

ESMET  
SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

PEDRO RUBENS ALVIM DE CARVALHO  
JESUS MARDEN DOS SANTOS  
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS  
AV. DOS ASTRONAUTAS, 1758  
CAIXA POSTAL 515  
12201 - SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP

INTRODUÇÃO - O sistema destina-se à realização de medidas micrometeorológicas em campos experimentais de cultivos agrícolas, utilizando um mastro de 5 metros de altura para medida dos perfis de vento, temperatura e umidade em 3 níveis e temperatura do solo em 4 níveis.

As especificações básicas do sistema de aquisição de dados da "Estação Micro-Meteorológica - ESMET", para esta primeira versão, consistem na medida de 16 canais analógicos e 4 digitais, todos em 8 bits. Os sensores planejados para este protótipo são os seguintes:

- três psicômetros formados por seis termômetros de resistência de platina (100 ohm/°C), seco e úmido, com precisão de  $\pm 0,1$  grau Celsius e escala de 10 até 40 graus Celsius;
- três anemômetros de precisão funcionando com base em foto-microsensores (conta-giros);
- um radiômetro para medida da radiação global;
- um radiômetro líquido tupo Middleton ou ventilado;
- um fluxímetro de pares termo-elétricos a ser instalado a 2 cm de profundidade no solo;
- quatro termômetros de resistência de platina para medida do perfil de temperatura do solo em precisão  $\pm 0,1$  grau Celsius e escala de 10 a 40 graus Celsius.

O número de sensores totaliza dezesseis. Além desse dotou-se o sistema de 3 canais de calibração e um monitoramento, sendo um para os circuitos que medem temperatura, outro para os de radiação e o terceiro para os de velocidade além do canal para monitorar as tensões reguladas do equipamento.

O sistema utiliza técnicas e padrões de aquisição de dados empregados em "Plataformas de Coleta de Dados - PCD" tipo Argos, viabilizando o seu uso em grande escala e em regiões de difícil acesso através da recepção dos dados via satélite. Usualmente, no entanto, a coleta de dados é realizada via mi

cro-computador dedicado através de uma interface serial RS/232, o que possibilita o uso de um micro genérico, desde que dotado de uma interface serial. O desenvolvimento do projeto foi realizado utilizando-se um micro-computador da linha APPLE dotado de expansão de memória, interface relógio e serial. Esse micro foi adotado, principalmente, para atender aos objetivos de baixo custo exigidos pelo projeto.

#### DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema está montado em duas caixas de alumínio, cada uma capaz de aceitar cinco cartões impressos, no entanto, utilizou-se três posições em cada caixa devido ao uso de "wire-wrap" empregado no protótipo.

A caixa de número 1(um) suporta os seguintes cartões:

- condicionador analógico
- condicionador digital
- conversor análogo-digital

A caixa de número 2(dois) suporta:

- interface serial
- reguladores de tensão
- processador PCD

#### DIAGRAMA DE BLOCO

O diagrama de bloco do sistema pode ser visto na Figura 1.

O cartão condicionador de sinal analógico recebe os sinais elétricos provenientes de todos os sensores e os amostra sequencialmente a partir do pulso "início de aquisição" recebido do cartão processador. A geração desses sinais de amostragem de forma sincronizada é realizada na própria placa pelo uso do sinal de relógio de 400 Hz. Nessa placa é gerada a tensão de referência, utilizada nas pontes de medida de temperatura, com estabilidade e precisão compatíveis com as das medidas pretendidas. Existe um único amplificador para todos os sinais de temperatura e um outro para os de radiação, passando ambos por um único circuito limitador, que restringe as tensões de saída entre 0 e 5 Volts.

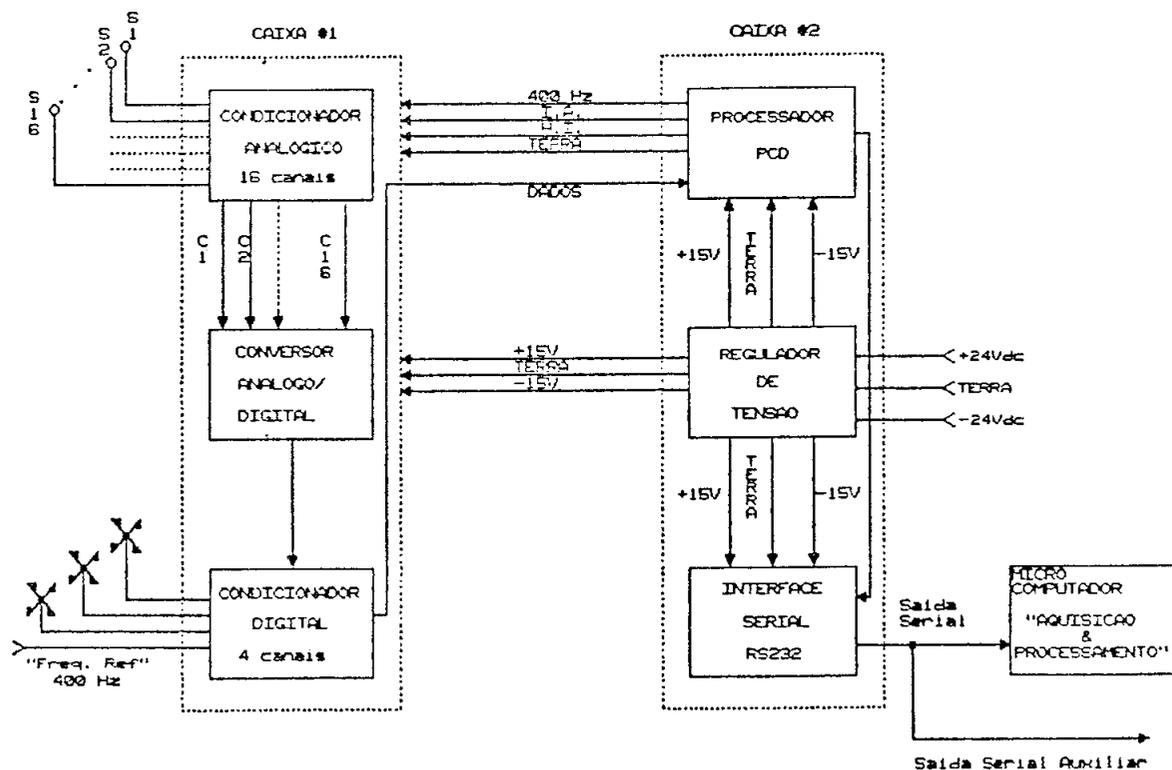
Esses sinais são em seguida, ligados paralelamente ao CAD (Conversor Análogo Digital), para serem convertidos em informações digitais de oito bits em forma serial e sequencial no padrão NRZ.

O condicionador de sinais digitais recebe os pulsos elétricos dos três foto-micro-sensores e os acumula durante 0.5 segundo em um contador de oito bits. Os dados digitais globais são, finalmente, transferidos para a saída de forma sequencial à taxa de 400 bits por segundo.

A caixa 2(dois) recebe os dados e os transfere ao cartão processador que incorpora outras informações, tais como: número de sensores em uso e número do equipamento. Nessa placa é programado o intervalo entre aquisições que pode assumir qualquer valor múltiplo de cinco segundos de dois dígitos.

A interface serial recebe os dados completos da placa processadora na forma NRZ e os codifica num padrão RS/232 à taxa de 600 BAUDS, sem parada, um bit de parada e oito bits de dados. Finalmente os dados ficam disponíveis em duas saídas, que podem ser acessadas por dois micros localizados estrategicamente, rodando cada qual um programa específico.

O cartão regulador recebe tensões não reguladas retificadas da rede ou de baterias na faixa de 16 V a 30 V, positivas e negativas, e as regula em tensões de + 15 V e - 15 V, tensões essas que alimentam todo o sistema, com exceção do micro-computador.



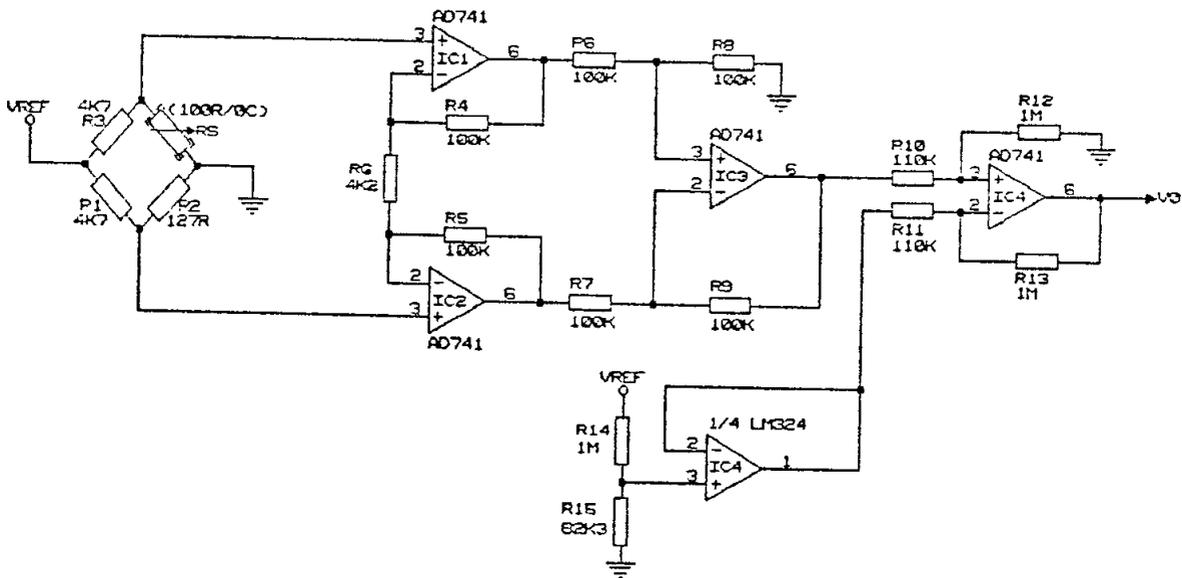
INPE - LPA - ESHET  
 DIAGRAMA EM BLOCO  
 Size Document Number  
 A FIGURA 2.1  
 Date: May 30, 1983 Sheet of

Figura 1 - Diagrama de Bloco

CIRCUITOS UTILIZADOS

Os circuitos básicos utilizados para amplificar os sinais dos sensores analógicos, limitar os sinais de saída e contar os pulsos dos sensores de vento são apresentados e discutidos a seguir.

Os sensores a resistência de platina utilizados são do tipo GR - 2105, de 100 ohm a °C, 4 mm<sup>2</sup> de área e fabricados pela firma alemã Degussa-Mestechnik. Eles apresentam coeficientes de temperatura de 0,00385K<sup>-1</sup> e obedecem à norma DIN 43760, classe B. Instalados em uma ponte resistiva alimentada com uma tensão de referência precisa de 5,140 Volts, fornecem na forma balanceada o sinal elétrico diferencial proporcional à temperatura. O sinal obtido da ordem de alguns milivolts é amplificado por um amplificador diferencial discreto clássico, conforme mostra a Figura 2.



INPE - LPA - ESMET	
CIRCUITO DO AMPLIFICADOR DO SENSOR DE TEMPERATURA	
Size Document Number	A
Date:	15/04/85
Page:	24
Sheet:	07

Figura 2 - CIRCUITO DO AMPLIFICADOR DO SENSOR DE TEMPERATURA

Os amplificadores operacionais IC<sub>1</sub>, IC<sub>2</sub> e IC<sub>3</sub> constituem o amplificador de instrumentação, cujo ganho é determinado pela escolha do valor da resistência RG através da fórmula seguinte, onde RG deve estar em unidades de Kiloohms:

$$G = 1 + \frac{200}{RG}$$

para RG = 4,2 Kiloohms .∴ G = 48,61

O segundo estágio constitui-se de um amplificador diferencial de ganho igual a 9,09, onde a entrada invertida está sendo usada para subtrair (Vs) uma tensão constante da saída, de forma que o sinal possa variar entre zero a 5,0 Volts na faixa de temperatura desejada.

O cálculo da resistência do sensor é realizado através do uso das seguintes fórmulas:

$$V_p = \frac{V_{Saída}}{G_{Total}}$$

onde: V<sub>p</sub> = V<sub>ponte</sub> = V<sub>2</sub> - V<sub>1</sub>

$$V_{Saída} = V_o + v_s$$

$$G_{Total} = \text{Ganho Total}$$

Tensões em cada braço de ponte:

$$V_1 = V_{Ref} \left( \frac{R_s}{R_3 + R_s} \right) \text{ onde } R_s = \text{resistência do sensor}$$

$$V_2 = V_{Ref} \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)$$

$$\therefore \frac{R_s}{R_3 + R_s} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{V_p}{V_{Ref}}$$

$$\text{fazendo } x = \frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{V_p}{V_{Ref}}$$

$$R_s = \frac{x}{1 - x} \cdot R_3$$

Finalmente, a temperatura será obtida a partir de R<sub>s</sub>, desconsiderando qualquer não linearidade dentro da faixa de temperatura de trabalho, relativamente à precisão objetivada:

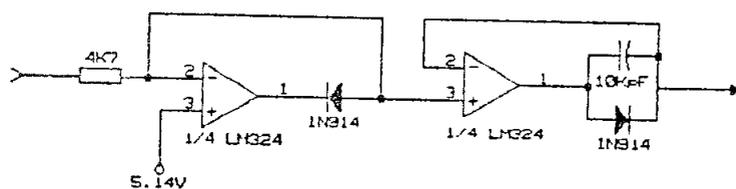
$$T = \frac{R_s - R_o}{A \cdot R_o} \quad \text{onde } R_s = \text{resistência à temperatura } T$$

$$R_o = \text{resistência a } 0^{\circ}\text{C}$$

$$A = \text{coeficiente térmico resistivo do sensor}$$

O amplificador dos sinais de radiação utiliza circuitos idênticos, operando, no entanto, com um ganho total de aproximadamente 333.

Os circuitos limitadores empregam dois estágios, o primeiro limita a tensão máxima de saída precisamente a 5,14 Volts e o segundo impede que o sinal de saída seja inferior a 0 Volts. Esses circuitos têm alta importância na proteção do conversor análogo digital e estão desenhados na figura 3.

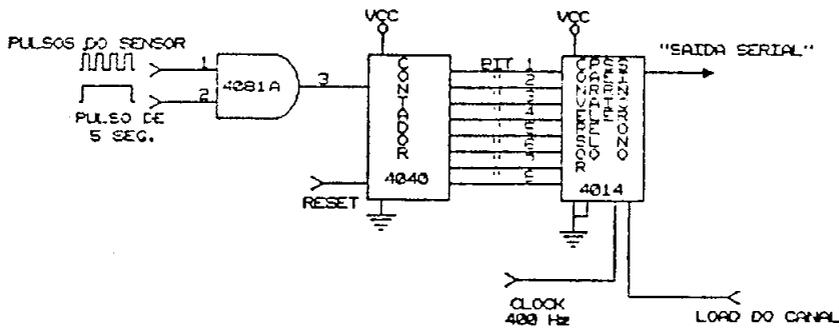


INPE - LPA - ESNET	
CIRCUITO LIMITADOR	
Size	Document Number
A	FIGURA 2.3
Date:	Rev. 20, 1983

Figura 3 - Circuito Limitador

O circuito digital de contagem de pulsos provenientes dos sensores de velocidade de vento, consta basicamente de um circuito de geração de uma porta de 0.5 segundo a partir da frequência precisa de 400 Hz.

Essa porta habilita um contador de pulsos de oito bits tipo "ripple counter" a contagem dos pulsos recebidos. A saída desse C.I. é transferida paralelamente a um registrador de deslocamento síncrono de 8 estágios, transformando o dado paralelo em série. Esse circuito é mostrado na Figura 4.



INFE - LPA - ESHET	
CIRCUITO DE CONTAGEM DE PULSOS	
Size Document Number	
A	FIGURA 2.4
Date:	May 30, 1988 Page 1 of 1

Figura 4 - Circuito de Contagem de Pulsos

## MICRO-COMPUTADOR

O micro-computador escolhido para receber, processar e arquivar os dados foi um modelo disponível no mercado nacional, barato e que admitisse a instalação de vários acessórios e interface, entre elas, interface serial, disco flexível e relógio. A escolha recaiu num micro "APPLE" que atendia aos objetivos do projeto e de uso regular nos laboratórios do INPE.

O uso do micro-computador vem facilitar sobre-maneira a calibração dos sensores e o processo de arquivamento e conversão das medidas em unidades de engenharia. Assim, foram desenvolvidos progressivamente vários programas-ferramentas para teste, avaliação e calibração dos diversos sensores.

O uso do equipamento torna-se extremamente flexível face à mudança de sensores, escala de medidas e eventuais reconfigurações para realização de esquemas de medidas diversificadas.

## PROGRAMA DE AQUISIÇÃO

O programa de aquisição de dados em sua versão atual opera em sistema operacional DOS versão 3.3 e linguagem BASIC applesoft. Utiliza três rotinas auxiliares em linguagem de máquina com as seguintes finalidades:

- 1ª) Amostrar a data e hora em tempo real no topo da tela;
- 2ª) Acessar e transferir os dados recebidos via interface serial para a memória;
- 3ª) Ler a data e a hora da última aquisição realizada.

A primeira rotina denominada "T.Interrupção" foi alocada na parte baixa da memória, enquanto as outras duas foram colocadas respectivamente a partir dos endereços 32000(TK) e 32100(TKB.M).

A área de armazenamento de dados foi reservada a partir de 32200. A proteção das rotinas situadas a partir de 32000 e da área reservada para dados é realizada estabelecendo o topo da memória igual a 32000.

O programa BASIC oferece seis opções no "menu":

- 1 = ADQUIRIR
- 2 = ARQUIVAR
- 3 = CARREGAR
- 4 = MOSTRAR
- 5 = PROCESSAR
- 6 = BASIC