

PROJETO DE UM SISTEMA DE ULTRA-SOM PULSO-ECO PARA ENSINO DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Douglá V. Paladino - dopavi@yahoo.com.br

Universidade Estadual de Londrina - Dep. De Eng. Elétrica - CTU

Rod. Celso Garcia Cid km 470

86051-990 Londrina PR

Carlos D. Maciel – maciel@sel.eesc.usp.br

Universidade de São Paulo – Dep. De Eng. Elétrica – EESC

Av. Trabalhador Sancarlene, 400

13560-970 São carlos SP

Resumo: Este trabalho aborda o projeto e a implementação de um circuito eletrônico capaz de excitar um transdutor ultrassônico para aplicação na medição de meios bifásicos com uma interface bem determinada. O circuito foi projetado para efetuar disparos curtos e periódicos, capazes de saturar a base de um transistor configurado para trabalhar na região de avalanche. Quando este transistor é chaveado, permite que um capacitor carregado com 180V DC descarregue sobre o transdutor, fazendo com que o mesmo emita ondas acústicas em uma frequência de ultra-som. As ondas emitidas, quando atingem um objeto, são refletidas e retornadas. Transformadas então, pelo transdutor, em sinais de tensão. Assim, pode-se determinar a distância entre o transdutor e o objeto sobre o qual foi aplicado. Foram realizados diversos testes e os resultados obtidos foram satisfatórios, de acordo com os objetivos iniciais deste trabalho.

Palavras-chave: ultra-som, ensaio não destrutivo, circuitos elétricos.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de se fazer medidas de espessuras ou profundidades de sólidos e líquidos faz com que sejam utilizados os mais diversos tipos de equipamentos. Efetuar medidas utilizando ultra-som é um método não destrutivo e que permite uma grande precisão da medida efetuada. O método se baseia no princípio do pulso-eco, onde as ondas mecânicas emitidas (pulso) pelo transdutor de ultra-som são retornadas (na forma de um eco) e convertidas em tensão elétrica, podendo ser visualizadas por meio de um osciloscópio.

O transdutor possui uma cerâmica piezoelétrica que é capaz de converter energia acústica em energia elétrica e vice-versa. Quando se insere uma diferença de potencial em seus terminais, a cerâmica vibra, emitindo ondas de ultra-som em uma determinada frequência, que depende de suas características (espessura, temperatura, ângulo de corte). Por outro lado, se a cerâmica sofrer pressão mecânica, gerada por uma ondas mecânica, sobre suas faces, esta energia é transformada em energia elétrica.

O princípio de funcionamento do equipamento de ultra-som é, basicamente, enviar ondas mecânicas e aguardar durante um determinado tempo que elas retornem. O tempo que uma onda enviada leva para retornar é o dobro do tempo que a onda gasta para atingir o anteparo a uma velocidade que depende do meio de propagação. Portanto, se for conhecida a velocidade de propagação da onda podemos encontrar, através da Equação 1, a distância na qual o anteparo se encontra.

$$V_{prop} = \frac{\text{distância}}{\text{tempo} / 2} \quad (1)$$

A Figura 1 mostra um equipamento de ultra-som, onde um pulso de tensão é enviado ao transdutor e é convertido em ondas ultrassônicas. Estas ondas atingem um anteparo e uma parte delas é refletida incidindo sobre o transdutor.

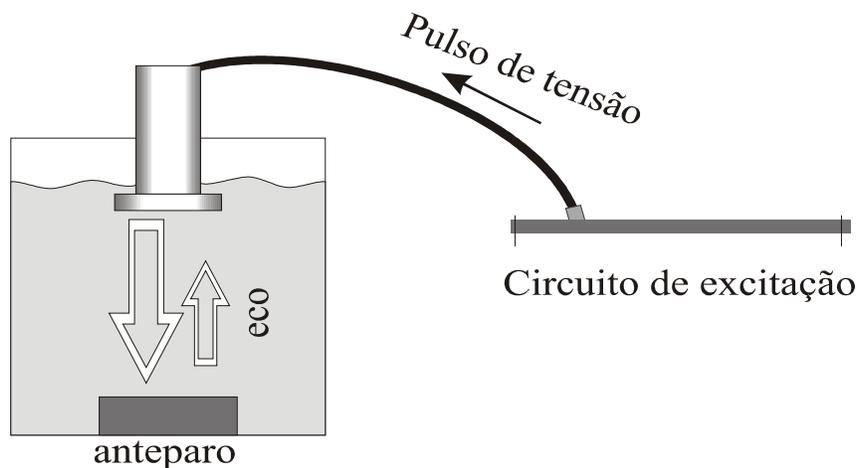


Figura 1 - Esquema de funcionamento de um equipamento de ultra-som

O circuito construído é composto por um estágio digital, um estágio de amplificação de corrente elétrica e um estágio de potência. O estágio digital gera uma sequência de pulsos TTL e com duração de aproximadamente 100 nanossegundos. Através de um buffer de corrente, este

o sinal é amplificado e atinge a base de um transistor que é chaveado na região de avalanche do transistor usado. Desta forma a transdutor emite um pulso de tensão para a excitação da cerâmica e, quando está em corte, aguarda o retorno das ondas enviadas.

2 DESENVOLVIMENTO

O circuito construído precisa ser alimentado por diferentes níveis de tensão: 5V, 15V e 180V contínuos. Para conseguir estes valores de tensão utilizando uma única entrada de 127V vinda da rede, faz-se necessário o uso de pontes retificadoras, reguladores de tensão, e um transformador.

A tensão de 180V é obtida retificando-se direta o sinal o sinal proveniente da rede. Para isso construiu-se uma ponte retificadora com quatro diodos e dois capacitores para regular a tensão. Para se obter as tensões de 5V e 15V utilizou-se um transformador. Retifica-se então este sinal através de duas pontes retificadoras, e o sinal, já contínuo, passa por um regulador de tensão de 15V (CI 7815) e um regulador de 5V (CI 7805).

A Figura 2 mostra o projeto das fontes que geram as tensões necessárias para o funcionamento do circuito.

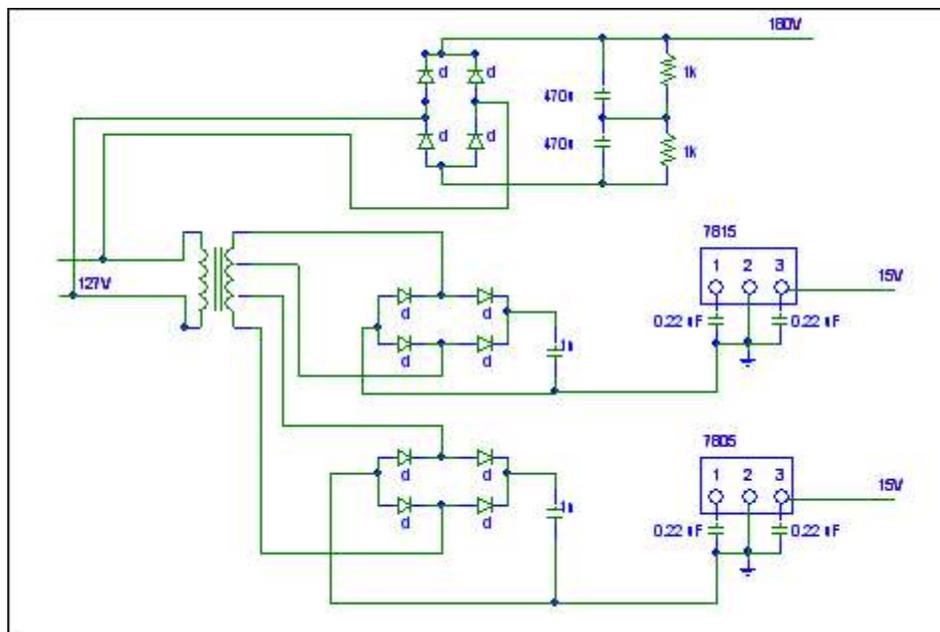


Figura 2 – Alimentação do circuito de excitação implementado

O estágio digital é o responsável pela geração do trem de pulsos TTL, com duração de aproximadamente 100 nanossegundos. Estes pulsos periódicos são enviados a um estágio de amplificação de corrente e depois atingem a base de um transistor que opera na região de avalanche. Estes pulsos são obtidos através de um multivibrador monoastável, circuito integrado 74LS123. Este circuito integrado possui dois geradores astáveis em seu encapsulamento, permitindo que se ligue a saída de um à entrada do outro. Desta forma, uma associação de

capacitor e resistor define a frequência na qual o pulso será gerado e outra associação define a duração de cada pulso.

A Figura 3 exhibe o circuito implementado, a alimentação é feita pela fonte descrita acima.

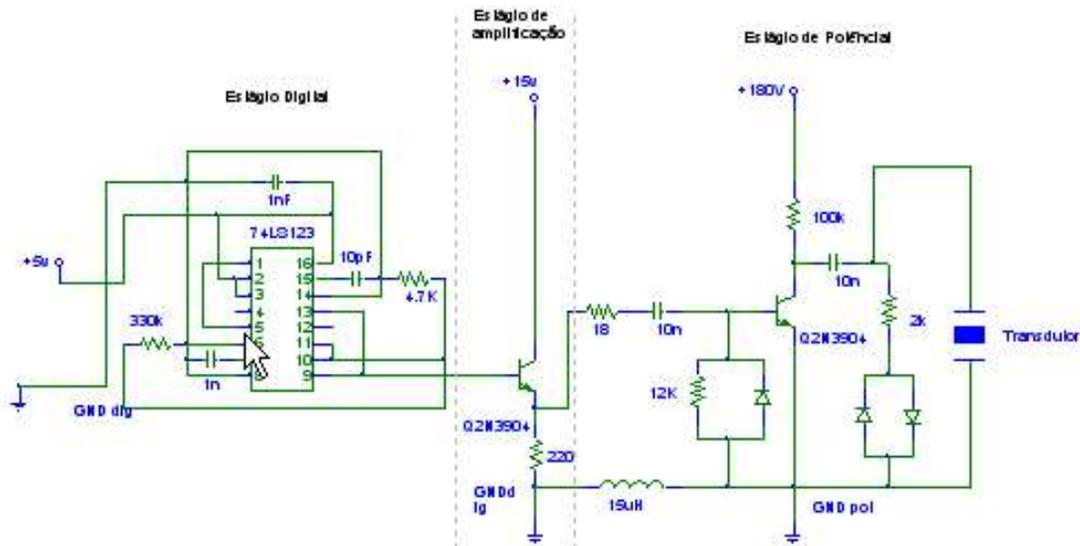


Figura 3 – Circuito desenvolvido para excitação do transdutor

A corrente elétrica fornecida pelo CI 74LS123 é muito baixa, incapaz de saturar o transistor 3904 utilizado no estágio de potência. Por esta razão faz-se necessário utilizar um estágio de amplificação de corrente. Construiu-se então um *buffer* de corrente, que pode ser visualizado na Figura 3. Este *buffer* drena a corrente necessária através da fonte de 15V.

O estágio de potência é o responsável pelo disparo da cerâmica piezoelétrica do transdutor. Quando a base do transistor é atingida pelo pulso emitido pelo estágio digital, o transistor entra em saturação e sua tensão V_{CE} cai a aproximadamente zero em um espaço de tempo muito curto, cerca de poucos nanossegundos.

Quando o transistor é chaveado, o capacitor, que está carregado com uma tensão de entrada de 180V, descarrega em cima do transdutor, fazendo com que sejam emitidas ondas na frequência de ultra-som. A frequência das ondas é dependente das características do transdutor.

Depois de emitidas as ondas, o transdutor opera na forma de recepção, aguardando que as ondas emitidas sejam refletidas e retornadas, então ocorre novamente uma conversão eletromecânica de energia, e as ondas sonoras são visualizadas no osciloscópio em forma de tensão elétrica.

Os estágios foram unidos de forma a evitar que um ruído seja propagado pelo terra do circuito. Para tanto, foi necessário utilizar um indutor entre o estágio digital e o de potência. O indutor não permite uma variação rápida de tensão, filtrando os ruídos.

3 RESULTADOS

Foram realizados diversos testes com o circuito implementado. A este circuito conectou-se um transdutor, que emite ondas numa frequência de 5MHz, e verificou-se seu funcionamento através de um osciloscópio. O transdutor foi desenvolvido com o uso de cerâmicas da empresa Ferroperm¹ montadas em um cilindro ocas de latão e preenchidas com araldite² e pó de tungstênio (20% de peso).

A largura do pulso emitida pelo circuito digital é de apenas 100 nanossegundos aproximadamente. A polarização de V_{ce} do transistor é de aproximadamente 60 volts e é a condição necessária para que o transistor opere na região de avalanche sem que danifique o mesmo. O resultado pode ser visualizado na figura 4, onde a imagem foi obtida através de um osciloscópio modelo Tektronics DPO 3032.

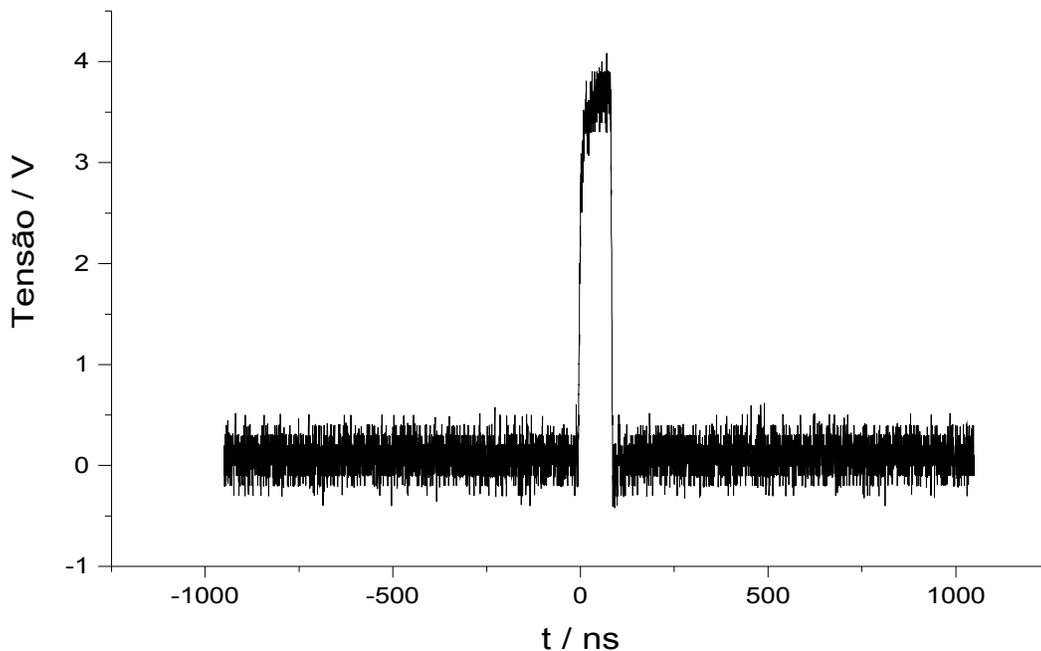


Figura 4 – Pulso de controle do chaveamento do transistor

Quando o transistor é chaveado, através do pulso digital, sua tensão V_{CE} cai a aproximadamente zero e então o capacitor que está em paralelo com o transdutor descarrega sua carga através da cerâmica piezoelétrica do transdutor, fazendo com que a mesma vibre e emita ondas sonoras. O tempo desta operação é de aproximadamente 100 nanossegundos, tempo em que o capacitor descarrega e carrega novamente.

O sinal de disparo que o transistor de saída fornece pode ser visualizado na Figura 5.

¹ www.ferroperm.com

² ciba – GY279

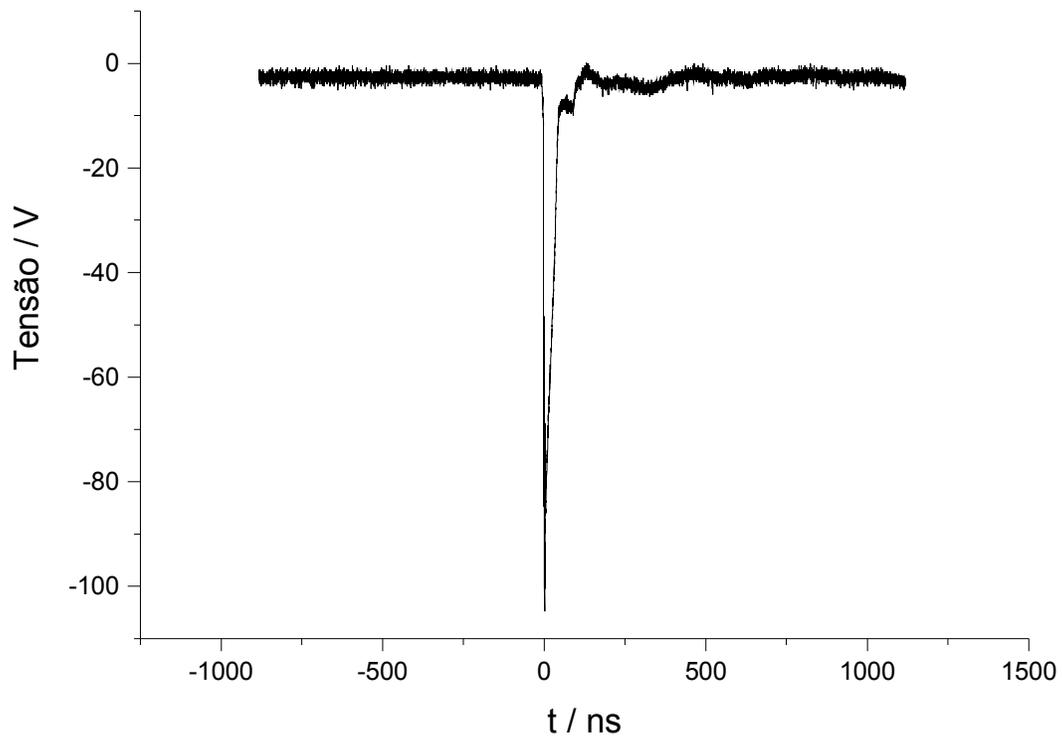


Figura 5 – Sinal de disparo da cerâmica piezoelétrica do transdutor.

Quando se efetua um disparo, o transdutor passa a emitir ondas e logo em seguida opera de forma que as mesmas atinjam um obstáculo e sejam, em parte, refletidas. As ondas que são refletidas e que incidem sobre o transdutor fazem com que o mesmo converta esta energia mecânica em elétrica. Estas ondas podem ser observadas em um osciloscópio, como pode ser visto na Figura 6.

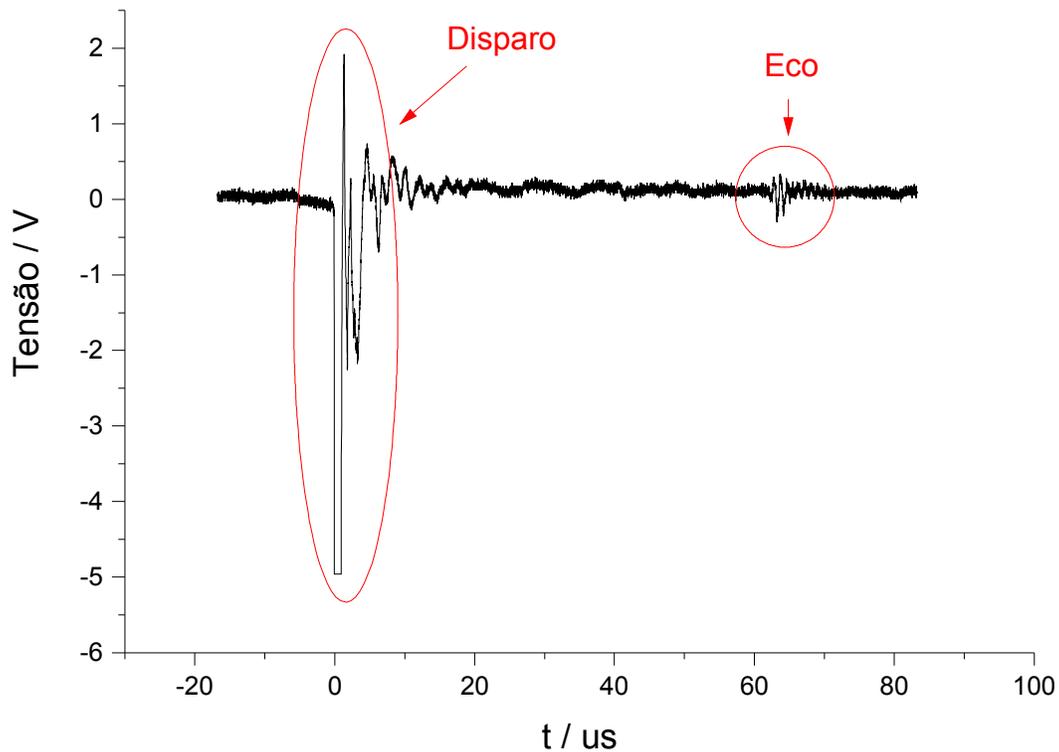


Figura 6 – Resultado de um teste realizado com o aparelho desenvolvido, onde podem ser observados o disparo de emissão das ondas e o retorno (eco).

Para se calcular a distância a qual o objeto se encontra em relação ao transdutor, verifica-se o tempo que as ondas gastam para retornar ao mesmo, como está representado pelo eco na figura 10. Então, utilizando a Equação 1, repetida abaixo como (2), efetua-se um cálculo rápido.

No experimento acima realizado em laboratório, inseriu-se o transdutor em uma cuba com água, onde havia um objeto de alumínio ao fundo. Observou-se o resultado no osciloscópio, onde foi retirada a imagem da Figura 6.

O tempo de retorno foi de 65 μs , e como o meio de propagação das ondas utilizado foi a água, onde temos que a velocidade do som neste meio é de aproximadamente 1480 m/s, efetua-se o seguinte cálculo:

$$V_{prop} = \frac{\text{distância}}{\text{tempo} / 2} \quad (2)$$

$$1480 = \frac{\text{distância}}{(65 \times 10^{-6}) / 2} \quad (3)$$

$$\text{distância} = 0,0481 \text{ m} \quad (4)$$

Com este resultado, conclui-se que a distância do objeto ao transdutor é de 4,81 cm.

4 CONCLUSÃO

Ao término deste trabalho, pode-se concluir que o circuito construído apresenta um baixo custo de fabricação e uma boa precisão das medidas efetuadas.

O exame de espessuras por meio de ultra-som vem sendo cada vez mais utilizado na indústria em geral. Assim, poder oferecer um equipamento com esta função e de baixo custo torna-se interessante.

Os resultados obtidos foram satisfatórios e mostraram que o equipamento desenvolvido está de acordo com as especificações iniciais do projeto.

Referências Bibliográficas

Sedra, Adel S.; Smith, Kenneth, C (2000). Microeletrônica. 4ª edição. Makron Books. São Paulo, SP.

Püttmer, A; Hauptmann, P; Lucklum R; Krause O; Henning B. Spice Model for Lossy Piezoceramic Transducers. IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control, vol 44, nº 1, January 1997.

DESIGN OF A ULTRA-SOUND SYSTEM APPLIED FOR LABORATORY OF NONDESTRUCTIVE TESTING

Abstract: This article approaches the project and the implementation of an electronic circuit capable to excite an ultra-sonic transducer for application in the mensuration of biphasic medium with well defined interfaces. This layer of water, that meets between the duct and the petroleum, has as main purpose the lubrication. The circuit was projected to make short and periodic shots, capable to saturate the base of a transistor configured to work in the breakdown area. When this transistor is switched it allows that a capacitor loaded with 180V DC discharges on the transducer, making with that that this same transducer emits acoustic waves in high frequency. The emitted waves, when founded an object, are reflected and come back, transformed then, in tension signs. This way, is possible to found the distance of the object on which it was applied. Several tests were accomplished and the obtained results were satisfactory, in agreement with the objectives initials of this work.