

# Disciplina F-530 Instrumentação

## Relatório Final

### “Desenho e construção de sistemas de movimentação linear, baseados em elementos piezoelétricos”



**Aluno:** Shadi Passam Fatayer  
s082792 at dac.unicamp.br

**Orientador:** Prof. Dr. Daniel Mario Ugarte  
dmugarte at ifi.unicamp.br

**Inst de Execução:** IFGW - UNICAMP  
C. P. 6165, 13083-970, Campinas SP

**Data:** Junho/2011

# I. Introdução

Quando um certo volume de material alcança dimensões nanométricas, a natureza quântica da matéria se manifesta claramente. A exploração destes sistemas é conhecida como nanotecnologia e representa uma das linhas de pesquisa mais promissoras para o desenvolvimento de novas tecnologias. O desenvolvimento de novas ferramentas com capacidades específicas para nano sistemas torna-se imprescindível. Entre os exemplos de novos paradigmas, está o desenvolvimento de instrumentos para movimentação e posicionamento de objetos com precisão nanométrica, mas que permitam o acoplamento a sistemas macroscópicos. Assim é necessária alta precisão de deslocamento, e também é necessário movimentar distâncias grandes da ordem de milímetros. Estes elementos são indispensáveis para instrumentação destinada à caracterização individual de nanossistemas

Neste contexto, o grupo está desenvolvendo um projeto de construção de um microscópio de tunelamento (Scanning Tunneling Microscopy, STM) compatível com Ultra-Alto-Vácuo (UHV, Ultra-High-Vacuum) financiado pelo Edital Universal do CNPq 2007 (Proc. No. 472312/2007-3). Este equipamento apresenta um sistema de movimentação elástica (Parallel Guiding Spring Mechanism [1]) acionado por um pico motor (NewFocus, model 8321-V, passo 30 nm). Estes sistemas preenchem as necessidades de baixo custo e, fácil e rápida montagem apropriadas a implementação dos primeiros modelos ou protótipos de um novo instrumento. Mas, para a realização da geração de microscopia STM de maior qualidade será necessário utilizar sistemas piezo elétricos mais complexos para aumentar a eficiência e precisão.

Existem várias configurações destes sistemas de movimentação nanométrica na literatura [2] e cada um se presta a diferentes graus de controle e condições experimentais. Dentre as possíveis montagens, o sistema tipo “*inchworm*” proposto por Wolkow [3] é considerado um dos mais versáteis e robustos, além de possuir uma concepção mecânica e de controle simples.

Este projeto visa o desenho e construção de sistemas de movimentação linear tipo *inchworm* para sua posterior utilização em microscópio STM e nanomanipuladores desenvolvidos ou em desenvolvimento em nosso grupo.

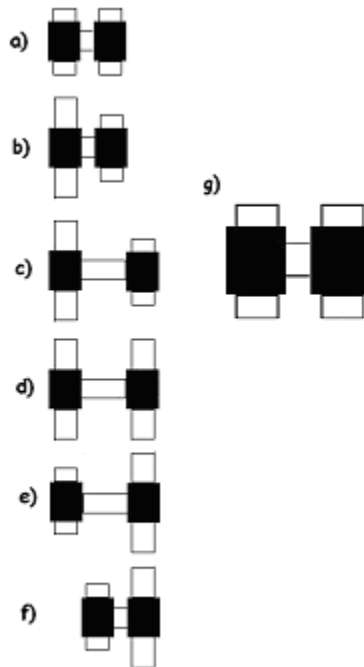
É importante enfatizar que este projeto representa uma continuação das atividades de pesquisa associadas a Bolsa IC FAPESP (Processo 2007/05321-9, período 01/06/2008 a 10/11/2008) da ex-aluna do nosso grupo Renata Bueno Alves sob orientação de Varlei Rodrigues e Bruno V. C. Martins. Entretanto, a atuação dos piezoelétricos, a montagem mecânica e os circuitos elétricos que serão desenvolvidos não serão baseados no projeto dela [4].

Na seção II falaremos sobre os elementos piezoelétricos e seu funcionamento. Na seção III será descrito o desenvolvimento da montagem mecânica. Na seção IV, a montagem eletrônica e suas especificidades para as movimentações necessárias aos atuadores piezoelétricos. Na seção V descreveremos as perspectivas para a continuação do projeto.

## II. Elementos piezoelétricos

Ao iniciarem-se os estudos sobre o microscópio de tunelamento (STM), percebe-se a necessidade de um ajuste fino auxiliando o sistema de aproximação grosso que movimenta distâncias da ordem de nanômetros com precisão entre 1 a 10 nm. Com uma montagem chamada de inchworm [3] consegue-se suprir esta necessidade.

O inchworm consiste de atuadores piezoelétricos, cerâmicas cuja forma pode ser modificada através da aplicação de tensão. Os piezos podem apresentar dilatação em mais de uma direção, porém para os propósitos do projeto só serão utilizados piezos que apresentam deformação em uma dimensão.

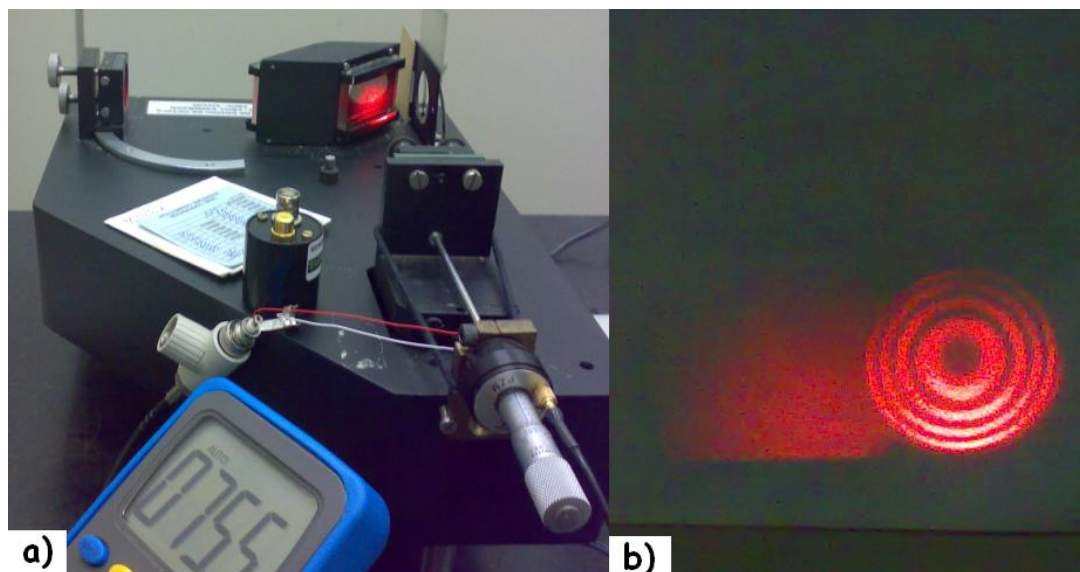


**Figura 1: Esquema de andamento dos atuadores piezoelétricos, visualizados lateralmente. Blocos brancos são os piezos, e os blocos pretos as peças de suporte. a) Piezos relaxados; b) Travamento dos piezos traseiros; c) Aplicação de tensão no piezo compreendido entre as peças; d) Travamento dos piezos frontais; e) Relaxação dos piezos traseiros; f) Relaxação do piezo compreendido entre as peças; Sistema similar ao citado por Chen [5]**

Para simplificar o primeiro protótipo, foram escolhidos piezos que tivessem um grande deslocamento para serem utilizados no sistema. Por exemplo, segundo o fabricante (ThorLabs [6]), as especificações para o deslocamento efetuado pelos piezos para uma tensão máxima de 150 Volts é de  $d_1 = (9,1 \pm 1,5) \mu m$  para o piezo modelo D04F e  $d_2 = (4,6 \pm 1,5) \mu m$  para o piezo modelo D08F.

De modo a comprovar estas especificações, foi utilizado um interferômetro de Michelson do laboratório de ensino de Óptica do IFGW. Contou-se a mudança do número de franjas da figura de interferência (figura 2). De posse do valor do comprimento de onda do laser utilizado,  $\lambda = 633nm$ , percebe-se que cada franja que aparece na figura de

interferência compreende um deslocamento do piezo de  $d_i = 316,5nm$ . Multiplicando este fator pelo número de franjas, obtemos o valor experimental dos deslocamentos dos piezos para 150V.



**Figura 2: a) Montagem do interferômetro de Michelson; b) Figura de interferência obtida pelo experimento.**

O número de franjas obtidas durante o experimento foram tabeladas e os respectivos deslocamentos são mostrados:

Tabela 1: Número de mudanças de franjas observadas para uma determinada tensão – piezo tipo 1.

Tensão total [V]	Número de franjas observadas
$150,0 \pm 0,1$	$29 \pm 1$
$150,1 \pm 0,1$	$26 \pm 1$
$150,1 \pm 0,1$	$27 \pm 1$
$152,4 \pm 0,1$	$27 \pm 1$
$150,5 \pm 0,1$	$28 \pm 1$
$145,7 \pm 0,1$	$25 \pm 1$

$$Deslocamento_{150V} = (8,6 \pm 0,9) \mu m$$

Tabela 2: Número de mudanças de franjas observadas para uma determinada tensão - piezo tipo 2.

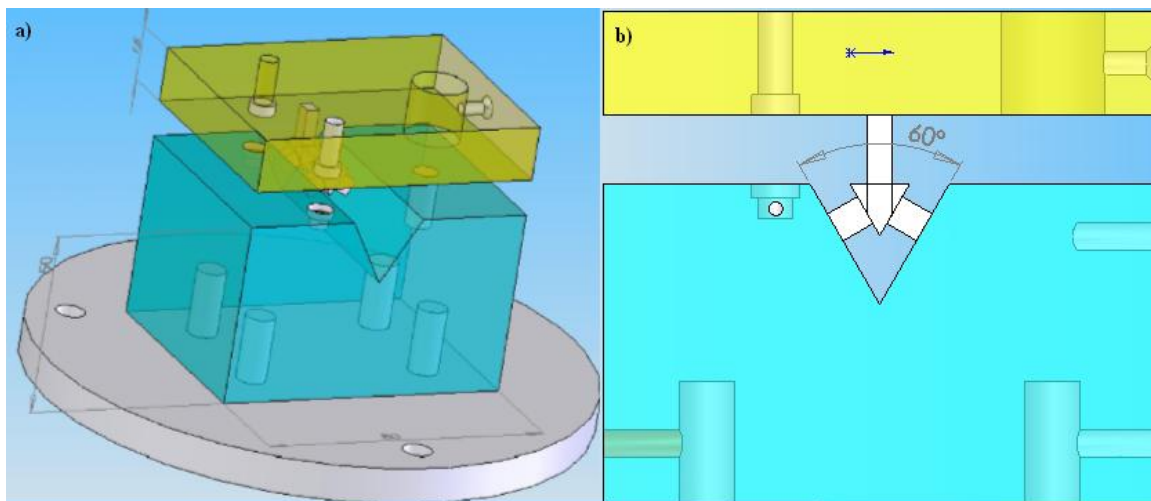
Tensão total [V]	Número de franjas observadas
$151,7 \pm 0,1$	$16 \pm 1$
$149,2 \pm 0,1$	$15 \pm 1$
$150,8 \pm 0,1$	$15 \pm 1$
$147,3 \pm 0,1$	$15 \pm 1$
$150,2 \pm 0,1$	$15 \pm 1$
$147,3 \pm 0,1$	$14 \pm 1$

$$Deslocamento_{150V} = (4,8 \pm 0,9) \mu m$$

Feita uma comparação referente aos erros das medidas, pode-se afirmar que os valores tabelados se encontram em comum acordo com os dados obtidos experimentalmente.

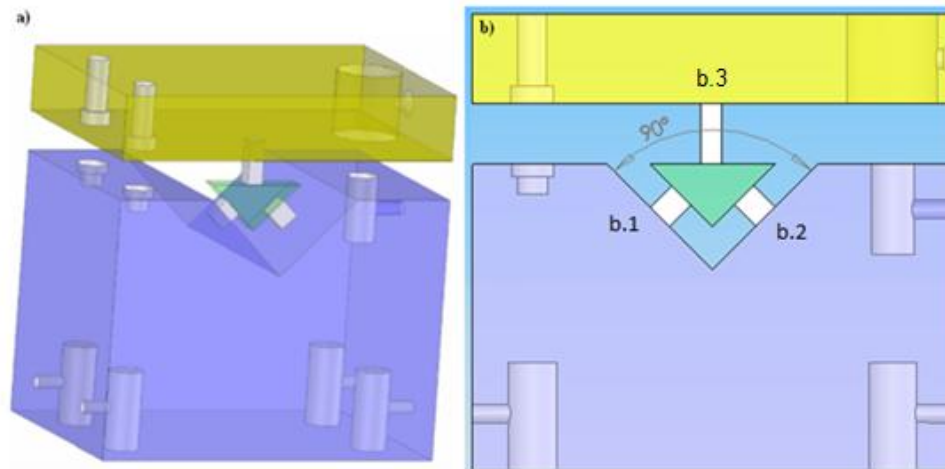
### III. Montagem Mecânica

Uma importante parte neste projeto é o desenvolvimento das partes mecânicas. Para isso, foram inicialmente desenhados modelos das peças para se ter idéia de suas dimensões. Um importante detalhe a ser levado em conta é a rigidez mecânica. Ela permite modos de vibração para alta frequência, maiores que 1000 Hz e a possibilidade da diminuição da força de atrito entre os partes moveis e as fixas. Para suprir estes problemas, decidiu-se desenhar um sistema com o menor número de peças possível e para diminuir a atuação da força de atrito, o ângulo compreendido no sulco da peça deveria ser de  $60^\circ$ , diminuindo a força normal em cada pé do piezo e assim a força dissipativa no piezo.(figura 3).



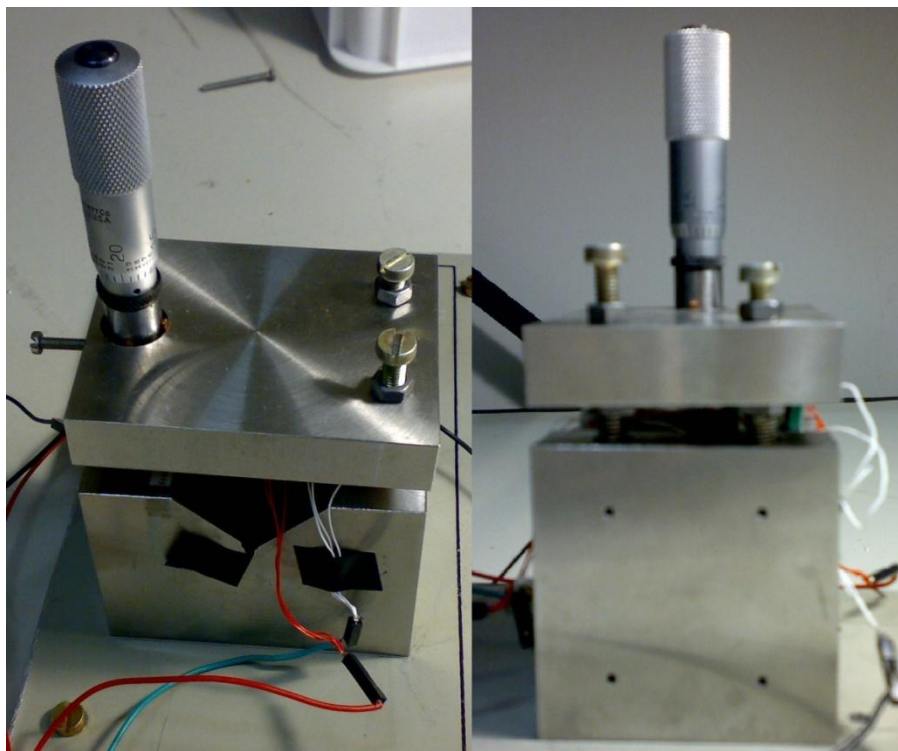
*Figura 3: Desenho inicial do bloco para a montagem dos piezos. a) Vista mista; b) Vista frontal, ilustrando o ângulo de  $60^\circ$ .*

Infelizmente, devido ao custo e necessidade de máquinas e ferramentas específicas, é muito difícil a fabricação deste tipo de peça com um sulco no ângulo de  $60^\circ$ . Assim, resolvemos utilizar um ângulo de  $90^\circ$ , (figura 4). Pode-se perceber uma perfuração na peça superior da montagem, tanto na figura 3 como na figura 4, que será utilizado por um parafuso micrométrico, ele será utilizado de modo a regular a pressão por sobre os piezos da parte de cima.



**Figura 4: Desenho do bloco para a montagem dos piezos, juntamente com a montagem com os piezos. a) Vista mista; b) Vista frontal, mostrando o novo ângulo de 90°.**

Concluído o projeto pela oficina mecânica, analisamos os problemas de montagem. Nota-se que a altura  $h$  (figura 4-b) precisa estar bem ajustada, uma vez que o sistema sofrerá variações de altura da ordem de  $(15 \pm 2) \mu m$  por ciclo. Portanto, nivelar o teto com relação as faces dos piezos de cima (figura 4-b b.3) é vital para o sistema se movimentar corretamente. Para resolver este problema, acoplamos um parafuso micrométrico de um lado (figura 4-b lado direito) e dois parafusos com molas do outro (figura 4-b lado esquerdo). De modo a minimizar as imperfeições foram retificados os lados que estariam em contato com o piezo (figura 4-b nomenclatura b.1 e b.2) .



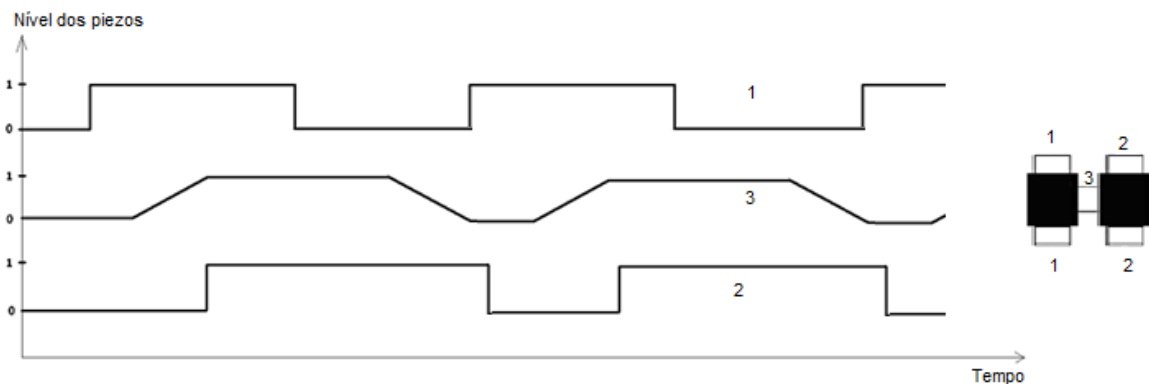
**Figura 5: Montagem mecânica realizada.**

## IV. Montagem eletrônica

Começado o projeto, pensou-se na sistemática eletrônica necessária ao desenvolvimento do projeto. Para que haja a movimentação linear do conjunto de piezos, é necessária a coordenação da aplicação de tensão nas cerâmicas (figura 6). Através do circuito, os conjuntos de piezos tipo 2 e tipo 1 só têm 2 estados, tensionados ou relaxados. O piezo tipo 3, recebe diversos valores de tensão, de modo a realizar a movimentação do sistema. A lógica de aplicação de tensão nos piezos em um ciclo tem os seguintes passos:

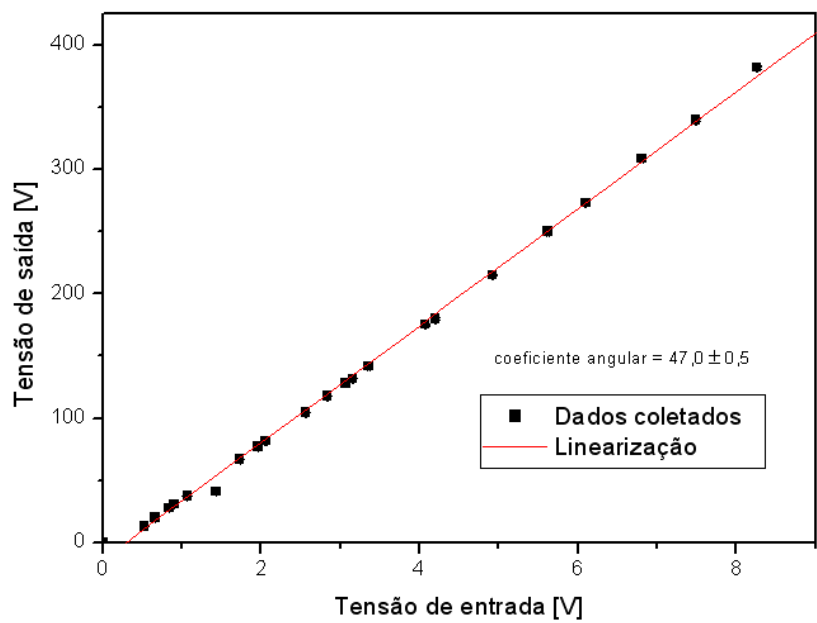
- Aplica-se tensão nos piezos de número 1.
- Aplica-se tensão nos piezos de número 3.
- Aplica-se tensão nos piezos de número 2.
- Remove-se tensão nos piezos de número 1.
- Remove-se tensão nos piezos de número 3.
- Aplica-se tensão nos piezos de número 1.
- Remove-se tensão nos piezos de número 2.

Esta lógica continua para os outros ciclos.



**Figura 6: Diagrama da ordem necessária de aplicação de tensão nos piezos. O nível 0 equivale a 0 Volts e o nível 1 a 150 Volts. Pode-se notar 2 ciclos nesta figura.**

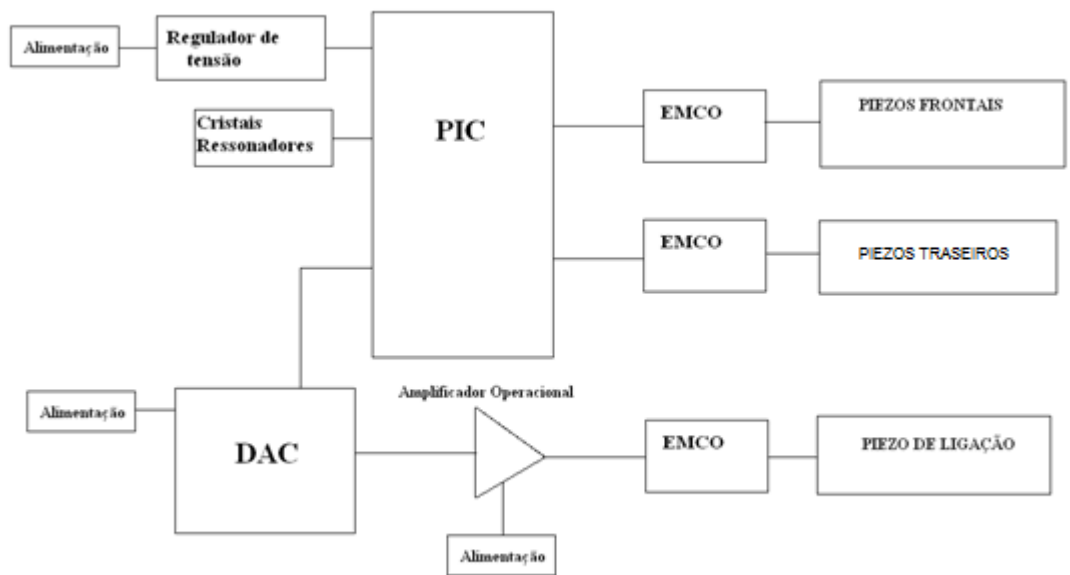
Para que os piezos tenham uma movimentação apreciável, pode-se notar na parte I que a tensão aplicada neles deve ser da ordem de até 150 Volts. Como nosso circuito fornece no máximo 10 Volts de saída, é necessária a utilização de um conversor de tensão com especificação de entrada de 0 a 10 Volts e saída de 0- 150 Volts. O grupo possuía uma fonte de alta tensão EMCO série Q [7], que apresenta especificações de entrada 0-10V e saída 0-400 V. A fonte foi utilizada para efeitos de testes, para se testar seu limite de linearidade com relação a tensão de entrada e a de saída, o gráfico se encontra abaixo (figura 7).



**Figura 7: Curva de tensão de entrada versus tensão de saída, medidas na EMCO.**

Pode-se notar que a fonte chaveada apresenta boa linearidade para a faixa de tensão entre 0-400 V. Por este motivo, o grupo a utilizou para a implementação do circuito eletrônico.

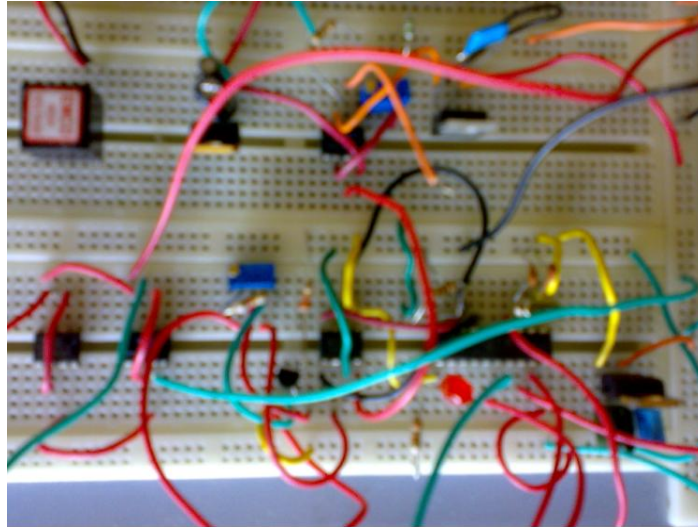
Foi-se desenhado um circuito para atender as necessidades do projeto (figura 8). Como o aluno não havia tido prévio contato com eletrônica, foi feito um teste do circuito de controle dos piezoelétricos através do uso de uma protoboard, podendo-se testar os diversos aspectos do circuito, como alimentação digital e analógica, utilização de fontes de tensão e distribuição de cargas, correntes e tensões no circuito.



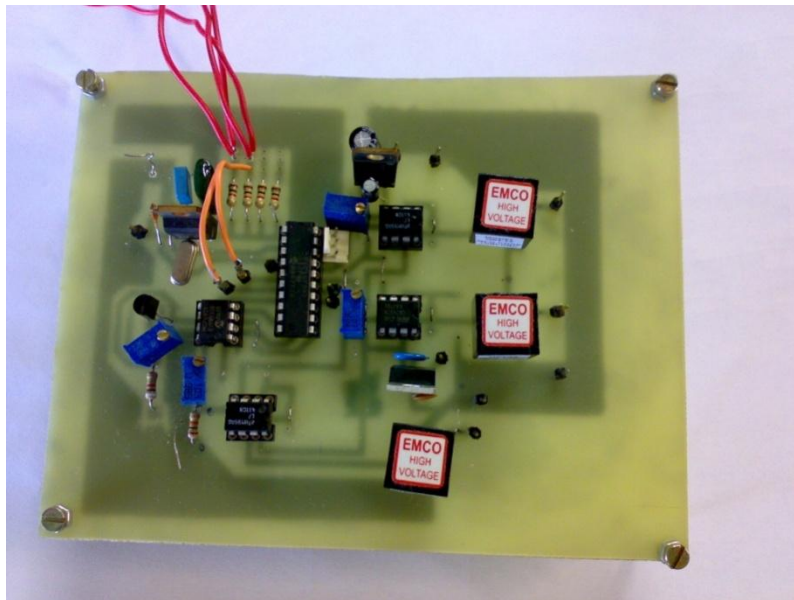
**Figura 8: Diagrama simplificado do circuito para controle dos piezoelétricos.**



Após utilizar uma protoboard (figura 9) para efeito de testes, o aluno partiu para a confecção da placa de circuito impresso (figura 10). Após ter criado a placa, ela foi testada com e sem os piezos. Foram configurados os parâmetros que estariam modificando o sinal de saída, pois os elementos piezoelétricos estariam atuando como capacitores, impedindo a queda dos sinais de forma rápida.



*Figura 9: Circuito de controle e fonte de alimentação montados na protoboard.*



*Figura 10: Circuito de controle e fonte de alimentação montados na placa de circuito impresso.*

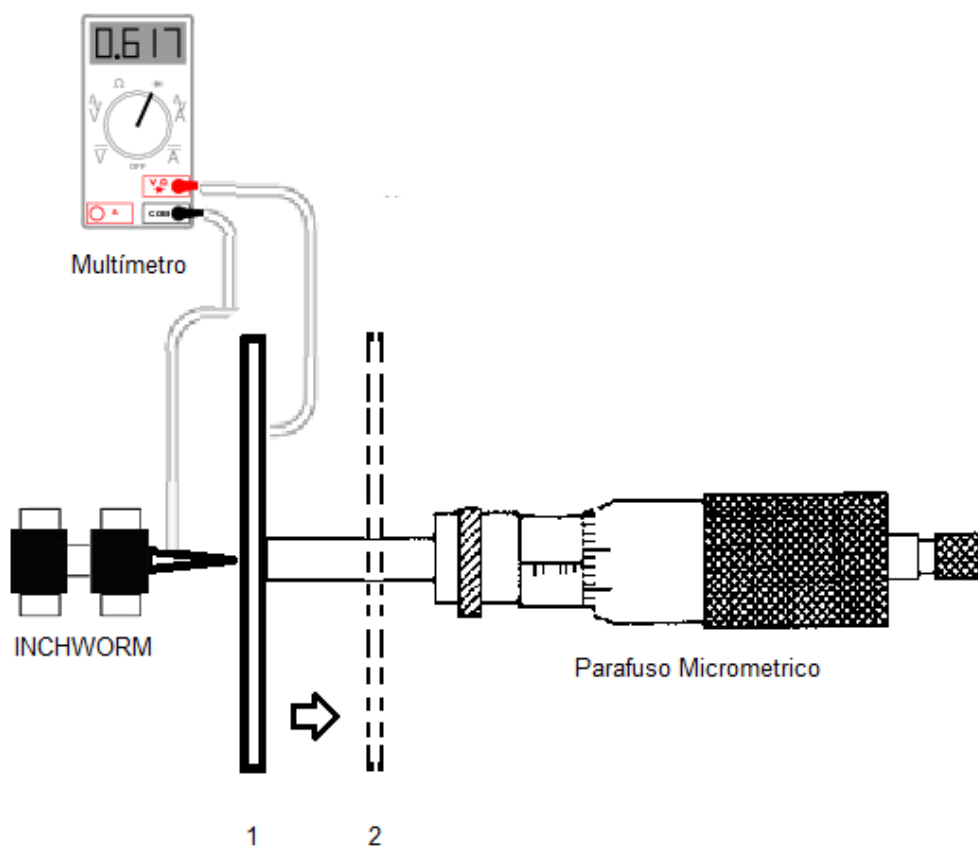
Os testes foram feitos através da utilização do osciloscópio, e a lógica de aplicação de tensão nos piezos se comportou como esperado, ou seja, de acordo com a figura 6.

## V. Coleta de dados e caracterização do sistema.

Depois de feita a montagem e a colagem dos piezos, partiu-se para a obtenção de dados conclusivos sobre o passo médio do inchworm, e quanta resolução seria possível de se obter no sistema. Para essa análise, era necessário a elaboração de algum método de medição.

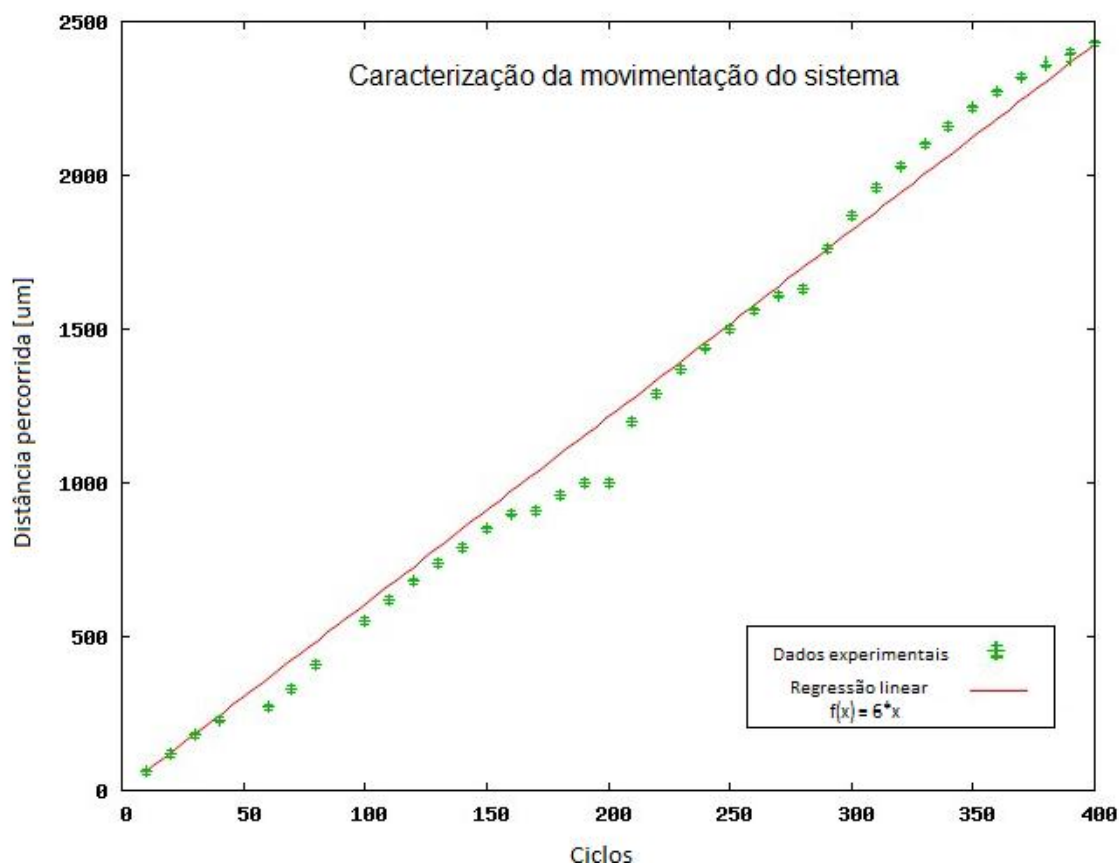
Inicialmente, tentou-se realizar uma medida qualitativa do deslocamento do sistema. Através do contato elétrico, sabe-se se ocorreu a movimentação. Depois de observada a ocorrência do deslocamento, partiu-se para a quantificação do mesmo.

Para essa quantificação, utilizou-se uma mesa acoplada a um parafuso micrométrico (conectada a um multímetro). Colou-se uma ponta de prova feita de ouro (também conectada a um multímetro) em uma das faces do inchworm. Quando a ponta de prova tocava a superfície, o circuito era fechado, e o contato elétrico feito. A logística utilizada, encontra-se resumida na figura 11. Ela consiste basicamente de realizar o contato elétrico, andar uma distância conhecida com o micrômetro e realizar diversos ciclos até que a ponta do inchworm novamente feche o contato.



*Figura 11: Esquema do experimento utilizando o parafuso micrométrico. Inicialmente o Inchworm se encontra na posição 1. Anda-se a placa do parafuso micrométrico até a posição 2 e conta-se o número de ciclos para que o inchworm feche o contato elétrico no multímetro.*

A caracterização inicial (figura 12) apresentou um passo médio de 6  $\mu\text{m}/\text{ciclo}$ . Este é um resultado razoável, uma vez que apresenta um rendimento de 70% com relação ao esperado (8,6  $\mu\text{m}/\text{ciclo}$  descrito na seção II) considerando que a distância de movimentação do conjunto depende somente do piezo 3 (figura 6).



**Figura 12: Caracterização inicial do andamento do sistema inchworm.**

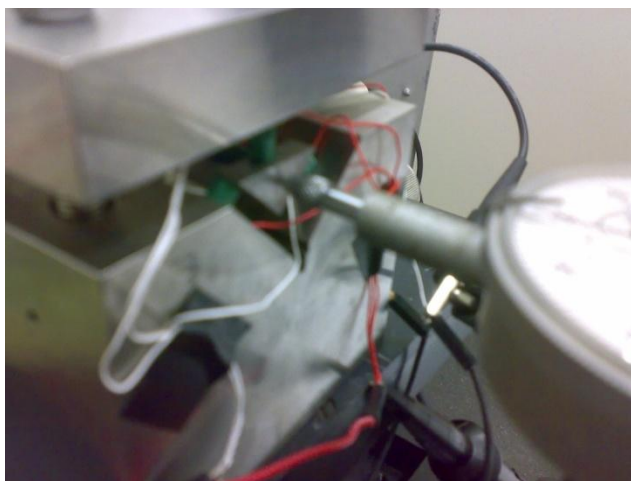
Após uma série de medidas, o sistema não mostrou uma boa reprodutibilidade. Este fato está associado aos problemas com vibrações mecânicas e acústicas do local em que se encontrava o experimento. Teve-se de mudar o experimento de lugar, para uma sala que não apresentava problemas de vibração.

Outra modificação necessária foi a fabricação de um suporte que prendesse o bloco de aço inox e a mesa 3d de modo a aumentar a rigidez do sistema durante as medidas. Para resolver este problema, foi construída uma superfície de modo que se parafusasse tanto a mesa 3D quanto o bloco. Os testes mostraram que embora as vibrações mecânicas não estivessem mais ocorrendo, não se conseguia reproduzir todas as vezes a movimentação média dos piezos. Observou-se passos médios variando entre 1 a 5  $\mu\text{m}/\text{ciclo}$ .

O sistema como um todo é muito sensível a pequena variação de pressão nos piezos, indicando que a regulagem das alturas apresentava um problema. De modo a caracterizar qual o problema que estava sendo enfrentado, levou-se o equipamento para Laboratório de Óptica do IFGW.

No Laboratório de Óptica, tentou-se utilizar interferometria. Porém os resultados não foram conclusivos, uma vez que não foi possível ajustar um espelho para observar direito as franjas, e quando observava-se elas eram pequenas demais e oscilavam de maneira desordenada. Este resultado pode ser explicado através do fato de que o inchworm é um sistema inercial. Sistemas inerciais funcionam através de variações bruscas. Portanto, apesar de quantificarmos o passo médio, cada ciclo apresenta um passo diferente, pois o atrito entre as superfícies varia ponto a ponto.

Utilizou-se também um relógio comparador (figura 14). Este método não resultou em dados conclusivos. A pressão exercida pelo comparador era maior que a exercida pelo piezo no deslocamento.



**Figura 13: Tentativa de caracterização do posicionador através de relógio comparador.**

Tentou-se outro método: acoplar uma ponta ao inchworm, e focalizá-la num microscópio óptico (com aumento de 300x) de modo a observar a movimentação do sistema. Esta última maneira revelou-se ineficaz, pois a única informação obtida através dela foi a oscilação da ponta em torno da reta em que o sistema deveria andar. Isso pode ser devido a duas fontes: Ou o sistema não estava firmemente preso no conjunto de aço inox, ou devido ao comprimento, a ponta acoplada estivesse amplificando a movimentação do sistema.

Portanto, os experimentos mostraram que apesar de terem sido obtidos um passo médio variando entre 0 a 6  $\mu\text{m}/\text{ciclo}$ , certas questões devem ser melhor trabalhadas. De modo a diminuir o atrito, a superfície deve ser modificada. O teto do bloco do sistema deve contar com mais 2 parafusos micrométricos, formando um tripod, de modo a auxiliar na regulagem de altura.

Outra etapa crucial será a montagem de um experimento eficaz para quantificar os deslocamentos. Para isso tentaremos utilizar novamente microscopia, porém desta vez com aumento maior do que a feita anteriormente. A continuação deste projeto inclui o trabalho destas questões, e a miniaturização do sistema.

## VI. Conclusões e perspectivas

Durante a primeira parte do projeto, referente ao relatório parcial, foram realizados o desenho e construção da parte mecânica e o início da parte eletrônica do projeto e a caracterização dos piezos.

Durante a segunda parte do projeto foram feitas a montagem do sistema, a construção da parte eletrônica através da placa de circuito impresso e a programação da parte eletrônica. Foram feitas também, as tentativas de caracterização do sistema de movimentação e os testes no Laboratório de Óptica.

Ao fim deste projeto, observa-se que apesar do sistema ter apresentado movimentações de até 6  $\mu\text{m}/\text{ciclo}$ , o sistema não apresenta reprodutibilidade. Acredita-se que diversos fatores estejam influenciando, como a superfície na qual os piezos estão colocados, a geometria da peça, a colagem dos piezos nas peças de metal, a regulação da altura do teto do sistema, a pressão imposta para manter os piezos presos e o nível de aplicação de tensão neles.

Visando analisar estes problemas, e ao mesmo tempo tentar miniaturizar o sistema, o aluno continuará a otimização do sistema inchworm.

O projeto serviu de amostra para que o aluno percebesse a dificuldade envolvida num projeto de instrumentação científica. Onde além das idéias envolvidas, deve-se sempre caminhar em paralelo com a parte técnica, de modo que as coisas sejam passíveis de serem feitas.

## IX. Referências

- [1] L.L. Howell, Compliant Mechanisms, Wiley-Interscience, New York, USA, 2001.
- [2] Y. Kuk and J.P. Silverman, Scanning tunneling microscope instrumentation. Rev. Sci. Instrum., **60** (1989)165–181.
- [3] R. Wolkow, A variable temperature scanning tunneling microscope for use in ultrahigh vacuum. Rev. Sci. Instrum., **63** (1992)4049–4053.
- [4] Renata Bueno Alves, Relatório Parcial para a disciplina F-690. Link: [http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\\_F590\\_F690\\_F809\\_F895/F530\\_F590\\_F690\\_F895/F530\\_F590\\_F690\\_F895\\_sem2\\_2008/RenataB\\_Varlei\\_RP\\_F690-1.pdf](http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F530_F590_F690_F895/F530_F590_F690_F895_sem2_2008/RenataB_Varlei_RP_F690-1.pdf)
- [5] C.J. Chen, Introduction to Scanning Tunneling Microscopy, Oxford University Press, New York, USA, 1993.

[6] Site Thorlabs, acerca dos piezos:

[http://www.thorlabs.com/NewGroupPage9.cfm?ObjectGroup\\_ID=61&pn=AE0203D04F](http://www.thorlabs.com/NewGroupPage9.cfm?ObjectGroup_ID=61&pn=AE0203D04F)

[7] Site da EMCO: <http://www.emcohighvoltage.com/>

## **Parecer do Orientador**

Disciplina : F-530 Instrumentação

Professor : Jose Joaquin Lunazzi

Aluno: **Shadi Passam Fatayer**

Projeto: “Desenho e construção de sistemas de movimentação linear baseados em elementos piezoelétricos.”

Orientador: Prof. Daniel Mario Ugarte (DFA\_IFGW)

Período : 1º Semestre de 2011

### **Avaliação:**

Neste semestre, o aluno teve contato com materiais muito interessantes como às cerâmicas piezo-elétricas. A seguir aprendeu a explorar suas propriedades de contração e expansão para construir um protótipo de motor. A construção do sistema de movimentação linear requereu atividades de desenho mecânico, eletrônica e controle. Finalmente, ele teve que experimentar e desenvolver métodos para poder verificar medir o deslocamento do sistema com precisão sub-micrométrica.

O aluno é muito serio e dedicado; ele trabalhou com muita dedicação e motivação.

Os resultados obtidos superaram as expectativas.

**Nota** 10.0 (dez)          referente ao relatório final

A seguir os anexos referentes aos elementos piezoelétricos e aos conversores DC para Alta tensão (EMCOS).



**AE0203D08F**  
**SPECIFICATION SHEET****CAUTION:****POLARITY MATTERS! RED LEAD ATTACHES TO +V,  
WHITE LEAD ATTACHES TO GROUND (GND)!**

The AE0203D08F piezoelectric stack sold by Thorlabs is manufactured by NEC Corporation of Japan. These stacks consist of many piezoelectric ceramic layers that are assembled in series mechanically and in parallel electrically. To operate connect the red lead of the device to the positive (+) terminal of the voltage source, do not reverse bias.

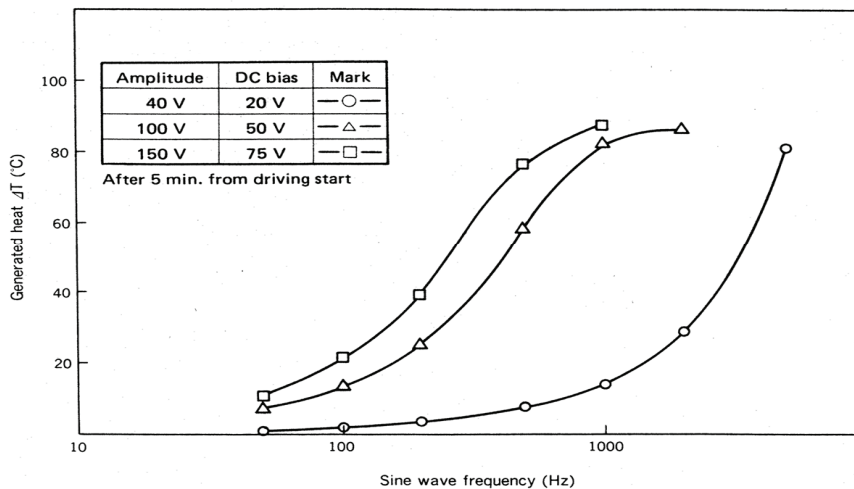
**I. SPECIFICATIONS**

Displacement at Maximum Drive Voltage: 9.1um +/- 1.5  
 Maximum Drive Voltage (short term): 150volts (apply positive voltage to red lead, reverse bias will destroy this device)

Displacement at Recommended Drive Voltage: 6.10um +/- 1.5  
 Recommended Drive Voltage: 100 volts

Operating Temperature Range: -25 to + 85°C  
 Capacitance: 0.18µF +/- 20%  
 Clamping Force: 200 N  
 Tensile Strength: 20 N  
 Resonant Frequency: 138 KHz (no mechanical load)  
 Young's Modulus:  $4.4 \times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup>  
 Recommended Preload: <100 N

AC or Pulsed operation causes the device the generate heat (see Figure 1)

**Figure 1 – Sine wave Frequency vs. Generated Heat**

## II. MEAN TIME FAILURE

Under the most severe operating conditions (150VDC, 40°C, 90% Relative Humidity) the mean time failure is 500 hours. When the piezoelectric is operated at the recommended operating conditions (100 VDC, 25°C, 60% RH) the mean time failure is increased to 24,500 hours.

The following formulas predict the mean time to failure in hours for specific operating parameters that are below the maximum allowed.

$$\text{Mean Time To Failure} = 500 \times (150/V)^{3.2} \times (90/RH)^{4.9} \times 1.5^{(40-T)/10}$$

V: drive voltage (VDC)      HR: relative humidity (for 60% HR=60)  
T: Ambient Temperature

## III. CAUTIONS

Connect red wires to (+) drive voltage, do not reverse bias.

Do not exceed 150 volts, it will decrease the life expectancy of the device and in extreme cases mechanical failure will result.

Use room temperature epoxy adhesive for mechanical assembly of device.

Do not store devices about 100°C.

Do not immerse in liquid.

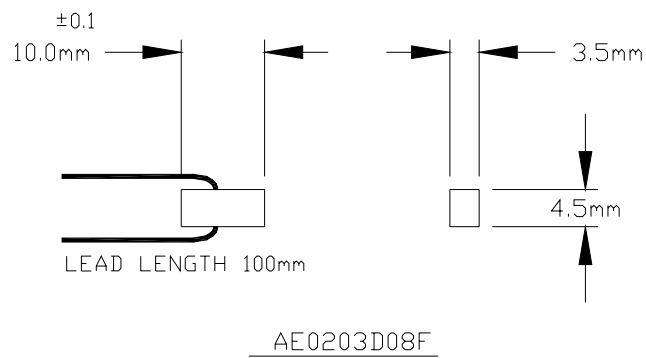
Do not use the device around combustible gases or liquids.

Store devices in a dry place (less than 40% RH).

Do not clean with organic solvents.

## IV. ROHS Compliance Statement:

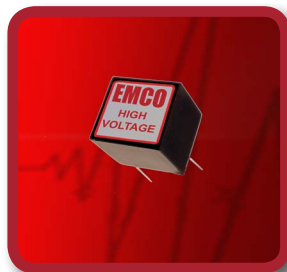
The AE0203D08F Piezoelectric stack is considered “exempt” from ROHS compliance as of 7/1/06. While all connections to the stack are made with lead-free materials, the stack itself contains lead.



**“Innovation,  
not imitation”**

# Q SERIES

0 to 100VDC through 0 to 10,000VDC (+/-) @ 0.5 Watt and 1.25 Watts



## PRODUCT DESCRIPTION

The Q Series is a broad line of ultra-miniature, high reliability DC to HV DC converters supplying up to 5,000 volts in only 0.125 cubic inches and up to 10,000 volts in only 0.614 cubic inches. These component-sized converters are ideal for applications requiring minimal size and weight. The output is directly proportional to the input voltage and is linear from <math><0.7V</math> input to maximum input voltage, allowing for an adjustable output voltage.

## OPTIONS

- 0.5 Watt and 1.25 Watt versions available (1.25W up to 5KV)
- Center Tap Option available (up to Q09 / QH09)
- External copper shield (consult factory)
- Control Pin Option available (up to Q50 / QH50) (C suffix)
- Extended Operating Temperature (T suffix)
- RoHS Version Available (R suffix)
- Ordering Information (see Page 13)
- Low Outgassing Epoxy (NASA approved per ASTM E-595-93) (consult factory)
- Alternate Input / Output Voltages (consult factory)
- Alternate Pin Pattern, see VA units (Page 10)
- Reduced Input Power (consult factory)

## APPLICATIONS

- Avalanche Photodiodes
- Photomultiplier Tubes
- Light Sources
- Piezo Devices
- Sustaining Ion Pumps
- Electrophoresis
- Printers
- Igniters
- Capacitor Charging

## FEATURES

- Ultra-Miniature Case Size
- Proven Reliability
- No External Components Required
- Low Ripple and EMI/RFI
- Proportional Input/Output
- Input/Output Isolation
- Low Leakage Current <math><250nA</math>
- Low input/output coupling capacitance, <math><50 pF</math> typical
- Designed to meet UL 94 V0
- MTBF: >3 million hrs. per Bellcore TR 332
- Short circuit protection, 1 minute minimum
- Control Pin can be used for ON/OFF control

## PRODUCT OVERVIEW

OUTPUT VOLTAGE*2	Q MODELS 0.50 Watt	QH MODELS 1.25 Watt
100 VDC	Q01	QH01
150 VDC	Q015	QH015
200 VDC	Q02	QH02
250 VDC	Q025	QH025
300 VDC	Q03	QH03
350 VDC	Q035	QH035
400 VDC	Q04	QH04
450 VDC	Q045	QH045
500 VDC	Q05	QH05
600 VDC	Q06	QH06
700 VDC	Q07	QH07
800 VDC	Q08	QH08
900 VDC	Q09	QH09
1,000 VDC	Q10	QH10
1,200 VDC	Q12	QH12
1,500 VDC	Q15	QH15
2,000 VDC	Q20	QH20
2,500 VDC	Q25	QH25
3,000 VDC	Q30	QH30
3,500 VDC	Q35	QH35
4,000 VDC	Q40	QH40
4,500 VDC	Q45	QH45
5,000 VDC	Q50	QH50
6,000 VDC	Q60	
8,000 VDC	Q80	
10,000 VDC	Q101	

Complete List of Models on pages 2-5



European Stocking Distributor:  
 Condatas AG  
 phone: +41 44 730 33 53  
 e-mail: sales@condatas.com  
 www.condatas.com

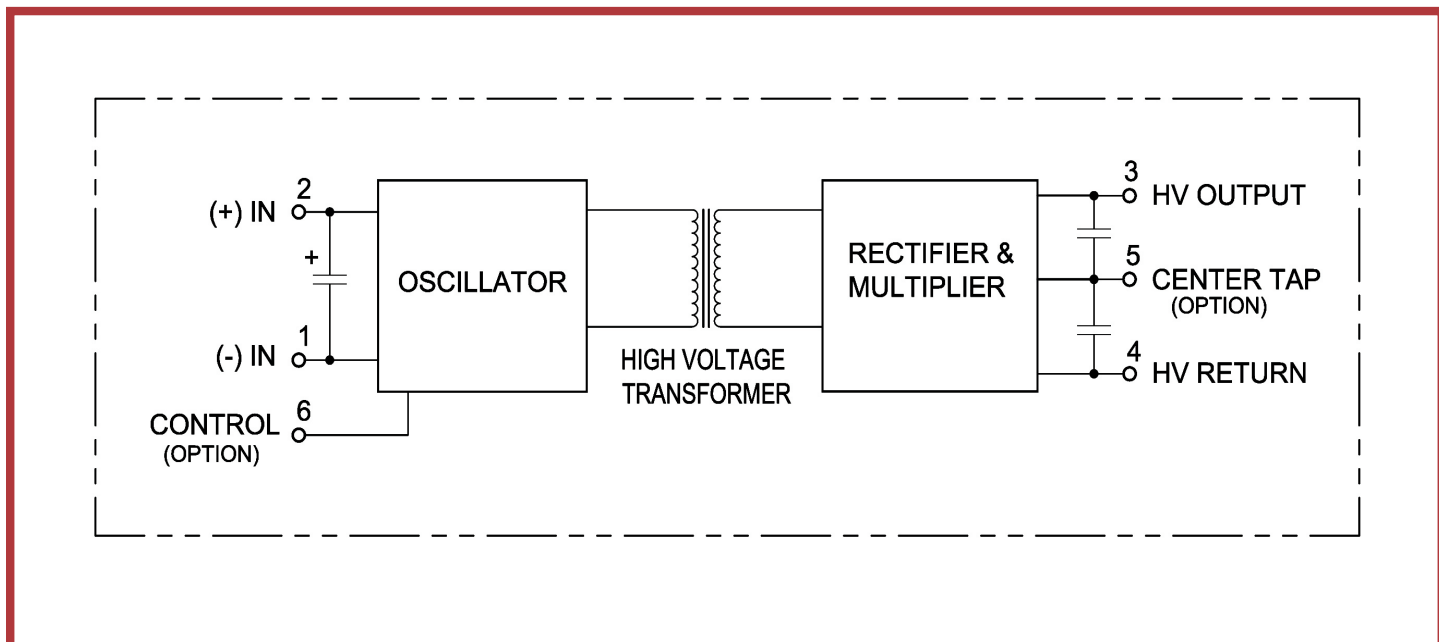
ELECTRICAL SPECIFICATIONS<sup>3</sup> (100V - 900V)

	Q MODELS - 0.50 Watt			QH MODELS - 1.25 Watt		
OUTPUT VOLTAGE*2	MODEL	MAXIMUM OUTPUT CURRENT*1	RIPPLE P-P	MODEL	MAXIMUM OUTPUT CURRENT*1	RIPPLE P-P
<b>REVERSIBLE</b>						
0 to 100VDC	Q01	5.000 mA	<1.000 %	QH01	12.500 mA	<2.500 %
0 to 150VDC	Q015	3.333 mA	<0.500 %	QH015	8.333 mA	<1.125 %
0 to 200VDC	Q02	2.500 mA	<0.250 %	QH02	6.250 mA	<1.125 %
0 to 250VDC	Q025	2.000 mA	<0.250 %	QH025	5.000 mA	<1.125 %
0 to 300VDC	Q03	1.667 mA	<0.250 %	QH03	4.167 mA	<1.125 %
0 to 350VDC	Q035	1.429 mA	<0.250 %	QH035	3.571 mA	<1.125 %
0 to 400VDC	Q04	1.250 mA	<0.100 %	QH04	3.125 mA	<0.500 %
0 to 450VDC	Q045	1.111 mA	<0.150 %	QH045	2.778 mA	<0.625 %
0 to 500VDC	Q05	1.000 mA	<0.150 %	QH05	2.500 mA	<0.625 %
0 to 600VDC	Q06	0.833 mA	<0.100 %	QH06	2.083 mA	<0.500 %
0 to 700VDC	Q07	0.714 mA	<0.250 %	QH07	1.786 mA	<0.625 %
0 to 800VDC	Q08	0.625 mA	<0.300 %	QH08	1.563 mA	<1.0 %
0 to 900VDC	Q09	0.556 mA	<0.250 %	QH09	1.389 mA	<1.0 %
<b>CENTER TAP</b>						
0 to +/- 50 VDC	Q01CT	5.000 mA	<1.000 %	QH01CT	12.500 mA	<2.500 %
0 to +/- 75 VDC	Q015CT	3.333 mA	<0.500 %	QH015CT	8.333 mA	<1.125 %
0 to +/-100 VDC	Q02CT	2.500 mA	<0.250 %	QH02CT	6.250 mA	<1.125 %
0 to +/-125 VDC	Q025CT	2.000 mA	<0.250 %	QH025CT	5.000 mA	<1.125 %
0 to +/-150 VDC	Q03CT	1.667 mA	<0.250 %	QH03CT	4.167 mA	<1.125 %
0 to +/-175 VDC	Q035CT	1.429 mA	<0.250 %	QH035CT	3.571 mA	<1.125 %
0 to +/-200 VDC	Q04CT	1.250 mA	<0.100 %	QH04CT	3.125 mA	<0.500 %
0 to +/-225 VDC	Q045CT	1.111 mA	<0.150 %	QH045CT	2.778 mA	<0.625 %
0 to +/-250 VDC	Q05CT	1.000 mA	<0.150 %	QH05CT	2.500 mA	<0.625 %
0 to +/-300 VDC	Q06CT	0.833 mA	<0.100 %	QH06CT	2.083 mA	<0.500 %
0 to +/-350 VDC	Q07CT	0.714 mA	<0.250 %	QH07CT	1.786 mA	<0.625 %
0 to +/-400 VDC	Q08CT	0.625 mA	<0.300 %	QH08CT	1.563 mA	<1.0 %
0 to +/-450 VDC	Q09CT	0.556 mA	<0.250 %	QH09CT	1.389 mA	<1.0 %



European Stocking Distributor:  
 Condatas AG  
 phone: +41 44 730 33 53  
 e-mail: sales@condatas.com  
 www.condatas.com

## BLOCK DIAGRAM



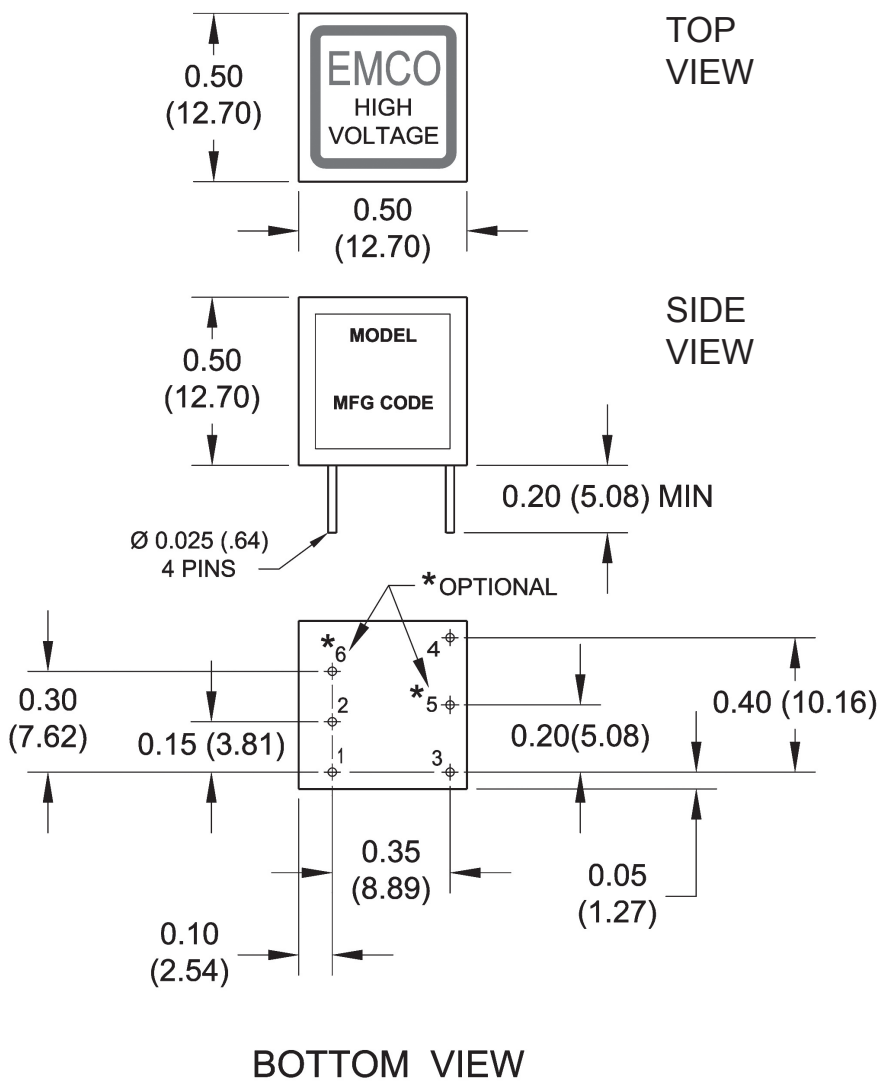
## DETAILED PRODUCT DESCRIPTION

The Q Series is a broad line of ultra-miniature, high reliability DC to HV DC converters supplying up to 5,000 volts in only 0.125 cubic inches and up to 10,000 volts in only 0.614 cubic inches. These component-sized converters are ideal for applications requiring minimal size and weight. The output is directly proportional to the input voltage and is linear from  $<0.7V$  input to maximum input voltage, allowing for an adjustable output voltage. Output is load dependent. A control pin option allows full control of the output via a high impedance input, ideal for error-amplifier control in closed-loop systems. Isolation is  $\pm 500V$  bias on output return and output power is either 0.5 watt or 1.25 watts. No external components or minimum load are required. The output ripple is extremely low for this package size, as low as .1%. Light weight and wide temperature range make these units ideal for portable, battery-powered equipment. Many models feature a center-tap option, which creates both a positive and a negative output from miniature, one low cost unit. An alternate pin pattern is available for users wishing to upgrade without modifying their board design. Output is load dependent.

Application notes are available on this series, and technical assistance is readily available.

Small quantities available from stock from our factory or our stocking distributor in Switzerland, Condatas AG. If stock should be depleted standard lead time is one to two weeks. For large quantity requests please consult our factory or our stocking distributor in Switzerland, Condatas AG.

MECHANICAL SPECIFICATIONS (100V - 2,000V)



Dimensions are in inches (Metric Equivalents Parenthesis)  
 Dimensional Tolerances: .xx +/- .03 (.76mm)  
 .xxx +/- .005 (.13mm)

PARAMETER	VALUE
WEIGHT	0.15 OUNCES APPROX. (4.25 GRAMS)
VOLUME	0.125 CUBIC INCHES (2.05CM <sup>3</sup> )
DIMENSIONS	0.5L (12.7) X 0.5W (12.7) 0.5H (12.7)

PIN #	FUNCTION
1	INPUT (-)
2	INPUT (+)
3	HV OUTPUT
4	HV RETURN
5*	CENTER TAP
6*	CONTROL PIN

\*OPTIONAL



European Stocking Distributor:  
 Condatas AG  
 phone: +41 44 730 33 53  
 e-mail: sales@condatas.com  
 www.condatas.com