

## ESTIMULADOR COM DOIS CANAIS ISOLADOS

L. A. Sá<sup>1\*</sup>, P.X. Oliveira<sup>1</sup>

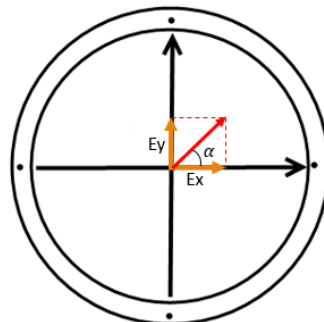
<sup>1</sup> Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Unicamp, Campinas, Brasil

\* [lizandra@ceb.unicamp.br](mailto:lizandra@ceb.unicamp.br)

**Contexto, Motivação e Objetivos.** Doenças cardiovasculares tem sido a maior causa de mortes no mundo, e as arritmias costumam ser consequência dessas doenças. A estimulação elétrica é frequentemente utilizada para reverter casos de arritmias e restaurar o funcionamento do coração. As células cardíacas podem ser excitadas pela aplicação de um campo elétrico (E) externo. Foi observado em estudos anteriores que o limiar de estimulação e de desfibrilação utilizando E multidirecionais (3 direções) são menores que o de estímulos monodirecionais. Porém, para aplicar estímulos multidirecionais, foram utilizados três pares de eletrodo, o que pode ser indesejado em uma desfibrilação. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um estimulador com dois canais isolados de modo a aplicar o E multidirecional (3 direções) utilizando apenas dois pares de eletrodos, utilizando o princípio da superposição (soma vetorial dos E aplicados por cada canal), para posterior experimentos com células cardíacas isoladas.

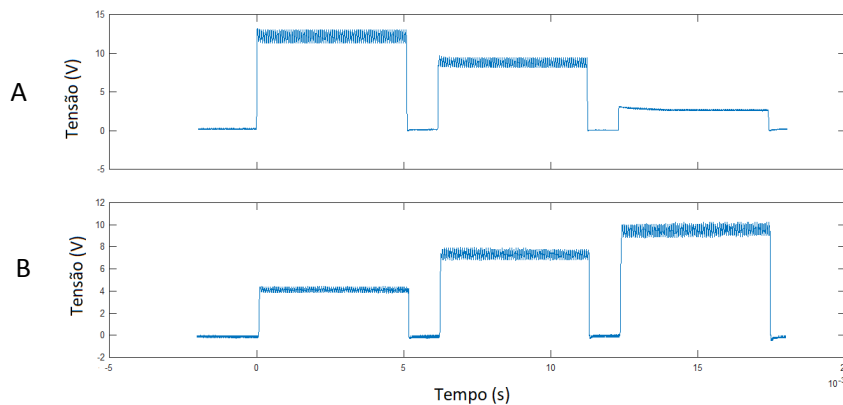
**Métodos.** Um microcontrolador (PIC18F4550) foi programado em linguagem C para gerar pulsos em quatro portas configuradas como saída digital (duas portas por canal). Para cada canal, o PIC gera 3 pulsos com duração de 5 ms, com intervalo de 1 ms, a cada 2 s e os envia para o subtrator, cuja saída é um pulso de mesma duração com amplitude de + 15V ou -15V dependendo da saída do PIC ativada. Este sinal é multiplicado por 0,1 x uma tensão contínua, proveniente da saída do conversor PWM-tensão, ou seja, é atenuado pelo multiplicador de acordo com o *duty cycle* aplicado no conversor. Finalmente, a saída do multiplicador é amplificada (ganho = 3,2) pelo amplificador de potência. A relação entre o *duty cycle* e a tensão de saída foi obtida por meio da linearização por partes. Os dois canais do estimulador foram isolados por meio de optoacopladores (CI 4N25) e serão acoplados a uma câmara de estimulação cilíndrica com 2 pares de eletrodos posicionados perpendicularmente, como podemos observar na Figura 1. A amplitude dos estímulos de cada canal, que serão aplicados ao mesmo tempo, será calculada de acordo com o módulo do E resultante a ser aplicado nas 3 direções (0°, 30° e 60°), utilizando o princípio da superposição.

**Figura 1** - Esquema da câmara com 2 pares de eletrodos de platina gerando um campo resultante a partir de dois estímulos.  $E_x$  é o campo elétrico na direção x,  $E_y$  é o campo elétrico na direção y e  $\alpha$  é o ângulo do campo elétrico resultante ( $E_R$ ), em vermelho.



**Resultados.** A relação entre a tensão de saída de cada canal e a tensão desejada foi linear e o erro máximo foi de 0,4V. A duração de cada pulso foi de 5 ms com um *slew rate* de 8V/ $\mu$ s e o intervalo entre pulsos foi de 1 ms. Os sinais de saída de cada canal do estimulador podem ser observados na Figura 2.

**Figura 2** – Saída do estimulador ( $E_R=3V/cm$ ). A) Canal 1; B) Canal 2.



**Discussão e Conclusões.** Com o estimulador com dois canais isolados desenvolvido é possível gerar estímulos multidirecionais com apenas dois pares de eletrodos posicionados perpendicularmente. No entanto, mais testes com a câmara de estimulação são necessários para testar o princípio da superposição antes de iniciar os experimentos com células cardíacas isoladas.

**Agradecimentos.** Unicamp, CNPq (Processo 153207/2016-7).

**Palavras-chave.** Estimulador; microcontrolador; célula cardíaca; campo elétrico; multidirecional.