

UM GERADOR DE PULSOS ELETROMAGNÉTICOS UTILIZANDO TRANSISTOR NPN COM FREQUÊNCIA CENTRAL 2,447 GHZ

Raimundo Eider Figueredo Sobrinho

Laboratório Maxwell de Micro-Ondas e Eletromagnetismo Aplicado (LABMAX)
- Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Cubatão, SP, Brasil

Anna Karina F. Gomes

Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Cubatão, SP, Brasil

Arnaldo de Carvalho Junior

Laboratório Maxwell de Micro-Ondas e Eletromagnetismo Aplicado (LABMAX)
- Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Cubatão, SP, Brasil

Marcelo B. Perotoni

Universidade Federal do ABC (UFABC), Santo André, SP, Brasil

Alexandre Maniçoba de Oliveira

Laboratório Maxwell de Micro-Ondas e Eletromagnetismo Aplicado (LABMAX)
- Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Cubatão, SP, Brasil

Resumo: O gerador de pulsos desenvolvido neste artigo utiliza um transistor de junção bipolar do tipo NPN, operando nas regiões de corte e saturação, um elemento capacitivo de atraso no sinal de entrada e um filtro passivo de segunda ordem, que modela o pulso na saída e apresenta características de micro-ondas com faixa de frequência atribuída para ISM (*Industrial Scientific and Medical*). O ambiente numérico QucsStudio foi usado para projetar e simular o gerador de pulsos que obteve frequência central de 2,447 GHz, largura de banda de 3,145 GHz, amplitude de 3,005 V e duração de 866,72 ns.

Palavras-chave: Largura de banda. Pulsos ultra curtos. Circuito de Micro-Ondas.

Abstract: The pulse generator developed in this article uses a bipolar junction transistor of NPN type, operating in the cut-off and saturation regions, a capacitive element of delay in the input signal and a second-order passive filter, which models the pulse at the output and presents characteristics of microwave with frequency range assigned to ISM (*Industrial Scientific and Medical*). The QucsStudio numerical environment was used to design and simulate the pulse generator that obtained a

central frequency of 2,447 GHz, a bandwidth of 3,145 GHz, an amplitude of 3,005 V and a duration of 866.72 ns.

Keywords: Bandwidth. Ultra short pulses. Microwave Circuit.

INTRODUÇÃO

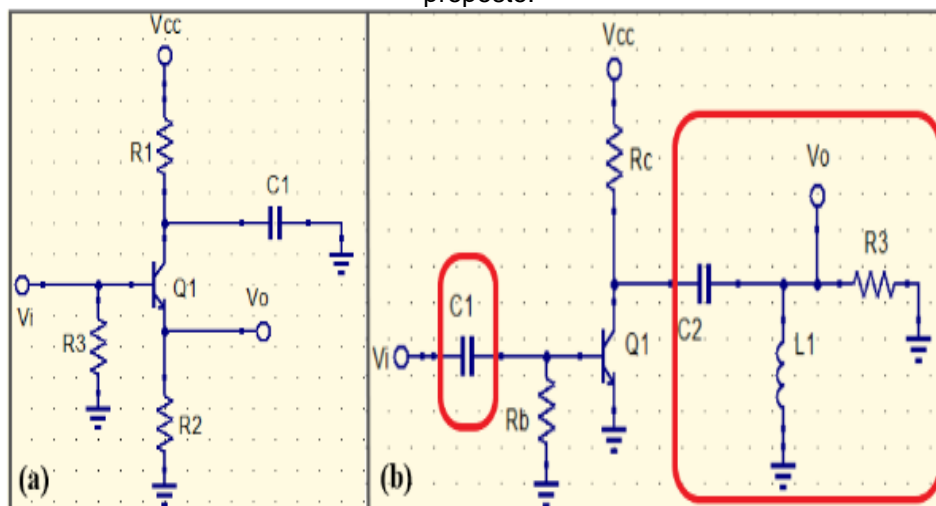
Geradores de pulsos eletromagnéticos são circuitos eletrônicos de micro ondas que apresentam topologias com usos de: transistores bipolares, operando na região de avalanche (SILVA e PEROTONI, 2018) e na região de corte e saturação (GARAY, 2018), CMOS (NORIMATSU et al., 2007; KIM et al., 2004; KIM e JOO, 2005; DE OLIVEIRA, 2012), BiMOS (WENTZLOFF e CHANDRAKASAN, 2006) e diodo de recuperação de passos (SRD) e cujas aplicabilidades vão desde a área de defesa (SILVA e PEROTONI, 2018), até em atividades civis de comunicação sem fio (NORIMATSU et al., 2007; KIM e JOO, 2005; WENTZLOFF e CHANDRAKASAN, 2006), radares (SILVA e PEROTONI, 2018; GARAY, 2018; NORIMATSU et al., 2007; KIM e JOO, 2005; DE OLIVEIRA, 2012; WENTZLOFF e CHANDRAKASAN, 2006; LEE et al., 2001) e monitoramento de sinais vitais (DE OLIVEIRA, 2012). Os circuitos geradores são usados junto com uma antena que irradia os pulsos eletromagnéticos.

O circuito gerador aqui desenvolvido se baseou no trabalho de SILVA e PEROTONI (2018, p. 42), que usa um transistor (Q_1) NPN que opera na região de avalanche. O gerador é formado por um circuito de disparo (R_1 e C_1) em que R_1 carrega C_1 o qual, ao atingir a tensão de avalanche de Q_1 , é descarregado, ocasionando o efeito avalanche que conduz à corrente em R_2 , gerando o pulso que sai em V_o . A corrente em R_1 é que controla a tensão em Q_1 e influencia a intensidade dos pulsos no momento do efeito *Breakdown*, o qual é ativado pela carga de C_1 . Foi proposta a mudança na operação do transistor para atuar na região de corte e saturação, além da inserção de elemento capacitivo em paralelo a R_3 no sinal de entrada e um filtro passivo de segunda ordem, que tem frequência de ressonância apresentada pela equação 1, e que foi inserido no lugar de C_1 .

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

A fig. 1 (a) e (b) apresenta respectivamente o circuito base (SILVA e PEROTONI, 2018) e o gerador de pulsos proposto. O destaque em vermelho representa as alterações propostas.

Figura 1 – (a) Gerador de pulsos eletromagnético (SILVA e PEROTONI, 2018), (b) Gerador de pulsos proposto.



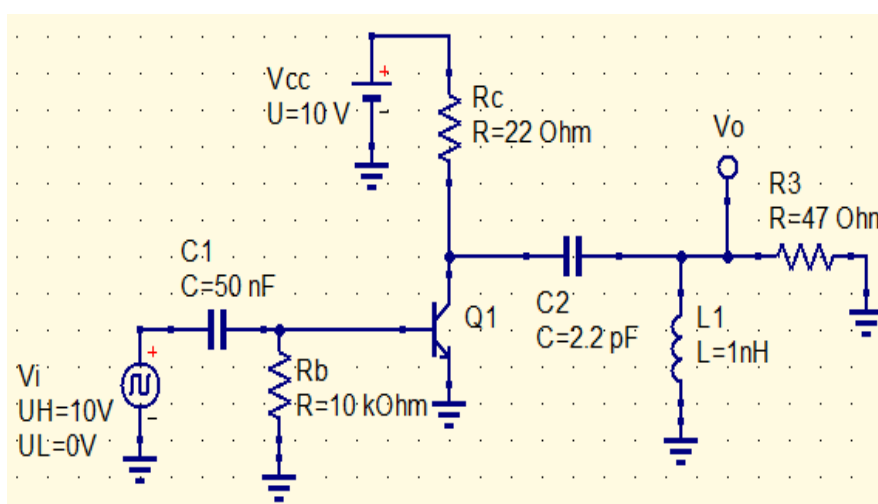
Fonte: Autoria própria (2019).

O intuito deste trabalho é projetar um circuito com arquitetura simples usando transistores e que resulte em uma frequência dentro da faixa designada pela ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações), no Brasil, e pela FCC (*Federal Communications Commission*), nos Estados Unidos, para uso em ISM. Para isso foram levadas em consideração as variações de temperatura do transistor, que afetam a potência do pulso (WENTZLOFF e CHANDRAKASAN, 2006), a frequência de repetição de pulsos, que quando muito alta faz com que o transistor dissipe maior quantidade de calor afetando os pulsos gerados (KIM et al., 2004; LEE et al., 2001), e, por fim, o elemento capacitivo de atraso que tem influência na forma (NORIMATSU et al., 2007) e largura dos pulsos (WENTZLOFF e CHANDRAKASAN, 2006).

DESENVOLVIMENTO

O gerador de pulsos eletromagnético foi projetado e simulado com uso da ferramenta QucsStudio versão 2.5.7. A fig. 2 apresenta o esquemático do circuito proposto com seus componentes eletrônicos e seus respectivos valores nominais. O modelo usado do transistor foi o 2N2222A que possui frequência de transição de 300MHz (ON SEMICONDUTOR, 2013).

Figura 2 – Esquemático do gerador de pulsos proposto



Fonte: Autoria própria (2019).

O circuito é alimentado por V_{cc} e V_i é o sinal de entrada de onda retangular, operando com 10V em alta e 0V em baixa, o qual carrega o capacitor C_1 , que, devido ao tempo que leva para realizar a carga/ descarga, provoca um atraso no sinal. Este, ao chegar no resistor R_B , gera uma corrente na base do transistor Q_1 . Neste esquema, R_B regula a corrente na base que é responsável pelo controle da corrente de saída no coletor de Q_1 que, devido ao retardo, funciona como uma chave que conduz por um pequeno período de tempo e abre contato em outro, gerando pulsos com componentes de corrente contínua (CC) que são danosas à radiação dos pulsos eletromagnéticos (GARAY, 2018; DE OLIVEIRA, 2012), razão pela qual é proposta a inserção do filtro de segunda ordem para agir na atenuação das componentes CC, ou seja, modelar os pulsos que irão sair de V_o .

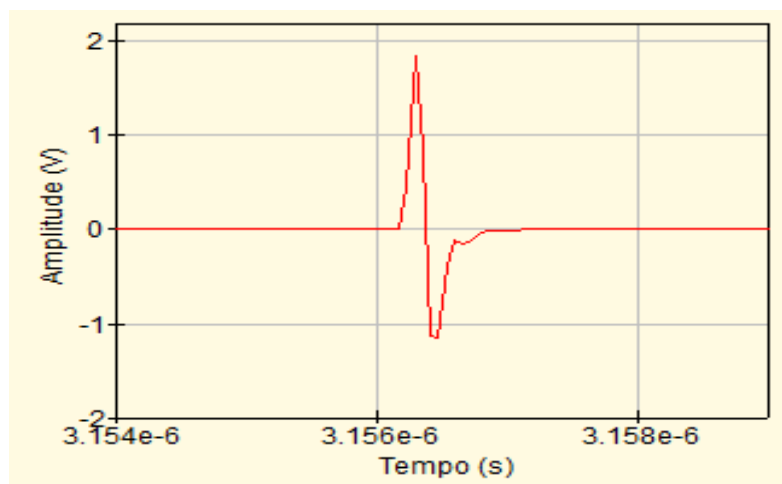
Para análise da densidade espectral dos pulsos gerados, é necessário o uso da transformada de Fourier, representada na equação 2, que faz a conversão do sinal no domínio do tempo para frequência.

$$F(\omega) = F[f(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt \quad (2)$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A fig. 3 apresenta a forma do pulso gerado pelo circuito. Dela se extrai a frequência de repetição, no valor de 490,196 kHz, a amplitude máxima de pico a pico, no valor de 3,005 V, e o espaço tempo dos pulsos, de 866,72 ns.

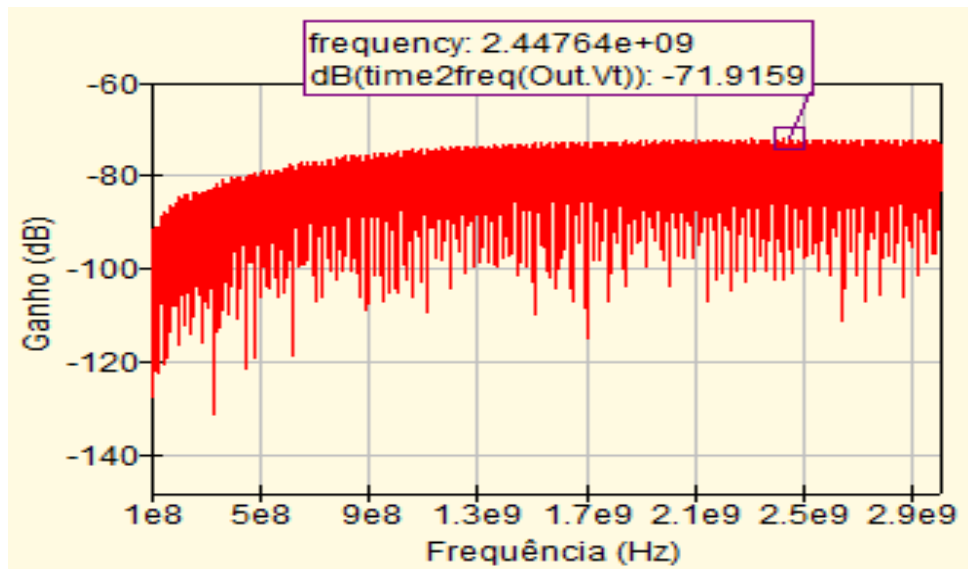
Figura 3 – Forma do pulso eletromagnético



Fonte: A autoria própria (2019).

Na fig. 4, através da transformada de Fourier, é apresentada a densidade espectral dos pulsos gerados. Dela foi extraída a frequência central de 2,447 GHz e a largura de banda de 3,145 GHz (utilizou-se do parâmetro -3dB da frequência central).

Figura 4 – Densidade espectral dos pulsos



Fonte: Autoria própria (2019).

CONCLUSÕES

Este trabalho demonstra a capacidade de criar um circuito gerador de pulsos eletromagnéticos com sete componentes discretos, o qual apresenta características de micro-ondas, superando a frequência mínima de 300 MHz para tal, e dentro da faixa ISM (Industrial Scientific and Medical) designada pela ANATEL e pela FCC. Ao acoplar um filtro, passa faixas na saída, de modo a restringir a largura de banda. Esse circuito passa a atender as particularidades regulatórias com respeito à ISM.

REFERÊNCIAS

DE OLIVEIRA, A. M. **Sistema transmissor CMOS de Radar UWB por varredura eletrônica com arranjo de antenas Vivaldi**. 2012. 171 f. Dissertação - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

GARAY, J. O. V. **Análise e construção de um circuito gerador de pulsos UWB para aplicações de radar de penetração de solo**. 2004. 98 f. Dissertação - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2018.

KIM, H. *et al.* All-digital low-power CMOS pulse generator for UWB system. **Electronics Letters**. v. 40, n. 24, p.1534-1535. 2004

KIM, H. e JOO, Y. Fifth-derivative Gaussian pulse generator for UWB system. **IEEE Radio Frequency integrated Circuits (RFIC) Symposium - Digest of Papers**. p.671-674. Long Beach, CA, USA, 2005.

LEE, J. S. *et al.* New uniplanar subnanosecond monocycle pulse generator and transformer for timedomain microwave applications. **IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques**. v. 49, n. 6, p. 1126-1129. 2001.

ON SEMICONDUCTOR. Datasheet 2N2222A NPN 300MHz. Disponível em:< <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/P2N2222A-D.PDF>>. Acesso em: 03 out 2019

ORIMATSU, T. *et al.* A UWB-IR Transmitter With Digitally Controlled Pulse Generator. **IEEE Journal of Solid-State Circuits**. v. 42, n. 6, p.1300-1309. 2007.

SILVA, S. N. N. e PEROTONI, M. B. Gerador de Pulsos Eletromagnético de VHF. **Exatas Online**, Vol. 9, p. 40 – 47. 2018.

WENTZLOFF, D. D. e CHANDRAKASAN, A. P. Gaussian pulse Generators for subbanded ultra-wideband transmitters. **IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques**. v. 54, n. 4, p.1647-1655. 2006.