

Aquisição de Dados com a Placa de Som do Computador

Data acquisition with a PC sound card

Erivaldo Montarroyos e Wictor C. Magno

*Departamento de Física, Universidade Federal de Pernambuco,
50670-901, Recife, PE, Brasil*

Recebido em 9 de agosto, 2000. Aceito em 25 de outubro, 2000

Apresentamos um sistema de geração e aquisição de sinais eletrônicos que simula um gerador de funções e um osciloscópio, utilizando a placa de som de um microcomputador e alguns componentes eletrônicos simples. Realizamos alguns testes desse sistema de baixo custo com um circuito simples *RC* serial, fazendo uma comparação entre o sinal observado em um osciloscópio comercial e a forma de onda detectada pela placa de som. Outras aplicações podem ser imaginadas em aulas de física experimental sem a necessidade de utilização de diferentes equipamentos para gerar e detectar sinais eletrônicos.

We present a system for generation and acquisition of electronic signals, which simulates a function generator and an oscilloscope, using the sound card of a Personal Computer (PC) and some simple electronic components. We accomplished some tests of this low cost system with a simple *RC* serial circuit, making a comparison between the signal observed in a commercial oscilloscope and the waveform detected by the sound card. Other applications can be imagined for classes of experimental physics, without the need of use different equipments, to generate and to detect electronic signals.

I Introdução

O osciloscópio é um instrumento de medida imprescindível nos laboratórios de física, pois permite a realização de medidas de tensões, de intervalos de tempo e frequência e observação da forma de onda de sinais eletrônicos. O desempenho de um osciloscópio ao mostrar uma forma de onda ou ao efetuar uma medida depende de um grande número de parâmetros: taxa de varredura, largura de banda, velocidade de aquisição e processamento do sinal lido, memória disponível e disponibilidade de funções de análise do sinal, dentre outros. Quando as medidas envolvem sinais repetitivos e requerem alguma resolução de tempos transientes, é necessária a utilização de técnicas de amostragem, somente disponível em alguns osciloscópios apropriados. Os osciloscópios digitais apresentam recursos especiais que os tornam altamente atrativos para muitas aplicações, por apresentarem interfaces com microcomputadores através de placas de controle do tipo GPIB e outras, tornando possível a automação da coleta dos resultados experimentais. Outro equipamento de grande importância nos laboratórios experimentais é o gerador de funções, capaz de gerar diferentes formas de onda, com amplitudes e frequências ajustáveis. En-

tretanto, o preço desses equipamentos pode tornar-se um obstáculo, ainda mais quando a utilização de um grande número de equipamentos é requerida, como por exemplo em aulas práticas de laboratório de física experimental, para um grande número de alunos.

Recentemente, alguns trabalhos têm sido publicados onde o microcomputador desempenha um papel fundamental na geração e aquisição de sinais eletrônicos. Usando a porta paralela da impressora do computador, Sousa *et al.* [1] propõe um esquema de aquisição de dados bastante útil, utilizando um conversor analógico-digital de 8-bits. Considerando-se que é bem mais fácil ter disponível um computador do que um osciloscópio e um gerador de funções, apresentamos neste trabalho um sistema de baixo custo para geração e detecção de sinais eletrônicos, utilizando basicamente um microcomputador com placa de som, capaz de realizar experimentos simples de eletrônica analógica em laboratórios de ensino de física. As seções deste artigo estão divididas da seguinte maneira: na sessão II apresentamos os requisitos de *hardware* e *software* necessários para a construção do sistema de geração e aquisição de dados de baixo custo. Na sessão III apresentamos um experimento simples de eletrônica básica com a finalidade de teste do sistema experimental, e finalmente na sessão

IV damos uma breve conclusão deste trabalho.

II Requisitos do sistema experimental

a) Software

As exigências de *software* são mínimas, sendo necessários o sistema operacional Windows, os *drivers* da placa de som instalados e configurados, um programa que simula um osciloscópio [2] (que pode ser obtido gratuitamente via *download* na Internet) e finalmente um programa que ajuste a frequência da onda gerada [3], que também pode ser obtido via Internet.

b) Hardware

Como veremos a seguir, o componente básico do nosso sistema é o microcomputador com placa de som instalada. Atualmente, devido aos baixos custos do sistema de multimídia (placa de som, CD-ROM e alto-falantes amplificadores) a maioria dos computadores já vêm com todas essas facilidades incorporadas ao próprio equipamento. Sem mudar ou alterar as características do computador, ele continuará sendo usado para outros propósitos gerais, quando o sistema experimental de aquisição de dados proposto não estiver sendo utilizado. Uma configuração mínima do *PC* é exigida, como um processador AT486 ou superior, 8 Mbytes de memória RAM, menos de 1 Mbyte de memória de disco rígido do computador (para instalação dos *softwares* exigidos). Completando a lista de materiais, alguns componentes eletrônicos básicos são exigidos: resistores, capacitores, transistores, conectores, fios e uma placa experimental de montagem (protoboard). O custo estimado da presente montagem experimental é muito baixo (inferior a R\$10,00). O preço da placa de som varia muito em função da qualidade da placa, tendo um valor típico em torno de R\$40,00. Já um bom protoboard custa em média R\$50,00.

Caso a placa de som tenha que ser instalada no microcomputador, ela deve estar corretamente encaixada em um dos *slots* da placa mãe do *PC*, além de ser devidamente configurada com os *drivers* de controle que acompanham o *hardware*. Na parte externa da placa de som, visível na traseira do gabinete do computador, basicamente estão presentes quatro conectores, todos do tipo comercial P2 estéreo (fêmea). Dois desses conectores representam as linhas de entrada de áudio para gravação, um para sinais do microfone (*mic*) e outra (*line - in*) para os demais sinais de áudio vindos, por exemplo, de TV, VCR, *CD-Player* etc, com amplitudes menores do que 1 Volt de pico [4]. Os outros dois conectores restantes são saídas da placa de som, um deles para os alto-falantes das caixas de som e o outro (*line - out*) para amplificadores de áudio. Na maioria

dos computadores atuais, o áudio vem com as duas entradas (*mic* e *line - in*) e apenas com uma saída de som (*line - out*), necessitando de caixas amplificadoras.

Em nosso sistema experimental de aquisição de dados, utilizamos unicamente o canal *line - in* da placa de som para fazer a coleta dos sinais eletrônicos. A saída do sinal de áudio que utilizamos é aquela que vem diretamente da placa mãe do *PC* (denominamos esta saída simplesmente de *S - PC*) e não a saída *line - out* da placa de som. Através de um programa simples (“Varifreq.exe”) podemos gerar um sinal de áudio contínuo na *S - PC*, com frequências precisas acima de 18 Hz e bastante estáveis.

O circuito mostrado na Fig. 1a foi usado para desacoplar a impedância da *S - PC* do circuito experimental a ser estudado (os circuitos das Figs. 1b e 1c neste trabalho). Outra finalidade do circuito da Fig. 1a é garantir que na saída (*B*) do circuito tenhamos uma onda quadrada de amplitude constante. No ponto de entrada (*A*) conectamos o sinal da *S - PC*, enquanto no ponto de saída (*B*) conectamos o circuito experimental a ser estudado. Nesse trabalho, analisamos o circuito *RC* serial, onde $R = 200 \Omega$ e $C = 2.2 \mu F$. No esquema da Fig. 1a, o transistor Q_1 utilizado por nós foi o *BC546*. Os dois transistores de saída Q_2 e Q_3 (*BC328* e *BC337*, respectivamente) podem fornecer correntes de até 500 mA no ponto (*B*) do circuito, o que deve ser suficiente para a maioria das aplicações imaginadas.

Em virtude de possíveis diferenças de configuração na saída de áudio *S - PC*, o esquema apresentado na Fig. 1a pode não funcionar em todas as máquinas utilizadas. Propomos então um esquema alternativo para utilização do sinal de áudio. É importante fazermos antes um pequeno teste na saída de áudio da *S - PC*, para verificarmos a forma de onda do sinal disponível, e se o programa “Varifreq” funciona corretamente. Sugerimos, inicialmente, que seja executado o programa “Varifreq” e observado o sinal no alto-falante do computador. De qualquer forma, será necessário abrir o computador para ter acesso à saída de áudio da placa mãe, como também conectar uma saída de tensão da fonte (+5 Volts - fio vermelho, e terra - fio preto) interna do computador, para alimentação do circuito teste. É importante não esquecer de colocar um fusível (1 Ampere) como segurança, entre o sinal de V_{cc} e o circuito, como mostrado na parte superior da Fig. 1a. O alto-falante está ligado à placa mãe por dois fios, um vermelho e outro preto. Desconecte os dois fios do alto-falante e use apenas o fio vermelho para saída de áudio, juntamente com o terra da fonte. Sugerimos ainda que seja montado o circuito da Fig. 2a (parte de entrada idêntica à Fig. 1a), e então seguidos os procedimentos: (1) coloque em funcionamento o programa “Varifreq” para produzir um sinal na *S - PC*; (2) execute também o programa “Winscope” e ligue um fio desde a entrada *line - in* (conector do tipo P2 - macho) da placa de

som até o circuito teste, como mostra a inserção em detalhe no canto superior direito da Fig. 2; (3) observe se uma forma de onda quadrada é mostrada na tela do PC através do programa “Winscope”; (4) em caso contrário, use a parte de entrada mostrada na Fig.2b. Um dos dois esquemas apresentados será utilizado na parte de entrada do circuito mostrado na Fig. 1a.

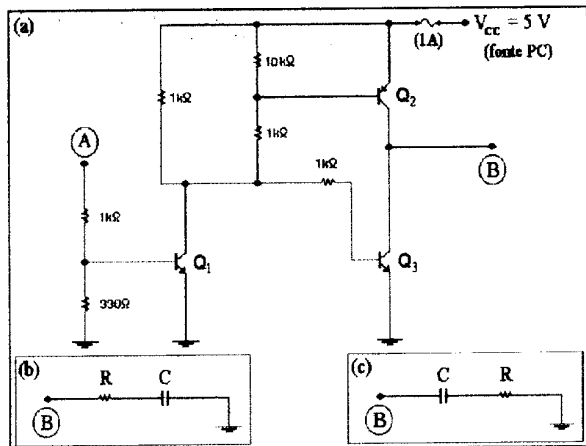


Figura 1. (a) Circuito para geração da forma de onda quadrada. O ponto (A) representa o sinal de entrada, vindo da placa mãe do computador (*speaker*), enquanto (B) indica a saída do circuito de geração, ao qual se deve conectar o circuito a ser estudado. Em (b) temos um circuito RC serial integrador. Em (c) vemos um circuito RC derivador.

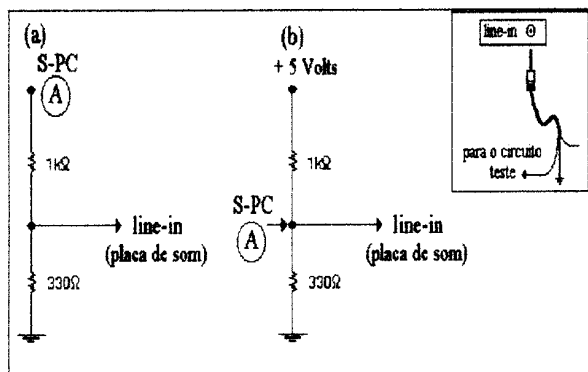


Figura 2. Formas alternativas do circuito de entrada para geração da forma de onda quadrada. Em (a), o ponto (A) representa o sinal da S-PC, enquanto em (b) além do sinal da S-PC precisamos de uma fonte de tensão de +5 V. Na inserção em detalhe mostramos a utilização de um conector estéreo (macho) conectado na entrada *line-in* da placa de som até o circuito teste.

Nosso esquema experimental permite gerar uma forma de onda quadrada, com amplitude constante de + 5 V e frequência ajustável. Neste trabalho usamos uma frequência $f = 300$ Hz. Pode-se pensar em gerar outras formas de onda usando nosso sistema experimental, como por exemplo através de um conversor de onda quadrada para triangular, com um amplificador operacional (3080), alguns resistores e capacitores [5].

Em um gerador de funções comercial, normalmente são fornecidas três formas de onda: a quadrada, a triangular e a senoidal. Um gerador de onda quadrada é um dispositivo eletrônico que mantém durante meio período uma tensão constante V_o , e na outra metade de período fornece uma tensão nula. É útil lembrar que uma forma de onda quadrada, de frequência angular ω , pode ser expressa por sua expansão em série de Fourier, dada em termos de funções ímpares senoidais no tempo:

$$f(t) = \frac{V_o}{2} + \frac{2V_o}{\pi} \left[\text{sen}(\omega t) + \frac{1}{3}\text{sen}(3\omega t) + \dots \right] \quad (1)$$

III Testando o sistema experimental

Com a finalidade de testarmos nosso sistema experimental, realizamos algumas medidas envolvendo um circuito básico RC serial. Investigamos a forma de onda observada nos circuitos tipo passa-baixa e passa-alta, nas configurações de integrador e diferenciador, respectivamente.

Circuito RC serial

Um circuito RC em série (Fig. 1b e Fig. 1c) apresenta uma constante de tempo característica $\tau = RC$ [6]. A tensão de saída nos terminais do capacitor é proporcional à tensão de pico V_o de entrada, e pode ser escrita como:

$$V_{out}(t) = \frac{1}{C} \int I(t)dt = V_o(1 - e^{-t/\tau}) \quad (2)$$

Para o instante de tempo $t = \tau$, aproximadamente 63% da tensão máxima aplicada V_o está armazenada no capacitor. A forma de onda observada na saída do circuito é essencialmente a integral do sinal de entrada, representando fisicamente os processos de carga e descarga do capacitor. Por essa razão, esse circuito (Fig. 1b) recebe o nome de integrador. Na Fig. 3 mostramos a tensão nos terminais do capacitor em função do tempo, lida com a placa de som do computador. Nessa figura, vemos os pontos experimentais gravados pelo programa “Winscope” e analisados em um programa gráfico, onde a escala vertical de tensão está em unidades arbitrárias. O valor absoluto da voltagem detectada não pode ser conhecido exatamente, pois depende da característica de ganho da placa de som. Nosso sistema de aquisição permite somente realizar medidas relativas de tensão, a menos que seja feita uma calibração prévia, com algum sinal de referência.

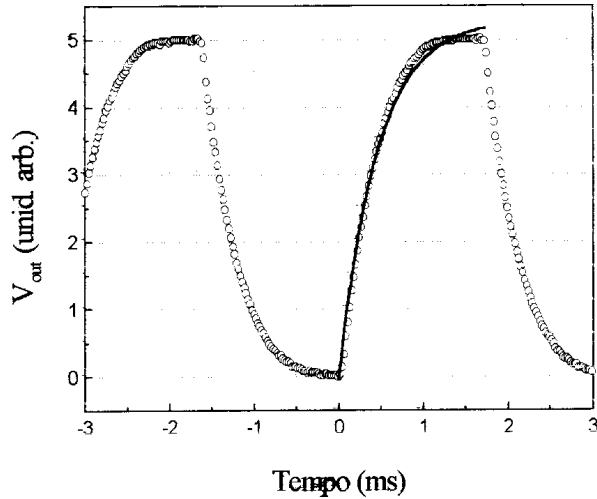


Figura 3. Tensão de saída nos terminais do capacitor medida com a placa de som. A curva sólida representa o ajuste da Eq. 2 aos pontos experimentais. O parâmetro do ajuste encontrado foi $\tau \approx 0.46$ ms.

Note-se que o período da forma de onda observada na Fig. 3 ($T \approx 3.3$ ms) coincide com o inverso da frequência ($f = 300$ Hz) da onda quadrada usada para alimentar a entrada do circuito a ser estudado. Isto mostra que nosso sistema de aquisição permite fazer medidas do período de formas de onda, de maneira semelhante a um osciloscópio comercial. A curva sólida mostrada na Fig. 3 representa o ajuste da Eq. 2 aos dados experimentais, sendo o parâmetro de ajuste a constante de tempo τ . O valor obtido do ajuste ($\tau = 0.46 \pm 0.01$ ms) está muito próximo do valor nominal para a constante de tempo ($\tau = RC = 0.44$ ms).

A característica essencial do circuito RC serial, como se sabe, é a filtragem das componentes de altas frequências do sinal de entrada. Quando a frequência ω da fonte de tensão iguala-se à frequência de corte do circuito ($\omega_c = \frac{1}{RC}$), a tensão na saída cai de $1/\sqrt{2}$ do máximo valor de entrada V_o . O módulo da impedância desse circuito é dado pela seguinte expressão:

$$Z_{RC} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (3)$$

Se a posição do resistor for trocada com a do capacitor (Fig. 1c), tem-se então um circuito RC derivador. Nesse caso, a forma de onda observada na saída é proporcional à derivada da tensão de entrada, representando simplesmente a queda de tensão nos terminais do resistor:

$$V_{out}(t) = RI(t) = RC \frac{dV_{in}(t)}{dt} = V_o e^{-t/\tau} \quad (4)$$

Realizamos comparações entre as formas de onda observadas entre os terminais dos componentes eletrônicos investigados, utilizando um osciloscópio digital comercial (HP54601B, 100 MHz) e o nosso sistema

de aquisição. Na Fig. 4 apresentamos os sinais observados no osciloscópio comercial, enquanto na Fig. 5 vemos as formas de onda lidas pela placa de som. Mostramos nas Figs. (4a) e (5a) a tensão de entrada fornecida pela $S-PC$ e pelo circuito da Fig. 1a, enquanto em (b) vemos o sinal nos terminais do capacitor, correspondendo ao circuito da Fig. 1b (integrador). Finalmente em (c) temos a tensão entre os terminais do resistor (circuito derivador Fig. 1c). As escalas verticais de tensão nos gráficos da Fig. 5 estão normalizadas em unidades arbitrárias.

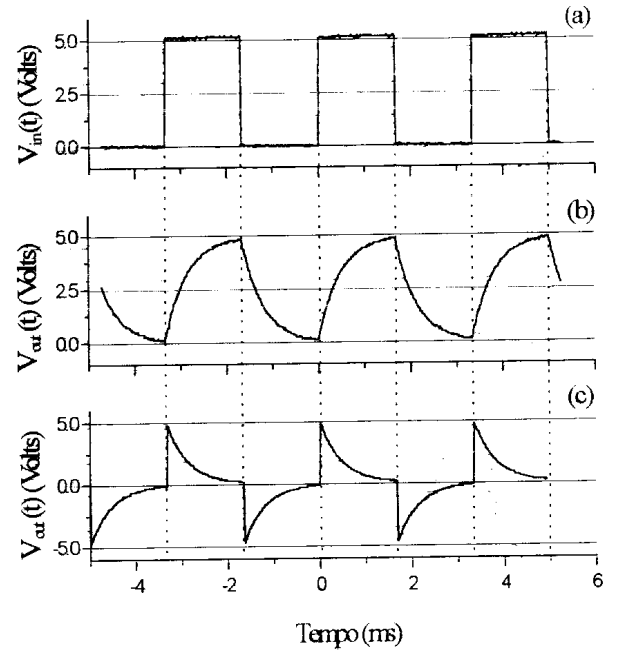


Figura 4. Formas de onda observadas no osciloscópio comercial. Em (a) vemos a tensão de entrada gerada com o sinal do *alto-falante*. Em (b), vê-se a tensão de saída nos terminais do capacitor, enquanto em (c) temos a tensão de saída no resistor.

Observando as Figs. 4 e 5, vemos que não há grandes diferenças entre as formas de onda detectadas com o osciloscópio comercial e com a placa de som. Vemos, de fato, que a tensão nos terminais do capacitor (Fig. 4b e Fig. 5b) é proporcional à integral da onda quadrada de entrada, enquanto a tensão nos terminais do resistor (Fig. 4c e Fig. 5c) é proporcional à derivada do sinal de entrada, como era esperado. Entretanto, observando a Fig. 5a mais atentamente, vemos que a tensão de entrada do circuito estudado apresenta algumas oscilações espúrias nos pontos próximos à descontinuidade da onda quadrada, indicando que a forma de onda lida pela placa de som não é exatamente uma onda quadrada. Isso pode ser visto analisando o espectro de Fourier (Fig. 6) do sinal lido pelo sistema experimental (Fig. 5a), o que pode ser feito no próprio programa "Winscope". Vemos na Fig. 6 que o harmônico fundamental do espectro corresponde aproximadamente ao valor de frequência (301 Hz) fornecida pelo programa "Varifreq" para a onda quadrada. As frequências (em

Hz) dos vários harmônicos presentes estão indicadas acima dos picos, mostrando os termos ímpares da expansão de Fourier, de acordo com a Eq. 1. No entanto, as amplitudes dos harmônicos ímpares de ordem m deveriam decrescer de acordo com $1/m$, o que não é exatamente o que acontece. Observando a Fig. 5c, vemos que a tensão de saída nos terminais do resistor também possui oscilações nas proximidades dos pontos de descontinuidade. A presença dessas oscilações espúrias no sinal lido pela placa de som é um efeito da limitação da largura de banda da placa de som (tipicamente 20 kHz). Os harmônicos de altas frequências da onda quadrada do sinal de entrada são então filtrados pela largura de banda estreita da placa de som. Outra limitação do nosso sistema de aquisição é quanto à taxa de amostragem dos sinais eletrônicos. A máxima velocidade de aquisição da nossa placa de som é de 44.1 kHz, o que limita o intervalo de frequências possíveis para utilização no sistema experimental. Esse fato restringe a possibilidade de fazer aquisição de dados em alta frequência com a placa de som, sendo que somente sinais na região audível até 10 kHz podem ser medidos de forma eficiente pelo nosso sistema de aquisição.

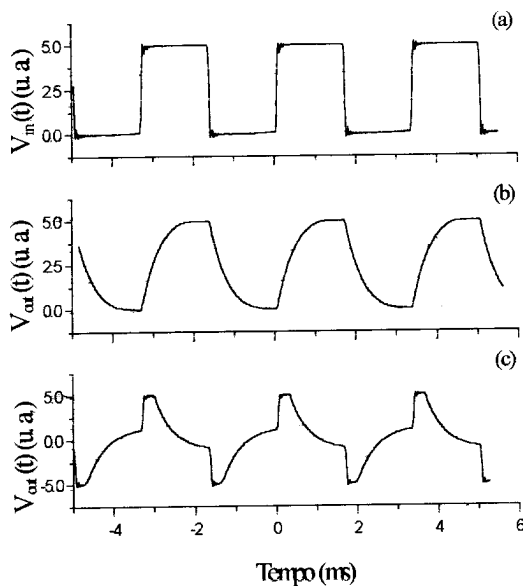


Figura 5. Formas de onda medidas no computador via placa de som. Novamente em (a) temos o sinal de entrada. Em (b), temos a tensão de saída no capacitor, e em (c), a tensão de saída no resistor.

Como perspectivas futuras deste trabalho, estamos realizando estudos de ressonâncias em um circuito oscilador do tipo RLC , utilizando nosso sistema de aquisição. Esse circuito é particularmente importante para a definição de um grande número de grandezas elétricas, apresentadas aos estudantes dos cursos de física experimental. Inúmeros outros circuitos de eletrônica podem ser estudados com nosso sistema de aquisição de baixo custo, abrindo novas possibilidades de utilização em experimentos didáticos de física elementar.

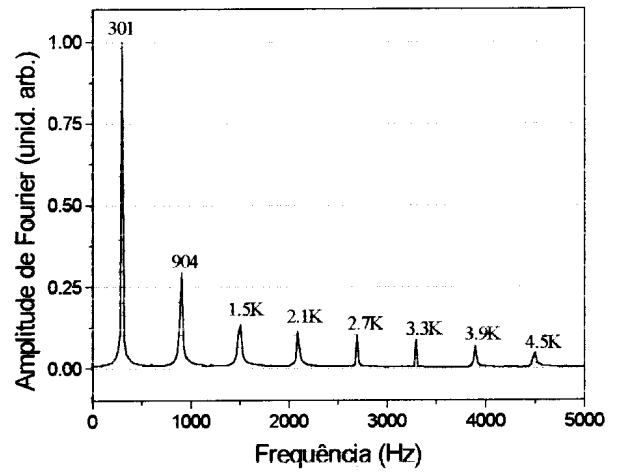


Figura 6. Amplitudes da Série de Fourier do sinal de entrada (Fig. 5a) medido com a placa de som, mostrando os vários harmônicos ímpares da expansão.

IV Conclusões

Em resumo, apresentamos um sistema experimental de baixo custo, capaz de gerar e fazer aquisição de sinais eletrônicos, utilizando um microcomputador e uma placa de som. Algumas características interessantes desse sistema experimental foram mostradas, como a possibilidade de observação em tempo real de formas de onda de sinais eletrônicos, medidas de intervalos de tempo e frequências. Realizamos alguns testes comparativos, utilizando um circuito simples de eletrônica analógica. Esse sistema de aquisição de baixo custo abre novas possibilidades de aplicações em laboratórios de ensino de física.

Agradecimento

Este trabalho teve o apoio financeiro do CNPq.

References

- [1] D.F. de Sousa, J. Sartori, M.J.V. Bell e L.A.O. Nunes, Rev. Bras. Ens. Fis. **20**, No. 4, 413 (1998).
- [2] Oscilloscope for Windows95, version 2.51. Copyright (C) Konstantin Zeldovich: zeld@polly.phys.msu.su. Programa para simular um osciloscópio digital e um analisador de espectro no ambiente Windows. Download em <http://www.df.ufpe.br/~wcm>, ou contactar por e-mail erimont@df.ufpe.br e wcm@npd.ufpe.br.
- [3] Programa executável *Varifreq* para gerar forma de onda quadrada com frequência sintonizável. Download gratuito em <http://www.df.ufpe.br/~wcm>, ou contactar por e-mail erimont@df.ufpe.br e wcm@npd.ufpe.br.

- [4] Tay Vaughan, *Multimedia: Making It Work*, McGraw-Hill, New York, Second Edition (1994); Peter M. Ridge, David M. Golden, Ivan Luk and E. Sindorf, *Sound Blaster: The Official Book*, McGraw-Hill, New York, Second Edition (1994).
- [5] David J. Malcolme-Lawes, *Microcomputers and Laboratory Instrumentation*, Plenum Press, New York, 52 - 53 (1984).
- [6] Halliday, Resnick e Walker, *Fundamentos de Física 3*, LTC, Rio de Janeiro, 4a. edição (1993).