GERADOR DE PULSOS ELETROMAGNÉTICO DE VHF

Samuel Nunes Nascimento Silva, Marcelo Bender Perotoni.
UFABC, samuelkriger.nunes@gmail.com, UFABC, mperoconsult@gmail.com.

Resumo - A proposta deste trabalho é apresentar um modelo de gerador de pulsos eletromagnético que está baseado no efeito avalanche que ocorre na junção coletor-base de um determinado transistor no momento em que a tensão aplicada no coletor ultrapassa o limite especificado pelo fabricante. O gerador é composto por dois estágios: oscilador, sendo formado por uma célula resistor e capacitor e sistema de descarga, composto pelo transistor e resistor.Embora esse tipo de circuito possa danificar aparelhos eletrônicos com suas emissões radiadas, a tecnologia pode ser usada para propósitos tais como bloqueio de sinais de HF (3MHz - 30MHz), VHF (30MHz – 300MHz) e UHF (300MHz – 3GHz) utilizados indevidamente, análise de distorção de sinais em probes de osciloscópio entre outras aplicações. O circuito proposto gera um tipo de sinal que abrange parte das frequências compreendidas entre 500KHz até aproximadamente 800MHz.

Palavras-chave: Gerador de Pulsos Eletromagnético, Frequência, Sinal.

INTRODUÇÃO

O efeito avalanche é um fenômeno que ocorre tanto em materiais isolantes como semicondutores. É uma forma de multiplicação de corrente que provoca um fluxo de corrente em regiões onde ela normalmente não ocorre [1,2]. O efeito avalanche ocorre quando o campo elétrico aplicado num material é forte o suficiente para provocar o desprendimento de elétrons através da colisão de partículas aceleradas pelo campo elétrico. Esse fenômeno é o que governa o princípio de funcionamento do gerador de pulsos (fig. 1).

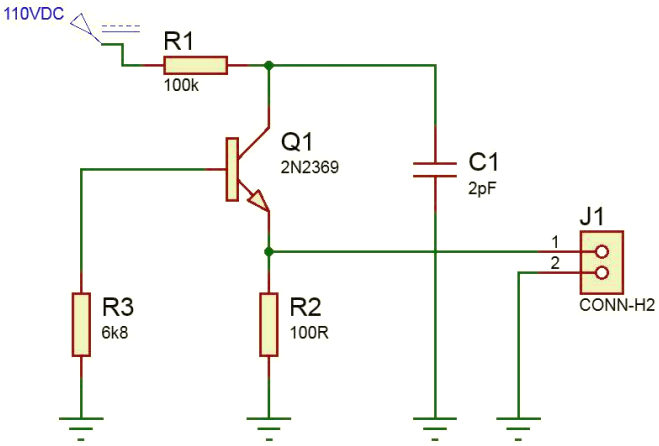


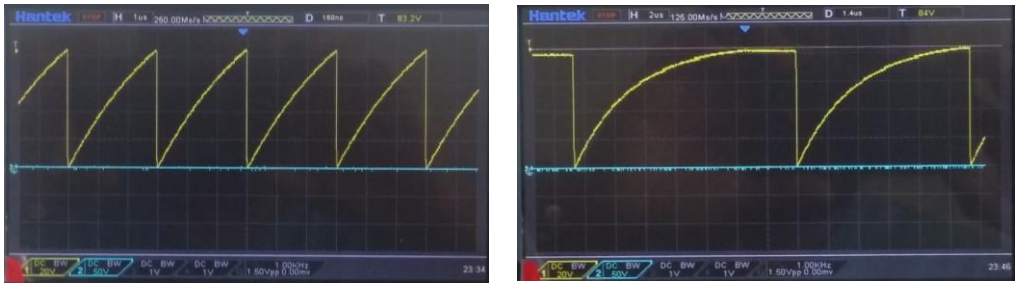
Figura 1. Esquemático do gerador de pulsos eletromagnético.

Outro efeito característico do circuito da figura 1 é a irradiação eletromagnética que é bastante evidente mesmo sem a presença de uma antena conectada na sua saída (J1).

PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO GERADOR DE PULSOS ELETROMAGNÉTICO

Conforme mensionado anteriomente, o princípio de funcionamento do gerador de pulsos está baseado no efeito avalanche que ocorre no momento em a tensão elétrica aplicada na junção coletor-base do transistor Q1 é alta o bastante para fazer esse junção conduzir corrente. Essa tensão que provoca o efeito avalanche no transistor é conhecida como VCBO (tensão de ruptura entre coletor e base). Embora VCBO esteja especificada em 40VDC, nem todos os transistores 2N2969 apresentam o efeito avalanche nesse valor de tensão proposto e por isso, a tensão de entrada do circuito deve ser maior que VCBO para que seja garantido o efeito esperado (em média, a tensão de entrada está entre 60VDC a 120VDC).

No momento em que o circuito é energizado o capacitor C1 começa a se carregar através do resistor R1 e quando a tensão de ruptura (VCBO) é atingida, o efeito avalanche ocorre. Nas figuras 2a e 2b é possível analisar, no domínio do tempo, o comportamento da carga e descarga do capacitor C1.



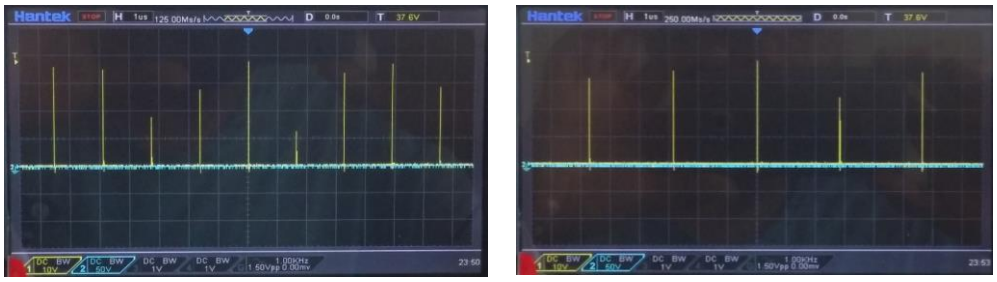
(a) (b)

Figura 2 - a. Carga e descarga do C1 medido no coletor de Q1 (tempo total 3us). b. Carga e descarga do C1 medido no coletor de Q1 (tempo total 14.8us).

Comparando as figuras 2a e 2b é possível perceber uma diferença entre os tempos de carga de descarga do capacitor. Como esse circuito é capaz de gerar pulsos em frequências variadas, o período de carga e descarga do C1 não é fixo. Outro detalhe interessante que pode ser observado nos gráficos é que o efeito avalanche acontece num nível de tensão bem próximo aos 80VDC e isso prova que o efeito avalanche sempre acontece no mesmo nível de tensão, mas os efeitos parasitários (capacitância parasita, indutância parasita e percas por efeito Joule) provocam a instabilidade no período da carga e descarga do C1 que é responsável pela geração de pulsos em frequências variadas.

Quando a tensão VCBO é atingida, o transistor Q1 satura e a corrente armazenada no C1 é descarregada através do resistor R2. Em tese, o C1 não deveria se descarregar totalmente, mas como pode ser observado na forma de onda das figuras 2a e 2b, mesmo a tensão do coletor caindo abaixo de VCBO o transistor continua conduzindo porque o tempo de corte dele é mais alto do que tempo de descarga do capacitor.

No momento em que o C1 está sendo descarregado através de R2 é possível observar a geração aleatória de vários pulsos (figura 3a e 3b).



(a) (b)

Figura 3 - a. Pulsos eletromagnéticos observados no emissor de Q1 (na média, os pulsos ocorrem a cada 1.8us). b. Pulsos eletromagnéticos observados no emissor de Q1 (na média, os pulsos ocorrem a cada 3us).

A descarga do C1 provoca colisões de elétrons que resultam no aparecimento de ruídos eletromagnéticos que podem chegar a uma frequência de aproximadamente 800MHz (visualizados através de um analisador de espectro). A combinação dos pulsos e ruídos gerados fazem desse circuito um excelente gerador de sinais de HF, VHF e UHF (até 800MHz). A fig. 3a registra o momento em que os pulsos são gerados em intervalos de tempo menores e a fig. 3b registra o momento em que os pulsos são gerados em intervalos maiores.

Como não é possível registrar todos os pulsos nesse trabalho, foi escolhido um e ele pode ser observado na figura 4. O pulso medido no emissor de Q1 tem amplitude de aproximadamente 38VDC com duração de 10ps.

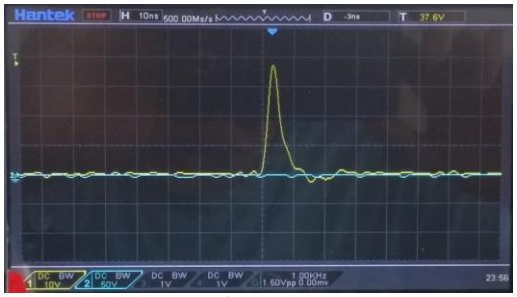


Figura 4. Pulsos eletromagnéticos observados no emissor de Q1.

As ondulações presentes logo após o fim do pulso são resultantes do efeito parasitário do circuito e também da ponta de prova do osciloscópio. Como esse circuito opera em RF, qualquer dispositivo agregado pode provocar distorções.

Foram observados pulsos com frequências inferiores a 150MHz porque os pulsos e ruídos de alta frequência não podem ser vistos no osciloscópio (Hantek – DSO4204C) correntemente em uso.

Quando a tensão no coletor atinge VCBO, a junção coletor-base começa a conduzir corrente e a tensão na base que era de 0V sobe para aproximadamente 25VDC (figura 5 – sinal na cor amarela).

Figura 5. Pulso medido na base de Q1 (em amarelo) e no emissor de Q1 (em azul).

No momento em que o sinal na base (em amarelo) de Q1 atinge uma amplitude de 25VDC, o Q1 polariza e a junção base - emissor conduz fazendo o transistor saturar, mas logo em seguida, o sinal no emissor (em azul) atinge uma amplitude de 36VDC. Mesmo a tensão no emissor sendo maior que a da base o transistor não para de conduzir imediatamente porque o tempo que ele leva para de conduzir é mais alto do que o surgimento do pulso.

Na figura 6, será apresentado dois sinais que resumem todo o funcionamento do gerador de pulsos eletromagnético.

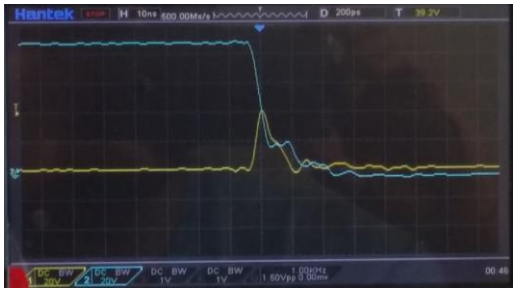


Figura 6. Sinal em azul representa a carga e descarga do capacitor e o sinal em amarelo e o sinal medido no emissor de Q1.

Se o sinal na cor azul estiver em nível alto isso significa que o Q1 está cortado e não há presença de sinal no emissor de Q1. E quando o sinal na cor azul estiver em nível baixo, isso significa que há sinal presente na saída do emissor de Q1.

Num teste prático realizado com esse circuito foi possível observar uma interferência na faixa de rádio FM (88MHz – 108MHz). O circuito foi ligado próximo a um rádio e todas as faixas de FM apresentaram indícios de interferência e foi possível observar o bloqueio de algumas rádios. Esse resultado fica melhor com a inserção de uma antena no circuito, mas essa será a proposta do próximo trabalho.

CONCLUSÕES

Os estudos referentes ao gerador de pulsos eletromagnético proposto ainda estão no início, mas os testes realizados mostram que esse circuito pode atingir resultados mais satisfatórios do que os mostrados nesse trabalho. A montagem do circuito é algo experimental e ainda não foi aplicado técnicas de construção de circuitos que operam em alta frequência, por isso, os sinais mostrados apresentam distorções.

REFERÊNCIAS

[1] T. H. Lee, The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits, 1st ed. Cambridge, UK.: Cambridge Univ. Press, 1998, pp. 288-292.

[2] B. Razavi, RF Microeletronics, 1st ed. Prentice Hall, Los Angeles: Prentice Hall, 1998.