

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E EXIBIÇÃO DE SINAIS ANALÓGICOS PARA MICROCOMPUTADORES (1)

G. M. STEPHAN* e W. LOBIANCO JUNIOR**

SUMÁRIO

Foi desenvolvido um sistema que permite a um microcomputador nacional adquirir e exibir sinais analógicos simultaneamente ao seu processamento. A aquisição dos sinais, com frequência de amostragem programável, é feita por interrupção, permitindo processamento em tempo-real. Para a exibição de sinais existem controles para um traçador XY, um registrador x-t e um monitor de raios catódicos o qual permite a visualização instantânea dos sinais amostrados e do processamento em tempo-real.

O Sistema pode ser conectado ao barramento de qualquer microcomputador com CPU-Z80. Foram desenvolvidas rotinas básicas de controle e Programas aplicativos sob o sistema operacional CP/M.

As aplicações do sistema se estendem desde o processamento de sinais biológicos até o controle de processos.

ABSTRACT

An acquisition and exhibition system of analogue signals for microcomputers has been developed, assembled and tested. The acquisition interface has a programmable timer which interrupts the CPU allowing real-time processing with programmable sampling rate. The interface provides control for a XY plotter, a strip chart recorder and a CRT monitor, which allows an immediate visualization of the sampled signals and results of real-time processing.

The interface can be plugged directly to the bus of any Z80 based microcomputer. A set of control routines and utilities has been developed under CP/M for the system.

The applications are wide including biologic signal processing and process control.

* Técnico em eletrônica (CEFET-RJ, 1981), estudante do 4º ano de engenharia eletrônica na UFRJ, manutenção, projeto, construção de circuitos ligados a microprocessadores, COPPE/UFRJ, PEB, CAIXA POSTAL 68510 CIDADE UNIVERSITÁRIA, CT - RIO DE JANEIRO, RJ.

** Estudante do 5º ano de engenharia eletrônica na UFRJ, Programador ASSEMBLY, FORTRAN, BASIC E PASCAL, Estagiário da SHELL BRASIL S/A (PETROLEO).

Trabalho orientado por Fernando Soares Schlindwein; Professor Assistente do Programa de Engenharia Biomédica da COPPE/UFRJ, Tese de Mestrado em 1982.

I. INTRODUÇÃO

Entendemos por Interface Analógica o conjunto de circuitos que permitem a transformação de sinais analógicos em informações compreensíveis por um computador digital e vice-versa.

Tal interface, quando controlada por um pacote de "software", forma o que chamamos de Sistema de Aquisição e Exibição de Sinais Analógicos.

I.1 - Importância de um Sistema de Aquisição de Sinais

Computadores digitais não têm a capacidade de trabalhar em domínios contínuos, pois a maneira destes representarem números é discreta. A maioria dos sistemas físicos são observáveis através de funções contínuas no tempo (as quais passaremos a chamar de sinais). A fim de processarmos tais sinais (entende-se por processar um sinal como o ato de fazer qualquer cálculo que envolva a descrição matemática do sinal, tal como calcular suas derivadas, integrais, compará-lo com padrões, calcular sua transformada de Fourier ou filtrá-lo) em computadores digitais precisamos discretizar o sinal tanto no domínio (tempo) como no contradomínio (tensão) através de um método de amostragem.

A amostragem é realizada medindo-se valores da função em determinados instantes de tempo (5).

Isto pode ser feito graficamente, com o auxílio de um registrador x-t ou de um osciloscópio de memória. A partir do sinal desenhado são feitas medidas e estas são passadas ao computador, via teclado.

O procedimento descrito acima é muito trabalhoso, pouco preciso e não permite um processamento em tempo-real.

Quando desejamos que o processamento seja em tempo-real ou com maior precisão devemos usar um sistema de aquisição de sinais. Com tal sistema conseguimos uma precisão nas medidas proporcional ao número de bits do conversor A/D e o processamento pode ser feito em tempo-real pois as medidas são colocadas imediatamente a disposição do computador.

I.2 - Importância de um Sistema de Exibição de Sinais

Durante a amostragem, é interessante termos alguma informação, em tempo-real, sobre como o sinal está sendo amostrado e processado. Para que isto seja possível torna-se necessário um sistema de exibição de sinais rápido, que tome pouco tempo do computador para não atrasar o processamento em tempo-real.

É interessante também, obtermos gráficos em papel, resultantes da aquisição e do processamento dos sinais.

II. DESCRIÇÃO DO "HARDWARE"

O "hardware" do sistema é apresentado em diagrama de blocos na Figura 1.

Os blocos correspondentes a amplificadores, filtros e ajuste de tensão de nível médio representam os circuitos contidos na caixa cinza vista em cima do osciloscópio nas figuras 3 e 5. Tais circuitos bem como os transdutores dependem do sistema a ser observado e não serão descritos.

Os blocos envoltos pela linha tracejada representam os circuitos montados em uma placa de "wire-wrap" alojada dentro de um microcomputador SDE-42 fabricado pela EMBRACOMP (figuras 3 e 4). Tais blocos são descritos a seguir e todos os comentários entre parênteses devem ser acompanhados na Figura 2.

II.1 - Aquisição

Foram utilizados oito circuitos de "sample and hold", permitindo assim a amostragem simultânea dos oito canais analógicos. O acionamento destes circuitos é feito no mesmo instante em que ocorre um pedido de interrupção para a CPU. Quem determina este instante é um temporizador programável (8253) que gera a frequência de amostragem [1, 4, 6].

Uma vez interrompida, a CPU pode comandar o início da conversão analógica-digital de qualquer um dos oito canais através de uma instrução de "OUT". O fim da conversão é detectado por consulta a um "bit" de uma porta através de uma instrução de "IN". Este processo leva cerca de 150 micro segundos, o que limita a frequência de amostragem máxima, para um só canal, em 6 MHz.

II.2 - Exibição

Como formas de exibição de sinais temos a capacidade de:

- Desenhar 4 gráficos de 256 por 256 pontos, com alta velocidade, em tubo de raios catódicos (CRT) com entradas XY.
- Registrar figuras de 256X256 pontos em traçador XY com controle da pena.
- Registrar dois gráficos com 256 níveis de ordenada em registrador x-t.

O circuito de exibição rápida em CRT-XY é composto pelo contador (4040), multiplexador (3X74LS157), "buffer 3-state" bidirecional (74LS245), memória de exibição (2X2114), conversor D/A de 8 "bits" (DAC 08), multiplexador analógico (4051, aqui funcionando como conversor D/A de 2 "bits") e gerador de rampa sincronizado [1, 2, 3, 4, 9].

Desde que o microprocessador não esteja acessando a memória de exibição, é o contador que gera seu endereçamento. O oitavo "bit" desse contador sincroniza o gerador de varredura que fornece o eixo X do CRT. O eixo Y é uma tensão proporcional ao conteúdo da posição de memória endereçada e ao bloco de 256 "bytes" acessado.

Os 1024 pontos são exibidos no monitor, organizados em 4 linhas de 256 pontos cada. Para essa organização os oitavo e nono bits do contador são usados para endereçar um multiplexador analógico (4051) com quatro tensões DC à entrada, que são somadas analogicamente ao conteúdo da memória de exibição [7].

Para monitorar um sinal que está sendo amostrado, basta que a rotina de processamento em tempo-real inclua uma subrotina que coloque a última amostra na memória de exibição, preenchendo-a como um "buffer" circular. Com essa técnica podem-se monitorar até 4 sinais analógicos amostrados simultaneamente colocando um em cada linha. Os próprios resultados do processamento (derivada, detecção de eventos, ...) podem ser exibidos no monitor em tempo-real, usando-se uma linha para cada informação.

II.2.2 - Saída para Traçador XY e Registrador x-t

O circuito de controle do Traçador é o mesmo do registrador x-t. Sendo assim, só podemos usar uma dessas formas de exibição de cada vez, conforme indicado na figura 1.

Esse circuito é composto pelas portas A e B da 8255, por dois conversores D/A (DAC 08) e um bit da porta C da 8255 (PC2) [1, 4].

Quando utilizamos o traçador, alocamos o conversor da porta A para o eixo-X e o da porta B para o eixo-Y. Desta forma, com instruções de OUT para essas portas, posiciona-se a pena nas coordenadas desejadas. O controle de elevamento e abaixamento da pena é feito por PC2.

Quando utilizamos o registrador x-t, alocamos um conversor D/A para cada canal e PC2 para controlar o acionamento do papel, determinando assim quando registrar os sinais.

- i) Para microcomputadores com interface paralela tipo "Centronics" foi desenvolvido um "software" capaz de copiar os 4 gráficos exibidos no CRT-XY em impressora com capacidade gráfica no padrão "EPSON". O resultado da cópia pode ser observado nas Figuras 5 e 6.
- ii) Podemos, com o circuito de controle do plotter e um sensor óptico acoplado à PC7, digitalizar, em alto contraste, figuras em preto e branco, com uma resolução de 256X256 pontos [8].
- iii) Apesar de a interface ter sido projetada para funcionar conectada ao microcomputador SDE-42, ela pode ser adaptada a qualquer microcomputador que tenha como CPU o microprocessador Z80. As modificações são mínimas e, em uma versão em circuito impresso, podem ser feitas através de "jumpers".

Esta facilidade de adaptação é consequência de 3 fatos:

- 1) Temos todos os dispositivos da interface mapeados em entrada/saída permitindo, assim, o seu uso em microcomputadores que possuem toda a sua capacidade de endereçamento de memória ocupada (64k).
- 2) A decodificação de endereços ser completa, feita na própria placa da interface e reconfigurável.
- 3) Existirem "drivers" para todas as linhas de entrada na placa, podendo ser inversores ou não-inversores.

III. DESCRIÇÃO DO SOFTWARE

Foram desenvolvidas rotinas básicas para uso de plotter XY, monitor de raios catódicos (ou osciloscópio XY), manipulação de arquivos em disquete e programas que lidam com amos tragem.

Todo programa que utilizar a interface deve chamar a rotina de inicialização, que tem como função preparar as portas do C.I. 8255 adequadamente.

Para uso do traçador, foram desenvolvidas rotinas que permitem: levantar, abaixar, posicionar e obter a localização da pena; fixar as coordenadas (0,0) e (255, 255), que caracterizam o campo no qual a figura vai ser desenhada; traçar e graduar eixos ortogonais

em escala linear ou logarítmica; ligar dois pontos por interpolação linear, e copiar um canal do monitor em papel.

No que concerne ao monitor e manipulação de arquivos existem rotinas capazes de mover pontos de uma região da tela para outra, ler um arquivo de dados gravado em disquete e exibi-lo na tela do monitor, bem como gravar alguns ou todos os pontos visualizados na tela em um arquivo em disquete.

Para realizar amostragens, o sistema possui rotinas que permitem escolher a frequência de amostragem via teclado, inicializar o contador programável (8253) e liberar ou inibir os pulsos de interrupção para o microprocessador.

Além dessas rotinas básicas, foi desenvolvido um programa aplicativo utilizando todas as rotinas anteriormente descritas, permitindo 9 funções distintas, as quais são mostradas nas Figuras 5 e 7.

As rotinas básicas formam uma biblioteca. Tal biblioteca tem sido usada por alunos de pós-graduação para elaboração de programas aplicativos.

IV. RESULTADOS

Foi desenvolvido um sistema capaz de: 1) Amostrar até oito sinais analógicos com frequência de amostragem programável até 750Hz quando amostrando 8 canais e 6KHz quando amostrando apenas um canal; 2) Exibir em tubo de raios catódicos com entradas XY esses sinais ou resultados de processamento em tempo-real, por acesso direto a memória, economizando, assim, tempo de CPU; 3) Registrar os sinais amostrados, resultados de processamento ou qualquer figura de 256 X 256 pontos em traçador, incluindo controle de elevamento e abaixamento da pena; 4) Registrar os sinais amostrados, resultado de processamento ou qualquer gráfico com 256 níveis de ordenada em registrador x-t, incluindo o controle de acionamento do papel; 5) Digitalizar uma figura em alto contraste com uma resolução de 256 X 256 com auxílio de um plotter e um sensor óptico; 6) Trabalhar conectada ao barramento de qualquer microcomputador com CPU-Z80 e sistema operacional CP/M.

V. DISCUSSÃO

O sistema descrito apresenta como vantagens o baixo custo e grande versatilidade para análise de sinais em tempo-real tais como: eletrocardiograma, eletroencefalograma, velocidade de fluxo sanguíneo ou respiratório, temperaturas e pressões em caldeiras, etc..

Tendo em vista a falta de padronização dos conectores de barramentos dos diversos micro-computadores, a instalação da interface analógica requer um trabalho de fiação particular para cada microcomputador. Para maior facilidade e versatilidade de instalação, é possível implementar-se um controlador baseado em microprocessador que comande a interface, transformando-a em um periférico inteligente capaz de ser conectado a qualquer computador através de uma interface padrão (RS 232 C, por exemplo).

O sistema tem tido boa aceitação de seus usuários no Programa de Engenharia Biomédica da COPPE/UFRJ e está em funcionamento sem falhas desde sua conclusão em dezembro de 1984.

BIBLIOGRAFIA

1. Component Data Catalog, Intel Corporation, January, 1981.
2. JOSEPH J. CARR (1980), Z80 Users Manual.
3. GANDRA, S.A.T., (1982), "Monitor de Arritmias Cardíacas em tempo-real utilizando o intervalo R-R e a largura do QRS", Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
4. Linear Databook, National Semiconductor Corporation, 1982.
5. OPPENHEIM, A.V.; SHATER, R.W., (1975) "Digital Signal Processing". Prentice-Hall Inc.
6. SCHLINDWEIN, F.S., (1982), "Microcomputador para Análise de Sinais de Fluxo Sanguíneo Arterial Captados por Ultra-Som Doppler", Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
7. SCHLINDWEIN, F.S.; CAPRIHAN, A.; GANDRA, S.A.T., (1983), "Sistema de Aquisição e Exibição de Sinais Biológicos para Microcomputador", Trabalho publicado na Revista Brasileira de Engenharia - Caderno de Engenharia Biomédica, Vol. 1, Nº 2.
8. SCHLINDWEIN, F.S.; PIRES, C.A.C.; RAMOS, M.P., (1983), "Digitalizador bidimensional utilizando registrador X-Y", Comunicação Científica publicada no Catálogo de temas curtos do VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica.
9. Semiconductor Data Library CMOS, vol. 5, séries B, Motorola Semiconductor Product Inc., 1976.

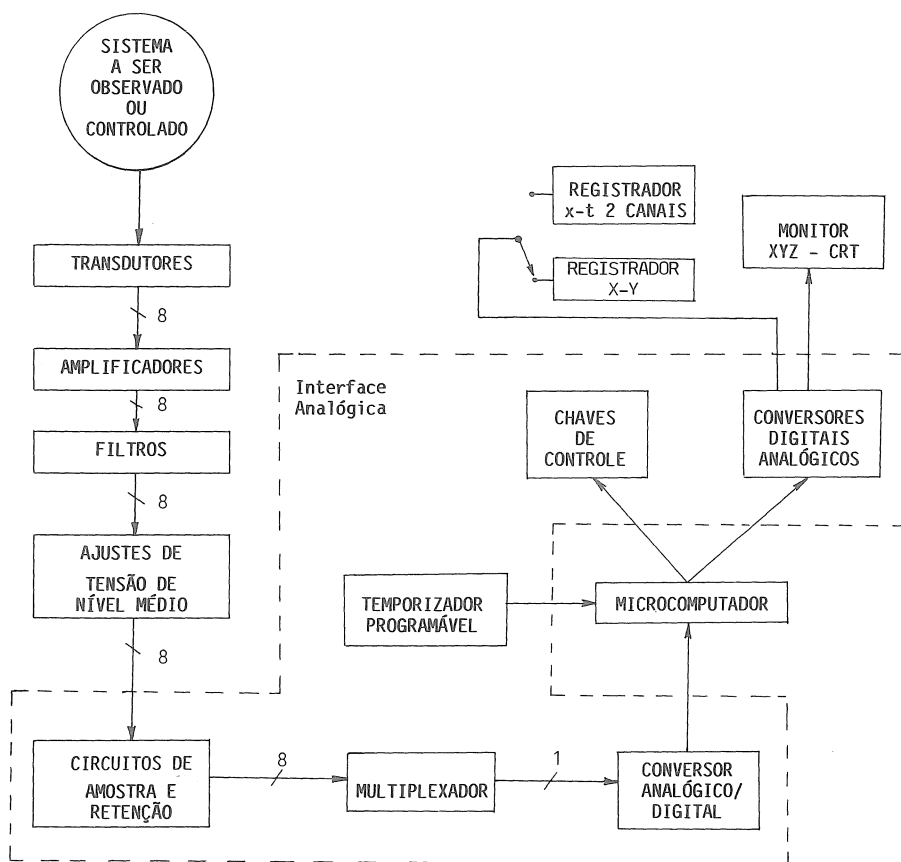


Figura 1 - Diagrama de blocos do "hardware" do sistema de aquisição e exibição de sinais analógicos.

FIGURA 2
A PLACA DA INTERFACE

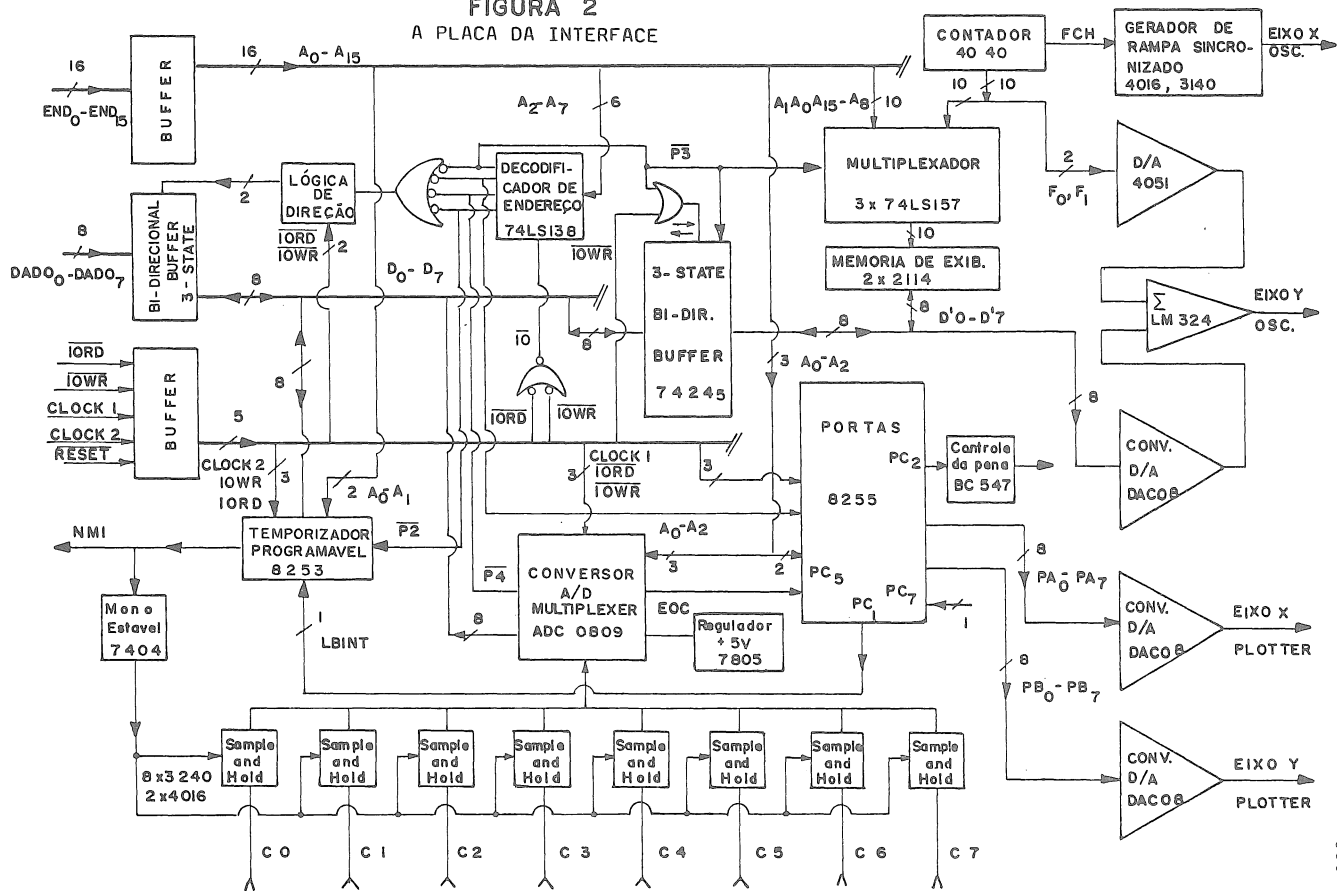




FIG. 3 - Sistema completo

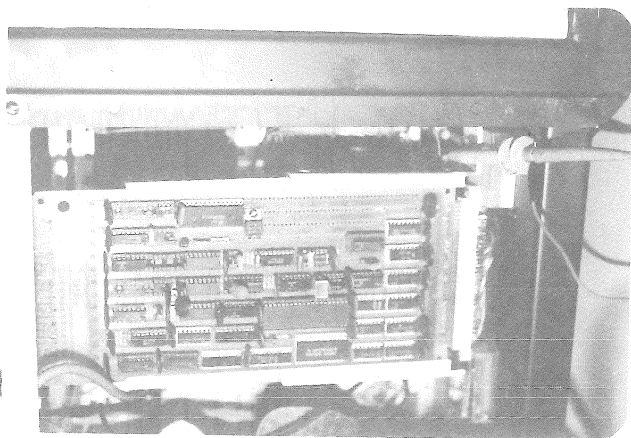


FIG. 4 - Detalhe da placa da interface analógica.



FIG. 5 - Osciloscópio mostrando conteúdo de um arquivo

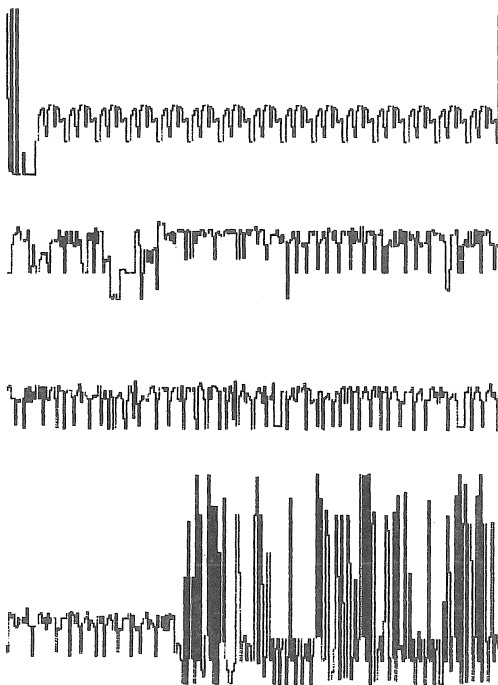


FIG. 6 - Cópia do sinal exibido no osciloscópio

A>MENU

SISTEMA DE AQUISICAO E EXIBICAO DE SINAIS ANALOGICOS

=====

P R O G R A M A S D I S P O N I V E I S :

1. AMOSTRA SINAL E EXIBE NA TELA
2. LE ARQUIVO DO DISQUETE E EXIBE NA TELA
3. MOVIMENTA TRECHOS NA TELA
4. CRIA ARQUIVO EM DISQUETE CONTENDO PONTOS DA TELA
5. PERMITE FIXAR O ZERO E O FUNDO DE ESCALA DO PLOTTER
6. DESENHA EIXOS ORTOGONAIS
7. GRADUA OS EIXOS DESENHADOS NO PLOTTER
8. TRACA SEGMENTOS DE RETA NO PLOTTER
9. COPIA UM CANAL DA TELA NO PLOTTER

ENTRE COM O NUMERO DO PROGRAMA ESCOLHIDO: 1

QUAL A FREQUENCIA DE AMOSTRAGEM EM HERTZ? (1HZ A 5KHZ) ^C

A>

A>

FIG. 7 - MENU