresenta frequência na faixa de Banda C do IEEE - *Institute of Electrical and Electronics Engineers* e a designação SHF - *Super High Frequency* (entre 3 a 30 GHz).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o IFSP – Campus Cubatão por fomentar esta pesquisa através do edital PIBIFSP-CBT n° 011/2018 e a Pro - Reitoria de Pesquisa do IFSP pelo apoio em eventos científicos.

REFERÊNCIAS

- [1] GARAY, J. O. V. “Análise e construção de um circuito gerador de pulsos UWB para aplicações de radar de penetração de solo”. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.
- [2] KIM, H.; JOO, Y. "Fifth-derivative Gaussian pulse generator for UWB system," 2005 IEEE Radio Frequency integrated Circuits (RFIC) Symposium - Digest of Papers, Long Beach, CA, USA, 2005, pp. 671-674.
- [3] KIM, H.; PARK, D.; JOO, Y. "All-digital low-power CMOS pulse generator for UWB system," in Electronics Letters, vol. 40, no. 24, pp. 1534-1535, 25 Nov. 2004.
- [4] NORIMATSU, T.; FUJIWARA, R.; KOKUBO, M.; MIYAZAKI, M.; MAEKI, A.; OGATA, Y.; KOBAYASHI, S.; KOSHIZUKA, N.; SAKAMURA, K.; "A UWB-IR Transmitter With Digitally Controlled Pulse Generator," in IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 42, no. 6, pp. 1300-1309, June 2007.
- [5] ZITO, F.; PEPE, D.; ZITO, D. "UWB CMOS Monocycle Pulse Generator," in IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers, vol. 57, no. 10, pp. 2654-2664, Oct. 2010.
- [6] DE OLIVEIRA, A. M. “Sistema transmissor CMOS de Radar UWB por varredura eletrônica com arranjo de antenas Vivaldi”. PhD thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- [7] LEE, J. S.; NGUYEN, C.; SCULLION, T. "New uniplanar subnanosecond monocycle pulse generator and transformer for time-domain microwave applications," in IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 49, no. 6, pp. 1126-1129, June 2001.
- [8] WENTZLOFF, D. D.; CHANDRAKASAN, A. P. "Gaussian pulse Generators for subbanded ultrawideband transmitters," in IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 54, no. 4, pp. 1647-1655, April 2006.
- [9] SILVA, S. N. N.; PEROTONI, M. B. “Gerador de Pulsos Eletromagnético de VHF” in WMO Exatas Online, vol. 9, pp. 40-47, Março 2018.
- [10] FIGUEREDO SOBRINHO, R. E., et al. “Circuito Gerador De Pulsos Eletromagnéticos”, 10º CONICT – Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica do IFSP, 2019.
- [11] FIGUEREDO SOBRINHO, R. E., et al. “Um Gerador de Pulsos Eletromagnéticos de Frequência Central 3,965 GHz com Transistores NPN”. 11º COBRIC – Congresso Brasileiro de Iniciação Científica, 2019.
- [12] PHILIPS. Datasheet BRF92A NPN 5GHz wideband. Disponível em: <<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/16343/PHILIPS/BFR92A.html>>. Acesso em: 23 Ago 2019.