

## **FONTE DE CORRENTE USADA EM ESPECTROSCOPIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA**

Vinicius Grando Sitoli<sup>1</sup>, Pedro Bertemes Filho<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Acadêmico(a) do Curso de Engenharia Elétrica - bolsista PROBIC/UDESC

<sup>2</sup> Orientador, Departamento de Engenharia Elétrica – bertemes@gmail.com.

**Palavras-chave:** Engenharia Biomédica, Espectroscopia de Impedância Elétrica, Fonte Howland.

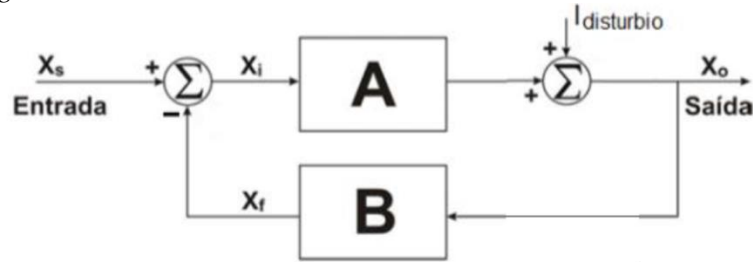
A impedância elétrica é uma propriedade intrínseca, dependente da frequência, de todos os materiais condutores ou semi-condutores. O estudo da impedância em materiais biológicos é chamado de bioimpedância ou Espectroscopia de Impedância Elétrica (EIE), quando avaliada no domínio da frequência. A EIE é uma técnica que utiliza a fase e módulo da impedância medida para extração das propriedades equivalentes elétricas de um material. É utilizada em aplicações biomédicas, como diagnóstico de câncer, caracterização muscular, controle de composição corporal e medição de glicose no sangue, dentre outros.

Nesta técnica, uma corrente/tensão senoidal de amplitude constante é injetada no material e uma tensão/corrente resultante é medida, a fim calcular a impedância. Este processo é feito dentro de uma faixa de frequência. Quanto maior a banda de frequência, mais informações pode-se obter do material em estudo.

A maioria dos sistemas EIE utiliza uma fonte de corrente controlada por tensão (VCCS), do tipo Howland (Howland, 1962), como circuito de excitação. A fonte Howland original possui limitações, tais como capacidade de corrente e problemas com saturação. Na década de 90, uma nova topologia da fonte Howland permitiu maior banda de frequência, maior impedância de saída e excursão de sinal na carga, sendo chamada de fonte de corrente Howland Modificada (MHCS). Outras topologias foram investigadas utilizando-se de cargas flutuantes, como é o caso de materiais in vivo (fonte Howland Diferencial Modificada – DMHCS). Para algumas aplicações médicas, tal como a tomografia de impedância elétrica, a limitação da impedância de saída em altas frequências é um fator limitante no uso desta fonte.

Neste trabalho foi desenvolvida uma nova fonte DMHCS usando uma malha de controle na realimentação, como mostra a figura 1. Na figura 1,  $X_s$  é uma tensão de entrada senoidal,  $X_i$  é o sinal de erro, o bloco A é o circuito DMHCS,  $I_{\text{disturbio}}$  representa todas as perdas de corrente pelo bloco A, o bloco B é um amplificador de instrumentação para ler a corrente de saída,  $X_f$  é a tensão de realimentação (=tensão de erro) e  $X_o$  representa a corrente de saída do circuito DMHCS.

**Fig. 1** Diagrama de blocos do circuito DMHCS com a malha de realimentação.



Foram realizadas várias simulações em software PSPICE a fim de investigar a resposta no domínio do tempo e da frequência da corrente de saída do circuito, bem como análises de Fourier. Foi investigado 5 tipos diferentes de Amplificadores Operacionais (AOP) com bandas de frequência distintas (TL081, uA741, OPA655, OPA657 e OPA659), além de utilizar diferentes valores de resistores e ganhos dos circuitos dos blocos A e B. Os resultados das simulações mostraram que a amplitude da corrente de saída é determinada pelo inverso do ganho do bloco B, enquanto o ganho do bloco A é responsável pela sintonia e correção da corrente  $I_{distúrbio}$ . Um dos resultados mostrou que, ao utilizar o TL081 no bloco A e o OPA655 no bloco B, a banda de operação do circuito foi de 1 MHz com a malha de realimentação, enquanto 300 kHz sem a realimentação (bloco B desconectado do circuito).

Foi projetada uma placa de circuito impresso (PCB) para implementação do circuito DMHCS. No bloco A foi utilizado o TL081, enquanto no bloco B foi utilizado o OPA655. Os resistores utilizados foram de 1% de tolerância com valores inferiores a 5 k $\Omega$ . Foi implementado um ganho de 10 para o bloco A, enquanto 1000 para o bloco B. Os resultados mostraram que a corrente de saída (representada por  $X_o$ ) é de aproximadamente 1 mA<sub>pp</sub>. No entanto, devido ao baixo valor de ganho do bloco A, não houve aumento significativo na banda de frequência.

É necessário mencionar que a escolha adequada dos amplificadores a serem utilizados é de extrema importância, observando-se recomendações de valores e tolerância de resistores. Observa-se que para um bom funcionamento do circuito DMHCS realimentado é necessário que o circuito de realimentação (bloco B) tenha uma banda de frequência de operação 10 vezes maior do que a banda do bloco A (=DMHCS), a fim de que o distúrbio de corrente possa ser corrigido. Conclui-se que a fonte de corrente Howland diferencial modificada com malha de realimentação apresenta melhores resultados em termos de resposta de corrente em função da frequência. Sistemas de tomografia de impedância elétrica, que são circuitos multiplexados de vários canais, poderão se beneficiar desta fonte de corrente.