

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS MICROCONTROLADO - SADM

**Ivan Carlos Caetano da Silva¹, Leandro da Cunha Sampaio¹,
Luis Filipe Wiltgen Barbosa²**

¹Estudantes de Engenharia Elétrica - UNIVAP/FEAU

²UNIVAP/FEAU, Av. Shishima Hifumi, 2911 - Urbanova, São José dos Campos – SP - Brasil
wiltgen@univap.br

Resumo - Este apresenta o estudo e o desenvolvimento de um Sistema de Aquisição de Dados Microcontrolado (SADM) de oito entradas distintas, com comunicação por Rádio Freqüência (RF), sendo estes dados visualizados de forma gráfica e armazenados em um arquivo eletrônico através de um programa desenvolvido em ambiente MatLab[®]. Este sistema pode ser aplicado no monitoramento de várias grandezas físicas, com o auxílio de transdutores. Sua principal aplicação é em condições extremas onde torna-se inviável a presença de um operador, como por exemplo: balões meteorológicos, sistema de telemetria em carros, foguetes, robôs, entre outros.

Palavras-chave: SAD, microcontrolador, comutador, decomutador.

Área do Conhecimento: Engenharias

Introdução

O SAD é um sistema de aquisição de dados que tem por finalidade monitorar até 8 (oito) entradas analógicas de sinais distintas, unipolar, com uma resolução de 8 bits, onde cada canal obedece um nível de tensão máximo e uma freqüência limite para que não ocorra o efeito aliasing. Este sistema, basicamente, dividi-se em 3 (três) blocos: circuito comutador, circuito transmissor/receptor e circuito decomutador.

O circuito comutador é responsável por adquirir os dados a serem monitorados. Isto é feito através de transdutores, que transformam uma determinada grandeza física em uma grandeza elétrica. Com os níveis de sinal condicionados para uma faixa de 0 à 5V, as entradas são multiplexadas e convertidas em uma palavra digital de 8 bits.

Estes dados são colocados no formato serial de acordo com uma estrutura de dados pré-definido que comporta ainda mais dois bits de sincronismo. A saída do circuito comutador do SADM é ligada à entrada do circuito transmissor.

Um circuito receptor colhe os dados transmitidos, funcionando como interface para o circuito decomutador. Este circuito decomutador é responsável por reconhecer a estrutura de dados através das 2 (duas) palavras de sincronismo.

Depois de reconhecida a estrutura de dados, estes são demultiplexados e visualizados de forma gráfica em um programa de computador. Estes dados são armazenados em um arquivo eletrônico, pré-definido.

O desenvolvimento desta pesquisa surgiu da necessidade de um sistema simples de monitoramento com a opção de armazenamento

de dados via a gravação dos mesmos em um arquivo eletrônico. Isto possibilita manter um histórico dos dados para realizar análises posteriores dos parâmetros observados.

Este sistema conta ainda com uma conexão (link) em Rádio Freqüência (RF) [1], para que o mesmo não fique limitado fisicamente. Esta opção faz com que este sistema possa ser operado a distância, proporcionando tanto a segurança ao operador, quanto possibilitando sua aplicação em sistemas dinâmicos, tais como foguetes, carros e robôs.

Metodologia

A partir de estudos realizados sobre a teoria da aquisição de dados, iniciou-se o projeto do circuito comutador (Figura 1) respeitando o teorema de Nyquist, que diz que a quantidade de amostras (sinais) por unidade de tempo, chamada taxa ou freqüência de amostragem, deve ser maior que o dobro da maior freqüência contida no sinal a ser amostrado, para que possa ser reproduzido integralmente sem *erro de aliasing* [4].

A metade da freqüência de amostragem é chamada freqüência de Nyquist e corresponde ao limite máximo de freqüência do sinal que pode ser reproduzido.

Verificando custos, disponibilidade em mercado, e requisitos pré-estabelecidos para a operação do sistema, definiu-se o microcontrolador do tipo PIC modelo 16F877 como componente fundamental para o sistema comutador. Isto porque este microcontrolador possui um A/D (Conversor Analógico/Digital) de 8 bits, com oito entradas analógicas, e uma saída no padrão USART [5].

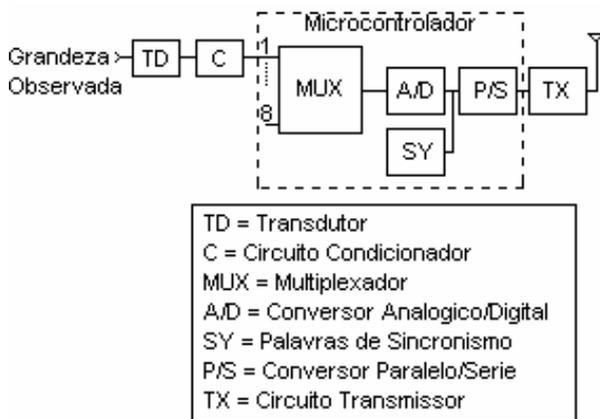


Figura 1 – Diagrama em blocos do circuito comutador do SADM.

Desenvolveu-se um programa de controle para o PIC em assembly através do programa MPLab[®] IDE v6.3 [5]. Este programa tem a função de multiplexar as entradas, converter o sinal para o padrão digital no formato serial, além de inserir mais duas palavras de sincronismo, conforme uma estrutura de dados mostrada na Figura 2. Nesta figura observa-se que SY1 e SY2 são palavras de sincronismo, e C1 a C8 são os canais de entrada.

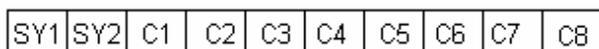


Figura 2 – Estrutura de dados do SADM.

As palavras de sincronismo geradas são, em hexadecimal, 'AA' e '55'. Este sincronismo é de fundamental importância para que o circuito decomutador possa identificar a estrutura de dados, garantindo que o sinal recebido corresponde ao sinal transmitido [4].

Para o A/D interno do microcontrolador de 8 bits, tem-se uma resolução 19,6mV, como pode ser visto na equação 01. Portanto, o bit menos significativo da palavra digital corresponde a este valor em tensão.

$$resolução = \frac{V}{2^{nbits}} = \frac{5v}{2^8} = 19,6mv \quad (01)$$

O microcontrolador PIC16F877 gera então em sua saída a estrutura de dados de forma seqüencial, no padrão USART, com uma velocidade de transmissão definida em seu programa. Estes dados são inseridos em um circuito transmissor, que irradia o sinal.

Através da velocidade de transmissão, utilizando o teorema de Nyquist [3], é possível calcular a máxima frequência de amostragem que o sistema pode adquirir sem que ocorra o efeito de aliasing, como é mostrado a seguir pela equação 02.

$$F_{m\acute{a}x} = \frac{bitrate}{(bits/pal) * (pal/frame) * (ncanal) * 5}$$

(2)

onde:

$bitrate = [bits/segundos];$

$bits/pal = [bits/palavras];$

$pal/frame = [palavras/estrutura\ de\ dados];$

$ncanal = \acute{n}umero\ de\ vezes\ que\ o\ mesmo\ canal\ aparece\ na\ estrutura\ de\ dados.$

O circuito condicionador é uma interface para que a saída do transdutor possa corresponder a faixa de variação de entrada do sinal (0-5V) presente à entrada do microcontrolador. Desta forma, este circuito é formado por *buffers*, amplificadores operacionais, divisores de tensão, dependendo da saída fornecida pelo transdutor.

O circuito transmissor/Receptor é formado por dois links RF (Modem de 900Mhz, XTREAM-PKG modelo X09-009PKC-R) que possui uma potência de saída de ~100mW e uma taxa de transmissão 9.600 bps com interface do tipo RS-232 interna. Os dados são recebidos pelo circuito receptor e são inseridos em um computador pela porta serial RS-232.

Um programa desenvolvido em ambiente MatLab [2] é o responsável pela decomutação dos dados, via o circuito decomutador apresentado na Figura 3.

Este programa é capaz de reconhecer a estrutura de dados transmitida através das palavras de sincronismo, e demultiplexar os dados, separando-os por canal. Os dados digitalizados são convertidos para tensão para que possa ser traçada uma curva de tensão no tempo para cada canal, como pode ser visto na interface gráfica apresentada na Figura 4.

Na Figura 5, pode ser observado o fluxograma do programa de controle de decomutação projetado para o SADM.

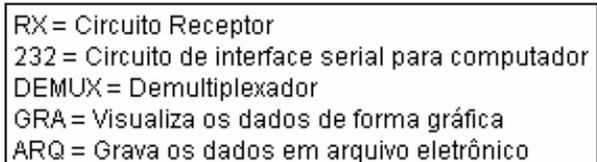
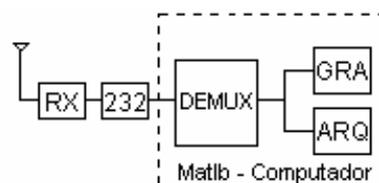


Figura 3 – Diagrama em blocos do circuito decomutador do SADM.

Ao iniciar o programa de decomutação dos dados em MatLab, é necessário nomear o arquivo eletrônico a ser armazenado. Os dados são estruturados em uma tabela onde cada coluna

representa um canal de dados, como pode ser visto na Figura 6.

Na Figura 4, existe um campo chamado *Tempo de Aquisição*, neste campo pode ser inserido o tempo de aquisição em segundos [s]. Após a inserção destes dados inicia-se a aquisição e armazenamento dos oito canais, apresentando ao operador os valores máximo, mínimo e médio para cada canal.

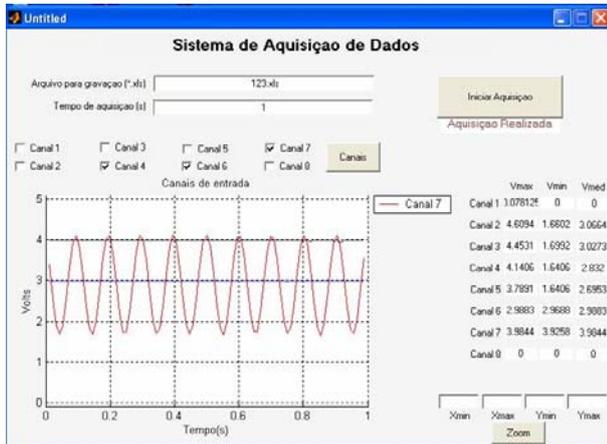


Figura 4 – Interface gráfica do SADM.

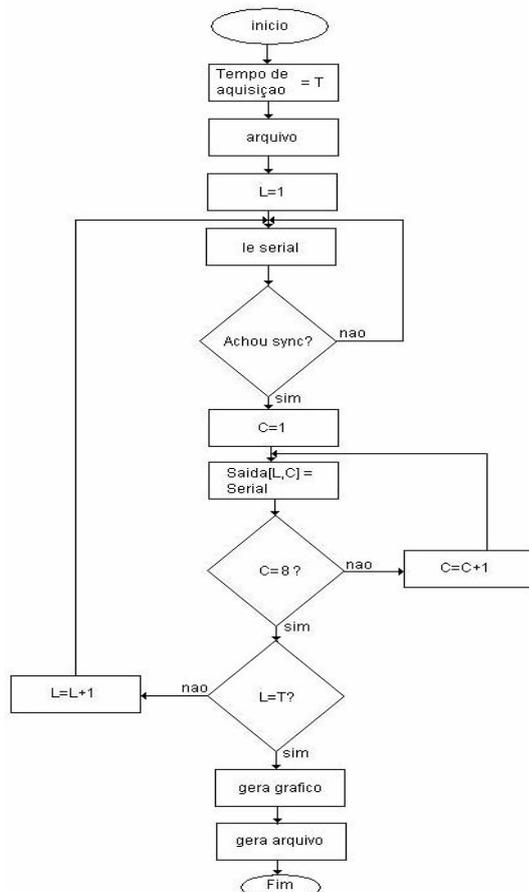


Figura 5 – Fluxograma do programa de decomutação do SADM.

Após o armazenamento dos dados, há a opção de selecionar os gráficos que se deseja visualizar em tela através da seleção de canais. Para visualizar um determinado ponto do gráfico, existe a opção de zoom, onde o operador insere as coordenadas em X e Y (tensão e tempo), ampliando o gráfico para estas coordenadas.

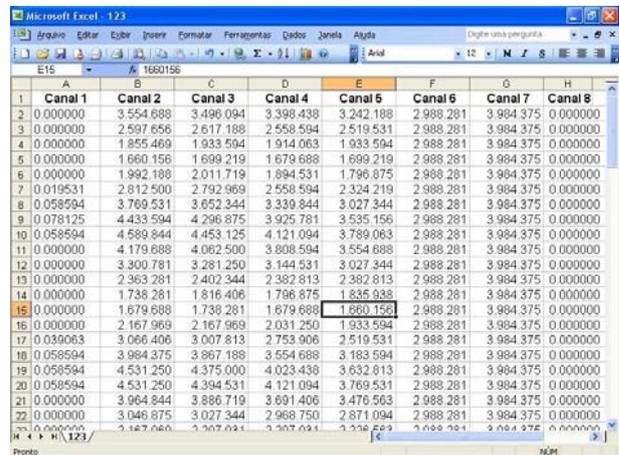


Figura 6 – Arquivo eletrônico de armazenamento de dados.

Resultados Experimentais

Com auxílio de uma fonte regulada de tensão (modelo TC20-05) para fornecer o sinal de entrada e um multímetro digital, fez-se uma calibração do SADM para tensões contínuas. Também foi realizada uma comparação dos sinais medidos pelo sistema com o multímetro, através da média dos valores armazenados pelo SADM no espaço de tempo igual a 1 segundo, como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 – Calibração para Tensões Contínuas

V(v)	Sistema de Aquisição de Dados – SAD (v)							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C7
0	0v	0v	0v	0v	0v	0v	0v	0v
1,017	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,004	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98
3,011	2,97	2,97	2,97	2,97	2,97	2,97	2,97	2,97
4,01	3,97	3,97	3,97	3,97	3,97	3,97	3,97	3,97
5,01	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98

onde:

V = Valor medido pelo multímetro

C = Canais de 1 a 8 do SADM

Neste experimento observou-se que a resolução do sistema é de aproximadamente 19,53mV.

Para o link de RF, utilizou-se esta taxa de amostragem para a aquisição de dados. Portanto, fazendo uso da equação 02 ($F_{\text{máx}}$ - Frequência máxima de entrada do sinal). Pode-se calcular a

freqüência de amostragem máxima de aproximadamente 19,2 Hz.

Para a calibração de freqüências do SADM, utilizou-se um gerador de sinais (HP - modelo 8111^A), e um osciloscópio (Tektronics - modelo TDS1012). Configurou-se o gerador de sinais para onda senoidal, variando sua freqüência, e o osciloscópio medindo este sinal, paralelamente como sistema de aquisição de dados. Desta forma, pode-se comparar as freqüências como é apretnado na Tabela 2

Tabela 2 – Calibração para Freqüências

O(Hz)	Sistema de Aquisição de Dados – SAD (Hz)							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C7
1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	10	10	10	10	10	10	10	10
15	15	15	15	15	15	15	15	15
18	18	18	18	18	18	18	18	18

onde:

O = Valor medido pelo osciloscópio

C = Canais de 1 a 8 do SADM

Discussão

Devido ao *BaudRate* máximo de 9600BPS que o circuito Transmissor/Receptor é capaz de fornecer, a freqüência máxima de amostragem do sinal corresponde a um valor baixo comparado à característica que algumas aplicações necessitam para serem monitoradas com eficiência e precisão. Entretanto, existem inúmeras aplicações no qual está faixa de operação em freqüência é suficiente, até 19,2Hz conforme calculado.

Observou-se que para freqüências próximas a freqüência máxima para aquisição, a forma de onda adquirida mantém sua freqüência natural, porém descaracteriza-a, dando um formato de onda digitalizada, como era esperado.

Como o programa de decomutação dos dados esta operando em um sistema operacional do tipo MS XP, onde não há acesso ao gerenciamento de tarefas internas e de precedência, inviabiliza a transmissão dos dados em uma cadência de aquisição alta, pois o próprio processamento do programa de decomutação é compartilhado com todas as outras tarefas existentes no computador.

Sendo assim, os dados são armazenados na *FIFO*, e apenas nos intervalos de processamento, os dados adquiridos são processados.

Devido à função *PLOT* do MatLab ter um tempo de processamento maior, a visualização dos dados em tempo real não pode ser realizada.

Conclusão e Perspectivas

Este sistema de aquisição de dados em desenvolvimento mostrou-se até o momento satisfatório, correspondendo de acordo com a teoria. Como todo protótipo este necessita ser aprimorado, a fim de aumentar sua resolução e velocidade de comunicação entre os circuitos comutador e decomutador. Com isto, aumentando a freqüência máxima de amostragem do sinal de cada canal.

O SADM pode ser utilizado em várias aplicações de monitoramento de sinais de baixa freqüência. Uma das aplicações vislumbradas para este sistema de aquisição simples e de custo reduzido, é no monitoramento em áreas de risco ou áreas onde é necessária total isolamento galvânica, assegurando desta forma total proteção aos operadores.

Referências

- [1] - GOMES, A. T., *Telecomunicações: transmissão e recepção AM/FM*. Editora Érica, 2000.
- [2]- MATH WORKS *Matlab users guide*, 1991.
- [3] - SOUZA, L. B. *Fundamentos de aquisição de dados*, Apostila, Laboratório de Eletrônica e Detônica, Instituto de Aeronautica e Espaço, Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial. 2001.
- [4] - SOUZA, L. B. *Conceitos de telemetria*, Apostila, Laboratório de Eletrônica e Detônica, Instituto de Aeronautica e Espaço, Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial. 2001.
- [5] - SOUZA, D. J., *Desbravando o PIC*. Editora Érica, 2004.