

DESENVOLVIMENTO DE CIRCUITO DE CONTROLE EM SISTEMA PARA APLICAÇÃO E MONITORAMENTO DA TERAPIA FOTODINÂMICA DE CÂNCER DE PELE DO TIPO NÃO MELANOMA

Felipe Alvarenga Carvalho

Marlon Rodrigues Garcia

Universidade de São Paulo

carvalhofelipe.carvalho@usp.br

Objetivos

A terapia fotodinâmica (TFD) é uma técnica amplamente utilizada para o tratamento de lesões de pele, em especial para o tratamento de câncer de pele do tipo não melanoma¹. É parte integrante de seu processo de tratamento e monitoramento, a luz, fotossensibilizador e oxigênio molecular. O tratamento é iniciado através da administração epidérmica de ácido delta-aminolevulínico (ALA) ou derivados na região da lesão, o qual é capaz de gerar seletivamente na região tumoral o fotossensibilizador protoporfirina-IX (PpIX). Durante o procedimento, o equipamento responsável por realizar o tratamento possui um laser que excita o fotossensibilizador, fenômeno que é capaz de gerar espécies reativas de oxigênio, dentre elas o oxigênio singuleto, responsável por causar dano celular e morte do tecido alvo através de necrose e apoptose celular². Ao mesmo passo que a excitação do fotossensibilizador promove o tratamento, também há a geração de fluorescência pelo processo de excitação, processo físico que consegue ser captado e transformado em imagens por câmeras digitais, auxiliando no processo de monitoramento do tratamento. Buscando melhorar ainda mais as respostas ao tratamento fotodinâmico, faz-se interessante acompanhar, em ambiente clínico, a resposta de cada lesão à terapia, o que é chamado de monitoramento em tempo real (ou online). Dessa forma, é possível desenvolver um protocolo de tratamento customizado por paciente, no qual os parâmetros de aplicação

tenham graus de liberdade para se modificarem em função da resposta do paciente ao tratamento. O presente estudo é dedicado ao desenvolvimento de uma plataforma de controle integrada, com base no uso de microcontroladores, que será utilizada na integração e aprimoramento de um sistema já existente desenvolvido por Marlon Rodrigues Garcia³, que desempenha o tratamento e monitoramento em tempo real da TFD através do monitoramento no infravermelho próximo. O estudo compreende o desenvolvimento e aprimoramento do circuito de controle e segurança do módulo laser usado no tratamento, com base no uso do microcontrolador ATmega32U4, através de seus respectivos módulos internos de Modulação de Largura de Pulso (PWM), Conversor Analógico-Digital e de comunicação USB. Dessa forma, é possível promover melhorias significativas ao dispositivo de monitoramento da TFD já existente, o qual pode aumentar as taxas de cura dessa modalidade terapêutica.

Métodos e Procedimentos

Para o desenvolvimento do circuito de controle, foi utilizado o microcontrolador CMOS de 8-bits baseado na arquitetura AVR RISC da empresa Microchip Technology (ATmega32U4, Atmel Corporation, Califórnia). Visando uma maior integração entre os dispositivos internos do microcontrolador e as grandezas físicas a serem medidas e controladas no meio exterior, optou-se por utilizar o circuito desenvolvido pela empresa SparkFun, Pro Micro -

5V/16MHz, no qual o microcontrolador é integrado à uma placa de circuito impresso contendo conectividade USB.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, foram realizados e desenvolvidos a parte de projeto de integração do microcontrolador para aprimoramento do atual sistema para TFD, através do envio de sinal PWM para controle de potência entregue à corrente do laser; integração da utilização dos módulos de conversores A/D, para sensoriamento da corrente elétrica no diodo laser, de sua temperatura, e da temperatura dos transístores de efeito de campo que alimentam o diodo laser; desenvolvimento de interface de comunicação USB do microcontrolador com o sistema utilizado para tratamento e monitoramento da TFD, para envio e recebimento de informação entre os agentes; testes em softwares de simulação e em laboratório para validação da assertividade dos resultados obtidos.

Portanto, os procedimentos visados no desenvolvimento deste estudo foram para realizar a integração dos módulos PWM, Conversor Analógico-Digital e módulo USB, internos ao microcontrolador ATmega32U4, com o sistema para TFD já existente, para que possam ser utilizados para aprimorar o tratamento e monitoramento da TFD.

Resultados

Para validação da assertividade dos resultados obtidos, foram feitos testes em bancada de laboratório e simulação em softwares de circuitos eletrônicos em tempo real, como SimulIDE e Proteus. Para isso foram desenvolvidos algoritmos em linguagem de programação C, que compreendem a parte de controle do microcontrolador, e algoritmos de programação em linguagem Python, para comunicação USB entre o microcontrolador e o sistema que realiza o imageamento e monitoramento da TFD.

Todos os módulos encontram-se validados e obtiveram os resultados esperados. Os algoritmos desenvolvidos para o módulo PWM são capazes de exercer controle sobre sua frequência e ciclo de trabalho, sendo então capazes de controlar a potência entregue ao laser durante o tratamento; Os algoritmos desenvolvidos para o módulo conversor analógico-digital possuem total controle sobre o módulo, sendo então capazes de medir as

tensões, correntes e temperaturas do sistema de TFD; O módulo USB foi completamente validado, sendo capaz de estabelecer e realizar uma comunicação e troca de dados entre microcontrolador e sistema.

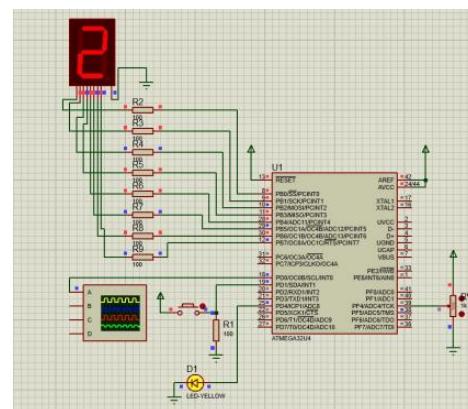


Figura 1: Simulação em software Proteus dos módulos PWM e conversor analógico-digital

Conclusões

Os módulos encontram-se completamente funcionais e validados, estando aptos para serem integrados com o sistema já existente de TFD. Com isso, o sistema possuirá maior controle sobre todos seus parâmetros de atuação, possibilitando tratamentos mais direcionados para cada paciente e portanto, mais eficientes.

Referências Bibliográficas

- [1]. DOLMANS, D. E.; FUKUMURA, D.; JAIN, R. K. Photodynamic therapy for cancer. *Nature reviews cancer*, Nature Publishing Group, v. 3, n. 5, p. 380–387, 2003.
- [2]. DOUGHERTY, T. J. et al. Photodynamic therapy. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, Oxford University Press, v. 90, n. 12, p. 889–905, 1998.
- [3]. GARCIA, M. R. et al. Assembly of a pdt device with a near-infrared fluorescence monitoring of ppix during treatment. In: INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICS AND PHOTONICS. *Optical Methods for Tumor Treatment and Detection: Mechanisms and Techniques in Photodynamic Therapy XXVIII*. [S.I.]: s.n., 2019. v. 10860, p. 108600T.