

PROJETO DE HARDWARE PARA APLICAÇÃO EM MICROSCÓPIO DE FORÇA ATÔMICA

Lucas freitas Machado Muniz¹; Jovelino Torres dos Santos², Valéria Loureiro da Silva³

¹ Graduando em Engenharia Elétrica, Bolsista de Iniciação Tecnológica – CNPq, lucas.muniz@fbter.org.br.

² Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; jovelino.torres@fieb.org.br

³ Doutora em Física; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; valeria.dasilva@fieb.org.br

RESUMO

A microscopia de força atômica é um ramo da ciência que busca gerar análises topográficas de uma superfície com resolução subnanométrica. Essa técnica é muito utilizada na análise de amostras de grafeno. Nesse processo, uma nano-antena é excitada a vibrar na sua frequência de ressonância. Ao se aproximar a superfície à sonda, a interação entre os mesmos gera uma mudança na frequência de vibração da sonda. A partir da análise da variação da frequência durante a varredura da amostra é possível determinar a estrutura topográfica. Nesse artigo é apresentada a microscopia de força atômica como também o desenvolvimento do hardware eletrônico para analisar o fenômeno.

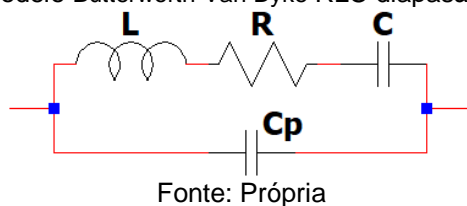
PALAVRAS-CHAVE: microscopia de força atômica; filtros analógicos; conversor analógico digital; projeto de hardware.

1. INTRODUÇÃO

A microscopia de força atômica (AFM) é uma técnica capaz de realizar o mapeamento topográfico com resolução atômica.¹ O processo é baseado na varredura de uma amostra utilizando uma sonda nanométrica. Durante a operação, a sonda é aproximada do material à distâncias da ordem de Angstroms, onde sofre ação das forças atômicas.² Numa abordagem, a sonda vibra com amplitude e frequência constantes. Ao aproximar a ponta da sonda à amostra, as forças atômicas fazem com que ocorra uma mudança na frequência de vibração da sonda. Portanto, ao se analisar a variação da frequência durante a varredura de uma amostra é possível analisar a topografia da mesma.

Nesse tipo de abordagem, as sondas utilizadas são feitas de diapasões de quartzo que podem ser excitados de duas maneiras.¹ A primeira maneira é aplicando um sinal senoidal em algum de seus terminais, isso fará com que o diapasão passe a vibrar nessa mesma frequência do sinal.^{3,4} A outra forma é transmitindo diretamente a vibração mecânica ao diapasão, isso fará que um sinal elétrico de mesma frequência seja gerado em seus terminais.^{4,5} Para ambos os casos, a amplitude com que o diapasão vibra ou do sinal elétrico depende da frequência de ressonância, sendo máxima nesse ponto. Em técnicas de AFM, esses são os modos de excitação eletrônica e excitação mecânica respectivamente. A grande diferença na operação do diapasão de quartzo entre esses dois modos é a capacitância parasita.⁴ Para entender melhor o modelo elétrico Butterworth-Van Dyke⁶ de um diapasão de quartzo com a capacitância parasita pode ser observado na figura 1 a seguir:

Figura 1: modelo Butterworth-Van Dyke RLC diapasão de quartzo



A capacitância C_p gera um pico de antirressonância no modo de excitação eletrônica, para isso é necessário adicionar um circuito de compensação para atenuar seu efeito. O circuito de compensação da capacitância parasita pode ser encontrado na literatura.^{3,4} A vantagem de se utilizar a excitação eletrônica mesmo com a capacitância parasita é a velocidade de resposta do sistema.

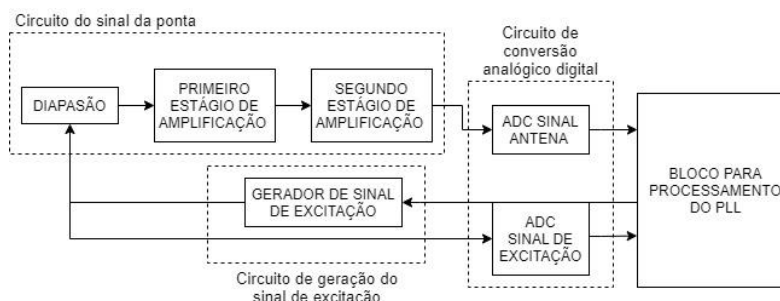
Outro fator importante a ser analisado na escolha do diapasão é o fator Q. Tal fator é representado como a razão entre sua frequência de ressonância e a largura de banda. A importância do fator de qualidade é que segundo⁷ a mínima força detectável pelo diapasão é inversamente proporcional ao fator de qualidade. Nesse mesmo artigo também é feito um estudo na variação do fator de Q de um diapasão ao se adicionar a sonda do experimento.

O presente artigo relata o desenvolvimento de dois circuitos realizar AFM com um diapasão. Nele é apresentado o esquemático para a aplicação de excitação eletrônica e mecânica além do layout para placa de circuito impresso.

2. METODOLOGIA

Para desenvolver todo o Hardware foi feito um estudo de quais características os circuitos deveriam atender. Para isso foi realizada uma busca de artigos científicos sobre a implementação de amplificadores para AFM e uma análise das características de diversos componentes eletrônicos para achar quais melhor atendiam os requisitos. Os circuitos propostos foram divididos em três, o circuito do sinal da ponta, circuito de conversão analógico digital e o circuito de geração do sinal de excitação. A figura 2 a seguir demonstra um diagrama de blocos simplificado do sistema.

Figura 2: diagrama de blocos do sistema.



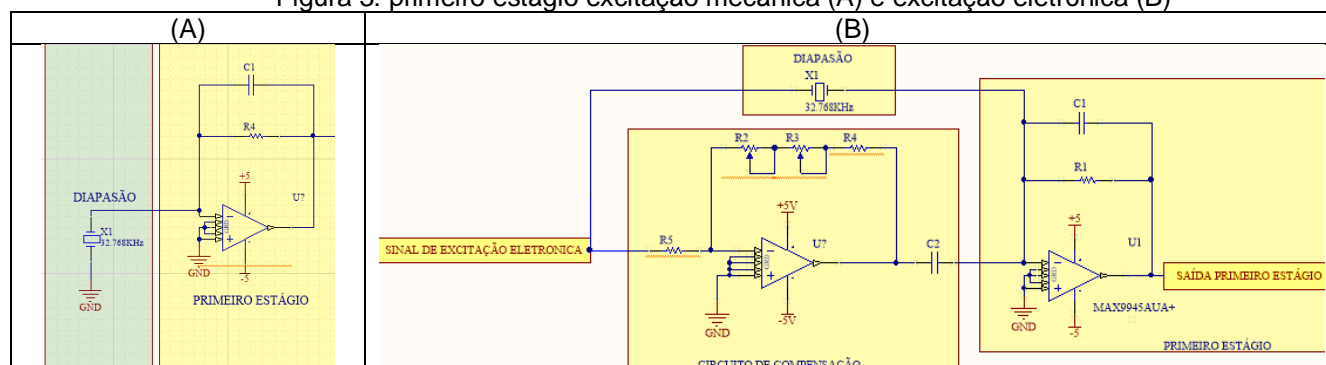
Fonte: Própria

Para que seja possível realizar o experimento, independentemente do modo de operação, o hardware pode ser dividido em três partes. O primeiro é o circuito de condicionamento do sinal do diapasão. O segundo é o circuito de conversão do sinal do diapasão analógico para digital para processamento dos dados. O terceiro circuito é responsável por gerar a excitação, tanto para o modo mecânico como para o eletrônico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 3 mostra o esquemático dos circuitos desenvolvidos. O circuito de sinal do diapasão possui três estágios, o primeiro estágio de amplificação trata-se de um amplificador de transimpedância, o segundo é um filtro analógico passa faixa de 4ª ordem e o terceiro estágio é um conversor de sinal bipolar para diferencial. Na figura 3a pode ser visto o esquemático do circuito para o modo de excitação mecânica. O primeiro estágio funciona convertendo corrente elétrica de baixa magnitude do diapasão para um sinal de tensão elétrica com magnitude maior, esse circuito deve estar o mais próximo possível do diapasão para diminuir a susceptibilidade ao ruído. Pare ser utilizado o modo de excitação eletrônica, faz-se necessário adicionar alguns componentes, referentes ao circuito de compensação, ao primeiro estágio. Na figura 3b pode ser visto o primeiro estágio para o modo de excitação eletrônica:

Figura 3: primeiro estágio excitação mecânica (A) e excitação eletrônica (B)



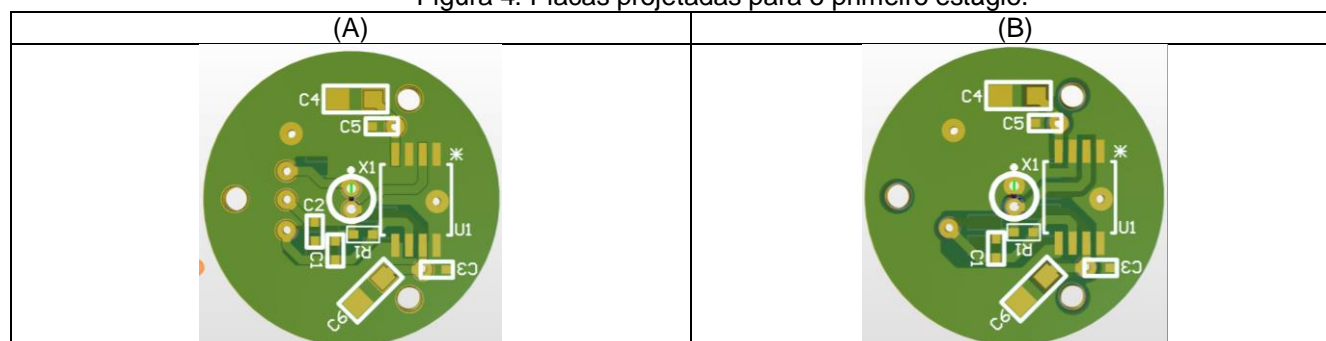
Fonte: Própria

O circuito de compensação tem como função de transferência a resposta de um capacitor de capacitância “negativa”. Assim, ao dispor esse capacitor de “capacitância negativa” em paralelo com a capacitância parasita

do diapasão, o efeito causado é o cancelamento da capacitância parasita. Como dito anteriormente, isso faz com que o pico de antirressonância causado pela capacitância parasita seja atenuado e a curva de resposta a frequência do diapasão passe a ser mais simétrica. Além disso, com a adição da capacitância parasita, a variação da fase ao se passar pela ressonância é maior. E, segundo,⁴ quando se deseja maior estabilidade no sistema, uma variação de fase maior, na ressonância, é preferível. Outro estudo sobre a influência da capacitância parasita em diapasões de quartzo, no estudo de técnicas de AFM pode ser encontrado nas referências.⁸

Ao fim do processo de realização dos esquemáticos, foi feito o layout de duas placas de circuito impresso. Os projetos das duas placas são similares um ao outro, a diferença é na adição de mais um capacitor na placa da excitação eletrônica. Tal capacitor, nada mais é que o capacitor do circuito de compensação. O objetivo de aproximá-lo do diapasão é que quanto mais próximo ele estiver melhor é a sua operação. Na figura 4 a seguir podem ser vistas as duas placas projetadas. A figura 4a é a placa de excitação eletrônica e a figura 4b é a placa da excitação mecânica.

Figura 4: Placas projetadas para o primeiro estágio.



Fonte: Própria

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim do processo de desenvolvimento dos esquemáticos foi feito o layout de todos os circuitos em diferentes placas de circuito impresso, que foram então fabricadas. O próximo passo deste desenvolvimento, será os testes das placas.

Agradecimentos

Agradecemos a EMBRAPII, SENAI-CIMATEC, UE-DCC/UFMG, LabNS-UFMG pelo apoio financeiro e tecnológico.

5. REFERÊNCIAS

- ¹ G. Binning, C.F. Quate, and Ch. Gerber, “Atomic force microscope,” em Physical review letters, Março. 1986.
- ² VOIGTLÄNDER, Bert. **Scanning Probe Microscopy**. [S. l.]: Springer, 2015. *E-book*.
- ³ G Ctistis, E H Frater, S R Huisman, J P Korterik, J L Herek, WL Vos and P W H Pinkse “Controlling the quality factor of a tuning-fork resonance between 9 and 300K for scanning-probe microscopy “ em JOURNAL OF PHYSICS D: APPLIED PHYSICS, Abril 2011 .
- ⁴ Terunobu Akiyama et al. “Implementation and characterization of a quartz tuning fork based probe consisted of discrete resonators for dynamic mode atomic force microscopy “ em REVIEW OF INSTRUMENTS **81**, junho 2010.
- ⁵ Thiago de Lourenço e Vasconcelos “Desenvolvimento e estudo de sondas para microscopia óptica de campo próximo” UFMG, Novembro 2015
- ⁶ Nanonis GmbH “Piezoelectric Quartz Tuning Forks for Scanning Probe Microscopy” em www.nanonis.com, 2005.
- ⁷ Danish Hussain et al ”Optimizing the Quality Factor of Quartz Tuning Fork Force Sensor for Atomic Force Microscopy: Impact of Additional Mass and Mass Rebalance” em IEEE SENSORS JOURNAL, Maio, 2017.
- ⁸ Yexian Qin, R. Reifengerger “Calibrating a tuning fork for use as a scanning probe microscope force sensor” em REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, Junho 2007.

