

CONTROLADOR DE VELOCIDADE PARA FUSÃO DE FIBRA ÓPTICA VIA LASER

**CARVALHO, Henrique Cunha^{1,2}, da SILVA, José Leonardo
Canossa¹; HEMPFLING, Allan Friedrich da Silva¹, DIAS, Josué¹;
de LIMA, Carlos José², VILLAVARDE, Antonio Guillermo José Balbin²**

¹Graduação em Engenharia Biomédica – UNIVAP – e-mail: zezeleleo@hotmail.com

²Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento - IP&D, Universidade do Vale do
Paraíba – UNIVAP – Av. Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova 12244-000 –
São José dos Campos - SP - Brasil – e-mail: lima@univap.br

Resumo- Estudos vêm sendo feitos no sentido de determinar-se novas técnicas de diagnóstico de estados patológicos dos tecidos humanos em seu estágio inicial, exigindo o desenvolvimento de técnicas de excitação e coleção utilizando sistemas remotos como a cateteres baseados em fibras ópticas. Faz-se necessária a implementação de um sistema para o desenvolvimento, com laser de CO₂ de 50W para fusão da extremidade distal do catéter, e para isto, necessita-se um Controle manual via motor de passo para a realização da fusão de fibra óptica. O controlador determinado e desenvolvido em sua etapa de aplicação final apresentou o objetivo proposto.

Palavras-chave: Fibra Óptica, Cateter, Fusão, Motor de Passo, Laser CO₂

Área do Conhecimento: Engenharias

Introdução

Diversos estudos vêm sendo feitos no sentido de determinar-se novas técnicas de diagnóstico de estados patológicos dos tecidos humanos em seu estágio inicial de desenvolvimento. Dentre as técnicas atualmente estudadas com potencial para se tornarem ferramentas de uso clínico estão a espectroscopia de fluorescência e a espectroscopia Raman, para a detecção de displasias, e a identificação de estados patológicos em artérias.

As técnicas de espectroscopia visando aplicações *in vivo* exigem o desenvolvimento de técnicas de excitação e coleção utilizando sistemas remotos. Uma destas técnicas é a utilização de cateteres baseados em fibras ópticas, no qual as mesmas são utilizadas tanto para guiagem do laser para a excitação da amostra quanto para a coleta da resposta da amostra à excitação laser [SILVEIRA, JR., 2004].

A vantagem da utilização de cateteres a fibra óptica é que, como são flexíveis e apresentam diâmetro da ordem de 1mm podem ser introduzidos no organismo humano através de endoscópios e outros tipos de cateteres, tais como angiografia etc. Para uso de cateteres de fibras óptica em espectroscopia de fluorescência as sete fibras devem passar por um processo de fusão da extremidade distal que será utilizada para a excitação e a coleção do sinal, utilizando laser de CO₂ de 50W [SILVEIRA, JR., 2004].

O "shield" (Figura 1) proporciona uma distância fixa entre as fibras e a amostra, permitindo que espectros com intensidades calibradas possam ser obtidos. Como a mesma fibra é utilizada para coletar simultaneamente fluorescência e reflectância, a extremidade do "shield" deve ser polida em um ângulo de 17° em relação ao plano da superfície das fibras, visando minimizar a coleta da reflectância especular do tecido. Qualquer raio que entrar pelo "shield" proveniente de reflexões da superfície da amostra, ou seja, em um ângulo em torno de 17°, não será guiado pelas fibras ópticas devido ao efeito da abertura numérica, que limita a guiagem a raios que se situem em ângulos menores que o acima mencionado. Já os cateteres para espectroscopia Raman, a extremidade distal não deve apresentar a fusão e o polimento deve ser feito a 0° em relação à direção radial do cateter [SILVEIRA, JR., 2004].

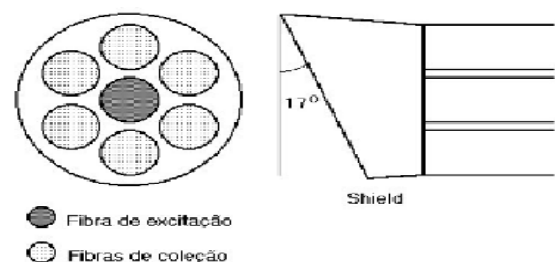


Figura 1 - Geometria das fibras de excitação e coleção na extremidade distal de excitação.

As fibras ópticas que serão utilizadas na fabricação de cateteres para os projetos de espectroscopia *in vivo* possuem as seguintes características:

- material: sílica fundida (quartzo) ou sílica fundida com baixa concentração de íons OH⁻;
- diâmetro do núcleo: 200, 400 e 600 µm; diâmetro da casca: 220, 440 e 660 µm;
- abertura numérica (AN): 0.25
- os cateteres devem possuir comprimento de aproximadamente 4 m, com diâmetro externo total de no máximo 1 mm [LIMA, 2004].

Alem disto, em sua extremidade de excitação, os mesmos devem ser conectorizados, visando a redução do tempo de preparação dos experimentos e evitando problemas como clivagem das fibras, alinhamento e ocasionais quebras, decorrentes do processo de esterilização a que são submetidos os cateteres antes de cada procedimento clínico. Experimentos realizados nos laboratórios do IP&D - UniVap demonstram que a eficiência máxima de coleta para cateteres 6X1 com fibras de 100 µm de diâmetro de núcleo e 140 µm de diâmetro de casca, ficam em torno de 3,5% com reflexão total da radiação de excitação, e em 0,15% para radiação espalhada em perfil lambertiano.

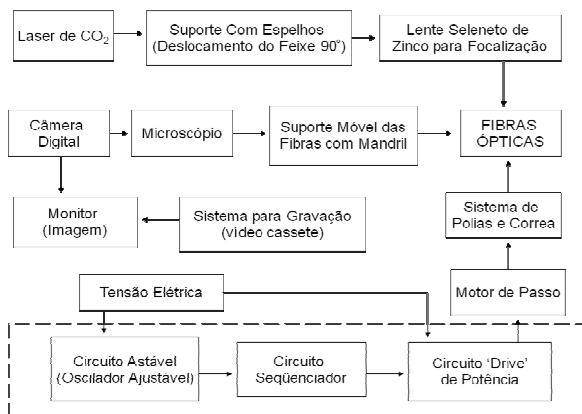


Figura 2 – Diagrama de blocos do sistema de fusão de fibras, e em destaque o diagrama do controlador a ser desenvolvido.

No sistema controlador de velocidade para fusão de fibra óptica via laser (Figura 2) quando as fibras ópticas são introduzidas no suporte móvel, limpas e clivadas, para, após o alinhamento apropriado de aplicação da radiação laser de CO₂ via suporte e lentes que incidem na fibra, elevar sua temperatura provocando o derretimento e a sua soldagem ao cateter. Sendo movimentado por um sistema de polias e correia (Figura 3), através de um motor de passo controlado pelo circuito proposto. Após a fusão, a fibra é revestida por resinas que tem a função de oferecer resistência mecânica à emenda, protegendo-a contra quebras

e fraturas. A clivagem é o processo de corte da ponta da fibra óptica. É efetuada a partir de um pequeno ferimento na casca da fibra óptica (risco) e a fibra é tracionada e curvada sob o risco, assim o ferimento se propaga pela estrutura cristalina da fibra [FARIA et alii, 2003]. A qualidade da clivagem, e também neste sistema o processo de fusão, é observado com microscópio, que através de uma câmera digital, transmite os dados para a visualização em um monitor-TV para ciência do operador e também armazenada pela gravação do processo de fusão via um aparelho de vídeo-cassete.

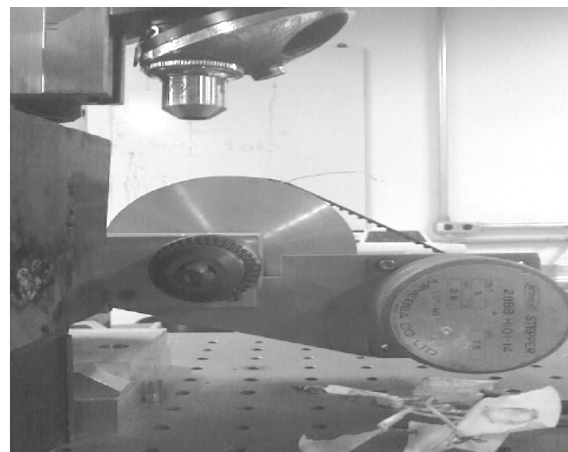


Figura 3 – Parte do motor de passo e suas fases, suporte móvel, sistema de polias-correia e microscópio do sistema.

O motor de passo é um transdutor que converte energia elétrica em energia mecânica como qualquer outro motor elétrico, a diferença básica é que o motor de passo é alimentado com sinais digitais o que proporciona muitas vantagens sobre os motores elétricos, mas tendo a desvantagem de um sistema complexo para seu controle [LOBOSCO, 1988]. Para que um motor de passo funcione, é necessário que sua alimentação seja feita de forma seqüencial e repetitiva, não bastando apenas ligar os fios do motor de passo a uma fonte de energia; mas sim ligá-los a um circuito que execute a seqüência requerida pelo motor, energizando de uma e somente de uma bobina de cada vez, produzindo um pequeno deslocamento no rotor, pelo fato do rotor ser magneticamente ativo e a energização das bobinas criarem um campo magnético intenso que atua no sentido de se alinhar com as pás do rotor. Para essa rotação constante é necessário que a energização seja periódica.

Faz-se necessária a implementação de um sistema (Figura 4) para o desenvolvimento destes cateteres, com sistema laser de CO₂ de 50W para fusão da extremidade distal do catéter para aplicações de espectroscopia de fluorescência, e

para isto, necessita-se um controle manual para a realização da Fusão de Fibra Óptica, por meio de um Controle da Rotação via Motor de Passo da Fibra Óptica, durante o processo de fusão.

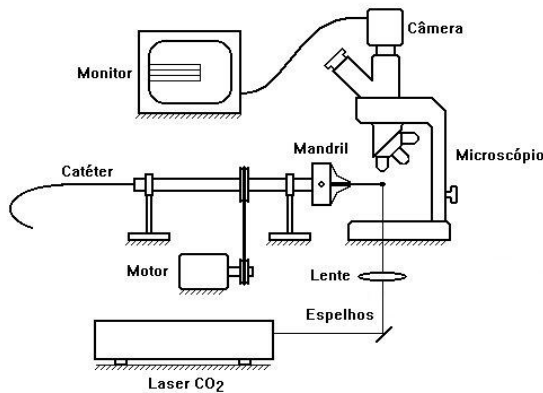


Figura 4 - Diagrama esquemático do sistema de fusão de fibras para a implementação de cateteres a fibra óptica.

Metodologia

Para definição do circuito a ser utilizado no sistema, foi pesquisado um modelo já existente de controlador de motor de passo usado em outras aplicações.

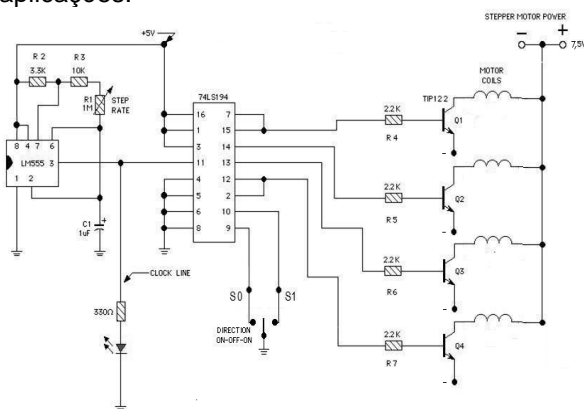


Figura 5 – Circuito eletrônico para o controle de velocidade de fusão de fibra óptica via laser.

A Figura 5 mostra o circuito que foi desenvolvido para o controle de velocidade de fusão de fibra óptica via laser. À esquerda vemos o trivial LM555, em sua configuração Astável (oscilador ajustável) que é responsável pela produção dos pulsos (*clock*) necessários para o CI 74LS194. Essa operação do *clock* é obtida usando um conjunto resistor-capacitor (RC) sendo a frequência de operação inversamente proporcional aos valores do produto R.C [08].

Através do potenciômetro R1, que pode assumir valores entre 0 e sua resistência nominal, a frequência podia variar, controlando o t_{ON} e o

t_{OFF} dos pulsos e influenciando na velocidade do passo do motor, sendo necessária no processo de fusão para rendimento e oferta de resistência mecânica à emenda, protegendo-a contra quebras e fraturas. Quando R1 estiver com resistência zero, o somatório R1+R2 será igual ao valor de R2, portanto a frequência será máxima. Já com a resistência de R2 assumindo seu valor máximo, o somatório R1+R2 será igual a soma dos valores de R1 e R2 e a frequência de operação será mínima. As resistências R1 e R2 não devem ser menores que 1K e nem maiores que 1M, lembrando que o resistor R2 é opcional, e o valor limite na verdade é determinado pela qualidade do capacitor C1, já que capacitores com pequenas fugas permitem que este valor seja ampliado, sendo portanto o capacitor que faz parte do conjunto RC não deve ser inferior a 100pF e nem superior a 1000µF.

Estes limites levam o circuito a operar na faixa compreendida entre 0,01 Hz até a frequência máxima de operação do LM555 que é de aproximadamente 100KHz. As frequências acima de 10Hz começam a se tornarem imperceptíveis para o olho humano, sendo que uma das dificuldades no projeto era certificar que visualmente o LED indicador da saída do 555 sempre estava 'oscilando', validando o *clock*.

O CI 74LS194 é um TTL registrador de deslocamento bidirecional de 4-Bits, acionado pelo clock do LM555, fazendo uma associação sequencial do sinal que será amplificado e enviado ao motor de passo. Os pinos (1, 3 e 16) são conectados a alimentação geral do controlador (inicialmente 5V – 250mA), e os pinos (4, 5, 6 e 8) interligados entre si ao terra do circuito (nível 0 constante). Os pinos (9) S0 e (10) S1 são os responsáveis por determinar se o deslocamento é direito (horário) ou esquerdo (anti-horário), que ativando as saídas de A0 a D0 (12, 13, 14 e 15). SR (*serial right*) e SL (*serial left*) são os pinos responsáveis pelo o *bit high*, inicialmente ativado por A1 estar *high*, efetuarem um deslocamento em anel [08]. Assim, deve-se constatar que somente uma bobina do motor seria ativada por vez, após a etapa amplificadora (*driver*) constituída pelos transistores de potência TIP122, sendo esses dispositivos em sua conexão interna Tipo *Darlington*, com dois transistores bipolares e um diodo reverso em paralelo a Vce, utilizados para proteger o circuito de tensões inversas provocadas pelo armazenamento de energia dos indutores do motor.

O circuito após montagem em *Protoboard* e validação através de LEDs da seqüência pretendida para o funcionamento, foi feito um *layout* para confecção da Placa de Circuito Impresso (PCI) em software *Eagle*®. A placa de fenolite cobreada foi adesivada com o *layout* e posteriormente corroida através do processo com

Perclorato de Ferro (FeCl_3), e furada em suas 'ilhas' para colocação e soldagem dos componentes eletrônicos (Figura 6).

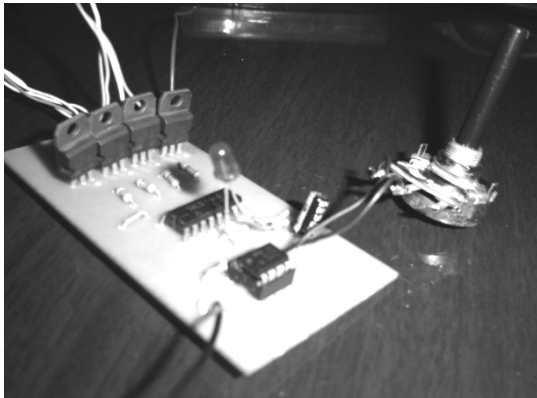


Figura 6 – Montagem dos componentes na PCI do controlador.

Resultados

Em poder do material e componentes do circuito, o mesmo foi montando em *Protoboard*, depois da solução de alguns erros em montagem, e qualificação das saídas seqüenciais apresentadas através de LEDs (ou seja, sem o *driver*), foi validado o funcionamento pela seqüência encontrada, que era a desejada a ser aplicada ao motor de passo.

No estado na PCI ao motor de passo, após várias tentativas e revisões foi possível o funcionamento do controle do motor.

Como mostra a Figura 7, o controlador em sua produto final, na caixa com cabos de alimentação do circuito e interface de ligação para o motor de passo, com chave 3 posições seletora do sentido de rotação, potenciômetro para ajuste linear de velocidade e LED indicador de operação.

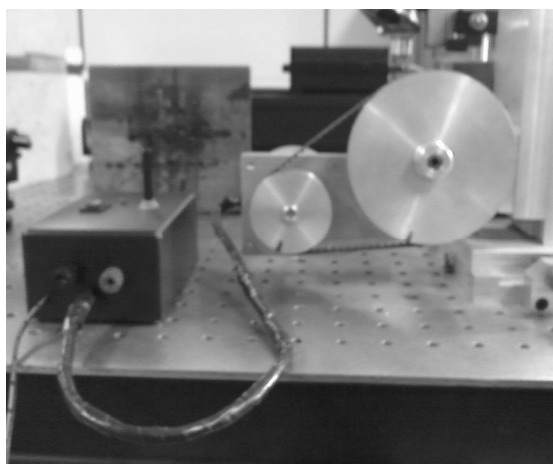


Figura 7 – Controlador desenvolvido aplicado ao sistema.

Discussão

Com uma faixa perceptível, e em algumas vezes, tanto em protoboard como na PCI a percepção visual do LED do oscilador foi desconsiderada e abalada, por sua freqüência estar fora da percepção humana, devido a alterações no potenciômetro/velocidade.

O circuito amplificador (*driver*) de saída para o motor de passo, exigiu uma demanda de corrente elevada, em virtude da característica do motor de passo utilizado (5V , $3,6\Omega$ e $7,5^\circ$), sendo necessário um alimentação independente para o motor de passo ($5\text{V} - 1,5\text{A}$).

Conclusão

Na fase de implementação final do sistema, com o controlador aplicado diretamente ao motor de passo, foi possível seu controle de velocidade e direção, para aplicação no sistema de fusão de fibras ópticas.

Referências

FARIA, Fabíola; ASSIS, Marcos Raimundo; ANJOS, Bruno Aparecido dos. Controlador de fusão de fibra óptica a laser. CTI – UniVap. São José dos Campos, 2003 64 [27] p.

LIMA, C J ; SATHAIAH, S ; PACHECO, M T T ; ZÂNGARO, R. A. ; MANOHARAN, R . Side-viewing fiberoptic catheter for biospectroscopy applications. Lasers in Medical Science, v. 19, p. 15-20, 2004.

LOBOSCO, Orlando Silvio & DIAS, José Luiz P. da Costa. Seleção e Aplicação de motores Elétricos. vol. 1. São Paulo. McGraw-Hill . 1988.

Datasheet do LM555. National Semiconductor. 07/2006.

Datasheet do 74LS194. SGS-THOMSON Microelectronics. 10/1992.

Datasheet do TIP122. Fairchild Semiconductor Corporation. 06/2001.

[SILVEIRA, JR.]. <
<http://www1.univap.br/landulfo/pesq1.htm> >
Acesso em 21 de abril de 2008.

[8]<<http://home.cogeco.ca/~rpaisley4/Stepper9.html> > Acesso em 20 de abr. de 2008.