

## UM EQUIPAMENTO DE IMAGENS ULTRA-SÔNICAS EM TEMPO-REAL BASEADO EM COMPUTADOR PESSOAL

F. R. Pereira<sup>1</sup> e J. C. Machado<sup>2</sup>

**RESUMO** -- A utilização de computadores na geração e visualização de imagens ultra-sônicas começou por volta de três décadas atrás (Goodman, J. W., 1969). Desde então, pouco tem sido feito no sentido de se utilizar um computador pessoal para tal finalidade. Esse trabalho explora a possibilidade de se adaptar um computador pessoal para a geração de imagens ultra-sônicas. Os dados referentes à imagem são armazenados em bancos de memória auxiliares. Vários métodos de transmissão dos dados adquiridos para a memória de vídeo do computador foram estudados. O método escolhido permite uma taxa de animação de 20 quadros por segundo. A resolução das imagens geradas é de 200x200 "pixels", sendo que cada "pixel" pode assumir 64 níveis de cinza. A resolução é considerada boa em vista do custo e simplicidade do sistema e é equivalente à de sistemas comerciais portáteis. Além do "software" que controla a transmissão de dados para a memória de vídeo, vários outros programas foram desenvolvidos. Esses programas permitem a edição de textos ao lado da imagem observada, bem como o armazenamento e a recuperação da imagem para posterior processamento. Também foi desenvolvido todo o circuito analógico para a geração e condicionamento do sinal ultra-sônico.

**Palavras-Chave:** Ultra-som, imagem em tempo-real, imagem ultra-sônica.

### INTRODUÇÃO

Desde o início do uso de recursos computacionais na geração e visualização de imagens ultra-sônicas os equipamentos comerciais eram desenvolvidos em computadores dedicados, construídos especificamente para tal finalidade. Esses equipamentos são baseados em "hardware" e "software" especializados, mas os preços decrescentes e o aumento da capacidade de processamento de computadores pessoais permitem que os mesmos sejam usados como equipamentos de ultra-sonografia com recursos semelhantes aos de algumas unidades comerciais portáteis.

O principal objetivo deste trabalho consiste na apresentação de procedimentos realizados pelo Laboratório de Ultra-Som (LUS) do Programa de Engenharia Biomédica da COPPE/UFRJ para adaptar um computador do tipo 386 para ser usado como um equipamento de ultra-sonografia, com uso em obstetria, ginecologia, medicina interna, etc (Reiszel, 1993). Os dados relativos à imagem

<sup>1</sup> Engenheiro, Campus Regional da UERJ - IPRJ, Caixa Postal 97282, CEP 28614-970, Rio de Janeiro - RJ. Doutorando do Programa de Engenharia Biomédica

<sup>2</sup> Professor Adjunto do Programa de Engenharia Biomédica, COPPE/UFRJ, Caixa Postal 68510, CEP 21945-970, Rio de Janeiro - RJ.

são armazenados em bancos de memória auxiliares. Foram analisados vários métodos de transmissão dos dados para a memória de vídeo de uma interface gráfica VGA. O método escolhido é capaz de transmitir um grande bloco de dados para a memória de vídeo em tempo suficiente para garantir um efeito de animação da imagem observada. O melhor método foi conseguido com a implementação de um circuito composto de dois bancos de memória auxiliares, onde cada banco armazena, alternadamente, os sinais ultra-sônicos de um quadro. Enquanto um dos bancos adquire um bloco de dados, o outro transmite o bloco anterior para a memória de vídeo.

Uma vez selecionado o melhor método de transmissão, uma grande ênfase foi dada para os circuitos analógicos responsáveis pelo condicionamento do sinal. Nessa fase foram estudados os geradores de pulso de alta tensão, amplificadores de ganho variável, retificadores de alta frequência e amplificadores logarítmicos.

### MATERIAIS E MÉTODOS

A configuração básica de um equipamento ultra-sônico de varredura linear está apresentada na Figura 1 em forma de diagrama de blocos. O equipamento é geralmente composto pelos seguintes módulos:

- módulo 1** - monitor de vídeo;
- módulo 2** - unidade central de processamento e armazenagem de dados;
- módulo 3** - unidade de digitalização dos sinais de eco;
- módulo 4** - unidade de controle da excitação do transdutor e da recepção do sinais de eco.
- módulo 5** - transdutor de ultra-som.

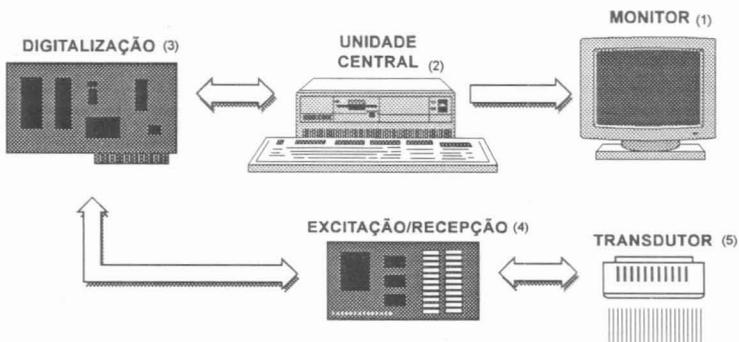


Figura 1 - Diagrama de blocos para um equipamento ultra-sônico.

Para o equipamento em fase de desenvolvimento no LUS, os módulos 1 e 2 fazem parte de um microcomputador pessoal. O módulo 3 constitui-se de uma placa de circuito eletrônico contendo um conversor análogo/digital do tipo "flash" e memórias auxiliares para armazenamento temporário dos sinais de eco. Os módulos 4 e 5, controlados pelo microcomputador, compõem a unidade responsável pela emissão da onda ultra-sônica, pela varredura do feixe ultra-sônico emitido pelo transdutor, pela captação dos sinais de eco e pelo processamento dos mesmos. Este processamento compreende a amplificação do sinal de eco por um amplificador de ganho variável com o tempo, a detecção de sua envoltória, e a compressão da envoltória através de amplificação logarítmica.

O transdutor de ultra-som, mostrado na figura 2, é constituído por uma matriz linear de até 208 elementos piezoelétricos. Os elementos são excitados (em geral de 5 a 8) por um pulso elétrico, o que faz com que eles emitam um pulso de onda ultra-sônica que se propaga na forma de um feixe. A ativação simultânea de vários elementos melhora a focalização e resolução axial.

Devido ao descasamento de impedância acústica entre as diferentes regiões dos tecidos por onde a onda se propaga, ondas de eco são geradas nas interfaces de separação entre esses tecidos, que por sua vez se propagam em sentido oposto e incidem nos elementos piezoelétricos que emitiram o pulso de onda. Com isso, nos terminais elétricos desses elementos são gerados pulsos elétricos correspondentes aos ecos. Esses sinais são, a seguir, processados conforme mencionado anteriormente, digitalizados pelo módulo 3 e armazenados na memória auxiliar. Após esta etapa, um grupo de outros elementos piezoelétricos é excitado por um novo pulso elétrico, como mostra a figura 3, e novos sinais de eco são captados e armazenados na memória auxiliar. Esse processo se repete até a excitação do último grupo de elementos piezoelétricos.

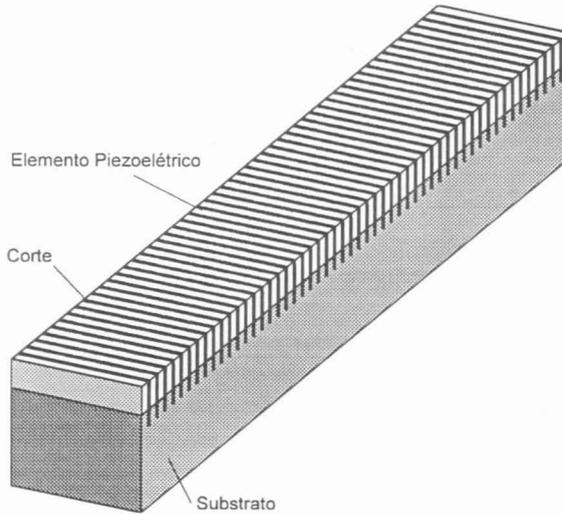


Figura 2 - Detalhe do transdutor formado por vários elementos piezoelétricos.

Cada grupo de transdutores ativados gera um conjunto de dados que compõem uma linha entre as 200 necessárias para compor a imagem. Para uma profundidade de penetração de 15 cm, os dados são amostrados a uma taxa de 1MHz (o "hardware" permite variar a taxa de amostragem e conseqüentemente a profundidade examinada).

Concluída essa fase de varredura, com os sinais de eco processados e armazenados na memória auxiliar, forma-se um quadro da imagem que é exibido no monitor de vídeo. Enquanto esse quadro de imagem permanece em exibição, uma nova varredura se processa para a formação de um novo quadro da imagem. No caso atual, os quadros de imagem são exibidos a uma taxa de 20 quadros por segundo, o que proporciona uma condição de animação suficiente. A obtenção de uma imagem ultra-sônica bi-dimensional se faz de acordo com o esquema da Figura 4.

Os 200 geradores de pulso foram implementados com MOSFETS de alta tensão, como descrito por Mattila, P. e Luukkala, M., (1981). Esses geradores de pulso possibilitam a obtenção de tempos de subida bastante rápidos, o que contribui para a redução da zona turbulenta inicial do pulso gerado. A alta tensão para alimentar os geradores de pulso foi produzida por um conversor DC-DC com chaveamento sincronizado com o início e término da aquisição de cada linha. Esse sincronismo é necessário para não induzir ruído nos fracos sinais ultra-sônicos recebidos.

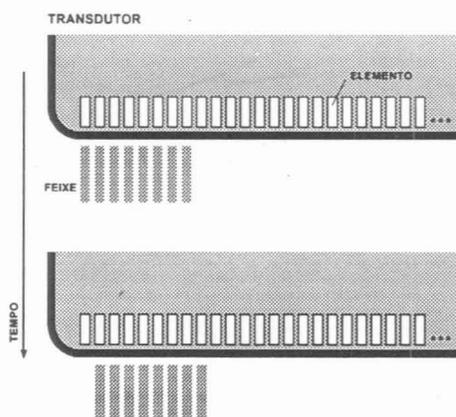


Figura 3 - Excitação dos elementos piezoelétricos.

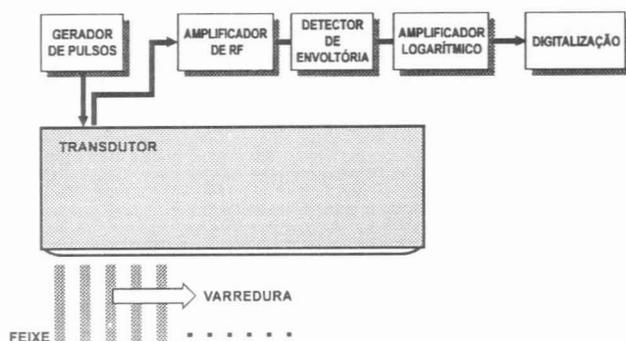


Figura 4 - Representação esquemática da varredura do feixe para a obtenção de uma imagem ultra-sônica.

A saída dos 200 multiplexadores analógicos é somada por um amplificador de baixo ruído. O sinal resultante é aplicado a um amplificador de ganho variável cujo ganho é programado para ser igual ao inverso da atenuação em tecidos biológicos. O sinal é então demodulado por um retificador de alta frequência composto por diodos especiais. Devido à não-linearidade dos diodos, os sinais mais fracos (-80 dB em relação ao pulso emitido) são comprimidos em faixa dinâmica, o que, segundo alguns autores (Wells, 1977), elimina ruídos espúrios de baixa energia. Após a retificação o sinal é comprimido para uma faixa dinâmica mais adequada ao olho humano (30dB - 40dB) e amostrado por um conversor A/D de 6 bits, o que dá origem aos 64 níveis de cinza expostos na tela. Cada amostra é armazenada em 1 "byte" de memória, sem compressão, desperdiçando-se dois "bits". Neste tipo de equipamento rapidez é mais importante que uso eficiente da memória.

Os "bytes" resultantes do conversor A/D são armazenados em um bloco de memória de 40 "kbytes". Ao término da aquisição de um quadro de imagem a lógica seqüencial do sistema direciona os dados provenientes do conversor A/D para um segundo bloco de memória, enquanto o primeiro bloco é transferido para a memória de vídeo para ser visualizado.

Como uma primeira aproximação, os dados poderiam ser transferidos do bloco de memória para a memória de vídeo por meio de um endereçamento linear, de modo que cada linha da imagem fosse posicionada na tela na posição horizontal. Porém é quase um padrão entre os equipamentos comerciais a exibição das linhas na posição vertical. Girar o monitor de vídeo de 90° não seria uma solução elegante, portanto foi desenvolvido um sistema de endereçamento especial para prover a rotação de 90° por meio de "hardware".

Foram considerados alguns métodos de transmissão dos dados para a memória de vídeo. Entre eles, um que pareceu bastante atrativo foi a transmissão via DMA, mas uma característica da arquitetura dos PC's não permite a transferência via DMA por bloco e sim somente por "bytes" intercalados por um ciclo de instrução do microprocessador. Este fato reduziu a taxa de animação para cerca de 12 quadros por segundo, o que é considerado suficiente por alguns autores (Pearson, 1975) mas faz com que a tremulação e descontinuidade na imagem fiquem bastante perceptíveis.

A transmissão dos dados controlada pelo microprocessador 80386 revelou-se a mais adequada para atingir a taxa de transmissão adequada. Um programa feito em Assembly foi capaz de controlar o fluxo de dados e chaveamento dos bancos de memória em tempo suficiente para garantir uma taxa de 20 quadros por segundo.

Uma vez gerada a imagem, a mesma pode ser armazenada em um arquivo para posterior processamento. Além do "software" que controla a aquisição e transmissão de dados outros programas foram desenvolvidos para o armazenamento da imagem, edição de textos, processamento dos dados, etc.

## RESULTADOS

Embora o sistema tenha sido desenvolvido para operar com um transdutor linear de 200 elementos, os únicos transdutores disponíveis no LUS-PEB para os testes possuíam 1 ou 16 elementos, os testes foram executados utilizando-se estes transdutores. No caso do transdutor de 1 elemento, as 200 linhas da imagem são repetidas lado a lado. No de 16 elementos só é apresentada uma faixa com 16 linhas no lado esquerdo da tela.

Os testes de linearidade, resolução e zona morta foram feitos com um "phantom" submerso em água. O "phantom" utilizado é um arranjo de fios metálicos paralelos padronizado pela AIUM (1974), destinado a caracterizar o desempenho de equipamentos de ultra-sonografia. As figuras 5 e 6 mostram testes de resolução para o transdutor de um elemento e para um de 16 elementos.

Na figura 5, a "zona morta" do transdutor aparece como uma faixa horizontal na parte superior da figura. Logo abaixo aparecem as 7 faixas correspondentes aos 7 fios do "phantom" com espaçamento decrescente. Os dois últimos fios não são distinguíveis. Ainda mais abaixo aparecem respectivamente a faixa branca correspondente ao fundo do "phantom" e as faixas mais tênues, correspondentes às reflexões secundárias.

Na figura 6 obteve-se uma imagem da seção transversal dos 7 fios do "phantom" espaçados de igual distância. Observa-se que só o primeiro, no canto superior esquerdo, teve sua forma circular bem reproduzida, os demais apresentaram-se distorcidos devido à problemas de focalização do feixe ultra-sônico. As faixas diagonais na parte inferior são causadas por ruído da fonte chaveada do microcomputador, que se torna aparente a medida que o ganho do amplificador de entrada aumenta.

## DISCUSSÃO

O objetivo deste trabalho foi o de demonstrar a possibilidade de geração de imagens ultra-sônicas em um computador pessoal de baixo custo. Os resultados obtidos, ainda que com transdutores com número reduzido de elementos, podem ser considerados bons em vista do custo e simplicidade do sistema.

No presente momento o projeto está sendo todo refeito. Os esforços estão direcionados para concentrar todo o circuito analógico em um único manipulador, por meio de tecnologia de filmes finos em substratos cerâmicos e componentes tipo SMD. Toda a lógica digital de controle será implementada por meio de dispositivos lógicos programáveis (PLD's).

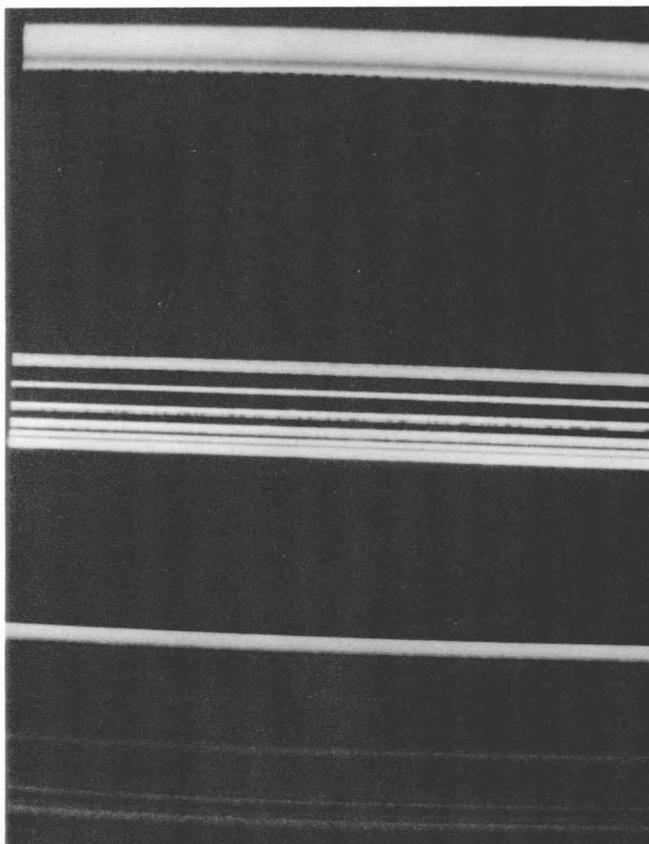


Figura 5. Teste de resolução para transdutor de um elemento.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio concedido pelo PADCT/SINST-FINEP e a colaboração de Carlos A.C. Pires, que mostrou como avaliar a temporização do acesso à memória de vídeo, e de Gustavo S. Chelles, pelos desenhos ilustrativos.

#### REFERÊNCIAS

- AIUM, (1974), *Standard 100mm Test Object Including Standard Procedure for its Use*, AIUM Executive Secretary, P.O. Box 26091, Oklahoma City, Okla, 73190, U.S.A.
- GOODMAN, J. W. (1969), "Digital Image Formation from Detected Holographic Data", *Acoustical Holography*, Volume 1, páginas 173 -185.



Figura 6. Teste de resolução para transdutor de 16 elementos.

MATTILA, P., LUUKKALA, M. (1981), "FET Pulse Generator for Ultrasonic Pulse Echo Applications", *Ultrasonics*, September 1981, páginas 235 - 236.

PEARSON, D. E. (1975); *Transmission and Display of Pictorial Information*, Pentech, London .

REISZEL, F.P. (1993), "Protótipo de equipamento ultra-sônico de imagem em tempo real baseado em microcomputador pessoal", *Tese de Mestrado*, COPPE/UFRJ, Programa de Engenharia Biomédica, Rio de Janeiro.

WELLS, P. N. T. (1977); *Biomedical Ultrasonics*, Academic Press, páginas 128, 230, 341, London.

**A REAL-TIME ULTRASONIC IMAGE EQUIPMENT BASED ON PERSONAL COMPUTER**F. R. Pereira <sup>1</sup> and J. C. Machado <sup>2</sup>

**ABSTRACT** -- The utilization of computers in the generation and visualization of ultrasonic images began three decades ago (Goodman, J. W., 1969). Since then, little has been done to use a small personal computer for such purpose. This study adapted a personal computer for generation of ultrasonic images. The image data are stored in memory banks. Several methods have been analyzed for the transmission of acquired data to the video memory. The chosen method allowed an animation rate of 20 pictures per second. The resolution of the generated images is 200x200 pixels, each pixel having 64 shades of grey. The resolution is considered good in view of the cost and simplicity of the system. Besides the software that controls the transmission of data to the video memory, several other programs were developed. These programs allowed text edition alongside the image, as well saving and reading the image for further processing. All the analog circuitry needed for signal conditioning is also described.

Key-Words: Ultrasound, real-time imaging, ultrasonic image.

---

<sup>1</sup> Campus Regional da UERJ - IPRJ, P. O. Box 97282, 28614-097 Nova Friburgo RJ, BRAZIL

<sup>2</sup> Biomedical Engineering Program - COPPE/UFRJ, P. O. Box 68510, 21945-970 Rio de Janeiro RJ, BRAZIL