



## PROJETO DE UM GERADOR DE ATRASO DIGITAL MICROCONTROLADO

*A. Fragalli<sup>1</sup>, M. Campos<sup>2</sup>, D.M.B.P. Milori<sup>2</sup>, P.R. Villas-Boas<sup>2</sup>*

(1) Escola de Engenharia de São Carlos, EESC/USP, Rua Pastor Cyrus Basset Dawsey, 119, 13569-530, São Carlos, SP, fragalli.andre@gmail.com

(2) Embrapa Instrumentação, Rua Quinze de Novembro, 1452, 13560-970, São Carlos, SP, marcelobtu@gmail.com, debora.milori@embrapa.br, paulino.villas-boas@embrapa.br

**Resumo:** O Laboratório de Ótica e Fotônica da Embrapa Instrumentação tem trabalhado no desenvolvimento de técnicas para análise de propriedades físicas e químicas de solos e no diagnóstico de estresses bióticos (e.g. pragas e doenças) e abióticos (e.g. carência de nutrientes e água). Dentre as técnicas fotônicas, o grupo tem investido na espectroscopia de emissão de plasma induzido por laser (do inglês, LIBS), a qual avalia a composição química das amostras. Para que a análise ocorra adequadamente, faz-se necessária uma interface adequada para o controle e aquisição dos dados, sendo o controle temporal, um fator de primordial importância para um funcionamento adequado do sistema LIBS. Um gerador de atraso consiste em um equipamento eletrônico que atrasa um pulso recebido em sua entrada por certo intervalo de tempo, de acordo com a necessidade da aplicação. Neste projeto, foi desenvolvido um gerador de atraso digital microcontrolado no qual o usuário pode fazer o ajuste de tempo desejado para após um dado sinal de entrada, obter na saída, após o tempo desejado, um sinal de cinco volts com comprimento de pulso de cem microssegundos. Este projeto foi elaborado visando essencialmente a aplicação do gerador em um equipamento LIBS, mas podendo ser aplicado em outras finalidades.

**Palavras-chave:** LIBS, gerador de atraso, microcontrolador.

### DESIGN OF A MICROCONTROLLED DIGITAL DELAY GENERATOR

**Abstract:** The Optics and Photonics Laboratory at Embrapa Instrumentation has been developing techniques for analysis of physical and chemical properties of soils and the diagnosis of biotic (e.g. plagues and diseases) and abiotic (e.g. nutrient and water stress). Among the photonic techniques, special attention has been given to laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS), which evaluates the chemical composition of samples. The LIBS analysis requires a precise timing delay control, synchronizing the laser pulse shoot and the detection system so that meaningful data is collected. Such a control is performed by a time delay generator, which costs more than a thousand dollars. A time delay generator consists of electronic device that receives a pulse and retransmits it after a given fraction of time, which varies from nanoseconds to seconds according to the needs of the application. In this paper, we show the project of a microcontrolled digital time delay generator developed in Embrapa Instrumentation facility. In this generator the user can choose the desired delay from nanoseconds to seconds aiming at finding the delay that gives the best signal/noise ratio. This project was designed to be integrated in a portable LIBS system, however it can also be applied for other purposes, including double pulse LIBS.

**Keywords:** LIBS, time delay, microcontroller.

### 1. Introdução

Dentre as técnicas para análise da composição do solo em desenvolvimento pelo Laboratório de Óptica da Embrapa Instrumentação destaca-se a espectroscopia de emissão óptica com plasma induzido por laser (LIBS) (MYERS et al., 2008). Esta técnica possui dentre várias vantagens em especial, a avaliação em tempo real da composição elementar de amostras sólidas, líquidas ou gasosas (LÓPEZ et al., 2011) com pouca ou nenhuma preparação prévia (HERNÁNDEZ et al., 2011).

A técnica LIBS é baseada na aplicação de um pulso de laser de alta potência, focado por meio de lentes em uma amostra, visando criar uma ruptura dielétrica, o qual gera um plasma. Esta ruptura ocorre devido ao aquecimento da amostra (podendo atingir 100.000 K) causando a quebra de ligações moleculares e excitando elétrons dos átomos e íons resultantes no plasma. No instante de formação do plasma uma luz branca é liberada, resultado da alta temperatura (Figura 1), mascarando as emissões de radiação de interesse, mas desaparece poucos microssegundos depois, permitindo a coleta dos dados desejados por um espectrômetro (YANG et al., 2009), onde a luz é decomposta. Um detector calibrado mede a intensidade de cada comprimento de onda, convertendo-a em um espectro de emissão característico de cada amostra. O espectro LIBS coletado permite, então, realizar análises qualitativas e quantitativas da composição de amostras (PIERCE et al., 2004).

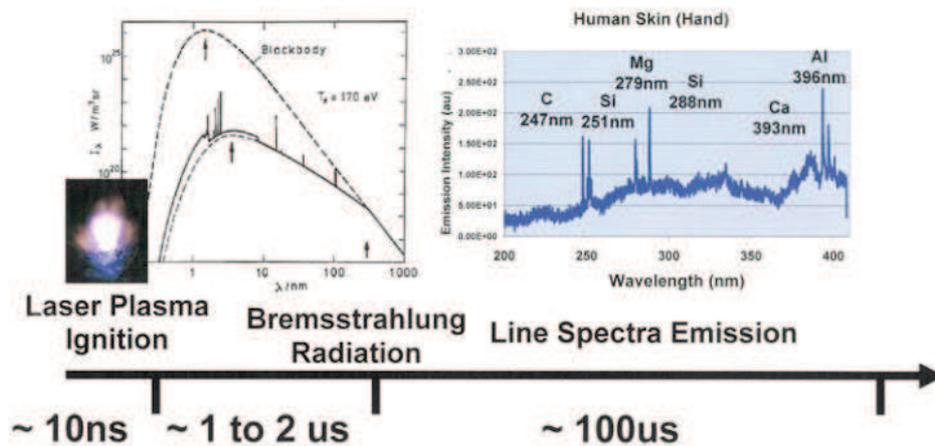


Figura 1. Linha temporal referente à emissão de radiação. Logo após a interação do laser com a amostra, a intensidade de radiação de fundo é tão grande que não é possível detectar as linhas de emissões (figura da esquerda). À medida que o tempo aumenta a intensidade da radiação de fundo diminui e as linhas de emissão dos elementos da amostra ficam evidentes. Esperado o atraso certo, a radiação de fundo pode ser ignorada (figura da direita). Fonte: Myers, 2008.

Tendo-se em vista a necessidade do controle temporal com relação ao atraso entre o disparo do laser e a aquisição dos dados, foi elaborado o projeto de um gerador digital de atraso microcontrolado, visando permitir uma sincronia entre os equipamentos envolvidos no sistema. O principal objetivo deste trabalho foi desenvolver um gerador de baixo custo para ser integrado ao sistema LIBS portátil, permitindo assim realizar estudos para determinar o atraso que proporcione a melhor relação sinal/ruído para aplicações de interesse.

## 2. Materiais e Métodos

O atraso foi elaborado com base em multivibradores monoestáveis, sendo escolhido o circuito integrado TC74HC123F. Estes circuitos integrados funcionam como temporizadores, cuja constante de tempo pode ser ajustada por meio de um arranjo entre capacitores e resistores, podendo variar de nanossegundos até segundos (Figura 2). No lugar de resistores fixos, foram utilizados potenciômetros digitais (MCP41100) com escala de oito bits, ou seja, duzentos e cinquenta e seis valores possíveis para um intervalo de zero até cem quilohms, ajustáveis via comunicação serial SPI.

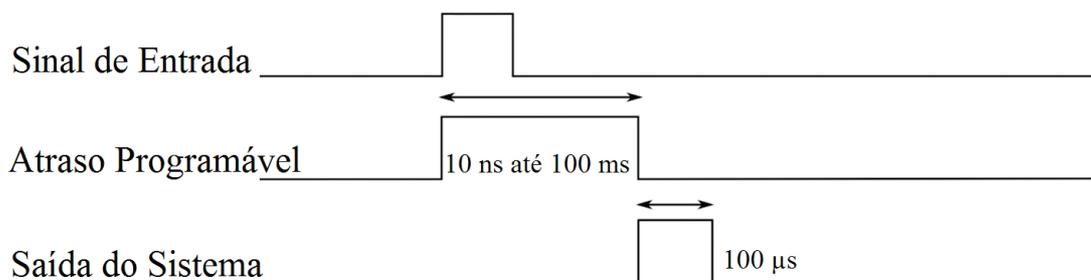


Figura 2. Representação gráfica do funcionamento do gerador de atraso. Ao receber um sinal, o gerador o atrasa entre 10 ns e 100 ms, de acordo com a aplicação do usuário, e o retransmite após o atraso programado.

Para o controle do sistema, foi escolhido o microcontrolador PIC18F4550, o qual possui frequência de operação de até 48 MHz e memória programável do tipo FLASH de 32 KBytes, fato que possibilita escrever/apagar eletricamente com grande rapidez, e uma SRAM de 2 KBytes aliada a uma EEPROM de 256 Bytes para armazenamento de dados. Apresenta também 13 portas configuráveis, como conversores A/D de 10 bits e 35 pinos de I/O agrupados em um conjunto de 5 portas.

Com relação à interface com o usuário foi elaborado um teclado matricial em conjunto com um display de LCD de 2x16 com luz de fundo para a exibição das configurações selecionadas e ajustes das mesmas, visando uma maior facilidade na configuração do dispositivo.

O código de controle do sistema foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação C, a qual é uma linguagem estruturada e compilável de propósito geral, muito utilizada em programação de microcontroladores.

A lógica do código se baseia em, a partir da configuração inicial do tempo desejado pelo usuário através da interface, selecionar qual a melhor configuração a ser aplicada para o tempo escolhido, ou seja, quais integrados serão habilitados para se obter a melhor aproximação do valor desejado para o tempo escolhido. Posteriormente

são habilitados e configurados os potenciômetros digitais pré-selecionados por meio de comunicação serial SPI e, por fim, são ligados os multivibradores monoestáveis, habilitando a porta de saída do sistema de atraso.

A Figura 3 apresenta um esquemático referente à configuração dos potenciômetros digitais e dos multivibradores monoestáveis, no qual foram removidas as conexões de controle referentes aos pinos CS\* e CLR\* (Seletores de Chips) para facilitar a visualização.

O sistema foi elaborado e simulado por meio do software PROTEUS, o qual também foi utilizado para gerar o layout da placa de circuito impresso do projeto.

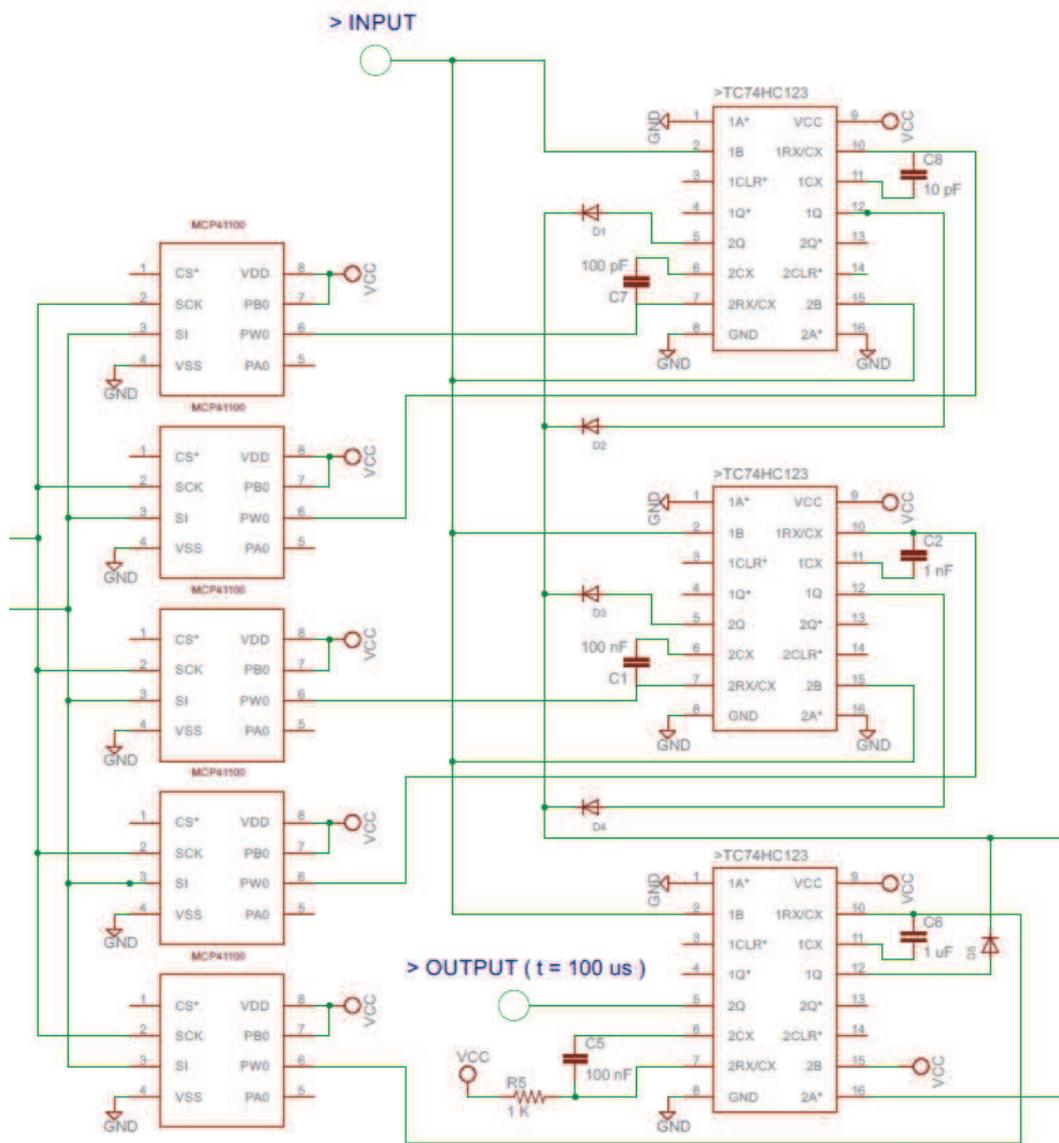


Figura 3. Esquemático do circuito referente aos potenciômetros digitais e monoestáveis para a geração de atraso.

### 3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos por meio da simulação no software Proteus (Figura 4) e implementação do sistema foram condizentes com o esperado, comprovando a eficácia do sistema elaborado, o qual pôde ser implementado a um preço muito inferior à maioria dos geradores de atraso comerciais existentes no mercado, com uma qualidade considerável e tamanho reduzido, permitindo uma economia de cerca de dois mil reais (R\$ 2000,00) e seu uso em sistemas portáteis.

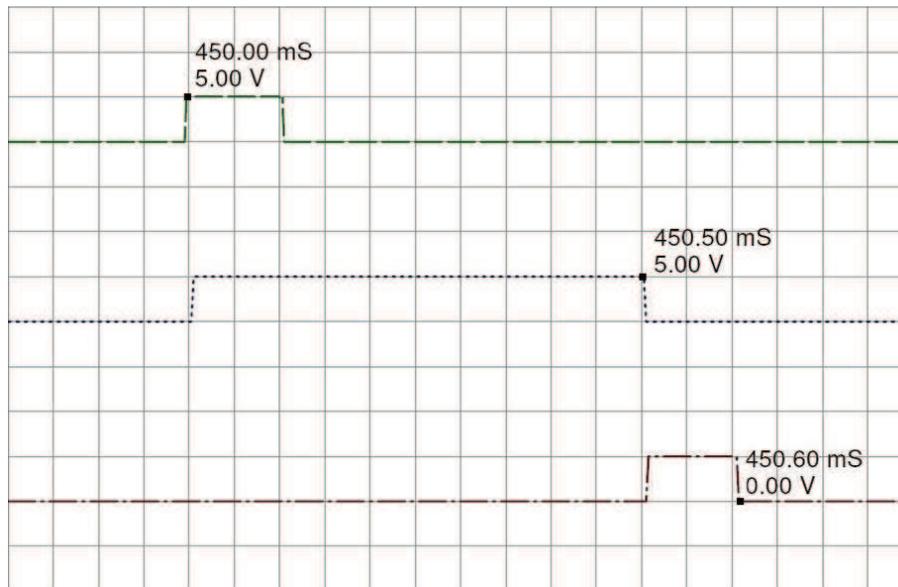


Figura 4. Simulação realizada para um tempo de 500 us de atraso.

#### 4. Conclusões

O projeto mostrou uma alternativa perfeitamente viável e eficiente para aplicações nas quais se necessita de um sistema de atraso compacto e de baixo custo podendo ter sua saída adaptada conforme a necessidade com pequenas mudanças.

#### Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq (projetos nº 403405/2013 e 479994/2013-7), à Fapesp (CEPOF - projeto nº 2013/07276-1) e à Embrapa (projeto 04.11.10.004.00.00) pelo apoio financeiro.

#### Referências

- HERNÁNDEZ, R. C. Aplicaciones de la técnica LIBS (Laser induced breakdown spectroscopy) a la caracterización de materiales. Encuentro Internacional de Investigadores en Material y tecnología do Plasma. Bucaramanga. Colombia, 2011. p. 22.
- MYERS, M. J.; MYERS, J. D.; MYERS, A. G. Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS). 2008. p. 25.
- YANG, N. F. Elemental Analysis of Soils Using Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS). University of Tennessee, 2009.
- PIERCE, W.; CHRISTIAN, S. M.; MYERS, J. M.; MYERS, J. D. Field Testing for environmental pollutants using briefcase sized portable LIBS system. International Conference on Laser Induced Plasma Spectroscopy and Applications, 2004. p. 14.
- LÓPEZ, S.; MEJÍA, J.; PAREJA, J.; MOLINA, A. Bioprocessos y Flujos Reactivos. Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Colombia, 2011. p. 6.